

COMUNE DI BRINDISI (Provincia di Brindisi)

Oggetto:

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN DEPOSITO COSTIERO DI IDROCARBURI - GASOLIO E BENZINA - CON ANNESSO TERMINALE DI CARICO SITO NELL'AREA PROSPICIENTE LA BANCHINA COSTA MORENA RIVA DEL PORTO DI BRINDISI



PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato:

STUDIO GEOLOGICO TECNICO

Tav:

RD.2

Data:

Rif.Doc.: BRUND_PD_RD.2_001

scala:

Approvazioni:

Rev.	Data	Redazione	Verifica	Approvazione
00		PR	SZ	SZ

Committente :

BRUNDISUM S.p.a.

Sede Legale
Via Ettore Maiorana 6/A
Zona Industriale
72100 -Brindisi (BR)
Tel. 0831-571149

I Redattore:

Dott. Geol. Nunzio Costa

COMUNE DI BRINDISI (BR)

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN DEPOSITO COSTIERO DI IDROCARBURI
- GASOLIO E BENZINA – CON ANNESSO TERMINALE DI CARICO SITO NELL’AREA
PROSPICIENTE LA BANCHINA COSTA MORENA RIVA DEL PORTO DI BRINDISI**

Sommarario

1. PREMESSA.....	2
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL’AREA.....	3
3. ASSETTO GEOLOGICO - STRUTTURALE.....	4
4. ASSETTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO.....	5
5. STRATIGRAFIE.....	7
6. ASSETTO IDROGEOLOGICO	11
7. ASSETTO GEOMORFOLOGICO DELL’AREA	13
8. ANALISI E CONSIDERAZIONI DEL P.A.I.....	15
9. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	17
10. CARATTERIZZAZIONE SISMICA	21

1. PREMESSA

Nella presente relazione, commissionata dalla Brundisium S.p.a., sono esposti i risultati dello studio geologico - geotecnico per la realizzazione di un terminale per il carico e scarico di idrocarburi, Gasolio e Benzina, a servizio di un deposito fiscale sito in un lotto di terreno ubicato in area ASI prospiciente la banchina del Porto di Brindisi.

Lo studio ha come obiettivo quello di definire le componenti litostratigrafiche e idrogeologiche che caratterizzano il sito stesso e l'area in cui esso ricade, con la definizione delle caratteristiche fisicomeccaniche dei terreni.

A tal fine, sono state eseguite diverse ricerche bibliografiche per ricostruire l'assetto geodinamico dell'area, sia su studi di carattere generale, sia su studi di dettaglio pregressi eseguiti proprio nell'area in studio.

Da suddetti studi sono stati estrapolate tutte le informazioni atte alla definizione di:

- Stratigrafia
- Piezometria
- Parametri geotecnici di Laboratorio
- Parametri geotecnici in situ
- Caratterizzazione sismica dell'area

Le informazioni così ottenute, sono state analizzate mediante un sistema informativo territoriale appositamente strutturato per il lavoro in essere e che ha consentito di modellare nelle tre dimensioni il sito; il sistema, mediante la sovrapposizione di tutte quelle entità territoriali che sussistono nell'area in esame, quali vincolistica, PAI, PRG vigente, idrografia, geologia etc., oltre alle entità areali, lineari e puntuali che scaturiscono della cartografia tecnica numerica in scala 1:5.000, ha permesso di prendere coscienza del territorio in cui sussiste l'area in esame ed agevolare le scelte progettuali.

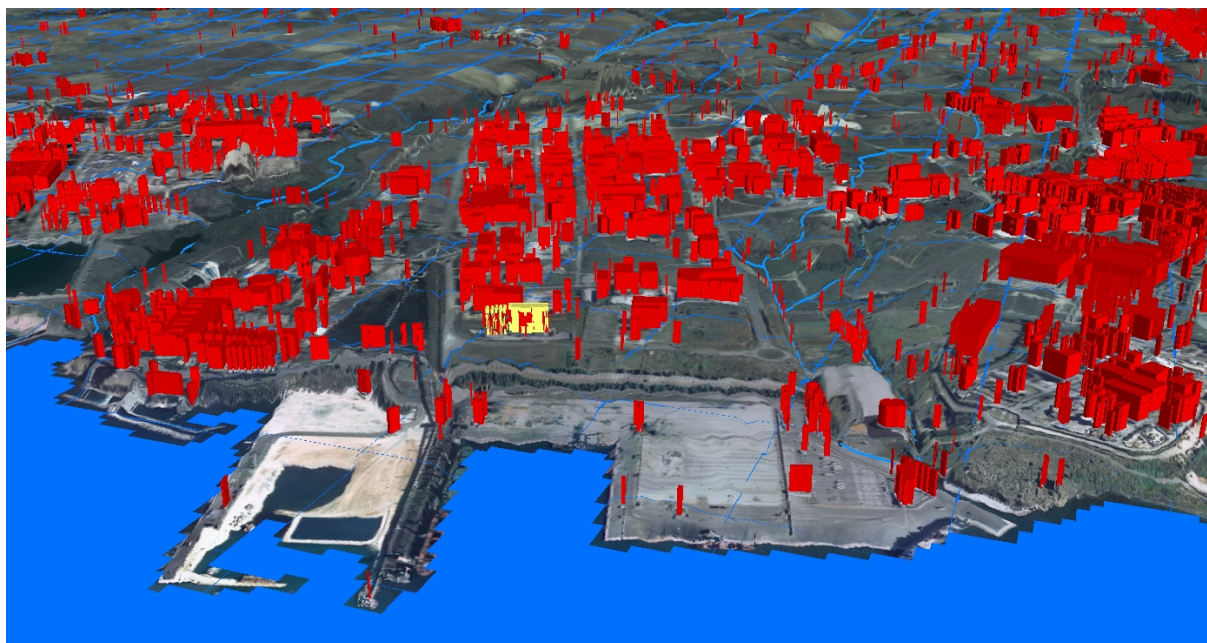


Fig. 1: Vista 3D del GIS a supporto della Progettazione; In giallo l'area di intervento

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA

L'area oggetto di studio è sita nella Zona Industriale della città di Brindisi nei pressi del molo della Costa Morena, nel Foglio n. 204 "Porto di Brindisi" – Tav IV N.O. della Carta d'Italia I.G.M. in scala 1:25.000 e del medesimo Foglio 204 "Lecce" della Carta Geologica d'Italia 1:100.000; la sua estensione areale è di circa 23.000 mq con un'altitudine media di circa 8 m s.l.m.m.

Nel dettaglio, l'area è delimitata a Nord dalla zona del Porto di Brindisi, a Sud dalla Centrale Termoelettrica di Cerano, ad Est dal mare Adriatico e ad Ovest dalla strada statale che collega le città di Lecce e Brindisi.

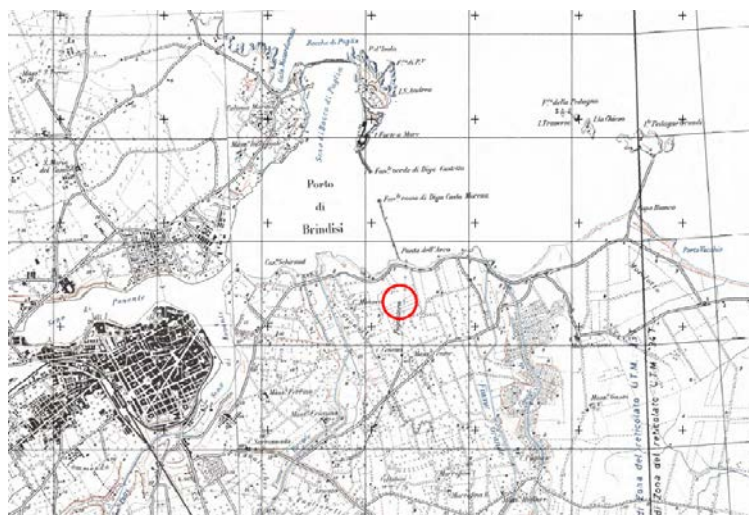


Fig. 2: Inquadramento geografico; con cerchiatura rossa l'area di intervento

Pertanto, l'area in studio rientra nella piana di Brindisi, una vasta depressione strutturale che caratterizza le rocce del basamento carbonatico cretacico, all'interno della quale si sono successivamente depositi i sedimenti del Pleistocene medio-superiore collegabili al ciclo sedimentario di riempimento della fossa bradanica e quindi i depositi marini terrazzati, effetto dei cambiamenti climatici verificatisi nel Pleistocene superiore.

3. ASSETTO GEOLOGICO - STRUTTURALE

A carattere regionale, la Puglia può essere inquadrata, geograficamente e in assetto geologico-strutturale, nell'ambito del sistema orogenetico appenninico dell'Italia Meridionale che si estende dal margine tirrenico a quello adriatico. I tre domini del sistema orogenetico sono:

- **La Catena** rappresentata dell'Appennino Campano-Lucano
- **L'Avanfossa** rappresentata dall'Avanfossa Adriatica, che corrisponde alla Fossa Bradanica o premurgiana
- **L'Avampaese** rappresentato dalla regione Apulo-Garganica e nello specifico dalla piattaforma calcarea murgiana e garganella.

I modelli evolutivi proposti da diversi autori circa l'orogenesi appenninica, sono concordi nel ritenere che l'orogenesi appenninica si sia sviluppata a partire dall'Olocene Superiore-Miocene Inferiore, dal progressivo accavallamento, da Ovest verso Est, di unità stratigrafico-strutturali mesozoico-paleogeniche e di unità sinorogenetiche di avanfossa.



Fig. 3: Schema Geologico-Strutturale

Un ruolo primario nella tettonogenesi appenninica viene riconosciuto alla Placca Apula, che durante l'orogenesi ha svolto il ruolo di Avampaese ed è stata ribassata da sud-ovest da sistemi di faglie dirette con conseguente deformazione al disotto della Catena.

L'area di interesse ricade in corrispondenza del limite orientale della piana di Brindisi-Taranto. Quest'ultima rappresenta un basso morfostrutturale che separa le Murge dal Salento. La parte murgiana, infatti, è costituita da un esteso blocco sollevato, delimitato sia sul versante ionico sia su quello adriatico da faglie distensive che hanno determinato la presenza di una serie di blocchi disposti a gradinata (Ricchetti, 1980). Il blocco salentino presenta, invece, un assetto strutturale complesso, a grandi linee costituito da una serie di Horst e Graben orientati in direzione NW-SE, variamente estesi (Martinis, 1962). La piana di Brindisi-Taranto, parte dell'Avampaese apulo, è un'area emersa della Placca Apula, costituita da una potente successione di rocce carbonatiche di

piattaforma. Localmente, sui calcari mesozoici poggiano direttamente depositi riferibili al ciclo sedimentario plio-pleistocenico della Fossa Bradanica, coperti a loro volta, in trasgressione, da depositi bioclastici terrazzati di ambiente litorale e depositi continentali olocenici ed attuali. L'orogenesi appenninica ha solo parzialmente interessato questa parte dell'Avampaese, con fratture, faglie, pieghe di ampio raggio. La presenza di deformazioni e fratture, connesse ad attività sismiche in sedimenti marini e continentali riferiti all'ultimo interglaciale (Moretti & Tropeano, 1996; Moretti, 2000, Mastronuzzi & Sansò, 2002) e, il recente, forte evento sismico verificatosi in quest'area il 20 febbraio 1743 (Margottini, 1981), suggeriscono la presenza di strutture tettonicamente attive, anche se ancora non identificate.

In particolare, la porzione di territorio investigata è caratterizzata da estese coperture di terreno vegetale e depositi continentali recenti i quali impediscono in più luoghi di compiere delle osservazioni dirette sui depositi sottostanti. Ciò nonostante, nel territorio in esame sono stati perforati numerosi pozzi per approvvigionamento idrico per uso irriguo dalla falda carsica presente nel substrato carbonatico cretacico e di tutte queste perforazioni sono noti, presso gli Enti locali, i dati idrogeologici e per alcuni anche le stratigrafie.

Inoltre, a seguito delle numerose opere antropiche che sono state effettuate nella zona, sono disponibili dei sondaggi verticali spinti a profondità variabili ma che comunque costituiscono un'importante mole di dati per ricostruire la successione litostratigrafia.

4. ASSETTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO

L'impalcatura geologica della provincia di Brindisi si riferisce all'instaurarsi, durante il Cretaceo, di una sedimentazione di ambiente marino avvenuta in seguito alla fine della fase di rifting alla fine del Paleozoico e inizio del Mesozoico, connessa con la frammentazione della Pangea (Ciaranfi et alii, 1992); gli affioramenti sono costituiti da calcari e calcari dolomitici che danno vita all'impalcatura geologica della Penisola Salentina e sono il risultato dell'evoluzione della Piattaforma carbonatica Apula.

Questa è solo marginalmente interessata, nel Cretaceo sup., dagli effetti dell'orogenesi alpina che si manifestano con lacune stratigrafiche e blandi piegamenti. In quest'area la lacuna perdura fino al Pliocene sup., periodo in cui, in seguito all'orogenesi appenninica, la Puglia assume un ruolo di avampaese.

In trasgressione sulle formazioni carbonatiche cretacee si sovrappongono sedimenti marini pliocenici e quaternari, spesso rappresentati da tufi (Calcari di Gravina e Depositi Marini Terrazzati); si tratta di depositi marini che individuano un'alternanza di gradini e terrazzi digradanti verso mare.

Infine, lungo alcuni tratti di costa si hanno depositi continentali costituenti cordoni di dune recenti e depositi alluvionali composti da sabbie calcaree talvolta argillose. In sintesi, le formazioni affioranti all'interno della provincia di Brindisi, facendo riferimento alle "Note alla Carta Geologica delle Murge e del Salento" di Ciaranfi et alii (1992), procedendo dal basso verso l'alto, sono distinti in due macro gruppi: **Depositi Marini**, più antichi e **Depositi Continentali**, più recenti, così suddivisi:

▪ **Depositi Marini**

- Calcari d'Altamura di età Cretaceo sup.
- Calcareniti di Gravina di età Pliocene sup – Pleistocene inf.
- Argille subappennine di età Pleistocene inf.
- Depositi marini terrazzati di età Pleistocene medio-superiore

▪ **Depositi Continentali**

- Depositi Alluvionali ed Eluvio-Colluviali di età Olocene

Localmente, nell'area in esame, gli affioramenti sono costituiti esclusivamente da **Depositi Marini Terrazzati** (Q1s e Q1c) e **Depositi Alluvionali** (S e de).

I primi, stratigraficamente più in basso, sono depositi, denominati anche "panchina", costituiti da **sabbie quarzose e argillose fini** e medie di **colore giallastro**, in strati di qualche centimetro di spessore, talora debolmente cementate, cui si alternano orizzonti di calcareniti organogene e arenarie grigio-giallastre.

Si tratta di unità formazionali di spessore esiguo, costituite da depositi di spiaggia e di piana costiera terrazzati che occupano una vastissima area attorno a Brindisi, in corrispondenza di zone morfologicamente depresse ed allungate secondo le principali strutture regionali.

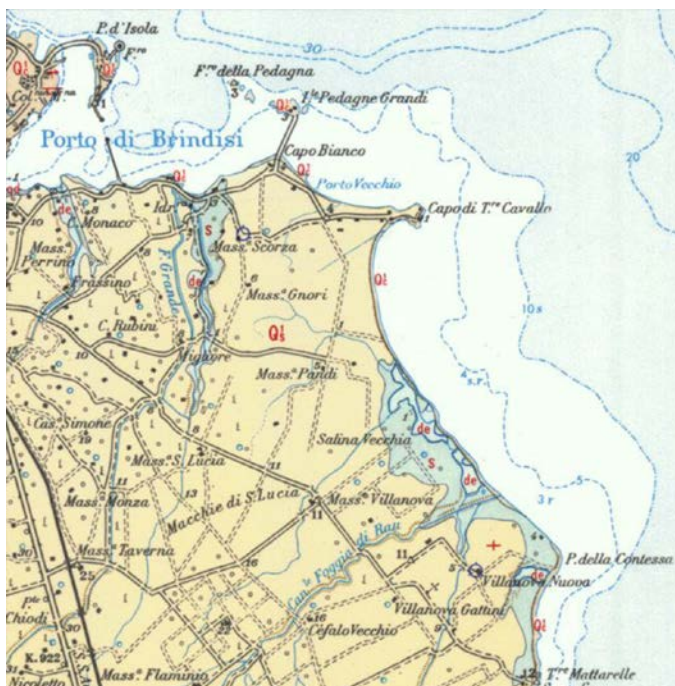


Fig. 4: Carta Geologica d'Italia 1:100.000 (Stralcio – Fonte ISPRA)

Esse giacciono in trasgressione lungo superfici di abrasione marina individuate nelle argille e nelle calcareniti sottostanti, nonché nei calcari mesozoici; rappresentano una generale immersione a nord-est che in parte corrisponde alla originaria immersione ed in parte ad un movimento di leggero basculamento nell'ambito del generale sollevamento dell'area.

Queste unità, con un'età riferibile al Siciliano-Tirreniano (Presistocene medio-sup.) rappresentano l'acquifero superficiale sostenuto dai depositi argillosi impermeabili sottostanti.

Per quanto riguarda i **Depositi Alluvionali**, sono costituiti da depositi terrosi e ciottolosi di esiguo spessore derivanti dalla disgregazione e dal dilavamento dei calcari cretacei e dei Tufi delle Murge. Si tratta essenzialmente di intercalazioni di sabbie prevalentemente calcaree, sabbie argillose, argille sabbiose e limi, dal colore grigiastro e il cui spessore non supera i pochi metri; solitamente affiorano sia sui calcari che sui depositi pleistocenici.

Sul fondo valle dei solchi erosivi e dei canali, rappresentano depositi di tipo palustre costituiti da limi sabbiosi ed argille limose di colore variabile dal grigio scuro al nerastro, con lenti ed orizzonti dello spessore massimo di circa un metro di resti vegetali nerastrati; nelle aree più depresse, vicino alla costa, formano spiagge attuali con depositi sabbiosi calcarei stretti ed allungati, dal colore grigio-giallastro, direttamente a contatto con la fascia intertidale. Gli stessi sedimenti caratterizzano le dune costiere presenti lungo il litorale di Brindisi, dove danno vita a cordoni di forma allungata ed ampiezza variabile, ricchi di Gasteropodi continentali e scarsa vegetazione, perlopiù arbusti tipici della macchia mediterranea.

5. STRATIGRAFIE

Per il riconoscimento delle caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche dei terreni di fondazione dell'area in esame, si fa riferimento alle indagini di tipo diretto (sondaggi a ratotaggio continuo) estrapolate da uno studio pregresso eseguito nel 2008 dalla Società di ingegneria AD.ENG. S.r.l. e dalla ditta "Geologia Energia Ambiente S.r.l." per conto di Ecologica S.p.a.

I sondaggi eseguiti nel suddetto lavoro sono n. 11 così suddivisi:

- **n. 4 + 1** (in contraddittorio con ARPA Puglia – SP1/bis) **sondaggi a carotaggio continuo (SP1÷SP4)** da attrezzare a piezometro spinti fino a **12 m di profondità da p.c.**, penetrando per almeno 1 m nel substrato a bassa permeabilità;
- **n. 6 sondaggi a carotaggio continuo (SC1÷SC6)** – di cui uno indoor, anch'essi spinti sino a **12 m di profondità da p.c.**

In totale 11 punti di campionamento (sondaggi) di cui 4 +1 attrezzati a piezometro. La profondità
dei piezometri è stata determinata in modo da interessare, fino alla base, il primo acquifero individuato.

Di seguito vengono riportate le descrizioni per ogni singolo Sondaggio

Sondaggio SC1 (-12 m dal p.c.)

Procedendo dall'alto verso il basso si riscontra la seguente stratigrafia:

- da 0.00 m a -0,40 m dal p.c. – Pavimentazione e massetto cementizio;
- da -0,40 m a -1,20 m dal p.c. – Sabbia calcarenitica a grana medio-fine di colore beige con ciottoli calcarenitici centimetrici;
- da -1,20 a -8,00 m da p.c. – Sabbia a grana da media a molto fine di colore giallastro alternata a livelli a consistenza litoide;
- da -8,00 a -11,00 m da p.c. – Argilla sabbiosa di colore giallastro;
- da -11,00 a -12,00 m (fondo foro) da p.c. – Argilla debolmente limoso-sabbiosa di colore grigio-azzurro.

La profondità della falda riscontrata durante la perforazione è pari a **-6,00 m** dal piano campagna.

Sondaggio SC2 (-12 m dal p.c.)

Procedendo dall'alto verso il basso si riscontra la seguente stratigrafia:

- da 0.00 m a -0.40 m dal p.c. – Massicciata stradale e sottofondo stabilizzato di sabbia e ciottoli calcarei;
- da -0.40 a -0.70 m dal p.c. – Terreno vegetale limoso di colore marrone scuro compatto;
- da -0.70 m a -1.60 m dal p.c. – Sabbia calcarenitica a grana molto grossolana di colore beige con ciottoli calcarenitici centimetrici;
- da -1.60 m a -3.00 m dal p.c. – sabbia a grana da media a molto fine limosa di colore marrone scuro con rari ciottoli di natura arenitica e calcarenitica;
- da -3.00 a -8.50 m da p.c. – Sabbia a grana da media a molto fine di colore giallastro alternata a livelli a consistenza litoide; sono, altresì presenti livelli limosi e intervalli con ciottoli arenitici con diametro massimo pari a 3 cm;
- da -8.50 a -10.50 m da p.c. – Argilla sabbiosa di colore giallastro;
- da -11.00 a -12.00 m (fondo foro) da p.c. – Argilla debolmente limoso-sabbiosa di colore grigio-azzurro.

La profondità della falda riscontrata durante la perforazione è pari a **-6,20 m** dal piano campagna.

Sondaggio SC3 (-12 m dal p.c.)

Procedendo dall'alto verso il basso si riscontra la seguente stratigrafia:

- da 0.00 m a -0.40 m dal p.c. – Massicciata stradale e sottofondo stabilizzato di sabbia e ciottoli calcarei;
- da -0.40 a -1.30 m dal p.c. – Terreno vegetale limoso di colore marrone scuro compatto;
- da -1.30 m a -5.00 m dal p.c. – Sabbia calcarenitica a grana molto grossolana di colore beige con ciottoli calcarenitici centimetrici;
- da -5.00 a -8.70 m da p.c. – Sabbia a grana da media a molto fine di colore giallastro alternata a livelli a consistenza litoide; sono, altresì, presenti livelli limosi e intervalli con ciottoli arenitici con diametro massimo pari a 3 cm;
- da -8.70 a -10.50 m da p.c. – Argilla sabbiosa di colore giallastro;
- da -11.00 a -12.00 m (fondo foro) da p.c. – Argilla debolmente limoso-sabbiosa di colore grigio-azzurro.

La profondità della falda riscontrata durante la perforazione è pari a **-6,20 m** dal piano campagna.

Sondaggio SC4 (-12 m dal p.c.)

Procedendo dall'alto verso il basso si riscontra la seguente stratigrafia:

- da 0.00 a -1.30 m dal p.c. – Terreno vegetale limoso-sabbioso di colore marrone scuro, compatto;
- da -1.30 m a -2.50 m dal p.c. – Sabbia calcarenitica a grana molto grossolana di colore beige con ciottoli calcarenitici centimetrici;
- da -2.50 a -7.40 m da p.c. – Sabbia a grana da media a molto fine di colore giallastro alternata a livelli a consistenza litoide; sono, altresì, presenti livelli limosi e intervalli con ciottoli arenitici con diametro massimo pari a 3 cm;
- da -7.40 a -10.50 m da p.c. – Argilla sabbiosa di colore giallastro;

- da -11.00 a -12.00 m (fondo foro) da p.c. – Argilla debolmente limoso-sabbiosa di colore grigio-azzurro.

La profondità della falda riscontrata durante la perforazione è pari a **-6,00 m** dal piano campagna.

Sondaggio SC5 (-12 m dal p.c.)

Procedendo dall'alto verso il basso si riscontra la seguente stratigrafia:

- da 0.00 a -0.70 m dal p.c. – Terreno vegetale limoso-sabbioso di colore marrone scuro, compatto;
- da -0.70 m a -5.00 m dal p.c. – Sabbia calcarenitica a grana molto grossolana di colore beige con ciottoli calcarenitici centimetrici;
- da -5.00 a -9.00 m da p.c. – Sabbia a grana da media a molto fine di colore giallastro alternata a livelli a consistenza litoide; sono, altresì, presenti livelli limosi e intervalli con ciottoli arenitici con diametro massimo pari a 3 cm;
- da -9.00 a -10.50 m da p.c. – Argilla sabbiosa di colore giallastro;
- da -11.00 a -12.00 m (fondo foro) da p.c. – Argilla debolmente limoso-sabbiosa di colore grigio-azzurro.

La profondità della falda riscontrata durante la perforazione è pari a **- 5,80 m** dal piano campagna.

Sondaggio SC6 (-12 m dal p.c.)

Procedendo dall'alto verso il basso si riscontra la seguente stratigrafia:

- da 0.00 a -0.70 m dal p.c. – Terreno vegetale limoso-sabbioso di colore marrone scuro, compatto;
- da -0.70 m a -1.30 m dal p.c. – Sabbia calcarenitica a grana molto grossolana di colore beige con ciottoli calcarenitici centimetrici;
- da -1.30 a -9.00 m da p.c. – Sabbia a grana da media a molto fine di colore giallastro alternata a livelli a consistenza litoide; sono, altresì, presenti livelli limosi e intervalli con ciottoli arenitici con diametro massimo pari a 3 cm;
- da -9.00 a -10.50 m da p.c. – Argilla sabbiosa di colore giallastro;
- da -11.00 a -12.00 m (fondo foro) da p.c. – Argilla debolmente limoso-sabbiosa di colore grigio-azzurro.

La profondità della falda riscontrata durante la perforazione è pari a **- 6,30 m** dal piano campagna.

Sondaggio SP1 (-12 m dal p.c.)

Procedendo dall'alto verso il basso si riscontra la seguente stratigrafia:

- da 0.00 a -0.40 m dal p.c. – Massicciata stradale e sottofondo stabilizzato di sabbia e ciottoli calcarei;
- da -0.40 m a -1.60 m dal p.c. – Sabbia calcarenitica a grana molto grossolana di colore beige alternata a livelli litoidi con spessore massimo pari a 6 cm;
- da -1.60 a -9.80 m da p.c. – Sabbia a grana da media a molto fine di colore

giallastro alternata a livelli a consistenza litoide; sono, altresì, presenti intervalli con ciottoli arenitici con diametro massimo pari a 8 cm dalla profondità di -7.00 m sino a -9.00 m;

- da -9.80 a -10.00 m da p.c. – Argilla sabbiosa di colore giallastro;
- da -10.00 a -12.00 m (fondo foro) da p.c. – Argilla debolmente limoso-sabbiosa di colore grigio-azzurro.

La profondità della falda riscontrata durante la perforazione è pari a **- 6,00 m** dal piano campagna; l'intero foro è stato attrezzato con tubo piezometrico, tipo Tubo Aperto, del diametro di 100 mm

Sondaggio SP1/bis in contraddittorio con ARPA Puglia

Secondo quanto riportato nella documentazione storica presa in esame per la redazione del presente studi, risulta che in data 21/07/2008, i Tecnici ARPA Puglia si sono recati sull'area in oggetto ed hanno individuato il punto di campionamento denominato "SP1/bis nei pressi del punto SP1 (circa 2,00 m di distanza) in modo tale da avere la stessa stratigrafia del punto SP1.

Sul punto SP1/bis è stato effettuato un carotaggio continuo spinto sino alla profondità di 12,00 m dal p.c. nel quale è stata individuata la zona di frangia capillare ad una quota di **-7,00 m** dal quale sono state estratte le carote di terreno e successivamente riposte in apposita cassetta catalogatrice in PVC.

Il foro è stato attrezzato con tubo piezometrico, tipo Tubo Aperto, del diametro di 100 mm.

Sondaggio SP2 (-12 m dal p.c.)

Procedendo dall'alto verso il basso si riscontra la seguente stratigrafia:

- da 0.00 a -0.40 m dal p.c. – Massicciata stradale e sottofondo stabilizzato di sabbia e ciottoli calcarei;
- da -0.40 a -1.60 m dal p.c. – Terreno vegetale limoso di colore grigio-nerastro, compatto;
- da -1.60 m a -2.10 m dal p.c. – Sabbia calcarenitica a grana molto grossolana di colore beige con ciottoli calcarenitici millimetrici;
- da -2.10 a -9.00 m da p.c. – Sabbia a grana da media a molto fine di colore giallastro alternata a livelli a consistenza litoide; sono, altresì, presenti livelli limosi;
- da -9.00 a -10.50 m da p.c. – Argilla sabbiosa di colore giallastro.

La profondità della falda riscontrata durante la perforazione è pari a **- 6,30 m** dal piano campagna; l'intero foro è stato attrezzato con tubo piezometrico, tipo Tubo Aperto, del diametro di 100 mm.

Sondaggio SP3 (-12 m dal p.c.)

Procedendo dall'alto verso il basso si riscontra la seguente stratigrafia:

- da 0.00 a -0.30 m dal p.c. – Terreno vegetale limoso-sabbioso di colore marrone scuro, compatto;
- da -0.30 a -1.40 m dal p.c. – Terreno vegetale limoso di colore grigio-nerastro, compatto;

- da -1.40 m a -5.00 m dal p.c. – Sabbia calcarenitica a grana molto grossolana di colore beige alternata a livelli litoidi di spessore massimo pari a 6 cm;
- da -5.00 a -8.20 m da p.c. – Sabbia a grana da media a molto fine di colore giallastro alternata a livelli a consistenza litoide dalla profondità di 6.80 m e sino alla base della formazione;
- da -8.20 a -10.50 m da p.c. – Argilla sabbiosa di colore giallastro;
- da -10.50 a -12.00 m (fondo foro) da p.c. – Argilla debolmente limoso-sabbiosa di colore grigio-azzurro.

La profondità della falda riscontrata durante la perforazione è pari a **- 6,10 m** dal piano campagna.; l'intero foro è stato attrezzato con tubo piezometrico, tipo Tubo Aperto, del diametro di 100 mm

Sondaggio SP4 (-12 m dal p.c.)

Procedendo dall'alto verso il basso si riscontra la seguente stratigrafia:

- da 0.00 a -0.70 m dal p.c. – Terreno vegetale limoso-sabbioso di colore marrone scuro, compatto;
- da -0.70 m a -2.60 m dal p.c. – Sabbia calcarenitica a grana molto grossolana di colore beige alternata a livelli litoidi di spessore massimo pari a 6 cm;
- da -2.60 a -9.80 m da p.c. – Sabbia a grana da media a molto fine di colore giallastro alternata a livelli a consistenza litoide; dalla profondità di -6.90 m e sino a -9.00 m sono presenti ciottoli arenitici con dimensioni massime pari a 8 cm;
- da -9.80 a -10.50 m da p.c. – Argilla sabbiosa di colore giallastro;
- da -10.50 a -12.00 m (fondo foro) da p.c. – Argilla debolmente limoso-sabbiosa di colore grigio-azzurro.

La profondità della falda riscontrata durante la perforazione è pari a **- 6,30 m** dal piano campagna; l'intero foro è stato attrezzato con tubo piezometrico, tipo Tubo Aperto, del diametro di 100 mm.

6. ASSETTO IDROGEOLOGICO

Le informazioni sulla soggiacenza della falda, riportate nel precedente paragrafo in coda ad ogni stratigrafia, sono state utilizzate per la ricostruire localmente, ovvero nell'area sottesa dalla proprietà, l'andamento della superficie piezometrica della falda superficiale, determinare i gradienti idraulici e individuare le principali direzioni di deflusso.

Secondo quanto riportato da studi precedenti eseguiti nella stessa area, la determinazione della superficie piezometrica è stata elaborata processando un gran numero di dati provenienti da diversi pozzi sparsi all'interno della zona industriale e nell'immediato intorno; tale elaborazione ha consentito il calcolo dei gradienti idraulici e la determinazione delle direzioni di flusso. Dalle considerazioni fatte dagli autori di detti studi, viene individuato uno spartiacque idrogeologico principale orientato con asse diretto lungo SW-NE, ubicato subito a oriente dell'incisione del Fiume Grande, mentre uno spartiacque idrogeologico secondario è orientato grossomodo W-E, dalla Mass. Scorsa alla Punta di Torre Cavallo; i gradienti idraulici sono generalmente modesti ed uniformi, con valori relativamente più elevati lungo la linea di riva costituita da falesie che drenano la falda.

L'analisi delle direzioni di deflusso per quest'area, mostra come l'area del Polo Chimico sia idrogeologicamente isolata verso ovest dalla presenza della incisione del Fiume Grande, che dovrebbe operare una azione efficace di drenaggio della falda superficiale; da quanto detto, gli autori di questi studi, ipotizzano la presenza di due bacini idrogeologici separati, uno per l'area del Polo Chimico e l'altro per l'area di Costa Morena e Sant'Apollinare, indipendenti tra di loro.

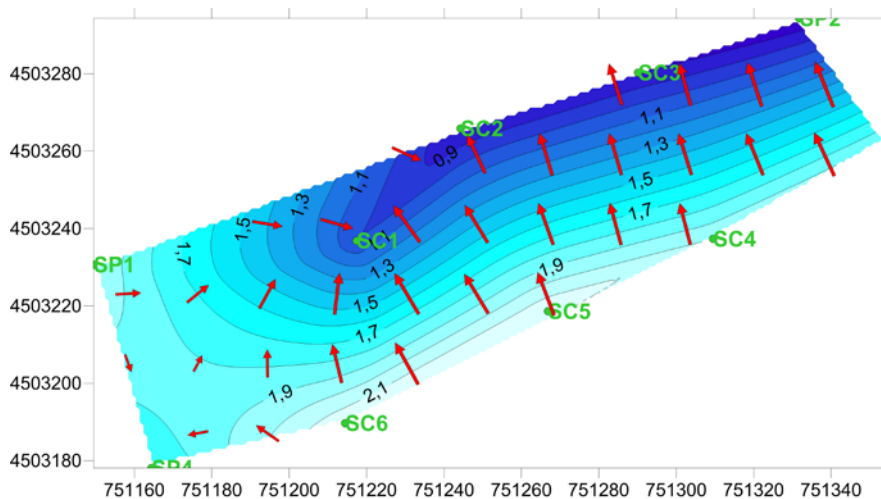


Fig. 5: Modellazione della Piezometrica nel sito di interesse; in verde sono riportati i sondaggi con la relativa sigla, le frecce rosse indicano le direzioni del flusso idrogeologico

Le informazioni raccolte da studi pregressi, nonché i dati provenienti dalle indagini geognostiche, questi ultimi sottoposti a modellazione con interpolazione di tipo **Natural Neighbor**, confermano che il campo di moto della falda è caratterizzato da un flusso idrico sotterraneo con direttrice verso mare;

inoltre confermano che l'acquifero è ospitato nei depositi terrazzati marini ([...] Sabbia a grana da media a molto fine di colore giallastro [...]), a permeabilità medio-alta, e nei depositi sabbio-limosi e limo-sabbiosi sottostanti, a permeabilità medio-bassa, ipotizzando così l'esistenza di due zone a differente permeabilità ma idraulicamente connesse; inoltre, è certa l'esistenza di una seconda falda, sottostante l'acquifero superficiale e nota come "profonda", ospitata all'interno dei calcari mesozoici costituiti da rocce carbonatiche cretache fessurate e carsificate, nonché dalle "calcareniti e sabbie", poste in continuità sulle rocce cretache (Zorzi e Reina,1957; Radina, 1968; Grassi e Tadolini,1985; Cherubini et alii,1985).

La falda "profonda" è sostenuta per galleggiamento alla base, secondo il principio di Ghyben-Herzber, dall'acqua marina di invasione continentale (Cotecchia, 1977). A differenza della falda "superficiale", che come detto presenta carattere locale, la falda ospitata nei calcari mesozoici si estende al di sotto di tutta la piattaforma apula; l'acquifero che si descrive, trovandosi al di sotto dello strato di Argille subappennine, è in pressione, quindi di tipo artesiano.

Come evidenziato da Ricchetti e Polemio (1996), le acque dell'acquifero ospitato nei calcari mesozoici traggono la loro alimentazione sia dalle precipitazioni incidenti a monte della zona in esame, dove la formazione carbonatica è affiorante, che da deflussi sotterranei provenienti dalla

contigua Murgia, nonché dalle perdite dell'acquifero superficiale. I carichi piezometrici anche a svariati chilometri dalla costa sono molto modesti.

Da segnalare in questa sezione come nell'area del sito sono presenti 97 pozzi che attingono dalla falda profonda (di cui 30 esterni al sito nazionale).

7. ASSETTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

La morfologia della porzione di territorio presa in esame è rappresentata da un'estesa superficie subpianeggiante, leggermente digradante verso mare, intersecata in corrispondenza delle incisioni naturali e artificiali della rete idrografica.

Il piano campagna si trova a quote comprese tra i 18 m ed i 25 m nell'area più interna, diminuendo sino a pochi metri sul livello marino man mano che ci si sposta verso il Fiume Grande e la zona costiera. In prossimità del mare, lungo la fascia costiera antistante la centrale di Cerano, l'area si affaccia sull'Adriatico tramite una falesia verticale che raggiunge un'altezza massima di 15–16 m.

Spostandosi verso nord dalla zona suddetta, questo valore tende gradualmente a diminuire, laddove peraltro si trovano anche zone depresse acquitrinose di retrospiaggia (Salina vecchia).

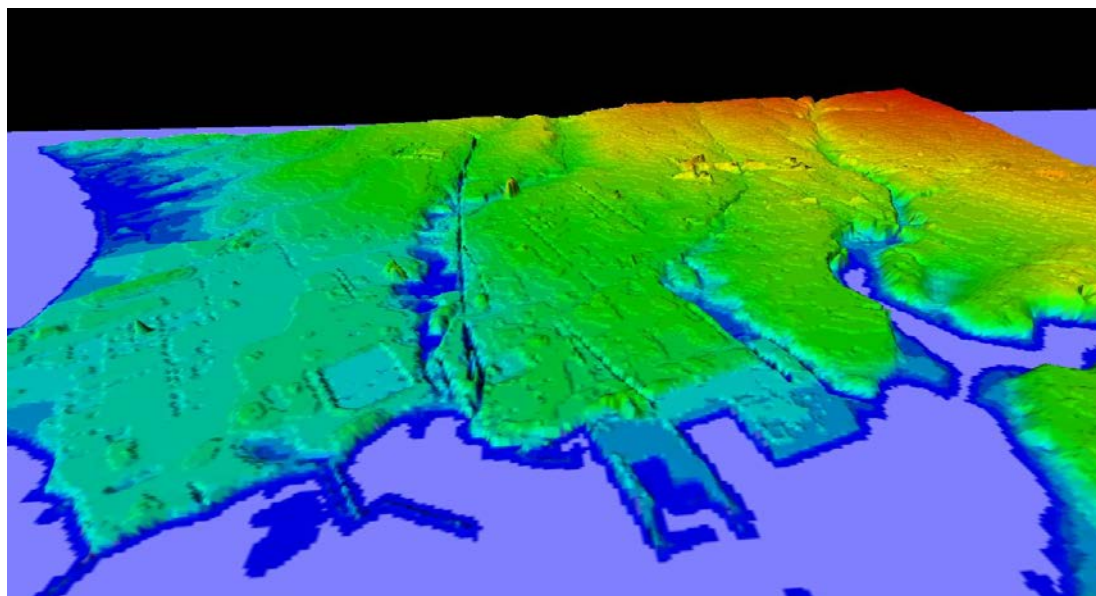


Fig. 6: Vista 3d della morfologia dell'area

L'attuale linea di costa, taglia trasversalmente quindi, molti dei canali costituenti la rete idrografica, con delle ripide falesie in rapido arretramento. In alcuni casi, la risalita olocenica del livello del mare è stata accompagnata dall'invasione dei tratti terminali delle valli più profonde e sviluppate, come quelle (Canale Pigonati, Seno di Levante e Seno di Ponente) che hanno dato luogo al porto naturale di Brindisi.

Un esame degli elementi territoriali rappresentati nelle tavolette topografiche IGM in scala 1:25.000 214 IV N.O. e 213 I N.E., rivela che lungo la sponda meridionale del porto di Brindisi sino a Capo Cavallo, la linea di costa era originariamente costituita da piccole e strette spiagge sabbiose bordate da modeste falesie intagliate in depositi incoerenti e, per piccoli tratti, da un modesto cordone di dune. Da Capo Cavallo sino a Salina Vecchia la linea di costa appare rappresentata da una falesia di modesta altezza; segue un'estesa spiaggia sabbiosa, bordata da un continuo cordone di dune e da estesi stagni e paludi costiere, in corrispondenza della foce di corsi d'acqua e/o presenza di emergenza di acque sotterranee.

Nell'entroterra, pur mascherate sia da estese coperture di terreno vegetale, sia da depositi continentali recenti, si riconoscono una serie di ripiani collegati tra loro da gradini corrispondenti proprio ad antiche linee di costa.

La presenza di tutti questi elementi morfologici, riconducibili litologicamente all'unità dei Depositi marini terrazzati, sono la testimonianza delle periodiche alternanze delle variazioni del livello marino, rispettivamente con ingressioni e relative regressioni, per fenomeni gladio – eustatici avvenuti nel Pleistocene medio – superiore.

L'idrografia ben sviluppata, si presenta con un reticolo piuttosto evoluto, caratterizzato dalla presenza di numerose e poco profonde incisioni che in molti casi hanno un loro sbocco indipendente a mare (Fiume Grande, Foggia di Rau). Le linee di spartiacque sono scarsamente individuabili mentre le numerose canalizzazioni minori presenti, formano ristrette aree depresse in corrispondenza delle quali si verificano di frequente alluvioni in seguito a precipitazioni abbondanti.

Inoltre, laddove insiste la foce del corso d'acqua "Canale di Scarico", è presente un'estesa area paludosa pianeggiante in corrispondenza della quale vi sono le condizioni ideali per la formazione di materiali torbosi.

Infine si sottolinea che l'originaria morfologia dell'area è stata fortemente modificata e condizionata dall'opera dell'uomo, in particolare nel corso di questi ultimi decenni, dove ha operato numerose opere di bonifica, riporti, nonché creato insediamenti agricoli, edili ed industriali.

8. ANALISI E CONSIDERAZIONI DEL P.A.I.

Così come nel resto dell'Italia, anche per la Regione Puglia, il PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) persegue le seguenti finalità:

- Sistemazione e la conservazione ed il recupero del suolo, con interventi idrogeologici, idraulici, idraulico-forestali, idraulico-agrari compatibili con i criteri di recupero naturalistico;
- Difesa ed il consolidamento dei versanti e delle aree instabili, nonché la difesa degli abitati e delle infrastrutture contro i movimenti franosi e gli altri fenomeni di dissesto idrogeologico;
- Riordino del vincolo idrogeologico;
- Difesa, la sistemazione e la regolazione dei corsi d'acqua;
- Svolgimento funzionale dei servizi di polizia idraulica, di piena e di pronto intervento idraulico, nonché della gestione degli impianti;

Le finalità richiamate sono perseguite mediante:

- La definizione del quadro del rischio idraulico e idrogeologico in relazione ai fenomeni di dissesto evidenziati;
- L'adeguamento della strumentazione urbanistico-territoriale;
- La costituzione di vincoli, di prescrizioni, di incentivi e di destinazioni d'uso del suolo in relazione al diverso grado di rischio idrogeologico;
- L'individuazione di interventi finalizzati al recupero naturalistico ed ambientale, nonché alla tutela e al recupero dei valori monumentali ed ambientali presenti;
- L'individuazione di interventi su infrastrutture e manufatti di ogni tipo, anche edilizi, che determinino rischi idrogeologici, anche con finalità di rilocalizzazione;
- La sistemazione dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture, adottando modalità di intervento che privilegiano la conservazione e il recupero delle caratteristiche naturali del territorio;
- La difesa e la regolazione dei corsi d'acqua, con specifica attenzione alla valorizzazione della naturalità degli stessi nonché dei bacini idrografici;
- Il monitoraggio dello stato dei dissesti idrogeologici;
- Interventi non strutturali.

Quindi tutta l'area di competenza dell'Autorità di Bacino è stata classificata, a seconda del tipo di rischio e a seconda del grado di pericolosità nel seguente modo:

- **AREE A PERICOLOSITA' DI FRANA**
 - **PG3 (aree a Pericolosità Geomorfologica molto elevata);**
 - **PG2 (aree a Pericolosità Geomorfologica elevata);**
 - **PG1 (aree a Pericolosità Geomorfologica media e moderata);**
- **AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA**

- AP (aree ad Alta Pericolosità Idraulica);
- MP (aree a Media Pericolosità Idraulica);
- BP (aree a Bassa Pericolosità Idraulica);
- **AREE A RISCHIO**
 - R4 (aree a Rischio Molto Elevato);
 - R3 (aree a Rischio Elevato);
 - R2 (aree a Rischio Medio);
 - R1 (aree a Rischio Moderato);

Tale suddivisione in classi di rischio o pericolosità è stata redatta confrontando l'intensità teorica dell'evento con gli ipotetici danni sociali arrecati in seguito al manifestarsi dell'evento stesso

Dalla consultazione della cartografia relativa alla distribuzione delle aree a pericolosità da frana, a pericolosità idraulica e a rischio, di cui riporta uno stralcio in coda al paragrafo, si evince come **l'area oggetto di intervento non risulta essere interessata dalla presenza di nessuna di queste aree.**



Fig. 7: Stralcio del PAI; con cerchiatura rossa l'area di intervento

9. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Come detto in precedenza, per il riconoscimento delle caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche dei terreni di fondazione dell'area in esame, si è fatto riferimento alle indagini estrapolate dallo studio pregresso eseguito nel 2008 dalla *Ecologica S.p.a.*

In laboratorio geotecnico, sono stati analizzati n.5 campioni indisturbati, prelevati a varie profondità nei sondaggi geognostici meccanici a rotazione eseguiti a carotaggio continuo. Detti campioni sono stati sottoposti a prove ggeotecniche per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche, quali:

- Contenuto naturale d'acqua
- Peso di Volume naturale
- Peso Specifico Reale
- Grado di saturazione
- Porosità
- Granulometria
- Indice dei Vuoti
- Limiti di Atterberg
- Prova Edometrica

Di seguito si riportano in sintesi i risultati desunti dalle suddette prove.

Analizzando in dettaglio tutti i parametri ricavati dalle prove, i campioni possono essere distinti in due unità geotecniche principali:

1. **Sabbia ghiaiosa**
2. **Limi sabbioso-argillosi**

Per quanto riguarda il primo gruppo, i campioni di riferimento sono stati prelevati a profondità comprese tra i 5 e i 6 m dal p.c.. Per essi si ha:

- Contenuto naturale d'acqua: **13,56% < W_n < 22,16%**;
- Peso di volume naturale: **1,98 g/cm³ < γ_n < 2,05 g/cm³**
- Peso di volume secco: **1,62 g/cm³ < γ_s < 1,80 g/cm³**
- Indice dei vuoti: **0,527 < e < 0,687**
- Grado di saturazione: **70,85% < S < 88,35%**

Per quanto riguarda il secondo gruppo, i campioni di riferimento sono stati prelevati a profondità rispettivamente di 9, 15 e 29,50 m dal p.c.. Per essi si ha:

- Contenuto naturale d'acqua: **23,21% < W_n < 27,08%**;
- Peso di volume naturale: **1,95 g/cm³ < γ_n < 2,03 g/cm³**
- Peso di volume secco: **1,54 g/cm³ < γ_s < 1,65 g/cm³**
- Indice dei vuoti: **0,666 < e < 0,738**
- Grado di saturazione: **95,60% < S < 98,25%**

I parametri da utilizzare in input per i calcoli geotecnici sono i seguenti:

Per la **Sabbia ghiaiosa**

- Peso di volume naturale $\gamma = 1,98 \text{ g/cm}^3$
- Angolo di attrito $\varphi = 35^\circ$
- Coesione $c = 0,00 \text{ Kg/cm}^2$

Per il **Limo sabbioso-argilloso**

- Peso di volume naturale $\gamma = 2,02 \text{ g/cm}^3$
- Angolo di attrito $\varphi = 25^\circ$
- Coesione $c = 0,15 \text{ Kg/cm}^2$

Di seguito si riporta la scheda di riepilogo estrapolata dallo studio dal quale sono stati desunti i parametri geotecnici di laboratorio e quelli delle indagini in situ eseguite.



LABORATORIO ANALISI GEOTECNICHE

BRUNO S.r.l.

Via Casalnuovo, n.50 – 75100 MATERA – Tel. 0835.310092 – Fax 0835.314882
C.F. e Part. I.V.A. n.00571680776 e-mail: geobrunosrl@tin.it

COMMITTENTE: Ecologica S.p.A.

LAVORO: Indagini geognostiche e geotecniche dell'opificio dismesso sito in Via Majorana - Brindisi

LOCALITA': Brindisi

QUADRO RIASSUNTIVO

Identificazione		Caratteristiche Fisiche										Granulometria						Limite di Consistenza						Prove Meccaniche						
N° Campione	N° Sondaggio	Profondità dal p.c.	Contenuto d'acqua	Peso Volume Naturale	Peso Volume Secco	Peso Specifico	Indice dei Vuoti	Porosità	Grado di Saturazione	Frazione Ghiaiosa	Frazione Sabbiosa	Frazione Limosa	Frazione Argillosa	Limite di Liquidità	Limite di Plasticità	Indice di Plasticità	Limite di Ritiro	Indice di Consistenza	Attività	Taglio Diretto (C-D)	E.L.L.	Prova Edometrica	TRX CIU Sf. Totale	TRX CIU Sf. Effettivo	TRX CD	TRX UV				
		mt.	%	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	gradi	gradi	gradi	gradi	gradi	gradi	gradi	gradi	gradi			
CR1	1	5,00-5,50	13,56	2,05	1,80	2,75	0,527	34,53	70,85	23,76	58,95	14,11	3,18	17,18	10,98	6,20	13,42	0,58	1,948	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.			
CR2	1	9,50-10,00	27,08	1,95	1,54	2,67	0,738	42,47	98,11	0,07	64,81	25,30	9,82	28,36	20,76	7,60	15,32	0,168	0,774	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.			
CI1	2	5,50-6,00	22,16	1,98	1,62	2,74	0,687	40,72	88,35	8,20	53,08	32,28	6,44	26,26	16,89	9,37	12,57	0,438	1,455	41,43	n.d.	0,0711	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.			
CI2	2	15,00-15,50	23,21	2,03	1,65	2,74	0,666	39,97	95,60	0,00	50,87	31,97	17,16	32,06	22,45	9,61	17,87	0,92	0,56	37,20	n.d.	0,1540	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.			
CI3	2	29,50-30,00	26,38	1,99	1,57	2,72	0,728	42,13	98,25	0,00	10,84	61,75	27,41	33,20	19,13	14,07	13,51	0,485	0,513	25,96	n.d.	0,2214	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.			





GEOLOGIA ENERGIA AMBIENTE S.r.l.

Recinto Lupo Protospata, n.2 – 75100 MATERA – Tel. 0835.310092 – Fax 0835.314882
C.F. e Part. I.V.A. n.01134480779 e-mail: geologiaenergiaambientales.r.l.1@virgilio.it

ECOLOGICA S.p.A.

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE DELL'OPIFICIO DISMESSO SITO IN VIA MAJORANA BRINDISI

Sondaggio Geotecnico	Data di esecuzione	Cassette Catalogatrici	S.P.T.		Rinvenimento Falda Acquifera mt.
			Prof. mt.	Valori	
1	17/03/2008	N°1 - da mt. 0,00 a mt. 5,00 N°2 - da mt. 5,00 a mt.10,00	-4,00	rif. - -	-6,30
			-6,00	12 rif. - -	

Sondaggio Geotecnico	Data di esecuzione	Cassette Catalogatrici	S.P.T.		Rinvenimento Falda Acquifera mt.
			Prof. mt.	Valori	
2	18/03/2008	N°1 - da mt. 0,00 a mt. 5,00 N°2 - da mt. 5,00 a mt.10,00 N°3 - da mt.10,00 a mt.15,00 N°4 - da mt.15,00 a mt.20,00 N°5 - da mt.20,00 a mt.25,00 N°6 - da mt.25,00 a mt.30,00	-3,00	9 15 15	-6,30
			-4,00	17 rif. - -	
			-4,50	9 20 31	
			-6,00	12 23 30	
			-10,20	14 24 26	

Il Direttore Tecnico
Dott. Geol. Antonio Bruno

10. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Come per le indagini precedenti, anche per la caratterizzazione sismica del suolo, si fa riferimento alle indagini eseguite in precedenti lavori nel sito in esame. Nel dettaglio è stata eseguita un'indagine geofisica di tipo Down Hole (DH) nel foro di sondaggio S2, appositamente attrezzato con tubazione PVC del diametro di 80 mm e cementazione dell'intercapedine; detta prova consiste nel generare onde sismiche di tipo P e di tipo S, registrando il primo arrivo a profondità crescenti nel foro di sondaggio, all'interno del quale sono stati posizionati dei geofoni con ancoraggio pneumatico.

Riportando i risultati ottenuti in opportuni grafici, è possibile calcolare il parametro V_{s30} e di conseguenza caratterizzare il sito, in una delle categorie di suolo di fondazione definite dalla normativa sismica; per la zona indagata è stato ottenuto un valore di $V_{s30} = 355$ m/s, pertanto il suolo di fondazione rientra nella **Categoria C: depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza.**

Messina 23/07/2015

Geol. Ph.D. Nunzio Costa
