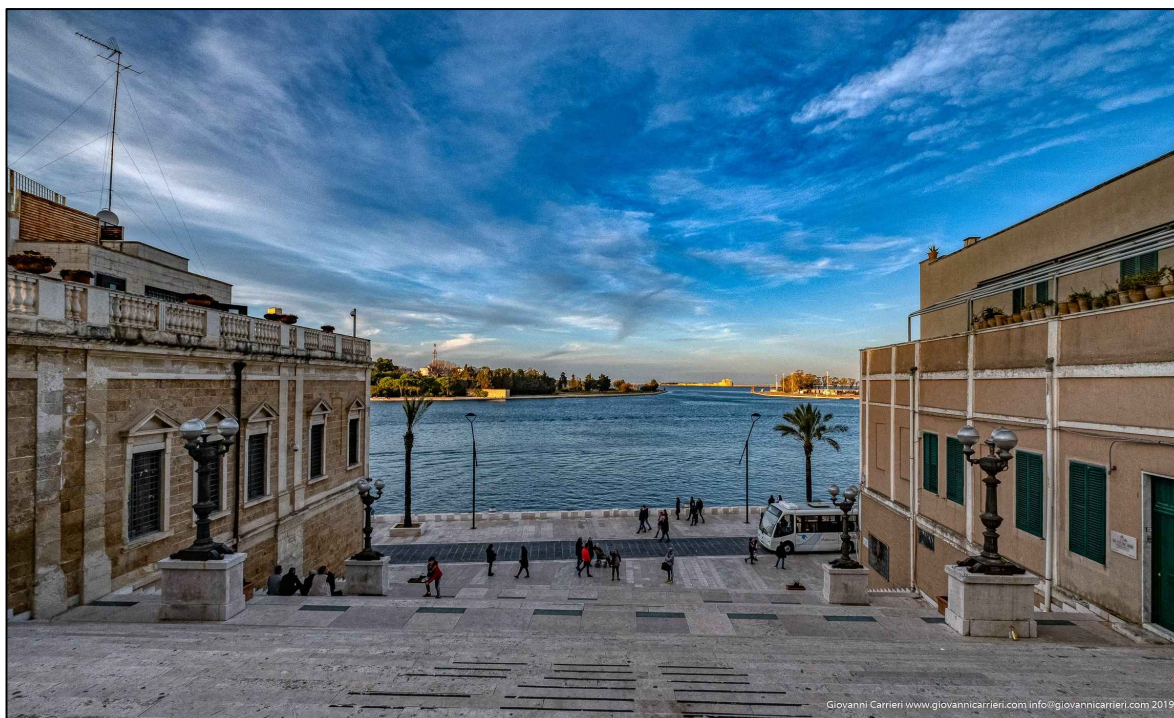


Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Meridionale



CONVENZIONE SOGESID SPA - ADSP del Mare Adriatico Meridionale Supporto tecnico-specialistico finalizzato alla redazione ed approvazione del Piano Regolatore Portuale del Porto di Brindisi

Titolo elaborato:

**RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA
GEOMORFOLOGICA, GEOLOGICO-TECNICA E
CLASSIFICAZIONE SISMICA**

Cod. Elaborato:

21 21 PR 006 1 GEO

Redatto da:



**Il Direttore Tecnico e Responsabile della convenzione
Ing. Enrico BRUGIOTTI**

**Il Project Manager
Ing. Francesco Maria Lopez Y Royo**

GRUPPO DI LAVORO SOGESID

Ing. Marco Deri
Ing. Fabio Tamburrino
Ing. Giovanni Borzi
Ing. Francesco Voltasio
Ing. Graziano Talò
Ing. Fabio De Giorgio

RELAZIONI SPECIALISTICHE

Pianificazione e aspetti trasportistici e marittimi



Arch. Pierfrancesco Capolei

Valutazione Ambientale Strategica

Ing. Angelo Micolucci

Committente:

Autorità di Sistema Portuale del
Mare Adriatico Meridionale

Il Direttore del Dipartimento Tecnico dell'AdSP

Ing. Francesco Di Leverano

Data:

Marzo 2023

GRUPPO DI LAVORO AdSP del Mare Adriatico Meridionale

Ing. Francesco Di Leverano
Ing. Cristian Casilli
Ing. Marinella Conte
Geom. Davide Boasso

Rev.	Data	Descrizione	Verificato	Approvato
0	07/2022	Emissione per adozione		
1	03/2023	Recepimento osservazioni CSLLPP		

INDICE

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO e MORFOLOGIA PORTUALE	4
3. GLI ASPETTI VINCOLISTICI E PIANI DI SETTORE	6
4. SINTESI DEL NUOVO PIANO REGOLATORE PORTUALE (PRP)	8
5. I SEDIMENTI DEI FONDALI PORTUALI E DRAGAGGI PREVISTI	13
6. CONSIDERAZIONI GEOMORFOLOGICHE GENERALI	15
7. ELEMENTI GEOLOGICI GENERALI DELLA PIANA DI BRINDISI	17
8. I CARATTERI IDROGEOLOGICI DELLA PIANA DI BRINDISI	22
9. CONSIDERAZIONI SUL PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)	26
10. RACCOLTA DATI GEOGNOSTICI ESISTENTI	29
9 a) Lavori di banchinamento in zona Capo Bianco e di dragaggio per l'approfondimento alle quote (-12) e (-9) dei fondali antistanti. Parte lato Est	28
9 b) Potenziamento degli ormeggi navi Ro-Ro a Costa Morena Ovest. Realizzazione di un pontile amovibile (2012).	34
9 c) Rilievo sismico monocanale dell'area marina compresa tra il Pontile Petrolchimico e Costa Morena Est (2015).	37
9 d) Lavori di completamento delle infrastrutture di security nel Porto di Brindisi (Febr. 2019)	39
9 e) Lavori per il completamento dell'infrastrutturazione portuale mediante banchinamento e realizzazione della retrostante colmata tra il Pontile Petrolchimico e Costa Morena Est (Luglio 2019)	41
9 f) Opere di completamento accosti portuali navi traghetto e Ro-Ro Sant'Apollinare – Porto di Brindisi	44
9 g) Lavori di completamento dell'infrastrutturazione portuale mediante banchinamento e realizzazione della retrostante colmata tra il Pontile Petrolchimico e Costa Morena Est. - Lotto I Ott. 2022	45
11. CARATTERI GEOLOGICO-TECNICI DEI SUBSTRATI PORTUALI	46
12. CONSIDERAZIONI IDROGEOLOGICHE LOCALI	50
13. ZONE INTERESSATE DALLA PERICOLOSITA' IDRAULICA	54
14. CLASSIFICAZIONE SISMICA	61

15. DEFINIZIONE DELLA TIPOLOGIA DI INDAGINI DA SVOLGERE IN SEDE DI REDAZIONE DEI VARI LIVELLI DI PROGETTAZIONE PREVISTI PER LE NUOVE OPERE DI PRP	68
16. CONCLUSIONI	70

1. PREMESSA

La presente relazione geologica è di supporto alla redazione del nuovo Piano Regolatore Portuale (PRP) di Brindisi redatto ai sensi dell'art. 5 comma 1-ter della Legge 28 gennaio 1994, n. 84 e s.m.i. recentemente modificato dalla Legge 156 del 9/11/2021 entrata in vigore il 10/11/21.

Lo studio condotto costituisce un elemento conoscitivo per realizzare una nuova conformazione dell'area portuale di Brindisi per una durata di 25/30 anni ovvero fino al 2040, per l'assetto funzionale e la disciplina delle trasformazioni delle opere a mare e a terra (Normativa Tecnica di Attuazione), articolando l'areale portuale in Ambiti e Sub-Ambiti omogenei ai fini dello sviluppo dei traffici e delle attività che si svolgono al suo interno.

Il nuovo Piano Regolatore Portuale di Brindisi, così definito e redatto, rispetto a quello vigente (vd. fig. 1) s'indirizza verso una strategia d'azione che persegue tre principali elementi, ossia il contesto ambientale, la logistica e la regolamentazione.

Gli obiettivi dello studio geologico sono finalizzati a descrivere:

- la struttura del sottosuolo ovvero gli aspetti geologico-strutturali e litologici;
- lo stato di fatto sotto il profilo geomorfologico;
- il contesto idrogeologico anche in considerazione dei piani di settore (PAI, SIN e vincolistica);
- i caratteri geologico-tecnici dei terreni dei litosomi interessati dalle opere da realizzare;
- gli aspetti sismici.

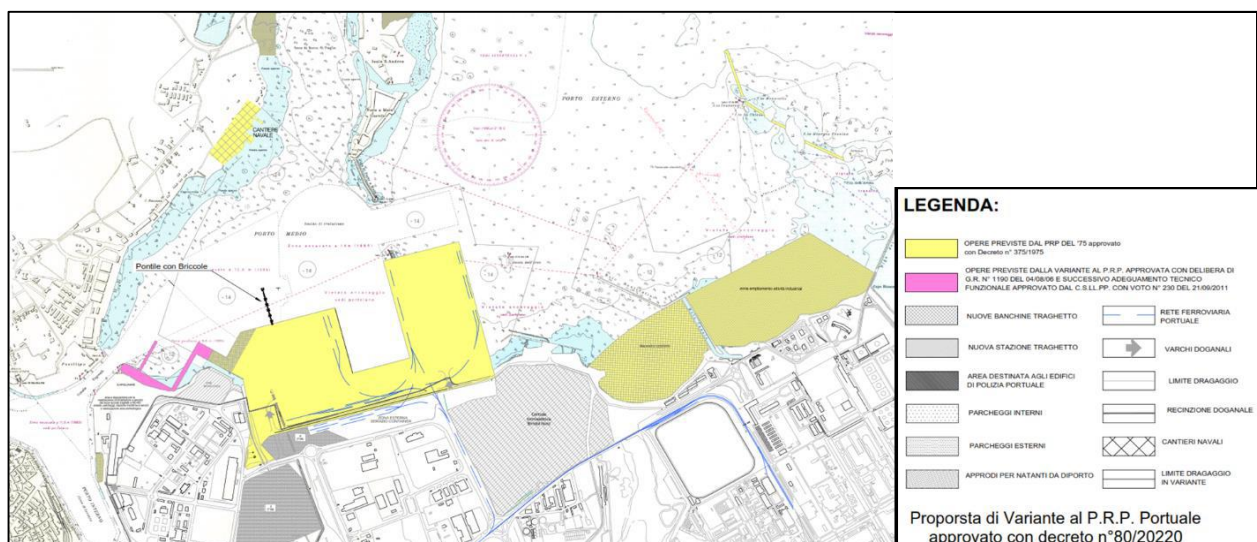


Fig. 1 - Adeguamento Tecnico Funzionale 2020 al Piano Regolatore Portuale

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO e MORFOLOGIA PORTUALE

Il porto di Brindisi ha una naturale conformazione e posizione nel basso adriatico, tale da essere considerata un'infrastruttura marittima strategica che si colloca, anche per il ruolo storico consolidato, come porto di riferimento per le relazioni commerciali e di comunicazione con la Grecia, l'area costiera balcanica, la Turchia e in generale con tutto il bacino orientale del Mediterraneo. Di fatto la posizione geografica facilita l'inserimento in una rete di corsie marittime transnazionali, costituendo un crocevia per uno scambio di rapporti Nord-Sud (Europa) con quelle Est-Ovest (Area balcanica e Medio Oriente). La struttura e la conformazione morfologica ricalcano il suo originario aspetto naturale (vd. fig. 2) che oggi è disposto in tre fondamentali bacini:

- ✓ •il *Porto Interno* sono due lunghi bracci che circondano i quadranti nord ed est della città definiti "*Seno di Ponente*" e "*Seno di Levante*" vocati a ospitare strutture con prevalente attività militare, diportistica e crocieristica; ambedue larghi circa 200 metri;
- ✓ •il *Porto Medio*, formato da uno specchio d'acqua che precede il canale di accesso al Porto Interno (*Canale Pigionati*) e dal seno Bocche di Puglia che ne forma il bacino settentrionale dove trova posto una prevalente attività commerciale;
- ✓ •il *Porto Esterno* è destinato ad assolvere le esigenze delle attività industriali ed è delimitato a sud dalla terraferma, a est dalle isole Pedagne, a ovest dall'isola S. Andrea, dal molo di Costa Morena e a nord, dalla diga di Punta Riso.

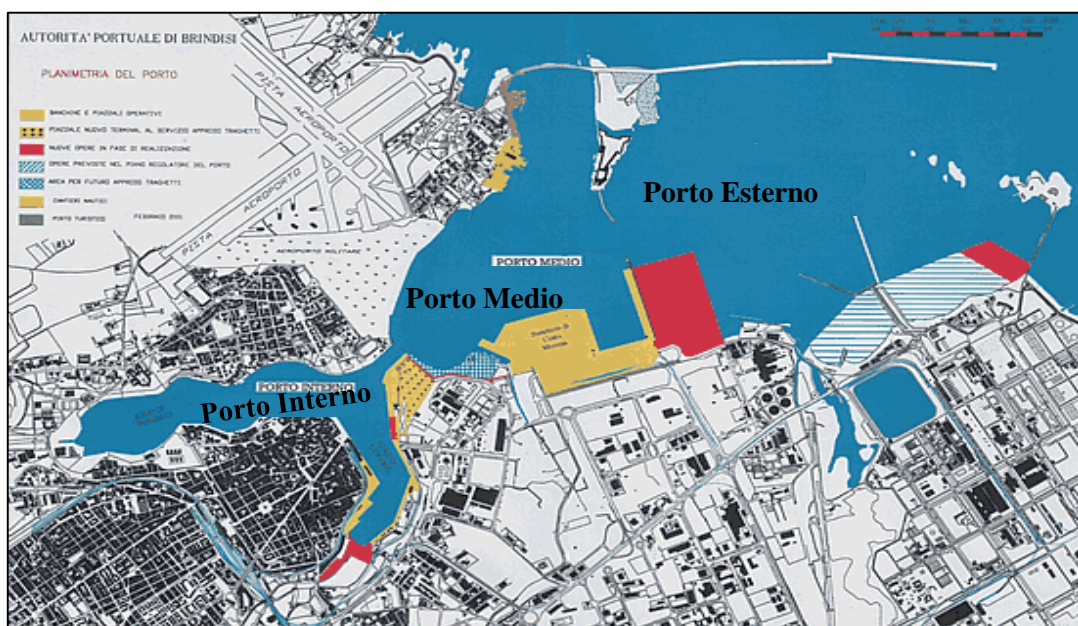


Fig. 2 -Stralcio planimetrico dell'area portuale di Brindisi. (Aut. Portuale di Brindisi).

L'originale morfologia del porto di Brindisi è il risultato dell'erosione operata dalla foce dei corsi d'acqua presenti, il canale *Cillarese* che confluisce nel Seno di Ponente e il canale *Palmarini-Patri* a levante, che hanno formato delle ampie anse fluviali in cui si è incuneato il mare. Vi era, pure una terza diramazione del *Porto Interno*, un canale chiamato la *Mena* oggi l'attuale Corso Garibaldi, che fu coperto nel XVIII secolo. L'ansa portuale così formata nei secoli è stata in parte modificata nel suo aspetto originale dell'azione dell'uomo che nel tempo ha realizzato attraverso delle colmate, dighe e banchine.

Anche nel porto esterno confluivano, sui quadranti meridionali, altri due grossi canali, denominati in tempo *Delta* e *Luciana*, oggi *Fiume Grande* e *Fiume Piccolo* in parte riconoscibili a ridosso dell'area industriale.

3. GLI ASPETTI VINCOLISTICI E PIANI DI SETTORE

Parte dell'area portuale di Brindisi ricade all'interno della perimetrazione del Sito d'Interesse Nazionale (SIN) di Brindisi, definita con D.M. Ambiente del 10 gennaio 2000.

In particolare, lo specchio d'acqua di competenza dell'Autorità di Sistema Portuale (AdSP) è, per tutta la sua estensione, ricompreso nella suddetta perimetrazione mentre le aree demaniali a terra interessate dal suddetto vincolo sono quelle comprese tra la banchina Feltrinelli, nel Seno di Levante, fino al limite orientale del distretto portuale di cui al Decreto del M.I.T. del 15 maggio 2013.

Il SIN ha un'estensione di 145 km², distribuiti in circa 21 km² di aree private, 93 km² di aree pubbliche, di cui 56 km² di aree marine, il cui sviluppo costiero è pari a circa 30 km²; si tratta di 5.800 ha di terra e 5.600 ha di mare. Il SIN di Brindisi comprende, oltre alla zona industriale, anche

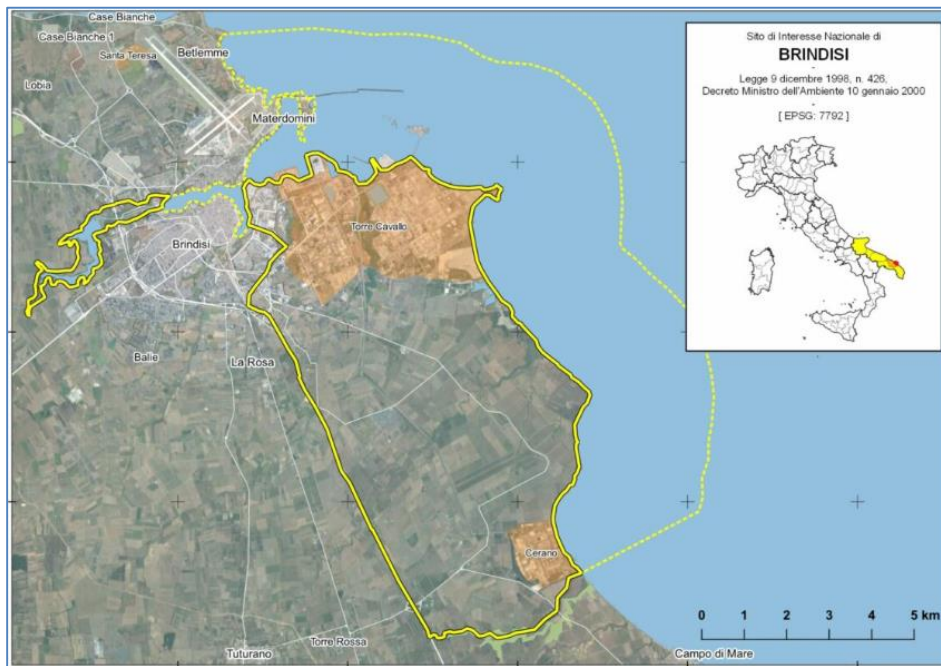


Fig. 3 –Stralcio planimetrico del SIN di Brindisi. Brindisi.

tutto il porto e la fascia di litorale di competenza.

Parte del bacino portuale risulta, allo interno del perimetro del SIN che è suddiviso in un'area a terra e una a mare (vd. fig.3).

In particolare le aree marine di pertinenza

dell'AdSP presentano nei sedimenti di fondo dei superamenti delle CSC quali l'arsenico, il cadmio, il mercurio, gli IPA e il toluene.

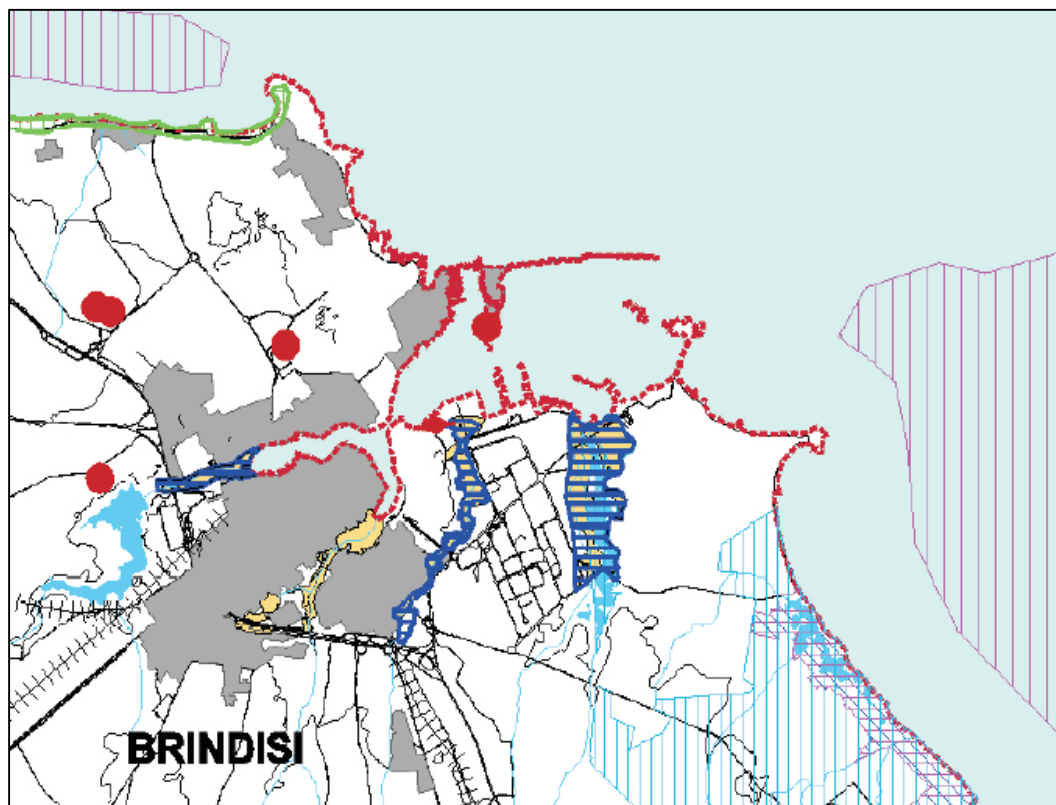
Per quanto riguarda le aree a terra, sempre di pertinenza dell'Autorità portuale, la falda freatica superficiale presenta i seguenti superamenti: manganese, boro, solfati, arsenico, ferro, alluminio, piombo, nichel, tallio.

Attualmente, è in fase di sottoscrizione tra Ministero dell'Ambiente e Sicurezza Energetica, Regione Puglia e Comune di Brindisi un nuovo Accordo di Programma per la determinazione

degli interventi di messa in sicurezza e bonifica delle aree comprese nel SIN e finalizzato a disciplinare le risorse disponibili pari a oltre 24 MI di euro.

Per quanto riguarda i perimetri SIC, ZPS, IBA il porto di Brindisi non ricade in tali vincoli. Solamente nella sua parte esterna (*Porto Esterno*), a ovest della radice del pontile Polimeri dove sfocia il canale di Fiume Grande, rientra nella perimetrazione del *Parco Naturale Regionale "Saline di Punta della Contessa"* (L.R. n.28 del 23/12/2002).

Inoltre, la presenza nei quadranti settentrionali dell'aeroporto di Papola Casale, sul porto medio insiste il vincolo aeronautico di zona B "tutela media", ai sensi del D. Lgs. n. 96/2005 e D. Lgs. n. 151/2006.



LEGENDA

Vincoli Statali

- Vincolo archeologico (D.lgs 42/04 art. 142 co. 1 lett. m)
- Vincolo paesaggistico (D.lgs 42/04 art. 142 co. 1)

Vincoli Regionali

- Vincolo archeologico (PUTT/PBA Serie B Elaborato Bo)
- Vincolo architettonico (PUTT/PBA Serie B Elaborato Bo)

Vincoli idrogeologici e di settore

- Vincolo idrogeologico (R. D. 30.12.1923 n.3267 e R.D. 16.05.1926 n.1126)
- Aree a rischio idrogeologico R2, R3 e R4 (Piano di Assetto Idrogeologico)
- Aree a pericolo esondazione (Piano di Assetto Idrogeologico)

Aree protette

- Riserva Naturale Statale
- Riserva Naturale Orientata
- Parco Naturale Regionale
- Sito di Importanza Comunitaria
- Sito di Importanza Comunitaria marina
- Zona di Protezione Speciale

Informazioni di base

- Elementi idrografici lineari ed areali
- Aree urbanizzate
- Infrastrutture di viabilità
- Ferrovie
- Confini comunali

Fig. 4 – Stralcio cartografico con i vincoli sull'area della città di Brindisi.

4. SINTESI DEL NUOVO PIANO REGOLATORE PORTUALE (PRP)

Tutte le nuove opere di banchina previste nel nuovo PRP sono concentrate nel Porto esterno e riguardano i seguenti settori:

- **Terminal di Capo Bianco**

Questa infrastruttura costituisce la più importante opera prevista nel nuovo PRP del Porto di Brindisi. Quest'opera completa l'intervento già previsto dalla AdSP per rendere funzionale l'attuale colmata di Capo Bianco.

La "colmata" restituisce circa 330.000 m² utili che sommata alla porzione di colmata esistente, realizzerà un piazzale operativo di circa 550.000 m². La banchina operativa del terminal ha una lunghezza di circa 730 m.

- **Molo Polimeri**

Il nuovo Molo Polimeri sorge sull'impronta del pontile esistente inglobandolo.

Avrà una larghezza di 80 m e sarà dotato di due banchine operative rispettivamente, di lunghezza pari a circa 375 m quella nord mentre quella sud di lunghezza di circa 550 m.

- **Intervento di protezione al piede della sponda nord del Canale Pigonati**

Al fine di migliorare la sicurezza della navigazione delle navi che accedono al porto interno attraverso il canale Pigonati è stata prevista la realizzazione, al piede della banchina storica esistente sulla sponda nord, di un'opera di protezione/consolidamento della fondazione.

In questo modo sarà possibile estendere il dragaggio a quota -10 m (s.l.m.m.) del canale navigabile fino a circa 5 m dal limite della suddetta banchina storica portandone la larghezza utile dagli attuali 75 m circa a 100 m.

- **Terminal Crociere di Punta Riso**

Il nuovo Terminal Crociere di Punta Riso sorge a tergo dell'omonima diga in prossimità del radicamento all'Isola S. Andrea.

Il Terminal è da considerarsi sussidiario a quello di S. Apollinare da utilizzare nei casi di emergenza di non operatività del Terminal principale (a esempio in condizioni meteomarine avverse).

Il Terminal ha una banchina operativa di circa 325 m e un piazzale operativo di circa 35.000 m².

- **Piazzale radice est Costa Morena Est**

Alla radice della calata di levante del molo di Costa Morena Est è prevista la realizzazione di un piazzale che si sviluppa su una superficie di circa 70.000 m² e una banchina operativa di lunghezza complessiva pari a circa 500 m.

Il nuovo piazzale occupa l'area attualmente interessata dall'opera di presa a mare che a seguito della dismissione della Centrale elettrica non sarà più necessaria.

Per le banchine operative di questa infrastruttura è stata prevista una quota dei fondali pari a -10 m (s.m.m.) in analogia con la banchina della vasca di colmata Costa Morena Est adiacente.

La pianificazione degli interventi per la realizzazione delle nuove infrastrutture e delle manutenzioni previste nel nuovo Piano sarà posta in essere attraverso tre principali macro-fasi più una prodromica denominata **FASE 0** di durata quinquennale atta al completamento delle opere, già pianificate dall'Autorità Portuale ossia la *realizzazione del Pontile su briccole in località Costa Morena Ovest, la realizzazione del nuovo Terminal Ro-Ro di S. Apollinare, la realizzazione della briccola di ormeggio sulla testata del pontile Polimeri, la realizzazione della cassa di colmata di Costa Morena Est e dragaggio a quota -12.00 m (s.m.m.) dei fondali operativi del Terminal di S. Apollinare e dragaggio a quota -14.00 m (s.m.m.) dei fondali prospicienti le banchine di Costa Morena, la realizzazione della banchina della colmata di Capo Bianco con il dragaggio a quota -12.00 m (s.m.m.) dei fondali prospicienti e il completamento del piazzale operativo della suddetta banchina e in ultimo la realizzazione di una briccola di ormeggio in testata del molo Polimeri*

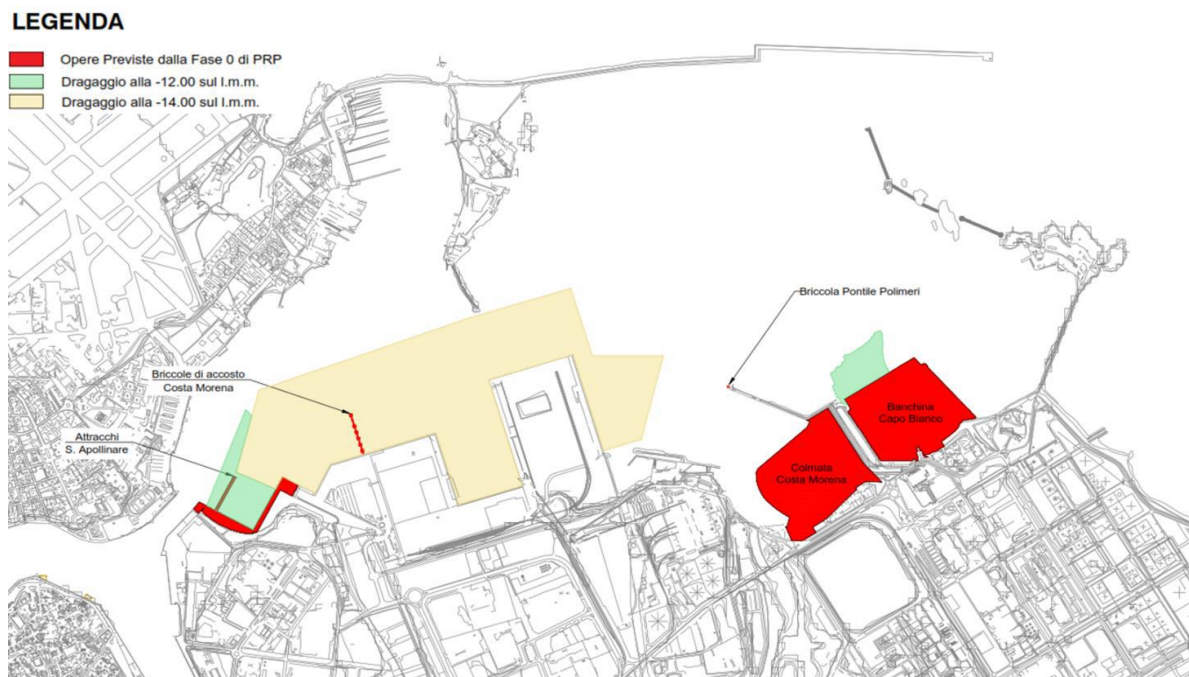


Fig. 5 – Stralcio cartografico con la rappresentazione della Fase 0

Tutti i sedimenti marini provenienti dai dragaggi previsti in questa fase saranno conferiti nella vasca di colmata di Costa Morena Est.

La **FASE 1** (vd. fig. 6) sarà quella in cui si attuerà la realizzazione delle nuove opere previste e avrà una durata complessiva di dieci anni. In sintesi saranno:

- ✓ La realizzazione di una cassa di colmata corrispondente a un primo stadio della nuova colmata di Capo Bianco;
- ✓ La realizzazione del Molo Polimeri;
- ✓ Il dragaggio a quota -16 m (s.m.m.) del cerchio di evoluzione del Porto Esterno;
- ✓ il dragaggio a quota -15 m (s.m.m.) del canale interno di navigazione, dei fondali prospicienti la banchina sud del Molo Polimeri e dei fondali prospicienti la banchina di levante di Costa Morena Est;
- ✓ il dragaggio a quota -10 m (s.m.m.) dei fondali dell'area cantieristica del porto medio, dei fondali dell'area piazzale radice est e banchina operativa della Colmata di Costa Morena Est e del Canale Pigonati;
- ✓ la realizzazione delle aree retroportuali di Costa Morena e di Capo Bianco;
- ✓ la realizzazione del Piazzale Radice Est del Molo di Costa Morena Est.

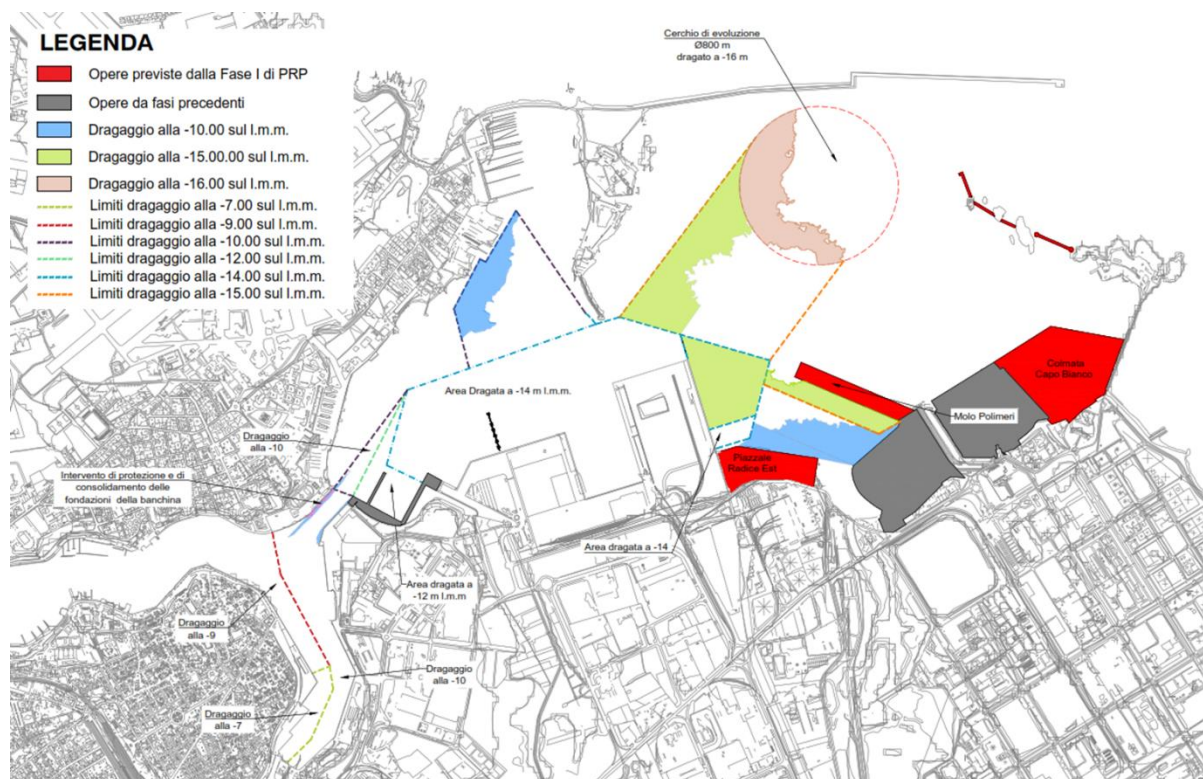


Fig. 6 – Stralcio cartografico del nuovo PRP con la rappresentazione dalla FASE 1.

I sedimenti provenienti dai dragaggi previsti in questa fase saranno conferiti nella vasca di colmata di Capo Bianco e utilizzati per la formazione dei terrapieni del Molo Polimeri e del Piazzale Radice Est di Costa Morena Est.

La **FASE 2** (vd. fig. 7) prevede il completamento di tutti gli interventi previsti nel nuovo PRP e avrà una durata di 5 anni.

In particolare, si eseguiranno:

- ✓ la realizzazione del nuovo Terminal Crociere di Punta Riso.
- ✓ il completamento della colmata di Capo Bianco e la realizzazione della banchina e del piazzale operativo.
- ✓ il dragaggio fino alla quota -15 m (s.m.m.) dei fondali prospicienti la banchina operativa del nuovo Terminal di Capo Bianco e la banchina nord del Molo Polimeri.

Anche in questa fase i sedimenti recuperati dai dragaggi saranno utilizzati per il completamento della colmata di Capo Bianco e per la formazione del terrapieno del Terminal Crociere di Punta Riso.

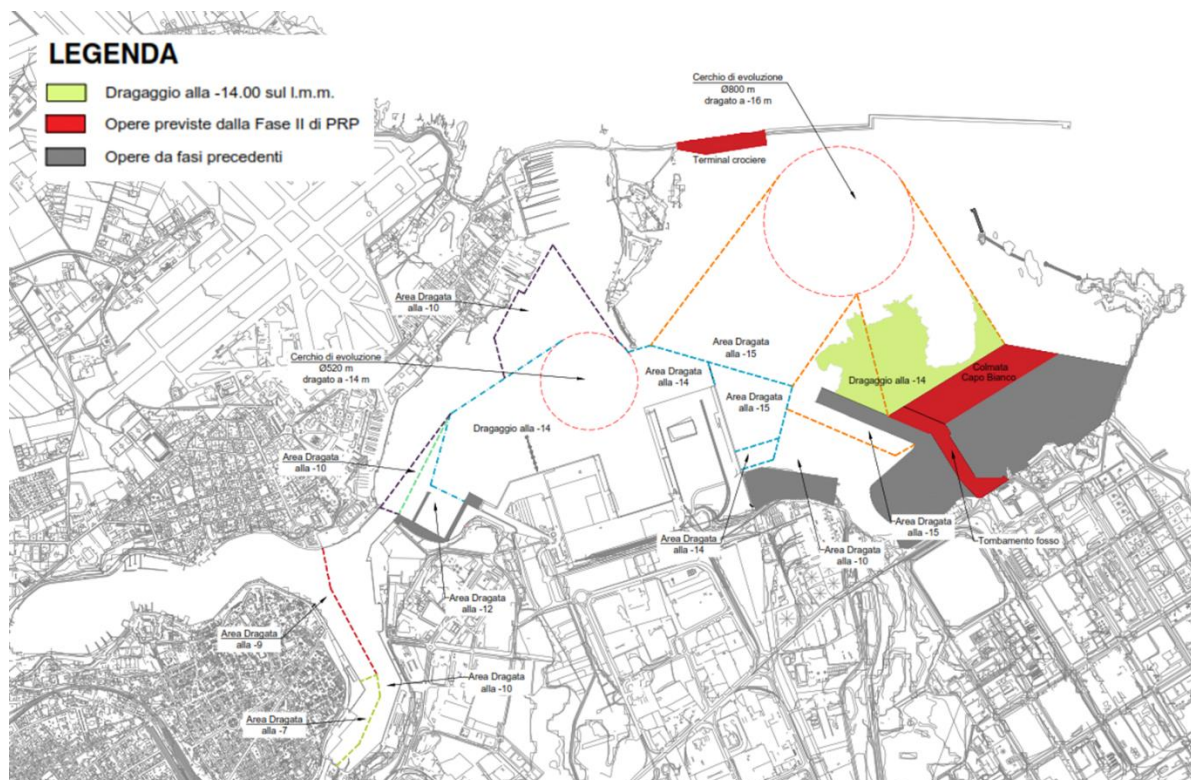


Fig. 7 – Stralcio cartografico del nuovo PRP con la rappresentazione della FASE2.

La **FASE 3** (vd. fig. 8), anch'essa della durata di 5 anni, prevede il completamento tutti gli interventi previsti nel nuovo PRP e in particolare, saranno eseguiti i seguenti lavori:

- ✓ i dragaggi necessari per l'approfondimento a quota -16 m (s.m.m.) del canale di navigazione interna;
- ✓ i dragaggi dei fondali dell'area operativa della calata di Costa Morena Est;
- ✓ i dragaggi dei fondali prospicienti la banchina operativa del Terminal Capobianco.

I sedimenti di recupero dragati in quest'ultima fase di attuazione delle opere e degli interventi previsti nel PRP di Brindisi non potranno essere conferiti nelle colmate pianificate, pertanto, per essi si dovrà essere individuare una gestione diversa.

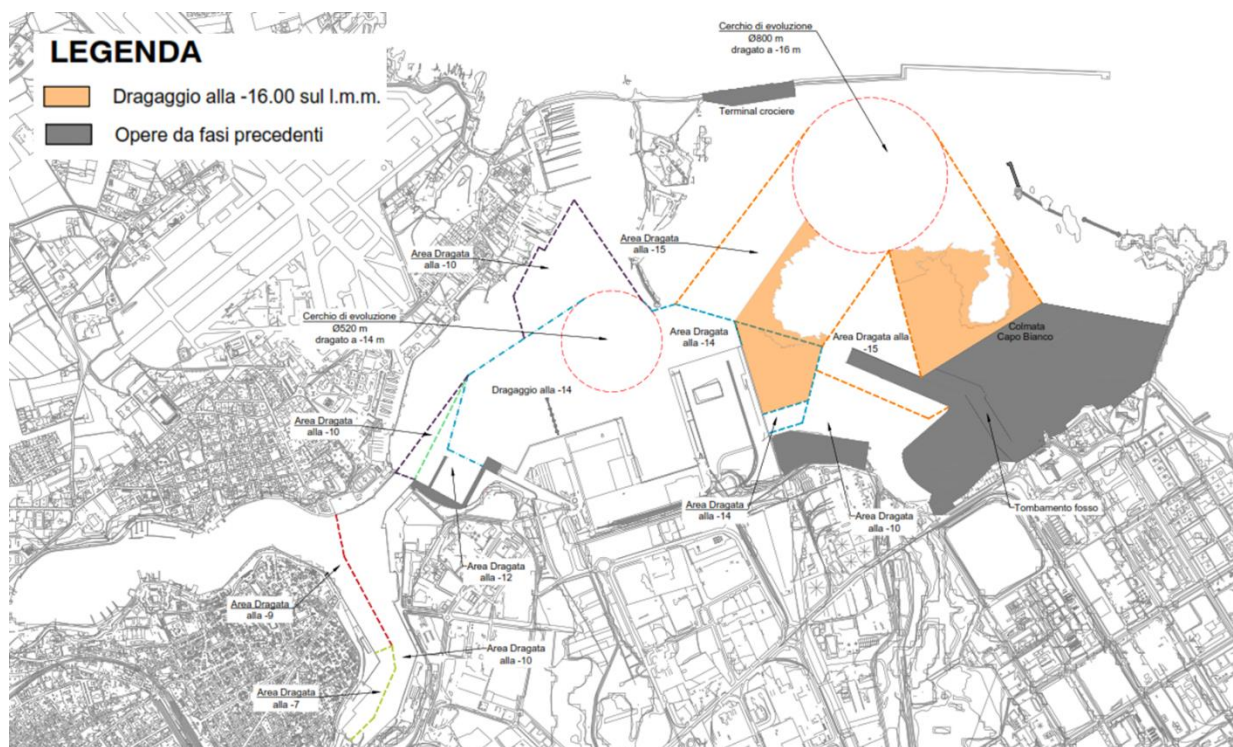


Fig. 8 – Stralcio cartografico del nuovo PRP con la FASE 3.

5. I SEDIMENTI DEI FONDALI PORTUALI E DRAGAGGI PREVISTI

Per la definizione delle caratteristiche dei fondali si è fatto riferimento ai risultati dei tre interventi di caratterizzazione a partire dal 2004 e completatesi nel 2009.

Nello specifico le macro aree individuate sono state le seguenti:

- a) *Zona Costa Morena Est*;

b) Area *S. Apollinare*;

c) Area portuale comprendente le zone del *Porto Interno*, *Porto Medio* e *Porto Esterno* del Porto di Brindisi;

d) Area costiera, esterna al porto e comprendente anche gli arenili, delimitata a Nord e Sud dalla perimetrazione del sito di bonifica a mare.

I dati delle tre distinte caratterizzazioni sono stati già oggetto di attività di valutazione da parte di ICRAM e ISPRA, nell'ambito di accordi di programma definiti tra detti Enti e l'ex Autorità Portuale di Brindisi.

Dai risultati delle suddette elaborazioni è emerso che i sedimenti presenti sui fondali del Porto di Brindisi sono prevalentemente esenti da contaminazione, fatta eccezione di alcuni superamenti riguardanti principalmente l'arsenico nella zona di *S. Apollinare* e subordinatamente DDT, PCDD e Idrocarburi C_{>12}).

In ogni caso, in nessuno dei punti ricadenti nelle aree caratterizzate si sono riscontrati valori di concentrazione di analiti tali da classificare come pericolosi i sedimenti.

Nel 2020 è stata, inoltre, condotta una successiva campagna d'indagini per la verifica e riprova degli esiti delle caratterizzazioni eseguite 2004/2009 che ha riguardato le aree di *S. Apollinare* e *di Costa Morena Est* in quanto coinvolte nel progetto per la realizzazione della Cassa di Colmata di Costa Morena e del dragaggio dell'area di *S. Apollinare* per portare il fondale da -10 a -12 m (s.m.m.), del canale di accesso al Porto interno approfondendo fino a -14 m (s.m.m.) e dell'area di contorno alle calate di Costa Morena portando il fondale fino a -14 m (s.m.m.).

I risultati delle analisi chimico-fisiche hanno convalidato i risultati delle precedenti campagne di caratterizzazione confermando, per la gestione dei sedimenti di dragaggio, il possibile refluito all'interno di casse di colmata, vasche di raccolta o strutture di contenimento poste in ambito costiero/portuale.

I livelli di contaminazione dei sedimenti da dragare indicano, di fatto, l'idoneità al loro uso per la realizzazione di terrapieni a uso industriale confermando, pertanto, l'ipotesi di utilizzare le casse di colmata, dopo il loro definitivo riempimento, come piazzali portuali.

Per maggiori dettagli si rimanda alla Relazione sulla gestione dei sedimenti.

In particolare, nel nuovo PRP è prevista una nuova configurazione dei fondali del porto, dove sarà necessario dragare i sedimenti presenti in alcune aree portuali (vd. fig. 9).

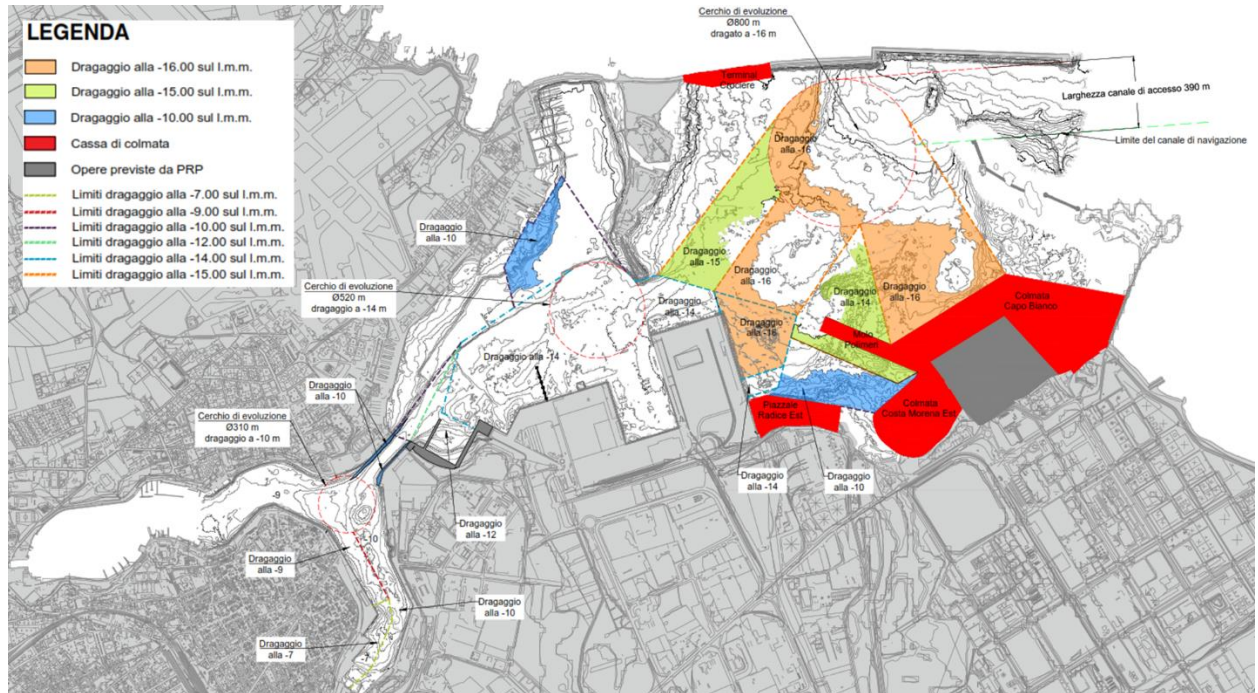


Fig. 9 - Planimetria delle aree da dragare e le relative casse di colmata da realizzare

Il conferimento dei sedimenti da dragare pari a 2.615.900 m³ prevede la loro sistemazione nelle seguenti infrastrutture:

- *Nuova colmata di Capo Bianco;*
- *Terrapieno Molo Polimeri;*
- *Terrapieno Terminal Crociere di Punta Riso;*
- *Terrapieno piazzale radice est Costa Morena Est.*

La capacità volumetrica delle suddette infrastrutture, al netto dei volumi occupati dalle strutture di contenimento e delle strutture di banchina, è pari a 2.328.250 m³ così come rappresentata nella prossima tabella e avendo considerato una contrazione volumetrica del 18% circa con un rigonfiamento dei sedimenti sabbiosi e sabbio-pelitici pari al 10% circa.

Descrizione	Superficie	h media	Volume
	(m ²)	(m)	(m ³)
Cassa di colmata Capo Bianco (+1,50 m s.m.)	300.000,00	5,65	1.695.000,00
Molo Polimeri (+1,50 m s.m.)	22.000,00	14,00	308.000,00
Terminal Crociere di Punta Riso (+1,50 m s.m.)	10.500,00	15,50	162.750,00
Colmata Costa Morena Est lato opera di presa (+1,50 m s.m.)	25.000,00	6,50	162.500,00
Totale			2.328.250,00

Di fatto, resta un esubero di sedimento pari a circa 287.650 m³ per il quale sarà previsto un diverso processo gestionale e di destinazione finale.

6. CONSIDERAZIONI GEOMORFOLOGICHE GENERALI

L'assetto geomorfologico dell'area vasta è caratterizzato da intense forme di antropizzazione che hanno determinato la quasi totale elisione delle antiche conformazioni geomorfologiche naturali.

Si riscontrano, però, alcune forme relitte, comunque, intensamente rimaneggiate e trasformate dall'azione dell'uomo.

La costa, nel tratto portuale, era bassa con quota media, poco a monte della riva, di circa 2,00 metri sul livello del mare e pendenza inferiore all'uno per cento. La riva si presentava prevalentemente sabbiosa, con tratti rocciosi la cui altezza non superava il metro.

L'originale morfologia del porto di Brindisi, come prima descritto, nella sua porzione interna è la conseguenza dell'erosione prodotta dalla foce di due corsi d'acqua: il *canale Cillarese* che defluisce nel seno di Ponente e il *canale Palmarini-Patri* a levante. Entrambe hanno formato delle piccole valli fluviali in cui si è insinuato il mare. In passato vi era anche una terza ansa nel *Porto Interno*, dove confluiva un canale chiamato, come già accennato, la *Mena* oggi asse stradale cittadino ovvero Corso Garibaldi che fu "tombato" nel XVIII secolo.

Le anse portuali così formate nei secoli sono state in parte modificata nel suo aspetto originale dell'azione dell'uomo che nel tempo ha operato creando piccole colmate e banchine.

Anche nel Porto Esterno confluivano, sulla costa a sud, altri due ampi canali, denominati *Delta* e *Luciana*, conosciuti come *Fiume Grande* e *Fiume Piccolo*, oggi visibili a ridosso della zona industriale prospiciente l'area portuale, dove si è instaurata una zona umida di pregio naturalistico e ambientale.

La rete idrografica in prossimità della città, per gli sviluppi di espansione di quest'ultima e delle attività agronomiche e industriali rivela, con delle macro-forme geomorfiche, delle significative modifiche dei tracciati o degli argini (rivestimenti) delle aste fluviali fino alla realizzazione di un invaso artificiale (*lago Cillarese*).

Attualmente, non sono stati rilevati elementi che palesano la presenza di fenomeni geomorfici attivi quali movimenti gravitativi o stress tensionali per cui l'area portuale è più che altro stabile.

Di fatto, tutti i manufatti realizzati e presenti nell'area portuale non hanno subito fenomeni di cedimento, assestamento o subsidenza. Tra l'altro, tutta l'area portuale è ben protetta dalle mareggiate (diga Trapanelli e diga Punta Riso) e pertanto, non esistono i rischi di erosione costiera ad opera dal moto ondoso.

7. ELEMENTI GEOLOGICI GENERALI DELLA PIANA DI BRINDISI

L'area portuale di Brindisi fa parte integrante della piana brindisina caratterizzata da un andamento morfologico pianeggiante digradante, dall'entroterra verso la linea costa, con quote sul livello del mare variabili da 10 a 0 metri, con una pendenza media del 3‰.

La piana brindisina corrisponde a un'ampia depressione tettonica che, dall'entroterra si apre verso il mare Adriatico; tale depressione con una struttura a "gradinata", è stata colmata dai depositi del "Ciclo della Fossa Bradanica" e dai "Depositati marini terrazzati" (Ciaranfi et Alii, '92).

In particolare, la piana è costituita da un'ampia area sub-pianeggiante ove affiorano, prevalentemente, depositi calcarenitici e sabbiosi di origine marina; queste sequenze sedimentarie poggiano su un banco argilloso del Pleistocene inf. che sovrasta le Unità della piattaforma carbonatica costituita da calcari mesozoici e dai litotipi riconducibili ai termini inferiori del ciclo sedimentario della *Fossa Bradanica*.

In particolare, le formazioni litostratigrafiche presenti sia in superficie sia nel sottosuolo dell'area brindisina sono costituite, dal basso verso l'alto da:

- ✓ Calcari di Altamura Auct. Si tratta di una sequenza sedimentaria di calcari fratturati di colore variabile dal grigio al nocciola, talora chiari con intercalazioni di strati e/o banchi di calcari dolomitici (Cretaceo sup.).
- ✓ Calcareniti del Salento Auct. E' una sequenza sedimentaria costituita da depositi calcarenitici tipo "Panchina" caratterizzati da un'alternanza di livelli centimetrici di arenaria e di livelli di sabbie avano-rossastre. I livelli lapidei (arenacei) sono costituiti da sabbie cementate di colore bianco giallastro, con stratificazione massiva non sempre evidente contenenti frammenti fossili. Gli spessori sono variabili da zona a zona e spesso presentano intercalazioni argillose. La "Panchina" si riscontra solitamente fino alla profondità di 10-12 m. dal p.c. con spessori che variano dai 5 ai 7 m. Età: Pleistocene.
- ✓ Formazione di Gallipoli Auct. Si tratta di sabbie giallastre talora debolmente cementate, in sottili strati, passanti inferiormente a sabbie argillose e argille grigio azzurre. Nella sequenza sono spesso intercalati banchi arenacei e calcarenitici ben cementati. Età: Calabriano
- ✓ Sabbie, argille sabbiose, limi grigi lagunari palustri recenti. Rappresentano depositi che colmano le antiche depressioni strutturali in prossimità della linea di costa. Sono costituite

da sabbie prevalentemente calcaree con intercalazioni di sabbie argillose e/o argille sabbiose e limi palustri o lagunari. Età: Olocene.

- ✓ Sabbie grigio-giallastre. Costituiscono gli apparati dunari costiere attuali e recenti, in parte distrutti per azione dell'uomo per scopi prevalenti di pianificazione urbanistica. Età: Olocene

Qui di seguito è rappresentata uno stralcio della Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000 Foglio 203 "Brindisi e Foglio 204 "Lecce" pubblicati dall'ISPRA (vd. fig. 8).

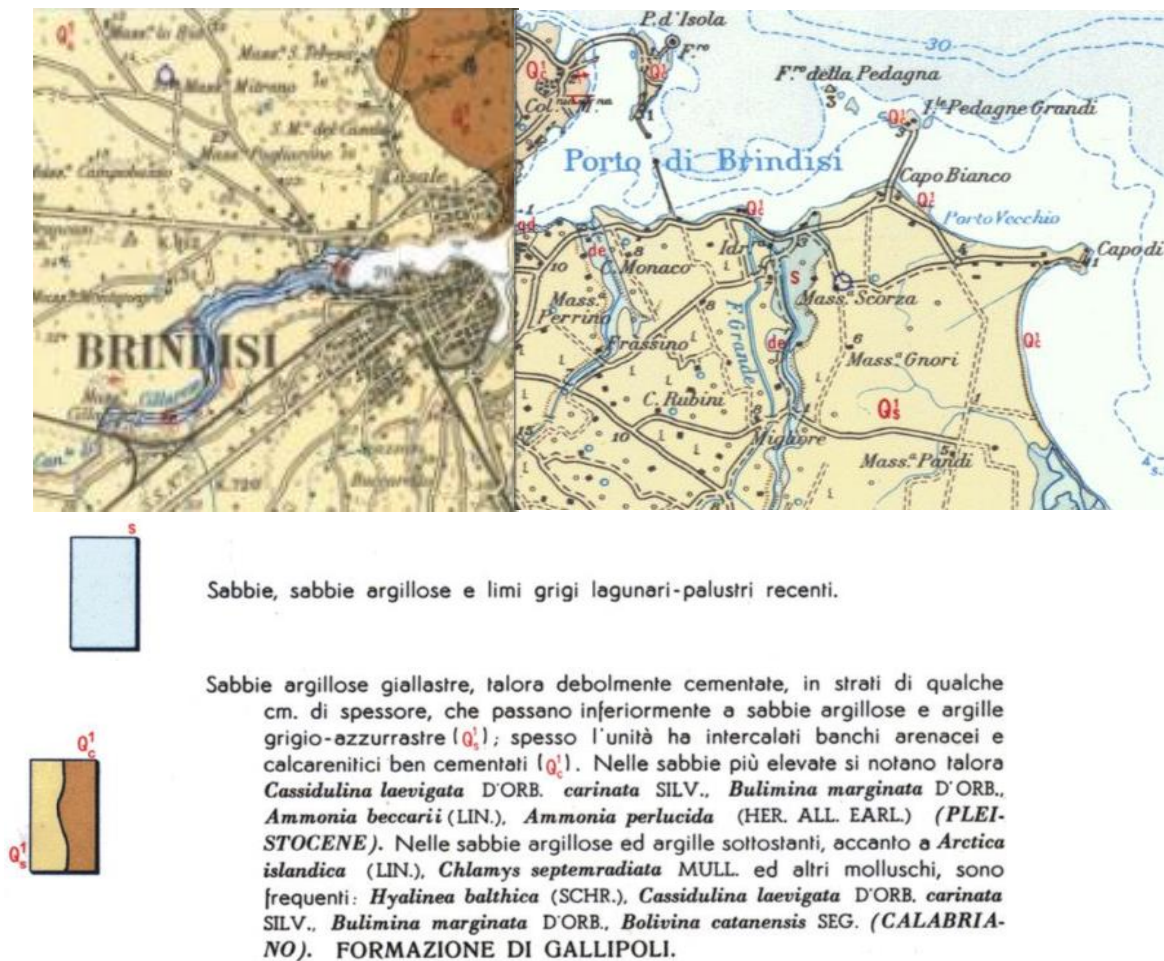


Fig. 8 – Stralcio della Carta geologica d'Italia scala 1:100.000 (ISPRA)

Inoltre, di seguito è rappresentata, pure la Carta geolitologica, redatta per il "Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale Brindisi" (vd. fig. 9) e inquadra parte della Piana di Brindisi con particolare riferimento all'area marino portuale.

In particolare, in prossimità del Porto di Brindisi, il basamento calcareo mesozoico si rinviene a una profondità dal livello medio marino di 70 m circa, mentre locali affioramenti si rilevano nelle aree limitrofe alla Piana di Brindisi, poste a Sud e a Nord-Ovest della stessa. E' noto che

l'affondamento dei calcari cretacei al di sotto dei terreni plio-pleistocenici raggiunge valori massimi in prossimità del litorale. Esso diminuisce progressivamente man mano che ci si sposta verso occidente e verso l'interno, tanto che a distanze di 7-8 km dal litorale i calcari si rinvergono sopra il livello del mare, per poi affiorare a circa 25 km dalla costa.

Man mano che l'affondamento dei calcari si riduce diminuiscono progressivamente gli spessori dei depositi sovrastanti, finché questi scompaiono del tutto.

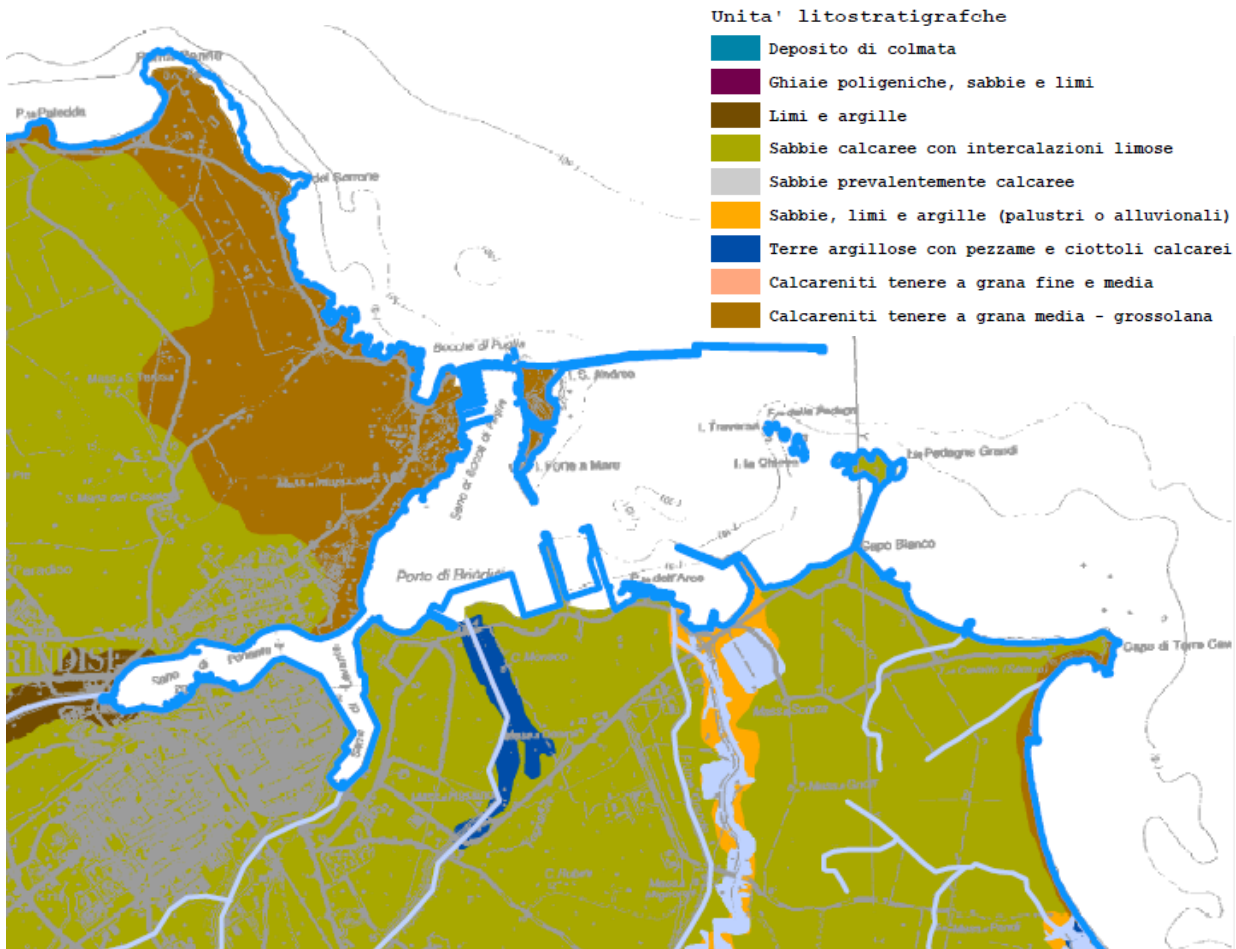


Fig. 9 - Stralcio della Carta Geolitologica Sud - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale Brindisi.

Altra rappresentazione dell'assetto geologico dell'area brindisina è quella definita nella pubblicazione di ISPRA Ambiente sull'area di Brindisi. Nella piana di Brindisi sono presenti in sequenza stratigrafica sul basamento mesozoico, ascrivibile alla *Formazione del Calcarea di Altamura Auct.* (Cretacico sup.) e al *Calcarea di Caranna Auct.* (Cretacico sup.), la *Calcareniti di Gravina Auct.* (Pliocene sup.-Pleistocene inf.), le *Argille subappennine Auct.* (Pleistocene inf.), i *Depositi marini terrazzati* (Pleistocene medio-superiore) e i *Depositi recenti e attuali* (alluvionali e costieri).

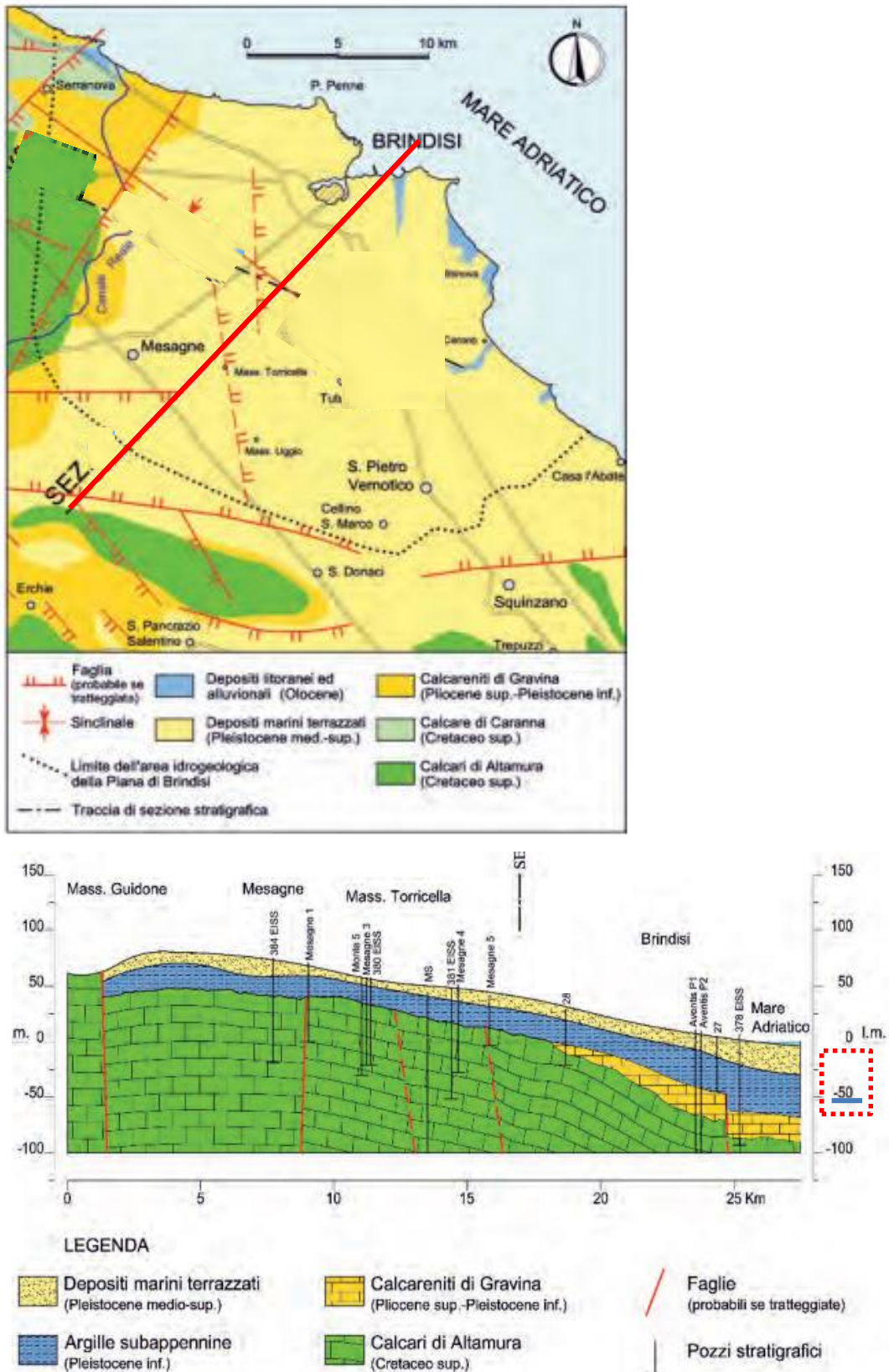


Fig. 9 bis - Carta Geologico-Strutturale e sezione geologica (ISPRA).

Il Calcarea di Altamura è costituito prevalentemente da calcari micritici bianchi a grana fine, ben litificati e stratificati, che si alternano a dolomie grigio-nerastre in strati e banchi. Il *Calcarea di Auct.* è, invece, costituito da calcareniti e calciruditi bioclastiche in facies di scarpata. In trasgressione sulle rocce carbonatiche mesozoiche affiorano i depositi calcarenitici e calciruditi bioclastici di ambiente litorale, ascrivibili alla *Formazione delle Calcareniti di Gravina Auct.*, (Pleistocene inf.), con spessori massimi intorno ai 30 m (*Margiotta et Alii, 2010*). In continuità su quest'ultima poggiano le *Argille subappennine Auct.*, rappresentate da argille limose, argille sabbiose e argille marnose di color grigio-azzurro, talora giallastre, con orizzonti e lenti sabbiose. Secondo *Margiotta et Alii, 2008-2010*, sulla formazione argillosa pleistocenica, in contatto erosivo, sono presenti le *Sabbie di Brindisi* con spessori 13-14 m costituite da sabbie fini, di colore variabile dal giallo al grigio con abbondanti concrezioni diagenetiche nella porzione superiore. I *Depositi marini terrazzati*, di età pleistocenica medio-superiore, affiorano estesamente nella Piana di Brindisi con spessori variabili da qualche decimetro fino a circa 20 m (*Ciaranfi et Alii, 1988*; *Margiotta et Alii, 2010*) e riferibili a diversi e brevi cicli sedimentari trasgressivo-regressivi. Nella Piana di Brindisi i *Depositi marini terrazzati* sono costituiti da biocalcareni grossolane giallastre con intervalli sabbiosi o di calcari organogeni. Lungo la fascia costiera sono presenti dune sabbiose compatte e parzialmente cementate. Il litorale è formato da sabbie grigio-giallastre, talora rossastre per alterazione, contenenti concrezioni calcaree. Sono presenti anche *depositi alluvionali ed eluvio-colluviali* sabbiosi, limosi e argillosi variamente distribuiti principalmente lungo solchi erosivi e nelle aree più depresse vicino alla costa, e ricoprono localmente i depositi pleistocenici

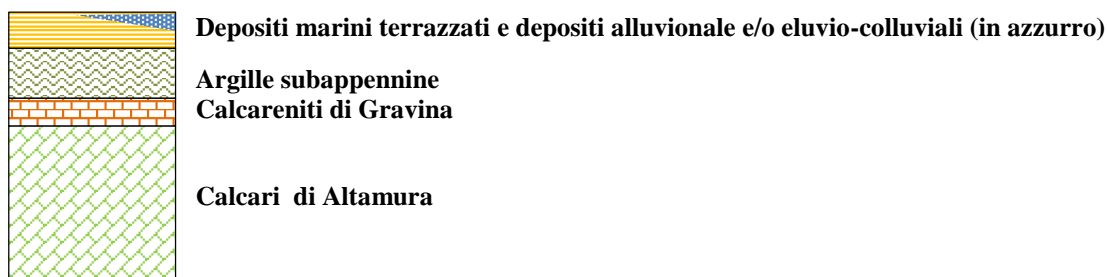


Fig. 10 – Colonna stratigrafica tipo dell'areale di Brindisi.

in lembi non cartografabili a causa dell'assetto tabulare e dell'intensa attività antropica. La rete idrografica della Piana di Brindisi è caratterizzata dalla presenza di numerosi corsi d'acqua che, canalizzati, hanno contribuito alla bonifica idraulica iniziata nei primi del Novecento, con la quale sono stati eliminati i diffusi ristagni d'acqua dovuti all'impermeabilità superficiale e alle scarse possibilità di deflusso derivanti dalla morfologia poco acclive.

8. I CARATTERI IDROGEOLOGICI DELLA PIANA DI BRINDISI

Il monotono assetto morfologico del paesaggio brindisino è interrotto da una rete idrografica esoreica attiva. I molteplici torrenti presenti si sviluppano in direzione grossomodo normale alla linea di costa e si raccordano verosimilmente con un'antica linea costa ora sommersa.

La rete idrografica comprende un reticolo di incisioni ben gerarchizzato, nel quale sono disposti, 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.

L'assetto stratigrafico dei *Depositi marini terrazzati* favorisce la presenza di una falda idrica superficiale contenuta in un acquifero le cui proprietà idrogeologiche sono condizionate dalla variabilità sia verticale sia orizzontale della permeabilità degli strati costituenti il suddetto acquifero. Ciò determina un sistema idrico sotterraneo discontinuo, che in passato ha sostenuto in prevalenza il settore irriguo della Piana. La base di detto acquifero superficiale è costituita dalle *argille pleistoceniche*, poggianti sui calcari fratturati e fessurati (per carsismo) del cretaceo; in questi ultimi ha sede l'acquifero profondo, in continuità con quello che impegna l'intera Piattaforma Apula (vd. fig. 11) Al tetto della formazione cretacea, fra la stessa e le argille predette, si rinviene talora la formazione delle *Calcareniti di Gravina Auct.*, la cui prevalente bassa

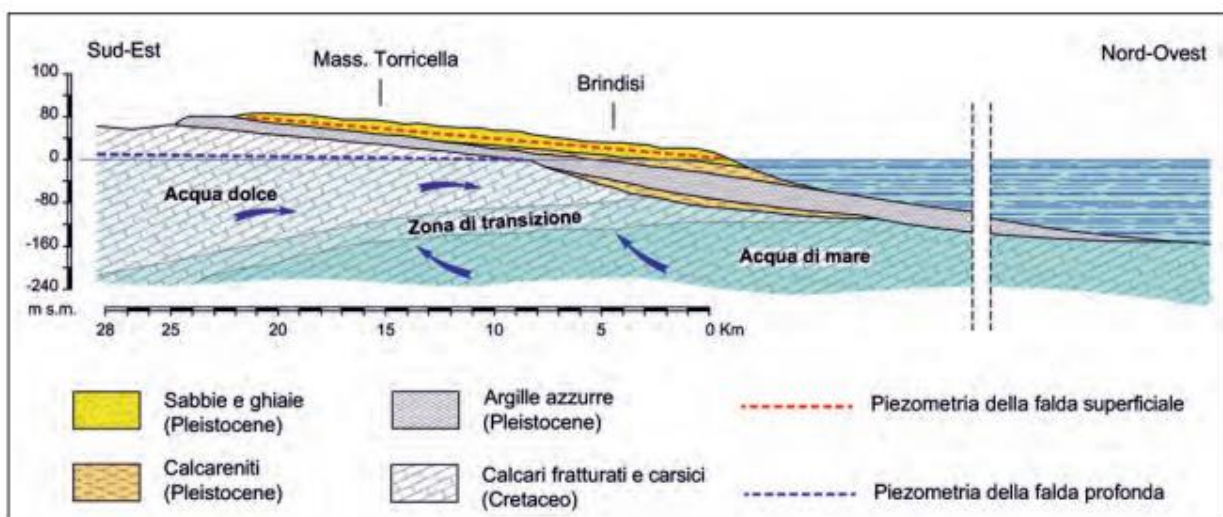


Fig. 11 - Sezione idrogeologica schematica della Piana di Brindisi.

permeabilità contribuisce a una circolazione idrica confinata (in pressione) nell'acquifero profondo. La falda idrica profonda trae alimentazione dall'altopiano delle Murge e defluisce verso

il mare, prevalentemente in pressione, con una cadente piezometrica modesta, in genere inferiore a 1‰.

Il deflusso a mare della falda profonda (vd. fig. 11 bis) avviene spesso in punti distanti dalla linea di costa, stante la presenza della copertura argillosa impermeabile lungo la fascia costiera e sui fondali marini prossimi alla linea di costa; situazione quest'ultima che costringe le acque sotterranee a circolare in pressione ed emergere talora oltre la costa sui fondali marini (sorgenti sottomarine).

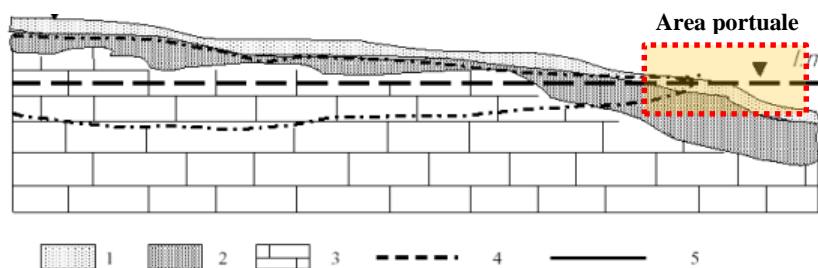


Fig.11 bis - Schema idrogeologico 1) sabbie limose poco cementate. 2) calcareniti (Panchina). 3) calcari e calcari dolomitici. 4) traccia delle superficie freatiche: profonda e superficiale. 5) livello medio marino.

Va evidenziato che in alcune aree, come a esempio in prossimità di Cerano (Cotecchia 85), la formazione plio-pleistocenica (Calcareniti di Gravina Auct.) senza soluzione di continuità con i calcari del

cretacico s'integra a formare l'acquifero profondo.

Tale condizione si verifica perché la formazione sabbio-calcarenitica presenta una discreta permeabilità primaria e secondaria. Di solito, la falda freatica superficiale e quella profonda, tranne alcune eccezioni, risultano tra loro idraulicamente separate dai livelli delle *Argille Subappennine Auct.* in sostanza impermeabili (*aquicludes*). L'acquifero superficiale presenta in genere modestissime potenzialità idriche, per cui le portate di prelievo con i pozzi sono temporanee ed effimere.

Di contro l'unica risorsa idrica di rilievo della Piana di Brindisi è rappresentata da quella immagazzinata nell'acquifero profondo, le cui caratteristiche idrogeologiche sono note a seguito dei numerosi studi effettuati in passato.

Di fatto, l'acquifero superficiale della Piana è localizzato nei *Depositi marini terrazzati* pleistocenici ed è sostenuto, alla base, dalla formazione delle *Argille Subappennine Auct.* In ragione delle modeste potenzialità idriche esso è stato sfruttato esclusivamente dal comparto agricolo locale con l'attingimento prevalentemente tramite pozzi di grande diametro per la modesta soggiacenza dello stesso. L'acquifero presenta una bassa trasmissività, derivante sia dai ridotti valori di spessore del mezzo saturo (5÷10 m) sia dai ridotti valori del coefficiente di permeabilità ($10^{-2} \div 10^{-6}$ cm/s).

Quest'ultimo è variabile per la presenza della frazione in limo/argillosa nei terreni sabbioso-calcarenitici e nella maggior parte dei casi, è compreso tra 10^{-3} - 10^{-4} cm/s.

La bassa trasmissività determina, quindi, una bassa velocità di filtrazione (0,1-0,5 m/g), che provoca una scarsa potenzialità idrica della falda freatica superficiale.

Tra l'altro con gli emungimenti eseguiti attraverso pozzi, di portate perlopiù modestissime, si verificano rapidi e pronunciati abbassamenti della superficie piezometrica, con conseguente possibile svuotamento dei pozzi stessi.

Trattandosi di un acquifero produttivo, l'immagazzinamento è legato alla porosità efficace, la quale è in genere modesta.

La bassa permeabilità determina, pertanto, una lunga durata del regime transitorio (di ricarica) conseguente agli eventi meteorici.

Pertanto, l'innalzamento della superficie freatica per l'infiltrazione degli apporti meteorici può perdurare per lunghi periodi, prima del suo ripristino al regime stazionario.

Inoltre, a causa della bassa soggiacenza dell'acquifero, l'innalzamento della superficie freatica conseguente soprattutto a piogge intense e di breve durata, può determinare condizioni di rischio idrogeologico con palesi allagamenti e/o alluvionamenti nelle aree più depresse.

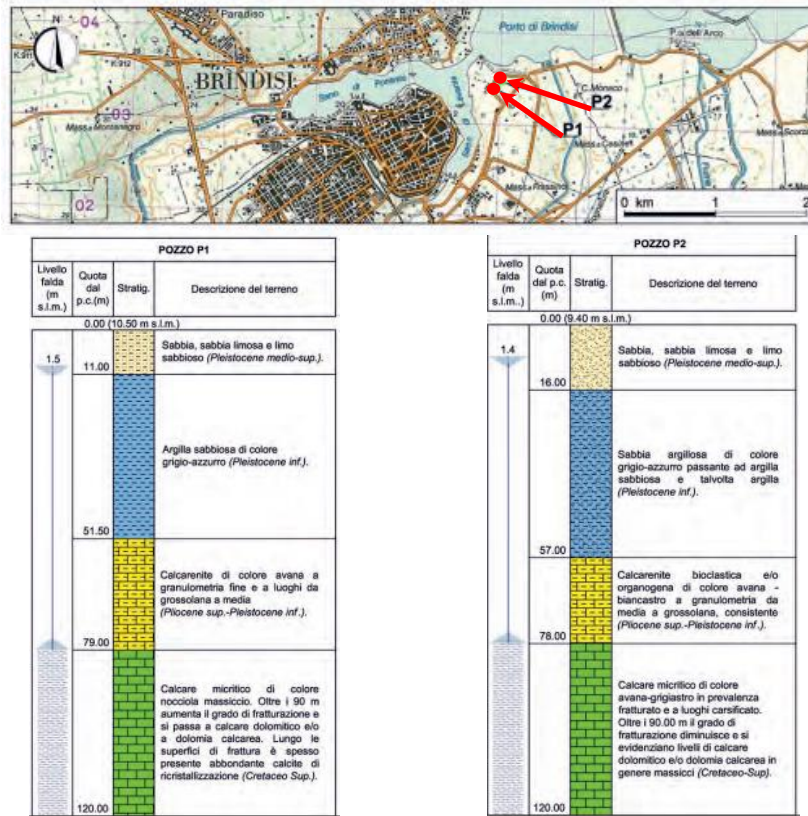


Fig.12 - Colonne litostratigrafiche ricavate da due sondaggi meccanici eseguiti in prossimità dell'area portuale di Brindisi.

della *Formazione delle Argille Subappennine Auct.* giace a quote inferiori a quella del livello medio mare (vd. fig. 12).

In dette aree è difficile il prelievo di “*acque di falda dolci*”, a causa del richiamo di acqua marina (salmastra) per le elevate depressioni della “*piezometrica*” per gli emungimenti operati e per la bassa permeabilità dell'acquifero.

Localmente, però, il deflusso è fortemente influenzato dall'azione drenante operata dal reticolo idrografico (la falda che alimenta le aste fluviali), il quale determina un più veloce ricambio idrico dell'acquifero superficiale.

Infine, è presente il fenomeno dell'intrusione marina tra le cause primarie dell'elevata salinità spesso riscontrata per le acque presenti nell'acquifero superficiale, almeno per le zone costiere ove il “*top*”

9. CONSIDERAZIONI SUL PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

Nell'ambito delle opere infrastrutturali e insediative da realizzare è opportuno verificare quale è il rapporto esistente fra l'area portuale in studio e il Piano di Bacino per l'Assetto Idrogeologico, redatto dall'Autorità di Bacino della Regione Puglia, per la città di Brindisi.

L'analisi della cartografia tematica individua delle aree di rischio e di pericolosità idraulica e geomorfologica che insistono in alcune zone del Porto di Brindisi (vd. fig.13 e 14) e al successivo miglioramento delle condizioni del regime idraulico e della stabilità geomorfologica, finalizzati alla riduzione dei livelli di pericolosità rilevati sul territorio, consentendo anche uno sviluppo sostenibile del territorio rispetto agli assetti del paesaggio e alla loro naturale tendenza evolutiva. Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Puglia per il rischio geomorfologico e idraulico individua, con colorazioni differenti in funzione del grado di pericolosità (vd. fig.12 e 13).

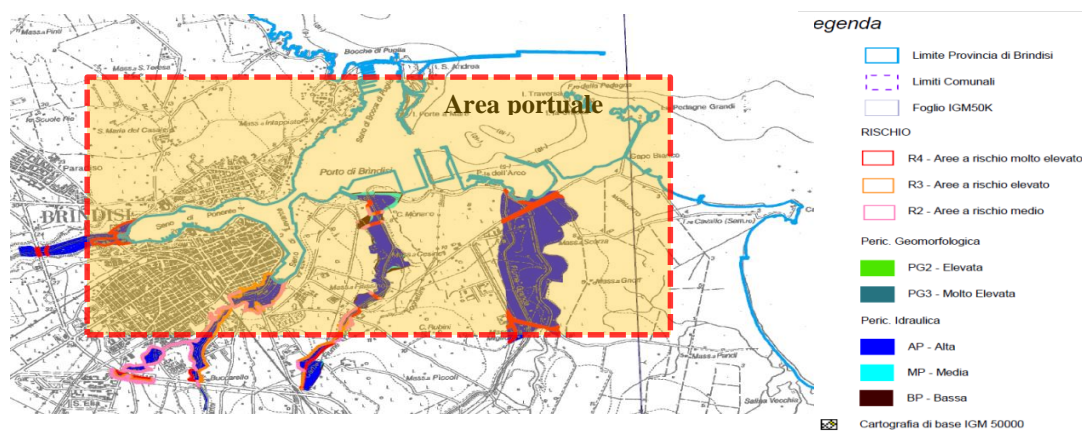


Fig.13 - Stralcio cartografico del Piano di Bacino - Stralcio del PAI Assetto Idrogeologico Prov. di Brindisi.

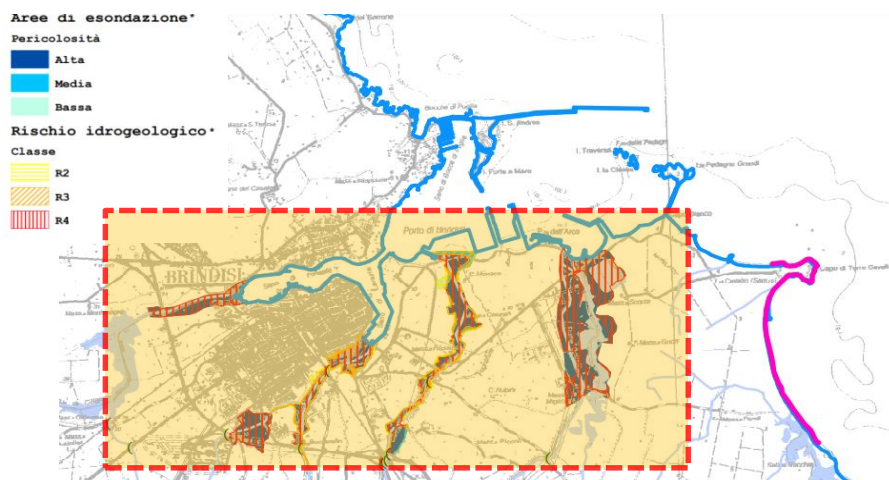


Fig.14 - Stralcio cartografico del Piano di Bacino - Stralcio del PAI Assetto Idrogeologico Prov. di Brindisi.

8.1 Interventi consentiti nelle aree ad Alta Pericolosità Idraulica (A.P.)

Nelle aree ad alta probabilità d'inondazione sono esclusivamente consentiti:

a) interventi di sistemazione idraulica approvati dall'Autorità idraulica competente, previo parere favorevole dell'Autorità di Bacino sulla compatibilità degli interventi stessi con il PAI;



Foto 1 - Rappresentazione delle aree a Pericolosità idraulica (AP).

b) interventi di adeguamento e ristrutturazione della viabilità e della rete dei servizi pubblici e privati esistenti, purché siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale;

c) interventi necessari per la manutenzione di opere pubbliche o di interesse pubblico;

d) interventi di ampliamento e di ristrutturazione delle infrastrutture a rete pubbliche o d'interesse pubblico esistenti, comprensive dei relativi manufatti di servizio, riferite a servizi essenziali e non delocalizzabili, e la realizzazione di nuove infrastrutture a rete pubbliche o d'interesse pubblico, comprensive dei relativi manufatti di servizio, parimenti essenziali e non diversamente localizzabili, purché risultino coerenti con gli obiettivi del presente Piano e con la pianificazione degli interventi di mitigazione. Il progetto preliminare di nuovi interventi infrastrutturali, che deve contenere tutti gli elementi atti a dimostrare il possesso delle caratteristiche sopra indicate anche nelle diverse soluzioni presentate, è sottoposto al parere vincolante dell'Autorità di Bacino;

e) interventi sugli edifici esistenti, finalizzati a ridurre la vulnerabilità e a migliorare la tutela della pubblica incolumità;

f) interventi di demolizione senza ricostruzione, interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 3 del D.P.R. n.380/2001 e s.m.i., a condizione che non concorrano a incrementare il carico urbanistico;

g) adeguamenti necessari alla messa a norma delle strutture, degli edifici e degli impianti su quanto previsto in materia igienico - sanitaria, sismica, di sicurezza e igiene sul lavoro, di superamento delle barriere architettoniche nonché gli interventi di riparazione di edifici danneggiati da eventi bellici e sismici;

h) ampliamenti volumetrici degli edifici esistenti esclusivamente finalizzati alla realizzazione di servizi igienici o ad adeguamenti igienico-sanitari, volumi tecnici, autorimesse pertinenziali, rialzamento del sottotetto al fine di renderlo abitabile o funzionale per gli edifici produttivi senza che si costituiscano nuove unità immobiliari, nonché manufatti che non siano qualificabili quali volumi edilizi, a condizione che non aumentino il livello di pericolosità nelle aree adiacenti;

i) realizzazione, a condizione che non aumentino il livello di pericolosità, di recinzioni, pertinenze, manufatti precari, interventi di sistemazione ambientale senza la creazione di volumetrie e/o superfici impermeabili, annessi agricoli purché indispensabili alla conduzione del fondo e con destinazione agricola vincolata.

Per tutti gli interventi sopra elencati l'AdB richiede, in funzione della valutazione del rischio a essi associato, la redazione di uno studio di compatibilità idrologica e idraulica che ne analizzi gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata. Detto studio è sempre richiesto per gli interventi di cui ai punti a), b), d), e), h) e i).

8.2 Adeguamento degli strumenti di governo del territorio

Le Amministrazioni e gli Enti Pubblici territorialmente interessati sono tenuti, ai sensi della normativa vigente, ad adeguare i propri strumenti di governo del territorio alle disposizioni contenute nel PAI.

A seguito dell'approvazione del PAI, le Amministrazioni competenti procedono a una verifica di coerenza tra il PAI e i propri strumenti di pianificazione urbanistica generali ed esecutivi. Le risultanze di tale verifica sono comunicate all'Autorità di Bacino entro 90 giorni decorrenti dall'entrata in vigore del PAI.

Nei casi in cui a seguito della verifica, le Amministrazioni competenti procedano all'adeguamento che consiste nell'introdurre nei propri strumenti di governo del territorio le condizioni d'uso contenute nel PAI.

Nei casi in cui le Amministrazioni competenti procedano, ai fini dell'adeguamento, a approfondire il quadro conoscitivo del PAI trova applicazione l'art. 24 (Procedure di integrazione e modifica del PAI).

10. RACCOLTA DATI GEOGNOSTICI ESISTENTI

Sulla base dei numerosi dati di base a disposizione (in particolare ai dati geotecnici derivanti dalle numerose indagini propedeutiche alle varie progettazioni di opere inserite nel vigente PRP, si propone una serie di parametri geotecnici al fine di orientare anche i futuri livelli di approfondimento geologico che si renderanno necessari. A titolo puramente esemplificativo, si riportano gli esiti, in termini di riscontro nell'area portuale, litostratigrafici e di caratterizzazione fisico-meccanica. Pertanto, si passano in rassegna alcune delle principali campagne geognostiche eseguite nell'ambito di lavori di nuove infrastrutture.

9a. Lavori di banchinamento in zona Capo Bianco e di dragaggio per l'approfondimento alle quote (-12) e (-9) dei fondali antistanti. Parte lato Est.

Nel 2004 l'Autorità Portuale di Brindisi nell'ambito del progetto al paragrafo indicato ha previsto una campagna di indagini (vd. fig. 15) consistente in:

- n. 28 sondaggi geognostici a c.c. a una profondità variabile tra i -20 e i -40 m (da quota fondo);
- esecuzione di prove STP in foro;
- prelievo di campioni indisturbati

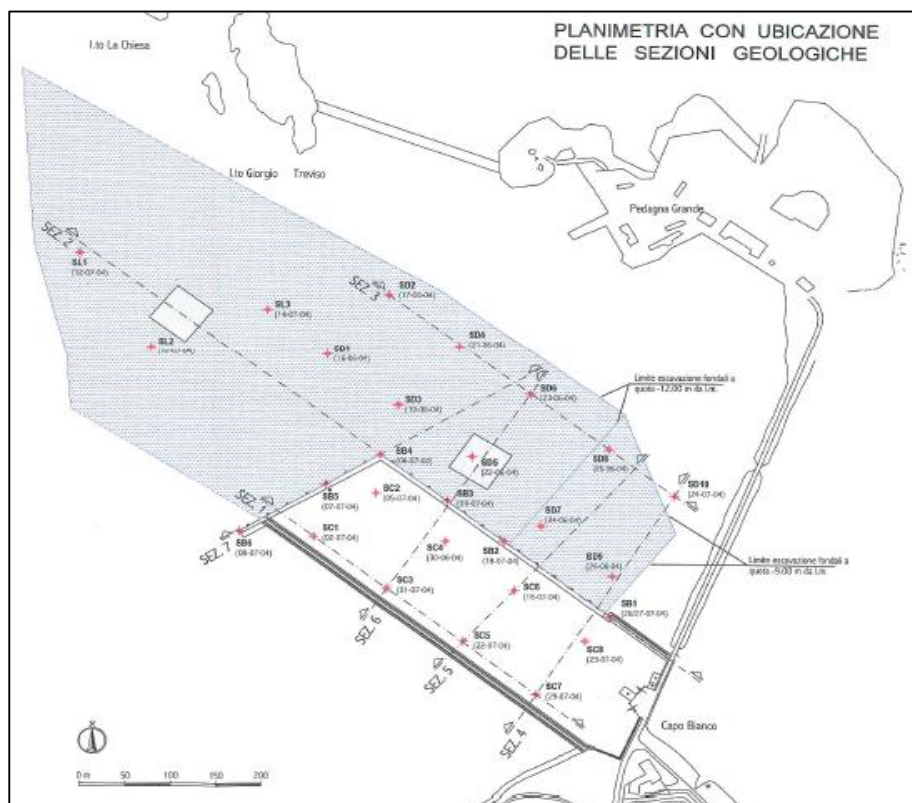


Fig. 15 - Stralcio cartografico con l'ubicazione delle indagini.

In seguito delle indagini è stato possibile ricostruire un modello del sottosuolo consistente in quattro livelli litostratigrafici così divisi (vd. le sezioni geologiche di fig. 16):

- depositi marini recenti;
- sabbie frammiste a noduli calcarenitici;
- limi sabbiosi e sabbie limose grigio-azzurre;
- argille limo-sabbiose.

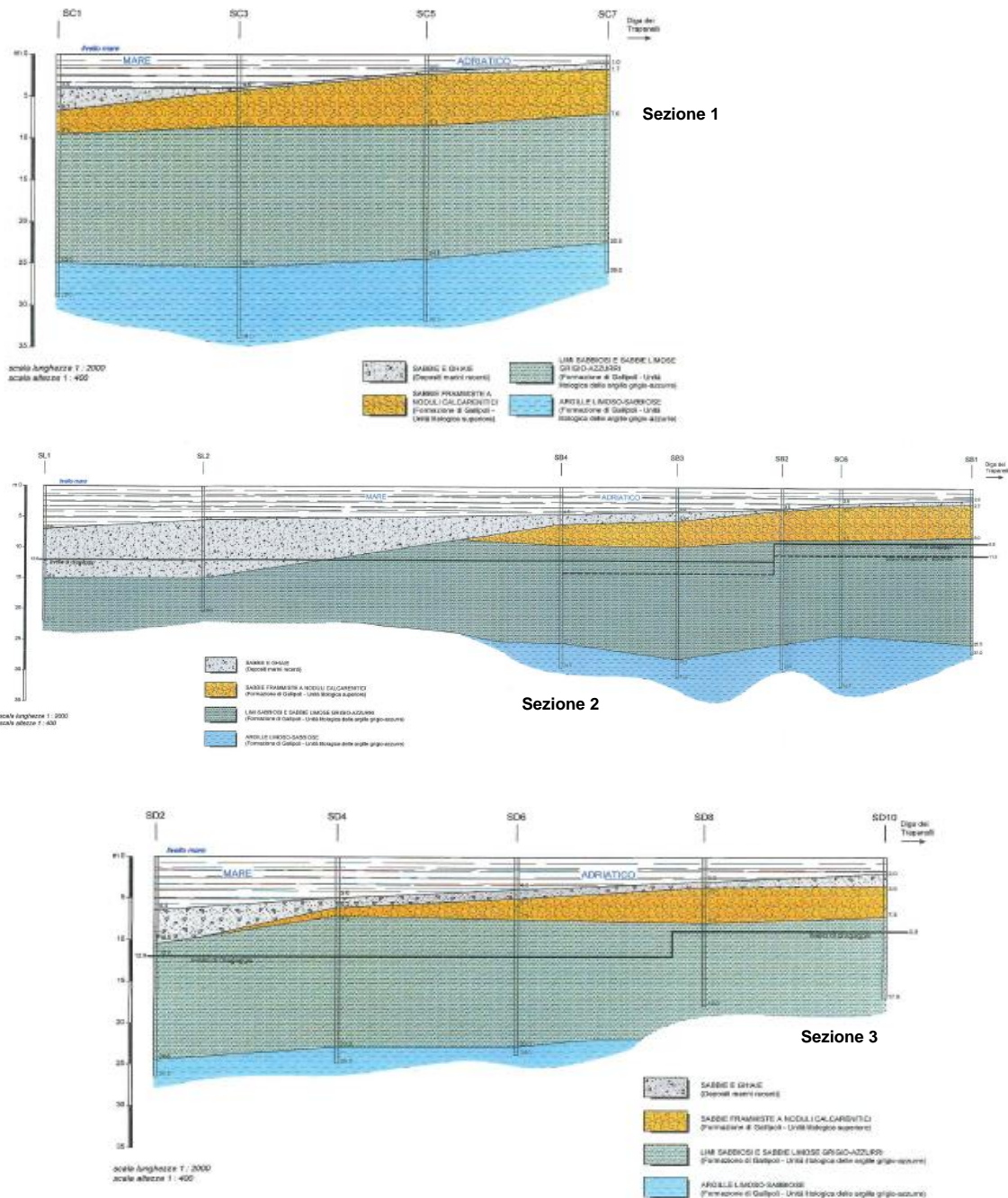


Fig.16 – Sezioni geologiche ricostruite con l’ausilio dei sondaggi geognostici.

Tale successione, ha contribuito ha elaborare le sottostanti sequenze geolitologiche definendo un modello geologico del sottosuolo.

I caratteri meccanici di tale successione sedimentaria sono riassunte delle seguenti tabelle:

Depositi recenti sabbio-limosi.

Si tratta di depositi rinvenuti in tutti i sondaggi realizzati nell'area di pertinenza. Hanno uno spessore variabile da qualche decimetro a oltre 8 metri.

Tabella 1 - Depositi recenti sabbioso-limosi: Quadro riassuntivo delle prove di laboratorio eseguite

Camp No.	Prof. (m)	A (%)	L (%)	S (%)	G (%)	WL (%)	WP (%)	IP (%)	yr (g/cm ³)	yt (g/cm ³)	yd (g/cm ³)	w (%)	e (%)	n (%)	s (%)	USCS	c' (kN/m ²)	Ø' (°)	Sostanza Organica (%)
B3/C1	1.0-1.5	6	38	38	19	0	0	0	2,72	1,96	1,62	21	0,681	41	84	ML		37,73	
C2/C1	1.5-2.0	6	45	49	0	0	0	0	2,70	1,98	1,56	27	0,722	42	100	ML			0,2
D2/C1	3.5-3.9	8	78	45	0	0	0	0	2,71	2,01	1,62	24	0,874	40	98	ML		37,17	
D3/C1	2.0-2.5	8	45	43	4	0	0	0	2,71	2,02	1,61	25	0,675	40	100	ML		37,58	
D3/C2	4.0-4.5	10	51	38	1	0	0	0	2,73	2,02	1,61	25	0,690	41	100	ML		46,14	0,1
D4/C1	1.0-1.5	5	17	67	11	0	0	0	2,7	1,96	1,53	28	0,766	43	99	SM		45,46	0,1
D5/C1	2.0-2.5	7	44	47	2	0	0	0	2,67	1,98	1,54	29	0,736	42	100	ML		43,55	
L1/C1	3.0-3.5	3	14	80	3	0	0	0	2,7	2,02	1,62	25	0,666	40	100	SP			0,1
L2/C1	8.5-9.0	4	15	81	0	0	0	0	2,71	2,01	1,64	23	0,656	40	94	SP			
MEDIA		6	39	54	4				2,71	2,00	1,59	25	0,696	41	97			41,27	0,1
SCARTO		2	21	17	6				0,02	0,03	0,04	2	0,037	1	5			4,23	0,1
MINIMO		3	14	38	0	0	0	0	2,67	1,96	1,53	21	0,66	40	84			37,17	0,1
MASSIMO		10	78	81	19	0	0	0	2,73	2,02	1,64	29	0,77	43	100			46,14	0,2

Tabella 2 - Sabbie con limi giallastre: Quadro riassuntivo delle prove di laboratorio eseguite

Camp No.	Prof. (m)	A (%)	L (%)	S (%)	G (%)	WL (%)	WP (%)	IP (%)	yr (g/cm ³)	yt (g/cm ³)	yd (g/cm ³)	w (%)	e (%)	n (%)	s (%)	USCS	c' (kN/m ²)	Ø' (°)	Sostanza Organica (%)	OCR
B3/C2	4.0-4.5	3	42	52	4	0	0	0	2,71	2,00	1,58	26	0,713	42	100	ML		34,4		
C1/C1	3.0-3.5	2	43	53	3	0	0	0	2,70	1,99	1,56	27	0,726	42	100	ML		33,7	0,1	
C4/C1	1.0-1.5	4	45	47	4	0	0	0	2,71	2,04	1,61	26	0,685	41	100	ML		37		
D6/C1	1.5-2.0	7	30	35	28	0	0	0	2,70	2,01	1,61	25	0,675	40	100	SW		37		
D7/C2	2.5-2.6	5	49	46	0	0	0	0	2,70	2,06	1,67	23	0,617	38	100	ML				
D7/C3	3.5-3.6	5	47	46	2	0	0	0	2,71	2,06	1,67	24	0,625	38	100	ML				
D8/C1	1.0-1.5	9	39	51	1	0	0	0	2,70	1,99	1,57	27	0,722	42	100	ML		40,7		
D8/C2	2.5-3.0	4	31	40	24	0	0	0	2,71	2,03	1,64	24	0,654	40	98	SW		39,2		
L3/C1a	6.5-7.0	5	33	49	12	0	0	0	2,69	2,07	1,71	21	0,576	37	99	ML				
L3/C1b	6.5-7.0	9	58	33	0	0	0	0	2,71	2,05	1,66	24	0,632	39	100	ML				
MEDIA		5	42	45	8				2,70	2,03	1,63	25	0,663	40	100			37,0	0,10	
SCARTO		2	9	7	10				0,01	0,03	0,05	2	0,051	2	1			2,68		
MINIMO		2	30	33	0				3	2	2	21	1	37	98			34	0,1	
MASSIMO		9	58	53	28				3	2	2	27	1	42	100			41	0,1	

Sabbie con limi giallastre.

Nella maggior parte dei sondaggi effettuati sono stati ritrovati e sono riconducibili alla *Formazione di Gallipoli Auct.* Sono depositi sabbio-limosi con abbondanti noduli calcarenitici e si ritrovano tra 0,20 e i 5,50 m sotto il fondale marino con la tendenza ad assottigliarsi verso il largo. Granulometricamente sono un'alternanza di sabbie limose e limi sabbiosi debolmente argillosi.

Limi con sabbia grigio azzurre.

Si tratta di una sequenza di limi con sabbie alternati a sabbie con limi da debolmente argillosi ad

Tabella 3 - Limi con sabbia grigio-azzurri: Quadro riassuntivo delle prove di laboratorio eseguite

Camp No.	Prof. (m)	A (%)	L (%)	S (%)	G (%)	WL (%)	WP (%)	IP (%)	yr (g/cm³)	yt (g/cm³)	yd (g/cm³)	w (%)	e (%)	n (%)	s (%)	60/30 (g/cm³)	c' (kN/m²)	Ø' (°)	Sostanza Organica (%)	OCR
B1/C1	7,5-8,0	7	46	47	0	0	0	0	2,71	2,02	1,63	24	0,663	40	99	ML		40		
B1/C2	11,0-11,5	11	60	30	0	0	0	0	2,71	2,04	1,62	26	0,670	40	100	ML		36,40		
B1/C3	14,0-14,5	10	67	23	0	0	0	0	2,73	2,06	1,69	22	0,617	38	99	ML		33,3		
B2/C1	5,0-5,5	2	42	57	0	0	0	0	2,72	1,95	1,52	28	0,788	44	97	ML		26,3		
B2/C2	10,0-10,5	4	66	30	0	0	0	0	2,72	2,07	1,69	22	0,605	38	100	ML		26,6	0,1	
B2/C3	13,0-13,5	6	68	26	0	0	0	0	2,72	2,02	1,6	26	0,695	41	100	ML			0,8	
B2/C4	18,0-18,5	7	61	22	0	0	0	0	2,75	2,02	1,6	26	0,718	42	100	ML			0,6	
B3/C3	10,5-11,0	5	54	41	0	0	0	0	2,73	2,05	1,66	24	0,643	39	100	ML			0,4	
B3/C4	15,0-15,5	6	70	24	0	0	0	0	2,73	2,00	1,58	27	0,728	42	100	ML			0,2	
B4/C1	6,0-6,5	11	52	37	0	0	0	0	2,70	2,11	1,75	21	0,545	35	100	ML		40,4	0,7	
B4/C2	15,0-15,5	13	65	22	0	0	0	0	2,72	2,04	1,64	25	0,662	40	100	ML		32,9		
B5/C1	9,5-10,0	7	67	26	0	0	0	0	2,71	2,09	1,71	22	0,588	37	100	ML		37		
B5/C2	15,0-15,5	8	68	24	0	0	0	0	2,72	1,97	1,56	26	0,746	43	96	ML		26,3		
B6/C1	3,0-3,5	3	50	47	0	0	0	0	2,70	2,06	1,66	24	0,625	39	100	ML		39,6		12,3
B6/C2	10,0-10,5	5	69	26	0	0	0	0	2,70	2,09	1,70	23	0,584	37	100	ML		37,8		
B6/C3	16,0-16,5	5	69	25	0	0	0	0	2,71	1,99	1,57	27	0,729	42	99	ML				
B6/C4	20,0-20,5	9	70	22	0	0	0	0	2,72	2,05	1,66	24	0,642	39	100	ML				9,4
C1/C2	9,0-9,5	3	64	33	0	0	0	0	2,72	2,00	1,58	27	0,725	42	100	ML		27,1		
C1/C3	14,5-15,0	12	69	20	0	0	0	0	2,71	2,01	1,60	26	0,698	41	100	ML				18
C2/C2	10,0-10,5	11	64	26	0	0	0	0	2,73	2,07	1,69	22	0,610	38	99	ML		34,8		10
C2/C3	16,0-16,5	12	68	22	0	0	0	0	2,72	2,00	1,59	26	0,712	42	100	ML				
C3/C1	6,0-6,5	7	51	42	0	0	0	0	2,70	2,02	1,61	25	0,676	40	100	ML		33,2		10,5
C3/C2	10,5-11,0	12	70	18	0	28	25	3	1,98	1,55	28	0,760	43	100	ML		31,8		32,6	
C3/C3	14,5-15,0	10	68	22	0	0	0	0	2,73	2,02	1,61	25	0,688	41	100	ML				
C4/C2	9,0-9,5	8	61	32	0	0	0	0	2,68	2,01	1,61	25	0,665	40	100	ML		25,9		6,5

Camp No.	Prof. (m)	A (%)	L (%)	S (%)	G (%)	WL (%)	WP (%)	IP (%)	yr (g/cm³)	yt (g/cm³)	yd (g/cm³)	w (%)	e (%)	n (%)	s (%)	60/30 (g/cm³)	c' (kN/m²)	Ø' (°)	Sostanza Organica (%)	OCR
C4/C3	15,0-15,5	9	65	26	0	0	0	0	2,73	1,96	1,57	26	0,735	42	97	ML				17,3
C5/C2	10,0-10,5	7	60	33	0	0	0	0	2,70	1,99	1,57	26	0,713	42	100	ML		34,3		11,7
C6/C1	8,5-9,0	4	54	42	0	0	0	0	2,71	2,07	1,69	23	0,605	38	100	ML		46		24,3
C6/C2	11,0-11,5	4	57	39	0	0	0	0	2,71	2,01	1,60	25	0,690	41	100	ML		38,5		8
C7/C1	9,5-10,0	6	51	43	1	0	0	0	2,71	2,00	1,59	26	0,706	41	100	ML		26,7		6,9
C7/C2	13,0-13,5	10	62	28	0	0	0	0	2,73	2,06	1,68	23	0,624	38	99	ML		26,7		15,8
C8/C1	8,5-9,0	5	54	42	0	0	0	0	2,72	2,09	1,59	24	0,612	38	100	ML		49,9		18
C8/C2	13,5-14,0	4	59	37	0	0	0	0	2,72	2,01	1,58	27	0,720	42	100	ML		54,6		9,5
D9/C1	6,5-7,0	2	14	85	0	0	0	0	2,71	2,00	1,58	26	0,716	42	100	SP		33,8		17,6
D7/C4	4,7-4,8	4	53	44	0	0	0	0	2,72	2,08	1,69	23	0,609	38	100	ML				
D7/C5	5,8-5,9	5	46	47	2	0	0	0	2,71	2,06	1,68	22	0,614	38	99	ML				
D7/C6	11,0-11,2	6	61	33	0	0	0	0	2,72	2,09	1,70	23	0,596	37	100	ML				
D6/C2	4,5-5,0	7	51	43	0	0	0	0	2,72	1,95	1,55	26	0,756	43	94	ML		45,5		
D5/C3	10,0-10,5	4	63	33	0	0	0	0	2,72	2,04	1,62	26	0,681	40	100	ML				
D5/C4	18,0-18,5	7	70	24	0	28	25	3	2,72	1,99	1,56	27	0,743	43	100	ML			0,5	
D4/C2	8,5-9,0	5	46	49	0	0	0	0	2,71	2,00	1,59	26	0,709	42	100	ML			0,6	
D3/C3	7,5-7,8	11	55	35	0	0	0	0	2,72	2,02	1,61	25	0,691	41	100	ML			0,7	
D2/C2	7,0-7,5	8	56	36	0	0	0	0	2,70	1,99	1,57	26	0,714	42	100	ML		34,5		
L1/C2	10,0-10,5	6	40	55	0	0	0	0	2,70	2,00	1,59	26	0,693	41	99	ML			0,8	
MEDIA	7	58	34	0					2,72	2,03	1,62	25	0,675	40	99			35,4	0,5	14,5
SCARTO	3	11	13	0					0,01	0,04	0,06	2	0,057	2	1			7,6	0,2	6,8
MINIMO	2	14	18	0	0	0	0	0	2,68	1,95	1,52	21	0,545	35	94			25,9	0,1	8,0
MASSIMO	13	70	85	2	28	25	3	2,75	2,11	1,75	28	0,788	44	100			54,6	0,8	32,8	

argillosi e si riscontrano sotto il fondale a una profondità di 2,20 e 9,50 m con uno spessore variabile tra 13,50 e i 18,30 m

Argille con limi grigio azzurre

Si tratta di limi con argille e limi argillosi sabbiosi. Che si ritrovano a una profondità variabile tra i -18 e i -24 m sotto il fondale marino.

Tabella 4 - Argille con limi grigio-azzurre: Quadro riassuntivo delle prove di laboratorio eseguite

Camp No.	Prof. (m)	A (%)	L (%)	S (%)	G (%)	WL (%)	WP (%)	IP (%)	yr (g/cm ³)	yt (g/cm ³)	yd (g/cm ³)	w (%)	e	n (%)	s (%)	USCS	c' (kN/m ²)	Ø' (°)	Sostanza Organica (%)	OCR
B2/C5	22.0-22.5	34	55	12	0	35	18	17	2,75	2,03	1,64	24	0,676	40	96	ML				
B3/C5	24.0-24.5	19	82	19	0	31	18	12	2,73	2,05	1,68	24	0,651	39	100	CL			0,4	
B5/C3	21.5-22.0	25	60	16	0	37	18	19	2,74	2,04	1,66	22	0,644	39	95	CL			0,6	
B5/C4	24.5-25.0	18	65	17	0	31	18	12	2,73	1,98	1,53	29	0,787	44	100	CL				
B6/C5	24.5-25.0	20	61	20	0	34	17	17	2,72	2,03	1,64	24	0,666	40	98	CL				
C1/C4	21.0-21.5	26	58	16	0	34	18	17	2,74	2,04	1,66	23	0,648	39	97	CL				
C2/C4	22.0-22.5	26	62	12	0	34	18	16	2,74	2,03	1,66	22	0,654	40	94	CL				
C3/C4	21.5-22.0	26	60	14	0	37	17	20	2,75	2,02	1,63	24	0,692	41	96	CL				2,3
C3/C5	28.5-29.0	14	74	12	0	33	19	14	2,72	2,03	1,63	24	0,667	40	100	CL				2,2
C4/C4	21.0-21.5	21	63	16	0	35	17	18	2,73	2,02	1,60	26	0,705	41	100	CL				2,6
C4/C5	27.0-27.5	26	59	15	0	34	18	16	2,72	2,04	1,66	23	0,644	39	99	CL				2,4
MEDIA		23	62	15	0	34	18	16	2,73	2,03	1,63	24	0,676	40	98				0,5	2,4
SCARTO		5	5	3	0	2	1	3	0,01	0,02	0,04	2	0,042	1	2				0,1	0,3
MINIMO		14	55	12	0	31	17	12	2,72	1,98	1,53	22,00	0,64	39	94				0,4	2,2
MASSIMO		34	74	20	0	37	19	20	2,75	2,05	1,68	29,00	0,79	44	100				0,6	2,8

9b. Potenziamento degli ormeggi navi Ro-Ro a Costa Morena Ovest. Realizzazione di un pontile amovibile (2012).

Le indagini svolte sono state finalizzate alla caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni interessati dalla realizzazione di un pontile su briccole a Costa Morena Ovest.

Sono stati, pertanto eseguiti 6 sondaggi geognostici a carotaggio continuo di cui 4 a mare nell'area prospiciente alla banchina, e 2 sulla banchina, con l'esecuzione di prove SPT durante il corso della perforazione, il prelievo di campioni per le successive analisi di laboratorio e l'esecuzione di prove Down Hole per la caratterizzazione sismica della zona (vd. fig. 17).

I sondaggi geognostici hanno permesso di definire la stratigrafia dei terreni attraversati.

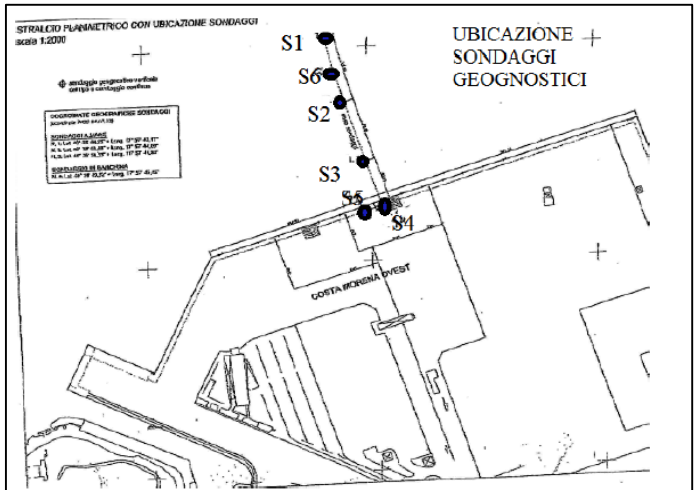


Fig. 17 – Planimetria con l'ubicazione delle indagini.



Fig. 18 – Colonna stratigrafica ricavata dai sondaggi realizzati a mare.

La stratigrafia dell'area prospiciente la banchina (vd. fig. 18) è costituita da sabbia fine limosa sciolta per i primi 18 m, passante a sabbia fine limosa argillosa mediamente addensata fino a circa 21 m, che poggia su uno strato di limo grigio azzurro presente fino a - 30 m dal p.c.

I sondaggi effettuati in corrispondenza della banchina mettono in evidenza la presenza di materiale di riporto costituito da sabbia

grossolana con inclusioni di elementi litoidi di diversa forma e natura per circa 15 m, passante a limi argillosi e sabbie limose poggianti su uno strato di argilla presente dai 25 m di profondità fino a fine sondaggio (65 m sondaggio S5). Inoltre, durante le fasi di perforazione, sono stati eseguite delle prove geofisiche, tipo Down Hole per la caratterizzazione sismica del sottosuolo. Nel:

Sondaggio sismico eseguito nel sondaggio n. 1

Dalla sommatoria delle velocità delle onde sismiche è risultata una velocità media nei primi 30 m di **251 m/s**, assimilabile alla categoria di sismica **C**.

Sondaggio sismico eseguito nel sondaggio n. 3

Dalla sommatoria delle velocità delle onde sismiche è risultata una velocità media nei primi 30 metri di **274 m/s**, il suolo di fondazione ricade nella categoria sismica **C**.

Sondaggio sismico eseguito nel sondaggio n. 4

Dalla sommatoria delle velocità delle onde sismiche è risultata una velocità media nei primi 30 metri di **278 m/s**, il suolo di fondazione ricade nella categoria sismica **C**.

Per la caratterizzazione fisico-meccanica dei litotipi presenti nel sottosuolo sono state eseguite delle prove dirette SPT in foro (S1, 2, 3 e 6) e delle prove di laboratorio sui campioni indisturbati prelevati in foro. I risultati mettono in evidenza che i litotipi presenti nei primi metri di profondità hanno una scarsa resistenza alla penetrazione e possiedono caratteristiche meccaniche scadenti. Di seguito vengono riportati i parametri geotecnici dei litotipi presenti nell'area indagata e i risultati delle prove SPT.

DATI GEOTECNICI AREA INTERESSATA DAL PROGETTO DEL NUOVO MOLO (S1-S2-S3-S6)				
Descrizione	Prof. (in m)	c' (kg/cm ²)	φ °	γ (t/m ³)
sabbia limosa sciolta	da 0.00 a -18.00	0	26	1,3
sabbia limo-argillosa med. addensata	da -18.00 a - 21.00	0,33 - 0,37	26 - 27	1,98 - 1,99
limo argilloso grigio-azzurro	da - 21,00 a -30,00	0,3 - 0,4	18 - 20	2

SCHEMA GEOTECNICO AREA SULLA BANCHINA (S4 - S5)				
Descrizione	Prof. (in m)	c'(kg/cm ²)	φ °	γ (t/m ³)
terreno di riporto	da 0.00 a -21.00	0	28	1,8
limo-sabbio argilloso	da-21.00 a - 25.00	0,8	29	2,0
Limo argilloso grigio-azzurro	da - 25.00 a - 45.00	1,9	20 - 24	2

SONDAGGIO N. 1 - Prova SPT 1				
Prova	Prof. in m	n. colpi 15 cm	n. colpi 30 cm	n. colpi 45 cm
1	2,00 - 2,45	4	3	6
2	3,00 - 3,45	3	4	5
3	4,00 - 4,45	2	4	5
4	5,00 - 5,45	4	4	6
5	6,00 - 6,45	5	6	8
6	7,00 - 7,45	6	6	7
7	8,00 - 8,45	7	7	8
8	9,00 - 9,45	6	6	6
9	10,00 - 10,45	8	6	9
10	11,00 - 11,45	7	8	9
11	15,00 - 15,45	5	7	10
12	19,50 - 19,95	9	11	15

SONDAGGIO N. 2 - Prova SPT 2				
Prova	Prof. in m	n. colpi 15 cm	n. colpi 30 cm	n. colpi 45 cm
1	3,00 - 3,45	2	2	2
2	4,00 - 4,45	1	3	4
3	5,00 - 5,45	3	4	5
4	6,00 - 6,45	6	7	7
5	7,00 - 7,45	5	7	8
6	8,00 - 8,45	6	9	8
7	9,00 - 9,45	7	8	9
8	10,00 - 10,45	7	11	9
9	11,00 - 11,45	8	9	11
10	12,00 - 12,45	9	9	10
11	15,00 - 15,45	8	9	12

12	18,00 – 18,459	9	11	15
----	----------------	---	----	----

SONDAGGIO N. 3 - Prova SPT 3				
Prova	Prof. in m	n. colpi 15 cm	n. colpi 30 cm	n. colpi 45 cm
1	2,50 – 2,95	2	3	3
2	3,50- 3,95	2	4	3
3	4,50 – 4,95	3	3	5
4	5,50 – 5,95	5	4	6
5	6,50 – 6,95	3	6	8
6	7,50 – 7,95	4	6	9
7	8,50 – 8,95	5	5	8
8	9,50 – 9,95	6	7	10
9	10,50 – 10,95	5	8	9
10	11,50 – 11,95	7	8	9
11	12,50 – 12,95	8	9	10
12	13,50 – 13,95	9	9	11

SONDAGGIO N. 6 - Prova SPT 6				
Prova	Prof. in m	n. colpi 15 cm	n. colpi 30 cm	n. colpi 45 cm
1	3,50- 3,95	3	4	5
2	4,50 – 4,95	4	3	3
3	5,50 – 5,95	5	5	5
4	6,50 – 6,95	4	7	8
5	7,50 – 7,95	6	7	9
6	8,50 – 8,95	7	7	8
7	9,50 – 9,95	8	8	9
8	10,50 – 10,95	9	11	10
9	11,50 – 11,95	8	9	11
10	13,00 – 13,45	9	10	12
11	14,50 – 14,95	10	11	12
12	15,50 – 15,95	11	10	13

9c. Rilievo sismico monocanale dell'area marina compresa tra il Pontile Petrolchimico e Costa Morena Est (2015).

La GeoProSys S.r.l. è stata incaricata dall'Autorità portuale di Brindisi dell'esecuzione di un rilievo sismico monocanale finalizzato alla definizione della geometria e delle caratteristiche acustiche della successione stratigrafica dei fondali di un'area marina del Porto di Brindisi compresa tra il Pontile Petrolchimico e il lato Est dello sporgente di Costa Morena (vd. fig. 19).

I rilievi hanno permesso di identificare delle facies sismiche classificate (vd. fig.20) dall'alto verso il basso da:

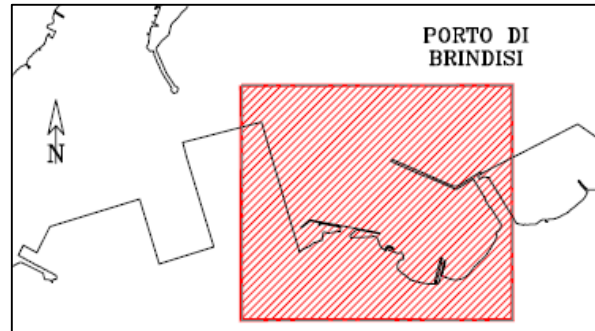


Fig. 19 - Ubicazione dell'area d'indagine.

Unità A: è riconducibile a un deposito di sedimenti medio fini (sabbie fini variamente limose e/o argillose) densi o molto densi. Si tratta dei depositi di spiaggia attuali naturalmente depositi per effetto dell'azione marina e degli apporti terrigeni costieri che costituiscono il fondo marino attuale.

Come atteso, gli spessori sono molto variabili e mostrano i loro valori massimi in corrispondenza della parte prossimale (sotto costa e presso il Molo ENICHEM) e sono quindi da considerarsi come depositi naturali di spiaggia.

Unità B: si tratta verosimilmente di un deposito con caratteristiche granulometriche differenti, probabilmente di un accumulo sabbioso grossolano denso, a tratti caotico e molto spesso cementato (detto 'Panchina').

Questo è reso evidente dalle caratteristiche sismiche della facies: segnale sismico confuso, scarsissima penetrazione e alta variabilità laterale fanno ipotizzare la presenza di sedimenti grossolani e caotici e la presenza di eventi di litificazione precoce o cementazione di tali sedimenti.

Unità C: si tratta del bed rock dell'intera serie stratigrafica descritta ma, a causa della scarsa penetrazione del segnale sismico, è di difficile interpretazione.

La sua posizione stratigrafica e la probabile origine erosiva della superficie superiore (delimitante le Unità B e C) fanno pensare a un corpo sedimentario riconducibile ad un substrato compatto di tipo argilloso. Con una buona approssimazione, è da interpretare come la parte superiore dell'*Unità delle Argille Subappennine Auct.*

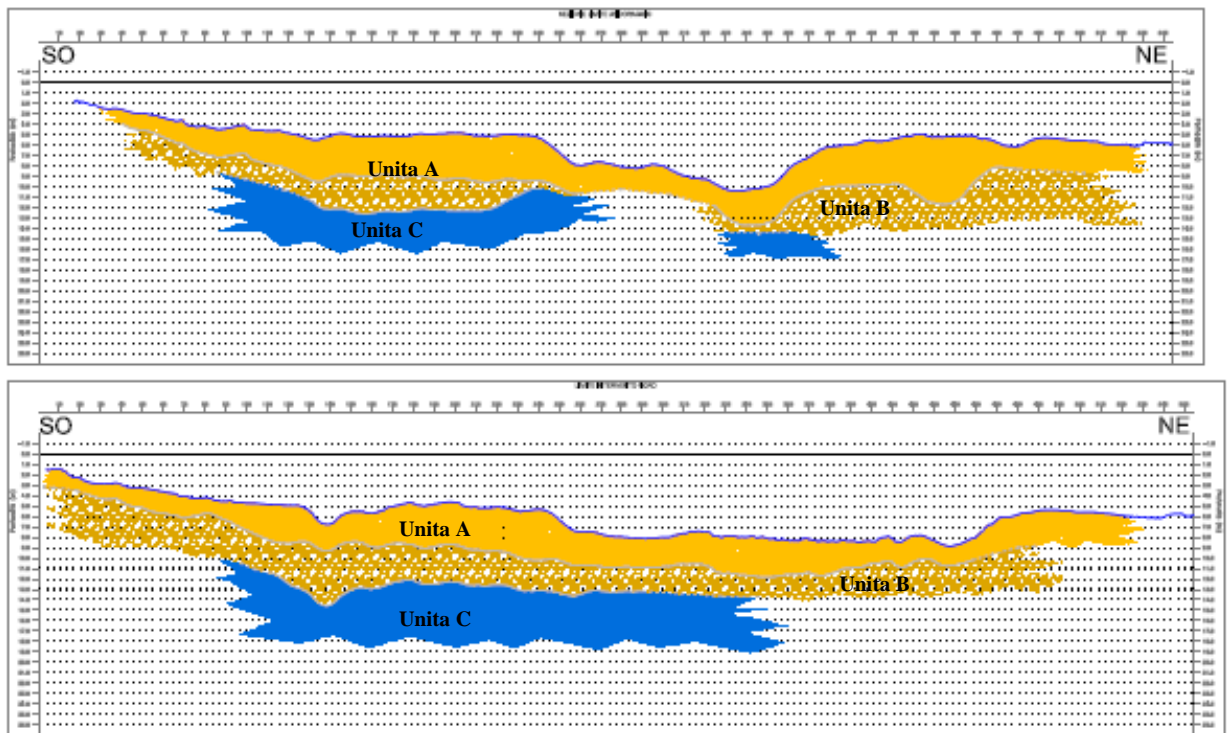


Fig.20 - Sezioni geologiche a mare interpretative a seguito di indagine geofisica.

9d. Lavori di completamento delle infrastrutture di security nel Porto di Brindisi (febr. 2019).

Nell'ambito dei *Lavori di completamento delle infrastrutture di security nel Porto di Brindisi* sono stati eseguiti delle indagini geognostiche e geofisiche costituite da (vd. foto 4):

- 2 sondaggi geognostici a c.c. fino alla profondità di – 15 m dal p.c. (vd. tab.5);
- prelievo di 5 campioni indisturbati per l'esecuzione di prove di laboratorio finalizzate alla determinazione dei principali parametri indice (vd. tab. 6);
- esecuzione, all'interno dei fori di sondaggio, di prove penetrometriche dinamiche del tipo

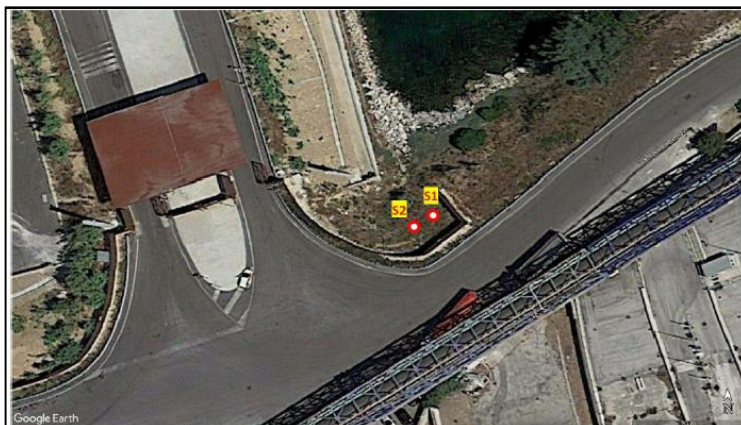


Foto 4 - Ubicazione dei sondaggi geognostici.

S.P.T. per la determinazione dei parametri di resistenza;

- l'esecuzione di una indagine sismica funzionale alla classificazione del profilo stratigrafico ai sensi delle vigenti N.T.C.

TABELLA 9.1 – STRATIGRAFIA SONDAGGIO S1	
Prof. dal p.c.	Descrizione litologica
0-0,60	Terreno di riporto
0,60-3,20	Limo sabbioso di colore bruno
3,20-4,00	Calcarenite di colore giallo ocra irregolarmente cementata
4,00-5,40	Calcarenite a grana fine di colore biancastro poco cementata nella parte superiore, più tenace in quella basale
5,40-5,80	Calcarenite organogena a grana grossolana tipo panchina, ben cementata, di colore giallo-avana
5,80-12,50	Alternanza di strati calcarenitici e livelli di sabbie concrezionate
12,50-14,10	Sabbie limoso-argillose di colore avana-grigiastro
14,10-15,00	Limi argillosi di colore grigio-azzurro

TABELLA 9.2 – STRATIGRAFIA SONDAGGIO S2	
Prof. dal p.c.	Descrizione litologica
0-0,40	Terreno di riporto
0,40-3,40	Limo sabbioso di colore bruno
3,40-4,10	Calcarenite di colore ocreo irregolarmente cementata
4,10-5,50	Calcarenite a grana fine di colore biancastro a grado di cementazione variabile
5,50-5,70	Calcarenite organogena a grana grossolana tipo "panchina", ben cementata, di colore giallo-avana
5,70-12,40	Alternanza di strati calcarenitici e livelli di sabbie concrezionate
12,40-14,30	Sabbie limoso-argillose di colore avana-grigiastro
14,30-15,00	Limi argillosi di colore grigio-azzurro

TABELLA 9.3 – Risultati delle prove S.P.T. eseguite nel sondaggio S1.		
Profondità (m dal p.c.)	N. di colpi totale	N _{SPT}
1,00	1+1+1	2
2,00	1+2+2	4
3,00	2+2+3	5
4,00	50 cp x 5 cm	R
5,00	50 cp x 3 cm	R
6,00	8+3+10	13
7,00	15+26+49	75
8,00	50 cp x 14 cm	R
9,00	7+23+24	47
10,00	11+26+38	64
11,00	50 cp x 2 cm	R
12,00	7+7+20	27
13,00	10+18+15	33
14,00	12+15+22	37
15,00	8+18+18	36

TABELLA 9.4 – Risultati delle prove S.P.T. eseguite nel sondaggio S2.		
Profondità (m dal p.c.)	N. di colpi totale	N _{SPT}
1,00	3+4+5	9
2,00	3+3+2	5
3,50	11+39+19	58
4,50	12+14+20	34
5,50	5+4+5	9
6,50	50 cp x 6 cm	R
7,50	50 cp x 3 cm	R
8,50	8+15+19	34
9,50	20+19+11	30
10,50	50 cp x 13 cm	R
11,50	50 cp x 7 cm	R
12,50	6+9+10	19
13,50	8+14+18	32
14,50	9+11+15	25
15,00	8+12+18	30

Tab. 5 - Litostratigrafie ricavate dai 2 sondaggi e i risultati delle SPT eseguite negli stessi sondaggi.

Camp.	Sond.	Prof. dal p.c. (m)	Peso di volume naturale (t/mc)	Contenuto naturale d'acqua (%)	% ghiaia	% sabbia	% limo + argilla
C1	S1	2,00-2,60	2,02	20,87	2,39	51,39	46,32
C2	S1	6,00-6,60	1,87	18,56	55,77	35,06	9,17
C3	S2	3,00-3,50	1,81	17,78	25,61	48,75	25,64
C4	S2	3,50-4,00	1,98	16,97	1,31	57,52	41,17
C5	S2	6,50-7,00	1,86	10,78	35,92	52,00	12,08

Tab. 6 - Risultati delle prove di laboratorio eseguite nei campioni indisturbati prelevati nei sondaggi geognostici.

9e. Lavori per il completamento dell'infrastrutturazione portuale mediante banchinamento e realizzazione della retrostante colmata tra il Pontile Petrochimico e Costa Morena Est (luglio 2019).

Nell'ambito dei "Lavori per il completamento dell'infrastrutturazione portuale mediante banchinamento e realizzazione della retrostante colmata tra il Pontile Petrochimico e Costa

Morena Est" sono state eseguite delle indagini geognostiche (vd. fig.21) consistenti in:

- ✓ 4 sondaggi meccanici a c.c. fino a -30 dal fondo marino;
- ✓ 2 prove CPTU;
- ✓ 1 Prova Masw

Nel corso dei sondaggi sono stati prelevati n. 9 campioni indisturbati per mezzo di campionatori a pressione (tipo Shelby).

Qui di seguito si rappresenta la tabella

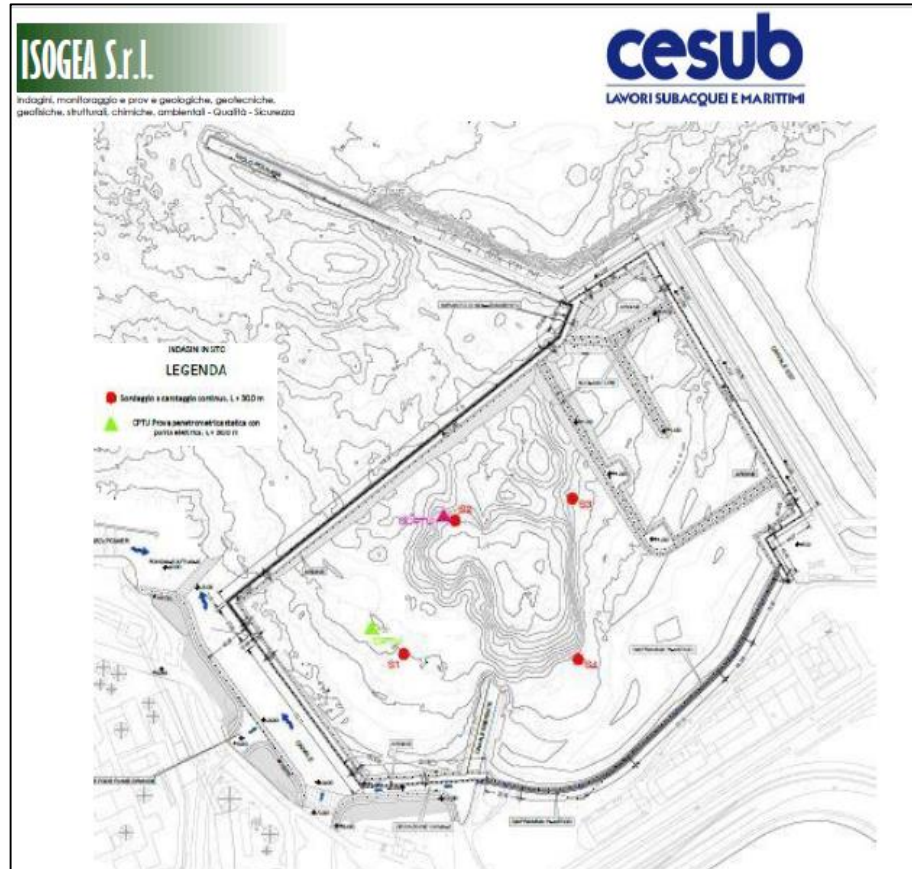


Fig. 21 – Stralcio cartografico con l'ubicazione delle indagini.

sintetica, dei risultati delle prove di laboratorio geotecnico e a seguire le stratigrafie dei sondaggi

Campione	Prof. (in m)	γ_{nat} (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)	C (kPa)	ϕ (°)	Classificazione AGI
S1-C1	14,50/15,00	32,1	26,1	16,6 CD	26,4	limo con sabbia
S1-C2	28,00/28,50	20,8	26,0	18,2 CD	25,0	limo con sabbia argillosa
S1-C3	33,50/34,00	21,4	25,5	51,7 UU	-----	limo argilloso e sabbioso
S2-C1	18,00/18,50	21,0	26,0	1,7 CD	30,9	sabbia limosa deb. argillosa
S2-C2	35,00/35,50	32,9	26,6	22,4 CD	24,3	limo sabbioso e argilloso
S3-C1	15,30/15,80	30,5	26,4	17,1	25,8	limo con sabbia deb. argilloso
S3-C2	34,70/35,20	20,7	25,6	30,8 CD/54,5 CU	25,2	limo argilloso e sabbioso
S4-C1	18,00/18,50	20,4	25,8	1,4 CD	30,6	sabbia limosa deb. argillosa
S4-C2	29,50/30,00	26,3	26,2	13,6 CD	26,6	limo con sabbia deb. argilloso

Tab. 7 – Riepilogo dei dati geotecnici sui campioni prelevati in foro.

geognostici eseguiti.

I quattro sondaggi a mare hanno permesso la costruzione delle seguenti colonne litostratigrafiche con gli spessori di ciascun livello espressi in metri (vd. fig. 22).

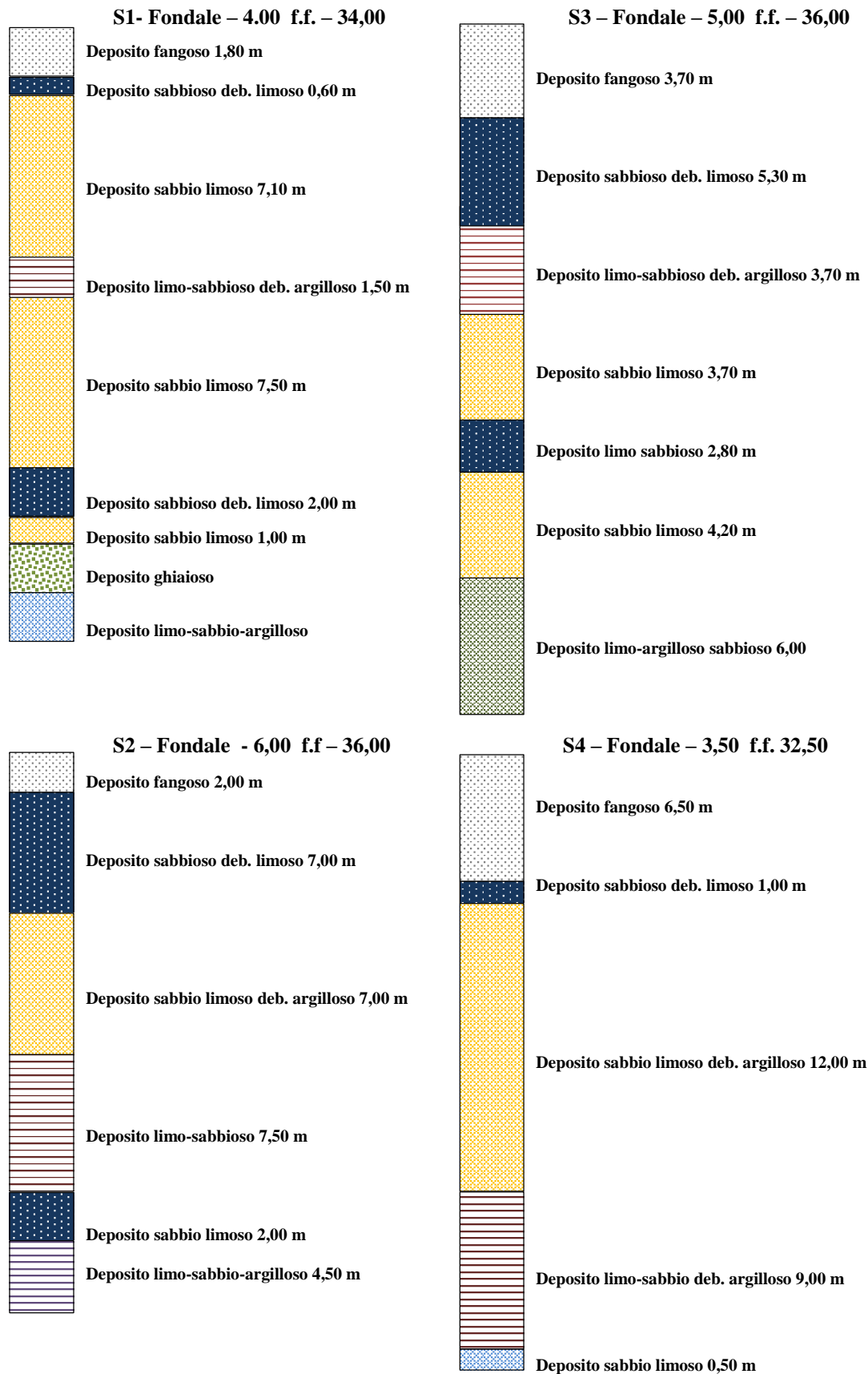


Fig.22 - Rappresentazione delle colonne stratigrafiche ricavate dai sondaggi S1, S2, S3 ed S 4.

L'indagine geofisica tipo *Masw* ha permesso di ricavare un valore di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio di 235 m/s che consente di classificare il sottosuolo (*ai sensi del par. 3.2.2 delle N.T.C. 2018*) in **Categoria C** ovvero “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s*”.

9f. Opere di completamento accosti portuali navi traghetto e Ro-Ro Sant'Apollinare – Porto di Brindisi.

Nella prima campagna d'indagini sono stati eseguiti 2 sondaggi geognostici (S1 ed S2) spinti fino a una profondità di – 60,00 m dal p.c. i cui risultati sono espressi nella sottostante tabella.

Stratigrafia interpretativa dei sondaggi S1 e S2	
Profondità (m)	Descrizione
0.00-10.00	Depositi continentali attuali Depositi continentali recenti Depositi alluvionali Depositi di Terrazzo
10.00-24.00	Sabbie fini grigio giallastre e sabbie limose
24.00-40.00	Limi argillosi mediamente compatti e argille limose grigio azzurre.
40.00-60.00	Calcareni di Gravina, calcareniti giallastre a grana grossa.

La seconda campagna susseguente ha previsto la realizzazione di nove sondaggi geognostici a c.c. ha permesso di discriminare 5 livelli riconducibili a tre Formazioni geologiche ovvero a un membro delle “Sabbie di Brindisi”, un membro delle “Argille Subappennine Auct.” e l'altro alle “Calcareni di Gravina Auct.” (vd. fig. 23 e le tabelle rappresentate).

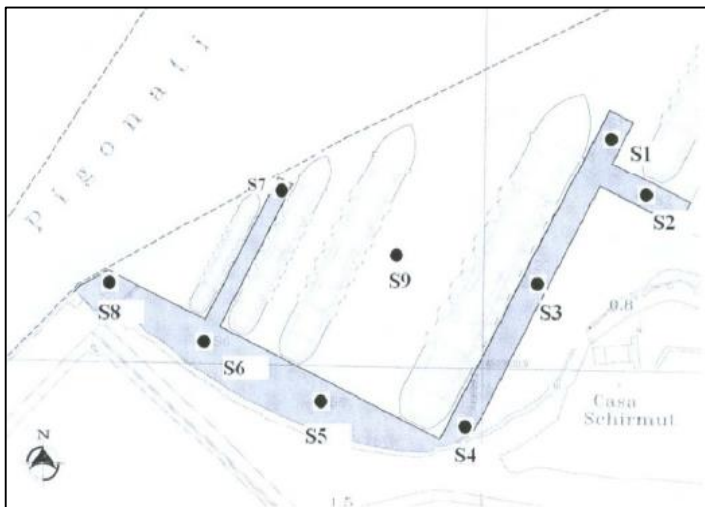


Fig. 23 - Ubicazione sondaggi seconda campagna (da S1 a S9).

Nell'ambito delle perforazioni sono stati prelevati 23 campioni indisturbati su cui si sono eseguite le seguenti prove meccaniche (di cui non si hanno i dati):

- analisi granulometriche;
- prove di taglio dirette;
- prove di compressione triassiali (UU)
- prove di compressione edometrica.

Inoltre, sono state eseguite 23 prove

SPT.

Formazione geologica	Livello	Descrizione
Membro delle sabbie di brindisi	Livello S	Sabbia fine grigio nerastra con presenza di sostanze organiche con intercalati livelli decimetrici sabbiosi più o meno addensati.
	Livello LS	Limi sabbiosi debolmente argillosi di colore grigio azzurri.
Membro delle Argille Subappennine propriamente dette	Livello LA	Argille limose grigio azzurre.
	Livello AS	Argille grigio azzurre
Formazione delle calcareniti di Gravina	Livello C	Sabbie grossolane di colore biancastro con intercalati livelli decimetrici calcarenitici. (Formazione delle Calcareni di Gravina)

9g. Lavori di completamento dell'infrastrutturazione portuale mediante banchinamento e realizzazione della retrostante colmata tra il Pontile Petrochimico e Costa Morena Est. - Lotto I ott. 2022

Nel mese di Ottobre del 2022, alla Geoprove Srl di Ruffano, è stata affidata l'esecuzione delle indagini in sito da parte dell'Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Meridionale. Essi sono consistite in:

- 3 prove penetrometriche dinamiche continue DPSH (vd. fig. 24);
- 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo, della profondità di 7.30 metri;
- prelievo e analisi di laboratorio geotecnico su terra su n.5 campioni;
- 5 prove SPT in foro.

Le successioni litostratigrafiche ricostruite con le prove DPSH 1,2 e 3 sono le seguenti:

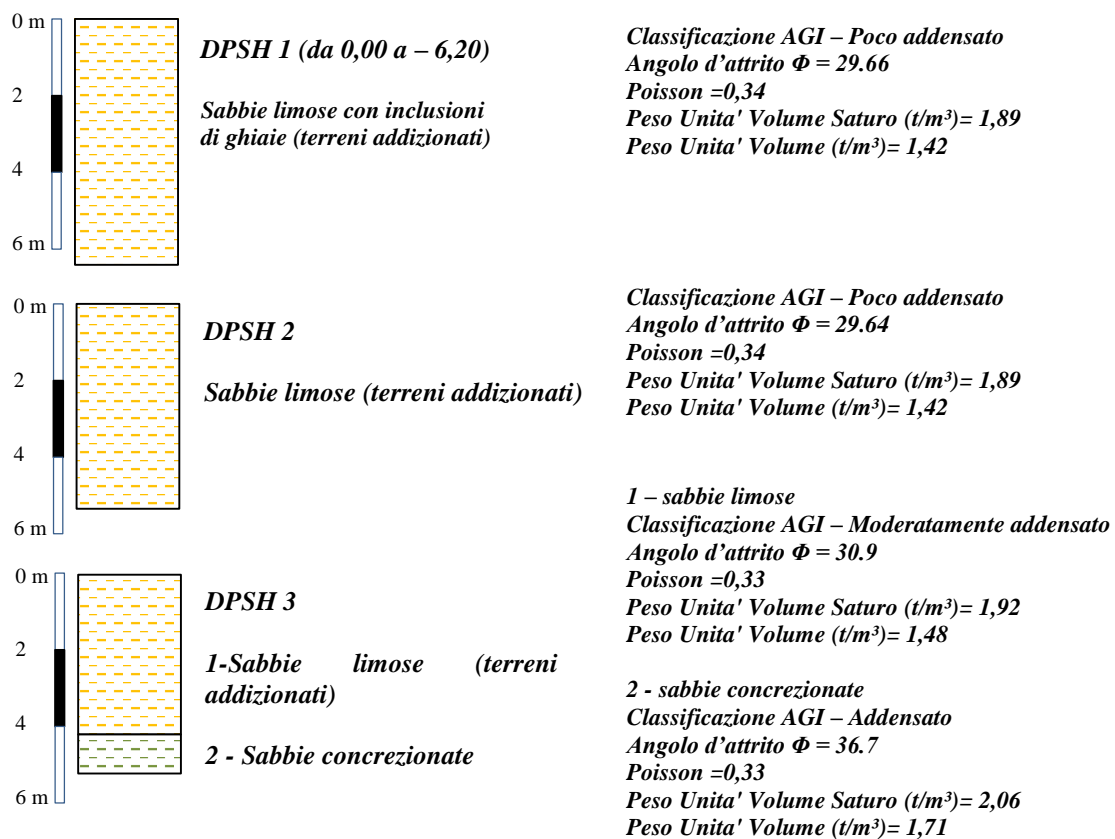


Fig. 24 – Colonne litostratigrafiche ricavate delle indagini DPSH.

11. CARATTERI GEOLOGICO-TECNICI DEI SUBSTRATI PORTUALI

Dall'analisi dei risultati delle predette campagne d'indagini in situ e di prove di laboratorio effettuate nella zona d'interesse è possibile riconoscere e definire i seguenti orizzonti stratigrafici partendo da p.c.:

Terreni addizionati (non cartografabili)

Da quanto si è evinto dalle risultanze delle indagini in situ, il litotipo in esame presenta un comportamento essenzialmente di tipo incoerente; in sede di analisi sono stati assunti i seguenti *range* di valori dei vari parametri geotecnici, mediando i dati disponibili:

Peso specifico $\gamma = 16 \div 18 \text{ kN/m}^3$;

Angolo di attrito efficace $\phi' = 18 - 20^\circ$;

Coesione drenata $c' = 0 \text{ kPa}$;

Vista la natura eterogenea del deposito, i valori dei parametri geomeccanici risultano mal valutabili e comunque, nel complesso da considerare molto scadenti, pertanto, se ne sconsiglia l'uso come possibile terreno di fondazione.

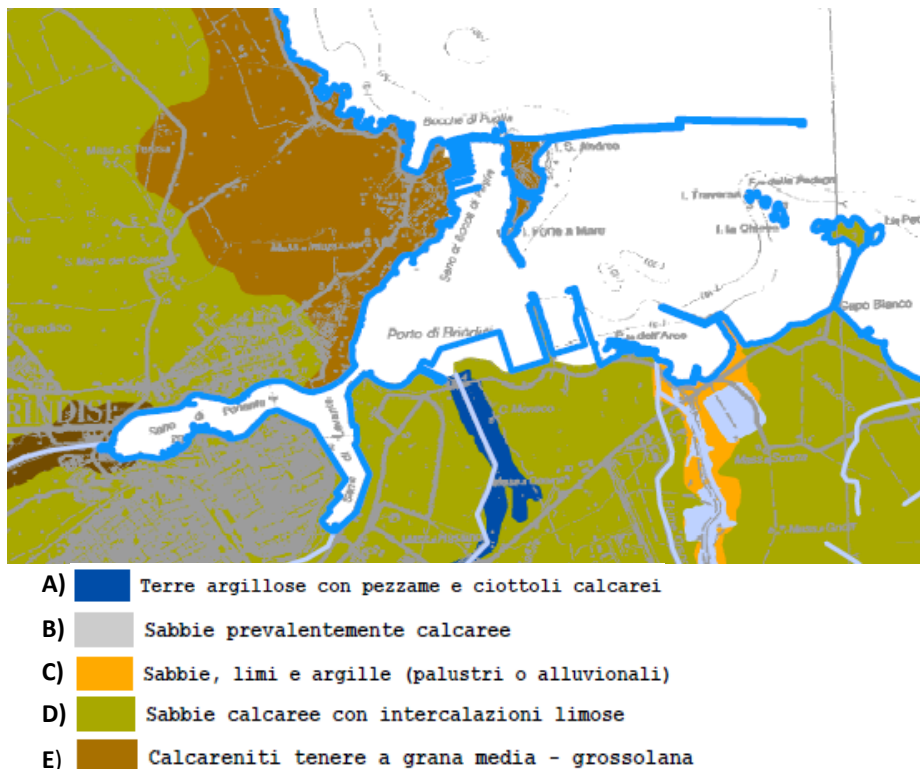


Fig. 25 - Stralcio della Carta litologica Settore Sud del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale Brindisi.

C e D) Depositi marini recenti (sabbie limose passanti a limi sabbiosi)

Questi terreni sono stati rinvenuti nelle varie campagne geognostiche e geofisiche del (2015/2019) e in numerosi sondaggi in mare. Le litologie sono costituite da alternanze di sabbie, sabbie limose e sabbie ghiaiose, con spessore variabile e possibili inclusi di materia organica in superficie. La potenza di questo livello è compresa tra i 1-5 metri, come rilevato nelle indagini svolte, anche se non si escludono possibili variazioni locali.

I parametri fisico-meccanici medi di questo livello sono:

Peso di volume nat. $\gamma = 1,9-2,0 \text{ kN/m}^3$

Coesione drenata $C'_k = 0 \text{ kPa}$

Angolo d'attrito interno $\varphi_k = 26 - 30^\circ$

E) Sabbie con noduli calcarenitici (Panchina)

Questa formazione non sempre rinvenibile in affioramento è costituita da un'alternanza di livelli centimetrici di arenaria con sabbia avano-rossastra totalmente incoerente e livelli lapidei costituiti da materiali sabbiosi cementati. Le alternanze lapidee sono piuttosto scarse, favorendo invece, una maggiore componente sabbiosa costituita da un aggregato di gusci foraminiferi, briozoi, molluschi e di materiale clastico, cementato da matrice calcarea.

La "panchina" si riscontra in affioramento nei settori settentrionali fino alla profondità di 7/10 m. dal p.c. e gli spessori variano dai 2 ai 7 m.

Peso di volume nat. $\gamma = 2,0 - 2,1 \text{ kN/m}^3$

Coesione drenata $C'_k = 0 \text{ kPa}$

Angolo d'attrito interno $\varphi_k = 38 - 41^\circ$

LITOSOMI NON AFFIORANTI E PRESENTI NEL SOTTOSUOLO

Limi sabbiosi e sabbie limo-argillose grigio azzurre (Formazione Gallipoli Auct.) parte apicale

Si tratta di limi sabbiosi e sabbie limose nelle porzioni stratigraficamente più elevate che, in profondità, passano a limi argillosi con livelli sottili di argilla e di limo debolmente cementato.

Questo litosoma ha un colore grigio-azzurro con frammenti fossili (conchiglie) e costituisce una facies di transizione all'interno della *Formazione di Gallipoli Auct.*, tra la facies superficiale sabbio-calcarenitica e quella basale prettamente argillosa.

La potenza di questo livello, nel sottosuolo, è abbastanza variabile (tra i 9 e i 15 metri), con uno spessore medio di circa 12 metri.

I parametri fisico meccanici medi di questo livello sono:

Peso di volume nat. $\gamma = 2,0 \text{ kN/m}^3$

Coesione drenata $C'_k = 15-30 \text{ kPa}$

Angolo d'attrito interno $\varphi_k = 25 - 26^\circ$

Argille limoso sabbiose grigio-azzurre (Formazione Gallipoli Auct.) parte basale

Alla base della successione litostratigrafica sono presenti delle argille limo-sabbiose, grigio azzurre, rinvenute a una profondità media di circa 20 - 25 metri (s.l.m.).

Questo litosoma è di colore grigio-azzurro e ha una componente sabbio-limosa che diminuisce gradatamente verso il basso, con l'aumentare del grado di sovraconsolidazione.

Costituisce la facies basale della *Formazione di Gallipoli Auct.* e ha una potenza elevata, come testimoniato dai sondaggi più profondi della zona industriale, laddove raggiunge i 40 metri. Di seguito sono riportati i parametri geotecnici medi:

Peso di volume nat. $\gamma = 2,0 - 2,1 \text{ kN/m}^3$

Coesione drenata $C'_k = 30 - 40 \text{ kPa}$

Angolo d'attrito interno $\varphi_k = 20 - 24^\circ$

Si fa presente che i dati riportati sono solo indicativi e vanno utilizzati esclusivamente come riferimento prettamente conoscitivo e orientativo, poiché le variazioni di tali parametri, in particolari condizioni, possono essere rilevanti.

Per questo, data la possibile variabilità litologica, in termini di granulometria, di passaggi laterali di litofacies, di variabilità dei principali parametri meccanici e dei caratteri idrogeologici dei terreni, si rende sempre necessario realizzare studi di dettaglio delle proprietà meccaniche, attraverso indagini geognostiche dirette e indirette, nella progettazione di future opere.

Le sezioni geologiche schematiche che qui appresso si rappresentano, riguardano due ambienti tipici dell'area portuale.

La loro ricostruzione (vd. fig. 26 e 27) è stata fatta attraverso i dati ricavati dai sondaggi geognostiche effettuati in ambito portuale.

Come si può notare la componente sabbiosa delle varie formazioni presenti nel sottosuolo è predominante.

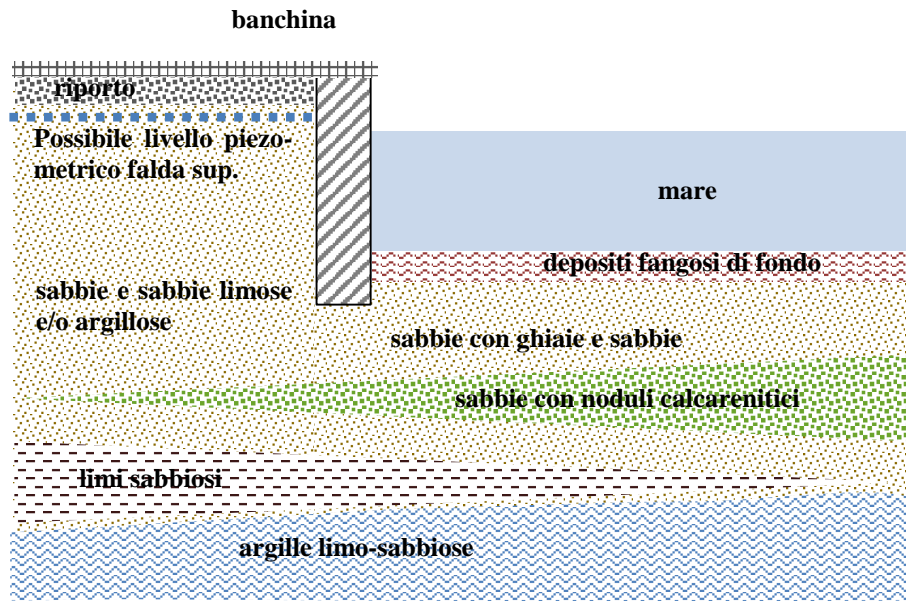


Fig. 26- - Sezione tipo a terra (area portuale).

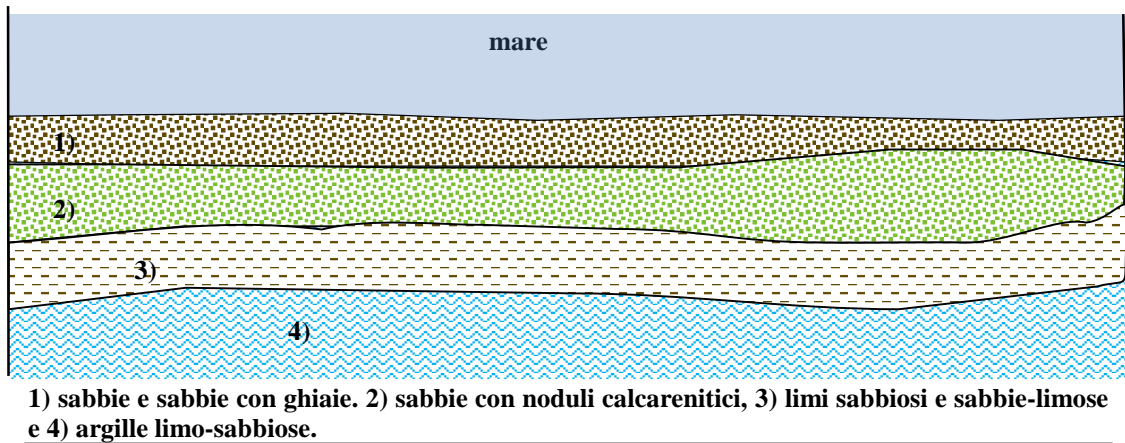


Fig. 27 - Sezione tipo area portuale (a mare) .

12. CONSIDERAZIONI SUGLI ASPETTI IDROGEOLOGICI LOCALI

Il territorio della piana di Brindisi è caratterizzato da un assetto idrogeologico tipico di strutture condizionate da caratteri di ordine tettono-strutturale e stratigrafico (vd. fig. 28).

In particolare, nell'areale portuale, così come in gran parte della Piana, è presente di una successione quaternaria, composta di una litofacies a diverso grado di permeabilità che determina una circolazione idrica ipogea che si manifesta attraverso due livelli sovrapposti (*acquiferi*), dando origine a due distinte falde freatiche, contenute all'interno di formazioni permeabili e separate da

livelli di depositi impermeabili (*acquicludes*) con permeabilità media di circa $3 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$.

Inoltre, è presente una falda profonda, che circola all'interno del basamento carbonatico mesozoico, ad alta-media permeabilità per fratturazione, fessurazione e

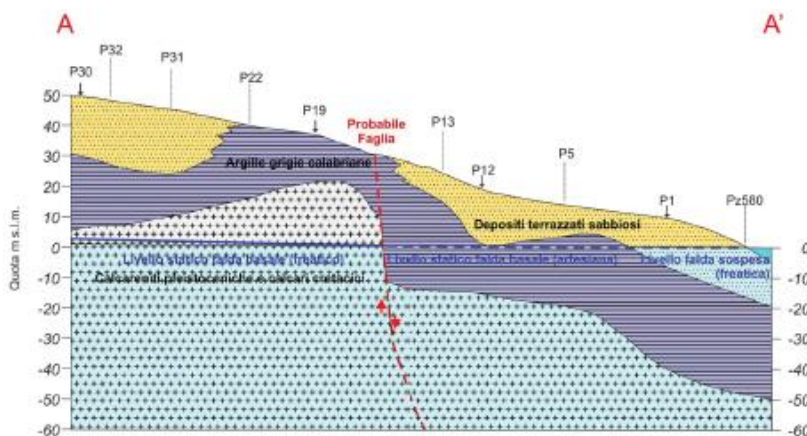


Fig. 28 – Sezione idrogeologica schematica dell'area brindisina.

carsismo.

I terreni che influiscono localmente nella circolazione idrica sotterranea fanno parte di quattro principali Unità Idrogeologiche (vd. Fig. 29) a differente grado di permeabilità costituite da:

a) un acquifero superficiale permeabile per porosità interstiziale, individuabile nei termini sabbiosi e calcarenitici dei “*Depositi marini terrazzati*”, terreni dotati di una permeabilità primaria direttamente legata al loro grado di porosità intergranulare e caratterizzati da valori di conducibilità idraulica dell'ordine di $10^{-4} \div 10^{-6} \text{ m/s}$. E' presente una falda freatica a pelo libero di scarso interesse idrogeologico e con uno scarso stato qualitativo per il fenomeno dell'intrusione salina lungo i margini costieri;

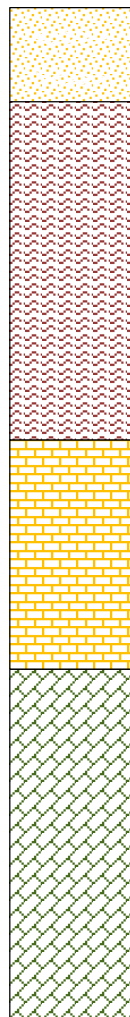
b) un'unità impermeabile, un *acquiclude* ($K < 10^{-9} \text{ m/s}$), rappresentato essenzialmente dai termini limoso-argillosi della Formazione delle “*Argille Subappennine Auct.*”.

c) un “sottile” acquifero profondo costituito da terreni prettamente calcarenitici ascrivibili alla formazione della “*Calcarenite di Gravina Auct.*” che presentano caratteristiche di permeabilità simili a un *acquitardo* ovvero a bassa permeabilità.

d) un acquifero profondo permeabile per fessurazione e carsismo, costituito dalle rocce calcareo-dolomitiche del basamento mesozoico (“*Calcare di Altamura Auct.*”), caratterizzate da valori di conducibilità idraulica variabili tra 10^{-2} e 10^{-4} cm/s. E’ un acquifero produttivo con una importante falda freatica in pressione con la superficie piezometrica presente a una profondità di circa 60 m (s.l.m.);

I terreni di origine alluvionale e/o palustre, marginalmente presenti nell’area portuale, possono avere caratteristiche di permeabilità simili a quelle dei terreni di cui alle lett. a) e c), ma sono anch’essi di scarsa rilevanza idrogeologica trattandosi di falde freatiche effimere e a carattere stagionale contenute in depositi di estensione molto circoscritta e di modesto spessore.

In ogni caso, i rilievi condotti in zona per precedenti caratterizzazioni hanno accertato che il livello statico della falda freatica si attesti a quote comprese tra i -0.30 e i -4.00 m dal p.c., con conseguenti quote piezometriche poco superiori a 0.00 m (s.l.m.). Inoltre, la falda freatica



superficiale presente risente poco il fenomeno dell’intrusione del cuneo salino.

Per rappresentare l'assetto idrogeologico generale si è esaminata la carta idrogeologica realizzata sulla base cartografica dell'ISPRA dove sono rappresentate le isopieze delle due falde freatiche ovvero la superficiale e la profonda. La carta è stata elaborata attraverso l'utilizzo dei dati provenienti da 33 pozzi, un piezometro della banca dati ISPRA e 5 piezometri dello studio ICRAM-SIAP (2008).

In tale carta idrogeologica (vd. fig. 30) sono riportati in rosso (es: P18) i pozzi della banca dati Ispra utilizzati per la ricostruzione dell'andamento delle isopieze delle falde acquifere presenti.

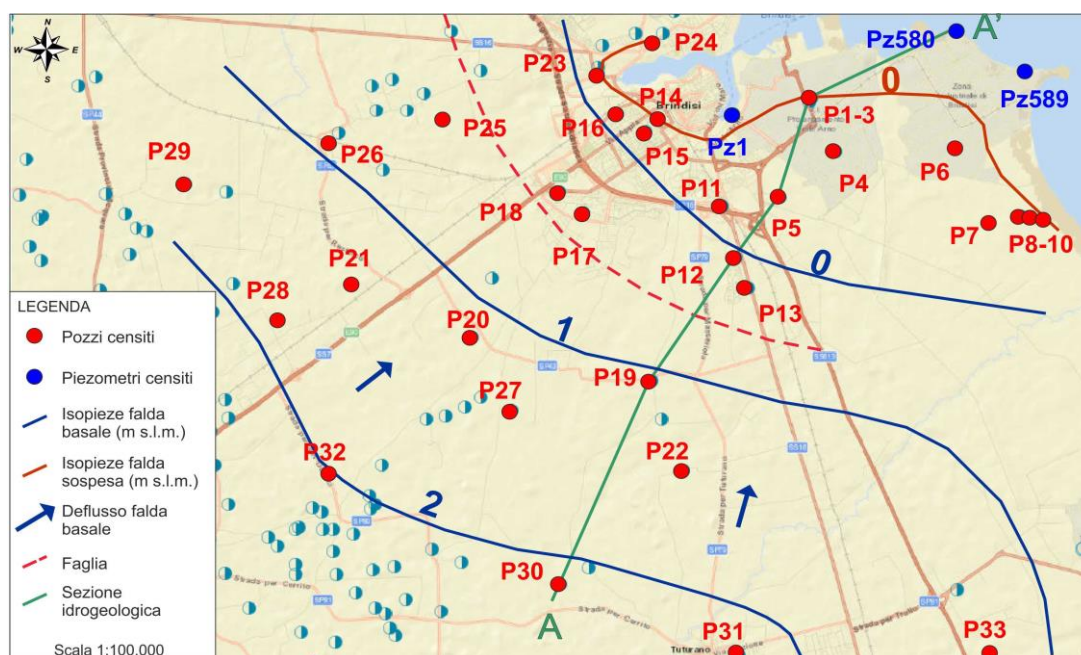


Fig.30 – Carta idrogeologica schematica dell'area brindisina.

La falda acquifera profonda (linee in blu) mostra che la direzione di flusso è orientata da sud ovest verso nord est, in direzione del mare, con quote variabili tra 2 m s.l.m. fino a 0 m (s.l.m.) in prossimità del centro abitato.

La falda freatica sospesa è, invece, contenuta nei depositi terrazzati sabbiosi e ha anch'essa un livello statico prossimo a quello del mare lungo la linea di costa, con quote delle isopieze pari a 0 metri (s.l.m.) (linea rossa). Non è prevedibile un innalzamento della falda freatica sospesa nei pressi della fascia costiera (area portuale), poiché si livella a circa 0,30/1,50 m (s.l.m.) e pertanto, non sono attesi eventuali e particolari effetti negativi sulle opere presenti e su quelle da realizzare a terra.

Dalle stratigrafie dei pozzi censiti, la falda superficiale sembra essere continua e priva di orizzonti impermeabili intercalati fino al substrato argilloso, impermeabile, che funge da livello di base.

13. ZONE INTERESSATE DALLA PERICOLOSITA' IDRAULICA

Si richiamano alcuni degli articoli delle NTA del *PIANO DI BACINO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO* (PAI) che interessano alcuni areali del porto di Brindisi (vd. foto 5) e da applicare nei casi in cui ne ricorrono i presupposti.

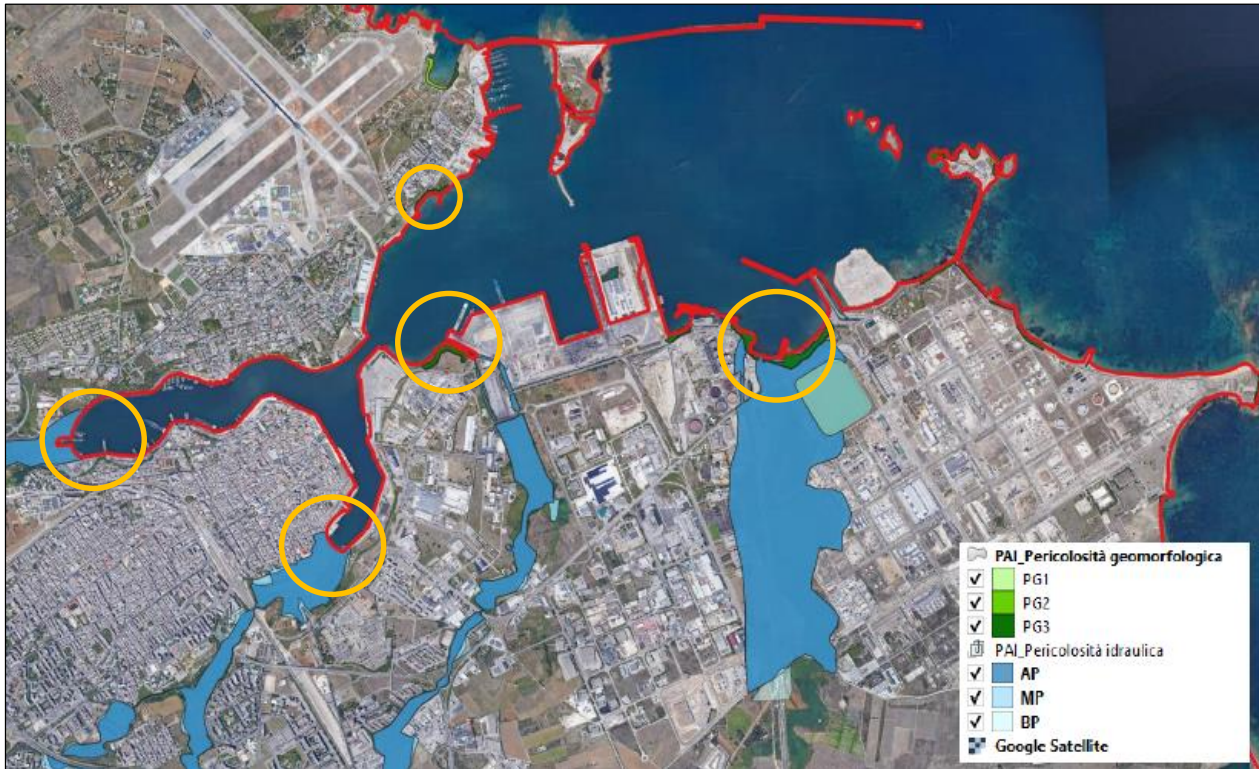


Foto 5 - Rappresentazione delle aree di pertinenza portuale soggette a Pericolosità idraulica e geomorfologica.

Le aree sottoposte al vincolo di Pericolosità idraulica ricadenti all'interno del territorio amministrativo dell'Autorità portuale identificano le porzioni terminali (sbocchi a mare) delle aste fluviali che attraversano la piana brindisina. La riduzione del grado di pericolosità e del relativo rischio dipende da interventi di mitigazione (opere idrauliche) da effettuarsi a monte delle aree di foce. Di fatto, le nuove opere previste dal nuovo PRP terranno conto dei criteri e delle indicazioni contenute nelle NTA del PAI. In particolare i seguenti articoli:

ARTICOLO 5 Interventi per la mitigazione della Pericolosità Idraulica

Nelle aree di cui a successivi artt. 7 e 10 sono consentiti:

- a) gli interventi idraulici e le opere idrauliche per la messa in sicurezza delle aree e per la riduzione o l'eliminazione della pericolosità;
- b) gli interventi di sistemazione e miglioramento ambientale, che favoriscano tra l'altro la ricostruzione dei processi e degli equilibri naturali, il riassetto delle cenosi di vegetazione

riparia, la ricostituzione della vegetazione spontanea autoctona. Tra tali interventi sono compresi i tagli di piante stabiliti dall'autorità forestale o idraulica competente per territorio per assicurare il regolare deflusso delle acque, tenuto conto di quanto disposto dal D.P.R. 14/04/93;

c) gli interventi di somma urgenza per la salvaguardia di persone e beni a fronte di eventi pericolosi o situazioni di rischio eccezionali.

In particolare, gli interventi di cui ai punti a) e b) devono essere inseriti in un piano organico di sistemazione dell'intero corso d'acqua oggetto d'intervento preventivamente approvato dall'AdB e dall'Autorità idraulica, ai sensi della L.112/98 e s.m.i. Gli interventi di cui al punto c) devono essere comunicati all'AdB e potranno essere oggetto di verifica da parte della stessa Autorità.

ARTICOLO 7 Interventi consentiti nelle aree ad Alta Pericolosità Idraulica (A.P.)

1. Nelle aree ad alta probabilità di inondazione, oltre agli interventi di cui ai precedenti artt. 5 e 6 e con le modalità ivi previste, sono esclusivamente consentiti:

a) interventi di sistemazione idraulica approvati dall'autorità idraulica competente, previo parere favorevole dell'Autorità di Bacino sulla compatibilità degli interventi stessi con il PAI;

b) interventi di adeguamento e ristrutturazione della viabilità e della rete dei servizi pubblici e privati esistenti, purché siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale;

c) interventi necessari per la manutenzione di opere pubbliche o di interesse pubblico;

d) interventi di ampliamento e di ristrutturazione delle infrastrutture a rete pubbliche o di interesse pubblico esistenti, comprensive dei relativi manufatti di servizio, riferite a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture a rete pubbliche o di interesse pubblico, comprensive dei relativi manufatti di servizio, parimenti essenziali e non diversamente localizzabili, purché risultino coerenti con gli obiettivi del presente Piano e con la pianificazione degli interventi di mitigazione. Il progetto preliminare di nuovi interventi infrastrutturali, che deve contenere tutti gli elementi atti a dimostrare il possesso delle caratteristiche sopra indicate anche nelle diverse soluzioni presentate, è sottoposto al parere vincolante dell'Autorità di Bacino;

e) interventi sugli edifici esistenti, finalizzati a ridurre la vulnerabilità e a migliorare la tutela della pubblica incolumità;

f) interventi di demolizione senza ricostruzione, interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 3 del D.P.R. n.380/2001 e s.m.i., a condizione che non concorrano ad incrementare il carico urbanistico;

g) adeguamenti necessari alla messa a norma delle strutture, degli edifici e degli impianti relativamente a quanto previsto in materia igienico - sanitaria, sismica, di sicurezza ed igiene sul lavoro, di superamento delle barriere architettoniche nonché gli interventi di riparazione di edifici danneggiati da eventi bellici e sismici;

h) ampliamenti volumetrici degli edifici esistenti esclusivamente finalizzati alla realizzazione di servizi igienici o ad adeguamenti igienico-sanitari, volumi tecnici, autorimesse pertinenziali, rialzamento del sottotetto al fine di renderlo abitabile o funzionale per gli edifici produttivi senza che si costituiscano nuove unità immobiliari, nonché manufatti che non siano qualificabili quali volumi edilizi, a condizione che non aumentino il livello di pericolosità nelle aree adiacenti;

i) realizzazione, a condizione che non aumentino il livello di pericolosità, di recinzioni, pertinenze, manufatti precari, interventi di sistemazione ambientale senza la creazione di volumetrie e/o superfici impermeabili, annessi agricoli purché indispensabili alla conduzione del fondo e con destinazione agricola vincolata;

2. Per tutti gli interventi di cui al comma 1 l'AdB richiede, in funzione della valutazione del rischio a essi associato, la redazione di uno studio di compatibilità idrologica e idraulica che ne analizzi compiutamente gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata. Detto studio è sempre richiesto per gli interventi di cui ai punti a), b), d), e), h) e i).

ARTICOLO 10 Disciplina delle fasce di pertinenza fluviale.

1. Ai fini della tutela e dell'adeguamento dell'assetto complessivo della rete idrografica, il PAI individua le fasce di pertinenza fluviale.

2. All'interno delle fasce di pertinenza fluviale sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio, a condizione che venga preventivamente verificata la sussistenza delle condizioni di sicurezza idraulica, come definita all'art. 36, sulla base di uno studio di compatibilità idrologica e idraulica subordinato al parere favorevole dell'Autorità di Bacino.

3. Quando la fascia di pertinenza fluviale non è arealmente individuata nelle cartografie in allegato, le norme si applicano alla porzione di terreno, sia in destra che in sinistra, contermine

all'area golenale, come individuata all'art. 6 comma 8, di ampiezza in ogni caso non inferiore a 75 m.

ARTICOLO 17 Obiettivi di sicurezza idraulica

Gli obiettivi di sicurezza idraulica delle azioni del PAI sono definiti in termini di tempi di ritorno, così come definiti all'art. 36. Costituisce obiettivo primario la riduzione della pericolosità nelle aree ad alta pericolosità idraulica (AP), così come individuate nella cartografia in allegato e definite all'art. 36, con particolare riferimento al tessuto insediativo esistente.

Le azioni del PAI perseguono, altresì, l'obiettivo della riduzione della pericolosità nelle aree a media pericolosità idraulica (MP), così come individuate nella cartografia in allegato e definite all'art. 36, qualora ciò concorra al raggiungimento dell'obiettivo primario. Nelle aree a bassa pericolosità idraulica (BP), così come individuate nella cartografia in allegato e definite all'art. 36, le azioni del PAI concorrono al raggiungimento degli obiettivi di sicurezza contenuti negli strumenti di governo del territorio definiti a livello regionale, provinciale e comunale, qualora ciò concorra al raggiungimento dell'obiettivo primario.

ARTICOLO 20 Adeguamento degli strumenti di governo del territorio.

1. Le amministrazioni e gli enti pubblici territorialmente interessati sono tenuti, ai sensi della normativa vigente, ad adeguare i propri strumenti di governo del territorio alle disposizioni contenute nel PAI.

2. A seguito dell'approvazione del PAI, le Amministrazioni competenti procedono ad una verifica di coerenza tra il PAI e i propri strumenti di pianificazione urbanistica generali ed esecutivi. Le risultanze di tale



Foto 6 - Rappresentazione delle aree a Rischio Alluvioni.

verifica sono comunicate all'Autorità di Bacino entro 90 giorni decorrenti dall'entrata in vigore del PAI.

3. Nei casi in cui, a seguito della verifica di cui al comma 2, le Amministrazioni competenti procedano all'adeguamento, questo consiste nell'introdurre nei propri strumenti di governo del territorio le condizioni d'uso contenute nel PAI.

4. Nei casi in cui le Amministrazioni competenti procedano, ai fini dell'adeguamento, ad approfondire il quadro conoscitivo del PAI trova applicazione l'art. 24.

ARTICOLO 12 Interventi per la mitigazione della Pericolosità geomorfologica.

Nelle aree di cui agli art. 13, 14 e 15 sono consentiti:

a) gli interventi e le opere di difesa attiva e passiva per la messa in sicurezza delle aree e per la riduzione o l'eliminazione della pericolosità, ivi compresa la realizzazione di sistemi di monitoraggio e controllo della stabilità del territorio e degli spostamenti superficiali e profondi;

b) gli interventi di sistemazione e miglioramento ambientale, di miglioramento del patrimonio forestale, di rinaturalizzazione delle aree abbandonate dall'agricoltura, finalizzati a ridurre la pericolosità geomorfologica, ad incrementare la stabilità dei terreni e a ricostituire gli equilibri naturali, a condizione che non interferiscano negativamente con

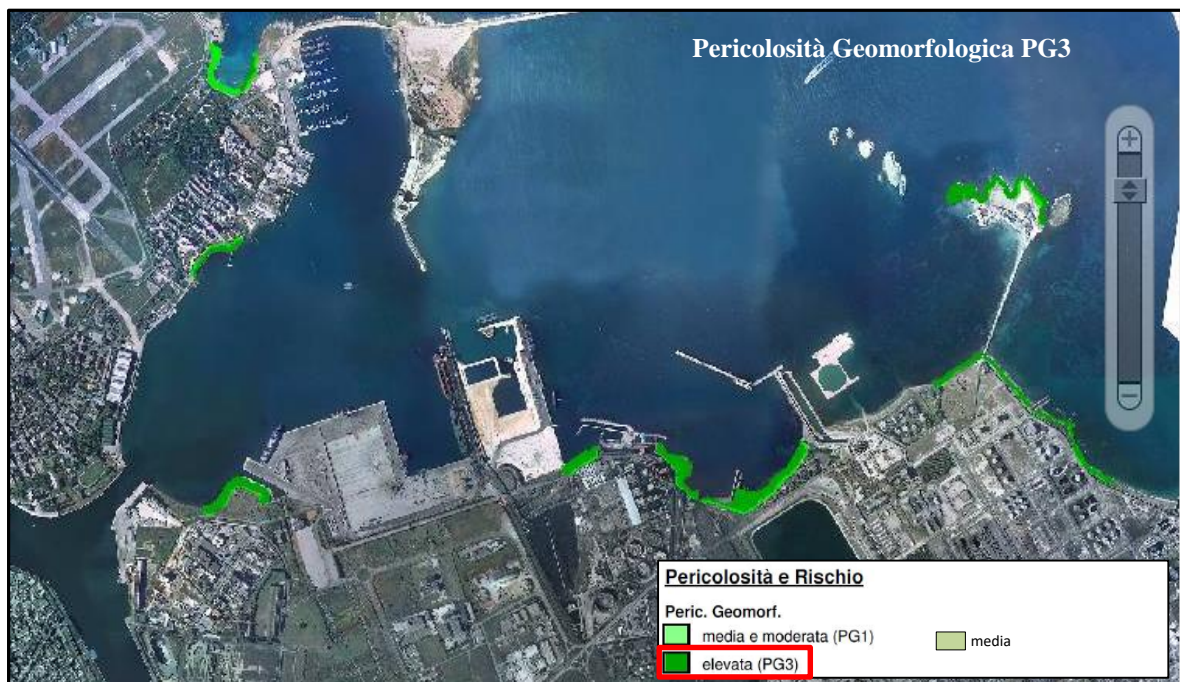


Foto 7 - Rappresentazione delle aree a Pericolosità geomorfologica.

l'evoluzione dei processi di instabilità e favoriscano la ricostituzione della vegetazione spontanea autoctona;

c) gli interventi di somma urgenza per la salvaguardia di persone e beni a fronte di eventi pericolosi o situazioni di rischio eccezionali. In particolare, gli interventi di cui ai punti a) e b) devono essere inseriti in un piano organico di sistemazione dell'area interessata e oggetto d'intervento preventivamente approvato dall'Autorità di Bacino.

Gli interventi di cui al punto c) devono essere comunicati all'Autorità di Bacino e potranno essere oggetto di verifica da parte della stessa Autorità.

ARTICOLO 18 Obiettivi di sicurezza geomorfologica.

Gli obiettivi di sicurezza geomorfologica delle azioni del PAI sono definiti in termini di pericolosità dei fenomeni franosi con riferimento alle condizioni geomorfologiche del territorio e nel rispetto del tessuto insediativo esistente. Costituisce obiettivo primario il raggiungimento, nelle aree a pericolosità da frana molto elevata e media (PG3 e PG2), così come individuate nella foto 7 e definite all'art. 36 (Definizioni), di condizioni di stabilità tese a preservare le porzioni dell'area interessate dal tessuto insediativo esistente, a condizione che non siano aggravate le condizioni di stabilità delle aree contermini e non venga compromessa la possibilità di realizzare il consolidamento dell'intera porzione in frana. Le azioni del PAI perseguono, altresì, l'obiettivo del raggiungimento delle condizioni di stabilità delle aree PG3 e PG2, qualora ciò concorra al raggiungimento di maggiori condizioni di sicurezza idrogeologica del territorio contermini interessato da tessuto insediativo. Nelle aree a pericolosità da frana media e moderata (PG1), così come individuate nella cartografia e definite nel suddetto art. 36, le azioni del PAI sono dirette a non aggravare le condizioni esistenti.

Considerazioni sulla pericolosità geomorfologica. Esempio di compatibilità.

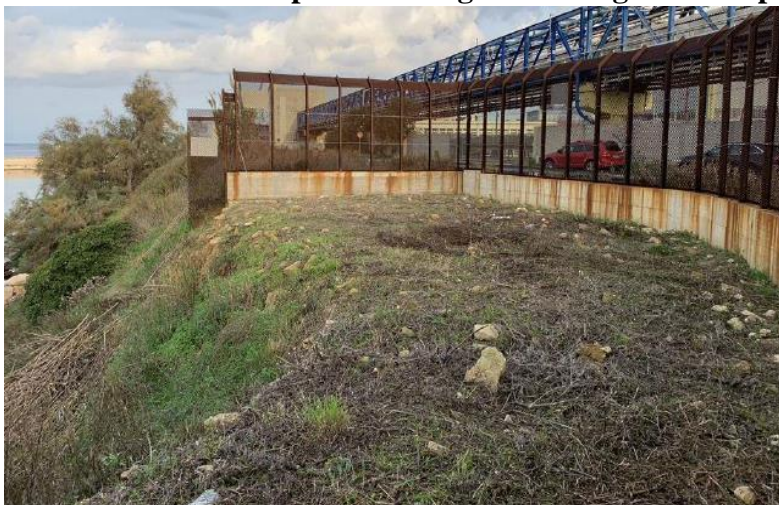


Foto 8 - Particolare del versante interessato dalla verifica di compatibilità geologica e geotecnica per Pericolosità Alta (PG3).

Sulla pericolosità geomorfologica e i fattori a essa legati, nel caso delle aree portuali di Brindisi interessate da fenomeni d'instabilità, a seguito di indagini e studi eseguiti in passato in situ (vd. *Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica redatto per i lavori di completamento delle infrastrutture di Security nel Porto di Brindisi* - febr.

2019) hanno permesso di verificare e desumere che gran parte del tratto di costa portuale non è costituito, da materiale addizionato (di riporto) e/o terreni alluvionali, ma bensì da terreni in posto attribuibili alla facies calcarenitica dei “*Depositi marini terrazzati*”, localmente sormontati da qualche metro di terreni di probabile origine colluviale. Tale circostanza, al di là degli esiti delle verifiche di stabilità, pone i presupposti per ridiscutere il grado di pericolosità geomorfologica del tratto costiero di pertinenza portuale (PG3 Molto Elevata – vd. foto 7).

Infatti, il tratto di costa portuale si affaccia su di uno specchio d’acqua chiuso e riparato da moli foranei. Per tale motivo non è più incalzato dal battente d’onda ordinario né tantomeno da battenti ondati di mareggiate restando immune da fenomeni d’instabilità geomorfologica per erosione marina.

Allo stato attuale i pochi pendii presenti all’interno dell’area portuale sono ricoperti o da vegetazione o da opere edili, verosimilmente stabili dal punto di vista geomorfologico.

Di contro, le falesie attive presenti, al di fuori l’area portuale e più a sud (verso Cerano) sono frequentemente interessate da crolli causati dallo scalzamento al piede operato dal moto ondoso.

Pertanto, fino a quando non si attuerà una revisione al Piano inerente il Pericolo/Rischio Geomorfologico si dovrà redigere uno studio di Compatibilità Geomorfologica di supporto ai progetti di nuove infrastrutture portuali ricadenti negli esistenti vincoli.

14. CLASSIFICAZIONE SISMICA GENERALE DELL'AREA PORTUALE

La classificazione sismica del territorio nazionale ha introdotto normative tecniche specifiche per le costruzioni di edifici, ponti e altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico.

In basso è riportata (vd. tab. 8) la zona sismica per il territorio amministrativo del Comune di Brindisi, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 e recepita dalla Regione Puglia con la Delibera di Giunta Regionale n. 153 del 2 marzo. Inoltre, la Delibera ha stabilito che, sino a diversa determinazione, nel territorio pugliese classificato in zona sismica 4 è necessaria e d'obbligo la progettazione antisismica esclusivamente per i nuovi edifici e opere infrastrutturali, individuate quali strategiche e rilevanti ai fini della protezione civile e dell'eventuale collasso degli stessi.

Zona	Descrizione	Accelerazione con sup. del 10% in 50 anni a_g	Accelerazione orizz. Max convenzionale (NTC) a_g
1	Zona più pericolosa. Fortissimi terremoti	$a_g > 0,25$ g	0,35 g
2	Zona con terremoti molto forti	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g	0,25 g
3	Zona soggetta a forti terremoti, ma rari	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g	0,15 g
4	Zona meno pericolosa, rari i terremoti	$a_g \leq 0,05$ g	0,05 g

Tab. 8 - Classificazione della zone sismiche (in verde quella riferita al Comune di Brindisi).

Pertanto il territorio comunale di Brindisi ricade in Zona Sismica 4 ovvero *Zona con pericolosità sismica molto bassa* (vd. fig. 31).

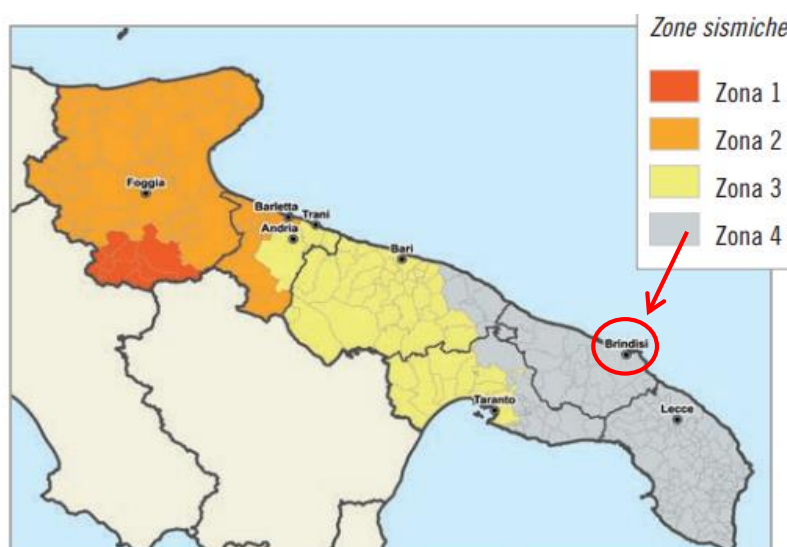


Fig. 31 – Attuale classificazione sismica per la Regione Puglia.

E' la zona meno pericolosa dove le possibilità di danni sismici sono basse. Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo (che si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso), ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio (definita successivamente) entro i primi 30 m di profondità. A tal fine, nell'ambito delle indagini svolte nell'area portuale e precisamente per la progettazione del "Potenziamento degli ormeggi navi Ro-Ro a Costa Morena Ovest.(2012)", sono stati presi in considerazione due sondaggi sismici effettuati in foro che possono verosimilmente essere rappresentativi per tutta l'area portuale. I risultati, sotto definiti, possono essere considerati rappresentativi per l'area portuale:

Sondaggio sismico eseguito nel sondaggio n. 1

Dalla sommatoria delle velocità delle onde sismiche è risultata una velocità media nei primi 30 m di **251 m/sec**, assimilabile alla categoria di sismica **C**.

Sondaggio sismico eseguito nel sondaggio n. 3

Dalla sommatoria delle velocità delle onde sismiche è risultata una velocità media nei primi 30 metri di **274 m/sec**, il suolo di fondazione ricade nella categoria sismica **C**.

Sondaggio sismico eseguito nel sondaggio 4

Dalla sommatoria delle velocità delle onde sismiche è risultata una velocità media nei primi 30 metri di **278 m/sec**, il suolo di fondazione ricade nella categoria sismica **C**.

Dalle summenzionate prove sismiche (Down Hole) sono emersi dei valori di V_{s30} di 251 m/s (S1), di 274 m/s, (S2) e di 278 m/s (S4). Nei tre casi, i valori del suolo di fondazione risultano essere assimilabili alla categoria di suolo di tipo **C** ovvero *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente addensati con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fine).*

Per quanto riguarda la pericolosità sismica essa è descritta:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido;
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadenti

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C [s]
30	0,013	2,360	0,149
50	0,017	2,288	0,187
72	0,021	2,322	0,239
101	0,025	2,285	0,310
140	0,029	2,361	0,340
201	0,033	2,421	0,370
475	0,045	2,488	0,452
975	0,055	2,562	0,521
2475	0,071	2,716	0,546

in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi (vedi tabella a seguire). L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi precisati al paragrafo 3.2.2.-“*Categorie di suolo e condizioni topografiche*”, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche

caratterizzano la risposta sismica locale. Attualmente, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/> al Progetto INGV-DPC S1. Ai fini dell'individuazione della pericolosità del sito di ubicazione delle opere in progetto è utilizzato il software *Spettri di risposta ver. 1.0.3*, che può essere scaricata dal sito del Consiglio Superiore dei LL.PP. all'indirizzo: <http://www.cslp.it>.

Detta applicazione fornisce, le PGA in funzione del periodo di ritorno su una località individuabile con delle coordinate geografiche. All'uopo, l'applicazione fornisce, tra l'altro, anche la forma spettrale relativa al sito individuato. Per poter definire i livelli di sicurezza attesi dall'opera e richiesti dalle norme, è necessario definire la “Vita Nominale” e la “Classe d'Uso” (cfr. punto 2.4.2 delle NTC). Poiché l'opera in progetto può ritenersi normale, si prevede che la sua funzionalità deve permanere all'incirca 50 anni purchè venga effettuata la manutenzione per non meno di detto intervallo di tempo.

Pertanto, si definisce una Vita Nominale (V_N) pari a 50 anni. Per la tipologia e l'uso dell'impianto di depurazione in progetto, opera infrastrutturale rilevante in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso ai sensi della DGRC n.3573 del 05/12/03, lo stesso può classificarsi in *Classe III (Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza.....)*, definita in funzione delle possibili conseguenze dovute a una interruzione di operatività o eventuale collasso. In definitiva (cfr. punto 2.4.3 delle NTC) il periodo di riferimento dell'azione sismica vale:

dove $V_N = 50$ e $C_U = 1,5$

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Pertanto, $V_R = 75$ anni.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: 17,9378 LATITUDINE: 40,6287

Ricerca per comune

REGIONE: Puglia PROVINCIA: Brindisi COMUNE: Brindisi

Elaborazioni grafiche: Grafici spettri di risposta, Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche: Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo: Sito esterno al reticolo, Interpolazione su 3 nodi, Interpolazione corretta

Interpolazione: superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle del individuato e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N : info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U : info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R : info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R : info

Stati limite di esercizio - SLE: $(SLO - P_{VR} = 81\%)$ info, $(SLD - P_{VR} = 63\%)$ info

Stati limite ultimi - SLU: $(SLV - P_{VR} = 10\%)$ info, $(SLC - P_{VR} = 5\%)$ info

Elaborazioni: Grafici parametri azione, Grafici spettri di risposta, Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO: ---□--- Strategia per costruzioni ordinarie, ---■--- Strategia scelta

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

In definitiva, gli spettri di risposta per la caratterizzazione sismica del sito in cui sono previste

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

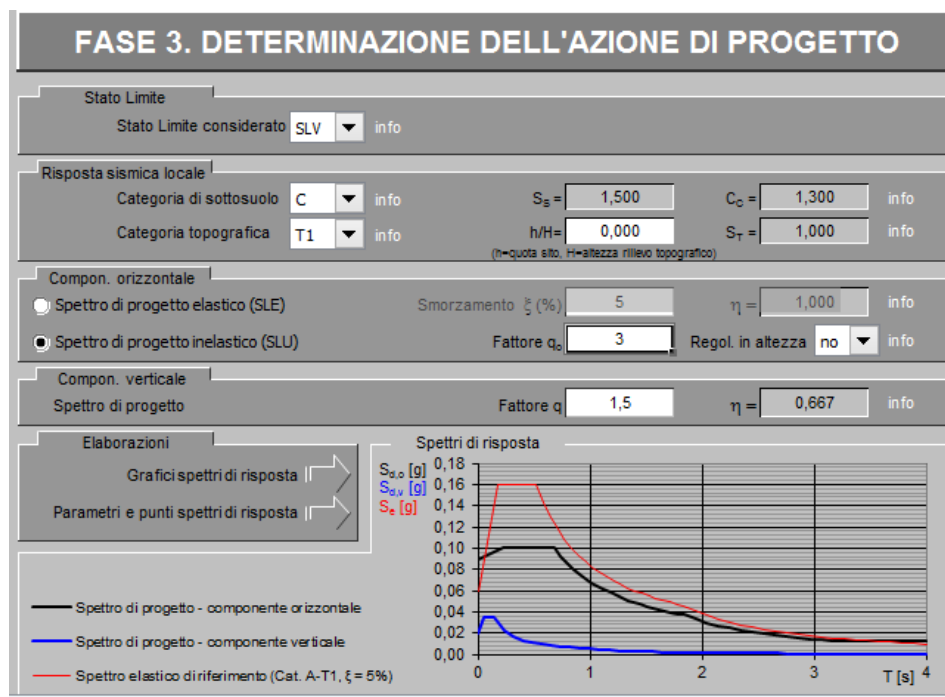
Tab. 9 – Tabella delle categorie topografiche. (da tab. 3.2.III NTC).

le opere inerenti il nuovo PRP, ipotizzando terreno tipo C e classe topografica T1, vengono di seguito riportati in tabella 9, con il significato di cui all'Allegato A delle NTC, per gli stati limiti di cui al punto 3.2.1 delle NTC (vd. tab. 2):

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno S

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,013	2,360	0,150
SLD	50	0,017	2,289	0,188
SLV	475	0,044	2,488	0,452
SLC	975	0,055	2,562	0,521

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.



Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi da eseguire con le modalità indicate nelle NTC.

In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II (vd. tab. 3), si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo. I valori di V_s sono ottenuti mediante le prove geofisiche tipo *Down Hole* che hanno caratterizzato la $V_{s,30}$ nei primi trenta metri dal piano di campagna definendo la categoria di sottosuolo così come rappresentato nella sottostante tabella.

SONDAGGIO	$V_{s,30}$ (m/s)	Categoria di sottosuolo
S1	251	C
S3	274	C
S4	278	C

La

CATEGORIA	DESCRIZIONE
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tab. 10 – Tabella con le definizioni delle categorie di terreno come da Tab. 3.2.II delle NTC.

classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche e ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,30}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

dove:

- ✓ h_i è lo spessore dell'i-esimo strato;
- ✓ V_{si} è la velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera.

Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno, uniformi e omogenee, fino a tale profondità.

Qui di seguito, infine, si rappresenta una tabella (vd. tab. 11) riassuntiva con i principali parametri presi in considerazione.

Parametro	Valore	Rif. Normativo D.M. 14/01/08	Descrizione
V_N	50 anni	Tabella 2.4.I	La vita nominale (V_N) di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.
Classe d'uso	Classe III	Punto 2.4.2	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
C_U Coeff. d'uso	1,5	Tabella 2.4.II per la Classe III	Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso.
V_R periodo di riferimento per l'azione sismica	75 anni	Punto 2.4.3	Le azioni sismiche su ciascuna costruzione sono valutate in relazione a un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale N_V per il coefficiente d'uso C_U : $V_R = V_N \times C_U$
Ctg. del sottosuolo	C	Tabella 3.2.II	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti.....
Ctg. topografica	T1	Tabella 3.2.IV	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Tab. 11 – Quadro riassuntivo dei parametri di riferimenti normativi associati.

15. DEFINIZIONE DELLA TIPOLOGIA DI INDAGINI DA SVOLGERE IN SEDE DI REDAZIONE DEI VARI LIVELLI DI PROGETTAZIONE PREVISTI PER LE NUOVE OPERE DI PRP

Si ritiene necessario dare alcune disposizioni da prendere in considerazione nelle vari fasi e livelli di progettazione e in particolare per le più significative realizzazioni sotto elencate:

Per opere estensive (casce di colmata)

Rilievi e indagini per la bonifica ordigni bellici. Predisposizione di almeno 1 sondaggio a carotaggio continuo ogni 2.000 m² di superficie da eseguirsi sulla terraferma o a mare e con profondità variabile mai inferiore ai 30,00 (dal fondo marino se eseguito a mare). Nel caso in cui si riscontrino anomalie stratigrafiche che non possono essere oggettivamente correlate dovranno essere infittite le maglie della campagna geognostica. Realizzazione di prove “*Down-Hole*” su parte dei sondaggi a carotaggio continuo o dove si ritiene più opportuno.

In ogni sondaggio a carotaggio continuo eseguito dovrà essere prelevato un campione indisturbato (o due se opportuno) rappresentativo di ogni orizzonte litostratigrafico incontrato.

Ogni campione dovrà essere avviato al laboratorio geotecnico per la determinazione di: indice dei vuoti, porosità, grado di saturazione, densità secca, analisi granulometriche, prove edometriche, prove triassiali consolidate drenate, permeabilità in laboratorio.

Predisposizione di una prova penetrometrica statica ogni 1000 m² di superficie da investigare spinto fino alla profondità mai inferiore ai 20,00 m a eccezione di eventuale rifiuto. Realizzazione di stendimenti geofisici (con le metodologie ritenute più adeguate secondo i contesti stratigrafici) con stendimenti distanziati tra loro non più di 200 m in maniera da formare una maglia sub-quadrata in senso longitudinale e trasversale. Gli stendimenti dovranno essere interpretati e interpolati con i sondaggi geognostici a carotaggio continuo.

Per opere infrastrutturali in linea a esempio moli, dighe, etc.

Rilievi e indagini per la bonifica ordigni bellici. Predisposizione di almeno 1 sondaggio a carotaggio continuo ogni 200 m. da eseguirsi sulla mezzera della testa dell’opera sulla terraferma o a mare e con profondità variabile mai inferiore ai 35,00 m (dal fondo marino se eseguito a mare). Nel caso in cui si riscontrino anomalie stratigrafiche che non possono essere oggettivamente correlate dovranno essere infittite le maglie di campagna.

Realizzazione di prove “*Down-Hole*” sulla metà dei sondaggi a carotaggio continuo. In ogni sondaggio a carotaggio continuo eseguito dovrà essere prelevato un campione indisturbato (o due

se opportuno) rappresentativo di ogni orizzonte litostratigrafico incontrato, che dovrà essere avviato al laboratorio geotecnico per la determinazione di:

indice dei vuoti, porosità, grado di saturazione, densità secca, analisi granulometriche, prove edometriche, prove triassiali consolidate drenate, permeabilità in laboratorio. Predisposizione di almeno una prova penetrometrica penetrometria statica ogni 200 m. da eseguirsi sulla mezzeria della testa dell'opera sulla terraferma o a mare e con profondità variabile mai inferiore ai 20,00 m. a eccezione di eventuale rifiuto;

Realizzazione di stendimenti geofisici (con le metodologie ritenute più adeguate a secondo dei contesti stratigrafici) almeno di stendimenti distanziati tra loro non più di 10,00 m. in senso longitudinale e almeno 20,00 m. in senso trasversale, in maniera da formare una maglia sub-quadrata e trasversale. Gli stendimenti dovranno essere interpretati e interpolati con i sondaggi geognostici a carotaggio continuo.

Per operazioni di ristrutturazione banchine e/o opere lineari.

Realizzazione di stendimenti geofisici (con le metodologie ritenute più adeguate a secondo dei contesti stratigrafici) con stendimenti distanziati tra loro non più di 10,00 m. in senso longitudinale e almeno 25,00 m. in senso trasversale, in maniera da formare una maglia sub quadrata e trasversale. Stendimenti geofisici tipo “*Georadar*” che dovranno appurare, in dettaglio, la presenza di eventuali servizi e/o sottoservizi.

Per le operazioni di dragaggio

Rilievi e indagini per la bonifica ordigni bellici. Rilievi con il sistema “*multibeam*”, “*side scan sonar*” e “*sub bottom profiler*”. Video-ispezione subacquea.. Prelievo, attraverso moto-pontone e secondo lo schema di maglie regolari di 100 x 100 m (una stazione di campionamento ogni 10.000 m²), di campioni del substrato del fondo marino (fino alla profondità di dragaggio prevista), per le classificazioni e caratterizzazioni fisico-ambientali dei sedimenti presenti (D.M. 471/99 e tab. A2 integrata da Arpa Puglia rispetto all'allegato A del D.M. – MATTM del 07/11/08)

16. CONCLUSIONI

Il PRP è un piano di settore di rilevanza territoriale e rappresenta uno strumento di pianificazione e di governo delle aree del proprio perimetro di competenza.

In questa prospettiva i porti vanno adeguati alle nuove esigenze del ciclo trasportistico, con nuove infrastrutture e manutenzioni ordinarie e straordinarie delle esistenti, approfondimenti di bacini e interconnessioni più efficienti, che devono rispondere alle richieste del mercato e alle sue rapide trasformazioni ed esigenze.

Ciò premesso, alla luce della nuova prospettiva che si vuol dare al porto di Brindisi con un nuovo PRP creando una nuova pianificazione e programmazione c'è l'obbligo di un riscontro sugli aspetti e caratteri geologici *s.l.*

Lo studio geologico e le relative analisi così condotte, hanno permesso di definire in maniera generale le sequenze geolitologiche, i processi geomorfologici, i caratteri idrogeologici e la classificazione sismica dell'area portuale.

Di fatto sono stati sufficientemente utili e i riscontri dei molteplici lavori eseguiti nel recente passato da cui si sono estrapolati i risultati delle indagini geognostiche sui terreni interessati.

Indispensabile è stata la verifica e il confronto del nuovo PRP con i piani di settore e la relativa cartografia tematica dei vincoli.

Importante è sottolineare che nel presente studio, non sono emerse particolari e significative problematiche di carattere geologico-tecnico anche in presenza di vincoli idrogeomorfologici.

In ogni caso è necessario e opportuno che, in fase di progettazione definitiva/esecutiva di nuove realizzazioni (in applicazione alla vigente normativa e in particolare alle NTC/18) venga definito in dettaglio, attraverso indagini geognostiche in situ e di laboratorio, il modello geologico, geotecnico e ambientale, la risposta sismica locale necessaria per la definizione della categoria di sottosuolo (Masw) e lo studio di compatibilità geologica e/o idrogeologica solo se si rientra tra le aree sotto vincolo PAI (Pericolosità idraulica, geomorfologica e di rischio alluvioni).

Di fatto, per la caratterizzazione geologico-geotecnica e sismica dovranno essere eseguite specifiche indagini di dettaglio in linea con le norme vigenti, anche in materia di costruzioni in zone sismiche.

In relazione a ciò, dovrà essere definita la velocità delle onde di taglio V_{s30} , la parametrizzazione geotecnica dei vari livelli litostratigrafici che rappresentano il volume significativo, la verifica, necessaria nei terreni prevalentemente granulari, del fenomeno della liquefazione.

Per la caratterizzazione ambientale sia a mare sia a terra dovranno essere eseguite opportune indagini geognostiche e di laboratorio chimico finalizzate a determinare la qualità dei sedimenti marini e delle terre e rocce da scavo.

Marzo 2023

Il Geologo
Dr Paolo Martines