



# Nora Ventu S.r.l.

## Progetto preliminare per la realizzazione di un parco eolico offshore – Cagliari – Nora Energia 1

### Relazione Idrologica e Idraulica

Doc. No. P0025305-4-SAS-H11 - Rev. 0 – Maggio 2022

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
00	Prima Emissione	Cecilia Evangelista/ Paolo Mattia Trabucchi	Eleonora Duchini	Omar Zanoli	Maggio 2022

Tutti i diritti, traduzione inclusa, sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi, per scopi diversi da quelli originali, senza il permesso scritto di RINA Consulting S.p.A.

## INDICE

	Page
<b>LISTA DELLE TABELLE</b>	<b>2</b>
<b>INDICE DELLE FIGURE</b>	<b>2</b>
<b>ACRONIMI</b>	<b>3</b>
<b>1 INTRODUZIONE</b>	<b>4</b>
<b>2 SCOPO DEL DOCUMENTO</b>	<b>5</b>
<b>3 ASPETTI METEOMARINI</b>	<b>6</b>
3.1 ESPOSIZIONE DEL SITO	6
3.2 CARATTERISTICHE FISICHE DELLE MASSE D'ACQUA	11
3.3 LA CIRCOLAZIONE GENERALE DEL MEDITERRANEO	14
<b>4 ASPETTI IDROGEOLOGICI DELL'AREA ONSHORE</b>	<b>17</b>
<b>5 PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)</b>	<b>20</b>
<b>6 CONCLUSIONI</b>	<b>27</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>28</b>

## LISTA DELLE TABELLE

Tabella 4.1: Dati Climatici – Porto Badisco

Error! Bookmark not defined.

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 3.1:	Localizzazione del Sito di Progetto	6
Figura 3.2:	Rosa Annuale del Vento – NOAA	8
Figura 3.3:	Rosa Annuale del Vento – ERA5	8
Figura 3.4:	Rosa Annuale delle Onde – NOAA	9
Figura 3.5:	Rosa Annuale delle Onde – ERA5	10
Figura 3.6:	Rosa Annuale della Corrente	11
Figura 3.7:	Profilo Mensile della Temperatura (°C) dell'Acqua	12
Figura 3.8:	Profilo Mensile della Salinità (psu) dell'Acqua (Gennaio – Giugno)	13
Figura 3.8:	Profilo Mensile della Salinità (psu) dell'Acqua (Luglio - Dicembre)	14
Figura 3.11:	Schema di Circolazione delle Acque Modificate dell'Atlantico (MAW)	15
Figura 3.12:	Schema di Circolazione delle Acque Levantine Intermedie (LIW)	16
Figura 3.13:	Schema di Circolazione delle Acque Profonde (MWD)	16
Figura 5.22:	Complessi Acquiferi presenti nella U.I.O. Cixerri e Flamini Mannu (PTA)	18
Figura 5.23:	Carta delle Permeabilità (Fonte: Geoportale Regione Sardegna)	19
Figura 5.76:	Aree di pericolosità idraulica PAI Sardegna (art.8 delle Norme di Attuazione)	22
Figura 5.77:	Aree di pericolosità da frana PAI Sardegna (art.8 delle Norme di Attuazione)	22
Figura 5.78:	Aree di pericolosità idraulica PAI Sardegna (art.8 delle Norme di Attuazione) - COMUNE DI CAPOTERRA	24
Figura 5.79:	Aree di pericolosità da frana PAI Sardegna (art.8 delle Norme di Attuazione) - COMUNE DI CAPOTERRA	25
Figura 5.80:	Aree di pericolosità idraulica PAI Sardegna (art.8 delle Norme di Attuazione) - COMUNE DI ASSEMINI	26
Figura 5.81:	Aree di pericolosità da frana PAI Sardegna (art.8 delle Norme di Attuazione) - COMUNE DI ASSEMINI	26

## ACRONIMI

<b>COMPANY</b>	Nora Ventu S.r.l.
<b>CONTRACTOR</b>	RINA Consulting Spa.

<b>NOAA</b>	National Oceanic and Atmospheric Administration
<b>ECMWF</b>	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
<b>HYCOM</b>	Hybrid Coordinate Ocean Model
<b>MAW</b>	Acque Modificate dell'Atlantico
<b>LIW</b>	Acque Levantine Intermedie
<b>MDW</b>	Acque Mediterranee Profonde
<b>ISPRA</b>	Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
<b>PCC</b>	Piano Comunale delle Coste
<b>PPTR</b>	Piano Paesaggistico Territoriale Regionale
<b>PAI</b>	Piano di Assetto Idrogeologico
<b>INGV</b>	Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione è stata predisposta per Nora Ventu S.r.l., società controllata dal partenariato di Falck Renewables Spa, operatore internazionale nel campo delle energie rinnovabili, attivo nello sviluppo, nella progettazione, realizzazione e gestione di impianti di produzione di energia pulita da fonte eolica e solare e presente in 13 paesi e BlueFloat Energy, uno sviluppatore internazionale di progetti offshore con un'esperienza unica nella tecnologia galleggiante.

Nora Ventu è intenzionata a realizzare un parco eolico offshore composto da 53 aerogeneratori, per una taglia totale di 795 MW, ubicato tra il comune di Sant'Antioco ed il comune di Santa Margherita di Pula, in particolare nello specchio di mare nel Canale di Sardegna a sud ovest del Golfo di Cagliari.

La scelta di tale sito è stata effettuata tenendo conto della risorsa eolica potenzialmente disponibile, della distanza dalla costa, della profondità, della conformazione del fondale, dei possibili nodi di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) gestita da Terna S.p.A. e, non da ultimo, minimizzando/evitando il più possibile le aree di potenziale maggior interferenza a livello ambientale. In questa zona il fondale ha una profondità molto variabile e in particolare l'area scelta per l'installazione delle turbine varia dai 150 m ai 550 m circa.

## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Lo scopo del presente documento consiste nella descrizione generale dell'area in termini di caratterizzazione oceanografica e aspetti idraulici e idrologici del sito di Sardegna Sud Ovest.

Per quanto concerne l'aspetto oceanografico, di seguito sono riportati:

- ✓ inquadramento generale dell'esposizione del sito al vento, alle onde e alla corrente (per informazioni più dettagliate riferirsi alla Relazione Meteomarina [1]);
- ✓ descrizione delle caratteristiche fisiche delle masse d'acqua, ovvero profili mensili di temperatura e salinità dell'acqua;
- ✓ caratterizzazione generale della circolazione del Mediterraneo.

In particolare, al fine di caratterizzare i parametri fisici dell'acqua sono stati utilizzati i dati del World Ocean Atlas 2013 forniti dal National Oceanographic Data Center. Le informazioni sull'idrodinamica generale del Mediterraneo sono state invece ricavate dalla letteratura disponibile.

Riguardo all'idrogeologia del sito, nel presente documento sono riportate informazioni di carattere generale sui seguenti aspetti:

- ✓ regime di precipitazione della zona di Sarroch;
- ✓ breve descrizione dell'idrografia superficiale e degli acquiferi profondi che caratterizzano il sito di interesse;
- ✓ informazioni sulla permeabilità del sito;
- ✓ informazioni su eventuale rischio di alluvioni e geomorfologico dedotte dal Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Sardegna.

### 3 ASPETTI METEOMARINI

L'area di studio prevista per il campo eolico è situata a sud ovest del Golfo di Cagliari e si estende a partire da circa 23 km e circa 30 km in direzione ovest-est. La Figura 3.1 riporta lo schema dell'area di studio.

Nei paragrafi successivi è riportata una descrizione dell'esposizione del sito (par. 3.1) dei parametri fisici di temperatura e salinità del mare (par. 3.2) per il sito di interesse ed un'indicazione della circolazione generale all'interno del bacino del Mediterraneo (par. 3.3).

La presente relazione è stata predisposta per Nora Ventu S.r.l., società controllata dal partenariato di Falck Renewables Spa, operatore internazionale nel campo delle energie rinnovabili, attivo nello sviluppo, nella progettazione, realizzazione e gestione di impianti di produzione di energia pulita da fonte eolica e solare e presente in 13 paesi e BlueFloat Energy, uno sviluppatore internazionale di progetti offshore con un'esperienza unica nella tecnologia galleggiante.

Nora Ventu è intenzionata a realizzare un parco eolico offshore composto da 53 aerogeneratori, per una taglia totale di 795 MW, ubicato tra il comune di Sant'Antioco ed il comune di Santa Margherita di Pula, in particolare nello specchio di mare nel Canale di Sardegna a sud ovest del Golfo di Cagliari.

La scelta di tale sito è stata effettuata tenendo conto della risorsa eolica potenzialmente disponibile, della distanza dalla costa, della profondità, della conformazione del fondale, dei possibili nodi di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) gestita da Terna S.p.A. e, non da ultimo, minimizzando/evitando il più possibile le aree di potenziale maggior interferenza a livello ambientale. In questa zona il fondale ha una profondità molto variabile e in particolare l'area scelta per l'installazione delle turbine varia dai 150 m ai 550 m circa.



Figura 3.1: Localizzazione del Sito di Progetto

#### 3.1 ESPOSIZIONE DEL SITO

Nel presente paragrafo sono sinteticamente descritte le caratteristiche di esposizione del sito di Catanzaro al vento, al moto ondoso e alla corrente. Dalle analisi presentate nella Relazione Meteomarina [1], risulta che:

- ✓ Vento: si riporta l'esposizione del sito ottenuta da due distinti database: NOAA ed ERA5 (ECMWF). Dall'analisi dei dati NOAA si evince che le massime velocità di cui siano apprezzabili le frequenze ricadono nella classe 20-22 m/s e dal settore direzionale 300°N; il valore massimo della velocità del vento è invece pari a 23 m/s. I venti prevalenti spirano dunque da 90-120°N (circa il 23%) e da ovest nord-ovest (270-330°N circa il 49% degli eventi). Circa il 99% del totale degli eventi è caratterizzato da una velocità minore o uguale a 16 m/s, mentre solamente lo 0.02% ricade nella classe più alta 20 – 22 m/s. Anche per quanto riguarda i dati ERA5, le massime velocità di cui si apprezzano le frequenze percentuali appartengono alla classe 20-22 m/s e provengono prevalentemente dai settori direzionali 300°N; il valore massimo della velocità del vento è invece pari a 21.6 m/s. I settori di provenienza prevalenti risultano 90-120°N con circa il 25% e ovest – nord ovest (circa il 52% degli eventi). Circa il 9% del totale degli eventi è caratterizzato da una velocità minore o uguale a 16 m/s; solamente lo 0.01% ricade nella classe più alta. Si riportano la rose annuali del vento in Figura 3.2 e Figura 3.3. I valori estremi di velocità del vento per i periodi di ritorno di 1 e 100 anni sono 20.9 m/s e 24.7 m/s per i dati NOAA, 19.9 m/s e 23.9 m/s per i dati ERA5;
- ✓ Onde: si riporta l'esposizione del sito ottenuta da due distinti database: NOAA ed ERA5 (ECMWF). Analizzando i dati NOAA si è riscontrato che circa il 98% degli eventi totali è caratterizzato da altezze significative minori o al più uguali a 4.5 m, mentre soltanto lo 0.01% delle onde ricade nella classe più alta 8.5 – 9.0 m. Le onde provengono prevalentemente dai settori direzionali 270°N - 330°N e 120°N, le più alte dalla direzione 270°N. In riferimento ai dati ERA5 circa 98% degli eventi ondosi totali è caratterizzato da altezze significative minori o al più uguali a 4.5 m, mentre soltanto lo 0.01% delle onde ricade nella classe più alta 9.0 – 9.5 m. Le onde provengono prevalentemente dai settori direzionali 270°N – 330°N e 120°N, le più alte 300°N. Si riportano la rose annuali delle onde in Figura 3.4 e Figura 3.5. I valori estremi di altezza significativa relativi ai periodi di ritorno di 1 e a 100 sono pari a 7.9 m e 10.7 m per i dati NOAA, 6.9 m e 9.5 per i dati ERA5;
- ✓ Corrente: si riportano i risultati delle analisi dei dati di corrente estratti da HYCOM. Circa il 99% degli eventi totali è caratterizzato da una velocità minore uguale a 0.6 m/s, solo lo 0.03% degli eventi ricade nella classe più alta 0.8 - 0.9 m/s. Le correnti si dirigono prevalentemente verso le direzioni 90 – 120°N e 240 – 270°N (circa il 55% degli eventi totali). Si riporta la rosa annuale della corrente in Figura 3.6. I valori estremi di velocità di corrente sono 0.66 m/s e 0.94 m/s, rispettivamente per i periodi di ritorno di 1 e 100 anni.

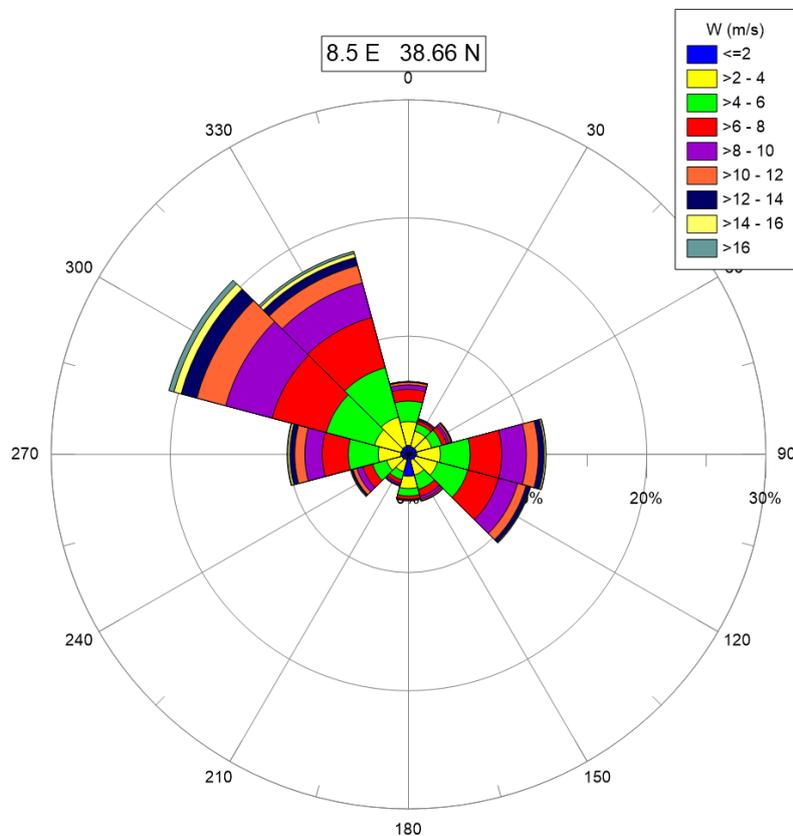


Figura 3.2: Rosa Annuale del Vento – NOAA

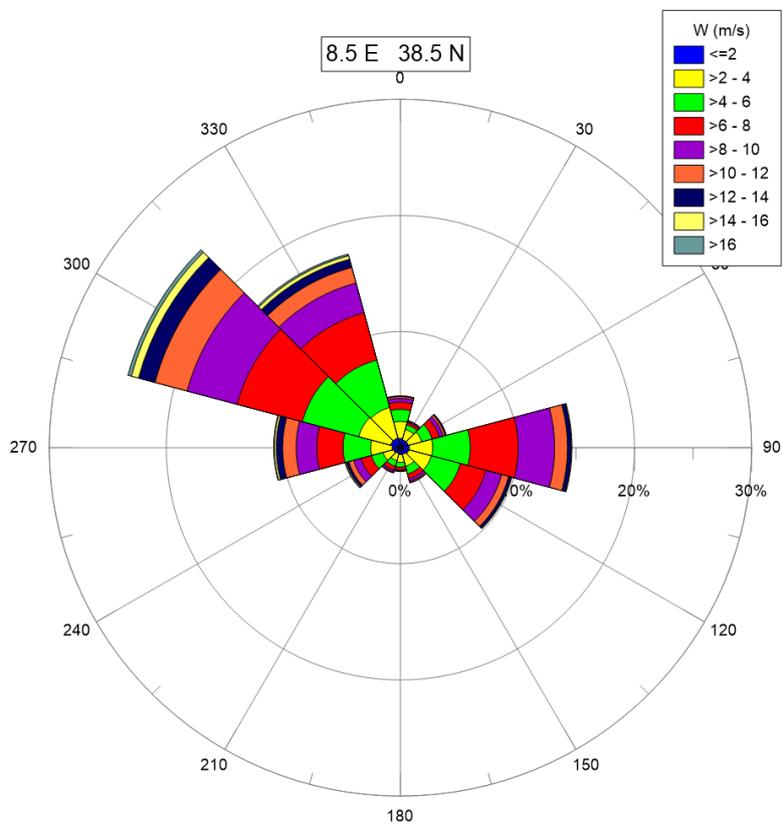


Figura 3.3: Rosa Annuale del Vento – ERA5

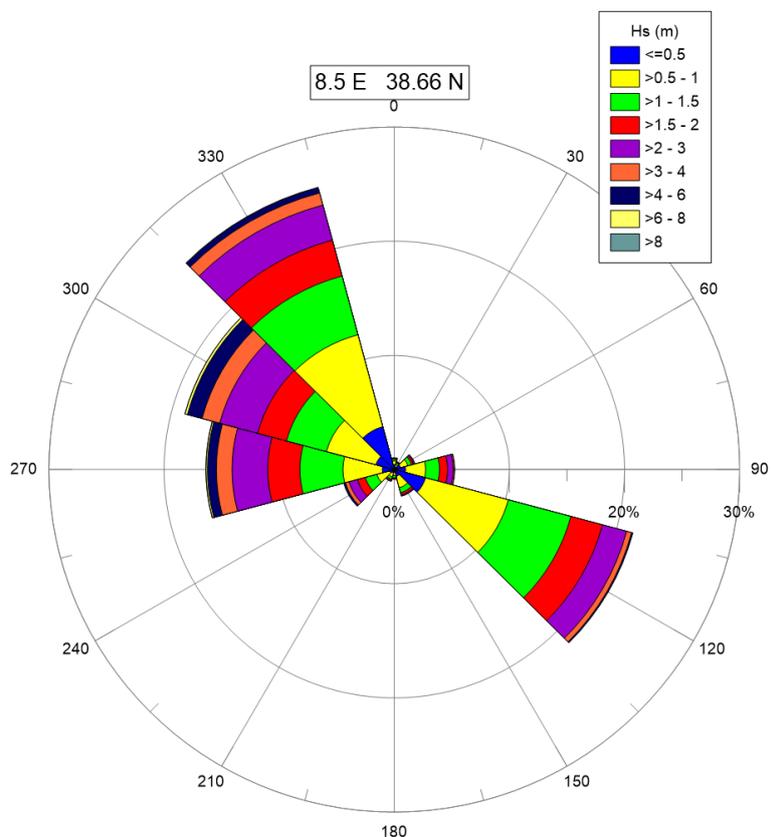


Figura 3.4: Rosa Annuale delle Onde – NOAA

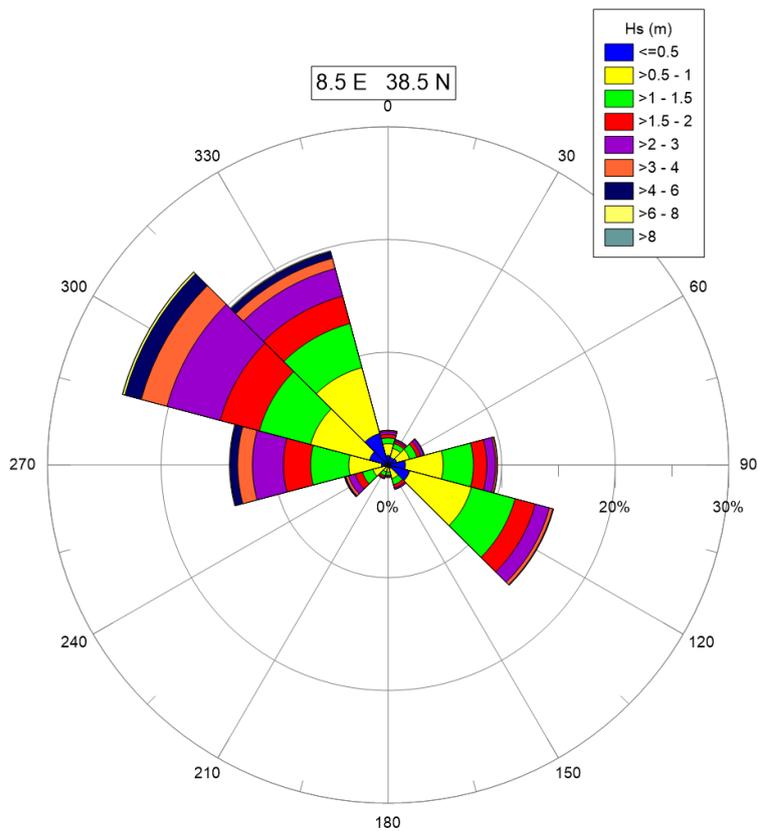


Figura 3.5: Rosa Annuale delle Onde – ERA5

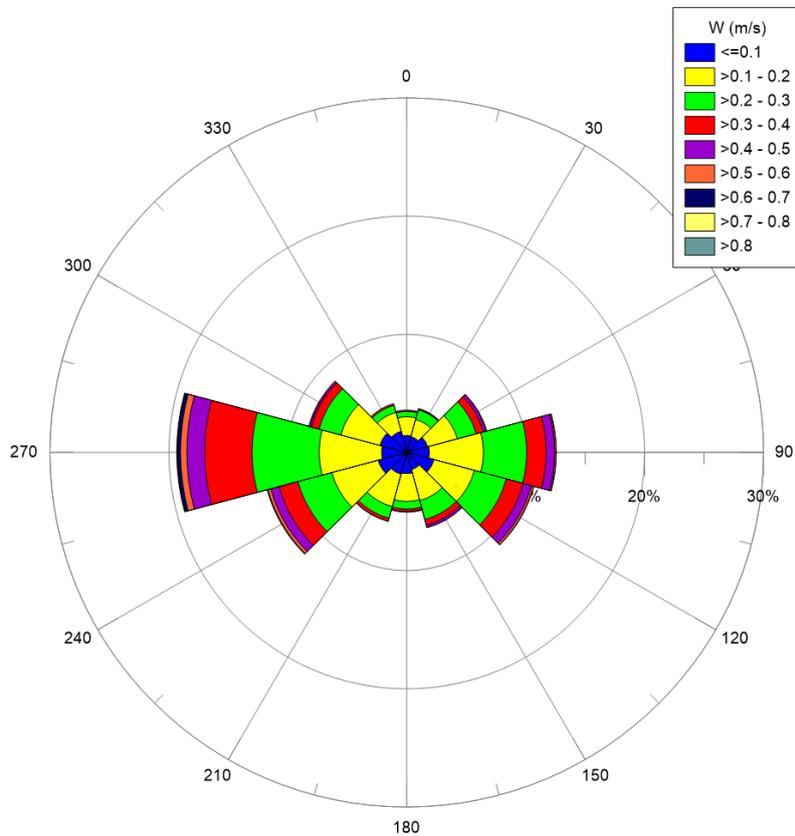


Figura 3.6: Rosa Annuale della Corrente

### 3.2 CARATTERISTICHE FISICHE DELLE MASSE D'ACQUA

Nel presente paragrafo sono riportati i profili di temperatura e salinità dell'acqua relativi al punto di coordinate 8.53 E, 38.6 N. I dati presentati sono stati estratti dal World Ocean Atlas 2013 version 2 (WOA13) che include analisi di temperatura, salinità, ossigeno disciolto e nutrienti inorganici disciolti. In particolare, i dati di temperatura e salinità sono forniti da NODC (National Oceanographic Data Center) e WDC (World Data Center for Oceanography). Il database fornisce climatologia annuale, stagionale e mensile con risoluzione spaziale pari ad un quarto di grado, a varie profondità. I dati acquisiti da apposite strumentazioni sono sottoposti ad una procedura di controllo qualità consistente in rimozione di duplicati, controlli statistici, rappresentatività del dato ecc [3][4].

La

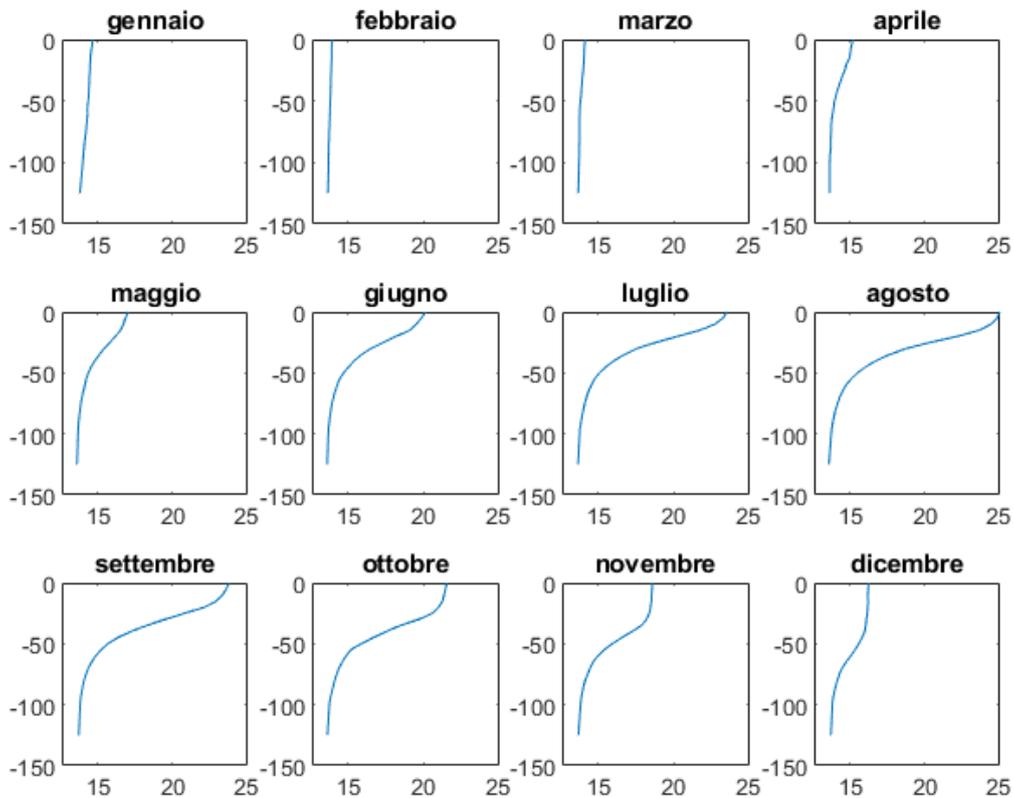


Figura 3.7 riporta i profili mensili di temperatura a partire dalla superficie fino ad una profondità di 125 m dal livello medio del mare. La temperatura superficiale varia tra un minimo di 13.9°C e un massimo di circa 25.1°C. Alla profondità di 125 m si ha invece il range molto più ristretto 13.6 – 13.8°C. Nel periodo tra maggio e ottobre, il gradiente di temperatura con la profondità è molto più accentuato, descrivendo il tipico andamento della temperatura del Mar Mediterraneo in questo periodo, caratterizzato dalla formazione di un termocline con massimo sviluppo nel mese di agosto dovuto al maggiore riscaldamento delle acque superficiali rispetto agli strati sottostanti.

In Figura 3.8 e Figura 3.9 sono rappresentati i profili mensili di salinità dell'acqua a partire da 0 m fino ad una profondità di 125 m dal livello medio del mare. Il valore di salinità aumenta con la profondità, con leggi diverse a seconda del mese. In superficie si ha un range di valori 37.5 – 38.0 psu, mentre alla profondità di 125 m i valori variano da un minimo di circa 37.9 and un massimo di circa 38.4 psu.

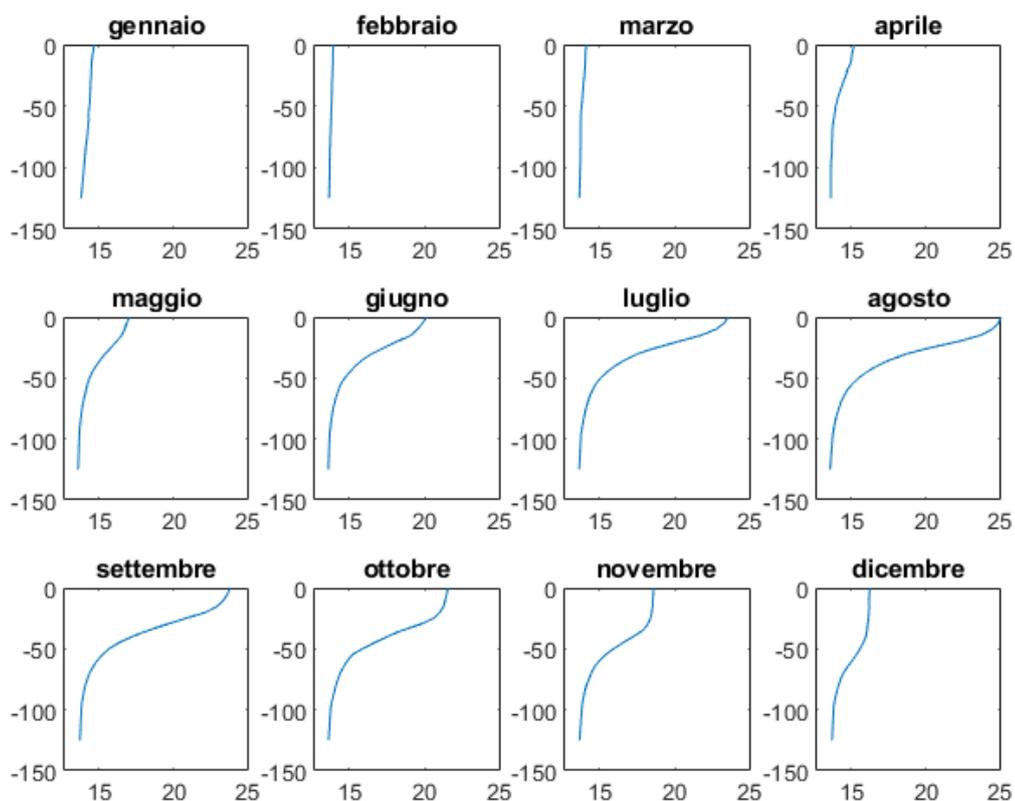


Figura 3.7: Profilo Mensile della Temperatura (°C) dell'Acqua

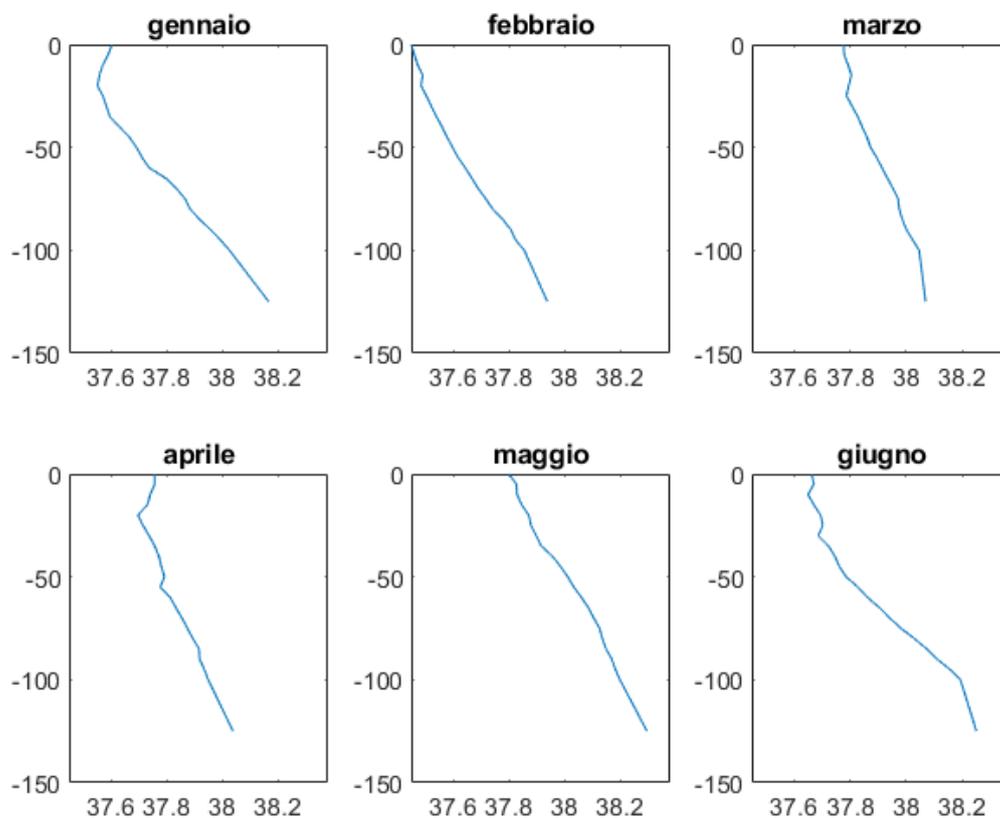


Figura 3.8: Profilo Mensile della Salinità (psu) dell'Acqua (Gennaio – Giugno)

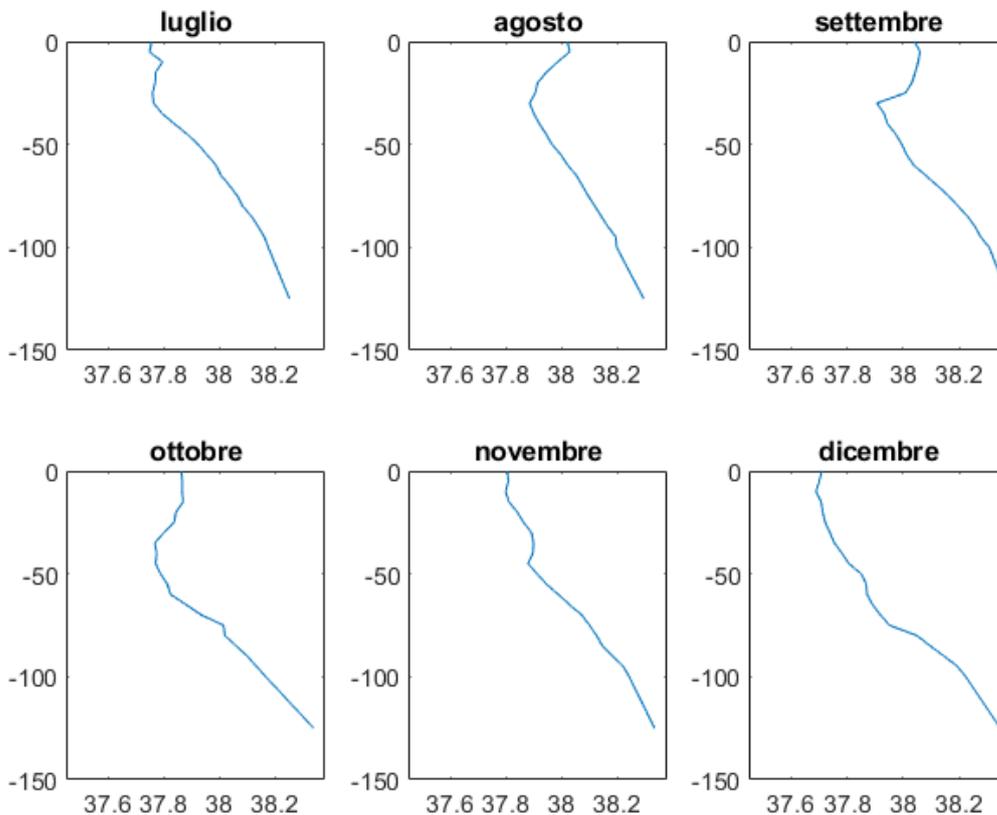


Figura 3.9: Profilo Mensile della Salinità (psu) dell'Acqua (Luglio - Dicembre)

### 3.3 LA CIRCOLAZIONE GENERALE DEL MEDITERRANEO

Il Mar Mediterraneo ha l'importante funzione di trasformare le acque atlantiche entranti dallo Stretto di Gibilterra, lungo il loro percorso nel bacino, attraverso un aumento progressivo della loro densità [5]. Le acque atlantiche entranti sono fondamentali per la circolazione del bacino; infatti, dal momento che l'ammontare di acqua che evapora è superiore alla quantità di acqua che il Mediterraneo riceve sotto forma di precipitazione e ruscellamento, se non fosse per le acque entranti il livello del mare si abbasserebbe in maniera significativa. Nonostante il loro contributo il Mediterraneo è definito come bacino di concentrazione. La circolazione è almeno parzialmente indotta dai gradienti di densità e di livello del mare tra il bacino e l'oceano Atlantico, e dalla trasformazione delle masse d'acqua che comporta una forte componente termoalina.

Dal punto di vista della circolazione delle correnti il Mar Mediterraneo può essere diviso in due sottobacini: Mediterraneo Occidentale e Mediterraneo Orientale, rispettivamente ad ovest e ad est dello Stretto di Sicilia. Quest'ultimo è caratterizzato da una profondità massima di 500 m, pertanto rappresenta una barriera per le acque profonde che quindi nascono e si muovono sempre nello stesso sottobacino.

Possono essere individuate, sulla base della temperatura, della salinità e della densità, tre distinte masse d'acqua nel Mediterraneo [6]:

- ✓ Le Acque Modificate dell'Atlantico (MAW) **Error! Reference source not found.**;
- ✓ Le Acque Levantine Intermedie (LIW) Figura 3.10;

- ✓ Le Acque Mediterranee Profonde (MDW) Figura 3.11.

La circolazione superficiale è dovuta alle acque atlantiche (MAW) entranti da Gibilterra la cui densità diminuisce a causa del mescolamento con le acque del bacino. A partire dal Mare di Alboran il flusso si divide in due rami, uno passa nel Canale di Sardegna, mentre l'altro si muove lungo le coste del Nord Africa. Del secondo ramo, una gran parte si concentra nel Mar Ionio, la restante parte prosegue al sottobacino di Levante.

Le Acque Intermedie Levantine (LIW) si generano nascono nella parte orientale del bacino Levantino, principalmente nei pressi delle isole di Rodi e Creta, durante i processi convettivi della stagione invernale. Queste acque si muovono verso ovest costeggiando la Sicilia meridionale, circolando nel Mar Tirreno a profondità nel range di 200-600 m, per poi oltrepassare lo Stretto di Gibilterra.

Le acque profonde (MDW) circolano sempre all'interno del loro bacino di appartenenza poiché si muovono al di sotto del minimo livello dello Stretto di Gibilterra e dello Stretto di Sicilia. Le sorgenti delle acque profonde sono il Mar Adriatico ed il Mar Egeo per il sottobacino orientale, mentre il Golfo dei Leoni per quello occidentale. Le acque profonde occidentali circolano a profondità di circa 1900-2000 m, mentre quelle orientali si muovono a circa 4000-5000 m.

Tutte le correnti finora citate circolano a diverse profondità e sono soggette a scambi di massa verticali con le masse d'acqua ubicate negli strati inferiori e superiori.

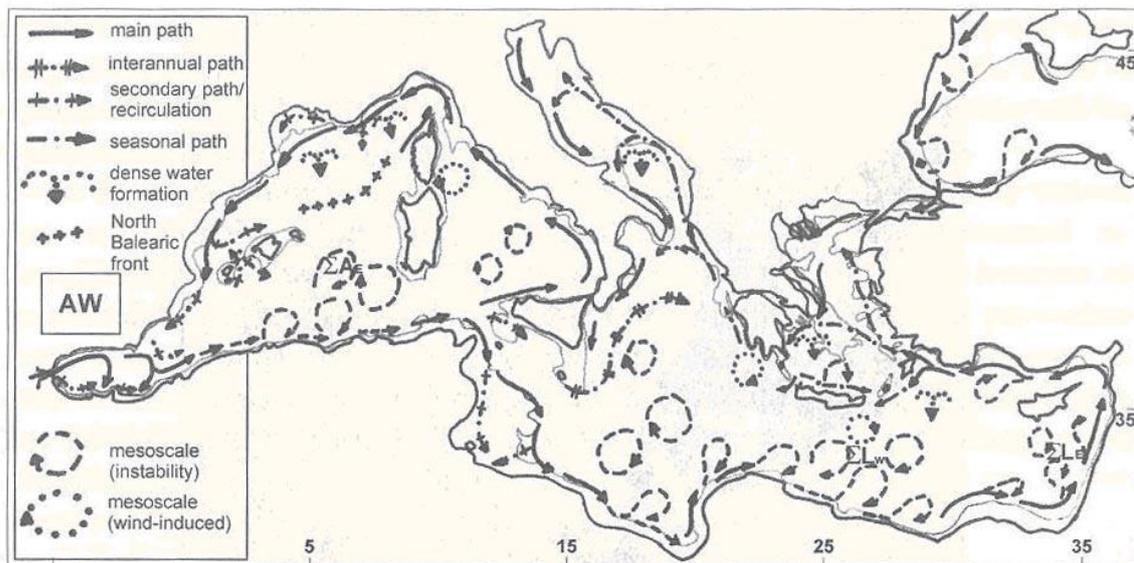


Figura 3.10: Schema di Circolazione delle Acque Modificate dell'Atlantico (MAW)

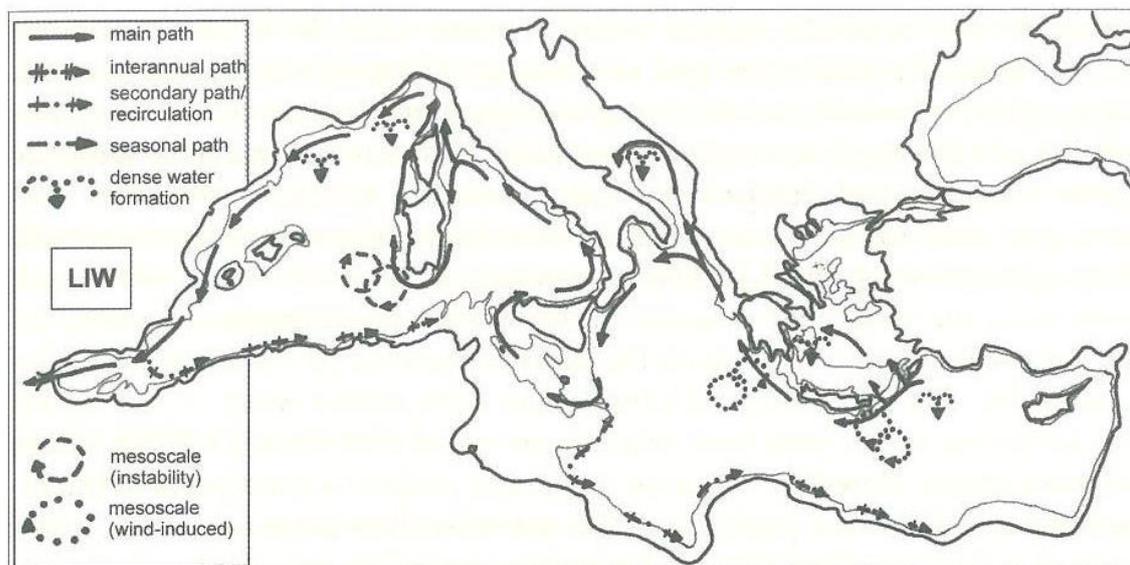


Figura 3.11: Schema di Circolazione delle Acque Levantine Intermedie (LIW)

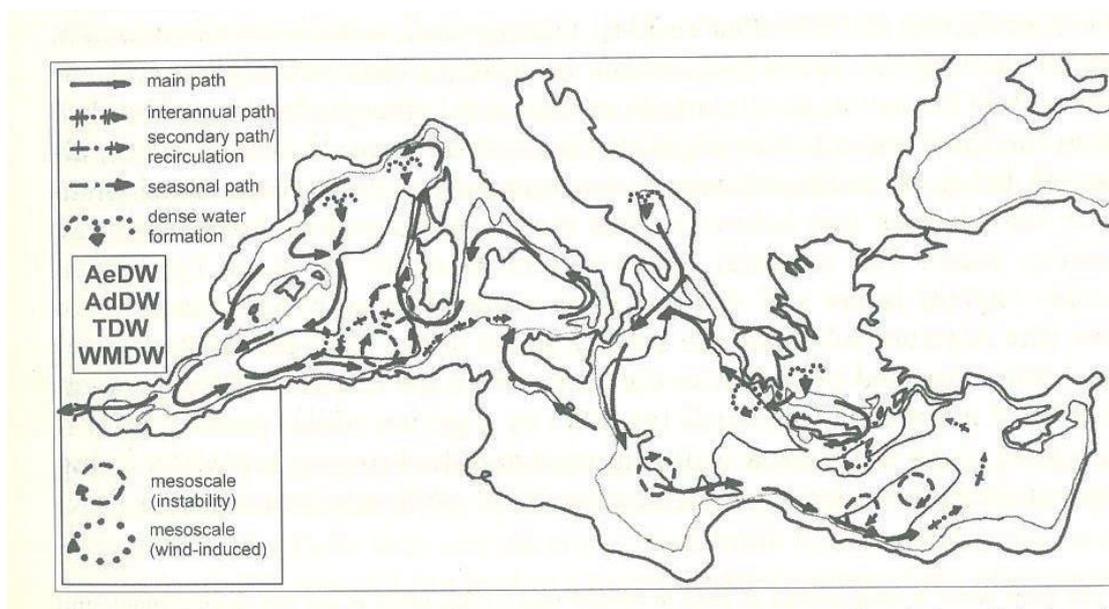


Figura 3.12: Schema di Circolazione delle Acque Profonde (MWD)

## 4 ASPETTI IDROGEOLOGICI DELL'AREA ONSHORE

Per l'inquadramento idrologico e idrogeologico delle opere onshore, si fa riferimento alla Relazione Geologica Doc. No. P0025305-4-SAS-H10 a cui si rimanda per maggiori dettagli.

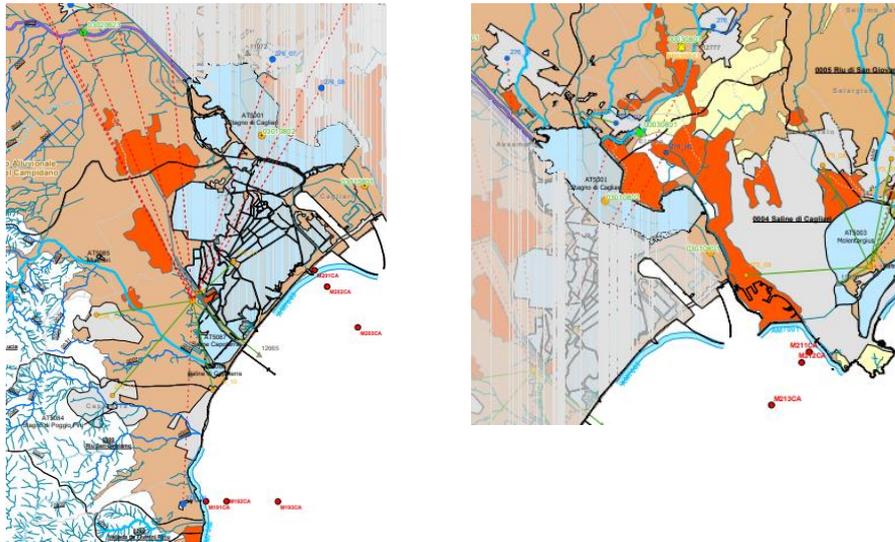
In termini di precipitazioni, nell'area di Sarroch si ha una piovosità media annuale di 407 mm e una differenza di piovosità tra il mese più secco e il mese più piovoso pari a 64 mm. Il mese più secco è luglio con una media di 2 mm di pioggia, mentre il mese di Novembre è il mese con maggiori precipitazioni (media di 66 mm). Le temperature medie variano di circa 16 °C durante l'anno. La Tabella 4.1 riassume i dati climatici disponibili per il territorio di Sarroch (dati da: <https://it.climate-data.org/>).

Tabella 4.1: Dati Climatici – Sarroch

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Medie Temperatura (°C)	9.6	9.4	11.5	14	17.6	22.3	25.2	25.3	21.8	18.7	14	10.8
Temperatura minima (°C)	7.1	6.7	8.3	10.4	13.6	17.4	20.2	20.6	18.3	15.8	11.7	8.5
Temperatura massima (°C)	12.3	12.5	15.2	18	21.9	27.1	30.3	30.3	25.8	22.2	16.7	13.5
Precipitazioni (mm)	39	38	42	44	32	9	2	6	28	47	66	54
Umidità(%)	77%	74%	72%	70%	65%	56%	54%	56%	65%	73%	76%	76%
Giorni di pioggia (g.)	5	6	5	6	4	1	0	1	3	5	7	7
Ore di sole (ore)	6.1	7.0	8.4	10.1	11.5	12.9	12.9	11.9	10.0	8.2	6.9	6.1

La Sardegna ha pesanti problemi d'approvvigionamento idrico non potendo contare su importanti complessi acquiferi. L'isola, infatti, è in gran parte costituita da rocce cristalline e vulcaniti, in genere poco permeabili per fratturazione. Fanno eccezione alcune ristrette aree lungo la costa orientale e nella zona sud-occidentale dove acquiferi carbonatici alimentano qualche sorgente di non grande portata, con acque di scarsa qualità per la interazione dei relativi acquiferi con importanti giacimenti di solfuri misti. Nelle aree di pianura (il Campidano e l'Oristanese, la Pianura del Fiume Cixerri, il Bacino del Sulcis e le piccole aree costiere) sussistono, invece, risorse idriche sotterranee in acquiferi liberi fluenti in depositi alluvionali, a prevalente alimentazione fluviale.

Secondo la perimetrazione degli acquiferi definita dal PTA che interessano il territorio della U.I.O. di Cixerri e Flumini-Mannu, il tracciato occidentale del cavidotto ricade all'interno dell'Acquifero Detritico Alluvionale Quaternario di Capoterra-Pula (Figura 4.1A), mentre quello orientale all'interno dell'Acquifero Detritico Alluvionale Quaternario del Campidano (Figura 4.1B) entrambi classificati a vulnerabilità intrinseca "alta".



A

B

### Legenda

-  Bacini Idrografici
-  Comuni
-  Aree Urbane
-  Aree Industriali
-  Acquiferi Plio Quaternari

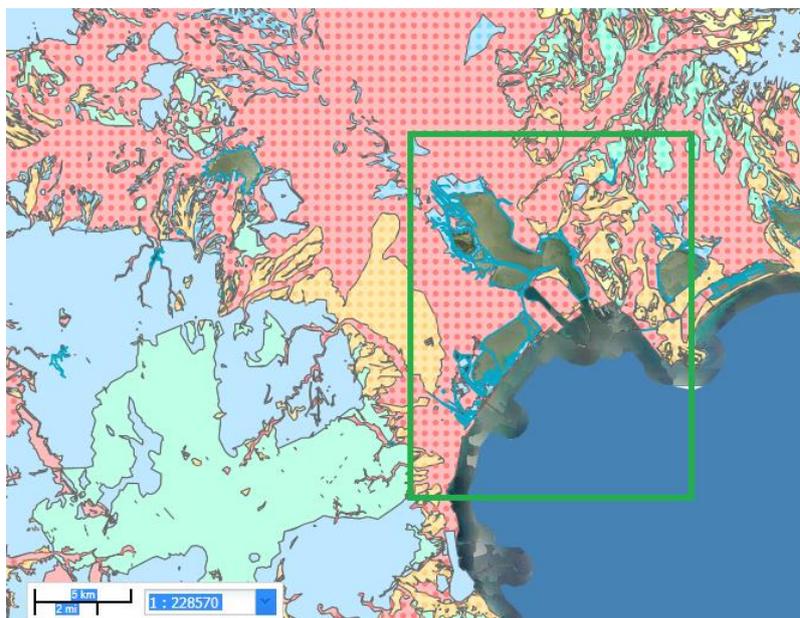
**Figura 4.1: Complessi Acquiferi presenti nella U.I.O. Cixerri e Flamini Mannu (PTA)**

La Figura seguente (Figura 4.2) riporta uno stralcio della *carta della permeabilità* (estratto dal Geoportale della Regione Sardegna)<sup>1</sup>, sviluppata da ARPAS sulla base della Carta Geologica di base della Sardegna in scala 1:25'000. Le formazioni della Sardegna sono state raggruppate per affinità e suddivise in 5 classi di permeabilità: B Bassa, MB Medio Bassa, M Media, MA Medio Alta e A Alta. All'interno di ciascuna sottoclasse, sono state distinte inoltre le 3 tipologie di permeabilità: P per porosità, F per fratturazione, giunti di strato etc. e CF per carsismo e fratturazione, giunti di strato etc. Sono state così ottenute 15 classi di permeabilità con le varie combinazioni dei dati dei due livelli.

Nella fascia di territorio attraversata dal tracciato, la carta riporta per la maggior parte la simbologia di terreni di "permeabilità medio alta per porosità", associata ai depositi terrazzati quaternari. Le zone secondarie con la simbologia di terreni di "permeabilità media per porosità" corrispondono principalmente ai ricoprimenti di depositi alluvionali olocenici.

\*\*\*\*\*

<sup>1</sup> <https://www.sardegnameoportale.it/webgis2/sardegnameoportale/?map=mappetematiche>



Legenda

	BF: Permeabilità bassa per fratturazione
	BP: Permeabilità bassa per porosità
	MBF: Permeabilità medio bassa per fratturazione
	MBP: Permeabilità medio bassa per porosità
	MF: Permeabilità media per fratturazione
	MCF: Permeabilità media per carsismo e fratturazione
	MP: Permeabilità media per porosità
	MAF: Permeabilità medio alta per fratturazione
	MACF: Permeabilità medio alta per carsismo e fratturazione
	MAP: Permeabilità medio alta per porosità
	ACF: Permeabilità alta per carsismo e fratturazione
	AP: Permeabilità alta per porosità
	Lg: Laghi e canali

Figura 4.2: Carta delle Permeabilità (Fonte: Geoportale Regione Sardegna)

## 5 PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico regionale (PAI), è redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione.

Il PAI è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.

Il PAI ha valore di piano territoriale di settore e prevale sui piani e programmi di settore di livello regionale. Il PAI è stato approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.67 del 10.07.2006 con tutti i suoi elaborati descrittivi e cartografici.

Con decreto del Presidente della Regione n. 121 del 10/11/2015 pubblicato sul BURAS n. 58 del 19/12/2015, in conformità alla Deliberazione di Giunta Regionale n. 43/2 del 01/09/2015, sono state approvate le modifiche agli articoli 21, 22 e 30 della Norma di Attuazione (NA) del PAI, l'introduzione dell'articolo 30-bis e l'integrazione alle stesse NA del PAI del Titolo V recante "Norme in materia di coordinamento tra il PAI e il Piano di Gestione del rischio di alluvioni (PGRA)".

In recepimento di queste integrazioni, come previsto dalla Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 3 del 27/10/2015 è stato pubblicato sul sito dell'Autorità di Bacino il Testo Coordinato delle NA del PAI<sup>2</sup>.

Con la Deliberazione n. 12 del 21/12/2021, pubblicata sul BURAS n. 72 del 30/12/2021 il Comitato Istituzionale ha adottato alcune modifiche alle Norme di Attuazione del PAI. Le modifiche sono state successivamente approvate con la Deliberazione di giunta regionale n. 2/8 del 20/1/2022 e con Decreto del Presidente della Regione n. 14 del 7/2/2022.

Il PAI per il bacino idrografico unico della Regione Sardegna è costituito dai seguenti elaborati:

- ✓ relazione generale e linee guida allegate, in cui sono presentate le informazioni disponibili, le metodologie di formazione, le definizioni tecniche impiegate nel piano;
- ✓ cartografia delle aree di pericolosità idrogeologica e di rischio idrogeologico:
  - Tavole della perimetrazione delle aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1) alla scala 1:10.000;
  - Tavole della perimetrazione delle aree di pericolosità da frana molto elevata (Hg4), elevata (Hg3), media (Hg2) e moderata (Hg1) alla scala 1:10.000; tavola sinottica a scala di bacino;
  - Tavole della perimetrazione delle aree a rischio idraulico molto elevato (Ri4), elevato (Ri3), medio (Ri2) e moderato (Ri1) alla scala 1:10.000;
  - Tavole della perimetrazione delle aree a rischio da frana molto elevato (Rg4), elevato (Rg3), medio (Rg2) e moderato (Rg1) alla scala 1:10.000;
  - Tavole degli elementi a rischio E alla scala 1:10.000;
  - schede degli interventi per ciascun sottobacino oggetto del piano;
  - norme di attuazione.

Rispetto al PAI approvato nel 2006 sono state apportate alcune varianti richieste dai Comuni o comunque scaturite da nuovi studi o analisi di maggior dettaglio nelle aree interessate<sup>3</sup>.

Nell'ambito di tali studi vengono individuati, in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici o di varianti agli stessi, nonché di approvazione di piani attuativi, i livelli di pericolosità idraulica o geomorfologica derivanti dalle indicazioni contenute negli appositi studi di compatibilità idraulica e geologica - geotecnica, predisposti in osservanza degli articoli 24 e 25 delle NTA del PAI, riferiti a tutto il territorio comunale o alle sole aree interessate dagli atti proposti all'adozione.

Dall'approvazione dei suddetti studi da parte del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino deriva l'applicazione sulle aree classificate Hi4, Hi3, Hi2, Hi1, Hg4, Hg3, Hg2 e Hg1 delle norme di salvaguardia di cui agli articoli 27,

\*\*\*\*\*

<sup>2</sup> Le NA sono state ulteriormente aggiornate con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1 del 03/10/2019 e n. 1 del 28/10/2019 e con D.G.R. n. 43/2 del 27.8.2020

<sup>3</sup> Studi di cui all'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI.

28, 29, 30, 31, 32, 33 e 34 delle Norme di Attuazione del PAI. In riferimento a tali studi ed ai comuni interessati dalle opere in progetto, si specifica quanto segue:

- ✓ con Delibera del Comitato Istituzionale n.7 del 17.02.2012. è stato approvato lo Studio di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologica, relativo al procedimento di adozione del nuovo Piano Urbanistico Comunale di Capoterra;
- ✓ con Delibera di Comitato Istituzionale n.4 del 07.07.2015 è stato approvato l'Aggiornamento dello Studio di compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle NA del PAI - Recepimento cartografico pericolosità idraulica del PSFF nel PUC di Assemini.

Pertanto, le mappe della pericolosità idrogeologica di detti studi costituiscono aggiornamento della banca dati del PAI e vengono disciplinate dalle norme di salvaguardia suddette.

Nel seguito viene riportata l'analisi delle interazioni tra il PAI (Studi di cui all'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI) e l'intervento proposto, condotta attraverso l'ausilio degli strati informativi pubblicati sullo specifico portale istituzionale della Regione Sardegna ([www.sardegnaoportale.it](http://www.sardegnaoportale.it)).

Anche in tal caso, l'analisi delle interazioni tra il PAI e l'intervento proposto è stata condotta attraverso l'ausilio degli strati informativi pubblicati sullo specifico portale istituzionale della Regione Sardegna ([www.sardegnaoportale.it](http://www.sardegnaoportale.it)). In considerazione dell'estensione dell'opera in progetto, l'analisi delle interazioni con il PAI è stata eseguita suddividendo l'opera in diverse sezioni:

- ✓ Stazione Elettrica e cavidotto costiero (Comune di Sarroch);
- ✓ Cavidotto terrestre - Comune di Capoterra;
- ✓ Cavidotto terrestre - Comune di Assemini.

#### 5.1.1.1 Stazione Elettrica e cavidotto costiero (Comune di Sarroch)

In riferimento al PAI Sardegna, le opere di progetto onshore, ovvero il cavidotto costiero interrato e la Stazione Elettrica, non interferiscono né con aree a rischio idraulico/da frana né con aree a pericolosità idraulica/da frana. Si segnala che il confine settentrionale della centrale elettrica lambisce una zona a pericolosità media da frana<sup>4</sup> (Hg1), disciplinata dall'art.34 delle NA del PAI. Secondo tale articolo, in dette aree compete agli strumenti urbanistici, ai regolamenti edilizi ed ai piani di settore vigenti disciplinare l'uso del territorio e delle risorse naturali, ed in particolare le opere sul patrimonio edilizio esistente, i mutamenti di destinazione, le nuove costruzioni, la realizzazione di nuovi impianti, opere ed infrastrutture a rete e puntuali pubbliche o di interesse pubblico, i nuovi insediamenti produttivi commerciali e di servizi, le ristrutturazioni urbanistiche e tutti gli altri interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia, salvo in ogni caso l'impiego di tipologie e tecniche costruttive capaci di ridurre la pericolosità ed i rischi.

\*\*\*\*\*

<sup>4</sup> Delibera del Comitato Istituzionale n.7 del 17.02.2012. Comune di Capoterra – Studio di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologica, relativo al procedimento di adozione del nuovo Piano Urbanistico Comunale di Capoterra.

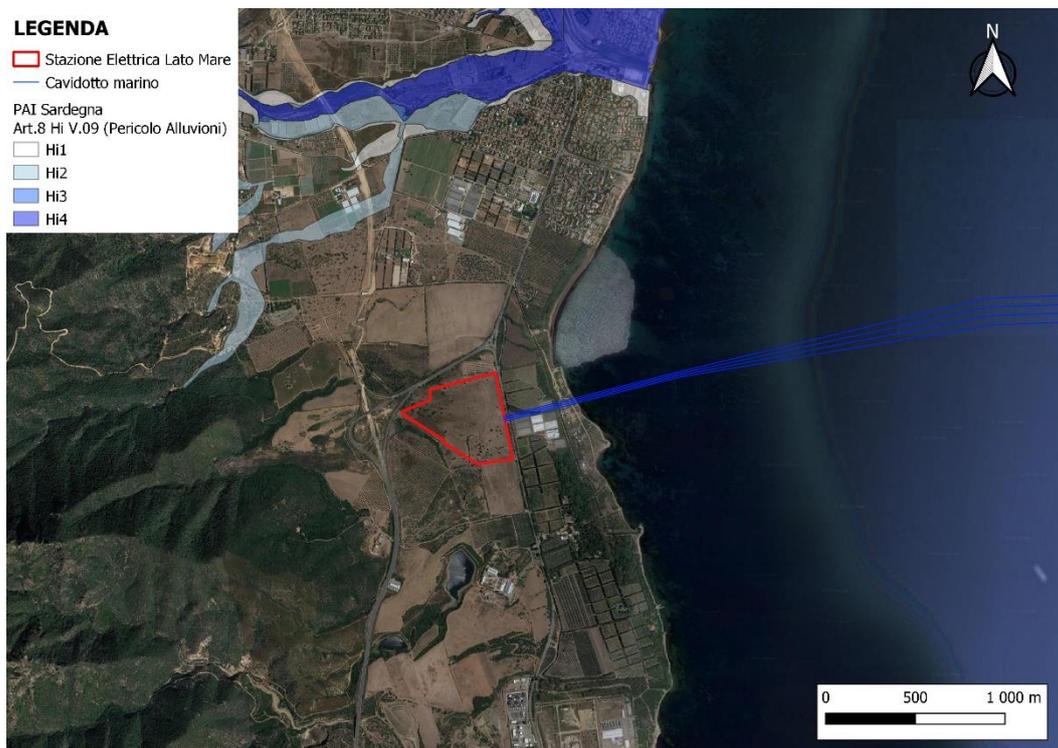


Figura 5.1: Aree di pericolosità idraulica PAI Sardegna (art.8 delle Norme di Attuazione)

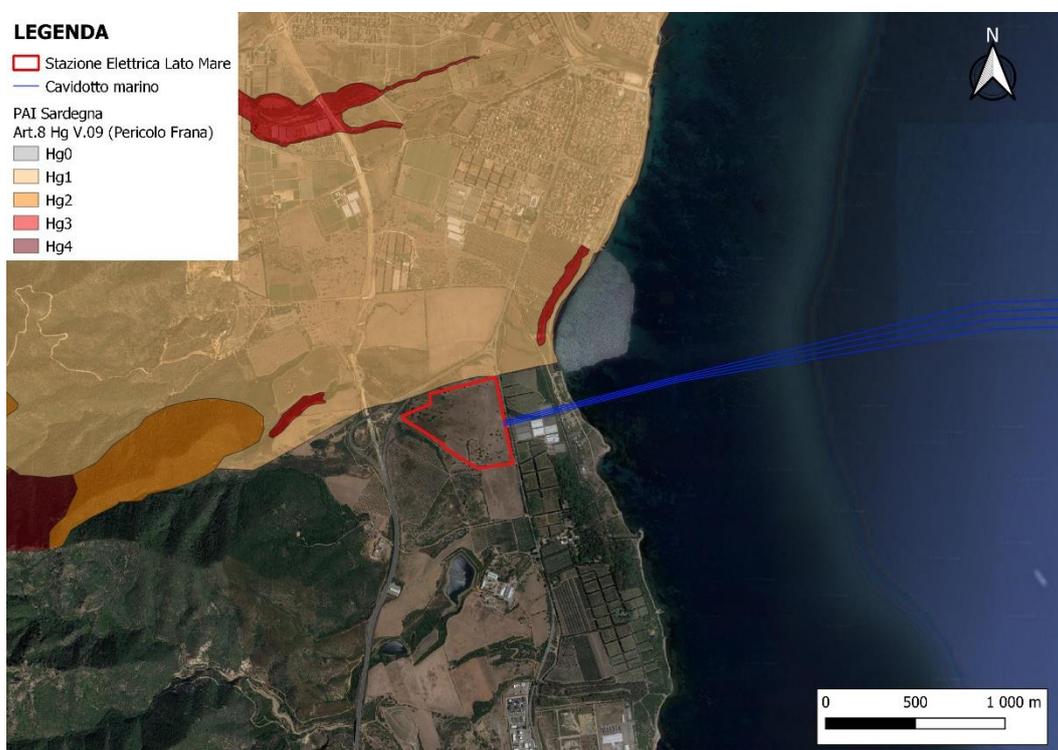


Figura 5.2: Aree di pericolosità da frana PAI Sardegna (art.8 delle Norme di Attuazione)

#### 5.1.1.2 Cavidotto terrestre - Comune di Capoterra

Per quanto concerne le opere onshore in esame, come dimostrato nelle figure seguenti, l'analisi delle interferenze con i vincoli del PAI ha consentito di porre in evidenza che il cavidotto terrestre interferisce con aree a pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1) relativamente alle intersezioni con il Rio San Girolamo e Rio Santa Lucia e loro affluenti.

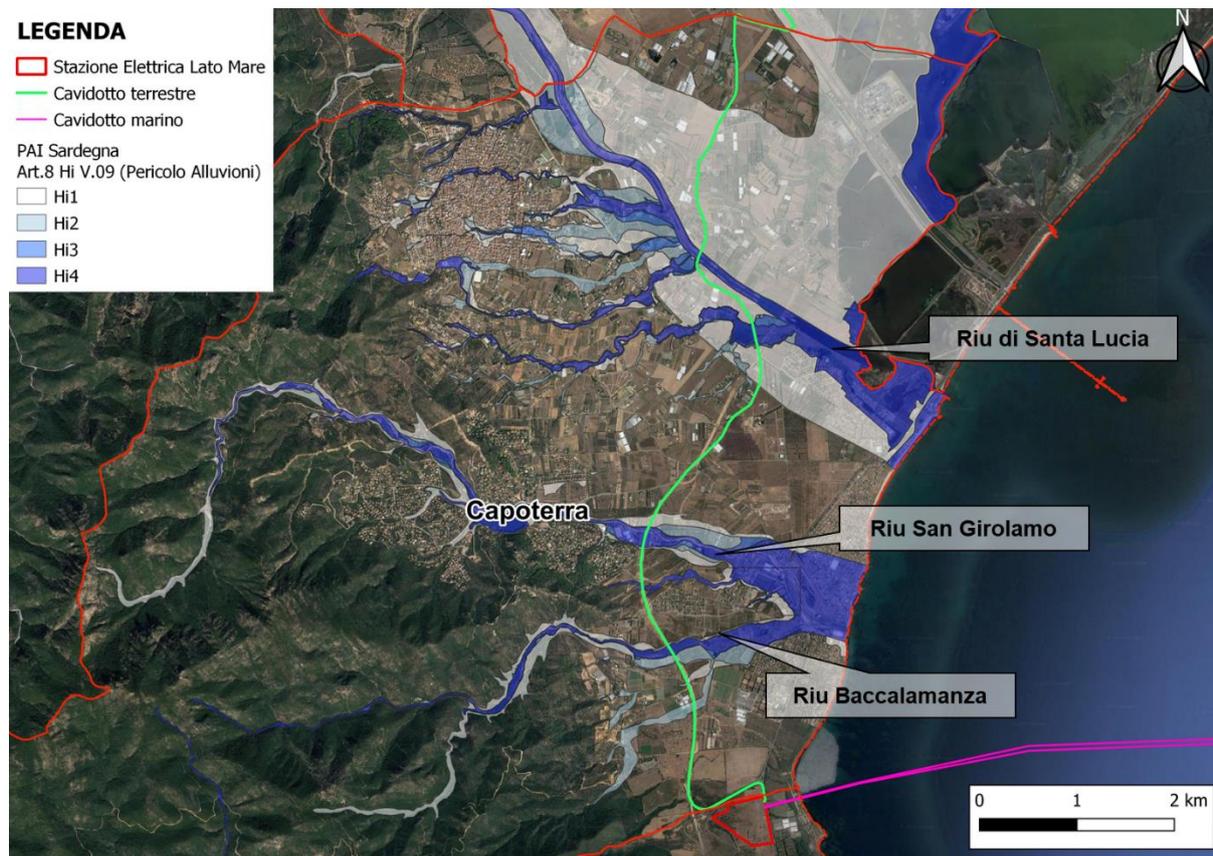
In riferimento al PAI Sardegna ex art.8 c.2 delle NA, le aree a pericolosità idraulica molto elevata (Hi4) sono disciplinate dall'art.27 delle NA del PAI. Relativamente alla natura delle opere in progetto, l'art. 27 comma 3 lettera g. delle NA del PAI riporta quanto segue:

3. *In materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico, comprese le opere provvisorie temporanee funzionali agli interventi, nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata sono consentiti esclusivamente:*

[...]

- g. *le nuove infrastrutture a rete o puntuali previste dagli strumenti di pianificazione territoriale e dichiarate essenziali e non altrimenti localizzabili; nel caso di condotte e di cavidotti, non è richiesto lo studio di compatibilità idraulica di cui all'articolo 24 delle presenti norme qualora sia rispettata la condizione che tra piano di campagna e estradosso ci sia almeno un metro di ricoprimento, che eventuali opere connesse emergano dal piano di campagna per una altezza massima di 50 cm, che per le situazioni di parallelismo non ricadano in alveo e area golenale e che il soggetto attuatore provveda a sottoscrivere un atto con il quale si impegna a rimuovere a proprie spese tali elementi qualora sia necessario per la realizzazione di opere di mitigazione del rischio idraulico;*
- h. *allacciamenti a reti principali e nuovi sottoservizi a rete interrati lungo tracciati stradali esistenti, ed opere connesse compresi i nuovi attraversamenti; nel caso di condotte e di cavidotti, non è richiesto lo studio di compatibilità idraulica di cui all'articolo 24 delle presenti norme qualora sia rispettata la condizione che tra piano di campagna e estradosso ci sia almeno un metro di ricoprimento, che eventuali opere connesse emergano dal piano di campagna per una altezza massima di 50 cm e che il soggetto attuatore provveda a sottoscrivere un atto con il quale si impegna a rimuovere a proprie spese tali elementi qualora sia necessario per la realizzazione di opere di mitigazione del rischio idraulico.*

Pertanto, alla luce delle suddette norme maggiormente restrittive (pericolo idraulico Hi4), si evince che la disciplina inerente alle aree a pericolosità idraulica non risulta pregiudizievole alla realizzazione delle opere in progetto.



**Figura 5.3: Aree di pericolosità idraulica PAI Sardegna (art.8 delle Norme di Attuazione) - COMUNE DI CAPOTERRA**

Relativamente agli aspetti geomorfologici, il cavidotto terrestre che attraversa il Comune di Capoterra ricade interamente in una vasta area a pericolosità da frana Hg1, disciplinata dall'art.34 delle NA del PAI come precedentemente riportato.

Inoltre, in corrispondenza dell'intersezione con il Riu Baccalamanza, il cavidotto attraversa un'area a pericolosità da frana elevata Hg3, disciplinata dall'art.32 delle NA del PAI. Secondo tali norme, in materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico nelle aree di pericolosità molto elevata ed elevata da frana, sono consentiti nuovi sottoservizi a rete interrati lungo tracciati stradali esistenti, come nella fattispecie, ed opere connesse compresi i nuovi attraversamenti.

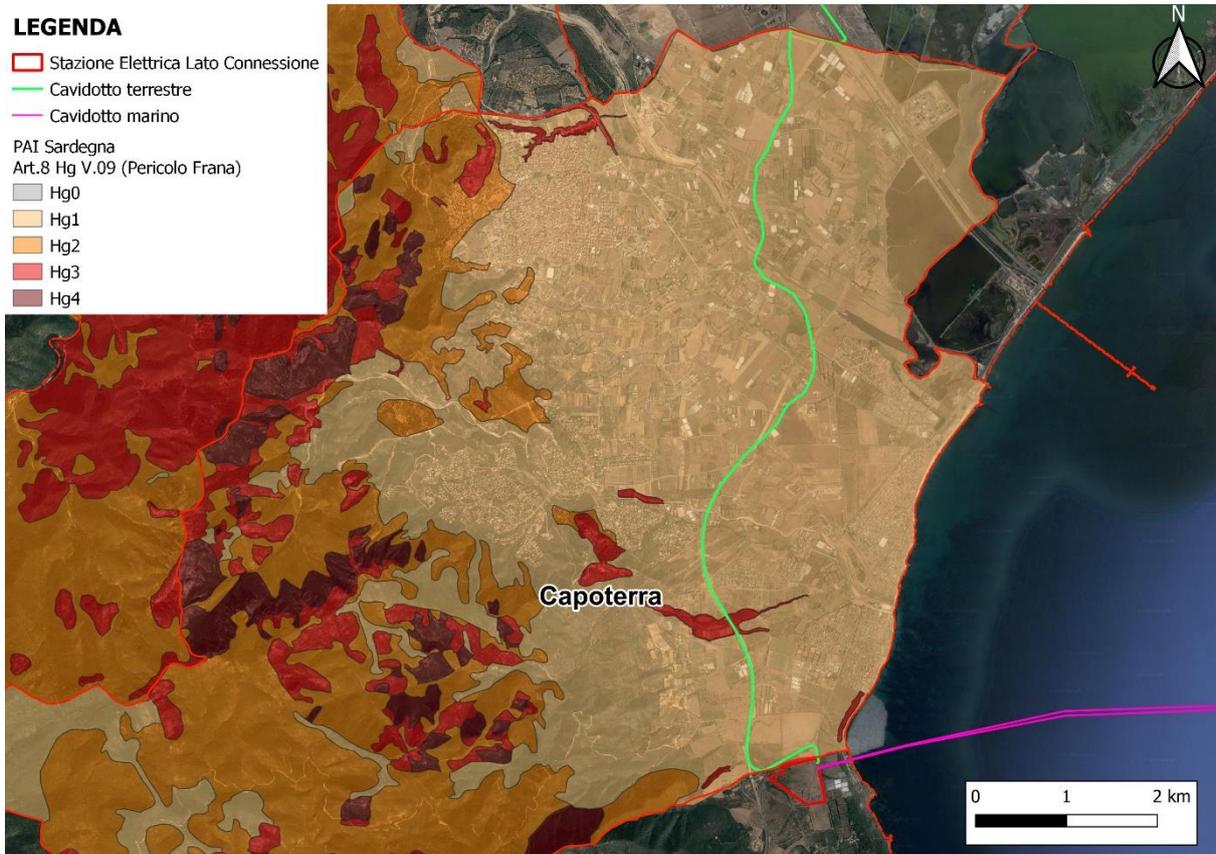


Figura 5.4: Aree di pericolosità da frana PAI Sardegna (art.8 delle Norme di Attuazione) - COMUNE DI CAPOTERRA

#### 5.1.1.3 Cavidotto terrestre - Comune di Assemini

Relativamente al cavidotto terrestre nel tratto in esame, come dimostrato nelle figure seguenti, l'analisi delle interferenze con i vincoli del PAI ha consentito individuare che l'opera interferisce con aree a pericolosità idraulica moderata (Hi1), disciplinate dall'art.30 delle NA del PAI. Secondo tali norme compete agli strumenti urbanistici, ai regolamenti edilizi ed ai piani di settore vigenti disciplinare l'uso del territorio e delle risorse naturali, ed in particolare le opere ed infrastrutture a rete e puntuali pubbliche o di interesse pubblico, i nuovi insediamenti e tutti gli altri interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia, salvo in ogni caso l'impiego di tipologie e tecniche costruttive capaci di ridurre la pericolosità ed i rischi.

Infine, relativamente agli aspetti geomorfologici, il cavidotto terrestre che ricade nel Comune di Assemini non intercetta alcun areale a pericolosità da frana secondo il PAI Sardegna (Figura 5.6).

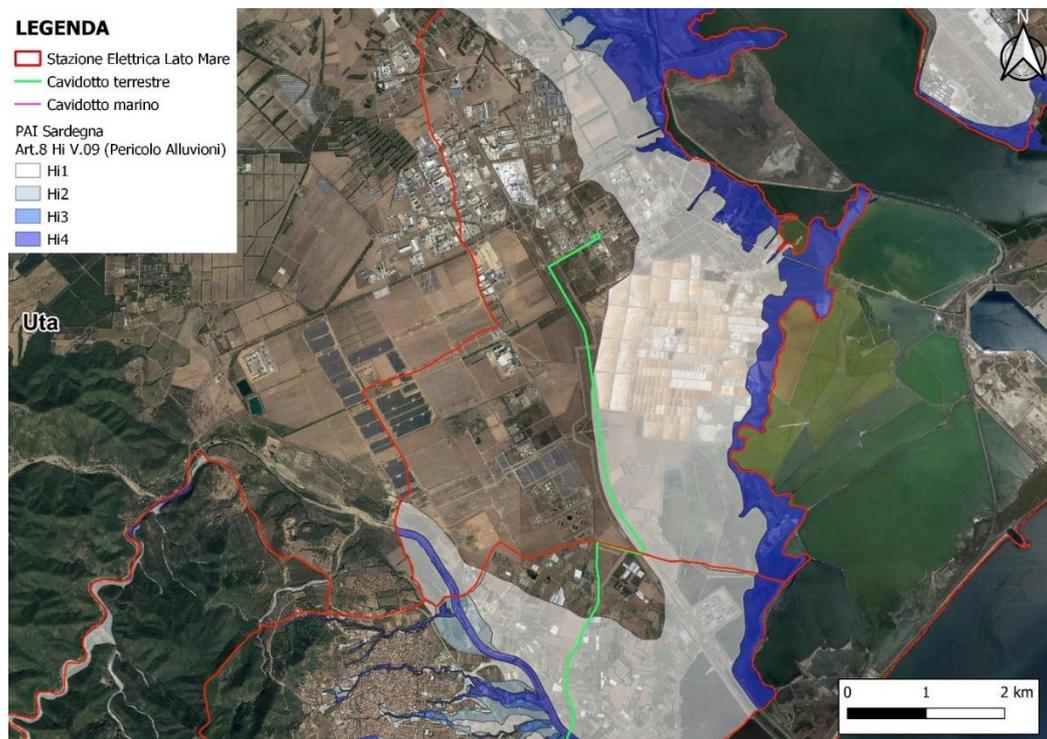


Figura 5.5: Aree di pericolosità idraulica PAI Sardegna (art.8 delle Norme di Attuazione) -  
COMUNE DI ASSEMINI

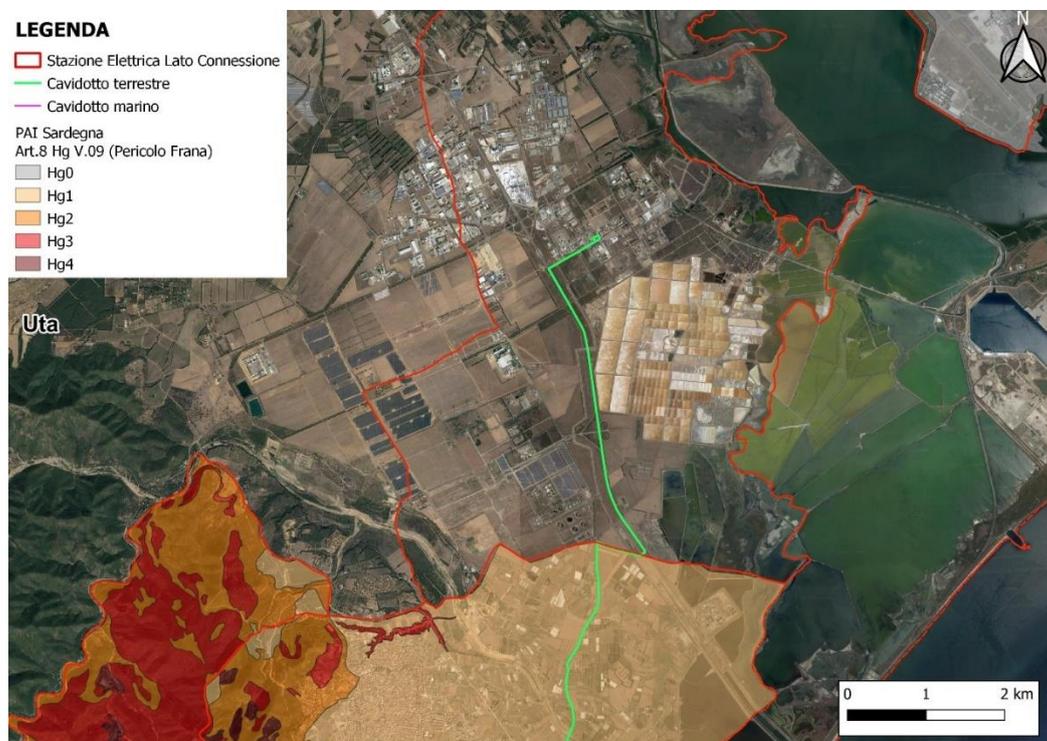


Figura 5.6: Aree di pericolosità da frana PAI Sardegna (art.8 delle Norme di Attuazione) -  
COMUNE DI ASSEMINI

## 6 CONCLUSIONI

Lo scopo del presente documento è quello di fornire una descrizione generale in termini di caratterizzazione oceanografica e aspetti idraulici e idrologici del sito di Sardegna Sud Ovest.

Al fine di caratterizzare l'oceanografia è stato riportato un inquadramento generale dell'esposizione del sito al vento, alle onde e alla corrente [1]. Sono stati analizzati i dati del World Ocean Atlas 2013, forniti dal National Oceanographic Data Center, per ottenere i profili verticali di temperatura e salinità dell'acqua di un punto rappresentativo dell'area in esame. Infine, sono state fornite informazioni sulla circolazione idrodinamica del bacino del Mediterraneo basate sulla letteratura disponibile.

Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici, sono state riportate informazioni riguardo l'idrografia superficiale e profonda, il regime delle precipitazioni e la permeabilità del sito, provenienti dalla letteratura disponibile. Dalla consultazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Sardegna, infine, è emerso che non sussisterebbe rischio idrogeologico per gli elementi di progetto quali approdo, junction pit e SE Lato Mare e Lato Connessione. Mentre il cavidotto interrato, pur seguendo le strade esistenti, attraversa aree di pericolosità idraulica (in corrispondenza di Riu Baccalamanza, San Girolamo e Santa Lucia) e di pericolosità frana Hg1 (pericolosità bassa). Si rimanda pertanto a studi successivi per verificare la fattibilità del progetto.

CEV02/PTR/EDI/OZ

## BIBLIOGRAFIA

- [1] RINA Consulting, 2022, Studio Meteomarinario, Doc. No. P0025305-4-SAS-H13
- [2] RINA Consulting, 2022, Relazione Geologica, Doc. No. P0025305-4-SAS-H10
- [3] Locarnini, R. A., A. V. Mishonov, J. I. Antonov, T. P. Boyer, H. E. Garcia, O. K. Baranova, M. M. Zweng, C. R. Paver, J. R. Reagan, D. R. Johnson, M. Hamilton, D. Seidov, 2013. World Ocean Atlas 2013, Volume 1: Temperature. S. Levitus, Ed.; A. Mishonov, Technical Ed.; NOAA Atlas NESDIS 73, 40 pp
- [4] Zweng, M. M, J. R. Reagan, J. I. Antonov, R. A. Locarnini, A. V. Mishonov, T. P. Boyer, H. E. Garcia, O.K. Baranova, D.R. Johnson, D. Seidov, M.M. Biddle, 2013. World Ocean Atlas 2013, Volume 2: Salinity. S. Levitus, Ed.; A. Mishonov, Technical Ed.; NOAA Atlas NESDIS 74, 39 pp.
- [5] Alain Saliot Editor, 2007, "The Mediterranean Sea", Springer
- [6] Millot C., 1999, "Circulation in the Western Mediterranean Sea", J. Mar. Res., 20, 423-442
- [7] ISPRA, 2014, Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia Vol 92.: "Le acque sotterranee e l'intrusione marina in Puglia: dalla ricerca all'emergenza nella salvaguardia della risorsa"
- [8] Autorità di Bacino (AdB) Regionale della Sardegna. Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (P.A.I.) approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.67 del 10.07.2006, e s.m.i. <http://www.regione.sardegna.it/index.php?xsl=510&s=149037&v=2&c=8376&t=1&tb=8374&st=13&slu=1&tb=8374&st=13>
- [9] ISPRA "Archivio Indagini nel Sottosuolo (Legge 464/84)". <https://www.isprambiente.gov.it/it/banche-dati/banche-dati-folder/suolo-e-territorio/dati-geognostici-e-geofisici>
- [10] Piano Paesaggistico Regionale - Complessi territoriali con Valenza storica culturale, [https://www.regione.sardegna.it/documenti/1\\_274\\_20131029174249.pdf](https://www.regione.sardegna.it/documenti/1_274_20131029174249.pdf)
- [11] Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), 2016, 'ISIDe working group (2016) version 1.0, DOI: 10.13127/ISIDe'



**RINA Consulting S.p.A.** | Società soggetta a direzione e coordinamento amministrativo e finanziario del socio unico RINA S.p.A.  
Via Cecchi, 6 - 16129 GENOVA | P. +39 010 31961 | [rinaconsulting@rina.org](mailto:rinaconsulting@rina.org) | [www.rina.org](http://www.rina.org)  
C.F./P. IVA/R.I. Genova N. 03476550102 | Cap. Soc. € 20.000.000,00 i.v.