



## Allegato 2 – Temi di ricerca

L'Università degli Studi di Genova, in qualità di leader dello Spoke 4 "Clean Hydrogen and final uses" del Programma di ricerca NEST, prevede l'attuazione di bandi a cascata per sostenere l'attività di ricerca fondamentale non disponibile presso gli Enti che partecipano al PE favorendo l'integrazione con altre Istituzioni, dove esistono eccellenze nell'ambito delle "tecnologie abilitati per la filiera dell'idrogeno" su tematiche complementari alla ricerca condotta nell'ambito dei singoli spokes.

L'obiettivo è lo sviluppo di attività di ricerca nei seguenti ambiti:

1. Innovazione per celle a combustibile a ossidi solidi
2. Innovazione per membrane per elettrolizzatori
3. Elettrocatalizzatori innovativi non PGM per FCH Technologies
4. Sviluppo di sensori per la rilevazione di impurità nell'idrogeno
5. Ricerca sperimentale sulla combustione di combustibili innovativi a zero emissioni di carbonio
6. Innovazione per lo stoccaggio di idrogeno allo stato solido
7. Sistemi di propulsione ibrida a idrogeno per veicoli speciali
8. Strumenti e metodi diagnostici trasversali per le tecnologie FCH
9. Innovazione per la produzione di idrogeno verde da biomasse
10. Innovazione per HRS (Hydrogen Refuelling Station)

al fine di gettare le basi per colmare il divario tra le tecnologie innovative su scala di laboratorio e su scala di impianti pilota, favorendone così l'evoluzione verso un futuro ambito industriale e promuovere il trasferimento tecnologico sia in termini di sviluppo di nuovi materiali, componenti e processi, sia in termini di prontezza produttiva delle tecnologie abilitanti.

L'obiettivo è quindi, anche la riduzione dei costi dei materiali, della sintesi dei processi e dei processi di assemblaggio, nonché l'aumento dell'efficienza e delle prestazioni (affidabilità, stabilità, durata) di tutte le tecnologie dell'idrogeno per la produzione, lo stoccaggio e gli usi finali sostenibili.

Il costo complessivo di ogni proposta dovrà rispettare i limiti minimi e massimi previsti dalla tabella sotto riportata e dovrà garantire lo svolgimento di tutte le attività oggetto del progetto.

Le agevolazioni sono concesse, nella forma del contributo a fondo perduto.

TEMATICA	Dotazione finanziaria	Costo minimo di ogni proposta progettuale	Costo massimo di ogni proposta progettuale	Numero Massimo progetti finanziabili
a Innovation for Solid Oxide Cells	200.000	50.000	100.000	3
b Innovation for novel membranes for electrolyzers	100.000	50.000	75.000	2
c Innovative non PGM electrocatalysts for FCH Technologies	75.000	50.000	75.000	1
d Development of sensors for the detection of impurities in hydrogen	150.000	100.000	150.000	1
e Experimental research on combustion of innovative carbon-neutral fuels	150.000	100.000	150.000	1
f Innovation for Solid State Hydrogen Storage	255.000	100.000	150.000	2
g Hydrogen hybrid propulsion system for special vehicles	300.000	200.000	300.000	1
h Cross cutting Diagnostics tools and instruments for FCH technologies	140.000	100.000	140.000	1
i Innovation for green hydrogen production from biomass	120.000	100.000	120.000	1
l Innovation for HRS	50.000	45.000	50.000	1
<b>TOTALE</b>	<b>1.540.000</b>			

## Descrizione dettagliata delle tematiche di ricerca

### Innovation for Solid Oxide Cells

WORK PACKAGE RIFERIMENTO: WP 4.1.1

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Il design, la realizzazione e l'operatività di un sistema Solid Oxide Cell che operi in modalità Fuel Cell o Electrolyzer richiedono lo sviluppo di diverse innovazioni da un punto di vista del miglioramento dei materiali (per garantire migliori performance in termini di efficienza e durabilità), del design dello stack stesso e anche dello sviluppo di componenti funzionali quali elettrodi, catalizzatori, interconnettori, coatings etc.

E' dunque importante promuovere innovazioni nell'ambito dello sviluppo e il testing di materiali e componenti, del design degli stacks, ma anche di sistemi di caratterizzazione di questi ultimi allo scopo di migliorare le performance di celle e stack e ridurre la degradazione.

In questo bando, lo SPOKE 4 NEST si aspetta di ricevere progetti di ricerca dedicati a queste

innovazioni da sviluppare e da validare tramite attività sperimentali ad hoc, eventualmente anche con test accelerati.

Le attività proposte dovranno sempre prevedere almeno tre fasi di sviluppo:

FASE 1: Una fase di analisi della sfida tecnologica affrontata, delle sue complessità e dello stato dell'arte delle tecnologie/approcci attualmente esistenti allo scopo di identificare il livello di innovazione della soluzione proposta

FASE 2: Una fase di sviluppo dell'innovazione

FASE 3: Una fase di prototipazione e testing

Qui di seguito una lista di esempi di attività (non esaustiva e non vincolante rispetto alle proposte di progetti di innovazione da proporsi nel progetto):

Sviluppo di coating innovativi da applicarsi su acciai inossidabili da utilizzarsi in condizioni operative corrispondenti a stack SOEC o SOFC, verificando la capacità di questi ultimi di impedire il fenomeno del chromium poisoning

Sviluppo di componenti funzionali con conduzione mista protonica ed anionica per celle a ossido solido ad alta temperatura "ibride-SOC" anche per applicazioni di co-elettrolisi combinata di acqua e CO<sub>2</sub>

Sviluppo di nuovi design di celle segmentate anche allo scopo di loro utilizzo come strumento per la caratterizzazione delle performance elettrochimiche e fluidodinamiche di celle ad ossidi solidi

Sviluppo di stack in grado di operare con multi-fuel o con diversi livelli di purezza dell'idrogeno

Sviluppo di celle con maggior densità di corrente grazie all'utilizzo di materiali innovativi per l'elettrolita solido o alla riduzione dello spessore di quest'ultimo (Densità di corrente di almeno 0.85 A/cm<sup>2</sup>)

Sviluppo di soluzioni innovative nel design e gestione dello stack per la riduzione della degradazione delle performance dello stesso (<1%/1,000 ore VOC);

Sviluppo di nuove celle con interconnessione integrata/collettore di corrente/elettrodo e/o celle monolitiche metal-based

Materiali innovativi di sealing a basso costo e alta durabilità di tipo metal-metal, metal-ceramic, ceramic-ceramic

Il gruppo di ricerca vincitore del progetto dovrà avere comprovata esperienza nel settore delle celle ad ossidi solidi e dei materiali avanzati per l'energia.

Si prevede durante lo sviluppo dell'attività di ricerca una valutazione di eventuali esigenze sorte nel corso del progetto stesso che possano divenire ulteriori argomenti di ricerca per futuri finanziamenti ed attività dello Spoke 4 – WP4.1

Output

- Report di fine Fase 1
- Report finale di progetto

## **Innovation for novel membranes for electrolyzers**

WORK PACKAGE RIFERIMENTO: WP 4.1.3-4.1.4

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Nell'attuale panorama scientifico e tecnologico, la necessità di sviluppare nuove membrane per la conduzione ionica in sistemi elettrochimici è sempre più pressante

E' dunque importante promuovere innovazioni nell'ambito dello sviluppo e il testing di monomeri ionicamente carichi e/o membrane basate su matrici polimeriche non fluorurate allo scopo di aumentare la durabilità delle matrici e la loro sostenibilità ambientale.

In questo bando, lo SPOKE 4 NEST si aspetta di ricevere progetti di ricerca dedicati a queste innovazioni da sviluppare e da validare tramite attività sperimentali ad hoc..

Qui di seguito una lista di esempi di attività (non esaustiva e non vincolante rispetto alle proposte di progetti di innovazione da proporsi nel bando) da considerarsi a integrazione alle attività già sviluppate in WP4.1:

Ricerca e sviluppo di monomeri ionicamente carichi che una volta polimerizzati possano risultare in strutture polimeriche intrinsecamente microporose. L'interesse potrebbe essere per lo sviluppo di gruppi ionici legati a strutture benzimidazoliche, noti per le loro eccezionali proprietà allo scopo di

di identificare e sviluppare precursori che, quando incorporati nei polimeri, conferiscano al materiale risultante caratteristiche di sterico ingombro e prestazioni ottimali per applicazioni elettrochimiche.

Ricerca e sviluppo di membrane realizzate utilizzando matrici polimeriche non fluorurate, ad esempio utilizzando gruppi funzionali basati su azoto quaternario. I polimeri dovrebbero non contenere eteroatomi in catena al fine di minimizzare i processi di degradazione puntando a trovare un compromesso ottimale tra IEC e swelling della membrana mediante l'uso di agenti reticolanti e/o matrici di rinforzo allo scopo di aumentare la durabilità delle membrane in condizioni operative (es.: KOH 1M) esplorando anche feed a maggiore diluizione.

Studi legati alla degradazione di membrane AEM "state of the art" anche grazie a test accelerati

Studio di strutture microporose delle membrane che possano portare a performance di durabilità analoga a quella della tecnologia PEM e/o maggior stabilità della membrana e/o ridotto gas cross-over.

Il gruppo di ricerca vincitore del progetto dovrà avere comprovata esperienza nel settore della tecnologia AEM, dei polimeri e dei materiali avanzati per l'energia.

Si prevede durante lo sviluppo dell'attività di ricerca una valutazione di eventuali esigenze sorte nel corso del progetto stesso che possano divenire ulteriori argomenti di ricerca per futuri finanziamenti ed attività dello Spoke 4 – WP4.1

Output

- Report di fine Fase 1
- Report finale di progetto

## **Innovative non PGM electrocatalysts for FCH Technologies**

WORK PACKAGE RIFERIMENTO: WP 4.1.4

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Nell'attuale panorama scientifico e tecnologico, la necessità di sviluppare nuovi elettrocatalizzatori senza l'utilizzo di platino è sempre più pressante sia da un punto di vista della riduzione dei costi delle tecnologie elettrochimiche legate alla produzione e utilizzo dell'idrogeno, sia alla loro sostenibilità ambientale

E' dunque importante promuovere innovazioni nell'ambito dello sviluppo e il testing di elettrocatalizzatori PGM Free.

In questo bando, lo SPOKE 4 NEST si aspetta di ricevere progetti di ricerca dedicati a queste innovazioni da sviluppare e da validare tramite attività sperimentali ad hoc.

Le attività proposte dovranno sempre prevedere almeno tre fasi di sviluppo:

FASE 1: Una fase di sintesi di elettrocatalizzatori

FASE 2: Una fase di caratterizzazione microscopica, spettroscopica ed elettrochimica degli elettrocatalizzatori

FASE 3: Una fase di integrazione e testing in una cella elettrochimica (di tipo PEM, ALK o AEM)

Qui di seguito una lista di esempi di attività (non esaustiva e non vincolante rispetto alle proposte di progetti di innovazione da proporsi nel bando) da considerarsi a integrazione alle attività già sviluppate in WP4.1:

Sviluppo di elettrocatalizzatori PGM-free mono- e bi-metallici per sistemi alcalini contenenti Ni come metallo di transizione primario e Fe o Co o Mo come secondo metallo. Questi catalizzatori potranno essere sintetizzati partendo da metallo porfirine o nanoparticelle supportate su carboni ad area superficiale e saranno soggetti a trattamenti ad alta temperatura in atmosfera controllata.

Sviluppo di catalizzatori basati su processi di pirolisi partendo da molecole organiche ricche in azoto, sali di metalli di transizione della prima riga (per esempio, Fe, Co, Mn, Cu, Ni) e un agente templante quale la silica.

Sviluppo di elettrocatalizzatori mono o bimetallici sviluppati in combinando ferro e manganese..

Il gruppo di ricerca vincitore del progetto dovrà avere comprovata esperienza nello studio di elettro-catalizzatori, della chimica avanzata e dei materiali avanzati per l'energia.

Si prevede durante lo sviluppo dell'attività di ricerca una valutazione di eventuali esigenze sorte nel corso del progetto stesso che possano divenire ulteriori argomenti di ricerca per futuri finanziamenti ed attività dello Spoke 4 – WP4.1

Output

- Report di fine Fase 1
- Report finale di progetto

## Development of sensors for the detection of impurities in hydrogen

WORK PACKAGE RIFERIMENTO: WP 4.5

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

La purificazione dell'idrogeno è un requisito fondamentale lungo tutta la catena del valore tecnologica per lo sfruttamento dello stesso. Ogni anno, circa il 6% del gas naturale mondiale e il 2% del carbone vengono utilizzati per produrre idrogeno grigio. La presenza di contaminanti può ridurre l'efficienza della produzione di idrogeno o danneggiare i catalizzatori presente nelle fuel cell che vanno ad utilizzare l'idrogeno prodotto, con conseguente avvelenamento del catalizzatore e guasto prematuro del sistema.

I contaminanti che rappresentano il pericolo maggiore per le prestazioni della produzione, della distribuzione e dei sistemi di alimentazione dell'idrogeno come le celle a combustibile o i motori a combustione interna (IC) includono:

Monossido di carbonio (CO): la CO può essere assorbita dalla superficie della cella a combustibile e impedisce la produzione di idrogeno. Il platino, riconosciuto come il miglior catalizzatore per le reazioni di ossidazione dell'idrogeno (HOR) e di riduzione dell'ossigeno (ORR) in ambienti acidi, è ampiamente utilizzato nelle celle a combustibile. La CO si legherà strettamente agli anodi di Pt, determinando una diminuzione dei siti attivi per l'assorbimento e l'ossidazione dell'idrogeno, il che riduce notevolmente le prestazioni della cella a combustibile. È stato dimostrato che la concentrazione di CO per gli anodi di Pt deve essere inferiore a 10 ppm per garantire buone prestazioni e una lunga durata delle celle a combustibile. Pertanto, esiste un'enorme richiesta di tecniche sensibili per il rilevamento della CO nell'idrogeno.

Composti di zolfo come acido solfidrico (H<sub>2</sub>S): contaminano il catalizzatore della cella a combustibile e i catalizzatori per la produzione di idrogeno. Possono anche danneggiare rapidamente e irreversibilmente i catalizzatori, causando prestazioni scadenti e l'eventuale prematura sostituzione.

Ammoniaca (NH<sub>3</sub>) - L'ammoniaca può anche avvelenare i catalizzatori e impedire la produzione di idrogeno. È stato dimostrato che livelli di ammoniaca inferiori a 2 ppm provocano la degradazione della produzione di idrogeno.

Metano CH<sub>4</sub> - Il metano può anche diluire il flusso di idrogeno gassoso. La contaminazione da metano nei processi produttivi può ridurre l'efficienza complessiva della produzione di idrogeno.

Idrocarburi aromatici - Gli idrocarburi aromatici, come i BTEX (benzene, toluene, etilbenzene e xilene) possono essere assorbiti sulla superficie del catalizzatore e bloccare o inibire la produzione di idrocarburi.

Pertanto, esiste un'enorme richiesta di tecniche sensibili per il rilevamento di impurezze in idrogeno.

Nell'ambito dello SPOKE 4 del progetto NEST (WP4.5) è prevista la realizzazione di sensori ottici per la rivelazione di impurezze in idrogeno basati su una tecnica classica legata all'assorbimento diretto, in particolare la Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy (TDLAS). Oltre a questa tecnica ve ne sono molte altre basate su assorbimento indiretto (ad es. fotoacustico) ed a cavità risonanti che potrebbero essere utilizzate per realizzare sensori di impurezze ad altissima sensibilità e risulterebbe molto interessante un confronto tra le varie tecniche per capire i punti di vantaggio o svantaggio di una tecnica rispetto alle altre e identificare la tecnica più efficace.

Oggetto quindi dell'accordo di collaborazione è lo studio, realizzazione e test di sensori di impurezza in idrogeno mediante tecniche ottiche ad assorbimento indiretto o a cavità risonante.

La proposta dovrebbe includere la realizzazione almeno di due sensori di impurezze identificati tra CO, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub> e H<sub>2</sub>S di cui uno come prototipo compatto.

Un possibile schema di progetto (non esaustivo e non vincolante rispetto alla proposta di progetti di innovazione da proporsi nel bando) dovrebbe includere:

Studio dettagliato degli spettri di assorbimento delle molecole nel vicino e medio IR di impurezze target al fine di identificare le righe spettrali in grado di ridurre le interferenze da altri gas e massimizzare la sensibilità

Realizzazione di almeno due sensori di impurezze in idrogeno tra CO, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub> e H<sub>2</sub>S con studio dettagliato delle performance e relativa calibrazione mediante miscele di gas certificati

Realizzazione di un prototipo di sensore compatto per almeno un'impurezza in idrogeno tra CO, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub> e H<sub>2</sub>S

Validazione in laboratorio del sensore compatto realizzato e studio delle performance mediante miscele di gas certificati

Il gruppo di ricerca vincitore del progetto dovrà avere comprovata esperienza nello studio di sistemi per il monitoraggio, il trattamento e la purificazione dei gas tecnici.

Si prevede durante lo sviluppo dell'attività di ricerca una valutazione di eventuali esigenze sorte nel corso del progetto stesso che possano divenire ulteriori argomenti di ricerca per futuri finanziamenti ed attività dello Spoke 4 – WP4.5

Output

- Analisi degli spettri di assorbimento delle molecole nel vicino e medio IR di impurezze target
- Realizzazione di due sensori di impurezze in idrogeno tra CO, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub> e H<sub>2</sub>S

Realizzazione di un prototipo di sensore compatto per almeno un'impurezza in idrogeno tra CO, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub> e H<sub>2</sub>S

- Validazione in laboratorio del sensore compatto

**Experimental research on combustion of innovative carbon-neutral fuels**

WORK PACKAGE RIFERIMENTO: WP 4.4

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Nell'ottica di perseguire l'obiettivo di decarbonizzazione, cruciale è l'attività nell'ambito della mobilità sostenibile. In una fase di transizione energetica possono svolgere un ruolo strategico i motori a combustione interna alimentati con i nuovi combustibili "carbon-neutral" (idrogeno, ammoniaca, e-fuel e biofuel), soprattutto nel trasporto pesante e quello marittimo.

L'uso di questi nuovi combustibili (in particolare, idrogeno e ammoniaca) nei motori a combustione interna necessita di uno studio approfondito del loro comportamento in fase di miscelamento e combustione che dipende fortemente dalle loro proprietà chimico-fisiche in termini di diffusività, velocità e temperatura di fiamma.

Uno degli obiettivi del WP4.4 è proprio quello di fornire dati sperimentali e conoscenze utili per la progettazione di nuove generazioni di motori a combustione interna con un focus specifico sul sistema di iniezione.

In questo contesto, è necessario stabilire un accordo di collaborazione per condurre attività di ricerca sperimentale per lo sviluppo e la realizzazione di un banco prova per i test di combustione in una camera a volume costante (CVC), allo scopo di studiare i processi di iniezione, accensione e combustione dei combustibili innovativi (liquidi o gassosi).

In particolare, l'attenzione sarà concentrata sullo sviluppo di un banco che possa operare a pressione e temperatura variabile dotato di caratteristiche specifiche, come la presenza di finestre in quarzo "ottico" per consentire la visualizzazione interna, attraverso camere ad alta velocità, e per l'utilizzo di tecniche di misurazione non invasive come PIV, LDA/PDA, LIF e Schlieren. Inoltre, la camera dovrà essere strumentata con sistemi per l'inserimento di iniettori intercambiabili a seconda del combustibile, una candela per sistemi ad accensione comandata, trasduttori di pressione, traduttori di temperatura, valvole di sicurezza, valvole di sovrappressione e dispositivi per il caricamento del comburente o di gas inerte.

Un possibile schema di progetto (non esaustivo e non vincolante rispetto alla proposta di progetti di innovazione da proporsi nel bando) dovrebbe includere:

Lo sviluppo di un banco prove che possa utilizzare il maggior numero tecniche di misurazione non invasive come PIV, LDA/PDA, LIF e Schlieren

La validazione del banco prove in collaborazione con i partner dello SPOKE 4 – WP4.4.

Il gruppo di ricerca vincitore del progetto dovrà avere comprovata esperienza nello studio dei processi di combustione e dei motori a combustione interna.

Si prevede durante lo sviluppo dell'attività di ricerca una valutazione di eventuali esigenze sorte nel corso del progetto stesso che possano divenire ulteriori argomenti di ricerca per futuri finanziamenti ed attività dello Spoke 4 – WP4.4

Output

- Realizzazione del banco prova
- Validazione del banco prova stesso

**Innovation for Solid State Hydrogen Storage**



## WORK PACKAGE RIFERIMENTO: WP 4.3

### Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Allo stato dell'arte le tecnologie più utilizzate per lo stoccaggio dell'idrogeno sono per lo più cilindri ad alta pressione e/o sistemi di stoccaggio in forma liquida. Questi metodi presentano diversi problemi economici, di gestione dello storage e di sicurezza. In questo senso, lo stoccaggio dell'idrogeno attraverso solid media (idruri metallici, MOF...) potrebbe risolvere parecchie sfide tecnologiche e non-tecnologiche in questo senso.

I materiali da utilizzare come solid media per lo stoccaggio di idrogeno devono avere una capacità gravimetrica e volumetrica elevata, accoppiata a una cinetica veloce di assorbimento e rilascio del gas. Inoltre, la reazione di idrogenazione reversibile dovrebbe avvenire a pressioni e temperature prossime a quelle ambientali. Queste proprietà possono essere raggiunte quando adeguate proprietà termodinamiche sono combinate con una microstruttura idonea.

In questo bando, lo SPOKE 4 NEST si aspetta di ricevere progetti di ricerca dedicati a queste innovazioni da sviluppare e da validare tramite attività sperimentali ad hoc..

L'obiettivo principale del progetto è studiare, sviluppare e validare tecnologie e approcci di design e gestione dello storage di idrogeno per facilitare l'introduzione sul mercato di sistemi di gestione e stoccaggio dell'idrogeno basati su idruri metallici (o altri solid media).

Le attività proposte dovranno sempre prevedere almeno tre fasi di sviluppo:

**FASE 1:** Una fase di analisi della sfida tecnologica affrontata, delle sue complessità e dello stato dell'arte delle tecnologie/approcci attualmente esistenti allo scopo di identificare il livello di innovazione della soluzione proposta

**FASE 2:** Una fase di sviluppo dell'innovazione

**FASE 3:** Una fase di prototipazione/validazione e testing

Qui di seguito una lista di esempi di attività (non esaustiva e non vincolante rispetto alle proposte di progetti di innovazione da proporsi nel bando) che possono essere proposte in un progetto di ricerca in questo bando anche in maniera congiunta (più attività in un singolo progetto) e che sono da considerarsi a integrazione alle attività già sviluppate in WP4.3:

Sviluppo e validazione di un sistema a batch per la compressione di idrogeno mediante metalli idruri da eventualmente accoppiarsi con cascami termici (e.g. calore di scarto industriale o proveniente da sistemi a ossidi solidi).

Sviluppo e validazione di leghe metalliche a basso costo finale, alta riciclabilità, a bassa temperatura di attivazione (e.g. TiFe integrato con Mn) per lo stoccaggio di idrogeno tramite sistemi a idruri metallici

Sviluppo e validazione di soluzioni innovative per la gestione termica del processo di carica e scarica degli idruri metallici

Sviluppo e validazione di soluzioni innovative per l'incremento della conducibilità termica degli idruri metallici e per una migliore gestione termica del processo di carica e scarica degli stessi

Sviluppo e validazione di polimeri (impermeabili all'ossigeno) che possano rivestire in modo

omogeneo (struttura a pellet) i composti intermetallici, rendendo efficace la loro attivazione e la loro gestione (anche grazie all'elasticità del polimero stesso) nei processi di assorbimento/desorbimento che avvengono all'interno di cilindri in cui i pellet sono contenuti.

Identificazione (anche grazie a sistemi di Machine Learning e analisi di Big Data di Letteratura), sviluppo e validazione di sistemi di stoccaggio MOF operanti a pressioni operative, con cinetica rapida, alta reversibilità, alta densità gravimetrica e densità di stoccaggio volumetriche superiore allo stato dell'arte delle MOF attualmente presenti in letteratura. Identificazione dei materiali e delle strutture delle MOF più promettenti in questo senso

Il gruppo di ricerca vincitore del progetto dovrà avere comprovata esperienza nel settore dello stoccaggio dell'idrogeno e dei materiali avanzati per l'energia.

Si prevede durante lo sviluppo dell'attività di ricerca una valutazione di eventuali esigenze sorte nel corso del progetto stesso che possano divenire ulteriori argomenti di ricerca per futuri finanziamenti ed attività dello Spoke 4 – WP4.3

#### Output

- Report di fine Fase 1
- Report finale di progetto

#### **Hydrogen hybrid propulsion system for special vehicles**

WORK PACKAGE RIFERIMENTO: WP 4.4

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Nell'ottica di perseguire l'obiettivo di decarbonizzazione di ecosistemi operativi, quali i porti e gli aeroporti, l'idrogeno risulta essere un vettore energetico promettente e di conseguenza una valida soluzione da inserire nella catena logistica aeroportuale cosiccome in altri contesti operativi/industriali in cui l'idrogeno potrebbe essere usato per scopi di processo locali, ma anche come combustibile per i mezzi operativi presenti in loco.

Ad esempio l'aeroporto, è particolarmente adatto alla sperimentazione ed implementazione dell'intera filiera connessa all'utilizzo dell'idrogeno, dalla produzione in sito fino al suo utilizzo. Nell'ambito aeroportuale, l'idrogeno è considerata una valida alternativa per decarbonizzare diverse applicazioni, quali: logistica e mobilità, veicoli landside/airside, quali bus interpista, mezzi di rampa, trattori per il traino degli aeromobili, cargo loader, ambulift, ecc. e mezzi di collegamento tra l'aeroporto ed il territorio circostante, come bus, treni e flotte di mezzi per il trasporto di persone e/o merci;

In questo contesto, si rende necessario attivare un accordo di collaborazione volto alla ricerca, sviluppo e alle attività prodromiche alla realizzazione di un prototipo di veicolo speciale operativo ad idrogeno di potenza 10-30 kW. In particolare, l'attività si focalizzerà sullo sviluppo di un propulsore ibrido a celle a combustibile e batterie litio-ioni, che consentiranno di svolgere le consuete operazioni di logistica in un contesto operativo da precisare in maniera puntuale: porto, interporto, aeroporto, parco industriale...

Come requisito fondamentale, il veicolo ibrido progettato dovrà garantire almeno le stesse

prestazioni, in termini di autonomia e capacità di impiego, di analoghi veicoli, oggi provvisti di motore a combustione interna alimentato da combustibile fossile, utilizzati per le medesime operazioni. L'utilizzo dell'idrogeno favorirà il raggiungimento di una buona autonomia operativa, tempi di rifornimento brevi e soprattutto zero emissioni. La presenza della batteria invece, utilizzata per soddisfare le richieste di potenza più elevate durante il funzionamento in transitorio, consentirà di realizzare il downsizing della cella a combustibile, e di ottimizzare quindi l'architettura del powertrain, sia in termini di layout che di funzionamento. Al fine di sfruttare appieno il potenziale del sistema ibrido, verranno dunque sviluppate opportune strategie di controllo, in modo da rendere quanto più possibile efficiente l'uso dell'energia immagazzinata a bordo, in funzione della particolare operazione svolta dal veicolo. La definizione della strategia di controllo ottimale terrà necessariamente conto degli aspetti legati alla vita utile dei componenti, in modo da preservarne il corretto funzionamento nel tempo, e di ridurre di conseguenza i costi legati alla manutenzione.

Il gruppo di ricerca vincitore del progetto dovrà avere comprovata esperienza nello studio di sistemi integrati celle a combustibile per veicoli di trazione.

Si prevede durante lo sviluppo dell'attività di ricerca una valutazione di eventuali esigenze sorte nel corso del progetto stesso che possano divenire ulteriori argomenti di ricerca per futuri finanziamenti ed attività dello Spoke 4 – WP4.4

#### Output

- Design preliminare del sistema di propulsione e del veicolo
- Design esecutivo del sistema di propulsione e del veicolo e sviluppo delle strategie di controllo del veicolo
- Realizzazione del sistema di propulsione ibrido prototipale (power-train) e sua validazione

#### **Cross cutting Diagnostics tools and instruments for FCH technologies**

WORK PACKAGE RIFERIMENTO: WP 4.1-4.4-4.5

#### Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Nell'ottica di aumentare l'affidabilità e allungare la vita utile di sistemi elettrochimici per la produzione e utilizzo dell'idrogeno (oltre che per lo sviluppo di tecniche per la previsione della degradazione delle performances e per i test accelerati di sistemi), l'analisi avanzata dei dati provenienti sia da campagne sperimentali che da campagne di simulazioni diventa sempre più rilevante.

In questo senso lo sviluppo di tecniche di machine learning per la modellistica, il monitoraggio e la diagnosi di elettrolizzatori e celle a combustibile diventa di fondamentale importanza sia per il design che la gestione (controllo, manutenzione, prognostica e diagnostica) ottimizzata di questi ultimi.

In questo contesto, si rende necessario attivare un accordo di collaborazione volto alla ricerca e sviluppo di tecniche e strumenti innovativi di monitoraggio, diagnostica e prognostica che, partendo da dati di precedenti campagne sperimentali e da dati di letteratura, ma anche da dati di campagne sperimentali svolte nei laboratori dei partner dello SPOKE 4 del progetto NEST, possano

permettere un miglioramento delle performance (durabilità, producibilità, CAPEX/OPEX) di sistemi elettrochimici (fuel cell ed elettrolizzatori) sia in fase di design/manufacturing che di operatività.

Scopo del progetto è dunque sviluppare tali tecniche di machine learning indirizzando specifiche sfide tecnologiche legate alla modellistica, controllo e monitoraggio e diagnostica di specifici sistemi di elettrolisi e celle a combustibile (e.g. ALK, PEM, AEM, SO).

Il gruppo di ricerca vincitore del progetto dovrà avere comprovata esperienza nello studio di sistemi integrati celle a combustibile per veicoli di trazione.

Si prevede durante lo sviluppo dell'attività di ricerca una valutazione di eventuali esigenze sorte nel corso del progetto stesso che possano divenire ulteriori argomenti di ricerca per futuri finanziamenti ed attività dello Spoke 4 – WP4.4

#### Output

- Sviluppo di tecniche di machine learning per la modellistica, il monitoraggio e la diagnosi di elettrolizzatori e celle a combustibile
- Applicazione delle tecniche sviluppate sia su elettrolizzatori che su fuel cell anche presso/congiuntamente ai laboratori dei partner dello SPOKE 4 progetto NEST

#### **Innovation for green H2 production from biomass**

WORK PACKAGE RIFERIMENTO: WP 4.2

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

In un'ottica di promuovere la produzione massiva di idrogeno verde, è fondamentale sviluppare non soltanto processi e tecnologie ottimizzate di elettrolisi, ma anche soluzioni per la produzione di idrogeno verde attraverso la valorizzazione di biomasse.

I processi di produzione di idrogeno che prevedono la valorizzazione di biomasse si dividono in

Termochimici: consentono di produrre idrogeno utilizzando energia termica (e.g. gassificazione, pirolisi, steam reforming di syngas...)

Elettrochimici: consentono di produrre idrogeno utilizzando energia elettrica (e.g. fotoelettrolisi, fotocatalisi...)

Biochimici: consentono di produrre idrogeno utilizzando organismi (e.g. biofotlisi, dark fermentation...)

Questi processi hanno tutti un elevato costo energetico e un bilancio energetico negativo ed è dunque importante studiare soluzioni innovative per il loro efficientamento energetico e la massimizzazione della resa di conversione a idrogeno: a questo scopo è importante studiare processi innovativi, soluzioni impiantistiche, materiali, catalizzatori, organismi etc.

In questo bando, lo SPOKE 4 NEST si aspetta di ricevere progetti di ricerca dedicati allo sviluppo e alla validazione sperimentale (fino a TRL 4) di soluzioni innovative.

Le attività proposte dovranno sempre prevedere almeno tre fasi di sviluppo:

FASE 1: Una fase di analisi del processo di riferimento e della sfida tecnologica affrontata, delle sue

complessità e dello stato dell'arte delle tecnologie/approcci attualmente esistenti allo scopo di identificare il livello di innovazione della soluzione proposta

FASE 2: Una fase di sviluppo dell'innovazione

FASE 3: Una fase di prototipazione/validazione e testing dei processi/soluzioni proposte

Qui di seguito una lista di esempi di attività (non esaustiva e non vincolante rispetto alle proposte di progetti di innovazione da proporsi nel bando) che possono essere proposte in un progetto di ricerca in questo bando anche in maniera congiunta (più attività in un singolo progetto) e che sono da considerarsi a integrazione alle attività già sviluppate in WP4.2:

Sistemi di (ossi-)gassificazione per la produzione di syngas ad alto contenuto di idrogeno, alimentati con biomasse in grado di non inquinare i catalizzatori del processo di gassificazione/separazione dell'idrogeno

Sviluppo e validazione di sistemi (e catalizzatori per) di water-gas-shift (WGS) innovativi per la produzione di idrogeno verde da syngas

Sviluppo e validazione di sistemi di separazione innovativi dell'idrogeno dal syngas prodotto per gasificazione

Sviluppo e validazione di sistemi fotocatalitici per la produzione di idrogeno verde da biomasse residuali/sacrificali, basati su catalizzatori innovativi (e.g. a base TiO<sub>2</sub>, anche accoppiati con carbon dots)

Sviluppo e validazione di processi per la produzione di idrogeno tramite microbial electrolysis cells (MECs)

Il gruppo di ricerca vincitore del progetto dovrà avere comprovata esperienza nel settore della produzione di idrogeno verde da biomasse e della chimica di processo.

Si prevede durante lo sviluppo dell'attività di ricerca una valutazione di eventuali esigenze sorte nel corso del progetto stesso che possano divenire ulteriori argomenti di ricerca per futuri finanziamenti ed attività dello Spoke 4 – WP4.2

Output

- Report di fine Fase 1
- Report finale di progetto

### **Innovation for HRS**

WORK PACKAGE RIFERIMENTO: WP 4.4-4.5

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Il design delle HRS (Hydrogen refuelling station) per autotrazione viene spesso considerato come "Best practice" di riferimento (anche poiché coperto da adeguato framework regolatorio) per lo sviluppo di sistemi di refuelling mobili o per veicoli differenti dalle auto, soprattutto quando si guarda alle soluzioni tecnologiche per la gestione e l'erogazione dell'idrogeno.

Allo scopo di promuovere sempre di più l'utilizzo dell'idrogeno in diversi tipi di mezzi di trasporto

(auto, camion, treni, navi, veicoli operativi...) in diversi contesti, è importante poter sviluppare sistemi di refuelling che possano essere flessibili per i diversi utenti operativi finali, ma allo stesso tempo garantire sicurezza e possibilità di integrarsi con diversi sistemi di accumulo dell'idrogeno (compresso, liquido, solid media).

In questo contesto, si rende necessario attivare un accordo di collaborazione volto alla ricerca e sviluppo di design innovativi per lo sviluppo di HRS che possano operare in contesti diversi da quello per autotrazione.

Scopo del progetto è dunque sviluppare (anche grazie a specifiche analisi regolatorie, analisi di rischio e valutazioni tecno-economiche) il design di soluzioni per il refuelling di veicoli diversi da automobili/automezzi stradali capaci di interagire con diversi sistemi di stoccaggio.

Nello specifico, le proposte progettuali dovranno realizzare:

Il design preliminare di un sistema di refuelling di tipo stazionario che miri a rifornire veicoli diversi da automobili/automezzi stradali e in grado di interagire con diversi sistemi di stoccaggio (compresso, liquido, solid media)

Il design preliminare di una HRS mobile che miri a rifornire veicoli diversi da automobili/automezzi stradali

Tali design preliminari dovranno prevedere:

- una presentazione del caso studio in esame (contesto di applicazione, metodologia di approvvigionamento dell'idrogeno, contesto regolatorio, veicoli da rifornire...)
- un dimensionamento di massima dei sistemi di rifornimento e di stoccaggio (sulla base della domanda di idrogeno ipotizzata per il caso studio in esame)
- schemi di processo delle HRS proposte
- analisi regolatoria preliminare della soluzione proposta
- analisi CAPEX/OPEX della soluzione proposta e valutazione del potenziale costo "alla pompa" dell'idrogeno

Il gruppo di ricerca vincitore del progetto dovrà avere comprovata esperienza nello studio di hydrogen refuelling station e di analisi tecnico-economiche di sistemi energetici e tecnologie FCH.

Si prevede durante lo sviluppo dell'attività di ricerca una valutazione di eventuali esigenze sorte nel corso del progetto stesso che possano divenire ulteriori argomenti di ricerca per futuri finanziamenti ed attività dello Spoke 4 – WP4.4-4.5

Output

- Presentazione dei casi studio proposti: analisi di baseline e del contesto regolatorio
- Design e analisi tecnico-economica finale

**IL RETTORE**

Prof. Federico DELFINO

*(documento firmato digitalmente)*