

REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA
COMUNE DI TRIESTE
Dipartimento Territorio Economia Ambiente e Mobilità



PORTO VECCHIO RIQUALIFICAZIONE VIABILITÀ DI COLLEGAMENTO E
OPERE DI INFRASTRUTTURAZIONE DELL'AREA DEL POLO MUSEALE
II LOTTO - Codice opera 18028

AREA CONGRESSUALE DEL PORTO VECCHIO OPERE DI
SCARICO A MARE DELLA FOGNATURA MISTA E METEORICA

NUMERO

013

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICO - GEOTECNICA

SCALA:

-

DATA: gennaio 2020



PROGETTISTA INCARICATO: ing. Stefano COSTANTINI

REV	DATA	OGGETTO	REDATTO	VERIFICATO
3				
2	12/08/2020	Revisione generale	A.M.	S. Costantini
1	30/06/2020	Revisione generale	A.M.	S. Costantini
0	gennaio 2020	Prima emissione	A.M.	S. Costantini

Archest

architecture | engineering | infrastructure

Azienda certificata
ISO 9001 - SGS

e: info@archest.it

w: www.archest.it

Sede Legale di **Palmanova** (ud) via giustinian 31 - 33057

t: (+39) 0432.93.50.07 f: (+39) 0432.93.36.08

Sede di **Pozzuolo del Friuli** (ud) via sclauinco 7 - 33050

t: (+39) 0432.66.53.35 f: (+39) 0432.66.52.99

1 | 5 | 6 | 4

P | E

D | O

C

0 | 1 | 3

FORMATO
A4

INDICE

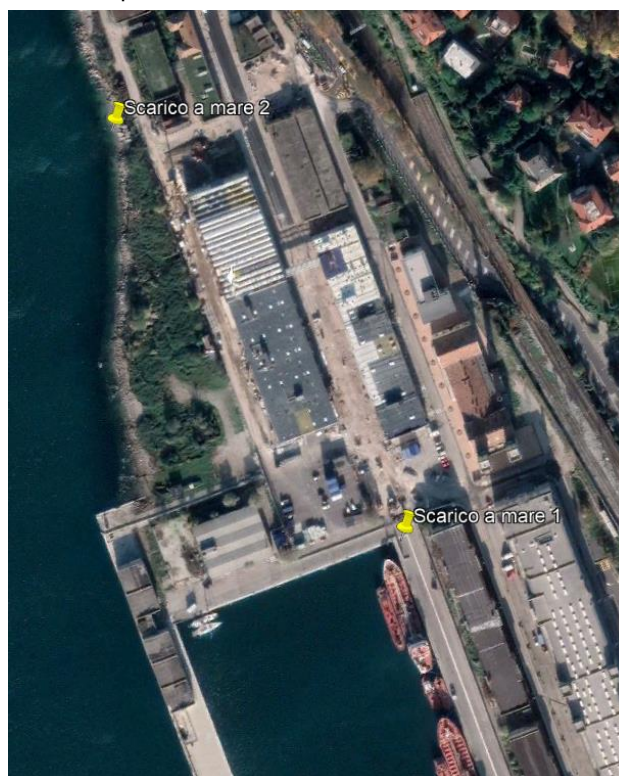
1.	PREMESSA.....	2
2.	DESCRIZIONE DEI LUOGHI.....	2
3.	ESTRATTO DOCUMENTO	3
4.	CONCLUSIONI.....	23

1. PREMESSA

Durante la realizzazione del Piano Regolatore del Porto di Trieste redatto dall'Autorità Portuale di Trieste, è stata fatta una caratterizzazione geologico-geotecnica delle aree delle banchine lungo tutto il profilo del porto. Si riporta di seguito l'estratto di tale documento (Allegato 19 alla L 84/1994 art 5 - piano regolatore del porto di Trieste adottato da parte del comitato portuale con deliberazione n. 7/2009 del 19.5.2009 – Piano Regolatore Portuale del Porto di Trieste – Studi Specialistici – Volume A).

2. DESCRIZIONE DEI LUOGHI

L'area di intervento è all'interno del comprensorio di Porto Vecchio.



L'oggetto dell'intervento è quello relativo alla riqualificazione e potenziamento degli esistenti scarichi a mare. Il presente documento quindi ha il compito di definire le caratteristiche geologiche del terreno su cui insisteranno le opere provvisorie da realizzare in fase di cantierizzazione dell'opera. Si prevede la realizzazione di scavi in sezione ristretta e di conseguenza opere (palancole) che garantiscano la stabilità degli scavi e la sicurezza degli operatori.

3. ESTRATTO DOCUMENTO

4 ASPETTI MORFOLOGICI, GEOLOGICI, GEOTECNICI, IDROLOGICI E IDROGEOLOGICI

4.1 ASPETTI MORFOLOGICI, GEOLOGICI E GEOTECNICI

Nel seguito sono illustrate le caratteristiche morfologiche, litologiche e stratigrafiche dei terreni dell'area portuale (ricadenti nei comuni di Trieste, San Dorligo della Valle e Muggia).

4.1.1 Tettonica

L'area a ridosso del golfo di Trieste fa parte dell'estrema porzione settentrionale della cosiddetta Sinclinale Capodistria – Trieste. L'area, dal punto di vista tettonico, è caratterizzata dalla presenza di due unità, che in accordo con quanto definito da Placer nel 1981, si dividono nella:

- “Piattaforma di Comeno” cui corrisponde nella zona esaminata tutta la successione carbonatica dell'anticlinale del Basso Carso, in parte sovrastata anche dalla successione torbiditica del Flysch,
- “struttura embriata della Ciceria”, cui corrispondono i termini torbiditici posti a sud del fianco sud occidentale dell'anticlinale carsico.

La genesi di tale situazione strutturale va ricercata in una originale spinta da Nord-Est, cui in un secondo momento si sono sovrapposte e sostituite ulteriori spinte provenienti da Nord-Ovest.

La disposizione degli strati, secondo le numerose interpretazioni fornite nel corso dei molti lavori di geognostica eseguiti a più riprese nell'area del bacino stesso, si presenta secondo una successione di sinclinali ed anticlinali con assi posti in direzione Nord Ovest-Sud Est, che seguono l'andamento generale della fase dinamica dell'orogenesi alpina.

Esistono in zona, ed evidentemente ne condizionano la morfologia le seguenti grandi dislocazioni :

- una faglia inversa ad andamento NW-SE che dalla parte a N dell'abitato di S. Antonio in Bosco si dirige passando per la località Chiusa dapprima nella valle di Longera, e poi in direzione NW verso S. Giovanni. Tale faglia fa parte di una serie di faglie ad andamento dinarico, legate alla linea “Golfo di Panzano – Baia di Muggia”, che interessano la zona di versante sottostante l'altipiano carsico e penetra nel territorio istriano attraverso la valle del Rio Ospo.

4-1

- la faglia di Monte Spaccato, associata a una seconda faglia minore ubicata circa 1 km ad E, con l'evidenza morfologica della profonda sella di Monte Spaccato. Un'ulteriore discontinuità, ubicata a N di S. Lorenzo, orientata prevalentemente ENE-WSW, dovrebbe separare la struttura del Carso triestino da quella dell'area Val Rosandra-Draga.

Sono presenti inoltre molteplici faglie minori di scarso rigetto e modesta estensione, mascherate anche dal comportamento disomogeneo dei termini marnoso arenacei. Tra le altre:

- nella zona della Cava Italcementi – Chiusa, due faglie orientate ENE-WSW che condizionano grandi carsismi ipogei.
- la faglia di Monte d'Oro Belvedere
- le dislocazioni di Muggia, di Santa Barbara e di Rabuiese, da mettere in relazione per la loro caoticità con la faglia che attraversa la valle del Rio Ospio.

4.1.2 Litologia

I litotipi presenti in area, o in zone immediatamente limitrofe, sono i seguenti raggruppati in chiave cronologica:

Di epoca storica o recenti. Riporti costituiti da materiale prevalentemente Flyschoidi.

Quaternario. Sono presenti i seguenti tipi di depositi :

- Coperture eluvio-colluviali costituite da prevalenti limi di colore bruno-marrone-ocraceo, misti ad argille, con presenza di ghiaie, da degradazione del Flysch..
- Depositi alluvionali generalmente costituiti da ghiaie prevalentemente arenacee, localmente arenacee-calcaree, miste ad argille e limi, con livelli di sabbie.
- Sedimenti marini, prevalentemente costituiti da argille limose, di colore grigio scuro-nerastro, neri, grigio cenere-bluastrò, azzurrognolo, molli, semifluidi, più o meno organici.
- Sedimenti sepolti, prevalentemente argillosi, misti a scarse ghiaie, spesso con livelli maggiormente sabbiosi, talora con livelletti torbosi, di colore variabile da nerastro a verdastro a grigiastro, generalmente di ambiente di transizione, lagunari-deltizi.
- Sedimenti sepolti, prevalentemente ghiaiosi-calcarei, grossolani, talora ghiaie poligeniche arenacee e calcaree, talora sabbia grossa, in varia misura misti con argille e limi, di origine alluvionale, in corpi lenticolari, con locali livelletti lenticolari di sabbie fini o ghiaie fini pulite.

- Sedimenti sepolti, prevalentemente argilloso-limosi, spesso con livelli sabbiosi, di colore, bruno e bruno-giallastro quasi sempre con abbondanti frazioni ghiaiose, poco ciottolose, arenacee, di probabile origine colluviale.

Eocene p.p. :

- Megabreccia a blocchi di calcare con Alveoline e Nummuliti inglobati nel Flysch marnoso-arenaceo. "Flysch triestino"
- Alternanze ritmiche, con periodi molto variabili, di pacchetti di marne generalmente carbonatico-argillose, grigiastre, fragili, con strati e banchi di arenarie compatte calcitico-quarzose-feldspatiche, da grigio chiare a grigio scure, in facies di Flysch. "Flysch triestino"
- Arenarie grigie, grigio-azzurrognole, prevalentemente calcarenitiche, quarzoso-feldspatiche, generalmente molto compatte, a stratificazione decimetrica-metrica, localmente con interstrati millimetrici-centimetrici argillitici o marnosi. "Flysch triestino" – Eocene p.p.

Eocene inf. p.p. - Paleocene p.p.

- Marne grigie-plumbee o azzurastre, talora con livelli argillosi-calcarei, poco compatte, sovente fogliettate con Globigerine,. "Formazione dei calcari del Carso Triestino", Membro di Opicina .
- Calcarei e calcareniti grigio-chiari-biancastri, poco compatti, detritici, poco fossiliferi, localmente con straterelli a Foraminiferi, a stratificazione indistinta . Membro di Opicina.

Per quanto concerne il Flysch, si riporta nel seguito la schematizzazione più diffusa in Provincia di Trieste, che tiene conto sia dei rapporti percentuali di un litotipo rispetto all'altro, sia della variazione del periodo della stratificazione dei litotipi stessi (variazione dello spessore dei pacchetti di marna e degli strati di arenaria).

- Flysch tipo T1: prevalentemente arenarie (in genere strati di spessore superiore ai 30 cm) con interstratificati pacchetti di lamine di marna dello spessore globale di ordine centimetrico. Stratificazione distinta e spessore del singolo strato notevolmente costante.
- Flysch tipo T2: prevalentemente arenarie (strati generalmente di spessore inferiore ai 30 cm) con interstratificati poco frequenti pacchetti di lamine di marna dello spessore globale di ordine centimetrico. Stratificazione distinta e spessore del singolo strato notevolmente costante
- Flysch tipo T3: Costituito da circa 50% di arenaria e 50% di marna (spessore degli strati di arenaria e dei pacchetti di lamine di marna variabile generalmente da circa 1 cm a circa 20 cm). Stratificazione distinta e spessore del singolo strato, o pacchetto, notevolmente costante
- Flysch tipo T4: Costituito prevalentemente da marna i cui pacchetti possono avere spessori variabili da circa 10 cm a circa 50 cm; interstratificati rari strati di arenaria il cui spessore si

aggira generalmente tra circa 1 cm e 20 cm, Stratificazione abbastanza distinta e spessore del singolo pacchetto, o strato, piuttosto costante

- Flysch tipo T5: Costituito prevalentemente da arenarie a buona consistenza litoide, ma che hanno subito notevoli processi deformativi (spessore degli strati non superiore ai 10 cm circa). Stratificazione talora poco distinta e a spessore poco costante

4.1.3 Morfologia dei litorali

La dinamica evolutiva della costa all'interno dell'unità fisiografica⁵ relativa al porto di Trieste è un parametro importante, capace di intervenire sulle scelte progettuali di eventuali nuove opere. All'interno dell'unità fisiografica v'è interazione tra i fenomeni dinamici che avvengono nei singoli tratti di cui è composta. In tal modo diventa importante la determinazione del verso e dell'entità del trasporto dei sedimenti nei tratti adiacenti al porto, potendo essi produrre dannosi fenomeni di insabbiamento del porto stesso o di erosione sottoflutto.

Nel caso in esame, come risulta dalla Figura 4-1, la costa nel tratto a levante di Monfalcone si mantiene bassa e paludosa fino a Duino diventando poi alta, scoscesa e talvolta perfino inaccessibile da Sistiana a Trieste.

La natura prevalentemente rocciosa della costa da Duino a Punta San Rocco ⁶ e la presenza dell'isobata -10 m a soli 150-200 m dalla linea di costa, cui è compatibile sabbia di medio-grossa granulometria (Figura 4-2), determinano un'interazione pressoché nulla tra dinamica morfologica naturale della costa e porto di Trieste.

⁵ Per unità fisiografica si intende un tratto di costa compreso tra punti in cui il trasporto solido trasversale e quello longitudinale sono nulli.

⁶ Come risulta dalla figura riportata nella pubblicazione "Erosione e difesa delle spiagge adriatiche" del prof. A. Brambati (Istituto di Geologia e Paleontologia – Università di Trieste, aprile 1984),

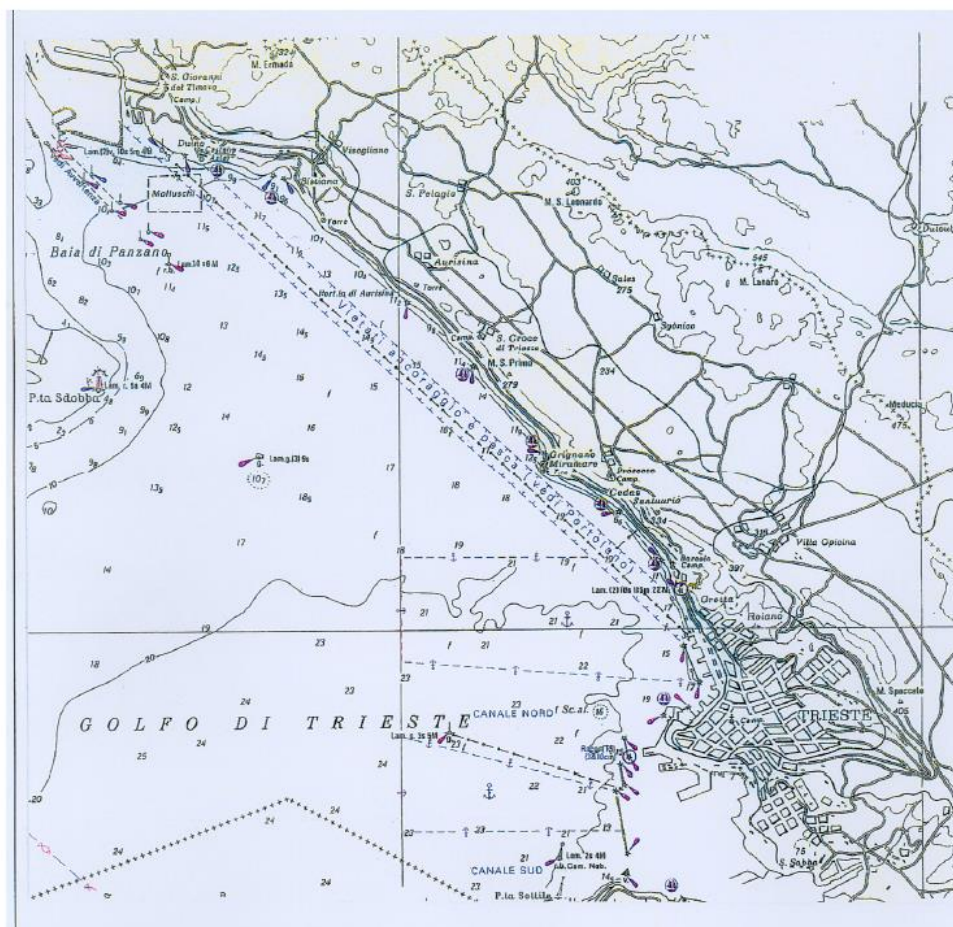


Figura 4-1 Morfologia della costa tra Duino e Trieste

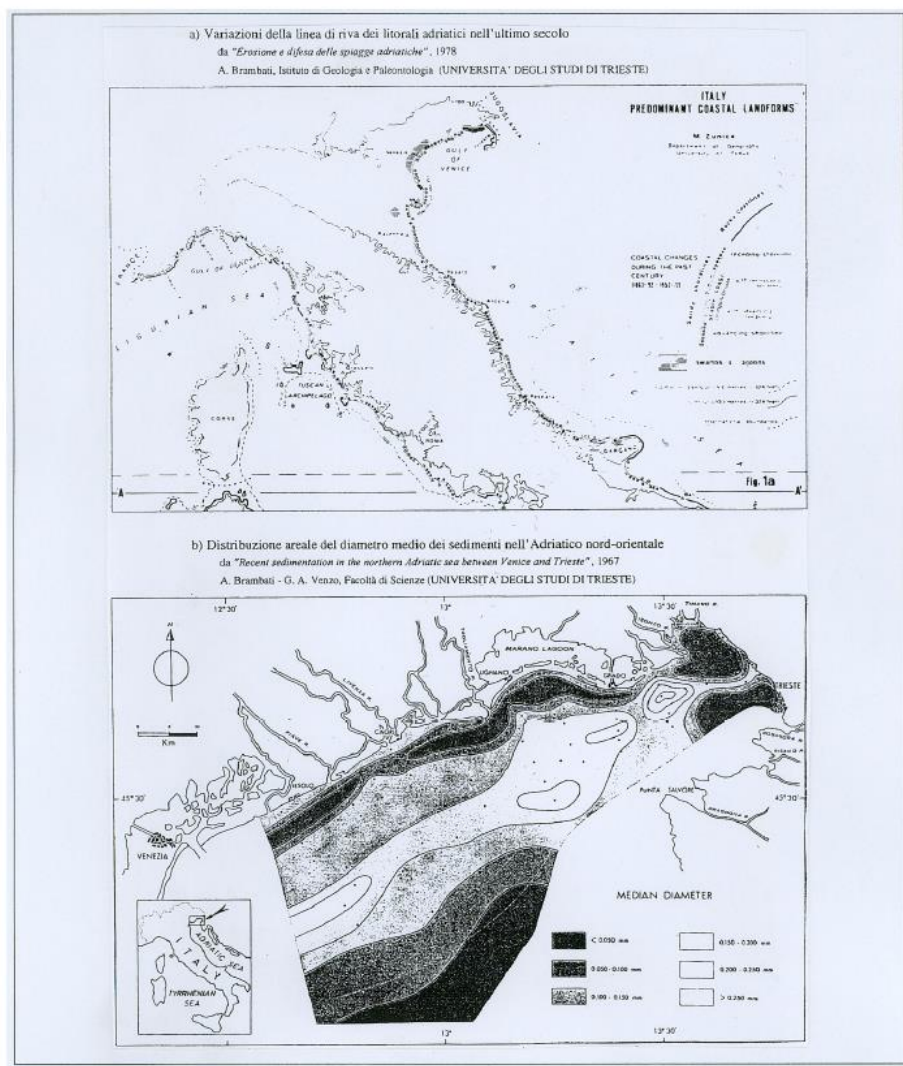


Figura 4-2 Variazioni storiche dei litorali adriatici e distribuzione dei sedimenti

4.1.4 Evoluzione geomorfologica

L'azione dell'uomo è intervenuta fortemente nell'intera area cittadina a modificare l'idrografia originaria, tanto da renderla totalmente o quasi irriconoscibile; quasi tutta la struttura preesistente della città è stata trasformata tanto da perdersi, in molti casi, le tracce della originaria topografia.

Parte della città di Trieste è situata su terreni arenacei (flysch) o su depositi di fondo valle derivati dall'erosione della formazione marnoso-arenacea, mentre le parti della città situate nell'area urbana di pianura sono state ricavate da bonifiche di antiche aree paludose o di saline.

La formazione marnoso-arenacea è solcata da numerosi corsi d'acqua; molti di questi torrenti, dopo aver contribuito con le loro pur scarse alluvioni a costipare e formare parte della zona pianeggiante cittadina, sono ora incanalati sotto la città.

Fra il molo 1 e il molo 2 (Porto Vecchio) sfociava in superficie il torrente di Roiano, drenante i versanti di Scorcola-Cologna-Gretta: quasi metà del suo percorso scorre oggi incanalato sotto il rione cittadino omonimo.

Fra il molo 3 e il molo 4 (Porto Vecchio) sfocia incanalato sotto la città il reticolo fluviale più importante, costituito dalla confluenza fra il torrente Farneto (che scorreva nella valle di San Giovanni) ed il torrente Settefontane (che scorreva nella valle di Rozzol). Il torrente Farneto sfociava in mare pressappoco là dove oggi si incrociano le vie Battisti e Carducci, mentre il torrente Settefontane sfociava in mare presso l'attuale piazza Goldoni.

La linea di costa era molto più arretrata rispetto all'attuale e formava una profonda ed ampia insenatura compresa fra il colle di Greta e il colle di San Giusto, dal quale scendevano alcuni torrentelli.

Altri brevi torrenti scorrevano sui versanti pendenti del colle di San Vito, che scendeva a picco sul mare formando un promontorio (area del Porto Nuovo).

La costa meridionale proseguiva prima a scarpata (zona Sant'Andrea-Campi Elisi) e poi riceveva alcuni brevi torrenti nell'insenatura oggi posta a monte dell'area Arsenale del Lloyd-Cantiere San Marco. Più a sud, fra il promontorio di Servola e il Monte San Pantaleone, scorreva la valle del rio Primario (oggi in gran parte ricoperto).

La baia di Muggia rientrava molto più profondamente nell'entroterra e quindi il mare occupava una vasta area dell'attuale Porto Industriale. I torrenti scendenti dai versanti meridionali del Colle di Cattinara (fra i quali il torrente Zaule) e soprattutto il torrente Rosandra avevano già depositato alluvioni grossolane in alcune parti della piana di Zaule. Più a sud la valle del rio Ospio (o valle delle Noghere) terminava molto più arretrata rispetto all'attuale linea di costa (il torrente defluiva a mare attraverso un ampio estuario, indice dello scarso apporto fluviale rispetto all'erosione marina). La costa muggesana, tranne qualche lieve deposito in corrispondenza delle foci dei principali corsi d'acqua, aveva pressappoco l'attuale aspetto.

Il progressivo aumento del livello marino (mediamente 1,6 mm/anno), con la conseguente azione erosiva sulle coste da un lato e la diminuita pendenza dei corsi d'acqua dall'altro, provocò (verosimilmente in pochi millenni) il rapido interrimento di alcune zone costiere, specie nelle tre insenature maggiori dove sfociavano i corsi d'acqua più importanti: nell'insenatura compresa fra il Colle di Grotta e il Colle San Giusto (confluenza e foce dei torrenti Farneto e Settefontane), nella valle di Zaule e in quella delle Noghere.

Alle alluvioni fluviali si sono sovrapposte quindi quelle di origine marina (argille soprattutto), impaludando vaste aree e provocando divagazioni dei corsi d'acqua: il torrente Settefontane spostò il suo percorso terminale più a sud (sfociando a mare presso l'attuale piazza della Borsa), mentre il torrente Farneto, inizialmente diretto lungo l'asse dell'attuale Canale, si spostò a nord. Gli altri vari rii, assorbiti dalle loro stesse alluvioni, scomparvero. Nella piana di Zaule i corsi d'acqua minori divagavano nelle paludi, mentre il torrente Rosandra si spostava a ridosso del Monte d'Oro.

Con l'avvio delle grandi trasformazioni antropiche, le aree paludose vennero in parte bonificate ed in parte sostituite da saline ed i torrenti Farneto e Settefontane vennero incanalati per proteggerle dalle alluvioni. Oltre alle saline del Borgo Teresiano ce n'erano di minori allo sbocco della valle di Roiano, a Campo Marzio, nell'insenatura di Servola ed alle foci del rio Primario. Seguirono quindi altre grandi opere di bonifica delle saline per ampliare la città, di sbancamento dell'arenaria affiorante, di ampliamento delle aree portuali (varie aree costiere occupate dal mare furono colmate), di incanalamento, rettificazione ed arginatura dei torrenti principali, successivamente ricoperti, e di creazione di nuove saline nelle aree di palude della valle di Zaule e delle Noghere.

Nella zona pianeggiante della città il deposito alluvionale dei torrenti Farneto e Settefontane incontra i depositi marini argillosi pressappoco lungo la direttrice via Carducci-Piazza Goldoni. In corrispondenza delle linee di valle di questi due torrenti, rappresentate dalle direzioni della via

Battisti e via Carducci, il basamento arenaceo si trova ad una profondità media di 15-20 m per decrescere dolcemente verso mare.

Lungo l'attuale linea di costa che bagna la città, rappresentata dalle Rive, nei punti più depressi (sotto i sedimenti marini) l'arenaria si trova a profondità poco superiori ai 20 m, mentre più a sud, nella baia di Muggia, lungo l'attuale linea di costa, nella zona dove sfociano i torrenti Rosandra e Ospio, il basamento arenaceo si trova a profondità anche di 50 m sotto il livello del mare.

Sotto il Golfo di Trieste il basamento roccioso, coperto da una potente coltre di sedimenti marini argillosi, è sempre arenaceo e presenta diversi spianamenti marini, costituiti da ripide scarpate intervallate da superfici quasi orizzontali; questa morfologia si riscontra in tutto il golfo.

Gli spianamenti del basamento arenaceo, che rispecchiano successive antiche linee di costa, si trovano a profondità medie di 35 m, 50 m, 60 m, 90 m, 125 m, 140 m e 178 m sotto l'attuale livello del mare e sono stati originati dall'azione erosiva del mare che, nel corso del tempo, veniva a trovarsi a diverse profondità a causa del succedersi di episodi regressivi e trasgressivi a cui è andata incontro tutta quest'area.

4.1.5 Caratteristiche sedimentologiche dei fondali

Attorno alle aree portuali la fascia costiera è stata intensamente rimaneggiata. La linea di costa attuale deriva in massima parte da interramenti e da bonifiche ed il fondale è stato nel tempo variamente sottoposto ad escavazioni.

La parte più prossima alla costa è oggi superficialmente costituita da un fondo fangoso o pelitico (limi ed argille), soffice ed uniformemente distribuito, e quindi con sedimenti granulometricamente più fini rispetto a quelli tipici di ambiente costiero-litorale naturale.

Sui fondali dell'area portuale i sedimenti pelitici superficiali sono ricoperti, pressoché continuamente ma soprattutto in prossimità della riva, da materiali grossolani di origine artificiale (derivati dalle opere di interrimento e banchinamento) immersi in matrice limosa.

Più al largo sono presenti sabbie pelitiche, più oltre peliti molto sabbiose e peliti.

Al di sotto dello strato più superficiale, risultato della sedimentazione recente di materiali terrigeni, è presente, abbastanza uniformemente, uno spessore di 7-10 m di *sedimenti pelitici* di origine marina, di colore grigio scuro o verdastro, ricco di frazione organogena. Ancora più sotto sono presenti *peliti*, ricche nella componente argillosa, di origine continentale (fluvio-lacustre) e con frequente presenza di livelli torbosi nelle aree un tempo paludose.

Al di sotto di questi materiali incoerenti è presente il basamento *flyscioide*.

Le caratteristiche fisiche dei vari sedimenti presenti nell'area possono essere così riassunte:

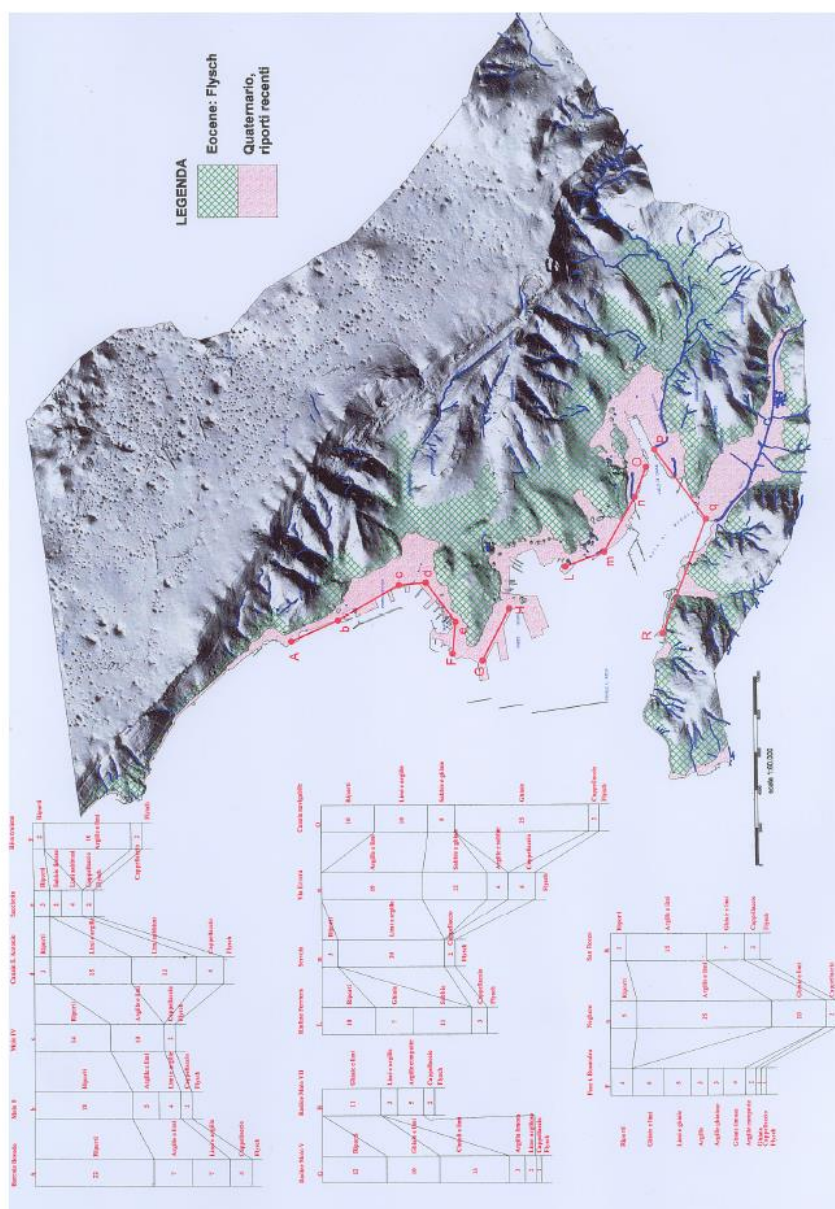
- *Peliti*: sedimenti con percentuale superiore al 95% di granuli di dimensione minore di 0,050 mm. Colore grigio scuro o verdastro o nerastro; ricche di frazione organogena.
- *Peliti molto sabbiose*: sedimenti con percentuali di granuli di dimensione fra 2 e 0,050 mm, comprese fra il 70 ed il 30%; la rimanente parte è pelite. Colore verdastro o nerastro; presenza di frazione organogena variabile.
- *Sabbie pelitiche*: sedimenti con percentuali di granuli di dimensione compresa fra 2 e 0,050 mm comprese fra il 70 ed il 95%, la rimanente parte è pelite. Colore grigio scuro; scarsa presenza di frazione organogena.

4.1.6 Caratteristiche stratigrafiche

I dati a disposizione hanno determinato la definizione di zone di informazione omogenea, che in una sequenza nord- sud sono le seguenti:

- Barcola Bovedo - Molo 0
- Molo IV
- Foce canale S. Antonio
- Sacchetta
- Riva Traiana
- Molo V – Molo VII
- Scalo Legnami - Ferriera
- Via Errera
- Canale navigabile (destra idraulica)
- Canale navigabile (Foce T. Rosandra)
- Valle delle Noghère
- Porto turistico S. Rocco

Per ogni zona si riportano cenni storici degli interventi succedutisi negli anni e dei sondaggi disponibili. L'analisi di queste informazioni ha portato alla definizione delle stratigrafie riportate in sintesi nella Figura 4-3.



Barcola Bovedo - Molo 0

Nel 1853, con l'inizio della costruzione della stazione ferroviaria di Rojano iniziarono in questo settore i lavori di ricarica della linea di costa. Successivamente tali ricariche assorbirono tutti i materiali di risulta flyschoidi della città fino al 1882, quando i concomitanti lavori della colmata di S. Andrea ne assorbirono una parte rilevante.

Nel 1883, a lavori di ricarica completati, la portanza superficiale era così scadente da costringere a prolungare i termini di consegna del terrapieno di circa 9 anni. Ma il ritardo aumentò ancora poiché a 12 anni dal totale completamento dei lavori di allargamento (1895), esistevano ancora cedimenti differenziali nei muri di fondazione delle rive e dei moli.

Furono così decise una serie di modifiche delle fondazioni di progetto: vennero aumentate le dimensioni delle platee, si infissero delle palificate, nei casi estremi si fu costretti a rimuovere lo strato di fango.

Fu comunque necessario riprogettare le strutture dei magazzini e degli hangars. I sondaggi all'epoca eseguiti, spinti fino a circa 20 metri, parlano di *“un primo strato composto da una marna limacciosa nera molto molle, un secondo molto simile con presenza di argilla e solo a 15 metri di profondità un terzo strato un po' più solido in virtù dell'argilla e della sabbia rinvenuta più compatta. La causa di una simile natura del suolo va ricercata nell'azione combinata nel corso dei tempi dallo scarico dei torrenti Martesin e Klutsch (T. Chiave) e dalla corrosione della crosta per effetto delle ondate marine”*.

Le informazioni recenti provengono invece da sondaggi eseguiti in mare ed a terra sul terrapieno di Barcola e all'altezza del Molo 0. Dall'esame dei sondaggi si ricava che la successione stratigrafica a Barcola è la seguente:

- fino a 22 m riporti
- fino a 29 m argille e limi
- fino a 36 m limi e argille
- fino a 40 m cappellaccio
- da 40 m in poi flysch

Tale successione varia con continuità fino al Molo 0, in corrispondenza del quale si ha la seguente successione di strati:

- fino a 18 m riporti
- fino a 23 m argille e limi
- fino a 27 m limi e argille
- fino a 29 m cappellaccio

- da 29 m in poi flysch

Molo IV

E' il limite occidentale dell'interramento, iniziato nel 1732, delle saline del Borgo Teresiano. Allo stesso tempo è il limite orientale dei lavori di bonifica descritti al paragrafo precedente. Alcuni (4) sondaggi recenti lungo la attuale banchina tra i moli terzo e quarto mostrano che a causa di quanto specificato per la zona precedente è presente come termine superficiale una componente poligenica eterogenea di potenza notevolmente variabile, funzione della distanza dalle opere di ricarica a mare.

Si osservano i seguenti strati:

- fino a 14 m riporti
- fino a 24 m argille e limi
- fino a 26 m cappellaccio
- da 26 m in poi flysch

Foce canale S. Antonio

Sono noti 3 sondaggi eseguiti in funzione di radicali trasformazioni di fabbricati. I sondaggi geognostici, eseguiti alla fine degli anni '80, mostrano i seguenti strati:

- fino a 3 m riporti
- fino a 18 m limi e argille
- fino a 30 m limi sabbiosi
- fino a 35 m cappellaccio
- da 35 m in poi flysch

Sacchetta

La successione di strati è stata ricavata da notizie storiche e da deduzioni mediate da sondaggi e scavi limitrofi:

- fino a 3 m riporti
- fino a 5 m sabbie limose
- fino a 9 m limi sabbiosi
- fino a 11 m cappellaccio
- da 11 m in poi flysch

Riva Traiana

E' questa un'area che è stata interessata da continui lavori di allargamento e di conquista di nuovi spazi a mare. Risale al 1740 la copertura del limitrofo molo romano dello Zucco, di età traiana, che collegava la linea di costa ad una emergenza inevitabilmente flyschoidale. Gli ultimi lavori di allargamento dovuti all'amministrazione austriaca sono stati eseguiti ad inizio secolo.

La zona è stata studiata per i lavori recenti di allargamento e banchinamento della Riva Traiana. Il complesso delle indagini ammonta a 20 sondaggi con prelievo di campioni. Anche in quest'area sono presenti terreni coesivi che poggiano sul substrato di base costituito dalla formazione del Flysch, campionato qui a profondità minori.

La successione stratigrafica osservata è la seguente:

- fino a 2 m riporti
- fino a 18 m argille e limi
- fino a 20 m cappellaccio
- da 20 m in poi flysch

Molo V – Molo VII

Indagini sono state eseguite per il progetto di rifacimento della banchina Nord del Molo V e sondaggi eseguiti in prossimità della radice del Molo VII. Sono stati considerati 11 sondaggi geognostici di cui 3 eseguiti a mare e 8 eseguiti a terra. Da tali sondaggi si ricava che in corrispondenza del molo V la successione stratigrafica è la seguente:

- fino a 12 m riporti
- fino a 22 m ghiaie e limi
- fino a 35 m ciottoli e limi
- fino a 38 m argilla limosa
- fino a 40 m limo argilloso
- fino a 41m cappellaccio
- da 41 m in poi flysch

In corrispondenza del molo VII vi sono i seguenti strati:

- fino a 11 m ghiaie e limi
- fino a 14 m limi e argille
- fino a 19 m argille compatte
- fino a 21 m cappellaccio
- da 21 m in poi flysch

Scalo Legnami - Ferriera

Le saline aperte su contributo della locale amministrazione sono già una notizia storica nel 1825, all'inizio dei lavori di colmata a mare del Lazzaretto e della strada da San Vito a Servola. Questo ampliamento viene ultimato nel 1900. Nel 1982 per l'ampliamento dello Scalo Legnami vengono eseguiti 4 sondaggi a mare lungo un allineamento tra la banchina dello scalo e il terrapieno inerti della Ferriera. Nella zona depositi alla rinfusa della Ferriera sono stati eseguiti alla metà degli anni '80 2 sondaggi.

A Servola (zona Scalo Legnami) sono disponibili una serie di campagne di indagini eseguite dal 1981 fino al 1989 per un totale di 112 sondaggi di cui 7 in mare e 110 a terra. Da tale indagini si ricava la seguente stratigrafia:

- fino a 10 m riporti
- fino a 17 m ghiaie
- fino a 28 m sabbie
- fino a 31 m cappellaccio
- da 31 m in poi flysch

Nell'area Ferriera la successione stratigrafica ricavata dalle indagini è data dai seguenti strati:

- fino a 3 m riporti
- fino a 24 m limi e argille
- fino a 26 m cappellaccio
- da 26 m in poi flysch

Terminal Petroli

Le quote superiori del banco roccioso, accertate mediante indagini geognostiche, variano a seconda della posizione e della distanza dalla linea di costa e sono di circa -37,0 m in corrispondenza della radice dei pontili, -40,0 m al gomito del pontile di accesso ed al distacco del pontile operativo 1, -53,0 m alla piattaforma del pontile 1, -45,0 m al distacco del pontile operativo 2, -50,0 m alla piattaforma del pontile 2.

Via Errera

Per la progettazione della mantellata a protezione della scarica di via Errera è stato eseguito 1 sondaggio localizzato in prossimità della linea di costa.

La situazione stratigrafica comincia a complicarsi per l'intersecarsi dei sedimenti dei diversi torrenti, precedentemente citati, che in questo tratto di costa giungono a mare:

- fino a 15 m argille e limi

- fino a 27 m sabbie e ghiaie
- fino a 31 m argille e sabbie
- fino a 36 m cappellaccio
- da 36 m in poi flysch

Canale navigabile (destra idraulica)

La situazione stratigrafica e geotecnica è la stessa del caso precedente. Le condizioni sono sempre molto complicate poiché alla formazione della zona contribuiscono diversi tributari con i loro conoidi volumetricamente non trascurabili. In destra del canale, al suo sbocco in mare, sono stati eseguiti alla metà degli anni '80 3 sondaggi da cui si ricava quanto segue:

- fino a 10 m riporti
- fino a 20 m limi e argille
- fino a 25 m sabbie e ghiaie
- fino a 50 m ghiaie
- fino a 52 m cappellaccio
- da 52 m in poi flysch

Canale navigabile (foce Torrente Rosandra)

La situazione stratigrafica e geotecnica è la stessa del caso precedente. I diversi tributari con i loro depositi hanno creato una situazione estremamente eterogenea. In prossimità della foce del T. Rosandra, lungo l'argine sinistro sono noti due sondaggi da cui si desume:

- fino a 4 m riporti
- fino a 10 m ghiaie e limi
- fino a 15 m limi e ghiaie
- fino a 18 m argille
- fino a 21 m argille ghiaiose
- fino a 25 m ghiaie limose
- fino a 27 m argille compatte
- fino a 28 m ghiaia
- fino a 33 m cappellaccio
- da 33 m in poi flysch

Valle delle Noghère

E' il culmine delle due situazioni precedenti. Man mano che dall'interno ci si avvicina alla foce si ritrovano con le esperienze geognostiche le evidenze di tutti i processi fluviomarini ai quali si è poi sovrapposta l'opera di bonifica.

Questa complessità ha determinato nel tempo la necessità di risposte puntuali con un conseguente alto numero di campagne geognostiche eseguite (per O.G.S. di Trieste, Provincia di Trieste, Genio Civile Opere Marittime di Trieste, C.R.D.A. di Trieste, FIAT di Torino, Aquila di Trieste) per un totale di 60 sondaggi, da cui si evince un'area con incisioni vallive che si approfondiscono andando verso il mare.

La formazione del Flysch risulta coperta da lenti più o meno ghiaiose e sabbiose disposte casualmente con andamento per lo più longitudinale rispetto alla valle.

In corrispondenza della attuale linea di costa, alla foce del Rio Ospo si propone la seguente successione ottenuta come media delle singole specificità:

- fino a 5 m riporti
- fino a 30 m argille e limi
- fino a 40 m ghiaie e limi
- fino a 42 m cappellaccio
- da 42 m in poi flysch

Porto turistico S. Rocco

I terreni sottostanti i fondali sono stati studiati grazie a indagini geognostiche costituite da 8 sondaggi a terra e 8 sondaggi a mare.

Lo schema stratigrafico è simile a quello determinato per la adiacente zona Noghere ma con potenze ridotte:

- fino a 3 m riporti
- fino a 18 m argille e limi
- fino a 22 m ghiaie e limi
- fino a 25 m cappellaccio
- da 25 m in poi flysch

4.1.7 Sismicità

La "Carta della sismicità" riportata in Figura 4-4 suddivide il territorio regionale in aree limitate da isolinee caratterizzate da sismicità da molto elevata a molto bassa sulla base delle massime intensità macrosismiche osservate nel tempo, della massima intensità attesa in 200 anni e dell'attività sismica. L'intensità macrosismica assegnata alle varie aree è riferita al terremoto campione e non tiene conto, in nessun modo, dell'eventuale incremento dovuto a risposta locale del terreno.

La Regione è caratterizzata da una zona centrale soggetta ad una sismicità molto elevata circondata da un'area a sismicità elevata. Queste occupano praticamente tutta la zona montagnosa con l'esclusione delle estremità orientali (fascia costiera montuosa di confine con la Slovenia) cui è stata assegnata una sismicità media.

L'area di Trieste è inclusa nelle aree a bassa sismicità.

4.1.8 Caratteristiche geotecniche

Le molte variazioni e combinazioni di argille, limi, sabbie e ghiaie, a volte miste a riporti – sono state ricondotte a sole 4 unità (riporti, complesso limoso-argilloso, complesso ghiaioso-limoso, flysch), cui sono stati attribuiti valori di parametri geotecnici ottenuti mediando quanto eventualmente riportato dalle stratigrafie disponibili, riportati nella Tabella 4-1.

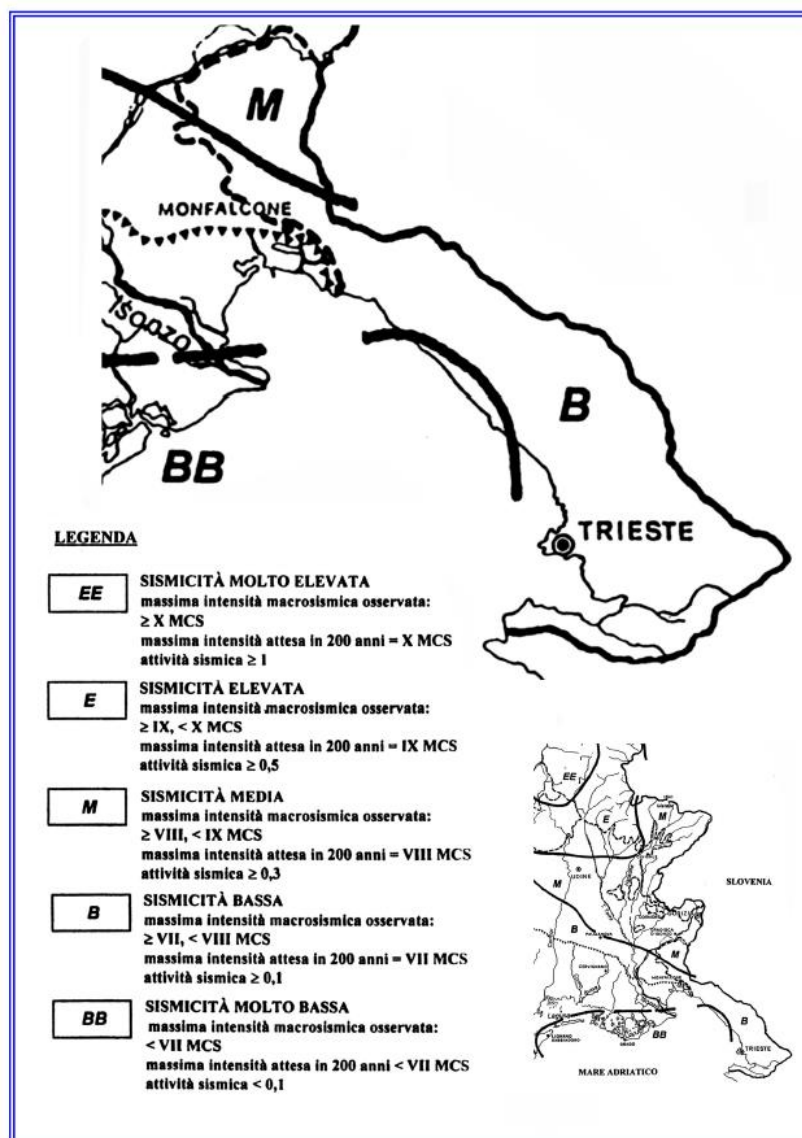


Figura 4-4 - Carta della sismicità – Regione Friuli-Venezia Giulia

Tabella 4-1 Valori dei parametri geotecnici

	Parametri geotecnici									
	W %	γ_{nat} t/m ³	Poket kg/cm ²	c kg/cm ²	ϕ	UU kg/cm ²	E _{ed} kg/cm ²	C _u kg/cm ²	E _i kg/cm ²	K cm/sec
Riporti	45-70	1.7-2.0	-	0	22° - 30°					
Complesso limoso-argilloso	45-70	1.7-1.9	0.3-1	0.1-0.2	20° - 28°		20	0.1-0.2		4·10 ⁻⁸
Complesso ghiaioso-limoso	45-70	1.9-2.0	0.5-1	0.2-0.3	25° - 30°		35	0.2-0.4		
Flysch	-	2.55	-	2-5	15° - 40°	45 marna	da 700		1·10 ⁴	
	-	2.75	-	-	-	100 aren.	a 3000			

in cui:

- W contenuto naturale d'acqua
- γ_{nat} peso specifico naturale
- Pocket penetrometro da tasca
- c coesione
- ϕ angolo d'attrito
- UU compressione perpendicolare alla superficie dello strato
- E_{ed} modulo edometrico
- C_u resistenza al taglio (vane test)
- E_i modulo di elasticità statica
- K coefficiente di permeabilità

Caratteristiche geotecniche dei sedimenti

Le caratteristiche geotecniche principali dei sedimenti possono essere così riassunte:

- *peliti*: contenuto naturale in acqua (W) attorno al 65%; carico di rottura al penetrometro tascabile attorno a 0,1 Kg/cm².
- *peliti molto sabbiose*: contenuto naturale in acqua (W) attorno al 40%; carico di rottura al penetrometro tascabile variabile da 0,1 a 0,8 Kg/cm².
- *sabbie pelitiche*: contenuto naturale in acqua (W) attorno al 15%; carico di rottura al penetrometro tascabile attorno a 0,8 Kg/cm².

Si tratta quindi di materiale che presenta caratteristiche geotecniche scadenti.

4. CONCLUSIONI

L'area oggetto dell'intervento è quella del Bovedo e del Molo Zero. Dallo studio specialistico risulta che la zona di interesse è [...] *di recente formazione antropica (discariche a mare di materiali inerti), i cui lati posti verso monte sono costituiti dalle pendici marnoso-arenacee. Nel caso in cui questa formazione rocciosa si presentasse ricca della componente arenacea e fosse fratturata potrebbero esistere piccole venature d'acqua e quindi esigue fuoriuscite dai versanti coperti dai materiali inerti. Non si hanno comunque dati al riguardo e se i riempimenti delle aree a mare sono stati effettuati secondo criteri tecnici e scientifici adeguati non dovrebbero sussistere problemi legati a presenza di acqua entro il materiale di riporto (comunque non si tratterebbe di acqua di falda e come tale da salvaguardare e tutelare, bensì da tenerne conto nella caratterizzazione geotecnica dei terreni). Falde idriche propriamente dette non sono presenti. [...]*.

Il materiale a disposizione è sufficiente per garantire una corretta caratterizzazione del terreno.