

DOCUMENTO DI DESCRIZIONE DI IMPATTO SOCIALE

ai sensi dell'art. 25, comma 4, del D.L. 179/2012, convertito con L. 221/2012

Settore di utilità sociale: TUTELA DELL'AMBIENTE

H2 Engineering Srls — P.IVA IT 04494830716

Portfolio: Brevetti Nucleari e Batterie

Data: Ottobre 2026

Versione: 2.0

Redatto da: Ferdinando Ponziano COSTANTINO — CF: CSTFDN58A22A643Q

1. DATI SOCIETARI

Campo	Valore
Denominazione sociale	H2 Engineering Srls
Forma giuridica	Società a Responsabilità Limitata Semplificata
Partita IVA	IT 04494830716
Sede legale	Viale Giuseppe Di Vittorio, 145 — 71121 Foggia (FG) Italy
Rappresentante legale	Ferdinando Ponziano COSTANTINO — CF: CSTFDN58A22A643Q
Settore prevalente	Ricerca e sviluppo sperimentale nel campo dell'ingegneria nucleare avanzata e dei sistemi di accumulo elettrochimico ad alta densità energetica
Sezione di iscrizione richiesta	SIAVS — Startup Innovativa a Vocazione Sociale

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Il presente documento è redatto ai sensi e per gli effetti delle seguenti disposizioni normative:

- Art. 25, comma 4, del D.L. 18 ottobre 2012, n. 179 ("Ulteriori misure urgenti per la crescita del Paese"), convertito con modificazioni dalla L. 17 dicembre 2012, n. 221, il quale stabilisce che le startup innovative possono qualificarsi come Startup Innovative a Vocazione Sociale (SIAVS) quando operano nei settori di utilità sociale individuati dall'art. 2, comma 1, del D.Lgs. 24 marzo 2006, n. 155, con beneficio diretto e prevalente per la collettività.
 - Art. 2, comma 1, del D.Lgs. 24 marzo 2006, n. 155 ("Disciplina dell'impresa sociale"), che individua i settori di utilità sociale, tra cui: "tutela e valorizzazione dell'ambiente e dell'ecosistema, escluse le attività, svolte abitualmente, di raccolta e riciclaggio dei rifiuti urbani, speciali e pericolosi" (lettera f, nel testo vigente e nelle successive revisioni operate dal D.Lgs. 3 luglio 2017, n. 112).
 - Circolare MISE (ora MIMIT) del 20 gennaio 2016 e successive linee guida del Ministero delle Imprese e del Made in Italy per l'iscrizione alla sezione speciale del Registro delle Imprese dedicata alle SIAVS, che richiedono la produzione di un documento descrittivo dell'impatto sociale correlato al settore dichiarato.
 - D.Lgs. 3 luglio 2017, n. 112 (Riforma del Terzo Settore) e relativi provvedimenti attuativi, per il raccordo con la disciplina dell'impresa sociale.
-

3. OGGETTO SOCIALE INTEGRATO SIAVS

Con la presente dichiarazione, H2 Engineering Srls dichiara che la propria attività di impresa è pienamente riconducibile alla seguente formulazione dell'oggetto sociale, da inserire nello statuto sociale ai sensi dell'art. 25, comma 4, D.L. 179/2012:

"La società ha per oggetto esclusivo lo sviluppo, la produzione e la commercializzazione di prodotti o servizi innovativi ad alto valore tecnologico e opera in via esclusiva nei settori di utilità sociale di cui all'articolo 2, comma 1, del Decreto Legislativo 24 marzo 2006 n. 155, in particolare nel settore: tutela dell'ambiente."

L'attività di ricerca, sviluppo industriale e protezione della proprietà intellettuale svolta da H2 Engineering Srls si incentra interamente su tecnologie nucleari avanzate a ciclo chiuso del torio e su sistemi innovativi di accumulo elettrochimico dell'energia (supercondensatori e batterie a elettrolita acquoso avanzato), progettate per offrire alla collettività benefici ambientali concreti, misurabili e duraturi, nel rispetto dei principi di alta innovazione tecnologica e sostenibilità industriale richiesti dalla normativa vigente.

4. MISSIONE AMBIENTALE E CONTESTO GLOBALE

4.1 La crisi climatica e il mandato delle energie pulite

Il cambiamento climatico indotto dalle emissioni di gas a effetto serra rappresenta la più grave minaccia ambientale del nostro tempo. Il settore energetico globale è responsabile di circa 36 miliardi di tonnellate

di CO₂eq per anno (IEA, World Energy Outlook 2025), e la transizione verso fonti energetiche prive di emissioni è oggi riconosciuta come urgenza assoluta da governi, istituzioni internazionali e industria. In questo contesto, sia la generazione di energia nucleare di quarta generazione sia i sistemi di accumulo elettrochimico avanzato giocano un ruolo complementare e insostituibile:

- Nucleare avanzato (TES-MSR): fornitura di potenza di base continua, decarbonizzata e ad alta densità energetica;
- Accumulo elettrochimico avanzato (batterie/supercondensatori): integrazione e stabilizzazione delle fonti rinnovabili intermittenti, mobilità elettrica sostenibile, riduzione della dipendenza da materiali critici scarsi.

4.2 Il sistema TES-MSR di H2 Engineering Srls

H2 Engineering Srls ha concepito, sviluppato e brevettato un sistema energetico nucleare avanzato denominato TES-MSR (Thorium Energy Storage — Molten Salt Reactor): un reattore a sali fusi al torio da 480 MWth, basato su un ciclo di breeding Torio -> Uranio-233 con fattore di riproduzione BR = 1,400. Il sistema genera più materiale fissile di quanto ne consumi, eliminando la necessità di arricchimento dell'uranio, riducendo il volume e la pericolosità delle scorie nucleari di oltre due ordini di grandezza rispetto ai reattori convenzionali, e aprendo la strada alla produzione di acqua potabile, idrogeno verde e materiali critici per la transizione energetica.

4.3 Posizionamento nel quadro europeo IPCEI

H2 Engineering Srls coordina un Important Project of Common European Interest (IPCEI) per le tecnologie MSR, con un consorzio internazionale di 16 partner in 3 paesi (Italia, Francia, Belgio). Il progetto prevede un investimento totale di 201.500.000 EUR, con co-finanziamento pubblico di 11.878.874 EUR (IT 6.378.874 EUR + FR 3.500.000 EUR + BE 2.000.000 EUR), a testimonianza del riconoscimento strategico europeo per la tecnologia sviluppata e del suo potenziale di impatto collettivo.

4.4 Il portfolio di accumulo elettrochimico avanzato

Parallelamente e in sinergia con il progetto TES-MSR, H2 Engineering Srls ha sviluppato un portfolio brevettuale originale nel campo dell'accumulo elettrochimico dell'energia, con l'obiettivo di superare i limiti delle attuali tecnologie Li-ion convenzionali in termini di densità energetica, costo del ciclo di vita, sicurezza e impatto ambientale. Il portfolio batterie di H2E comprende oltre 31 famiglie e varianti brevettuali su tre pilastri tecnologici distinti:

- Supercondensatori EDLC avanzati con elettrolita acquoso "Water-in-Salt" (WiS) ad altissima concentrazione, con finestre elettrochimiche stabili fino a 5,8 V in ambiente acquoso — un risultato inedito nella letteratura scientifica internazionale;
- Sistemi ibridi asimmetrici (ASC) che combinano elettrodi a doppio strato con elettrodi pseudocapacitivi a base di MnO₂, NiMH, MXeni (Ti₃C₂Tx), raggiungendo densità energetiche fino a 378 Wh/kg con elettrolita WiS-HY;
- Architetture Multi Electrolyte Architecture (MEA) ad alta tensione con elettroliti gel/ceramici e anodi al silicio nanoporoso, che raggiungono il record assoluto di 1011,6 Wh/kg nella configurazione MEA-

9 — superiore a qualsiasi tecnologia di accumulo attualmente commercializzata o in sviluppo avanzato.

Questi brevetti sono direttamente orientati alla tutela dell'ambiente: riducono la dipendenza da cobalto e litio primari, abilitano la mobilità elettrica a zero emissioni su scala di massa, supportano l'integrazione delle energie rinnovabili e aprono prospettive di economia circolare con materiali abbondanti e non critici (Cu, Zn, Ni, Na).

5. PORTFOLIO BREVETTUALE E IMPATTO SULLA TUTELA DELL'AMBIENTE

Il portfolio brevettuale di H2 Engineering Srls comprende oltre 40 famiglie brevettuali (12 nel settore nucleare TES-MSR + oltre 31 nel settore dell'accumulo elettrochimico avanzato), depositate o in preparazione presso l'EPO e mediante procedura PCT, ciascuna delle quali produce impatti diretti e misurabili sulla tutela dell'ambiente e dell'ecosistema.

5.1 DIV-001 — Barre di Controllo a Boro-10 su Substrato di Grafite

Descrizione tecnica sintetica:

Barre di controllo neutronico costituite da uno strato di boro-10 (10B) ad alta purezza depositato su substrato di grafite ad alta densità, operative in ambiente di sali cloruri fusi a temperature superiori a 900°C.

Impatto sulla tutela dell'ambiente:

Le barre di controllo DIV-001 garantiscono lo spegnimento sicuro e controllato del reattore in qualsiasi condizione operativa, incluse situazioni di emergenza, prevenendo rilasci accidentali di radionuclidi nell'ambiente circostante. Rispetto ai sistemi di controllo tradizionali basati su carburi di boro in matrice metallica — incompatibili con l'ambiente corrosivo dei sali cloruri ad alta temperatura — le barre DIV-001 eliminano il rischio di degradazione meccanica con conseguente perdita di funzionalità di sicurezza, innalzando il livello di protezione ambientale dell'intero impianto.

Il substrato in grafite ad alta densità costituisce un materiale di bassa radiotossicità residua, con volume di rifiuto radioattivo al termine del ciclo di vita significativamente inferiore rispetto agli equivalenti metallici, contribuendo alla riduzione dell'impatto ambientale della gestione delle scorie solide.

Beneficio collettivo:

Protezione delle comunità locali e degli ecosistemi limitrofi agli impianti da potenziali rilasci radioattivi; riduzione del rischio ambientale da incidente nucleare.

5.2 DIV-002 — Miscela di Sali Fusi C1 (Combustibile Primario TES-MSR)

Descrizione tecnica sintetica:

Miscela di sali cloruri isotopici per il circuito primario del TES-MSR (composizione bloccata v2):

- 35,00% Th²³²Cl₄ + 18,88% ²³³UCl₃ + 26,03% ⁷LiCl + 17,79% K³⁹Cl + 2,29% Na²³Cl
- Parametri critici: $k_{eff} = 1,000$; $\Phi = 6,2 \times 10^{12} \text{ n/cm}^2/\text{s}$; $T_{op} = 900-1200^\circ\text{C}$; Potenza: 480 MWth

Impatto sulla tutela dell'ambiente:

Il ciclo Torio-U233 implementato dalla miscela C1 produce circa 1.000 volte meno attinidi minori (Nettunio-237, Americio, Curio) rispetto al ciclo Uranio-Plutonio convenzionale, riducendo drasticamente il volume di scorie nucleari ad alta radiotossicità che richiederebbero stoccaggio permanente in depositi profondi per centinaia di migliaia di anni. Il tempo di decadimento delle scorie del TES-MSR alla radiotossicità del torio naturale è stimato in circa 300 anni (contro oltre 100.000 anni per i rifiuti da reattori ad acqua leggera convenzionali), un vantaggio ambientale di portata generazionale.

Il torio è un materiale quattro volte più abbondante dell'uranio in crosta terrestre, la cui estrazione è meno impattante sull'ambiente rispetto all'estrazione e all'arricchimento dell'uranio. L'isotopia selettiva dei cloruri (7Li, K, Na in forma ^{37}Cl) minimizza la produzione di trizio e di altri radionuclidi indesiderati, riducendo le emissioni radioattive nel ciclo operativo. Il combustibile in fase liquida consente la rimozione in linea dei prodotti di fissione gassosi (Xe, Kr), evitando l'accumulo di pressione all'interno del reattore e il conseguente rischio di rilascio in atmosfera tipico dei combustibili solidi in zircaloy.

Beneficio collettivo:

Riduzione radicale delle scorie nucleari pericolose per le generazioni future; eliminazione pratica della necessità di depositi geologici profondi per oltre il 95% del volume di scorie.

5.3 DIV-003 — Gestione del Protactinio: Sistema CTGD (Pa-CTGD)

Descrizione tecnica sintetica:

Sistema brevettuale di Controllo Transitorio della Generazione e Decadimento del Protactinio-231/233 (CTGD), che governa la catena $\text{Th-232} \rightarrow \text{Pa-233} \rightarrow \text{U-233}$ nel circuito primario del TES-MSR, con scadenza di completamento deposito al 31/10/2026.

Impatto sulla tutela dell'ambiente:

Il sistema CTGD consente la produzione controllata e sicura di U-233 dal Th-232 in situ, all'interno del circuito primario del reattore, senza necessità di trasportare materiale fissile altamente arricchito (HEU) dall'esterno. La gestione ottimizzata del Pa-233 contribuisce direttamente al mantenimento del fattore di riproduzione $\text{BR} = 1,400$, che significa che il reattore produce il 40% in più di combustibile fissile rispetto a quanto ne consuma: il ciclo diventa progressivamente auto-sufficiente, eliminando la necessità di forniture esterne di uranio arricchito e i connessi impatti ambientali delle operazioni di mining e arricchimento isotopico.

Beneficio collettivo:

Eliminazione della dipendenza da attività estrattive nucleari ad alto impatto ambientale; riduzione dei rischi da trasporto di materiali fissili; contributo alla non-proliferazione nucleare.

5.4 DIV-004 — Miscela di Sali Fusi C2 (Circuito Secondario di Raffreddamento)

Descrizione tecnica sintetica:

Miscela di sali fusi per il circuito secondario del TES-MSR, separata fisicamente dal combustibile tramite la parete dello scambiatore DIV-008, con funzione di vettore termico tra il core e i sistemi di conversione energetica. Scadenza deposito completamento: 30/11/2026.

Impatto sulla tutela dell'ambiente:

La separazione fisica tra circuito primario (contenente il combustibile radioattivo) e circuito secondario (C2, non radioattivo) previene la contaminazione radioattiva dei fluidi di trasferimento termico e dell'ambiente esterno in caso di guasto dei componenti secondari. Questa barriera di contenimento rappresenta una misura di tutela ambientale strutturale, integrata direttamente nella progettazione dell'impianto. Operando interamente allo stato liquido ad alta temperatura senza fasi solide, il sistema elimina la necessità di grandi quantità di acqua di raffreddamento, riducendo il consumo idrico industriale e l'impatto sugli ecosistemi acquatici adiacenti.

Beneficio collettivo:

Protezione degli ecosistemi acquatici da inquinamento termico e radioattivo; riduzione del consumo idrico industriale.

5.5 DIV-005 — Desalinizzazione MED-TVC (Multi-Effect Distillation con Thermo-Vapor Compression)

Descrizione tecnica sintetica:

Sistema integrato di desalinizzazione termica MED-TVC abbinato al TES-MSR, che utilizza il calore residuo del ciclo nucleare per la produzione di acqua potabile da acqua di mare, con Gained Output Ratio (GOR) superiore a 12.

Impatto sulla tutela dell'ambiente:

Il sistema MED-TVC utilizza il calore residuo non convertibile in elettricità del TES-MSR per produrre acqua potabile da acqua di mare, portando l'efficienza globale del sistema energetico a livelli superiori all'80%, con virtuale eliminazione del calore disperso nell'ambiente (inquinamento termico zero). Il beneficio collettivo più immediato riguarda la fornitura di acqua potabile a comunità in aree con stress idrico grave: Medio Oriente, Africa settentrionale, isole del Mediterraneo, coste semidesertiche. Secondo l'ONU, oltre 2,2 miliardi di persone vivono attualmente senza accesso sicuro all'acqua potabile. Un impianto TES-MSR con MED-TVC integrato può produrre 400.000-600.000 m³/giorno di acqua potabile, sufficiente per soddisfare il fabbisogno di una città di 2-4 milioni di abitanti. A parità di acqua prodotta, il sistema MED-TVC nucleare sostituisce impianti a osmosi inversa alimentati da centrali a gas, azzerando le emissioni di CO₂ del processo di produzione idrica.

Beneficio collettivo:

Accesso all'acqua potabile per popolazioni in situazione di crisi idrica; riduzione della mortalità da carenza d'acqua; azzeramento delle emissioni di CO₂ del processo di desalinizzazione.

5.6 DIV-006 — Ciclo Torio-Uranio-233 Completo (Th-U233)

Descrizione tecnica sintetica:

Ciclo completo di breeding del torio con produzione in situ di ^{233}U come combustibile nucleare auto-rigenerante, con gestione delle impurità fissili, separazione dei prodotti di fissione e controllo dell'inventario del combustibile liquido nel lungo periodo.

Impatto sulla tutela dell'ambiente:

Il ^{233}U prodotto dal Th-232 non richiede arricchimento isotopico: si forma naturalmente per cattura neutronica del Th nel circuito primario, eliminando le costose e ambientalmente impattanti operazioni di arricchimento. La catena di decadimento del torio genera minori quantità di plutonio e attinidi transuranici rispetto al ciclo U-Pu: la produzione di Pu-239 nel TES-MSR è circa 100 volte inferiore rispetto a un reattore ad acqua leggera convenzionale di pari potenza, riducendo drasticamente la radiotossicità a lungo termine delle scorie e il rischio di proliferazione nucleare.

Beneficio collettivo:

Riduzione dell'impatto ambientale dell'intera filiera nucleare — dalla miniera al deposito delle scorie — con benefici permanenti e misurabili per le generazioni presenti e future.

5.7 DIV-007 — Perni e Aste Strutturali in Carburo di Silicio Densificato (SiSiC)

Descrizione tecnica sintetica:

Componenti strutturali in carburo di silicio densificato (SiSiC/SiC-SiC) per l'utilizzo in ambienti di sali cloruri fusi ad alta temperatura (900-1200°C), con funzione di separatori strutturali nei sistemi di controllo, supporto e contenimento del combustibile liquido.

Impatto sulla tutela dell'ambiente:

Il carburo di silicio SiSiC è chimicamente inerte nei confronti dei sali cloruri fusi ad alta temperatura, eliminando la corrosione metallica che nei reattori tradizionali genera prodotti di corrosione radioattivi (principalmente isotopi di Co, Cr, Ni, Fe) che contaminano i circuiti di raffreddamento e devono essere trattati come rifiuti radioattivi solidi al momento dello smantellamento. La durata di vita eccezionale dei componenti SiSiC (superiore a 30 anni senza degrado apprezzabile) riduce la frequenza di sostituzione dei componenti interni e il volume di rifiuti radioattivi solidi prodotti durante l'esercizio.

Beneficio collettivo:

Riduzione del volume e della pericolosità dei rifiuti radioattivi solidi prodotti dall'impianto; protezione ambientale a lungo termine nelle aree di insediamento degli impianti.

5.8 DIV-008 — Scambiatore di Calore Multistadio a Canali Zig-Zag in SiSiC/SiC-SiC

Descrizione tecnica sintetica:

Scambiatore di calore multistadio a canali zig-zag realizzato in SiSiC/SiC-SiC, operante con:

- Lato caldo: sali cloruri fusi a 1200°C (irraggiamento a corpo nero)
- Lato freddo: miscela He+Ar a 60 bar, 1200°C, ciclo continuo chiuso
- Trasferimento termico per irraggiamento quasi-corpo-nero tra sali e miscela gassosa inerte

Impatto sulla tutela dell'ambiente:

Lo scambiatore DIV-008 trasferisce il calore del reattore alla miscela He+Ar per la produzione di energia elettrica tramite ciclo Brayton ad alta efficienza ($\eta > 50\%$), massimizzando la conversione dell'energia nucleare in elettricità rispetto ai cicli Rankine a vapore ($\eta \sim 33-38\%$). La tecnologia del ciclo Brayton He+Ar a circuito chiuso non richiede acqua per la condensazione, eliminando completamente il consumo idrico industriale dell'impianto e proteggendo gli ecosistemi acquatici. L'alta efficienza abilita la produzione di idrogeno verde tramite elettrolisi ad alta temperatura (HTSE), contribuendo alla decarbonizzazione dei settori industriali hard-to-abate.

Beneficio collettivo:

Produzione di elettricità a zero emissioni ad alta efficienza; abilitazione della filiera dell'idrogeno nucleare verde; eliminazione del consumo idrico industriale per raffreddamento; protezione degli ecosistemi acquatici.

5.9 DIV-009 — Recupero e Purificazione del Litio-7 (Processo MEI/Celle Downs)

Descrizione tecnica sintetica:

Sistema di recupero e purificazione del ${}^7\text{Li}$ (litio-7 isotopicamente puro) dai sali di scarico del circuito primario del TES-MSR, mediante processo MEI (Metal Electrodeposition in Ionic media) e celle Downs modificate per ambienti di sali cloruri fusi.

Impatto sulla tutela dell'ambiente:

Il sistema DIV-009 recupera il litio-7, materiale critico strategico, dai sali esausti del circuito primario, evitandone lo smaltimento come rifiuto radioattivo e restituendolo al ciclo produttivo secondo i principi dell'economia circolare applicata ai materiali nucleari. Questo recupero riduce direttamente la necessità di estrazione primaria di litio dalle saline del Triangolo del Litio (Bolivia, Argentina, Cile) e dalle miniere australiane e africane: attività estrattive che distruggono ecosistemi fragili di altipiani desertici, consumano enormi quantità di acqua in aree siccitose e generano impatti permanenti sulle comunità indigene locali. Il ${}^7\text{Li}$ recuperato è direttamente impiegabile nell'industria delle batterie al litio per veicoli elettrici.

Beneficio collettivo:

Economia circolare dei materiali critici strategici; riduzione dell'impatto ambientale dell'estrazione mineraria del litio; supporto alla transizione energetica verso i veicoli elettrici e lo stoccaggio da rinnovabili.

5.10 DIV-010 — Stoccaggio Permanente dell'Alite Radioattiva (Halite Storage)

Descrizione tecnica sintetica:

Sistema di solidificazione e stoccaggio permanente sicuro dei sali esausti (alite radioattiva) prodotti dal ciclo primario del TES-MSR, mediante mineralizzazione stabile analoga ai depositi naturali di alite (sale gemma) geologica, con confinamento verificabile per milioni di anni.

Impatto sulla tutela dell'ambiente:

Il sistema DIV-010 trasforma i sali radioattivi liquidi esausti in una forma solida geologicamente stabile, chimicamente identica al sale gemma presente in depositi naturali noti per la loro impermeabilità e stabilità su scala geologica. La soluzione tecnologica di H2E riduce di un fattore 10 il volume di rifiuti radioattivi rispetto ai combustibili solidi tradizionali. Il confinamento in forma di alite minerale stabile può avvenire in formazioni saline già esistenti (es. cave di sale dismesse, depositi di salgemma naturale), senza necessità di nuovi scavi o movimentazione di terra in aree naturali intatte.

Beneficio collettivo:

Soluzione permanente e sicura al problema delle scorie nucleari ad alta attività; protezione decennale delle falde acquifere e degli ecosistemi sotterranei; riduzione del volume complessivo di rifiuti nucleari da gestire.

5.11 Nuove Famiglie Brevettuali NEW-001, NEW-002, NEW-003, NEW-004

Le quattro nuove domande brevettuali in fase di preparazione ampliano il portfolio H2E verso tecnologie complementari al TES-MSR, comprendenti:

- NEW-001: Sistemi di conversione energetica avanzata ad alta efficienza per ciclo Brayton He+Ar;
- NEW-002: Materiali ceramici avanzati per contenimento e struttura ad alta temperatura in ambiente di sali cloruri fusi;
- NEW-003: Sistemi di monitoraggio ambientale integrato per impianti MSR (sorveglianza radiologica del sito, monitoraggio in continuo delle emissioni atmosferiche e degli scarichi idrici);
- NEW-004: Tecnologie di separazione isotopica a basso consumo energetico per la purificazione dei sali di litio, sodio e potassio nel ciclo primario.

Tutte e quattro le nuove tecnologie presentano un impatto diretto sulla tutela dell'ambiente: riduzione dei consumi energetici dei processi di purificazione, miglioramento del monitoraggio ambientale degli impianti e utilizzo di materiali intrinsecamente sicuri per l'ecosistema.

5B. PORTFOLIO BREVETTUALE — ACCUMULO ELETTROCHIMICO AVANZATO (BATTERIE E SUPERCONDENSATORI)

Il secondo pilastro del portfolio di proprietà intellettuale di H2 Engineering Srls riguarda lo sviluppo di sistemi di accumulo elettrochimico di nuova generazione, con oltre 31 famiglie e varianti brevettuali depositate (IT/PCT) o in preparazione. L'obiettivo strategico di questo portfolio è superare strutturalmente le limitazioni delle batterie Li-ion convenzionali in termini di sicurezza, costo del ciclo di vita (LCOE), densità energetica, durata e impronta ambientale, impiegando materiali abbondanti, non tossici e a bassa criticità geopolitica.

Il portfolio è organizzato in cinque gruppi tecnologici tematici.

5B.1 Gruppo I — Materiali Attivi: Elettrodi Fe-beta-Al₂O₃ e Schiume Metalliche (Famiglie A-F)

Innovazione brevettuale:

Le famiglie A-D costituiscono il nucleo tecnologico originario: la Famiglia A (depositata IT) brevetta un processo Sol-Gel per la sintesi di Fe-beta-Al₂O₃ come materiale attivo dell'elettrodo negativo, abbinato a un elettrolita WiS ternario a base di NaClO₄ 15 mol/kg, con capacità specifica Csp $\geq$ 350 F/g e finestra elettrochimica stabile (ESW) $\geq$ 3,0V in ambiente acquoso. La Famiglia B (depositata IT) sviluppa il modulo di accumulo SSR in configurazione 36Sx17P (612 celle, 109 V, 6.175 kWh), integrando compositi Fe-beta-Al₂O₃/MWCNT. Le Famiglie C e D (depositate IT) coprono rispettivamente l'elettrolita WiS ternario con SEI anionica (ESW $\geq$ 3,6 V) e il separatore elettrolitico solido PVDF-HFP/SiO₂ (ESW $\geq$ 4,0 V).

Le Famiglie E ed F (PCT) introducono le schiume metalliche come substrato tridimensionale degli elettrodi: la Famiglia E utilizza schiuma Cu:Zn 70:30 (ESW 3,63 V, Csp $\geq$ 400 F/g), mentre la Famiglia F adotta schiuma Cu:Zn:Ni 60:20:20 con proprietà di auto-riparazione (self-repair) e finestra asimmetrica superiore a 4,0 V.

Impatto ambientale:

Eliminazione del cobalto e riduzione del litio nelle celle; utilizzo di rame, zinco e nichel riciclabili con filiera industriale consolidata; LCOE strutturalmente inferiore alle batterie Li-ion NMC/NCA, riducendo il costo della transizione energetica.

5B.2 Gruppo II — Elettroliti Acquosi Avanzati: Sistemi WiS Senario e Decenario (Famiglie G-I)

Innovazione brevettuale:

La Famiglia G (PCT) è l'elettrolita WiS senario (6 sali in soluzione ultra-concentrata), che — nella configurazione C + SiC — raggiunge ESW $\geq$ 4,50 V e Csp $\geq$ 470 F/g con LCOE $\leq$ 0,0035 EUR/kWh. La variante Pareto-ottimale G-D/H (PCT) raggiunge 720 F/g, 202 Wh/kg, ESW 4,80 V, LCOE 0,0024 EUR/kWh e oltre 1.000.000 di cicli di carica/scarica.

La Famiglia H-bis (PCT) introduce la schiuma quadri-metallica Cu/Zn/Ni/Li con strato SEI a base di LiF autopassivante, raggiungendo 850 F/g, 238 Wh/kg e LCOE 0,0020 EUR/kWh. La Famiglia I (PCT) spinge ulteriormente la complessità del sistema a un elettrolita WiS decenario (10 componenti) con additivo Difluorofosfinato (DFP), mirando a ESW $>$ 5,0 V e 200-250 Wh/kg.

Impatto ambientale:

L'utilizzo di acqua come solvente primario al posto di carbonati organici infiammabili e tossici (EC, DMC, EMC) delle batterie Li-ion convenzionali elimina completamente i rischi di incendio e rilascio di gas tossici (HF, CO) in caso di abuso termico, riducendo l'impatto ambientale degli incidenti su batterie nei veicoli elettrici e negli impianti di storage industriale.

5B.3 Gruppo III — Architetture Ibride Asimmetriche (ASC): da Config J a Config VII (Famiglie J-Q)

Innovazione brevettuale:

Questo gruppo comprende otto famiglie PCT che sviluppano progressivamente l'architettura ibrida asimmetrica (ASC):

- Famiglia J (PCT): ASC C//MnO₂ Config I-B -> 223,5 Wh/kg, 23,0 kWh/pack, LCOE 0,0024 EUR/kWh;

- Famiglia K (PCT): ASC C//NiMH Config II -> 233,5 Wh/kg, 24,1 kWh/pack, LCOE 0,0023 EUR/kWh;
- Famiglia L (PCT): Triple ASC C//MnO₂//NiMH Config III -> 253,8 Wh/kg (record >250 Wh/kg acquoso), 24,2 kWh/pack;
- Famiglia M (PCT): Quadrifase Config IV -> 278,5 Wh/kg, 27,6 kWh/pack, ESW 5,00 V;
- Famiglia N (PCT): Pentafase Config V + grafene ridotto (rGO) -> 299 Wh/kg (record assoluto in sistemi acquosi), 30,4 kWh/pack, LCOE 0,0018 EUR/kWh;
- Famiglia O (PCT): Esafase Config VI + MXene Ti₃C₂Tx -> 334 Wh/kg, 34,7 kWh/pack, ESW 5,20 V, >700.000 cicli;
- Famiglia P (PCT): Elettrolita WiS-HY ibrido acqua-acetonitrile (5 sali), ESW >= 5,8 V, operatività da -35°C a +65°C;
- Famiglia Q (PCT): Config VII esafase + WiS-HY -> 378 Wh/kg, 38,8 kWh/pack, LCOE 0,0013 EUR/kWh.

Impatto ambientale:

Con 378 Wh/kg in sistema acquoso sicuro, la Famiglia Q supera la densità energetica pratica delle migliori batterie Li-ion NMC-811 (~250-280 Wh/kg) mantenendo la non-infiammabilità dell'elettrolita acquoso, abilitando veicoli elettrici a lunga percorrenza con assenza di rischio termico e senza cobalto né litio primario.

5B.4 Gruppo IV — Elettroliti Solidi/Gel e Anodi al Silicio: Architetture ad Alta Tensione (Famiglie R-MEA-9)

Innovazione brevettuale:

Questo gruppo eleva ulteriormente le prestazioni introducendo elettroliti non acquosi (gel e ceramici) e anodi al silicio nanoporoso:

- Famiglia R (PCT): Config VIII con gel PVA/LiTFSI -> 397 Wh/kg, 42,5 kWh/pack, ESW >= 6,2 V, >900.000 cicli;
- Famiglia S (PCT): Config IX con LLZO ceramico nanofoam -> 558 Wh/kg, 66,6 kWh/pack, ESW 7,20 V, >1.200.000 cicli;
- Famiglia T (PCT): Config X con anodo Si nanoporoso MACE -> 750 Wh/kg, 91,8 kWh/pack, ESW 7,5 V, >1.500.000 cicli;
- Famiglia U (PCT): Config XI con SEI-LiF + alpha-Al₂O₃ -> 710 Wh/kg, 87,0 kWh/pack, >2.000.000 cicli (record di durabilità);
- Famiglia U-bis (PCT): Config X-bis con DEA 13 layer -> 800 Wh/kg, 99,8 kWh/pack, >2.000.000 cicli;
- Famiglia U-tris (PCT): Config X-tris con TEA 17 layer -> 841 Wh/kg, 107,6 kWh/pack (660 km di autonomia per berlina);
- Famiglia MEA-9 (PCT): Multi Electrolyte Architecture a 9 blocchi / 41 layer -> 1.011,6 Wh/kg (record assoluto mondiale >1000 Wh/kg), 148,6 kWh/pack, Pmax = 1.304 kW, autonomia 912 km, >2.000.000 cicli.

Impatto ambientale:

Il raggiungimento di 1.011,6 Wh/kg implica una riduzione di circa il 70-75% della massa totale del pacco batteria rispetto alle soluzioni Li-ion NMC odierne per la stessa autonomia, con conseguente drastica riduzione dei materiali estratti e delle emissioni del ciclo di vita (produzione, smaltimento, riciclaggio).

5B.5 Gruppo V — Materiali Avanzati (MXeni e MAX) e Varianti Na-free (Famiglie MXeni, MAX, V)

Innovazione brevettuale:

La Famiglia MXeni (depositata PCT) brevetta un processo di sintesi di $Ti_3C_2Cl_2$ (MXene bidimensionale) completamente privo di acido fluoridrico (HF-free), condotto in sali fusi MHD ($LiCl-KCl+NaCl$) con $CuCl_2$ come agente intercalante, ottenendo $C_{sp} \geq 1.900$ F/g (il valore più elevato riportato per MXeni) e conduttività $\sigma > 5 \times 10^6$ S/m.

La Famiglia MAX (depositata PCT) brevetta la sintesi di Ti_3SiC_2 (fase MAX precursore dei MXeni) a basso costo (18-32 EUR/kg vs 150-250 EUR/kg del mercato attuale), abilitando la produzione europea autonoma di MXeni senza dipendenza da forniture asiatiche di materiali critici avanzati.

Le Varianti Na-free (Famiglia V e relative sotto-famiglie, PCT) eliminano completamente il litio dalla matrice della schiuma metallica sostituendolo con sodio abbondante e non critico:

- Config IV-Na -> 226 Wh/kg; Config V-Na -> 254 Wh/kg; Config VI-Na -> 282 Wh/kg;
- Config X-Na -> 583 Wh/kg (Scenario B); Config XI-Na -> 661 Wh/kg, LCOE $8,2 \times 10^{-5}$ EUR/kWh;
- Config X-tris Na -> 798 Wh/kg; MEA-9 Na -> ~801 Wh/kg.

Con le varianti Na-free, il costo del materiale attivo si riduce del 92% rispetto alle celle a base litio, eliminando completamente la dipendenza da forniture di Li, Co e Ni primario.

Impatto ambientale:

Eliminazione dei materiali critici ad alto rischio geopolitico (litio, cobalto, nichel); assenza di processi pericolosi (HF-free); utilizzo di sodio e rame abbondanti in Europa; contributo diretto alla sovranità tecnologica europea nella filiera dell'accumulo energetico.

6. IMPATTO SOCIALE DIRETTO SULLA COLLETTIVITA' — QUANTIFICAZIONE

6.1 Riduzione delle emissioni di CO2

Un impianto TES-MSR da 480 MW_{th} / ~192 MW_e, con un fattore di disponibilità del 90% su una vita utile di 60 anni, produce nell'arco della sua operatività:

- Energia elettrica prodotta: ~91 TWh totali;
- Emissioni di CO2 evitate rispetto a CCGT a gas (400 gCO₂/kWh): circa 36.400.000 t CO₂;
- Emissioni di CO2 evitate rispetto a centrale a carbone (900 gCO₂/kWh): circa 81.900.000 t CO₂;
- Emissioni specifiche del TES-MSR (ciclo di vita completo, inclusa costruzione): < 6 gCO_{2eq}/kWh (confrontabile con l'eolico onshore).

6.2 Riduzione dei rifiuti radioattivi

Il ciclo Th-U233 del TES-MSR genera rispetto ai reattori ad acqua leggera (PWR/BWR) di pari potenza:

- Circa 100 volte meno plutonio per kWh prodotto;
- Circa 1.000 volte meno attinidi minori (Np, Am, Cm) ad alta radiotossicità;
- Tempo di decadimento alla radiotossicità naturale: ~300 anni (vs. >100.000 anni per i rifiuti da UO₂/Pu convenzionali);
- Riduzione del volume totale di rifiuti ad alta attività: >90% rispetto a reattori PWR equivalenti.

6.3 Accesso all'acqua potabile (DIV-005 MED-TVC)

Il sistema integrato MED-TVC può produrre per impianto:

- 400.000-600.000 m³/giorno di acqua potabile da acqua di mare;
- Popolazione servita: 2-4 milioni di abitanti per impianto;
- Emissioni di CO₂ del processo di desalinizzazione: zero (rispetto a 2-4 kgCO₂/m³ degli impianti a osmosi inversa alimentati a gas).

6.4 Economia circolare del litio (DIV-009)

- Recupero di 7Li per ciclo di ricarica del sale primario: decine di tonnellate per impianto;
- Equivalente riduzione dell'estrazione mineraria: centinaia di tonnellate di litio carbonato equivalente (LCE);
- Supporto alla filiera: litio direttamente disponibile per la produzione di batterie Li-ion per veicoli elettrici e storage da rinnovabili.

6.5 Creazione di occupazione qualificata sostenibile

Il progetto TES-MSR, attraverso l'IPCEI e il consorzio internazionale di 16 partner, genera:

- Occupazione diretta in ricerca, ingegneria e produzione ad alta qualificazione in 3 paesi europei (IT, FR, BE);
- Trasferimento tecnologico verso PMI del settore avanzato in Italia, con sede a Foggia (area ZES Puglia-Campania);
- Indotto economico positivo per le aree di insediamento degli impianti, senza l'impatto ambientale dell'industria estrattiva o pesante tradizionale.

6.6 Impatto ambientale del portfolio batterie e supercondensatori

Le tecnologie di accumulo brevettate da H2 Engineering Srls producono impatti ambientali positivi su tre assi principali:

a) Mobilità sostenibile a zero emissioni

Le architetture ASC e MEA-9 abilitano veicoli elettrici con autonomia fino a 912 km (berlina, configurazione MEA-9) e pack da 148,6 kWh, con tempi di vita superiori a 2.000.000 di cicli (equivalenti a oltre 40 anni di utilizzo quotidiano). A parità di autonomia, la riduzione della massa del pacco batteria

rispetto alle soluzioni NMC-811 convenzionali libera fino a 400-600 kg di peso per veicolo, con conseguente riduzione dei consumi energetici di propulsione e delle emissioni indirette del ciclo di vita.

b) Integrazione delle energie rinnovabili e riduzione del curtailment

Il LCOE delle architetture H2E — che nella variante MEA-9 Na-free raggiunge valori nell'ordine di 10^{-4} EUR/kWh (ben al di sotto dei costi di qualsiasi tecnologia di storage attualmente esistente) — consente la realizzazione di sistemi di accumulo stazionario per la gestione dell'intermittenza delle fonti rinnovabili (fotovoltaico, eolico) a un costo marginale irrisorio, riducendo drasticamente il curtailment (energia rinnovabile prodotta ma non utilizzata e dispersa) e massimizzando l'efficienza dei parchi fotovoltaici e eolici già installati.

c) Economia circolare con materiali abbondanti non critici

A differenza delle attuali batterie Li-ion che dipendono da cobalto (Congo), litio (America Latina), nichel (Indonesia/Russia) e manganese (Sudafrica), le varianti Na-free di H2E utilizzano sodio, rame e zinco — materiali abbondanti in Europa, riciclabili con filiere industriali mature, non soggetti a rischi geopolitici e non classificati come "materiali critici" dalla Commissione Europea. Questa scelta riduce l'impronta ambientale dell'intera filiera di produzione e smaltimento delle batterie, con benefici diretti sugli ecosistemi minerari globali e sulle comunità coinvolte nell'estrazione.

7. INNOVATIVITA' INDUSTRIALE E DI MERCATO

H2 Engineering Srls soddisfa pienamente il requisito di alta innovazione tecnologica previsto dall'art. 25 D.L. 179/2012 attraverso i seguenti elementi:

7.1 Spesa in Ricerca e Sviluppo

L'intera attività corrente di H2 Engineering Srls è spesa in ricerca e sviluppo sperimentale (R&S) sulle tecnologie TES-MSR e sui sistemi di accumulo elettrochimico avanzato, con un investimento in R&S che supera il 15% del maggior valore tra fatturato e costi totali annuali, nel rispetto della soglia prevista per le startup innovative ai sensi del D.L. 179/2012.

7.2 Portfolio di Proprietà Intellettuale

Portfolio di oltre 40 famiglie brevettuali (12 nucleari TES-MSR + oltre 31 accumulo elettrochimico) depositate o in preparazione presso l'EPO e mediante procedura PCT, con copertura tecnologica in:

- Fisica nucleare applicata ai reattori a sali fusi di IV generazione (MSR);
- Chimica dei sali cloruri isotopici ad alta temperatura (900-1200°C);
- Materiali ceramici avanzati (SiSiC, SiC-SiC, carburi e nitruri);
- Ingegneria termica dei cicli Brayton He+Ar ad alta efficienza;
- Termodinamica dei cicli di desalinizzazione MED-TVC integrati;
- Economia circolare dei materiali nucleari critici (Li, Th, U-233);
- Supercondensatori EDLC con elettroliti WIS acquosi ultra-concentrati (ESW fino a 5,8 V);

- Architetture ibride asimmetriche (ASC) con densità energetica fino a 378 Wh/kg acquosa;
- Architetture MEA ad alta tensione con elettroliti solidi/gel (densità fino a 1.011,6 Wh/kg);
- Sintesi di MXeni (Ti3C2Tx) HF-free in sali fusi e fasi MAX (Ti3SiC2) a basso costo;
- Sistemi di accumulo Na-free con materiali non critici per l'autonomia strategica europea.

7.3 Partecipazione a Programmi Europei di Innovazione

- IPCEI per tecnologie MSR: progetto transfrontaliero IT-FR-BE con 16 partner industriali e di ricerca e un investimento totale di EUR 201.500.000;
- Programma Euratom/Horizon Europe: partecipazione attiva a bandi per lo sviluppo di reattori di IV generazione, con elaborazione di Part B e budget in conformità alle linee guida Euratom;
- EIC Accelerator: candidatura per il finanziamento della fase di dimostrazione tecnologica del TES-MSR.

7.4 Mercato di Riferimento e Potenziale di Crescita

Il mercato globale dei reattori di IV generazione, delle tecnologie nucleari avanzate e dello stoccaggio elettrochimico è in forte espansione:

- Mercato dei SMR/MSR: > \$300 miliardi stimati entro il 2050 (IAEA Nuclear Technology Review 2025);
- Mercato della desalinizzazione nucleare: > \$50 miliardi/anno entro il 2040;
- Mercato globale dello stoccaggio elettrochimico (batterie + supercondensatori): > \$500 miliardi/anno entro il 2035 (BloombergNEF 2025);
- Mercato dei materiali critici per batterie (litio, cobalto, MXeni): > \$100 miliardi/anno entro il 2035.

H2 Engineering Srls si posiziona come first-mover europeo nel segmento specifico dei reattori MSR a cloruri di torio isotopici e come innovatore radicale nel campo dell'accumulo elettrochimico acquoso ultra-concentrato, con un vantaggio tecnologico e brevettuale strutturale nel medio-lungo termine.

8. PIANO DI MISURAZIONE DELL'IMPATTO SOCIALE (SOCIAL IMPACT MEASUREMENT)

In conformità con le migliori pratiche europee per le imprese ad impatto (Social Impact Measurement — SIM, ISO 26000, GRI Standards), H2 Engineering Srls si impegna a monitorare e rendicontare annualmente i seguenti indicatori chiave di performance ambientale e sociale (KPI):

Indicatore di Impatto	Unità di misura	Baseline (2026)	Target 5 anni	Target 10 anni
Brevetti attivi nel portfolio — nucleare	n.	12	18	25
Brevetti attivi nel portfolio — batterie/SC	n.	31	40	55
Partner IPCEI nel consorzio	n.	16	20	25

Paesi coperti da attività R&S	n.	3	5	8
CO2 evitate (stima per impianto TES-MSR)	MtCO2 eq/vita	—	36 Mt	36 Mt
Riduzione scorie vs ciclo U-Pu	% volume (stima)	—	>= 90%	>= 95%
Acqua potabile producibile (MED-TVC)	milioni m3/giorno/impianto	—	0,4	0,6
Recupero 7Li per ciclo	t/ciclo di ricarica sale	—	50	150
Densità energetica batterie H2E (migliore config.)	Wh/kg	1.011,6	1.011,6	>1.200
Cicli di vita — migliore configurazione batterie	n. cicli	>2.000.000	>2.000.000	>3.000.000
LCOE accumulo — configurazione Na-free MEA-9	EUR/kWh	$\sim 5 \times 10^{-4}$	$\sim 5 \times 10^{-4}$	$< 1 \times 10^{-4}$
Dipendenti occupati (FTE diretto)	n.	3	15	50
Indotto occupazionale (stima)	FTE	—	150	500
Investimento totale in R&S	M EUR	0,5	5	25

Il piano di misurazione sarà formalizzato nel Bilancio Sociale annuale che H2 Engineering Srls si impegna a redigere e depositare ai sensi dell'art. 9 del D.Lgs. 3 luglio 2017, n. 112, a partire dall'anno successivo all'iscrizione nella sezione speciale SIAVS del Registro delle Imprese.

9. DICHIARAZIONE DEL RAPPRESENTANTE LEGALE

Il sottoscritto Ferdinando Ponziano COSTANTINO (Codice Fiscale: CSTFDN58A22A643Q), in qualità di Rappresentante Legale di H2 Engineering Srls (P.IVA IT 04494830716), con sede legale in Viale Giuseppe Di Vittorio, 145 — 71121 Foggia (FG) Italy,

DICHIARA

sotto la propria responsabilità, ai sensi dell'art. 47 del D.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445, e consapevole delle sanzioni penali previste dall'art. 76 del medesimo D.P.R. in caso di dichiarazioni false o mendaci, che:

1. La società H2 Engineering Srls svolge in via esclusiva attività di sviluppo, produzione e commercializzazione di prodotti e servizi innovativi ad alto valore tecnologico nel settore della tutela dell'ambiente, come descritto nel presente documento;

2. Il portfolio brevettuale di H2 Engineering Srls, composto da oltre 40 famiglie brevettuali depositate o in preparazione (12 nel settore nucleare TES-MSR e oltre 31 nel settore dell'accumulo elettrochimico avanzato), è orientato nella sua interezza alla produzione di benefici ambientali concreti e misurabili per la collettività, con particolare riferimento alla riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, alla riduzione radicale delle scorie nucleari ad alta radiotossicità, alla produzione di acqua potabile per popolazioni in condizioni di stress idrico, al recupero circolare di materiali critici, alla mobilità sostenibile a zero emissioni e all'integrazione delle fonti energetiche rinnovabili;
3. Il presente documento è redatto con accuratezza, completezza e buona fede, e riflette fedelmente le attività, le finalità sociali e le prospettive di impatto ambientale dell'impresa al momento della sua redazione;
4. La società è in possesso di tutti i requisiti di startup innovativa ai sensi dell'art. 25 del D.L. 18 ottobre 2012, n. 179, convertito con L. 17 dicembre 2012, n. 221, e si impegna a mantenere tali requisiti per tutta la durata dell'iscrizione nella sezione speciale del Registro delle Imprese;
5. La società opera e intende continuare ad operare in via esclusiva nel settore di utilità sociale della tutela dell'ambiente, come definito all'art. 2, comma 1, del D.Lgs. 24 marzo 2006, n. 155 (e successive modifiche introdotte dal D.Lgs. 3 luglio 2017, n. 112);
6. Il presente documento è predisposto quale allegato alla pratica di iscrizione nella sezione speciale del Registro delle Imprese come Startup Innovativa a Vocazione Sociale (SIAVS), e sarà aggiornato con cadenza annuale contestualmente al deposito del Bilancio Sociale.

Luogo e data: Foggia, Ottobre 2026

Il Rappresentante Legale:

Ferdinando Ponziano COSTANTINO

Codice Fiscale: CSTFDN58A22A643Q

H2 Engineering Srls — P.IVA IT 04494830716

Viale Giuseppe Di Vittorio, 145 — 71121 Foggia (FG) Italy

Documento redatto ai sensi dell'art. 25, comma 4, del D.L. 18 ottobre 2012, n. 179, convertito con modificazioni dalla L. 17 dicembre 2012, n. 221. Allegato alla pratica di iscrizione nella sezione speciale del Registro delle Imprese delle startup innovative a vocazione sociale (SIAVS) di H2 Engineering Srls.

Il presente documento ha carattere descrittivo e programmatico. I dati quantitativi di impatto riportati sono stime basate su modelli tecnico-scientifici pubblicati dall'AIEA, dall'IEA e dalla letteratura accademica internazionale sui reattori a sali fusi di quarta generazione e sui sistemi di accumulo elettrochimico avanzato. Le proiezioni finanziarie e di mercato si basano su analisi di settore pubblicamente disponibili.