



Kailia Energia S.r.l.

Progetto preliminare per la realizzazione di un parco eolico offshore - Brindisi - Kailia Energia

Relazione Idrologica e Idraulica

Doc. No. P0025305-1-BRD-H11 - Rev.01 – Settembre 2021

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
01	Seconda Emissione	Cecilia Evangelista/ Paolo Mattia Trabucchi	Eleonora Duchini	O. Zanolì/ S.Sadowski/R.Zaccone	20/09/2021
00	Prima Emissione	Cecilia Evangelista/ Paolo Mattia Trabucchi	Eleonora Duchini	O. Zanolì/ S.Sadowski/R.Zaccone	25/08/2021

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
INDICE DELLE TABELLE	2
INDICE DELLE FIGURE	3
ACRONIMI	4
1 INTRODUZIONE	5
2 SCOPO DEL DOCUMENTO	6
3 ASPETTI METEOMARINI	7
3.1 ESPOSIZIONE DEL SITO	7
3.2 CARATTERISTICHE FISICHE DELLE MASSE D'ACQUA	12
3.3 LA CIRCOLAZIONE GENERALE DEL MEDITERRANEO	14
3.3.1 Circolazione dell'Adriatico	16
4 ASPETTI IDROGEOLOGICI DELL'AREA ONSHORE	19
5 PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)	26
6 CONCLUSIONI	28
BIBLIOGRAFIA	29

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 4.1: Dati Climatici – Brindisi

20

INDICE DELLE FIGURE

Figura 3.1:	Localizzazione del Sito di Progetto	7
Figura 3.2:	Rosa Annuale del Vento – NOAA	8
Figura 3.3:	Rosa Annuale del Vento – ERA5	9
Figura 3.4:	Rosa Annuale delle Onde – NOAA	10
Figura 3.5:	Rosa Annuale delle Onde – ERA5	11
Figura 3.6:	Rosa Annuale della Corrente	12
Figura 3.7:	Profilo Mensile della Temperatura (°C) dell'Acqua	13
Figura 3.8:	Profilo Mensile della Salinità (psu) dell'Acqua	14
Figura 3.9:	Schema di Circolazione delle Acque Modificate dell'Atlantico (MAW)	15
Figura 3.10:	Schema di Circolazione delle Acque Levantine Intermedie (LIW)	16
Figura 3.11:	Schema di Circolazione delle Acque Profonde (MWD)	16
Figura 3.12:	Schema di Circolazione Generale dell'Adriatico	17
Figura 3.13:	Andamento della Velocità della Corrente Indotto dalla Marea in Fase di Neap (A) e Spring (B)	18
Figura 4.1:	Sezione Idrogeologica Schematica della Piana di Brindisi Perpendicolare al Litorale Adriatico [8]	19
Figura 4.2:	Stralcio Mappa delle Precipitazioni Medie Annue della Provincia di Brindisi [9]	21
Figura 4.3:	Stralcio Carta della Permeabilità della Provincia di Brindisi [9] - Sito: O	22
Figura 4.4:	Distribuzione del Coefficiente di Permeabilità dell'Acquifero Carbonatico Profondo [8] - Sito: O	23
Figura 4.5:	Piezometria dell'Acquifero Profondo [8] - Sito: O	24
Figura 4.6:	Stratigrafia e Carotaggio Termo-salinometrico Pozzo W2 localizzato in Località Cerano, in Prossimità del Sito [8]	25
Figura 5.1:	Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) Pericolo Alluvioni. Fonte: MITE	26
Figura 5.2:	Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) Pericolo Geomorfologica. Fonte: EMODnet	27

ACRONIMI

COMPANY	Kailia Energia S.r.l.
CONTRACTOR	RINA Consulting Spa.

NOAA	National Oceanic Atmospheric Administration
ECMWF	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
MAW	Acque Modificate dell'Atlantico
LIW	Acque Levantine Intermedie
MDW	Acque Mediterranee Profonde
ISPRA	Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
PTCP	Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale
PAI	Piano Assetto Idrologico

1 INTRODUZIONE

La presente relazione è stata commissionata da Kailia Energia S.r.l. (la Committente), operatore internazionale nel campo delle energie rinnovabili, attivo nello sviluppo, nella progettazione, realizzazione e gestione di impianti di produzione di energia pulita.

La Committente è intenzionata a realizzare un parco eolico offshore composto da 98 aerogeneratori, per una taglia totale di 1176 MW, di fronte alla costa nord-orientale della Regione Puglia, in particolare nello specchio di mare antistante la città di Brindisi.

Questo sito è stato individuato basandosi su uno studio di prefattibilità eseguito da SENER Ingenieria y Sistemas S.A. sotto incarico della Committente.

Nel dettaglio la scelta di tale sito è stata effettuata tenendo conto della risorsa eolica potenzialmente disponibile, della distanza dalla costa, 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 maggior interferenza a livello ambientale.

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 Brindisi.

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 e del sottobacino dell'Adriatico.

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 e dell'Adriatico sono state invece ricavate dalla letteratura disponibile.

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

- ✓ inquadramento geologico dell'area in esame (per informazioni più dettagliate riferirsi alla Relazione Geologica [7]);
- ✓ breve descrizione dell'idrografia e degli acquiferi che caratterizzano il sito di interesse;
- ✓ regime di precipitazione della zona di Brindisi;
- ✓ informazioni sulla permeabilità del sito;
- ✓ informazioni su eventuale rischio di alluvioni e geomorfologico dedotte dal Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) per il bacino della Puglia.

3 ASPETTI METEOMARINI

L'area di interesse per il parco eolico è situata al largo della città di Brindisi, estendendosi da circa 8 km a partire dalla costa fino a circa 25 km dal litorale. 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 e, a scala ridotta, del Mar Adriatico (par. 3.3).

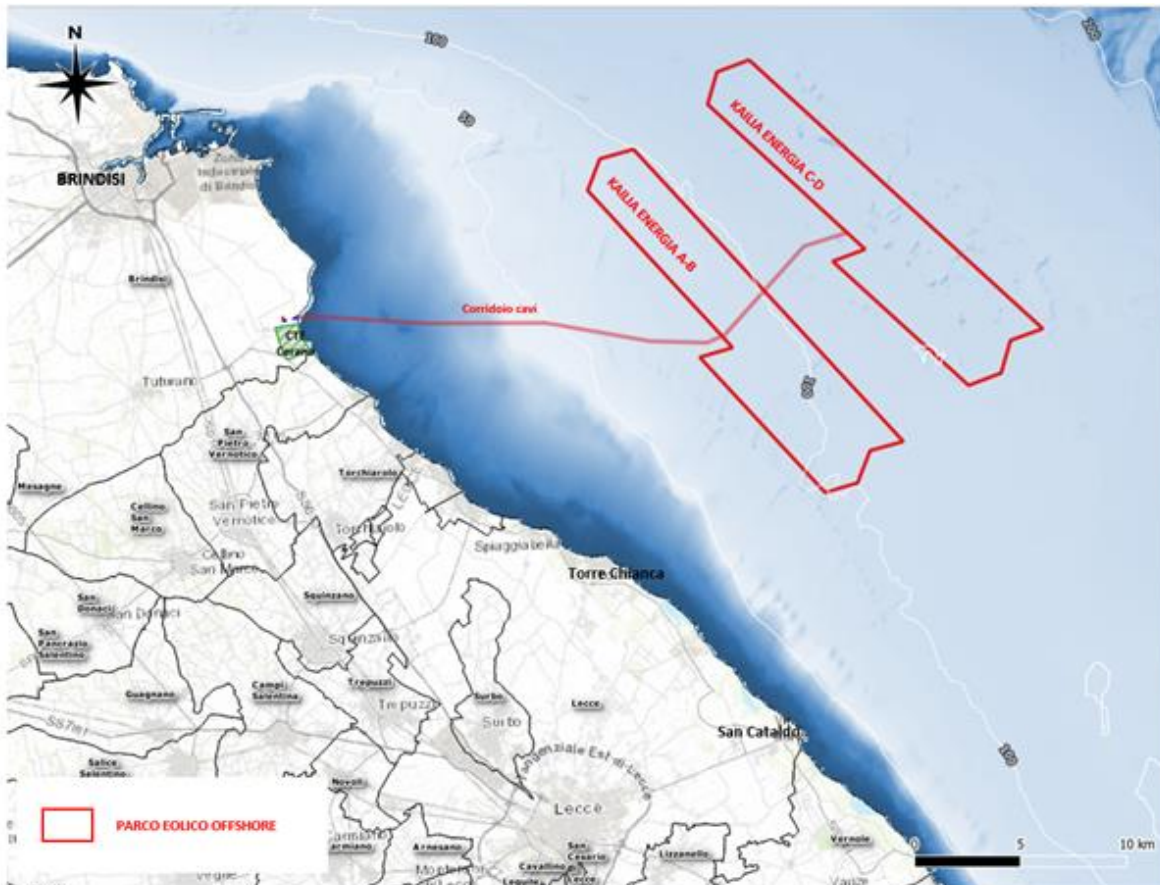


Figura 3.1: Localizzazione del Sito di Progetto

3.1 ESPOSIZIONE DEL SITO

Nel presente paragrafo sono brevemente riportate delle considerazioni sull'esposizione del sito di Brindisi 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 percentuali ricadono nella classe 20-22 m/s e provengono prevalentemente dai settori direzionali 150°N e 180°N; il valore massimo della velocità del vento è invece pari a 25.2 m/s. I venti prevalenti spirano dunque da sud sud-est (circa il 28%) e da nord nord-ovest (330-360°N circa il 35% degli eventi). Circa il 99% del totale degli eventi è caratterizzato da una velocità minore o uguale a 16 m/s, mentre solamente lo 0.01% ricade nella classe più alta 20 – 22 m/s. Si riporta la rosa annuale del vento in Figura 3.2. Per quanto riguarda i dati ERA5, le massime velocità di cui si apprezzano le frequenze percentuali appartengono alla classe 18-20 m/s e provengono prevalentemente dai settori direzionali 150°N e 180°N; il valore massimo della velocità del vento è invece pari a 20.5 m/s. Il settore di provenienza prevalente risulta essere il nord ovest (330°N) con circa il 24%, seguito dal nord (circa

il 15% degli eventi) e da 150°N – 180°N (con circa il 28%). Circa il 99% del totale degli eventi è caratterizzato da una velocità minore o uguale a 14 m/s; solamente lo 0.02% ricade nella classe più alta. Si riporta la rosa annuale del vento in Figura 3.3. Dal confronto tra i due dataset si nota come il vento fornito da NOAA presenti una classe in più di velocità del vento, pertanto i valori estremi di velocità del vento sono stati calcolati cautelativamente con la serie NOAA [1], Essi sono 21.6 m/s e 26.9 m/s rispettivamente per i periodi di ritorno di 1 e 100 anni;

- ✓ Onde: si riporta il clima ondoso ricavato da due distinti database: NOAA ed ERA5 (ECMWF). Dall'analisi dei dati NOAA è emerso che circa il 98% degli eventi ondosi totali è caratterizzato da altezze significative minori o al più uguali a 3 m, mentre soltanto lo 0.01% delle onde ricade nella classe più alta 5.5 – 6 m. Le onde provengono prevalentemente dai settori direzionali 150°N, 180°N e 330°N, le più alte dalla direzione 150°N. Si riporta la rosa annuale del vento in Figura 3.4. Analizzando i dati ERA5 si evince che circa il 98% degli eventi ondosi totali è caratterizzato da altezze significative minori o al più uguali a 3 m, mentre soltanto lo 0.01% delle onde ricade nella classe più alta 5-5.5 m. Le onde provengono prevalentemente dai settori direzionali 150°N, 0°N e 330°N, le più alte dalla direzione 150°N. Si riporta la rosa annuale del vento in Figura 3.5. Come per il vento, i valori estremi di altezza d'onda significativa, calcolati cautelativamente con la serie NOAA [1], sono pari a 5.31 m e 6.76 m rispettivamente per i periodi di ritorno di 1 e 100 anni;
- ✓ Corrente: circa il 90% degli eventi totali è caratterizzato da una velocità minore uguale a 0.4 m/s. Le correnti più intense, ricadenti nelle classi 0.5 - 0.6 m/s e 0.6 - 0.7 m/s, si dirigono rispettivamente verso le direzioni 30°N e 150°N. Il 60% circa delle correnti ha direzione di propagazione 120 – 180°N. Si riporta la rosa annuale della corrente in Figura 3.6. I valori estremi di velocità di corrente sono 0.46 m/s e 0.67 m/s rispettivamente per i periodi di ritorno di 1 e 100 anni.

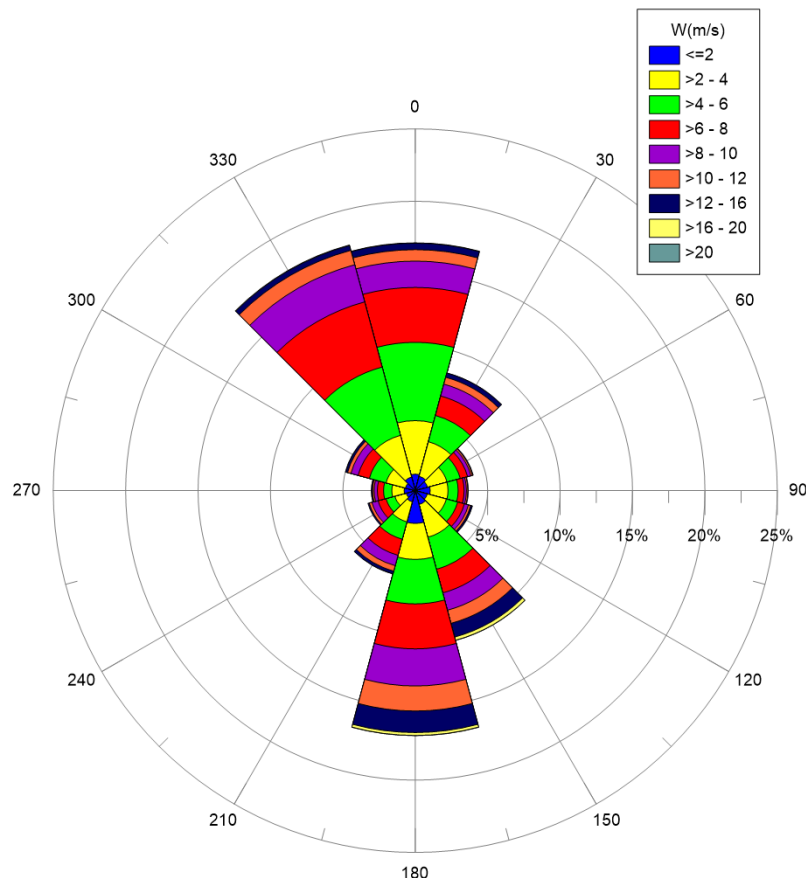


Figura 3.2: Rosa Annuale del Vento – NOAA

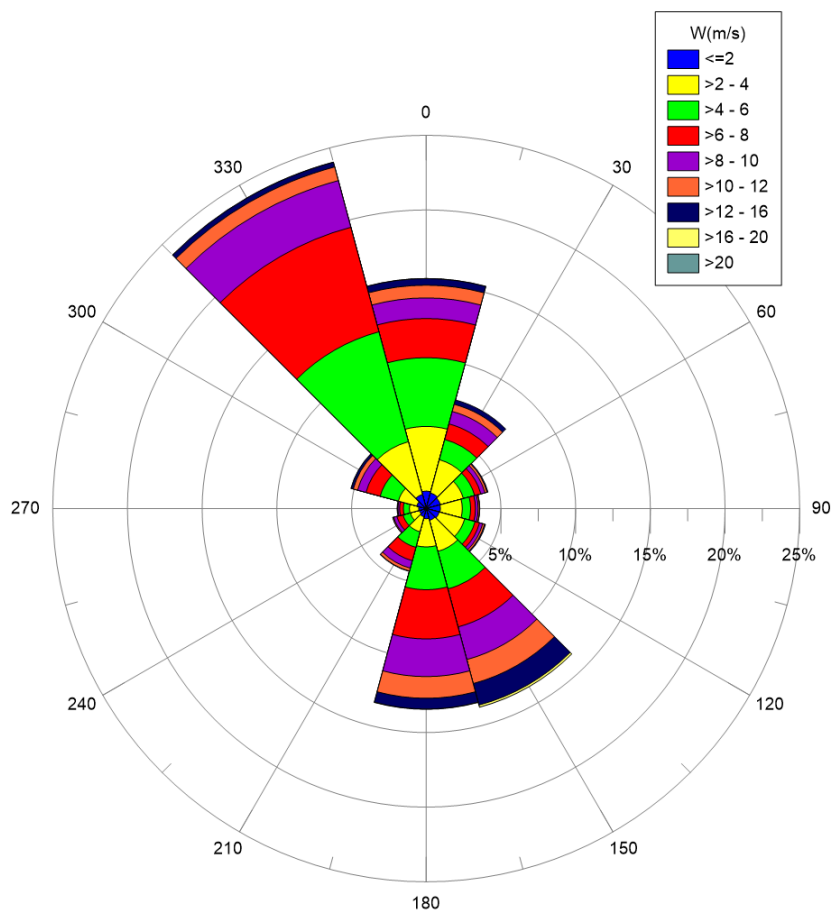


Figura 3.3: Rosa Annuale del Vento – ERA5

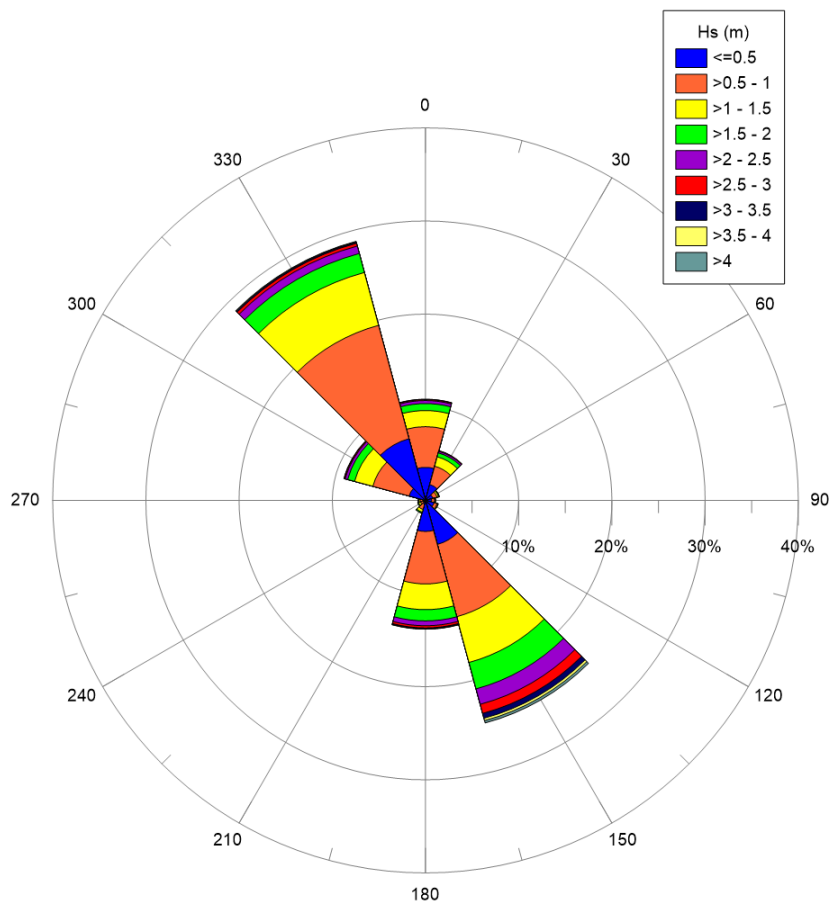


Figura 3.4: Rosa Annuale delle Onde – NOAA

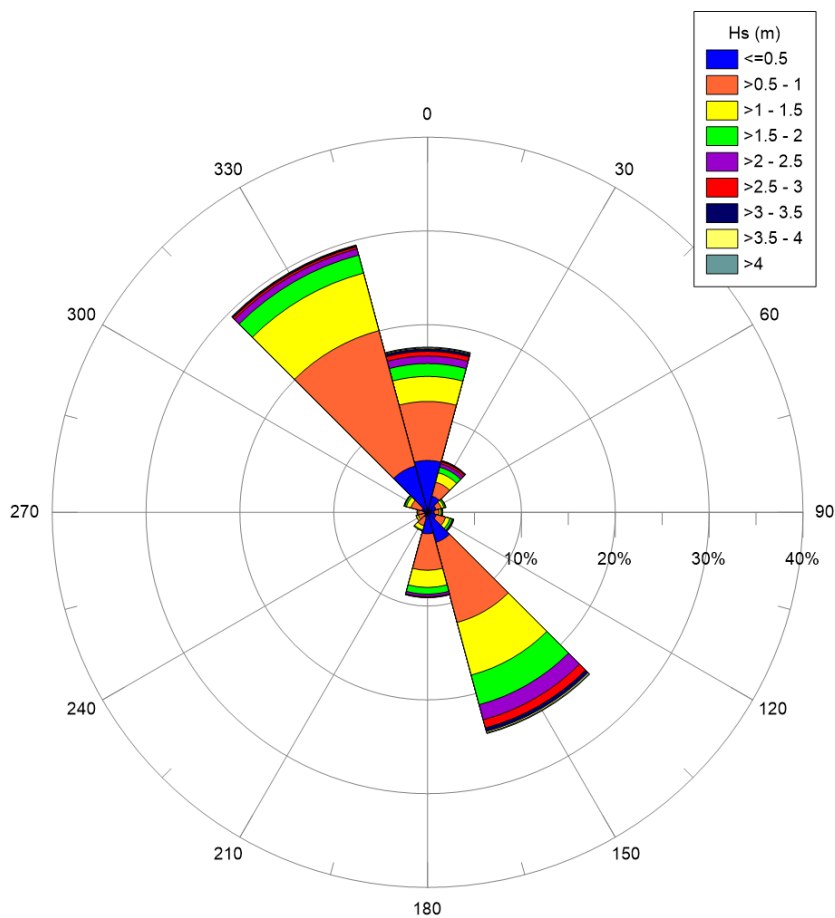


Figura 3.5: Rosa Annuale delle Onde – ERA5

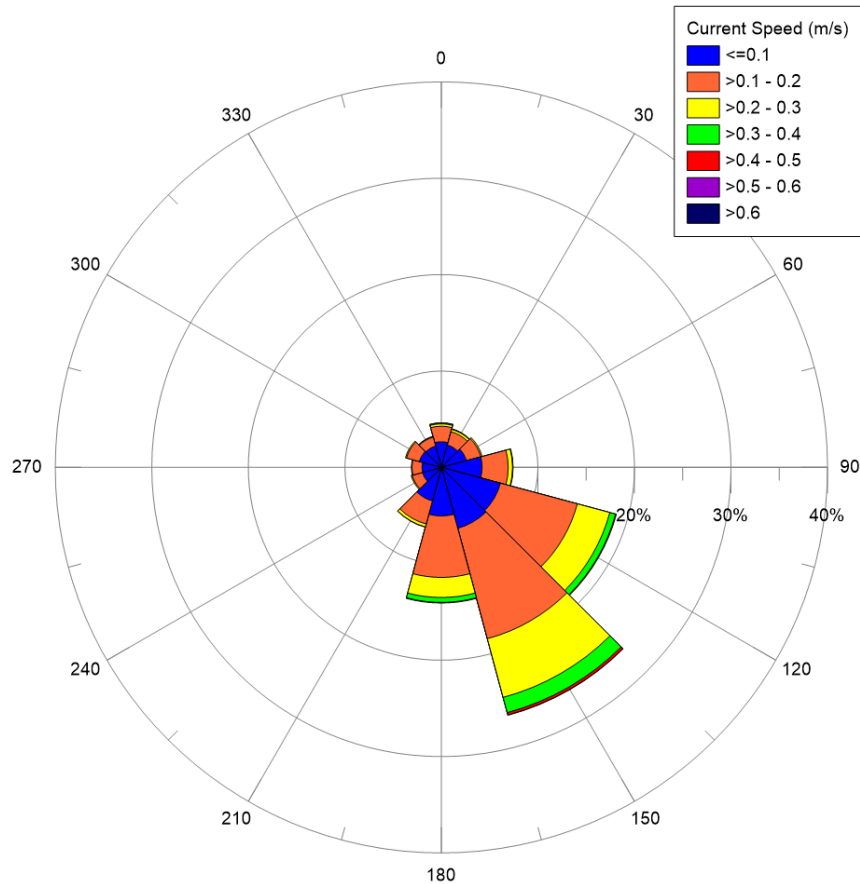


Figura 3.6: Rosa Annuale della Corrente

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 18.33 E, 40.66 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. [2][3].

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, caratteristica del punto scelto. Dalla figura si evince che la temperatura superficiale varia tra un minimo di 13.6°C e un massimo di 25.3°C. Alla profondità di 125 m si ha invece un range molto più ristretto pari a 13.9-14.5°C. Nel periodo tra maggio e novembre, 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 termoclino con massimo sviluppo nel mese di agosto dovuto al maggiore riscaldamento delle acque superficiali rispetto agli strati sottostanti.

In Figura 3.8 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 37.7 – 38.7 psu., mentre alla profondità di 125 m i valori variano da un minimo di circa 38.6 psu ad un massimo di circa 38.8 psu.

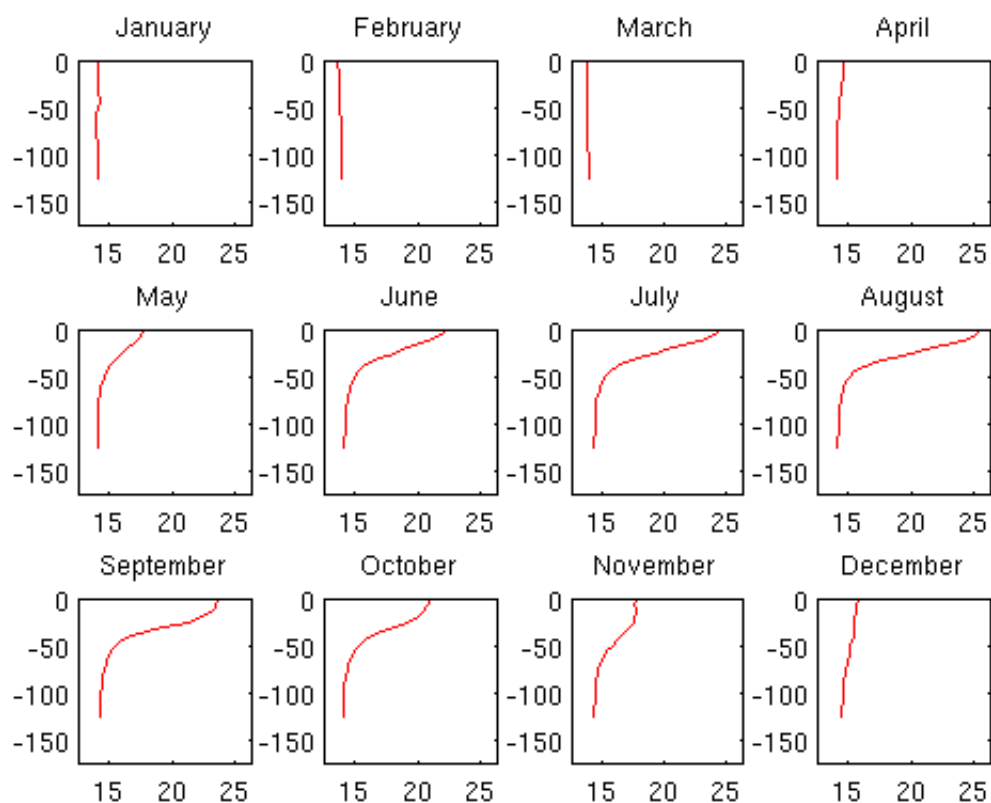


Figura 3.7: Profilo Mensile della Temperatura (°C) dell'Acqua

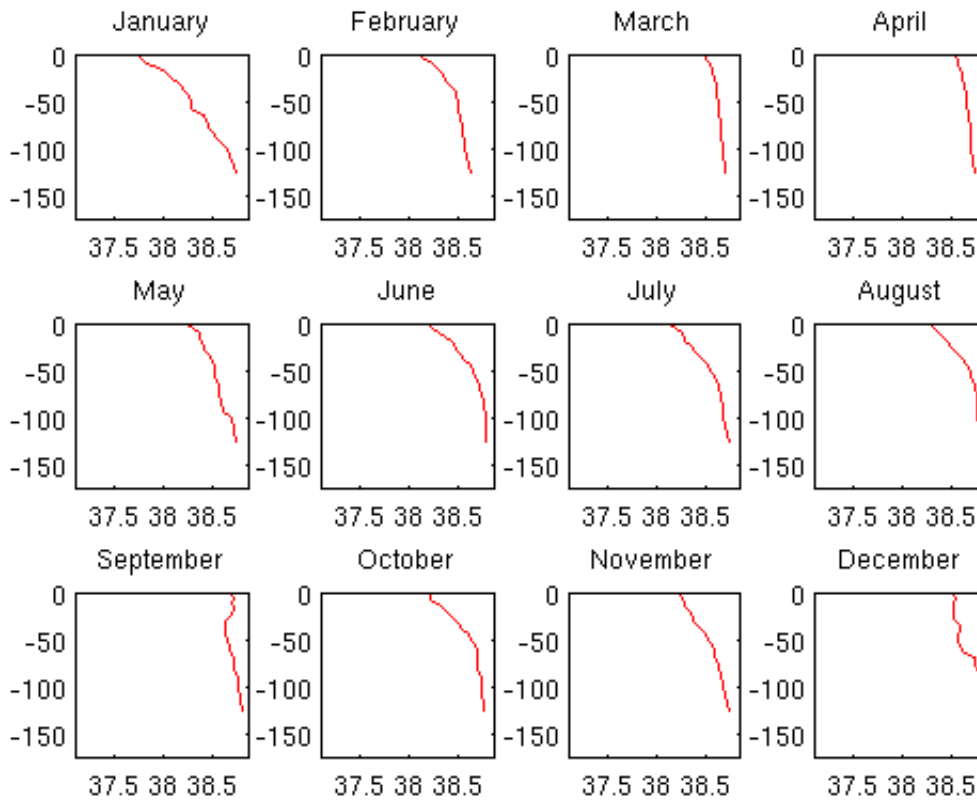


Figura 3.8: Profilo Mensile della Salinità (psu) dell'Acqua

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 [4]. 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 [5]:

- ✓ le Acque Modificate dell'Atlantico (MAW) Figura 3.9;
- ✓ 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.

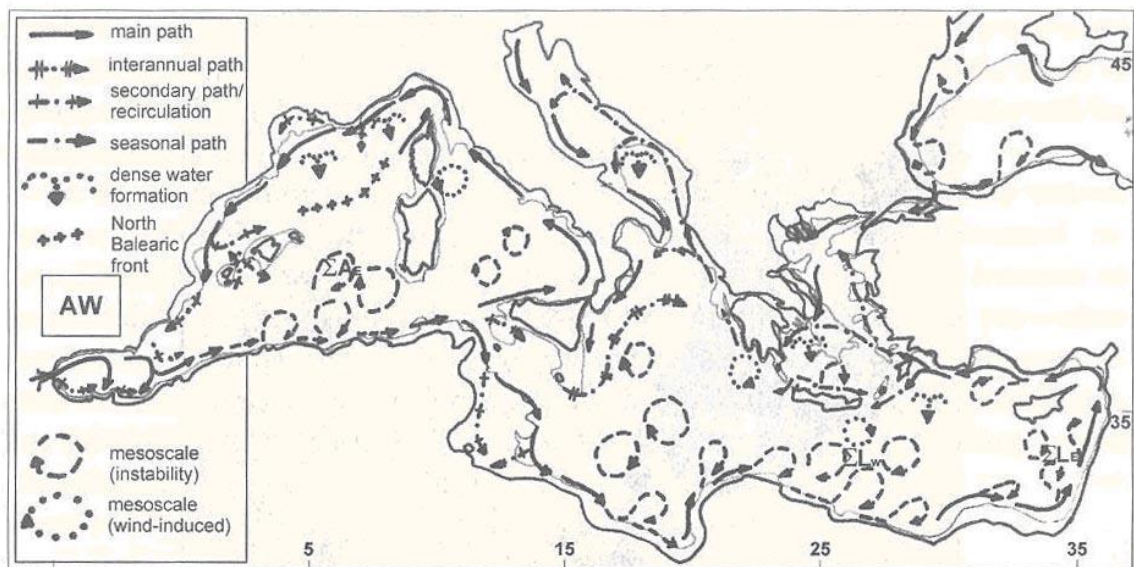


Figura 3.9: Schema di Circolazione delle Acque Modificate dell'Atlantico (MAW)

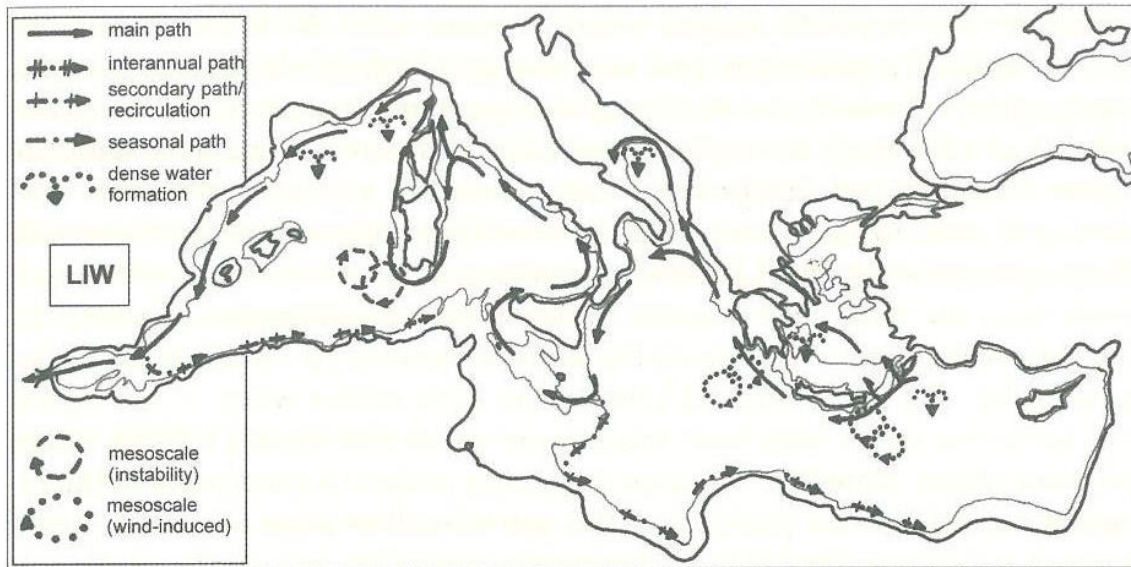


Figura 3.10: Schema di Circolazione delle Acque Levantine Intermedie (LIW)

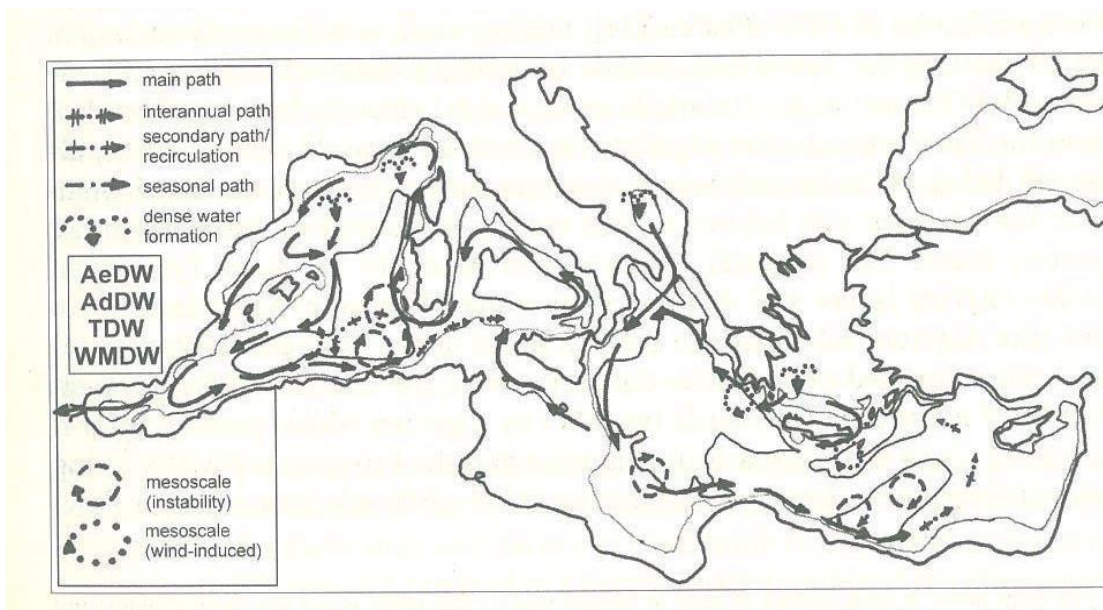


Figura 3.11: Schema di Circolazione delle Acque Profonde (MWD)

3.3.1 Circolazione dell'Adriatico

Il campo di corrente in Adriatico è principalmente dovuto alla combinazione della componente di marea, generata dall'oscillazione del livello marino dovuto alla marea astronomica, della componente di gradiente, dovuta allo spostamento di masse d'acqua di caratteristiche differenti, e dalla componente da vento, indotta dal passaggio di

perturbazioni atmosferiche, cui fanno seguito oscillazioni smorzate del bacino, (sesse) fino a che la condizione di equilibrio viene raggiunta. D'importanza notevole sono anche le correnti inerziali.

Inoltre, si assiste a una variabilità stagionale per cui, a un sistema omogeneo (barotropico) presente nei mesi invernali, si passa ad un sistema stratificato (baroclinico) in estate, con caratteristiche del tutto differenti.

Per quanto riguarda gli spostamenti dovuti alle diverse caratteristiche delle masse d'acqua, la circolazione dell'Adriatico è dominata da un nucleo di acqua salata e densa che tende a risalire nell'Adriatico dallo Ionio attraverso il Canale d'Otranto. Il richiamo di quest'acqua è causato dalla presenza di acqua poco salata e poco densa nell'Alto Adriatico. Il movimento a grande scala delle masse d'acqua in Adriatico presenta due periodicità tipiche, una stagionale, dipendente dalle differenti condizioni climatiche, e una a lungo termine, dominata dall'influsso di acqua ionica in Adriatico. Tale processo è forzato da variazioni climatiche a grande scala.

Il dislivello generato dalle diverse condizioni di densità determina la circolazione fondamentale di questo mare, con il concorso anche della forza di Coriolis causata dalla rotazione terrestre.

A causa dei maggiori apporti di acqua dolce che si hanno nel bacino settentrionale, è sempre presente un pendio della superficie libera del mare principalmente in senso NO-SE. Altri pendii esistono tra le zone costiere, in cui le acque generalmente sono meno dense, e il largo.

Il senso principale della corrente è dunque in uscita per le acque superficiali cui necessariamente consegue, per l'equilibrio, l'entrata delle acque intermedie. L'azione della forza di Coriolis fa sì che le acque uscenti fluiscano lungo le coste italiane e le acque entranti lungo le coste orientali. Flusso e deflusso non sono ovviamente costanti nel tempo: le forti variazioni di densità tra estate e inverno causano variazioni anche vistose del regime delle correnti. Inoltre, gli apporti superficiali di acqua dolce sono tali da determinare acque costiere più sollevate di quelle a largo, tanto che vengono favorite circuitazioni (Figura 3.12) tra la corrente ascendente orientale e corrente discendente occidentale, rami che girano da Est a Ovest in corrispondenza del Po, del Conero e del Gargano [6].

Per quanto riguarda la componente di marea, un esempio della circolazione da essa indotta è mostrato nelle Figura 3.13 in cui il grafico in alto si riferisce al flusso di marea allo "spring", periodo in cui la corrente indotta dalla marea assume i valori più elevati, mentre quello in basso al "neap". Nelle figure il campo di corrente è rappresentato da frecce la cui lunghezza e il cui colore sono proporzionali alla velocità e la cui orientazione indica la direzione di propagazione. Si noti come le correnti siano decisamente più consistenti nell'Alto Adriatico, a nord del nodo anfidromico esistente al largo di Ancona per le componenti semidiurne della marea, mentre assumono valori molto più ridotti nell'Adriatico centrale e meridionale.

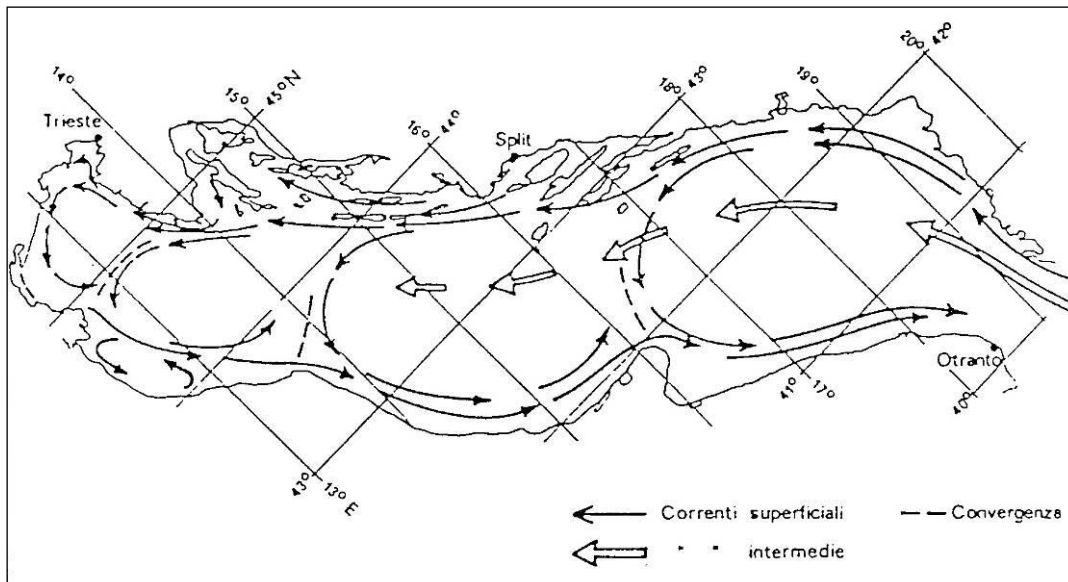


Figura 3.12: Schema di Circolazione Generale dell'Adriatico

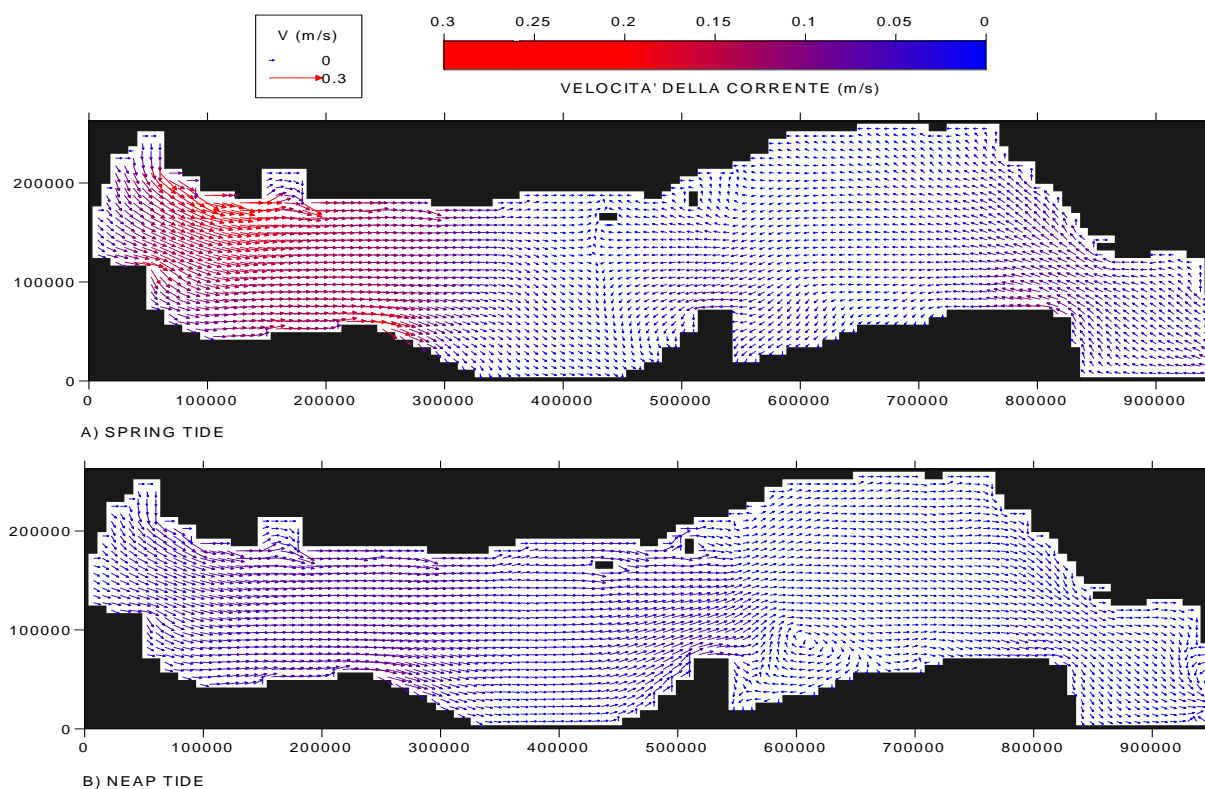


Figura 3.13: Andamento della Velocità della Corrente Indotto dalla Marea in Fase di Neap (A) e Spring (B)

4 ASPETTI IDROGEOLOGICI DELL'AREA ONSHORE

Per l'inquadramento idrogeologico dell'area offshore, si fa riferimento alla Relazione Geologica [7], a cui si rimanda per maggiori dettagli.

In linea generale le opere di progetto onshore sono ubicate nella provincia di Brindisi ed in termini geomorfologici ricadono nella così detta Piana di Brindisi, ovvero in una vasta depressione strutturale, affacciatesi sulla costa adriatica.

Tale depressione è stata formata a seguito del graduale abbassamento del basamento carbonatico mesozoico, che dagli affioramenti di Francavilla Fontana si spinge sino al litorale adriatico ed oltre, laddove, a seguito di distinte fasi eustatico-tettoniche, è stato sepolto dai sedimenti del ciclo della Fossa Bradanica e dai Depositi marini terrazzati.

L'assetto geologico-strutturale della Piana di Brindisi determina la geometria e le caratteristiche dei corpi idrici sotterranei, influenzando sia sulle modalità di circolazione e di efflusso a mare, sia sulle caratteristiche quantitative e qualitative delle acque sotterranee.

È possibile distinguere un acquifero profondo, avente sede nell'ammasso carbonatico fessurato, carsificato e sostenuto alla base dall'acqua marina di invasione continentale; segue quindi al tetto un acquifero superficiale, avente sede nella formazione sabbiosocalcarenitica del Pleistocene medio-superiore (Depositi marini terrazzati) e sostenuto alla base dalla Formazione delle Argille subappennine.

Va evidenziato che in alcune aree, come ad esempio in prossimità di Cerano (COTECCHIA, 1985), la formazione plio-pleistocenica (Calcareniti di Gravina) a diretto contatto con i calcari del cretaceo, concorre a formare l'acquifero della falda profonda. Detta circostanza si verifica allorché la formazione sabbioso-calcarenitica presenta una permeabilità per porosità, fratturazione e carsismo, non trascurabile. Falda superficiale e falda profonda, tranne alcune eccezioni, risultano tra loro idraulicamente separate dal banco di Argille subappennine, considerabile ai fini idrogeologici praticamente impermeabile. L'acquifero superficiale presenta in genere modeste potenzialità idriche, sicché le portate da esso emungibili con i pozzi sono modeste. L'unica risorsa idrica disponibile di rilievo della Piana di Brindisi è quindi presente nell'acquifero profondo, le cui caratteristiche idrogeologiche sono state indagate già a partire dagli anni '50 del secolo scorso (COTECCHIA et alii, 1957; zORZl & REINA, 1957; zORZl, 1961).

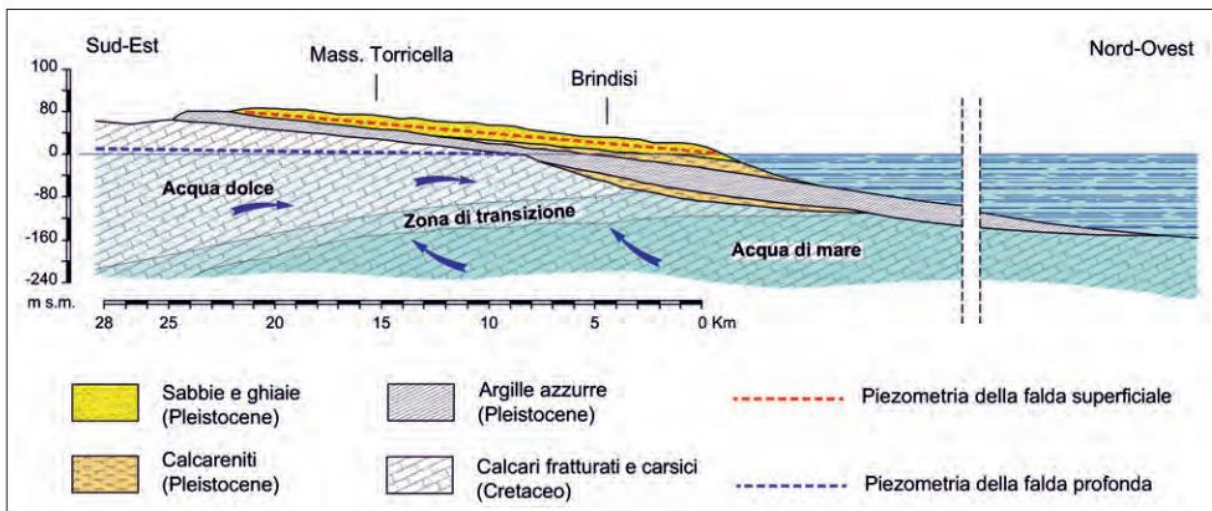


Fig. 16.7 - Sezione idrogeologica schematica della Piana di Brindisi perpendicolare al litorale adriatico.
- Hydrogeological section of the Brindisi Plain, perpendicular to the Adriatic Sea shoreline.

Figura 4.1: Sezione Idrogeologica Schematica della Piana di Brindisi Perpendicolare al Litorale Adriatico [8]

Gli efflussi costieri della Piana di Brindisi sono influenzati dalla permeabilità, dall'estensione e dalla potenza dei litotipi presenti al livello del mare e dei terreni affioranti. Mentre risultano diffusi lungo l'arco costiero brindisino gli efflussi, allorché modesti, dovuti all'acquifero superficiale, l'assetto geostrutturale dell'area complica gli efflussi dovuti invece all'acquifero profondo. Per quest'ultimo può verificarsi la totale assenza di deflussi o l'efflusso a mare ad una certa distanza dalla costa.

La rete idrografica comprende, con direzione prevalente SO-NE il Canale Reale, il Foggia Rau e il Canale Cillarese, sfocianti nell'Adriatico.

Le incisioni maggiori sono separate fra loro da spartiacque poco marcati, mentre le numerose canalizzazioni minori formano piccole aree depresse, che favoriscono frequenti alluvionamenti.

Tra i principali efflussi costieri dell'acquifero profondo noti troviamo, a Nord, ossia al limite con l'Area Idrogeologica della Murgia, la Sorgente Lapani.

Tra gli efflussi noti attribuiti alla falda superficiale si cita la sorgente Siedi, che ha sede lungo la fascia costiera compresa tra Brindisi e Lecce. La Sorgente Siedi presenta una portata molto variabile (50-470 l/s) e ciò in ragione del piccolo bacino della stessa e delle acque raccolte dal canale Siedi.

In termini di precipitazioni, nell'area di Brindisi si ha una piovosità media annuale di 628 mm e una differenza di piovosità tra il mese più secco e il mese più piovoso pari a 77 mm. I mesi più secchi sono luglio e agosto con una media di 15 mm di pioggia ciascuno, mentre il mese di novembre è il mese con maggiori precipitazioni (media di 92 mm). Le temperature medie variano di 17.7 °C durante l'anno. Nella tabella seguente vengono mostrati i dati climatici disponibili per il territorio di Brindisi (dati da: <https://it.climate-data.org/>).

Tabella 4.1: Dati Climatici – Brindisi

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Medie Temperatura (°C)	9.2	9.6	12	15	19.3	24.2	26.8	26.8	22.4	18.3	14.3	10.6
Temperatura minima (°C)	6.2	6.3	8.2	10.8	14.6	19.2	21.8	22	18.7	15	11.3	7.8
Temperatura massima (°C)	12.4	13	15.9	19.4	24	29	31.8	31.9	26.8	22.1	17.6	13.6
Precipitazioni (mm)	68	60	62	53	38	20	15	15	57	76	92	74
Umidità(%)	76%	73%	72%	66%	64%	57%	54%	57%	67%	76%	77%	77%
Giorni di pioggia (g.)	7	7	6	6	4	3	2	2	5	6	7	8

La seguente mappa estratta dal Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) [9] adottato (Figura 4.2) mostra la distribuzione areale delle precipitazioni medie annuali in ambito provinciale. L'area di progetto ricade nella fascia di piovosità 600-650 mm che caratterizza la maggior parte del territorio comunale mentre un settore a N-NE del comune è caratterizzato da precipitazioni medie annuali inferiori (550-600 mm).

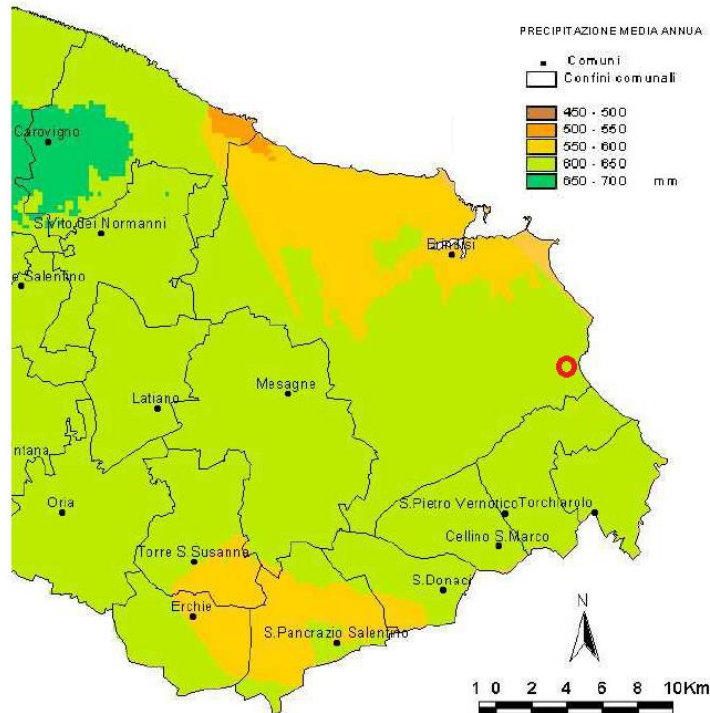


Figura 4.2: Stralcio Mappa delle Precipitazioni Medie Annue della Provincia di Brindisi [9]

In termini di permeabilità, come in indicato nella seguente mappa (Figura 4.3) estratta dal PTCP adottato [9], il deposito terrazzato marino pleistocenico (Formazione di Gallipoli) sui cui è localizzato il sito di Progetto, e che forma il substrato della piana dei Brindisi con spessori variabili fino a circa 20 m, rappresenta un substrato scarsamente permeabile. Le rocce calcareo-dolomitiche formanti il basamento dell'area presentano invece un grado di permeabilità secondaria elevato (sebbene variabile in funzione dello stato di fratturazione e carsismo), le calcareniti presentano una permeabilità medio-alta, mentre le argille grigio azzurre sono terreni praticamente impermeabili, caratterizzati da valori del coefficiente di permeabilità inferiori a 10^{-11} m/s.

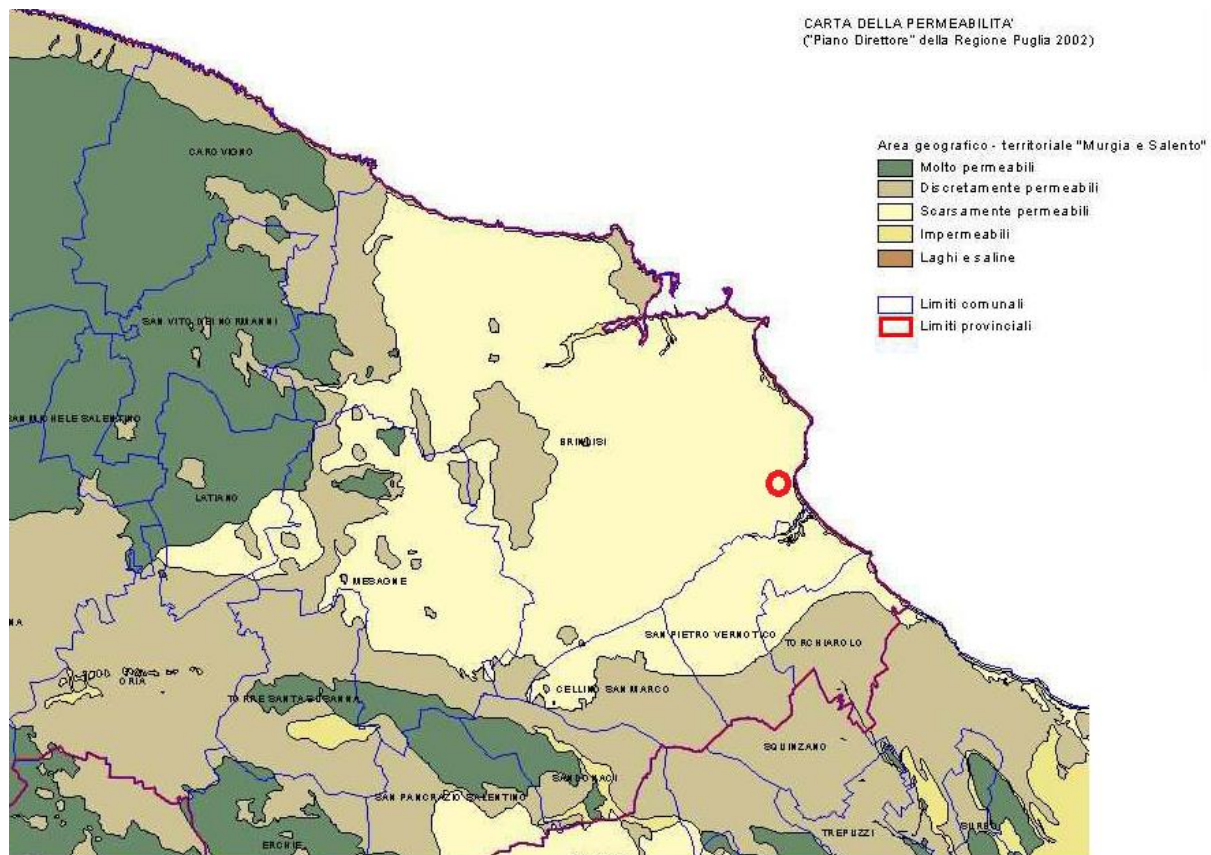


Figura 4.3: Stralcio Carta della Permeabilità della Provincia di Brindisi [9] - Sito: ○

Dal punto di vista idrogeologico l'area in esame è caratterizzata dalla presenza di due sistemi acquiferi:

- ✓ L'"*acquifero superiore*", ubicato in corrispondenza dei depositi calcarenitico-sabbiosi, costituisce l'unità idrogeologica della falda superficiale brindisina caratteristica dell'area in esame. La falda superficiale, delimitata inferiormente dalle argille grigio-azzurre pleistoceniche, presenta spessori generalmente variabili tra i 15 e i 20 m ed è caratterizzata da valori di soggiacenza piuttosto modesti (ove presente si rinviene di norma a pochi metri dal piano campagna). Pur essendo la sua portata piuttosto limitata, ad essa attingono numerosi pozzi per uso agricolo e domestico;
- ✓ L'"*acquifero di base*", costituisce l'unità idrogeologica ubicata in corrispondenza dei calcari cretacei: altamente permeabile, in quanto intensamente fratturato ed interessato da fenomeni carsici, è sede di una estesa falda che risulta essere sostenuta dall'acqua marina di invasione continentale.

L'acquifero profondo si sviluppa principalmente nel basamento calcareo mesozoico, permeabile per fessurazione e carsismo, e subordinatamente (lì dove presenti e poco compatti) nei depositi appartenenti alla sovrastante Formazione delle Calcareniti di Gravina. Si tratta dunque di un acquifero localmente passante a due strati a differente permeabilità, con i depositi calcarenitici generalmente a permeabilità ridotta rispetto ai calcari di base. Nell'area di progetto il coefficiente di permeabilità stimato per l'acquifero profondo ("di base") è compreso tra 10^{-3} e 10^{-2} cm/s (Figura 4.4).

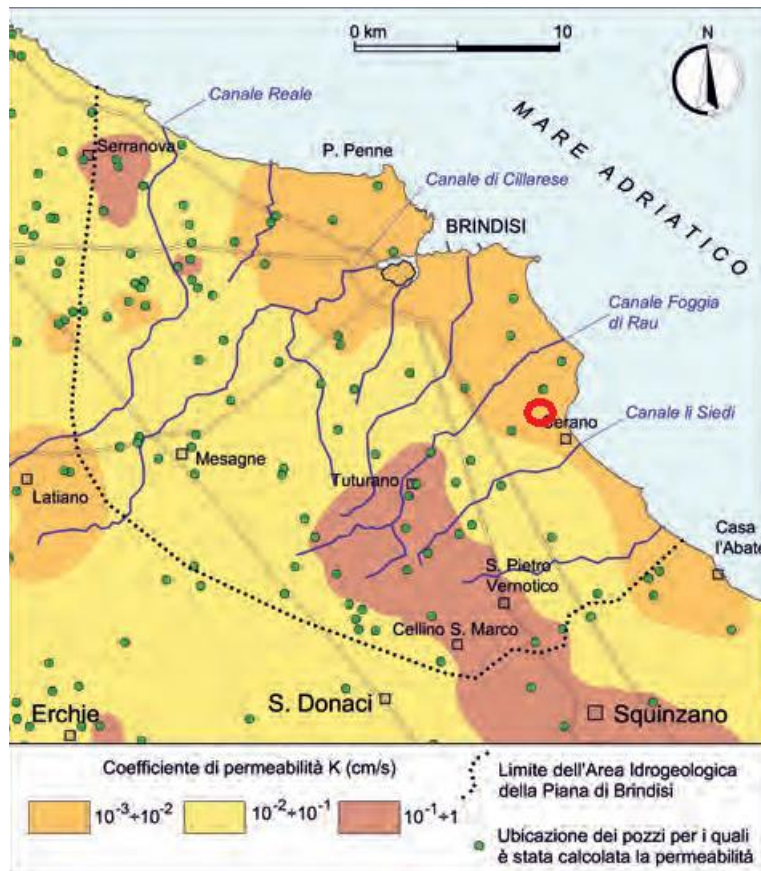


Figura 4.4: Distribuzione del Coefficiente di Permeabilità dell'Acquifero Carbonatico Profondo [8] - Sito:

Dalla mappa piezometrica in Figura 4.5, il livello piezometrico medio della falda profonda nell'area di progetto risulta pari a circa 2 m sul livello del mare, corrispondente ad una profondità di circa 15 m dal p.c.

La falda di base, come risulta anche dalla stratigrafia del Pozzo W2 (Figura 4.6) localizzato in località Cerano, in prossimità del sito (localizzazione del pozzo in Figura 4.5), è limitata a tetto dalle argille pleistoceniche e ospitata nel calcareo cretaceo (e anche nelle sovrastanti calcareniti a minore permeabilità); il tetto dell'acquifero risulta a circa 12 m sotto il livello medio marino.

Poiché, come anticipato nell'inquadramento geologico, presso costa il tetto del substrato carbonatico mesozoico raggiunge quote abbondantemente inferiori a quella medio-marina, l'acquifero risulta invaso, già a partire dalla sommità, da acqua salmastra appartenente alla "zona di transizione" acqua dolce-acqua di mare. Il profilo di salinità riportato per il già citato Pozzo W2 (Figura 4.6) indica per la falda profonda un livello di salinità pari a 4 g/l. La Figura 4.5 riporta anche una distribuzione dei valori di salinità dell'acquifero profondo verso l'interno, le zone costiere in cui l'acquifero è totalmente permeato con acqua di mare, e anche la fascia costiera in cui il tetto della formazione carbonatica cretacea si trova sotto il livello del mare (zona in cui ricade il sito di progetto).

Nella Piana di Brindisi l'alimentazione diretta della falda profonda da parte delle acque meteoriche è da ritenersi nulla, se si fa eccezione per una piccola aliquota di acque meteoriche che si infiltrano negli affioramenti calcarei ad Est del Canale Reale (Figura 4.4); ciò a causa dell'estesa presenza della Formazione delle Argille subappennine al top dell'acquifero. Le precipitazioni medie annue che insistono nell'area di progetto (550-600 mm) rappresentano dunque, al netto dell'evapotraspirazione e del ruscellamento superficiale, l'alimentazione del solo acquifero superficiale.

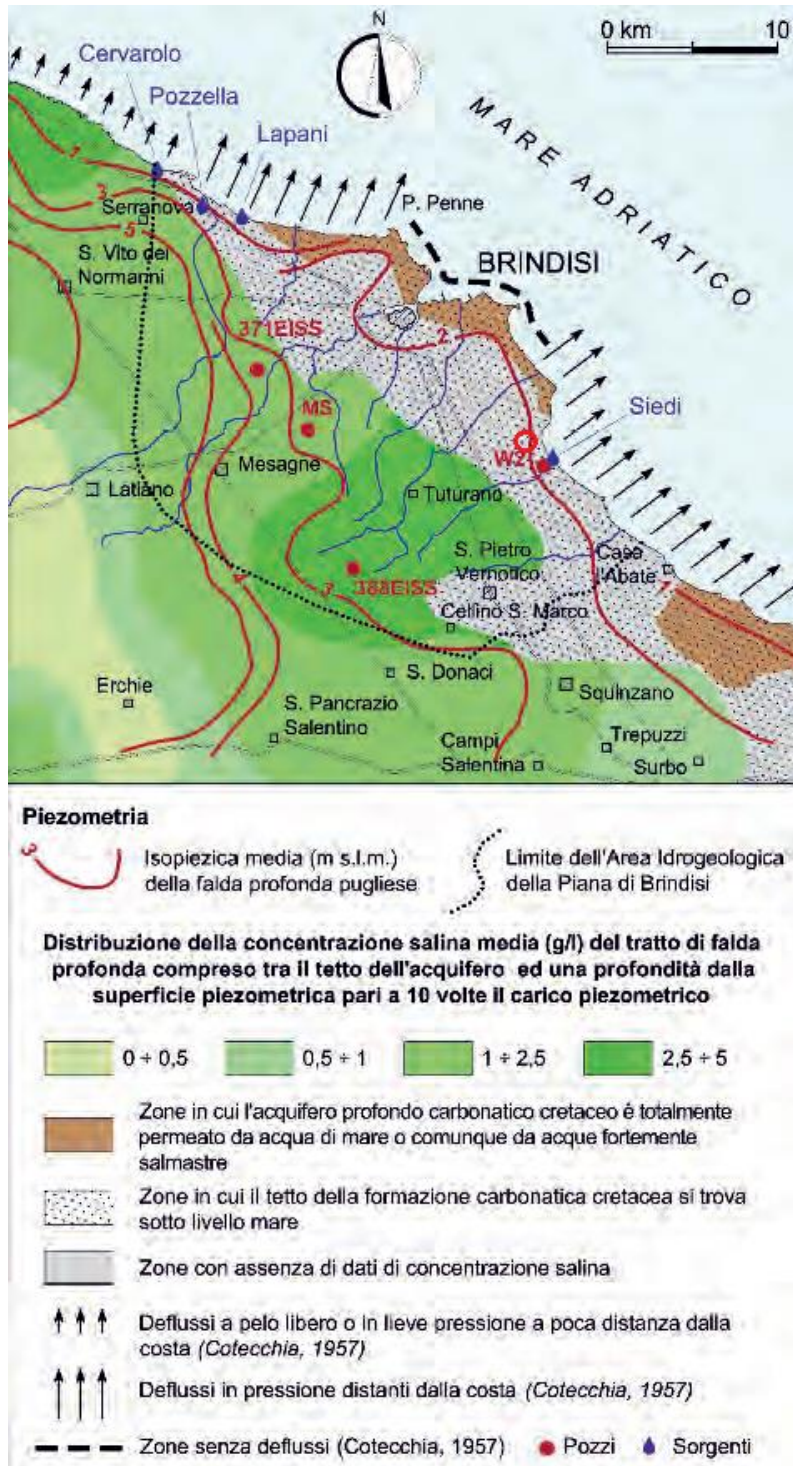


Figura 4.5: Piezometria dell'Acquifero Profondo [8] - Sito: ○

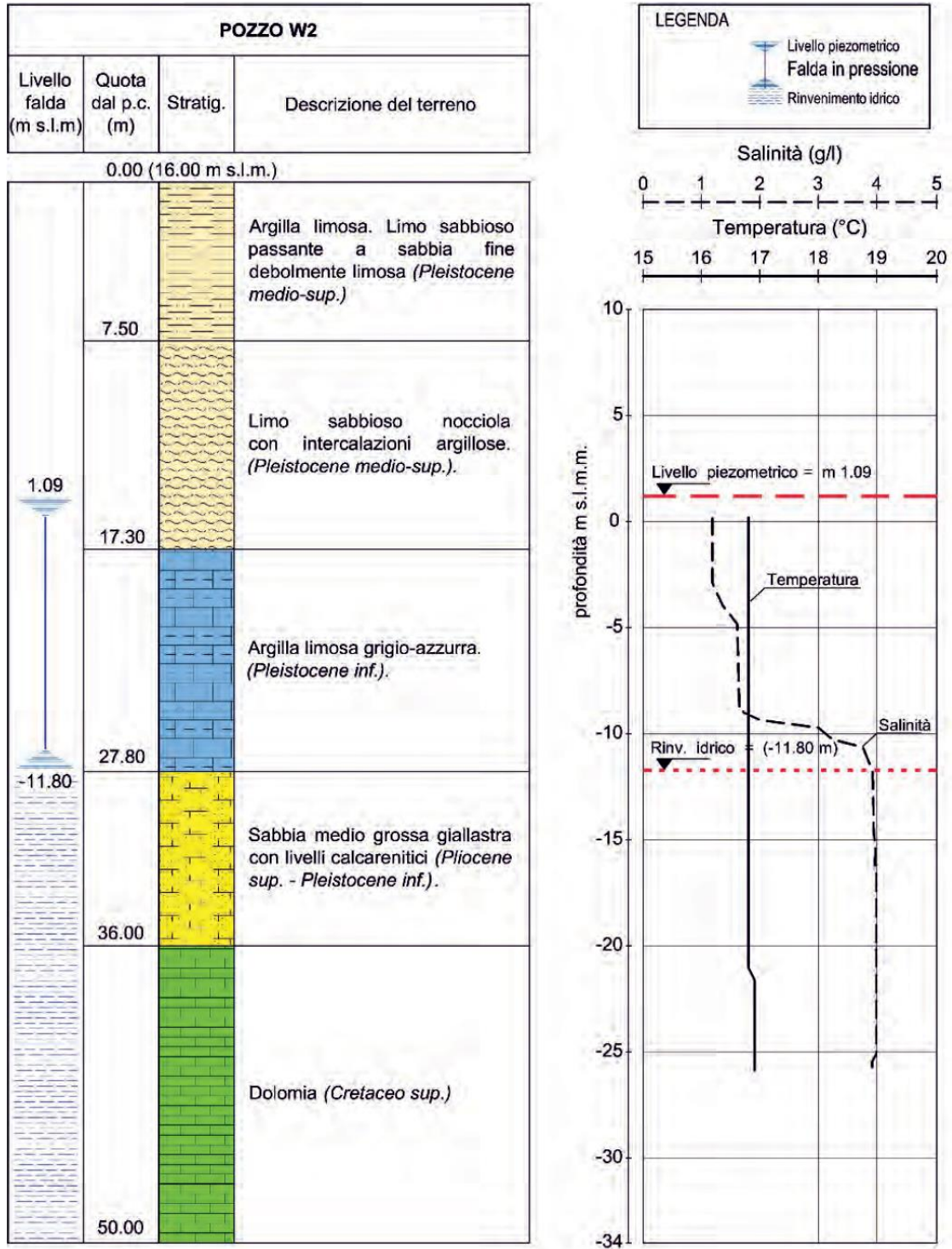


Figura 4.6: Stratigrafia e Carotaggio Termo-salinometrico Pozzo W2 localizzato in Località Cerano, in Prossimità del Sito [8]

5 PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

Il Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Puglia (PAI) è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità geomorfologica necessario a ridurre gli attuali livelli di pericolosità e a consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso.

Il PAI costituisce Piano Stralcio del Piano di Bacino, ai sensi dall'articolo 17 comma 6 ter della Legge 18 maggio 1989, n. 183, ha valore di piano territoriale di settore ed 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 e alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia.

Gli impianti eolici che costituiscono il progetto del parco eolico si collocano offshore a circa 9 km dalla costa, mentre la stazione di trasformazione elettrica MT/AAT onshore si trova, come mostrato nella Figura 5.1, in una zona non soggetta a rischio idrogeologico. In blu sono identificate le aree interessate da rischio di alluvione.

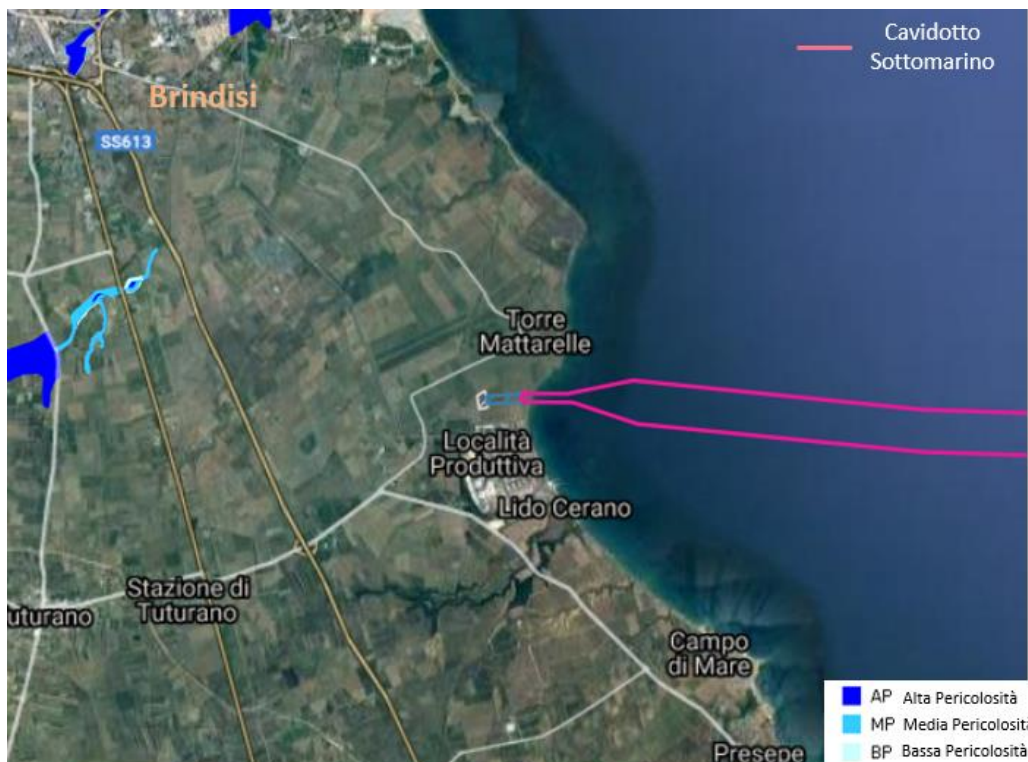


Figura 5.1: Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) Pericolo Alluvioni. Fonte: MITE

Secondo il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) non sussistono nell'area di interesse del progetto rischi di alluvioni. L'area con rischio alto di alluvioni più vicina è situata a più di 5 Km di distanza a nord ovest dal punto di ubicazione della Stazione elettrica.

La Figura 5.2 mostra la pericolosità geomorfologica con rischio frane indicata dal PAI.



Figura 5.2: Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) Pericolo Geomorfologico. Fonte: EMODnet

Come si può evincere dall'immagine proposta, il punto di approdo del cavidotto sottomarino è ubicato in prossimità della costa ove persiste un'area soggetta a pericolo geomorfologico PG2 e PG3 lungo tutta la litoranea fino a Brindisi. Tuttavia, tramite il sistema HDD (Horizontal Directional Drilling) che partirà ipoteticamente a qualche centinaio di metri dalla linea di scosta permetterà di bypassare la zona di pericolo geomorfologico. Studi geologici ed ingegneristici di dettaglio dovranno essere condotti per definire le caratteristiche del sottosuolo e gestire in modo adeguato il pericolo geomorfologico.

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 Brindisi.

Al fine di caratterizzare l'oceanografia è stato riportato un inquadramento generale dell'esposizione del sito al vento, alle onde e alla corrente. 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 e del sottobacino dell'Adriatico basate sulla letteratura disponibile.

Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici, sono state riportate informazioni riguardo la geologia, 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) per il bacino della Puglia, infine, è emerso che il sito di Brindisi non è soggetto a rischio di alluvioni, ma studi geologici ed ingegneristici di dettaglio dovranno essere condotti per definire le caratteristiche del sottosuolo e gestire in modo adeguato il pericolo geomorfologico.

CEV02/PTR/EDI/OZ:tds

BIBLIOGRAFIA

- [1] RINA Consulting, 2021, Relazione Meteomarina, Doc. No. P0025305-1-BRD H13 – Rev.00
- [2] 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
- [3] 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.
- [4] Alain Saliot Editor, 2007, "The Mediterranean Sea", Springer
- [5] Millot C., 1999, "Circulation in the Western Mediterranean Sea", J. Mar. Res., 20, 423-442
- [6] Mosetti F., 1984 – "Caratteristiche fondamentali dell'idrologia dell'Adriatico" – Boll. Ocean. Teor e Applic., Vol. II, 2, pp. 169-194
- [7] RINA Consulting, 2021, Relazione Geologica, Doc. No. P0025305-1-BRD H10 – Rev.00
- [8] 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"
- [9] Provincia di Brindisi, 2013, PTCP adottato ai sensi e per gli effetti della L.R. 20/01 art. 7 comma 6. Deliberazione Commissario Straordinario con poteri del Consiglio n. 2 del 06/02/2013.
<http://sit.provincia.brindisi.it/ptcp/elaborati-del-ptcp/ptcp-adottato>



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 | www.rina.org
C.F./P. IVA/R.I. Genova N. 03476550102 | Cap. Soc. € 20.000.000,00 i.v.