

**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA  
RELATIVI ALLA REALIZZAZIONE DEL "COLLEGAMENTO FERROVIARIO ALGHERO CENTRO –  
ALGHERO AEROPORTO, CON IMPIANTO DI PRODUZIONE DI IDROGENO"**

CUP: F11B21007070001 - CIG: 9527950911



**DOCUMENTAZIONE TECNICA ALLEGATA ALLA DOMANDA AIA**

**SCHEDA 2 - ALLEGATO 2a**

**Relazione tecnica dei processi produttivi**

Rev.	Descrizione	Nome		Data
A	Emissione	Redatto	D. Persia	16/04/2024
		Verificato	M. Fia	16/04/2024
		Approvato	N. Sbarigia	16/04/2024
		Autorizzato	P. Marchetti	16/04/2024
B		Redatto		
		Verificato		
		Approvato		
		Autorizzato		
C		Redatto		
		Verificato		
		Approvato		
		Autorizzato		
D		Redatto		
		Verificato		
		Approvato		
		Autorizzato		
E		Redatto		
		Verificato		
		Approvato		
		Autorizzato		

## INDICE

<b>1.</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>7</b>
<b>2.</b>	<b>DESCRIZIONE GENERALE</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>RIDUZIONE EMISSIONI CO<sub>2</sub></b>	<b>10</b>
<b>4.</b>	<b>FABBISOGNO IDRICO</b>	<b>11</b>
<b>5.</b>	<b>APPROVIGGIONAMENTO ELETTRICO E CONSUMI ENERGETICI</b>	<b>15</b>
<b>5.1</b>	<b>APPROVIGGIONAMENTO ELETTRICO</b>	<b>15</b>
<b>5.2</b>	<b>CONSUMI ENERGETICI</b>	<b>17</b>
<b>6.</b>	<b>PRODUZIONE IDROGENO</b>	<b>18</b>
<b>6.1</b>	<b>ELETTROLIZZATORE E SISTEMI AUSILIARI</b>	<b>18</b>
6.1.1	OSSIGENO PRODOTTO	21
6.1.2	PUREZZA DEI PRODOTTI DI ELETTROLISI	21
<b>6.2</b>	<b>SERBATOIO BUFFER DI IDROGENO</b>	<b>23</b>
<b>7.</b>	<b>STOCCAGGIO IDROGENO</b>	<b>23</b>
<b>7.1</b>	<b>GRUPPO DI COMPRESSIONE</b>	<b>23</b>
<b>7.2</b>	<b>STOCCAGGIO AD ALTA PRESSIONE</b>	<b>25</b>
7.2.1	PRIORITY PANEL	27
<b>8.</b>	<b>DISTRIBUZIONE IDROGENO</b>	<b>27</b>
<b>8.1</b>	<b>UNITÀ DI CHILLING</b>	<b>27</b>
<b>8.2</b>	<b>DISPENSER DI H<sub>2</sub></b>	<b>28</b>
<b>9.</b>	<b>SCARICO REFLUI</b>	<b>29</b>
<b>9.1</b>	<b>RIGETTATO DELLA PACKAGE ELETTROLITICA</b>	<b>29</b>
<b>9.2</b>	<b>SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE</b>	<b>31</b>
<b>10.</b>	<b>CONSUMO MATERIE PRIME</b>	<b>32</b>
<b>11.</b>	<b>SFIATI ALL'ATMOSFERA</b>	<b>33</b>
<b>12.</b>	<b>RIFIUTI</b>	<b>34</b>
<b>13.</b>	<b>RUMORE</b>	<b>35</b>
<b>14.</b>	<b>TRAFFICO INDOTTO</b>	<b>35</b>
<b>15.</b>	<b>IMPIANTI ELETTRICI</b>	<b>35</b>
<b>15.1</b>	<b>CONFIGURAZIONE DELL'IMPIANTO ELETTRICO</b>	<b>35</b>
15.1.1	CABINA ELETTRICA "CONSEGNA ENEL"	35

15.1.2	CABINA ELETTRICA “IMPIANTO IDROGENO”	36
<b>15.2</b>	<b>COMPONENTI PRINCIPALI DELL’IMPIANTO ELETTRICO</b>	<b>36</b>
15.2.1	QUADRI ELETTRICI DI MEDIA TENSIONE	37
15.2.2	QUADRI ELETTRICI DI BASSA TENSIONE	41
15.2.3	CAVI	42
15.2.4	MONITORAGGIO ENERGETICO	42
<b>16.</b>	<b>SISTEMA DI CONTROLLO, TELECOM E STRUMENTAZIONE</b>	<b>43</b>
<b>16.1</b>	<b>SISTEMA INTEGRATO DI CONTROLLO E SICUREZZA (ICSS)</b>	<b>43</b>
16.1.1	OVERVIEW DI FUNZIONAMENTO	43
<b>16.2</b>	<b>TECNOLOGIA DEL SISTEMA DCS</b>	<b>45</b>
16.2.1	FUNZIONI DEL DCS	45
16.2.2	REQUISITI DI SEGREGAZIONE DCS	46
<b>16.3</b>	<b>SISTEMA DI SICUREZZA (ESD E F&amp;G)</b>	<b>46</b>
16.3.1	TECNOLOGIA DEI SISTEMI ESD E F&G	46
16.3.2	FUNZIONI DEI SISTEMI ESD E F&G	47
16.3.3	REQUISITI DI RIDONDANZA ESD & F&G	48
16.3.4	REQUISITI DI SEGREGAZIONE ESD & F&G	48
<b>16.4</b>	<b>INTERFACCIA DI SUPERVISIONE (HMI)</b>	<b>48</b>
<b>16.5</b>	<b>PACKAGE</b>	<b>49</b>
<b>16.6</b>	<b>TELECOM SYSTEM</b>	<b>49</b>
16.6.1	CCTV SYSTEM: TV A CIRCUITO CHIUSO	50
16.6.2	ACS: SISTEMA DI CONTROLLO ACCESSI	50
16.6.3	PAGA SYSTEM: SISTEMA DI DIFFUSIONE SONORA	50
16.6.4	IP TELEPHONE: SISTEMA TELEFONICO CON PROTOCOLLO IP	51
16.6.5	LAN SYSTEM: SISTEMA RETE DATI LOCALI	51
<b>17.</b>	<b>SICUREZZA D’IMPIANTO</b>	<b>51</b>
<b>17.1</b>	<b>ACCESSO ALL’AREA</b>	<b>51</b>
<b>17.2</b>	<b>DISPOSITIVI DI INTERCETTAZIONE E SCARICO DELL’IMPIANTO</b>	<b>51</b>
<b>17.3</b>	<b>SISTEMA DI EMERGENZA</b>	<b>52</b>
<b>17.4</b>	<b>PREVENZIONE DI FORMAZIONE MISCELE ESPLOSIVE</b>	<b>53</b>

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1. Planimetria area impianto di produzione idrogeno e impianto fotovoltaico	8
Figura 2. Schema semplificato dell'impianto di produzione, compressione, stoccaggio e distribuzione Idrogeno	9
Figura 3. Produzione di energia da Impianto fotovoltaico per kWp installato	15
Figura 4. Esempio di package completa per elettrolizzatore di taglia 2 MW	21
Figura 5. Caratteristiche chimiche dell'Idrogeno prodotto secondo specifica ISO 14687:2019	22
Figura 6. Esempio di compressore per Idrogeno	25
Figura 7. Esempio di rack per stoccaggio stazionario di Idrogeno a 520 barg	27

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1. Caratteristiche 01-V-01	11
Tabella 2. Proprietà chimico fisiche acqua potabile "Alghero e Borgate"	12
Tabella 3. Caratteristiche 01-P-01 A/B	13
Tabella 4. Caratteristiche 01-PK-01/02	19
Tabella 5. Caratteristiche 02-V-01	23
Tabella 6. Caratteristiche 02-PK-01/02	24
Tabella 7. Caratteristiche 03-PK-01	26
Tabella 8. Caratteristiche 03-PK-02 A/B	28
Tabella 9. Caratteristiche 03-D-03/04	29
Tabella 10. Caratteristiche 03-D-01/02	29
Tabella 11. Probabili proprietà chimico fisiche del Rigettato osmotico	30
Tabella 12. Materie prime consumate dall'impianto di produzione e distribuzione idrogeno	32
Tabella 13. Rifiuti prodotti dall'impianto di produzione e distribuzione idrogeno	34
Tabella 14. Caratteristiche Quadri elettrici MT	37

## 1. PREMESSA

ARST, seguendo gli indirizzi della Regione Sardegna, ha da tempo avviato un processo di riqualificazione della rete ferroviaria isolata non interconnessa puntando a sviluppare la rete, in termini di manutenzione e potenziamento dell'infrastruttura ferroviaria, e ad integrarla con le altre infrastrutture di trasporto in un'ottica multimodale, con l'obiettivo di migliorare l'accessibilità complessiva del sistema di trasporto regionale e di offrire una struttura di reti e servizi integrati. dell'accessibilità e dell'interconnessione passeggeri con porti e aeroporti sono stati oggetto di studi approfonditi in passato.

Tra questi, uno studio specialistico commissionato da Ferrovie della Sardegna (FdS) (oggi ARST S.p.A.), redatto nel 2001, avente ad oggetto "Studio di fattibilità per la riqualificazione funzionale della linea ferrata Sassari-Alghero delle Ferrovie della Sardegna", ha analizzato le potenzialità di riqualificazione funzionale della linea ferroviaria Sassari-Alghero con ipotesi di scenari di sviluppo dell'interconnessione con l'aeroporto di Alghero.

Nell'ambito del progetto di riassetto e sviluppo dei collegamenti tra le città di Sassari e Alghero e le zone limitrofe, lo studio aveva individuato sei scenari di sviluppo, progressivamente più completi, per le linee di comunicazione su ferro della zona. La Regione Sardegna aveva presentato nel mese di Dicembre 2020 una proposta per collegare le città di Alghero e di Sassari con l'aeroporto di Fertilia con una diramazione dalla linea ferroviaria esistente, corrispondente allo scenario individuato nello studio di cui sopra con la dicitura "Scenario 5", che prevedeva un collegamento ferroviario tra la stazione ferroviaria di Mamuntanas, lungo la linea Sassari Alghero, e l'Aeroporto di Alghero consentendo il facile raggiungimento dello scalo da entrambe le città di Sassari e Alghero.

A seguito della assegnazione del finanziamento tra RAS e ARST S.p.A. è stata stipulata la Convenzione 2/6428 del 15/03/2022 - Convenzione per il Finanziamento degli Interventi di Potenziamento: "Collegamento Ferroviario Alghero Centro - Alghero Aeroporto, con Impianto di Produzione di Idrogeno e Materiale rotabile per la Linea Sassari Alghero Aeroporto". Con la stipula della Convenzione ARST S.p.A. è stata individuata quale soggetto attuatore/Stazione Appaltante dell'Intervento in oggetto.

A seguito della procedura aperta, ai sensi degli art. 123, comma 1, art. 60 e art. 157, comma 1 del D.Lgs. n. 50/2016 e s.m.i., il seguente RTP, composto da Systra-Sotecni, Systra SWS, Systra, BTP Infrastrutture, Geol. Pani, Archeologa Corona, Ing. Bertetti e Ing. Spinosa, è risultato aggiudicatario dell'incarico di redigere il PFTE del progetto in esame.

## 2. DESCRIZIONE GENERALE

Il progetto dell'impianto di produzione idrogeno è stato sviluppato cercando di conciliare al massimo la producibilità elettrica da fonte solare, nel pieno rispetto dei vincoli paesaggistici e territoriali.

Le aree principali dell'impianto di produzione idrogeno e il fotovoltaico asservito sono mostrate nella seguente planimetria:

Figura 1. Planimetria area impianto di produzione idrogeno e impianto fotovoltaico



L'impianto di produzione, compressione, stoccaggio e distribuzione Idrogeno, nei pressi della nuova stazione di Mamuntanas (Alghero), sarà progettato in modo tale da soddisfare il rifornimento di Idrogeno per i mezzi rotabili e per i veicoli passeggeri su gomma asserviti al centro urbano di Sassari. Per la progettazione d'impianto è stata considerata una capacità produttiva massima pari a 1500 kg H<sub>2</sub>/giorno, come richiesto nel Documento di Indirizzo alla Progettazione. Il rifornimento dei mezzi avverrà con una massima capacità di erogazione per il rifornimento di 2 treni o due autobus in parallelo.

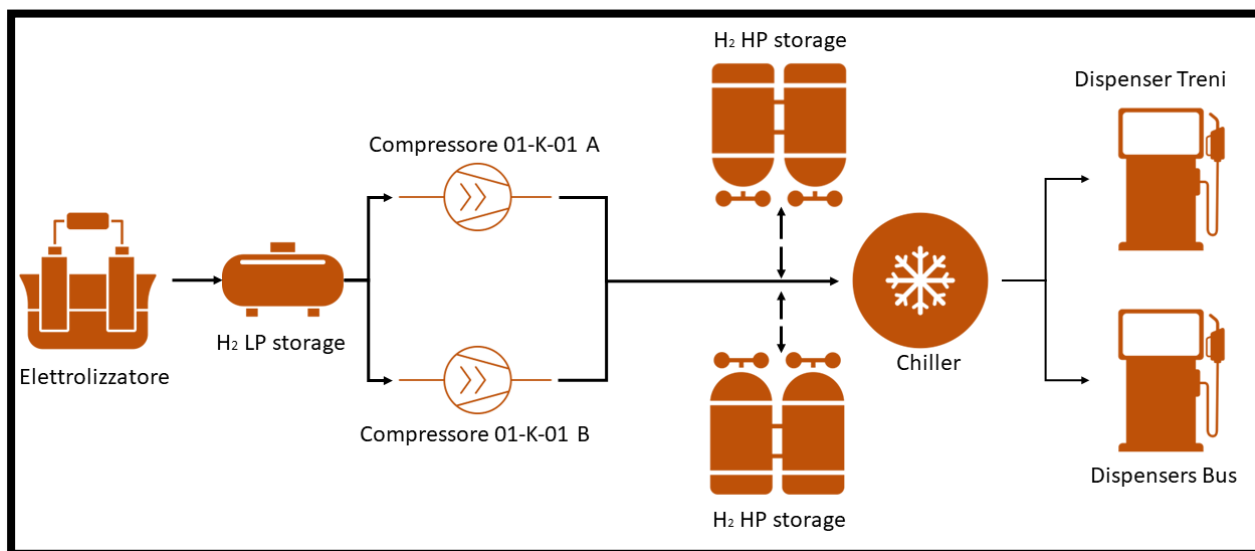
Il progetto prevede quindi una capacità annuale nominale di produzione idrogeno di circa 502 ton/anno, con l'impianto operante in modo costante e continuo per 24 h al giorno per 335 giorni all'anno. Sono stati conservativamente previsti 30 giorni di fermo impianto, per poter provvedere alla manutenzione ordinaria delle apparecchiature. Tuttavia, come si vedrà nei prossimi paragrafi, le apparecchiature tecnologiche (elettrolizzatori, compressori, erogatori etc.) che necessitano di maggiore manutenzione sono state previste con una configurazione ridondante di 2x50% così da poter consentire manutenzioni alternate (nei periodi di minore consumo d'idrogeno) senza bisogno di lunghe fermate d'impianto.

Elettrolizzatore, compressori e stocchi saranno da considerarsi sempre operativi durante la tipica giornata lavorativa, al contrario di Chiller e Dispenser, che avranno un funzionamento discontinuo, in base alla richiesta momentanea di Idrogeno da rifornire.

Il processo è schematizzato nel seguente diagramma a Blocchi semplificato.



Figura 2. Schema semplificato dell'impianto di produzione, compressione, stoccaggio e distribuzione Idrogeno



L'impianto di produzione, compressione, stoccaggio e distribuzione d'idrogeno sarà costituito dalle seguenti apparecchiature principali:

- n.2 Elettrolizzatori PEM da 2 MW con relativi accessori (01-PK-01/02).
- n.1 Serbatoio buffer a bassa pressione da 15500 L di H2 con relativi accessori (02-V-01).
- n.2 Compressori con pressione di scarico di 550 barg per idrogeno con relativi accessori (02-PK-01/02).
- n.1 sistema di stoccaggio ad alta pressione da circa 1850 kg di H2 con relativi accessori (03-PK-01).
- n.2 Chiller per il raffreddamento della corrente di rifornimento H2 con relativi accessori (03-PK-02).
- n.2 Dispenser ad uso ferroviario con singolo erogatore con relativi accessori (03-D-01/02).
- n.2 Dispenser per uso mezzi stradali pesanti adibiti al trasporto passeggeri a singolo erogatore con relativi accessori (03-D-03/04).
- n.1 Sistema di produzione e distribuzione Aria Strumenti con relativi accessori (06-PK-01).
- n.1 Sistema di stoccaggio e distribuzione Azoto gassoso con relativi accessori (05-PK-01).
- n.1 Gruppo elettrogeno da 250 kVA.
- n.2 Pompe di distribuzione acqua di alimento.
- n.1 Serbatoio antincendio.
- n.1 Skid gruppo pompe antincendio.

Per ulteriori dettagli relativi allo schema di processo (PFD) e al bilancio di materia dell'impianto riferirsi ai relativi elaborati.

I principali locali presenti nell'impianto di produzione e distribuzione idrogeno saranno i seguenti:

- Cabina elettrica.
- Control room e uffici.
- Capannone Magazzino ed Officina.

### 3. RIDUZIONE EMISSIONI CO<sub>2</sub>

L'implementazione dell'idrogeno come combustibile di innovativi treni a fuel cell come rimpiazzo delle tradizionali locomotrici diesel può contribuire sostanzialmente all'introduzione di un nuovo tipo di economia basata sull'utilizzo dell'idrogeno come nuova fonte energetica, trainando l'intero settore ferroviario verso nuove prospettive. L'idrogeno, se prodotto on-site da fonti rinnovabili, può essere considerato un carburante a zero emissioni, come nel presente impianto di produzione, compressione, stoccaggio e distribuzione idrogeno.

L'implementazione di un parco fotovoltaico asservito al funzionamento in continuo dell'elettrolizzatore, allineata alle più recenti raccomandazioni dell'Unione Europea, permette infatti la produzione di idrogeno da questo, complementare all'utilizzo dell'energia elettrica da rete, comunque prevista con certificati di Garanzia di Origine della rinnovabilità dell'energia venduta.

L'idrogeno prodotto mediante processo elettrolitico da fonti di energia rinnovabile (parco fotovoltaico asservito) e dall'energia elettrica prelevata da rete con garanzia di origine rinnovabile certificata ai sensi dell'art 46 del Decreto Legislativo 199 del 2021 viene considerato a zero emissioni CO<sub>2</sub>, come riportato nel Decreto del 21 settembre 2022.

In via preliminare attraverso analisi di letteratura e considerando quanto sopra menzionato, è stato possibile stimare la riduzione delle emissioni di Anidride carbonica equivalente. Considerando una capacità nominale dell'impianto di 1500 kg H<sub>2</sub>/giorno e un consumo elettrico dell'Elettrolizzatore di 55,6 kWh/kgH<sub>2</sub> (riferirsi alla "Relazione Tecnica Descrittiva Prestazionale dell'Impianto di produzione Idrogeno"), si può stimare una riduzione della CO<sub>2,eq</sub> emessa pari a 5.311 ton di CO<sub>2,eq</sub> /anno. È stato preso come valore di riferimento un valore emissivo di 0,175 g di CO<sub>2,eq</sub>/kWh per un mix di fonte energetiche da rete aggiornato al 2021 (dati IEA [Italy - Countries & Regions - IEA](#)).

Nel caso invece, più realistico, di produzione calcolata in base ai consumi effettivi dei treni e degli autobus della flotta a idrogeno, si richiede una produzione giornaliera di 925 kg H<sub>2</sub>/giorno. Mediante i dati precedentemente forniti, si ricava una riduzione delle emissioni di Anidride carbonica equivalente pari a 3.275 ton CO<sub>2,eq</sub>/anno.

Nell'analisi sopra riportata, non sono stati presi in considerazione alcuni elementi d'impianto, come il generatore di emergenza Diesel del gruppo Elettrogeno e la pompa principale Diesel per il sistema antincendio, poiché sono apparecchiature che intervengono solo in caso di emergenza e quindi sono normalmente non in funzione. Questi si configurano oltretutto come impianti di emergenza con potenza termica inferiore ad 1 MWth, pertanto derogato dall'autorizzazione alle emissioni ai sensi del Decreto Legislativo 152 del 2006, Articolo 272.

Gli interventi proposti sono pertanto in linea con la strategia dell'Unione Europea (19 maggio 2021) sull'uso di vettori innovativi come l'idrogeno, prodotto in particolare mediante energia elettrica da fonti rinnovabili, fondamentale per la transizione energetica dell'UE, in quanto solo l'idrogeno rinnovabile può contribuire in modo sensibile al conseguimento della neutralità climatica.

Il nuovo impianto contribuisce inoltre in modo significativo al raggiungimento dell'obiettivo "Mitigazione del cambiamento climatico" definito all'Art.9 del Regolamento (UE) 2020/852 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 18 giugno 2020.

L'attività fornisce un contributo sostanziale alla mitigazione dei cambiamenti climatici in quanto il Progetto in esame soddisfa il seguente criterio, individuato al paragrafo 6.1.4 punto 1.(c) dell'Allegato 1 al Regolamento 852/2020 UE "l'infrastruttura e gli impianti sono adibiti al trasferimento di passeggeri da altre modalità a quella su ferrovia".

## 4. FABBISOGNO IDRICO

Il sistema di gestione e approvvigionamento idrico previsto per l'impianto di produzione idrogeno sarà conforme alla richiesta di acqua necessaria al normale funzionamento dell'elettrolizzatore.

In condizioni di capacità massimo (1500 kgH<sub>2</sub>/giorno) è previsto un consumo idrico da parte dell'elettrolizzatore di 21 m<sup>3</sup>/giorno. Parte dell'acqua alimentata alla package elettrolitica verrà rigettata come acqua salina (processo di Osmosi Inversa).

È previsto un recipiente in acciaio al carbonio internamente verniciato, idoneo per l'uso con acqua potabile, chiamato "Recipiente per l'acqua di alimentazione" (01-V-01). Questo recipiente permette un accumulo dell'acqua in entrata all'elettrolizzatore, in modo da garantire il funzionamento di quest'ultimo per una giornata intera nel caso di problemi o guasti della rete idrica di distribuzione. Il serbatoio sarà un recipiente orizzontale, dotato di vent atmosferico e sarà previsto un riempimento fino l'85% del suo volume.

Nella tabella seguente sono riportate le principali caratteristiche del serbatoio di accumulo acqua potabile:

Tabella 1. Caratteristiche 01-V-01

ITEM	VALORE	UNITA
Quantità	1	
Materiale	Acciaio al Carbonio con verniciatura interna.	
Servizio	Accumulo acqua potabile	
Lunghezza	5000	mm
Diametro interno	2400	mm
Temperatura di progetto (max)	- 5	°C
Temperatura di progetto (min)	+75	°C
Pressione di progetto	Atm e Pieno d'acqua	barg
Pressione operativa	0	barg
Peso a vuoto stimato	~7100	kg
Capacità	22,6	m <sup>3</sup>
Riempimento	85	%

La package dell'elettrolizzatore richiede una qualità dell'acqua di alimentazione pari a quella potabile; sulla base delle Tabelle messe a disposizione dalla società locale di gestione delle acque Abbanoa durante il progetto, è stata individuata una probabile acqua di alimentazione dell'impianto relativa ai dintorni di Alghero. In questa fase iniziale di progetto, si è quindi considerata quest'acqua come alimentazione idrica dell'elettrolizzatore.

Le proprietà chimico fisiche dell'acqua "Alghero e Borgate", così come riportate nelle Tabelle di Abbanoa, sono mostrate nella seguente tabella:

Tabella 2. Proprietà chimico fisiche acqua potabile "Alghero e Borgate"

ITEM	VALORE	UNITA
PH	7,35	pH
Torbidità	0,3	NTU
Colore	4,4	mg/l Pt/Co
Conducibilità	380	μS/cm
Salinità	220	mg/l
Cloruro	87	mg/l
Solfato	16	mg/l
Nitrato	4	mg/l
Calcio	23	mg/l
Magnesio	7	mg/l
Sodio	45	mg/l
Potassio	3	mg/l
Litio	<0.001	mg/l
Ferro	0,014	mg/l
Alluminio	0,019	mg/l
Manganese	0,007	mg/l
Arsenico	<0.005	mg/l
Cadmio	<0.001	mg/l

Nichel	<0.002	mg/l
Piombo	<0.002	mg/l
Bicarbonato	51	mg/l
Durezza	9	F°
Ammoniaca totale	0,26	mg/l
Cloro libero	0,58	mg/l
Fluoruro	0,14	mg/l
Nitrito	0,08	mg/l

Dalle caratteristiche riportate qui sopra si ritiene l'acqua "Alghero e Borgate" assimilabile ad un'acqua potabile (con l'eccezione del cloro libero che è più alto del limite potabile) e quindi adatta all'alimentazione diretta della package dell'elettrolizzatore. In questa fase, non sono quindi stati previsti trattamenti dell'acqua di alimentazione dell'impianto a monte dell'elettrolizzatore.

E' stata prevista un'iniezione di biocida nel serbatoio di stoccaggio dell'acqua per evitare la formazione di muffe e/o batteri che possano compromettere il corretto funzionamento dell'impianto. L'iniezione chimica avverrà in modo discontinuo per garantire un trattamento efficace.

L'acqua potabile, dal tank di stoccaggio 01-V-01, verrà trasferita nella package dell'elettrolizzatore tramite due pompe (01-P-01 A/B), in configurazione 2X100%, che pomperanno l'acqua fino a 4 barg.

Le principali caratteristiche delle pompe (01-P-01 A/B) sono riportate nella seguente tabella.

Tabella 3. Caratteristiche 01-P-01 A/B

ITEM	VALORE	UNITA
Quantità	2X100%	
Tipologia	Volumetrica o centrifuga	
Servizio	Acqua potabile	
Portata	13,5	l/min
Potenza	0,5	kW
Temperatura di entrata acqua	25	°C
Temperatura di uscita acqua	25	°C
Pressione in aspirazione	0	barg
Pressione in mandata	4	barg



## 5. APPROVIGGIONAMENTO ELETTRICO E CONSUMI ENERGETICI

### 5.1 APPROVIGGIONAMENTO ELETTRICO

Considerando la capacità produttiva di idrogeno richiesta nel DIP dalla committenza (1500 kg  $H_2$ /giorno), si può stimare una potenza richiesta dall'elettrolizzatore di 3,6 MW; la taglia commercialmente disponibile più vicina al valore calcolato è di 4 MW.

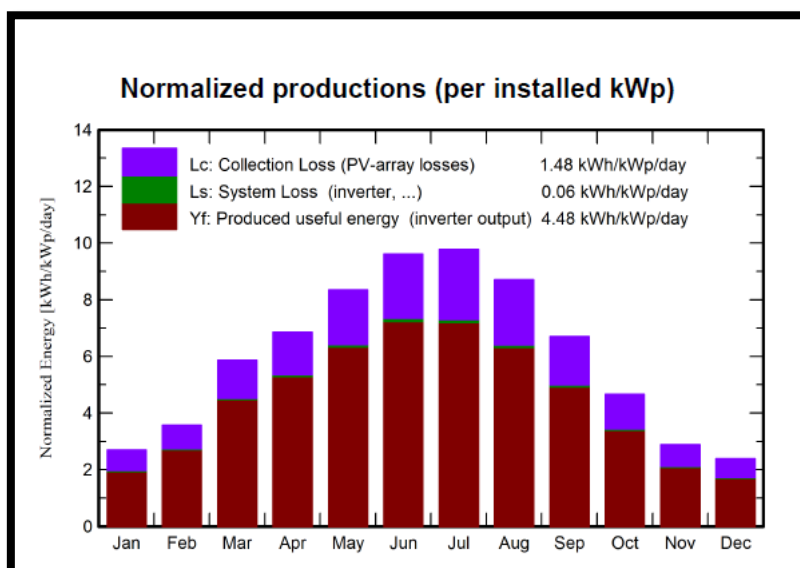
L'impianto di produzione idrogeno verrà quindi alimentato elettricamente tramite un parco solare fotovoltaico di circa 4 MW e tramite energia rinnovabile con Certificati di Origine dalla rete nazionale; l'impianto fotovoltaico sarà di nuova costruzione e asservito esclusivamente alla produzione di idrogeno, così da ottemperare anche al requisito europeo di addizionalità della fonte rinnovabile per la produzione di idrogeno verde.

L'idrogeno verrà prodotto principalmente grazie al parco fotovoltaico, ma a causa della sua natura discontinua sarà indispensabile connettere l'impianto di produzione alla rete elettrica nazionale che alimenterà gli elettrolizzatori con energia rinnovabile (con certificati di origine) nei momenti di calo di produzione energetica dal fotovoltaico e nelle ore notturne, così da garantire tutta la produzione d'idrogeno richiesta.

La produzione di Energia da Fotovoltaico è infatti dipendente da fattori meteorologici e variabile durante l'annualità, poiché influenzata direttamente dalla presenza diretta del sole e dalle ore giornaliere di esposizione a questo. Si può supporre in generale una produzione inferiore durante i mesi invernali ed una produzione maggiore durante la stagione estiva.

Nel grafico riportato nella figura sottostante viene mostrato l'andamento della produzione da fotovoltaico nell'area considerata e durante l'anno per 1 kWp installato.

Figura 3. Produzione di energia da Impianto fotovoltaico per kWp installato



Sulla base di questi dati viene stimata una produzione di energia annuale di 1636 kWh/anno per kWp installato. Considerando una potenza fotovoltaica installata di 3,95 MW e una efficienza di produzione di 55,6 kWh/kg $H_2$  (efficienza BoP dell'elettrolizzatore), è possibile calcolare una produzione di

Idrogeno annuale media dal parco fotovoltaico asservito, pari a 116,2 ton H<sub>2</sub>/anno, valore che copre circa il 34,3 % della produzione richiesta di 338 tonn H<sub>2</sub>/giorno (926 kg/giorno).

La restante parte di idrogeno dovrà quindi essere prodotta tramite l'elettricità approvvigionata da rete nazionale, con certificati di garanzia di origine. La quantità annuale di energia elettrica rinnovabile necessaria dalla rete è di circa 12.332 MWh/anno. L'utilizzo di energia da rete di questa tipologia garantisce che la produzione di elettricità è avvenuta tramite fonti energetiche rinnovabili (eolico, fotovoltaico etc...) per cui anche l'Idrogeno elettrolitico prodotto, in questo modo, potrà essere considerato "Rinnovabile".

In generale le opere progettuali relative all'impianto fotovoltaico proposto posso essere sintetizzate nel modo seguente:

1. *Impianto fotovoltaico*: con strutture a inseguimento (Trackers), con una potenza installata di 3,95 MWp, ossia 3,98 MWac in immissione che verrà richiesta in fase di STMG a ENEL Distribuzione operatore di rete di MT, ubicato in un terreno agricolo nel comune di Alghero (SS);
2. *Dorsali di collegamento interrate*, in media tensione a 15 kV, per il collegamento e la consegna dell'energia elettrica prodotta dall'impianto FV fino alla stazione elettrica (SE) dell'impianto di produzione di idrogeno da elettrolisi. Il percorso dei cavi interrati, che seguirà la viabilità esistente, avrà un'estensione di circa 6 km;

Il progetto prevede che l'impianto FV venga realizzato su una superficie agricola complessiva di circa 6,60 ha.

Al fine di riqualificare e ottimizzare le aree da un punto di vista agricolo e per esigenze di installazione data la morfologia del sito, si è scelto di adottare una soluzione con strutture a inseguimento o Trackers 1V (1 modulo in verticale), con un "pitch" tra le strutture di 4,5 m e una distanza inter-fila tra le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici di circa 2,2 m, consentendo la coltivazione tra e sotto le strutture e il transito dei mezzi agricoli necessari per la lavorazione agricola in fase di manutenzione o nelle ore centrali della giornata quando la struttura si troverà in posizione orizzontale.

La soluzione impiantistica che si vuole realizzare rispetta a pieno i limiti imposti dalle "Linee Guida in materia di Impianti Agro-voltaico", difatti:

- la superficie effettivamente occupata dall'impianto andrà a rispettare il limite di rapporto  $S_{agr}/S_{disp}=70\%$ . Di quest'area d'impianto 2,24 ha sono occupati dai moduli, il resto di circa 0,5 Ha sono occupati dalle opere di progetto (strade interne all'impianto, power station, cabina di consegna, etc...);
- la superficie agricola corrispondente ai restanti 5,5 ha (considerando di utilizzare parte il 75% del terreno al di sotto dei moduli) sarà seminata a foraggiere e potranno essere oggetto di pascolamento oppure di raccolta e successiva fienagione;
- il rapporto tra la superficie dei moduli e quella agricola rispetta il limite imposto del 40% ( $LAOR \leq 40\%$ ).

La dorsale di connessione in media tensione in cavo interrato a 15 kV di collegamento tra l'impianto fotovoltaico sarà posta, per quanto possibile, lungo le strade di pertinenza pubblica e privata.



Lo schema elettrico unifilare e il percorso dei cavi per la connessione dell'impianto in oggetto alla RTN, sono riportati nello Schema Elettrico Unifilare:

- n° 7304 pannelli fotovoltaici monocristallini di potenza pari a 540 Wp;
- pitch di circa 4,50 m;
- distanza inter-fila tra i pannelli fotovoltaici pari a 2,20 m.
- n° pannelli fotovoltaici per stringa pari a 28 e pari a 26 in diversi sottocampi
- n° totale di stringhe pari a 281;
- n° totale di n.16 inverters di stringa pari a n.12 da 225 e n.4 da 320 kVA;
- n°3 cabine di trasformazione;
- n°1 cabina di consegna in MT interna al locale tecnico a servizio dell'impianto di produzione Idrogeno.
- n°1 cabina di consegna in ENEL DG 2092 esterna al campo.

L'impianto fotovoltaico oggetto di progettazione è costituito da:

- n° 7304 pannelli fotovoltaici monocristallini di potenza pari a 540 Wp;
- pitch di circa 4,50 m;
- distanza interfila tra i pannelli fotovoltaici pari a 2,20 m.
- n° pannelli fotovoltaici per stringa pari a 28 e pari a 26 in diversi sottocampi
- (rif. schema unifilare);
- n° totale di stringhe pari a 281;
- n° totale di inverters di stringa pari a n.16: n.12 da 225 e n.4 da 320 kVA;
- n°3 cabine di trasformazione con trasformatori cad. da 1600 KVA;
- n°1 cabina di consegna in MT interna al campo.
- n°1 cabina di consegna in ENEL DG 2092 esterna al campo.
- impianto elettrico a sua volta costituito da:
- una rete di distribuzione elettrica MT in cavidotto interrato costituito da cavi a 15 kV per la connessione delle unità di conversione Power Station alla cabina di consegna MT n°1 cabina di consegna interna al locale tecnico a servizio dell'impianto di produzione Idrogeno.
- una rete telematica di monitoraggio per il controllo dell'impianto fotovoltaico e la trasmissione dati via modem o via satellite;
- una rete elettrica interna in bassa tensione per l'alimentazione dei servizi ausiliari di centrale (alimentazione dei motori degli inseguitori, controllo, sicurezza, illuminazione, TVCC, forza motrice, etc.);
- una rete elettrica in bassa tensione per la connessione degli inverter di stringa alle Power station;
- opere civili di servizi, costituite principalmente da fondazioni e/o basamenti per le cabine/power station, edifici prefabbricati e in opera, opere di viabilità, posa cavi, recinzione, etc...

## 5.2 CONSUMI ENERGETICI

I seguenti consumi energetici principali dell'impianto di produzione, compressione, stoccaggio e distribuzione Idrogeno sono stati considerati:

- Elettrolizzatore. Il consumo dell'elettrolizzatore in condizioni operative è stimabile intorno ai 3,5 MW nell'ipotesi di funzionamento a carico costante durante la giornata tipica di operazione.
- Il consumo previsto dai compressori ammonta a circa 150 kW nel loro normale funzionamento operativo. A seconda della portata variabile si avranno anche variazioni nella potenza assorbita da questi macchinari.
- Sono previste 2 unità di Chilling per il raffreddamento della corrente di idrogeno verso i dispenser di erogazione per treni, di potenza 150 kW (complessiva). Il consumo delle unità di chilling sarà di tipo discontinuo, poiché serviranno direttamente i dispenser che non rientrano in un funzionamento continuo dell'impianto.

Nell'impianto saranno presenti anche ulteriori apparecchiature con consumi energetici minori:

- Due pompe per l'acqua di alimentazione, denominate 01-P-01 A/B, in configurazione 2X100%, dal consumo teorico di 0,5 kW.
- La pompa antincendio principale, i cui consumi, previsti solo in caso di emergenza, saranno pari a 45 kW.
- Due Jockey pumps, per la pressurizzazione dell'acqua nel circuito antincendio, con funzionamento discontinuo, ognuna con una potenza fino a 3 kW.
- I 4 dispenser di erogazione, i cui consumi saranno da definire in progettazione definitiva/esecutiva con il fornitore scelto. Si prevedono comunque consumi, di tipo discontinuo, fino a 2 kW per ogni dispenser in funzione.

Il consumo descritto sopra è da intendersi come riferimento, in quanto ogni fornitore delle tecnologie sopra descritte ha consumi diversi sulla base dei propri modelli. Il consumo effettivo sarà quindi da verificarsi in fase di progettazione definitiva/esecutiva.

Il resto delle apparecchiature dell'impianto (Compressori, chiller etc..) hanno consumi di molto inferiori rispetto a quelli dell'elettrolizzatore, motivo per il quale l'energia prodotta dal parco fotovoltaico è principalmente destinata alla produzione di questa unità. Tuttavia, nel caso di eccessi di produzione del fotovoltaico, si potrà prevedere l'utilizzo dell'energia generata in eccesso come fonte di alimentazione delle restanti apparecchiature, andando a minimizzare anche in questo caso i consumi elettrici da rete.

## 6. PRODUZIONE IDROGENO

### 6.1 Elettrolizzatore e sistemi ausiliari

L'elettrolisi dell'acqua avverrà tramite due elettrolizzatori (01-PK-01/02) di tipologia PEM con potenza nominale di 2 MW ciascuno. La scelta di prevedere due elettrolizzatori in parallelo in configurazione 2x50% deriva dalla necessità di assicurare la maggiore disponibilità possibile della produzione in caso di manutenzione necessaria od ordinaria. Infatti, effettuando la manutenzione ordinaria delle due packages di elettrolizzatori in momenti diversi dell'anno, consente all'operatore di continuare la produzione (anche se a portate dimezzate) e quindi mantenere un servizio minimo della linea.

Altre configurazioni di elettrolizzatori con pari caratteristiche di disponibilità e flessibilità possono considerarsi nelle successive fasi del progetto previa consultazione e accordo con la Stazione Appaltante.

Le principali caratteristiche degli elettrolizzatori considerati sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 4. Caratteristiche 01-PK-01/02

ITEM	VALORE	UNITA
Consumo elettrico	2	MW
Consumo specifico del Sistema (incluso il BOP)	55,6 <b>(Questo valore deve essere obbligatoriamente inferiore a 58)</b>	kWh/kg H <sub>2</sub>
Consumo acqua nominale	404	kg/h
Consumo acqua a pieno carico	455	kg/h
Produzione idrogeno nominale (Massa)	31,2	kg H <sub>2</sub> /h
Produzione idrogeno nominale (Volume)	352	Nm <sup>3</sup> /h
Produzione idrogeno a pieno carico (Massa)	36	kg H <sub>2</sub> /h
Produzione ossigeno nominale (Massa)	288	kg O <sub>2</sub> /h
Purezza idrogeno all'uscita	>99,97	%mol
Pressione idrogeno all'uscita	30-40	barg
Intervallo operativo	10-100 (Raccomandato) 30-100 (Garantito)	%
Ore operative	8000	Ore/anno
Riduzione efficienza ipotizzata	0,125	%/1000 h

La package dell'elettrolizzatore sarà idonea all'installazione in ambiente esterno, prevedendo perciò sistemi containerizzati. La package elettrolitica sarà composta dai seguenti sistemi principali:

- Sistema di depurazione e trattamento acqua. L'acqua fornita dal provider idrico, anche se assimilabile a potabile, dovrà essere desalinizzata completamente e demineralizzata attraverso trattamenti specifici per raggiungere la purezza necessaria al corretto funzionamento delle celle elettrolitiche.

- Modulo di elettrolisi. Modulo dell'elettrolizzatore dove avviene la reazione chimica di dissociazione dell'acqua, in due diverse sezioni, chiamate "sezione anodica" e "sezione catodica".
- Unità di separazione Ossigeno-Acqua. L'ossigeno prodotto verrà separato dall'acqua e poi scaricato in atmosfera in zona sicura.
- Unità di purificazione ed essiccamento H<sub>2</sub>. L'idrogeno prodotto dalla package elettrolitica contiene alcuni contaminanti provenienti dalla cella elettrolitica (ossigeno e acqua) che devono essere rimossi. Viene perciò previsto un trattamento di deossigenazione (De-Oxo) e un trattamento di essiccamento della corrente di idrogeno prima dell'uscita del modulo elettrolitico.
- Unità di raffreddamento dello stack. Data l'endotermicità della reazione di elettrolisi, lo stack dovrà essere raffreddato per operare al meglio. Le unità di raffreddamento asservite al modulo di elettrolisi sono scambiatori ad aria separati dal modulo di elettrolisi.
- Raddrizzatore e unità di trasformazione elettrica. Queste unità trasformano e convertono l'energia alimentata secondo i requisiti energetici (voltaggio, frequenza etc.) della cella elettrolitica; anch'esse sono separate dal modulo di elettrolisi e inserite in un container indipendente.

I consumi idrici previsti dall'elettrolizzatore consistono nella sola acqua di processo necessaria alla reazione di elettrolisi. I circuiti di raffreddamento interni alla package saranno costituiti da sistemi chiusi che non necessitano di reintegro a meno di sostituzione del fluido refrigerante (generalmente acqua glicolata).

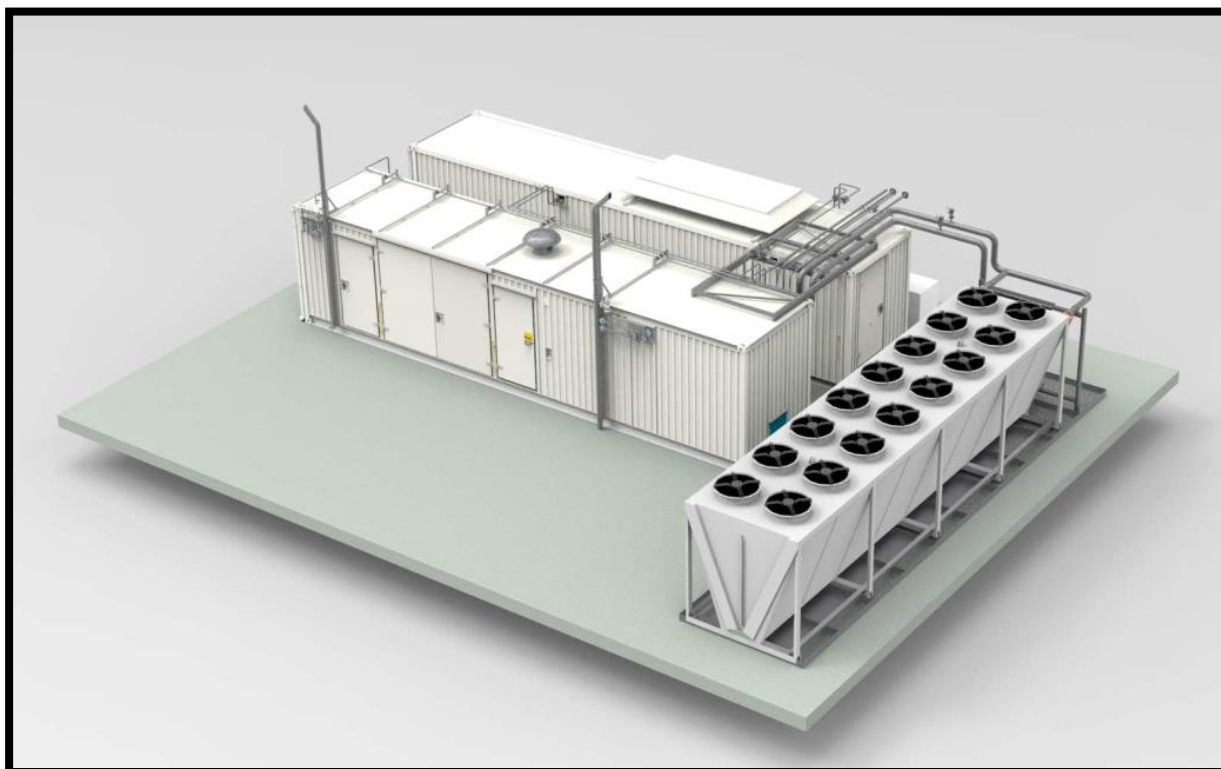
Oltre i principali pacchetti definiti precedentemente, la package dell'elettrolizzatore sarà composta da tutti i sistemi necessari al suo funzionamento, comprendenti sistema di controllo (PLC), tubazioni, cavi di potenza, moduli ausiliari, sistemi di interfaccia con utenze esterne, sistema di distribuzione aria strumenti e azoto, flange e junction boxes ai limiti di batteria della fornitura.

Infine, saranno presenti analizzatori di purezza dell'idrogeno e dell'ossigeno in uscita dal sistema, volti all'analisi della purezza dell'idrogeno, in relazione alle percentuali (o ppm) di acqua e ossigeno della corrente uscente di idrogeno, e della purezza dell'ossigeno in uscita al sistema.

L'elettrolizzatore sarà da considerarsi operante 24 h al giorno tutti i giorni, per poter garantire la quantità richiesta di idrogeno dalla sezione di stoccaggio ad alta pressione. Nel caso la quantità di idrogeno stoccato dovesse raggiungere la massima quantità prima del termine temporale previsto (per esempio per treni in manutenzione che non richiedono più il rifornimento), l'elettrolizzatore dovrà essere in grado di accedere ad una modalità di stand-by, nella quale verrà fermata la produzione di idrogeno, ma lo stesso sarà in grado di riprendere la normale operatività in tempi molto brevi. La modalità di stand-by richiederà un consumo energetico, dipendentemente dal fornitore della package, di maggiore o minore quantità. Questo consumo energetico dovrà essere minimizzato per ridurre i consumi associati all'impianto di produzione idrogeno.

Un esempio dell'elettrolizzatore precedentemente descritto è visibile nella successiva immagine.

Figura 4. Esempio di package completa per elettrolizzatore di taglia 2 MW



Nella figura sono chiaramente visibili il modulo di Air Cooling, il container dedicato all'elettrolizzatore e al processo di osmosi inversa e infine il modulo in cui stazionano il raddrizzatore e il trasformatore.

### 6.1.1 OSSIGENO PRODOTTO

La reazione di elettrolisi dell'acqua scinde la molecola in ossigeno molecolare e idrogeno. Sarà necessariamente presente una corrente di ossigeno come sottoprodotto della reazione chimica, corrente di cui attualmente non si ritiene utile la conservazione e di cui in generale non sono stati predisposti utilizzi.

La corrente di ossigeno uscirà quindi da uno sfiato predisposto sul modulo di elettrolisi tenuto ad opportuna distanza dagli scarichi di emergenza dell'idrogeno e garantendo il rilascio in atmosfera in quantità e velocità tali da evitare il formarsi di miscele esplosive o potenzialmente pericolose nel caso di scenari di rilascio contemporaneo di idrogeno.

### 6.1.2 PUREZZA DEI PRODOTTI DI ELETTROLISI

I prodotti dell'unità di elettrolisi dovranno essere conformi alle specifiche per lo scarico in atmosfera (per l'Ossigeno) e del processo (per l'Idrogeno). Saranno quindi previsti degli analizzatori di gas in uscita dall'elettrolizzatore che effettueranno analisi sulla purezza di Ossigeno e Idrogeno in uscita dalla Package, per verificarne la qualità.

L'Idrogeno prodotto nel processo dovrà essere di Grado D in accordo alla specifica ISO 14687:2019 Hydrogen fuel quality — Product specification, come riportato in tabella:

Figura 5. Caratteristiche chimiche dell'Idrogeno prodotto secondo specifica ISO 14687:2019

Characteristics (assay)	Type I, Type II
	Grade D
Hydrogen fuel index (minimum mole fraction) <sup>a</sup>	99.97%
Total non-hydrogen gases 300 µmol/mol	300 µmol/mol
<b>Maximum concentration of individual contaminants</b>	
Water (H <sub>2</sub> O)	5 µmol/mol
Total hydrocarbons (Methane basis) <sup>b</sup>	2 µmol/mol
Oxygen (O <sub>2</sub> )	5 µmol/mol
Helium (He)	300 µmol/mol
Total Nitrogen (N <sub>2</sub> ) and Argon (Ar) <sup>b</sup>	100 µmol/mol
Carbon dioxide (CO <sub>2</sub> )	2 µmol/mol
Carbon monoxide (CO)	0.2 µmol/mol
Total sulphur compounds <sup>c</sup> (H <sub>2</sub> S basis)	0.004 µmol/mol
Formaldehyde (HCHO)	0.01 µmol/mol
Formic acid (HCOOH)	0.2 µmol/mol
Ammonia (NH <sub>3</sub> )	0.1 µmol/mol
Total halogenated compounds <sup>d</sup> (Halogenate ion basis)	0.05 µmol/mol
Maximum particulates concentration	1 mg/kg

Per quanto riguarda l'ossigeno prodotto, non essendo stati identificati particolari utilizzi, la purezza può essere quella standard offerta dai fornitori di elettrolizzatori. L'ossigeno, in assenza di utilizzatori nella zona, verrà scaricato all'atmosfera.

## 6.2 SERBATOIO BUFFER DI IDROGENO

Tra la sezione di uscita dell'elettrolizzatore e il gruppo di compressione, l'impianto di produzione idrogeno sarà dotato di un serbatoio buffer a bassa pressione. Il serbatoio sarà quindi dimensionato per poter garantire, in caso di fluttuazioni delle portate, un flusso costante di idrogeno ai compressori e in generale assicurare la compatibilità del sistema elettrolitico con quelli dei compressori.

Il buffer a bassa pressione (02-V-01) sarà un serbatoio di tipo orizzontale, con fondi ellittici, in AISI 316.

Nella seguente tabella sono riportati i principali parametri per il dimensionamento di tale stoccaggio.

Tabella 5. Caratteristiche 02-V-01

ITEM	VALORE	UNITA
Pressione operativa	30/40	barg
Pressione di progetto	45	barg
Pressione minima	20	barg
Diametro interno	1800	mm
Lunghezza	5500	mm
Capacità	15,5	m <sup>3</sup>

Il buffer a bassa pressione non sarà quindi un serbatoio di stoccaggio dell'idrogeno, ma solo uno strumento atto a permettere al gruppo di compressione di lavorare sempre in modalità continua, evitando lievi fluttuazioni della massa disponibile di idrogeno e la compatibilità tra i sistemi.

## 7. STOCCAGGIO IDROGENO

### 7.1 Gruppo di compressione

L'idrogeno prodotto dalla sezione di elettrolisi, e passante per il buffer di bassa pressione (02-V-01), dovrà quindi essere compresso per raggiungere la sezione di alta pressione dell'impianto. A tale scopo sono state previste due unità di compressione (02-PK-01/02), operanti in continuo nella modalità 2X50%. Grazie alla presenza di due unità di compressione, anche nel caso di malfunzionamento di una delle macchine, sarà garantita la continuità di idrogeno disponibile per lo stoccaggio, il che permetterà quindi il rifornimento del materiale rotabile e dei veicoli passeggeri su strada anche se con capacità minori.

I compressori previsti saranno preferibilmente a diaframma o a pistone. Le principali caratteristiche dei compressori sono quindi riportate nella seguente tabella.

Tabella 6. Caratteristiche 02-PK-01/02

ITEM	VALORE	UNITA
Quantità	2	
Tipologia	Diaframma / Pistone (da confermare col fornitore)	
Servizio	Idrogeno	
Portata al singolo compressore	32	kg/h
Pressione in aspirazione	30-40	barg
Pressione in mandata	550 (Massima)	barg
Stadi	2-3 (VTA)	
Potenza assorbita singolo compressore	70	kW
Temperatura inter-stadio	45 (VTA)	°C
Temperatura idrogeno all'uscita	45	°C
Range operabilità	10-100	%

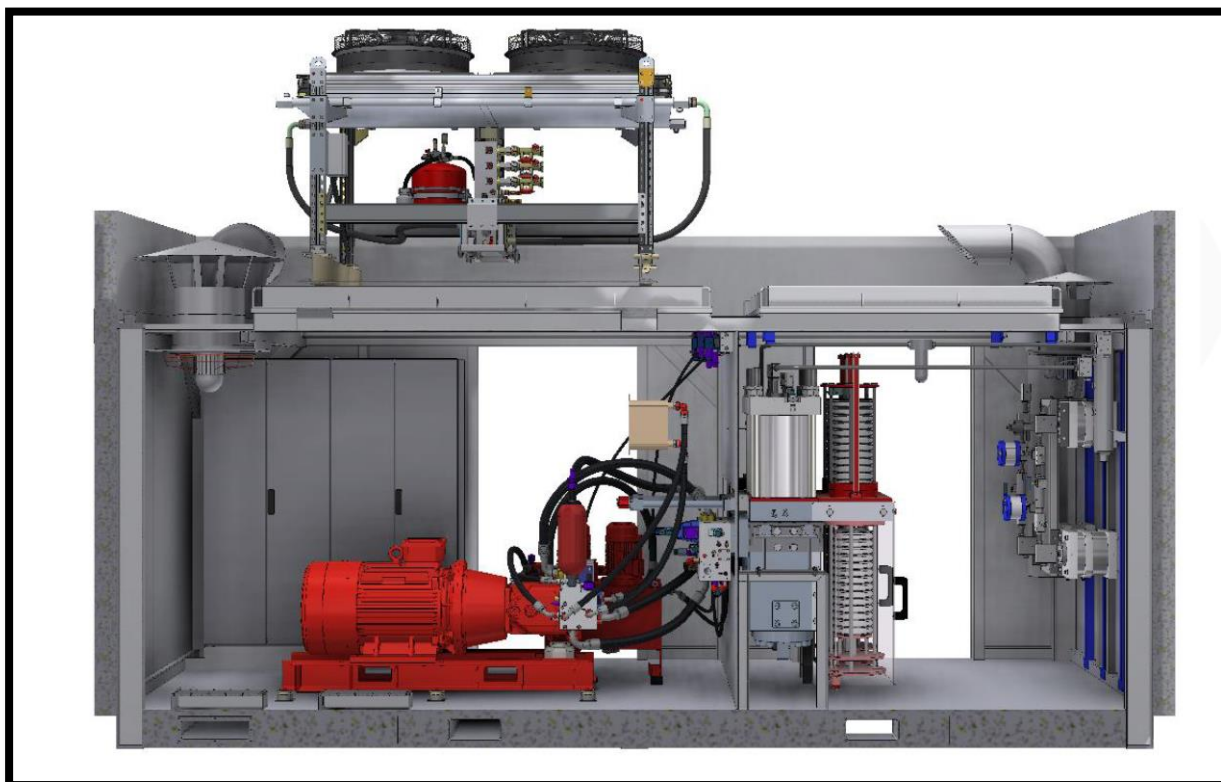
I compressori saranno dotati di un circuito di raffreddamento a loro asservito, che dovrà seguire la filosofia di ridondanza adottata finora. Il servizio sarà preferibilmente operato tramite back cooling con aria ambiente. Il fluido refrigerante utilizzato per il raffreddamento inter-stadio sarà deciso con il fornitore.

La quantità degli stadi del singolo compressore e la temperatura inter-stadio saranno definiti dal possibile fornitore della tecnologia. Sarà però da rispettare la temperatura di uscita dall'ultimo stadio di compressione, pari a 45 °C.

Un esempio di questi compressori è mostrato nella figura seguente:



Figura 6. Esempio di compressore per Idrogeno



Il compressore dovrà operare con un ampio range di variabilità, per potere seguire le discontinuità della produzione e del rifornimento.

La soluzione adottata in sede di progettazione definitiva ed esecutiva dovrà essere containerizzata, al fine di ridurre il più possibile i rumori verso l'esterno e le interazioni con esso.

## 7.2 Stoccaggio ad alta pressione

Lo stoccaggio ad alta pressione dell'idrogeno uscente dal gruppo di compressione è parte fondamentale dell'impianto di distribuzione idrogeno: da questo, infatti, partiranno le linee di distribuzione idrogeno per i servizi di rifornimento treni e autobus, che dovranno garantire la continuità dei rifornimenti per i mezzi stradali e ferroviari.

Il gruppo di stoccaggio (03-PK-01) dovrà garantire tutti gli accessori di sicurezza necessari ad operazioni in pressione: dovranno essere presenti nelle linee di ingresso e uscita dal gruppo delle valvole di sicurezza, valvole shut-off e tutta la strumentazione necessaria per un funzionamento in sicurezza.

Il sistema di stoccaggio dovrà quindi garantire i rifornimenti ai mezzi ad idrogeno per la tipica giornata di esercizio. Il sistema considerato prevede uno stoccaggio totale di circa 1886 kg di  $H_2$ , ad una pressione massima di 520 barg, uscente dal gruppo di compressione. La massa di idrogeno disponibile per il rifornimento dei mezzi sarà pari a circa 460 kg di  $H_2$ , il che permette il rifornimento di 3 treni a combustibile Idrogeno (sono stati considerati circa 150 kg da rifornire per treno composto da 2 locomotive con 2 serbatoi) in configurazione back to back, fino ad un massimo di 2 treni in contemporanea nel momento in cui lo stoccaggio ad alta pressione è pieno.

Lo stoccaggio può essere previsto tramite bomboloni cilindrici orizzontali o rack di bombole orizzontali. In questa fase preliminare, sono stati previsti rack di bombole orizzontali con capacità di circa 78,6 kg di Idrogeno e in numero pari a 24 (stimata una massa totale di circa 1886 kg H<sub>2</sub>). Come specificato nel Decreto del 23 ottobre 2018 “Prevenzione incendi impianti distribuzione idrogeno per autotrazione” il parco stoccaggi verrà diviso da muri in cemento armato con camere di capacità massima di 5000 Nm<sup>3</sup>. Poiché ogni rack considerato ha una capienza pari a 886 Nm<sup>3</sup> di Idrogeno, il parco stoccaggi è stato diviso in 4 camere da 6 racks. Per i dettagli sulla divisione e gli spazi occupati ci si può riferire alla planimetria d’impianto.

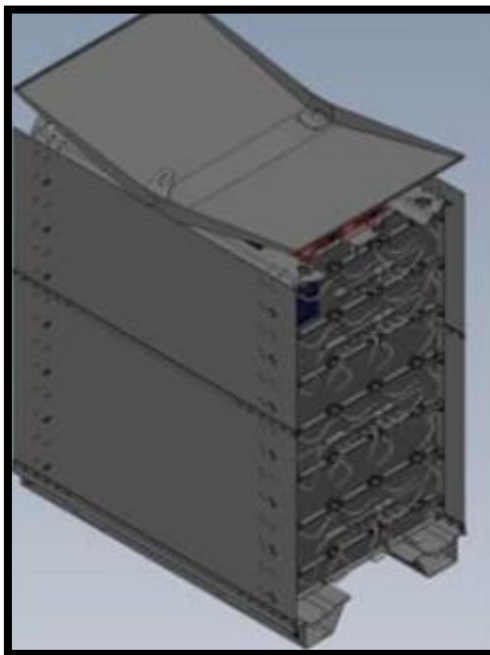
In tabella sono riportati i dati principali relativi al dimensionamento dello stoccaggio.

Tabella 7. Caratteristiche 03-PK-01

ITEM	VALORE	UNITA
Pressione di progetto	550	barg
Pressione operativa	520-360	barg
Pressione minima operativa	360	barg
Materiale	Tipo I	
Dimensioni del singolo rack	1430X2200X2460	mm
Massa idrogeno totale	1886	kg
Volume idrogeno totale	20900	Nm <sup>3</sup>
Massa idrogeno disponibile	460	kg
Massa idrogeno in ogni rack	78,6	kg
Volume idrogeno in ogni rack	2324	l
Massa totale per stanza	472	kg H <sub>2</sub>
Volume totale per stanza	5316	Nm <sup>3</sup>

Si riporta nella seguente immagine, a scopo di esempio illustrativo, la configurazione del singolo rack di stoccaggio Idrogeno attualmente considerata.

Figura 7. Esempio di rack per stoccaggio stazionario di Idrogeno a 520 barg



### 7.2.1 PRIORITY PANEL

Il sistema di stoccaggio descritto sarà controllato da un pannello di controllo chiamato “Priority Panel” che permetterà una logica di erogazione basata su un controllo in cascata dell’erogazione dell’idrogeno.

Attraverso il suddetto “Priority Panel” si può incrementare la quantità di idrogeno disponibile per le erogazioni e quindi aumentarne il numero nello stesso arco di tempo o in modalità back to back. Infatti l’utilizzo di rampe di pressione diverse, a seconda del livello di idrogeno stoccato all’interno dello stack modulare e di quello presente all’interno del tank del mezzo da rifornire, permette attraverso la logica di selezione del modulo stoccaggi da utilizzare di effettuare parte del rifornimento anche a pressioni inferiori ai 360 barg (per esempio quando il tank da rifornire è a pressioni più basse di 200 barg o quando è quasi vuoto) e quindi di utilizzare una capienza maggiore dei suddetti stoccaggi.

## 8. DISTRIBUZIONE IDROGENO

### 8.1 Unità di chilling

Sono stati previsti due chillers, unità 03-PK-02 A/B (uno per ogni erogatore) che attraverso l’uso di un fluido refrigerante e uno scambiatore di calore, consentono il raffreddamento a -10°C dell’idrogeno per il rifornimento dei treni. È stata stimata una potenza di circa 100 kW per ogni chiller.

I Chiller dovranno essere dotati di un sistema di controllo che permetta il controllo della temperatura di raffreddamento.

Le temperature di rifornimento e i protocolli ipotizzati dovranno essere rianalizzati in fase di progettazione definitiva/esecutiva considerando le effettive specifiche di erogazioni richieste dai mezzi a idrogeno acquistati (Bus e treni).

I parametri principali del chiller sono quindi riassunti nella seguente tabella.

Tabella 8. Caratteristiche 03-PK-02 A/B

ITEM	UNITA	VALORE
Portata in ingresso (massima)	14	kg/min
Pressione di design	550	barg
Temperatura ingresso idrogeno (Massima)	45	°C
Temperatura uscita idrogeno	-10	°C
Potenza stimata	100	kW

## 8.2 Dispenser di H<sub>2</sub>

Il sistema di erogazione dell'idrogeno sarà quindi distinto in due diverse unità, una ad uso ferroviario ed una ad uso dei mezzi passeggeri su strada.

Entrambe le unità di erogazione dovranno essere conformi alle attuali normative e certificazioni richieste per la distribuzione di idrogeno gassoso in pressione.

Sarà possibile effettuare l'erogazione in simultanea da un dispenser lato ferroviario e un dispenser lato trasporto su strada, considerando che il sistema di tubazione dell'idrogeno in pressione venga dimensionamento per tale contemporaneità di funzionamento.

La rete di distribuzione dei dispenser sarà costituita da:

- n°2 dispenser a singola manichetta per l'erogazione di idrogeno gassoso a 350 barg per veicoli passeggeri pesanti su strada (03-D-03/04).
- n° 2 dispenser a singola manichetta per l'erogazione di idrogeno gassoso a 350 barg per motrici ferroviarie (03-D-01/02).
- Tutti i dispositivi di sicurezza per garantire un funzionamento sicuro dell'impianto, comprendenti ma non limitati a: sistemi di rilevamento perdite interne, pulsante di spegnimento di emergenza (ESD push button) e collegamento al sistema ESD dell'impianto.
- Sistemi di monitoraggio pressione all'interno degli ugelli di ogni manichetta, che possano fermare l'erogazione di idrogeno nello scenario di sovrappressione all'interno della manichetta.
- Sistemi di controllo della temperatura del gas in uscita dagli ugelli di ogni manichetta, che possano intervenire per fermare l'erogazione di idrogeno nello scenario la temperatura sia superiore ai limiti di sicurezza.
- Sistemi di monitoraggio vibrazioni, che possano intervenire nel caso sia superato il limite massimo e portare il distributore nello stato di ESD.

L'erogatore avrà consumi di energia trascurabili e utilizzerà Azoto o Aria strumenti per attivare le valvole interne e inertizzare il sistema, nel normale funzionamento operativo. Se il distributore è in stand by non sono previsti consumi relativi ad Azoto/ Aria strumenti.

Nella seguente tabella sono inseriti i principali parametri di dimensionamento dei dispenser per mezzi stradali 03-D-03/04.

Tabella 9. Caratteristiche 03-D-03/04

ITEM	VALORE	UNITA
Numero dispenser	2	
Numero erogatori	2	
Temperatura di erogazione	Ambiente	°C
Portata massima (per erogatore)	3,6	kg/min

In sede di progettazione è stata valutata insieme ai rifornitori di tale tecnologia una velocità massima di erogazione per dispenser autobus di 60 g/s, valore per cui si riescono ad ottimizzare i costi di gestione impianto.

Nella seguente tabella sono riportati i dati del dispenser ad uso mezzi ferroviari 03-D-01/02.

Tabella 10. Caratteristiche 03-D-01/02

ITEM	VALORE	UNITA
Numero dispenser	2	
Numero erogatori	2	
Temperatura di erogazione	<-10	°C
Portata massima (per singolo erogatore)	7,2	kg/min

La portata maggiore richiesta dei dispenser per uso ferroviario è necessaria a causa dei maggiori volumi di idrogeno necessari al riempimento dei serbatoi dei mezzi rotabili su ferro. In questo scenario si identificano infatti dei tempi di attesa di rifornimento molto superiori se previsti con le normali capacità di rifornimento di 60 g/s. Si è quindi reso necessario l'utilizzo di portante maggiori, che toccano valori massimi fino a 120 g/s, riducendo i normali tempi di attesa.

## 9. SCARICO REFLUI

### 9.1 Rigettato della package elettrolitica

Come visto precedentemente la sezione osmotica dell'elettrolizzatore avrà una corrente di acqua reflua, comunemente chiamata rigettato, nella quale saranno concentrati tutti i sali e composti chimici presenti nell'acqua di alimento iniziale, necessitando l'elettrolizzatore di un'acqua demineralizzata.

Attualmente, date le proprietà chimico-fisiche dell'acqua presa in esame è stata valutata, sulla base delle informazioni preliminari ricevute dai fornitori degli elettrolizzatori, una possibile composizione chimica attesa del rigettato di osmosi inversa.

Tabella 11. Probabili proprietà chimico fisiche del Rigettato osmotico

ITEM	VALORE	UNITA
Portata	223	kg/h
Salinità	878	mg/l
Cloruro	348	mg/l
Solfato	63	mg/l
Nitrato	14	mg/l
Calcio	91	mg/l
Magnesio	29	mg/l
Sodio	179	mg/l
Potassio	12	mg/l
Litio	<0.004	mg/l
Ferro	0,06	mg/l
Alluminio	0,08	mg/l
Manganese	0,03	mg/l
Arsenico	<0.02	mg/l
Cadmio	<0.004	mg/l
Nichel	<0.008	mg/l
Piombo	<0.008	mg/l
Bicarbonato	204	mg/l
Durezza	34	F°
Ammoniaca totale	1	mg/l
Cloro libero	2	mg/l
Fluoruro	1	mg/l
Nitrito	0,3	mg/l

La composizione reale del rigettato e la sua portata dovranno essere rivalutate in base alla qualità dell'acqua di approvvigionamento disponibile dall'ente locale idrico, e confrontati con la normativa vigente sullo scarico idrico in fognatura o in acque superficiali per reflui industriali, Allegato 5 del Decreto Legislativo 152 del 3 Aprile 2006. Infatti, a seconda della composizione chimica dell'acqua in ingresso all'elettrolizzatore, la quantità d'acqua richiesta al modulo di elettrolisi può essere superiore o inferiore di quella attualmente considerata. Generalmente si può considerare una quantità di rigettato pari al 30% in massa dell'acqua di alimento.

La corrente sopra definita rientra nei parametri chimico-fisici per lo scarico in fogna e in acque superficiali come previsto dal Decreto Legislativo 152 del 3 Aprile 2006 con la sola eccezione della quantità di Cloro libero che supera di poco i valori di legge. In questa fase è stato quindi previsto un trattamento con carboni attivi di quest'acqua per la rimozione del cloro così da rispettare totalmente i limiti previsti dal Decreto Legislativo 152.

## 9.2 Smaltimento acque meteoriche

Per quanto concerne le **acque di prima pioggia** delle aree pavimentate esse vengono recuperate mediante apposita rete di raccolta posta in underground lungo le aree pavimentate intorno agli impianti tecnologici, in particolare le aree pavimentate raccolte e inviate a opportuna vasca sono le seguenti:

- Area pavimentata zona compressori idrogeno
- Area pavimentata zona elettrolizzatori idrogeno
- Area pavimentata zona stoccaggio diesel tank gruppo elettrogeno (self-contained)
- Area pavimentata degli stoccaggi alta pressione (di circa 320 m2)

Quest'ultima area pur non prevedendo macchine rotanti lubrificate e sistemi con presenza di olii lubrificanti o grassi, viene conservativamente convogliata all'impianto di raccolta acque di prima pioggia.

Le altre aree, non contenenti impianti tecnologici, sono riempite con apposito brecciolino e appositi percorsi eseguiti tramite passerelle fisse in cemento prefabbricate a norma di legge atte al cammino degli operatori in totale sicurezza.

In particolare, le suddette aree pavimentate vengono dotate ove necessario di:

- Pozzetti prefabbricati in calcestruzzo con griglia in ghisa carrabile (catch basins)
- Manholes con chiusini in ghisa carrabile
- Canaline con grigliato carrabile
- Apposita rete underground con tubazioni in adeguato materiale plastico dedicata alle aree sopra elencate

Il dimensionamento della rete underground è eseguito secondo la normativa vigente e la regola dell'arte e per l'appunto prende in considerazione l'evento più gravoso tra erogazione impianto antincendio ed evento pioggia dimensionante previsto dalla normativa applicabile.

La **prima pioggia** in arrivo dalla suddetta rete di raccolta underground viene convogliata verso la vasca di accumulo tramite un pozzetto scolmatore o di by-pass, questo manufatto separa le "prime acque" ossia quelle potenzialmente inquinate ed oleose da quelle di seconda pioggia che teoricamente sono

pulite e non contaminate quindi pronte per essere convogliate allo scarico finale o ad ulteriore trattamento di disoleazione a coalescenza. Le acque di prima pioggia vengono accumulate temporaneamente in una o più vasche prefabbricate (realizzata/e ad esempio in cemento armato prefabbricato) dove avviene la sedimentazione delle sabbie e dei fanghi, la separazione delle acque di prima e di seconda pioggia viene garantita da una valvola anti-riflusso a galleggiante in acciaio inox installata all'ingresso della vasca di accumulo, successivamente (normalmente dopo 48-72-96- ore) grazie a una elettropompa sommersa a portata costante vengono avviate al trattamento di disoleazione separazione dei liquidi leggeri (scarico in tabella 3) o direttamente al ricettore finale (talvolta se i limiti richiesti dal gestore sono particolarmente restrittivi è necessario depurare maggiormente queste acque, pertanto, vengono installati filtri a quarzite e/o carboni attivi). A valle del trattamento a seconda dei casi può essere installato anche un piccolo pozzetto di prelievo dei campioni di dimensioni idonee a permetterne il campionamento, come nella figura di seguito mostrata a titolo di esempio.

Infine, l'area di produzione dell'impianto è circondata da una **strada** in conglomerato bituminoso collegata alla stazione di ricarica dell'idrogeno da un piazzale. Considerando che nell'area non sono previsti sversamenti di olii e grassi dovuti dall'attività di produzione dell'idrogeno, ma solo dall'eventuale ed infrequente passaggio dei mezzi sulla strada circostante (considerando 4 o 5 mezzi pesanti al giorno) si può optare (previo ulteriori e più approfondite verifiche) di raccogliere tali acque in parte tramite un canale acque esterno strada (a nord-ovest geografico dell'impianto) e in parte tramite una rete underground che confluisce in un collettore principale collegato alla rete generale esterna presente in prossimità della zona impianto e che poi convoglia direttamente al bacino di raccolta.

## 10. CONSUMO MATERIE PRIME

È previsto il seguente consumo di materie prime per il corretto funzionamento d'impianto:

Tabella 12. Materie prime consumate dall'impianto di produzione e distribuzione idrogeno

ITEM	STATO FISICO	UNITA'	CONSUMO
Acqua*	Liquido	m3/anno	7300 (ca)
Catalizzatori*	Solido**	kg/anno	32
Adsorbente*	Solido**	kg/anno	64
Resine ioniche*	Solido**	kg/anno	500
Filtri trattamento acque*	Solido**	N° item/anno	30
Azoto *	Gas	Nm3/h	TBD
Aria strumenti/impianto	Gas	Nm3/h	200

\*i consumi riportati sono stimati. Quelli reali saranno definiti dal fornitore selezionato per l'apparecchiatura in oggetto.

\*\*Il tipo di materiale verrà specificato dai fornitori selezionati.



Infine, l'idrogeno prodotto dall'impianto (circa 502 ton/h) sarà dedicato interamente (secondo i consumi richiesti dal cliente) come combustibile gassoso per mezzi di trasporto passeggeri (ferroviario e stradale) di nuova generazione.

## 11. SFIATI ALL'ATMOSFERA

I punti emissivi convogliati associabili al Progetto corrispondono a:

- sfiato di azoto da package elettrolisi, durante le operazioni di pulizia (fasi di manutenzione, avviamento e fermata del package di elettrolisi);
- sfiato continuo di ossigeno (satturo d'acqua) da elettrolizzatore, non superiore a 576 kg/h (in condizioni di pieno carico dell'elettrolizzatore);
- sfiati di idrogeno da elettrolizzatore e unità di purificazione ed essiccamento (correnti occasionali, qualora non venga raggiunta la purezza dell'idrogeno desiderata);
- sfiati di idrogeno da package stazione di rifornimento idrogeno (compressori, stoccaggi e dispenser);
- estrattori aria associati ai locali classificati ATEX.
- sfiato motopompa diesel di riserva del sistema antincendio, il cui utilizzo è previsto esclusivamente in caso di eventi eccezionali, associati a casi di indisponibilità di corrente elettrica e concomitante necessità di utilizzo dell'acqua antincendio;
- emissioni dovute al generatore di emergenza Diesel del gruppo Elettrogeno, utilizzante diesel come combustibile.

Questi ultimi due impianti si configurano come impianti di emergenza con potenza termica inferiore ad 1 MWth, pertanto derogati dall'autorizzazione alle emissioni ai sensi del Decreto Legislativo 152 del 2006, Articolo 272

Data la loro natura, le suddette correnti rilasciate in atmosfera sono pulite o comunque occasionali, strettamente funzionali al corretto e sicuro funzionamento degli impianti di Progetto.

## 12. RIFIUTI

Durante l'esercizio dell'impianto in oggetto, i rifiuti prodotti saranno limitati nei quantitativi ed essenzialmente riconducibili alle periodiche attività di pulizia e manutenzione dell'impianto stesso. Il deposito temporaneo di rifiuti avverrà in spazi opportunamente adibiti allo scopo. Il deposito temporaneo e il successivo trasporto e recupero/smaltimento dei rifiuti prodotti saranno effettuati secondo la normativa vigente in materia di gestione dei rifiuti.

La produzione di rifiuti annua stimata è riportata in tabella:

Tabella 13. Rifiuti prodotti dall'impianto di produzione e distribuzione idrogeno

ITEM	STATO FISICO	UNITA'	CONSUMO
Rigettato osmotico*	Liquido	m3/anno	2000 (ca)
Catalizzatori*	Solido**	kg/anno	32
Adsorbente*	Solido**	kg/anno	64
Resine ioniche*	Solido**	kg/anno	500
Filtri trattamento acque*	Solido**	N° item/anno	30

\*Le quantità di rifiuti riportate sono stimate. Quelli reali saranno definite dal fornitore selezionato per l'apparecchiatura in oggetto.

\*\*Il tipo di materiale verrà specificato dai fornitori selezionati.

## 13. RUMORE

Durante la fase di esercizio dell'impianto in oggetto è previsto il funzionamento delle seguenti principali sorgenti di rumore:

- container associati alla sezione di elettrolisi;
- compressori;
- trasformatori, inverter, cabine elettriche e di controllo;
- chiller per il rifornimento dei treni;

## 14. TRAFFICO INDOTTO

Il traffico indotto dall'esercizio dell'impianto in oggetto sarà sostanzialmente riconducibile ai treni ed agli autobus alimentati ad idrogeno che si recheranno alla stazione per il relativo rifornimento, alle autovetture impiegate dal personale dell'impianto e agli autocarri necessari per l'approvvigionamento del sistema azoto.

## 15. IMPIANTI ELETTRICI

### 15.1 Configurazione dell'impianto elettrico

L'impianto di produzione idrogeno è alimentato in media tensione dalla cabina elettrica "Consegna ENEL" tramite una propria cabina elettrica. Sono previste:

#### 15.1.1 CABINA ELETTRICA "CONSEGNA ENEL"

Fuori dal Lotto è prevista la realizzazione della cabina elettrica di "Consegna ENEL" dove l'ente distributore dell'energia elettrica alimenterà in Media tensione la cabina elettrica "Utente Deposito", la cabina elettrica "Utente Stazione Mamuntanas" e la cabina "Utente Elettrolizzatore/Fotovoltaico". Tutto come rappresentato negli schemi allegati.

In particolare, nella cabina elettrica "Utente Elettrolizzatore/Fotovoltaico" sono posizionati:

- Il quadro elettrico di media tensione "QMT0-EFV" che alimenta a sua volta il quadro elettrico di media tensione dell'Impianto Idrogeno e si collega con l'ultima cabina elettrica dell'impianto Fotovoltaico, realizzando lo scambio Impianto Fotovoltaico/Rete ENEL, come descritto negli elaborati specifici;
- Il quadro elettrico di bassa tensione "Quadro Generale BT Consegna Elettrolizzatore" che provvede ad alimentare le utenze ausiliarie della cabina stessa e gli ausiliari delle tre cabine elettriche dell'impianto Fotovoltaico, al fine di evitare il loro fuori servizio in caso di mancata alimentazione delle stesse da parte dell'ENEL. Il suddetto quadro elettrico è alimentato in bassa tensione dal trasformatore elettrico MT/BT 15,0/0,4 kV della potenza di 160 kVA posizionato nella cabina stessa. Tutto come rappresentato negli schemi allegati.

Nella cabina sono inoltre previste le seguenti impianti/apparecchiature:

- Impianto di illuminazione normale e di emergenza;
- Impianto di forza motrice di servizio;
- Impianto di rivelazione fumi;
- Impianto ausiliario con UPS di gestione relè QMT;
- Impianto di terra;
- Sganci di emergenza.

### 15.1.2 CABINA ELETTRICA “IMPIANTO IDROGENO”

Nel sito dell’Impianto di produzione dell’idrogeno è prevista la realizzazione di una apposita cabina elettrica dove è posizionato il quadro elettrico di media tensione “QMT1-EFV” alimentato dalla suddetta cabina elettrica “Utente Elettrolizzatore/Fotovoltaico”. Il suddetto quadro alimenta in media tensione i due elettrolizzatori (ciascuno da 2 MVA) e i due trasformatori MT/BT 15,0/0,4 kV della potenza ciascuno di 1.000 kVA, uno di riserva all’altro.

Nella suddetta cabina è anche posizionato il quadro elettrico di bassa tensione “Quadro Generale BT Elettrolizzatore” che provvede ad alimentare tutte le utenze in bassa tensione dell’impianto, descritte nei precedenti capitoli. Come rappresentato negli schemi allegati e descritto nei precedenti capitoli, il QGBT è suddiviso in tre sezioni:

- Utenze elettriche “Normali”, quali ad esempio il “Chiller”, alimentate solo dalla rete ENEL;
- Utenze elettriche “Privilegiate”, quali ad esempio gli “Air Compressor Skid” che sono normalmente alimentate dalla rete ENEL ma che, in caso di guasto della stessa, sono alimentate, tramite un interruttore di commutazione, da un Gruppo elettrogeno che è stato previsto della potenza di 250 kVA;
- Utenze elettriche “Continuità Assoluta”, quali ad esempio la Control Room che sono normalmente alimentate dalla rete ENEL ma che, in caso di guasto della stessa, sono alimentate, tramite un interruttore di commutazione, da due UPS ridondati ciascuno della potenza di 40 kVA.

Le elettropompe antincendio a servizio degli idranti e degli sprinkler saranno alimentate subito a valle dei trasformatori MT/BT, senza interposizione di interruttori di protezione, tramite un dispositivo di commutazione automatico fra i due trasformatori elettrici.

Nella cabina sono inoltre previste le seguenti impianti/apparecchiature:

- Impianto di illuminazione normale e di emergenza;
- Impianto di forza motrice di servizio;
- Impianto di rivelazione fumi;
- Impianto ausiliario con UPS di gestione relè QMT;
- Impianto di terra;
- Sganci di emergenza.

## 15.2 Componenti principali dell’impianto elettrico

Nel seguito sono indicate le caratteristiche dei principali componenti dell’impianto elettrico di potenza a servizio dell’Impianto Idrogeno.

### 15.2.1 QUADRI ELETTRICI DI MEDIA TENSIONE

I quadri elettrici di media tensione (MT) e gli apparati MT in genere, saranno costruiti ed equipaggiati con apparecchiature compatibili con i parametri di consegna energia, saranno idonei al luogo di installazione e dimensionati almeno per le seguenti caratteristiche:

Tabella 14. Caratteristiche Quadri elettrici MT

ITEM	VALORE	UNITA
Tensione nominale	24	kV
Tra le fasi verso massa	50	KV 50 Hz / 1 mn
Sul sezionamento	60	mg/l
Tra le fasi verso massa	125	1 kV picco 1,2/50 µs
Sul sezionamento	145	
Corrente nominale delle sbarre	630 – 1250	A
Corrente nominale Interruttore	630 – 1250	A
Corrente di breve durata	12,5 – 16 – 20	kA/1s
Tenuta Arco interno (AFL)	12,5	kA/1s
Tenuta Arco interno (AFLR)	12,5 – 16 – 20	kA/1s

#### Grado di protezione

Le unità funzionali dovranno avere i seguenti gradi di protezione:

Involucro esterno: IP 3X  
Diaframmi interni fra compartimenti: IP 20  
Impatto meccanico: IK 08

#### Compartimenti

Le unità funzionali costituite da un semplice arrivo linea oppure da risalita sbarre perciò senza nessuna compartimentazione saranno di tipo LSC1(loss of service continuity) come definite dalla norma CEI EN 62271-200.

Le unità funzionali LSC2A (loss of service continuity) e PI (Partition Class) come definite dalla norma CEI EN 62271-200 dovranno essere costituite da due compartimenti elettricamente indipendenti:

- Compartimento sbarre omnibus
- Compartimento apparecchiature MT

Il compartimento sbarre sarà situato nella parte superiore dell'unità funzionale; tutti i compartimenti saranno accessibili dal fronte o dall'alto dello scomparto.

#### Connessioni cavi

L'arrivo dei cavi MT viene realizzato nella parte inferiore di ogni unità funzionale, oppure se presente nel cassonetto arrivo cavi dall'alto.

Il collegamento dei cavi MT verrà effettuato dal lato anteriore o dal tetto dell'unità funzionale. I terminali dei cavi dovranno essere collegati mediante bulloni.

L'accesso al compartimento di collegamento dei cavi MT dipenderà dalla preventiva chiusura del sezionatore di messa a terra dei cavi oppure, ove non presente, dovrà essere prevista opportuna targa monitoria sulla copertura.

Sugli attacchi cavi dovranno essere previste dei sensori per la rilevazione della temperatura delle connessioni in modo di rilevare prontamente eventuali sovratemperature anomale. Questi sensori dovranno essere autoalimentati dal circuito principale di media tensione e connettersi in modo wireless per ridurre l'impatto sull'unità MT.

### **Monitoraggio termico**

Per ridurre il rischio di incendio deve essere previsto un sistema di monitoraggio termico, che raccoglie il segnale dai sensori termici installati sulle connessioni MT. Il sistema può inglobare anche il monitoraggio delle condizioni ambientali in cui lavorano le apparecchiature elettriche (temperatura, umidità e presenza acqua).

Per effettuare le verifiche non deve essere necessario nessuna messa fuori servizio dell'impianto e non si devono prevedere forature aggiuntive sui pannelli. Deve essere preferito il monitoraggio continuo e da distanza, in alternativa viene accettato anche il monitoraggio in loco.

### **Tenuta all'arco interno**

Per la soluzione a tenuta all' Arco Interno, i test dovranno essere eseguiti secondo la norma CEI EN 62271-200 allegato A criteri da 1 a 5, accessibilità classe A "accessibilità limitata al personale autorizzato".

La certificazione dovrà essere IAC AFL o IAC AFLR come descritto nella normativa citata al fine di assicurare la massima protezione e sicurezza agli operatori.

### **Mitigazione dell'arco elettrico**

In aggiunta alla protezione all'arco interno realizzata dal quadro MT, per aumentare la sicurezza degli operatori e per ridurre gli eventuali danni causati da un arco elettrico, le unità funzionali dovranno essere corredate da sensori ottici e da relè in grado di comandare molto rapidamente l'interruttore preposto per l'estinzione dell'arco (rilevazione e trip in 1÷15ms).

### **Architettura e involucri**

Le unità funzionali dovranno essere del tipo "apparecchiatura con involucro metallico" secondo la definizione della norma CEI EN 62271-200.

Le strutture portanti che compongono l'involucro, dovranno essere realizzate in acciaio, di spessore 2 mm.

Le unità funzionali dovranno essere affiancabili e modulari in modo da permettere eventuali futuri ampliamenti sui lati del quadro.

### **Continuità di servizio**

Le unità funzionali dovranno avere classificazione LSC2 al fine di poter mantenere in servizio le altre unità funzionali che fanno parte del quadro e le sbarre omnibus in caso di apertura del compartimento MT e/o intervento sull'unità funzionale.

Le unità funzionali che non hanno nessuna compartimentazione avranno categoria LSC1

### **Apparecchiature**

Al fine di garantire l'efficienza e l'affidabilità dell'intera unità funzionale, tutte le apparecchiature di potenza (interruttore, sezionatore di linea, sezionatore di terra) e di misura/protezione (relè di protezione, TA...) dovranno obbligatoriamente essere realizzate dallo stesso costruttore del quadro o da aziende appartenenti allo stesso gruppo.

Tutti i comandi delle apparecchiature dovranno essere posizionati sul fronte dell'unità funzionale.

Le unità funzionali saranno equipaggiate dai seguenti componenti:

#### Interruttore

L'interruttore sarà progettato in conformità alla norma CEI EN 62271-100.

Il mezzo di interruzione usato sarà la tecnologia in vuoto in accordo alla normativa CEI EN 62271-1.

Sarà oggetto di rapporti di prove emessi da un laboratorio riconosciuto e accreditato da un organismo internazionale.

In ogni caso l'interruttore ed il suo dispositivo di comando dovranno avere come minimo le seguenti caratteristiche di durata:

Numero di operazioni: 10000.

Numero di interruzione alla corrente nominale: 10000.

#### Interruttore di manovra-sezionatore (IMS)

L'interruttore di manovra-sezionatore dovrà essere conforme alla norma CEI EN 62271-103.

L'interruttore di manovra-sezionatore dovrà essere contenuto in un involucro "sigillato a vita", (CEI EN 62271-1) di resina epossidica, il mezzo di interruzione dovrà essere il vuoto con isolamento dielettrico garantito da aria secca (GWP=0) senza alcun utilizzo di gas SF6 o equivalenti. Il sezionatore dovrà avere tre posizioni, Chiuso sulla linea, - Aperto, - Messo a terra

Il potere di chiusura della messa a terra dell'IMS sarà uguale a 2.5 volte la corrente nominale ammissibile di breve durata. I comandi dei sezionatori saranno posizionati sul fronte dell'unità funzionale. Gli apparecchi saranno azionabili mediante una leva asportabile e con sistema "anti-reflex" in modo da assicurare la sicurezza degli operatori. Dovrà essere possibile, ove richiesto, la possibilità di poter motorizzare il comando del sezionatore mantenendo in servizio il sistema di sbarre omnibus orizzontali.

Il comando dell'IMS dovrà essere in materiale composito per essere adatto ad utilizzo in ambienti inquinati e per ridurre la necessità di manutenzione.

In ogni caso l'IMS ed il suo dispositivo di comando dovranno avere come minimo le seguenti caratteristiche di durata:

Numero di operazioni: 10000.

Numero di interruzione alla corrente nominale: 10000.

#### Sezionatore

Il sezionatore dovrà essere conforme alla norma CEI EN 62271-102.

Il sezionatore dovrà essere contenuto in un involucro "sigillato a vita", (CEI EN 62271-1) di resina epossidica, con isolamento dielettrico garantito da "aria secca" (GWP=0) senza alcun utilizzo di gas SF6 o equivalenti. Il sezionatore dovrà avere a tre posizioni, Chiuso sulla linea, - Aperto, - Messo a terra

I comandi dei sezionatori saranno posizionati sul fronte dell'unità funzionale. Gli apparecchi saranno azionabili mediante una leva asportabile e con sistema "anti-reflex" in modo da assicurare la sicurezza degli operatori.

Il comando del sezionatore dovrà essere in materiale composito per essere adatto ad utilizzo in ambienti inquinati e per ridurre la necessità di manutenzione.

In ogni caso il sezionatore ed il suo dispositivo di comando dovranno avere come minimo le seguenti caratteristiche di durata:

Numero di operazioni: 5000.

Numero di interruzione alla corrente nominale: 5000.

### Sezionatore di terra

I cavi MT dovranno essere messi a terra per mezzo di un sezionatore di terra conforme alle norme CEI EN 62271-102.

Nelle unità interruttore o con IMS combinato con fusibili dovrà essere possibile verificare visivamente la posizione del sezionatore di terra sui cavi MT tramite un apposito oblò.

I comandi del sezionatore di terra saranno posizionati sul fronte dell'unità funzionale. L'apparecchio dovrà essere azionabile mediante una leva asportabile e con sistema "anti-reflex" in modo da assicurare la sicurezza degli operatori. La manovra del sezionatore di terra potrà essere impedita mediante blocchi a chiave o l'uso di uno o più lucchetti.

### Sistema di Protezione e Controllo

Le unità funzionali dovranno essere dotate di relè di protezione di tipo "universale" che integrano come minimo le protezioni 50, 51, 50N, 51N, 67, 67N per essere adatte nella maggior parte degli utilizzi. Le protezioni dovranno avere un display grafico liberamente configurabile e web server per facilitare la programmazione.

### Trasformatori di corrente

I trasformatori di corrente saranno trasformatori convenzionali in conformità alle norme internazionali.

Saranno realizzati in resina epossidica.

### Trasformatori di corrente elettronici

I trasformatori di corrente elettronici in scatolato termoplastico, con isolamento 0,72 kV adatti al montaggio su cavo MT, avranno l'uscita in mV.

### Trasformatori di tensione

I trasformatori di tensione saranno trasformatori convenzionali conformi alle norme internazionali. Saranno realizzati in resina epossidica.

### Dispositivi di blocco

L'interruttore ed i sezionatori dovranno poter essere bloccati in una qualsiasi delle loro posizioni mediante serrature a chiave e/o lucchetti.

## **Prove**

Il quadro dovrà essere certificato per le seguenti prove:

- Prova di tenuta dielettrica ad impulso.
- Prova di tenuta dielettrica alla frequenza industriale.
- Prova di riscaldamento.
- Prova di tenuta alla corrente di breve durata ammessa (sia sul circuito di potenza che su quello di terra).
- Prova di durata meccanica (interruttore e sezionatori).
- Verifica del grado di protezione.
- Verifica del potere di interruzione e di chiusura degli interruttori.
- Verifica del potere di stabilimento del sezionatore di terra
- Prova di tenuta all'arco interno

Le prove saranno effettuate in accordo alle corrispondenti norme CEI/IEC.



### 15.2.2 QUADRI ELETTRICI DI BASSA TENSIONE

I quadri elettrici di bassa tensione (BT) saranno costruiti ed equipaggiati con apparecchiature compatibili con i parametri di consegna energia, saranno idonei al luogo di installazione e dimensionati almeno per le seguenti caratteristiche:

- Tensione nominale e d'esercizio: 400 V
- Numero delle fasi: 3 F+N
- Frequenza nominale: 50-60 Hz
- Corrente nominale sbarre vedi schema
- Durata nominale del corto circuito: 1"
- Grado di protezione sul fronte: IP43
- Grado di protezione a porta aperto: IP20
- Accessibilità quadro: dal fronte

Caratteristiche generali dei quadri BT:

- I quadri elettrici sono realizzati con montanti in profilato di acciaio e pannelli di chiusura in lamiera ribordata di spessore non inferiore a 20/10 mm;
- Il quadro è chiuso su ogni lato con pannelli asportabili a mezzo di viti, le porte sono corredate di chiusura a chiave ed il rivestimento frontale è costituito da cristallo temprato;
- I quadri elettrici sono completi di telaio e controtelaio da fissare a pavimento e golfari di sollevamento;
- Le colonne sono suddivise in scomparti predisposti per l'installazione di interruttori di tipo modulare o scatolato;
- Tutte le apparecchiature sono fissate su guide o su pannelli fissati su apposite traverse di sostegno;
- Sul pannello frontale sono previste le feritoie per consentire il passaggio degli organi di comando ed ogni apparecchiatura è contrassegnata da targhette che ne identifica il servizio concordemente allo schema funzionale;
- I componenti interni al quadro sono identificati con una targhetta adesiva e la siglatura è conforme allo schema funzionale;
- Le canaline isolate per il contenimento dei cablaggi interni al quadro sono autoestinguenti e a bassa emissione di gas tossici;
- I cablaggi interni al quadro sono in cavetto unipolare flessibile tipo N07G9-K di sezione minima 2,5 mm<sup>2</sup> per i circuiti di potenza e di 1,5 mm<sup>2</sup> per i circuiti ausiliari e sono identificati come da schema funzionale;
- Tutte le parti metalliche del quadro elettrico sono messe a terra in conformità a quanto prescritto dalla normativa CEI 17-13/1;
- Per garantire una efficace resistenza alla corrosione, la struttura ed i pannelli sono opportunamente trattati e verniciati con polveri termoindurenti a base di resine epossidiche mescolate con resine poliesteri, colore a finire RAL 1019 con spessore minimo di 70 micron.
- Pannello dedicato alle apparecchiature di regolazione/BMS.

### 15.2.3 CAVI

I cavi utilizzati all'interno dell'area in oggetto dovranno essere conformi al CPR 305/2011 e dovranno essere opportunamente dimensionati e posati secondo quanto previsto dalle normative.

Per l'alimentazione delle utenze BT saranno utilizzati:

- condotti sbarre blindati con involucro in acciaio zincato e conduttori in rame o alluminio, separati mediante isolatori in materiale plastico autoestinguente, completi di cassette di derivazione con dispositivo di sezionamento;
- cavi FG16OM16-0,6/1kV non propaganti l'incendio ed a bassa emissione di fumi e gas tossici a norme CEI 20-22/2
- cavi FG16OR16-0,6/1kV non propaganti l'incendio di fumi e gas tossici a norme CEI 20-22/20-37/20-38-CPR (impianti esterni);
- cavi FG18OR16-0,6/1kV non propaganti l'incendio, non provocanti la fiamma, zero emissione di alogeni, bassissima emissione fumi, gas tossici e corrosivi, buona resistenza agli oli e ai grassi industriali e buon comportamento alle basse temperature, a norme CEI 20-38 ;
- cavi FTG18(O)M16-0,6/1kV non propaganti l'incendio e resistenti al fuoco per 3 ore a norme CEI 20-38/20-37, impiegati nei circuiti di sicurezza, quali l'alimentazione dell'illuminazione di emergenza, gli impianti antincendio in generale.
- Per alimentazioni specifiche potranno anche essere impiegati cavi unipolari tipo FG17, comunque sempre entro tubazioni in vista o incassate, o sistemi chiusi simili. Il cavo è adatto anche per la posa direttamente interrata o tubo interrato secondo le prescrizioni della norma CEI 20-17.

### 15.2.4 MONITORAGGIO ENERGETICO

È prevista la realizzazione di un sistema per il monitoraggio e la gestione dell'energia mediante l'acquisizione, la visualizzazione, l'analisi ed il report dei dati. Il sistema dovrà garantire le seguenti funzionalità:

- Monitoraggio e allarmistica del sistema di distribuzione elettrica,
- Gestione della capacità del sistema elettrico,
- Monitoraggio della qualità dell'energia,
- Gestione di sistemi con diverse fonti di alimentazione,
- Monitoraggio continuo della temperatura all'interno dei quadri di MT e BT,
- Monitoraggio delle impostazioni degli interruttori,
- Test sui generatori di emergenza,
- Analisi degli eventi sull'impianto elettrico,
- Analisi di utilizzo dell'energia e Benchmarking energetico,
- Verifica della bolletta elettrica,
- Analisi e verifica delle prestazioni energetiche.

Il sistema dovrà includere un'interfaccia di analisi delle forme d'onda in grado di mostrare il diagramma interattivo di fasori e armoniche (tensione e corrente).

Il sistema dovrà supportare i dispositivi per la distribuzione di energia ed il monitoraggio della qualità dell'alimentazione quali analizzatori di rete programmabili, misuratori di potenza, quadri elettrici dotati di interruttori comunicanti, UPS, filtri attivi di armoniche, banchi di condensatori, sensori termici dedicati al monitoraggio all'interno dei quadri elettrici.

Il sistema dovrà essere conforme alla ISO50001/50002 e agli standard di Cybersecurity secondo la IEC62443.

## 16. SISTEMA DI CONTROLLO, TELECOM E STRUMENTAZIONE

### 16.1 Sistema Integrato di Controllo e Sicurezza (ICSS)

In generale, l'impianto è controllato, monitorato e protetto da un sistema integrato di controllo e sicurezza (ICSS).

L'ICSS deve svolgere funzioni di supervisione, controllo e sicurezza e deve fornire all'operatore informazioni in continuo e una visione semplice delle unità dell'impianto.

L'ICSS sarà progettato in modo da consentire un'espandibilità modulare, per soddisfare le esigenze di gestione dei dati e dei dispositivi del progetto. Il sistema deve essere sufficientemente scalabile per poter essere configurato per un'ampia gamma di requisiti di processo a livello di loop e di componenti, senza modifiche all'hardware ed evitando la sostituzione dell'intero sistema.

#### 16.1.1 OVERVIEW DI FUNZIONAMENTO

Il sistema ICSS sarà composto almeno dai seguenti sottosistemi/apparecchiature:

- DCS: Sistema di controllo di processo
- ESD: Sistema di arresto di emergenza
- F&G: Sistema di rivelazione incendi e gas
- ICSS HMI: Interfaccia uomo-macchina
- EWS: Postazione software
- Stampanti
- Server
- Firewall

Altre apparecchiature/applicazioni ausiliarie come:

- Sistema di gestione degli allarmi
- Sistema di archiviazione e recupero dati Historian

Secondo la norma IEC 61511 e la norma ISA 84, ogni livello di protezione (ad esempio: livelli di controllo e di sicurezza) deve essere inequivocabilmente indipendente, al fine di evitare guasti di causa comune, ridurre al minimo gli errori sistematici e garantire la sicurezza contro accessi non intenzionali, sabotaggi e attacchi informatici.

Le metodologie e le pratiche ISA/IEC 62443 sono comunemente citate all'interno di IEC 61511, IEC 61508 e ISA-84, identificando ulteriormente che la Cybersecurity deve essere incorporata nell'ICSS. Il team di progetto può specificare ulteriori requisiti, se necessari, a livello di cybersecurity.

In caso di malfunzionamento di qualsiasi sottosistema, i sistemi di sicurezza porteranno automaticamente le unità in una condizione di sicurezza.

Il funzionamento del sistema è mostrato nell'architettura del sistema di controllo e il layout nella rispettiva planimetria

L'ICSS deve poter essere interfacciato con sistemi terzi/package. Il fornitore, di sistemi terzi/package, dovrà includere nella fornitura tutto ciò che è necessario per fornire un sistema completamente funzionante: tutti gli ICSS (DCS, ESD e F&G) e gli altri dispositivi elettronici di terze parti saranno sincronizzati temporalmente, in modo che gli eventi siano marcati con l'ora comune del sistema, da un'unica fonte esterna, un ricevitore GPS, che distribuirà i messaggi di sincronizzazione temporale ai sistemi.

Tutte le informazioni richieste dagli operatori, sia per il monitoraggio, la visualizzazione degli allarmi, l'archiviazione o la salvaguardia dell'impianto, devono essere presentate tramite l'interfaccia uomo-macchina dell'ICSS.

Solo il personale autorizzato potrà visualizzare le configurazioni software e hardware attive e implementare le modifiche approvate; devono essere previsti criteri di sicurezza per impedire l'accesso non autorizzato ai programmi.

L'ICSS si baserà sulla più recente tecnologia multifunzione e sarà basato su microprocessore. La tipologia di architettura dell'ICSS consisterà in schede di I/O distribuite, controllori di processo e apparecchiature per l'elaborazione dei dati.

L'ICSS funzionerà in modalità autonoma, riducendo al minimo l'impatto potenziale di qualsiasi perdita di comunicazione inter-nodale.

Per garantire l'integrità del sistema, tutti i controllori dovranno essere in grado di funzionare o comunicare in modo autonomo senza l'ausilio di una console o di un sistema di controllo della rete ICSS o di altro hardware di supporto ad eccezione dell'alimentazione.

Tutti i nodi ICSS devono essere interconnessi tramite reti ridondanti. Sono previsti due diversi livelli di Bus di comunicazione ridondanti per lo scambio di dati di processo (Process Bus) e per lo scambio di dati di sicurezza (Safety Bus).

## 16.2 TECNOLOGIA DEL SISTEMA DCS

Il DCS esegue il controllo del processo e monitora le apparecchiature dell'impianto. La rete DCS deve fornire prestazioni in tempo reale al fine di integrare e scambiare informazioni con altri dispositivi del sistema attraverso supporti e protocolli di comunicazione specifici.

Il sistema sarà composto da hardware, software di sistema e firmware standard del produttore, configurabili in base alle esigenze per soddisfare i requisiti indicati.

I controllori del DCS saranno in grado di combinare l'acquisizione dei dati, il batch sequenziale, il controllo continuo e il controllo del processo da una sala di controllo centrale.

### 16.2.1 FUNZIONI DEL DCS

Il DCS deve fornire, come minimo, le seguenti funzioni:

- Controllare e monitorare i sistemi di processo e di sotto servizi.
- Comunica con i sistemi di controllo terzi, per presentare una panoramica completa di controllo e stato all'operatore, sulle postazioni di lavoro.
- Generare visualizzazioni per l'operatore, compresi grafici interattivi, stato degli allarmi, trend in tempo reale e storici e report sulla produzione.
- Fornire all'operatore strutture per il controllo della produzione, l'avvio dell'impianto in standby, la regolazione dei setpoint dei controllori.
- Fornisce la segnalazione e la registrazione degli allarmi e la possibilità di stampare i rapporti sugli allarmi e sugli eventi.
- Esecuzione di routine automatiche di autocontrollo e fornitura di allarmi di guasto del sistema e diagnostica dei guasti, insieme a rapporti stampati.
- Controllo PID, funzioni di avanzamento, logica funzionale e sequenziale.
- Funzioni matematiche
- Avvio automatico delle apparecchiature di riserva quando lo si desidera o in caso di guasti o di mancato funzionamento dell'unità di base.
- Trasferimento senza interruzioni tra tutte le modalità di controllo (ad es. manuale, automatico, in cascata).

Il controllo delle unità di processo e delle utenze viene eseguito e realizzato attraverso le console operative del DCS, incluse nella stazione operatore HMI.

Uno dei compiti principali del DCS è quello di ridurre il numero di richieste ai sistemi ESD/F&G. Una richiesta ai sistemi ESD/F&G implica che il sistema di controllo non è riuscito a mantenere il processo entro i limiti di sicurezza e il processo si affida ora al sistema ESD/F&G per proteggersi dal pericolo.

## 16.2.2 REQUISITI DI SEGREGAZIONE DCS

Gli I/O di campo devono essere raggruppati e assegnati alle CPU utilizzando le seguenti linee guida come buona pratica ingegneristica e non come criterio di dimensionamento:

- Gli ingressi e/o le uscite per apparecchiature multiple (ad esempio, pompe, compressori, ecc.) devono utilizzare moduli separati per ridurre al minimo l'impatto del guasto di un singolo modulo.
- L'assegnazione delle CPU deve essere progettata in base alla segregazione dell'area di processo; come linea guida, i principali criteri di segregazione da seguire devono essere basati sugli aspetti funzionali (ad esempio: CPU per le unità di processo, CPU per i collegamenti seriali, ecc.)
- La comunicazione peer to peer tra le CPU attraverso la rete di comunicazione DCS deve essere ridotta al minimo.
- In caso di apparecchiature multiple, ogni scheda I/O non deve includere più di un'apparecchiatura.
- Se sensori/dispositivi indipendenti sono dedicati al monitoraggio di una variabile di processo simile (a causa della ridondanza della misura/azione), gli ingressi/uscite devono essere collegati a schede di I/O diverse per ottenere la massima affidabilità.

## 16.3 SISTEMA DI SICUREZZA (ESD e F&G)

L'ESD e F&G sono i sistemi di controllo che portano il processo a uno stato di sicurezza in situazioni pericolose o che potrebbero dare origine a un pericolo se non si interviene. Eseguono funzioni di sicurezza (SIF), e agiscono per prevenire il pericolo o attenuarne le conseguenze.

Il sistema F&G per gli edifici e le applicazioni interne è gestito dalla centrale antincendio (FACP) che è un sistema dedicato, secondo il codice NFPA 72 o il codice EN 54, e sarà interfacciato all'ESD. Il FACP dovrà essere della stessa tecnologia dell'ESD per essere in linea con il concetto di Sistema Integrato.

I sistemi ESD e F&G devono essere avviati automaticamente, tramite i dispositivi di sicurezza del processo, e/o manualmente tramite i pulsanti di emergenza, per portare l'impianto a un livello di sicurezza. Le attuazioni devono rimanere attive e funzionanti per il tempo necessario a eseguire un'evacuazione (protezione del personale) e a portare l'impianto a un livello di sicurezza.

I sistemi ESD e F&G devono essere progettati e installati in conformità alle norme IEC 61508 / IEC 61511.

### 16.3.1 TECNOLOGIA DEI SISTEMI ESD E F&G

I sistemi di sicurezza sono composti da hardware, software di sistema e firmware standard del produttore, configurabili in base ai requisiti indicati. Il sistema di sicurezza sarà a prova di guasto, tollerante ai guasti e auto testante, composto da processori multipli (architettura doppia, tripla o quadrupla) con un'architettura modulare, con componenti e funzioni adeguate a raggiungere un'alta affidabilità e un'alta integrità per il sistema.

La selezione e l'architettura delle funzioni di salvaguardia, compreso il numero di iniziatori di intervento (trasmettitori), devono essere in linea con le esigenze del sistema e devono essere conformi al SIL richiesto, determinato tramite la norma IEC 61508 / IEC61511. Pertanto, devono essere effettuate opportune revisioni del SIL per stabilire i livelli target e gli intervalli di prova. Come minimo, ogni risolutore logico SIS deve essere certificato SIL 3, sia per l'hardware che per il software applicativo.

Tutti i rilevatori/dispositivi F&G (ad esempio, pulsanti di emergenza in campo) e gli elementi finali (ad esempio, relè, elettrovalvole, ecc.) collegati al sistema F&G devono essere indipendenti e conformi almeno a SIL 2 e certificati da un ente terzo riconosciuto.

La tecnologia di "tipo indirizzabile" è accettabile per quei rivelatori/dispositivi (ad es. fumo, calore, dispositivi di allarme visivi e acustici, ecc.) che hanno ottenuto le certificazioni pertinenti alla funzione della variabile fisica da monitorare e al sito ambientale finale.

La filosofia fail-safe prevede che i circuiti di arresto e gli elementi logici siano progettati per essere eccitati durante il funzionamento normale e diseccitati per l'intervento per la funzione ESD, mentre diseccitati durante il funzionamento normale e eccitati per la funzione F&G.

### 16.3.2 FUNZIONI DEI SISTEMI ESD E F&G

Il sistema ESD deve svolgere almeno le seguenti funzioni:

- Salvaguardia del processo e dei sistemi di utilità.
- Interfaccia con i sistemi di controllo terzi e con i sistemi elettrici per arrestare le apparecchiature.
- Fornire all'operatore una panoramica completa del controllo e dello stato attraverso la stazione operatore HMI.
- Fornire la registrazione di sequenze di eventi di spegnimento e trasferire le informazioni al server di gestione degli allarmi per la visualizzazione.
- Eseguire routine di autocontrollo automatico e fornire allarmi di guasto del sistema e diagnostica dei guasti.
- Garantire l'isolamento e lo spegnimento sicuro delle apparecchiature in condizioni di guasto, anomalie di processo, perdite o incendio attraverso i suoi sistemi di rilevamento e intraprendere le azioni esecutive necessarie per mettere l'impianto in stato di sicurezza.
- Avviare automaticamente le azioni pre programmate, al rilevamento di condizioni di processo anormali e di pericolo, oppure mediante attivazione manuale.

Il sistema F&G deve svolgere almeno le seguenti funzioni:

- Rilevare gas e incendi che possono mettere in pericolo la sicurezza del personale, causare danni all'impianto e all'ambiente.
- Interfacciamento con i sistemi di controllo terzi, per arrestare le apparecchiature come richiesto.
- Interfaccia con il sistema ESD per spegnere le strutture dell'impianto e con i sistemi di telecomunicazione e di sicurezza per avviare il processo di spegnimento.
- Attivare allarmi acustici e visivi.
- Fornire all'operatore una panoramica completa del controllo e dello stato attraverso la stazione operatore HMI.
- Fornire la registrazione degli allarmi e della sequenza di eventi dei rilevatori e trasferire le informazioni al server di gestione degli allarmi per la visualizzazione.
- Eseguire routine di autocontrollo automatico e fornire allarmi di guasto del sistema e diagnostica dei guasti.

### 16.3.3 REQUISITI DI RIDONDANZA ESD & F&G

Per garantire un elevato livello di integrità, i sistemi ESD e F&G saranno implementati su base ridondante. Pertanto, tutti i principali componenti del sistema (come il bus di sistema, la CPU e il relativo software, la rete, ecc.) devono essere ridondanti; per le schede di I/O da ridondare, fare riferimento a quanto segue.

La configurazione deve mantenere il pieno controllo in caso di guasto. Il trasferimento allo standby deve essere automatico, allarmato e non deve avere alcun effetto sul funzionamento del sistema di sicurezza. Non sarà necessario alcun componente/cablaggio esterno aggiuntivo a tale scopo.

Quando la tecnologia di I/O selezionata non consente la ridondanza della scheda fisica/modulo deve essere prevista una ridondanza di campo, per cui il segnale di I/O in questione può essere non ridondante.

Nel caso di sistemi basati sulla tecnologia Triple Modular Redundant (TMR), la ridondanza è intrinsecamente incorporata nella stessa scheda di I/O TMR ed è tecnicamente accettabile. In tal caso, non è necessaria alcuna azione per raggiungere il livello di disponibilità e affidabilità richiesto, ma la capacità di sostituzione a caldo di una scheda di I/O TMR deve essere garantita con uno slot libero accanto a ciascuna scheda.

### 16.3.4 REQUISITI DI SEGREGAZIONE ESD & F&G

In generale, gli ingressi e/o le uscite per più apparecchiature (ad esempio: pompe, compressori, ecc.) devono utilizzare schede separate per ridurre al minimo l'impatto del guasto di una singola scheda.

Le schede di ingresso e uscita devono essere raggruppate in gruppi di I/O e assegnate alle CPU secondo le seguenti linee guida come buona pratica ingegneristica:

- La comunicazione peer to peer tra le CPU attraverso la rete di comunicazione deve essere ridotta al minimo.
- In caso di apparecchiature multiple, ogni scheda di I/O non deve includere più di un'apparecchiatura.
- I sensori e gli elementi finali (ad esempio: trasmettitori, elettrovalvole e rivelatori/dispositivi F&G) da utilizzare nella logica di voting (ad es. 2oo2, 2oo3 o 2ooN) devono essere cablati a set di I/O hardware separati e tolleranti ai guasti hardware.

## 16.4 INTERFACCIA DI SUPERVISIONE (HMI)

Tutte le informazioni richieste dagli operatori per il monitoraggio, l'allarme, la visualizzazione, l'archiviazione o la salvaguardia dell'impianto devono essere presentate tramite l'interfaccia uomo-macchina (HMI) dell'ICSS.

La progettazione della stazione HMI deve basarsi su un approccio ergonomico e su una filosofia di visualizzazione sicura, tenendo conto del layout dell'impianto, della disposizione della sala di controllo, del numero di operatori, dei requisiti acustici e di illuminazione. La progettazione dell'interfaccia operatore deve essere conforme alle norme ANSI/ISA-101.01, ISO 11064 e ISO 6385.

La stazione HMI deve essere composta almeno da:

- Postazioni di lavoro dell'operatore (OWS/EWS) per interfacciarsi con l'ICSS.



- Stampanti per la registrazione degli eventi (allarmi, F&G, SER, eventi ecc.).

La stazione HMI dell'ICSS sarà in grado, attraverso l'OWS, di fornire la visualizzazione e la funzionalità di controllo del DCS, dell'ESD e del F&G.

Tutte le funzioni dell'HMI devono essere protette da password e il progetto dell'HMI deve includere anche i dettagli relativi al livello di accesso degli operatori alle funzioni pertinenti.

## 16.5 PACKAGE

Le packages possono includere il loro pannello di controllo locale, che deve essere progettato per essere collocato localmente, principalmente per il controllo locale durante il funzionamento / la manutenzione / la modalità di test e la diagnostica.

Tutti i segnali tra il ESD/F&G e il PLC del package saranno cablati, mentre i segnali tra il DCS e il PLC del package possono essere scambiati tramite collegamento seriale.

Per garantire un elevato livello di integrità, ogni PLC deve essere implementato su base ridondante per tutti i componenti critici del sistema. Per consentire un corretto e sicuro scambio di dati tra i sistemi coinvolti, forniti dal fornitore del package, il PLC dovrà fornire un collegamento di comunicazione ridondante con elevate prestazioni in termini di interfaccia standard, protocollo di comunicazione, velocità di scambio dei dati, affidabilità, disponibilità, diagnostica, ecc. evitando qualsiasi collo di bottiglia.

Ogni PLC sarà essere conforme agli appropriati requisiti di sicurezza informatica secondo la norma IEC 62443.

## 16.6 TELECOM SYSTEM

In generale, l'impianto è controllato, monitorato e protetto da un sistema telecom integrato per garantire la sicurezza dello stesso.

Il sistema telecom deve svolgere funzioni di supervisione, controllo e sicurezza e deve fornire all'operatore informazioni in continuo e una visione semplice delle unità dell'impianto.

Il sistema sarà progettato in modo da consentire un'espandibilità modulare, per soddisfare le esigenze di gestione dei dati e dei dispositivi del progetto. Il sistema deve essere sufficientemente scalabile per poter essere configurato per un'ampia gamma di requisiti di sicurezza e di componenti, senza modifiche all'hardware ed evitando la sostituzione dell'intero sistema.

Il sistema TELECOM sarà composto almeno dai seguenti sottosistemi/apparecchiature:

- CCTV System: Sistema di telecamere a circuito chiuso
- ACS: Sistema di controllo accessi
- PAGA System: Sistema di diffusione sonora
- IP Telephone: sistema telefonico con protocollo IP
- LAN System: sistema rete dati locali

### **16.6.1 CCTV SYSTEM: TV A CIRCUITO CHIUSO**

Il sistema CCTV deve essere usato nel progetto per osservare parti dell'impianto e verificare il corretto andamento delle manovre dell'operatore ove necessari.

Il sistema CCTV consiste di telecamere fisse e mobili (PTZ), unità centrale composta da server, una consolle operatore per la visualizzazione delle immagini e di un monitor da essere installati sul muro.

Il sistema deve essere basato su una architettura hardware dedicata e dovrà adottare un protocollo IP.

Il sistema centrale deve essere basato su una architettura ridondata e il sistema di immagazzinamento delle immagini (NVR – Network Video Recorder) deve avere una tecnologia RAID.

L'archiviazione delle immagini deve essere dimensionata per una continua registrazione di tutte le telecamere per un periodo di 30 giorni. Dopo questo periodo le immagini saranno eliminate seguendo una filosofia FIFO.

Le telecamere dovranno essere installate su pali rigidi per una altezza massima di 5/6 metri.

Tutti gli strumenti come storage, servers, switch, etc., devono essere allocati all'interno di un cabinet situato nella sala quadri.

Una postazione operatore dovrà essere fornita per la visualizzazione delle immagini e dovrà essere posta all'interno della sala controllo.

### **16.6.2 ACS: SISTEMA DI CONTROLLO ACCESSI**

Il Sistema di Controllo Accessi (ACS) deve essere fornito per prevenire entrate fisiche sia a veicoli o a personale non autorizzati all'interno dell'impianto.

Il sistema deve essere allocato all'interno di un cabinet situato nella sala quadri.

Una stazione operatore dovrà essere installata nella guardiola in modo tale da assegnare un badge ad un visitatore/contrattista per accedere in impianto.

### **16.6.3 PAGA SYSTEM: SISTEMA DI DIFFUSIONE SONORA**

Questo sistema presenta una via di comunicazione (tono e voce) in una particolare area o sull'intero impianto attraverso degli altoparlanti.

Di solito, questo sistema ricopre anche la funzione di allarme generale (PA/GA - Public Address / General Alarm System).

Gli altoparlanti dovranno essere forniti/installati all'interno di edifici e all'esterno. Una buona copertura audio assicurerà una buona diffusione sonora.

All'interno di determinate aree deve essere installato un Sistema Intercom. Questo sistema permetterà la comunicazione all'interno dell'impianto tra varie postazioni installate nell'impianto e la sala controllo.

#### 16.6.4 IP TELEPHONE: SISTEMA TELEFONICO CON PROTOCOLLO IP

Il Sistema Telefonico deve essere basato su protocollo IP. Una centrale telefonica deve essere fornita per gestire i telefoni IP. Questi ultimi saranno installati in sala controllo, sala tecnica etc.

#### 16.6.5 LAN SYSTEM: SISTEMA RETE DATI LOCALI

Il sistema rete dati locali, che include la rete cablata, deve essere fornito per supportare ed integrare il sistema telefonico ed i PC connessi al esso, così come il sistema CCTV e tutti i dispositivi di sicurezza.

Un sistema rete dati deve essere cablato all'interno della sala controllo, sala tecnica etc.

### 17. SICUREZZA D'IMPIANTO

#### 17.1 Accesso all'area

Per consentire l'intervento dei mezzi di soccorso dei Vigili del Fuoco il sito è dotato almeno di un accesso con i seguenti requisiti minimi:

- Larghezza: 3.5 m
- Altezza libera: 4 m
- Raggio di volta: 13.5 m
- Pendenza: non superiore al 10%
- Resistenza al carico: almeno 20 tonnellate (8 su asse anteriore, 12 su asse posteriore, passo 4m)

#### 17.2 Dispositivi di intercettazione e scarico dell'impianto

Sono ritenuti dispositivi di intercettazione e scarico i seguenti:

- valvole di intercettazione d'emergenza (emergency shut-down): dispositivi con la funzione di arresto del trasferimento dell'idrogeno tra le varie parti dell'impianto. Tali valvole devono essere del tipo normalmente chiuso, a funzionamento automatico asservito ad un sistema di controllo di sicurezza;
- valvole di scarico (blowdown) impianti di emergenza: dispositivi con la funzione di consentire la depressurizzazione rapida di una parte di impianto o il convogliamento dell'idrogeno in particolari parti di impianto con finalità di sicurezza. Tali valvole devono essere del tipo normalmente aperto. Sono a funzionamento automatico asservite a un sistema di controllo e attivazione manuale da remoto;
- valvole di intercettazione e scarico manuali: dispositivi con la funzione di intercettazione, isolamento e/o scarico di parti di impianto per scopi di manutenzione.

I dispositivi di intercettazione e scarico dell'impianto, sia con funzioni di emergenza che di esercizio, devono essere facilmente accessibili per la manutenzione e l'ispezione.

I dispositivi di intercettazione e scarico con funzione di emergenza devono essere progettati per poter funzionare in tali condizioni estreme.

Gli stessi devono essere chiaramente individuati da apposita segnaletica di identificazione.

I dispositivi di intercettazione e scarico di emergenza dovranno essere installati al fine di poter intercettare e depressurizzare apparecchiature e tratti di tubazioni in seguito di eventi anomali/incidentali in modo tale da ridurre i livelli di pressione in tempi sufficientemente rapidi (per esempio in caso di fuoco e depressurizzazione di emergenza la normativa API raccomanda di ricondurre la pressione interna al 50% della pressione di progetto in quindici minuti; tuttavia l'analisi della depressurizzazione dei volumi di gas dovrà essere adeguatamente sviluppata durante le fasi di sviluppo dell'ingegneria di dettaglio).

Tutti i dispositivi di scarico devono essere convogliati in appositi collettori aventi resistenza meccanica adeguata alle sollecitazioni indotte dallo scarico dei gas in condizioni soprattutto di emergenza.

Lo scarico in atmosfera dell'idrogeno deve avvenire ad un'altezza sufficiente da non costituire pericolo per persone e impianti in caso di innesco e non deve essere mai posta in prossimità di sostanze comburenti ma poste ad una sufficiente distanza (e.g.: dallo scarico ossigeno dell'elettrolizzatore).

### 17.3 Sistema di emergenza

Sistema comandato da pulsanti di sicurezza, con riarmo manuale, collocati in prossimità del box compressori, delle unità di stoccaggio, dell'elettrolizzatore, della zona rifornimento veicoli, della sala controllo e ove ritenuto opportuno secondo le analisi di sicurezza che occorre svolgere durante l'ingegneria di dettaglio. Le pulsantiere di sicurezza saranno in grado di:

- isolare completamente le tubazioni di mandata alle unità di erogazione mediante valvole di intercettazione di emergenza;
- isolare completamente la linea di bassa pressione dall'aspirazione e la linea di mandata dei compressori;
- isolare completamente gli stoccaggi;
- interrompere integralmente il circuito elettrico dell'impianto e delle installazioni accessorie, ad esclusione delle linee che alimentano impianti di sicurezza.

Il sistema automatico di messa in sicurezza dell'impianto (comunemente chiamato sistema ESD dall'acronimo inglese Emergency Shut Down) può essere appunto attivato manualmente da persona preposta e autorizzata all'attivazione oppure in maniera automatica dai vari sistemi di rilevazione incendio, gas/fumi e calore (sistema F&G o Fire & Gas) distribuito opportunamente sulle varie aree dell'impianto idrogeno che sono a rischio incendio.

Il sistema ESD interviene almeno (e dunque non limitatamente) nei seguenti casi:

- superamento della concentrazione di idrogeno in atmosfera pari o maggiore all'1% in volume
- allarme incendio attivato dal sistema F&G
- mancata ventilazione/raffreddamento all'elettrolizzatore
- pressione differenziale all'interno delle celle elettrolitiche (stack) tra ossigeno e idrogeno oltre i limiti indicati dal costruttore
- alta pressione/temperatura in mandata compressori
- bassa pressione in aspirazione compressori

Nelle successive fasi di progetto si dovrà, tra le altre cose, aver cura di svolgere un'accurata analisi di rischio e un attento sviluppo della tabella causa/effetti.

Il sistema ESD è dotato di dispositivi di blocco al riavvio dell'impianto e necessita di ripristino intenzionale da parte di personale autorizzato.

Il sito verrà equipaggiato con opportuni segnali di allarmi acustici, visivi e di telecomunicazione che scatteranno in caso di incendio o di emergenza.

## 17.4 Prevenzione di formazione miscele esplosive

Al fine di minimizzare il rischio di formazione di miscele idrogeno-aria potenzialmente esplosive deve essere effettuata una valutazione del rischio appropriata e occorre adottare le conseguenti misure di protezione in conformità alle disposizioni contenute nel capitolo V.2 del DM 3/8/2015. Inoltre, occorre adottare le seguenti misure di sicurezza:

- In caso di anomalia e deviazione della portata e della pressione dell'idrogeno gassoso dai limiti di funzionamento regolari dell'impianto, il sistema di controllo automatico deve interrompere l'alimentazione delle apparecchiature elettriche non classificate ai sensi della direttiva 2014/34/UE (ATEX) e l'avvio della ventilazione ove necessario; il sistema di ventilazione è dimensionato in modo da mantenere una concentrazione media di idrogeno gassoso all'interno del locale elettrolizzatore (o di box/container/locali contenenti idrogeno) al di sotto dell'1% in volume, anche in accordo ai criteri della norma ISO22734.
- nel locale/container dell'elettrolizzatore è installato un sistema di rilevamento a norma dell'idrogeno in grado di attivare la ventilazione automatica in caso di concentrazioni pari o superiori all'1% in volume; la selezione del numero, della dislocazione e della tipologia dei sensori idrogeno viene effettuata nelle successive fasi di design in accordo alla regola d'arte, con particolare riferimento alla norma CEI EN60079-29-1 o norma tecnica equivalente applicabile; l'installazione, l'uso e la manutenzione di tali rilevatori idrogeno gassoso sono conformi alla norma CEI EN 60079-29-2 o norma tecnica equivalente.

La classificazione delle aree e luoghi a rischio di atmosfere esplosive in presenza di idrogeno (o di eventuali sostanze infiammabili presenti in minima quantità nella zona impianto idrogeno) deve essere eseguita con accuratezza nelle successive fasi di progettazione in accordo alle norme CEI EN 60079-10-1 (e relative linee guida) per quanto riguarda la presenza appunto di idrogeno gassoso. Di conseguenza le apparecchiature elettriche rientranti nelle aree identificate e mappate come aree a rischio devono rispettare i requisiti costruttivi stabiliti dalla normativa vigente in materia (ATEX) e devono possedere le pertinenti certificazioni di legge prodotte dal fabbricante.