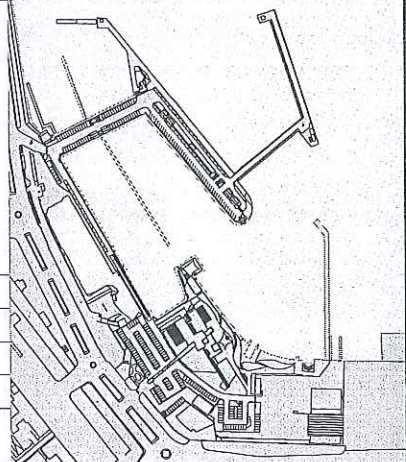
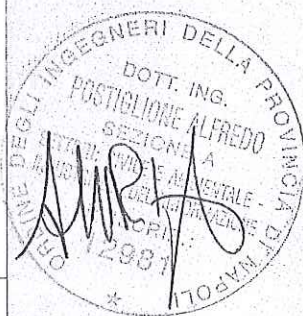
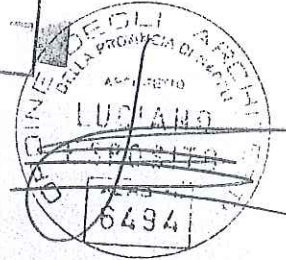
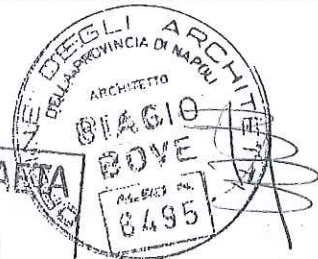


REGIONE LAZIO COMUNE DI GAETA

COMUNE DI GAETA
5 - MAR 2014
PROT. 9536



PROGETTO DI AMPLIAMENTO, RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE ED ADEGUAMENTO TECNOLOGICO DEL PORTO TURISTICO

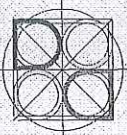



"BASE NAUTICA FLAVIO GIOIA"

PROGETTO DEFINITIVO

PARTE GENERALE

Titolo:

Relazione Geologica

Revisione	Data	Firme
0	Dicembre 2013	
Committente:	BASE NAUTICA FLAVIO GIOIA S.P.A.	
Project Manager:	ARCH. NICOLA CINQUE	
Progettisti:	  	
Strutture - opere a terra:	Gamma ingegneria ING. ROBERTO CASTELLUCCIO ING. NICOLA MARCHETTI ING. VERONICA VITIELLO	
Strutture - opere a mare:		
Impianti:	ING. ANTONIO NAPOLITANO	
Geologia e Geotecnica:	GEOL. ANNAMARIA PERILLO ING. PIETRO DI STEFANO	

Scala:

Elaborato:

RE.02.1

COMUNE DI GAETA (LT)

Relazione Geologica e sulla Modellazione Sismica di Sito riguardante il PROGETTO DI AMPLIAMENTO, RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE ED ADEGUAMENTO TECNOLOGICO DEL PORTO TURISTICO "BASE NAUTICA FLAVIO GIOIA", Lungomare G. Caboto- Gaeta (Lt).

*Committente: STIGE & PARTNERS S.r.l., Via Filangieri N°48- Napoli
Associazione Professionale "Dinamicamente Architetti", Via E. de Nicola N°6-
Quarto (Na)*

RELAZIONE GEOLOGICA E MODELLAZIONE SISMICA DI SITO

Data: 14 Giugno 2013

Il tecnico incaricato

Dr. Geol. Anna Maria PERILLO

*di Anna Maria
Perillo
Geologa
Regione Campania*



2013

e.mail : aperil2@tin.it / albertanna@inwind.it / annamaria.perillo@fastwebnet.it
p.e.c. annamaria_perillo_geologo@epap.sicurezzapostale.it

PREMESSA

A seguito dell'incarico ricevuto, dal team di progettazione composto dalla Società STIGE & PARTNERS S.r.l., rappresentata dal dott. Alessandro Parisi, con sede legale in Napoli alla Via Filangieri N°48, nonché dall'associazione professionale "Dinamicamente Architetti", rappresentati dall'arch. Luciano Esposito, con sede legale in Quarto (Na), Via E. de Nicola N° 6, e si è redatto la presente relazione geologica riguardante il PROGETTO DI AMPLIAMENTO, RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE ED ADEGUAMENTO TECNOLOGICO DEL PORTO TURISTICO "BASE NAUTICA FLAVIO GIOIA" (Lt).

E' stato eseguito un rilevamento geologico e geomorfologico di superficie, oltre che delle zone oggetto d'indagine, anche delle aree circostanti, al fine di arrivare ad una più approfondita conoscenza delle problematiche da affrontare e risolvere.

Le indagini realizzate hanno avuto per scopo la definizione di un quadro generale dell'assetto geo-stratigrafico e della stabilità dell'area, nonché, delle caratteristiche litotecniche e geosismiche della successione stratigrafica affiorante, sulla terra ferma e a mare, al fine di ricavare i parametri necessari per una idonea previsione delle opere e di eventuali interventi da adottare al fine di giungere ad una progettazione adeguata alla legislazione vigente in materia.

Le considerazioni esposte nella presente relazione sono state in piccola parte desunte dai dati geologici e geotecnici della bibliografia scientifica, integrati e da un attento rilevamento di campagna dell'area portuale preesistente.

Allo scopo di fornire una valida caratterizzazione geomeccanica dei terreni fondazionali, in virtù di quanto prescritto: dal D.M. 11 Marzo '88- sezione H, dall'O.P.C.M. 3274, dalle NTC 2008, si sono eseguite indagini geognostiche sia in situ che in laboratorio ubicate come da allegata planimetria. Per l'esattezza sono state eseguite N°2 Prove Penetrometriche D.P.S.H. nell'ambito spinte sino al raggiungimento del rifiuto strumentale (circa 15 mt).; N°2 sulla banchina di sopraflutto e N°1 a terra nei pressi del parcheggio, tutti spinti ad una profondità di circa 30.00 mt dal p.c. con il prelievo di N°4 campioni indisturbati; analisi geotecniche di laboratorio consistenti in caratteristiche generali del campione, analisi granulometriche, prove edometriche e prove di taglio diretto.

Per la caratterizzazione sismica del sito a terra si sono eseguite N°2 prospezioni geofisiche superficiali ciascuna eseguita con metodologia di indagine dei microtremiti, con sorgente attiva "M.A.S.W.", e con sorgente passiva Re. Mi. lungo il medesimo stendimento.

Studio Tecnico Associato "Paville" - Corso Italia 106, 80010 Quarto (Na)



I caratteri geofisici di sito sono esplicitati nel capitolo sulla Modellazione Sismica di Sito, mentre le risultanze delle Prospezioni Sismiche M.A.S.W. e Re.Mi., effettuate ed elaborate dalla Tecnogeo S.r.l., sono esaminabili nell'ALLEGATO INDAGINI, unitamente alle elaborazioni delle varie indagini geotecniche eseguite e riportate in appositi grafici e tabelle, ed alle certificazioni del laboratorio Sannio Test S.r.l. autorizzato con concessione ministeriale ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/01.

Sulla scorta delle indagini effettuate, si è proceduto elaborazione della presente.

RIFERIMENTI NORMATIVI

Decreto Ministeriale 14.01.2008

Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni.

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.

D.G.R. Lazio 766/03- Riclassificazione sismica del territorio della Regione Lazio.

D.G.R. Lazio 547/06 - Linee Guida per l'utilizzo degli Indirizzi e Criteri generali per gli studi di Microzonazione Sismica nel territorio della Regione Lazio di cui alla D.G.R. 387/2009.

Delibera di Giunta Regionale Lazio N°10 del 13 Gennaio 2012

Regolamento regionale concernente lo "Snellimento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico"

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.

Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

D.P.R 380/01

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.

L.R. N°4 del 5 Gennaio 1985

Prime norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico. Snellimento delle procedure.

L.R N°24 del 06 luglio 1998,

modificata e integrata dalla L.R. n°18 del 09 dicembre 2004, dispone all'art.18-ter. Interventi sul patrimonio edilizio esistente e sulle infrastrutture.

L.R N°36 del 1996

Il Piano Di Coordinamento Dei Porti Del Lazio

Studio Tecnico Associato "Perillo" - Corso Italia 106 00010 Caserta (Av) - tel/fax 081/8766215



Il Piano Regolatore Portuale (P.R.P.)

del 1959 e sua variante approvata con D. G. R. n°123 del 07/03/2006 (BUR Lazio n°21 del 29/07/2006)

Piano Territoriale Paesaggistico Regionale (PTPR), adottato con D.G.R. n. 556/07 e n. 1025/07.

Il Piano Territoriale Provinciale Generale (P.T.P.G.)

Approvato con la determina del Consiglio Provinciale n°52 del 2003 (pubblicato sul supplemento n°1 al BUR Lazio n°25 del 10/09/2003)

Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), Autorità Bacini Regionali approvato con D.C.R.N°17 del 4-4-2012(L.R. 36/96 art. 11)

Piano Territoriale Paesistico (P.T.P.)- Ambito Territoriale n°14 – “Cassino, Gaeta, Ponza” adottato con D.G.R. n°2281 del 20/04/1987 e approvato con Leggi Regionali n°24 e n°25 del 6 luglio 1998 (di cui al supplemento ordinario al n°1 del BUR Lazio n°21 del 30/07/1998)

Piano Regolatore Generale approvato con D.G.R. n.1498/73

D.M. 11.03.988

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.



§1- INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA

Il territorio comunale di Gaeta è ubicato nella parte meridionale della Provincia di Latina ed è inserito nell'ultimo tratto della Riviera di Ulisse, prima del confine con la Campania.

Il porto turistico Base Nautica Flavio Gioia è situato nel tratto meridionale del litorale laziale, affacciandosi sul mare Tirreno dalla costa orientale del golfo di Gaeta. Più precisamente, esso è ubicato a ridosso del promontorio di monte Orlando, nel punto in cui la costa forma un'ansa naturale ben protetta dai venti di Ponente, Libeccio e Mezzogiorno.

La struttura è difesa dalle correnti di levante grazie al molo militare di S. Antonio, che si protende verso nord per circa 350 m.

Via terra, il porto turistico si colloca nel cuore dell'insediamento urbano del comune di Gaeta, a ridosso del lungomare Caboto, nel tratto che separa i due centri storici di borgo Elena e borgo S. Erasmo, e sorge in corrispondenza della torre municipale. Alle sue spalle si trova infatti il quartiere Montesecco, sorto sull'antica piazza d'armi ai piedi del versante di nord-ovest del promontorio di Monte Orlando.

La Base Nautica Flavio Gioia è delimitata a Nord dai resti del Pontile Ciano, distrutto nel corso nell'ultimo conflitto mondiale, a Sud e ad Ovest dal Lungomare G. Caboto e dalla darsena detta "dei pescatori", mentre ad Est ci sono i piazzali di servizio del S. Antonio della Marina Militare delimitati a loro volta dall'omonimo molo.

Le coordinate I.G.M. dell'area risultano essere 41. 21413 di lat. N e 13. 5736 log. E, riferite al foglio 171 della Carta Geologica d'Italia. Nella fig.3 è riportato la conformazione attuale della Base Nautica "Flavio Gioia".

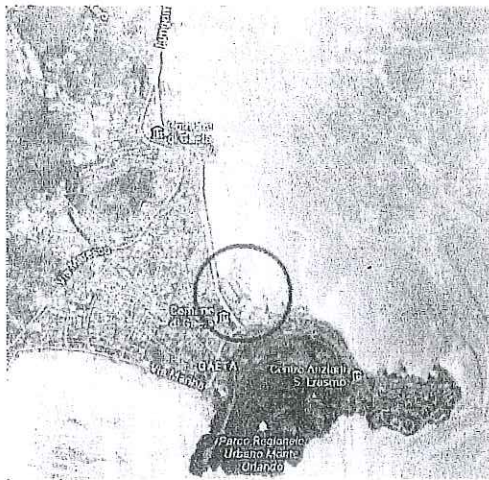


Fig. 1 – Immagine satellitare di Gaeta





Fig. 2 - Veduta della Base Nautica "Flavio Gioia"

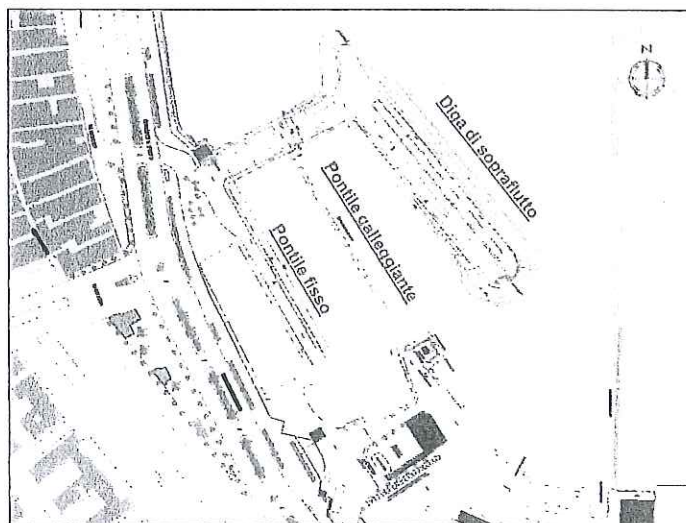


Fig. 3 - Base Nautica Flavio Gioia. Assetto Attuale

nelle fig.re 1 e 2 l'area è localizzata su immagini satellitari scaricate da web.

Studio Tecnico Associato "Perillo" - Corso Italia 106 80040 Quarto (Na) - tel./fax 081/5966215



§2- DESTINAZIONE URBANISTICA DELL'AREA E VINCOLI

Ai fini urbanistici, il vigente P.R.G. di Gaeta (Lt) classifica l'area oggetto di intervento come zona ad "Attrezzature Nautiche". Infatti, le Norme Tecniche di Attuazione del richiamato PRG all'articolo 37, normano la zona N, definita come detto "zona per attrezzature nautiche" per la quale prevede "aree per spazi pubblici compresi parcheggi pari al 25%" della Superficie Territoriale, con Indice territoriale (It) pari a 0,32 mc/mq ed Indice fondiario (If) pari a 0,40 mc/mq.

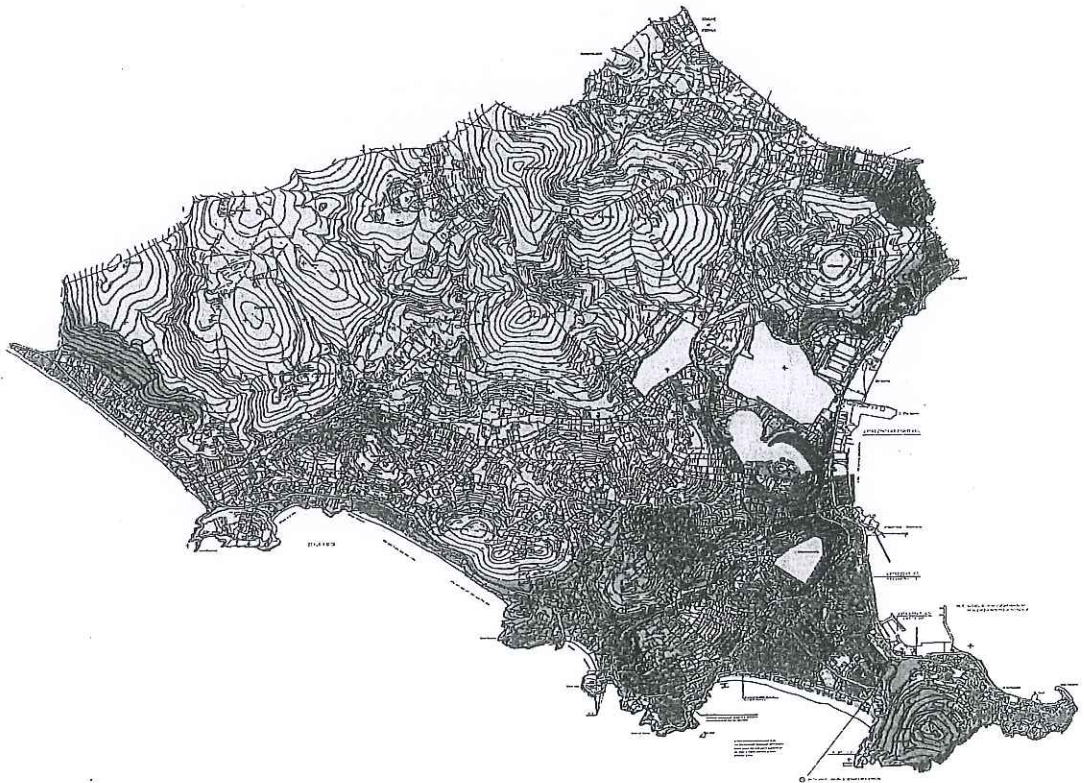


Fig 4: Carta azzonamento PRG Gaeta



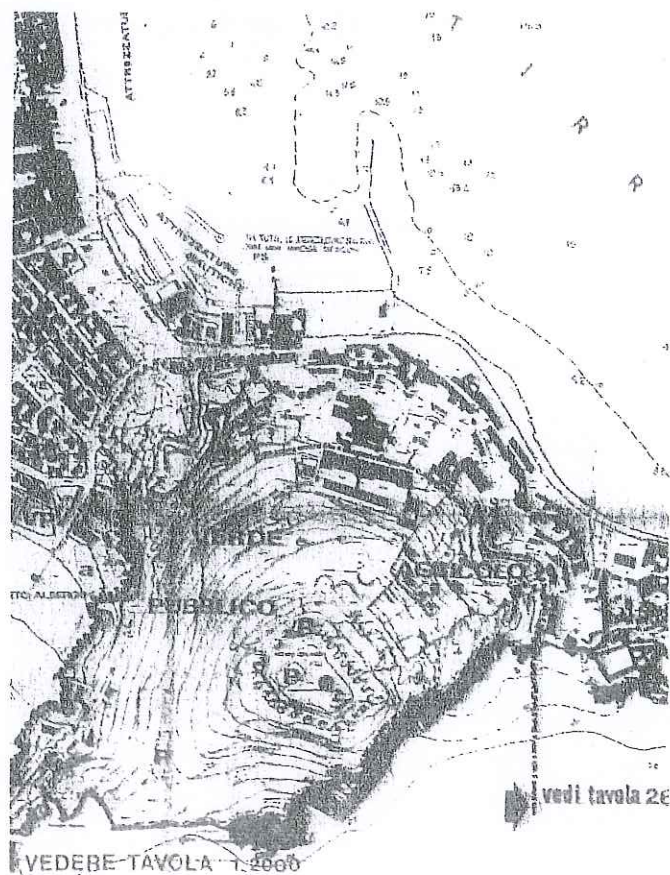
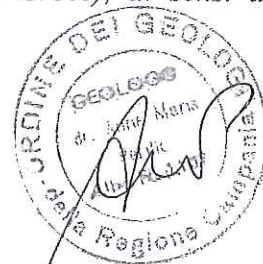


Fig 5: Stralcio Carta PRG Gaeta

Il sito non è soggetto ad alcun vincolo di interesse archeologico, mentre per quanto riguarda l'aspetto ambientale, con DGR n°116 del 19/02/2010, la Giunta Regionale del Lazio ha dichiarato "area sensibile" il tratto di mare dell'estensione 30,43 km² compreso tra la linea di costa e la linea di congiunzione tra il promontorio di Gaeta e torre di Fico; ha altresì dichiarato "bacino drenante" la porzione di territorio dell'estensione di 173,40 km² che vi si sversa (i cui principali canali sono costituiti da Rio d'Itri, Canale Acqua Traversa, Rio Capo d'Acqua-Santa Croce), ai sensi della direttiva 91/271/CEE e del D.lgs. n°152/2006.



Area sensibile del Golfo di Gaeta

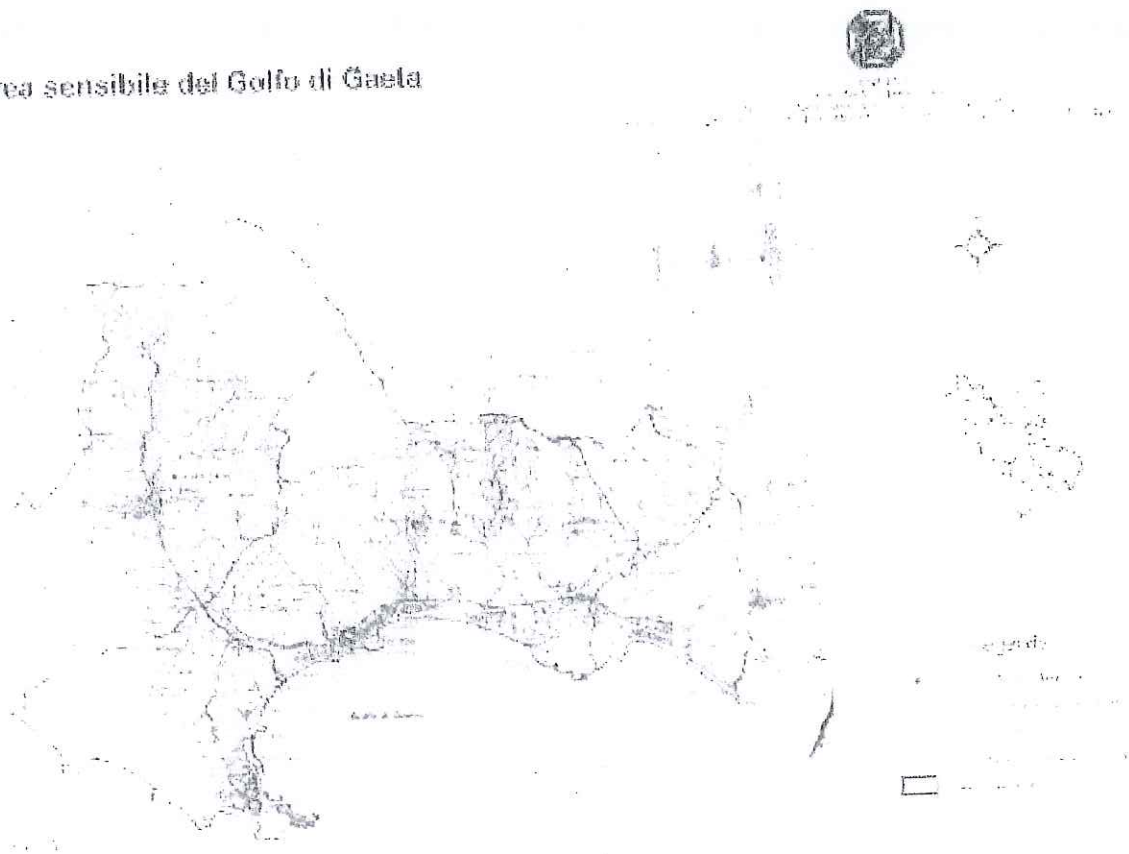


Fig 6: Carta perimetrazione "area sensibile" golfo di Gaeta

Per quanto concerne la difesa del suolo, il comune di Gaeta ricade nell'ambito territoriale di competenza dell'Autorità dei Bacini del Lazio (L.R. 36/96 art. 11).

Dall'analisi della cartografia tematica del Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), si è riscontrato che l'area in oggetto, non ricade in alcun tipo di rischio, sia esso di tipo idraulico, sia di tipo idrogeologico, come può evincersi dallo stralcio di seguito riportato:



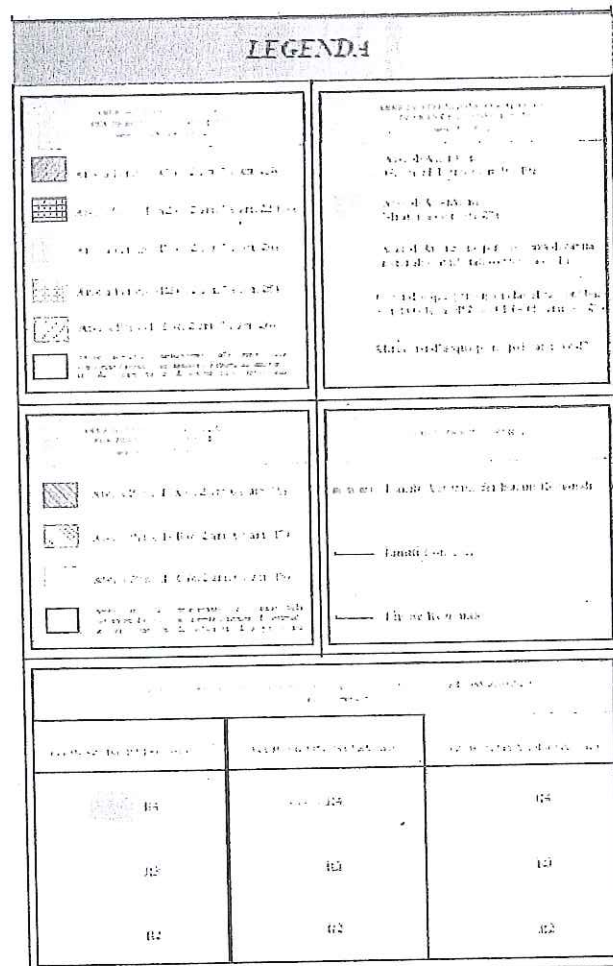
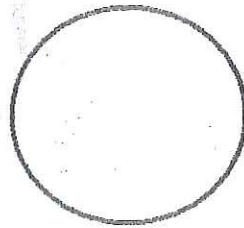


Fig 7: Carta aree sottoposte a tutela per dissesto idrogeologico

(Fonte: Piano stralcio per l'assetto idrogeologico- Rif. Tav. 2-13 SUD- aggiornamento 3-4-2013)

Studio Tecnico Associato "Perillo" - Corso Italia 106, 80010 Quindici (Na)



§3- CARATTERISTICHE PROGETTUALI

La Base Nautica Flavio Gioia è un porto turistico con 166 posti barca stanziali e 18 di transito, di cui 10 di ormeggi per imbarcazioni di lunghezza fino a 40 m.

All'interno del porto sono presenti: un'area di rimessaggio e cantieristica nautica, un impianto di bunkeraggio, una provveditoria marittima, un ristorante, la scuola di vela e uno Yacht Club.

Il progetto prevede un aumento complessivo del numero dei posti barca ed un adeguamento generale dell'intera area portuale in modo da garantire funzionalità ed una piena fruibilità della struttura ricettiva. Le opere progettate sono distinte in opere a terra ed opere a mare e prevedono i seguenti interventi:

- opere a terra, che prevedono la demolizione quasi totale degli edifici esistenti e la realizzazione di nuove strutture destinate ad ospitare le attrezzature al servizio della nautica da diporto (yacht club, bar, ristorante, area fitness, ecc.);*
- opere a mare, rappresentate dall'ampliamento dell'attuale darsena turistica e dalla realizzazione di una nuova darsena cantieri in luogo di quella attuale, nonché di una nuova struttura di alaggio e varo per grandi imbarcazioni;*
- infrastrutture, tra cui una nuova viabilità interna alla base, nuovi parcheggi ed un ponte di collegamento tra le due parti del porto attualmente separate dalla darsena "Montesecco";*
- impianti a rete (idrico, fognario, antincendio, elettrico, ecc.) a servizio sia delle opere a terra che delle opere a mare.*



§4- INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Il territorio regionale presenta un'estensione di 17.200 kmq in cui è possibile riconoscere una notevole varietà di ambienti geologici. Si passa, infatti, dalle dorsali carbonati che costituite da sedimenti marini meso-cenozoici, agli estesi distretti vulcanici peritirrenici di età quaternaria, alle pianure costiere colmate da sedimenti plio-quaternari da marini a continentali di ambiente fluvio-palustre e lacustre.

Di non minore interesse risultano essere le numerose valli colmate da sedimenti terrigeni cenozoici prodotto della migrazione del complesso sistema arco-fossa che ha dato origine alla dorsale appenninica, e le depressioni e conche intermonane conseguenti alle fasi tettoniche estensionali plio-pleistoceniche, colmate da sedimenti piroclastici, residuali e alluvionali.

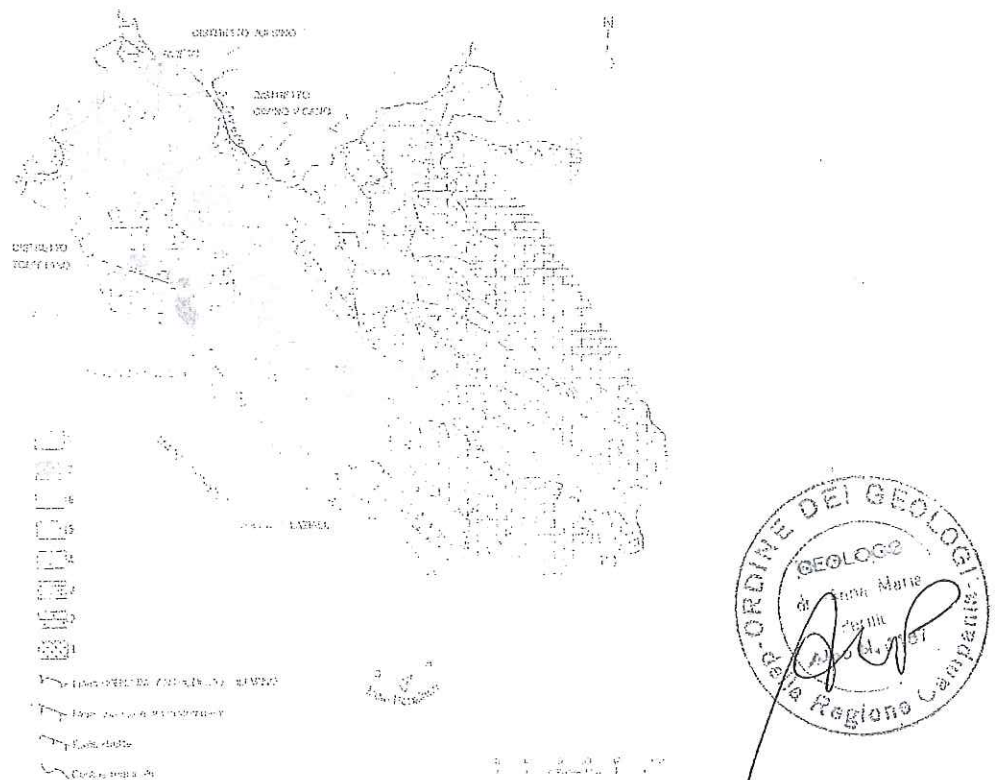


Fig. 8 – Schema geologico-strutturale del Lazio (da Guida Geologica Regionale, 1993). 1) Rocce del basamento metamorfosato; 2) sedimenti della piattaforma laziale-abruzzese; 3) sedimenti del bacino pelagico umbro-marchigiano; 4) sedimenti alloctoni del complesso ligure e sub ligure; 5) sedimenti alloctoni flyschoidi; 6) sedimenti sabbioso-argilloso-ghiaiosi neoautoctoni; 7) distretti vulcanici a chimismo da acido ad intermedio; 8) distretti vulcanici a carattere da potassico ad altamente potassico; PB: complesso vulcanico del Paleobolsena; B: complesso vulcanico di Bolsena; M: complesso vulcanico di Montefiascone; L: complesso vulcanico di Latera; MO: complesso vulcanico di Moriupo-Castelnuovo di Porto; SB: complesso vulcanico di Sacrofano-Baccano; SO: attività del settore occidentale; SS: attività del settore settentrionale; TRSN: colata piroclastica del Tufo rosso a scorie nere; FTA: fase Tuscolano-Artemisia; FF: fase delle faete; FI: fase idromagmatica finale.

Il territorio regionale Laziale, come tutta l'Italia centrale, è il risultato dell'evoluzione del sistema orogenico di tipo catena-avanfossa sviluppatosi prevalentemente in età neogenica, con migrazione della compressione dai settori più occidentali verso quelli orientali, su cui si è sovrapposta, a partire dal Tortoniano superiore, la tettonica distensiva associata all'apertura del Mar Tirreno, con forte estensione, anch'esso in migrazione da W verso E (Praturlon A. in AA.VV., 1993).

Le unità dislocate e disarticolate dall'evoluzione del sistema arco-fossa sono costituite da depositi di età meso-cenozoica suddivisibili nelle grandi linee come segue:

- unità tettonico-sedimentarie della grande piattaforma carbonatica (Trias sup. Cretacico sup.) riconoscibili sui Monti Lepini, Ausoni e Aurunci, sui Simbruini-Ernici e nelle vicine dorsali Molisane e Abruzzesi. Troncate a W in direzione N-S lungo la linea tettonica Olevano-Antrodoco;
- unità tettonico-sedimentarie dei bacini esterni (Lias medio-Miocene inf.) riconoscibili nelle successioni carbonatiche prevalentemente calcareo-marnose ad W della linea tettonica Olevano-Antrodoco (monti Predestini, Sabini, Lucretili, Reatini ecc.);
- unità tettonico sedimentarie dei bacini più interni (Cretacico sup. – Oligocene) costituiti dai sedimenti marnoso-calcarei, calcareo-marnosi e silicoclastici affioranti nel settore tolfetano o in pochi piccoli lembi nelle dorsali carbonatiche.

Le tre grandi unità descritte, durante le fasi orogenetiche, sono state raggiunte e ricoperte da sedimenti silicoclastici torbiditici da argillosi ad arenacei, di età sfasata tra l'Oligocene superiore (unità più interne) e il Pliocene inferiore (unità più esterne – margine adriatico). Nel Lazio, i sedimenti torbiditici (sin-orogenetici) si ritrovano prevalentemente nella Valle Latina, nella Val Roveto, nella Valle del Salto e in lembi "incastrati" in molti settori delle dorsali carbonatiche.

Successivamente, con l'instaurarsi del regime tettonico estensionale si ha la formazione di estesi bacini sedimentari post-orogenici tra cui spiccano per ampiezza la Valle del Fiume Tevere e le piane costiere (Pianura Pontina, Piana di Fondi ecc.) e molti dei settori attualmente ricoperti dalle coltri piroclastiche dei distretti vulcanici peritirrenici laziali.

Gli edifici vulcanici si sono impostati nel Lazio a partire dalla fine del Pliocene proprio lungo le principali direttrici tettoniche che delimitano il margine tirrenico. L'età del vulcanismo diviene

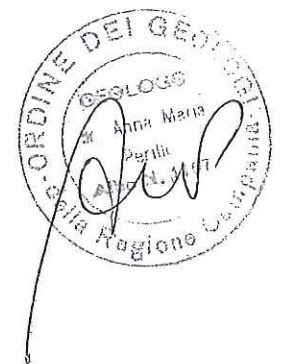


Studio Tecnico Associato "Pirillo" - Corso Italia 106 80010 Quindici (Na) - tel./fax 081/8760215

Dot.ssa Geol. A. M. Perillo

progressivamente più recente spostandosi da NW verso SE e da W verso E. Le ultime manifestazioni vulcaniche dei Colli Albani risulterebbero databili a circa 20.000 anni.

La deposizione delle sabbie della duna costiera, delle alluvioni, dei detriti di versante, dei sedimenti limno-palustri e dei depositi residuali ha luogo durante tutto il quaternario e, ovviamente, prosegue in relazione all'evolversi dei processi geologici e geomorfologici in atto su tutto il territorio. Attualmente, visto l'elevato grado di antropizzazione, specie nelle aree costiere e nelle valli fluviali, non può essere trascurata la presenza di accumulo di materiali di riporto di varia natura.



Studio Tecnico Associato "Perillo" - Corso Italia, 106, 80010 Quarcia (Na) - tel./fax 0818766215

§5- GEOLOGIA E STRATIGRAFIA DELL'AREA

Gli elementi geologici di maggiore rilevanza che caratterizzano il territorio sono ravvisabili nei terreni calcarei e calcarenitici cretacei che costituiscono la struttura geologica delle aree rilevate ed i depositi quaternari che si sovrappongono ad essi per cui si possono individuare due unità distinte:

1. Unità in facies calcareo-calcarenitica;
2. Unità quaternarie (depositi alluvionali, detritici e di spiaggia).

I primi sono costituiti da calcari micritici, calcareniti e calciruditi biancastri ed avana con intercalati livelli di calcari dolomitici e dolomie. Affiorano in corrispondenza del promontorio roccioso del Monte Orlando a sud e del Monte S. Agata a nord.

Il raccordo con le aree depresse in cui affiorano i terreni sabbiosi e limo-sabbiosi di spiaggia antica e recente che si rinvergono da lungo la linea di costa è spesso è marcato dalla presenza di depositi di natura detritico-eluviale derivanti dal disfacimento delle rocce carbonatiche. Tali depositi sono costituiti da pezzame litoide poligenico ed eterodimensionale da debolmente cementato a ben cementato in cui prevalgono, ovviamente, elementi calcarei, calcarenitici e dolomitici a spigoli vivi immersi in matrice sabbiosa. La loro presenza alla base dei versanti collinari è spesso manifestata dalla presenza di una superficie a debole pendenza che funge da raccordo tra le aree più rilevate e le aree più depresse.

L'origine di tali depositi è dovuta all'azione morfo-evolutiva operata sui versanti dalle acque dilavanti e dei torrenti che hanno agito su di un basamento costituito dalle formazioni calcaree che su di essi affiorano.

I terreni che caratterizzano le aree a ridosso della linea di costa sono rappresentati in prevalenza da sabbie che costituiscono sia la spiaggia attuale e sia la retrostante duna mobile lungo una fascia continua e di larghezza variabile. Le sabbie sono generalmente di colore giallastro o, più frequentemente, bruno e grigiastro. Procedendo verso l'interno, localmente, si passa ad una serie di cordoni sabbiosi, costituiti anch'essi da sabbie di colore grigio-giallastro ma con granulometria più fine e con presenza di minerali vulcanici e resti di microrganismi.

Essi caratterizzano aree a debole pendenza in cui la morfologia assume una conformazione lievemente mammellonata.

L'evidenza morfologica delle dune, infine, viene attenuata in corrispondenza della sovrapposizione e l'interdigitazione di depositi alluvionali recenti ed attuali di natura prevalentemente

Studio Tecnico Associato "Perillo" - Corso Italia 106 80010 Quarto (Na) - tel./fax 0818760243



limosa e sabbiosa. L'evidenza del fenomeno è riscontrabile a nord della Spiaggia di Serapo e di Porto Salvo.

I terreni affioranti nell'area in esame possono raggruppati in complessi idrogeologici tenendo conto della loro posizione geometrica e stratigrafica, delle loro caratteristiche di permeabilità relativa e del ruolo che ciascuno di essi ha in seno alla struttura idrogeologica:

- *COMPLESSO CALCAREO-DOLOMITICO. A tale complesso appartengono i termini calcarei arenacei e dolomitici affioranti nelle zone rilevate.*

Caratteristica di questo complesso è l'estrema tettonizzazione. La permeabilità per fatturazione e carsismo è elevata;

- *COMPLESSO SABBIOSO. Sono i terreni di origine marina che si rinvencono lungo il tratto costiero e che rappresentano depositi sabbiosi di spiaggia antica e recente, nonché quelli costituenti i cordoni sabbiosi retrostanti.*

Permeabilità media per porosità;

- *COMPLESSO DETRITICO-CALCAREO. Litologicamente è composto da conglomerati a spigoli vivi di natura calcarea e a matrice arenaceo-siltosa. La permeabilità per porosità è medio-alta ma risente del grado di cementazione dell'ammasso.*

L'area di intervento in cui sono previste opere a terra è caratterizzata dalla presenza dei depositi sabbiosi. Infatti, la terebrazione a carotaggio continuo (S4) effettuata ha evidenziato che, il sottosuolo della Base Nautica "Flavio Gioia" è costituito essenzialmente da due litotipi molto diversi per costituzione e genesi. La parte più superficiale è caratterizzata da terreno di riporto di varia natura, utilizzato in passato per ricoprire la spiaggia esistente, mentre la parte sottostante è costituita da sabbie scure, spesso frammiste a residui vegetali o conchiglie, con piccole percentuali di limo e, in certi casi, con abbondante presenza di ghiaia carbonatica nonché vulcanica. L'acqua è stata rinvenuta a circa 0.5 mt di profondità, dal p.c..



§6- MORFOLOGIA E STABILITA'

Il Golfo di Gaeta si presenta come un'ampia insenatura con concavità rivolta verso Sud, delimitata a Ovest da Punta dello Stendardo, che segna il termine del promontorio roccioso su cui sorge il Monte Orlando. Procedendo verso Est, al di là del promontorio roccioso in località Scauri la costa attenua la propria concavità e si dispone secondo la direttrice Nord Ovest-Sud Est.

Il territorio comunale è caratterizzato dall'alternanza di bassi poggi collinari (il più alto è il monte Carbonaro con i suoi 491 mt. s.l.m.) e che costituiscono le dorsali costiere dei Monti Aurunci, la cui propaggine più estrema è rappresentata dal Monte Orlando (171 mt.s.l.m.), che va a costituire un baluardo naturale per il nucleo abitato.

La parte collinare, costituita da un substrato carbonatico, come il gruppo montuoso di cui è parte integrante, presenta quote altimetriche non eccessive, infatti non superano i 500 mt s.l.m. e profili morfologici mammellonati, eccezion fatta per la zona orientale del paese, ove le quote declinano gradatamente verso la costa, e ad ovest ove inclinano verso il mare con ripidi versanti, quasi sempre sub-verticali.

L'andamento geomorfologico generale alterna litorali bassi e sabbiosi a speroni rocciosi e falesie a picco sul mare come accade per M.te Orlando.

Tale promontorio roccioso, con una morfologia tondeggiante è legato alla terraferma da un lembo di terra e termina nella parte meridionale con una costa alta e rocciosa, caratterizzata da imponenti falesie marine. M.te Orlando è costituito da calcari cretacicci, fortemente carsificati ad opera delle acque ruscellanti, che hanno generato numerose forme carsiche come la grotta del Turco e la Montagna Spaccata, una sorta di canyon a strapiombo sul mare. Anche il mare ha esplicita la sua azione erosiva e modellatrice, contribuendo a modellare tale promontorio, imprimendo nella roccia forme di erosione come i solchi di battaglia, ad opera del moto ondoso.

La base nautica Flavio Gioia è situata all'interno della Rada di Gaeta, nell'area interna a ridosso del promontorio.

La costa a occidente di monte Orlando è pertanto formata da insenature sabbiose (Serapo, Fontania, Ariana, Arenauta, S. Vito, S. Agostino) intervallate da piccoli e verdeggianti promontori "vigilati" da torri di avvistamento (risalenti al XVI sec.).

Studio Tecnico Associato "Pirillo" - Corso Italia, 105, 80010 Quarto (Na) - tel. 081/542.223766315



Dist. us. Geol. L. M. Perillo

L'abitato di Gaeta è composto da due nuclei urbani storici: quello di S. Erasmo, sorto nei primi secoli del periodo medievale sulla punta orientale di monte Orlando e delimitato da mura sotto Carlo V, e quello di Porto Salvo, già "Borgo di Gaeta", sorto nei secoli VII-VIII d.C. sul mare, ai piedi del colle Atratino, e che nel corso dei secoli ha gradatamente occupato tutta la piana di Montesecco, quell'istmo di terra che connette il promontorio di monte Orlando alle retrostanti colline.

Nella cartografia ufficiale IGM, l'area è individuabile al Foglio 415 sezione II - Gaeta della Carta Topografica d'Italia Serie 25.

La situazione morfologica descritta per l'area su cui insiste la Base Nautica, non mostra evidenze di dissesti superficiali o profondi, anche se esiste una latente propensione alla liquefazione delle sabbie presenti in successione stratigrafica.



Studio Tecnico Associato "Perillo" - Corso Italia 106 80070 Quarto (Na) - tel./fax 0818766215

§7- ASPETTI IDROLOGICI

Il territorio di Gaeta non presenta corsi d'acqua di rilievo. Il reticolo idrografico è anzi completamente assente in tutto il tratto di territorio comunale a est della SS.213 (Flacca).

I principali canali che sboccano nel golfo di Gaeta sono costituiti da: Rio d'Itri, Canale Acqua Traversa, Rio Capo d'Acqua-Santa Croce, nessuno dei quali sul territorio comunale di Gaeta.

Questo perché il sistema idrografico del complesso Ausoni-Aurunci (di cui monte Orlando costituisce un'appendice) è caratterizzato da un'idrologia sotterranea di gran lunga più significativa rispetto a quella superficiale. Infatti l'estrema permeabilità del massiccio carbonatico per fratturazione e carsismo provoca altissimi valori di infiltrazione efficace e attiva circolazione sotterranea. I valori di portata stimata lasciano desumere, per il sistema Ausoni-Aurunci, un bilancio idrico deficitario.

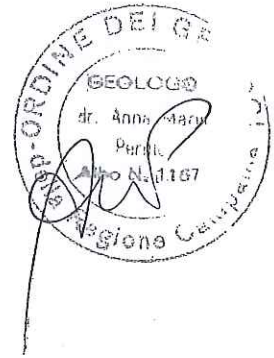
Ciò suggerisce l'esistenza di perdita a mare dove le dorsali raggiungono la costa; tali perdite sono maggiori nel tratto Sperlonga-Gaeta, molto minori in corrispondenza del Monte Circeo e di Terracina (Boni et al., 1988). Si stima che le sorgenti sottomarine tra Terracina e Gaeta erogino una portata d'acqua di 8 m³/s.

Lungo la costa, la distribuzione caotica dei paleoalvei indica una grande ricchezza d'acqua proveniente dai massicci carbonatici e distribuita in un reticolo poco organizzato. Questa situazione è probabilmente da correlare all'assenza, nell'entroterra, di valli fluviali con corsi d'acqua ben individuati. In corrispondenza di punta Stendardo è stato rilevato un probabile paleoalveo che si sviluppa parallelamente a costa: esso potrebbe rappresentare una antica linea di drenaggio che agiva da collettore dei corsi d'acqua che raggiungevano la rada di Gaeta e che non confluivano nel paleoalveo del fiume Garigliano. (Fonte: Università degli studi La Sapienza, Individuazione e caratterizzazione dei depositi sabbiosi presenti sulla piattaforma continentale della regione Lazio valutazione di un loro utilizzo ai fini del ripascimento dei litorali in erosione. Rapporto finale della prima fase, luglio 1999). Per quanto riguarda l'idraulica marittima, misure di correntometria sono state effettuate nel Golfo di Gaeta dall'ENEA-CNR in maggio-giugno 1981 ed in novembre 1982. L'analisi dei dati indicava una buona correlazione tra il vento e le correnti. Il flusso medio tendeva a seguire le isobate a tutte le quote. In presenza di stratificazione dovuta al riscaldamento stagionale, la corrente superficiale poteva avere un andamento ortogonale alla linea delle isobate sotto l'effetto del vento locale.



Dott.ssa Geol. A. M. Perillo

In genere la corrente tende a divenire più forte e più stabile (cioè con minore deviazione standard) avvicinandosi ai periodi invernali. Nei periodi di maggior energia delle correnti medie si nota una certa omogeneità verticale delle stesse ed anche della struttura verticale di temperatura e salinità.



Studio Tecnico Associato "Perillo" - Corso Italia 106, 80010 Quarto (Na) - tel./fax 0818766215

§8- ASPETTI IDROGEOLOGICI

Il Lazio è una regione caratterizzata da un'importante circolazione idrica sotterranea. Infatti ospita alcune tra le più importanti sorgenti italiane, basti citare le sorgenti del Peschiera (18'000 l/s), le Sorgenti del Gari (18'800 l/s), Le Capore (5'000 l/s) e almeno altre 400 sorgenti e gruppi sorgivi, tra puntuali e lineari, che alimentano il deflusso di base di tutti i corsi d'acqua a portata perenne.

Le acque sotterranee, ad eccezione di pochissimi casi, costituiscono la principale fonte di approvvigionamento idrico per gli usi idropotabili, industriali ed irrigui (se si considera che il deflusso di base dei corsi d'acqua è costituito da acque sorgive) di tutto il territorio regionale.

Data la grande importanza della risorsa idrica sotterranea, il territorio laziale è stato oggetto nel tempo di importanti studi idrogeologici (Boni et al, 1986; PS29-CASMEZ, inedito; Brunamonte et. al., 1988; Bonifica, 1990; Autorità dei Bacini Regionali del Lazio, 1998; Capelli et. al, 2005 ecc..) che, pur non permettendo una sintesi complessiva a scala di dettaglio, forniscono un'ottima base conoscitiva dei corpi idrici di maggior rilevanza, anche ai fini della loro tutela e salvaguardia.

Volendo sintetizzare l'assetto idrogeologico regionale si possono distinguere i seguenti complessi idrogeologici principali sede di acquiferi significativi:

- Complessi carbonatici, caratterizzati dalla presenza di falde di base di notevole estensione ed "alta potenzialità" e da falde sospese di potenzialità inferiore;*
- complessi vulcanici quaternari, caratterizzate da corpi idrici di estensione e "potenzialità variabile (da medio-alta a medio-bassa)", allocati in corrispondenza dei livelli a permeabilità maggiore, spesso sovrapposti e, talora, interconnessi;*
- complessi di aree di piana alluvionale e dei bacini fluvio-lacustri intramontani, in corrispondenza delle quali si registra la presenza di corpi idrici di "potenzialità variabile (da medio-alta a medio-bassa)" allocati nei depositi a permeabilità maggiore, spesso sovrapposti ed interconnessi;*
- complessi costituite da successioni miste calcareo-clastiche ed argilloso-marnose, caratterizzati da corpi idrici di "potenzialità medio-bassa", allocati in corrispondenza dei livelli a permeabilità maggiore, spesso sovrapposti;*
- Complessi costituiti da successioni terrigene (idrostrutture costituite da successioni sabbioso-conglomeratiche di riempimento dei bacini sin-postorogeni impostati sulle coltri di ricoprimento*

Studio Tecnico Associato "Porillo" - Corso Italia 106, 80010 Quindici (Na)



della catena; idrostrutture costituite da successioni arenaceo-argillose), caratterizzate anche esse da corpi idrici a "potenzialità mediobassa" allocati in corrispondenza dei livelli a permeabilità maggiore, spesso sovrapposti. La circolazione idrica sotterranea che interessa il territorio comunale di Gaeta fa parte del bacino idrogeologico dei Monti Ausoni- Aurunci.

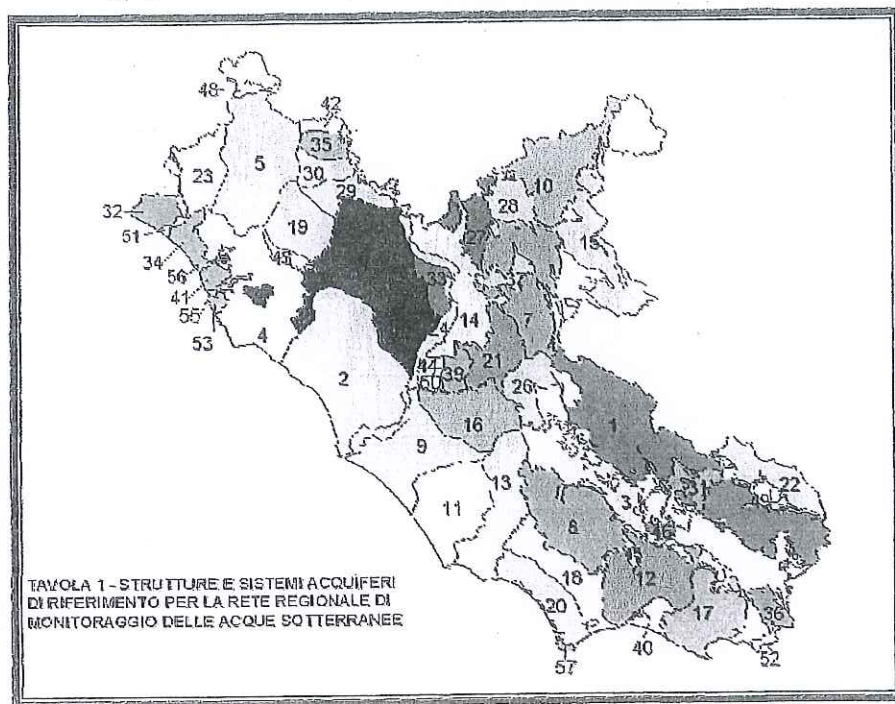


Fig 9- Strutture e sistemi acquiferi di riferimento per la rete regionale di monitoraggio delle acque sotterranee (DGR 222/05)

Questo sistema idrogeologico è costituito principalmente dai calcari e calcari dolomitici del complesso di piattaforma carbonatica. Il limite nord-occidentale coincide con la discontinuità tettonica della valle dell'Amaseno mentre quelli settentrionale ed orientale sono costituiti dall'accavallamento tettonico della struttura carbonatica sui depositi flyschoidi della Valle Latina. Gli altri limiti sono rappresentati dai depositi quaternari delle piane Pontina e di Fondi sovrapposti all'acquifero carbonatico ribassato per faglie. La presenza di questi limiti impermeabili o a permeabilità relativamente inferiore permette l'emergenza di sorgenti e gruppi sorgentizi, i più importanti delle quali sono: Capodacqua di Amaseno, Capodacqua di Spigno Saturnia, Fiumicello, Marutte, gruppo Ponticelli, gruppo Linea, gruppo Mola Bisletti, gruppo villa S. Vito, S. Magno, gruppo Capodacqua di Fondi, gruppo Gegni, gruppo Vetere, gruppo di Sperlonga, S. Maria di Conca, gruppo Mazzoccolo

Studio Tecnico Associato "Perillo" - Corso Italia 106 85010 Quarto (Na)



Dott. Geo. G. M. Perillo

Negli ultimi anni la Regione Lazio e le Autorità di Bacino, in conseguenza di marcate evidenze di squilibrio dei bilanci idrici e di alterazione della qualità delle acque sotterranee, hanno intrapreso studi conoscitivi ed elaborato le prime azioni di Piano per la salvaguardia e la tutela delle risorse idriche. Si richiamano in particolare il Piano di Tutela delle Acque, le misure di Salvaguardia degli acquiferi Vulcanici, il monitoraggio (DGR 222/05) oltre che, l'acquisizione delle indicazioni nazionali ed europee per la salvaguardia delle captazioni destinate al consumo umano e tutte le azioni pianificatorie (Piano Paesistico Regionale ecc..) volte a garantire la tutela dell'ambiente.

Per quanto riguarda le acque superficiali si può dedurre facilmente che le modifiche introdotte nell'ultimo secolo, dighe, sbarramenti, cementazione degli alvei, rettificazione, derivazioni, hanno determinato una profonda alterazione dei regimi idraulici e del trasporto solido. Le conseguenze più evidenti sono: gli squilibri osservabili lungo quasi tutta la costa laziale, dove le spiagge sabbiose appaiono prevalentemente in forte erosione.

Una forte perdita di naturalità dei corsi d'acqua, come ben evidenziato nel Piano di Tutela Regionale.

L'attività estrattiva, specie quando esercitata in alveo e/o in aree di pertinenza fluviale può determinare un notevole impatto negativo sull'ambiente idrico superficiale. La normativa vigente vieta le cave in alveo, a meno che queste non siano connesse con interventi di regimazione delle acque (art. 17 LR 17/04). Gli stessi interventi devono comunque rispondere alle esigenze del PAI (Piano Assetto Idrogeologico) dell'Autorità di Bacino Competente e al Piano Territoriale Paesistico Regionale.

L'interferenza tra attività estrattiva e corsi d'acqua principali tende quindi ad una riduzione progressiva.

L'attività estrattiva può interferire con le acque sotterranee sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo.

Dal punto di vista qualitativo le cave possono interferire con le acque sotterranee in varia maniera: come potenziali ingestori di inquinamento, in quanto possono amplificare la vulnerabilità intrinseca degli acquiferi, diminuendo o eliminando gli effetti del potere auto-depurante del terreno in quanto, ad esempio con l'attività di escavazione, vengono eliminate quelle barriere naturali che si interpongono tra gli agenti inquinanti e gli acquiferi;

come punti di rilascio concentrato e/o diffuso di sostanze potenzialmente inquinanti (polveri, rilascio accidentale di idrocarburi ecc.).

Studio Tecnico Associato "Perillo" - Corso Italia 106 80010 Cerreto (Na)



Per quanto detto, appare evidente come lo svolgimento dell'attività estrattiva al di fuori di una pianificazione capace di tenere conto della molteplicità degli aspetti che determinano la vulnerabilità degli acquiferi (caratteristiche degli acquiferi, caratteristiche dei suoli, captazioni, usi del territorio ecc..) può comportare situazioni di compromissione per inquinamento delle risorse idriche.

I terreni affioranti nell'area in esame possono essere raggruppati in complessi idrogeologici tenendo conto della loro posizione geometrica e stratigrafica, delle loro caratteristiche di permeabilità relativa e del ruolo che ciascuno di essi ha in seno alla struttura idrogeologica:

- **COMPLESSO IDROGEOLOGICO CALCAREO-DOLOMITICO.** A tale complesso appartengono i termini calcarei arenacei e dolomitici affioranti nelle zone rilevate. Caratteristica di questo complesso è l'estrema tettonizzazione. La permeabilità per fatturazione e carsismo è elevata;
- **COMPLESSO IDROGEOLOGICO SABBIOSO.** Sono i terreni di origine marina che si rinvencono lungo il tratto costiero e che rappresentano depositi sabbiosi di spiaggia antica e recente, nonché quelli costituenti i cordoni sabbiosi retrostanti. Permeabilità media per porosità;
- **COMPLESSO IDROGEOLOGICO DETRITICO-CALCAREO.** Litologicamente è composto da conglomerati a spigoli vivi di natura calcarea e a matrice arenaceo-siltosa. La permeabilità per porosità è medio-alta ma risente del grado di cementazione dell'ammasso.

L'area di intervento in cui sono previste opere a terra è caratterizzata dalla presenza dei depositi sabbiosi. Essa, in virtù della posizione topografica e da quanto detto in precedenza ha tutte le caratteristiche che la rendono sede di una circolazione idrica sotterranea per cui è possibile ipotizzare la presenza di una falda sospesa che si attesta a pochi decimetri di profondità. Quanto ipotizzato è confermato dalle risultanze dei sondaggi a carotaggio continuo eseguiti in situ, come da allegata planimetria delle ubicazioni, in cui è stata rilevato un livello idrico alla profondità di ca. 1,00 metri dal piano campagna.

Data la vicinanza del livello marino di base e lo sfruttamento delle risorse idriche a monte, la falda risente del fenomeno dell'ingressione salina e subisce le oscillazioni delle maree.

Nell'area di studio la falda si trova quindi a circa 1 mt. di profondità dal p.c.



§9- RISCHIO GEOLOGICO

Il rischio geologico si genera allorquando in una certa area sussistano i presupposti di pericolosità e questi, può capitare che interferiscano con situazioni di elevata vulnerabilità.

La caratterizzazione del rischio geologico o pericolosità è data pertanto dalla costruzione di una matrice in cui vengano valutati i diversi gradi di interferenza delle situazioni di pericolosità con le categorie d'uso del suolo o con la presenza di beni di rilevante significato naturalistico, ambientale e storico.

Pertanto il grado di rischio è tanto più marcato quanto maggiori sono i danni stimati sugli elementi a rischio (persone, strutture e infrastrutture, beni s.l.).

Più in generale si può dunque sostenere che il rischio geologico è l'insieme delle situazioni gravanti sulle persone e sui beni derivate dall'azione della dinamica dei versanti, dei corsi d'acqua, delle valanghe e da tutti quei processi naturali che, in modo reale o potenziale, possono destabilizzare le condizioni di equilibrio territoriale.

L'analisi relativa al rischio geologico può, e deve essere fatta, a livello operativo e cioè in situ da piani (P.O.C.), interventi di trasformazione o di bonifica che riguardano aree specifiche e dove sono previste indagini che consentano di valutare in modo dettagliato gli elementi di pericolosità e di vulnerabilità a grande scala, partendo da una valutazione della pericolosità geologica a livello comunale (sintetizzata in specifiche cartografie tematiche).

Le indagini specifiche dovranno contenere la verifica delle eventuali situazioni di rischio che possono manifestarsi sia nelle fasi di realizzazione degli interventi o di costruzione delle opere sia nelle fasi di esercizio o di gestione.

Le metodologie da applicare nella redazione dello studio geologico sono quelle dell'analisi geologica e geotecnica del terreno, avente un dettaglio tale da definire, per ciascun litotipo distinto nella cartografia, i parametri geotecnici e geomeccanici necessari a fornire, in maniera indicativa e di massima, il modello di comportamento meccanico del substrato geologico soggetto ad instabilità geomorfologica o ad intervento.

In prima analisi si definiscono tre classi di pericolosità geologica, sulla base della zonazione sismica regionale, delle condizioni geologiche dell'area di sedime e dei vincoli derivanti dagli atti di governo del territorio.

Studio Tecnico Associato "Perillo" - Corso Italia 106 80010 Quarto (Na) - tel/fax



TIPO A- BASSA PERICOLOSITA' GEOLOGICA

Zone Sismiche 3A e 3B per le quali sussistano contemporaneamente le condizioni geomorfologiche descritte al comma 2 dell'art. 4 del Regolamento.

TIPO B - MEDIA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

Zona Sismica 2B o Zone Sismiche 3A e 3B in cui si verifica una delle seguenti condizioni:

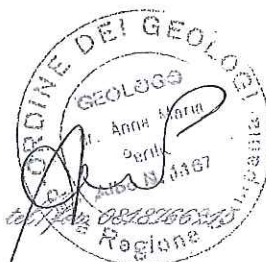
- Contatto stratigrafico o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche e sismiche diverse;
- Zone Suscettibili di Amplificazione Sismica identificate da studi di Microzonazione Sismica ai sensi della DGR Lazio n. 545/2010, e già validati dall'Ufficio Geologico e Sismico Regionale;
- Situazioni litostratigrafiche particolari, quali riporti antropici, terreni scarsamente addensati, rocce molto fratturate e alterate, fenomeni di inversione della Vs;
- Situazioni geomorfologiche particolari quali pendii con acclività > 15°, cresta, conoide alluvionale, falda detritica.

TIPO C- ALTA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

Zone Sismiche 1 e 2A o in tutte le Zone Sismiche in cui si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

- Area entro 50 mt da faglie attive e capaci effettivamente indicate dall'I.N.G.V.;
- Fenomeni di Liquefazione; Fenomeni di Subsidenza o Sinkhole;
- Presenza di cavità sotterranee;
- Presenza di strati o terreni fortemente compressibili tipo limi o argille con presenza di torba;
- Versanti in frana, in dissesto o instabilità diffusa;
- Zone R3 e R4 delimitate nei Piani delle Autorità di Bacino;
- Zone Suscettibili di Instabilità, identificate da studi, validati dall'Ufficio Geologico e Sismico Regionale, ai sensi della DGR Lazio n. 545/2010;

Sulla base dell'interazione fra le Pericolosità Geologiche e le Classi d'uso delle Opere si individuano quattro Classi di Rischio Geologico (Rischio Basso, Medio, Medio-Alto e Alto)



CLASSI DI RISCHIO GEOLOGICO				
	Pericolosità geologiche	Tipo A Bassa	Tipo B Media	Tipo C Alta
Classi d'uso		Zone Sismiche 3A - 3B o casi comma 2 art. 4	Zone Sismiche 2B - 3A - 3B o casi particolari Tipo B	Zone Sismiche 1 - 2A o casi particolari Tipo C
1 <i>(punto 2.4.2 DM 14.01.2005)</i>		Rischio Basso	Rischio Basso	Rischio Medio
2 <i>(punto 2.4.2 DM 14.01.2005)</i>			Rischio Medio	Rischio Medio-Alto
3 <i>(Art. 2 DGR Legge 357/09)</i>		Rischio Medio	Rischio Medio-Alto	Rischio Alto
4 <i>(Art. 2 DGR Legge 357/09)</i>				

Il territorio comunale di Gaeta, come la zona di interesse, dal punto di vista sismico sono classificati come zona 3°. Inoltre, il sito di ubicazione della Base Nautica non presenta rischi rilevanti di natura idrogeologica, idraulica ed ambientale, e le opere a realizzarsi presentano una classe d'uso II, per cui ci si aspetterebbe un basso rischio geologico, ma così non è. Infatti, l'area può essere classificata ad "alta pericolosità geologica" (Tipo C) per problematiche strettamente connesse alla suscettibilità alla liquefazione dei terreni presenti in successione Stratigrafica (sabbie e sabbie fini in falda). Di conseguenza, la classe di rischio geologico si eleva a "Rischio Alto", ai sensi dell'allegato C del Regolamento 02/2012.



§10- RISCHIO SISMICO

Il rischio sismico rappresenta la stima del danno atteso come conseguenza dei terremoti che potrebbero verificarsi in una data area. Tale stima, è basata su tre elementi:

- *La pericolosità dell'area, ossia lo scuotimento sismico che è ragionevole attendersi in un determinato intervallo temporale;*
- *La vulnerabilità degli edifici e delle infrastrutture dell'area, cioè la loro maggiore o minore propensione ad essere danneggiati dai terremoti;*
- *L'esposizione, cioè la presenza di persone e cose che potrebbero essere danneggiate (edifici, infrastrutture, attività economiche ecc.)*

La combinazione di questi tre fattori porta alla stima del rischio sismico. Una zona a pericolosità sismica molto elevata (in cui cioè è molto probabile che avvengano forti terremoti), ma priva di abitanti, edifici o attività umane, ha un rischio sismico pressochè nullo. Al contrario, una zona a pericolosità sismica bassa, ma molto popolata, oi cui edifici siano mal costruiti o mal conservati, ha un livello di rischio sismico molto elevato, poiché anche un terremoto moderato potrebbe produrre conseguenze piuttosto gravi.

La vulnerabilità degli edifici, che danneggiandosi possono determinare vittime e feriti, resta il fattore principale su cui si può intervenire: essa dipende dalle caratteristiche costruttive (muratura a cemento armato, numero di piani, regolarità in pianta ed in altezza) e del grado di manutenzione. Per tale motivo, la vulnerabilità può variare molto, anche all'interno di una stessa area urbana.

Nel Lazio il rischio è maggiormente elevato in tutta la zona appenninica, ma anche i comuni più lontani dalla fascia montuosa possono presentare un livello di rischio piuttosto elevato a causa della vulnerabilità degli edifici, sia di quelli in muratura, più vetusti, tipici dei borghi dell'Italia centrale, sia di quelli in c.a. non recenti.

Inoltre, diversi paesi sono costruiti su bacini sedimentario su rilievi che amplificano lo scuotimento sismico, come è stato testimoniato anche dai risentimenti nella città di Roma, in occasione del terremoto di Avezzano del 1915, dove i danni si concentrarono lungo l'alveo del fiume Tevere, su depositi di natura sedimentaria. La presenza di città importanti, inoltre, amplifica il livello di rischio dovuto all'incremento del fattore esposizione. Il Lazio è una delle poche regioni in cui, già dal 2004, si sono sottoposti a verifica sismica gli edifici pubblici (Scuole, ospedali, presidi sanitari e simili). Il censimento fu realizzato sulla base dei dati forniti dai singoli comuni, su indicazione della Regione e ha individuato 486 edifici pubblici, tra cui scuole, municipi e chiese, classificati a "rischio sismico".

Studio Tecnico Associato "Perillo" - Corso Italia 105, 80010 Poggioreale (Na)



Dott.ssa Geol. A. M. Perillo

questi edifici, localizzati principalmente nelle province di Rieti e Frosinone, 338 possono considerarsi ad "alto rischio sismico", 108 a "medio rischio sismico" ed il resto a "basso rischio sismico". Il territorio comunale di Gaeta presenta una bassa concentrazione di edifici ad alto rischio sismico e/o crollati in occasioni di eventi tellurici.



Studio Tecnico Associato "Perillo" - Corso Italia 106, 80070 Caserta (No) - tel./fax 081/8766215

§11- INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE

Gli interventi in progetto sono suddivisi in opere a mare ed opere a terra, identificando due macroaree di intervento.

Sulla scorta del rilevamento geologico di superficie, che ha interessato l'intera area occupata dalla Base Nautica "Flavio Gioia", e di tutti i dati reperiti dalla scrivente, ed attraverso le fonti citate in premessa, si sono desunti gli elementi per confrontare la realtà geologico-tecnica del territorio comunale gaetano, con quella emersa dalla campagna di indagini effettuata in situ.

L'individuazione delle indagini, effettuata preliminarmente dalla committenza, risulta congrua con la classe di rischio geologico del sito; essa è suddivisa in funzione delle due tipologie di opere a realizzarsi, (opere a mare ed opere a terra) e sono rappresentate su apposita planimetria Tavola delle Ubicazioni, allegata al report delle indagini geologiche.

Su di essa i vari tipi di prospezione sono individuati con una diversa simbologia e sono dislocati in pianta, sui punti che la committenza ha ritenuto più significativi, in rapporto con le finalità del progetto. Per quanto riguarda le indagini per le opere a mare, si precisa che il sondaggio S1, la cui ubicazione era prevista a mare, a NW della banchina di sopraflutto, non è stato più realizzato.

In conformità alla normativa vigente in materia, sono state individuate le seguenti tipologie di indagini che hanno consentito di valutare i parametri fisici, fisico-meccanici, idrogeologici e sismici, che per le opere a terra ci hanno consentito di definire il modello geologico dell'area.

La campagna d'indagine prevista ha compreso le seguenti fasi:

- 1. SONDAGGI GEOGNOSTICI** (S₂ ed S₃ per le opere a mare ed S₄ per le opere a terra)
- 2. PROVE PENETROMETRICHE DPSH** (P1 e P2 per le opere a terra)
- 3. PROSPEZIONI SISMICHE** (MASW 1 e 2 e Re.Mi. 1e 2 per le opere a terra)
- 4. ANALISI E PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO**

I sondaggi geognostici si sono resi necessari per delineare e/o confermare gli esiti del rilevamento geologico espresso in termini stratigrafici ed idrologici ed investigare la stratigrafia del fondale marino in corrispondenza della banchina di sopraflutto. La tecnica di perforazione utilizzata è stata quella del carotaggio continuo per la possibilità che essa offre di disporre di campionamento integro, utilizzabile in situ per determinare, per via breve, le caratteristiche granulometriche ed altri parametri rilevabili con semplici apparecchiature di campagna. Inoltre, con la stessa tecnica è stato

Studio Tecnico Associato "Perillo" - Corso Italia 106, 80040 Quarto (Na)



possibile prelevare campioni indisturbati di terreno che sono serviti per la corretta esecuzione di analisi e prove geotecniche di laboratorio. Le profondità (mt. 30 dal p.c. attuale) risultano sufficienti a fornire risposta in termini stratigrafici alle problematiche geotecniche e sismiche connesse con la risposta statica e dinamica attesa dal substrato.

Le indagini penetrometriche, costituiscono una integrazione ai sondaggi, poiché, i risultati che ne scaturiscono, opportunamente correlati, ci permettono di pervenire a determinazioni stratigrafiche inerenti gli aspetti granulometrici, confrontabili con i dati ottenuti attraverso le terebrazioni. Inoltre, con la metodologia adottata che ha visto l'impiego di un penetrometro dinamico pesante Pagani Tg63/200, si sono determinate le varie caratteristiche a rottura e la deformabilità dei mezzi attraversati, pervenendo ad un quadro ben definito dell'andamento verticale dei più importanti caratteri geotecnici posseduti dal substrato, nei volumi d'interesse per le opere a terra.

Inoltre, nel corso dei sondaggi, a varie profondità, sono state eseguite altre prove penetrometriche del tipo S.P.T. (Standard Penetration Test). Anch'esse, alla fine hanno fornito preziose informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei vari strati incoerenti costituenti il sottosuolo, unitamente ad utili apporti nella ricostruzione di un modello dinamico del medesimo.

Per quanto concerne le prospezioni sismiche, esse hanno avuto carattere di fondamentale importanza nella valutazione del rischio sismico associabile alla porzione di territorio comunale che ospita la Base Nautica "Flavio Gioia".

Idoneamente impiegate, sono in grado di indirizzare soluzioni progettuali circa l'impiego di parametri quali l'accelerazione al suolo attesa in corrispondenza di un sisma. Le analisi e prove geotecniche di laboratorio hanno dato ulteriori informazioni sulle caratteristiche fisiche dei terreni, consentendo una valutazione delle stesse in un ambito di tensioni predeterminate e differenti da quello valutabili in situ o da quelle determinabili mediante prove penetrometriche o sismiche.

§11.1- SONDAGGI A ROTAZIONE E CAROTAGGIO CONTINUO

I tre (3) sondaggi sono stati eseguiti utilizzando la tecnica del carotaggio continuo servendosi di una sonda CMV 420 D sempre con l'impiego di un carotiere da 101 mm. di diametro. Si è avuta cura di rivestire il perforo, con apposita tubazione del diametro di 127 mm. per tutti i sondaggi e per tutta la lunghezza di perforazione (circa mt.30). Si indicano più nel dettaglio le attrezzature utilizzate:

- Aste di manovra cave dal diametro Φ (mm) 76
- Aste di manovra lunghezza (m) 1.5
- Carotiere da Φ (mm) 101

Studio Tecnico Associato "Perillo" - Corso Italia: 106, 80010 Quarto (Napoli) Tel. 081/8766215



- Carotiere lunghezza (m) 1.5
- Corona con denti in Widia da Φ (mm) 101
- tubo di rivestimento dal diametro Φ (mm) 127

Infine, sono state effettuate, durante l'esecuzione dei sondaggi, undici (11) prove penetrometriche dinamiche tipo S.P.T. (Standard Penetration Test), a varie profondità. Le carote relative ai sondaggi eseguiti, sono state raccolte nelle apposite cassette catalogatrici e depositate nel parcheggio in prossimità del ristorante, su indicazione della direzione della Base Nautica. Di seguito si elencano: i sondaggi eseguiti con relativa profondità raggiunta, le prove S.P.T. eseguite, i campioni indisturbati prelevati, le cassette utilizzate; si rimanda per i dettagli alle colonne stratigrafiche riportate nell'Allegato Indagini.

SONDAGGIO N.	PROFONDITA' DAL P.C. ML.	UBICAZIONE PERFORI Coordinate Gauss Boaga	S.P.T. ESEGUITE N.	CAMPIONI INDISTURBATI PRELEVATI	CASSETTE UTILIZZATE
S2 (Opere a terra)	30	X:41°12'55" Y:13°34'27"	2	S ₂ C ₁	6
S3 (Opere a mare)	30	X:41°12'58" Y:13°34'24"	3	S ₃ C ₁	6
S4 (Opere a mare)	30	X:41°12'51" Y:13°34'23"	6	S ₄ C ₁ - S ₄ C ₂	6

Tab.1- Terebrazioni effettuate

Considerando tutti i dati dei sondaggi eseguiti, i cui dettagli sono visionabili nelle allegate stratigrafie, si può asserire che i sondaggi S2 ed S3 eseguiti sulla banchina di sopraflutto, risultano perfettamente correlabili tra loro, mentre il sondaggio S4, eseguito a terra presenta una situazione stratigrafica un po' diversa. Dal piano campagna rilevabile al momento della realizzazione dei sondaggi, è stata rinvenuta un'alternanza di litotipi che, avendo avuto fasi di deposizione, trasporto e risedimentazione susseguite nel corso dei tempi (vedi inquadramento geologico) risultano avere una certa variabilità deposizionale sia in senso verticale che orizzontale. Da ciò ne consegue una variabilità per quanto attiene la potenza delle formazioni e litotipi rinvenuti.

§11.2- PRELIEVO CAMPIONI INDISTURBATI

Società Ferraria Associata Pavullo - Corso Italia 106 80010 Quarto (Napoli)



Durante l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo sono stati prelevati, tutti a pressione, quattro (4) campioni indisturbati consegnati al laboratorio (autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con D.M. n.7730 del 02-08-2012- D.P.R.N°380/2001-art 59 Circolare 7618/STC2010) SANNIO TEST s.r.l. con sede in Via Cesine N°23- 82018 S.Giorgio del Sannio (BN).

Il prelievo dei campioni è stato realizzato adoperando un campionatore cilindrico ("fustella") montato alle aste di manovra e poi fatto penetrare nel terreno alle profondità prestabilite con la sola pressione esercitata dalla macchina perforatrice.

In questo modo il campionatore si riempie di materiale che, appena estratto, è stato paraffinato alle due estremità onde evitare che, al contatto con l'aria, perda la sua umidità naturale.

Tra i diversi tipi esistenti in commercio, è stato utilizzato il campionatore "a pareti sottili" che tra tutti è quello che arreca minore disturbo al terreno.

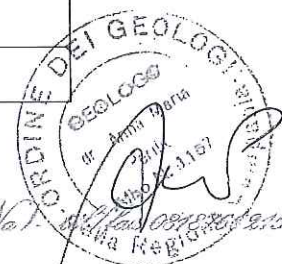
I campioni prelevati, in modo conforme alle Raccomandazioni dell'AGI, in accordo con le procedure a noi impartite, sono stati prelevati con apposito campionatore e singolarmente sigillati con paraffina. Sono stati annotati su ogni fustella:

- Il numero del sondaggio
- Il numero del campione
- La quota iniziale e finale di prelievo
- La lunghezza del campione
- La testa e coda del campione

Di seguito si riporta l'elenco dei campioni consegnati al laboratorio SANNIO TEST s.r.l. (Tab. 2)

SONDAGGIO N.	CAMPIONE N.	PROFONDITA' PRELIEVO CAMPIONI DAL P.C. MT.
2 (Opere a mare)	S ₂ C ₁	22,00 - 22,50
3 (Opere a mare)	S ₂ C ₂	8,50 - 9,00
4 (Opere a terra)	S ₃ C ₁	6,00 - 6,50
	S ₃ C ₂	9,00 - 9,50

Tab.2 -Profondità di prelievo dei campioni



§11.3 - STANDARD PENETRATION TEST (S.P.T.)

Nel corso dei sondaggi sono state eseguite undici(11) prove S.P.T., a quote diverse, utilizzando un'attrezzatura conforme alle norme ASTM D 1586-AASHTOT 206, costituita da un campionatore Raymond a punta aperta, un maglio da 63,5 kg e da aste in acciaio del peso di 7 kg/ml.

Le prove sono state eseguite alle profondità che si possono evincere dalla sottostante tabella. Di seguito ed in allegato sono i valori desunti dalle prove S.P.T. I campioni evidenziati dalle prove S.P.T. sono stati allocati nelle cassette catalogatrici.

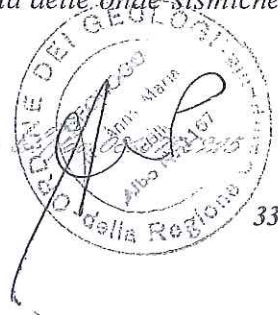
Sondaggio N.	S.P.T Da m. A m.	N1	N2	N3	N _{Spt}
2 (Opere a mare)	22,50 - 22,95	21	12	13	25
	26,00 - 26,45	10	14	16	30
3 (Opere a mare)	6,40 - 6,85	1	1	1	1
	10,30 - 10,75	2	3	3	6
	26,40 - 26,85	11	12	16	28
4 (Opere a terra)	3,00 - 3,45	11	14	8	22
	6,50 - 6,95	8	11	17	28
	9,50 - 9,95	6	8	7	15
	13,00 - 13,45	24	38	>50	>50
	17 - 17,45	5	13	31	44
	25,00 - 25,45	>50	----	----	>50

Tab.3 -Valori SPT

Osservando i dati della Tab.3 si può notare come la N_{Spt}, migliori con l'approfondimento nella serie, per quanto riguarda i sondaggi a mare S₂ ed S₃, mentre per il sondaggio S₄ l'andamento non è progressivo anche se i valori risultano buoni, eccezion fatta per i primi 6/7 mt di serie b.

§11.4 -MISURE VS30 CON METODO M.A.S.W.

La prova M.A.S.W, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche



di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

L'inversione della curva di dispersione fornisce un accurato profilo delle onde di taglio al centro dell'array sino ad una profondità che in genere è un mezzo $\lambda/2$ della lunghezza d'onda campionata. Il principale vantaggio di questa tecnica è l'approccio multicanale che permette di discriminare il segnale ricercato, da altri tipi in base alla coerenza.

Per le indagini effettuate, l'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare da 24 geofoni con spaziatura pari a 2.0 m.

Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni da 4.5 Hz, è stato utilizzato un sismografo a 24 bit.

Nell'esecuzione della prova MASW è stato utilizzato come sistema di energizzazione con piccole cariche esplosive, sfruttando i momenti di relativo silenzio.

La sorgente è stata sempre posta esternamente all'array e comunque sempre in asso con esso. Le energizzazioni sono state ripetute più volte, al fine di avere maggiore accuratezza nella definizione del rapporto segnale-rumore.

§11.5 -METODO MICROTREMORI (Re. Mi.)

Nel corso delle indagini geofisiche sono state effettuate anche le indagini con metodologia RE.MI. (Refraction Microtremor), con sorgente attiva lungo il medesimo stendimento delle MASW.

La RE.MI. sfrutta una metodologia sismica di tipo passivo che registra il rumore sismico ambientale per un tempo sufficiente, affinché questo mostri alcune regolarità.

Se le sorgenti sono indipendenti e distribuite intorno alla stazione di misura, in modo statisticamente uniforme, allora la parte persistente del campo d'onda sarà quella associata alle sole caratteristiche comuni a tutti i treni d'onda presenti, ovvero alle caratteristiche strutturali del terreno.

Da tale segnale si sottrae la curva di dispersione di Rayleigh, che dipende dalla struttura del sottosuolo, dalla velocità delle onde S e in modo meno importante da quelle P e dal peso di volume del terreno.



§11. 6 - PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE PESANTI (D.P.S.H.)

Le prove DPSH sono state realizzate il giorno 6 Maggio 2013 con l'ausilio di un penetrometro statico dinamico TG63 EMLC della PAGANI e risultano ubicate nella parte della Base Nautica interessata dalla realizzazione delle opere a terra.

Tale area, ricadendo nell'ambito del cantiere nautico, presenta una pavimentazione carrabile stratificata in c.a., con uno spessore medio variabile da 5,40 mt (P1) a circa 5,80mt.(P2) e per effettuare le due prove DPSH, si è reso necessario trivellare tale massicciata.

La serie in posto è stata rinvenuta a 5,40mt dal p.c. nella prova P1 e a 5,80mt dal p.c. nella prova P2.

La prova consiste nell'infissione di un'asta (di lunghezza di cm. 100) con all'estremità una punta conica (angolo apertura punta $\alpha = 90^\circ$ e area base punta $A = \text{cm}^2 20,43$) tramite i colpi di un maglio battente a caduta libera (del peso di kg. 63,5 che cade da un'altezza di cm. 75) contando i colpi necessari all'infissione di cm. 20 di asta. Tutti i dati, in tabella e grafici, sono riportati nell'Allegato Indagini. Scopo delle prove è stato quello di fornire dati utili alla caratterizzazione dei terreni di copertura, con la possibilità di fornire valori di D_r , ϕ , E' , ecc. Le ubicazioni e profondità di investigazione sono esaminabili nella tabella seguente:

PROVA DPSH	PROFONDITA'	UBICAZIONE
N.	DAL P.C. (Mt.)	Macroarea
1	15,00	(Opere a terra)
2	12,80	(Opere a terra)

Tab.4 - Ubicazione e Profondità delle Prove Penetrometriche DPSH

La prova prevede l'infissione di un'asta (di lunghezza di cm. 100) alla cui estremità è alloggiata una punta conica (angolo apertura punta $\alpha = 90^\circ$ e area base punta $A = \text{cm}^2 20,43$) mediante i colpi di un maglio battente a caduta libera (del peso di kg. 63,5 che cade da un'altezza di cm. 75) si contano i colpi necessari all'infissione di cm. 20 di asta.

Tutti i dati, elaborati in tabelle e grafici, sono riportati nell'Allegato Indagini.



Scopo delle prove è quello di fornire dati utili alla caratterizzazione dei terreni di copertura, con la possibilità di fornire dati con i quali ricavare i valori di D_r , ϕ , E_{ed} , ecc; e quindi correlare geotecnicamente i terreni della serie stratigrafica a terra.

L'analisi dei dati desunti dalle prove penetrometriche DPSH conferma, in generale, che le due prove risultano perfettamente correlabili. Infatti, si può osservare una certa omogeneità nei valori da assegnare a ciascuno strato.

Infatti, la serie non migliora progressivamente con la profondità, ma alterna strati con buone caratteristiche a strati con caratteristiche scadenti, con una marcata casualità.

In generale si evidenzia una forte variabilità di valori, come si evince facilmente osservando i profili geomeccanici. Per questa parte superficiale di serie stratigrafica, ciò è dovuto, probabilmente, sia ad una variazione dello stato di addensamento, sia alla spiccata eterogeneità granulometrica di alcuni strati, che produce valori più alti di resistenza alla penetrazione, in corrispondenza di clasti e/o litici grossolani. La prova P2 si è conclusa ad una quota di -13,00 mt. dal p.c. per raggiungimento del rifiuto strumentale.

§11.7 - ANALISI E PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Come argomentato in precedenza, durante l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo sono stati prelevati 5 campioni sui quali sono state eseguite, poi, prove geotecniche di laboratorio ed analisi dal laboratorio autorizzato SANNIO TEST. Le determinazioni, conformi alle Raccomandazioni dell'AGI ed in accordo con le procedure ASTM, CNR e UNI specifiche, hanno compreso le seguenti analisi e prove: apertura e descrizione dei campioni, determinazione delle caratteristiche fisiche generali, analisi granulometriche, prove di Taglio diretto, prove di compressione edometrica.

I campioni indisturbati sono stati utilizzati per effettuare analisi di laboratorio consistenti :

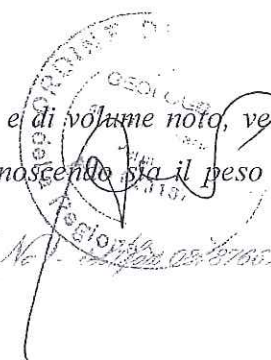
§11.8- CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Per la determinazione delle caratteristiche fisiche naturali del terreno si è proceduto in laboratorio come segue:

- PESO DI VOLUME

Dal campione estratto, mediante piccole fustelle a bordo tagliente e di volume noto, vengono ricavati provini indisturbati da pesare con una precisione di 0.01 g. Conoscendo sia il peso che il

Studio Territorio Associato Pavlo - Corso Italia 105 80010 Quindici (NA) - Tel. 081/8765215



volume del materiale si calcola il suo peso di volume. Le pesate sono state eseguite con una bilancia SARTORIUS con precisione 0.01 grammi.

- PESO DI VOLUME SECCO E CONTENUTO D'ACQUA

I campioni di cui al punto precedente sono riposti in una stufa ad essiccare ad una temperatura di 105-110° per la durata di 12 ore. Conoscendo il volume, il peso ed il peso secco dei provini, viene ricavato il peso di volume del secco ed il contenuto d'acqua. Le pesate sono state eseguite con una bilancia SARTORIUS con precisione 0.01 grammi.

- PESO SPECIFICO DEI GRANI

Per la determinazione del peso specifico dei grani è inserito all'interno di un picnometro una quantità nota (circa 30-50 g) di materiale secco, riempito per metà di acqua distillata e riposto sotto vuoto per il tempo necessario ad espellere tutti i gas. Dopodiché si procede a riempire il picnometro esattamente fino al segno riportato sul collo e a pesare il tutto con una precisione di 0.01 g. Viene poi ripetuta la pesata del picnometro pieno solo di acqua distillata fino alla tacca riportata sul collo e, per differenza, si ricava il volume spostato dalle particelle solide. Da questi dati è possibile ricavare il peso specifico delle particelle solide dopodiché, per correlazione, vengono calcolati l'indice dei vuoti, la porosità ed il grado di saturazione del campione. Le pesate sono state eseguite con una bilancia SARTORIUS con precisione 0.01 grammi.

- ANALISI GRANULOMETRICA

L'obiettivo dell'analisi granulometrica di un terreno è quello di raggruppare, in diverse classi di grandezza, le particelle che lo costituiscono e di determinare successivamente le percentuali in peso di ciascuna classe, riferite al peso secco iniziale del campione. La distribuzione granulometrica delle particelle che costituiscono un campione risulta indispensabile per avere indicazioni circa il comportamento meccanico del terreno, la sua permeabilità, il decorso dei cedimenti nel tempo, ecc.

La procedura per effettuare un'analisi granulometrica per vagliatura è quella di scegliere, per quartature successive, una quantità sufficiente di materiale rappresentativo del campione, essiccare questo materiale in stufa e pesarlo.

Quest'ultimo si ripone quindi sulla pila di setacci muniti di fondo e coperchio e riposti con apertura man mano decrescente; essi vengono fatti vibrare in modo da separare i granuli in frazioni di dimensioni pressoché uguali, ciascuna trattenuta al corrispondente setaccio.

Successivamente si pesa il trattenuto ad ogni setaccio e si ricava la percentuale di passante al setaccio stesso. Con questa tecnica è possibile determinare la distribuzione delle dimensioni delle



particelle fino al diametro di 0.075 mm. La distribuzione dei granuli di dimensioni inferiori a questo valore (cioè le particelle di limo ed argilla) viene effettuata per via indiretta, basandosi sui tempi di sedimentazione delle particelle in acqua distillata. In questo modo si arrivano ad identificare elementi di dimensioni minime dell'ordine di 1 micron.

Le pesate sono state eseguite con una bilancia SARTORIUS con precisione 0.01 grammi.

§11.9- PROVA DI TAGLIO DIRETTO

I parametri fondamentali per descrivere il comportamento meccanico di un terreno sollecitato a sforzi tangenziali sono ricavati in laboratorio attraverso la prova di taglio diretto. La prova si effettua con l'impiego di speciali macchine costituite da un sistema di applicazione della pressione verticale, un sistema di applicazione dello sforzo tangenziale e da un sistema di misura di forze e deformazioni. Il provino viene posizionato in una speciale cella detta scatola di Casagrande, che è costituita da due semiscatole per consentire lo scivolamento della parte superiore rispetto a quella inferiore. La prova viene condotta su almeno tre provini appartenenti allo stesso campione di terreno, preventivamente consolidati a tre valori di pressione differenti. Alla fine della fase di consolidazione, documentata attraverso la lettura dei cedimenti nel tempo, si procede con la fase di taglio imponendo una velocità di deformazione e registrando lo sforzo che ne consegue. Per determinare i parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate, la velocità di taglio deve essere sufficientemente contenuta affinché durante la fase di rottura non si riproducano sovrappressioni nei pori. Tale velocità dipende dalla permeabilità del suolo in esame ed è quindi correlata con la velocità di consolidazione. Per ogni provino si ottengono tre diversi valori di resistenza al taglio, proporzionali alle tre diverse pressioni di consolidazione applicate.

I valori di pressione ottenuti vengono utilizzati per stimare l'involuppo di rottura nel diagramma $\sigma_n - \tau$.

§11.10- PROVA EDOMETRICA

La prova edometrica è una prova di compressione assiale senza deformazione laterale, serve a determinare le caratteristiche di comprimibilità dei terreni.

Tale prova, a fronte di una notevole semplicità esecutiva, permette il conseguimento di molteplici obiettivi; essa consente infatti di:

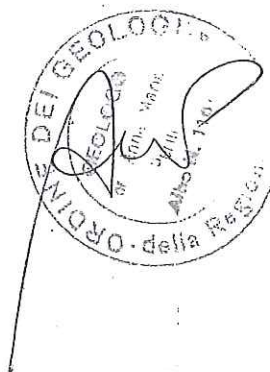
Società Tecnica Associata "Pirelli" - Corso Italia 106, 20010 Quaresima (No)



- determinare la relazione tensione-deformazione che caratterizza le proprietà di *compressibilità e di rigonfiamento* per effetto di variazioni di stato tensionale effettivo in condizioni monodimensionali (edometriche, o di deformazione trasversale impedita);
- determinare le caratteristiche che governano la variabilità di tali deformazioni nel tempo, per effetto dei fenomeni di *consolidazione primaria e secondaria*;
- ricostruire la *storia tensionale* del deposito naturale da cui è stato prelevato il campione.

Nelle celle edometriche tradizionali, un provino cilindrico di terreno, confinato lateralmente entro le pareti rigide di un anello metallico viene sottoposto ad una sollecitazione verticale in modo da trovarsi in condizioni di compressione di tipo 'k₀' (coefficiente di spinta a riposo), cioè di deformazione trasversale impedita. Il rapporto tra altezza H e diametro D del provino è contenuto, per favorire la massima uniformità delle tensioni verticali σ_v . L'altezza H deve essere convenientemente ridotta, per minimizzare sia gli attriti tra la superficie laterale e l'anello, sia i tempi di consolidazione.

Il rapporto tra l'altezza H ed il diametro nominale massimo delle particelle, d_{max}, deve infine risultare sufficientemente elevato da ridurre al minimo gli effetti di scala dovuti alla dimensione finita dei grani.



§12- CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E MODELLO GEOLOGICO

Allo scopo di avere elementi utili per la descrizione della stratigrafia dei litotipi formanti il substrato delle aree interessate dalle opere a terra ed opere a mare, oggetto di studio, sono stati esaminati i sondaggi eseguiti durante la campagna di indagini oltre quelli disponibili in letteratura scientifica di riferimento. Nello specifico, nell'area interessata dalle opere a mare, ovvero sulla banchina di sopraflutto, sono stati eseguiti due sondaggi a rotazione e carotaggio continuo, S₂ ed S₃, ed il previsto sondaggio a mare S1 non è stato effettuato. Invece, nella zona interessata dalle opere a terra è stato effettuato un unico sondaggio a rotazione e carotaggio continuo, S4.

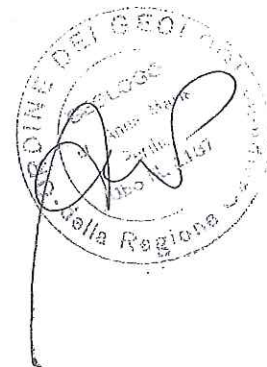
Le terebrazioni, approfondite in funzione dei litotipi attraversati, hanno permesso di particolareggiare il dato geologico inerente le formazioni affioranti e costituenti le profondità significative, di conoscere eventuali circolazioni idriche oltre che analizzare i risultati delle prove di laboratorio effettuate sui campioni indisturbati, onde poter caratterizzare geotecnicamente tali terreni.

In allegato sono riportate le sezioni geologiche a cui si rimanda per il dettaglio.

Considerando il modello geologico del sottosuolo, già più volte evidenziato, e ricordando che è stata rinvenuta un'alternanza di litotipi che avendo avuto fasi di deposizione, dilavamento, trasporto e risedimentazione susseguite nel corso dei tempi (vedi inquadramento geologico) risultano avere una certa variabilità deposizionale sia in senso verticale che orizzontale.

Di seguito si riportano le principali caratteristiche geotecniche della zona interessata dalla realizzazione delle opere a terra, risultate considerando sia le indagini in sito (sondaggi e prove penetrometriche) sia di laboratorio, unitamente alle risultanze delle analisi e prove di laboratorio effettuate sui campioni indisturbati, unitamente alle prove SPT relative ai sondaggi effettuati sul molo di sopraflutto e finalizzati alla realizzazione delle opere a mare. Per i dati forniti, si sono utilizzate le correlazioni possibili desunte dalla bibliografia scientifica esistente.

Di seguito si riportano il Modello Geologico ed i Caratteri Stratigrafici relativi a ciascuna area:



**MODELLO GELOGICO E CARATTERI STRATIGRAFICI
DELL'AREA INTERESSATA DALLE OPERE A TERRA**

Strato 1 : pavimentazione in c.a stratificata e carrabile, poggiate su una massicciata in conglomerato calcareo, che lastrica il cantiere nautico ed il molo su cui insiste la Base Nautica.

Peso di volume in situ	$\gamma = \text{---}$
Coazione non drenata	$C_u = \text{---}$
Angolo di attrito	$\phi = \text{---}$
Modulo di deformazione drenato	$E' = \text{---}$
Densità relativa	$D_r = \text{---}$
N Colpi SPT equivalenti	$N_{SPT} = \text{---}$

Per tale pavimentazione si è riscontrato uno spessore variabile da circa 5.40 mt. a circa 5.80 mt. dal piano campagna.

Strato 2: questo strato risulta sempre ben rappresentato lungo le due verticali indagate. In base alla correlazione con i dati stratigrafici, si può ipotizzare che tale livello, con caratteristiche meccaniche estremamente scadenti, rappresenti la parte superficiale dello strato costituito da sabbia fine limosa di colore grigio scuro, ricco in materiale organico.

Peso di volume in situ	$\gamma = 12,74 \text{ KN/mc}$
Coazione non drenata	$C_u = 0,00 \text{ KPa}$
Angolo di attrito	$\phi = 26^\circ$
Modulo di deformazione drenato	$E' = 19515 \text{ KN/mq}$
Densità relativa	$D_r = 3 \%$
N Colpi SPT	$N_{SPT} = 1$

Questo strato è rinvenibile fino ad una profondità di circa 6.80 mt. dal p.c.

Strato 3 : rappresenta la continuazione dello strato precedente ed è costituito da alternanze granulometricamente identificabili come sabbie e sabbie con limi. Tale livello, presenta caratteristiche meccaniche buone.

Peso di volume in situ	$\gamma = 14,70 \text{ KN/mc}$
Coazione non drenata	$C_u = 0,00 \text{ KPa}$
Angolo di attrito	$\phi = 30^\circ$
Modulo di deformazione drenato	$E' = 27458 \text{ KN/mq}$
Densità relativa	$D_r = 38\%$
N Colpi SPT	$N_{SPT} = 12$

Tale formazione è rinvenibile fino alla profondità di (8.80 mt).

Strato 4 : questa parte di formazione è costituita da alternanze granulometricamente identificabili come sabbie mediamente addensate e limi. Tale livello, presenta alternanze di caratteristiche meccaniche buone e scadenti.

Peso di volume in situ	$\gamma = 12,74\text{-}16,67 \text{ KN/mc}$
Coazione non drenata	$C_u = 0,00 \text{ KPa}$
Angolo di attrito	$\phi = 27^\circ\text{-}36^\circ$
Modulo di deformazione drenato	$E' = 20986\text{-}43737 \text{ KN/mq}$
Densità relativa	$D_r = 11\%\text{-}56\%$
N Colpi SPT	$N_{SPT} = 3\text{-}33$

Tale formazione è rinvenibile fino alla profondità di (12.00 mt).



Strato 5 : è costituito da sabbie debolmente addensate. Tale livello, presenta caratteristiche meccaniche buone. Tale livello rappresenta la parte inferiore dello strato costituito da sabbia scura.

Peso di volume in situ	$\gamma = 14,70 \text{ KN/mc}$
Coesione non drenata	$C_u = 0,00 \text{ KPa}$
Angolo di attrito	$\phi = 30^\circ$
Modulo di deformazione drenato	$E' = 28439 \text{ KN/mq}$
Densità relativa	$D_r = 39\%$
N Colpi SPT	$N_{SPT} = 13$

Tale formazione è rinvenibile fino alla profondità di (12.80 mt).

Strato 6 : è costituito da alternanze vulcanoclastiche granulometricamente identificabili come sabbie fini e limi. Tale livello, presenta caratteristiche meccaniche ottime in quanto si registra la presenza di un buon grado di addensamento. Tale strato marca passaggio dalle sabbie scure e limi con la lo strato costituito da sabbie di colore grigio chiaro .

Peso di volume in situ	$\gamma = 18,63 \text{ Ton/mc KN/mc}$
Coesione non drenata	$C_u = 490-588 \text{ KPa}$
Angolo di attrito	$\phi = 44^\circ-45^\circ$
Modulo di deformazione drenato	$E' = 81493-92084 \text{ KN/mq}$
Densità relativa	$D_r = 97-100\%$
N Colpi SPT	$N_{SPT} = 83-97$

Tale formazione è rinvenibile fino alla profondità finale di indagine (15.00 mt).

**PARAMETRI GEOMECCANICI E CARATTERI STRATIGRAFICI
DELL'AREA INTERESSATA DALLE OPERE A MARE**

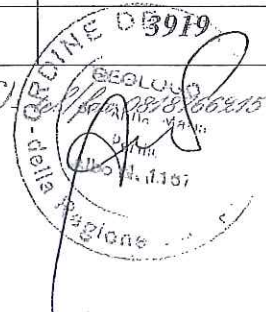
CARATTERI GRANULOMETRICI

Sigla	Profondità m.	Argilla %	Limo %	Sabbia %	Ghiaia %	Classe granulometrica	N_{Spt}
S2C1	22,00 -22,50	85,41	14,05	0,55		Limo argilloso debolmente sabbioso	25
S3C1	8,50-9,00	3,90	93,23	2,87		Sabbia limosa	----

PARAMETRI GEOTECNICI SIGNIFICATIVI

Sigla	Profondità (m.)	Peso unità di volume γ (KN/mc)	Angolo di attrito ϕ (gradi)	Coesione C (kPa)	Modulo edometrico Ed (KNmq)
S2C1	22,00 -22,50	18,21	28,1	12,7	6505
S3C1	8,50-9,00	16,42	27,8	11,5	

Studio Tecnico Associato "Perillo" - Corso Italia 106 80010 Quarto (Na)



Modellazione Sismica di Sito

§ 13- CARATTERIZZAZIONE SISMICA DI SITO

Il presente studio, come precisato in premessa, ha riguardato l'investigazione geofisica, oltre che geologica, dell' area in cui è ubicata la Base Nautica, correlata con il più generale assetto sismostratigrafico dell'area.

Per la caratterizzazione sismostratigrafica dei terreni, e al fine di definire la categoria di sottosuolo secondo i dettami del D.M.14 Gennaio 2008, si sono eseguite:

- *N°2 prospezioni geofisiche superficiali ciascuna eseguita con metodologia di indagine dei microtremori, con sorgente attiva "M.A.S.W.", e con sorgente passiva Re.Mi. lungo il medesimo stendimento;*

le indagini sono state ubicate come da planimetria delle ubicazioni.

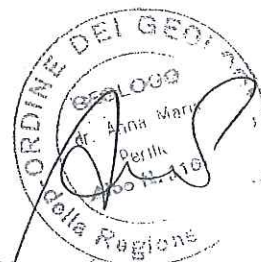
L'analisi della risposta sismica dei terreni, inoltre ha consentito, la determinazione della categoria di sottosuolo "C" relativo ai siti d'indagine.

La descrizione delle modalità di esecuzione delle prospezioni sismiche M.A.S.W., dell'acquisizione, elaborazione ed interpretazione dei dati, unitamente agli elaborati cartacei, a cura della Tecnogeo S.r.l., sono consultabili nell'Allegato Indagini, parte integrante della presente.

§ 13.1- SISMICITA' STORICA E RECENTE DEL LAZIO

Il Lazio è caratterizzato da una notevole attività sismica nelle aree appenniniche e da una scarsa attività lungo la fascia costiera.

Nella Mappa della sismicità storica, che rappresenta i terremoti avvenuti nell'ultimo millennio, sono riconoscibili numerosi forti terremoti nelle aree appenniniche, in massima parte localizzati all'esterno del territorio regionale, che interessano, in particolare, vasti settori delle province di Frosinone e Rieti.



Studio Tecnico Associati Perillo - Corso Poetis 106, 00010 Quirina (Na) - tel/fax 0818766315

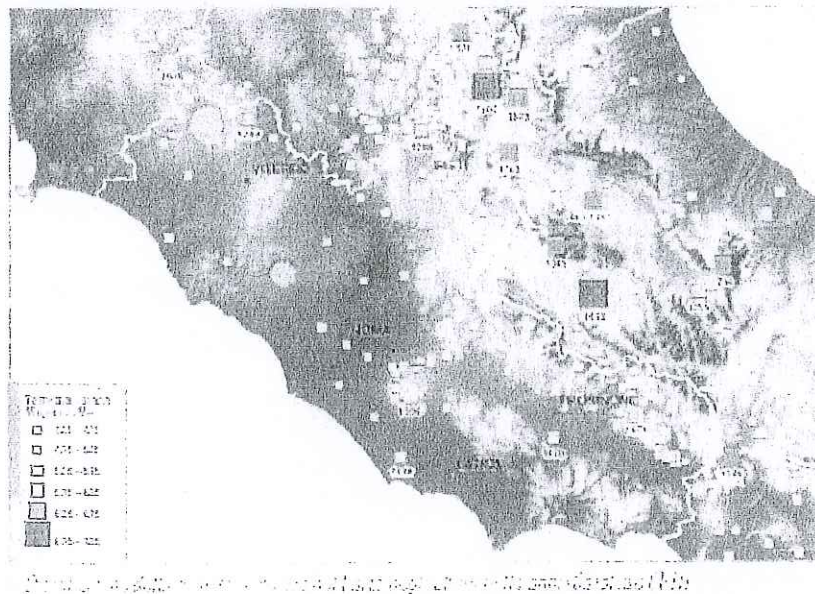


Fig 10- Distribuzione della Sismicità Storica nel Lazio- Ultimo Millennio

L'analisi dei dati storici consente di identificare le caratteristiche di cinque diverse aree:

- ❖ La parte nord-orientale della provincia di Frosinone (Ciociaria e Cassinate), presenta una sismicità frequente, con numerosi eventi di magnitudo superiori a 5, uno dei quali di Mw superiore a 6 (1654);
- ❖ La parte centrale e settentrionale della provincia di Rieti (Alto Velino e Alto Tronto) è interessata da una sismicità importante, sia per numero di eventi, che per l'occorrenza di un paio di eventi di magnitudo prossima a 6 (1298 e 1639);
- ❖ Nel Viterbese, al confine con l'Umbria e la Toscana, i terremoti non sono molto frequenti, ma sono comunque importanti, uno in particolare, ha raggiunto un valore di magnitudo elevato (1695, Mw5.7);
- ❖ Nell'area dei Colli Albani, la sismicità è rilevante, soprattutto in termini di frequenza. Le magnitudo, infatti, sono generalmente modeste e in un solo caso hanno raggiunto Mw 5.5 (1806);
- ❖ Il resto del territorio regionale, compreso il comune di Gaeta, presenta una sismicità decisamente modesta, anche se in qualche caso sono stati raggiunti valori di magnitudo prossimi a 5.

La sismicità strumentale degli ultimi decenni, seppur molto contenuta, conferma in pieno l'immagine fornita dalle informazioni storiche: gran parte della sismicità si concentra lungo la catena appenninica e sono ben visibili le sequenze che hanno interessato il settore meridionale

Studio Tecnico Associato "Perillo" - Corso Italia 106, 00070 Civitavecchia (Lazio) - tel. 079/200000



dell'Appennino umbro-marchigiano (1997-1998), dell'Aquilano (2009) e dell'Abruzzo meridionale (1984). La restante parte del territorio regionale presenta una sismicità molto scarsa, eccezion fatta per l'area dei Colli Albani.

Significativi, per quanto di energia moderata, sono i terremoti dell'11 marzo 2000, (Valle dell'Aniene M_l 4.3) e del 22 agosto 2005 (Anzio M_l 4.7).

§ 13.2- PERICOLOSITÀ SISMICA DELL'AREA

Negli studi per la valutazione delle azioni sismiche è indispensabile considerare la pericolosità sismica di base, intesa come la probabilità che un evento sismico di una certa Magnitudo avvenga in un'area secondo un determinato periodo di ritorno.

La Pericolosità sismica di base è definita calcolando il valore atteso di uno o più parametri che descrivono il terremoto su terreno rigido e compatto (accelerazione del moto del suolo, intensità al sito, spettro di sito), ed attraverso tali valori è possibile predisporre una classificazione sismica del territorio, finalizzata alla pianificazione territoriale e/o dell'emergenza ed alla programmazione delle attività di prevenzione.

Quello che viene studiato su area vasta o regionale può essere trasferito per studi a scala di dettaglio o locale, definendo la Risposta Sismica Locale (RSL), che è legata a specifiche condizioni geomorfologiche dei siti che possono influenzare significativamente la risposta sismica locale. Per RSL si intende la modifica delle caratteristiche che il moto sismico subisce nel passaggio dagli strati rigidi (bedrock) ai terreni più soffici, di solito superficiali, in relazione alle caratteristiche meccaniche e stratigrafiche di questi ultimi e alla presenza di peculiari situazioni topografiche e morfologiche. Ai fini pianificatori è quindi fondamentale identificare qualitativamente e/o quantitativamente tale valore attraverso studi di Microzonazione Sismica (MS) che, partendo dai risultati degli studi di pericolosità sismica di base, analizzano i caratteri sismici (terremoto di riferimento), i caratteri geologici (eterogeneità dei terreni, sia in senso orizzontale che verticale), geomorfologici (irregolarità morfologiche superficiali e sepolte) e geologico-tecnici (comportamento non lineare e dissipativo dei terreni) del sito.

Con l'OPCM 3519/06 l'intero territorio nazionale viene suddiviso in 4 zone sulla base di un differente valore dell'accelerazione di picco a_g su terreno a comportamento rigido, derivante da studi predisposti dall'INGV-DPC. Gli intervalli di accelerazione (a_g) con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni sono stati rapportati alle 4 zone sismiche indicate dall'OPCM 3519/06 (tab. 1).

Studio Tecnico Associato "Pirelli" - Corso Italia, 105 - 00190 Roma (No)



ZONA SISMICA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (a_g)
1	$a_g \leq 0,25$
2	$0,25 < a_g \leq 0,5$
3	$0,5 < a_g \leq 0,75$
4	$a_g > 0,75$

Tabella 1 - Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido.

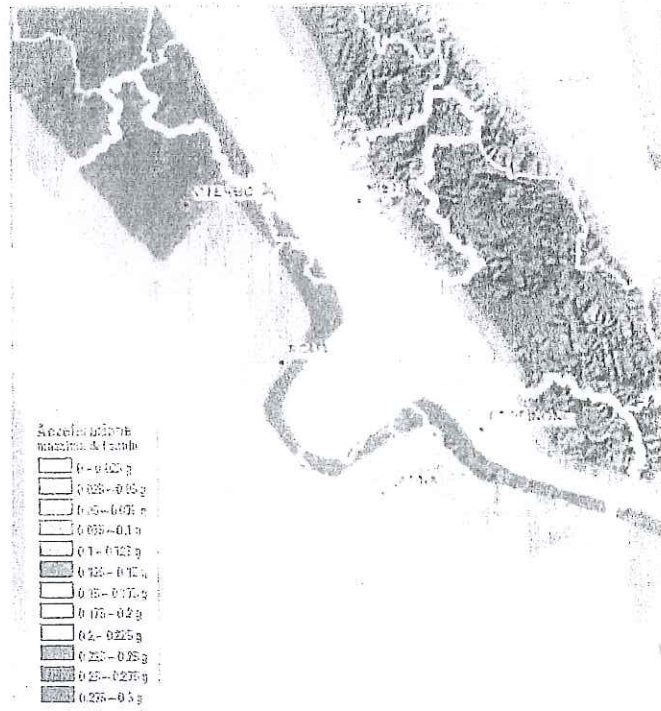


Fig 11- Distribuzione dell'accelerazione max al suolo nel Lazio

La sismicità del territorio della regione Lazio è ben definita nella DGR Lazio 766/2003 "Riclassificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003. Prime disposizioni".

Studio Tecnico Sismotecnico Paolo - Corso Italia 105 80140 Quarto (NA) Tel. 081/866215



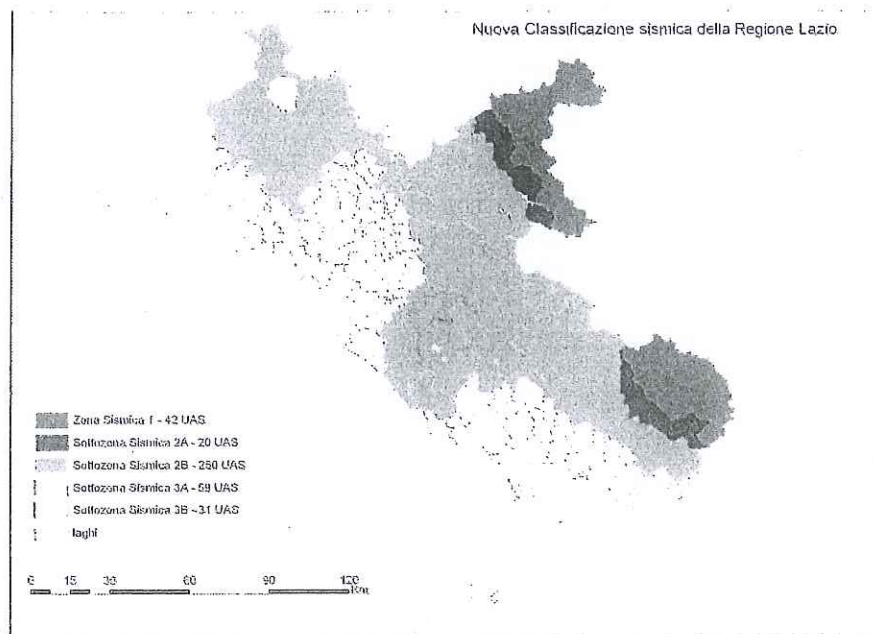


Fig 12- Carta della nuova Classificazione Sismica della Regione Lazio

Il Lazio è caratterizzato da una sismicità che si distribuisce lungo fasce (Zone sismogenetiche) a caratteristiche sismiche omogenee, allungate preferenzialmente NW-SE, nella direzione della costa tirrenica e della catena montuosa appenninica. Lungo queste fasce (Zone sismogenetiche – Fig.13,) la sismicità si distribuisce in modo omogeneo e gradualmente crescente dalla costa verso l'Appennino

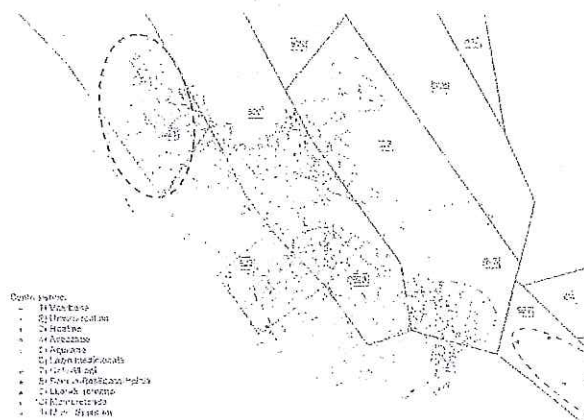


Fig 13-Zone Sismogenetiche

In queste fasce la sismicità presenta valori crescenti dalla costa tirrenica verso l'Appennino.

Studio Tecnico Associato "Perillo" - Corso Italia 106, 80010 Querce (Na) - tel./fax 081/766215



Quasi asismica risulta essere la provincia di Latina e poco sismica la zona costiera della provincia di Viterbo. Terremoti di media intensità (fino all'VIII° MCS/MSK) avvengono nell'area degli apparati vulcanici del Lazio (Colli Albani e Monti Vulsini) ed in alcune aree del Reatino e del Frusinate.

Terremoti di notevole intensità, fino al X°-XI° MCS/MSK sono stati registrati nelle conche di origine tettonica di Rieti, Sora e Cassino.

La distribuzione delle zone sismogenetiche trova riscontro nella distribuzione degli effetti sismici osservati nei comuni del Lazio, con massimi danneggiamenti nei settori montani del reatino e del frusinate e danni minimi nei settori costieri.

Si deve comunque sempre tenere conto del fatto che gli effetti al suolo dei terremoti non dipendono solo dall'intensità del terremoto e dal pattern di propagazione dell'energia a piccola scala, ma anche dalla morfologia locale, dall'assetto strutturale e stratigrafico del sito e dalla vulnerabilità dei beni esposti.

Recentemente la Regione Lazio, sulla base dei risultati degli studi di Microzonizzazione sismica intrapresi dalla Direzione Regionale Ambiente e Protezione Civile – Servizio Geologico Regionale a partire al 1999, in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Milano, ha prodotto una nuova proposta di classificazione sismica del proprio territorio che puntualizza ulteriormente la classificazione proposta dall'OPCM 3274/2003.

Infatti, in ottemperanza alla succitata Ordinanza ha riclassificato sismicamente il territorio (DGR 766/03) che, nei primi mesi del 2008, ha riaggiornato grazie agli studi compiuti in collaborazione con l'ENEA. Infatti, le zone 2 e 3 sono state ulteriormente suddivise e in alcuni comuni (per es. Roma e Rieti) sono stati introdotti i municipi come unità minima di classificazione, in considerazione delle diverse caratteristiche del territorio. La nuova riclassificazione si basa soltanto su 3 Zone Sismiche a differenza delle quattro della precedente classificazione del 2003, con la scomparsa della zona sismica 4. La Zona Sismica 1, quella più gravosa in termini di pericolosità sismica, non presenta sottozone in quanto il valore di $a_{g\ max}$ previsto per il Lazio non giustifica ulteriori suddivisioni. Pertanto la creazione di sottozone ha interessato soltanto le zone sismiche 2 e 3, con la suddivisione in 4 sottozone sismiche (dalla 2A, ovvero la maggiore sottozona della zona sismica

2, fino alla sottozona sismica 3B, corrispondente alla sottozona meno pericolosa della zona sismica 3) come si evince dalla sottostante.

ZONA SISMICA	SOTTOZONA SISMICA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (a_g)
1		$0.25 \leq a_g < 0.278g$ (val. Max per il Lazio)
2	A	$0.20 \leq a_g < 0.25$
	B	$0.15 \leq a_g < 0.20$
3	A	$0.10 \leq a_g < 0.15$
	B	(val. min.) $0.062 \leq a_g < 0.10$

Tab.3 Normativa- Suddivisione delle sottozone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido utilizzate per lo scenario di riclassificazione sismica della Regione Lazio.

Nella Regione Lazio, infatti, i valori di accelerazione a_g dell'elaborato all'84°percentile dell'INGV-DPC sono compresi fra 0.278g e 0.065g, ai quali si possono correlare empiricamente soltanto tre zone sismiche e quattro sottozone, escludendo quindi totalmente la zona sismica 4

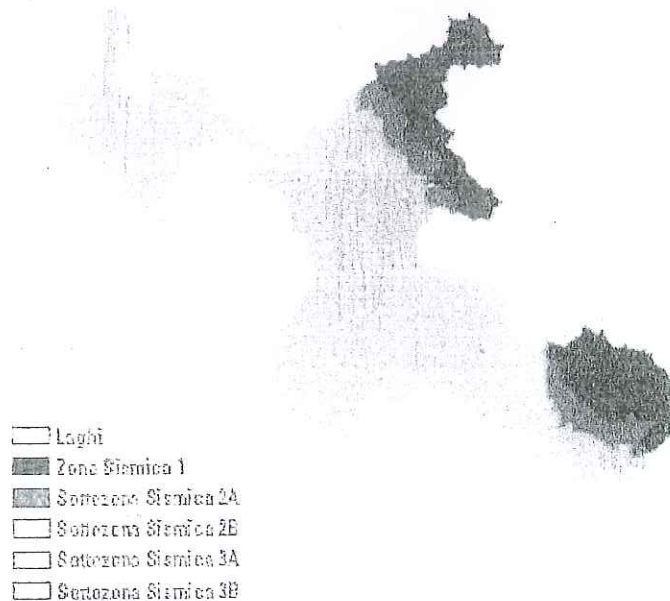


Fig 14- Carta della classificazione sismica più recente

Il comune di Gaeta (cod. ISTAT 12059009), secondo la nuova classificazione sismica (ai sensi della DGR 387/09 e DGR 835/09), è classificata come zona sismica 3- sottozona A- 59 UAS, mentre ai sensi della precedente DGR 766/03 era classificata in zona 2.

Studio Tecnico Associato "Perillo" - Corso Italia 105, 80010 Quarto (Na) - tel. 081/872323



§ 13. 3- NTC 2008

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s30} > 800$ m/s), viene definita mediante un approccio "sito-dipendente" e non più tramite un criterio "zona-dipendente".

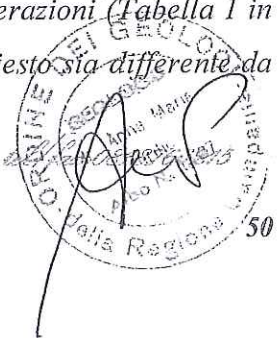
Secondo l'approccio "zona dipendente", adottato dalla precedenti normative nazionali in campo antisismico, l'accelerazione di base a_g , senza considerare l'incremento dovuto ad effetti locali dei terreni, derivava direttamente dalla Zona sismica di appartenenza del comune, nel cui territorio è localizzato il sito di progetto.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la classificazione sismica del territorio non più collegata dalla determinazione dell'azione sismica di progetto, mentre rimane il riferimento per la trattazione di problematiche tecnico-amministrative connesse con la stima della pericolosità sismica. Pertanto, secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 14 gennaio 2008, la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (tabella 1, allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).

Tale griglia è costituita da 10.751 nodi (distanziati di non più di 10 km) e copre l'intero territorio nazionale ad esclusione delle isole (tranne Sicilia, Ischia, Procida e Capri) dove, con metodologia e convenzioni analoghe vengono forniti parametri spettrali costanti per tutto il territorio (tabella 2, allegato B del D.M. 14 gennaio 2008);

Per ciascuno dei nodi della griglia vengono forniti, per 9 valori del periodo di ritorno (da 30 anni a 2.475 anni), i valori dei parametri a_g (espresso in g/10), F_0 (adimensionale) e T^*_c (espresso in secondi) necessari per la definizione dell'azione sismica.

Secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 14 gennaio 2008, definite le coordinate del sito interessato dal progetto, sarà possibile il calcolo dei suddetti parametri spettrali (per uno dei tempi di ritorno forniti) tramite media pesata con i 4 punti della griglia di accelerazioni (Tabella 1 in Allegato B) che comprendono il sito in esame. Qualora il tempo di ritorno richiesto sia differente da



uno dei 9 tempi di ritorno forniti in tabella, sarà possibile ricavare il valore del parametro di interesse mediante interpolazione tra i valori dei parametri corrispondenti ai due tempi di ritorno (dei nove forniti per ognuno dei nodi del reticolo di riferimento) che comprendono il tempo di ritorno necessario. Nel caso oggetto di studio, tale caratterizzazione non può essere adottata, in quanto, la suscettibilità a liquefazione dei terreni presenti in successione stratigrafica, impongono una categoria di suolo diversa da quella emersa dalle indagini.

§ 13.4- INTERPRETAZIONE ED ANALISI DEI DATI

Le indagini sismiche MASW effettuate, considerando la sismostratigrafia fino alla profondità di 30m (0m-30m) dal p.c., hanno fornito risultati che collocano i terreni oggetto d'indagine in categoria C del D.M. 14 gennaio 2008 (Tab. 5). Questa categoria è stata ricavata, come da normativa, dalla relazione:

$$V_{S30} = \frac{30m}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di profondità al di sotto di un ipotetico piano fondale.

Alternativamente le stesse categorie di suolo possono essere definite in funzione della resistenza penetrometrica dinamica equivalente N_{SPT30} :

$$N_{SPT30} = \frac{30m}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{N_{SPTi}}}$$

o della resistenza non drenata equivalente C_{u30} :

$$C_{u30} = \frac{30m}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{C_{ui}}}$$



Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} 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_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ 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_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ 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_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 30 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tab. 5 – Categorie Suoli di fondazione (Tabella 3.2.II del D.M. 14 gennaio 2008)

Categoria di suolo di fondazione: C = Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Categoria topografica T1 = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.

§ 13.5- Analisi dell'azione sismica

Dal punto di vista della valutazione degli effetti di amplificazione locale basata sulla risposta sismica dei terreni, si fa riferimento a quanto scaturito dall'indagine sismica.

Nell'area sono presenti terreni sabbiosi e sabbioso-limosi per spessori variabili da punto a punto fino alla profondità di 30 m dal p.c..

I rilievi sismici effettuati hanno definito la velocità delle onde sismiche di taglio V_{s30} , che sono risultate comprese tra 242 e 261 m/sec) che individuano la categoria di suolo "C" alla quale vengono associati depositi mediamente addensati o mediamente consistenti. Inoltre, la condizione di suscettibilità alla liquefazione di tali terreni, determina la condizione di una categoria di suolo collocabile in "S2" e non più in "C".

Studio Tecnico Associato "Perillo". Corso Italia 106, 80070 Quarto (Na) Tel. 0818766215

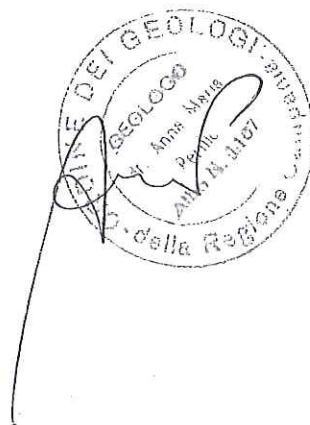


Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10^{-4} < e_{1,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tab. 5 – Categorie Suoli di fondazione (Tabella 3.2.II del D.M. 14 gennaio 2008)

Per tale condizione, la normativa tecnica vigente prevede che i valori di a_g , siano determinati mediante analisi di Risposta Sismica Locale, è cui esplicitazione è rimandata in sede di elaborazioni geotecniche.

Per tutto quanto concerne le modalità di acquisizione ed elaborazione delle prospezioni sismiche, si rimanda all'Allegato Indagini ove sono visionabili le elaborazioni effettuate dalla TecnoGeo S.r.l.



§ 14- VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

Con il termine liquefazione si indica la perdita di resistenza dei terreni saturi nei depositi di sabbie sciolte fini, che per azione di carichi applicati o per sollecitazioni statiche e/o dinamiche, il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella delle masse viscoso.

Tale fenomeno avviene, solitamente, per azione di forze idrodinamiche, come accade quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente, fino ad uguagliare la pressione totale di confinamento, ovvero quando gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero.

I terreni suscettibili alla liquefazioni sono caratterizzati da una resistenza alla deformazione mobilizzata per attrito tra le particelle, come accade nei terreni incoerenti.

Quindi i fenomeni di liquefazione sono da riferirsi a terreni granulari in condizioni sature sottoposti a sforzi di taglio tali da azzerare la resistenza di attrito tra le particelle.

In merito a quest'ultima è da sottolineare come l'OPCM 3274/2003 prescrive di effettuare analisi di suscettibilità dove la soggiacenza della falda è inferiore ai 15 metri di profondità. Nel territorio comunale in oggetto tale condizione è sempre verificata come chiaramente evidenziato nella nel §8 .

In particolare, per una prima verifica delle condizioni che determinano la suscettibilità alla liquefazione, è stata effettuata un'analisi della pericolosità sismica del territorio che, come argomentato nel §12, ha evidenziato come il Comune di Gaeta sia caratterizzato da una bassissima sismicità, in quanto non è interessato, da direttrici neotettoniche sismogenetiche, e che quindi la sismicità rilevabile è di tipo indotto e non diretto.

Uno dei metodi di primo livello utilizzati per la determinazione della liquefacibilità dei terreni utilizza relazioni empiriche tra magnitudo oppure intensità macrosismica e distanza epicentrale dal terremoto di progetto. Kuribayashi e Tatsuoka (1975) e Wakamatsu (1991) hanno proposto relazioni empiriche tra la massima distanza epicentrale ove si è osservata liquefazione, e l'intensità macrosismica.

Da tali studi è emerso che la liquefazione si è verificata sistematicamente in depositi molto recenti e quando il moto sismico ha avuto un'intensità superiore al V grado della scala Mercalli Modificata. Prendendo a riferimento la carta delle Max Intensità Macrosismiche rivista

Studio Tecnico Associato "Perillo" - Corso Italia 106, 80010 Quarto (Na)



Modificata. Prendendo a riferimento la carta delle Max Intensità Macrosismiche rivista dall'ENEA (Fig.19), il territorio comunale di Gaeta presenta intensità Macrosismica max compresa tra 7 e 7.5, che unitamente alla coesistenza di altre condizioni come: di presenza di una falda sub-affiorante, presenza in successione stratigrafica di sabbie e sabbie fini scarsamente addensate, per notevoli spessori ecc., in prima analisi ci consentono di attribuire all'area in oggetto la probabilità di occorrenza di fenomeni di liquefazione, per cui nessita la verifica a liquefazione dei terreni.

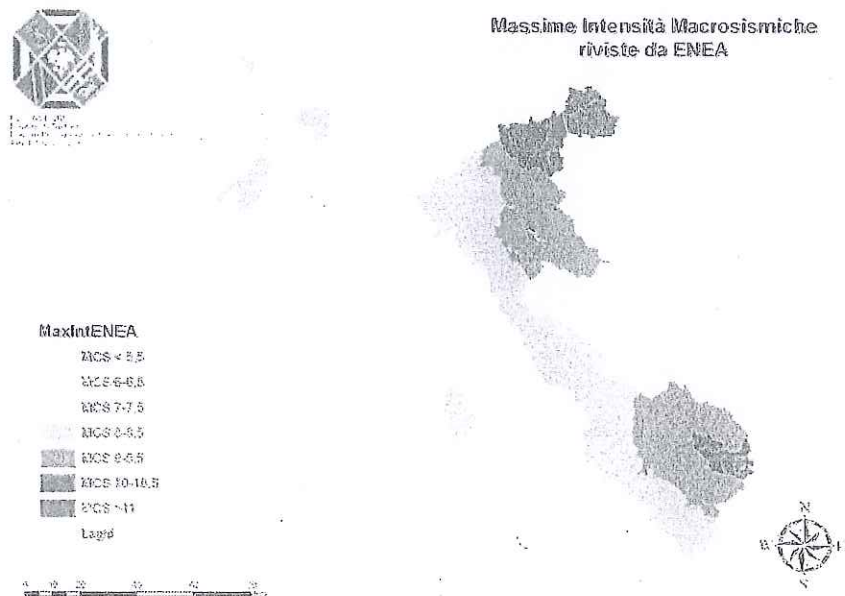


Fig. 15- Tavola delle Massime Intensità Macrosismiche

In conseguenza di tale evenienza, si rimandano al progettista, la verifica a liquefazione unitamente alla valutazione della RSL, secondo i dettami della normativa sismica vigente nella Regione Lazio.



CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

⚡ I terreni affioranti nell'area oggetto d'indagine sono costituiti da terreni calcarei e calcarenitici cretacei che costituiscono la struttura geologica delle aree rilevate ed i depositi quaternari che si sovrappongono ad essi. I terreni che caratterizzano le aree a ridosso della linea di costa sono rappresentati in prevalenza da sabbie che costituiscono sia la spiaggia attuale e sia la retrostante duna mobile lungo una fascia continua e di larghezza variabile. Le sabbie sono generalmente di colore giallastro o, più frequentemente, bruno e grigiastro. L'area di intervento in cui sono previste opere a terra è caratterizzata dalla presenza dei depositi sabbiosi. Infatti, la terebrazione a carotaggio continuo (S4) effettuata ha in evidenza che, il sottosuolo della Base Nautica "Flavio Gioia" è costituito essenzialmente da due litotipi molto diversi per costituzione e genesi. La parte più superficiale è caratterizzata da terreno di riporto di varia natura, utilizzato in passato per ricoprire la spiaggia esistente, mentre la parte sottostante è costituita da sabbie scure, spesso frammiste a residui vegetali o conchiglie, con piccole percentuali di limo e, in certi casi, con abbondante presenza di ghiaia carbonatica nonché vulcanica. L'acqua è stata rinvenuta a circa 0.5 mt di profondità, dal p.c..

⚡ -La presente relazione Geologica riguarda l'ampliamento, riqualificazione ambientale ed adeguamento tecnologico della "Base Nautica Flavio Gioia", sita sul lungomare Caboto in Gaeta (Lt). Tra tali interventi è contemplato il rinnovamento del porto turistico e relative attrezzature nautiche, concepite per garantire una piena e più funzionale fruibilità della struttura ricettiva.

⚡ - La Base Nautica Flavio Gioia è ubicata all'interno della Rada di Gaeta, nell'area interna a ridosso del promontorio di M.Te Orlando. Essa è delimitata a Nord dai resti del Pontile Ciano, distrutto nel corso nell'ultimo conflitto mondiale, a Sud e ad Ovest dal Lungomare G, Caboto e dalla darsena detta "dei pescatori", mentre ad Est ci sono i piazzali di servizio del S. Antonio della Marina Militare delimitati a loro volta dal già citato omonimo molo.

Le aree interessate dal progetto sono quelle già impegnate fino ad oggi dalla Base Nautica con l'aggiunta di un ampliamento sul versante marino dovuto alla realizzazione di due nuovi moli. Le opere di progetto sono costituite da: **opere a terra**, che prevedono la demolizione degli esistenti edifici a fronte della realizzazione di nuove strutture, destinate ad ospitare attrezzature al servizio della nautica (yacht club, bar, ristorante, area fitness, servizi, etc.); **opere a mare**, che comprendono l'attuale darsena turistica per imbarcazioni da diporto, i moli di nuova realizzazione, e una darsena cantieri (in luogo di quella attuale) per le attività di riparazioni e rimessaggio, ed inoltre

Studio Tecnico Associato "Perillo" - Corso Italia 106 80010 Quarto (NA)



infrastrutture, tra le quali, una nuova viabilità interna alla base, nuovi parcheggi ed un ponte di collegamento tra le due parti del porto, separate dalla darsena "Montesecco", per la riunificazione aziendale; infine, impianti a rete (impianto idrico, fognario, antincendio, etc), sia per le opere a terra che per le opere a mare.

⊕ *L'area investigata, non è soggetta ad alcun vincolo inerente la "difesa del suolo", infatti, l'analisi della cartografia tematica del Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I) dell'Autorità dei Bacini del Lazio, evidenzia come essa, non ricada in alcun tipo di rischio, idrogeologico.*

Per contro, il sito, come tutto il territorio comunale, è esposto ai rischi di natura geologica derivanti dalla costituzione geotecnica del sottosuolo, nonché di natura sismica derivanti dalla sua ubicazione geografica rispetto alle contigue aree sismogenetiche dell'Appennino Meridionale.

⊕ *Il sito di interesse, come gran parte della Regione Lazio, non presenta condizioni di rilevante pericolosità geomorfologica e idraulica, pur non mancando situazioni critiche in relazione alla considerevole eterogeneità geomorfologica del territorio ed alla articolata complessità dei processi e dei meccanismi di trasformazione. Ad una moderata propensione naturale al dissesto, si contrappone un elevato grado di antropizzazione che può determinare diffuse situazioni di rischio per la incolumità pubblica e per i beni (Rapporto Ambientale PSR Lazio, 2007). La situazione morfologica descritta per l'area su cui insiste la Base Nautica, non mostra evidenze di dissesti superficiali o profondi, anche se esiste una latente propensione alla liquefazione delle sabbie presenti in successione stratigrafica.*

⊕ *Per quel che riguarda le caratteristiche idrogeologiche, occorre precisare che la circolazione idrica sotterranea che interessa il territorio comunale di Gaeta fa parte del bacino idrogeologico dei Monti Ausoni- Aurunci.*

Il sistema idrogeologico è costituito principalmente dai calcari e calcari dolomitici del complesso di piattaforma carbonatica. La falda di base si attesta a pochi centimetri dal livello del mare, e può influire, così, sulle opere a terra a realizzarsi. Inoltre, si tenga presente, che a causa della vicinanza del livello marino di base e dello sfruttamento delle risorse idriche a monte, la falda risente del fenomeno dell'ingressione salina e subisce le oscillazioni delle maree. Nell'area di studio, durante la trivellazione, la falda è stata rinvenuta a circa 1 mt. di profondità dal p.c..

↓ - Allo scopo di fornire una valida caratterizzazione geomeccanica dei terreni fondazionali, in virtù di quanto prescritto: dal D.M. 11 Marzo '88- sezione H, dall'O.P.C.M. 3274, dalle NTC 2008, si sono eseguite indagini geognostiche sia in situ che in laboratorio ubicate come da allegata planimetria. Per l'esattezza sono state eseguite N°2 Prove Penetrometriche D.P.S.H. nell'ambito spinte sino al raggiungimento del rifiuto strumentale (circa 15 mt).; N°2 sulla banchina di sopraflutto e N°1 a terra nei pressi del parcheggio, tutti spinti ad una profondità di circa 30.00 mt dal p.c. con il prelievo di N°4 campioni indisturbati; analisi geotecniche di laboratorio consistenti in caratteristiche generali del campione, analisi granulometriche, prove edometriche e prove di taglio diretto.

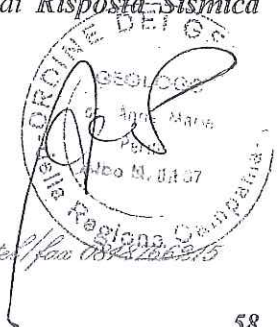
Per la caratterizzazione sismica del sito a terra si sono eseguite N°2 prospezioni geofisiche superficiali ciascuna eseguita con metodologia di indagine dei microtremori, con sorgente attiva "M.A.S.W.", e con sorgente passiva Re. Mi. lungo il medesimo stendimento.

- I caratteri geofisici di sito sono esplicitati nel §12 sulla Modellazione Sismica di Sito, mentre le risultanze delle Prospezioni Sismiche M.A.S.W. e Re. Mi., effettuate ed elaborate dalla TecnoGeo S.r.l., sono esaminabili nell'Allegato Indagini, unitamente alle elaborazioni delle altre indagini geotecniche effettuate e riportate in appositi grafici e tabelle, unitamente alle certificazioni dei laboratori autorizzati con concessione ministeriale ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/01.

- La sismicità del territorio della regione Lazio è ben definita nella DGR Lazio 766/2003 "Riclassificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003. Prime disposizioni".

Nei primi mesi del 2008, ha riaggiornato tale classificazione, grazie agli studi compiuti in collaborazione con l'ENEA, istituendo le sottozone A e B per le zone 2 e 3.

Le indagini sismiche, effettuate in situ, hanno evidenziato, in prima analisi, che l'area dove sono previste le opere sia a terra che a mare è caratterizzata da : un suolo di categoria "C", condizione non confermata dalla spiccata suscettibilità a liquefazione dei terreni presenti in successione stratigrafica, che colloca i suoli in categoria "S2", condizione per la quale, la normativa tecnica vigente prevede che i valori di a_g , siano determinati mediante analisi di Risposta Sismica Locale, la cui esplicitazione è rimandata in sede di elaborazioni geotecniche.



Le intensità macrosismiche attese per il territorio comunale di Gaeta sono caratterizzata da una sismicità indotta decisamente importante, come testimoniato dalla Carta delle Massime intensità Macrosismiche attese che prevede magnitudo comprese tra 7 e 7,5. Il territorio comunale di Gaeta (Lt), a seguito della nuova classificazione sismica (ai sensi della DGR 387/09 e DGR 835/09), è classificato come zona sismica 3- sottozona A- 59 UAS.

- Sulla base di quanto emerso dalle indagini geognostiche esaminate e dagli studi geologici effettuati, si può concludere che gli interventi inerenti il PROGETTO DI AMPLIAMENTO, RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE ED ADEGUAMENTO TECNOLOGICO DEL PORTO TURISTICO "BASE NAUTICA FLAVIO GIOIA" (Lt) non incidendo sostanzialmente sull'assetto geomorfologico del territorio, e risultano con esso compatibile. L'idoneità del sito alla realizzazione dei succitati interventi, resta confermata se in fase progettuale si tiene conto che l'area è potenzialmente ad Alto Rischio Geologico.

Si rimandano al progettista strutturale l'elaborazione geotecnica unitamente alla determinazione della RSL, il dimensionamento delle opere, nonché la scelta degli strumenti tecnici necessari alla realizzazione delle opere in progetto, nel pieno rispetto dei dati forniti, così come sancito dalle NTC 2008, nonché dalla normativa Sismica vigente nella Regione Lazio.

Tanto dovuto ad espletamento dell'incarico ricevuto.

Quarto, 14 Giugno 2013

Il tecnico incaricato



The image shows a handwritten signature in black ink over a circular professional stamp. The stamp is from the Regional Order of Geologists of Campania (Ordine Regionale Geologi Campania) and contains the following text: "ORDINE REGIONALE GEOL. CAMPANIA", "di Anna Maria Perillo", and "Albo N. 1167".

INDICE

PREMESSA	pag. 1
RIFERIMENTI NORMATIVI	pag. 2
§1- INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA	pag. 4
§2- DESTINAZIONE URBANISTICA DELL'AREA E VINCOLI	pag. 6
§3- CARATTERISTICHE PROGETTUALI	pag. 10
§4- INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	pag. 11
§5- GEOLOGIA E STRATIGRAFIA DELL'AREA	pag. 14
§6- MORFOLOGIA E STABILITA'	pag. 16
§7- ASPETTI IDROLOGICI	pag. 18
§8- ASPETTI IDROGEOLOGICI	pag. 20
§9- RISCHIO GEOLOGICO	pag. 24
§10- RISCHIO SISMICO	pag. 27
§11- INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE	pag. 29
§11.1- SONDAGGI A ROTAZIONE E CAROTAGGIO CONTINUO	pag. 30
§11.2- PRELIEVO CAMPIONI INDISTURBATI	pag. 31
§11.3- STANDARDR PENETRATION TEST (S.P.T.)	pag. 33
§11.4- MISURE VS30 CON METODO M.A.S.W.	pag. 33
§10.5- METODO MICROTREMORI (RE.MI.)	pag. 34
§10.6- PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE PESANTI (D.P.S.H.)	pag. 35
§11.7- ANALISI E PROVE GEORECNICHE DI LABORATORIO	pag. 36
§11.8- CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	pag. 36
§11.9- PROVA DI TAGLIO DIRETTO	pag. 38
§11.1-0 PROVA EDOMETRICA	pag. 38
§12- CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E	
MODELLO GEOLOGICO	pag. 40
MODELLAZIONE SISMICA DI SITO	pag. 43
§13- CARATTERIZZAZIONE SISMICA DI SITO	pag. 43
§13.1- SISMICITA' STORICA E RECENTE DEL LAZIO	pag. 43

Studio Tecnico Associato Perillo - Corso Italia 106, 80010 Quarto (Na) - tel/fax 0818766215

§13.2 -PERICOLOSITA'SISMICA DELL'AREA	<i>pag. 45</i>
§13.3- NTC 2008	<i>pag. 50</i>
§13.4- INTERPRETAZIONE ED ANALISI DEI DATI	<i>pag. 51</i>
§13.5 a)- Analisi dell'Azione Sismica	<i>pag. 52</i>
§14- VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE	<i>pag.54</i>
CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	<i>pag. 56</i>