

ACCORDO QUADRO IDROGENO

TRA

Il **Consiglio Nazionale delle Ricerche** (nel seguito indicato come “CNR”), con sede in Piazzale Aldo Moro, 7 - Roma (Codice Fiscale 80054330586 - Partita IVA 02118311006), rappresentato dalla Prof.ssa Maria Chiara CARROZZA, in qualità di Presidente e legale rappresentante, domiciliato per la carica presso la sede dello stesso CNR, PEC: protocollo-ammcen@pec.cnr.it

E

l’**Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l’energia e lo sviluppo economico sostenibile** (nel seguito indicata come “ENEA” o “Agenzia”), con sede legale e domicilio fiscale in Lungotevere Grande Ammiraglio Thaon di Revel, 76 – 00196 Roma (Codice Fiscale 01320740580 Partita IVA 00985801000), rappresentato dall’Ing. Gilberto DIALUCE, in qualità di Presidente e legale rappresentante, domiciliato per la carica presso la sede dell’Agenzia, PEC: enea@cert.enea.it

E

la **Fondazione Bruno Kessler** (nel seguito indicata come “FBK”), con sede legale in via Santa Croce, 77 – Trento (Codice Fiscale e P.IVA 02003000227), nella persona del Dott. Luigi CREMA, nato a Este (PD) il giorno 29 luglio 1972, Direttore del Centro Sustainable Energy (SE) della Fondazione, autorizzato giusta procura autenticata dal Notaio Dott. Paolo Piccoli di Trento, in data 11 dicembre 2020, rep. N. 42.855/17.441 registrata a Trento il giorno 18 dicembre 2020 al n. 28136, S. 1T, PEC: contratti@pec.fbk.eu

(CNR, ENEA e FBK di seguito, singolarmente, anche la “**Parte**” e, congiuntamente, anche le “**Parti**”)

PREMESSO CHE:

- il CNR, in base al suo Statuto, è un Ente pubblico nazionale di ricerca con competenza scientifica generale con il compito di svolgere, promuovere, diffondere, trasferire e valorizzare attività di ricerca nei principali settori di sviluppo delle conoscenze e delle loro applicazioni per lo sviluppo

scientifico, tecnologico, economico e sociale del Paese, perseguendo l'integrazione di discipline e tecnologie diffusive ed innovative anche attraverso accordi di collaborazione e programmi integrati;

- il CNR svolge, promuove e coordina attività di ricerca con obiettivi di eccellenza in ambito nazionale e internazionale, finalizzate all'ampliamento delle conoscenze nei principali settori di sviluppo, individuati nel quadro della cooperazione ed integrazione europea e della collaborazione con gli altri enti di ricerca, con le università e con altri soggetti sia pubblici sia privati;
- il CNR ha avviato da diversi decenni lo sviluppo di tecnologie per l'idrogeno verde coordinando progetti e nazionali ed europei nei settori dell'elettrolisi dell'acqua, delle celle a combustibile, dell'accumulo e distribuzione di idrogeno, dell'elettrocatalisi, del power-to-gas, etc., con attività di ricerca fondamentale ed applicata (dai materiali, ai sistemi, ai progetti dimostrativi), studiando approcci innovativi per l'integrazione delle tecnologie ed infrastrutture ad idrogeno con fonti di energia rinnovabile;
- in base al vigente Regolamento di Organizzazione e Funzionamento del CNR, emanato con Decreto del Presidente CNR n. 14 prot. AMMCNT CNR n. 0012030 del 18 febbraio 2019, di cui è stato dato l'avviso di pubblicazione sul sito del Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca in data 19 febbraio 2019, entrato in vigore dal 1° marzo 2019, i rapporti di collaborazione nell'attività di ricerca tra il CNR ed i soggetti pubblici e privati sono regolati da Accordi Quadro che definiscono aree progettuali, modalità di collaborazione e costituiscono la base per la successiva stipula di convenzioni operative (le “**Convenzioni Operative**”);
- l'ENEA, ai sensi dell'art. 37 della Legge 23 luglio 2009, n. 99 come novellata dalla Legge 28 dicembre 2015 n. 221, è un Ente di diritto pubblico finalizzato alla ricerca e all'innovazione tecnologica, nonché alla prestazione di servizi avanzati alle imprese, alla pubblica amministrazione e ai cittadini nei settori dell'energia, dell'ambiente e dello sviluppo economico sostenibile;

- l'ENEA ha maturato un elevato grado di professionalità nella gestione di progetti complessi a livello nazionale, europeo e internazionale fornendo prove, studi e misure finalizzati ad incrementare la qualità dei prodotti, dei servizi e dei processi, favorendone la sostenibilità e la valorizzazione ai fini produttivi e della competitività; l'ENEA, attraverso il Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili (TERIN), opera nel settore energetico con particolare riferimento alle fonti rinnovabili (solare a concentrazione, bioenergia e fotovoltaico) ed alle tecnologie associate (accumulo energetico e del power to gas, smart grids), e della mobilità sostenibile, nei cui settori è punto di riferimento nazionale ed europeo nella ricerca applicata; dispone di strumentazione di eccellenza e di una consolidata esperienza e capacità di innovazione tecnologica;
- l'ENEA, attraverso il Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili (TERIN), possiede conoscenze, competenze, laboratori e infrastrutture nel settore dell'idrogeno con riferimento all'intera catena del valore, dalla produzione agli usi finali, nonché riveste ruoli di rilievo e di rappresentanza nell'ambito di organismi, associazioni e iniziative a livello nazionale, europeo ed internazionale;
- FBK è un ente d'interesse pubblico senza fini di lucro, istituito dalla Legge della Provincia autonoma di Trento del 2 agosto 2005, n. 14 ed ha tra i propri fini istituzionali la promozione della cultura e dell'innovazione che, trasferendo conoscenze e tecnologie, contribuisca alla crescita della comunità e dell'economia trentina nella quale la Fondazione Bruno Kessler è radicata;
- FBK promuove e sviluppa attività di ricerca in vari settori, principalmente negli ambiti delle tecnologie digitali e dell'intelligenza artificiale (industria e salute digitale, cyber security, smart cities), dei sensori, dei dispositivi, delle energie sostenibili, degli studi umanistici;
- FBK, all'interno del proprio Centro Sustainable Energy, possiede comprovate competenze nel settore dell'idrogeno, lungo tutta la filiera dalla produzione, alla logistica e accumulo, agli usi finali;

- FBK è chiamata alla missione di realizzare partnership nazionali e internazionali per favorire la circolazione delle innovazioni a vantaggio del sistema produttivo.

CONSIDERATO CHE:

- il contesto di riferimento è caratterizzato dalla:
 - i. necessità di approfondire le opportunità di un partenariato strategico tra i tre Enti in tema di **idrogeno verde** in grado di portare un beneficio in un momento contingente di grandi opportunità e al contempo di sensibili rischi per la crescita del paese;
 - ii. necessità di dare un contenuto sia strategico che tecnico – scientifico di alto livello alle numerose iniziative nel settore idrogeno;
 - iii. opportunità di svolgere un ruolo specifico nel settore idrogeno con una visione ampia di insieme e di approccio strategico, che possa mettere a sistema e raccordare, interventi volti alla crescita comune in un settore così rilevante;
- l'opportunità di creare un partenariato strategico tra le Parti possa portare a benefici specifici quali:
 - i. collaborazioni tecnico – scientifiche per avviare progetti solidi di ricerca e innovazione;
 - ii. creare una massa critica e una forza organizzativa capace di intervenire in maniera efficace nei vari programmi di ricerca;
 - iii. avviare modalità di intervento basate su complementarità, bilanciate e motivate negli obiettivi, che giustifichino la candidatura specifica delle Parti a supporto del processo ed identifichino le necessità e i requisiti della ricerca proposta;
 - iv. dare luogo a strategie di alto livello al fine di rispondere alle diverse iniziative nel settore idrogeno;
 - v. supportare il Paese sulle opportunità di sviluppo di nuove filiere industriali e del valore, e promuovere lo sforzo della crescita e dello sviluppo competitivo;
- con il presente accordo (di seguito “**Accordo Quadro**” o “**Accordo**”) le Parti intendono avviare una collaborazione nelle aree di interesse di seguito descritte e meglio specificate nell'Appendice

dell'Accordo, la quale costituisce parte integrante dello stesso.

**TUTTO CIO' PREMESSO E CONSIDERATO,
SI CONVIENE E SI STIPULA QUANTO SEGUE:**

ART. 1 – Premesse

Le premesse costituiscono parte integrante e sostanziale del presente Accordo Quadro e si considerano integralmente riportate nel presente articolo.

ART. 2 – Oggetto

Le Parti, nell'ambito dei rispettivi compiti e funzioni attribuite per legge o per statuto, cooperano per lo sviluppo di una collaborazione strategica tramite la realizzazione congiunta di progettualità in aree tematiche di comune interesse, incentrate sulla produzione, stoccaggio, distribuzione ed utilizzo di idrogeno verde nei settori dell'industria, dell'accumulo, della mobilità sostenibile e settori affini, sulla salvaguardia ambientale e sulla sperimentazione di nuove tecnologie, oltre che per la valorizzazione delle attività di ricerca.

In particolare, le Parti danno luogo ad un partenariato strategico al fine di individuare e valutare programmi, progetti di ricerca e sviluppo, strategie e iniziative sull'idrogeno i cui contenuti, obiettivi, benefici, strumenti specifici ed impatto sono dettagliati nell'Appendice dell'Accordo Quadro.

Le Parti si danno atto che:

- i. la sottoscrizione del presente Accordo Quadro non determina alcun diritto di esclusiva, né alcun impegno vincolante delle Parti alla realizzazione delle iniziative di cui ai precedenti paragrafi;
- ii. salvo quanto già previsto nel presente Accordo, la disciplina relativa alle modalità e alle forme di collaborazione sarà regolata nel dettaglio attraverso la stipula di specifiche Convenzioni Operative e/o Contratti di Ricerca adottati sulla base dell'Art. 3 del presente Accordo ed ai sensi degli ordinamenti interni delle Parti, la cui sottoscrizione sarà subordinata al soddisfacente completamento delle istruttorie interne e all'approvazione dei

competenti organi deliberanti delle Parti;

- iii. nell'ambito delle tematiche sopra individuate, le Parti valuteranno di volta in volta la partecipazione congiunta a bandi di gara, nazionali, europei, ed internazionali di ricerca e sviluppo.

Le Parti, laddove ravvisino l'opportunità, possono estendere ad altri soggetti interessati la partecipazione al presente Accordo Quadro, al fine di favorire la massima valorizzazione dei risultati generati dal sistema della ricerca scientifica e la trasformazione ed utilizzo degli stessi in ambito imprenditoriale e nel più ampio contesto territoriale a livello nazionale. Resta inteso che la partecipazione di soggetti terzi al presente Accordo è subordinata all'ottenimento del consenso scritto di tutte le Parti.

ART. 3 – Contratti di Ricerca e Convenzioni Operative

Le modalità operative concernenti l'esecuzione del presente Accordo saranno definite all'atto della stipula dei Contratti di Ricerca o Convenzioni Operative relativi a Progetti congiunti in cui verrà anche disciplinata la gestione delle risorse umane e strumentali appositamente dedicate.

I Contratti di Ricerca e le Convenzioni Operative dovranno contenere le descrizioni specifiche di:

- a) attività di ricerca da svolgere; b) obiettivi da realizzare; c) termini e condizioni di svolgimento; d) tempi di attuazione; e) risorse umane e strumentali da impiegare e messe a disposizione dalle Parti; f) definizione degli oneri finanziari relativi alle singole attività tecnico-scientifiche e delle loro modalità di erogazione; g) regime dei risultati scientifici e disciplina dei diritti di proprietà intellettuale applicabile, fatto salvo quanto già previsto al successivo Art. 7; h) disciplina relativa alla riservatezza delle informazioni scambiate nell'ambito e ai fini delle attività di ricerca concordate.

Le Parti concordano che i Contratti di Ricerca e le Convenzioni Operative saranno regolati dalla cornice negoziale del presente Accordo e, una volta approvati e sottoscritti da tutte le Parti, diverranno parte integrante dell'Accordo.

Le attività disciplinate dai Contratti di Ricerca o dalle Convenzioni Operative avranno inizio secondo

la tempistica concordata tra le Parti, che valuteranno le priorità in relazione ai rispettivi programmi di ricerca.

Ai Contratti di Ricerca o alle Convenzioni Operative dei Progetti congiunti possono aderire eventuali altri soggetti che intendono contribuire con proprie risorse all'attuazione dei progetti, previo consenso scritto di tutte le Parti del presente Accordo.

Nell'ambito dei Contratti di Ricerca o delle Convenzioni Operative sono stabilite le modalità di rendicontazione degli obiettivi conseguiti e delle risorse finanziarie impiegate.

I Contratti di Ricerca o le Convenzioni Operative saranno, di volta in volta, sottoscritte dai rappresentanti legali delle Parti sulla base di quanto previsto dai rispettivi ordinamenti interni.

Ciascuna Parte individuerà il proprio Referente.

ART. 4 – Referenti

Al fine di monitorare e coordinare le attività oggetto del presente Accordo e di definirne gli specifici obiettivi attuativi vengono nominati quattro Referenti:

- per il CNR: Dr. Antonino Salvatore ARICÒ, Dr.ssa Alessandra SANSON
- per ENEA: Ing. Giulia MONTELEONE
- per FBK: Dr. Luigi CREMA

I Referenti formulano criteri e proposte di procedure per la valutazione dei temi strategici di intervento ed approvano i progetti di ricerca da sviluppare.

Alla scadenza di ogni anno, i Referenti predispongono una relazione sullo stato di attuazione del presente Accordo che viene inviata a ciascuna delle Parti.

ART. 5 – Risorse

Il presente Accordo Quadro non comporta oneri a carico delle Parti. Salvo diversa previsione contenuta nei Contratti di Ricerca e/o nelle Convenzioni Operative, ciascuna Parte sosterrà le spese e gli oneri relativi alle attività sottese al presente Accordo Quadro in modo autonomo, inclusi tutti i costi del personale impiegato senza alcun gravame sulle altre Parti.

Eventuali risorse potranno essere messe a disposizione delle Parti a seguito di finanziamenti provenienti dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, dal Ministero dell'Università e della Ricerca, dal Ministero delle Imprese e del Made in Italy, dalla Commissione Europea, da altri Ministeri, Regioni ed altri soggetti interessati.

Fermo restando il principio generale previsto dal presente Articolo, le Parti potranno concordare per iscritto di farsi carico congiuntamente dei costi relativi alla prestazione di servizi di terzi, secondo le proporzioni di volta in volta definite.

ART. 6 – Regole di comportamento presso le sedi delle altre Parti

Ciascuna Parte si rende disponibile ad accogliere, in qualità di ospite e in funzione delle esigenze di progetto specificate di volta in volta nei Contratti di Ricerca e/o nelle Convenzioni Operative, il personale delle altre Parti secondo le normative applicabili e vigenti.

I dipendenti di ciascuna delle Parti che eventualmente si dovessero recare presso le sedi delle altre Parti, per lo svolgimento delle citate attività, saranno tenuti ad uniformarsi alle norme e ai regolamenti disciplinari, di sicurezza e di protezione sanitaria in vigore presso la Parte ospitante, nonché alle regole che ne disciplinano l'accesso secondo quanto enucleato nel D. Lgs. n. 81/2008 e successive modifiche ed integrazioni. In particolare, gli stessi soggetti saranno edotti, anche a mezzo di appositi avvisi informativi, dei comportamenti e della disciplina regolamentare e normativa ivi vigente.

ART. 7 - Proprietà intellettuale

Le Parti si impegnano a seguire le disposizioni previste dal Codice della proprietà industriale (D. Lgs. 10.02.2005 n. 30 e ss.mm.ii.) in materia di titolarità dei diritti brevettuali da parte di ricercatori pubblici e privati e delle eventuali imprese che partecipano alle attività comuni e da eventuali condizioni poste da altri soggetti finanziatori del progetto, a meno che non sia diversamente stabilito da accordi specifici sottoscritti successivamente.

In particolare, ciascuna Parte rimane titolare di tutte le conoscenze di cui era titolare e/o di cui aveva la disponibilità antecedentemente al presente Accordo e/o di tutti i diritti di proprietà intellettuale su

quanto realizzato individualmente antecedentemente alla firma del presente Accordo ancorché la materia rientri nell'ambito delle attività di interesse del presente Accordo.

Si precisa che tutte le conoscenze e/o diritti anteriori di cui al precedente capoverso potranno essere utilizzati dalle altre Parti solamente per le attività di cui al presente Accordo e per la sola durata dello stesso dietro espresso consenso della Parte proprietaria ed in conformità alle regole indicate da tale Parte e/o contenute nelle Convenzioni Operative e/o nei Contratti di Ricerca.

Ciascuna delle Parti è titolare esclusiva dei risultati conseguiti autonomamente e con mezzi propri, ancorché nell'ambito delle ricerche oggetto della collaborazione di cui al presente Accordo.

Nell'ipotesi in cui lo svolgimento congiunto di ricerche porti a risultati suscettibili di protezione ai sensi delle leggi sulla Proprietà intellettuale, il regime dei risultati sarà quello della titolarità congiunta secondo le quote di compartecipazione economico-finanziaria e secondo l'apporto inventivo fornito dalle Parti, fatti salvi i diritti morali di coloro i quali hanno svolto l'attività di ricerca.

Nel caso in cui il concreto apporto di ciascuna Parte non sia oggettivamente misurabile, le quote di contitolarità sui risultati conseguiti verranno stabilite in misura paritaria.

Ad ogni buon conto, le Parti riconoscono l'uso reciproco per fini istituzionali e di ricerca dei risultati conseguiti congiuntamente.

Fermi restando i principi sopra esposti, le Parti stabiliranno nelle Convenzioni Operative e/o nei Contratti di Ricerca e/o in successivi accordi (accordi di gestione della co-titolarità) le clausole specifiche relative alla definizione delle quote, alle modalità di protezione e di ripartizione degli oneri, alle modalità di sfruttamento e di difesa dei diritti congiunti.

ART. 8 - Tutela dei dati personali

Nell'ambito del trattamento dei dati personali connessi all'espletamento delle attività oggetto del presente Accordo, le Parti, ciascuna per le rispettive competenze, si impegnano ad osservare scrupolosamente quanto previsto dal Regolamento (UE) 2016/679 (GDPR) e dalla vigente normativa in materia di protezione dei dati personali e dichiarano di essere in possesso dei requisiti di esperienza,

conoscenza specialistica, affidabilità e risorse tali da fornire idonea garanzia del pieno rispetto della stessa, ivi compresa la capacità di mettere in atto misure tecniche e organizzative adeguate, anche sotto il profilo della sicurezza.

FBK ha una propria regolamentazione <https://sites.google.com/fbk.eu/fbkperospiti/in-fbk/privacy-e-protezione-dei-dati-personali/regolamenti> alla quale il personale delle Parti dovrà uniformarsi nell'ambito delle attività che implicano un trattamento di dati personali di cui FBK è Titolare.

Tutti i dati personali che saranno scambiati fra le Parti nel corso dello svolgimento del presente Accordo saranno trattati rispettivamente da ciascuna di esse per le sole finalità indicate nell'Accordo in modo strumentale all'espletamento dello stesso, nonché per adempiere a eventuali obblighi di legge. L'informativa completa in merito al trattamento dei dati personali da parte di FBK è disponibile al link https://bit.ly/FBK_Informativaprivacy_Operatorieconomici.

Resta inteso che ciascuna Parte dovrà reciprocamente manlevare e tenere le altre Parti indenni da qualunque richiesta di risarcimento per eventuali danni arrecati a terzi a seguito della violazione della normativa in materia, addebitabile al proprio personale.

Le Parti si impegnano a disciplinare eventuali ulteriori aspetti relativi al trattamento di dati personali nelle Convenzioni Operative e/o Contratti di Ricerca previsti all'art. 3 del presente Accordo.

ART. 9 - Obblighi di Riservatezza

Dalla data di sottoscrizione del presente Accordo e per i tre anni successivi alla sua scadenza o risoluzione, ciascuna Parte si impegna a tenere riservate e a non rivelare a terzi diversi da Destinatari Ammessi, come in seguito definiti, tutte le Informazioni, ivi compresi tutti gli atti, documenti, analisi, valutazioni, elaborati, notizie e dati di qualsiasi natura inclusa a mero titolo esemplificativo l'identità delle Parti, espressamente qualificate come "Riservate" o "Confidenziali" o con altro termine analogo e riconducibili all'Accordo, scambiate tra le Parti per iscritto (congiuntamente, le "Informazioni Riservate").

Il termine "informazioni" di cui sopra include le informazioni rese disponibili per iscritto o oralmente,

purché in tale ultimo caso vengano messe per iscritto, contrassegnate con la dicitura “Confidenziali” e consegnate alla Parte ricevente entro 30 gg. dalla data della comunicazione.

Non sono considerate Informazioni Riservate le informazioni:

- i. note o comunque già a conoscenza della Parte ricevente in data anteriore alla loro comunicazione o alla sottoscrizione del presente Accordo;
- ii. conosciute dalla Parte ricevente, in quanto generalmente e prontamente disponibili al pubblico ovvero ricevute legittimamente da terzi senza restrizioni;
- iii. portate a conoscenza di terzi, senza restrizioni, da una Parte, a seguito di azione giudiziaria o di atto governativo, purché la Parte titolare delle informazioni sia stata preventivamente informata e, ove legalmente possibile, la Parte divulgante cooperi con la Parte titolare delle Informazioni Riservate, qualora intenda opporsi a tale trasferimento di informazioni.

Nel caso in cui una Parte fosse assoggettata per legge, regolamento ovvero per provvedimento giudiziario o amministrativo, a comunicare a terzi direttamente o indirettamente le Informazioni Riservate trasmesse dall'altra Parte, detta circostanza e la natura di tali comunicazioni saranno rese note a tale Parte, preventivamente e senza indugio, ove legalmente possibile.

Le Informazioni Riservate rimarranno di esclusiva proprietà della Parte che le ha rese disponibili.

Ciascuna Parte potrà divulgare le Informazioni Riservate ai propri amministratori, membri degli organi interni, dipendenti e consulenti che partecipino o parteciperanno attivamente alle attività previste dal presente Accordo nonché alle società controllate di cui ciascuna Parte deciderà di avvalersi e rispettivi amministratori, membri degli organi interni e dipendenti coinvolti (i “Destinatari Ammessi”), a condizione che la Parte divulgante faccia in modo che il Destinatario Ammesso:

- i. sia vincolato agli impegni di riservatezza previsti dal presente Accordo;
- ii. non utilizzi le Informazioni Confidenziali per scopi diversi dalla partecipazione alle attività indicate nel precedente Articolo 2.

Resta inteso che gli amministratori, i membri degli organi interni e i dipendenti delle Parti si

considerano già tenuti alla riservatezza in virtù del rapporto intercorrente con la relativa Parte; pertanto, è sufficiente, affinché possano avere accesso alle Informazioni Confidenziali, che siano stati informati degli obblighi di confidenzialità del presente Accordo.

Nessuna delle Parti divulgherà alcun comunicato stampa o pubblicherà altrimenti alcuna dichiarazione pubblica in merito al presente Accordo e alle attività contemplate nel presente Accordo senza il preventivo consenso scritto dell'altra Parte, a meno che tale comunicazione, comunicato stampa o dichiarazione pubblica non siano richiesti dalla legge, o da un'Autorità competente legittimamente autorizzata a richiedere tale divulgazione, dandone previa notizia all'altra Parte, ove legalmente possibile.

ART. 10 - Responsabilità amministrativa e anticorruzione

Ciascuna delle Parti dichiara di conoscere, e si impegna a rispettare, le Leggi Anticorruzione a ciascuna di esse applicabili, e dichiara di aver adottato e di attuare un proprio Modello di organizzazione, gestione e controllo (il "Modello") e un Codice di Comportamento (il "Codice") in conformità alle disposizioni del D. Lgs. 8 giugno 2001 n. 231 e si obbliga al rispetto dei principi e delle procedure previste nel proprio Modello e Codice.

Con riferimento all'esecuzione delle attività oggetto del presente Accordo, le Parti si impegnano:

- i. ad astenersi dal dare o promettere denaro, provvigioni, emolumenti e altre utilità ad amministratori, sindaci, dipendenti o collaboratori dell'altra Parte e/o di società del rispettivo gruppo, ivi compresi regali, intrattenimenti, viaggi o qualsiasi altro tipo di beneficio, anche non patrimoniale, oltre i limiti di quanto ammesso dal proprio "Codice" e "Modello";
- ii. in ogni caso a comunicare senza indugio qualsiasi richiesta o tentata richiesta o dazione o promessa di quanto indicato sub a), indipendentemente da ogni valutazione sulla conformità o meno al "Codice" e al "Modello" dell'altra Parte;
- iii. ad astenersi dal concludere accordi direttamente con personale del gruppo d'appartenenza

dell'altra Parte o loro familiari o società ad essi riconducibili.

Tali comunicazioni dovranno essere direttamente e tempestivamente segnalate ai competenti uffici indicati dalle Parti.

In particolare, con riferimento all'Agenzia si dovrà tenere conto del Codice di comportamento dei dipendenti ENEA e del "Piano Triennale di Prevenzione della Corruzione e della Trasparenza dell'ENEA (P.T.P.C.T.) 2022 – 2024 adottato dall'ENEA in ossequio alla Legge n. 190 del 06/11/2012 e s.m.i., disponibile sul sito web dell'Agenzia.

Per quanto riguarda il CNR si dovrà tenere conto del codice di Comportamento dei dipendenti CNR e del Piano Triennale della Corruzione e della Trasparenza 2023-2025 disponibile sul sito web dell'ente.

Per quanto riguarda FBK si dovrà tenere conto del Piano Triennale di Prevenzione della Corruzione della Trasparenza adottato e consultabile sul sito web della Fondazione e dovranno altresì essere rispettate le disposizioni previste dal Codice di Comportamento di FBK, pubblicato al link: <https://trasparenza.fbk.eu/Disposizioni-general/Atti-general/Atti-amministrativi-general/Modello-di-Organizzazione-Gestione-e-Controllo-ex-D.-Lgs.-n.-231-2001/Codice-di-comportamento>.

Fermo ogni diritto e rimedio spettante a ciascuna Parte per legge e/o per contratto, e ferma ogni reciproca responsabilità e l'obbligo di tenere indenne e manlevata l'altra Parte da ogni eventuale responsabilità verso terzi, in caso di inadempimento agli impegni di cui al presente Articolo, la parte non inadempiente potrà risolvere il presente Accordo ai sensi e per gli effetti dell'art. 1456 cod. civ.

ART. 11 – Durata

Il presente Accordo entra in vigore alla data della sottoscrizione ed ha una durata di tre anni, con possibile proroga previo accordo scritto tra le Parti.

Le Parti potranno recedere dal presente Accordo ai sensi del successivo articolo 13.

Lo scioglimento anticipato del presente Accordo non produrrà alcun effetto sulle attività di ricerca in essere al momento del recesso, che resteranno regolate, fino al loro compimento, dalla presente intesa

e dai Contratti di Ricerca o Convenzioni Operative.

ART. 12 – Legge applicabile e Foro Competente

Il presente Accordo è disciplinato e regolato dalle leggi dello Stato Italiano. In caso di controversia, diretta o indiretta, nell'interpretazione, formazione, efficacia, validità e/o esecuzione del presente Accordo Quadro, che non si possa risolvere in via amichevole, le Parti saranno libere di adire le Autorità giudiziarie. Le Parti convengono la competenza esclusiva del Foro di Roma.

ART. 13 – Recesso

Ciascuna delle Parti avrà la facoltà di recedere dal presente Accordo-Quadro, senza oneri o corrispettivi, dandone comunicazione scritta alle altre Parti con un preavviso tramite PEC di almeno 90 (novanta) giorni. In caso di recesso restano salve le eventuali iniziative già avviate congiuntamente, salvo che le Parti di comune accordo non decidano diversamente.

ART. 14 – Comunicazioni

Tutte le comunicazioni relative al presente Accordo, da inviarsi, salvo quanto altrimenti concordato tra le Parti, a mezzo raccomandata con ricevuta di ritorno o posta elettronica certificata, dovranno essere recapitate presso le sedi istituzionali dei firmatari, all'attenzione dei Referenti dell'Accordo. Ciascuna Parte potrà modificare i propri recapiti con preavviso scritto di almeno 15 giorni all'altra Parte.

ART. 15 – Registrazione ed imposta di bollo

Il presente Accordo è soggetto a registrazione solo in caso d'uso ai sensi del D.P.R. n. 131 del 26 aprile 1986 e le spese di registrazione saranno a carico della Parte richiedente.

Il presente Accordo è redatto in unico esemplare firmato digitalmente ai sensi del D. Lgs. 82/2005 e s.m.i. e dell'Art. 15, comma 2 bis Legge n. 241/90 e s.m.i. ed è soggetto all'imposta di bollo fin dall'origine ai sensi dell'art. 2, Tariffa Parte I del D.P.R. 642/1972, assolta da ENEA in modalità virtuale per un importo di euro 112,00 ai sensi dell'art. 15 del D.P.R. n. 642/1972 – Autorizzazione n. 0023639 del 23/03/2016 rilasciata dall'Agenzia delle Entrate Direzione Regionale Lazio.

ART. 16 - Norme di rinvio

Per quanto non espressamente previsto dal presente Accordo si fa rinvio alle norme vigenti in materia.

CNR

La Presidente

Prof.ssa Maria Chiara CARROZZA

ENEA

Il Presidente

Ing. Gilberto DIALUCE

FBK

Il Direttore del Centro Sustainable Energy

Dott. Luigi CREMA

**APPENDICE DELL'ACCORDO QUADRO
CNR – ENEA – FBK**

Coordinatori di progetto:

Lidia ARMELAO - CNR
Emilio Fortunato CAMPANA - CNR
Giorgio GRADITI - ENEA
Luigi CREMA - FBK

Team di progetto:

Antonino Salvatore ARICO' - CNR
Alessandra SANSON - CNR
Viviana CIGIOTTI - ENEA
Giulia MONTELEONE - ENEA
Nadhira BENZAADA LAIDANI - FBK
Matteo TESTI - FBK

PREMESSA

I - RICERCA E SVILUPPO NEL SETTORE DELL'IDROGENO VERDE	PAG.4
1. CONTESTO NAZIONALE	PAG. 4
1.1 PNIEC – Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima	
1.2 PNR – Piano Nazionale di Ricerca	
1.3 PNRR – Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza	
1.4 SIRI – Strategia italiana ricerca idrogeno	
2. CONTESTO EUROPEO E INTERNAZIONALE	PAG. 9
2.1 MI – Mission Innovation	
2.2 IPHE – International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy	
2.3 IPCEI – Important Project of Common European Interest	
2.4 IEA – International Energy Agency	
3. CONTESTO REGIONALE	PAG.12
4. ISTITUZIONI EUROPEE DI RIFERIMENTO	PAG.20
4.1 Clean Hydrogen JU	
4.2 Hydrogen Europe	
4.3 Agenda Process Hydrogen	
4.4 Hydrogen Public Funding Compass	
4.5 Ten-year plan for the development of the European gas infrastructure	
4.6 European backbone of the hydrogen distribution network	
4.7 Hydrogen Council	
4.8 EERA JP FCH –Joint Programme on Fuel Cells and Hydrogen	
4.9 Repower EU	
4.10 ECHA – European Clean Hydrogen Alliance	
II - CRITICITÀ E SFIDE TECNOLOGICHE	PAG. 31
5. IDENTIFICAZIONE PRIORITÀ DI RICERCA SUL BREVE, MEDIO E LUNGO TERMINE	PAG. 31
III - TEMATICHE DELL'ACCORDO QUADRO	PAG. 35
6. PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE	PAG. 35
6.1 Elettrolisi a bassa ed alta temperatura	
6.2 Gassificazione di biomasse, processi termochimici ed elettrochimici	
6.3 Fotoelettrolisi e fotocatalisi	
6.4 Tecnologie emergenti per la produzione di H ₂	
7. STOCCAGGIO E DISTRIBUZIONE DI IDROGENO VERDE	PAG. 39
7.1 Idrogeno compresso, criogenico	
7.2 Stoccaggio chimico e hydrogen carriers	
7.3 Stoccaggio fisico e MOF	
7.4 Accumulo in stato solido	
7.5 Reti di distribuzione idrogeno	

8. USI FINALI DELL'IDROGENO VERDE	PAG. 41
8.1 Industria	
8.2 Mobilità sostenibile	
8.3 Applicazioni residenziali	
9. ASPETTI TRASVERSALI	PAG. 43
9.1 Integrazione di sistema: sector coupling e barriere amministrative	
9.2 Standard pre-normativa e quadro regolatorio	
9.3 Misure di supporto	
9.4 Aspetti legati alla sicurezza	
9.5 Tracciabilità idrogeno verde	
9.6 Formazione	
9.7 Accettazione sociale idrogeno	
9.8 Impatto socioeconomico delle nuove tecnologie ad idrogeno	
9.9 Idrogeno e impatti geopolitici: legami con altri paesi europei e con paesi del Mediterraneo-Africa	
IV - COMPETENZE, PARTNERSHIP E SINERGIE	PAG. 51
V - OBIETTIVI DELL'ACCORDO QUADRO	PAG. 54
10. MACRO-OBIETTIVI	PAG. 54
VI - STRUMENTI SPECIFICI	PAG. 55
11. MESSA A SISTEMA DELLE DIVERSE COMPETENZE E RISORSE	PAG. 55
12. SINERGIE PER AFFRONTARE I PROGRAMMI DI RICERCA E PER COSTITUIRE MASSA CRITICA	PAG. 56
13. VALORE AGGIUNTO DI UNA CARTA DEI SERVIZI OFFERTA ALLE ISTITUZIONI, INDUSTRIA E TERRITORI	PAG. 57
VII - AZIONI DA METTERE IN CAMPO	PAG. 59
14. SVILUPPO DELLE TECNOLOGIE E DEI PROCESSI	PAG. 59
15. SVILUPPO DELLA SMART SECTORIAL INTEGRATION	PAG. 59
16. CREAZIONE DI ECOSISTEMI IDROGENO COME NUCLEO INIZIALE PER LO SVILUPPO ED ESTENSIONE DELLA FILIERA	PAG. 60
VIII - IMPATTO DESIDERATO PER L'ACCORDO QUADRO	PAG. 60
17. BENEFICI DI NATURA STRATEGICA A SUPPORTO DEL FATTORE CRESCITA DEL PAESE ITALIA, NEL PERCORSO DALLA RICERCA ALL'INNOVAZIONE	PAG. 60
IX - CONCLUSIONI	PAG. 61

PREMESSA

Gli Enti di Ricerca CNR, ENEA ed FBK danno luogo ad un partenariato strategico al fine di delineare gli ambiti di ricerca e sviluppo, le strategie e le iniziative sull'idrogeno verde e low-carbon i cui contenuti, obiettivi, prospettive, benefici, strumenti specifici ed impatto sono descritti in questa Appendice dell'Accordo Quadro. Partendo dallo stato dell'arte, l'Appendice identifica le criticità e le sfide tecnologiche da affrontare ed individua le priorità della ricerca nei settori produzione, stoccaggio, distribuzione e usi finali dell'idrogeno verde. La collaborazione avviata intende favorire la definizione di una strategia comune per lo sviluppo di un ecosistema di innovazione per l'idrogeno verde. Le modalità operative e gli aspetti tecnici concernenti l'esecuzione dell'Accordo, l'impegno in termini di risorse umane e strumentali saranno definite nel dettaglio nei Contratti di Ricerca e/o nelle Convenzioni Operative di cui all'art. 3 dell'Accordo quadro. Questi ultimi conterranno le indicazioni specifiche sulle attività di ricerca da svolgere, gli obiettivi da realizzare, la disciplina dei diritti della proprietà intellettuale e quella sulla riservatezza delle informazioni scambiate nell'ambito e ai fini della partnership di ricerca e sviluppo concordata. L'Accordo potrà, inoltre, facilitare lo sviluppo di progetti integrati di ricerca per coprire l'intera catena del valore dell'idrogeno ed affrontare le relative implicazioni e ricadute economiche, industriali, ambientali e sociali.

I - RICERCA E SVILUPPO NEL SETTORE DELL'IDROGENO VERDE

1. CONTESTO NAZIONALE

Secondo una recente analisi del Gestore dei Servizi Energetici (GSE) a partire dai dati Eurostat (attualmente aggiornati al 2020), l'Italia ricopre un ruolo di primo piano a livello europeo per consumi di energia da fonti di energia rinnovabile (FER) pari a 21,9 Mtep, a fronte di consumi energetici complessivi di circa 107,6 Mtep. Il nostro Paese ha superato ampiamente l'obiettivo al 2020 fissato dalla direttiva 2009/28/CE (17%) con una ulteriore crescita nell'uso delle rinnovabili dovuta all'emergenza pandemica. Tuttavia, l'utilizzo di energia rinnovabile in Italia è destinato a crescere rapidamente nei prossimi anni e di conseguenza anche i vettori energetici ad essa associati tra cui l'idrogeno verde.

La quota di energia rinnovabile in Italia è principalmente legata al consumo di energia elettrica (> 38,1%), si avvicina al 20% per il riscaldamento, mentre è solo il 10,7% per i trasporti (biocarburanti). Una parte significativa dell'energia rinnovabile prodotta a livello nazionale proviene da fonte eolica e fotovoltaica che sono fortemente influenzate dalle condizioni meteorologiche, e quindi caratterizzate da un elevato grado di intermittenza e non programmabilità. Considerando che la quota di energia rinnovabile prodotta crescerà notevolmente secondo l'attuale tendenza, unitamente alla necessità di attuare le direttive dell'UE, vi è il rischio che una parte significativa di energia rinnovabile in eccesso, prodotta in futuro, possa non essere immessa in rete.

1.1 PNIEC – Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) ha indicato specifici obiettivi al 2030, tratteggiando le soluzioni economicamente più convenienti, in base ad assunzioni riguardanti l'evoluzione delle tecnologie in campo energetico; in particolare, il PNIEC indica un obiettivo pari al 30% per i consumi coperti da fonti rinnovabili al 2030 e una riduzione del 43% del fabbisogno di energia primaria sempre al 2030 attraverso il risparmio energetico e l'aumento dell'efficienza energetica dei processi. La Commissione Europea ha recentemente invitato gli Stati membri a integrare i programmi di ricerca e sviluppo esistenti con un capitolo dedicato alle nuove azioni attuate per raggiungere gli obiettivi del RePowerEU diversificando le forniture energetiche e riducendo la

dipendenza dai combustibili fossili. Ciò comporterà un superamento di quanto previsto dalla strategia energetica nazionale e la riduzione della quota di fabbisogno energetico in Italia, coperta dalle importazioni, dall'attuale 75% al 64%.

Per raggiungere questi obiettivi, il futuro sistema energetico nazionale dovrà combinare diversi approcci ovvero affiancare al vettore elettrico uno stoccaggio efficiente dell'energia basato su idrogeno, batterie, vettori termici, etc., utilizzando al contempo in modo efficace la rete e sviluppando in modo integrato le nuove tecnologie energetiche. Questi processi e le relative tecnologie dovranno essere complementari e caratterizzati da comportamenti sia flessibili che dinamici per operare in sinergia.

Tra le varie azioni a livello industriale, atte a promuovere e sostenere la futura strategia italiana sull'idrogeno, è utile menzionare lo studio H₂ Italy 2050 *“Una filiera nazionale dell'idrogeno per la crescita e la decarbonizzazione dell'Italia”* sviluppato da SNAM e The European House - Ambrosetti in cui si delinea la necessità di una filiera nazionale dell'idrogeno nell'ottica di decarbonizzare progressivamente il sistema energetico nazionale. In accordo con la strategia europea, è stato evidenziato che nel 2050 l'idrogeno sarà in grado di soddisfare un quarto della domanda finale di energia, e che grazie alla sua capillare rete di trasporto nazionale e di interconnessione con altri Paesi, l'Italia può candidarsi a diventare hub europeo dell'idrogeno in particolare agendo come “ponte” tra l'Europa e il continente africano. A tal fine, in riferimento allo sviluppo di una opportuna *value chain*, l'Italia potrebbe adattare o riconvertire molte competenze manifatturiere, tecnologiche e scientifiche per lo sviluppo della filiera idrogeno.

E' da evidenziare, inoltre, lo studio condotto da Confindustria e ENEA *“Piano d'azione per l'idrogeno: Potenzialità dell'industria nazionale nella prospettiva della transizione ecologica e mappatura dei potenziali Off-Takers”* in cui si riporta una valutazione del potenziale nazionale di penetrazione/diffusione dell'utilizzo dell'idrogeno nei differenti settori industriali ed una mappatura dei potenziali Off-Takers industriali. Emerge che le differenze maggiori tra i settori di utilizzo riguardano, oltre che l'entità dei potenziali consumi annui di idrogeno, il grado di readiness tecnologica/commerciale relativa all'impiego dell'idrogeno nelle diverse filiere industriali.

È ormai largamente condiviso a livello nazionale come l'idrogeno possa diventare uno dei più importanti vettori energetici per le sue caratteristiche di elevata densità di energia, combustione totalmente pulita e capacità di “mediare” tra le fonti rinnovabili intermittenti e il sistema energetico. Le applicazioni dell'idrogeno in Italia possono riguardare la decarbonizzazione di rilevanti settori industriali (sintesi ammoniacale, metanolo, processi di idrogenazione, fornitura di high-grade heat per settori energivori quali siderurgia, cementifici, etc.), la mobilità sostenibile, l'immissione nella rete del gas, gli usi domestici e di generazione stazionaria ed in generale la decarbonizzazione dei cosiddetti settori industriali *“hard to abate”* sia nei trasporti che in campo industriale. L'ampio utilizzo dell'idrogeno verde potrà assumere una crescente rilevanza ambientale e sociale nell'affrontare questioni energetiche complesse, l'inquinamento, il riscaldamento globale e gli effetti correlati ai cambiamenti climatici.

1.2 PNR – Piano Nazionale di Ricerca

Il Piano Nazionale Ricerca (PNR) 2021-2027 nella sezione Energia & Clima ha evidenziato l'importanza di promuovere nuove tecnologie energetiche sostenibili e nuovi vettori energetici, includendo le tecnologie ad idrogeno e il power-to-gas come necessità rilevanti. Ciò ha preceduto l'avvento del Next Generation EU con il recepimento a livello nazionale, attraverso il PNRR, della strategia europea sull'idrogeno. Un progresso significativo è rappresentato dal fatto che l'Italia si è impegnata a raddoppiare l'investimento nazionale in ricerca e sviluppo nell'ambito dell'energia pulita già a partire dal 2021 (rispetto ai 7 anni precedenti). Inoltre, gli obiettivi nazionali indicati nel PNR puntano a favorire gli investimenti pubblici e privati a favore della ricerca e dell'innovazione nel settore energetico a tutti i livelli (europeo, nazionale e regionale), attraverso lo sviluppo di tecnologie

mirate alla transizione energetica, introducendo sistemi e modelli organizzativi-gestionali in grado di supportare le imprese.

Il PNR ha indentificato come settore prioritario quello relativo alla produzione e alla distribuzione di energia nelle forme di energia elettrica, termica, potenziale e chimica. Il programma che riguarda il periodo 2021-2027 è focalizzato sulle necessità di promuovere la ricerca su tecnologie e impianti *power to gas* e *power to liquid* per una produzione sostenibile di idrogeno e di *hydrogen carrier*. A ciò si affiancano nuovi processi per l'accumulo (*chemical energy storage*) e la distribuzione di energia (*Smart Grids*). In realtà, in un sistema altamente integrato, idrogeno, biocombustibili, accumulo elettrochimico e *Smart Grids* operano in maniera sinergica per massimizzare l'utilizzo dei surplus di energia da fonti rinnovabili ed intermittenti, favorendo la penetrazione delle rinnovabili e la generazione distribuita.

Le tecnologie e i processi basati sull'idrogeno verde trovano rilevanza nel PNR nell'ambito dello sviluppo di processi chimici e biologici per la produzione di vettori energetici *low- e zero-carbon* (idrogeno, metano, metanolo). La prospettiva dell'idrogeno è considerata anche di grande rilevanza per il futuro dei trasporti, con particolare riferimento ai nuovi sistemi di propulsione basati sull'uso di celle a combustibile alimentate ad idrogeno. È stata rilevata la necessità di implementare le infrastrutture di ricarica delle batterie e di distribuzione dell'idrogeno in parallelo alla diffusione dei sistemi di propulsione con tecnologia ibrida (bimodale), elettrica e idrogeno, ed in generale la necessità di promuovere la ricerca sui sistemi innovativi di generazione, trasporto e stoccaggio dell'idrogeno.

Nel suo complesso, tuttavia, la rilevanza data al settore idrogeno dal PNR sembra risultare relativamente modesta se confrontata con la strategia europea delineata nel programma Horizon Europe che riguarda lo stesso arco temporale, in particolare nel cluster 5 *Climate, Energy and Mobility*, dedicato allo sviluppo integrato di soluzioni per la produzione, l'utilizzo e l'accumulo sostenibile di energia, ed in particolare con gli obiettivi ambiziosi della *Clean Hydrogen Partnership*. Tale lacuna è ampiamente compensata anche sul fronte della ricerca dal programma PNRR lanciato successivamente con la Missione 2 Investimento 3.5 "Ricerca e Sviluppo sull'idrogeno".

1.3 PNRR – Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza

La strategia nazionale dell'Idrogeno è essenzialmente delineata nella *Missione 2 "Rivoluzione verde e transizione ecologica"* - Componente 2 (M2C2) - Energia rinnovabile, idrogeno, rete e mobilità sostenibile del PNRR. La Componente 2 individua alcune linee principali nel percorso di decarbonizzazione volte a realizzare specifiche riforme ed investimenti. Le linee strategiche sono intercorrelate tra loro e mirano all'incremento della quota di energia prodotta da fonti rinnovabili, al potenziamento e alla digitalizzazione delle infrastrutture di rete. I programmi tendono ad aumentare la diffusione delle rinnovabili e la resilienza rispetto a fattori climatici critici, promuovendo la produzione, la distribuzione e gli usi finali dell'idrogeno verde. Si tratta di sviluppare un trasporto locale più sostenibile non solo ai fini della decarbonizzazione, ma anche per ridurre l'inquinamento locale, procedere allo sviluppo di una filiera manifatturiera competitiva per ridurre la dipendenza dall'estero in riferimento alle nuove tecnologie e allo stesso tempo facilitare la crescita industriale e l'occupazione nei settori energetici più innovativi.

La strategia sull'idrogeno riguarda principalmente la Misura 3 - *Promuovere la produzione, la distribuzione e gli usi finali dell'idrogeno* [M2C2.3], realizzata attraverso specifici investimenti e riforme di seguito esemplificate.

- Investimento 3.1 - Produzione di idrogeno in aree industriali dismesse (Hydrogen Valleys)
- Investimento 3.2 - Utilizzo dell'idrogeno in settori hard-to-abate
- Investimento 3.3 - Sperimentazione dell'idrogeno per il trasporto stradale
- Investimento 3.3 - Sperimentazione dell'idrogeno per il trasporto ferroviario
- Investimento 3.5 - Ricerca e sviluppo sull'idrogeno

- Riforma 3.1 - Semplificazione amministrativa e riduzione degli ostacoli normativi alla diffusione dell'idrogeno
- Riforma 3.2 - Misure volte a promuovere la competitività dell'idrogeno

Accanto alla misura M2C2.3, vi sono altre due misure rilevanti che coinvolgono l'idrogeno sostenibile, in parte nella misura M2C2.4 Sviluppo di trasporto locale sostenibile - Investimento 4.4 "Trasporto pubblico regionale e ferroviario basato su combustibili puliti" e in modo specifico nella misura M2C2.5 Supporto alla value chain industriale - Investimento 5.2 Idrogeno: Installazione di 1 GW di elettrolizzatori (5 GW al 2030) e sistemi a fuel cells.

L'investimento complessivo del PNRR sull'idrogeno sostenibile è di circa 3,64 miliardi di euro, mentre quello specifico per la ricerca è di 160 mln di euro. Per ciò che riguarda l'Investimento 3.5 - Ricerca e sviluppo sull'idrogeno, l'attività delineata dal MASE mira a progredire nella conoscenza e nell'implementazione delle tecnologie ad idrogeno per la produzione, lo stoccaggio e la distribuzione. L'obiettivo generale è di migliorare le tecnologie e verificare la fase di industrializzazione dei processi innovativi, ridurre sia i CAPEX che i costi di esercizio e manutenzione e promuovere la sperimentazione delle tecnologie nei principali settori di applicazione. Le attività di ricerca e sviluppo sono considerate come un importante fattore abilitante ed acceleratore per la diffusione dell'idrogeno. L'obiettivo è stabilire una rete nazionale in grado di validare diverse tecnologie e strategie operative e fornire servizi di ricerca, sviluppo ed ingegneria per gli operatori industriali che necessitano di una convalida su scala dei loro sistemi.

Il programma mira sia allo sviluppo di tecnologie altamente innovative in grado di realizzare sul lungo termine un cambiamento radicale sia a supportare progetti dimostrativi che riguardano la validazione di soluzioni tecnologiche in ambienti integrati e operativi a un TRL 6-8. I temi di maggiore rilevanza riguardano l'implementazione e dimostrazione delle diverse tecnologie per la produzione di idrogeno da fonti energetiche rinnovabili, il suo trasporto in gasdotti, la distribuzione in miscela con il gas naturale e l'utilizzo nei vari settori applicativi, in particolare quelli hard-to-abate relativi a energia, industria, mobilità sostenibile e processi di trasformazione in prodotti sintetici (gas/liquidi) da utilizzare come combustibili rinnovabili o carrier di idrogeno.

L'incremento del TRL per le tecnologie che costituiscono la value chain dell'idrogeno potrà essere ottenuto attraverso l'integrazione e la sperimentazione in ambiente rilevante (ad esempio la sperimentazione in ambienti industriali, in Hydrogen demo Valley, etc.).

In tale ambito, la ricerca sull'idrogeno verde è sostanzialmente incentrata a realizzare una sinergia tra fonti rinnovabili e sistema energetico, per superare le criticità della produzione intermittente, garantendo un uso differito nel tempo del surplus di energia rinnovabile attraverso elettrolizzatori in grado di fornire un servizio di bilanciamento di rete e produrre idrogeno pulito ad alta pressione e con elevata efficienza.

Gli interventi dell'Investimento 3.5 - Ricerca e sviluppo sull'idrogeno mirano a promuovere le attività specifiche di seguito delineate:

- Produzione di idrogeno verde e pulito*: attività di ricerca volte al miglioramento prestazionale delle attuali tecnologie di elettrolisi e allo sviluppo di quelle emergenti (AEM, SOEC, MCE). Sono incluse le tecnologie alternative e/o complementari all'elettrolisi, che possono abilitare una produzione sostenibile di idrogeno verde contribuendo alla decarbonizzazione di alcuni settori ed attivando percorsi virtuosi anche in termini di sviluppo competitivo e fertilizzazione territoriale. Tra queste si possono citare, a titolo di esempio, i processi di reforming integrati con biomasse e fonte solare, la gassificazione delle biomasse, i processi biologici, la scissione fotoelettrochimica dell'acqua, etc.;
- Tecnologie innovative per lo stoccaggio e il trasporto dell'idrogeno e la sua trasformazione in derivati ed e-fuels*: lo sviluppo di infrastrutture adeguate e sicure per il trasporto, lo stoccaggio e la distribuzione dell'idrogeno richiede attività di ricerca, sviluppo e innovazione, per affrontare diverse sfide, quali l'iniezione di idrogeno nella rete del gas, l'installazione e l'esercizio di stazioni di rifornimento, lo stoccaggio dell'idrogeno liquido o gassoso a pressioni elevate, l'accumulo sotto forma di altri combustibili, etc.;

iii) *Celle a combustibile*: con riferimento agli usi finali, le celle a combustibile rappresentano la tecnologia d'elezione per un uso pulito ed efficiente dell'idrogeno, in diversi ambiti di applicazione, quali il trasporto, i sistemi CHP, il back-up power, etc. Gli obiettivi nel medio-lungo termine sono finalizzati in generale allo sviluppo di nuovi materiali e di architetture di stack per ridurre il costo, aumentarne la durata, l'efficienza e l'affidabilità;

iv) *Sistemi intelligenti di gestione integrata per migliorare la resilienza e l'affidabilità delle infrastrutture intelligenti basate sull'idrogeno*: ampliare la digitalizzazione dei sistemi e delle reti energetiche per facilitare l'interconnessione, la sinergia tra produzione e storage, favorire l'interazione attraverso l'intelligenza artificiale, sensori IoT pervasivi, e sistemi di controllo in grado di aumentare la resilienza e l'affidabilità delle infrastrutture energetiche, ed in particolare quelle ad idrogeno, nel nuovo scenario energetico.

Si collocano, all'interno dell'investimento 3.5, l'Accordo di Programma sottoscritto tra il MASE ed ENEA, con il contributo di CNR e RSE, per il periodo 2022-2025 nell'ambito del quale è stato sviluppato il Piano Operativo della Ricerca (POR) sull'idrogeno le cui linee di azione sono state sopra descritte, e i progetti di ricerca e sviluppo finanziati a valere su bandi competitivi emanati dal MASE che hanno coinvolto le imprese in attività di ricerca industriale e sviluppo sperimentale, gli enti di ricerca e le università.

Sono stati già avviati anche programmi e iniziative volte a sostenere lo sviluppo delle Hydrogen Valley, i protocolli di intesa sui Progetti bandiera ed il bando del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (MIT) per la realizzazione delle 40 stazioni di rifornimento a base di idrogeno rinnovabile per il trasporto stradale (Hydrogen Refuelling Station - HRS) in prossimità delle maggiori arterie stradali nazionali nell'ambito della Missione 2, Componente 2, Investimento 3.3 del PNRR. Il MIT ha di recente pubblicato, ad esito del procedimento di valutazione delle istanze di ammissione al contributo per la realizzazione di 40 HRS, la graduatoria provvisoria con l'ammissione di 36 richieste.

1.4 SIRI – Strategia italiana ricerca idrogeno

La Strategia Italiana Ricerca Idrogeno (SIRI), è stata adottata dal Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR) nell'ottobre 2020; tale strategia precede quindi il PNRR, e rappresenta un primo approccio organico a livello ministeriale per delineare un programma di ricerca nazionale sull'idrogeno in modo strutturato attraverso una strategia ampia e concreta. I temi affrontati sono quelli della produzione di idrogeno pulito, elettrolisi e processi termochimici, trasporto, stoccaggio e distribuzione, mobilità a idrogeno pulita e competitiva, formazione, e ricerca pre-normativa. Nel programma della SIRI, la produzione e l'impiego dell'idrogeno rappresentano una risorsa importante per il sistema energetico nazionale in linea con il Green Deal Europeo e il Programma Quadro per la Ricerca e l'Innovazione - Horizon Europe.

Sono trattati i temi della ricerca a medio termine nel settore idrogeno legati alla transizione energetica e le priorità di lungo termine per i vari pillar cioè produzione, stoccaggio, distribuzione e utilizzo di idrogeno verde senza emissioni di CO₂. Questo programma risulta di grande rilevanza in quanto considera un approccio sistemico dove attraverso la ricerca su tutta la filiera dell'idrogeno si può contribuire in modo importante al processo di decarbonizzazione. Il programma, in accordo con la Strategia Europea per l'idrogeno, individua tre obiettivi rilevanti, ovvero: potenziare la competitività dei prodotti della ricerca italiani e le probabilità di successo nei bandi competitivi europei (Horizon Europe); proporre specifiche sinergie con gli altri Ministeri e con le iniziative dell'industria italiana e delle amministrazioni locali per migliorare il trasferimento dei risultati della ricerca; incrementare le risorse destinate ai vari settori di ricerca e sviluppo sull'idrogeno, ponendo l'enfasi sullo sviluppo della ricerca di base nel settore al fine di colmare il divario con gli altri Paesi Europei.

Nel programma della SIRI, oltre allo sviluppo delle tecnologie e dei processi per l'idrogeno pulito, si dà grande rilevanza all'impatto che le tecnologie di produzione e gli usi finali dell'idrogeno pulito

hanno sulla società con applicazioni rilevanti nell'industria, nell'edilizia, nella mobilità sostenibile, sulla diffusione delle fonti rinnovabili, e per lo sviluppo di un sistema energetico altamente integrato.

2. CONTESTO EUROPEO E INTERNAZIONALE

2.1 MI – Mission Innovation

Mission Innovation 1.0 è un'iniziativa globale a cui aderiscono 24 Paesi e la Commissione Europea (in rappresentanza dell'UE), che ha come obiettivo l'accelerazione dell'innovazione delle tecnologie per la decarbonizzazione. Nell'ambito di Mission Innovation, il Ministero della Transizione Ecologica (MiTE) - adesso MASE - ha finanziato con 35,8 milioni di euro un programma triennale di R&D&I che vede la partecipazione di ENEA, CNR e RSE. In particolare, è stato predisposto un Piano Operativo delle Attività (POA) incentrato su tre aree tematiche che opera su valori medio-alti di TRL: Smart Grid, idrogeno e materiali avanzati per l'energia afferenti rispettivamente alle Challenges #1 (Smart Grids), #8 (Renewable and Clean Hydrogen) e #6 (Clean Energy Materials) di Mission Innovation 1.0.

In tale contesto, ENEA realizzerà presso il proprio C.R. Casaccia una "Hydrogen demo Valley", con l'obiettivo di dimostrare su scala reale la fattibilità, la funzionalità, la sostenibilità, la resilienza e la sicurezza di un ecosistema basato sull'idrogeno, e presso il proprio C.R. Portici un dimostratore di microrete multi-vettore che prevede l'integrazione di alcune delle tecnologie afferenti alla filiera idrogeno.

Presso Capo d'Orlando (ME), il CNR potenzierà la propria infrastruttura, già disponibile, incentrata sulla mobilità a idrogeno verde prodotta da fotovoltaico per un minibus e alcune biciclette a pedalata assistita alimentate ad idrogeno, implementando e integrando nuove tecnologie per l'idrogeno per possibili applicazioni in ambiente civile.

Nel contesto delle iniziative di dimostrazione sopra descritte, si procederà alla progettazione e realizzazione delle infrastrutture ed alla sperimentazione in campo, su scala significativa, di dispositivi, componenti e prototipi caratterizzati da tecnologie in fase commerciale o pre-commerciale per accrescere ulteriormente il valore del TRL e favorire l'industrializzazione delle tecnologie, prodotti, sistemi e servizi sviluppati.

Inoltre, nella cornice della riunione ministeriale (MI6) del luglio 2021 è stata lanciata ufficialmente la nuova fase denominata "Mission Innovation 2.0", a cui l'Italia ha aderito. Tale iniziativa è stata accolta con grande ottimismo per gli ambiziosi traguardi che si pone e per la significativa partecipazione dei Paesi membri. L'adesione dell'Italia si inserisce nel coinvolgimento attivo del Paese nell'accelerare la transizione energetica e del ruolo cruciale che riveste l'iniziativa nella progressiva riduzione delle emissioni di CO₂. Una novità di rilievo è costituita dalla creazione di nuove 6 Mission che andranno a sostituire le 8 Innovation Challenges, attraverso aggregazioni e integrazioni delle aree tematiche di ricerca. Nel corso di MI6 sono state lanciate le prime 3 Mission: Power, Clean Hydrogen, Shipping. ENEA, in qualità di coordinatore, insieme a CNR e RSE, è coinvolta nella Mission Clean Hydrogen a supporto del MASE, sia per la definizione del programma di ricerca ed il coinvolgimento delle filiere industriali e manifatturiere di settore e indotto, sia per la realizzazione di almeno 100 hydrogen valley integrate su larga scala in tutto il mondo. L'obiettivo della Clean Hydrogen Mission, che è articolata secondo tre "pillars" (Research & Innovation; Demonstration and Clean Hydrogen Valleys; Enabling Environment), è di ridurre i costi dell'idrogeno pulito all'utente finale a 2USD/kg entro il 2030. Nel triennio 2023-2025 sono previsti finanziamenti per progetti ed iniziative di dimostrazione per complessivi 505 milioni di euro nei seguenti settori - Green Future Power; Clean Hydrogen Mission; Cross-cutting Hydrogen Power - di cui potenzialmente più di 160 milioni di euro per l'idrogeno.

2.2 IPHE – International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy

Attraverso la partecipazione dei delegati ENEA, l'Italia è membro attivo nella “International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy” (IPHE). Si tratta di una partnership intergovernativa fondata nel 2003 con l'obiettivo specifico di facilitare la transizione verso un sistema energetico sostenibile attraverso l'applicazione delle tecnologie dell'idrogeno e delle celle a combustibile. Tale obiettivo viene perseguito mediante (i) la condivisione di informazioni, (ii) la comunicazione di iniziative di particolare rilievo (ad es. progetti di ricerca, sviluppo e dimostrazione) e (iii) la promozione di collaborazione tra i membri dell'associazione. Attraverso la IPHE, le istituzioni e le autorità dei singoli Stati Membri avranno pertanto accesso ad una visione completa e aggiornata riguardo lo sviluppo delle tecnologie dell'idrogeno a livello globale. Tale collaborazione permetterà inoltre di omogeneizzare codici e standard a livello Internazionale.

Ad oggi la IPHE è costituita da 22 membri, inclusa la Commissione Europea.

Attualmente l'intervento viene realizzato attraverso due gruppi di lavoro (WG): Education & Outreach (E&O), Regulations, Codes, Standards, & Safety (RCSS).

Sono state inoltre create alcune Task Force (TF) per affrontare tematiche di particolare rilevanza e fornire elementi significativi per i decisori politici, tra cui: Hydrogen Production Analysis (H2PA, in corso), Hydrogen Trade Rules (H2TR, completata).

Oltre a essere membro dello Steering Committee di IPHE, l'ENEA ha un ruolo attivo nei gruppi di lavoro e Task Force sopra citate. In particolare, viene fornito un contributo nella H2PA relativamente alla definizione di metodologie, analisi e revisione dei documenti prodotti.

2.3 IPCEI – Important Project of Common European Interest

L'iniziativa IPCEI “*Important Projects of Common European Interest*” sull'idrogeno è stata avviata a livello nazionale nei primi mesi del 2019, attraverso l'invito, promosso dal MiSE, rivolto alle aziende nazionali, a manifestare interesse alla partecipazione. Il primo progetto IPCEI sull'idrogeno, denominato, “*Hy2Tech*”, è stato approvato dalla Commissione Europea il 15 luglio 2022, per sostenere la ricerca, l'innovazione ed il primo sviluppo industriale (FID – First Industrial Deployment) delle tecnologie afferenti alla catena del valore dell'idrogeno.

L'IPCEI Hy2Tech riunisce 35 partner provenienti da 15 stati membri, Austria, Belgio, Repubblica Ceca, Danimarca, Estonia, Finlandia, Francia, Germania, Grecia, Italia, Paesi Bassi, Polonia, Portogallo, Slovacchia e Spagna, e conta su un finanziamento complessivo di 5,4 miliardi di euro ed un finanziamento nazionale di circa 1,0 miliardo di euro. L'Italia partecipa con 6 progetti industriali (Alstom, Ansaldo, De Nora/Snam, Enel, Fincantieri, Iveco) e 2 progetti di R&D presentati da enti di ricerca (ENEA e FBK).

La partecipazione dei partner italiani al progetto IPCEI Hy2Tech consentirà all'Italia di sfruttare le considerevoli opportunità derivanti dall'utilizzo dell'idrogeno nei diversi settori applicativi, quali industria, trasporti, civile e residenziale, quest'ultimo in blending con gas naturale. I risultati dell'IPCEI saranno condivisi tra tutte le aziende partecipanti, nazionali ed europee.

Il progetto ENEA, di durata 5 anni, si pone l'obiettivo generale di contribuire a colmare il gap tra lo sviluppo e la validazione di tecnologie innovative a scala di laboratorio ed il livello di impianto pilota, supportando l'industria nella fase di prima industrializzazione.

L'ENEA opererà nel contesto del progetto Hy2Tech con attività di ricerca, innovazione, dimostrazione per favorire lo sviluppo e la riduzione dei costi dei processi produttivi e delle tecnologie stesse attraverso la realizzazione di pilot lines, infrastrutture e laboratori avanzati e con un elevato livello di automazione.

Il progetto FBK si propone di fornire supporto ai players del settore industriale sui 4 technology fields di Hy2Tech, con l'obiettivo di accelerare lo sviluppo e la validazione di tecnologie. Per lo scopo specifico saranno realizzate nuove facility e laboratori in grado di sviluppare soluzioni avanzate di

componenti e sistemi per la produzione, gestione e uso dell'idrogeno in collaborazione con player industriali facenti parte dell'iniziativa progettuale e sviluppate nuove soluzioni messe a disposizione del settore di riferimento.

Il 21 settembre 2022 la Commissione Europea ha annunciato l'approvazione del secondo IPCEI sull'idrogeno Hy2Use, che riunisce 35 progetti di 13 Stati membri. Il sostegno pubblico totale è di 5,2 miliardi di euro; quello nazionale ammonta a circa 500 milioni di euro. Questa seconda lista di progetti IPCEI prevede la costruzione di infrastrutture su larga scala per la produzione, lo stoccaggio e il trasporto di idrogeno rinnovabile e a basse emissioni di carbonio, e lo sviluppo di prodotti innovativi e di tecnologie più sostenibili per l'integrazione di idrogeno nei processi industriali di nei settori "Hard to Abate (HtA)".

Quattro sono le imprese italiane coinvolte: Next Chem-Maire Tecnimont, Rina-CSM, SardHy, South Italy Green Hydrogen.

Sono, inoltre, in corso di definizione le progettualità afferenti ad altre due Waves, denominate Hy2Infra e Hy2Move, rispettivamente relative alle infrastrutture e ai trasporti, nelle quali sono presenti complessivamente quattro iniziative italiane.

2.4 IEA – International Energy Agency

L'Agenzia internazionale dell'energia "International Energy Agency IEA" è un'organizzazione internazionale intergovernativa con l'obiettivo di facilitare il coordinamento delle politiche energetiche dei paesi membri per assicurare la stabilità degli approvvigionamenti energetici al fine di sostenere la crescita economica.

L'IEA è stata creata nel 1974 per contribuire a coordinare una risposta collettiva a gravi interruzioni dell'approvvigionamento di petrolio. Ancora oggi, tra i compiti dell'IEA vi è quello di coordinare gli sforzi per assicurare ai suoi membri una certa stabilità dei prezzi e continuità negli approvvigionamenti energetici. Tuttavia, nel tempo l'Agenzia ha subito un'evoluzione che l'ha condotta a espandere le proprie competenze. L'organizzazione è infatti divenuta uno dei punti di riferimento internazionali nella raccolta e nell'elaborazione di dati energetici: è attraverso le sue analisi che giungono le necessarie indicazioni di policy dirette ad assistere i paesi membri nelle difficili scelte in materia di diversificazione degli approvvigionamenti e massimizzazione della propria sicurezza energetica.

Adottando un approccio basato su tutti i combustibili e tutte le tecnologie, l'IEA raccomanda politiche che migliorino l'affidabilità, l'accessibilità e la sostenibilità dell'energia. Inoltre, dal 2015, l'IEA ha aperto le porte ai principali Paesi emergenti per ampliare il suo impatto globale e approfondire la cooperazione in materia di sicurezza energetica, dati e statistiche, analisi delle politiche energetiche, efficienza energetica e uso crescente di tecnologie energetiche pulite.

L'agenzia collabora con governi, organizzazioni e agenzie di tutto il mondo attraverso 11 programmi e partnership. Il programma di collaborazione tecnologica (Technology Collaboration Programme-TCP) supporta il lavoro di gruppi di esperti internazionali e indipendenti che consentono a governi e industrie di tutto il mondo di condurre programmi e progetti collaborativi su un'ampia gamma di tecnologie energetiche e questioni correlate. Gli esperti coinvolti lavorano per far progredire la ricerca, lo sviluppo e la commercializzazione delle tecnologie energetiche.

Il Programma di collaborazione tecnologica (TCP) sostiene il lavoro di gruppi di esperti internazionali e indipendenti che consentono a governi e industrie di tutto il mondo di condurre programmi e progetti su un'ampia gamma di tecnologie energetiche e questioni correlate. Gli esperti di queste collaborazioni lavorano per far progredire la ricerca, lo sviluppo e la commercializzazione delle tecnologie energetiche. L'ampiezza delle competenze analitiche del TCP è una risorsa unica per la transizione globale verso un futuro energetico più pulito.

Partecipano ai tavoli tecnici della IEA numerosi esperti italiani impegnati in 22 programmi R&I di collaborazione (TCP) in materia di tecnologie energetiche che contribuiscono alle analisi periodiche

dell'IEA. In particolare, ENEA rappresenta l'Italia nell'ExCO dei due TCP della tematica idrogeno: Hydrogen TCP e Advanced Fuel Cells TCP.

Hydrogen TCP è stato istituito nel 1977 per perseguire la ricerca e lo sviluppo collaborativi sull'idrogeno e lo scambio di informazioni tra i Paesi membri. Con una storia operativa di oltre 40 anni, 26 parti contraenti (24 Paesi, la Commissione Europea e UNIDO) e 7 membri sponsor, e risultati significativi al suo attivo, attraverso la creazione e lo svolgimento di circa quaranta task, l'Hydrogen TCP ha gestito una gamma completa di attività di ricerca, sviluppo e analisi sull'idrogeno. Attualmente sono in corso di esecuzione 3 task e 6 sono in fase di definizione, tra cui la "Renewable Hydrogen" lanciata da ENEA. Creato nel 1990, l'Advanced Fuel Cells TCP cerca di dare un contributo significativo per affrontare le opportunità e gli ostacoli alla commercializzazione delle celle a combustibile, promuovendo lo sviluppo delle tecnologie delle celle a combustibile e la loro applicazione su base internazionale, e trasmettendo messaggi chiave ai responsabili politici e alla comunità in generale.

3. CONTESTO REGIONALE

Con la diffusione della nuova strategia nazionale sull'idrogeno, tutte le Regioni italiane si sono sostanzialmente allineate su questo fronte promuovendo iniziative specifiche di grande impatto. L'obiettivo di questo paragrafo non è quello di presentare una *survey* di tutte le attività condotte nel settore dell'idrogeno verde da parte delle regioni italiane, quanto di evidenziare alcune iniziative a livello regionale che rivelano un elevato interesse specifico.

Per quanto riguarda le attività connesse al PNRR, il Governo ha firmato una serie di accordi con le Regioni per implementare il numero di Hydrogen Valley con azioni specifiche nelle Regioni Piemonte, Friuli Venezia Giulia, Umbria, Basilicata, Emilia Romagna e Puglia attraverso dei progetti-bandiera finalizzati all'idrogeno verde. I progetti delle Regioni Piemonte, Friuli Venezia Giulia, Umbria, Basilicata e Puglia puntano a realizzare siti di produzione di idrogeno verde in aree industriali dismesse.

La **Regione Abruzzo** è particolarmente attiva nel settore degli usi finali dell'idrogeno in particolare per le applicazioni automotive. Tre le iniziative più rilevanti, il progetto LIFE3H, co-finanziato dal Programma LIFE della Unione Europea, che riguarda la mobilità ad idrogeno. Il progetto, nel complesso, prevede la messa su strada di 6 autobus, di cui 2 in Abruzzo per la tratta Avezzano-Ovindoli, tre stazioni di rifornimento, di cui una in Abruzzo presso l'Interporto di Avezzano. Il progetto vede attivi 11 partner e oltre 30 stakeholders che sostengono l'iniziativa. Uno degli obiettivi a breve termine della Regione è di porre le basi per lo sviluppo di tre Hydrogen Valley (siti di produzione, stoccaggio e utilizzo di idrogeno integrato), attraverso il trasporto pubblico ad idrogeno e le relative stazioni di rifornimento nell'area montana dell'Altopiano delle Rocche in Abruzzo e nella città di Terni ovvero in un centro urbano caratterizzato dalla presenza di acciaierie. Ogni Hydrogen Valley potrà costituire un "ecosistema" che include sia la produzione che il consumo di idrogeno ed attuare la strategia europea del green deal come percorso privilegiato volto a raggiungere la neutralità climatica in Europa entro il 2050.

L'obiettivo della **Regione Basilicata** è di diventare una delle regioni 'Green Hub' di Italia anche attraverso un progetto relativo allo sviluppo di infrastrutturazione di rete, siti di stoccaggio e distribuzione di Idrogeno nelle principali aree industriali della Regione. Un secondo obiettivo riguarda la messa a punto in Basilicata di un Centro di Alta Tecnologia Nazionale per la realizzazione di progetti di ricerca e trasferimento tecnologia sulla mobilità ad idrogeno. Sono in fase di avviamento

progetti di grande rilevanza, ad esempio Basilicata Solare che include impianti agro-voltaici da 55 MW ed elettrolizzatori per 24 MW.

La **Provincia Autonoma di Bolzano** è stata storicamente tra le più attive ad avviare progetti dimostrativi per le tecnologie di idrogeno verde per il settore automotive.

L'Hydrogen Valley South Tyrol, selezionato da Mission Innovation e dalla FCH-JU (*Fuel Cell Hydrogen Joint Undertaking*) come progetto faro per l'idrogeno a livello internazionale è una "valle dell'idrogeno altoatesina" che consiste in un programma articolato su diverse fasi. I primi progetti pilota sono stati quelli denominati CHIC (*Clean Hydrogen in European Cities*) e HyFIVE (*Hydrogen for innovative vehicles*), grazie ai quali sono stati messi in circolazione autobus e macchine elettriche a celle a combustibile. La fase due ha come fulcro i progetti MEHRLIN (*Models for Economic Hydrogen Refuelling Infrastructure*), JIVE (*Joint Initiative for hydrogen. Vehicles across Europe*) e LIFEalps (il primo progetto per una mobilità a 360° in Alto Adige e lungo l'Autostrada del Brennero). Gli obiettivi riguardano l'ampliamento delle infrastrutture per la mobilità a batteria e a idrogeno e la messa in strada di flotte di veicoli a zero emissioni in vari settori, dal trasporto pubblico locale al turismo. Nella provincia è in circolazione una flotta a idrogeno con 20 auto elettriche con cella a combustibile. Inoltre, dodici bus elettrici, a idrogeno e batterie, per il trasporto pubblico locale e che saranno gestiti da Sasa, a questi si sono aggiunti altri diciotto bus per la mobilità sostenibile. Nella fase successiva, l'Autostrada del Brennero S.p.A. svolgerà un ruolo fondamentale. La provincia di Bolzano vuole ridurre la produzione di CO₂ con il piano generale per l'idrogeno verde prodotto con l'energia prodotta in eccesso da fonti idroelettriche. La presenza del corridoio del Brennero, che collega l'Italia all'Europa Centrale, rende l'Alto Adige una zona ad altissima densità di traffico pesante. L'Hydrogen Valley South Tyrol vuole convertire in chiave sostenibile il corridoio del Brennero, rendendolo il più possibile a zero emissioni. A ciò si aggiunge il NOI Techpark Brunico dotato di un impianto di produzione e stoccaggio di energia a idrogeno, grazie a una tecnologia innovativa capace di accumulare l'elettricità prodotta dai pannelli fotovoltaici installati sul tetto dell'edificio.

La Giunta Regionale della **Regione Calabria** ha istituito un tavolo tecnico finalizzato allo sviluppo di una filiera dell'idrogeno, con il proposito di trasformare la Regione in una Green valley.

La Regione è ampiamente coinvolta nella sperimentazione dei treni idrogeno con progetti finanziati in ambito PNRR. Ciò rappresenta una sfida importante in termini di installazione di stazioni di rifornimento a idrogeno per treni. Il tavolo sulla sperimentazione dell'idrogeno in ambito ferroviario, istituito presso la direzione generale del MIMS (adesso MIT)), ha compilato la lista delle tratte ferroviarie potenzialmente suscettibili di conversione dal diesel all'idrogeno in diverse regioni. In particolare, la tratta Reggio-Catanzaro è tra quelle inizialmente selezionate.

Con la Delibera n. 344 del 27 luglio 2021, la Giunta della **Regione Campania** ha stabilito di dare mandato alla Direzione Generale Attività Produttive e Sviluppo Economico, di concerto con le Direzioni Generali competenti, di definire misure ed interventi finalizzati all'implementazione e alla diffusione dei progetti inerenti la filiera produttiva dell'idrogeno, da realizzare nel breve e medio periodo, nelle more dell'elaborazione della Strategia Regionale per l'idrogeno. La Regione Campania come altre regioni si è candidata quale territorio specializzato nella ricerca, produzione, distribuzione e sperimentazione, anche attraverso la costituzione di un Centro ad Alta Tecnologia sugli usi efficienti dell'energia, incentrato, tra l'altro, sulla diffusione del vettore idrogeno, in collaborazione con università, istituti di ricerca, centri di competenza e imprese, quale infrastruttura tecnologica di valenza nazionale in grado di: i) sviluppare, sperimentare e testare diverse tecnologie e strategie operative, nonché fornire servizi di ricerca e sviluppo, trasferimento tecnologico e ingegneria per gli attori regionali; ii) promuovere progetti pilota nel campo all'efficientamento energetico del patrimonio edilizio di natura residenziale e pubblica, dei trasporti e dei porti; iii) accompagnare le

iniziative di investimento e di innovazione promosse dalle filiere regionali di maggiore rilevanza per il territorio e con finalità ambientali; iv) agevolare la collaborazione e cooperazione fra i diversi attori delle filiere interessate.

La strategia dell'idrogeno della Regione Campania include anche la programmazione delle risorse finanziarie e delle fonti di finanziamento a copertura degli interventi della strategia regionale per l'idrogeno, che saranno individuati in complementarità con le eventuali risorse rinvenienti dal PNRR e da altre fonti nazionali e comunitarie, a valle dell'istruttoria della Direzione Generale Attività Produttive e Sviluppo Economico, di concerto con le Direzioni Generali competenti e con gli uffici della Programmazione Unitaria.

La **Regione Emilia Romagna** ha avviato una campagna rivolta alla produzione di idrogeno verde in aree industriali dismesse con risorse del PNRR, e prevede la realizzazione di nuovi siti di produzione di energia pulita soprattutto nelle zone dove vi siano impianti energivori. La Regione ha deciso di avviare progetti che prevedano l'utilizzo delle aree dismesse per ospitare la produzione dell'idrogeno verde, stimolando la domanda su scala territoriale sia in ambito industriale che della logistica e dei trasporti. La giunta regionale ha stabilito l'adesione alla manifestazione di interesse per la selezione di proposte progettuali finanziate con fondi del PNRR. Ciò è per la Regione un'opportunità strategica per il futuro soprattutto in considerazione del fatto che i costi energetici rischiano di mettere in difficoltà il sistema produttivo emiliano-romagnolo. L'Emilia-Romagna dispone, sul proprio territorio, di molteplici aree dismesse candidabili per la creazione di centri di produzione e distribuzione di idrogeno, considerando anche il coinvolgimento dell'ecosistema della ricerca e dell'innovazione. Le diverse aree sono collocate in prossimità di poli produttivi importanti e particolarmente energivori, come quelli portuali e della logistica, del chimico-petrochimico, i distretti del ceramico, vetro, cemento, dell'agro-industria, della meccanica e quelli connessi alla filiera della salute.

La **Regione Friuli Venezia Giulia** punta a realizzare una Hydrogen Valley transnazionale europea, in Alto Adriatico con il contributo della Repubblica di Croazia e della Repubblica di Slovenia, nell'ambito di un progetto Horizon Europe finanziato dalla Commissione Europea. Ciò si inquadra in un modello di sviluppo più sostenibile di un'area territoriale estesa nel cuore dell'Europa centro-orientale che intende coprire tutti i segmenti della filiera idrogeno, dalla produzione, allo stoccaggio, al trasporto e alla distribuzione a beneficio di diverse categorie di utenti e settori. Ciò potrà avvantaggiarsi di territori marittimi per i quali la portualità e le connessioni del sistema di mobilità porto-retroporto sono elementi distintivi anche rispetto ad altre esperienze terrestri di Hydrogen Valleys. L'obiettivo è di attrarre investimenti privati per l'attività industriale da sviluppare nelle aree portuali, dove l'idrogeno potrà essere prodotto e utilizzato per la movimentazione dei mezzi marittimi e ferroviari e per la conduzione di attività trasformativa o industriale.

Il Consiglio Regionale della **Regione Lazio** ha approvato il 10 settembre 2020 una mozione dal titolo "Istituzione di una Cabina di regia per l'idrogeno" con lo scopo di elaborare proposte per un quadro regolatorio regionale che possa accelerare lo sviluppo di investimenti in tema di idrogeno verde sui territori, oltre che per selezionare progetti sull'idrogeno da sviluppare in ambito regionale.

I principali ambiti di intervento e raccomandazioni incluse nel Piano Energetico Regionale approvato dalla Giunta Regionale il 19 luglio 2022 includono:

1. il sostegno ai progetti sperimentali e industriali che contribuiscano alla riconversione dei settori "hard-to-abate";
2. l'utilizzo di idrogeno a sostituzione dei combustibili fossili nei sistemi di trasporto pesante dove non sia possibile l'elettrificazione, incluso il trasporto ferroviario e la navigazione. In particolare, nel Lazio è già iniziata la riconversione della tratta Terni- Rieti-L'Aquila- Sulmona Avezzano -

Ordinanza n. 3 del 20 dicembre del 2021 - e la Cassino-Sora-Avezzano da parte di RFI in qualità di Responsabile degli interventi;

3. l'utilizzo di idrogeno nelle aree portuali e aeroportuali (es. progetto ZEPHYRo - *“Zero Emission Civitavecchia Port through a green HydRogen ecosystem”* valutato elegibile ma non finanziato dalla Commissione Europea);
4. il sostegno allo sviluppo di hydrogen valleys incubatori tecnologici e piattaforme di supporto dove vengono sperimentati nuovi modelli di produzione e consumo di idrogeno, per esempio:
 - progetto LIFE3H, tuttora in corso, per la creazione di una linea speciale Porto-Ferrovia di autobus per il trasporto pubblico, alimentati con l'idrogeno prodotto nel porto di Civitavecchia;
 - progetto di investimento GreenH2 per la valorizzazione dell'intera catena di valore dell'idrogeno verde nell'area di Civitavecchia;
 - Hydrogen Valley ENEA-Casaccia, per la realizzazione delle infrastrutture hi-tech necessarie per la ricerca e sperimentazione su tutta la filiera;
 - Hydrogen Valley Frosinone, sulla base dell'accordo di collaborazione trilaterale tra SGI, il Consorzio Unico del Lazio ex Consorzio ASI Frosinone e l'Università del Lazio Meridionale (UNICAS), al fine di realizzare una Hydrogen Valley per il progressivo passaggio dal metano all'idrogeno in percentuale crescente e fino al 100% degli utenti attivi nel cluster.
5. sostegno alla realizzazione di impianti di produzione di idrogeno da fonti rinnovabili e sistemi di accumulo Power-to-gas.

All'inizio del 2022, la Regione Lazio ha pubblicato un bando per idee, denominato “Lazio in Transizione”, invitando imprese ed enti di ricerca a presentare proposte per lo sviluppo del settore idrogeno. Sono state raccolte 25 proposte progettuali riguardanti tutti gli ambiti di intervento sopra elencati. Inoltre, è stato elaborato un ampio elenco delle aziende del Lazio potenzialmente interessate alla conversione al consumo di idrogeno. Nel febbraio 2022 la Regione ha inviato la manifestazione d'interesse per il bando PNRR - misura 3.1, Produzione di idrogeno in aree industriali dismesse, sottolineando i seguenti punti di forza e risultati attesi. La Regione è attualmente coinvolta, con ruolo di facilitatore principale, nella preparazione di una lettera di intenti congiunta con le regioni Toscana, Calabria e Sardegna per la collaborazione con Hydrogen Europe allo sviluppo di un “Lighthouse Project Tirreno” da aggiungere al numero dei principali progetti europei di larga scala per lo sviluppo del settore idrogeno (<https://hydrogeneurope.eu/lighthouse-initiative/>).

Nel quadro delle tematiche dell'idrogeno verde la **Regione Liguria** prevede l'installazione di un impianto per la produzione di idrogeno da rifiuti con contributi del PNRR, volto ad una gestione più efficiente e sostenibile dei rifiuti in accordo con il paradigma dell'economia circolare. In questo ambito sono stati stanziati 1,5 miliardi di euro per la realizzazione di nuovi impianti per la gestione dei rifiuti e l'ammodernamento di impianti esistenti, e 600 milioni di euro destinati alla realizzazione di progetti faro di economia circolare per filiere industriali strategiche. Il nuovo polo di trasformazione dei rifiuti in Liguria prevede un impianto per trattare dalle 160.000 alle 200.000 tonnellate di rifiuti all'anno, per un investimento stimato in circa 300 milioni di euro, di cui la metà potrebbero provenire dal PNRR. Le opzioni al vaglio della Regione riguardano una parte delle aree ex-Ilva di Cornigliano, a Genova, ma anche il sito di Vado Ligure. Tra gli obiettivi del Piano, inoltre, ci sono quello di assicurare da un lato una riduzione alla fonte della produzione di rifiuti urbani (-4% al 2026) e, dall'altro, l'aumento ulteriore della raccolta differenziata (fino al 67% nel 2026) con nuove azioni di prevenzione e la promozione della tariffazione puntuale.

L'idrogeno verde è stato individuato anche come opportunità di sviluppo per il porto e per le imprese della Spezia. Il territorio della Spezia, viste le sue peculiarità, può diventare un modello produzione, gestione e utilizzo dell'idrogeno verde, mettendo a sistema tutte le realtà che si affacciano sul golfo,

dal porto alla Marina Militare, dai cantieri navali ai centri di ricerca passando per le aziende. Il porto della Spezia ha già presentato vari progetti per la transizione energetica e tra questi un progetto relativo alla realizzazione di un impianto di produzione e distribuzione di idrogeno verde che utilizzerà l'energia prodotta dai pannelli fotovoltaici che verranno installati.

La **Regione Lombardia** ha già avviato progetti per la realizzazione di impianti di produzione, stoccaggio e distribuzione idrogeno per il rifornimento di sistemi automotive e dei mezzi di servizio. Sono stati in particolare promossi bandi per realizzare l'idrogeno verde e avviare le sperimentazioni con ricadute immediatamente utilizzabili dall'industria e per promuovere la diffusione di mercato. Sono cinque le aree in Lombardia candidate a realizzare progetti di produzione di idrogeno verde e di utilizzo industriale immediato. In particolare, in Valcamonica nei pressi del lago di Iseo, dove si potrà utilizzare l'energia eolica per l'avvio del processo di elettrolisi, e vicino all'impianto idroelettrico di Edolo; a Mantova, vicino al Gruppo Sapio, in alcuni comuni limitrofi di Malpensa, con il coinvolgimento della società aeroportuale Sea, il sito di Pioltello-Rodano, ex polo chimico di proprietà della stessa Regione, nelle vicinanze del gruppo Air Liquide, azienda francese che già produce idrogeno per impianti industriali. Fondamentale è l'approccio industriale per promuovere la produzione di idrogeno verde, attraverso studi di fattibilità, nuove valli dell'idrogeno inserite in contesti industriali, con cicli produttivi definiti.

La **Regione Marche** ha manifestato ampio interesse allo sviluppo delle tecnologie ad idrogeno con l'obiettivo di individuare e sostenere i progetti nel settore mediante i rispettivi fondi del PNRR. E' stato pubblicato un avviso rivolto alle imprese a manifestare interesse con lo scopo di individuare i progetti che potrebbero candidarsi, per la Regione Marche, al finanziamento del bando ministeriale nell'ambito delle Tecnologie e Sistemi ad idrogeno del Piano Nazionale di ripresa e resilienza (misura M2C2 - Investimento 3.1: Produzione di idrogeno nelle aree industriali dismesse). Le azioni sinora condotte sono state rivolte a preparare il territorio regionale alla formulazione di proposte progettuali sull'idrogeno e avviare un percorso di partecipazione che consenta di individuare, in tempi stretti, le aree industriali dismesse che rispettino i criteri di ammissibilità illustrati dal MASE.

La **Regione Molise** ha deliberato l'adesione alla manifestazione d'interesse del Ministero della Transizione Ecologica, adesso MASE, per la selezione di proposte riguardanti il finanziamento di progetti di investimento finalizzati alla riconversione di aree industriali dismesse da destinare a Centri di produzione e distribuzione di idrogeno, generato, esclusivamente, da fonti di energia rinnovabili. La dotazione finanziaria è quella prevista per l'attuazione dell'investimento 3.1 "Produzione in aree industriali dismesse" previsto nell'ambito della Missione 2 "Rivoluzione verde e transizione ecologica", Componente 2 "Energia rinnovabile, idrogeno, rete e mobilità sostenibile" del Piano nazionale di ripresa e resilienza. La Regione Molise aderisce alla strategia nazionale sulla produzione di idrogeno verde e mira alla decarbonizzazione degli usi finali di energia nei settori industriali hard-to-abate e dei trasporti. La Regione Molise ha lanciato tre avvisi per lo sviluppo di efficienza energetica e rinnovabili in vari ambiti del sistema produttivo. L'avviso "Green and Energy Innovation", ha una dotazione finanziaria iniziale di 4 milioni di euro, e sosterrà le micro e piccole imprese (artigiane, commerciali e dei servizi) che avvieranno attività nel settore.

La Strategia Regionale per l'Idrogeno della **Regione Piemonte** si pone quale quadro di riferimento per le azioni e le politiche regionali sull'idrogeno, identificando le priorità di policy e d'investimento in tale ambito. La Strategia è indirizzata da un lato a valorizzare le competenze regionali, considerando che il Piemonte vanta un ecosistema regionale dell'idrogeno completo, in termini di ricerca e sviluppo, trasferimento tecnologico, sistema manifatturiero attivo negli ambiti della mobilità, della produzione e degli usi industriali; dall'altro, mira a cogliere le opportunità a sostegno dell'idrogeno quale componente chiave della strategia di decarbonizzazione energetica e industriale

dell'Unione, coerentemente con i principali strumenti programmatici europei. La strategia sull'idrogeno è articolata in 4 aree di intervento: Diversificazione produttiva, Ricerca, Sviluppo e Innovazione; Mobilità e trasporti; Produzione, distribuzione e uso energetico dell'idrogeno; Aree Trasversali. La governance e l'attuazione della Strategia sono affidate a un apposito "Team Idrogeno", che ha caratterizzato la fase di definizione della Strategia ed è attivo nel dialogo con gli stakeholders del sistema regionale. Le principali tappe hanno riguardato vari decreti regionali tra cui:

- DGR n. 10-2917 del 26/2/2021, con cui la Regione ha promosso la definizione di una Strategia regionale per l'Idrogeno, istituendo a tal proposito un Gruppo di Lavoro Interdirezionale. Con il medesimo provvedimento la Regione ha espresso la volontà di candidare il Piemonte per ospitare la sede del "Centro Nazionale di Alta Tecnologia per l'Idrogeno", inizialmente previsto nella proposta di Piano Nazionale per la Ripresa e la Resilienza (PNRR);
- DGR n. 9-4633 dell'11/2/2022, con cui la Regione Piemonte ha aderito alla prestigiosa rete europea Hydrogen Europe, tassello importante per rafforzare l'ecosistema regionale e proiettarlo in una dimensione globale di iniziative e relazioni;
- 18 maggio 2022: presentazione e lancio della consultazione pubblica sulla "Proposta di Strategia regionale per l'idrogeno";
- DGR n. 12-5285 del 1° luglio 2022: approvazione della Strategia Regionale per l'Idrogeno del Piemonte.

La **Regione Puglia**, all'avanguardia nel campo delle fonti energetiche alternative (ha provveduto a legiferare in materia con la Legge n. 34 del 25/7/2019 per sostenere una economia basata sull'idrogeno), ha costruito un ecosistema regionale dell'idrogeno completo, in termini di ricerca e sviluppo, sistema manifatturiero attivo negli ambiti della produzione, della mobilità e degli usi industriali. Al fine di far ulteriormente crescere il sistema regionale, cogliendo opportunità nazionali e non, con D.G.R. n 547 del 6 aprile 2021, la Giunta ha promosso la costituzione di un Gruppo di Lavoro Interdipartimentale sull'idrogeno cui affidare il compito di definire una Strategia Regionale per l'Idrogeno, quale quadro di riferimento per le azioni e le politiche regionali sull'idrogeno, a valere anche sulla programmazione 21-27 e di istituire l'Osservatorio Regionale sull'Idrogeno di cui ENEA e CNR fanno parte. Con il medesimo provvedimento la Regione ha espresso la volontà di candidare la Puglia per ospitare la sede del "Centro Nazionale di Alta Tecnologia per l'Idrogeno", inizialmente previsto nella proposta di Piano Nazionale per la Ripresa e la Resilienza (PNRR) e non confermato nella versione definitiva approvata dalla Commissione Europea. Il percorso di autocandidatura avviato ha fatto, tuttavia, emergere potenzialità dell'ecosistema industriale, imprenditoriale ed accademico pugliese nell'ambito dell'idrogeno. La Regione Puglia ha quindi avviato nel 2022 le procedure per un Osservatorio Regionale sull'Idrogeno. Compito dell'unità regionale è di monitorare e analizzare i dati relativi alla filiera dell'idrogeno. Oltre a ciò, fornirà un supporto nella programmazione regionale per raccordare le iniziative promosse e incentivare più efficacemente l'economia basata sull'idrogeno prodotto da fonte rinnovabile. Ciò si inquadra nel percorso di transizione energetica e decarbonizzazione, dove l'idrogeno svolge un ruolo fondamentale con l'obiettivo di garantire il raggiungimento degli obiettivi nazionali dell'Agenda 2030 e in tal modo rendere il Paese energeticamente indipendente.

Nella **Regione Sardegna** saranno avviate alcune rilevanti attività nel settore dell'idrogeno verde quali un nuovo collegamento ferroviario con treni ad idrogeno green tra Alghero centro e Alghero aeroporto, con la realizzazione di un impianto di produzione e stoccaggio di idrogeno in area aeroportuale. L'intervento rientra nel complesso delle attività finanziate nell'ambito del riparto delle risorse del Piano nazionale per gli investimenti complementari al PNRR destinato alle ferrovie regionali. L'intervento infrastrutturale è completato con un impianto di produzione e stoccaggio di idrogeno nonché con la fornitura di 5 treni occorrenti per garantire l'esercizio ferroviario sulla linea ferroviaria Sassari/Alghero/Alghero aeroporto. Più in dettaglio l'investimento prevede la

realizzazione del nuovo collegamento ferroviario di lunghezza pari a circa 6,7 km il cui servizio verrà svolto con treni di ultima concezione alimentati a idrogeno (anch'essi ricompresi all'interno del finanziamento). Inoltre, è prevista la realizzazione una centrale di produzione di idrogeno verde (cioè prodotto da fonti di energia rinnovabile) che consentirà un importante avvio della transizione energetica nell'isola.

La **Regione Sicilia**, con la deliberazione n. 47 del 29 gennaio 2021 della giunta regionale di governo, ha approvato le “Linee guida per lo sviluppo della Strategia dell'idrogeno - Integrazione e sviluppo delle previsioni del Piano Energetico Ambientale della Regione Siciliana (PEARS)”, con l'intento di estendere l'uso del vettore energetico (idrogeno) in sostituzione dei combustibili fossili in coerenza con il Green Deal e la decarbonizzazione dell'economia regionale. Nella medesima delibera è stato individuato un percorso per attirare gli investimenti economici destinati a strutture di distribuzione e consumo ed alla ricerca per l'utilizzo dell'idrogeno nel settore dei trasporti su gomma e marittimi, nelle ferrovie e nell'industria, in special modo quella chimica e quella della raffinazione petrolifera. Nel 2022, l'assessore regionale all'Energia ha firmato il decreto ed ufficializzato l'avvio dei lavori dell'Osservatorio regionale sull'idrogeno. Si tratta di una nuova struttura che avrà il compito non soltanto di fare il punto sullo stato dell'arte e analizzare le potenzialità di un'importante risorsa energetica, sostenibile e alternativa ai combustibili fossili, ma anche di avanzare proposte e idee attraverso il coinvolgimento di esperti e addetti ai lavori. Faranno parte dell'Osservatorio regionale i protagonisti coinvolti nella filiera dell'idrogeno, dai produttori di energia rinnovabile ai docenti e accademici che si occupano di ricerca, oltre agli operatori dei trasporti.

La **Regione Toscana** ha avviato un percorso verso un master plan di Hydrogen valleys che comprende l'individuazione delle filiere prioritarie e delle caratteristiche potenziali della costa toscana-arcipelago, iniziando ad ingaggiare i soggetti critici pubblici e privati delle filiere negli ambiti di maggior potenziale. L'obiettivo generale della Regione Toscana è di elaborare una visione strategica per il territorio e la realizzazione di un laboratorio congiunto per la transizione energetica e ambientale in ambito portuale dedicato al trasferimento tecnologico e alla sperimentazione, validazione e diffusione delle soluzioni.

La Toscana sta compiendo un altro passo sulla “via dell'idrogeno”, per l'utilizzo delle energie rinnovabili anche connesso alla mobilità sostenibile e per l'autonomia energetica del Paese. La cornice normativa è quella delle previsioni a livello europeo e nazionale agganciata alla programmazione connessa alla previsione dei fondi europei 2021-2027 e dello stesso PNRR. In particolare, i temi affrontati riguardano la produzione, distribuzione e usi finali dell'idrogeno e precisamente finalizzati alla ricerca di base, industriale o sviluppo sperimentale, formazione, investimenti di carattere ambientale, produttivi o infrastrutturali. I programmi di attività sono declinati alle seguenti attività: a) mobilità e infrastrutture; b) ricerca e formazione; c) energia e ambiente; d) trasferimento tecnologico e filiere produttive.

Nel presente, la **Provincia Autonoma di Trento** (PAT) si è dotata di vari strumenti e iniziative nel campo del settore idrogeno, tra cui una lista di progetti prioritari che riguardano l'asse autostradale del Brennero (A22), la sostituzione dei rotabili nella linea ferroviaria Trento - Bassano del Grappa da diesel a ibrido idrogeno/catenaria, l'identificazione di siti in cui attuare la produzione di idrogeno rinnovabile o a bassa emissione carbonica, l'identificazione di opportunità di utilizzo di idrogeno in siti industriali energivori. Oltre a questo, con decreto di Giunta Provinciale del 1° luglio 2022, è stata avallata la decisione di sviluppare un polo scientifico tecnologico per l'idrogeno, nel quale è coinvolta la Fondazione Bruno Kessler. Nello specifico delle iniziative:

- Autostrada del Brennero: la PAT, con il supporto di FBK, è coinvolta nella definizione congiunta di due siti di stazione di rifornimento idrogeno localizzati idealmente a Rovereto Sud e Trento

Nord. Quest'ultima con caratteristica di multi-modalità e la possibilità di un rifornimento di mezzi pesanti su gomma, su rotaia e TPL;

- Ferrovia della Valsugana: conversione di 5 rotabili diesel in 5 rotabili ibridi. Si prevede la collaborazione con la Regione Lombardia, con un accordo che coinvolge RL, PAT, Ferrovie Nord Milano, Trentino Trasporti e FBK, per mettere a fattor comune gli sforzi dedicati allo sviluppo di progetti ferroviari a idrogeno collegati allo sviluppo dei rotabili e delle relative infrastrutture abilitanti;
- sito per la conversione di rifiuti residui tramite processi innovativi: possibilità di convertire rifiuti in biocarburanti e idrogeno. È in corso lo studio congiunto da parte di FBK e Università di Trento. Questa iniziativa ricade all'interno del quinto aggiornamento del piano rifiuti della PAT;
- identificazione di siti di produzione idrogeno che coinvolgono reforming di biogas e biometano da un sito di compostaggio, conversione della biomassa legnosa in idrogeno tramite processi di gassificazione, elettrolisi da impianti idroelettrici ad acqua fluente senza bacini di accumulo;
- studio delle opportunità di uso dell'idrogeno nel settore industria pesante.

La PAT ha inoltre partecipato alla redazione della Strategia per l'Idrogeno della macroregione alpina dell'Euregio¹, che combina azioni nei territori della provincia di Trento, Bolzano e Innsbruck. Con la strategia per l'idrogeno Euregio - il Master plan H2 - l'Euregio Tirolo-Alto Adige-Trentino si impegna a ridurre a zero le emissioni di gas serra entro il 2050. Inoltre, attraverso il Master plan H2, l'Euregio si impegna a ridurre del 40% le emissioni di gas serra entro il 2030 e ad aumentare la quota di energie rinnovabili di almeno 27% rispetto ai livelli del 1990, e in attuazione della direttiva europea 2019/1161 del 20 giugno 2019: direttiva 2009/33/CE sulla promozione di veicoli elettrici ed efficienti dal punto di vista energetico.

Per la parte di sviluppo di un polo di ricerca e innovazione, la PAT ha determinato lo sviluppo di un polo dedicato all'idrogeno, che si comporrà di infrastrutture di ricerca e di innovazione, localizzate a Rovereto e gestite dalla Fondazione Bruno Kessler. In particolare, i laboratori di innovazione TESSLabs², realizzati all'interno del Progetto Manifattura³, e un polo per l'idrogeno con spazi e tecnologie legate all'uso del combustibile pulito per la produzione di energia. Questo realizzerà la nuova infrastruttura del Centro Sustainable Energy di FBK, con circa 8000 metri quadri di nuovi spazi dedicati a laboratori, personale e facility di scala rilevante per l'industria.

La **Regione Veneto** attraverso la deliberazione della giunta regionale n. 94 del 07 febbraio 2022 ha avviato una procedura a manifestare l'interesse per la selezione di proposte volte alla realizzazione di siti di produzione di idrogeno verde in aree industriali dismesse, da finanziare nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) - Investimento 3.1: "Produzione in aree industriali dismesse" previsto nell'ambito della Missione 2 "Rivoluzione verde e transizione ecologica", Componente 2 "Energia rinnovabile". I progetti di investimento sono orientati alla riconversione di aree industriali dismesse per la creazione di centri di produzione, distribuzione e impiego su scala locale di idrogeno, prodotto utilizzando unicamente fonti di energia rinnovabili (idrogeno verde). Gli interventi oggetto di finanziamento presentano forti sinergie anche con la progettualità dell'Amministrazione regionale denominata "Venezia Capitale Mondiale della Sostenibilità" che, si stima, creerà un'importante ricaduta sul territorio sia dal punto di vista della transizione green che dal punto di vista occupazionale e industriale.

La **Regione Umbria** ha dato luogo alla nascita di un distretto regionale di produzione di idrogeno verde in aree industriali dismesse e limitrofe e così come le altre Regioni interessate, ha avviato una

¹ <https://www.euoparegion.info/it/euregio/progetti/sostenibilita/strategia-per-lidrogeno-euregio/>

² https://www.investintrentino.it/it/news-detail/tess-lab---a-progetto-manifattura-i-nuovi-laboratori-green-tech_40

³ <https://progettomanifattura.it/>

serie di incontri con il Ministero della Transizione ecologica che condurranno alla realizzazione dei progetti inerenti all'idrogeno verde entro giugno 2026. Ciò contribuirà a fare dell'Umbria uno dei poli pilota a livello nazionale per la produzione dell'idrogeno e che si incastona in un più ampio quadro regionale che prevede la messa a disposizione del sistema delle imprese umbre di energia verde. Una delle Hydrogen Valley saranno installate nel sito della ex centrale a carbone di Gualdo Cattaneo nell'ambito del progetto "Prima" (acronimo di "Polo regionale dell'idrogeno e della mobilità alternativa") che è promosso dall'assessorato regionale allo Sviluppo economico. L'infrastruttura della ex centrale Enel di Gualdo Cattaneo e l'adiacente rete del gas di Snam in alta pressione costituiscono una opportunità per la realizzazione del polo regionale dell'idrogeno verde prodotto dall'elettrolisi dell'acqua. Il progetto oltre al valore ambientale ed energetico, ha una enorme valenza per lo sviluppo economico e occupazionale, in quanto potrà portare alla creazione di circa 300 posti di lavoro tra diretti ed indiretti.

La Compagnia Valdostana delle Acque (CVA), operatore italiano verticalmente integrato con una produzione di energia rinnovabile da idroelettrico, fotovoltaico ed eolico ha sottoscritto con Snam, un accordo di collaborazione per dare vita a iniziative congiunte nell'idrogeno verde e a progetti finalizzati a favorire la transizione energetica nella **Regione Valle d'Aosta**. La collaborazione consentirà alle due aziende di integrare le rispettive competenze per individuare iniziative volte ad agevolare la decarbonizzazione dell'industria e dei trasporti, tramite l'impiego dell'idrogeno verde, e in generale dell'intero settore energetico sul territorio regionale. In particolare, SNAM e CVA studieranno progetti per dare impulso alla mobilità a idrogeno su ferro e su gomma, anche attraverso la realizzazione delle relative infrastrutture (quali ad esempio stazioni di rifornimento, compressori, elettrolizzatori) e potranno sperimentare soluzioni tecnologiche innovative legate alla produzione, al trasporto, alla compressione e allo stoccaggio dell'idrogeno. Le iniziative comuni potranno inoltre riguardare soluzioni per la decarbonizzazione di processi industriali ad alta intensità termica, per l'alimentazione elettrica e termica di strutture e distretti industriali e per lo stoccaggio dedicato a impianti di generazione elettrica. L'impegno assunto è quello di mettere a comune il know how nei settori rinnovabile ed idrogeno per lavorare allo sviluppo di tecnologie innovative, la cui disponibilità potrà offrire contributi preziosi alla roadmap di decarbonizzazione italiana, e favorire l'obiettivo regionale di una Valle d'Aosta *Fossil fuel free*.

4. ISTITUZIONI EUROPEE DI RIFERIMENTO

4.1 Clean Hydrogen JU

La Clean Hydrogen JU è una forma di partenariato istituzionalizzato nell'ambito del programma quadro per la ricerca e l'innovazione Horizon Europe. L'UE ha sostenuto la ricerca e l'innovazione sull'idrogeno da molti anni, prima con progetti finanziati e successivamente con l'istituzione della FCH JU (Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking) nel 2008. L'obiettivo di FCH JU era di creare un'impresa comune per accelerare lo sviluppo e diffusione delle tecnologie delle celle a combustibile e dell'idrogeno attraverso il lancio di un programma europeo dedicato ad attività di ricerca, tecnologia e sviluppo per il periodo 2007-2013. Il programma è entrato nella sua seconda fase, con FCH 2 JU, in Horizon 2020. FCH 2 JU è stato un partenariato pubblico-privato composto da tre membri: il gruppo industriale *Hydrogen Europe*, il gruppo di ricerca *Hydrogen Europe Research* e la Commissione Europea. L'obiettivo della seconda fase era quello di accelerare la commercializzazione delle tecnologie delle celle a combustibile e dell'idrogeno per garantire un'industria europea delle celle a combustibile competitiva e leader a livello mondiale e un conseguente aumento dei posti di lavoro. Successivamente, con l'obiettivo di concentrarsi nuovamente in maniera prioritaria sulla ricerca e sull'innovazione piuttosto che sulla diffusione della

tecnologia, il Consiglio e il Parlamento hanno adottato un regolamento che istituisce le imprese comuni nell'ambito di Horizon Europe⁴ compresa la costituzione Clean Hydrogen JU come continuazione di FCH 2 JU.

Clean Hydrogen JU, quindi, assume ruolo principale nell'attività di ricerca su tutta la filiera dell'idrogeno mirando ad accelerare lo sviluppo e la diffusione di una supply chain europea per le tecnologie pulite dell'idrogeno sicure e sostenibili, rafforzandone la competitività e accelerando l'ingresso nel mercato di soluzioni pulite, innovative e competitive. Poiché l'idrogeno può essere utilizzato come combustibile, vettore energetico e per l'immagazzinamento di energia, è essenziale che il partenariato creato in Clean Hydrogen JU stabilisca una collaborazione strutturata con altri partenariati europei, con particolare focus sugli usi finali. Il focus delle attività di ricerca e innovazione di Clean Hydrogen JU è rappresentato da tre pillar:

- la produzione di idrogeno prodotto da energia rinnovabile
- la trasmissione, distribuzione e stoccaggio dell'idrogeno
- gli usi finali dell'idrogeno

In tabella 1 si riporta la struttura generale dell'attività di ricerca di Clean Hydrogen JU.

Tabella 1: Panoramica sulle attività di ricerca di Clean Hydrogen Joint Undertaking

Produzione di H₂ da risorse rinnovabili	Stoccaggio e distribuzione di H₂	Utilizzi finali H₂
<ul style="list-style-type: none"> • Elettrolisi • Metodi alternativi di produzione di idrogeno rinnovabile 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologie di stoccaggio • Idrogeno nella rete gas • Idrogeno liquido • Miglioramento mezzi di trasporto idrogeno • Compressione, purificazione e sistemi di misura • Stazioni di rifornimento ad idrogeno 	<ul style="list-style-type: none"> • Trasporto (marittimo, ferrovia, trasporto pesante e aeronautica) • Clean heat and power (celle a combustibile ad uso stazionario; turbine, boiler e bruciatori)

Inoltre, poiché una diffusione di massa richiede azioni di supporto e coordinamento e iniziative *faro* da intraprendere a livello di sistema, sono state inserite ulteriori attività orizzontali e trasversali:

- Cross-cutting Issues
- Hydrogen Valleys
- Hydrogen Supply Chains
- Sfide strategiche per la ricerca

⁴ Council Regulation (EU) 2021/2085 of 19 November 2021 establishing the Joint Undertakings under Horizon Europe and repealing Regulations (EC) No 219/2007, (EU) No 557/2014, (EU) No 558/2014, (EU) No 559/2014, (EU) No 560/2014, (EU) No 561/2014 and (EU) No 642/2014.

4.2 Hydrogen Europe

Hydrogen Europe è un'organizzazione di oltre 350 aziende, 20 regioni dell'UE e 30 associazioni nazionali, che afferisce all'intera catena del valore idrogeno, dalla produzione agli usi finali, e promuove l'idrogeno pulito o "low carbon" come mezzo abilitante per una società a zero emissioni di carbonio. Mira quindi ad accelerare l'industria europea dell'idrogeno per promuovere la neutralità dal carbonio a livello globale. Le priorità sono: sviluppare un mercato interno europeo per l'idrogeno, costruire infrastrutture integrate per l'idrogeno, decarbonizzare la mobilità con l'idrogeno, fornire efficienza del sistema, decarbonizzare gli edifici, decarbonizzare il settore industriale dell'UE, sfruttare gli investimenti incanalando gli aiuti di stato in progetti per l'idrogeno, creare un mercato globale dell'idrogeno.

Hydrogen Europe Research è un'associazione internazionale senza scopo di lucro composta da 108 università ed enti di ricerca localizzati in 26 diversi paesi, attivi nel settore europeo dell'idrogeno e delle fuel cell. Sostengono la ricerca lungo tutta la catena del valore dell'idrogeno, a ogni *Technological Readiness Level* (TRL), per consentire alle tecnologie dell'idrogeno mature e in via di sviluppo di sfruttare il loro potenziale per la realizzazione di un sistema energetico completamente integrato e decarbonizzato. La missione si fonda su quattro pilastri: i) supportare l'eccellenza della ricerca europea sull'idrogeno e le fuel cell; ii) promuovere lo sviluppo di infrastrutture di ricerca e tecnologia per ampliare e accelerare l'innovazione; iii) assicurare standard per lo sviluppo sostenibile per un ecosistema di idrogeno pulito; iv) sviluppare istruzione e formazione per fornire una forza lavoro qualificata per l'economia europea dell'idrogeno.

Hydrogen Europe e Hydrogen Europe Research fanno parte della Clean Hydrogen Partnership (sezione 2.4.1). Entrambe hanno istituito un gruppo di lavoro per discutere delle competenze necessarie nel settore dell'idrogeno e di come costruirle, creando un'agenda per le competenze in questo campo. Hydrogen Europe Research è un partner del *Fuel Cells and Hydrogen Observatory* (FCHO). Hydrogen Europe Research fa parte di un 'Policy Working Group', nel cui ambito si discute degli sviluppi politici a livello europeo che potrebbero avere un impatto sulla comunità di ricerca europea.

4.3 Agenda Process Hydrogen

La *European Agenda Process on Green Hydrogen* è un'iniziativa pilota della European Research Area (ERA), definita nell'ambito del riallineamento della ricerca europea durante la Presidenza Tedesca nel 2020 del Consiglio dell'UE ed attuata in stretta collaborazione con i paesi partner della Presidenza del Consiglio Europeo, Portogallo e Slovenia. Il programma prevede lo sviluppo di una ERA pilot action "*Renewable Hydrogen*" nell'area R&I che si riflette anche nell'azione 11 della ERA Policy Agenda 2022-2024 "*An ERA for the green transition*".

Il 18 marzo 2022, la Task Force European Research Area pilot on Green Hydrogen ha presentato un'agenda strategica di ricerca e innovazione (Strategic Research & Innovation Agenda SRIA) che mira ad accelerare un'economia europea competitiva dell'idrogeno. Esperti provenienti da tutta Europa hanno individuato congiuntamente le priorità di ricerca sull'idrogeno verde a livello europeo e le hanno sintetizzate in un'agenda strategica per la ricerca e l'innovazione. Nel processo sono stati coinvolti anche la Commissione Europea e rappresentanti della scienza, dell'industria e della società civile di numerosi paesi europei

La European Agenda Process on Green Hydrogen si affianca ad altre iniziative ben consolidate a livello europeo, con l'obiettivo di consentire alle politiche nazionali di svolgere il loro ruolo chiave nell'attuazione degli accordi sul clima di Parigi e nel dare forma alla transizione energetica. In tale contesto i processi bottom-up appaiono di assoluta rilevanza per coinvolgere il maggior numero possibile di paesi al fine di tener conto dei diversi punti di forza e debolezze nazionali ed evitare la frammentazione delle misure. Sulla base di questa assunzione di responsabilità, la suddetta specifica

iniziativa di ricerca ed innovazione è stata avviata nel 2020 come azione coordinata volontaria nell'ambito della European Research Area (ERA). E' sostanzialmente una misura pilota che intende rafforzare la nuova European Research Area attraverso un impegno maggiore su un tema rilevante ed urgente quale quello dell'idrogeno verde, focalizzando gli obiettivi ed identificando le priorità da parte degli Stati membri. Sono state individuate tre aree tematiche per la ricerca sull'idrogeno ovvero "Produzione", "Trasporti e Infrastrutture" e "Diffusione di mercato"; tutte sono comunque orientate a sviluppare un efficiente catena del valore dell'idrogeno. In questi ambiti saranno promosse azioni di leadership e competitività basate sull'innovazione e sulla cooperazione con l'obiettivo di collegare la ricerca nei diversi stati membri oltre che a stimolare lo sviluppo di consorzi eccellenti e diversificati. Le attività dovranno essere coordinate con altre iniziative esistenti. La collaborazione all'interno dell'ERA rappresenterà una priorità; a tal fine si cercherà da parte degli stati membri di ampliare il proprio ambito e la propria rete, a sfruttare le nuove tecnologie e i risultati della ricerca, ad approfondire le applicazioni nel mondo reale delle varie tecnologie. Si cercherà quindi di sostenere progetti integrati di R&I sull'idrogeno in grado di coprire l'intera catena del valore oltre a studiare le implicazioni economiche, ambientali e sociali.

La ricerca e l'innovazione sull'idrogeno verde saranno, in questo ambito, coordinate attraverso i meccanismi di governance dell'ERA, con gli Stati membri e la Commissione europea che lavorano a stretto contatto. Alla SRIA si succederà l'elaborazione di un piano di attuazione più concreto con opportunità di finanziamento, un budget ed attività concrete dell'UE e degli Stati Membri con l'obiettivo generale di accelerare l'economia dell'idrogeno verde.

Agenda Process è quindi una iniziativa indirizzata da alcuni Paesi Membri della Commissione Europea, in accordo con l'iniziativa della European Research Area - ERA, con l'obiettivo di costruire un percorso di identificazione di una Strategic Research and Innovation Agenda, complementare alle iniziative in corso in ambito comunitario e supportata dai Ministeri di riferimento dei Paesi Membri in relazione alla ricerca e innovazione nel settore idrogeno. Per l'Italia il processo è stato seguito e supportato dal Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR) coadiuvato da un gruppo di lavoro composto da esperti del CNR e dal delegato nazionale MUR per il programma Horizon Europe.

Il percorso, partito nel dicembre 2020, sotto la presidenza tedesca del Consiglio, ha visto il coinvolgimento di una serie di stakeholders di entrambi i settori pubblico e privato, provenienti da vari paesi europei, coinvolti nella costruzione di una Strategic Research & Innovation Agenda, che identifichi le priorità di ricerca, seguendo specificità proprie degli ambiti nazionali, integrate in un unico documento di indicazione.

L'iniziativa si è conclusa ad oggi con la pubblicazione della SRIA a valle dell'incontro tenutosi a Berlino nel maggio 2022. Questo documento costituisce una base di programmazione degli investimenti in ricerca e innovazione nel contesto Europeo e specifico per i paesi membri coinvolti. Non è ancora definito come saranno organizzati i prossimi passaggi di questa iniziativa.

4.4 Hydrogen Public Funding Compass

L'*Hydrogen Public Funding Compass* è una iniziativa offerta dalla Commissione Europea per il monitoraggio dei vari programmi di finanziamento che possono fornire supporto a iniziative progettuali, ricerca, innovazione, sviluppo di pilot e altro nel contesto europeo e di interesse di stakeholder di varia natura. L'iniziativa è presentata in un sito dedicato della Commissione Europea⁵. Il programma di finanziamento dell'Hydrogen Compass è aperto a tutti gli stakeholder interessati: dalle grandi imprese alle piccole e medie imprese (PMI), alle autorità pubbliche a livello nazionale e regionale, agli istituti di ricerca, alle organizzazioni della società civile e ai cittadini interessati. Il programma dell'Hydrogen Compass fornisce un orientamento ai membri della *European Clean Hydrogen Alliance* in termini di opportunità di finanziamento per progetti che sono in fase di

⁵ https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/strategy/hydrogen/funding-guide_en

sviluppo, progetti di investimento fattibili per la diffusione su larga scala di energie rinnovabili e basse emissioni di carbonio idrogeno, che l'alleanza sta costruendo lungo l'emergente catena del valore dell'idrogeno in Europa, in linea con la strategia dell'UE sull'idrogeno e le strategie di politica industriale. Lo strumento si riferisce quindi a una serie di programmi di finanziamento riportati nel seguito.

Connecting Europe Facility - Energy

Il Connecting Europe Facility for Energy (CEF-E) è uno strumento di finanziamento per investimenti infrastrutturali mirati a livello europeo. Sostiene l'attuazione del regolamento sulle reti trans-europee per l'energia (TEN-E), incentrato sul collegamento delle infrastrutture energetiche dei paesi dell'UE.

Connecting Europe Facility - Transport

Il Connecting Europe Facility for Transport (CEF-T) finanzia progetti che migliorano le infrastrutture ed eliminano le strozzature, promuovendo al contempo soluzioni di mobilità sostenibili e innovative. Supporta le infrastrutture di rifornimento di idrogeno per le diverse tipologie di trasporto (stradale, ferroviario, marittimo, vie navigabili interne).

LIFE programme

LIFE ha una dotazione finanziaria totale di 5,43 miliardi di euro (a prezzi correnti) per il periodo 2021-2027, con 1,94 miliardi di euro riservati al campo dell'azione per il clima. Il campo dell'azione per il clima, che costituisce la dotazione finanziaria pertinente per i progetti relativi all'idrogeno, è suddiviso in 947 milioni di euro per il sottoprogramma "Mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici" e 997 milioni di euro per il sottoprogramma "Clean Energy Transition". In quest'ultimo sottoprogramma rientrano le azioni a supporto dello sviluppo dell'idrogeno.

Le azioni supportate dal programma sono, tra le altre:

- *Standard project actions*: progetti, diversi dai progetti strategici integrati, progetti di natura strategica o progetti di assistenza tecnica, che perseguono gli obiettivi specifici del programma LIFE.
- *Strategic Integrated Projects (SIP)*: progetti che attuano, su scala regionale, multiregionale, nazionale o transnazionale, strategie climatiche o piani d'azione sviluppati dalle autorità dei paesi dell'UE, garantendo allo stesso tempo il coinvolgimento delle parti interessate e promuovendo il coordinamento e la mobilitazione di almeno un'altra fonte di finanziamento dell'unione, nazionale o privata.
- *Technical Assistance Projects*: progetti che supportano lo sviluppo della capacità di partecipazione ad altri tipi di progetti del programma LIFE, nonché la preparazione per l'accesso ad altri strumenti finanziari dell'Unione o altre misure necessarie per preparare l'upscaling o la replica dei risultati di altri progetti finanziati dal programma LIFE o dal suo predecessore. Questi progetti possono includere anche lo sviluppo di capacità relative alle attività delle autorità dei paesi dell'UE per un'effettiva partecipazione al programma LIFE.

EC Partnerships e programma Horizon Europe

Numerose partnership presentano nel loro programma azioni a supporto dello sviluppo della filiera idrogeno, sia tra le *institutionalized*, che tra le *co-programmed*.

Tra queste, il ruolo principale nelle azioni di R&D&I è rivestito dalla Clean Hydrogen Joint Undertaking (CH JU) con il supporto a 4 pillar: H₂ production, H₂ Distribution, H₂ End Uses e Cross Cutting activities.

Il programma presenta un finanziamento della EC pari a 1,3 B€, complementare ad almeno altrettanto garantito dalla parte privata di industria (Hydrogen Europe) e Ricerca (Hydrogen Europe Research).

Le attività vengono finanziate su bandi competitivi e con schemi di finanziamento analoghi al programma Horizon Europe su azioni RIA e IA. L'obiettivo è maturare le tecnologie dell'idrogeno incluse le tecnologie di base nel settore delle applicazioni.

Altre partnership presentano attività sull'idrogeno complementari a CH JU, tra queste:

- *Processes for Planet - P4P*: supporto alle attività di sviluppo tecnologie e processi per l'industria. In relazione alla filiera idrogeno sono assegnati a questa partnership i temi relativi a processi quali la pirolisi, la produzione di ammoniaca in ambienti industriali;
- *H2Zero*: ruolo nei temi di sviluppo della mobilità sostenibile, inclusa quella a idrogeno;
- *Clean Steel*: sviluppo di impianti per la produzione dell'acciaio basati sull'uso dell'idrogeno, tra le altre tecnologie;
- *Clean Aviation*: sviluppo di soluzioni basate su combustibili sostenibili, incluso l'idrogeno per la mobilità aerea;
- *Zero Emission Waterborne Transport*: sviluppo di soluzioni basate su combustibili sostenibili, incluso l'idrogeno per la mobilità marittima;
- *Transforming Europe's rail system*: sviluppo di soluzioni basate su combustibili sostenibili, incluso l'idrogeno per la mobilità ferroviaria.

Molte di queste partnership, pur non avendo un programma proprio diretto di finanziamento dei progetti, forniscono i temi per i bandi del programma Horizon Europe in CL4 e CL5.

Nel Pillar III del programma HE è incluso il programma dello European innovation Council. Anche questa azione prevede azioni dirette a supporto della filiera dell'idrogeno, soprattutto sui TRL bassi tra 2 e 5, come nella call Pathfinder.

Un'altra novità fondamentale di Horizon Europe sono le EU MISSION, un portafoglio di azioni volte a raggiungere un obiettivo sfidante, stimolante e misurabile entro un determinato lasso di tempo, con impatto sulla società e sull'elaborazione delle politiche, nonché rilevante per una parte significativa della popolazione europea e un'ampia gamma di cittadini europei. Di interesse per l'idrogeno, saranno programmate missioni specifiche nell'ambito delle sfide globali e del pillar della competitività industriale europea, e integreranno le azioni svolte nell'ambito di altri programmi. Fino al 10% del bilancio del secondo pilastro per i primi tre anni del programma potrebbe essere riservato alle missioni. Delle 5 missioni, due sono specificamente rilevanti per l'idrogeno:

- Missioni su Climate Neutral & Smart Cities, con l'obiettivo di rendere le città climaticamente neutre entro il 2030. Gli obiettivi entro il 2030 sono sostenere, promuovere e mostrare 100 città europee nella loro trasformazione sistemica verso la neutralità climatica entro il 2030 e trasformare queste città in centri di innovazione per tutti i cittadini, a vantaggio della qualità della vita e della sostenibilità in Europa.
- Healthy oceans, seas, coastal and inland waters: mira, tra gli altri obiettivi, a decarbonizzare l'economia blu al fine di sfruttare in modo sostenibile i beni e servizi essenziali che forniscono. Ciò include l'energia rinnovabile offshore, il trasporto marittimo, le attività portuali e la costruzione navale e quindi le sue possibili applicazioni dell'idrogeno.

Fondo Europeo Sviluppo Regionale (FESR), Fondo Coesione (FC) e REACT-EU

Sebbene l'idrogeno non sia menzionato in modo diretto negli obiettivi o nelle priorità chiave dei fondi, il FESR e l'FC hanno obiettivi specifici rispettivamente del 30% e del 37% per sostenere l'innovazione e l'imprenditorialità nella transizione verso un'economia climaticamente neutra. Poiché REACT-EU sta fornendo fondi aggiuntivi al FESR, prevede gli stessi obiettivi. Ciò significa che i paesi e le regioni dell'UE spenderanno un importo minimo delle loro assegnazioni FESR e FC nell'ambito delle tematiche sopra citate.

Pertanto, le opportunità di finanziamento di progetti sull'idrogeno dipenderanno dalle priorità individuate nei programmi nazionali e regionali. Ciò significa che per i progetti relativi all'idrogeno è necessario valutare caso per caso se possano rientrare nelle priorità dei programmi pertinenti e nelle strategie di specializzazione intelligente dei paesi dell'UE o della regione in cui si trova il potenziale beneficiario.

Numerosi sono i progetti relativi all'idrogeno che sono stati finanziati dal precedente periodo di programmazione 2014-2020. Il partenariato europeo delle Hydrogen Valleys si inserisce nel contesto delle piattaforme tematiche di specializzazione intelligente, con l'obiettivo di rafforzare la catena del valore per le tecnologie dell'idrogeno e delle celle a combustibile (FCH) attraverso la cooperazione interregionale e sviluppare la prontezza tecnologica e la disponibilità commerciale delle applicazioni FCH, tra altri. Nell'ambito dell'azione pilota sui partenariati interregionali per l'innovazione per la risposta e la ripresa dal COVID-19, che durerà fino all'inizio del 2022, uno dei partenariati selezionati riguarda le tecnologie dell'idrogeno nelle regioni ad alta intensità di carbonio.

JUST Transition Funds

Il JTF mira ad alleviare gli impatti della transizione sostenendo i territori più colpiti. In tal modo, promuove una transizione socioeconomica equilibrata in questi territori, con l'obiettivo di rendere le loro economie a prova di futuro e di offrire opportunità dignitose ai loro lavoratori. Gli investimenti del JTF dovrebbero pertanto concentrarsi principalmente sulla diversificazione delle economie locali e sulla riqualificazione di lavoratori e persone.

Altre attività coperte dall'ambito tematico del regolamento JTF, come progetti di energia pulita, mobilità locale intelligente e sostenibile, efficienza energetica delle reti di teleriscaldamento, energia rinnovabile, possono essere sostenute.

Il JTF può fornire sostegno, negli impianti industriali, a investimenti che riducano le emissioni di gas a effetto serra derivanti dalle attività elencate nell'allegato I della direttiva sul sistema di scambio di quote di emissione (ETS) dell'UE. Nei processi industriali, l'uso dell'idrogeno è un esempio che potrebbe essere preso in considerazione. Il JTF non può sostenere investimenti relativi alla produzione, trasformazione, trasporto, distribuzione, stoccaggio o combustione di combustibili fossili.

Sono inoltre ammissibili al finanziamento gli investimenti in attività di ricerca e innovazione, anche da parte di università e organismi pubblici di ricerca, e la promozione del trasferimento di tecnologie avanzate.

Recovery and Resiliency Facility

È rilevante per tutti gli ecosistemi industriali e le tecnologie che affrontano la sfida della sostenibilità, compreso l'idrogeno rinnovabile e a basse emissioni di carbonio. Progetti relativi alla dimostrazione e al primo impiego di nuove tecnologie; progetti *lighthouse* e *flagship* nel contesto della strategia nazionale per l'idrogeno; la preparazione e l'adozione di una tabella di marcia nazionale per lo sviluppo del potenziale delle tecnologie dell'idrogeno.

Fondamentalmente, tali azioni potrebbero coprire l'intera catena del valore dell'idrogeno rinnovabile e a basse emissioni di carbonio:

- piloti per la produzione di idrogeno rinnovabile;
- trasmissione e distribuzione;
- applicazione in settori di uso finale come i trasporti o l'industria.

Tra i settori prioritari, la Commissione ha incoraggiato i paesi dell'UE a proporre investimenti nei seguenti settori faro, particolarmente rilevanti per lo sviluppo dell'idrogeno:

- *European Flagship PowerUp*, mirato alle tecnologie pulite e alle energie rinnovabili e con l'ambizione dichiarata di supportare la costruzione e l'integrazione settoriale di 6 GW di capacità di

elettrolizzatori e la produzione e il trasporto di 1 milione di tonnellate di idrogeno rinnovabile in tutta l'UE entro il 2025.

- *European Flagship Recharge and Refuel*, mirato al trasporto sostenibile e alle stazioni di ricarica (esempi: navigazione, autobus, trasporto pubblico). Queste aree potrebbero includere progetti che promuovono stazioni di rifornimento di idrogeno che renderanno le città e le regioni europee più pulite e accelereranno la transizione industriale.

Innovation Fund

Il programma può supportare progetti dimostrativi sulla produzione e l'uso innovativi di idrogeno a basse emissioni di carbonio e rinnovabile su scala pre/commerciale. Il Fondo per l'innovazione è aperto a progetti per tecnologie rivoluzionarie per tutti i settori industriali ad alta intensità energetica contemplati dall'allegato I della direttiva sul sistema di scambio di quote di emissioni dell'UE, compresi i prodotti che sostituiscono quelli ad alta intensità di carbonio; energia rinnovabile, accumulo di energia, cattura e stoccaggio del carbonio (CCS), cattura e utilizzo del carbonio (CCU). È possibile finanziare progetti di produzione di elettrolizzatori, ma anche l'uso dell'idrogeno in diverse applicazioni come la mobilità.

Il fondo consente un elevato grado di flessibilità su come definire i confini del progetto, ovvero il progetto potrebbe includere solo la produzione di idrogeno con l'utente finale finanziato indirettamente tramite bassi costi dell'idrogeno o, in alternativa, l'utente finale dell'idrogeno potrebbe presentare domanda da solo, finanziando indirettamente investimenti a monte tramite il prezzo dell'idrogeno che riflette i suoi costi livellati effettivi. Tutte le aziende coinvolte lungo la catena del valore possono presentare domanda anche come consorzio, con flessibilità su come dividere la sovvenzione tra i membri del consorzio. Di conseguenza, il fondo verrebbe utilizzato per sostenere tutti i tipi di progetti di produzione di idrogeno pulito e l'uso finale di idrogeno pulito (o prodotti a base di idrogeno pulito, come i combustibili elettronici) in tutti i tipi di settori della catena del valore. I progetti di trasmissione e distribuzione dell'idrogeno possono essere finanziati anche indirettamente o anche direttamente ma, a condizione, siano integrati in un progetto di produzione o di destinazione finale più ampio (progetti infrastrutturali autonomi non genererebbero alcun risparmio di emissioni e quindi non sarebbero ammissibile come tale). Poiché i progetti devono essere in grado di dimostrare maturità finanziaria e commerciale, nonché essere in grado di generare i risparmi stimati delle emissioni di gas a effetto serra durante un periodo operativo di 10 anni (3 anni nel caso di progetti su piccola scala), il fondo non è applicabile a progetti di ricerca.

InvestEU

Gli investimenti nell'idrogeno pulito sono investimenti ammissibili e fanno parte della principale priorità politica nell'ambito del fondo InvestEU, in particolare nell'ambito delle Infrastrutture sostenibili. Questa finestra comprende un'ampia gamma di aree politiche come le modalità di trasporto pulito e sostenibile, lo sviluppo del sistema energetico, in particolare progetti di ristrutturazione degli edifici incentrati sul risparmio energetico e l'integrazione degli edifici in una fonte di energia connessa, stoccaggio, miglioramento dell'interconnessione delle infrastrutture energetiche livelli, nonché attrezzature e diffusione di tecnologie innovative che contribuiscono alla resilienza climatica ambientale; turismo, spazio, infrastrutture digitali e infrastrutture per la tutela della biodiversità.

InvestEU potrebbe fornire un sostegno rimborsabile per progetti volti all'uso di gas a basse emissioni di carbonio, compresi idrogeno rinnovabile, produzione e fornitura (su scala commerciale) e stoccaggio in loco per sviluppare il settore energetico e la diffusione di tecnologie a basse emissioni di carbonio. Può anche essere fornito sostegno per la diffusione, per tutti i modi di trasporto, di infrastrutture di ricarica e rifornimento di elettricità, idrogeno e gas naturale liquefatto o compresso altamente miscelati con biometano (>50 %). Gli investimenti nelle infrastrutture a sostegno della produzione o dell'uso dell'idrogeno sono considerati infrastrutture critiche nell'ambito del fondo

InvestEU.

4.5 Ten-year plan for the development of the European gas infrastructure

Il Piano decennale di sviluppo della rete (TYNDP) fornisce una panoramica dell'infrastruttura del gas europea e dei suoi sviluppi futuri e mappa la rete del gas integrata secondo una serie di scenari di sviluppo. Il TYNDP include anche una prospettiva europea sull'adeguatezza dell'offerta e una valutazione della resilienza della rete. I piani di investimento regionale del gas (GRIP) guidati dai TSO con l'assistenza di ENTSOG completano il TYNDP concentrandosi su questioni di particolare importanza regionale. L'idrogeno rappresenta un elemento importante dello sviluppo di questo programma, con una nuova e maggiore rilevanza acquisita con la pubblicazione del piano REPOWER EU e in particolare con gli obiettivi del pillar Hydrogen Accelerator.

4.6 European backbone of the hydrogen distribution network

Collegata a quanto riportato sopra, l'iniziativa *European Hydrogen Backbone* (EHB) consiste in un gruppo di trentuno operatori di infrastrutture energetiche, uniti da una visione condivisa di un'Europa climaticamente neutra resa possibile da un crescente mercato dell'idrogeno rinnovabile e a basse emissioni di carbonio. L'iniziativa EHB mira ad accelerare il percorso di decarbonizzazione dell'Europa definendo il ruolo fondamentale delle infrastrutture per l'idrogeno, basate su gasdotti esistenti e nuovi, nel consentire lo sviluppo di un mercato dell'idrogeno competitivo, paneuropeo, rinnovabile e a basse emissioni di carbonio.

L'iniziativa mira a promuovere la concorrenza del mercato, la sicurezza dell'approvvigionamento, la sicurezza della domanda e la collaborazione transfrontaliera tra i paesi europei e i loro vicini.

Per lo sviluppo di queste infrastrutture sarà quindi prevista una fase di supporto tramite azioni di ricerca e innovazione all'Asset Readiness delle infrastrutture, delle reti e dei dispositivi preposti alla gestione, misura, conversione e trasporto dell'idrogeno.

4.7 Hydrogen Council

L'Hydrogen Council è un'iniziativa globale, fondata nel 2016 al meeting di Davos, guidata da CEO di aziende leader a livello mondiale in vari settori legati allo sviluppo della filiera idrogeno, con una visione unita e un'ambizione a lungo termine: che l'idrogeno promuova la transizione verso l'energia pulita per un futuro migliore e più resiliente.

I membri dell'Hydrogen Council stanno sviluppando soluzioni all'idrogeno per accelerare la transizione energetica, per mitigare gli effetti del cambiamento climatico, e passare a un sistema energetico con minori emissioni di gas serra e una produzione e un consumo di energia più sostenibili. È necessario un cambiamento strutturale a lungo termine e lo sviluppo di un nuovo sistema energetico.

L'Hydrogen Council, come think tank, sviluppa indagini, study, scenari e previsioni dello sviluppo del settore idrogeno, identificando un ruolo chiave per lo stesso nella transizione energetica globale, aiutando a diversificare le fonti energetiche in tutto il mondo, promuovendo l'innovazione tecnologica e commerciale come motore per la crescita economica a lungo termine e decarbonizzando i settori difficili da abbattere. Le proprietà uniche dell'idrogeno lo rendono un fattore abilitante e al tempo stesso versatile per la transizione energetica, con vantaggi sia per il sistema energetico che per le applicazioni finali come il trasporto e il calore degli edifici. L'Hydrogen Council lancia un forte messaggio, sottolineando che le soluzioni all'idrogeno sono "mature, sicure e pronte per essere implementate su larga scala".

4.8 EERA JP FCH –Joint Programme on Fuel Cells and Hydrogen

La European Energy Research Alliance (EERA) è la più grande comunità di ricerca energetica in Europa. È un'associazione senza scopo di lucro basata sull'adesione e riunisce 250 università e centri di ricerca pubblici in 30 paesi. I programmi di ricerca congiunti di EERA coprono l'intera gamma di tecnologie a basse emissioni di carbonio, nonché argomenti sistemici e trasversali.

Nel Joint Programme sulle celle a combustibile e l'idrogeno (JP FCH), coordinato da ENEA, organizzazioni di diversi paesi europei collaborano per mettere a fattore comune l'eccellenza scientifica nella definizione dell'agenda di ricerca e sviluppo nel campo delle celle a combustibile, degli elettrolizzatori e dell'idrogeno.

I partner del JP FCH promuovono la ricerca di base e l'innovazione ambiziosa come necessarie per raggiungere una leadership tecnologica consolidata nel paradigma energetico globale in evoluzione. Il JP FCH mira a migliorare la cooperazione su temi strategici, pianificando e attuando collettivamente un programma di ricerca congiunto che affronti le priorità chiave nello sviluppo e nell'innovazione. Il JP è aperto a tutte le istituzioni accademiche e organizzazioni di ricerca europee e interagisce a stretto contatto con altri JP, come AMPEA, Energy Storage, Bioenergy e molti altri, a testimonianza del ruolo centrale che le celle a combustibile e l'idrogeno possono svolgere nella transizione energetica, favorendo sinergie tra le varie associazioni di riferimento.

4.9 Repower EU

Il piano REPowerEU mira a porre fine alla dipendenza dell'UE dai combustibili fossili russi, utilizzati come arma economica e politica, con costi per i contribuenti europei pari a quasi cento miliardi di euro all'anno, e ad affrontare la crisi climatica. REPowerEU intende rispondere a questa ambizione, mettendo in atto misure per il risparmio energetico, la diversificazione dell'approvvigionamento energetico e l'introduzione accelerata delle energie rinnovabili per sostituire i combustibili fossili nelle abitazioni, nell'industria e nella produzione di energia. Nel seguito sono rappresentati i principali elementi del programma:

1. Risparmiare energia: la Commissione propone di rafforzare le misure di efficienza energetica a lungo termine, compreso un aumento dal 9% al 13% dell'obiettivo vincolante di efficienza energetica nell'ambito del pacchetto "Fit for 55" della legislazione sul Green Deal europeo.
2. Diversificare le forniture e supportare i nostri partner internazionali: una nuova piattaforma energetica dell'UE, supportata da task force regionali, consentirà acquisti comuni volontari di gas, GNL e idrogeno mettendo in comune la domanda, ottimizzando l'uso delle infrastrutture e coordinando la sensibilizzazione dei fornitori. La piattaforma consentirà inoltre l'acquisto congiunto di idrogeno rinnovabile. La strategia energetica esterna dell'UE adottata oggi faciliterà la diversificazione energetica e la creazione di partenariati a lungo termine con i fornitori, compresa la cooperazione sull'idrogeno o altre tecnologie verdi. In linea con il Global Gateway, la strategia dà priorità all'impegno dell'UE per la transizione energetica globale verde e giusta, aumentando il risparmio e l'efficienza energetica per ridurre la pressione sui prezzi, incentivando lo sviluppo delle energie rinnovabili e dell'idrogeno e intensificando la diplomazia energetica. Nel Mediterraneo e nel Mare del Nord saranno sviluppati importanti corridoi dell'idrogeno.
3. Accelerare l'introduzione delle rinnovabili: un massiccio aumento e accelerazione delle energie rinnovabili nella produzione di energia, nell'industria, negli edifici e nei trasporti accelererà l'indipendenza energetica, darà impulso alla transizione verde e ridurrà i prezzi energetici progressivamente. La Commissione propone di aumentare l'obiettivo principale per il 2030 per le energie rinnovabili dal 40% al 45% nell'ambito del pacchetto Fit for 55. La definizione di questa maggiore ambizione generale creerà il quadro per altre iniziative. In questo quadro viene fissato un obiettivo di 10 milioni di tonnellate di produzione nazionale di idrogeno rinnovabile e 10 milioni di tonnellate di importazioni entro il 2030, per sostituire gas naturale, carbone e petrolio

nelle industrie e nei settori dei trasporti difficili da decarbonizzare. Per accelerare il mercato dell'idrogeno, i legislatori dovrebbero concordare obiettivi secondari più elevati per settori specifici. La Commissione sta inoltre pubblicando due atti delegati sulla definizione e produzione di idrogeno rinnovabile per garantire che la produzione porti alla decarbonizzazione netta. Per accelerare i progetti sull'idrogeno sono stanziati ulteriori 200 milioni di euro per la ricerca, e la Commissione si impegna a completare la valutazione dei primi importanti progetti di comune interesse europeo entro l'estate 2023.

4. Ridurre il consumo di combustibili fossili nell'industria e nei trasporti: la Commissione lancerà i cosiddetti *Carbon Contracts for Difference* per sostenere l'adozione dell'idrogeno verde da parte dell'industria e finanziamenti specifici per REPowerEU nell'ambito del Fondo per l'innovazione, utilizzando i proventi dello scambio di emissioni per sostenere ulteriormente il passaggio dalla dipendenza russa dai combustibili fossili. La Commissione fornisce inoltre orientamenti sugli accordi di acquisto di energia, e energia rinnovabile in particolare, e fornirà uno strumento di consulenza tecnica con la Banca europea per gli investimenti. Per migliorare il risparmio energetico e l'efficienza nel settore dei trasporti e accelerare la transizione verso veicoli a emissioni zero, la Commissione presenterà un pacchetto per l'inverdimento del trasporto merci, con l'obiettivo di aumentare significativamente l'efficienza energetica nel settore, e valuterà un'iniziativa legislativa per aumentare la quota di veicoli a emissioni zero nelle flotte di auto pubbliche e aziendali al di sopra di una certa dimensione. La comunicazione dell'UE sul risparmio energetico include anche molte raccomandazioni a città, regioni e autorità nazionali che possono contribuire efficacemente alla sostituzione dei combustibili fossili nel settore dei trasporti.
5. Investimento intelligente: il raggiungimento degli obiettivi REPowerEU richiede un investimento aggiuntivo di 210 miliardi di euro da oggi al 2027. Tagliare le importazioni russe di combustibili fossili può consentire di risparmiare quasi 100 miliardi di euro all'anno. Questi investimenti devono essere sostenuti dal settore pubblico e privato e a livello nazionale, transfrontaliero e dell'UE.

4.10 ECHA – European Clean Hydrogen Alliance

La European Clean Hydrogen Alliance sostiene la diffusione su larga scala di tecnologie per l'idrogeno pulito includendo i temi legati alla produzione di idrogeno rinnovabile e a basse emissioni di carbonio, alla domanda nell'industria, alla mobilità e la trasmissione e distribuzione dell'idrogeno. Mira a promuovere gli investimenti e stimolare l'introduzione della produzione e dell'utilizzo di idrogeno pulito. Istituita nel luglio 2020, congiuntamente con la pubblicazione della Strategia Europea dell'Idrogeno, l'ECHA rientra tra gli sforzi dell'UE per garantire la leadership industriale e accelerare la decarbonizzazione dell'industria in linea con i suoi obiettivi in materia di cambiamenti climatici.

L'Alleanza europea per l'idrogeno pulito riunisce l'industria, le autorità pubbliche, la società civile e altre parti interessate. I membri dell'Alleanza si incontrano due volte l'anno al Forum sull'idrogeno per discutere l'implementazione su larga scala di tecnologie a idrogeno pulito e ciò che ciò richiede. Sei gruppi di lavoro tematici (Roundtables) si incontrano durante tutto l'anno e si concentrano sulle parti della catena del valore dell'idrogeno, identificando i principali ostacoli alla diffusione su larga scala di idrogeno pulito e le misure di mitigazione.

La European Clean Hydrogen Alliance ha pubblicato una serie di progetti che l'industria europea si realizzerà, abilitando l'economia europea dell'idrogeno su larga scala. Al momento vi è una pipeline di oltre 750 progetti. I progetti, presenti in tutta Europa, vanno dalla produzione di idrogeno pulito al suo utilizzo nell'industria, nella mobilità, nell'energia, e nel settore civile e residenziale.

La Commissione ha stipulato accordi con la Banca europea per gli investimenti e l'EIT InnoEnergy per fornire consulenza individuale ai promotori di progetti in merito alla bancabilità e alle strategie di riduzione del rischio, alla prontezza degli investimenti e ai preparativi per la “due diligence”.

II - CRITICITÀ E SFIDE TECNOLOGICHE

5. IDENTIFICAZIONE PRIORITÀ DI RICERCA SUL BREVE, MEDIO E LUNGO TERMINE

Con l'esponenziale crescita dell'installazione di FER programmata al 2030 e 2050 si prevede che l'idrogeno ottenuto mediante processi di elettrolisi alimentati da FER, svolgerà un ruolo di riferimento nel futuro sistema energetico. Oltre la soglia del 30% di FER, o tanto più a valori superiori, gli investimenti per rendere le reti elettriche più flessibili non saranno più sufficienti. L'evoluzione del sistema energetico deve quindi prevedere dei vettori energetici che permettano alcune funzioni aggiuntive quali accumuli di larga scala e su lunghi periodi temporali o il trasporto di grandi quantità di energie su lunghe distanze. Questo abilita il ruolo dell'idrogeno in un sistema energetico futuro dotato di resilienza, sicurezza di approvvigionamento, ridondanza delle infrastrutture. Un fattore chiave per la penetrazione dell'idrogeno sarà lo sviluppo e la diffusione delle tecnologie afferenti alla catena del valore dell'idrogeno soddisfacendo i criteri di sostenibilità, competitività economica, protezione dell'ambiente e sicurezza dell'approvvigionamento energetico. La ricerca dovrà supportare lo sviluppo dell'intera filiera tecnologica; in particolare è possibile individuare priorità di ricerca a breve, medio e lungo termine in funzione della attuale maturità delle specifiche tecnologie, della disponibilità di rinnovabili, della prontezza di quei settori che rappresentano la domanda di idrogeno (esempio, industria, mobilità e trasporto, civile e residenziale, generazione di energia). Le sfide tecnologiche da affrontare nell'ambito dell'accordo tra i tre Enti, finalizzato allo sviluppo dell'economia dell'idrogeno verde, sono rivolte in modo specifico a risolvere particolari criticità di seguito delineate:

- Promuovere la ricerca fondamentale ed applicata per sviluppare innovazioni al fine di affrontare le sfide scientifiche e tecnologiche del settore e sviluppare nuove tecnologie fondanti.
- Ridurre i costi delle tecnologie includendo quelle relative alla loro gestione, aumentare l'affidabilità, l'efficienza, la durata e la sicurezza, sviluppare nuovi materiali e processi per favorire l'aumento delle prestazioni, valutare gli effetti di scala.
- Integrare la produzione di idrogeno nel sistema energetico, garantendo così un efficace sector coupling.
- Incrementare il ruolo dell'idrogeno in un contesto di economia circolare.
- Implementare aspetti normativi (inclusi regolamenti, codici e standard - RCS) a livello nazionale e contribuire agli stessi a livello europeo.
- Aumentare la resilienza del sistema energetico creando economie decentralizzate basate sull'idrogeno verde.
- Promuovere la collaborazione tra ricerca e industria applicando approcci innovativi e di supporto a TRL bassi e alti.

In questo ambito gli obiettivi a breve termine si riferiscono alle esigenze di ulteriore ricerca, sviluppo e dimostrazione di materiali e di tecnologie di produzione, accumulo e utilizzo pronte per lo scaling-up e già sviluppate a TRL medio-alto (TRL 6-8, con applicazione in 1-3 anni); gli obiettivi a medio termine si riferiscono all'ulteriore sviluppo di tecnologie e processi che sono stati validati a livello di laboratorio (TRL 4-6, con applicazione prevista in 3-10 anni); infine gli obiettivi a lungo termine riguardano la ricerca di frontiera in grado di fornire soluzioni "disruptive" (TRL 1-4, quadro temporale per l'applicazione >10 anni).

Identificazione delle priorità di ricerca a breve termine:

Produzione:

- Miglioramento del grado di integrazione tra elettrolizzatori commercialmente disponibili

- e fonti rinnovabili discontinue per la produzione di idrogeno verde.
- Sviluppo di strumenti e metodi per il monitoraggio, la diagnostica e il controllo dei sistemi di elettrolizzatori.
- Diminuzione di CAPEX e OPEX degli elettrolizzatori a bassa e alta temperatura, tramite miglioramento dell'efficienza di conversione e aumento della vita utile degli stack.
- Messa a punto di protocolli di testing, finalizzati al controllo qualità di stack per elettrolizzatori commerciali e di nuova concezione.
- Sviluppo di modelli applicativi di concetti innovativi quali: co-elettrolisi e operazione reversibile degli elettrolizzatori.
- Abbattimento delle emissioni di gas serra nei processi di produzione di idrogeno correntemente in uso nei settori industriali "hard to abate" (e.g. SMR) per la produzione di idrogeno blu.
- Sviluppo di nuovi reattori compatti ed efficienti dal punto di vista energetico per il reforming del biogas grezzo.

Trasporto e stoccaggio:

- Sviluppo di concetti innovativi per ridurre i costi e migliorare l'efficienza dello stoccaggio dell'idrogeno a livello molecolare. Includere l'uso di serbatoi a pressione inferiore (a basso costo) in combinazione con materiali di stoccaggio a basso costo a base di idruri o adsorbenti con un'elevata reversibilità (superiore al 90% della capacità di stoccaggio originale per almeno 1.000 cicli).
- Sviluppo di unità di miscelazione compatte per l'iniezione di idrogeno nella rete gas.
- Identificazione e sviluppo di nuovi materiali (acciai, giunti, componenti, rivestimenti) ottimizzati per il trasporto dell'idrogeno.
- Sviluppo di tecniche, dispositivi e sistemi di tracciabilità del contenuto energetico nel tempo per la fatturazione energetica in grado di gestire le miscele.
- Specificazione, sviluppo e adeguamento di strumenti di rilevamento/tracciamento delle perdite in presenza di idrogeno.

Usi finali:

- Sviluppo di sistemi di celle a combustibile di nuova generazione integrati con reti elettriche (intelligenti), fonti di energia rinnovabile off-grid e decentralizzate, in grado di operare con idrogeno puro o miscele a contenuto variabile di idrogeno.
- Sviluppo di metodi di produzione innovativi adatti alla produzione di massa e che consentano di ridurre i costi.
- Sviluppo di nuovi concept di BoP (Balance of Plant) in grado di sfruttare calore e flussi energetici di scarto in ambienti industriali.
- Miglioramento dell'integrazione di celle reversibili, per aumentare l'efficienza globale a più del 50% per lo sviluppo di prototipi su diverse scale.
- Sviluppo di una nuova generazione di bruciatori a idrogeno puro e miscele a diverso tenore di idrogeno per caldaie con emissioni di NO_x conformi (su scala industriale), investigando: sul monitoraggio della fiamma, sulla formazione ottimale della miscela, sull'impatto degli effetti di galleggiamento, sulla stabilità della fiamma e sul ritorno di fiamma, sulla riduzione delle emissioni.

Mobilità:

- Ottimizzazione degli stack PEM per ottenere prestazioni, durata e affidabilità superiori, compresi concetti innovativi sui componenti principali e nuovi metodi per il monitoraggio dello stato di salute degli stack e dei sistemi.
- Sviluppo di strategie e metodi a basso costo per il miglioramento della produzione e riciclabilità (processi, automazione, strumenti di controllo qualità, diagnostica in linea e a fine linea).
- Miglioramento o sviluppo di componenti strategici del BoP e progettazione di sistemi

finalizzati al trasporto pesante su gomma, per la produzione a basso costo e in scala.

Identificazione delle priorità a medio termine:

Produzione:

- Sviluppo di nuovi elettrodi e membrane, con riduzione/assenza di materie prime critiche al fine di evitarne l'uso a medio-lungo termine in diversi materiali o componenti.
- Progettazione di celle innovative, per aumentare la densità di corrente, migliorando al contempo la durata e l'efficienza.
- Sviluppo di rivestimenti e guarnizioni in materiali innovativi a basso costo. Sviluppo e convalida di concetti di montaggio integrato, gestione termica e processi di produzione innovativi.
- Sviluppo di nuovi catalizzatori (a basso contenuto di metalli del gruppo del platino-MPG e metalli non del gruppo del platino-noMPG, bioispirati) per l'elettrolisi dell'acqua.
- Pressurizzazione degli elettrolizzatori ad alta temperatura e aumento della purezza dell'idrogeno all'uscita degli stack.
- AEMEL: materiali migliorati, nuove membrane, riduzione della concentrazione di KOH, aumento della scala/capacità, con l'obiettivo di ridurre al minimo i rifiuti / circolarità.
- PCCEL: celle planari o tubolari con materiali migliorati e design e prestazioni ottimizzati in vista della scalabilità fino a centinaia di kilowatt.
- Sviluppo di nuovi prototipi di bio-reattori ad alto tasso di produzione per impianti di medie e grandi dimensioni.
- Potenziamento di soluzioni tecnologiche per ottenere una produzione di idrogeno elevata e stabile da processi biologici (condizionamento dell'inoculo, pretrattamento delle materie prime).

Trasporto e stoccaggio:

- Sviluppo di soluzioni di stoccaggio a base di solidi nanostrutturati (materiali microporosi, materiali a struttura metallo-organica - MOF).
- Sviluppo di materiali di stoccaggio dell'idrogeno a basso costo a base di idruri metallici e adsorbenti.
- Sviluppo di nuovi design e soluzioni ibride per i serbatoi di stoccaggio.

Usi finali:

- Ricerca su nuovi materiali per celle, tecnologie di stack, componenti e processi di produzione per sistemi stazionari di celle a combustibile per migliorare la flessibilità e la durata del sistema e aumentare la robustezza dei componenti in condizioni di funzionamento flessibile.
- Ricerca per lo sviluppo di concetti avanzati di celle reversibili, basati su conduttori di ioni ossido e di protoni in materiali ceramici.
- Ricerca di soluzioni per la decarbonizzazione dei settori industriali hard to abate.

Mobilità:

- Navale
 - Nuove soluzioni scalabili e a basso costo con una maggiore densità di potenza degli stack FC e dei BoP, in grado di utilizzare un'ampia gamma di combustibili e di raggiungere un'elevata efficienza complessiva (well-to-wake).
 - Diffusione dell'idrogeno e dell'ammoniaca nel settore navale garantendo la sicurezza, sostenuta dalle norme e dai regolamenti necessari a terra (protocolli e standard).
 - Integrazione e progettazione per l'utilizzo di diverse combinazioni di celle a combustibile per navi a corto raggio e sviluppo di configurazioni del BoP innovative per l'utilizzo di diversi vettori di idrogeno e possibili opzioni di reforming per aumentare la flessibilità operativa e la durata della FC.

- *Ferroviaria:*
 - Sviluppo di nuovi sistemi ibridi per ottimizzare il dimensionamento dei componenti migliorando l'architettura del treno specifica per le celle a combustibile, ottimizzando ingombri e sfruttando il calore di scarto.
 - Sviluppo di nuove architetture di sistema bimodali che integrino i sistemi a celle a combustibile con l'elettronica di potenza di nuova generazione e la tecnologia delle batterie per ottenere soluzioni equilibrate adatte a un efficiente funzionamento parzialmente elettrificato.
- *Aerea:*
 - Sviluppo di componenti speciali disegnati e progettati espressamente per applicazioni aeronautiche.
 - Sviluppo dei principali componenti tecnologici dedicati all'aviazione: serbatoio dell'unità di evaporazione LH₂, compressori di idrogeno gassoso, pompe LH₂, valvole e sensori.
 - Sviluppo di una camera di combustione a idrogeno a bassa emissione di NO_x e ad alta efficienza per l'aviazione, in sinergia con quanto viene sviluppato per le applicazioni stazionarie.

Identificazione delle priorità di ricerca a lungo termine:

- Ottenere una significativa riduzione dei costi, l'aumento dell'efficienza, della durata e dell'affidabilità attraverso soluzioni di breakthrough, mirando a mantenere un livello di competitività industriale a livello globale con la futura generazione di tecnologie
- Sviluppare nuovi materiali, nuove tecnologie, nuovi design e nuovi processi, rimuovendo o riducendo significativamente l'utilizzo di materie prime critiche.
- Superare i limiti cinetici nelle reazioni coinvolte nei processi di produzione di idrogeno (elettrodi depolarizzati, nuovi catalizzatori, nuove membrane etc.).
- Sviluppare tecnologie per la produzione di idrogeno ad alta pressione (>150 bar) per ridurre il consumo energetico nella compressione meccanica del gas downstream.
- Sviluppare processi di automazione in grado di coprire l'intera supply chain per la produzione su larga scala; realizzare nuovi design di stack e di sistemi in grado di facilitare i processi di automazione.
- Studiare i processi di riciclo dei componenti a fine vita e individuare applicazioni alternative o second-life come azioni prioritarie per ridurre l'impatto, i costi e aumentare la vita utile di tutte le tecnologie di produzione di idrogeno.
- Sviluppare un comportamento dinamico per le tecnologie ad idrogeno sia per i sistemi di elettrolisi che per le fuel cells essendo ciò essenziale per il servizio di bilanciamento della rete, il back-up power etc.
- Affiancare ai processi di elettrolisi, processi alternativi es. processi termochimici sostenibili (gassificazione biomasse, reforming biogas, cracking biogas) in grado di superare le criticità relative alla produzione intermittente di elettricità rinnovabile e gli effetti sulla produzione di idrogeno verde elettrolitico.
- Sviluppare processi basati su tecnologie emergenti altamente integrate: fotoelettrolisi, elettro-reforming, fotocatalisi, combinazione di elettrolisi ad alta temperatura con solare a concentrazione ecc.
- Sviluppare materiali e processi per l'accumulo di idrogeno in composti chimici facilmente trasportabili e successivamente utilizzabili.

III - TEMATICHE DELL'ACCORDO QUADRO

6. PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE

6.1 Elettrolisi a bassa ed alta temperatura

Le attuali tecnologie commerciali per l'elettrolisi (sistemi alcalini, PEM) necessitano di ulteriore sviluppo per ridurre i costi e raggiungere una maggiore capacità di produzione al fine di favorire una ampia diffusione di mercato. Per la riduzione dei costi e il miglioramento dell'efficienza è necessario investigare anche nuove tecnologie in grado di garantire prestazioni elevate in presenza di una ridotta quantità di materiali critici (es. SOEC, AEM, etc.)

Per quanto riguarda l'elettrolisi PEM, nei prossimi anni sarà necessario ridurre il contenuto di metalli preziosi (Ir, Ru, Pt) nei catalizzatori/elettrodi e, a lungo termine, sviluppare componenti CRM-free, tra cui membrane "hydrocarbon" per sostituire le membrane fluorurate. Inoltre, per i sistemi PEM convenzionali sarà opportuno, a lungo termine, sostituire il titanio con metalli meno costosi. Queste criticità sono attualmente affrontate nell'ambito di un'altra tecnologia, simile ma competitiva, ovvero l'elettrolisi con membrana a scambio anionico (AEM); tuttavia, non è ancora chiaro se l'elettrolisi AEM possa raggiungere lo stesso livello di prestazioni dell'elettrolisi PEM.

Per quanto riguarda l'elettrolisi alcalina, sebbene si tratti di una tecnologia consolidata, sarà importante sviluppare un design dello stack più compatto, migliorare l'efficienza, ottenere un'elevata densità di corrente con basse perdite ohmiche, facilitare la gestione di soluzioni caustiche concentrate, migliorare la purezza dell'idrogeno prodotto ed in generale il comportamento dinamico del sistema.

Per gli elettrolizzatori a ossido solido, la ricerca a lungo termine riguarda lo sviluppo di nuovi elettroliti ceramici operanti a temperature più basse e catalizzatori nanostrutturati includendo elettroliti ceramici a conduzione protonica operanti a temperatura intermedia. Altri requisiti rilevanti riguardano la diminuzione dei costi attraverso la riduzione dei materiali critici, in particolare delle terre rare, del Co, etc, e l'ottimizzazione dei processi di produzione. È fondamentale ridurre le temperature di esercizio dagli attuali 750-800°C a 600°C, per migliorare la resistenza alla corrosione, la durata, e favorire l'utilizzo di acciai ferritici a basso costo. Sarà importante sviluppare celle reversibili per la poligenerazione (combustibile, elettricità e calore di alta qualità) e per applicazioni power-to-X-to-power;

Tra le altre tecnologie emergenti, l'attenzione dovrebbe essere indirizzata all'elettrolisi a membrana polimerica a scambio anionico (AEMEL) e all'elettrolisi con elettrolita ceramico a conduzione protonica (PCCEL).

Gli obiettivi di ricerca e sviluppo per gli elettrolizzatori AEM ruotano attorno ai requisiti primari di (a) aumentare la durata delle MEA, (b) ridurre/eliminare l'uso di catalizzatori PGM e CRM mantenendo prestazioni elevate e (c) ridurre la concentrazione o possibilmente eliminare l'uso di elettroliti alcalini.

Per quanto riguarda il sector coupling sono prioritari i seguenti aspetti:

- accoppiamento diretto dell'elettrolisi con le rinnovabili;
- applicazione di elettrolizzatori in processi di bilanciamento della rete;
- accoppiamento dell'elettrolisi con processi industriali (bilancio termico ecc.).

In generale, per le tecnologie di elettrolisi, è necessario sviluppare sistemi caratterizzati da flessibilità e reattività alle variazioni di carico. Gli effetti del funzionamento transitorio sulla durata dello stack e del sistema richiedono ulteriori studi soprattutto per gli elettrolizzatori operanti su larga scala. È necessario accumulare dati sull'impatto dei parametri operativi sulla durata per facilitare la comprensione dei meccanismi di degradazione in funzione del comportamento dinamico.

In generale, è necessario uno spazio virtuale comune per un database per la ricerca, un database per le strutture di test e la messa a sistema delle competenze e delle risorse dei tre Enti.

Elettrolisi a bassa temperatura: aspetti specifici

Sul tema dell'elettrolisi a bassa temperatura, esistono diversi temi di ricerca legati alle diverse tecnologie e che si focalizzano sull'aumento delle prestazioni e la riduzione di costo delle tecnologie.

Tecnologia PEM-WEL. La tecnologia PEM ha già raggiunto una notevole maturità tecnologica. Le tematiche di ricerca possono essere divise nei diversi livelli (componente, cella, stack, sistema):

- Piatti Bipolari: Uso di materiali diversi dal titanio al fine di ridurre il costo dell'intero sistema (impatto delle piastre bipolari di titanio circa il 50% della cella PEM-WEL). Su questo tema è possibile seguire diverse strategie di ricerca come l'uso di piastre in acciaio ricoperte con strati protettivi o anticorrosione mediante diverse tecniche di deposizione, preferibilmente commerciali.
- PTL, Porous Transport Layer e MPL, Microporous Transport Layer: Sviluppo di nuove geometrie di strati metallici per il miglioramento del trasporto dell'elettrolita verso la membrana e la rimozione del gas generato. L'attività si concentra sullo sviluppo di modellazione numeriche CFD, per mezzi porosi e bifasici al fine di supportare le geometrie e le porosità ottimali per gli strati di PTL. L'inclusione della modellazione delle fisiche di conducibilità termica, elettrica ed elettrochimica, permette di ottimizzare i componenti PTL e MPL anche sugli aspetti di contatto elettrico e di dissipazione termica, contributi fondamentali per elettrolisi PEM dove le alte correnti generate necessitano la riduzione di qualche sia fenomeno resistivo.
- Prototipazione e test delle geometrie di PTL/MPL su celle di dimensione rilevante, prima con invarianza di flusso (su celle di piccola dimensione fino a 25 cm²) al fine di verificarne l'effettivo miglioramento di prestazioni in ambiente controllato, ed infine su celle di larga scala fino a 2000 cm². Le tecniche di stampa 3D hanno un alto potenziale di applicazione per la prototipazione dei componenti PTL/MPL, sia per pochi esemplari di per celle e numeri più elevati, e rappresentano un ulteriore e complementare tema di indagine da esplorare.
- Membrana: La Commissione Europa sta valutando il divieto nell'uso di PFASs (Per- and polyfluoroalkyl substances), componente chiave per la realizzazione delle membrane attualmente usate per lo scambio protonico negli elettrolizzatori PEM. La necessità di identificare membrane libere da PFAS è quindi una delle tematiche di ricerca più importanti in corso, con particolare enfasi sulle membrane a base idrocarburo che tuttavia devono dimostrare livelli prestazionali e durabilità al pari delle membrane attuali commerciali. Le attività di ricerca su questo tema sono diverse:
 - sviluppo di nuove membrane con nuovi ionomeri, al fine di garantire alte proprietà meccaniche, bassa permeabilità dei gas, elevata conducibilità protonica e alta inerzia chimica;
 - sviluppo di barriere gas al fine del miglioramento della sicurezza e della riduzione del fenomeno di crossover;
 - test e validazione delle prestazioni e degrado delle membrane in condizioni operative di temperature, densità di corrente e pressione.
- Cella: Il design di cella influisce notevolmente sulle prestazioni della tecnologia di elettrolisi. Un interessante tematica di ricerca è lo studio delle soluzioni senza membrana (membraneless), dove viene eliminato un notevole contributo legato alla resistenza di trasporto protonico dovuto alla membrana. Le prospettive di ricerca riguardano:
 - sviluppo di modelli bifasici e porosi con medium a base acqua e come gas, idrogeno e ossigeno;
 - prototipazione di celle senza membrana;

- sperimentazione e verifica delle prestazioni.

Tecnologia AEM-WEL. La tecnologia AEM unisce il vantaggio tecnologico dei sistemi alcalini (basso costo) con i sistemi PEM (alte prestazioni). Le tematiche di ricerca possono essere divise nei diversi livelli (componente, cella, stack, sistema):

- Catalizzatori: La tecnologia AEM-WEL soffre ancora di una certa immaturità rispetto alle altre. Immaturità che si traduce in diversi filoni di ricerca molto attivi e che paucano larghe possibilità di miglioramento. Uno fra questi è la definizione di nuove strutture e materiali di catalisi, che ancora non riescono a competere con i sistemi PEM-WEL, specialmente per la reazione anodica (evoluzione dell'O₂). In questo caso il tema di ricerca è legato allo sviluppo di nuovi catalizzatori anodici, capaci di raggiungere elevate densità di correnti (>2 A/cm²) con alte efficienze e con basso degrado.

Tecnologia di elettrolisi disaccoppiata. Una tecnologia interessante di produzione H₂ via elettrolitica è rappresentata dall'elettrolisi disaccoppiata, dove la reazione di produzione H₂ e O₂ avvengono in due momenti separati al fine di sfruttare un mediatore redox e compensare così la scarsa cinetica della reazione di sviluppo dell'ossigeno. La tematica di ricerca coinvolge diverse attività:

- identificazione del mediatore redox adatto;
- verifica delle prestazioni elettrochimiche delle coppie redox coinvolte;
- validazione della produzione di O₂/H₂;
- prototipazione sistema di produzione H₂/O₂ in "batch".

Elettrolisi ad alta temperatura: aspetti specifici

La tecnologia ad alta temperatura include generalmente la tecnologia SOC, a scambio anionico, più diffusa e matura. Esiste tuttavia una variante a scambio protonico. La tecnologia PCEC si segnala come una delle evoluzioni più interessanti nel campo della elettrolisi, combinando: a) elevate efficienze di conversione tipica delle celle ceramiche (miglioramento della termodinamica del processo e in particolare dei fenomeni di trasporto); b) temperature di lavoro non elevate (tra 500 e 600°C, inferiori alla tecnologia SOEC) e quindi BoP meno complessi e costosi; c) produzione di idrogeno ultra-puro nel comparto catodico, in assenza di altre molecole in miscela (semplificazione ulteriore del BoP); d) possibilità (eventuale) di operare in modalità reversibile; e) possibilità (eventuale) di operare come compressore/separatore di idrogeno.

6.2 Gassificazione di biomasse, processi termochimici ed elettrochimici

La produzione diretta di idrogeno da fonti rinnovabili eolica e solare mediante elettrolisi è caratterizzata da funzionamento intermittente e tempi di funzionamento limitati. Per un uso su larga scala, la filiera dell'idrogeno dovrebbe essere integrata con tecnologie di produzione alternative per esigenze di uso continuo, in particolare in campo industriale. Pertanto, la generazione di idrogeno verde dall'elettrolisi può essere integrata con la gassificazione della biomassa e/o dei rifiuti solidi rinnovabili. Nel lungo termine, risulteranno promettenti la conversione di sostanze organiche di scarto tramite microrganismi (biotecnologie), il reforming catalitico di biocomposti in fase acquosa (APR), la gassificazione in acqua supercritica (SCWG), etc.

La conversione termochimica della biomassa attraverso la gassificazione e la pirogassificazione sono certamente tecnologie interessanti per convertire i rifiuti e i residui in idrogeno e gas di sintesi in combustibili rinnovabili. Per quanto riguarda la gassificazione di biomasse e rifiuti, le esigenze di ricerca riguardano lo sviluppo di reattori innovativi, processi integrati che combinano produzione di syngas e upgrading di idrogeno, materiali e processi che migliorano la flessibilità operativa e

l'efficienza di conversione nonché nuove soluzioni per il trattamento del gas sintetico. Anche la progettazione di catalizzatori specifici per evitare il tar ed aumentare il rapporto H_2/CO rappresenta una sfida importante per i processi innovativi di gassificazione. Significativi vantaggi possono derivare dall'integrazione della gassificazione della biomassa con l'elettrolizzatore grazie alla possibilità di utilizzare l'idrogeno per aumentare la conversione del carbonio e il flusso di ossigeno come ossidante.

Per i processi biologici, è necessario lo sviluppo di nuovi bioreattori ad alto tasso di produzione per impianti di medie e grandi dimensioni, lo sviluppo di cellule microbiche basate su processi, configurazioni, materiali ed elettrodi innovativi e lo sviluppo di sistemi di separazione integrati.

Per quanto riguarda il reforming della biomassa, dei rifiuti e del biogas, è necessaria una ricerca mirata al miglioramento dei reattori per massimizzare la produzione di idrogeno. Le sfide principali derivano dall'esotermia del processo, che limita il trasferimento di calore. Inoltre, è necessario lo sviluppo di nuovi catalizzatori multifunzionali in grado di operare efficacemente in condizioni isoterme e in reattori a membrana.

La pirolisi del biogas/biometano e il cracking termocatalitico con cattura del char possono rappresentare una svolta energetica sostenibile convertendo le fonti di energia rinnovabile in idrogeno in un processo "carbon-negative". Inoltre, il carbonio prodotto con un processo rinnovabile può dar vita ad un utilizzo circolare come precursore per la produzione di acciaio, per l'industria del cemento, la produzione di celle a combustibile, batterie, etc. Ulteriori esigenze di ricerca riguardano la rigenerazione del catalizzatore e la riduzione/minimizzazione dell'intasamento del reattore dovuto al nerofumo. I catalizzatori metallici vengono utilizzati per accelerare il processo ma possano essere utilizzati anche materiali a base di carbonio più economici e sostenibili. La tecnologia è attualmente ad un livello TRL di 3-5 e sono necessarie ricerche mirate principalmente all'adattamento dei catalizzatori e del processo alle caratteristiche del biogas (es. presenza di impurità, idrocarburi diversi dal metano, ecc.) e al raggiungimento di elevata stabilità.

L'elettroreforming a bassa, media e alta temperatura di soluzioni acquose di sostanze organiche ottenute da biomassa (es. bioetanolo, glicerolo, zuccheri) a differenza dell'elettrolisi dell'acqua che è limitata dalla barriera termodinamica dell'ossidazione dell'acqua stessa, rappresenta una tecnologia interessante che può essere utilizzata per produrre idrogeno con elevata purezza a tensioni ben al di sotto di quelle richieste per lo splitting dell'acqua, riducendo così notevolmente il fabbisogno energetico di processo. Oltre all'idrogeno, questa tecnologia consente potenzialmente la coproduzione di sostanze chimiche di alto valore, aumentando così l'appeal economico del processo. Nell'elettroreforming non si ha evoluzione di ossigeno e si evita quindi il rischio di esplosione dovuto alla miscelazione con idrogeno. Questo processo offre quindi la possibilità di produrre idrogeno ad alta pressione, eliminando virtualmente la costosa compressione multistadio. Questa tecnologia, che può operare sia in ambiente acido che basico, con opportune membrane a scambio cationiche o anioniche, è attualmente caratterizzata da un basso TRL (2-4), e sono richiesti miglioramenti per gli elettrocatalizzatori usati come anodi e catodi.

La produzione di H_2 per cracking di (bio)metano, può avvenire utilizzando una nuova tecnologia che abbina plasma non-termico e catalisi con nanocarboni. Il cracking del CH_4 porta ad H_2 (privo di contaminanti) e carbone che si accresce sul catalizzatore a base di carbone stesso, con modalità ordinate quali nanofilamenti. Il materiale, scaricato con continuità dal reattore a letto circolante operante in continuo, può essere utilizzato come materiale additivo per migliorare le proprietà di polimeri ed altro materiale. Quindi oltre ad ottenere il sequestro del carbone, si ottiene un prodotto con un valore aggiunto per migliorare le proprietà di materiali.

Tale tecnologia risulta quindi innovativa sia in termini di costo che di carbon footprint rispetto all'elettrolisi. Combinando i) l'uso di biometano, ii) l'utilizzo di energia rinnovabile nel processo (ma in maniera molto meno intensiva rispetto all'elettrolisi), iii) condizioni più blande di reazione rispetto al cracking convenzionale del metano, e iv) il sequestro del carbone derivante dal cracking del metano, si può ottenere un carbon footprint negativo. Questa è una delle poche tecnologie capaci di

abbinare alla produzione di idrogeno pulito anche un effetto globale di sequestrazione (carbon footprint negativo).

6.3 Fotoelettrolisi e fotocatalisi

Nell'ottica delle applicazioni a lungo termine, la conversione diretta dell'energia solare in idrogeno, mediante elettrolisi dell'acqua utilizzando l'energia dei fotoni, è un'area di crescente interesse in cui è fondamentale aumentare l'efficienza di conversione da energia solare a energia chimica. In questo contesto, sarà opportuno sviluppare sistemi solari tandem e materiali e dispositivi innovativi di foto-elettrolisi o fotocatalitici, basati su materiali non critici. Nei prossimi 5 anni è urgente la necessità di sviluppare protocolli standardizzati di benchmarking per la foto-elettrolisi, l'elettrolisi integrata con il fotovoltaico, la fotocatalisi etc. per confrontare l'efficienza di conversione da solare a idrogeno e per monitorare accuratamente i progressi nelle prestazioni dei dispositivi. Allo stesso tempo, è necessario sviluppare nuovi approcci e migliorare le tecniche sperimentali per la sintesi, per la spettroscopia, per la microscopia e la modellazione dei dispositivi al fine di superare gli attuali limiti dovuti alle perdite di ricombinazione, massimizzare la resa e sperimentare condizioni operative realistiche. Entro i prossimi 10 anni, sarà necessario procedere a uno scale-up di questi sistemi da sistemi di prova su scala di laboratorio alla produzione di livello dimostrativo o pilota (> kg-H₂/giorno). Ciò dovrebbe essere accompagnato dalla progettazione di reattori adeguati che consentano un funzionamento affidabile e sicuro per alti tassi di produzione di idrogeno. Sul lungo termine, è necessario sviluppare una capacità di progettare e preparare materiali fotocatalitici e foto-elettrochimici altamente performanti e durevoli su scala commerciale.

6.4 Tecnologie emergenti per la produzione di idrogeno

In questo campo sarà inoltre importante promuovere lo sviluppo di nuovi sistemi e dispositivi, e la ricerca su materiali avanzati per cicli termochimici (chemical looping) ad alta cinetica di conversione; ottimizzare la fluidodinamica e gli scambi termici per reattori redox mediante accoppiamento diretto con concentratori solari e l'integrazione reattore/collettore solare. Oltre a questi, i nuovi processi includono la luce solare concentrata (CSP) eventualmente combinata con cicli termodinamici, foglie artificiali, elettrolisi dell'acqua attraverso sollecitazioni combinate meccaniche (ultrasuoni) e di radiazione solare, elettrolisi dell'acqua attraverso la combinazione di magnetismo ed elettrocatalisi, processi biologici, etc. L'elettrolisi convenzionale utilizza acqua pura o desalinizzata, le nuove tecnologie includono l'elettrolisi dell'acqua di mare e delle acque reflue, ciò costituisce un'area di interesse emergente soprattutto per i paesi in via di sviluppo. Di recente sono emerse tecnologie innovative come la produzione di idrogeno attraverso la sono-fono-catalisi dell'acqua (energia solare e stress meccanico da ultrasuoni) che necessitano di un'attenzione specifica e di investimenti per la ricerca.

7. STOCCAGGIO E DISTRIBUZIONE DI IDROGENO VERDE

Lo sviluppo delle infrastrutture per la distribuzione e lo stoccaggio dell'idrogeno costituisce uno step fondamentale per garantire una diffusione su larga scala delle tecnologie ad idrogeno. Tuttavia, in questo settore permangono diverse criticità che alla fine rappresentano uno stadio limitante per lo sviluppo dell'economia dell'idrogeno verde. Sono, quindi, necessarie attività di ricerca indirizzate a sviluppare soluzioni per l'immissione di idrogeno nella rete del gas naturale, lo sviluppo di sistemi di pressurizzazione e di componenti per stazioni di rifornimento ad idrogeno, ed è necessario implementare lo stoccaggio dell'idrogeno compresso o l'accumulo in carrier liquidi ed allo stato solido. Per queste applicazioni sono necessarie soluzioni innovative volte a migliorare l'efficienza e

l'affidabilità dei processi ed incrementare le prestazioni con attività che riguardano sia il breve che il lungo termine.

7.1 Idrogeno compresso, criogenico

Le tecnologie si differenziano in funzione delle applicazioni specifiche: idrogeno compresso a 700 bar per automobili a fuel cell o 350 bar per treni, bus, navi ed *heavy duty vehicles*. L'obiettivo è di sviluppare i materiali per i serbatoi in grado contenere gas ad alta pressione, in particolare i liners dei serbatoi per evitare problemi di infragilimento che rappresentano una notevole criticità ad alta pressione. Per l'implementazione dei processi basati su idrogeno compresso si rende necessario sviluppare materiali innovativi per Hydrogen pumps in grado di sopportare elevate pressioni differenziali al fine di realizzare una compressione elettrochimica ad alta efficienza.

7.2 Stoccaggio chimico e hydrogen carriers

La ricerca in questo settore è ancora in fase di sviluppo, gli aspetti critici riguardano la necessità di incrementare l'efficienza e la conversione dei processi soprattutto per la reazione di deidrogenazione del carrier per rendere l'idrogeno nuovamente disponibile in forma gassosa. I carrier liquidi rappresentano una notevole opportunità per immagazzinare idrogeno con alta densità di energia per applicazioni in mobilità nei treni, nelle navi, in aviazione etc. Tra le tecnologie più promettenti ma che richiedono notevoli sforzi sul fronte della ricerca vi è lo storage di idrogeno come ammoniaca che si può liquefare alle basse pressioni; una volta rilasciato l'idrogeno, l'azoto può essere reimpresso nell'atmosfera; pertanto, si potrebbe configurare una deidrogenazione on board per applicazioni in mobilità sostenibile etc. Altre tecnologie che richiedono un apporto rilevante della ricerca riguardano l'idrogenazione/deidrogenazione di molecole organiche (liquid organic hydrogen carrier, LOHC) la co-elettrolisi di CO₂ ed acqua per produrre renewable fuels quali metano (gas naturale sintetico), metanolo, dimetiletere. Tra i carrier inorganici, oltre l'ammoniaca, risulta di grande rilevanza il boroidruro che potrebbe trovare applicazioni in sistemi portatili a fuel cells. Per tutti questi processi è fondamentale la riduzione dei costi e miglioramento della reversibilità da affiancare allo sviluppo di nuovi carrier di idrogeno più efficienti ed economici.

7.3 Stoccaggio fisico e MOF

Lo storage di idrogeno in solidi porosi (stoccaggio fisico) ed in idruri leggeri con alto contenuto gravimetrico di idrogeno (stoccaggio chimico) è stato proposto negli ultimi decenni come alternativa alla compressione gas e stoccaggio in serbatoi ad alta pressione. Materiali porosi quali Metal Organic Frameworks (MOFs), Porous Coordination Cages (PCC) e sistemi a base grafene (GRAPH) rappresentano classi di materiali adsorbenti con elevate prospettive in virtù della loro eccezionale versatilità strutturale e area superficiale (modulabili in fase di sintesi) e conseguenti capacità di chemi- e fisi-adsorbimento. Le attività di ricerca in questo campo sono indirizzate a sviluppare materiali, soluzioni, componenti e dispositivi in grado di stoccare idrogeno ad alta efficienza per diverse applicazioni quali mobilità sostenibile, back-up power etc. Di grande rilevanza è lo sviluppo di nanostrutture e materiali innovativi per stoccaggio di idrogeno in solidi con l'integrazione di catalizzatori per migliorare le cinetiche dei processi idrogenazione e deidrogenazione.

7.4 Accumulo in stato solido

L'accumulo di idrogeno in stato solido rappresenta una tecnologia promettente in termini economici, dove il costo del terreno, le limitazioni causate dalle distanze di sicurezza da rispettare rappresentano dei requisiti essenziali alla definizione del sistema di accumulo, in particolare rispetto a soluzioni a

200 o 300 bar. Le soluzioni in stato solido presentano temperature e pressioni di lavoro variabili a seconda del tipo di materiale scelto. Possono raggiungere notevole capacità di accumulo volumetrico, mentre sono più variabili le capacità di accumulo gravimetrico, solitamente più vantaggiose per materiali quali il Magnesio che richiedono temperature per il ciclaggio dell'idrogeno relativamente alte (>300 °C).

7.5 Reti di distribuzione idrogeno

Nell'ottica di un'applicazione su larga scala delle tecnologie di idrogeno è necessario dotare il Paese di un'infrastruttura omogeneamente distribuita, in particolare una rete gas che possa permettere una diffusione capillare dell'idrogeno per le varie applicazioni oltre a garantire una elevata quantità di stoccaggio di gas. Il trasporto da località remote, dove vi è grande disponibilità di fonti rinnovabili per la produzione, può avvenire attraverso l'iniezione di idrogeno nella rete di distribuzione del gas naturale. In questo settore è necessario sviluppare sistemi adeguati all'immissione di idrogeno nella rete gas e la misura con precisione sia del gas immesso che della concentrazione di idrogeno nel gas naturale; infatti, l'immissione di idrogeno oltre agli altri aspetti tecnici comporta un cambiamento del potere calorifico che va monitorato e gestito. In generale, la rete gas e i relativi sottosistemi richiedono di essere adeguati a gestire in sicurezza e affidabilità il contenuto di idrogeno immesso nella rete.

La ricerca in questo campo può consentire di migliorare i componenti del gasdotto per supportare l'aumento del contenuto di idrogeno nella rete gas con particolare riferimento alla tenuta e alle problematiche di infragilimento dell'acciaio. È anche necessario sviluppare sistemi a membrana per la separazione dell'idrogeno dal gas naturale con caratteristiche di elevata efficienza e a basso costo al fine di garantire una elevata purezza dell'idrogeno per le applicazioni finali. Specifiche attività di ricerca potranno essere indirizzate a sviluppare tecnologie per mappare con precisione gli effetti dell'idrogeno sulle condutture con riferimento alla sicurezza e alla corrosione, verificare le possibili contaminazioni per l'idrogeno estratto dalla rete gas, ed affinare le misure. Un altro aspetto rilevante riguarda lo sviluppo dei rivestimenti interni ovvero di coatings in grado di mitigare gli effetti di infragilimento dell'acciaio.

Queste attività dovranno essere affiancate da un'attenta analisi dei vincoli legati alla generazione e stoccaggio dell'idrogeno ad alta pressione per applicazioni stazionarie e a bordo di navi, treni e veicoli, al fine di migliorare la sicurezza e superare le barriere legislative.

8. USI FINALI DELL'IDROGENO VERDE

8.1 Industria

In ambito industriale è possibile identificare tre usi specifici dell'idrogeno:

- il primo uso industriale è l'uso di H₂ come sostituto dei combustibili fossili per la produzione di energia termica, che può essere di vario grado (basso grado, <150°C, medio grado 150-300°C, alto grado, >300°C), e con specifiche tecnologie, legate al mondo bruciatori.
- il secondo uso industriale è legato all'uso di H₂ come materia prima per l'industria chimica o per la produzione di semilavorati (per esempio acciaierie), mediante le tecnologie raccolte sotto il termine P2X, dove la prima conversione dal vettore elettrico avviene sempre con la produzione di H₂.
- il terzo caso industriale è l'uso in relazione alla produzione o stoccaggio di energia elettrica. In questo caso, le tecnologie di generazione elettrica, i cosiddetti H₂-To-Power rappresentano la tematica di ricerca preponderante, costituita dallo studio delle celle a combustibile per uso stazionario e cogenerativo e turbine per blending.

Diversi studi, sia nazionali che europei, sono concordi nell'affermare che l'utilizzo più immediato dell'idrogeno verde nell'industria sia da individuare nei settori denominati "hard to abate": la siderurgia, le raffinerie, l'industria cementizia, l'industria chimica e farmaceutica, l'industria ceramica, della carta e del vetro. I motivi di tale asserzione sono molteplici: in primo luogo tali settori sono convertibili all'utilizzo di energia elettrica difficilmente, a costi proibitivi, o addirittura non lo sono affatto allo stato attuale delle tecnologie; esempi di questi ultimi sono gli impianti per la produzione del vetro e di alcune produzioni alimentari. Sono poi settori che pesano notevolmente sulle emissioni di CO₂; pertanto, una loro conversione in tempi brevi all'idrogeno è ritenuta indispensabile per il raggiungimento degli obiettivi che l'Italia e l'Europa si sono posti per il 2030 e ancora più per la completa neutralità climatica da raggiungere entro il 2050. Sono poi geograficamente spesso concentrati in distretti industriali, per cui una grande disponibilità di energia è richiesta in zone concentrate, permettendo la produzione di idrogeno e il suo utilizzo locale con limitata necessità di trasporto.

L'idrogeno verde può essere utilizzato in diverse forme in sostituzione del combustibile fossile: al di là di una prima fase transitoria, in cui si può iniettare idrogeno nel gas naturale (GN) in percentuali crescenti, fase che per percentuali fino al 20% H₂/GN permette di utilizzare in larga parte i medesimi impianti che funzionano a gas naturale, si può bruciare direttamente l'idrogeno quale combustibile o utilizzarlo per la riduzione del ferro o utilizzarlo quale intermedio per la produzione di combustibili liquidi (utilizzando CO₂ di scarto da processi industriali) o ancora può essere nuovamente convertito in energia elettrica in impianti elettrochimici e cogenerativi a fuel cell. Questa ultima tipologia di utilizzo acquista significato in un'ottica di immagazzinamento efficiente dell'energia elettrica, che sfrutti in modo sinergico le potenzialità di entrambe le reti, elettrica e del gas. È poi ovvia la necessità della sostituzione dell'idrogeno attualmente prodotto da steam reforming e reforming catalitico del metano con idrogeno verde, in particolare per il settore della raffinazione dei combustibili, settore che comunque perderà volumi significativi di produzione nei prossimi dieci anni.

Per verificare quanto il panorama industriale italiano dei settori hard to abate sia pronto e reattivo verso la sostituzione dei combustibili fossili con idrogeno, quali costi una tale transizione, per di più accelerata, comporti, quali ostacoli, colli di bottiglia e criticità si possa prevedere che si presenteranno nei processi e nella qualità dei prodotti finali, ENEA e Confindustria hanno svolto un'indagine intervistando in prima persona le associazioni degli industriali e le aziende del settore.

In generale tutte le aziende si sono dimostrate interessate alle opportunità offerte dalla transizione e disponibili a prendere in considerazione l'innovazione e la decarbonizzazione dei processi delle loro filiere, a fronte di garanzie sull'affidabilità delle nuove tecnologie, come bruciatori e combustori 100% H₂.

Accanto ai settori hard to abate il settore termico industriale è tecnologicamente già maturo per la sostituzione con percentuali di idrogeno verde fino al 30%, mentre per una sostituzione totale del GN con H₂ è ancora da verificare la fattibilità.

Le problematiche tecniche che si dovranno affrontare, soprattutto nei processi di combustione a più alte temperature sono l'infragilimento dei metalli in presenza di idrogeno, la differente temperatura, velocità di fiamma e produzione di NO_x del processo di combustione di idrogeno rispetto a quello del GN, la riduzione della vita dei forni, la produzione di notevoli quantità di vapore d'acqua.

Un aspetto di cruciale importanza è quello dei costi, sia dei combustibili che delle materie prime oltre che della sostituzione degli impianti e dei processi produttivi.

L'utilizzo dell'idrogeno imporrà di adeguare le misure i dispositivi di sicurezza ed emanare normative dedicate.

8.2 Mobilità sostenibile

Per quanto riguarda la mobilità, i settori in cui l'idrogeno sembra avere possibilità maggiori di utilizzo, per lo meno sul breve-medio periodo, sono quelli in cui non è necessaria una rete di

distribuzione capillare e dove la competizione con l'elettrico è meno forte, o perché l'elettrico non sia praticabile o perché meno vantaggioso in termini di prestazioni: il trasporto pesante, marittimo, tranviario per le tratte non elettrificate, le flotte aziendali e il trasporto pubblico. Per quest'ultimo risulta di interesse l'utilizzo di idrogeno in particolare nelle aree urbane, dove aziende di trasporto pubblico hanno sperimentato la differenza e hanno riconosciuto che i bus equipaggiati con FC ad idrogeno garantiscono un'autonomia maggiore rispetto ai bus elettrici, e possono contare su tecnologie mature su tutta la catena, dai componenti per i veicoli, agli elettrolizzatori per la produzione di idrogeno, alle stazioni di rifornimento ai sistemi di stoccaggio.

Nella mobilità sostenibile rientrano anche molte applicazioni di logistica, quali ad esempio il trasporto di merci nelle aree portuali o i carrelli elevatori nella movimentazione merci dei magazzini dell'e-commerce o dei centri commerciali o nelle grandi industrie nelle quali i veicoli alimentati a FC presentano indubbi vantaggi rispetto agli attuali competitor: rispetto ai motori endotermici a diesel possono essere utilizzati in ambienti chiusi, rispetto a quelli elettrici a batterie al piombo possono essere ricaricati senza produzione di gas tossici, rispetto a quelli elettrici a batterie al litio possono essere ricaricati senza sovraccarico della rete elettrica nelle ore di fine turno.

8.3 Applicazioni residenziali

Il settore del riscaldamento residenziale è un settore in cui l'introduzione di idrogeno verde in sostituzione del gas naturale potrebbe essere immediata, sia perché le caldaie più recenti hanno dimostrato di essere utilizzabili con miscele H₂/GN fino al 20%, sia perché sono disponibili sul mercato anche italiano caldaie funzionanti al 100% H₂, con certificazioni e dispositivi di sicurezza conformi alle normative. In questo settore è competitivo l'uso dell'energia elettrica, in quanto le pompe di calore hanno conquistato negli ultimi anni una quota di mercato notevole in confronto con gli impianti a gas, anche in conseguenza di incentivi statali. L'utilizzo di caldaie ad idrogeno potrebbe comunque costituire una valida alternativa, in un'ottica di diversificazione delle fonti energetiche e delle reti di trasporto e distribuzione dell'energia.

9. ASPETTI TRASVERSALI

9.1 Integrazione di sistema: sector coupling e barriere amministrative

Le analisi di scenario per i sistemi energetici dei prossimi decenni prevedono un progressivo aumento della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili non programmabili. Affinché questo sia possibile è necessario integrare nel sistema energetico opportune tecnologie di accumulo operanti su differenti scale temporali.

Per Sector Coupling si intende l'integrazione tra le infrastrutture di approvvigionamento e distribuzione di energia e i diversi utilizzatori finali di energia; essa si riferisce pertanto al collegamento delle infrastrutture di trasporto di energia elettrica e gas e altri settori della domanda energetica come la mobilità e l'industria. L'implementazione delle filiere tecnologiche Power To Gas e Power to X può avere un ruolo rilevante nell'integrazione delle reti.

Potenzialmente questo approccio consente di aumentare la penetrazione delle fonti di energia rinnovabili, decarbonizzando gli usi finali in settori come i trasporti e l'industria (permettendo quindi un'incorporazione delle RES "elettriche" anche nei settori di difficile elettrificazione), lo stoccaggio stagionale dell'energia elettrica in eccesso (difficilmente realizzabile solo con batterie e pompaggi) e il suo trasporto anche su lunga distanza con la finalità generale di aumentare la flessibilità e la resilienza di tutto il sistema energetico. L'immagazzinamento dell'energia e l'integrazione delle reti avrebbero il potenziale per rendere la transizione energetica più rapida ed economica. Comune a tutte le analisi è la constatazione che molte tecnologie energetiche, infrastrutture e sistemi settoriali

possono ottimizzare ulteriormente il loro contributo alla decarbonizzazione quando accoppiati/integrati, consentendo il miglior utilizzo possibile delle risorse disponibili. L'accoppiamento tra le reti gas/elettrico implica inoltre che l'azione in un settore dipende fortemente da altri settori.

Rilevante in questo contesto è il ruolo dei TSO gas ed elettrico e gli indirizzi regolatori che si svilupperanno per disciplinare il percorso di integrazione tra il settore gas ed il settore elettrico. Il ruolo della ricerca è essenziale per consentire una corretta implementazione nel sistema energetico dell'insieme delle tecnologie costituenti la filiera del Power To Gas e conseguire una maggiore integrazione tra elettricità e gas. Attività riguardano aspetti di ricerca su scala di laboratorio, su scala prototipale fino alla scala dei dimostrativi. Ulteriori aspetti da analizzare sono quelli dell'analisi dell'integrazione tra la rete elettrica e la rete gas con valutazioni di ottimizzazione sia della taglia degli impianti che del load factor rispetto alle variazioni temporali e spaziali della produzione di energia elettrica.

9.2 Standard pre-normativa e quadro regolatorio

Per la diffusione e l'utilizzo dell'idrogeno su larga scala il quadro evolutivo deve favorire lo sviluppo di una filiera integrata che parta dalla produzione per comprendere il trasporto, la distribuzione, lo stoccaggio fino agli usi finali nei diversi settori. Sarà necessario identificare le priorità di azione e si dovranno definire regole chiare e di agevole applicazione che garantiscano sia l'investitore che l'utente finale.

La necessità di una tempestiva revisione e integrazione della regolamentazione, sia a livello italiano che europeo, emerge con forza dalle lacune tecniche e legislative in essere (mancanza di una normativa ad hoc, ma anche di aggiornamenti della normativa esistente attualizzata all'innovazione). L'uso diffuso dell'idrogeno richiede progressi significativi nel campo della sicurezza, a supporto dei processi normativi e autorizzativi, assicurando al tempo stesso il necessario livello di accettazione sociale. L'idrogeno, infatti, ha proprietà caratteristiche che differiscono dai combustibili convenzionali: tendenza a causare infragilimento nei metalli, bassissimo punto di ebollizione, densità ed energia di accensione molto bassi, ampio intervallo di infiammabilità, alto tasso di combustione e propensione a subire la deflagrazione e la detonazione. Pertanto, incendi ed esplosioni possono rappresentare un pericolo per gli impianti di idrogeno se non adeguatamente regolamentati da misure atte a prevenire e/o ridurre il rischio a un livello accettabile.

I pericoli e i rischi connessi all'utilizzo dell'idrogeno sono sufficientemente normati nei settori industriali che già usano l'idrogeno nei propri processi produttivi (ambito petrolchimico, alcune industrie chimiche) ma possono richiedere interventi e azioni specifiche per applicazioni in un sistema energetico distribuito che presenta caratteristiche differenti dai comparti industriali predetti. A titolo di esempio il trasporto e lo stoccaggio di idrogeno nelle aree urbane e l'uso quotidiano da parte di un pubblico inesperto richiederanno livelli di sicurezza che tengano conto delle sue proprietà specifiche e delle minori quantità trattate. Le condizioni operative diverse rispetto all'ambiente industriale e, quindi, anche i diversi scenari potenziali di rischio dovranno porre l'accento su specifici fenomeni correlati che, in alcuni casi, non sono ancora ben compresi. In tali ambiti mancano ancora raccomandazioni e standard armonizzati basati sulle caratteristiche, le prestazioni e le applicazioni specifiche dell'idrogeno. In tale contesto, le attività di ricerca e la conduzione di test di prova sono indispensabili per fornire i dati a supporto della definizione degli standard, delle metodologie e delle linee guida da utilizzare come riferimento nella normazione tecnica e per la sicurezza.

La mancanza di regolamenti, codici e standard armonizzati (HRCS) rappresenta, indubbiamente, un importante ostacolo allo sviluppo e diffusione delle tecnologie dell'idrogeno, che può essere superato con azioni mirate, armonizzate e con il necessario supporto della ricerca pre-normativa utile alla definizione e implementazione di metodologie, strumenti e linee guida per la normazione di materiali, componenti e sistemi per l'idrogeno.

In ultima analisi si intende fornire un adeguato supporto tecnico-scientifico agli enti preposti alla definizione di standard e norme di qualità, sicurezza e certificazione della filiera dell'idrogeno, contribuendo alla costituzione di un quadro normativo in coerenza con le linee guida e le strategie definite a livello europeo e internazionale, favorendo le innovazioni tecnologiche e lo sviluppo competitivo per la filiera dell'idrogeno con benefici e ricadute in termini di decarbonizzazione del sistema energetico nel suo complesso.

Saranno condotti studi e ricerche di carattere pre-normativo i cui risultati potranno costituire una solida base scientifica per la redazione di linee guida e standard di qualità e di sicurezza da adottare per la filiera dell'idrogeno.

Inoltre, nell'ambito del quadro regolatorio-legislativo di riferimento, sono necessarie una serie di azioni che siano di supporto agli investimenti e allo sviluppo del mercato dell'idrogeno tenendo conto anche dell'utilizzo dell'idrogeno come accumulo energetico in un'ottica di sector coupling tra le reti elettrica e del gas.

Pertanto, ulteriori aspetti che si dovranno affrontare nel contesto di questo accordo riguardano studi e ricerche inerenti la:

- classificazione e certificazione dell'idrogeno decarbonizzato attraverso il recepimento della revisione della direttiva RED II;
- analisi e studi per la certificazione del vettore idrogeno secondo il sistema delle Garanzia di Origine, in attuazione della revisione della norma CEN EN 1632;
- opportunità per l'idrogeno nelle future revisioni di Direttive/Regolamenti UE e i loro recepimenti nazionali riguardanti il mercato del gas il mercato elettrico e la loro integrazione sulla regolazione del sector coupling;
- identificazione dei meccanismi di supporto all'idrogeno che nell'attuale contesto di mercato dovranno avere un ruolo abilitante, considerando sia la produzione del vettore, che la domanda e la filiera;
- la semplificazione delle procedure autorizzative necessaria allo sviluppo del mercato.

9.3 Misure di supporto

Appare evidente l'importanza, nell'attuale contesto di mercato, di prevedere meccanismi di supporto all'idrogeno, dal punto di vista dell'offerta del vettore, della domanda finale e della filiera tecnologica prediligendo un modello di mercato che riduca gli impatti redistributivi.

Gli incentivi al settore idrogeno richiedono sia una forma di supporto ai costi in capitale (CAPEX) che ai costi operativi (OPEX).

In merito alle misure di supporto CAPEX vi sono diverse iniziative di grande scala che sono state attivate per fornire supporto a tutta la filiera idrogeno. Il PNRR supporta il settore idrogeno per 3,64 miliardi di euro, più i supporti alla ricerca forniti dal MUR attraverso il progetto Partenariati Estesi, oltre alle Infrastrutture di Ricerca, Infrastrutture di Innovazione, Centri Nazionali e altri.

Il PNRR ha fornito i seguenti supporti CAPEX:

- M2C2 – I3.1: 500 milioni di euro a circa 50 progetti di produzione idrogeno in aree dismesse industriali;
- M2C2 – I3.2: 2 miliardi di euro per il supporto del settore Hard-to-abate industria, con 1 miliardo di euro per il polo industriale dell'ILVA di Taranto e 1 miliardo di euro per progetti presentati a sportello entro la data del 30 giugno 2023;
- M2C2 – I3.3: circa 100 milioni di euro per 35 stazioni di rifornimento idrogeno, a fronte di un obiettivo di 40 stazioni per 230 milioni di euro;
- M2C2 – I3.4: 300 milioni di euro per interventi infrastrutturali su 6 linee ferroviarie e un intervento di rotabili su una linea ferroviaria;
- M2C2 – I3.5: 450 milioni di euro per supporto alla realizzazione di 2 gigafactory per la produzione di elettrolizzatori.

Oltre a questo, viene fornito supporto CAPEX tramite i progetti IPCEI. In particolare, nel progetto IPCEI Hy2Tech viene fornito supporto a: ALSTOM FERROVIARIA, ANSALDO ENERGIA, DE NORA, ENEL, FINCANTIERI, IVECO, oltre a ENEA e FBK. In IPCEI Hy2USE a Next Chem, RINA-CSM, SardHy Green Hydrogen, South Italy Green Hydrogen, oltre a Università La Sapienza di Roma.

In merito agli incentivi OPEX, si possono identificare due misure principali: incentivo fiscale e incentivo tariffario. All'interno della prima categoria ricade il decreto, al momento in approvazione presso la DG Competition della Commissione Europea, relativo all'esonero degli oneri di sistema per il prelievo di energia da rete elettrica per la produzione di idrogeno tramite elettrolisi. All'interno della seconda ricadono le misure in fase di elaborazione presso il MASE, che dovrebbero fornire uno strumento di allineamento del prezzo dell'idrogeno al "willingness to pay" da parte dei consumatori finali. Diverse interlocuzioni sono in corso con associazioni e operatori della filiera per raccogliere studi e pareri in merito. Questa forma di supporto viene considerata da parte del mercato necessaria, in quanto i costi operativi costituiscono fino al 70% del levelized cost of hydrogen (LCOH). Tale misura è prevista all'interno del PNRR, in M2C2 – Riforma 3.2: misure volte a promuovere la competitività dell'idrogeno.

9.4 Aspetti legati alla sicurezza

Il tema della sicurezza nel settore idrogeno è estremamente importante e delicato da trattare, vista la stretta relazione con l'accettazione sociale di questo vettore energetico. Un aspetto di ricerca rilevante è quello della sicurezza negli ambienti confinati. Il tema riguarda sia i veicoli leggeri che pesanti, ma anche i locomotori e i treni in generale, quando percorrono o sono lasciati in ambienti confinati come gallerie e parcheggi interrati. In questo contesto, le situazioni di forte pericolo di esplosione possono sorgere da diverse cause, quali: il rilascio accidentale o normale delle valvole TPRD (Temperature Pressure Relief Device) oppure da perdite accidentali negli impianti a bordo veicolo. Tale problematica sorge sia per mezzi stazionati, oppure in transito, ma che comunque coinvolgono spazi chiusi, ove sorge il fenomeno dell'accumulo dell'idrogeno e il rischio di esplosione. Oltre alla possibilità di esplosione va valutato anche il fenomeno del picco di pressione, tipico del rilascio di gas più leggero dell'aria, da una classica valvola di sfioro o di sicurezza, capace di creare forti onde di pressione e rischio per persone, oggetti ed immobili. In queste situazioni, è necessario ancora tutt'oggi un forte contributo della ricerca nello studio delle situazioni pericolose dovute all'accumulo d'idrogeno in spazi confinati. Si tratta di una ricerca attinente con quella di tipo pre-normativo volta a supportare gli enti di riferimento (es. i Vigili del fuoco) attraverso diverse attività:

- Sviluppo di modellazioni numeriche, come metodo per la realizzazione di strumenti matematici validati da applicare in diversi scenari, riducendo la necessità di verifiche sperimentali anche di grande scala che possono essere costose e ridondanti, oltre che per realizzare strumenti numerici per lo sviluppo e la realizzazione delle infrastrutture civili.
- Attività di validazione e dimostrazioni in condizioni rilevanti, mediante ricostruzioni in scala di sistemi reali quali per esempio gallerie stradali o ferroviarie, al fine di validazione degli strumenti numerici sviluppati nel punto precedente oltre che per la raccolta delle linee guida da adottare e/o esperienze pratiche.

Le attività di ricerca sulla sicurezza dei serbatoi in pressione è fondamentale per il settore idrogeno, in parte per gli accumuli stazionari ma in particolare per lo stoccaggio a bordo veicoli. In questo frangente, le attività si concentrano sulla dimostrazione e caratterizzazione della resistenza di serbatoi in pressione soggetti a fiamma.

9.5 Tracciabilità idrogeno verde

Oggi giorno, l'idrogeno può essere prodotto tramite diversi processi nonché con l'uso di varie fonti. Come già spiegato nel primo capitolo, generalmente si tende a distinguere l'idrogeno tra grigio, blu e verde. Il primo tipo di idrogeno è prodotto usando fonti fossili e, dunque, il suo impatto sull'ambiente resta altamente negativo in quanto la sua produzione causa elevate emissioni di gas serra (GHG). L'idrogeno blu è comunque prodotto sfruttando fonti non rinnovabili, ma utilizzando tecnologie che permettono di catturare l'anidride carbonica e di immagazzinarla per un successivo riutilizzo. Infine, il Renewable Hydrogen è prodotto da fonti energetiche rinnovabili. Appare evidente che, essendo le tre tipologie molto differenti, è necessario poter tracciare la provenienza dell'idrogeno che si sta utilizzando. Per far sì che questo vettore energetico partecipi al processo di decarbonizzazione, le autorità devono impegnarsi nell'istituzione di un sistema di certificazione dell'origine e di tracciabilità dell'idrogeno, che assicuri trasparenza soprattutto rispetto alla fase produttiva dell'idrogeno. Ciò permetterebbe ai consumatori di operare una scelta informata e consapevole dell'energia usata. Un sistema di tracciabilità darebbe la possibilità di rinvenire tutti i passaggi ed i processi a cui l'idrogeno è stato sottoposto, dal momento di produzione a quello di utilizzo finale. In questo caso il tema di ricerca è legato allo sviluppo di modelli matematici ed alla definizione di scenari che mostrino vantaggi e difetti di diversi approcci alla tematica di tracciabilità dell'idrogeno verde. Infatti, possono essere applicate diverse strategie:

- istituzione di un processo di garanzie d'origine;
- applicazione dei RECS (Renewable energy certificates);
- sistema di etichettatura (Labelling system).

9.6 Formazione

Per la diffusione e l'utilizzo dell'idrogeno su larga scala il quadro evolutivo deve favorire la crescita di una filiera integrata definendo le priorità di azione che dovranno affiancare lo sviluppo puramente tecnologico: tra queste rientra sicuramente la formazione di nuove figure professionali, che possano sostenere il mercato non appena sarà pronto a partire. Sarà necessario, dunque, prevedere investimenti nelle azioni culturali rivolte ai cittadini, dai più giovani che stanno crescendo in un mondo sempre più sostenibile, ai ragazzi che devono decidere quale percorso di studi intraprendere, fino agli adulti cui dev'essere fornita l'opportunità di aggiornare le proprie competenze.

Le attività di formazione possono essere promosse attraverso diversi canali, quali incontri tematici o workshop, percorsi formativi, cicli di incontri e lezioni sia teoriche/virtuali sia in presenza presso i laboratori dei diversi Centri di Ricerca. Potranno essere messe a disposizione le infrastrutture della Hydrogen demo Valley (in fase di realizzazione presso il CR ENEA) e della Smart Grid (in fase di realizzazione presso il CR ENEA di Portici) così come i numerosi laboratori e le facilities sperimentali disponibili nei CR ENEA distribuiti su tutto il territorio nazionale.

Le attività di formazione specifica promosse da ENEA sono generalmente rivolte ai post-doc, ai dottorandi, agli studenti universitari, agli studenti delle scuole superiori (PCTO), etc. nell'ambito di programmi di ricerca nazionali ed europei, ma anche a personale d'azienda attraverso l'organizzazione di Master e/o Scuole Tematiche. ENEA ha lanciato insieme all'Associazione Italiana di Ingegneria Chimica (AIDIC) e al Dipartimento Ingegneria Chimica Materiali Ambiente" della Sapienza (DICMA) "Hydrogen Summer School" sulle tecnologie dell'Idrogeno. Questa iniziativa, prima a livello nazionale, vedrà la presenza di relatori esperti provenienti dal mondo accademico e industriale, coprendo tutti i temi legati alla filiera dell'idrogeno, dalla produzione al trasporto e utilizzo finale. La Hydrogen Summer School, di cui a giugno 2023 si terrà la seconda edizione, è aperta a dottorandi, ricercatori e giovani professionisti che lavorano nei settori dello sviluppo delle tecnologie dell'idrogeno.

L'obiettivo della scuola sarà quello di offrire una visione ampia e completa della filiera, analizzando opportunità, potenzialità e criticità, nonché il ruolo dell'idrogeno come vettore energetico e fattore abilitante per la decarbonizzazione e la transizione energetica e per una sua implementazione

economicamente sostenibile nel settore energetico.

L'area Low Carbon Research di FBK SE Energy Center offre una vasta infrastruttura, dotata di varie strumentazioni per la generazione di plasmi a bassa pressione, sia del tipo capacitivo che induttivo, per lo studio di processi reazionali di produzione di carbonio da idrocarburi, per la sintesi di materiali e trattamenti di superfici (camere al plasma per processi PVD e PACVD), strumentazione di spettroscopia ottica di emissione applicabile alla diagnosi dei processi in plasma, (ii) la caratterizzazione dei materiali (spettroscopia fotoelettronica a raggi X (XPS), Spettroscopia Auger, diffrazione di raggi X per l'analisi chimica e strutturale). Questo gruppo di ricerca ha maturato esperienza nella sintesi di materiali con tecniche al plasma a bassa pressione per applicazioni nel settore dell'energia sostenibile, in particolare diversi materiali a base carbonio.

Le risorse e strumentazione disponibili sono adatte alle attività progettuali e saranno impiegate seguendo un piano congruo in tempo (come illustrato nel Gantt chart) e in sostanza (saranno usate camere di deposizione PVD a Radio frequenza, due strumenti di spettroscopia XPS, uno strumento di spettroscopia Auger, 1 diffrattometro, 1 strumento SEM) rispetto alla realizzazione degli obiettivi delle attività. Sarà anche reclutato nuovo personale per i bisogni del progetto.

L'area Tecnologie dell'Idrogeno del Centro SE è composta di circa 20 unità tra personale ricercatore, tecnologi e tecnici. L'area presenta una dotazione ampia di laboratori per eseguire test e validazioni di componenti e sistemi legati alle tecnologie dell'idrogeno, in particolare relative ai processi di produzione per via elettrolitica, alle fuel cell e alla dotazione di banchi prova che permettono di validare tecnologie di elettrolisi fino alla dimensione di 10 kW, tecnologie fuel cell fino a 5 kW, mediante uso di idrogeno, metano, ammoniaca e relative miscele. In particolare, per quanto riguarda le celle ad alta temperatura sono al momento presenti in laboratorio 3 banchi prova, con la possibilità di testare celle di piccole dimensioni e stack fino alla dimensione di 500 W, 1 banco prova per sistemi reversibili con la capacità di operare fino a 6 kW in modalità elettrolisi e 1,5 kW in modalità Fuel Cell, e un banco reversibile con la capacità di testare 12 kW in modalità SOE e 3 kW in modalità SOFC.

Oltre a questo, sono presenti 1 workstation e 1 server per l'elaborazione di modelli numerici complessi, in approccio multiscala e multifisico, con tool modellistici agli elementi finiti (COMSOL, ANSYS, FLUENT), per analisi dinamiche (MODELICA, DYMOLA, MODELON IMPACT), e tool di ottimizzazione a multi-obiettivo sviluppati internamente al centro.

Il Centro è inoltre in un processo di scaling up delle facility di laboratorio con l'avvio di nuovi laboratori a Rovereto, presso Progetto Manifattura, i TESSlabs, che aumenteranno gli spazi a disposizione, le capacità di test fino a moduli da 100 kW per elettrolizzatori, fuel cell e batterie, e aggiungerà la possibilità di testare funzionalità aggiunte relative a proprietà elettrochimiche, oltre all'avvio di banchi prova su processi di conversione di materiali organici e di altra tipologia in idrogeno o vettori idrogeno.

Dal 2023 saranno disponibili più di 700 m² di laboratori dedicato ad idrogeno e batterie all'interno dei TESSALB (Rovereto) con la possibilità di scalare la dimensione di caratterizzazione. Dal 2024 saranno disponibili i nuovi spazi del Centro Sustainable Energy, per una superficie aggiuntiva di 3500 m² di nuovi laboratori e altrettanti spazi aperti per la realizzazione di una facility a una scala rilevante per il settore industriale.

Il CNR svolge attività di formazione nell'ambito delle tecnologie per l'idrogeno verde rivolte ai post-doc, ai dottorandi, agli studenti universitari, agli studenti delle scuole superiori, etc. nell'ambito di programmi di ricerca nazionali ed europei. Per lo svolgimento delle attività suddette, il CNR dispone di laboratori avanzati e strumentazione di ultima generazione per studi fondamentali ed applicati. I laboratori consentono il testing di diverse tecnologie in grado per l'idrogeno verde di coprire lo sviluppo di materiali, device, modelling e tecnologie di AI, integrazione di tecnologie lungo l'intera value chain. Il CNR dispone di aule didattiche ed offre ai propri formandi opportunità di short term mobility in laboratori europei ed internazionali.

9.7 Accettazione sociale idrogeno

L'accettazione sociale delle nuove tecnologie ad idrogeno dipenderà principalmente dalle caratteristiche di sicurezza, economicità, affidabilità, e impatto ambientale nullo. L'idrogeno ha caratteristiche diverse da altre tecnologie energetiche esistenti. Permangono alcuni pregiudizi storici e ciò rende necessario uno sforzo particolare per garantire una appropriata solidità e sicurezza della tecnologia, per promuoverne l'accettazione e il suo riconoscimento sociale.

Il fatto che l'idrogeno verde sia diventato improvvisamente un settore rilevante per il futuro del sistema energetico sta suscitando interesse nella società ma nello stesso tempo anche un certo timore nell'opinione pubblica. Il timore principale è quello che nasca un "conflitto" tra i processi di elettrolisi alimentati con acqua pura e la disponibilità di acqua per gli usi potabili e l'agricoltura.

In generale, le preoccupazioni specifiche della società riguardano la sicurezza, il costo dell'idrogeno e la disponibilità dell'acqua. È quindi importante promuovere una campagna di informazione dove si possa chiarire la possibilità di utilizzare diverse fonti per l'acqua di alimentazione degli elettrolizzatori inclusa l'acqua di mare purificata e desalinizzata attraverso un processo di osmosi inversa; ciò dovrebbe essere affiancato dalla consapevolezza della necessità di una diffusione su larga scala delle tecnologie per abbassare i costi. L'obiettivo è raggiungere un costo di 2-3 Euro/kg H₂ entro il 2030. Sono necessarie attività mirate a migliorare l'accettabilità sociale e la cognizione che la società ha dei sistemi a idrogeno. Le innovazioni tecnologiche in questo campo devono condurre a cicli di vita sostenibili per evitare che i consumatori debbano affrontare il dilemma di scegliere tra mantenere il prodotto esistente o indirizzarsi ad una nuova tecnologia. Le campagne di informazione devono quindi guidare il processo decisionale.

I processi e le tecnologie dell'idrogeno verde necessitano di esperti con competenze specifiche che abbiano anche una visione d'insieme della value chain dell'idrogeno. La formazione di personale dedicato è fondamentale, soprattutto nel settore dell'ingegneria, della chimica, della fisica ed è necessario riqualificare il personale già formato attraverso iniziative di aggiornamento tecnologico e di apprendimento. Inoltre, è necessario informare i policy makers e le autorità preposte al controllo, alla sicurezza, alla manutenzione e ai percorsi autorizzativi nonché potenziare la formazione scolastica e universitaria in materia.

9.8 Impatto socioeconomico delle nuove tecnologie ad idrogeno

Gli obiettivi dell'accordo quadro riguardano in modo olistico tutto ciò che ruota attorno all'economia dell'idrogeno verde e quindi non si limitano solo agli aspetti energetici ed ambientali ma studiano anche l'impatto sulla società e l'economia. Lo sviluppo di tecnologie basate sull'idrogeno verde per un sistema energetico sostenibile può contribuire in modo significativo a mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici, ridurre l'inquinamento ambientale e realizzare impatti socioeconomici importanti. Le caratteristiche su cui incentrare i programmi di ricerca e sviluppo riguardano aspetti sia energetici che ambientali e sociali. Di seguito sono analizzati alcuni aspetti rilevanti, i quali richiedono particolare approfondimento in termini di ricerca e sviluppo e l'analisi dei relativi impatti socio-economici ed ambientali:

- produzione di idrogeno a zero emissioni di carbonio (idrogeno verde) in sostituzione dell'idrogeno grigio da fonti fossili utilizzato largamente nell'industria chimica;
- utilizzo dell'idrogeno verde come mezzo di accumulo a supporto della rete elettrica;
- incremento significativo della diffusione delle fonti rinnovabili intermittenti attraverso lo storage in idrogeno del surplus di energia con conseguente risparmio energetico; diffusione dei processi di elettrolisi dell'acqua come mezzo per promuovere ulteriormente lo sviluppo della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili;
- aumento dell'efficienza dei processi energetici attraverso approcci integrati che utilizzano le tecnologie ad idrogeno in contesti specifici come energy districts, smart buildings, energy

- communities, generazione distribuita, storage etc.;
- riduzione del carbon footprint della rete del gas;
- sviluppo di supply chain/value chain con il coinvolgimento di industrie manifatturiere nonché di aziende che operano nei settori dei servizi energetici e di rete.
- creazione di numerosi nuovi posti di lavoro soprattutto ad elevata specializzazione nel settore dell'idrogeno verde.

La diffusione su larga scala delle tecnologie basate sull'idrogeno verde potrà apportare benefici ambientali relativi alla decarbonizzazione, alla riduzione dell'inquinamento locale, riduzione del global warming e mitigazione degli effetti del cambiamento climatico con relativo miglioramento della qualità della vita.

Dal punto di vista economico, effetti consistenti possono essere realizzati a livello di:

- servizi di rete (risparmio energetico/costi) e bilanciamento di rete attraverso i sistemi di elettrolisi;
- produzione di H₂ rinnovabile;
- accumulo di energia rinnovabile;
- produzione decentralizzata di H₂;
- sostituzione del gas naturale nei processi industriali energivori (high grade heat) e nelle applicazioni residenziali;
- fornitura di idrogeno verde ad alta purezza (5N) ed economico per veicoli elettrici basati su celle a combustibile.

9.9 Idrogeno e impatti geopolitici: legami con altri paesi europei e del Mediterraneo-Africa

Le fonti di energia rinnovabile e i relativi sistemi e vettori energetici connessi, tra cui l'idrogeno verde, possono contribuire ad aumentare l'indipendenza energetica, migliorare le economie nazionali e ridurre le emissioni di gas serra da combustibili fossili. Le fonti rinnovabili sono per loro natura largamente distribuite e disponibili. Come è noto il problema principale delle FER è dovuto alle loro caratteristiche intermittenti che non possono essere gestite facilmente dall'attuale configurazione delle reti elettriche. Queste criticità cresceranno significativamente nei prossimi anni con la diffusione delle rinnovabili tanto auspicata e necessaria sia per risolvere i problemi ambientali che per trovare soluzioni alle recenti crisi politiche. Lo sviluppo di reti intelligenti e sistemi di storage quali l'idrogeno in grado di contribuire al bilanciamento di rete possono ridurre le problematiche relative alla congestione delle reti elettriche e ridurre le perdite associate al trasporto di energia elettrica su lunghe distanze. Diversi programmi di ricerca e sviluppo sono focalizzati sul comportamento dinamico dei sistemi di elettrolisi e dei processi di produzione di idrogeno verde in generale. Per i sistemi di elettrolisi, è auspicabile la diffusione su larga scala di sistemi off-grid includendo i sistemi off-shore direttamente connessi con la fonte rinnovabile. Ciò consentirebbe di utilizzare meglio le fonti di energia rinnovabile allocate in aree remote. In questo caso, l'idrogeno può essere trasportato su lunga distanza attraverso gasdotti a costi inferiori rispetto alla trasmissione di energia elettrica evitando un upgrade della rete elettrica. Tale approccio assume una grande rilevanza a livello transnazionale se si considera l'elevata disponibilità di energia eolica nelle regioni del nord Europa e di energia solare nei paesi africani. In molti casi è possibile utilizzare acqua di mare per i processi di elettrolisi, desalinizzata attraverso processi di osmosi inversa, sfruttando la disponibilità e soprattutto il surplus di energia dalle fonti rinnovabili.

L'idrogeno potrebbe quindi sostituire gradualmente il gas naturale ovvero garantire una progressiva decarbonizzazione della rete gas ed essere utilizzato praticamente nelle stesse applicazioni ovvero fornire high grade heat per i processi industriali, in particolar modo quelli energivori, come acciaierie e cementifici, fornire idrogeno verde in sostituzione dell'idrogeno prodotto dal reforming del gas naturale nei processi chimici (sintesi ammoniacale, metanolo, processi di idrogenazione etc.), fornire

l'idrogeno verde per la mobilità sostenibile (heavy duty vehicles) ed alimentare sistemi CHP per applicazioni residenziali.

La disponibilità di fonti rinnovabili su scala distribuita potrebbe così contribuire alla sicurezza ed indipendenza energetica del Paese che hanno assunto un ruolo rilevante nell'ultimo periodo, e allo stesso tempo si può sfruttare la larga disponibilità di energia rinnovabile in alcune regioni attualmente poco utilizzata.

Il piano REPowerEU include misure immediate sul risparmio energetico, la diversificazione delle forniture energetiche e l'introduzione accelerata delle energie rinnovabili, nel tentativo di porre fine alle importazioni di gas russo mentre si affronta la crisi climatica. L'idrogeno verde trova ampio riscontro nel REPowerEU con l'obiettivo di raggiungere 10 Mton/yr di idrogeno prodotto internamente all'UE e 10 Mton/yr importato dall'estero, in particolare dai paesi africani particolarmente ricchi di fonti rinnovabili. Ciò si affianca alla precedente strategia sull'idrogeno avviata nel luglio del 2020 nella quale era stato indicato come obiettivo l'installazione di 40 GW nell'Unione Europea e 40 GW al di fuori dell'UE. Quindi il piano REPowerEU dell'UE guarda progressivamente a sud per trovare partner alternativi al gas russo. La nuova strategia delinea gli obiettivi a breve termine di Bruxelles per sviluppare nuove partnership con i paesi produttori di gas, nonché rafforzare la cooperazione nel settore dell'idrogeno. In particolare, l'UE è alla ricerca di partner globali per aumentare la quota di idrogeno rinnovabile nel suo mix energetico, e i paesi africani dovrebbero diventare i principali attori di questa collaborazione. Il piano REPowerEU prevede l'importazione di 10 milioni di tonnellate di idrogeno entro il 2030 possibilmente dall'Africa, sostituendo circa 18 miliardi di metri cubi di gas russo importato. L'energia rinnovabile prodotta in eccesso nel Nord-Africa potrà essere trasportata in Sicilia attraverso gasdotti dopo la conversione in idrogeno, facendo così diventare la Sicilia un hub energetico per l'idrogeno in grado di servire diversi paesi europei. Parecchi investimenti europei si stanno focalizzando su un potenziale di fonti rinnovabili del Nord-Africa di 620 GW da installare entro il 2040. Ciò coprirebbe in buona parte il fabbisogno di tali Paesi e generare un surplus annuale di 423 TWh disponibile per l'esportazione verso l'Europa, in parte attraverso idrogeno.

Le sfide che la ricerca deve affrontare in riferimento questi aspetti sono state già delineate nelle varie tematiche e riguardano in particolare l'upgrade della rete gas, metodologie precise di misura per l'immissione di gas e la concentrazione di idrogeno, lo sviluppo di membrane selettive per la separazione gas, l'incremento dell'efficienza dei processi. Il raggiungimento di obiettivi sfidanti per la conversione di energia rinnovabile in idrogeno con la relativa distribuzione non potrà essere sufficiente a sostenere la transizione su larga scala se a ciò non saranno associate tecnologie economicamente vantaggiose basate su materie prime non critiche a basso costo, largamente disponibili con un design di sistema semplice ed efficace.

IV - COMPETENZE, PARTNERSHIP E SINERGIE

I tre enti autori del presente documento hanno una riconosciuta e consolidata esperienza e competenza sulle tematiche energetiche in genere, ivi comprese tutte le tecnologie afferenti alla catena del valore dell'idrogeno.

ENEA, attraverso il Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili (TERIN) conduce studi, ricerca e sviluppo di tecnologie, metodologie, processi, prodotti e impianti prototipali con l'obiettivo di aumentare la quota di fonti di energia rinnovabili e differenziare le fonti energetiche nel medio-lungo termine riducendo le emissioni inquinanti, favorendo la decarbonizzazione energetica, aumentando l'efficienza energetica e riducendo il costo dell'energia.

Negli ultimi 10 anni l'ENEA ha partecipato a 1.120 progetti, con una percentuale media di successo del 21% nei bandi UE nel periodo 2014-2020, superiore alla media dei partecipanti italiani (13,2%)

e di quella UE (11,9%). La percentuale di successo dei progetti coordinati è del 17% (media IT 8,6%). Nel 2020, l'ENEA ha coordinato 28 progetti, pari al 17% dei 169 partecipanti, gestendo nell'ambito di tali progetti un budget complessivo di circa 74 milioni di euro.

ENEA è impegnata nelle attività di ricerca nell'ambito della Ricerca sul Sistema Elettrico Nazionale del "Progetto Integrato Idrogeno", insieme a CNR e RSE, che prevedono un impatto sul sistema elettrico nazionale. ENEA svolge il ruolo di advisor tecnico-scientifico del MASE per il PNRR idrogeno e del Ministero delle Imprese e del Made in Italy (MIMIT) per i progetti IPCEI idrogeno. Nello specifico, ENEA coordina il Piano Operativo di Ricerca (POR) sull'idrogeno verde messo a punto dall'ENEA e finanziato dal MASE con un contributo di 110 milioni di euro; ENEA, in collaborazione con CNR e RSE, avrà il compito di svolgere attività di ricerca, sviluppo e innovazione nell'intera catena del valore del vettore energetico che comprende produzione, stoccaggio, distribuzione e usi finali. ENEA partecipa al programma IPCEI Hy2Tech con il ruolo di partner indiretto/associato, assieme a FBK, con l'obiettivo di contribuire a colmare il gap tra lo sviluppo e la validazione di tecnologie innovative a scala di laboratorio e il livello di impianto pilota, supportando l'industria nella fase di prima industrializzazione.

Inoltre, l'ENEA è presente, come rappresentante per l'Italia, in numerosi organismi europei, intergovernativi, organismi di regolamentazione e iniziative internazionali volte a promuovere lo sviluppo delle nuove tecnologie energetiche, delle rinnovabili e delle tecnologie per la decarbonizzazione del sistema energetico. La partecipazione ai diversi tavoli permette un costante aggiornamento sulle roadmap emanate, i target e gli obiettivi da perseguire, a livello nazionale ed europeo:

- Clean Hydrogen Partnership, nella quale ENEA partecipa per la costruzione delle roadmap nei vari settori di sviluppo delle tecnologie dell'idrogeno e delle celle a combustibile;
- European Energy Research Alliance (EERA) in cui ENEA partecipa a diversi Joint Programme (JP). In particolare, ENEA coordina il JP su celle a combustibile e idrogeno;
- IEA TCP Hydrogen, in cui il Task 35 Renewable Hydrogen Production (di cui ENEA è delegato nazionale) dedicato alla produzione di idrogeno da rinnovabile;
- IEA TCP Advanced Fuel Cells, in cui coordina l'Annex 33 dedicato alle applicazioni stazionarie e partecipa agli Annex 32 (Celle ad ossidi solidi) e Annex 36 (Modellazione dei sistemi FC);
- Clean Hydrogen Alliance, piattaforma per l'idrogeno dell'Unione Europea che riunisce al suo interno industria, ricerca, istituzioni pubbliche e società civile;
- Mission Innovation IC 8 (Renewable and Clean Hydrogen), nel quale ENEA partecipa con propri esperti al GdL istituito presso il MiTE (che vede anche la partecipazione di membri CNR, RSE, inter alia) per rappresentare l'Italia nella Innovation Challenge sull'idrogeno, piattaforma intergovernativa che promuove la collaborazione e il coordinamento internazionale con l'obiettivo di accelerare lo sviluppo di un mercato globale dell'idrogeno, identificando e superando le principali barriere tecnologiche alla produzione, distribuzione, stoccaggio e uso dell'idrogeno su larga scala;
- Clean Hydrogen Mission, nell'ambito di Mission Innovation 2.0, coordinata da ENEA a livello nazionale con il coinvolgimento di CNR, RSE e delle imprese di settore;
- IPHE, International Partnership of Hydrogen Economy, in cui ENEA partecipa a supporto del MiTE.

Il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), vanta una lunga e comprovata esperienza di oltre 40 anni nello sviluppo di processi relativi all'idrogeno verde e alle tecnologie correlate tra cui elettrolizzatori, celle a combustibile, catalisi eterogenea, reforming, gassificazione di biomasse, fotoelettrolisi etc. L'attività di ricerca del CNR nel settore idrogeno si basa su un mix di ricerca di base e applicata, condotta attraverso un approccio multidisciplinare. Il focus riguarda l'innovazione delle tecnologie relative alla produzione, distribuzione, stoccaggio e usi finali dell'idrogeno attraverso conoscenze aggiornate nella scienza dei materiali, nelle micro e

nanotecnologie, nella scienza dei polimeri, nello sviluppo di prototipi, quali stack e reattori, e nell'ingegneria dei sistemi. Il CNR partecipa a diversi progetti di ricerca riguardanti le fuel cells, l'elettrocatalisi, l'elettrolisi dell'acqua, il power-to-fuel etc. studiando vari approcci per integrare le fonti di energia rinnovabile con la generazione elettrochimica di idrogeno e gli usi finali. In particolare, il CNR ha operato sia come coordinatore che come partner in diversi progetti finanziati dall'UE nel campo dell'elettrocatalisi, dell'elettrolisi dell'acqua e delle celle a combustibile (H20220 ANIONE, H2020 ECO2FUEL, H2020 PROMETH2, H2020 NEPTUNE, H2020 LOTERCO2.M, H2020 HPEM2GAS, FP7 ELECTROHYPEM, FP7 DURAMET, FP7 IMPACT, FP7 QUASIDRY, AUTOBRANE FP6, ecc.). Il CNR ha coordinato progetti nazionali sull'idrogeno in ambito navale e progetti incentrati sull'accoppiamento diretto di sistemi di elettrolisi con fonti di energia rinnovabile; si è occupato inoltre dello sviluppo di nuove soluzioni per elettrolisi e fuel cells, in termini di materiali e componenti dello stack, e di attività di field testing. Specifiche progettualità hanno riguardato i settori delle Hydrogen valley e della mobilità sostenibile con la dimostrazione di elettrolizzatori direttamente connessi a impianti fotovoltaici, stazioni di rifornimento e autobus a idrogeno (Progetti Mission Innovation e PON I-NEXT), lo sviluppo di sistemi integrati (PON CheapH2), le applicazioni navali (validazione delle tecnologie ad idrogeno per la nautica (progetti PON NAUSICA e PON TESEO) e power-to-gas. In quest'ultimo settore, il CNR ha coordinato i progetti europei FP7 FCH JU ELECTROHYPEM, ERANet SuperP2G e H2020 FCH JU HPEM2GAS. Quest'ultimo progetto ha riguardato la dimostrazione di un elettrolizzatore da 200 kW, con iniezione nella rete gas dell'idrogeno prodotto dall'elettrolisi alimentata da energia eolica, nell'ambito di una attività di field testing condotta in Germania. Diversi progetti di ricerca hanno riguardato lo studio dell'integrazione delle fonti di energia rinnovabile con la generazione elettrochimica di idrogeno (FIRB RINNOVA) e del suo utilizzo nelle celle a combustibile per applicazioni automobilistiche (POR H-BUS). Le attività di ricerca su sistemi combinati di produzione di calore ed elettricità e sull'integrazione tra idrogeno e batterie sono stati al centro del progetto FP7 FCH JU ONSITE. Il CNR è membro a pieno titolo di Hydrogen Europe Research e della European Energy Research Alliance (EERA).

La partecipazione della rete scientifica CNR ai Programmi Quadro di Ricerca e Innovazione dell'Unione Europea è storicamente molto attiva e porta l'ente ad attestarsi tra i primi posti a livello nazionale per progetti finanziati e mediamente in buona posizione a livello europeo. A livello complessivo secondo una statistica effettuata nel funding and tender portal [CNR European projects based on the funding programme and the role of participation, May 2019 source: Funding and Tender portal (European and international projects | Consiglio Nazionale delle Ricerche (cnr.it)], nel 2019, il CNR aveva 506 progetti finanziati nel programma H2020, 700 progetti finanziati nel programma FP7, e 25 progetti finanziati nel programma CIP. Di questi il CNR risultava beneficiario in 935, Third Party in 31 e coordinator in 287 progetti con un budget complessivo superiore ai 360 milioni di euro. Nel settore specifico dell'idrogeno verde, il CNR ha avuto negli ultimi 10 anni, circa 20 progetti europei finanziati con un success score del 25% circa. Nel campo delle tecnologie dell'idrogeno verde, negli ultimi 10 anni, sono stati coordinati dal CNR, 8 progetti europei FP7 e H2020 con un budget complessivo di circa 10 milioni di euro.

FBK (Fondazione Bruno Kessler) è organismo di ricerca e diffusione della conoscenza ai sensi della normativa europea in materia di aiuti di stato alla ricerca (2014/C 198/01). Unico Fondatore è la Provincia Autonoma di Trento che finanzia al 100% le spese della Fondazione (finanziamento equivalente all'FFO che a livello nazionale viene riconosciuto alle università), al netto delle risorse acquisite in via competitiva mediante partecipazione a bandi nazionali e internazionali e con l'esclusione delle eventuali attività commerciali e di ulteriori entrate private. Il finanziamento pubblico è nettamente prevalente e FBK svolge attività economica nel limite del 20% della propria capacità annua complessiva. Negli ultimi 10 anni, FBK, tramite il centro SE, è stata coinvolta in più

di 30 attività legate all'idrogeno. Negli ultimi anni, FBK-SE è stata attivamente coinvolta in diversi progetti relativi alla produzione e stoccaggio di idrogeno, celle a combustibile, sistemi energetici, reti e città intelligenti, calore solare.

In merito ai progetti finanziati dal programma FCH JU in H2020, FBK ha ricevuto finanziamenti pari a 1,95 M€ e ha coordinato 2 progetti (CH2P e SWITCH) oltre alla partecipazione in altre 6 progettualità, posizionandosi al secondo posto tra gli enti di ricerca nazionali per fondi ricevuti dal programma specifico.

I progetti finanziati nelle Aree del Centro SE di Materiali Avanzati e Tecnologie Idrogeno si dividono tra Commissione Europea (success rate prossimo al 50% per progetti legati all'idrogeno), Contributi Nazionali e collaborazioni dirette con il settore industriale. FBK inoltre fornisce un supporto di natura strategica per la crescita del settore idrogeno in Europa e in Italia e l'identificazione delle priorità di ricerca, in particolare all'interno delle seguenti iniziative:

- Clean Hydrogen Partnership, nella quale FBK è membro di Hydrogen Europe Research con la presenza nel Board e il ruolo di Technical Committee Leader del TC1. Hydrogen Production. Con vari ulteriori ruoli, partecipa alla costruzione delle roadmap nei vari settori di sviluppo delle tecnologie dell'idrogeno e delle celle a combustibile;
- European Energy Research Alliance (EERA) in cui FBK partecipa a diversi Joint Programme (JP). In particolare, FBK partecipa al JP su celle a combustibile e idrogeno;
- Clean Hydrogen Alliance, piattaforma per l'idrogeno dell'Unione Europea che riunisce al suo interno industria, ricerca, istituzioni pubbliche e società civile;
- H2IT, Associazione italiana dell'Idrogeno e delle Celle a Combustibile, con il ruolo di Vicepresidenza, fornisce da anni un contributo attivo allo sviluppo di documenti di natura strategica sul settore, indirizzati alle istituzioni politiche nazionali;
- IPCEI Hy2Tech: FBK partecipa con un ruolo di partner indiretto/associato, assieme ad ENEA, con l'obiettivo di costruire una infrastruttura di ricerca e innovazione che permetta l'accelerazione dello sviluppo di tecnologia per il settore industriale. FBK ha fornito supporto al MISE durante la fase di definizione della strategic value chain Europea sul tema idrogeno, preliminarmente all'avvio della fase progettuale IPCEI.

V - OBIETTIVI DELL'ACCORDO QUADRO

10. MACRO-OBIETTIVI

L'obiettivo generale dell'accordo quadro tra CNR, ENEA, FBK per l'idrogeno verde è di ottimizzare la sinergia già in essere tra i tre enti colmando alcune specifiche lacune della ricerca attraverso un'ampia collaborazione sull'intera catena del valore.

Si applicherà un approccio olistico per l'economia dell'idrogeno, realizzando una simbiosi tra enti di ricerca, industria e società affrontando principalmente i bisogni di quest'ultima.

Il focus dell'Accordo è sulla produzione, lo stoccaggio, l'utilizzo e la distribuzione di idrogeno verde ovvero di idrogeno prodotto da fonti di energia rinnovabile (FER), escludendo quindi tutte le risorse fossili. I macro-obiettivi delle attività di ricerca congiunte tra i tre enti sono di seguito delineati:

- Focalizzare l'attenzione sulla ricerca fondamentale, in particolare sulle esigenze di ricerca a bassi TRL per colmare le lacune attuali. Si tratta di sviluppare nuove tecnologie basate sull'utilizzo di materie prime non critiche (non-critical raw materials) caratterizzate da elevate prestazioni, efficienza e durata. È necessario promuovere la ricerca di frontiera per ridurre il costo dell'idrogeno al fine di rendere questo vettore energetico economicamente competitivo e per favorire lo sviluppo di tecnologie di nuova generazione, che mettano in grado le aziende del settore di riferimento di mantenere una alta competitività nel contesto internazionale e di occupare

posizioni importanti nel settore di mercato specifico e sviluppare una filiera nazionale indipendente;

- Indirizzare le attività di ricerca e sviluppo e le relative strategie alla riduzione del CAPEX e dell'OPEX per le attuali tecnologie con l'obiettivo generale di ridurre il costo dell'idrogeno prodotto (€ per kg). Questa attività è particolarmente importante e urgente in un momento di avvio di importanti investimenti nel settore idrogeno per aumentare la capacità di produzione delle tecnologie attuali;
- Implementare attività dimostrative per favorire la rapida creazione di un'infrastruttura distribuita per l'idrogeno verde. Le Hydrogen Valley rappresentano il primo nucleo di ecosistemi locali su scala regionale. In un successivo passaggio, collaborando a livello transregionale, sarà opportuno abilitare la costruzione e la realizzazione di infrastrutture più estese da un lato e più capillari dall'altro, all'interno di territori specifici;
- Promuovere la formazione, la diffusione, l'utilizzo efficace dei risultati della ricerca dei tre enti. L'obiettivo è di fornire un impatto sulla crescita del settore industriale, aumentando i livelli di occupazione e costruendo competenze di alto livello.
- Promuovere la ricerca congiunta sul riciclo di materiali e componenti, dalla culla alla tomba, quindi dal design di cella alla fine vita dei componenti, similmente a quanto in atto nel settore batterie;
- Affrontare gli aspetti normativi per la certificazione di origine dell'idrogeno da fonti rinnovabili, promuovere programmi riguardanti la tracciabilità riguardo la produzione sostenibile di idrogeno;
- Mettere a comune risorse per favorire l'accettabilità sociale delle nuove tecnologie dando rilevanza all'informazione, sottolineando l'importanza della produzione di idrogeno da fonti rinnovabili e del suo utilizzo per una decarbonizzazione globale rapida ed efficiente.

VI - STRUMENTI SPECIFICI

11. MESSA A SISTEMA DELLE DIVERSE COMPETENZE E RISORSE

I tre enti collaborano e svolgono attività di ricerca e di rappresentanza a livello nazionale, europeo ed internazionale, ormai da numerosi anni.

Sul tema dell'idrogeno, **CNR**, **ENEA** e **FBK** stanno già svolgendo un ruolo importante all'interno della filiera idrogeno nazionale ed europea, mediante collaborazioni, coordinamento e allineamento in vari ambiti:

- **CNR**, **ENEA** e **FBK** sono presenti e collaborano con ruoli attivi in organismi ed iniziative internazionali (e.g., IEA, Mission Innovation, Clean Hydrogen Alliance, Clean Hydrogen Partnership, EERA) ed in associazioni nazionali (e.g., H2IT, CONFINDUSTRIA). Nell'ambito del precedente programma Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, CNR, ENEA ed FBK hanno rappresentato più del 90% dell'attività dei centri di ricerca nazionali;
- **CNR**, **ENEA** e **FBK** già collaborano in modo sinergico con istituzioni scientifiche e stakeholder a livello nazionale e internazionale, e potrebbero contribuire a rafforzare i partenariati per la partecipazione congiunta a progetti di ricerca e sviluppo nel contesto nazionale, europeo e internazionale per le iniziative in corso o future legate all'ambito generale del Green Deal Europeo, e nello specifico alla ricerca, sviluppo e innovazione delle tecnologie della filiera dell'idrogeno;
- **CNR**, **ENEA** e **FBK** possono contribuire congiuntamente a favorire la messa in atto di progettualità di interesse strategico nazionale, tra cui la ricerca e sviluppo all'interno delle azioni previste nel PNRR, in particolare in M4C2, la progettualità Mission Innovation 2.0, con riguardo alla Clean Hydrogen Mission sulle tecnologie dell'idrogeno;

- **CNR, ENEA e FBK** rappresentano in diversi contesti una competenza strategica per favorire iniziative territoriali legate alle comunità energetiche e all'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili. Partecipano attivamente in vari ambiti Regionali per la costituzione di Hydrogen Valleys, tra cui la Sicilia, la Puglia, la Sardegna, il Lazio;
- **ENEA e CNR** hanno già svolto, attività di ricerca congiunta nell'ambito del PTR 2019-2021 della Ricerca sul Sistema Elettrico Nazionale sviluppando tecnologie innovative per la produzione di idrogeno basate su processi elettrochimici e termochimici e studiando diverse soluzioni di P2G e sistemi turbogas alimentati ad idrogeno, per la flessibilità della rete;
- nel maggio 2021, l'**ENEA** ha sottoscritto un Accordo di Programma (AdP) MiSE (MiTE)-ENEA nell'ambito dell'iniziativa internazionale Mission Innovation per attività di ricerca, anche queste condotte in collaborazione con **CNR** sul tema Idrogeno e Materiali avanzati per l'Energia;
- **ENEA ed FBK** sono partner di diversi progetti H2020, tra questi si citano: PROMETEO (*Hydrogen PROduction by MEans of solar heat and power in high TEMperature Solid Oxide Electrolysers*), INSHIP (*Integrating National research agendas on Solar Heat Industrial Processes*); **ENEA, FBK e CNR** fanno parte del Comitato Scientifico di H2IT (Associazione Italiana Idrogeno e Celle a Combustibile). ENEA, FBK e CNR hanno partecipato ai tavoli di lavoro promossi in ambito H2IT per la redazione del documento PRIORITÀ PER LO SVILUPPO DELLA FILIERA IDROGENO IN ITALIA - Strumenti di Supporto al Settore Idrogeno, pubblicato a novembre 2020.

Come emerge dalle sezioni precedenti, le tre istituzioni CNR, ENEA e FBK rappresentano una parte consistente della ricerca e innovazione sul settore idrogeno del panorama nazionale, configurando assieme un elevato livello di potenzialità di supporto della filiera nazionale, tra cui:

- Massa critica di ricercatori, tecnologi e tecnici dedicati allo sviluppo di tecnologie idrogeno, lungo tutta la filiera dalla produzione, alla logistica e accumulo, agli usi finali nei vari settori industriale, mobilità e residenziale, inclusi i sistemi e le reti energetiche;
- Competenze integrate per la valutazione sia dello sviluppo di asset strategici, che per l'identificazione degli scenari di sviluppo e dei percorsi per metterlo in atto;
- Infrastrutture integrate di laboratori in grado di fornire supporto secondo il modello one-stop-shop, dallo sviluppo di materiali e processi avanzati all'implementazione di progetti di grande scala quali le Hydrogen valleys, passando per lo sviluppo di componenti e sistemi innovativi;
- Capacità di un rapporto strutturato con il settore industriale, con l'ottica di accelerare l'adozione delle nuove tecnologie e renderle competitive nel mercato.

12. SINERGIE PER AFFRONTARE I PROGRAMMI DI RICERCA E PER COSTITUIRE MASSA CRITICA

Come conseguenza di quanto identificato nel paragrafo precedente, CNR, ENEA e FBK hanno attivato una serie di sinergie che hanno come risultato quello di:

- superare eventuali sovrapposizioni su temi specifici e rafforzare le interazioni tra i diversi gruppi di ricerca coinvolti su tematiche specifiche;
- potenziare gli aspetti di complementarità e interdisciplinarietà;
- condividere le conoscenze, competenze ed esperienze maturate in altri contesti di ricerca e sviluppo, a livello nazionale, europeo ed internazionale, per valorizzare le ricadute dei prodotti e dei risultati conseguibili nei progetti di interesse nazionale;
- attivare azioni a supporto del trasferimento tecnologico dei risultati verso le filiere industriali nazionali di settore e di indotto.

Le sinergie attivabili tra i tre enti sono relative agli strumenti e ai programmi. Nel primo contesto, CNR, ENEA e FBK estenderanno oltre il presente documento il processo di analisi delle competenze, di mappatura delle infrastrutture, sia presenti che in previsione, per costruire una relazione di

collaborazione all'interno dei temi identificati strategici. Questo processo dovrebbe aiutare sia la collaborazione sui programmi di ricerca e sviluppo delle tecnologie della prossima generazione, sia il comune coinvolgimento, laddove fattibile, nelle iniziative di sviluppo industriale e precompetitivo.

13. VALORE AGGIUNTO DI UNA CARTA DEI SERVIZI OFFERTA ALLE ISTITUZIONI, INDUSTRIA E TERRITORI

La collaborazione tra CNR, ENEA e FBK permetterà di dare un valore aggiunto al Paese, alle istituzioni, all'industria e ai territori, grazie al valore posseduto a livello aggregato e identificato dalle sezioni precedenti, oltre alla visione strategica, relativa ai macro-trend in atto a livello internazionale, che va ben oltre l'aggregazione aritmetica di spazi e competenze. Questo permetterà di essere allo stesso tempo RADAR e FARO per lo sviluppo del settore idrogeno nazionale, sia relativo a iniziative di natura industriale che iniziative territoriali.

L'Italia può giocare un ruolo fondamentale, contando su una filiera industriale e centri di ricerca di rilevanza internazionale, dove sarà chiave un chiaro indirizzo politico che sappia valorizzare le tecnologie verdi secondo il principio della neutralità tecnologica e all'interno di un'azione nazionale coordinata e integrata. CNR, ENEA e FBK promuoveranno nelle varie iniziative l'integrazione di queste competenze relative alle Università e ai Politecnici, oltre ad altri centri di Ricerca e Innovazione.

L'attuazione del percorso di costruzione di un eco-sistema ad idrogeno si colloca tra sfide di breve - medio periodo, legate allo sviluppo del settore specifico, all'attivazione di progetti pilota di scala rilevante e all'identificazione dei settori chiave dove introdurre l'uso, soprattutto tra i settori "hard to abate" nell'industria e nella mobilità pesante, e sfide di lungo periodo legate a un ruolo più ampio dell'idrogeno legato allo sviluppo di infrastrutture diffuse e al coinvolgimento di altri settori.

In questo percorso, il ruolo della ricerca e sviluppo, unito ad azioni di innovazione, risulta necessario per lo sviluppo di una filiera industriale in Italia, capace di generare conoscenza, competenze, nuove tecnologie, migliorando le performance e riducendo i costi delle attuali soluzioni, identificando priorità, e unendo gli attori principali nazionali in un partenariato coeso e organizzato.

Il ruolo fondamentale della ricerca nello sviluppo del settore idrogeno in Italia è ampiamente citato all'interno delle principali iniziative in fase di avvio per il rilancio del Paese, tra cui il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), il programma di Mission Innovation (MI) 2.0.

E' necessario sviluppare tecnologie, prodotti processi e soluzioni innovative, nonché potenziare le azioni di trasferimento tecnologico, per favorire l'affermazione nel medio-lungo periodo di un'economia a idrogeno, coniugando al meglio la capacità e l'offerta di innovazione e sviluppo proveniente dal mondo della ricerca e dell'accademia, con la domanda di innovazione e chiusura dei cicli delle filiere produttive nazionali al fine di accrescerne la competitività a livello europeo ed internazionale.

Vi è, pertanto, una chiara necessità di fornire maggiori azioni di supporto alla R&S nel settore idrogeno, prendendo in considerazione tutte le fasi dello sviluppo tecnologico (technical readiness level – TRL), a partire dalla ricerca di base indirizzata alle tecnologie a più basso TRL, procedendo con la ricerca applicata per le tecnologie con TRL intermedio, ed infine supportando le attività di innovazione per le soluzioni con TRL più elevato. Queste azioni necessitano di una sinergia tra i diversi attori distribuiti lungo le fasi di sviluppo tecnologico, che integri le attività di R&S sul territorio nazionale in maniera complementare al fine migliorare le attuali soluzioni tecnologiche in termini di prestazioni e costi, portandole rapidamente sul mercato.

Il valore aggiunto si colloca quindi in una serie di indicatori relativi a:

- miglioramento dello stato occupazionale;
- aumento degli attori industriali coinvolti dalla filiera idrogeno, tra cui "champions" oltre che PMI;
- miglioramento del posizionamento degli attori nazionali nel contesto dell'eccellenza scientifica;

- sviluppo di nuovi programmi di alta formazione per lo sviluppo delle competenze necessarie a sostenere la crescita del settore industriale;
- sviluppo di grandi progetti territoriali che permettano di aumentare il consumo di idrogeno, al contempo riducendo le emissioni carboniche, rafforzando la resilienza del sistema energetico nazionale, riducendo la dipendenza da forniture estere, configurando l'Italia come un hub idrogeno europeo.

All'interno di questo accordo, CNR, ENEA e FBK aspirano quindi a mettere in sinergia i propri asset al servizio di alcuni macro-obiettivi che fanno parte della proposta presente:

- **Sviluppare tecnologie della prossima generazione:** con le migliori competenze di ricerca e le infrastrutture dotate delle tecniche più avanzate, permettere l'avanzamento della frontiera della conoscenza e l'identificazione di tecnologie disruptive nei settori della produzione idrogeno, della gestione e accumulo, delle tecnologie di conversione e utilizzo, per configurarsi come eccellenza scientifica nel contesto internazionale
Collaborazione: con partner accademici, con stakeholder industriali interessati alle tecnologie a TRL 2 – 4.
Programmi di riferimento: ERC, EIC, PNRR MUR, Clean Hydrogen JU, Processes for Planet.
Macro sfide: Materiali critici, Tempo vita, Performance.
- **Migliorare le attuali tecnologie:** azione di supporto alla fase attuale di sviluppo tecnologico, con orizzonte di breve – medio periodo. Mira ad accelerare la competitività delle tecnologie già in fase di sviluppo industriale.
Collaborazione: con partner industriali, nella modalità del service e contracting o in partenariati di innovazione, con attivazione rapida e tempi di sviluppo relativamente brevi e l'obiettivo di fornire supporto allo sviluppo nelle fasce di TRL da 4 a 7, anche mediante strumenti di collaborazione pubblico – privato di natura innovativa (e.g., Joint innovation labs).
Programmi di riferimento: Horizon Europe, Clean Hydrogen JU, Mission Innovation 2.0, PNRR MITE, PNRR MIMS.
- **Sviluppare la capacità manifatturiera:** fornire un supporto all'ingegnerizzazione delle tecnologie industriali, allo sviluppo dei processi manifatturieri avanzati, inclusa Industria 4.0, con lo sguardo a un quadro strategico da un lato di sviluppo di asset industriali strategici, dall'altro la relazione di questi con gli scenari di sviluppo dei mercati di riferimento delle relative tecnologie.
Collaborazione: con il settore manifatturiero della componentistica e sistemi per la filiera idrogeno, con la logica di sviluppare Champions nazionali da un lato, nella forma di grandi aziende strategiche, dall'altro con l'obiettivo di coltivare un substrato di aziende lungo la supply chain, di taglia piccola e media, che permettano di costruire il substrato manifatturiero dinamico e flessibile che caratterizza la forza del sistema Italia.
Programmi di riferimento: IPCEI, Partnership Europee quali H2ZERO, ZEWT, Clean Steel, Transforming Europe's Railway System, Clean Aviation.
- **Stimolare la trasformazione ecologica ed energetica:** fornire supporto per gli asset infrastrutturali e territoriali, logistici e strategici, che permettano di calare le tecnologie in un ambito applicativo, derivando un mercato di riferimento per le stesse.
Collaborazione: in questo percorso, CNR, ENEA e FBK si mettono a disposizione di istituzioni pubbliche, territori, agenzie, oltre che a un lavoro in sinergia con l'ambito privato, per fornire supporto allo sviluppo di grandi progetti territoriali e infrastrutturali.
Programmi di riferimento: ERDF, Innovation Fund, MI2.0, PNRR MITE, PNRR MIMS, HE MISSIONS.

Queste proposte saranno dettagliate e rese specifiche e concrete all'interno della proposta di CNR, ENEA e FBK.

VII - AZIONI DA METTERE IN CAMPO

14. SVILUPPO DELLE TECNOLOGIE E DEI PROCESSI

L'utilizzo dell'idrogeno verde e pulito costituisce un passaggio cruciale per consentire la decarbonizzazione del sistema energetico e favorire il perseguimento della neutralità climatica dell'EU al 2050. Gli ambiti tecnologici afferenti alla filiera idrogeno sono numerosi e per favorirne una penetrazione omogenea e diffusa sarà necessario fornire alla comunità di sviluppatori di tecnologie strumenti utili per gestire l'ingresso nel mercato di tale vettore energetico: gli indicatori chiave di prestazione (KPI) rappresentano valori quantitativi e/o benchmark che forniscono riferimenti, linee guida e focus nelle aree di sviluppo delle tecnologie idrogeno considerate cruciali per fornire un contributo al processo della transizione energetica. A tal fine, si cita come documento di riferimento "Key Performance Indicators (Kpis) for FCH Research and Innovation, 2020 – 2030" Joint Research Programme on Fuel Cells and Hydrogen technologies (JP FCH) & Hydrogen Europe Research (HER) Research Grouping of the Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU)". Il documento riporta lo stato dell'arte ed i target di riferimento per le tecnologie chiave per nascita di un'economia dell'idrogeno (produzione di idrogeno con processi elettrochimici, termochimici, biologici e assistiti da fonte solare; tecnologie per il trasporto, distribuzione e accumulo di idrogeno, compresi e-fuel e carrier liquidi; celle a combustibile).

In tale contesto CNR, ENEA e FBK, possono fornire supporto alla filiera nazionale grazie alla loro presenza continua e strutturata in tutti gli organismi e le iniziative Europee dove si discutono e si aggiornano i KPI ed alle competenze in ambito R&D maturate da numerosi anni sul tema idrogeno. Tra gli obiettivi dell'Accordo tra i tre enti di ricerca vi è certamente quello di creare sinergia mettendo a fattor comune le diverse infrastrutture distribuite su tutto il territorio nazionale, di coordinare i numerosi laboratori per fornire supporto a partire dallo sviluppo di materiali e processi fino all'implementazione di progetti di grande scala quali le Hydrogen Valley, passando per lo sviluppo di componenti e sistemi innovativi.

15. SVILUPPO DELLA SMART SECTORIAL INTEGRATION

Con l'incremento della generazione di energia elettrica da rinnovabili, l'integrazione delle infrastrutture ad idrogeno nelle reti energetiche potrà avere un ruolo chiave nell'ottimizzazione della gestione del sistema energetico nel suo complesso. Ciò renderà necessario il ricorso a tecnologie che abilitino la gestione avanzata delle infrastrutture ad idrogeno e ne garantiscano l'interoperabilità con gli altri sistemi e reti. Al tempo stesso potenziando lo sfruttamento della flessibilità delle infrastrutture ad idrogeno si favorirà il raggiungimento di un sistema energetico integrato altamente competitivo con l'attuale sistema energetico convenzionale.

Negli ultimi anni, la ricerca nel settore dell'idrogeno si è prevalentemente focalizzata sugli aspetti tecnologici connessi alla generazione e all'accumulo del vettore; altrettanto sfidante sarà intervenire su soluzioni di smart management che abilitino l'interconnessione delle infrastrutture ad idrogeno nel sistema energetico per consentirne l'esercizio ottimale.

Il raggiungimento di tale obiettivo richiede una approfondita indagine preliminare legata alla molteplicità di utilizzi del vettore idrogeno, per ciascuna delle quali sarà richiesto lo sviluppo di soluzioni di smart management specifiche del contesto applicativo e peculiari delle funzioni erogate. L'esercizio di infrastrutture che utilizzino in maniera diretta idrogeno, anche per miscelazione con altri combustibili, richiede algoritmi di smart management completamente diversi da quelli necessari

per gestire l'utilizzo di idrogeno come stoccaggio energetico a lungo termine. Analogamente, l'erogazione di servizi ancillari alla rete richiede una programmazione diversa da quella prevista per l'integrazione delle infrastrutture ad idrogeno nel settore residenziale (es. in microreti o comunità energetiche).

16. CREAZIONE DI ECOSISTEMI IDROGENO COME NUCLEO INIZIALE PER LO SVILUPPO ED ESTENSIONE DELLA FILIERA

Numerosissimi progetti sull'idrogeno, molti finanziati dal FCH-JU nell'ambito del 7PQ e Horizon 2020, hanno consentito di sviluppare e validare negli anni singole tecnologie e soluzioni di sistema appartenenti alla filiera dell'idrogeno (produzione con elettrolizzatori di larga taglia; produzione da reforming di biogas; infrastrutture di trasporto e distribuzione; infrastrutture di alimentazione veicoli; fuel cell per produzione di potenza stazionaria, cogenerazione di potenza elettrica e calore, fuel cell per la mobilità, etc.); ma per accelerare la crescita di un mercato esteso dell'idrogeno, che va dalla diffusione degli utilizzi nel settore termico, alla mobilità ed all'industria, risulta prioritario passare attraverso la creazione di ecosistemi, identificati come Hydrogen Valley, all'interno dei quali domanda ed offerta coesistono, e nel cui contesto vengono affrontate tematiche trasversali quali la standardizzazione, la normativa e la certificazione. Gli ecosistemi rappresentano dei nuclei centrali dai quali partire per replicare infrastrutture e buone pratiche in altri ambiti applicativi.

Tali ecosistemi possono riguardare diversi ambiti geografici e/o produttivi: aree industriali, porti, aeroporti, comunità energetiche, etc.

In tale contesto la collaborazione e la sinergia tra CNR, ENEA ed FBK si identificano nell'opportunità di fornire supporto ai diversi territori (istituzioni, imprese, cittadini) grazie alla capillarità con cui centri di ricerca, laboratori, sedi ed uffici dei tre enti sono distribuiti lungo l'intero territorio nazionale, con una conoscenza approfondita delle risorse e realtà locali.

VIII - IMPATTO DESIDERATO PER L'ACCORDO QUADRO

17. BENEFICI DI NATURA STRATEGICA A SUPPORTO DEL FATTORE CRESCITA DEL PAESE ITALIA, NEL PERCORSO DALLA RICERCA ALL'INNOVAZIONE

L'obiettivo generale è sviluppare e promuovere la diffusione delle tecnologie dell'idrogeno verde mettendo a sistema competenze, laboratori ed infrastrutture dei tre enti di ricerca, perseguendo approcci multidisciplinari ed innovativi, avviando azioni comuni per diffondere, trasferire e valorizzare le attività di ricerca nei principali settori di applicazione dell'idrogeno al fine di utilizzare efficacemente questo campo per contribuire allo sviluppo tecnologico, economico e sociale del Paese Italia. Le finalità del programma riguardano la partecipazione congiunta ad attività di ricerca con l'obiettivo di progredire sostanzialmente oltre lo stato dell'arte, con lo scopo di ampliare le conoscenze nei principali settori di sviluppo dell'idrogeno, e porre le basi per una più efficace cooperazione in campo nazionale ed europeo con altri soggetti sia pubblici sia privati.

L'accordo quadro nasce da un contesto nazionale di sviluppo dell'economia dell'idrogeno di natura straordinaria per opportunità, tempi di ingaggio e meccanismi specifici, che possono al contempo far emergere anche rischi associati ad un uso non appropriato degli strumenti che sono messi a disposizione.

L'opportunità di creare un partenariato strategico tra le Parti può favorire benefici specifici quali:

- collaborazioni tecnico – scientifiche per avviare progetti solidi di ricerca e innovazione;
- creare una massa critica e una forza organizzativa capace di intervenire in maniera efficace nei vari programmi di ricerca;

- avviare modalità di intervento basate su complementarità, bilanciate e motivate negli obiettivi, che giustifichino la candidatura specifica delle Enti a supporto del processo ed identifichino le necessità e i requisiti della ricerca proposta;
- dare luogo a strategie di alto livello al fine di rispondere alle numerose iniziative nel settore idrogeno;
- supportare il Paese, e le relative istituzioni di governo, sulle opportunità di sviluppo di nuove filiere industriali e del valore, e promuovere lo sforzo della crescita;
- supportare le filiere industriali di settore e di indotto con conoscenze, competenze, servizi, per contribuire ad accrescerne la competitività sul mercato europeo ed internazionale;
- sostenere, in collaborazione con gli stakeholder industriali e le Università, percorsi di formazione “training on the job” di figure professionali nel settore dell’idrogeno.

IX - CONCLUSIONI

Lo scopo dell’Accordo Quadro tra CNR, ENEA e FBK è quello di promuovere la cooperazione tra i tre Enti per avviare una collaborazione strategica tramite la realizzazione congiunta di progettualità in aree tematiche di comune interesse, incentrate sulla produzione, stoccaggio, distribuzione ed utilizzo di idrogeno verde in diversi settori, tra cui l’industria, l’accumulo, la mobilità sostenibile, etc. Il programma è finalizzato alla salvaguardia ambientale e alla sperimentazione di nuove tecnologie, oltre che a sostenere la valorizzazione le attività di ricerca.

Attraverso questo accordo, i tre Enti danno luogo ad un partenariato strategico al fine di individuare e valutare programmi, progetti di ricerca e sviluppo, strategie e iniziative sull’idrogeno i cui contenuti, obiettivi, benefici, strumenti specifici ed impatto sono stati dettagliati nei capitoli di questa Appendice. L’Appendice delinea infatti lo stato dell’arte, identifica le criticità e le sfide tecnologiche da affrontare ed individua le priorità della ricerca e le prospettive.

Per i vari settori produzione, stoccaggio, distribuzione, usi finali etc. sono stati identificati specifici temi di sviluppo; le roadmap finalizzate al raggiungimento di obiettivi specifici saranno comunque esplicitate nei progetti di ricerca congiunti che seguiranno questo Accordo. I temi dell’accordo sono quindi trattati in questa appendice in modo generale senza delineare in modo specifico i vari *key performance indicators*. Questi saranno invece oggetto delle progettualità da implementare successivamente. Le modalità operative concernenti l’esecuzione dell’Accordo saranno definite nel dettaglio all’atto della definizione delle proposte di ricerca che nella maggior parte dei casi saranno indirizzate al raggiungimento di obiettivi specifici nell’ambito di call nazionali o internazionali o alla stipula di contratti di ricerca relativi a progetti congiunti o a convenzioni operative. L’impegno in termini di risorse umane e strumentali appositamente dedicate sarà disciplinato nei Contratti di Ricerca e/o nelle Convenzioni Operative che conterranno le indicazioni specifiche sulle attività di ricerca da svolgere, gli obiettivi da realizzare, la disciplina dei diritti della proprietà intellettuale e quella sulla riservatezza delle informazioni scambiate nell’ambito e ai fini delle attività di ricerca concordate.

La collaborazione nell’ambito dell’Accordo garantirà la messa in comune di strategie e lo sviluppo congiunto di un ecosistema di innovazione per l’idrogeno verde. Si tratta di ampliare la propria rete, sviluppare insieme le nuove tecnologie, promuovere i risultati della ricerca, allargare le prospettive e le conoscenze, e sostenere le applicazioni nel mondo reale. Al tal fine, come già menzionato, l’opportunità principale che l’accordo può veicolare riguarda la possibilità di sviluppare progetti integrati specifici di ricerca e sviluppo sull’idrogeno in grado di coprire l’intera catena del valore ed affrontare le relative implicazioni economiche, ambientali e sociali. Risulterà importante monitorare l’attuazione del programma quadro nel tempo ed eventualmente apportare modifiche per raggiungere gli obiettivi proposti e l’impatto desiderato. L’idrogeno verde è largamente considerato come una soluzione efficace per sostenere il nuovo sistema energetico fondato sulle rinnovabili e sui processi

sostenibili e quindi costituisce uno step chiave per contribuire a mitigare i cambiamenti climatici e il riscaldamento globale. Quindi è essenziale procedere su questo percorso di collaborazione sul fronte della ricerca, sperimentazione, dimostrazione e dell'innovazione.