

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO PER LA
PRODUZIONE DI ENERGIA MEDIANTE LO SFRUTTAMENTO DEL VENTO
NEL MARE ADRIATICO MERIDIONALE - BARIUM BAY
74 WTG – 1.110 MW

PROGETTO DEFINITIVO - SIA

Progettazione e SIA



Indagini ambientali e studi specialistici



Studio misure di mitigazione e compensazione



supervisione scientifica



4. STAZIONE DI TRASFORMAZIONE OFFSHORE

R.4 Relazione tecnico-illustrativa sottostazione offshore

REV.	DATA	DESCRIZIONE



 POWERING TOGETHER A BETTER TOMORROW	 <small>POWERED BY HOPE GROUP AND GALILEO</small>	
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 1 of 58

Barium Bay Srl

Sottostazioni Offshore

Relazione tecnico-illustrativa

00	Draft revision	20/07/2023	SD	MT	PB
Rev.	Description	Date	Prepared	Checked	Approved

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 2 of 58

Summary

1. Sommario	5
2. Introduzione	6
2.1. Obiettivi del lavoro	6
2.1.1. Deliverables	7
3. Dati di input	9
4. Descrizione della Struttura Portante	10
4.1. Jacket	10
4.1.1. J-tubes	12
4.1.2. Attracchi	13
4.1.1. Dimensioni e peso	14
4.2. Fondazioni	16
4.3. Topsides	17
4.3.1. Dimensioni e peso	19
4.4. Installazione	20
4.4.1. Jacket	20
4.4.2. Pali	23
4.4.3. Topsides	25
5. Descrizione delle opere elettriche	27
5.1. Configurazione impiantistica e componenti principali	27
5.2. Gas Insulated Substation (GIS) 380kV	29
5.2.1. Sottostazione 1 GIS 380kV	30
5.2.2. Sottostazione 2 GIS 380kV	33
5.3. Gas Insulated Substation (GIS) 66kV	34
5.4. Trasformatori Elevatori	37
5.4.1. Olio biodegradabile	38
5.4.2. Sistema di raffreddamento	40
5.4.3. Vasca di raccolta olio	40
5.5. Reattori Shunt	41
5.6. Collegamenti in alta tensione delle apparecchiature	42
5.7. Ausiliari d'impianto	42
5.7.1. Alimentazione degli ausiliari di impianto	43
6. Descrizione del Sistema Antincendio	44
6.1. Norme di riferimento	44
6.2. Analisi normativa	44

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 3 of 58

6.3. Scelte progettuali	47
6.4. Pre-dimensionamento dei sistemi	48
6.4.1. Trasformatori/Reattori Shunt	48
6.4.2. Generatori diesel	52
6.4.3. Sale elettriche e sala controllo	53
6.4.4. Eliporto	54
6.4.5. Estintori portatili	57
6.5. Elementi progettuali del sistema di rivelazione e segnalazione di allarme incendio	57

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 4 of 58

Indice delle figure

<i>Figura 1: Inquadramento dell'area interessata dalle sottostazioni offshore</i>	9
<i>Figura 2: Vista isometrica Sottostazione 1 con indicazione dei componenti principali</i>	11
<i>Figura 3: J-tubes Sottostazione 1 - vista in pianta e laterale</i>	12
<i>Figura 4: Jacket Sottostazione 1 - vista da Est</i>	15
<i>Figura 5: Sottostazione 1 sezione orizzontale in prossimità del fondale/sezione verticale connessione al palo</i>	16
<i>Figura 6: Topsides Sottostazione 1 - sezione verticale</i>	18
<i>Figura 7: Topsides Sottostazione 1 - vista dall'alto</i>	19
<i>Figura 8: Jacket – Sequenza di lancio</i>	21
<i>Figura 9: Jacket – Sequenza di verticalizzazione e posizionamento sul fondo</i>	22
<i>Figura 10: Sequenza di installazione dei pali</i>	24
<i>Figura 11: Sequenza di installazione del Topsides – ingresso della cargo barge nel Jacket</i>	25
<i>Figura 12: Sequenza di installazione del Topsides – trasferimento del carico e uscita della cargo barge</i>	26
<i>Figura 13: Esempio di baia GIS 380kV simile - Sezione Laterale</i>	32
<i>Figura 14: Esempio di baia GIS 380 kV simile - Vista dall'alto</i>	33
<i>Figura 15: GIS 66kV - Feeder - Vista Laterale</i>	35
<i>Figura 16: GIS 66kV - Coupler - Vista Laterale</i>	36
<i>Figura 17: GIS 66kV - Vista dall'alto</i>	36
<i>Figura 18: Caratteristiche olio SHELL DIALA S5 BD</i>	39
<i>Figura 19: Trasformatore elevatore e radiatore- Vista laterale e dall'alto</i>	40
<i>Figura 20: Approccio prestazionale alla progettazione antincendio (tratto dallo standard ST-0145)</i>	45
<i>Figura 21: Principio dei sistemi ICAF</i>	49
<i>Figura 22: Configurazione di un sistema ICAF (senza serbatoio idrico)</i>	49
<i>Figura 23: Skid integrato di un sistema ICAF (fonte: Fireflex Systems)</i>	50
<i>Figura 24: Ubicazione ugelli protezione dei trasformatori e radiatori (a sinistra) e generatori (destra)</i>	52
<i>Figura 25: Esempio di un sistema ICAF stand-alone a dieci zone di scarica (dimensioni: 8 m x 5 m)</i>	53
<i>Figura 26: Tipica configurazione di un sistema DIFF standalone</i>	56
<i>Figura 27: Esempio di ugello pop-up per sistema DIFF</i>	56

Indice delle tabelle

<i>Tabella 1: Selezione delle misure di protezione attiva</i>	46
<i>Tabella 2: Selezione delle soluzioni impiantistiche di rivelazione ed estinzione o controllo dell'incendio</i>	48
<i>Tabella 3: Pre-dimensionamento dei sistemi ICAF secondo NFPA 11 per la protezione di trasformatori e radiatori</i>	50
<i>Tabella 4: Pre-dimensionamento dei sistemi ICAF secondo NFPA 11 per la protezione di spill fires</i>	52
<i>Tabella 5: Pre-dimensionamento dei sistemi ad estinguente gassoso (IG-541)</i>	54
<i>Tabella 6: pre-dimensionamento del sistema ad estinguente gassoso (FK-5-1-12)</i>	54

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 5 of 58

1. Sommario

La presente relazione è stata redatta con l'obiettivo di fornire una descrizione generale d'impianto delle n°2 sottostazioni elettriche offshore per il progetto eolico denominato **Barium Bay**, con l'intento di fornire i principali dati necessari alla realizzazione delle stesse.

Le sottostazioni, basate su tecnologie "bottom fixed" (ovvero con struttura fissata al fondo marino), saranno installate al largo della costa di Barletta nella Regione Puglia (Figura 1).

Il progetto prevede l'installazione di un parco eolico offshore composto da n°74 aerogeneratori, ciascuno di taglia pari a 15 MW, per una capacità complessiva di 1110 MW. Per raccogliere la potenza totale generata, sono previste n°2 sottostazioni, ciascuna delle quali raccoglierà n°37 aerogeneratori.

Gli aerogeneratori previsti per il presente impianto sono del tipo "floating", per cui la struttura di sostegno degli stessi non è fissa al fondale marino ma è galleggiante. Questo comporta, tra le altre cose, la necessità di avere cavi di interarray (66kV) di tipo dinamico, ovvero capaci di resistere alle sollecitazioni a fatica dovute ad una struttura di sostegno non fissa.

L'iniziativa progettuale è stata realizzata da ESE Engineering Services for Energy Srl ("ESE"), società di ingegneria italiana con trent'anni di esperienza nei settori della generazione elettrica e dell'accumulo di energia con il supporto di TECON Srl ("Tecon"), una società di consulenza e di ingegneria specializzata nel settore offshore/marino.

La realizzazione del progetto Barium Bay garantirà la produzione di un'importante quantità di energia elettrica da fonte rinnovabile, favorendo la transazione energetica e contribuendo al raggiungimento degli obiettivi previsti del PNIEC e dal PNRR.

L'energia prodotta è trasportata sul continente per mezzo di cavi sottomarini, mentre l'allaccio alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) è, per mezzo di cavi terrestri, in doppia antenna a 380kV su una futura Stazione Elettrica (SE) della RTN da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380kV "Andria-Brindisi Sud" previa realizzazione interventi secondo Piano Sviluppo Terna S.p.A.

Le n°2 sottostazioni sono localizzate su fondali la cui profondità varia tra circa 130m e 150m, nello specifico:

- è denominata Sottostazione 1 la piattaforma dove la profondità marina è di ca 130m;
- è denominata Sottostazione 2 la piattaforma dove la profondità marina è di ca 150m.

La soluzione "bottom fixed" è stata selezionata in relazione alla profondità del mare e alle modalità di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) gestita da Terna S.p.A.

La soluzione scelta permette inoltre di innalzare la tensione da 66kV (valore caratteristico della distribuzione negli interarray) a 380kV (valore richiesto da Terna), evitando la costruzione di un'ulteriore sottostazione a terra.

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 6 of 58

2. Introduzione

La società di scopo Barium Bay Srl (il “Cliente”), intende realizzare un grande impianto eolico offshore, a largo di Barletta, da 1110 MW, chiamato a sua volta Barium Bay.

La società di scopo nasce dalla Join Venture tra Galileo ed il Gruppo HOPE S.r.l (“Hope”).

Galileo è una piattaforma paneuropea per lo sviluppo delle energie rinnovabili (con sede a Zurigo) e possiede attualmente una pipeline di oltre 4GW di progetti di energia rinnovabile in fase di sviluppo.

Hope è una nuova azienda che ha la sua base operativa in Puglia ed è attiva nel settore delle energie rinnovabili. La sua attività principale è l’integrazione della filiera rinnovabile con la produzione d’idrogeno verde, driver ritenuto indispensabile per l’incremento della penetrazione delle fonti rinnovabili nel mercato elettrico. L’attuale pipeline in sviluppo da parte del Gruppo Hope supera già i due gigawatt di potenza ed è costituita da impianti onshore e offshore sia eolici che fotovoltaici, oltre a impianti di produzione di idrogeno verde alimentati dalle suddette fonti rinnovabili.

L’impianto eolico Barium Bay, attualmente in fase di sviluppo, prevedeva inizialmente l’installazione di n°80 turbine; successivamente il numero di aereogeneratori è stato ridotto a n°74.

L’impianto eolico trasmette verso terra l’energia elettrica prodotta tramite collegamenti in alta tensione a 380kV che si allacciano alla rete di trasmissione nazionale, più precisamente:

- la Sottostazione 2 è collegata alla Sottostazione 1 tramite n°1 connessione in cavo sottomarino 380kV (15km ca);
- la Sottostazione 1 è collegata a terra tramite n°2 connessioni in cavo sottomarino 380kV (entrambe da 60km ca).

Per studiare la miglior soluzione realizzativa per le sottostazioni elettriche offshore, il Cliente ha selezionato due rinomate società di progettazione che hanno lavorato insieme per questo progetto:

- ESE, una società di ingegneria e consulenza con una vasta esperienza nei settori della generazione elettrica, dell’idrogeno e dell’accumulo di energia, incluse tutte le principali tecnologie innovative nel settore, e
- Tecon, una società di consulenza e di ingegneria specializzata nel settore offshore/marino che fornisce soluzioni su misura per clienti italiani e internazionali, seguendoli dallo studio di fattibilità fino alla realizzazione dell’opera.

2.1. Obiettivi del lavoro

Sulla base della richiesta del Cliente, delle informazioni già ricevute e di ulteriori necessarie informazioni raccolte all’inizio del progetto, ESE e Tecon hanno realizzato uno studio con i seguenti obiettivi:

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 7 of 58

- dimensionare le sottostazioni elettriche;
- definire la configurazione più idonea per le piattaforme;
- definire preliminarmente il layout d’impianto;
- stimare il costo delle sottostazioni e delle piattaforme;
- valutare preliminarmente il BOP (Balance of Plant) relativo agli impianti e le relative dimensioni;
- presentare un’indicazione preliminare dei costi del progetto;
- presentare un’indicazione preliminare del cronoprogramma di progetto;
- preparare le informazioni necessarie per lo sviluppo di un modello 3D preliminare (importazione dati e realizzazione modello a carico del Cliente);
- sviluppare la documentazione preliminare della sottostazione per la presentazione della richiesta VIA.

2.1.1. Deliverables

Nello sviluppo del lavoro, ESE e Tecon hanno prodotto i seguenti documenti:

- Sistema Elettrico
 - o Schema unifilare di impianto
 - o Lista apparecchiature elettriche principali
- Layout e viste
 - o Planimetrie e sezioni delle piattaforme
 - o Planimetrie e sezioni dei componenti elettromeccanici
- Relazione Tecnica
 - o Descrizione del sistema elettrico
 - o Descrizione della piattaforma e relativa installazione
 - o Descrizione del sistema antincendio
- Strutture della piattaforma:
 - o Jacket – Alzate: Disegni bidimensionali delle alzate del Jacket con indicazione delle dimensioni globali e dei dimensionamenti di alcuni elementi principali
 - o Jacket – Piante Top e Bottom Frames: disegni bidimensionali del top e bottom frame del Jacket con indicazione delle dimensioni globali e dei dimensionamenti di alcuni elementi principali
 - o Jacket – Layout J-Tubes. le posizioni dei j-tubes entro cui verranno tirati gli ombelicali in ingresso e in uscita dalla piattaforma saranno preliminarmente definite.
 - o Jacket - Pali di fondazione e connessione dei pali al Jacket.
 - o Topsides – Pianta ed Elevazioni Dei Deck: le piante e le elevazioni strutturali saranno definite in basa ai layouts e saranno riportate su disegni dedicati con l’indicazione dei principali dimensionamenti
- Costi

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 8 of 58

- Budget preliminare per la realizzazione e la messa in opera dell'intero impianto (sottostazioni e piattaforme)
- Cronoprogramma preliminare
 - Indicazione preliminare dei tempi di realizzazione delle sottostazioni

Nota: I disegni strutturali delle topsides sono basati su layouts di impianti simili e su precedenti esperienze con piattaforme di trasformazione con potenze installate e numero di linee (in entrata a 66 kV e in uscita a 400kV) analoghi. La configurazione strutturale del Jacket e dei pali di fondazione sono basati su precedenti esperienze di piattaforme Oil&Gas realizzate su fondali analoghi e sui layout e i pesi delle topsides. Sono preliminarmente forniti degli schemi illustrativi delle principali operazioni marine necessarie all'installazione della piattaforma.

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 9 of 58

3. Dati di input

Lo studio di fattibilità si basa sulle seguenti informazioni:

- Alimentazione
 - o Impianto eolico da 1110 MW complessivi, composto da n°74 aerogeneratori ciascuna da 15MW
- Localizzazione impianto
 - o Offshore, mar Adriatico, posizione come da mappe fornite (Figura 1)
- Sottostazioni elettriche
 - o n°37 aerogeneratori del parco eolico offshore collegati alla Sottostazione 1 in oggetto tramite n°8 collegamenti via cavo 66kV;
 - o n°37 aerogeneratori del parco eolico offshore collegati alla Sottostazione 2 in oggetto tramite n°8 collegamenti via cavo 66kV;
 - o la Sottostazione 1 esporta l'energia prodotta dal parco eolico ad una sottostazione onshore tramite n°2 connessioni a 380kV, lunghe ca 60km (connessioni denominate L1 e L2);
 - o la Sottostazione 2 esporta l'energia prodotta dal parco eolico alla Sottostazione 1, tramite un cavo sottomarino 380kV, lungo ca 15 km (connessione denominata L3).

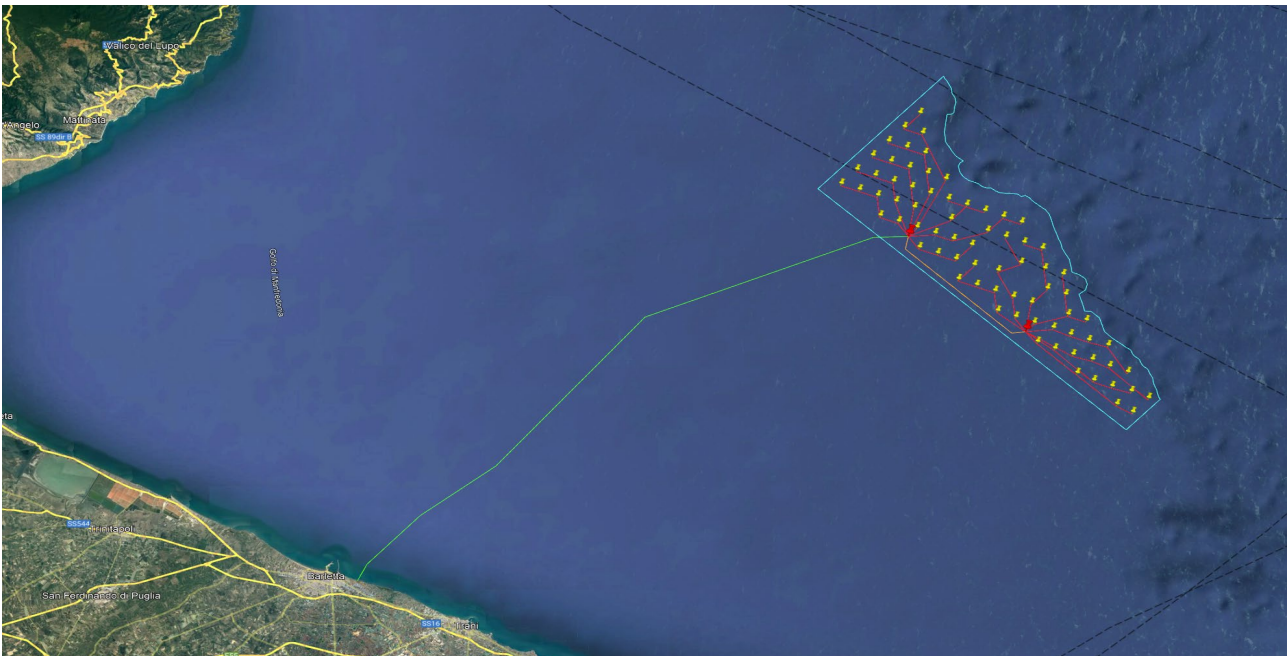


Figura 1: Inquadramento dell'area interessata dalle sottostazioni offshore

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 10 of 58

4. Descrizione della Struttura Portante

Il campo eolico di Barium Bay include n°2 sottostazioni offshore, che si presentano strutturalmente simili. La profondità d'acqua al sito di installazione della Sottostazione 1 è di 130m, mentre al sito della Sottostazione 2 è 150m.

Le strutture delle sottostazioni offshore sono di tipo fisso e sono composte dai seguenti componenti:

- sottostruttura (Jacket);
- pali di fondazione;
- sovrastruttura (Topsides).

4.1. Jacket

I Jacket corrispondono alla parte immersa della struttura delle sottostazioni offshore e sono strutture reticolari saldate in acciaio tubolare a 4 gambe di forma tronco piramidale, che si estendono dal fondale, -130m / -150m, a elevazione +13.3m sul livello del mare. Gli elementi tubolari e diagonali di controventatura sono disposti su quattro file principali, con inclinazione di 1/20, e 5/6 piani orizzontali, con distanza di interpiano variabile tra 25m e 30m.

I Jacket di entrambe le sottostazioni sono studiati per essere installati mediante lancio da cargo barge. Per questo motivo nella loro struttura sono inseriti adeguati rinforzi (launch trusses). Di conseguenza, questo metodo di installazione produce una struttura tendenzialmente più pesante rispetto a un Jacket da sollevare, ma consente tuttavia di ampliare il numero dei possibili installatori, con conseguente riduzione dei costi.

La parte alta delle sottostrutture è configurata per consentire l'installazione del Topsides con il metodo del floatover. Presenta, inoltre, due false gambe, che permettono un'interfaccia Jacket/ Topsides su sei punti di appoggio. Oltre ai quattro in corrispondenza delle gambe principali, i due ulteriori punti di appoggio centrali consentono la riduzione delle luci degli elementi di piano del Topsides lungo queste file.

 <p>POWERING TOGETHER A BETTER TOMORROW</p>	 <p>POWERED BY HOPE GROUP AND GALILEO</p>	
<p>DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00</p>	<p>Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore</p>	<p>DATE: 20/07/2023 PAGE: 11 of 58</p>

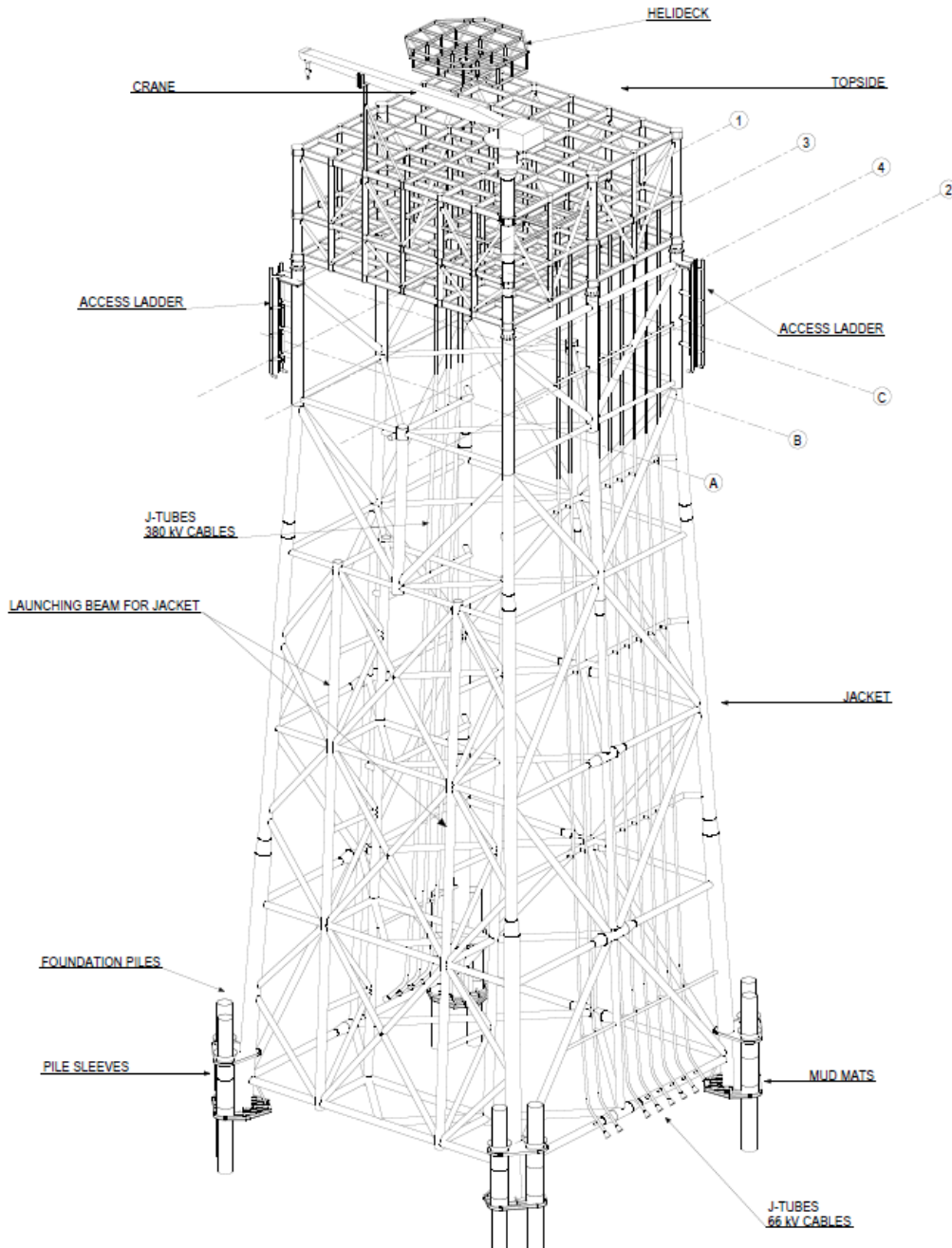


Figura 2: Vista isometrica Sottostazione 1 con indicazione dei componenti principali

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 12 of 58

4.1.1. J-tubes

I J-tubes sono tubi in acciaio che forniscono guida e protezione meccanica per i cavi sottomarini in risalita dal fondale, che sono contenuti al loro interno. I cavi entrano attraverso la campana predisposta sul fondo (bellmouth) e sono guidati fino a raggiungere il cable deck (+16.0m), piano a cui si trovano i sistemi di sospensione (hang-off).

All'interno della struttura del Jacket sono presenti n°8 J-tube di import da 16" (Sottostazione 1 e Sottostazione 2) e n°3 J-tubes di export da 24" (Sottostazione 1) / n°1 J-tube di export da 24" (Sottostazione 2), opportunamente vincolati alla struttura del Jacket tramite un sistema di guide che limita la lunghezza delle campate libere e il rischio di vibrazioni indotte da vortici (VIV) in condizioni di corrente, onde e corrente e vento.

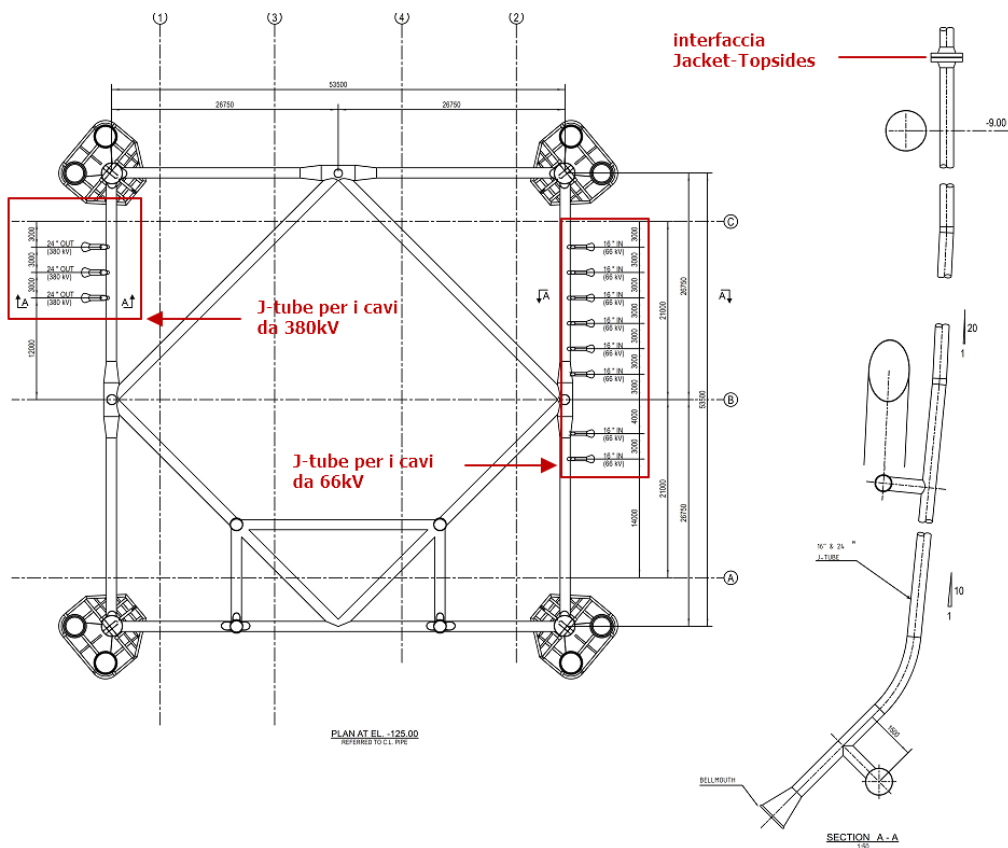


Figura 3: J-tubes Sottostazione 1 - vista in pianta e laterale

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 13 of 58

Gli otto J-tubes da 16" sono collocati sul lato Est della Piattaforma e al loro interno ospitano i cavi da 66kV in arrivo dagli aerogeneratori. I J-tube da 24" si trovano sul lato opposto (Ovest) e contengono i cavi da 380kV in uscita verso terra e in collegamento tra Sottostazione 1 e Sottostazione 2. I lati Nord e Sud Piattaforma rimangono liberi da cavi, essendo stesi sul fondale per assicurare su questi lati l'operabilità della gru di piattaforma e l'avvicinamento delle navi d'appoggio (supply vessel, walk-to-work vessel, crew transfer vessel), con ridotto rischio di danneggiamento dei collegamenti subacquei per caduta oggetti in fase di movimentazione.

I J-tubes sono adeguatamente dimensionati e conformati per permettere il passaggio dei dispositivi di tiro dei cavi (pulling heads). L'angolo di ingresso/uscita di 45° con l'orizzontale e l'altezza dal fondale di circa 2m forniscono flessibilità per l'installazione e limitano la flessione locale dei cavi.

4.1.2. Attracchi

La piattaforma è dotata di due attracchi disposti su due gambe del Jacket per consentire l'accesso dal mare tramite Crew Transfer Vessel (CTV). Gli attracchi sono fissati alla struttura principale e pertanto saranno installati insieme al Jacket.

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 14 of 58

4.1.1. Dimensioni e peso

Sottostazione 1

Altezza:	143.3m (da -130m a +13.3m da livello mare)
Ingombro complessivo alla base:	66 m x 66 m
Interasse gambe in testa al Jacket:	42 m x 42m
Interasse gambe sul fondale:	54 m x 54 m
N. di piani orizzontali:	5
Elevazione piani orizzontali:	el.-9.0m, -35.0m, -65.0m, -95.0m, -125.0m
Peso stimato:	7000t

Sottostazione 2

Altezza:	183.3m (da -150m a +13.3m da livello mare)
Ingombro complessivo alla base:	68 m x 68 m
Interasse gambe in testa al Jacket:	42 m x 42m
Interasse gambe sul fondale:	56 m x 56 m
N. di piani orizzontali:	6
Elevazione piani orizzontali:	el.-9.0m, -36.0m, -63.0m, -90.0m, -117.0m, -145.0m
Peso stimato:	8100t

 <p>POWERING TOGETHER A BETTER TOMORROW</p>	 <p>POWERED BY HOPE GROUP AND GALILEO</p>	
<p>DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00</p>	<p>Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore</p>	<p>DATE: 20/07/2023 PAGE: 15 of 58</p>

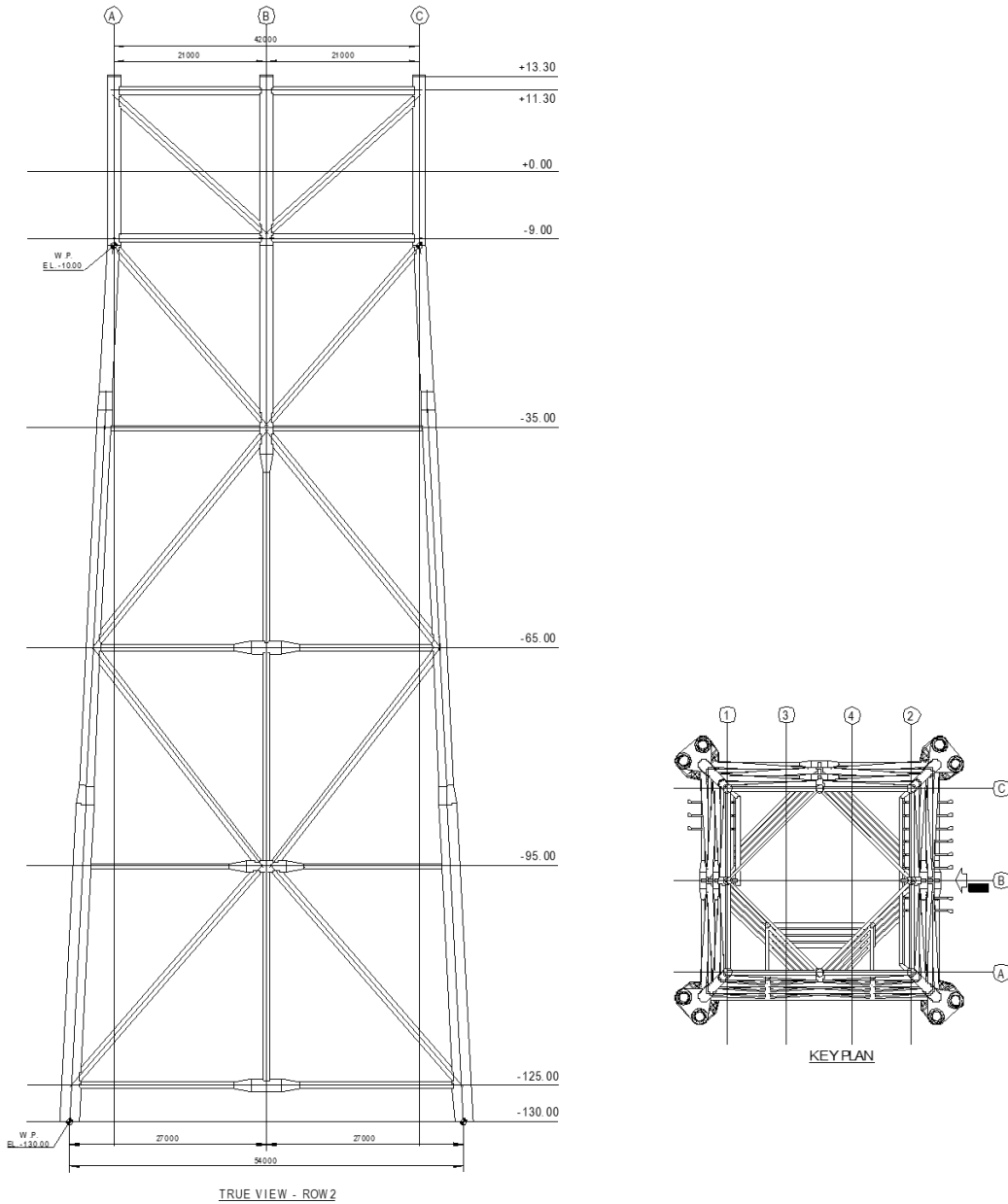


Figura 4: Jacket Sottostazione 1 - vista da Est

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 16 of 58

4.2. Fondazioni

Le sottostrutture delle sottostazioni sono ancorate al fondale mediante pali di fondazione di tipo 'skirt piles', posizionati ai quattro angoli. In questa fase di progetto sono stati considerati otto skirt piles (due per angolo), che potrebbero diventare dodici (tre per angolo), se le condizioni di carico ambientale e le caratteristiche geotecniche del sito lo richiedessero.

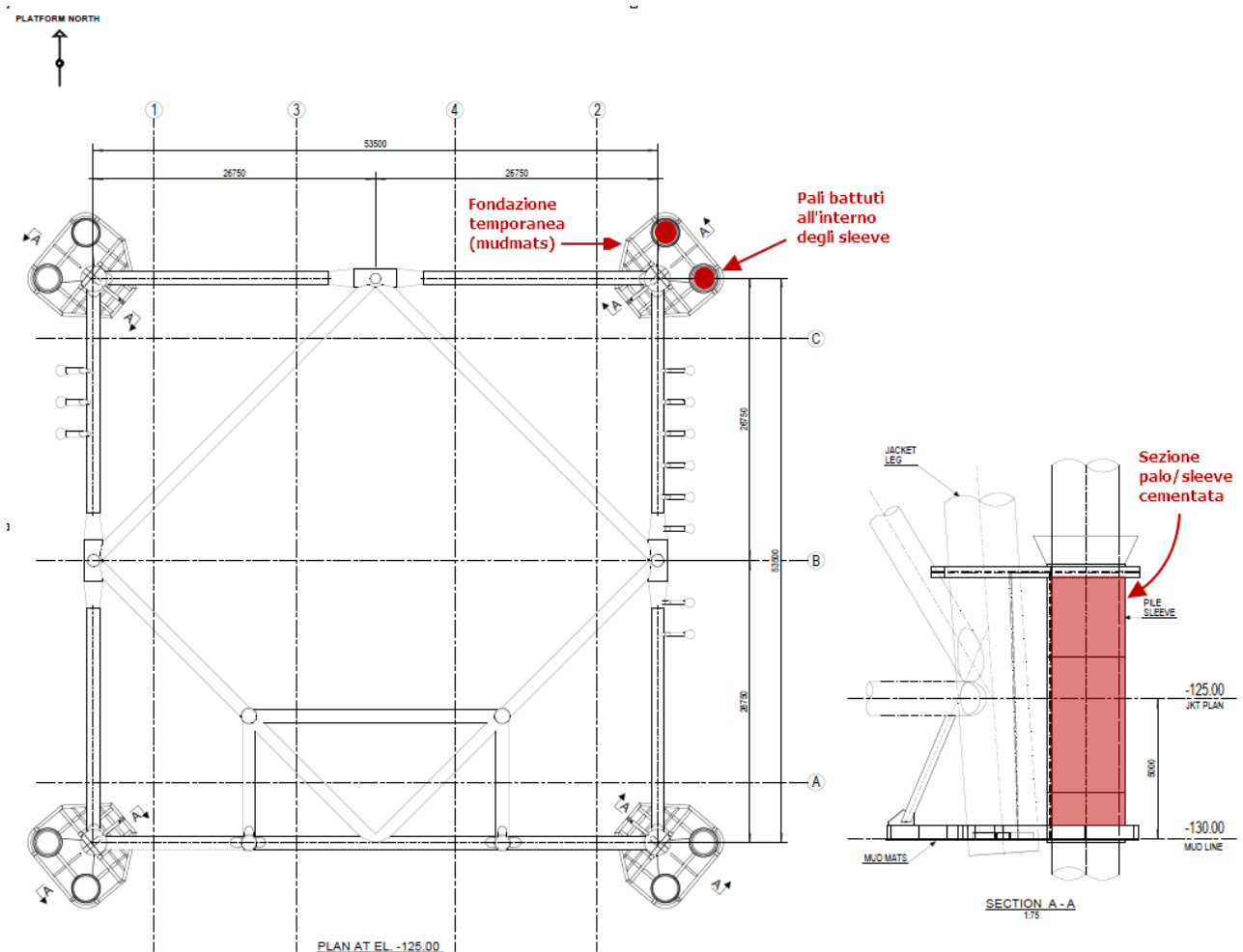


Figura 5: Sottostazione 1 sezione orizzontale in prossimità del fondale/sezione verticale connessione al palo

I n°8, o n°12, pali in acciaio sono a punta aperta del diametro compreso tra 2000mm e 2500mm.

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 17 of 58

Si considera una lunghezza massima dei pali pari a 120 m, infissi per 100 m, da definire e verificare in fase esecutiva sulla base degli effettivi dati meteomarini e geotecnici del sito.

I pali sono infissi nel terreno a mezzo battitura (con battipalo idraulico subacqueo) attraverso delle opportune guide (pile sleeves) saldamente connesse alla base del Jacket.

Una volta raggiunta l'infissione di progetto, i pali saranno collegati al Jacket pompando malta di cemento nell'intercapedine tra palo e guida con apposito sistema di iniezione.

I pali battuti possono essere impiegati per diverse tipologie di terreno, e questa caratteristica li rende particolarmente adatti anche nel caso di depositi eterogenei. Possibili limitazioni all'installazione di pali per battitura sono rappresentate dalla presenza di orizzonti cementati o litificati, i quali possono determinare lo snervamento e successiva deformazione progressiva della sezione del palo. Anche in assenza di tali ostacoli il numero di colpi necessari all'installazione del palo stesso può diventare eccessivo a seconda delle caratteristiche del martello impiegato e della resistenza offerta dal terreno penetrato. Per questa ragione, prima di procedere all'installazione è necessario eseguire un'analisi di 'battibilità' del palo, simulando la propagazione dell'onda d'urto indotta dal martello ed il conseguente avanzamento dello stesso.

Se l'infissione mediante battitura non fosse possibile, si può ricorrere alla trivellazione. Anche in questo caso la struttura del Jacket è opportunamente configurata per consentire la perforazione dalla superficie, predisponendo una piattaforma di lavoro temporanea sopra il Jacket e guide per il caisson di perforazione lungo le sue gambe.

Sulla base di precedenti esperienze su progetti simili realizzati su fondali analoghi in varie aree del mondo, si stima un peso complessivo dei pali variabile tra 3500 t (8pali) e 5400 t (12pali).

4.3. Topsides

I Topsides, o sovrastrutture, sono delle strutture tralicciate a n°4 livelli, al cui interno si trovano tutte le apparecchiature elettriche, gli impianti e il modulo alloggi.

I principali livelli previsti sono (quote rispetto al livello del mare):

- Livello 1 – el. +16.0m - Cable deck e Main deck: piano a cui arriva la sommità dei J-tube, dedicato a fornire adeguata portata e spazio per i sistemi di pulling e per il routing dei cavi ai GIS 66kV e 380kV; e a cui si trovano main transformers e shunt reactors;
- Livello 2 - el. +23.0m – Utility deck: semi-piano a cui sono alloggiati i GIS 66kV, 380kV e le control rooms;
- Livello 3 - el. +28.6m – Accommodation: semi-piano intermedio per gli alloggi;
- Livello 4 - el. +34.0m - Weather deck: copertura di capacità portante adeguata al carico e la movimentazione di attrezzature, che alloggia i cooler dei main transformers/shunt reactors e i generatori diesel;

 POWERING TOGETHER A BETTER TOMORROW	 <small>POWERED BY HOPE GROUP AND GALILEO</small>	
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 18 of 58

- Livello 5 - el.+37.0m - Helideck: piano di appontaggio per elicotteri.

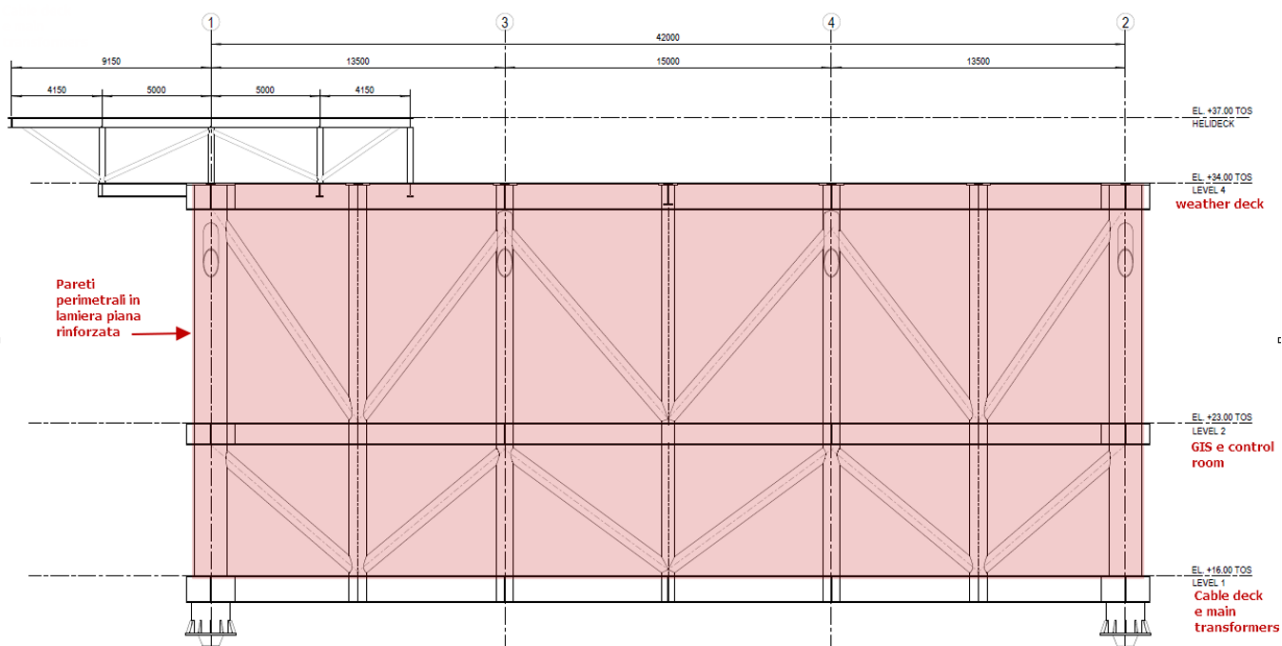


Figura 6: Topsides Sottostazione 1 - sezione verticale

La struttura dei Topsides si appoggia sul Jacket in corrispondenza delle sei colonne principali, disposte su due file con maglia principale di 42m x 42m.

La struttura dei Topsides è completamente chiusa rispetto all'ambiente marino: le pareti esterne, la copertura e i piani di calpestio sono realizzati con pannelli di acciaio saldati e rinforzati.

Sopra i Topsides è previsto un eliporto ottagonale. Il diametro del cerchio inscritto, definito in base alla taglia dell'elicottero di riferimento, è stato preliminarmente fissato in 18.0 m (adatto per AW149, Bell 412). Il piano di appontaggio è previsto a +37.0 m da livello mare.

All'interno delle strutture dei Topsides sono previste due torri scala a servizio di tutti i piani, in posizioni diametralmente opposte rispetto al centro della piattaforma.

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 19 of 58

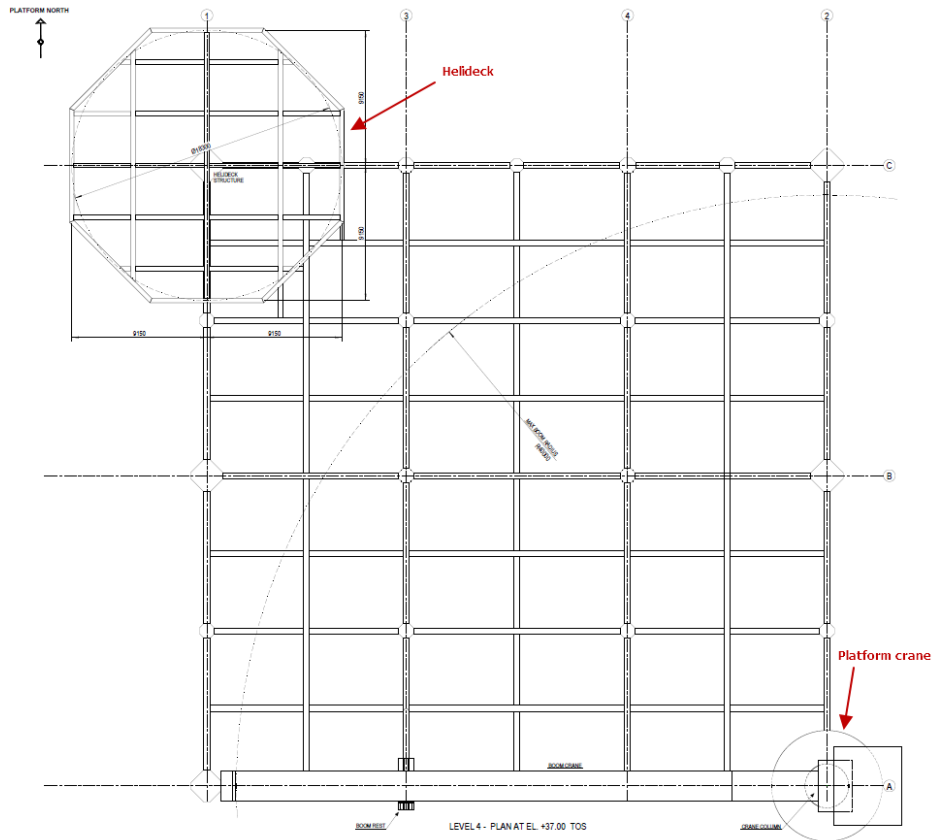


Figura 7: Topsides Sottostazione 1 - vista dall'alto

4.3.1. Dimensioni e peso

Per entrambe le sottostazioni le principali caratteristiche del Topside sono di seguito riportate:

Ingombro massimo previsto:	L=53.0 m, B=53.0 m, H=24.0m
Interasse colonne principali:	42.0 m x 42.0m
N. di piani di servizio:	n.4 + n.1 eliporto
Elevazione piani di servizio dal livello mare:	+16m, +23m, +28.6m, +34m, +37m
Peso previsto al sollevamento:	5000 t

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 20 of 58

4.4. Installazione

4.4.1. Jacket

La sequenza tipica di installazione di un Jacket delle dimensioni previste consiste in:

- messa in galleggiamento del Jacket;
- verticalizzazione in acqua;
- posizionamento sul fondo.

La messa in galleggiamento del Jacket dalla posizione di trasporto su bettolina è effettuata tramite lancio del Jacket dalla bettolina stessa. Questa metodologia di installazione è stata adottata per consentire di ampliare il numero dei possibili installatori, a fronte di un aumento del peso delle strutture rispetto a un tradizionale Jacket sollevato, il quale tuttavia richiederebbe mezzi di sollevamento di maggiore capacità e di più difficile reperibilità.

Di seguito sono descritte le fasi di installazione dei Jacket delle sottostazioni.

Lancio e messa in galleggiamento

Prima di iniziare le operazioni di installazione del Jacket sarà eseguito un accurato sopralluogo del fondale nella zona di installazione in modo da individuare eventuali ostacoli da rimuovere e verificare che il fondale sia regolare. Data la profondità, il sopralluogo potrà essere eseguito tramite ROV (Remote Operated Vehicle). Il trasporto dal cantiere di costruzione al sito di installazione avverrà caricando i Jacket su bettoline da trasporto di adeguata capacità, attrezzate con vie di corsa e bilancino di varo (launching barge). I Jacket saranno costruiti e trasportati in orizzontale.

Una volta in prossimità del sito di installazione iniziano le operazioni di varo.

La sequenza delle operazioni necessarie a varare il Jacket è brevemente descritta qui di seguito:

- sono per prima cosa tagliati e rimossi i rizzaggi che assicurano il Jacket alla bettolina durante il trasporto;
- la barge viene poi zavorrata in modo da abbassare la poppa e assumere l'assetto previsto per inizio varo;
- si inizia a muovere il Jacket verso poppa utilizzando il sistema di tiro o spinta di cui la barge deve essere dotata;
- spostando il Jacket verso poppa l'angolo di sbandamento longitudinale della barge aumenta fino a raggiungere il valore critico, che corrisponde all'angolo a cui il Jacket inizia a scivolare senza bisogno di sistemi esterni di tiro o spinta;

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 21 of 58

- in queste condizioni il Jacket continua la sua corsa fino a quando il baricentro supera la cerniera del bilancino e il bilancino ruota insieme al Jacket che si immerge in acqua e si separa dalla barge.
- a fine lancio il Jacket rimane in equilibrio nella posizione di galleggiamento libero.

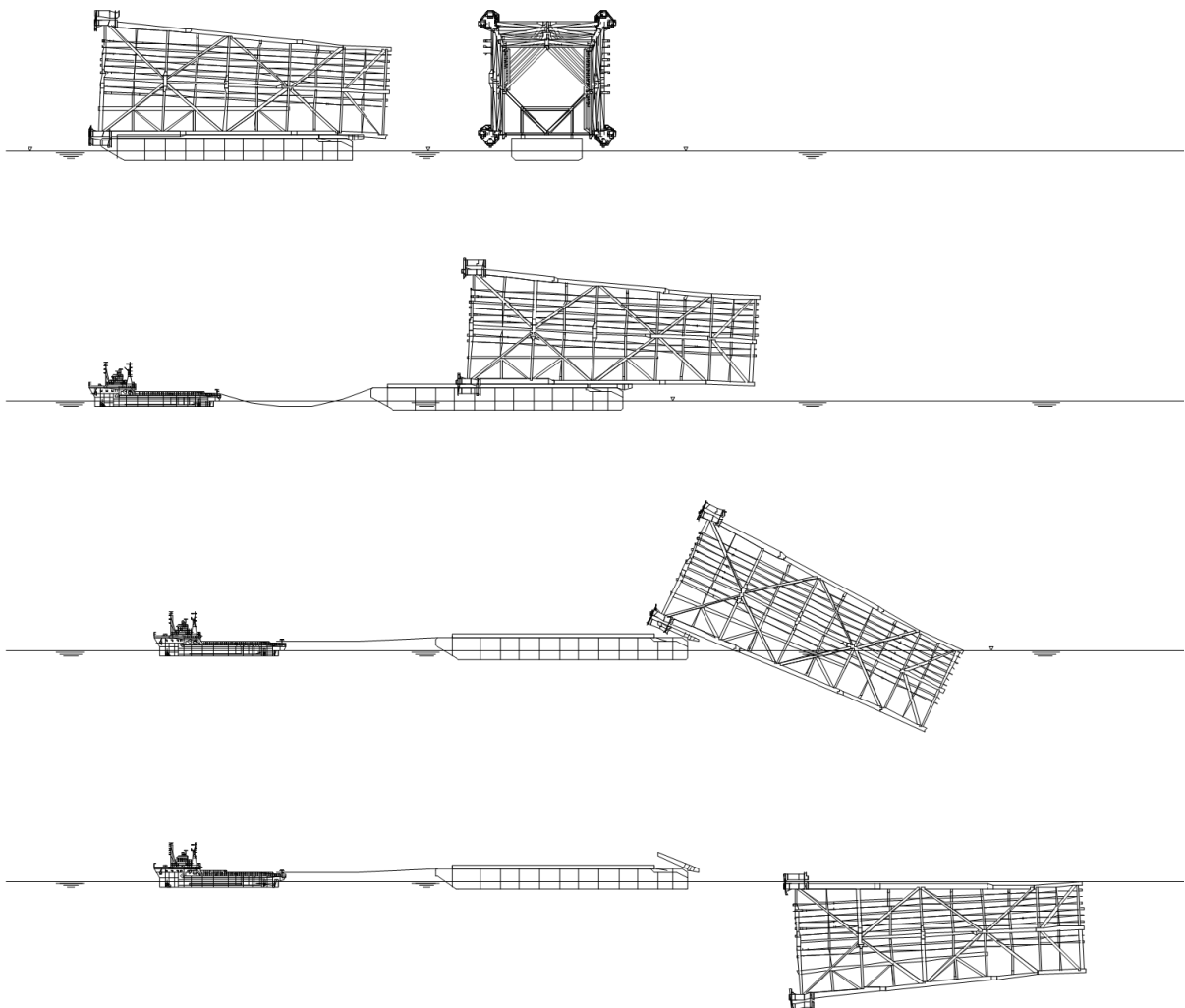


Figura 8: Jacket – Sequenza di lancio

Verticalizzazione e posizionamento sul gondo

La verticalizzazione del Jacket in acqua viene ottenuta operando come descritto qui di seguito:

- la barge predisposte per la verticalizzazione e preinstallate sulla testa del Jacket vengono collegate al gancio della gru;

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 22 of 58

- l'operazione inizia sollevando il gancio della gru e quindi sollevando la testa del Jacket che inizia la rotazione;
- continuando a sollevare il gancio e contemporaneamente allagando alcuni compartimenti nella parte bassa del Jacket si completa la verticalizzazione del Jacket;
- una volta controllata la verticalità del Jacket si inizia a calare il gancio fino a quando il Jacket tocca il fondo del mare;
- dopo un ulteriore controllo della verticalità il peso viene completamente scaricato sul fondo e rimane in equilibrio supportato dalle piastre temporanee di fondazione (mud-mats).

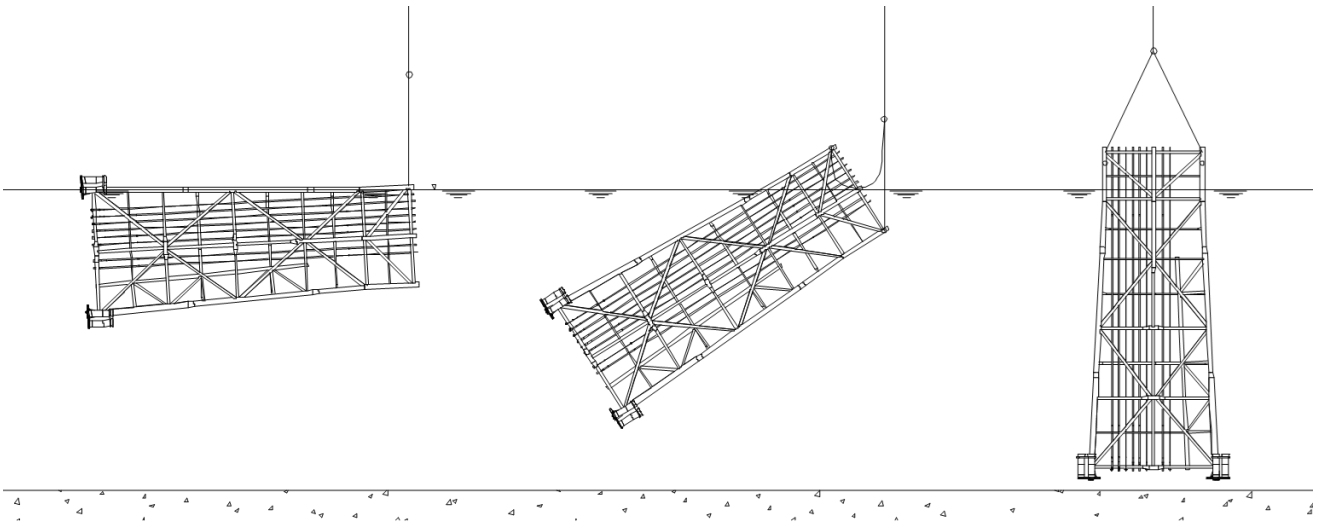


Figura 9: Jacket – Sequenza di verticalizzazione e posizionamento sul fondo

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 23 of 58

4.4.2. Pali

Le fondazioni della piattaforma sono costituite da n°8 pali di diametro compreso tra 2.0m e 2.5m.

I n°8, o n°12, pali saranno infissi nel terreno fino alla penetrazione di progetto.

I pali saranno prefabbricati in unico pezzo e trasportati al sito di installazione su un'apposita bettolina, o sulla stessa bettolina sulla quale sarà trasportato il Jacket.

La sequenza di installazione e battitura dei pali è brevemente descritta qui di seguito:

- i pali saranno verticalizzati direttamente sulla bettolina di trasporto o sulla crane barge in funzione dell'attrezzatura di cui disporrà l'installatore. In alternativa, i pali potranno anche essere varati dalla bettolina direttamente in acqua tramite rotolamento e poi verticalizzati in mare. In quest'ultimo caso i pali dovranno essere opportunamente fondellati;
- il palo sospeso alla gru sarà calato nel tubo guida (sleeve) e penetrerà nel terreno fino a raggiungere la sua penetrazione di equilibrio; a questo punto la gru sarà scollegata;
- la gru sarà utilizzata per sospendere il battipalo; il battipalo da utilizzare sarà idraulico e in grado di operare anche sott'acqua; le caratteristiche del battipalo dovranno essere tali da garantire il raggiungimento dell'infissione di progetto senza provocare sollecitazioni eccessive nel palo stesso;
- il battipalo sarà appoggiato sulla testa del palo e si inizieranno le operazioni di battitura;
- la battitura terminerà quando tutti i pali avranno raggiunto l'infissione di progetto;
- dopo la battitura si procederà alla cementazione dei pali, che consisterà nell'iniezione di malta di cemento nell'intercapedine tra palo e guida;
- la cementazione avverrà attraverso le linee di cementazione preinstallate sul Jacket. La tenuta del cemento nell'intercapedine dovrà essere garantita attraverso appositi sistemi di ritenuta attivi (inflatable packers) o passivi (grout seals), che saranno installati nella parte inferiore degli sleeves in base a quanto stabilito in sede di progetto di dettaglio. Nel caso in cui qualche componente del sistema di cementazione non funzionasse come previsto e ci fossero quindi delle perdite, si utilizzeranno le procedure di emergenza atte a garantire che in ogni caso il collegamento cementato tra palo e gamba raggiunga l'efficienza richiesta.

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 24 of 58

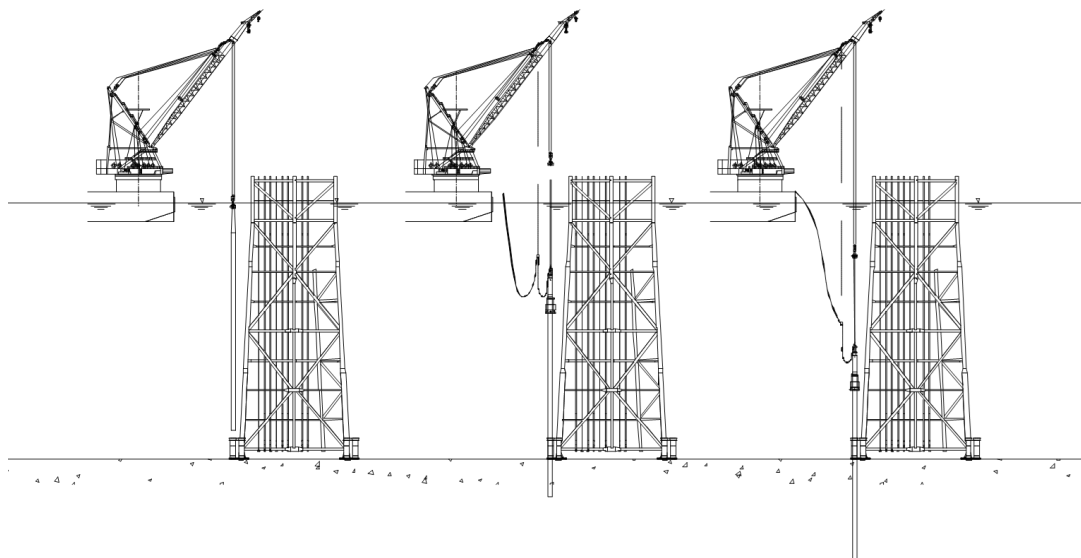


Figura 10: Sequenza di installazione dei pali

Se le caratteristiche del fondale lo richiedessero, l'installazione dei pali potrebbe avvenire tramite perforazione del suolo (pali trivellati). Anche in questo caso l'installazione sarebbe effettuata dopo quella del Jacket e la perforazione sarebbe eseguita direttamente dalla superficie, senza necessità di adottare trivelle subacquee, predisponendo adeguate guide per il casing di perforazione lungo le gambe del Jacket e una piattaforma temporanea per l'ancoraggio della trivella sopra il Jacket stesso.

I pali trivellati sono installati in tre fasi: la perforazione con asportazione del terreno, la posa del palo e l'iniezione della malta cementizia. Il primo tratto della sezione del palo (casing) è battuto mediante battipalo idraulico subacqueo attraverso i sedimenti superficiali fino al raggiungimento della sommità dello strato duro/roccioso. Questa operazione risulta necessaria principalmente per assicurare la stabilità del foro durante la perforazione. In seguito, la trivellazione avviene attraverso il casing infisso, fino al raggiungimento della profondità di progetto. I materiali risultanti da questa attività sono rimossi e riportati in superficie mediante la circolazione dei fanghi di perforazione. A questo punto si procede con la posa del palo in acciaio all'interno del foro (insert pile) e alla successiva iniezione di malta, mediante una linea di cementazione dedicata in uscita sul fondo del palo stesso. Al fine di garantire la resistenza a sfilamento desiderata è necessario caratterizzare correttamente non solo l'attrito all'interfaccia tra malta e terreno, ma anche quello tra malta e tubo in acciaio, in quanto quest'ultimo potrebbe in alcune circostanze governare la capacità ultima dell'ancoraggio. Per questa ragione lungo il fusto del palo vengono realizzate delle nervature circolari concentriche dette 'shear keys', al fine di aumentare l'aderenza tra armatura e malta.

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 25 of 58

4.4.3. Topsides

I topsides sono installati operando il floatover sulla sottostruttura. Il concetto base del floatover è quello di trasportare i topsides completi fino al sito di installazione su una cargo barge standard e di eseguire la loro installazione sopra il Jacket preinstallato senza necessità di Heavy Lifting Vessel (HLV). Infatti, questo metodo di installazione consiste nel far entrare la cargo barge all'interno del Jacket e nel posizionare il Topsides direttamente sopra di esso. La struttura del Jacket è adeguatamente configurata per permettere questa operazione: la parte superiore delle file Nord e Sud è aperta (Jacket slot) per permettere l'accesso della barca. Una volta in posizione, la barca viene mantenuta ferma e, agendo sul suo sistema di ballastaggio, la sovrastruttura viene gradualmente abbassata. In questo modo avviene il trasferimento progressivo del carico dalla barca alla sottostruttura e l'accoppiamento tra le gambe delle relative strutture (mating). Sulla sommità delle gambe del Jacket, o al di sotto delle gambe del topsides, sono generalmente predisposti dei sistemi di transizione per l'assorbimento dei carichi d'impatto (LMU), che si possono generare in fase di mating.

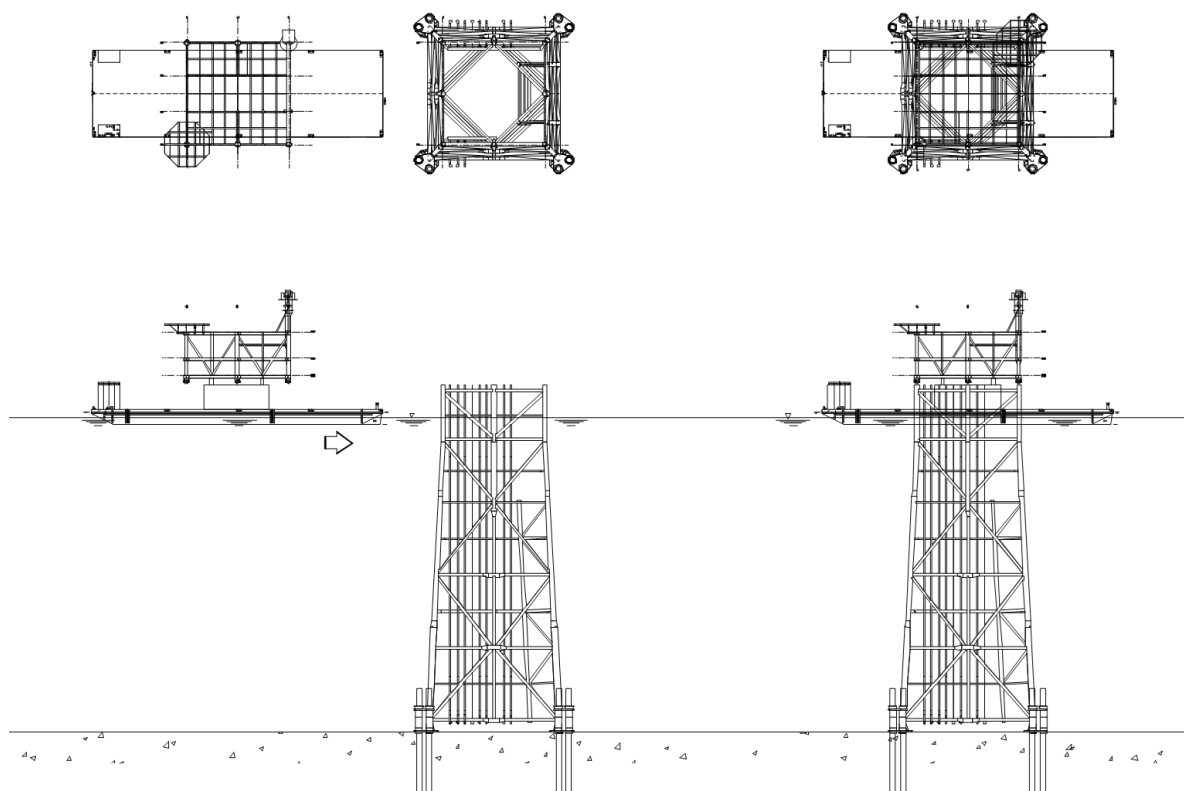


Figura 11: Sequenza di installazione del Topsides – ingresso della cargo barge nel Jacket

 POWERING TOGETHER A BETTER TOMORROW	 <small>POWERED BY HOPE GROUP AND GALILEO</small>	
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 26 of 58

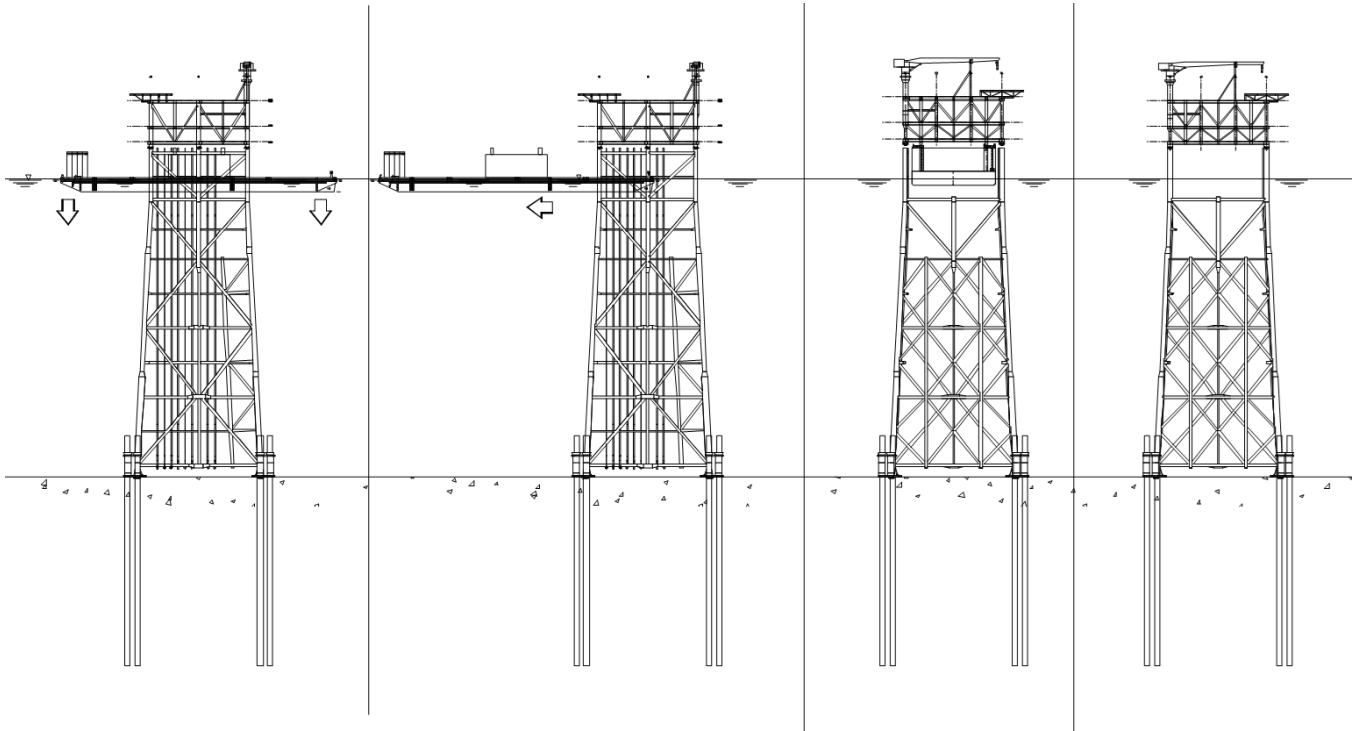


Figura 12: Sequenza di installazione del Topsides – trasferimento del carico e uscita della cargo barge

Per permettere l'installazione con floatover, il Topsides deve essere adeguatamente supportato. Il Deck Support Frame (DSF) è una struttura tralicciata in acciaio che sostiene il Topsides durante la fase di movimentazione dal cantiere alla cargo barge (load-out) e la fase di trasporto su cargo barge al sito di installazione. Il Topsides può essere costruito direttamente sul DSF, utilizzandolo in questo modo anche come supporto di cantiere, oppure il DSF può essere costruito indipendentemente dal Topsides e collocato al di sotto di esso prima di eseguire il load-out. Il DSF fornisce l'altezza necessaria per l'operazione di floatover sopra il Jacket e contribuisce a distribuire i carichi statici e dinamici derivanti dalla massa del Topsides sulla struttura della barca in modo adeguato.

A seconda del design sviluppato, sul DSM possono essere richiesti ulteriori dispositivi di supporto del Topsides in grado di assorbire i carichi d'impatto e velocizzare la fase di separazione.

Il sistema di ormeggio necessario per l'operazione di floatover deve essere dimensionato per rispettare i movimenti previsti della cargo barge, le condizioni ambientali del sito e la geometria adottata. Le linee e le loro pretensione sono calcolate e regolate per fornire un posizionamento preciso della barge sopra la sottostruttura e per ridurre al minimo gli effetti del suo moto.

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 27 of 58

5. Descrizione delle opere elettriche

Le sottostazioni elettriche offshore in oggetto convogliano la potenza prodotta dall'impianto eolico verso terra. Il parco eolico è composto da n°74 turbine eoliche di potenza unitaria pari a 15 MW. Entrambe le sottostazioni raccolgono la potenza di n°37 turbine, raggruppate in n°8 stringhe. Precisamente, in entrambe le sottostazioni sono presenti n°5 stringhe da n°5 turbine e n°3 stringhe da n°4 turbine.

Tali stringhe sono collegate tramite cavi dinamici sottomarini a 66kV agli stalli del GIS 66kV presenti nella sottostazione elettrica offshore.

Ogni sottostazione innalza il livello di tensione da 66kV a 380kV tramite n°2 trasformatori di potenza nominale pari a 330MVA.

Il GIS 66kV presente all'interno della Sottostazione 1 risulta identico al GIS 66kV presente all'interno della Sottostazione 2.

Il GIS 380kV presente all'interno della Sottostazione 1 risulta invece diverso rispetto al GIS 380kV presente all'interno della Sottostazione 2, più precisamente:

- Sottostazione 1
 - GIS 380kV con due semisbarre, denominate sbarra 1A e sbarra 1B, dove la sbarra 1A è responsabile del collegamento della linea L1 alla stazione RTN, mentre la sbarra 1B è responsabile del collegamento della linea L2 alla stazione RTN e del collegamento della linea L3, in arrivo dal GIS 380kV della Sottostazione 2. Le sbarre 1A e 1B sono interconnesse tramite congiuntore normalmente aperto.
- Sottostazione 2
 - GIS 380kV con singola sbarra, denominata 2A, è responsabile del collegamento al GIS 380kV della Sottostazione 1.

Questa soluzione di interconnessione è stata condivisa e suggerita dal Cliente che, per motivi strategici (maggiore disponibilità connessioni alta tensione), intende collegare soltanto una delle due sottostazioni alla sottostazione onshore.

5.1. Configurazione impiantistica e componenti principali

Ogni sottostazione offshore è alimentata dal parco eolico offshore tramite n°8 cavi sottomarini.

Il GIS 66kV, identico per ciascuna sottostazione, è formato da:

- n°8 stalli (baie) in ingresso dal parco eolico;
- n°2 stalli (baie) per alimentazione dei n°2 trasformatori ausiliari utili all'alimentazione degli ausiliari di impianto;
- n°2 stalli collegati ai trasformatori da 330MVA per innalzare il livello di tensione a 380kV;

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 28 of 58

- il sistema è diviso in due semisbarre collegate tramite un congiuntore normalmente aperto. Ogni semisbarra è equipaggiata con trasformatore di tensione e sezionatore di messa a terra ad alta velocità.

Il GIS 380 kV della Sottostazione 1 comprende n°6 baie che permettono il:

- collegamento tramite n°2 cavi sottomarini alla sottostazione onshore per l'esportazione dell'energia prodotta dall'impianto eolico;
- collegamento ai n°2 trasformatori innalzatori 66/380kV;
- collegamento tramite n°1 cavo sottomarino per l'allacciamento al GIS 380kV della Sottostazione 2;
- collegamento tra le due semisbarre;
- collegamento dei n°2 Reattori Shunt da 300 MVA ciascuno, previsti per la compensazione dell'energia capacitiva dovuta al collegamento in cavo sottomarino.

Il GIS 380 kV della Sottostazione 2 comprende n°3 baie, nello specifico:

- collegamento tramite n°1 cavo sottomarino per l'allacciamento al GIS 380kV della Sottostazione 1;
- collegamento ai n°2 trasformatori innalzatori 66/380kV;
- collegamento dei n°2 Reattori Shunt da 350 MVA ciascuno, previsti per la compensazione dell'energia capacitiva dovuta al collegamento in cavo sottomarino.

Per ciascuna sottostazione, dagli stalli dei trasformatori abbassatori del GIS 66kV, l'energia è distribuita agli ausiliari di sottostazione tramite n°2 trasformatori AT/BT. Ogni trasformatore si collega al quadro principale di Bassa Tensione che alimenta a sua volta gli ausiliari di impianto.

Per ciascuna sottostazione, il sistema in BT è caratterizzato da:

- n°1 quadro di Bassa Tensione a 400 V per l'alimentazione dei sottoquadri ausiliari. Il quadro è diviso in n°3 semisbarre con due interruttori di accoppiamento sbarre automatico (ATS). Il quadro è normalmente alimentato dai due trasformatori ausiliari ed in caso di emergenza da n°2 generatori diesel;
- Sistema in corrente continua (DC UPS);
- gruppo di continuità in corrente alternata (AC UPS).

In aggiunta a quanto sopra, sono previsti tutti i sistemi ausiliari d'impianto, necessari al corretto funzionamento della sottostazione, quali ad esempio:

- Sistema di controllo e protezione;
- Sistema HVAC;

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 29 of 58

- Sistema antincendio;
- Sistema luci e prese;
- Sistema di ausilio alla navigazione;
- Sistema di videosorveglianza;
- Sistema trattamento acqua.

Il dettaglio della distribuzione elettrica è rappresentato nel diagramma unifilare allegato a questa relazione “12085-EBG-001 Single Line Diagram”.

Il dettaglio della disposizione in pianta dei componenti è rappresentato nei layout allegati a questa relazione “12085-LDL-001 Layout Substation 1” e “12085-LDL-002 Layout Substation 2”.

5.2. Gas Insulated Substation (GIS) 380kV

La soluzione tecnica prescelta per i GIS 30kV delle sottostazioni in oggetto, e descritta nel presente capitolo, è frutto di una serie di scelte/assunzioni progettuali iniziali di seguito brevemente riassunte:

1. in accordo alla Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) redatta da Terna per l’impianto eolico di interesse, le sottostazioni offshore dovranno essere collegate a 380 kV su una futura Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV “Andria – Brindisi Sud”. Si assume quindi che tale sottostazione onshore sia in configurazione doppia sbarra;
2. in accordo alla richiesta del Cliente, le due sottostazioni dovranno essere interconnesse tra di loro, in modo da esportare verso terra con entrambe le linee L1 e L2 da un'unica sottostazione. Così facendo, in caso di guasto di una delle due linee, la rimanente potrà esportare da entrambe le sottostazioni (le linee L1 e L2 sono assunte dimensionate per il 50% della potenza complessiva d’impianto);
3. in accordo ai punti precedenti, le linee L1 ed L2 non possono quindi essere connesse in parallelo in sottostazione offshore. Da qui la necessità di prevedere una serie di baie aggiuntive come di seguito descritto.

La Sottostazione 1 comprende due semisbarre, la sbarra 1A e la sbarra 1B, unite da un congiuntore normalmente aperto. Alla sbarra 1A, da cui parte la linea L1 verso terra, sono collegati anche i trasformatori elevatori della Sottostazione 1. Alla sbarra 1B, da cui parte la linea L2 verso terra, è collegata anche la linea L3, in arrivo dal GIS 380kV della Sottostazione 2.

La Sottostazione 2 comprende una singola sbarra, denominata 2A, alla quale sono connessi i trasformatori elevatori della suddetta sottostazione e la linea L3 verso la Sottostazione 1.

Condizioni operative normali

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 30 of 58

La linea L1 esporta la potenza generata dalle turbine connesse alla Sottostazione 1, mentre la linea L2 esporta la potenza generata dalle turbine connesse alla Sottostazione 2. In questa condizione, il congiuntore deve rimanere aperto.

Guasto alla linea L1

A seguito dell'apertura per guasto dell'interruttore della linea L1 il congiuntore viene chiuso in modo da connettere le semisbarre 1A e 1B, per far sì che l'eventuale potenza generata dalle turbine connesse alla Sottostazione 1 possa essere esportata tramite la linea L2. I Reattori Shunt presenti in Sottostazione 1 saranno automaticamente disconnessi dalla rete di sottostazione a seguito dell'apertura dell'interruttore della linea L1 (se necessario, le operazioni di disconnessione dei Reattori Shunt dalla linea L1 dovranno essere eseguite con linea L1 non in tensione).

Guasto alla linea L2

A seguito dell'apertura per guasto dell'interruttore della linea L2 il congiuntore viene chiuso in modo da connettere le sbarre 1A e 1B, per far sì che l'eventuale potenza generata dalle turbine connesse alla Sottostazione 2 possa essere esportata tramite la linea L1. I Reattori Shunt presenti in Sottostazione 1 dovranno essere messi fuori servizio, in quanto non più necessari (in alternativa, essendo Reattori Shunt del tipo variabile, tutti e n°4 i Reattori Shunt potranno rimanere connessi alle relative linee, a patto che vengano opportunamente controllati per garantire la corretta compensazione delle linee L1+L3).

Guasto alla linea L3

In caso di guasto sulla linea L3 sono aperti i relativi interruttori e non è possibile alcuna esportazione della potenza eventualmente generata dalla Sottostazione 2.

Al fine di gestire automaticamente gli interruttori GIS 380kV Sottostazione 1 è previsto un sistema ATS (Automatic Transfer Switch), con le seguenti principali logiche di commutazione.

- a) Condizione normale: interruttore linea L1 e interruttore linea L2 chiusi, congiuntore aperto;
- b) Guasto L1: interruttore linea L2 chiuso e interruttore linea L1 aperto, congiuntore chiuso;
- c) Guasto L2: interruttore linea L1 chiuso e interruttore linea L2 aperto, congiuntore chiuso.

5.2.1. Sottostazione 1 GIS 380kV

La Sottostazione 1 è composta da due semisbarre a 380 kV.

Ogni "baia di trasformazione" GIS 380kV della Sottostazione 1 è formata dalle seguenti componenti:

- Terminali cavo di alta tensione in ingresso dal trasformatore elevatore;

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 31 of 58

- n°3 scaricatori di tensione monofase;
- n°3 trasformatori di tensione monofase;
- n°1 sezionatore di terra ad alta velocità;
- n°1 sezionatore (di linea) trifase;
- n°1 sezionatore di terra;
- n°3 trasformatori di corrente per ogni fase;
- n°1 interruttore trifase (comando uni-tripolare);
- n°1 sezionatore di terra;
- n°1 sezionatore (di linea) trifase.

Entrambe le “baie di linea” L1 e L2 sono composte da:

- n°1 sezionatore (di linea) trifase;
- n°1 sezionatore di terra;
- n°3 trasformatori di corrente per ogni fase;
- n°1 interruttore trifase (comando uni-tripolare);
- n°1 sezionatore di terra;
- n°1 sezionatore (di linea) trifase;
- n°1 sezionatore di terra ad alta velocità;
- n°3 trasformatori di tensione monofase;
- n°3 scaricatori di tensione monofase;
- Terminali cavo di alta tensione in uscita verso le linee a terra.

Esclusivamente per la “baia di linea” L1 devono essere aggiunti i seguenti componenti, al fine di poter collegare in parallelo ai terminali del cavo in alta tensione i n°2 Reattori Shunt:

- Per collegamento Reattore Shunt -1:
 - n°1 sezionatore (di linea) trifase;
 - n°1 sezionatore di terra ad alta velocità;
 - Terminali per cavi di collegamento Reattore Shunt.
- Per collegamento Reattore Shunt-2:
 - n°1 sezionatore (di linea) trifase;
 - n°1 sezionatore di terra ad alta velocità;
 - Terminali per cavi di collegamento Reattore Shunt.

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 32 of 58

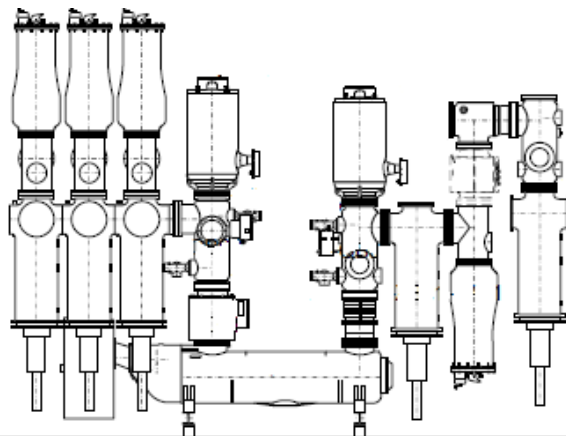


Figura 13: Esempio di baia GIS 380kV simile - Sezione Laterale

La “baia di linea” L3 è composta da:

- n°1 sezionatore (di linea) trifase;
- n°1 sezionatore di terra;
- n°1 interruttore trifase (comando uni-tripolare);
- n°3 trasformatori di corrente per ogni fase;
- n°1 sezionatore di terra;
- n°1 sezionatore (di linea) trifase;
- n°1 sezionatore di terra ad alta velocità;
- n°3 trasformatori di tensione monofase;
- n°3 scaricatori di tensione monofase;
- Terminali in cavo per il collegamento al GIS 380kV della Sottostazione 2.

La baia del congiuntore include i seguenti componenti:

- n°1 sezionatore (di linea) trifase con lame di messa a terra;
- n°3 trasformatori di corrente monofase;
- n°1 interruttore trifase (comando uni-tripolare);
- n°3 trasformatori di corrente monofase;
- n°1 sezionatore (di linea) trifase con lame di messa a terra.

Infine, ciascuna delle due semisbarre è equipaggiata con trasformatori di tensione e sezionatore di messa a terra ad alta velocità.

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 33 of 58

Sarà inoltre previsto un sistema di gestione automatico degli interruttori (ATS), come precedentemente descritto.

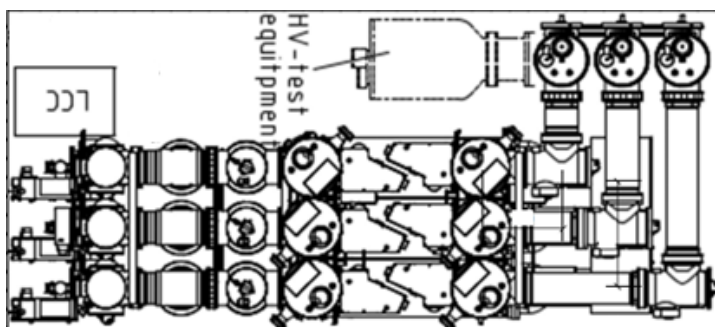


Figura 14: Esempio di baia GIS 380 kV simile - Vista dall'alto

5.2.2. Sottostazione 2 GIS 380kV

La Sottostazione 2 è composta da una singola sbarra a 380 kV.

Ogni “baia di trasformazione” GIS 380kV della Sottostazione 2 è formata dalle seguenti componenti:

- Terminali cavo di alta tensione in ingresso dal trasformatore elevatore
- n°3 scaricatori di tensione monofase;
- n°3 trasformatori di tensione monofase;
- n°1 sezionatore di terra ad alta velocità;
- n°1 sezionatore (di linea) trifase;
- n°1 sezionatore di terra;
- n°3 trasformatori di corrente per ogni fase
- n°1 interruttore trifase (comando uni-tripolare);
- n°1 sezionatore di terra;
- n°1 sezionatore (di linea) trifase.

La “baia di linea” L3 è composta da:

- n°1 sezionatore (di linea) trifase;
- n°1 sezionatore di terra;
- n°3 trasformatori di corrente per ogni fase;
- n°1 interruttore trifase (comando uni-tripolare);
- n°1 sezionatore di terra;
- n°1 sezionatore (di linea) trifase;

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 34 of 58

- n°1 sezionatore di terra ad alta velocità;
- n°3 trasformatori di tensione monofase;
- n°3 scaricatori di tensione monofase;
- Terminali in cavo per il collegamento al GIS 380kV della Sottostazione 1.

Esclusivamente per la “baia di linea” L3 devono essere aggiunti i seguenti componenti, al fine di collegare in parallelo ai terminali del cavo in alta tensione i n°2 Reattori Shunt:

- Per collegamento Reattore Shunt -3:
 - n°1 sezionatore (di linea) trifase;
 - n°1 sezionatore di terra ad alta velocità;
 - Terminali per cavi di collegamento Reattore Shunt.
- Per collegamento Reattore Shunt -4:
 - n°1 sezionatore (di linea) trifase;
 - n°1 sezionatore di terra ad alta velocità;
 - Terminali per cavi di collegamento Reattore Shunt.

Infine, la sbarra è equipaggiata con trasformatori di tensione e sezionatore di messa a terra ad alta velocità.

5.3. Gas Insulated Substation (GIS) 66kV

Il GIS 66kV è utilizzato per raccogliere l’energia elettrica prodotta dalle n°8 stringhe di turbine eoliche in ciascuna sottostazione, e tramite gli stalli di trasformazione innalzare il livello di tensione da 66kV a 380kV. Per ciascuna sottostazione, il GIS 66kV contiene inoltre n°2 stalli per i trasformatori ausiliari ed è composto da due semi sbarre collegate tramite congiuntore.

Per il livello di tensione in oggetto (66kV), è presente sul mercato una nuova tecnologia GIS denominata “Clean Air”, aria pulita. Rispetto al classico isolamento tramite SF6, la tecnologia “Clean Air” risulta leggermente più ingombrante a fronte però di un costo che è leggermente inferiore.

Per il dimensionamento delle sottostazioni in oggetto è stata selezionata la soluzione “Clear Air” in vista di una possibile regolamentazione europea che dovrebbe escludere l’utilizzo di SF6 nel caso in cui fosse disponibile una soluzione tecnologica equivalente non inquinante.

Considerando le n°8 stringhe degli aereogeneratori, le n°2 baie verso i trasformatori elevatori, le n°2 uscite verso i trasformatori ausiliari e il congiuntore, il numero totale degli stalli che compongono ciascun GIS 66kV è n°13.

Ogni baia (ad eccezione del congiuntore) è formata dalle seguenti componenti:

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 35 of 58

- Terminali cavo di alta tensione in ingresso dalle turbine eoliche o in uscita verso i trasformatori elevatori ed ausiliari;
- n°3 scaricatori di tensione monofase;
- n°1 sezionatore di terra ad alta velocità;
- n°3 trasformatori di tensione monofase (opzione);
- n°1 sezionatore (di linea) trifase con lame di messa a terra;
- n°3 trasformatori di corrente per ogni fase;
- n°1 interruttore trifase (comando uni-tripolare);
- n°1 sezionatore (di linea) trifase con lame di messa a terra.

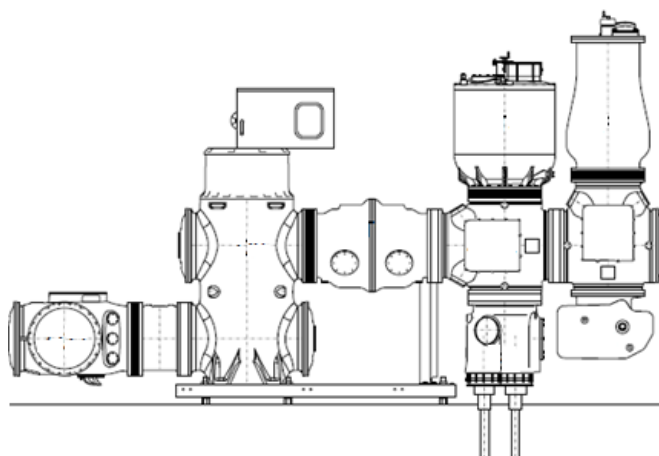


Figura 15: GIS 66kV - Feeder - Vista Laterale

Il GIS 66kV è composto da n°2 semisbarre, ognuna munita di trasformatori di tensione e sezionatore di messa a terra ad alta velocità, collegate tramite congiuntore.

La baia del congiuntore invece include le seguenti componenti:

- n°1 sezionatore (di linea) trifase con lame di messa a terra;
- n°3 trasformatori di corrente monofase;
- n°1 interruttore trifase (comando uni-tripolare);
- n°3 trasformatori di corrente monofase;
- n°1 sezionatore (di linea) trifase con lame di messa a terra.

 <p>POWERING TOGETHER A BETTER TOMORROW</p>	 <p>POWERED BY HOPE GROUP AND GALILEO</p>	
<p>DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00</p>	<p>Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore</p>	<p>DATE: 20/07/2023 PAGE: 36 of 58</p>

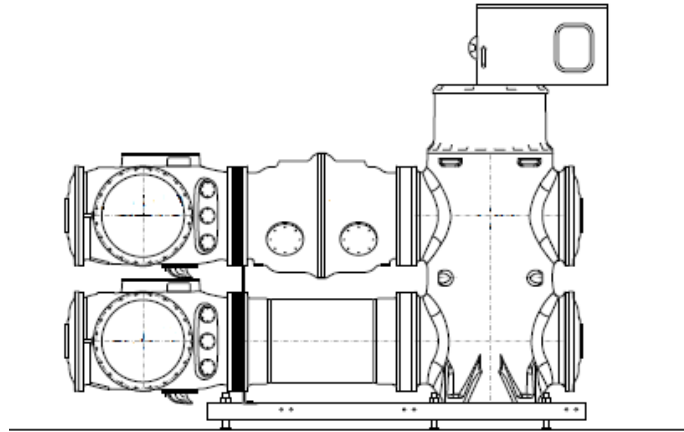


Figura 16: GIS 66kV - Coupler - Vista Laterale

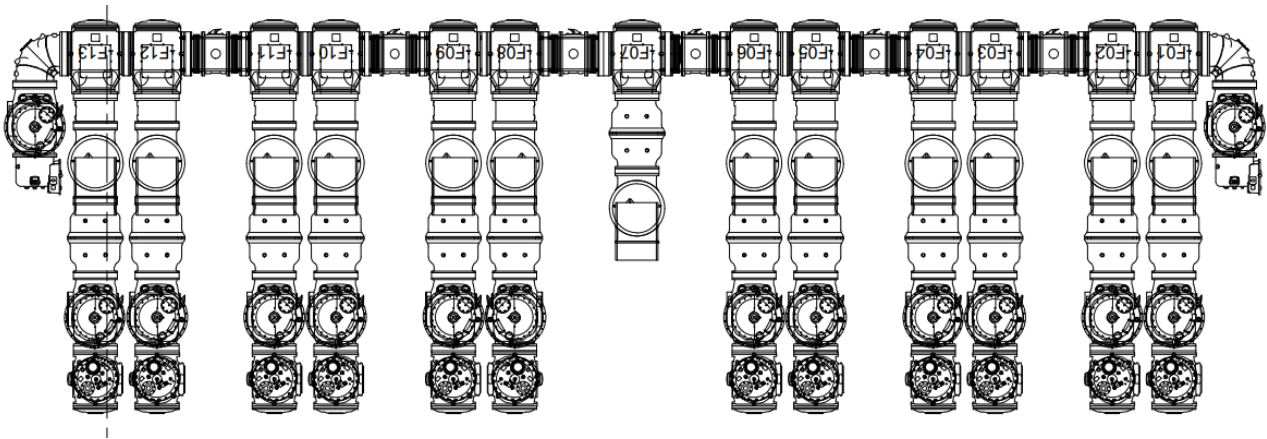


Figura 17: GIS 66kV - Vista dall'alto

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 37 of 58

5.4. Trasformatori Elevatori

Ognuna delle piattaforme include, secondo il progetto attuale, n°2 trasformatori elevatori da 330 MVA equipaggiati con un sistema di raffreddamento del tipo ONAN (Olio Naturale, Aria Naturale).

La taglia dei trasformatori verrà ottimizzata in fasi più avanzate del progetto, sulla base delle necessità di funzionamento e delle scelte strategiche del Cliente.

Diverse soluzioni sono state studiate e dovranno essere valutate in futuro, sebbene la soluzione attuale appaia al momento la più consigliabile:

- **330 MVA ONAN** – La soluzione ONAN (raffreddamento naturale) è quella più ampiamente utilizzata nelle sottostazioni offshore e la potenza nominale prescelta permetterebbe di trasmettere l'energia prodotta da n°4 stringhe di turbine eoliche per ogni trasformatore (soluzione attualmente prevista);
- **250/330 MVA ONAN/ONAF** – La soluzione con raffreddamento misto (naturale e forzato), permetterebbe di utilizzare trasformatori più piccoli e di ottimizzare il funzionamento sulla base della potenza delle pale eoliche realmente collegate al singolo trasformatore;
- **300/360MVA ONAN/ONAF** – La soluzione con raffreddamento misto di taglia superiore potrebbe infine essere prescelta, se si vorrà privilegiare la capacità della sottostazione di trasmettere gran parte della potenza prodotta anche in caso di guasto ad un trasformatore (massima esportabile in accordo al limite di corrente nominale di sbarra GIS 66kV considerato, pari a 3150A). In questo caso i trasformatori lavorerebbero quasi sempre con ventilazione naturale, tranne in caso di massimo carico e/o con un trasformatore fuori uso.

Gli avvolgimenti a 380kV dei trasformatori hanno isolamento uniforme e sono collegati a stella, con terminale di neutro accessibile e predisposto per l'eventuale connessione a terra.

La connessione a terra dell'avvolgimento AT sarà concordata con Terna in relazione alle esigenze della rete nel punto di connessione.

Gli avvolgimenti a 66kV sono collegati a triangolo e sono collegati a terra tramite un trasformatore di messa a terra.

L'avvolgimento AT dei trasformatori elevatore è dotato di un variatore di tensione sotto carico con regolatore automatico in grado di consentire, con più gradini, una variazione della tensione a vuoto compresa tra $\pm 12.5\%$ della tensione nominale.

I trasformatori elevatori sono opportunamente dimensionati per consentire il transito contemporaneo della potenza attiva e reattiva massima (assumendo un fattore di potenza di 0.9 in anticipo/ritardo) e comunque con una potenza apparente complessiva superiore al 110% della Pn dell'impianto, come richiesto dall' "Allegato A.17 - Centrali eoliche - Condizioni generali di connessione alle reti AT - Sistemi di protezione regolazione e controllo" di Terna.

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 38 of 58

I trasformatori sono progettati con classe di isolamento A e sono dotati di una serie di sensori/e relè in grado di monitorare le condizioni del sistema di isolamento, le condizioni del sistema di raffreddamento e la temperatura degli avvolgimenti.

I sensori e i relè installati a bordo del trasformatore sono progettati per resistere alle condizioni ambientali di installazione. Il trasformatore è equipaggiato con un sistema di monitoraggio online per la condizione dell'olio/gas (es. rilevatore di umidità dell'olio/gas). Il rilevatore è di tipo ad allerta precoce e consente di prevedere attività di manutenzione basate sul monitoraggio delle condizioni di olio/gas.

La valutazione meccanica del trasformatore e del variatore sotto carico comprende misure per contenere gli effetti delle vibrazioni a cui è soggetta la sottostazione a causa delle onde e del vento.

Le caratteristiche target per la progettazione dei trasformatori sono:

- durevole;
- affidabile;
- ridurre al minimo i costi operativi durante la durata prevista.

A tal proposito i trasformatori sono progettati per:

- resistere alle condizioni ambientali aggressive dovute all'ambiente marino di installazione;
- ottimizzare i pesi e le dimensioni;
- favorire il trasporto e le operazioni di manutenzione;
- prevenzione della rottura del tank:
 - per aumentare l'affidabilità della sottostazione (in caso di rottura il trasformatore è inutilizzabile);
 - diminuire il rischio incendio dovuto alla fuoriuscita dell'olio;
 - diminuire il rischio di fuoriuscita dell'olio che potrebbe danneggiare l'ambiente.

5.4.1. Olio biodegradabile

Per evitare il rischio di contaminazione dell'ambiente, oltre a sistemi di captazione di eventuali perdite interni alla struttura, il trasformatore è stato progettato per essere riempito con olio biodegradabile (esempi di olio: SHELL DIALA S5 BD, NYTRO® BIO 300 X, etc..di cui di seguito caratteristiche di dettaglio) tale da non arrecare danni all'ambiente anche in caso di rilascio in mare.

 <p>POWERING TOGETHER A BETTER TOMORROW</p>	 <p>POWERED BY HOPE GROUP AND GALILEO</p>	
<p>DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00</p>	<p>Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore</p>	<p>DATE: 20/07/2023 PAGE: 39 of 58</p>

TYPICAL PROPERTIES OF SHELL DIALA S5 BD

PROPERTIES		METHOD	IEC 60296, TYPE A MINIMUM	IEC 60296, TYPE A MAXIMUM	SHELL DIALA S5 BD TYPICAL
Appearance		IEC 60296	Clear, free from sediment and suspended matter	Clear, free from sediment and suspended matter	Complies
Density @20°C	kg/m ³	ISO 3675		895	816
Kinematic Viscosity @ 100°C	mm ² /s	ISO 3104			2.2
Kinematic Viscosity @ 40°C	mm ² /s	ISO 3104		12	7.4
Kinematic Viscosity @ -20°C	mm ² /s	ISO 3104			115
Kinematic Viscosity @ -30°C	mm ² /s	ISO 3104		1 800	253
Kinematic Viscosity @ -40°C	mm ² /s	IEC 61868			1 000
Flashpoint P.M.	°C	ISO 2719	135		161
Pour Point	°C	ISO 3016		-40	-51
Fire - Point	°C	ISO 2592			186
Acidity	mg KOH/g	IEC 62021-1		0.01	0.01
Corrosive Sulphur		DIN 51353		Not corrosive	Not corrosive
Total Sulphur Content	mg/kg	ASTM D5185		500	≤ 1
Potentially Corrosive Sulphur		IEC 62535		Not corrosive	Not corrosive
Breakdown Voltage Untreated	kV	IEC 60156	30		40
Breakdown Voltage After Treatment	kV	IEC 60156	70		75
Dielectric Dissipation Factor (DDF) @90°C		IEC 60247		0.005	0.001
Oxidation Stability 500h / 120°C		IEC 61125		High grade oil, Type A	
Total Acidity	mg KOH/g			0.3	0.02
Sludge	%m			0.05	0.005
Dielectric Dissipation Factor (DDF) @90°C				0.05	0.001
Water content [Drums/BC]	mg/kg maximum	IEC 60814		40	14
Water content [Bulk]	mg/kg maximum	IEC 60814		30	14
2-Furfural and related compounds content	mg/kg	IEC 61198		Not detectable	Complies
Stray gassing under thermo-oxidative stress		IEC 60296, procedure in Clause A.4 (oil saturated with air) in presence of copper		Non stray gassing	Complies
-Hydrogen (H ₂) -Methane (CH ₄) -Ethane (C ₂ H ₆)				< 50 µl/l < 50 µl/l < 50 µl/l	Complies
DBDS content		IEC 62697-1		Not detectable (< 5 mg/kg)	Complies
Metal passivator additives	mg/kg	IEC 60666		Not detectable	Complies
Oxidation inhibitor content (DBPC)	%m	IEC 60666			0.23
PCA Content	%m	IP346		3	Complies
PCB content	mg/kg	IEC 61619		Not detectable	Complies
Biodegradability	%	OECD 301B			Readily Biodegradable

These characteristics are typical of current production. Whilst future production will conform to Shell's specification, variations in these characteristics may occur.

*Sulphur content below 1ppm detection limit of ASTM D5185.

SHELL
LUBRICANT SOLUTIONS

Figura 18: Caratteristiche olio SHELL DIALA S5 BD

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 40 of 58

5.4.2. Sistema di raffreddamento

Per facilitare il raffreddamento ad aria dei trasformatori i radiatori sono posti all'esterno dei locali trasformatori.

I radiatori sono collegati ai trasformatori/reattori shunt tramite dei tubi di dimensioni adeguate a permettere la circolazione dell'olio. In particolare, i radiatori ed i conservator tank sono collocati al Livello 4 - el. +34.0m - Weather deck della struttura. Questa soluzione facilita inoltre il processo di convezione.

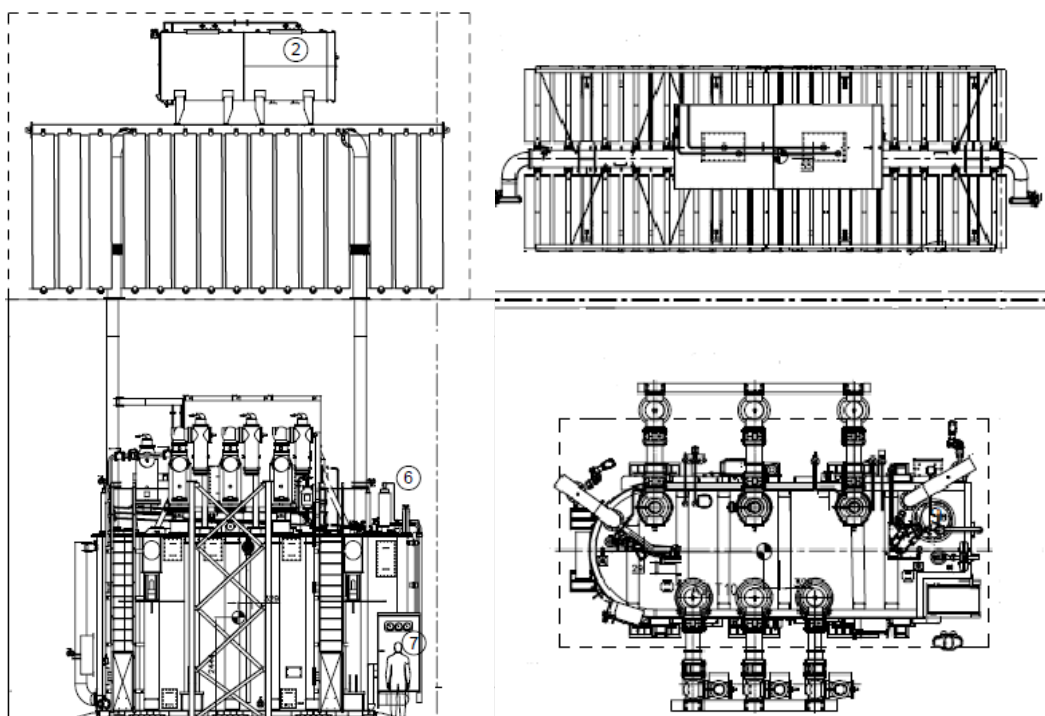


Figura 19: Trasformatore elevatore e radiatore- Vista laterale e dall'alto

5.4.3. Vasca di raccolta olio

I trasformatori previsti in sottostazione offshore sono installati all'interno di stanze dedicate equipaggiate con vasca di raccolta olio. La vasca di raccolta olio è parzialmente annegata all'interno della struttura per ottimizzarne i relativi ingombri. La vasca copre una superficie tale da poter raccogliere eventuali fuoriuscite e/o perdite d'olio dal trasformatore. La vasca di raccolta olio è dimensionata in modo tale che il suo volume possa contenere non solo l'intera quantità d'olio presente all'interno del trasformatore ma anche il volume di acqua/schiuma necessario in caso di incendio dello stesso.

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 41 of 58

5.5. Reattori Shunt

In accordo a quanto richiesto dall' "Allegato A.17 - Centrali eoliche - Condizioni generali di connessione alle reti AT - Sistemi di protezione regolazione e controllo" gli scambi di potenza reattiva devono essere minimizzati per non influire negativamente sulla regolazione di tensione. In particolare, in caso di impianto fermo (in corrispondenza della potenza attiva $P=0$ ed in assenza di regolazione della tensione) la massima potenza reattiva che può essere scambiata è uguale a 0.5 MVar. Inoltre, in caso di impianto attivo (scambio di potenza) si dovranno rispettare le curve di capability al punto di consegna.

Sulla base di quanto in precedenza, il presente studio considera necessari Reattori Shunt utilizzati per compensare la potenza reattiva capacitiva generata da:

- cavi sottomarini di collegamento dalla Sottostazione 1 a terra (linee L1 e L2);
- cavi sottomarini di interconnessione tra le due sottostazioni (linea L3);
- cavi sottomarini di interconnessione tra gli aerogeneratori e verso le sottostazioni (interarray).

Il maggior peso nella generazione di potenza capacitiva è dato dai cavi di collegamento dalla Sottostazione 1 a terra (linee L1 e L2). La lunghezza dei cavi in questione è di ca 60 km ciascuno. Non è inoltre trascurabile il contributo della linea L3, la cui lunghezza è di ca 15 km, utilizzata per l'interconnessione tra le due sottostazioni.

Non essendo attualmente prevista una sottostazione utente onshore, tutti i Reattori Shunt sono installati all'interno delle due sottostazioni offshore. A fasi successive la possibile valutazione di installare parte dei Reattori Shunt a terra, in modo da ottimizzare il dimensionamento dei cavi sottomarini, andando infatti a ridurre il valore massimo di "charging current".

La tipologia di cavo sottomarino e quindi le sue relative caratteristiche non sono ancora definite. Per un dimensionamento preliminare si è quindi assunta una capacità specifica pari a $0.20\mu\text{F}/\text{km}$. Con questi input e considerata la minor ma pur sempre presente potenza capacitiva generata dai cavi di collegamento delle stringhe di aerogeneratori, si stima una potenza reattiva da compensare di ca 600 MVar per la linea L1 (ca 60 km), e di ca 700MVar per le linee L2+L3 (ca 75km complessivi).

Non sono stati trovati al momento Reattori Shunt in commercio con taglie nell'ordine di quelle precedentemente descritte. Sono quindi previsti n°2 Reattori Shunt per ciascuna sottostazione, rispettivamente da 2x300 MVar per la Sottostazione 1 (compensazione linea L1) e 2x350MVar per la Sottostazione 2 (compensazione linee L2+L3). La taglia dei Reattori Shunt sarà comunque rivista in fase avanzata di progetto, considerando i parametri effettivi dei cavi sottomarini ma anche i parametri dei trasformatori che, avendo natura induttiva, favoriranno la compensazione della potenza reattiva capacitiva.

Riassumendo, sono quindi previsti:

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 42 of 58

- n°2 Reattori Shunt installati in Sottostazione 1 per compensare il carico capacitivo della linea L1;
- n°2 Reattori Shunt installati in Sottostazione 2 per compensare il carico capacitivo complessivo delle linee L2 e L3.

I Reattori Shunt sono collegati in derivazione all'uscita dei collegamenti in cavo (si veda come riferimento il doc. "12085-EBG-001 Single Line Diagram").

I Reattori Shunt sono isolati in olio con raffreddamento naturale similmente a quanto previsto per i trasformatori elevatori. Per rispettare le curve di capability i Reattori Shunt devono essere a "taglia variabile" e possono essere disconnessi, in caso di manutenzione, tramite gli appositi sezionatori presenti nello stallo di linea a 380kV (si sottolinea che la disconnessione tramite sezionatori può essere eseguita solo in condizioni di fuori tensione).

Analogamente a quanto già descritto in precedenza, anche i Reattori Shunt sono previsti con vasca di raccolta olio.

5.6. Collegamenti in alta tensione delle apparecchiature

I collegamenti in alta tensione (66kV e 380kV) sono definiti preliminarmente nel layout, come da documenti allegati "12085-LDL-001 Layout Substation 1" e "12085-LDL-002 Layout Substation 2".

In particolare, i GIS 66kV sono collegati alle turbine eoliche (stringhe) per mezzo di cavi 66kV sottomarini tramite l'ausilio dei J-tubes.

Dai GIS 66 kV di ciascuna sottostazione sono presenti baie dedicate per: i n°2 trasformatori ausiliari e i n°2 trasformatori elevatori. I collegamenti sono rispettivamente in cavo e in condotto sbarra. La scelta di optare per una soluzione in condotto sbarre è dovuta alla rilevante portata richiesta. L'utilizzo dei cavi in tale situazione richiederebbe l'ausilio di più linee in parallelo con raggi di curvatura maggiori rispetto all'utilizzo dei condotti sbarra. In ogni caso la definizione dell'utilizzo dei cavi o dei condotti sbarra verrà definita in una fase più avanzata del progetto.

Il collegamento in alta tensione dai trasformatori elevatori al GIS 380kV è in cavo. Stessa soluzione è applicata per il collegamento dal GIS 380kV ai Reattori Shunt e per l'esportazione dell'energia verso terra tramite i cavi sottomarini. Questi ultimi utilizzano, come per i cavi in ingresso dalle stringhe delle pale eoliche, i J-Tubes per la salita/discesa dalla piattaforma.

5.7. Ausiliari d'impianto

Gli ausiliari d'impianto della Sottostazione 1 sono alimentati tramite il quadro denominato "LVSG-AUX_1", mentre gli ausiliari d'impianto della Sottostazione 2 sono alimentati tramite il quadro denominato "LVSG-AUX_2". Ogni quadro è diviso in tre semi sbarre. Ciascuna delle due sbarre A e B è alimentata da un

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 43 of 58

trasformatore ausiliario dedicato (sistema di potenza ausiliario principale), mentre la sbarra E è alimentata da n°2 generatori diesel di emergenza (sistema di potenza ausiliario di emergenza).

Il quadro principale di bassa tensione alimenta tutti gli ausiliari di sottostazione, comprese le utenze presenti relative al controllo delle turbine eoliche e i servizi ausiliari per permettere l'alloggio del personale durante le manutenzioni.

Il sistema di potenza ausiliario di emergenza è attivato in caso di guasto del sistema di potenza ausiliario principale ed è dimensionato per poter alimentare almeno per 18h i seguenti servizi essenziali:

- Luci di emergenza;
- Luci di navigazione e altri sistemi di segnalamento della sottostazione;
- Impianto antincendio;
- Sistema di varo della scialuppa di salvataggio;
- Sistema di controllo e comunicazione;
- Sistema di allarme.

Per questi sistemi è inoltre prevista connessione a sistema AC/DC UPS per garantire la continuità di alimentazione anche durante la transizione da sistema ausiliario principale a quello di emergenza.

Per ogni quadro, il sistema UPS è completamente ridondato e include due carica batterie, due sistemi di batterie e due inverter.

5.7.1. Alimentazione degli ausiliari di impianto

Dal momento che le sottostazioni dovranno essere permanentemente in funzione, parte dei servizi ausiliari necessiteranno di alimentazione anche nel caso in cui l'impianto eolico sia fermo e non produca.

Per rispondere a questa necessità, ma anche per eventuali emergenze, sono stati previsti n°2 generatori diesel d'emergenza per ciascuna sottostazione con avvio automatico.

Si è tuttavia già stabilito che, in una fase più avanzata di progetto, potrà essere valutata la realizzazione di un piccolo impianto fotovoltaico sulla parte più alta del top-side in modo da utilizzare il più possibile fonti rinnovabili, minimizzando il consumo di combustibile.

Laddove lo si ritenga funzionale, l'impianto fotovoltaico potrà essere accoppiato ad un piccolo sistema di accumulo elettrochimico (a batterie).

Si noti che, in genere, sarebbe possibile anche l'alimentazione degli ausiliari tramite energia dalla rete, soluzione che però potrebbe essere svantaggiosa a causa delle perdite di connessione.

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 44 of 58

6. Descrizione del Sistema Antincendio

6.1. Norme di riferimento

- DNV-ST-0145 Offshore substations - Edition 2020-10 - Amended 2021-09
- SOLAS, Chapter II-2
- NFPA 11, 2021 edition - Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam
- NFPA 15, 2022 edition - Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection
- NFPA 20, 2022 edition - Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection
- FSS-Code (Fire Safety Systems Code) - Res. MSC.98(73)
- CAP 437, 2021 edition - Standards for offshore helicopter landing areas

6.2. Analisi normativa

Lo standard DNV-ST-0145 introduce requisiti prescrittivi minimi per raggiungere i seguenti obiettivi di sicurezza antincendio:

- garantire l'evacuazione sicura del personale;
- ridurre al minimo il rischio di incendio e di esplosione;
- fornire la tempestiva rivelazione di incendio e di fughe di gas;
- effettuare lo sfogo di sovrappressioni pericolose;
- controllare eventuali incendi, limitandone i danni e la propagazione.

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 45 of 58

L'approccio prescrittivo dello standard si completa con un approccio prestazionale, basato sul seguente metodo iterativo:

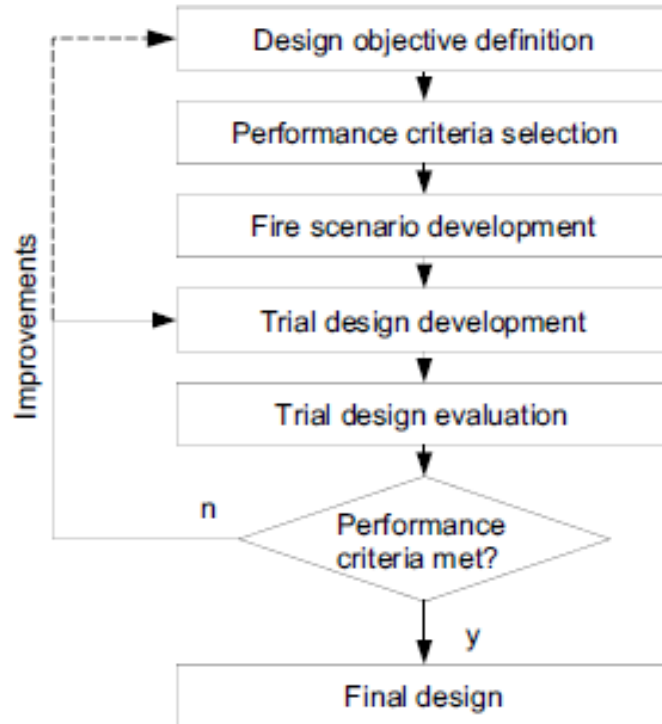


Figura 20: Approccio prestazionale alla progettazione antincendio (tratto dallo standard ST-0145)

Nella presente relazione le misure di protezione attiva sono state derivate dall'approccio prescrittivo, in assenza di un documento generale di valutazione del rischio di incendio e di esplosione.

In tale contesto, gli scenari di incendio previsti dallo standard sono così individuabili:

- incendio nei trasformatori principali ed ausiliari, dovuto a sovraccarico, degrado dell'olio, assenza o guasto del sistema di raffreddamento;
- incendio in sala quadri a causa di guasti, carenza di manutenzione, procedure operative scorrette;
- incendio in sala quadri LV associato a corto circuito o sovraccarico;
- incendio generatore diesel di emergenza causato da guasto, perdita o malfunzionamento;
- incendio in sala controllo o nelle aree destinate all'alloggio del personale dovuto a fumo di sigaretta, guasto di dispositivi elettrici, o scarsa pulizia degli ambienti.

Le misure di protezione attiva contro l'incendio indicate nello standard ST-0145 sono riassunte nella seguente tabella:

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 46 of 58

Area	Tipologia di protezione suggerita
Tutte	Estintori portatili
Sale trasformatori (principali, shunt)	Sistemi a base d'acqua, quali water spray o water mist, sistemi a schiuma ad alta espansione
Sale generatori	Sistemi a base d'acqua, quali water spray o water mist, sistemi a schiuma ad alta espansione, sistemi ad estinguente gassoso
Sale controllo, sale batterie, sale quadri, sale IT e telecomunicazioni	Sistemi ad estinguente gassoso o water mist
Alloggi o depositi di bagagli, aree comuni	Impianti sprinkler o estintori portatili
Depositati di liquidi combustibili, ivi inclusa la sala pompe antincendio, depositi di bombole di gas infiammabili	Sistemi a base d'acqua, quali water spray o water mist, sistemi a schiuma ad alta espansione
Locali contenenti bombole di gas non infiammabili	Estintori portatili
Eliporto	Impianto automatico a schiuma

Tabella 1: Selezione delle misure di protezione attiva

L'aggiunta di agente schiumogeno ai sistemi a base d'acqua è considerata preferenziale; pertanto, tale indicazione è stata considerata nel dimensionamento dei sistemi.

Non sono stati considerati i monitori per lo spegnimento degli incendi, prediligendo impianti fissi sulla base della normale assenza di personale nella sottostazione.

I paragrafi 6.5.2 ~ 6.5.6 dello standard introducono specifiche prescrizioni progettuali basate su FSS Code, MODU Code, circolari MSC, standard NFPA e altri standard internazionali, che sono affrontate analiticamente nei capitoli seguenti.

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 47 of 58

6.3. Scelte progettuali

Per ciascuna delle due sottostazioni, sulla base delle indicazioni dello standard ST-0145, si individuano le seguenti soluzioni impiantistiche di rivelazione ed estinzione di incendio.

Area	Soluzione impiantistica per lo spegnimento incendi	Soluzione impiantistica per la rivelazione di incendio
Tutte	Estintori portatili o estintori carrellati	-
Sale trasformatori ad olio (n°2 trasformatori 380/66kV, n°2 reattori shunt 380kV, e relativi radiatori ad olio)	Sistemi a schiuma con aria compressa (ICAF) progettati secondo NFPA 11, in alternativa ai sistemi water spray secondo NFPA 15	Rivelazione termica lineare sul perimetro, rivelazione termica puntiforme di tipo rate compensated o termico-termovelocimetrica per la superficie superiore
Locali trasformatori in resina (n°2 trasformatori ausiliari 66kV/400V)	Nessun impianto (solo estintori manuali carrellati)	Rivelazione termica puntiforme di tipo rate compensated o termico-termovelocimetrica
Locali trasformatori di messa a terra (n°2 trasformatori)	Nessun impianto (solo estintori manuali carrellati)	Rivelazione termica puntiforme di tipo rate compensated o termico-termovelocimetrica
Generatori di emergenza (n°2)	Sistema a schiuma con aria compressa (ICAF) progettato secondo NFPA 11, in alternativa al sistema water spray a schiuma secondo NFPA 11/15	Rivelazione termica puntiforme di tipo rate compensated o termico-termovelocimetrica e rivelazione di fiamma
Locali GIS	Nessun impianto (solo estintori portatili)	Rivelazione di fumo e termica di tipo rate compensated o termico-termovelocimetrica
Locale batterie	Nessun impianto (solo estintori portatili)	Rivelazione di fumo, rivelazione catalitica di idrogeno

 POWERING TOGETHER A BETTER TOMORROW	 <small>POWERED BY HOPE GROUP AND GALILEO</small>	
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 48 of 58

Sale elettriche (GIS 380 kV + GIS 66 kV + WPO electrical and control room, sala elettrica principale)	Sistema ad estinguente gassoso (gas inerte IG-541)	Rivelazione di fumo puntiforme
Sala controllo	Sistema ad estinguente gassoso (gas alogenato FK-5-1-12)	Rivelazione di fumo puntiforme
Locale HVAC	Nessun impianto (solo estintori portatili)	Rivelazione di fumo puntiforme e termica combinata (multisensori)
Uffici, depositi, alloggi, deposito di bagagli, aree comuni	Nessun impianto (solo estintori portatili)	Rivelazione di fumo puntiforme
Cucina o locale cottura	Nessun impianto (solo estintori portatili)	Rivelazione termica puntiforme
Eliporto	Impianto automatico a schiuma tipo DIFF	Rivelazione di fiamma

Tabella 2: Selezione delle soluzioni impiantistiche di rivelazione ed estinzione o controllo dell'incendio

6.4. Pre-dimensionamento dei sistemi

Per ciascuna delle due sottostazioni, si riportano di seguito i sistemi di estinzione e rilevazione previsti.

6.4.1. Trasformatori/Reattori Shunt

La soluzione tecnologica più innovativa per la protezione di trasformatori/reattori shunt consiste nei sistemi ICAF (Integrated Compressed Air Foam), che contemplano un impianto a diluvio in cui avviene la miscelazione di liquido concentrato schiumogeno, aria compressa e acqua all'interno di una camera di miscelazione (mixing chamber) per la successiva erogazione della schiuma attraverso ugelli costruiti e approvati per l'erogazione di schiuma.

L'aria compressa è fornita mediante un set di bombole in pressione (160 bar) che, a seguito di attivazione elettrica sul trim della camera di miscelazione, pressurizzano sia il serbatoio dell'agente schiumogeno che il

 <p>POWERING TOGETHER A BETTER TOMORROW</p>	 <p>POWERED BY HOPE GROUP AND GALILEO</p>	
<p>DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00</p>	<p>Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore</p>	<p>DATE: 20/07/2023 PAGE: 49 of 58</p>

serbatoio dell'acqua, effettuandone la miscelazione in rapporto 90% aria-10% schiumogeno verso la rete di distribuzione, dimensionata secondo un software di calcolo proprietario.

Il sistema ICAF con serbatoio idrico pressurizzato è stato scelto per ovviare all'esigenza di un gruppo di pompaggio a bordo, nonché per limitare la richiesta idrica e per smaltire minori volumi di acqua contaminata in caso di incendio.

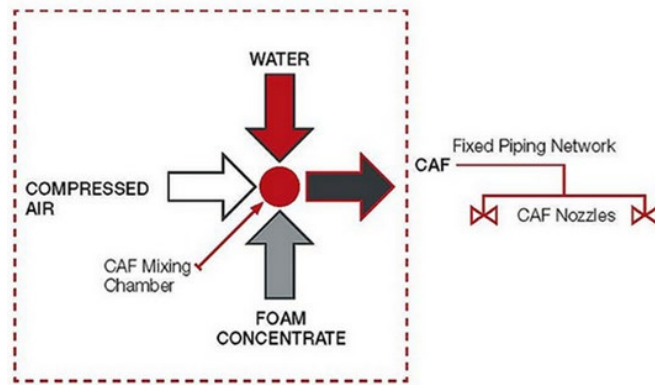


Figura 21: Principio dei sistemi ICAF

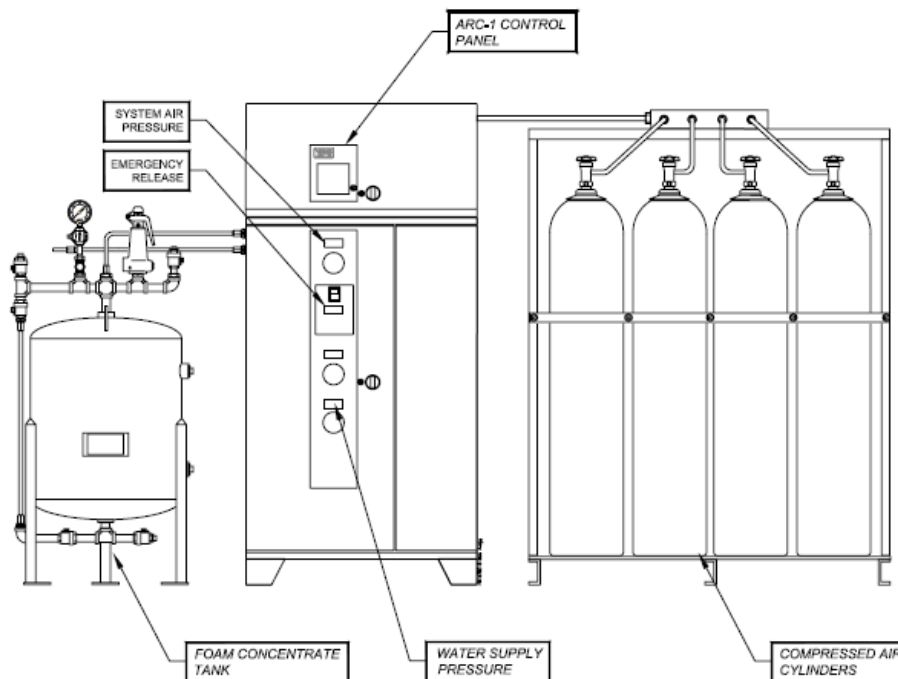


Figura 22: Configurazione di un sistema ICAF (senza serbatoio idrico)

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 50 of 58



Figura 23: Skid integrato di un sistema ICAF (fonte: Fireflex Systems)

Il sistema ICAF è stato testato da enti di certificazione indipendenti, quali Factory Mutual, pertanto i parametri progettuali sono stati mutuati sia dal capitolo 8 della norma NFPA 11 che dai risultati dei test effettuati da FM.

I parametri progettuali per incendi tridimensionali (quali quelli dei trasformatori/reactori shunt) sono indicati nella tabella seguente.

	Densità di scarica [l/min/m ²]	Superficie [m ²]	Portata calcolata [l/min]	Percentuale di miscelazione agente schiumogeno AFFF	Durata minima della scarica [min]	Volume minimo di liquido schiumogeno [l]	Volume minimo di riserva idrica [m ³]
Trasformatore di step up 1	1,63	300	489	2%	5	50	2,5
Trasformatore di step up 2	1,63	300	489	2%	5	50	2,5
Reattanza shunt 1	1,63	225	367	2%	5	40	2
Reattanza shunt 2	1,63	225	367	2%	5	40	2
Radiatore ad olio (quattro unità identiche)	1,63	250	408	2%	5	40	2

Tabella 3: Pre-dimensionamento dei sistemi ICAF secondo NFPA 11 per la protezione di trasformatori e radiatori

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 51 of 58

Considerando la scarica contestuale di un trasformatore/reattore shunt e di un radiatore, il sistema verrà dimensionato con una riserva di schiumogeno di 100 l e con una riserva idrica di 5 m³.

Questi valori vanno confermati mediante calcolo fluidodinamico da parte del costruttore individuato per la fornitura del sistema, sulla base dei vincoli legati al numero di ugelli e all'esigenza di bilanciamento delle tubazioni. I test effettuati sui sistemi ICAF pongono al momento limitazioni di un numero massimo di ugelli (tipicamente pari a 32, per una superficie massima di 445 m² per l'impiego su idrocarburi per singola camera di miscelazione).

Il sistema non sarà dunque basato su un sistema di pompaggio con riserva idrica, ma su un serbatoio direttamente predisposto e connesso al sistema ICAF, che dovrà essere fornito come unità stand-alone con le relative camere di miscelazione in numero pari al numero di trasformatori e radiatori da proteggere.

Gli idranti manuali per lo spegnimento manuale non saranno collegati al sistema ICAF, ma al sistema DIFF (si veda il paragrafo 6.4.4 relativo alla protezione dell'eliporto).

In linea con i requisiti della norma NFPA 11, risulterà necessario disporre di bombole di aria compressa e di fusti di liquido schiumogeno di riserva, in modo da rimettere il servizio l'impianto in caso di scarica entro 24 ore.

Il piping di questi sistemi seguirà le indicazioni dei paragrafi 6.5.3 e 6.5.5 dello standard DVN-ST-0165 e le prescrizioni della norma NFPA 11.

Nota:

*La protezione dei trasformatori/reattori shunt in modo tradizionale mediante sistemi water spray progettati secondo la norma NFPA 15, avrebbe previsto una densità di scarica minima pari a 10,2 l/m²*min da applicare al prisma rettangolare (parallelepipedo) che racchiude la superficie del trasformatore/reattore shunt, con l'aggiunta di una densità minima di acqua pari a 6,1 l/m²*min da applicare alla superficie a pavimento non assorbente interessata dall'incendio. A questa portata va sommato un'ulteriore portata pari a 946 l/min per lo spegnimento manuale, per la durata di un'ora (qualora si applicasse la NFPA 850, la durata dovrebbe essere estesa a due ore, con una portata per lo spegnimento manuale di 1.893 l/min), con:*

- *un notevole aumento del necessario volume minimo di riserva idrica e di drenaggi da stoccare e smaltire;*
- *la necessità di un gruppo di pompaggio progettato secondo NFPA 20 e dunque richiedente un'alimentazione elettrica e un motore diesel di potenza equivalente;*
- *l'esigenza di effettuare controlli manutentivi secondo la norma NFPA 25, quindi almeno settimanali per la pompa diesel e mensili per l'elettropompa.*

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 52 of 58

6.4.2. Generatori diesel

La protezione di questo pericolo sarà basata sulla medesima tecnologia individuata per i trasformatori/reattori shunt (sistema ICAF), prevedendo tuttavia i seguenti parametri di progetto (tratti da NFPA 11, paragrafo 8.15):

	Densità di scarica [l/min/m ²]	Superficie [m ²]	Portata calcolata [l/min]	Percentuale di miscelazione agente schiumogeno AFFF	Durata minima della scarica [min]	Volume minimo di liquido schiumogeno [l]	Volume minimo di riserva idrica [m ³]
Generatore di emergenza n.1	1,63	20	33	2%	10	10	0,5
Generatore di emergenza n.2	1,63	20	33	2%	10	10	0,5

Tabella 4: Pre-dimensionamento dei sistemi ICAF secondo NFPA 11 per la protezione di spill fires

La protezione di queste due tipologie di pericoli verrà effettuata mediante ugelli a soffitto, a differenza della protezione dei trasformatori/reattori shunt in cui gli ugelli saranno perimetrali.

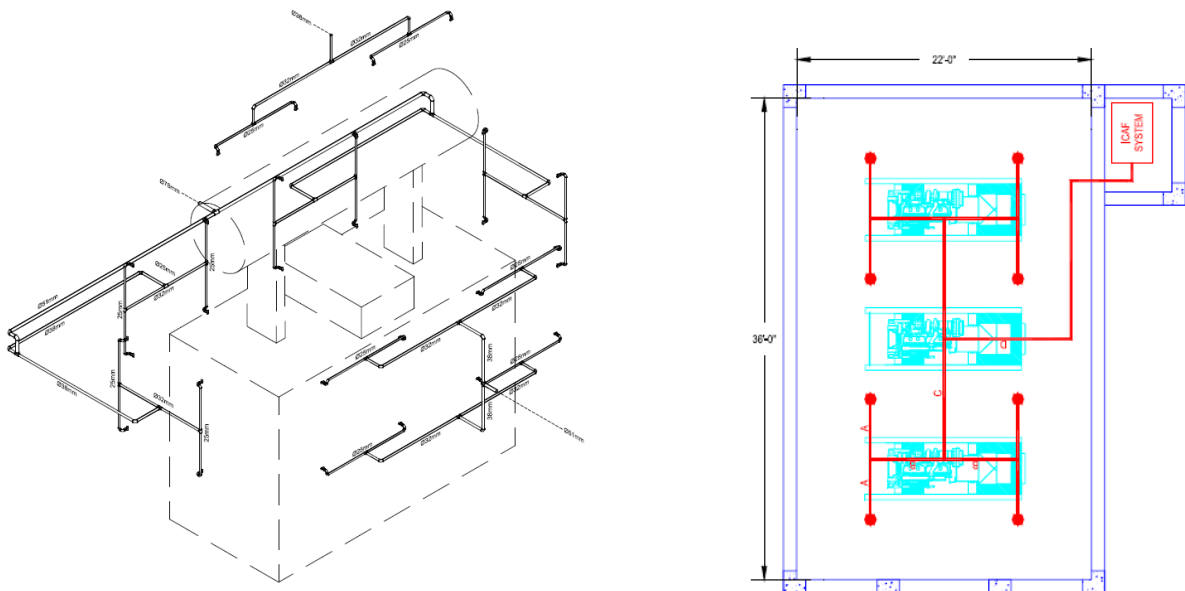


Figura 24: Ubicazione ugelli protezione dei trasformatori e radiatori (a sinistra) e generatori (destra)

Il piping di questi sistemi seguirà le indicazioni dei paragrafi 6.5.3 e 6.5.5 dello standard DNV-ST-0145 e le prescrizioni della norma NFPA 11.

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 53 of 58

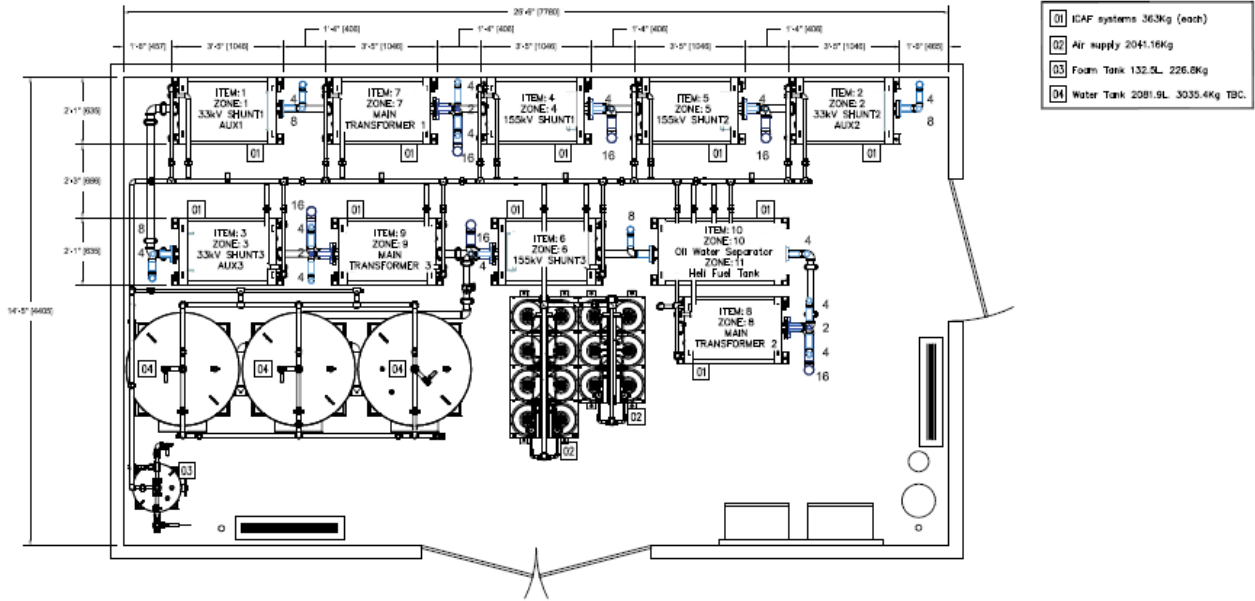


Figura 25: Esempio di un sistema ICAF stand-alone a dieci zone di scarica (dimensioni: 8 m x 5 m)

6.4.3. Sale elettriche e sala controllo

La protezione antincendio delle sale elettriche e della sala controllo verrà effettuata mediante l'impiego di due sistemi separati ad estinguente gassoso:

1. IG-541 per la protezione della sala elettriche (GIS 380 kV, GIS 66 kV, WPO electrical and control room, sala elettrica principale);
2. FK-5-1-12 per la protezione della sala controllo.

Come prescritto dal paragrafo 6.5.6.1 dello standard DNV-ST-0145, i locali tra loro adiacenti dotati di ventilazione indipendente e separati da pareti non aventi resistenza al fuoco di tipo A-0 sono da considerare come parte dello stesso volume. Al fine di prevedere un solo sistema IG-541 per la protezione delle sale elettriche con la corrispondente dotazione di valvole direzionali, si prescrive dunque che le separazioni tra i singoli locali abbiano caratteristiche di integrità pari a A-0.

Il dimensionamento del sistema IG-541 basato sulla norma NFPA 2001 è riportato nella tabella che segue.

	Volume [m ³] - Nota 1	Concentrazione minima di progetto – classe C [%]	Concentrazione selezionata [%]	Numero di bombole 80 l, 300 bar	Durata minima della protezione [min]	Temperatura di progetto [°C]
GIS 380 kV, GIS 66 kV,	162	38,5	45,7	5	10	20

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 54 of 58

WPO electrical & control room						
Sala elettrica principale	220	38,5	45,7	6	10	20

Tabella 5: Pre-dimensionamento dei sistemi ad estinguente gassoso (IG-541)

Nota 1: l'altezza considerata per ciascun volume è pari a 4 m.

Se si assume un unico gruppo di n°6 bombole di capacità pari a 80 l a 300 bar con due smistamenti, si ritiene necessario disporre di un gruppo di riserva collegato al sistema (configurazione main/reserve), consentendo dunque di ripristinare la funzionalità dell'impianto in caso di scarica, senza introdurre condizioni di fuori servizio.

Le bombole saranno ubicate in un locale dedicato esterno alle sale elettriche da proteggere, adeguatamente ventilato e dedicato al gruppo antincendio (bombole, collettori, strumentazione e valvole di smistamento).

La sala controllo sarà invece dotata di un impianto di estinzione con gas alogenato FK-5-1-12, in considerazione della potenziale presenza di personale per lunghi periodi di tempo (ancorché la sottostazione non sia normalmente presidiata).

Il dimensionamento di questo impianto secondo la norma NFPA 2001 è riportato nella tabella che segue.

	Volume [m ³] - Nota 1	Concentrazione minima di progetto – classe C [%]	Concentrazione selezionata [%]	Numero di bombole 80 l, 25 bar	Durata minima della protezione [min]	Temperatura di progetto [°C]
Sala controllo	245	4,5	5,6	3	10	20

Tabella 6: pre-dimensionamento del sistema ad estinguente gassoso (FK-5-1-12)

Nota 1: l'altezza considerata per ciascun volume è pari a 4 m.

Anche queste bombole saranno ubicate in locale separato rispetto alla sala controllo (potrebbero essere installate nello stesso locale delle bombole di gas IG-541), e sono fornite in configurazione main+reserve.

6.4.4. Eliporto

Trattandosi di sottostazioni normalmente non presidiata (NUI), la soluzione individuata per la protezione della superficie di atterraggio dell'eliporto consiste nel sistema “deck integrated fire-fighting system” (DIFF) automatico (leggasi CAP 497, 5.37), con comando manuale o mediante rivelatori di fiamma a triplo spettro infrarosso.

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 55 of 58

Il sistema sarà stand-alone, cioè provvisto di serbatoio di agente schiumogeno, serbatoio idrico e bombole di aria compressa in un unico skid, senza prevedere dunque un gruppo di pompaggio (analogamente al sistema ICAF).

La progettazione di tale sistema è basata sui requisiti del capitolo 5 dello standard CAP 437 (richiamato nello standard DNV-ST-0145), secondo i seguenti parametri:

- tipologia di concentrato schiumogeno: ICAO performance level B o C (il livello C è preferenziale);
- tipologia di acqua: freshwater (non acqua di mare);
- minima densità di scarica: assunta pari al valore più gravoso dei due livelli di prestazione degli agenti schiumogeni, quindi equivalente a $5,5 \text{ l/m}^2 \cdot \text{min}$;
- densità di scarica prevista dallo standard DNV-ST-0145 (par. 8.4.2.2): $6 \text{ l/m}^2 \cdot \text{min}$;
- superficie dell'eliporto: 320 m^2 ;
- durata della protezione: 5 minuti.

I valori di progetto che si ricavano sono riportati di seguito:

- portata di schiuma: 1920 l/min ;
- volume di schiumogeno minimo richiesto (assumendo una miscelazione al 3%): 290 l
- volume idrico minimo richiesto: $9,6 \text{ m}^3$

Sebbene lo standard CAP 437 non richieda mezzi di estinzione manuale in presenza di un sistema DIFF, lo standard DNV-ST-0145 (par. 8.4.2.2) e il MODU Code (par. 9.17.4) richiedono la previsione di due punti di erogazione manuale con portata minima di 250 l/min per raggiungere ogni punto dell'eliporto.

I valori di progetto aggiornati per il sistema DIFF sono così sintetizzabili:

- portata minima di schiuma: $1920 \text{ l/min} + 500 \text{ l/min} = 2420 \text{ l/min}$;
- volume di schiumogeno minimo richiesto (assumendo una miscelazione al 3%): 360 l
- volume idrico minimo richiesto: $12,1 \text{ m}^3$

Risulta necessario disporre di fusti di concentrato schiumogeno e di bombole di aria compressa di riserva per re-integrare il sistema in caso di scarica.

Gli ugelli saranno preferibilmente di tipo pop-up, ubicati in punti che non determinino interferenze con i punti di atterraggio dell'elicottero e con i punti di accesso e di fuga da parte del personale.

 <p>POWERING TOGETHER A BETTER TOMORROW</p>	 <p>POWERED BY HOPE GROUP AND GALILEO</p>	
<p>DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00</p>	<p>Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore</p>	<p>DATE: 20/07/2023 PAGE: 56 of 58</p>

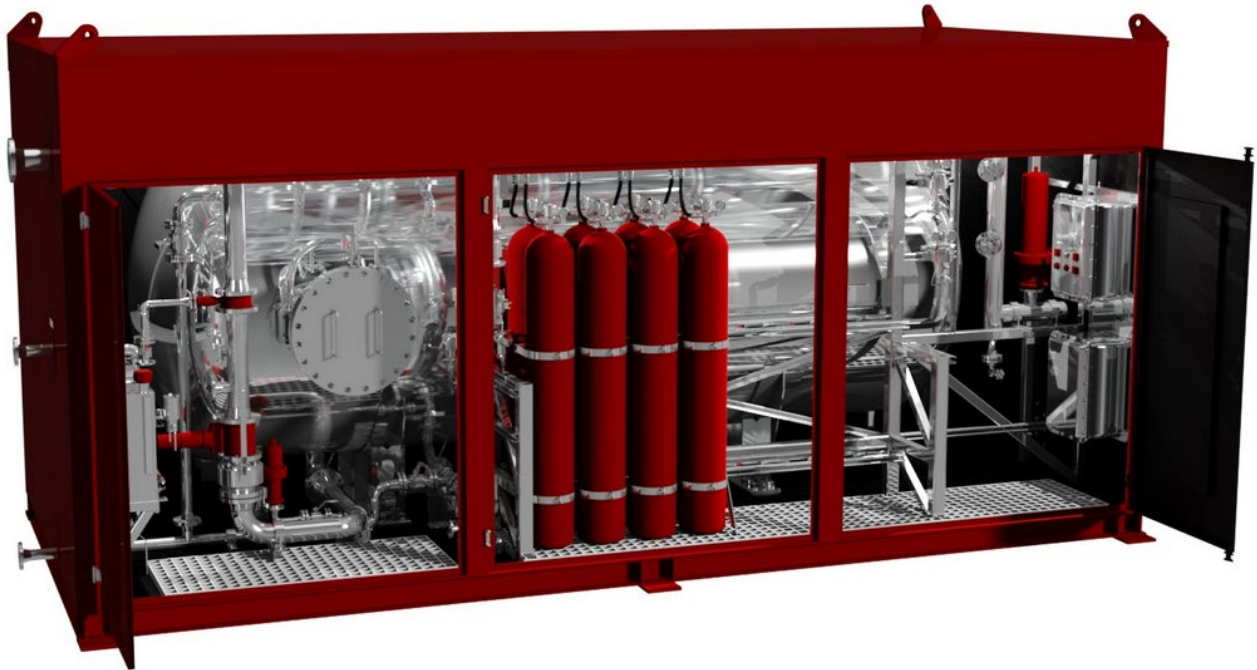


Figura 26: Tipica configurazione di un sistema DIFF standalone

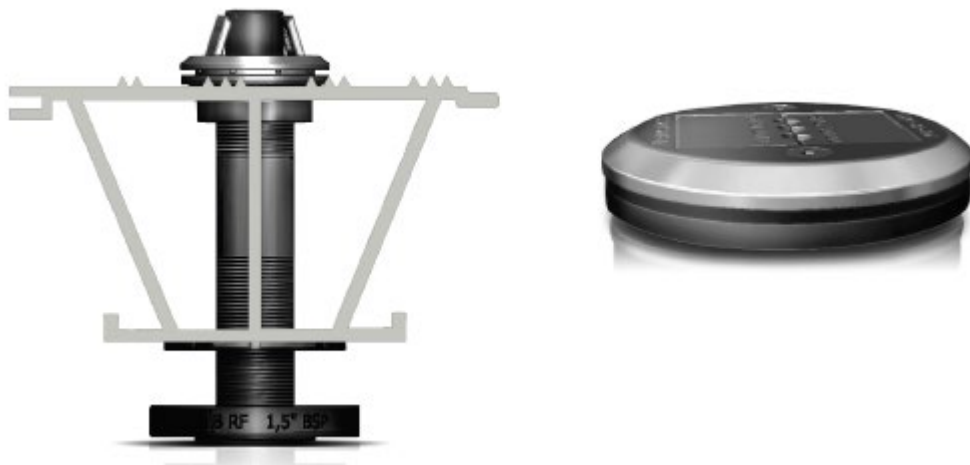


Figura 27: Esempio di ugello pop-up per sistema DIFF

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 57 of 58

6.4.5. Estintori portatili

Tutte le aree delle sottostazioni saranno dotate di estintori portatili o carrellati con le seguenti caratteristiche:

1. Trasformatori (shunt compresi), generatori diesel, GIS: estintori portatili a polvere 55A-233B-C caricati con 12 kg di polvere, da ubicare in posizione accessibile e raggiungibile da un operatore con un percorso massimo di 15 m.
2. Sale elettriche e sala controllo: estintori portatili a biossido di carbonio da 5 kg (113B), da ubicare in corrispondenza degli accessi dei singoli locali e in posizione raggiungibile con un percorso massimo di 15 m.
3. Alloggi e aree comuni: estintori portatili a polvere 34A-233B-C caricati con 6 kg di polvere, da ubicare in posizione accessibile e raggiungibile da un operatore con un percorso massimo di 15 m.
4. Eliporto: n°2 estintori carrellati a polvere A-B1-C di capacità 30 kg (cadauno) e n°2 estintori carrellati a biossido di carbonio B10-C di capacità pari a 27 kg (cadauno), in linea con le previsioni dello standard DNV-ST-0145.

6.5. Elementi progettuali del sistema di rivelazione e segnalazione di allarme incendio

Per ogni sottostazione, il sistema di rivelazione e segnalazione di allarme incendio sarà dimensionato secondo i requisiti del capitolo 6.7 dello standard DNV-ST-0145 e i requisiti del capitolo 9 del FSS Code, adottando le soluzioni tecnologiche riportate nella tabella 2 del presente documento. Si considerino le seguenti prescrizioni principali:

1. la centrale di controllo sarà ubicata in sala controllo o, in alternativa, in sala elettrica, con la dotazione di un software di supervisione dedicato all'intero impianto antincendio (sia rivelazione che estinzione automatica);
2. la tecnologia indirizzata è ammissibile unicamente nei locali destinati ad uffici, alloggi, sala controllo e locale HVAC, mentre negli ambienti soggetti ad interferenze elettromagnetiche e nelle aree destinate a eliporto, generatori di emergenza la tecnologia deve essere convenzionale;
3. le zone logiche relative ai pulsanti devono essere separate sia rispetto ai rivelatori che rispetto agli impianti di spegnimento;
4. le apparecchiature per la rivelazione devono essere conformi alle norme EN 54 e IEC 60092-504;
5. la centrale di controllo deve prevedere doppia CPU con caratteristiche di hot-swap e schede di I/O sostituibili senza disconnettere l'alimentazione della centrale;
6. il sistema antincendio deve essere interfacciato mediante contatti hardwired al sistema di controllo della sottostazione per fornire le segnalazioni di allarme, di guasto e di stato degli impianti di spegnimento in forma cumulativa. Va inoltre previsto un collegamento mediante protocollo Modbus TCP/IP per la trasmissione delle singole segnalazioni dai dispositivi;

		
DOC. N°: 12085-PMS-001 REV: 00	Relazione tecnico-illustrativa sottostazioni offshore	DATE: 20/07/2023 PAGE: 58 of 58

7. l'alimentazione di back-up deve essere costituita da batterie in grado di fornire l'autonomia minima di 18 ore prevista dalla tabella 5-2 dello standard DNV-ST-0145, con un ciclo di allarme di almeno 30 minuti al termine di tale intervallo;
8. gli avvisatori acustici e luminosi di allarme incendio devono essere separati rispetto agli avvisatori destinati agli impianti di spegnimento, in modo che le condizioni di allarme incendio, di pre-scarica e di scarica siano differenziate;

I sistemi di controllo degli impianti di spegnimento a gas devono essere conformi alla norma EN 12094-1, mentre il controllo degli impianti ICAF e DIFF può essere eseguito da unità di controllo locali qualora ciò rientri nell'approvazione di sistema di tali impianti. In tal caso, il monitoraggio di tutti gli impianti va comunque ricondotto alla centrale antincendio principale.