



Al Prefetto della Provincia di Messina
Commissario Delegato ex O.P.C.M. n. 3633 del 5 Dicembre 2007

COMUNE DI MESSINA
LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE

PROGETTO PRELIMINARE - INDAGINI E STUDI SPECIALISTICI

ELABORATO: SS-RG	Studio Geologico-Tecnico Relazione generale	
----------------------------	---	--

REDATTORI:  MESSINA, LI' 30/11/2008	Università degli Studi di Messina <i>Dipartimento di Ingegneria Civile</i> IL REDATTORE DELL'ELABORATO (Prof. Dr. Antonio Bottari) (Dott. Geol. Massimiliano Silvestro) <i>M. Silvestro</i> IL RESPONSABILE DELLA CONVENZIONE (Prof. Ing. Giuseppe RICCIARDI)
PER I PROGETTISTI: IL COORDINATORE DELLA PROGETTAZIONE (Ing. Pietro VIVIANO)	

VISTO: SI ATTESTA CHE IL PRESENTE PROGETTO HA SUPERATO FAVOREVOLMENTE LA VERIFICA AI SENSI DELL'ART. 46 DEL DPR 554/99. ED E' COERENTE CON LE INDICAZIONI DEL DOCUMENTO PRELIMINARE DI PROGETTAZIONE. MESSINA, LI..... IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO Ing. Francesco DI SARCINA	SI APPROVA IL PROGETTO AI SENSI E PER GLI EFFETTI DELL'ART. 1 COMMA 3 DELL' O.P.C.M. 3633/07. IL PRESENTE PROGETTO COSTITUISCE, AI SENSI DEL PREDETTO ART.1, VARIANTE ALLO STRUMENTO URBANISTICO GENERALE DELLA CITTA' DI MESSINA. E' DICHIARATA LA PUBBLICA UTILITA', INDIFFERIBILITA' ED URGENZA DEI LAVORI, IN DEROGA ALL'ART. 98, COMMA 2 DEL DLGS 12 APRILE 2006 N.163, SALVA L'APPLICAZIONE DEL DPR 327/01 E S.M.I. MESSINA, LI..... IL COMMISSARIO DELEGATO EX OPCM 3633/07 S.E. IL PREFETTO DI MESSINA (ALECCI)
--	---

Cavallo
 S.p.A. S.D.A.
 S.p.A. S.D.A.
 S.p.A. S.D.A.

INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. RACCORDO CON GLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA .	3
2.1 PIANO REGOLATORE GENERALE (PRG)	3
2.2 PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)	3
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-GEOMORFOLOGICO	4
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE.....	6
5. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO	10
6. INQUADRAMENTO SISMO-TETTONICO	14
6.1 STORIA SISMICA DELL'AREA DELLO STRETTO DI MESSINA.....	17
6.2 CLASSIFICAZIONE SISMICA	18
6.3 FATTORE SISMICO.....	19
7. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE.....	26
8. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE LOCALI	28
9. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	31
9.1 ACQUIFERI E MODALITÀ DELLA CIRCOLAZIONE IDRICA	32
10. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	34
11. SUCCESSIONE STRATIGRAFICA DEI TERRENI	38
12. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI TERRENI.....	38
12.1 CORRELAZIONI EMPIRICHE.....	40
12.2 RISULTATI DELLE PROVE DI LABORATORIO	51
13. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	52

TAVOLE

Tav.1 - Corografia in scala 1:50.000

Tav.2 - Corografia in scala 1:10.000

Tav.3 - Stralcio della carta geologica CARG

Tav.4 - Carta geologica in scala 1:5.000

Tav.5 - Carta ubicazione indagini e tracce delle sezioni in scala 1:4.000

ALLEGATI

All. 1 - Stratigrafie dei sondaggi

All. 2 - Sezioni geologico-tecniche



1. PREMESSA

La presente relazione è illustrativa delle conoscenze sulle caratteristiche geologiche dell'area di Tremestieri e dei risultati delle indagini geognostiche e geofisiche condotte al fine di accertare la stratigrafia e le caratteristiche meccaniche dei terreni di specifico interesse progettuale per la realizzazione delle opere. L'attività di studio e di indagine qui documentata consegue dall'incarico ricevuto da S.E. il Prefetto della Provincia di Messina nell'ambito della redazione del progetto preliminare per la realizzazione della piattaforma logistica intermodale a Tremestieri con annesso scalo portuale (ai sensi della Legge n.64 del 02.02.1974, del D.M. 11.03.1988 e relativa Circ. esplicativa Min. LL. PP. n.30483 del 24.09.1988).

Lo studio muove dalla consultazione di dati biblio-cartografici integrati, per l'area di prevalente interesse ingegneristico, da rilievi di superficie da indagini geognostiche e geofisiche eseguite in pozzo.

Tutto quanto rilevato ed acquisito nel corso dello studio è stato programmato e condotto al fine di:

- definire i lineamenti geomorfologici, gli eventuali dissesti e fenomeni morfogenetici in atto o potenziali e loro tendenza evolutiva;
- delineare le caratteristiche tettoniche e sismotettoniche dell'area e valutare i relativi livelli di hazard sismico;
- ricostruire la successione litostratigrafica locale attraverso il riconoscimento dei diversi litotipi affioranti e definizione del loro assetto giaciturale;
- individuare le condizioni idrogeologiche e definire lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea;
- valutare la stabilità di insieme dell'area;
- valutare le caratteristiche tecniche dei litotipi direttamente interessati dalle opere di progetto.

Per quanto concerne la definizione delle caratteristiche tecniche di primo riferimento dei terreni interessati dalle opere in progetto, essa deriva dalle risultanze di una specifica campagna di indagini geognostiche effettuata nei mesi ottobre-novembre 2008 (cfr. cap. 8).

In sintesi:

- n. 20 sondaggi a carotaggio continuo e n. 2 a distruzione di nucleo, spinti fino alla profondità massima di 83 m dal p.c. (tabella 1), per complessivi 719 ml di perforazione;
- esecuzione a varie quote, in foro di sondaggio, di prove penetrometriche dinamiche discontinue (S.P.T.) per complessive n.110 prove.



2. RACCORDO CON GLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA

Nelle prime fasi di indagine si è proceduto alla acquisizione e consultazione degli strumenti di pianificazione sovraordinata di carattere geologico:

Piano Regolatore Generale (PRG) e Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del Comune di Messina e, Piano Stralcio di Bacino per L'Assetto Idrogeologico (PAI)

2.1 PIANO REGOLATORE GENERALE (PRG)

Dalla consultazione degli elaborati geologici di sintesi del PRG si evince che la porzione a terra dell'area di progetto ricade in zona classificata come *AREE STABILI: costituite da depositi alluvionali recenti con superficie freatica a profondità < 10 m dal p.c.*, i fattori condizionanti sono rappresentati da quello litologico, legato alla verifica delle caratteristiche tecniche dei terreni di sedime, e da quello idrogeologico relativo alla presenza di falda a piccola profondità dal p.c..

2.2 PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

Dalla consultazione del Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Siciliana, che individua le aree soggette a dissesto (frane ed esondazioni) e le classifica in relazione al diverso grado di pericolosità e rischio, si è potuto verificare che il sito di progetto non ricade in area classificata a rischio né geomorfologico né idraulico.

Tuttavia si segnala che nella carta della pericolosità idraulica, sono segnalati in area limitrofa a quella di progetto due *Siti di Attenzione* che corrispondono al tratto tra l'autostrada A18 e il tracciato ferroviario rispettivamente del Vallone Guidari (sigla E102-048) e del Vallone Canneto (E102-049).

Nel P.A.I. nella definizione dei diversi livelli di Pericolosità, applicando la metodologia semplificata, le aree segnalate dai vari Enti per precedenti inondazioni o quei tratti di corsi d'acqua in cui sono evidenti condizioni di pericolo emerse nel corso dei sopralluoghi, sono stati indicati nella carta della pericolosità idraulica come "*siti di attenzione*". Questi vanno intesi come zone su cui approfondire il livello di conoscenza delle condizioni geomorfologiche e/o idrauliche in relazione alla potenziale pericolosità e rischio e su cui comunque gli eventuali interventi da realizzarsi dovranno essere preceduti da adeguate e approfondite indagini.

Di seguito si riportano gli stralci del P.A.I. del bacino 102 relativi all'area di progetto.



SICILIA
REGIONE
SISTEMA REGIONALE
DIREZIONE REGIONALE
Della Sicilia
Piazza

STRALCIO DELLA CARTA DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO DEL PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) (D.P. 15 dicembre 2006 in GURS n.7 del 09.02.2007)

REPUBBLICA ITALIANA



Regione Siciliana
Assessorato Territorio e Ambiente
DIPARTIMENTO TERRITORIO E AMBIENTE
Servizio L'ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO

Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)
(art. 17 L. 10/04/1998 con il testo unico approvato dalla Regione Siciliana n. 11/19)

Area territoriale tra il bacino del torrente Fiumedinisi e Capo Peloro (102)



CARTA DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO N° 08

COMUNE DI MEDINA
Scala 1:10.000



Anno 2006

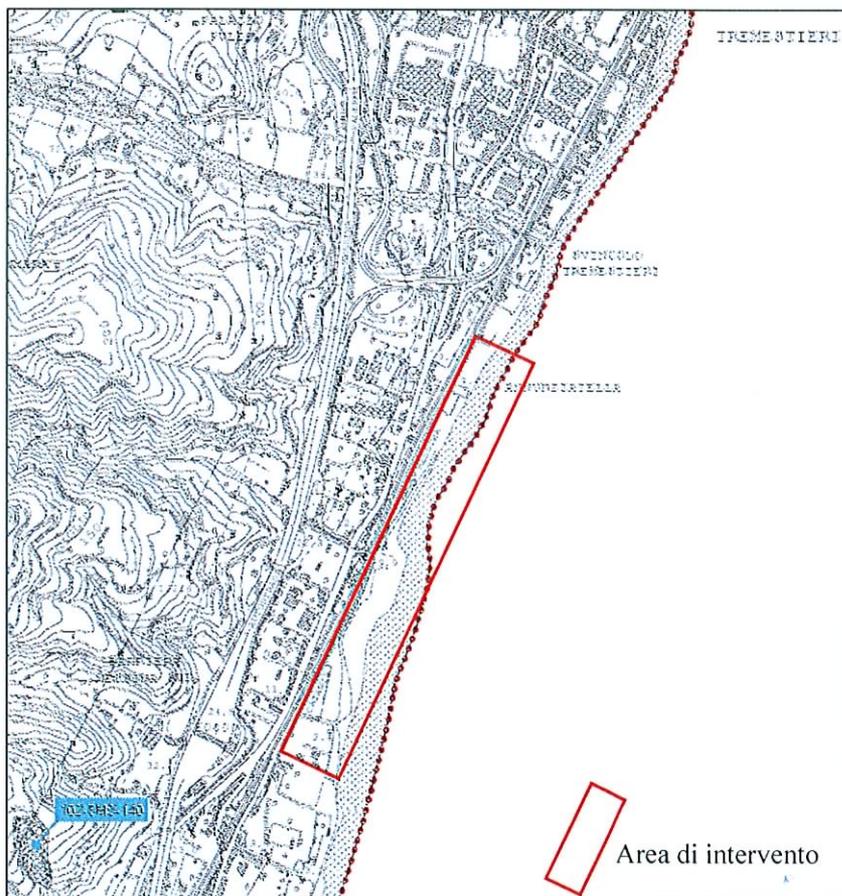
LEGENDA

LIVELLI DI PERICOLOSITA'

-  P0 basso
-  P1 moderato
-  P2 medio
-  P3 elevato
-  P4 molto elevato

LIVELLI DI RISCHIO

-  R1 moderato
-  R2 medio
-  R3 elevato
-  R4 molto elevato



STUDIO S.p.A.
SISTEMI DI COSTRUZIONE
Dr. *[Signature]*

STRALCIO DELLA CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA PER FENOMENI DI ESONDAZIONE DEL PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) (D.P. 15 dicembre 2006 in GURS n.7 del 09.02.2007)

REPUBBLICA ITALIANA



Regione Siciliana
Assessorato Territorio e Ambiente
DIPARTIMENTO DI TERRITORIO E AMBIENTE
Servizio di ASSETTO DEL TERRITORIO E DEFESA DEL SUOLO

Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)
ART. 1 DEL 11/12/1998 (G. 10/15/1998) CON LA D. 23/1/1999 (L. 1/1/1999)

Area territoriale tra il bacino del torrente Fiumedinisi e Capo Peloro (102)



CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA PER FENOMENI DI ESONDAZIONE N° 08
CANTONE DI MESSINA
Scala 1:10.000

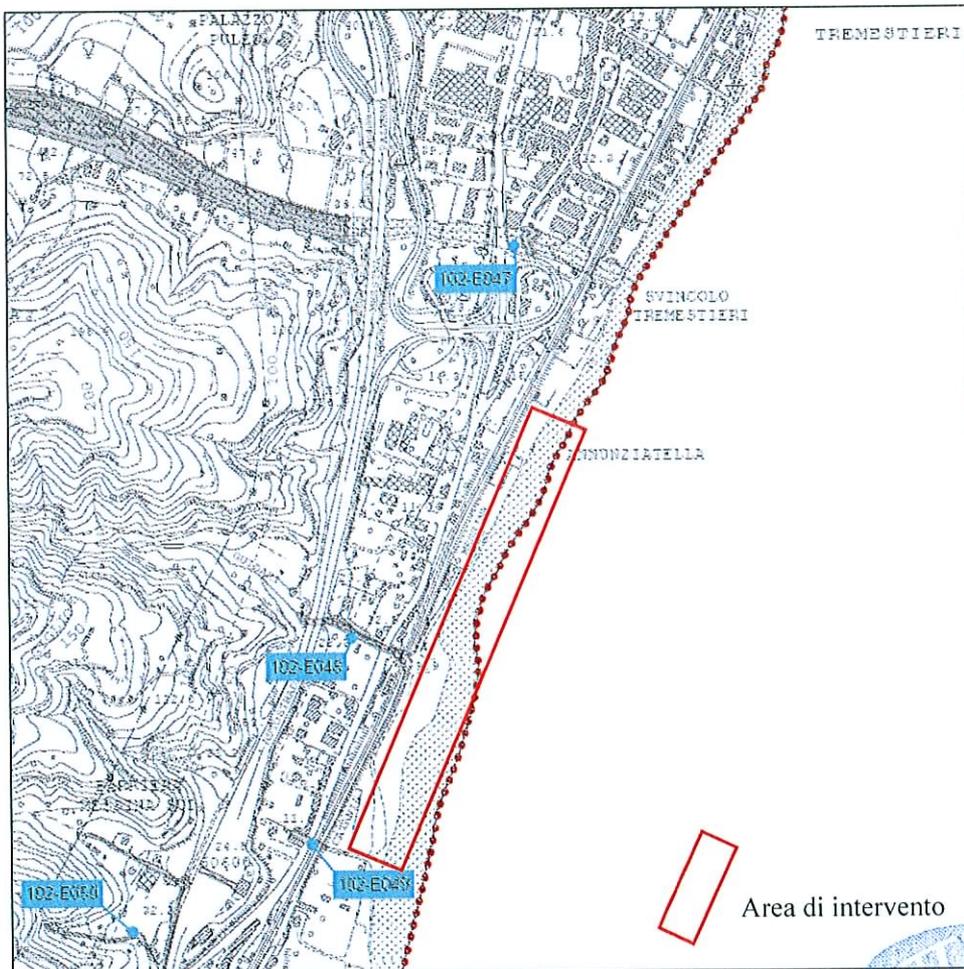


Anno 2006

LEGENDA

VALORI DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA

	P1 Pericolosità bassa
	P2 Pericolosità moderata
	P3 Pericolosità alta
	Sito d'attenzione



SICILIA
SISTEMA REGIONALE
PRESIDENTE
Dr. Carmelo

[Handwritten signature]

STRALCIO DELLA CARTA DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO DI EROSIONE DELLE COSTE DEL PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) RELATIVO ALL'UNITÀ FISIOGRAFICA N.2 CAPO PELORO - CAPO SCALETTA (D.P. 25 gennaio 2006 in GURS n.14 del 17.03.2006)

REPUBBLICA ITALIANA

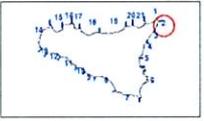


Regione Siciliana
Assessorato Territorio e Ambiente

DIPARTIMENTO TERRITORIO E AMBIENTE
Servizio 2 "DEMANIO MARITTIMO"
Servizio 4 "ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO"

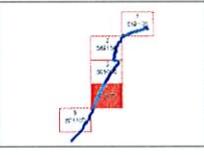
**Piano Stralcio di Bacino
per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)**
ART. 1 D.L. 152/99 CONVERTITO CON MODIFICHE CON LA L. 247/99 E SS.MM.II.

**UNITA' FISIOGRAFICA N° 2
da Capo Peloro a Capo Scaletta**



Carta della pericolosità e del rischio N°4

Scala 1:5.000



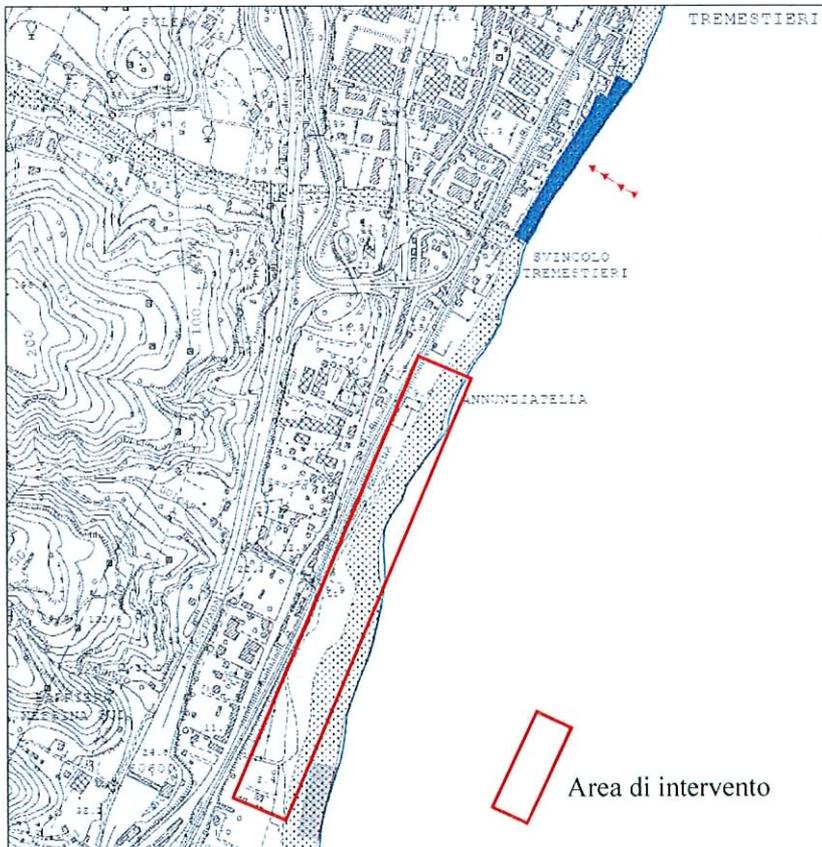
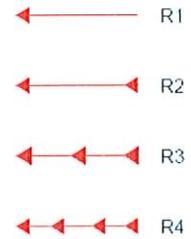
LEGENDA

— Linea di costa 1998

Pericolosità



Rischio



SIGENCO S.p.A.
SISTEMI PER LA COSTRUZIONE

Handwritten signature

corrivazione a volte inferiori a 30 min. Sovente i tratti degli alvei delle fiumare, che attraversano il centro abitato di Messina, risultano ricoperti con strutture scatolari e sedi di importanti strade urbane.

Il territorio comunale è rilevabile nei fogli: n. 588 "Messina, Villa San Giovanni" e n. 601 "Messina - Reggio Calabria" in scala 1:50.000 della carta d'Italia edita dall'I.G.M.

La zona di più stretto interesse per la realizzazione delle opere ricade nella sezione n. 601070 della Carta Tecnica Regionale CTR in scala 1:10.000.

COROGRAFIA
scala 1:50.000

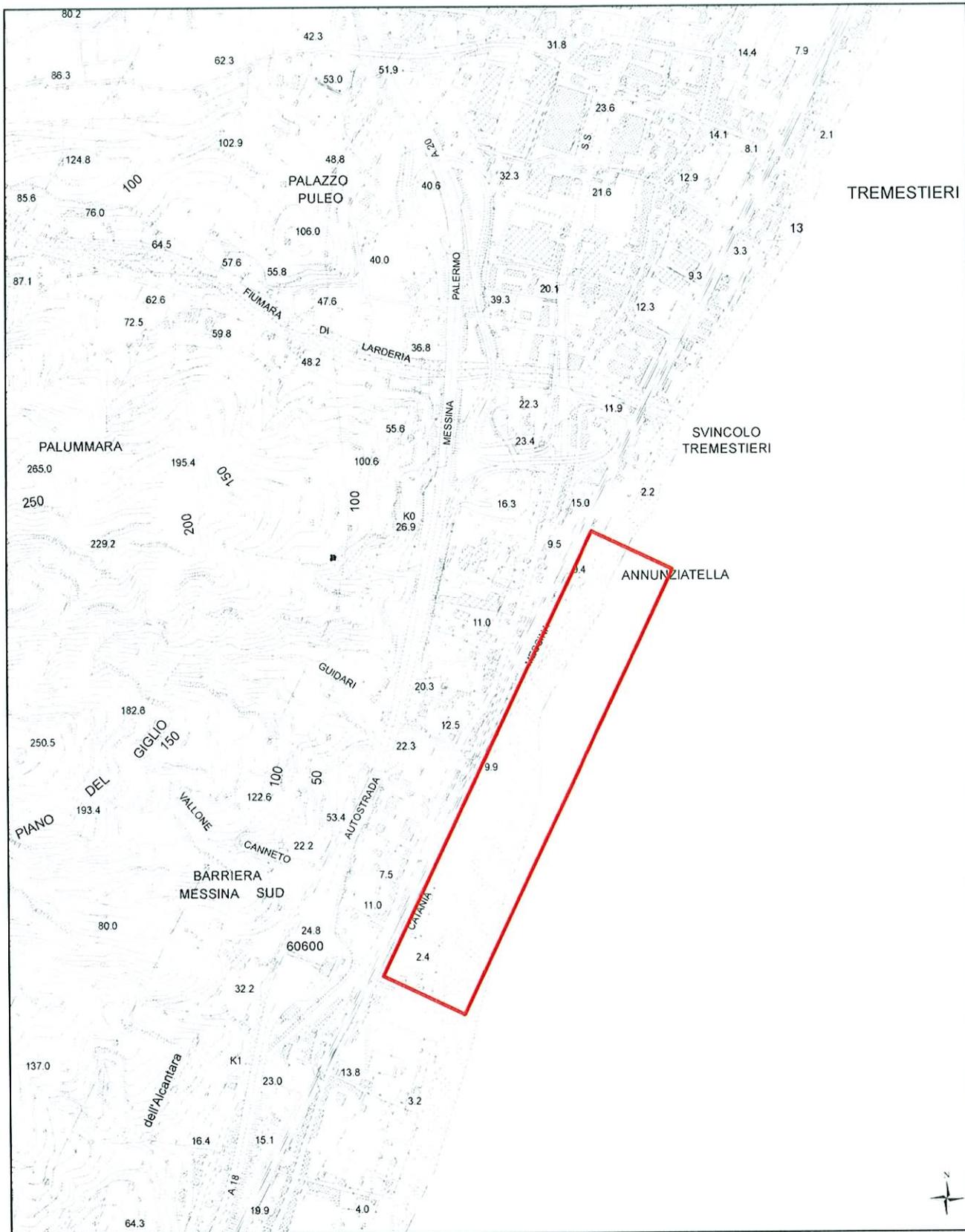


SIGENCO S.p.A.
SISTEMI GENERALI COSTRUZIONE
PRES. DR. *Carro*
DR. *Carro* P.le

 Area di Intervento

COROGRAFIA

scala 1:10.000



SISTEMATO S.p.A.
SISTEMI INTEGRATI LOGISTICI
P.zza Principe di Pace, 1
00187 Roma, Italia
Tel. +39 06 4781111
www.sistemato.it

 Area di Intervento

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

L'evoluzione geologica entro cui si inserisce il territorio in esame è riconducibile a quella della Sicilia nord-orientale. In particolare, l'area è ubicata sul margine nord-orientale dei Monti Peloritani che rappresentano l'estremo lembo meridionale di una struttura più complessa denominata "Arco Calabro-Peloritano" (Amodio Morelli et alii, 1976) e che corrispondono al bordo meridionale del Bacino del Tirreno.

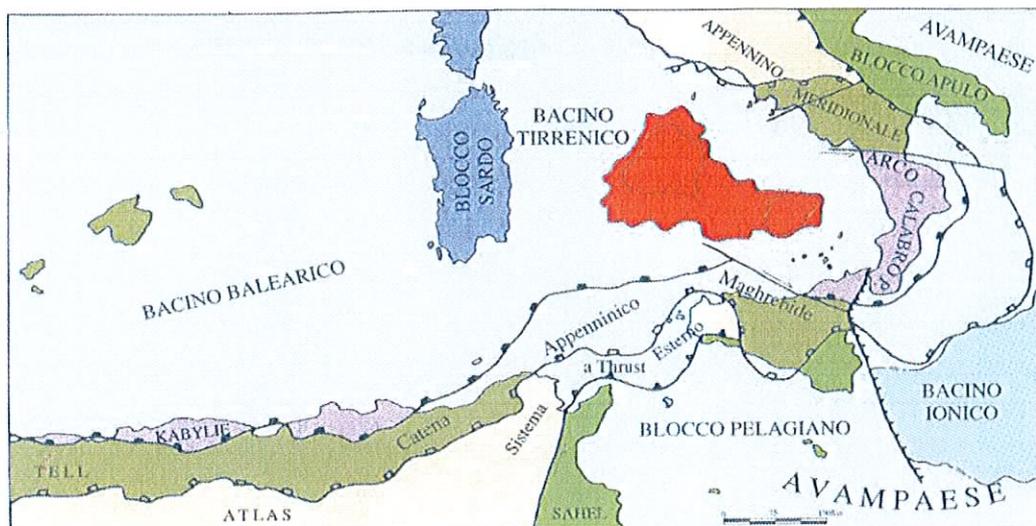


Fig. 1 – Schema tettonico del Mediterraneo centrale (da Lentini et al. 1995a).

La Catena Peloritana ha subito interamente gli effetti degli eventi deformativi che hanno interessato la regione; essa si è formata durante le prime fasi dell'orogenesi Oligo-Miocenica ed è stata coinvolta passivamente nei successivi eventi deformativi.

Strutturalmente l'edificio dei Monti Peloritani è il risultato della sovrapposizione di diverse unità secondo scaglie tettoniche sovrainposte che rappresentano, ciascuna, falde di basamento metamorfico con lembi dell'originaria copertura sedimentaria (Mesozoico – Cenozoica).

Segue una successione sedimentaria, depostasi in seguito alla fase tettonica tortoniana.

La base è rappresentata da una profonda successione di depositi terrigeni con ripetuti orizzonti conglomeratici, composti da elementi derivanti da tutte le Unità Calabridi. Verso l'alto seguono in modo discontinuo terreni evaporitici, connessi al progressivo prosciugamento che ha caratterizzato il Bacino del Mediterraneo; nell'area Peloritana sono rappresentati principalmente da calcari e breccie calcaree. Questi sono sormontati trasgressivamente da un deposito pelagico, composto da

marne e marne sabbiose ("Trubi"), deposti all'inizio del Pliocene, durante la fase di risalita del livello del mare.

Al disopra di detti terreni si passa alla sequenza del Pliocene sup.-Pleistocene inf. Trattasi di tipici depositi di un distinto ciclo sedimentario, consistenti prevalentemente in calcareniti organogene, calcari e brecce a coralli, sabbie ed argille, la cui distribuzione areale è stata controllata da una forte tettonica sinsedimentaria.

La successione prosegue con la Formazione delle "Sabbie e Ghiaie di Messina" del Pleistocene medio che consiste in un deposito fluvio-deltizio dato da sabbie e ghiaie grossolane; facies transizionali da marine a continentali, che vanno a colmare paleovalli e/o canyon sottomarini, ed inoltre a chiudere i principali lineamenti morfotettonici.

Parecchi terrazzi marini, con depositi o semplici superfici di abrasione marina, riferibili al tardo Pleistocene, sono riconoscibili al di sopra dei depositi del Pleistocene medio. Uno spesso strato di depositi recenti è presente lungo i fondovalle delle principali fiumare. Nel tratto terminale delle valli tali depositi si collegano direttamente a quelli presenti lungo la costa, dando luogo alle piane costiere.

La stretta pianura costiera su cui si sviluppa il territorio comunale di Messina è il risultato della coalescenza di vari conoidi alluvionali e della modellazione operata dai processi costieri.

Lungo la costa i depositi litorali sono prevalentemente costituiti da sabbie e da ghiaie. Dal punto di vista strutturale l'area Peloritana rappresenta una zona di ampio sollevamento regionale ("Horst Peloritano"), con trend assiale circa NE-SW ed immersione verso NE, delimitata ai suoi margini ionico e tirrenico da zone abbassate da sistemi di faglie normali orientati ENE-WSW (sistema peritirrenico) e NE-SW (sistema Messina-Giardini-Fiumefreddo) ed, riferibili alla fase essenzialmente distensiva che ha avuto luogo nel Pliocene sup.- Pleistocene inf.

Il settore orientale dei Monti Peloritani è limitato verso ovest dalla faglia nota in letteratura come "Tindari-Letojanni" orientata NW-SE con movimenti trascorrenti destri, questa rientra in una zona di taglio destro che separa il settore nord-orientale dell'isola dall'area collisionale nebrodica responsabile dell'avanzamento verso sud-est del settore peloritano (Lentini et al. 1995; Catalano et al. 1997).

L'area mostra dunque un alto tasso di sollevamento in tempi recenti. In particolare, i massimi valori di uplift, riscontrati nell'Italia meridionale, almeno negli ultimi 125.000 anni, appartengono al settore dell'Arco Calabro - Peloritano (0.3-1.4 m/Ka) e sono da mettere in relazione con l'evoluzione geodinamica di questo singolare settore dell'area mediterranea.



5. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

La rete idrografica è fortemente condizionata da un'elevata predisposizione all'erosibilità dei terreni attraversati, localizzata principalmente nelle zone di testata dei bacini, in particolare lungo le incisioni secondarie, laddove l'elevata acclività dell'alveo conferisce alle acque un forte potere erosivo.

Il reticolo idrografico presenta le caratteristiche tipiche delle aree di recente sollevamento con presenza di corsi d'acqua a regime torrentizio, denominati fiumare.

I deflussi sono modesti o mancano del tutto per diversi mesi dell'anno in cui le precipitazioni sono scarse o assenti mentre sono decisamente consistenti per brevi periodi della stagione piovosa durante le quali si possono verificare forti piene in coincidenza di eventi meteorici intensi e concentrati.

In relazione alla geomorfologia della zona, le numerose incisioni torrentizie presentano un andamento quasi rettilineo e all'incirca ortogonale (NW-SE) rispetto alla dorsale Peloritana; alvei stretti e incassanti fra le alte pareti rocciose nei tratti montani che diventano ampi e sovalluvionati nei tratti terminali.

I bacini imbriferi sono generalmente di estensione limitata, con ampiezza maggiore nella parte medio-alta e più ristretti nella parte terminale. Altra caratteristica in comune per quanto riguarda i deflussi in alveo è di essere alimentati, oltre che dalle precipitazioni dirette, dalle acque di un gran numero di manifestazioni sorgentizie, molte non captate, localizzate a diversa quota lungo i versanti dei bacini. Il contributo di tali emergenze risulta più o meno significativo in relazione alla portata delle singole manifestazioni ed alla loro variabilità nel tempo. Le acque sorgentizie oltre ad alimentare i deflussi superficiali contribuiscono ad alimentare i deflussi in subalveo, prolungando così nel tempo gli effetti delle precipitazioni meteoriche.

La granulometria degli elementi delle coltri alluvionali indicano un trasporto ad alta energia associato ai periodi di piena.

Il profilo trasversale delle incisioni vallive è caratterizzato da versanti acclivi, una forma a V e gradini morfologici conseguenza della forte incisione verticale subita in epoca recente a causa dell'accentuato sollevamento regionale.

I fondovalle così risultano estremamente ristretti e spesso caratterizzati da meandri incassati.

Nelle incisioni delle fiumare sono riconoscibili tratti influenzati dalla tettonica, ciascuna delle quali è orientata lungo le tre direttrici tettoniche principali: NW-SE, ENE-WSW, e circa N-S. La rottura di pendenza fra le ripide incisioni vallive minori e le valli principali dà luogo all'accumulo di coni detritici (coni di deiezione) e conoidi alluvionali a volte coalescenti,

localmente molto estesi arealmente; la maggior parte di essi è talora stabilizzata da opere antropiche.

Lungo quasi tutte le fiumare sono stati effettuati nel corso degli anni, interventi d'imbrigliamento e arginatura, allo scopo di mitigare gli effetti delle onde di piena. I principali corsi d'acqua nell'area in esame sono:

Fiumara Mili

Il bacino imbrifero della fiumara di Mili, che si estende per circa 5,70 kmq in un'area compresa tra i puntali La Ruttazza, Bandiera, Ruvolo ed il mare Ionio, possiede un reticolo idrografico alquanto allungato e scarsamente ramificato.

Nella parte montana del bacino si riscontrano in prevalenza rocce metamorfiche di alto e medio grado (paragneiss biotitici, calcari cristallini e gneiss), mentre la zona centrale risulta caratterizzata dai terreni del Flysch di San Pier Niceto. Completano la geologia del bacino i depositi incoerenti (alluvioni attuali e recenti e depositi di spiaggia, sabbie e ghiaie di Messina) presenti alla foce e lungo l'asta torrentizia.

La fiumara di Mili, che presenta un'asta principale di circa 7,25 km., risulta alimentata da una serie di valloni originanti nella zona montana, ad una quota superiore ai 1.000 m e da alcuni tributari minori, confluenti nel tratto intermedio. Nella zona montana la fiumara si sviluppa incassata, mostrando pendenze superiori al 35%, per proseguire regimata da muri d'argine e briglie, con valori progressivamente decrescenti dal 15 al 2% circa. Lungo il corso del torrente, rispettivamente alle quote 200 e 75 s.l.m., sorgono i villaggi di Mili San Pietro e di Mili San Marco.

Nell'abitato di Mili San Pietro, è presente un diffuso stato di degrado ambientale che comporta, in alcuni tratti dell'asta torrentizia, la riduzione della sezione di deflusso, piste, ed attraversamenti ed interruzione di muri d'argine. All'interno dell'abitato, il vallone Fodi, affluente di sinistra, trasformato in strada asfaltata, presenta accessi diretti ad una serie di abitazioni edificate lungo le sponde.

Fiumara Guidari

Il bacino imbrifero del torrente Guidari ha un'estensione superficiale di 0.56 kmq, la lunghezza dell'asta principale è pari a 1,6 km e la distanza media del confine del bacino dall'asta è pari a circa 200-250 m cosicché la rapidità di accesso dei deflussi verso l'asta principale contribuisce a determinare un'onda di piena particolarmente gravosa. Il dislivello dal punto più alto al punto più basso del bacino è di 341 m, la pendenza media del bacino lungo l'asta del corso d'acqua è circa il 20%. L'alveo del torrente è incassato tra le sponde

del bacino nella parte a monte, mentre a valle è circa a livello delle zone circostanti contenuto entro argini per buona parte artificiali, di qualche metro d'altezza.

L'alveo del torrente per buona parte dell'anno è in condizioni di secca ed è utilizzato come via d'accesso ai nuclei abitativi. A causa di ciò in molti tratti le murature di arginatura sono state interrotte. L'elevata erodibilità dei versanti e il cospicuo deposito di materiali di rifiuto scaricati nell'alveo, determinano un elevato trasporto solido in occasioni delle piene.

L'erodibilità dei terreni dipende inoltre, dalla litologia e dalle tessitura del terreno: la porzione di gneiss pegmatoidi fratturati, di conglomerati e di arenarie tortoniane è soggetta ad erosione medio-alta mentre le ghiaie e sabbie di Messina e i detriti di falda hanno un grado di erodibilità elevata.

Fiumara di Larderia

Il sistema idrologico della fiumara di Larderia si estende su una superficie di 7,36 kmq, e il corso d'acqua si sviluppa per una lunghezza 6,75 km. Nella parte montana, la fiumara si sviluppa incassata con pendenze fino al 45%, mentre nel tratto a valle la pendenza è del 9%. Nella parte montana del bacino affiorano in prevalenza rocce metamorfiche di medio grado (paragneiss biotitici), mentre la zona centrale risulta caratterizzata dai terreni del Flysch di San Pier Niceto. Lungo l'asta torrentizia e a ridosso della zona costiera si rinvencono i depositi incoerenti delle alluvioni attuali e recenti e depositi di spiaggia. L'alveo del torrente è caratterizzato dalla presenza di muri d'argine interrotti in più punti ed è sede di strade che rappresentano le uniche vie di accesso a diversi nuclei abitativi. All'interno dello stesso vi sono inoltre numerose costruzioni fatiscenti ed aree occupate da colture e depositi di materiali vari. L'intera asta principale è occupata da una copiosa quantità di materiali di risulta di vario genere. Tali materiali contribuiscono ad aumentare la portata solida del torrente in concomitanza alla formazione di eventuali onde di piena. I due villaggi di Larderia Inf. e Sup. sono collegati, oltre che dalla strada provinciale, anche tramite un attraversamento stabile in alveo, poggiante su una serie di dreni di grosso diametro. L'insieme costituisce un evidente ostacolo al regolare deflusso delle acque in caso di piena.

Le linee di impluvio che confluiscono all'altezza del ponte della provinciale per Larderia Sup., appena fuori di Larderia inferiore, risultano o totalmente o parzialmente sbarrate sia dalla stessa strada che da edifici; questi ultimi in caso di piena saranno quasi certamente soggetti ad allagamenti.

A valle del ponte di cui sopra le acque scorrono su una strada che rappresenta l'unica via di accesso a numerose abitazioni; essa è provvista di uno scatolare centrale al quale le acque possono accedere attraverso caditoie le cui grate hanno una luce che appare insufficiente a sostenere il carico di detriti eventualmente trasportati in caso di intense precipitazioni.

Fiumara San Filippo.

Il sistema idrologico della fiumara San Filippo drena le acque di un bacino avente un'estensione pari a circa 8,30 kmq. Compreso tra le contrade Caccia, Livara, Pulicariella ed il mare Ionio, presenta un reticolo idrografico allungato e intensamente ramificato in cui il corso d'acqua principale si sviluppa per una lunghezza di circa 7,90 km.

Nella parte montana del bacino affiorano in prevalenza rocce metamorfiche di medio grado (paragneiss biotitici), mentre la zona centrale risulta caratterizzata dai terreni del Flysch di San Pier Niceto. Lungo l'asta torrentizia e a ridosso della zona costiera si rinvencono i depositi incoerenti delle alluvioni attuali e recenti e depositi di spiaggia.

La fiumara che risulta alimentata dall'affluente Giarratta e da alcuni tributari minori, nel tratto montano, si sviluppa con pendenze superiori al 30%, scorrendo incassata sino a quota 350 m circa, dalla quale, compresa fra le opere di regimazione idraulica, prosegue a livello sino a diventare pensile in prossimità della foce. In seguito a studi si è evidenziato che la sezione di deflusso, in prossimità dell'abitato di San Filippo Superiore, si presenta insufficiente a causa dell'innalzamento del fondo e degli ostacoli derivanti da baracche, attraversamenti e piste carrabili in alveo, che determinano la possibilità di inondazione delle aree adiacenti al corso d'acqua. Il ponte che collega le due sponde dell'abitato risulta possedere le arcate laterali ostruite da manufatti in muratura.

6. INQUADRAMENTO SISMO-TETTONICO

Il settore dell'Arco Calabro meridionale è suddiviso nelle due zone sismogenetiche 929 e 930 della ZS9 (Gruppo di lavoro, 2004) che rispecchiano livelli di sismicità differenti.

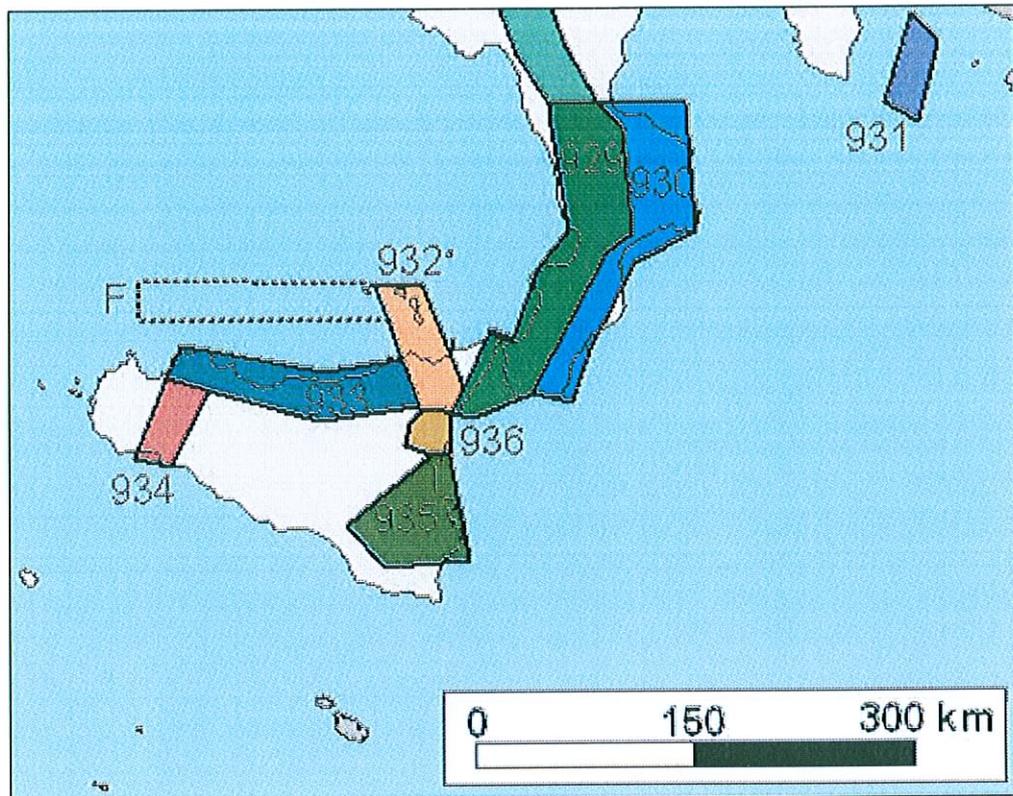


Fig. 6.1 - - Zonazione sismogenetica ZS9 per il settore calabro-siculo.

La ZS9 29 è caratterizzata da importanti faglie normali che si estendono lungo il versante Tirrenico dell'Arco Calabro, e che attraversano lo Stretto di Messina lungo la costa Ionica della Sicilia sino a raggiungere il Plateau Ibleo (Monaco&Tortorici, 2000). Tali strutture, sono orientate prevalentemente NNE-SSW, e conformano i Graben dello Stretto di Messina e del Mésima. A nord di quest'ultimo è presente una depressione tettonica delimitata da faglie normali orientate in direzione WNW-ESE (Graben di Catanzaro). Un'ulteriore struttura tettonica rilevante è la trascorrente destra che si estende da Marina di Nicotera a Marina di Gioiosa Ionica (NW-SE), denominata faglia di Capo Vaticano. Sulla sponda siciliana dello Stretto di Messina, un forte controllo tettonico è esercitato principalmente dai sistemi di faglie NNE-SSW e N-S, di cui si hanno evidenze geologiche lungo la costa tra Messina e Giardini, e secondariamente da quello a prevalenti direttrici ENE-WSW presente sulla costa settentrionale tra Capo Rasocolmo e Tindari, oltre che dal sistema NW-SE Tindari-Letojanni, sede di molti terremoti recenti.

La zona sismogenetica 929 è stata sede dei terremoti storici più energetici dell'intero Arco Calabro, caratterizzati da intensità epicentrali superiori a VIII MCS (Fig.2), che hanno

Anno	m	d	I_0 (x10)	Lat	Lon	LOCALITA' EPICENTRALE	M_s	Δ	IF
1609	7	20	80	38.968	16.353	NICASTRO	5.4	109	V
1626	4	4	90	38.820	16.420	GIRIFALCO	6.1	101	VI
1659	11	5	100	38.700	16.250	CALABRIA MERIDIONALE	6.5	81	VII
1783	2	5	110	38.300	15.970	CALABRIA MERIDIONALE	6.9	39	IX
1783	2	6	85	38.220	15.630	CALABRIA MERIDIONALE	5.9	5	VIII
1783	2	7	105	38.580	16.200	CALABRIA MERIDIONALE	6.5	69	VIII
1783	3	1	90	38.770	16.300	CALABRIA MERIDIONALE	5.9	90	VI
1783	3	28	100	38.780	16.470	CALABRIA MERIDIONALE	6.9	101	VII
1786	3	10	90	38.100	15.020	PATTI	6.0	50	VII
1791	10	13	90	38.630	16.270	CALABRIA MERIDIONALE	5.9	77	VI
1894	11	16	85	38.280	15.870	CALABRIA MERIDIONALE	6.0	27	VII
1905	9	8	110	38.670	16.070	GOLFO DI S. EUFEMIA	7.1	68	VII
1907	10	23	85	38.130	16.020	FERRUZZANO	5.9	39	VI
1908	12	28	110	38.150	15.680	STRETTO DI MESSINA	7.2	10	X
1909	7	1	80	38.147	15.598	CALABRIA MERIDIONALE	5.4	5	VIII
1947	5	11	80	38.650	16.520	GOLFO DI SQUILLACE	5.6	96	V
1978	3	11	80	38.060	16.07	FERRUZZANO*	5.1	58	VI
1978	4	15	90	38.270	15.110	GOLFO DI PATTI**	6.1	52	VII

Tab.1 - m=mese; d=giorno; I_0 =Intensità Epicentrale (MCS); M_s =magnitudo calcolata sulle onde di superficie; Δ =distanza (Km) da Messina; If=Intensità risentita a Messina (MCS). Per gli eventi del 11.3.1978* e del 15.04.1978** si è scelto di sostituire i dati epicentrali forniti dal CPTI04 con quelli disponibili in letteratura (Barbano M.S., 1979; Bottari et al., 1982)

Attualmente permangono serie discrepanze sull'ubicazione e orientazione del piano di faglia e sulla magnitudo dell'evento del 1908 ($6.7 \leq M \leq 7.3$); da vari studi proposti in letteratura (Schick, 1977; Caputo et al., 1981; Mulargia e Boschi, 1983; Gasparini et al., 1985; Capuano et al., 1988; Boschi et al., 1989) si evince un meccanismo focale normale ed un piano di faglia generalmente orientato in direzione SSW-NNE. Pino et al., (2000) ottengono un momento sismico di $5.38 (\pm 2.16) \cdot 10^{19}$ Nm ($M_w = 7.1$). Il periodo di ritorno è stato stimato da

Boschi et al., (1989) intorno a 1000 anni, Valensise e Pantosti (1992) e D'Addezio et al., (1993) indicano un intervallo di ricorrenza di 700-1500 anni.

Un importante effetto cosismico associato al terremoto del 1908 è costituito dal collasso a graben dell'area dello Stretto evidenziata da notevoli variazioni dell'altimetria, dell'estensione dei litorali con importanti modifiche delle linee di costa anche di decine di metri. Le numerose fratture del suolo visibili a Messina (Baratta, 1910) in alcuni casi hanno superato i 100 m in lunghezza e raggiunto i 60 cm circa di spostamento laterale, mentre le variazioni altimetriche (0.37 m) hanno coinvolto soprattutto la parte meridionale della città. Franchi (1909) riporta un abbassamento costante di 0.47 m per tutto il piano ferroviario dalla stazione dei ferry-boats al ponte sul torrente Zaera e di 0.51 m per la lanterna del forte S. Raineri. Il sisma ha causato onde di maremoto fino a 8 – 8.5 m di altezza sul litorale siculo compreso tra Galati marina e Furci, onde alte fino a 4 – 5 m a Reggio Calabria e sulla costa compresa tra Pentimele e Capo Pezzo, e onde alte fino a 10 m sul litorale di Lazzaro.

6.1 *Storia sismica dell'area dello Stretto di Messina*

Dall'analisi dell'occorrenza dei terremoti verificatisi tra il 1600 ed 1975 nell'area dello Stretto di Messina riportata in (Working Group CPTI, 2004), emerge che in questo settore si sono generati eventi di magnitudo da media ad elevata ($M_w \geq 5.5$) con frequenza di accadimento dell'ordine del centinaio d'anni, intervallati da sismi di magnitudo inferiore ($4.5 \leq M_w < 5.5$). In particolare dalla fine della crisi sismica iniziata il 28 dicembre 1908 ($M_S = 7.2$, $I_0 = XI$ MCS; Working Group CPTI, 2004), e conclusasi il 3 giugno 1923 dopo circa 900 aftershocks di intensità epicentrale minima pari a III MCS (Postpischl, 1985), si sono verificati, ad oggi, solo due terremoti di magnitudo macrosismica superiore a 5.0 (Working Group CPTI, 2004): 1950 ($M_w = 5.17$), 1975 ($M_w = 5.38$).

Il terremoto del 16 gennaio 1975, per l'importanza e la gravità degli effetti macrosismici osservati ($I_0 = VII-VIII$ MCS; Working Group CPTI, 2004), rappresenta il più forte evento sismico verificatosi nell'Area dello Stretto di Messina dopo la catastrofe Calabro-Messinese del 28 dicembre 1908. I parametri ipocentrali calcolati da Bottari et al., (1975), pongono la sorgente a circa 10 km di profondità e pochi km a SW del centro urbano di Reggio Calabria.

L'unica crisi sismica di una certa rilevanza che ha interessato lo Stretto di Messina dal 1976 ad oggi consiste nello sciame verificatosi tra il 13 ed 15 Maggio 1985, il cui evento principale è rappresentato da una scossa di magnitudo M_d pari a 4.1 (Bottari et al, 2008). I risultati delle localizzazioni ottenute mediante Bayloc (Presti et al., 2004) e Simul (Evans et al., 1994) evidenziano un trend epicentrale NW-SE nel settore off-shore rispetto alla costa calabra dello Stretto di Messina. La distribuzione ipocentrale perpendicolare al trend e il meccanismo focale

composito indicano che lo sciame è plausibilmente attribuibile ad un sistema di due faglie attive normali ad elevato dip SW-dipping e NW-trending presenti in prossimità della costa calabra dello Stretto.

Nel complesso lo studio della sismicità minore nell'area dello Stretto di Messina successivamente il 1975, supporta l'ipotesi che le strutture tettoniche maggiormente attive siano localizzate a mare in prossimità della costa calabra e mostra un'evidente complessità delle strutture sismogenetiche dell'area dello Stretto di Messina.

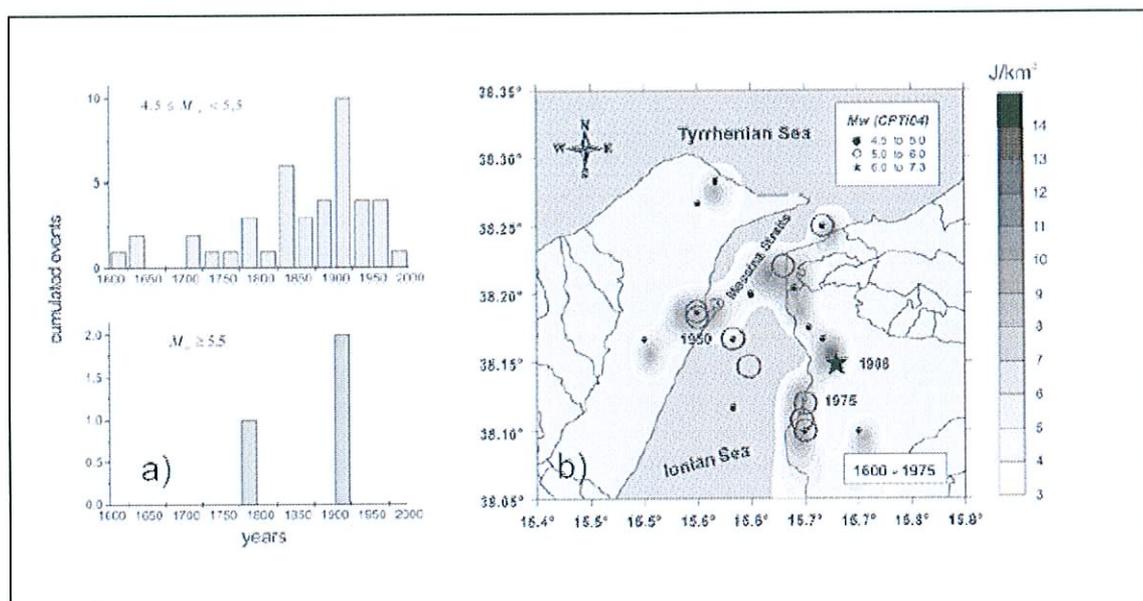


Fig. 6.3 - a) Terremoti occorsi nell'area dello Stretto di Messina nel periodo di completezza 1600-1975 per $4.5 \leq M_w < 5.5$ e $M_w \geq 5.5$ (Working Group CPTI, 2004). b) Densità di energia sismica (Joules/Km³) rilasciata nel settore dello Stretto di Messina dal 1600 al 1975 per $M_w \geq 4.5$ (Working Group CPTI, 2004).

6.2 Classificazione sismica

Il territorio comunale di Messina è stato incluso nell'elenco delle località sismiche di 1^o Categoria, con grado di sismicità $S=12$, in virtù del D.M. LL.PP. 23/09/81 che impone un coefficiente sismico $C = (S-2)/100 = 0.10$.

Nella nuova classificazione sismica della Regione Siciliana D.G.R. n.408 del 19-12-2003 "Individuazione, formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche ed adempimenti connessi al recepimento ed attuazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n.3174", le zone sismiche sono 4 rispetto alle precedenti 3 e, il territorio comunale di Messina è classificato come Zona 1 (Fig. 6.2).

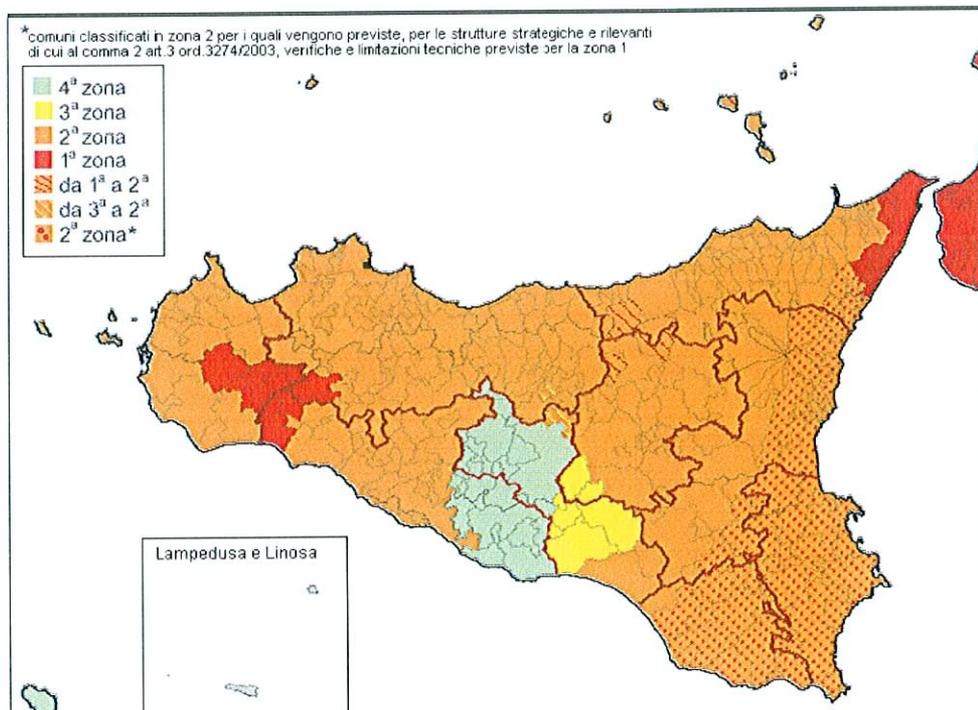


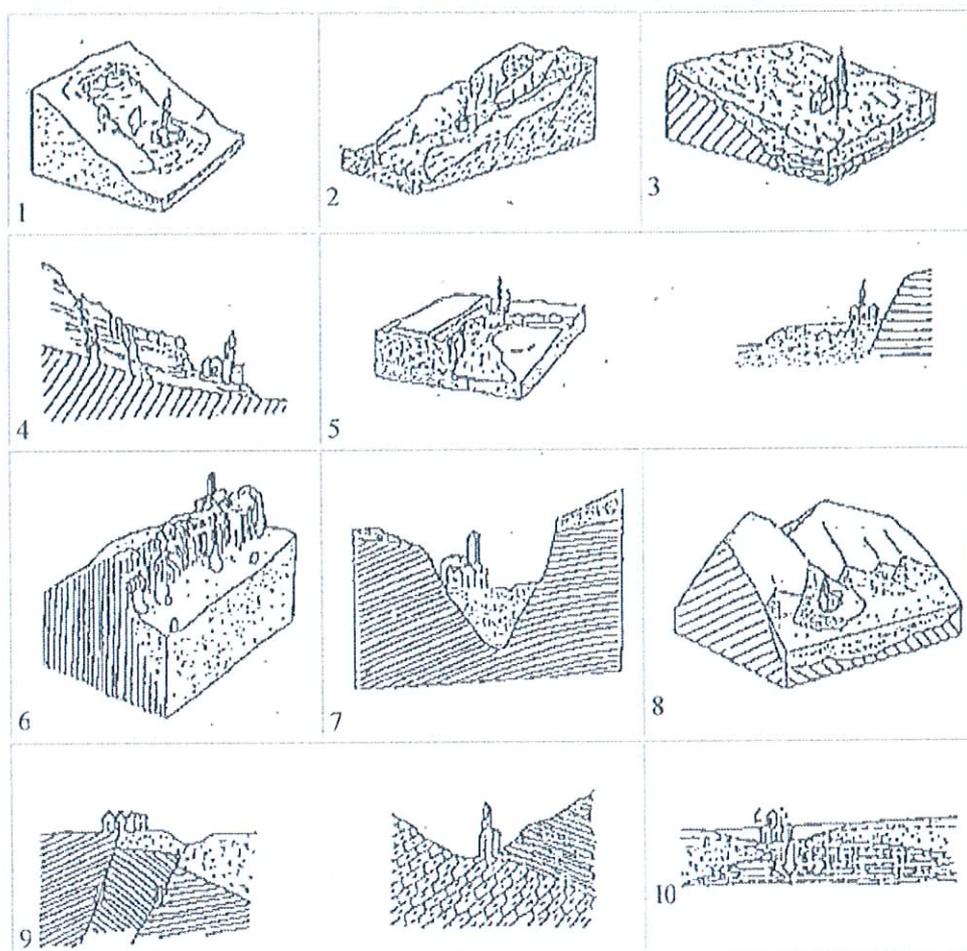
Fig. 6.2

6.3 Fattore sismico

Attraverso la sintesi e l'interpretazione dei dati di analisi delle indagini precedenti di carattere geologico, geomorfologico e litotecnico, è stata valutata la pericolosità sismica del sito in relazione alla possibile presenza di zone suscettibili di instabilità dinamica relativa a fenomeni di deformazione permanente (movimenti gravitativi, liquefazione, cedimenti, addensamento, faglie, ecc...) a seguito di imput sismico, secondo la normativa vigente della Regione Siciliana (Circolare ARTA n.2222 del 31 gennaio 1995). Dell'area in studio non si possono escludere situazioni morfostrutturali riconducibili al n. 9 e al n. 10 dell'allegato E1 della Circ. 2222/95. Pertanto non si può escludere la possibilità di deformazioni permanenti del suolo a seguito di forte sollecitazione sismica.

ALLEGATO E1 (Circ. ARTA 2222/95)

SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA POTENZIALE (Per la legenda si veda l'ALLEGATO E2)



ALLEGATO E2 (Circ. ARTA 2222/95)

ZONA	TIPOLOGIA DELLE SITUAZIONI	POSSIBILI EFFETTI
I GRUPPO (Figg. 1 - 4)		
1	Zone caratterizzate da movimenti franosi recenti o quiescenti	Accentuazione dei fenomeni di instabilità in atto e potenziali dovuti ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici
2	Zone caratterizzate da indizi di instabilità superficiale	
3	Zone con acclività > 35% associate a copertura detritica	
4	Zone con acclività > 50% con ammassi rocciosi con giacitura sfavorevole degli strati ed intensa fratturazione	

II GRUPPO (Figg. 5 - 6)		
5	Zone di ciglio H > 10m	Amplificazioni diffusa del moto del suolo connesse con la focalizzazione delle onde sismiche
6	Zone di cresta rocciosa, cocuzzolo, dorsale	
III GRUPPO (Figg. 7 - 8)		
7	Zone di fondovalle con presenza di alluvioni incoerenti	Amplificazioni diffuse del moto del suolo dovute a differenza di risposta sismica tra substrato e copertura
8	Zone pedemontane di falda di detrito	
IV GRUPPO (Fig. 9)		
9	Zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche diverse	Amplificazioni differenziate del moto del suolo, cedimenti
V GRUPPO (Fig. 10)		
10	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti	Cedimenti diffusi e possibili fenomeni di liquefazione

In relazione alla valutazione della zone stabili in regime dinamico vengono prese in considerazione le condizioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismostratigrafiche locali in grado di produrre fenomeni di amplificazione del segnale sismico rispetto a condizioni geologiche di riferimento (bedrock in free-field). Le valutazioni sono condotte in riferimento alla normativa vigente, O.P.C.M. n.3274 del 20-03-2003 e ss. mm. ii.. In relazione alle Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con D.M 14.09.2005 (punto 3.2.2. calcolo della azione sismica) sono individuate quattro zone, caratterizzate da quattro diversi valori di accelerazione a_g orizzontale massima convenzionale su suolo di tipo A, ai quali ancorare lo spettro di risposta elastico. Ciascuna zona e' individuata mediante valori di accelerazione massima del suolo a_g con probabilita' di superamento del 10% in 50 anni riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s (ovvero di categoria A, di cui al punto 3.2.1 del D.M 14.09.2005), secondo lo schema seguente:

zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilita' di superamento pari al 10% in 50 anni [ag/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ag/g]
1	$0,25 < a_g \leq 0,35g$	0,35
2	$0,15 < a_g \leq 0,25g$	0,25
3	$0,05 < a_g \leq 0,15g$	0,15
4	$a_g \leq 0,05g$	0,05

L'O.P.C.M. n.3519 del 28.04.2006, *Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*, prevede al punto f che nell'assegnazione di un territorio ad una zona sismica dovranno evitarsi situazioni di forte disomogeneità ai confini tra regioni diverse e a tale scopo fornisce un elaborato grafico di riferimento (all. 1B), in cui la pericolosità sismica è espressa sempre in termini di accelerazione massima del suolo (a_g), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s (ovvero di categoria A, di cui al punto 3.2.1 del D.M 14.09.2005). In riferimento alla mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale, il sito di progetto ricade in area caratterizzata da $a_g = 0,250 - 0,275$ g (

Fig. 6.3).

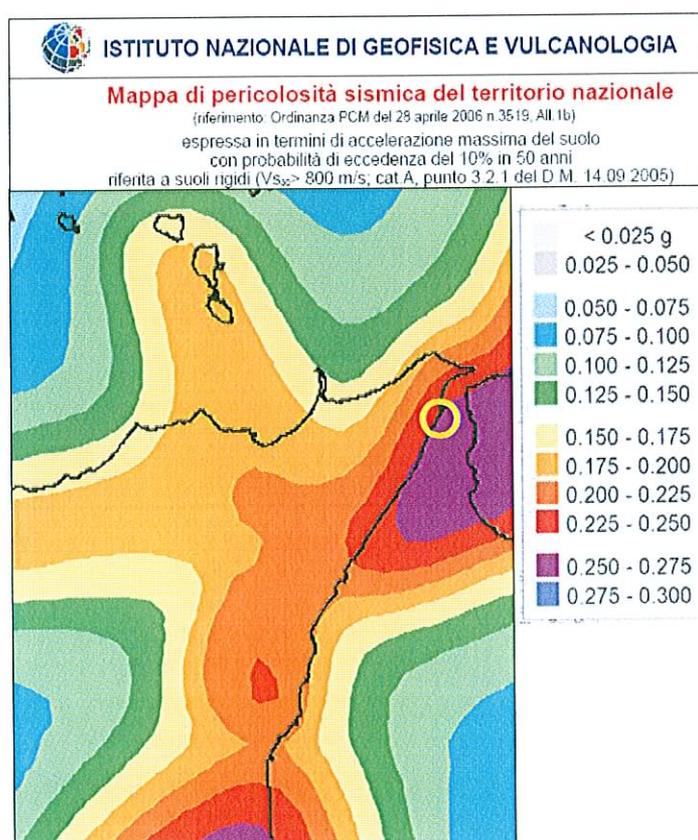


Fig. 6.3

In particolare, in riferimento al punto c) dell'allegato 1A dell'O.P.C.M. n.3519 del 28.04.2006 in cui si indica che le valutazioni di a_g sono calcolate su un numero sufficiente di punti (griglia non inferiore a $0,05^\circ$), corredate da stime dell'incertezza associata, sono stati valutati, per l'area oggetto di indagine, i parametri sismici di progetto da normativa, come di seguito:

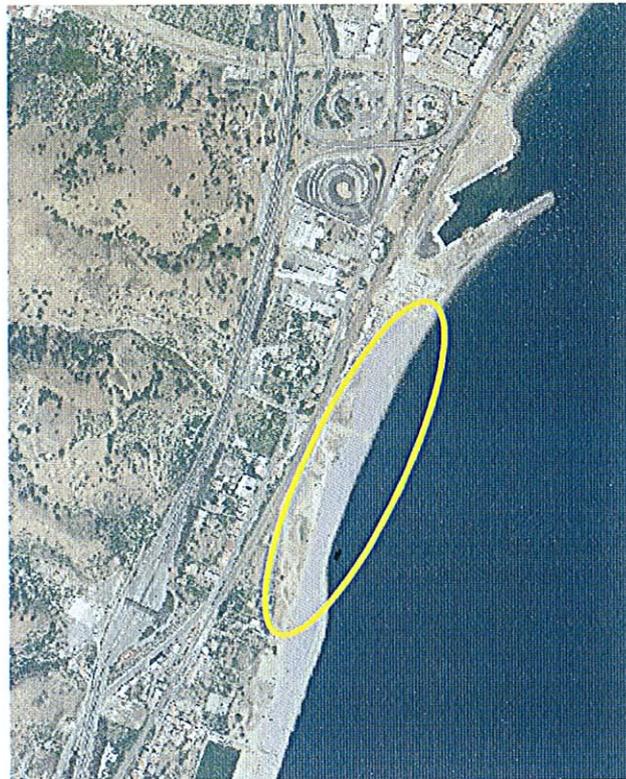
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA S.p.A.
SISTEMI E SERVIZI SISMICI
L.F. 17/09/2001 n. 309
[Signature] 22

Coordinate Messina-Tremestieri : Longitudine = 15.5213° ; Latitudine = 38.1255°

Punti della maglia: 44987 44988 45209 45210

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno TR associati a ciascun Stato Limite

STATO LIMITE	TR [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
SLO	31	0.064	2.345	0.276
SLD	51	0.086	2.311	0.292
SLV	475	0.257	2.413	0.357
SLC	975	0.349	2.451	0.384



In riferimento al DM 14.09.2005 punto 3.2.1.-categorie di suolo di fondazione, ai fini della definizione della azione sismica di progetto viene valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in

superficie secondo la classificazione dei terreni proposta dal medesimo DM, di cui alla seguente tabella:

	Descrizione del profilo stratigrafico	Parametri		
		Vs,30 (m/s)	N _{SPT}	Cu (kPa)
A	<i>Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi</i> caratterizzati da valori di vs,30 superiori a 800m/s comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m	> 800	-	-
B	<i>Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti</i> con spessori di diverse decine di metri caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di vs,30 compresi tra 360 e 800 m/s ovvero resistenza penetrometrica NSPT>50 e cu >250 kPa	360 – 800	> 50	> 250
C	<i>Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza</i> con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di vs,30 compresi tra 180 e 360 m/s (15<NSPT<50 e 70<cu <250 kPa	180 – 360	15 - 50	70 - 250
D	<i>Depositi di terreni granulari sciolti a poco addensati oppure da coesivi da poco a mediamente consistenti</i> , caratterizzati da valori vs,30<180 m/s (NSPT<15, cu <70 kPa	< 180	< 15	< 70
E	<i>Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali</i> , con valori di vs,30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore tra 5 e 20 m giacenti su un substrato di materiale più rigido con vs,30> 800 m/s			
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità (PI> 40) e contenuto d'acqua caratterizzati da vs,30<100 m/s e 10<cu <20 kPa	< 100	-	10 – 20
S2	Depositi di terreno soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti			

Nel caso in esame, le indagini penetrometriche hanno evidenziato nei primi 30 m terreni sabbioso-ghiaiosi *mediamente addensati ed addensati* con $15 > N_{SPT} > 50$; Le indagini sismiche ha rilevato velocità delle onde di taglio Vs,30 tra 250 e 350 m/s, pertanto classificabile come suolo di fondazione di tipo C.

Il coefficiente di fondazione indicato con S, moltiplicativo del accelerazione massima a_g su terreno rigido di riferimento (tipo A) risulta per i diversi tipi di suolo di fondazione secondo il seguente schema:

The image shows a blue official stamp of the engineering firm 'SISTEMI SISMICI' with a handwritten signature in blue ink over it. The stamp includes the text 'SISTEMI SISMICI' and 'Carmine Pizzari'.

S = fattore che tiene conto del profilo stratigrafico

TIPI DI SOTTOSUOLO	S
A	1
B,C,E	1,25
D	1,35

Da cui risulta per i terreni in esame : Suolo Tipo C S=1,25

In conclusione il coefficiente moltiplicativo delle azioni sismiche di riferimento, che tiene conto delle condizioni lito-stratigrafiche locali (effetti di sito), secondo DM 14.09.2005 risulta: Suolo Tipo C S=1,25

QUADRO GEOLOGICO LOCALE

7. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Le opere di progetto sono localizzate nella porzione più esterna della pianura costiera nel tratto compreso tra l'attuale porto di Tremestieri posto immediatamente a sud della Fiumara Larderìa e lo sbocco in mare del Vallone Canneto.

Il tratto della pianura costiera interessato si estende per circa 850 m in direzione NNE-SSW e sottende, nell'ordine da nord verso sud, i corsi d'acqua dei bacini minori Palummara, Vallone Guidari, Giglio e Vallone Canneto, di cui si riportano alcune grandezze indicative delle caratteristiche dimensionali:

	Palummara	V.ne Guidari	Giglio	V.ne Canneto
Sup. (Km ²)	0,02	0,57	0,035	0,2
Lungh. Asta (Km)	0,4	1,6	0,45	1,1
Quota max (m slm)	220	340	245	310

In particolare l'area di progetto si sviluppa al margine esterno della pianura costiera, nella fascia, larga tra 180 e 100 m, tra il rilevato ferroviario e il mare.

Pertanto l'area di stretto interesse rimane caratterizzata dalla presenza dei fenomeni morfodinamici dovuti all'azione del mare e delle acque incanalate, che rappresentano gli agenti morfogenetici responsabili della natura e dell'attuale configurazione morfologica dell'area.

Nell'area di progetto assume particolare significato l'azione del mare attraverso i fenomeni di erosione, trasporto litoraneo e deposizione che caratterizzano la dinamica costiera. In particolare la realizzazione del molo sopraflutto del porto di Tremestieri ha comportato, in pochi anni, un avanzamento della linea di riva dell'ordine dei 50 m nel tratto più a nord dell'area di progetto con un'accrescimento della spiaggia progressivamente minore verso sud.

Pertanto, il sito di progetto è caratterizzato morfologicamente da superficie sub-pianeggiante, risultando per la zona a terra compreso tra le quota massima di 3,90 m e il l.m.m.. La pendenza massima misurabile è intorno il 4,5% che corrisponde ad un angolo sull'orizzontale di 2,6°.

Nonostante le modeste dimensioni della pianura alluvionale, essa presenta al suo interno una certa complessità sedimentologica, risultato dell'interdigitazione tra depositi alluvionali, depositi torrentizi, conoidi di deiezione e i depositi marini di spiaggia.

Nell'area non sono stati rilevati fenomeni franosi in atto, né segni che ne lascino presagire l'occorrenza. Essa, inoltre, non è interessata da fenomeni di subsidenza, né sono stati rilevati, oltre a quello esercitato dal moto ondoso, altri fenomeni morfogenetici attivi in grado di influire, nel tempo, sull'attuale equilibrio geomorfologico e sulla stabilità dell'area.

Inoltre da una prima stima dei terreni presenti appaiono remote le probabilità di liquefazione dei terreni in seguito a sollecitazioni sismiche.

In considerazione della morfologia subpianeggiante, delle caratteristiche litotecniche dei terreni e delle previsioni progettuali, l'area risulta caratterizzata da condizioni di stabilità ottimali.



SIGENCO S.p.A.
SISTEMI GENERALI COSTRUZIONE
PRESIDENTE
ING. G. PIETZ

8. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE LOCALI

Sulla base dei rilievi di superficie allargati ad un congruo intorno dell'area in esame e dal raffronto con la cartografia geologica ufficiale è stata redatta una carta geologica in scala 1:5.000 (Tav. 4) che evidenzia la distribuzione areale dei litotipi affioranti, e consente la ricostruzione della successione litostratigrafia locale che vede dall'alto verso il basso i seguenti corpi litologici:

- Rilevato autostradale
- Rilevato ferroviario
- Alluvioni attuali e spiagge
- Alluvioni recenti
- Sabbie e ghiaie di Messina
- Metamorfiti di alto grado dell'Unità dell'Aspromonte

Di seguito vengono descritti in dettaglio i litotipi che ricadono in un ampio intorno comprensivo dell'area di più stretto interesse progettuale. (tav. 4)

Rilevati

Nell'area in esame si sviluppano, con andamento circa parallelo, due importanti rilevati, quello autostradale che segna circa il limite interno della pianura costiera e, quello ferroviario che limita internamente (verso monte) l'area di più stretto interesse progettuale.

Alluvioni attuali e spiagge

Le alluvioni attuali si rinvencono lungo i fondovalle dei corsi d'acqua, occupano il letto del torrente e sono soggette alla continua rielaborazione da parte delle acque fluviali; sono costituite da materiali granulometricamente eterogenei, sciolti, da grossolani a medio-fini rappresentati da ciottoli, ghiaie e sabbie.

I depositi di spiaggia costituenti gli "arenili" occupano una stretta fascia prospiciente al mare e sono soggette alla rielaborazione da parte del mare. Si tratta prevalentemente di materiali sabbioso-ghiaiosi. Si tratta di orizzonti e lenti di sabbie medio-grosse, ghiaie e sparsi ciottoli (max 10-15 cm) arrotondati e di forma appiattita in corrispondenza della battigia, nella porzione superficiale è generalmente presente una facies più grossolana data da ghiaie ciottolose.

Alluvioni recenti

Il termine "alluvioni recenti" si riferisce ai depositi, spesso terrazzati, che fiancheggiano i principali corsi d'acqua, non più soggetti a rielaborazione da parte del fiume, o talora costituenti il letto di piena.

Rappresentano il prodotto della sedimentazione fluviale e rielaborazione ad opera delle acque della Fiumara, dei materiali erosi a monte e trasportati durante le piene, e nelle porzioni più interne, anche degli apporti detritici provenienti dai versanti sottesi. Spesso, entro i depositi alluvionali e a varie altezze, possono trovarsi orizzonti detritici imputabili a fenomeni di scalzamento al piede dei versanti provocati dall'erosione laterale dei corsi d'acqua.

Le coltri alluvionali presentano una distribuzione di litotipi assai varia, essendo presenti materiali granulometricamente molto eterogenei, dalle ghiaie alle sabbie ai limi, che costituiscono lenti talora ridotte in senso areale, con frequenti variazioni eteropiche di facies litologiche e interdigitazioni. L'organizzazione interna di tali depositi riflette il caratteristico regime deposizionale e il complesso processo evolutivo che si traduce in una scarsa classazione dei materiali oltre alla anzidetta strutturazione interna del deposito.

I depositi alluvionali recenti delle pianura costiera rappresentano il prodotto della coalescenza degli apporti delle fiumare che con l'approssimarsi della pianura costiera, vengono sparsi dalla corrente idrica andando a formare una superficie terrazzata posta a ridosso del litorale e leggermente degradante verso il mare. In generale, presentano forti analogie con quelli appena descritti, a meno di una maggiore classazione e della presenza, al margine esterno della pianura, di materiali elaborati dal mare. La granulometria è variabile sia in verticale che lateralmente conseguentemente alle modalità con cui un corso d'acqua rilascia il materiale trasportato; a seconda della energia della corrente idrica e della distanza dal punto di sbocco nella pianura, verranno sedimentate ghiaie, sabbie o limi in proporzioni variabili, che andranno a costituire orizzonti per lo più lentiformi, con frequenti interdigitazioni ed eteropie di facies.

Sabbie e ghiaie di Messina

Si tratta di depositi fluvio-deltizi, alimentati dall'hinterland Peloritano durante la fase di sollevamento da esso subito durante il Pleistocene medio. L'approfondimento del livello di base ha accelerato i processi erosionali ad opera delle fiumare che, con direzione di trasporto grosso modo ortogonale allo spartiacque principale della dorsale, hanno depositato enormi volumi di materiale estesi con continuità fino al

comprensorio milazzese sul versante tirrenico, e fino al territorio appartenente al comune di S. Teresa di Riva sul versante ionico. La formazione delle “Sabbie e Ghiaie di Messina”, nota anche come “Formazione di Messina”, é costituita da una miscela di sabbie e ghiaie, con scarsa frazione limosa, poggiante su una superficie d’erosione che interessa sia il substrato cristallino sia gli orizzonti sedimentari mio-pleistocenici; si presenta clinostratificata con valori di inclinazione variabili tra i 20° e i 25° e immergente verso mare.

Si tratta di materiali molto addensati e talora presentano parziale cementazione che conferisce all’intera compagine un certo grado di coesione.

Metamorfiti di alto grado dell’Unità dell’Aspromonte

Tra le Unità metamorfiche geometricamente sovrapposte che costituiscono i M.ti Peloritani, l’Unità dell’Aspromonte è quella strutturalmente più elevata nonché quella caratterizzata dal più alto grado metamorfico. Sono ascrivibili a questa Unità un’ampia varietà di litotipi di medio-alto grado metamorfico fra i quali quelli più diffusi sono i paragneiss che passano lateralmente a micascisti, con tutte le sfumature intermedie in termini di grana e tessitura.

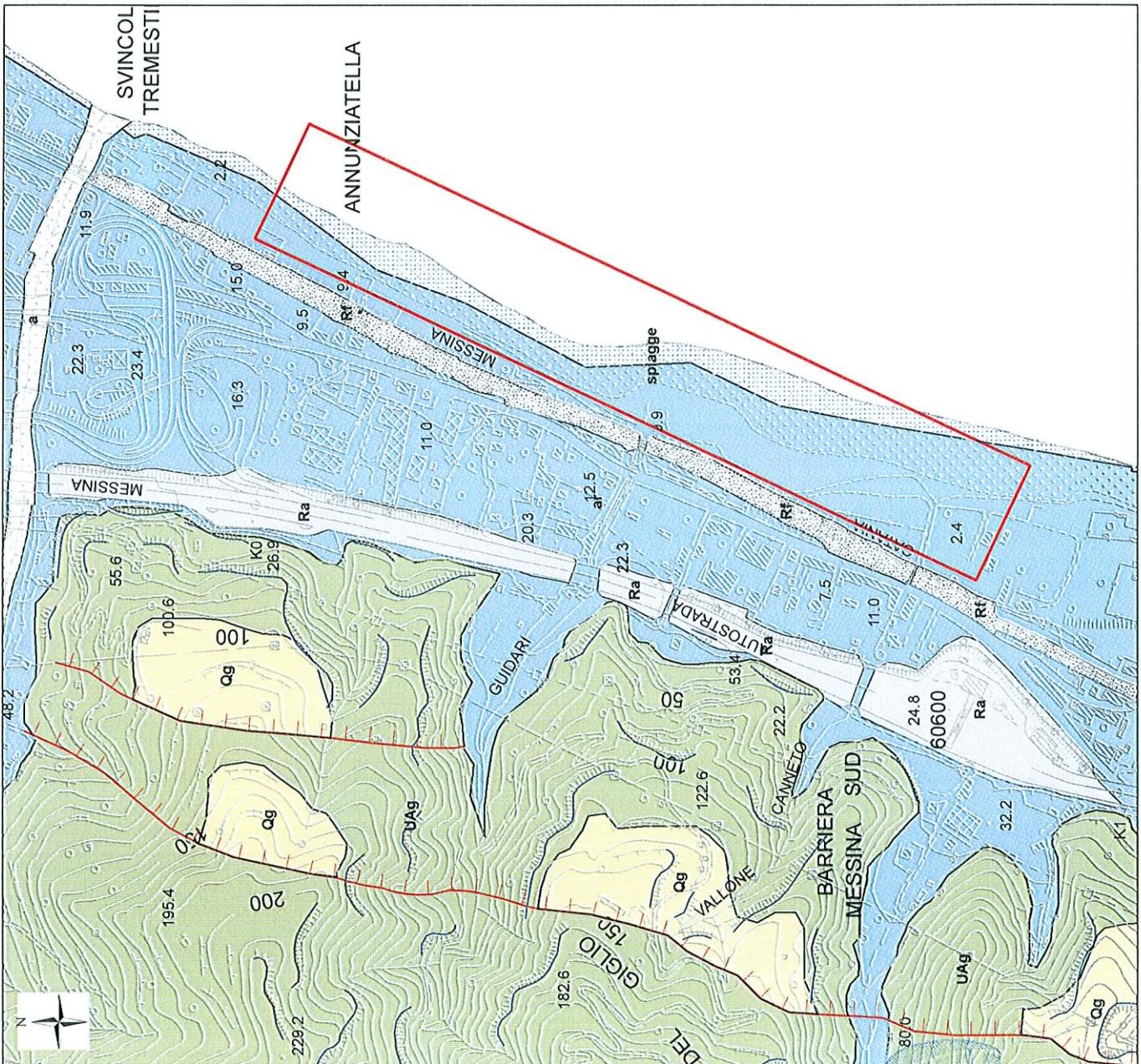
Nell’area in esame le metamorfiti sono rappresentate da gneiss occhialini attraversati da corpi pegmatoidi e aplitoidi

Affiorano in corrispondenza dei bassi rilievi che si affacciano sulla pianura costiera, immediatamente a monte dell’autostrada e rappresentano il substrato dei depositi delle alluvioni recenti costituenti al pianura costiera oggetto dell’intervento.

Si tratta di litotipi molto competenti, in affioramento, si presentano generalmente interessati da vari sistemi di fratturazione e da intensa alterazione.

PIATTAFORMA LOGISTICA INTERMODALE DI
TREMESTIERI (ME) CON ANNESSO SCALO PORTUALE
PROGETTO PRELIMINARE

CARTA GEOLOGICA
scala 1:5.000



- Legenda**
- Rilevato Autostrada
 - Rilevato Ferrovia
 - Alluvioni attuali (a) e Spiagge (s)
 - Alluvioni e depositi marini recenti
 - Sabbie e ghiaie di Messina
Sabbie e ghiaie ad elementi di natura prevalentemente cristallina
 - Metamorfiti di alto grado dell'Unità dell'Aspromonte
Gneiss
 - Area di intervento

Dr. Carmelo Iozza
IL PRESIDENTE
Dr. Carmelo Iozza

9. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

La circolazione idrica delle acque nel sottosuolo e la sussistenza di falde sono conseguenza (dipendono) dalle caratteristiche di permeabilità dei litotipi nonché dal loro assetto giaciturale e strutturale che ne determinano i relativi reciproci rapporti spaziali. Per quanto riguarda il tipo e grado di permeabilità relativa dei diversi litotipi affioranti in un congruo intorno dell'area di progetto, sulla base di una valutazione qualitativa relativa agli aspetti macroscopici quali granulometria, tessitura, tipo e grado di fratturazione e sua distribuzione spaziale, ecc. si distinguono:

I depositi delle *Alluvioni recenti e attuali* presentano permeabilità primaria per porosità, variabile in relazione alla granulometria dei diversi orizzonti, da elevata a media, passando dagli orizzonti a prevalente frazione grossolana ghiaiosa a quelli dove è maggiormente presente la frazione fine sabbiosa-limoso. La permeabilità può considerarsi da elevata a buona e variabile in relazione alla granulometria dei depositi con "k compreso tra $10^{-2} \leq k \leq 1$ cm/sec. La presenza di orizzonti sabbioso-limosi riduce localmente la permeabilità di un ordine di grandezza: $K \cong 10^{-3}$ cm/sec.

Le metamorfiti dell'Unità dell'Aspromonte rimangono caratterizzate da una permeabilità di tipo discontinuo e frazionato il cui grado è strettamente legato alla frequenza, distribuzione e tipologia delle discontinuità, oltre che allo stato di alterazione superficiale degli ammassi rocciosi. Essa risulta, infatti, localizzata nella porzione più superficiale, decompressa e allentata, e decresce progressivamente con la profondità in relazione al diminuire della diffusione della fessurazione e al serraggio delle fratture. Fanno eccezione alcune situazioni, locali, in cui la roccia è interessata da numerose e persistenti fratture o cataclasizzata come avviene in corrispondenza dei principali lineamenti tettonici, oppure in corrispondenza di corpi di calcari cristallini che presentano spesso intensa fratturazione. La permeabilità può considerarsi buona nella coltre di alterazione superficiale $k \cong 10^{-2}$ cm/sec, mediamente discreta nella sottostante zona fratturata $10^{-3} \leq k \leq 10^{-4}$ cm/sec, mentre nella roccia integra è da ritenersi impermeabile.

9.1 Acquiferi e modalità della circolazione idrica

In base alle caratteristiche di permeabilità dei terreni affioranti e in considerazione della giacitura e della geometria dei vari complessi litologici si riconosce come l'unico acquifero di significativo interesse sia rappresentato dai depositi alluvionali di fondovalle e della pianura costiera mentre tutti gli altri termini della successione sono tali da consentire soltanto l'esistenza di sporadici livelli acquiferi discontinui e di scarsa potenzialità.

Circolazione idrica nelle metamorfiti

La circolazione idrica nelle metamorfiti è di tipo discontinuo e frazionato e si esplica nella porzione più superficiale dell'ammasso roccioso, decompresso, allentato e fratturato ed è sostenuta alla base dalla porzione integra dell'ammasso roccioso praticamente impermeabile. In siffatte condizioni le acque di infiltrazione vengono restituite, dopo breve percorso, al deflusso superficiale attraverso le numerose emergenze sorgentizie e sono tali da consentire soltanto l'esistenza di sporadici livelli acquiferi discontinui e di scarsa potenzialità.

Falde di subalveo

Con tale termine si intende la falda che si rinviene all'interno dei depositi alluvionali che occupano il fondovalle dei principali corsi d'acqua. La falda di subalveo è sostenuta alla base dai terreni metamorfici e in subordine nelle aree più a valle dai termini sedimentari che assumono il significato di impermeabile relativo.

L'area di alimentazione è rappresentata dal bacino idrografico. Essendo questo caratterizzato dalla presenza in massima parte da terreni a permeabilità discontinua e localizzata, gli spartiacque idrografici assumono il significato di idrostrutture indipendenti.

Le falde di subalveo delle fiumare sono alimentate oltre che dalle acque di precipitazione diretta dalle acque di ruscellamento superficiale provenienti dai versanti costituiti da terreni a permeabilità medio-bassa, e dalla restituzione delle acque infiltrate nei terreni metamorfici a permeabilità frazionata e discontinua.

Tali acque, dopo breve percorso vengono a giorno in corrispondenza delle modeste ma numerose sorgenti per essere restituite al deflusso superficiale.

Il regime della ricarica è strettamente legato a quello delle precipitazioni. Esso avviene rapidamente durante le consistenti piogge autunnali e si prolunga per il resto dell'anno grazie al contributo delle sorgenti e a quello dovuto alla restituzione delle acque utilizzate. Il regime della ricarica risulta pertanto fluttuante con massimi nel semestre autunno-inverno e minimi alla fine dell'estate.

Falda della pianura costiera

Gli acquiferi contenuti nei depositi alluvionali di fondovalle delle fiumare, sotto forma di corpi idrici indipendenti, si unificano al loro ingresso nella pianura costiera a costituire un unico corpo idrico sostenuto alla base dalle metamorfite dell'Unità dell'Aspromonte e verso l'esterno dall'acqua marina.

L'eterogeneità granulometrica e l'organizzazione interna dei diversi corpi litologici del deposito alluvionale della pianura, che né riflettono il complesso meccanismo deposizionale, determinano una variabilità in senso sia orizzontale che verticale della permeabilità, con locali riduzioni di essa e discontinuità della circolazione idrica per la presenza di livelli a tessitura più fine. La circolazione idrica sotterranea è quindi condizionata dai passaggi di facies sia laterali che verticali. Pertanto essa risulta articolata in più livelli acquiferi a diverse trasmissività che determinano una struttura monostrato compartimentata che, comunque configura un unico Sistema Idrologico a tetto freatico (falda libera). La ricarica della falda della pianura costiera avviene principalmente per apporto delle acque provenienti dal subalveo delle fiumare, oltre che alle acque di precipitazioni dirette. La superficie piezometrica, dalle misurazioni effettuate nel corso della campagna geognostica risulta trovarsi a quote tra i 2 m s.l.m. e il l.m.m. procedendo dalla fascia più interna (S.7-S.12), a ridosso del rilevato ferroviario, verso mare (S.1 – S.6).

10. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Allo scopo di definire la successione stratigrafica locale e le caratteristiche tecniche dei terreni impegnati dalle opere in progetto è stata realizzata una campagna di indagini geognostiche. Nel corso di tale campagna d'indagine sono stati eseguiti:

- 1) Sondaggi;
- 2) Prove penetrometriche dinamiche (SPT) in foro di sondaggio;
- 3) Prove penetrometriche dinamiche continue di tipo SCPT
- 4) Analisi e prove di laboratorio sui campioni prelevati nel corso dei sondaggi;
- 5) Rilievi geofisici in foro di tipo Down-hole e Cross-Hole.

L'ubicazione piano - altimetrica con relativa denominazione dei punti di indagine nonché le tracce delle sezioni geologico-tecniche sono riportate nella tav. 5.

La documentazione relativa alla restituzione delle indagini è oggetto di altro elaborato, in allegato alla presente si riportano le stratigrafie dei sondaggi (all.1).

1) Sondaggi

Sono stati eseguiti complessivamente n. 20 sondaggi a carotaggio continuo e n.2 sondaggi a distruzione di nucleo, spinti fino alla profondità massima di 83 m dal p.c. (tabella 1), per complessivi 719 ml di perforazione;

- n. 3 al i fuori dell'area di progetto e spinti fino a 83 m allo scopo di individuare la natura e la profondità del substrato dei depositi alluvionali;
- n. 19 di lunghezza compresa tra 20 e 50 m, di essi n.2 sono stati attrezzati con con piezometri Casagrande (C) e n.4 fori di sondaggio sono stati inoltre attrezzati con piezometri a tubo aperto (T.A.) per il rilievo nel tempo della falda.

Nei sondaggi eseguiti a carotaggio continuo, è stato effettuato il recupero, immagazzinamento e catalogazione dei campioni e delle carote estratte, nonché con rilievo e descrizione stratigrafica dei terreni. Nel corso dei sondaggi sono stati prelevati n.20 campioni rimaneggiati di terreno.

2) Prove penetrometriche dinamiche (SPT) in foro di sondaggio

All'interno dei fori nel corso dei sondaggi sono state eseguite complessivamente n.110 prove penetrometriche dinamiche discontinue (S.P.T.) a punta chiusa (punta conica).

VERTICALE D'INDAGINE	PROFONDITÀ D'INDAGINE	QUOTA INIZIO	TIPO DI CAROTTAGGIO	CAMPIONI RIM. IND.	PROVE S.P.T.	PIEZOMETRO	QUOTA FALDA DAL P.C.	
S. 1	20,0	1,14	Continuo	-	-	-	1,70	
S. 2	20,0	1,47	Continuo	-	4	-	1,80	
S. 3	20,0	1,04	Continuo	-	4	-	1,70	
S. 4	20,0	0,60	Continuo	-	4	T.A.	1,80	
S. 5	20,0	3,00	Continuo	-	3	T.A.	1,90	
S. 6	20,0	3,97	Continuo	-	2	-	3,00	
S. 7	40,0	3,09	Continuo	1	7	-	3,20	
S. 8	40,0	3,69	Continuo	1	5	-	3,30	
S. 9	40,0	4,06	Continuo	-	9	T.A.	3,30	
S. 10	50,0	3,88	Continuo	1	10	-	4,10	
S. 11	30,0	2,55	Continuo	-	9	T.A.	3,50	
S. 12	20,0	3,26	Continuo	-	3	2 C	- 6,0 m dal p.c.	3,05
							- 15,0 m dal p.c.	2,75
S. 13	40,0	3,07	Continuo	-	9		3,00	
S. 14	30,0	2,76	Continuo	-	6	-	2,50	
S. 15	30,0	1,00	Continuo	1	7	-	1,50	
S. 16	75,0	3,47	Continuo		7	2 C	- 20 m dal p.c. - 31,5 m dal p.c.	
S. 17	10,0	0,41	Distruzione di nucleo		-			
S. 18	10,0	0,59	Distruzione di nucleo		-			
S. 19	25,0	2,67	Continuo		5		2,50	
S. 20	51,0	14,95	Continuo		4		11,80	
S. 21	83,0	11,54	Continuo	1	7	-	8	
S. 22	25,0	2,35	Continuo	1	5	-		
Totale	719,0			6	110	6		
Cont = Carotaggio				T.A. - Piezometro a Tubo Aperto C - piezometro casagrande				

Tabella 1

3) Prove penetrometriche dinamiche continue di tipo SCPT

Ad infittire le verticali indagate con i sondaggi sono state eseguite n. 12 prove penetrometriche dinamiche continue di tipo SCPT, spinte fino alla profondità massima di 20 m dal p.c., per complessivi 188,8 (201,4 se considerati le SCPT andate a rifiuto a breve profondità dal p.c. e quindi ripetute) di verticale indagata.

PROVA PENETROMETRICA (SCPT)	PROFONDITÀ RAGGIUNTA (m da p.c.)	QUOTA INIZIO (m s.l.m.m)	PREFORI (m da p.c.)
SCPT. 1	20,00	2,25	
SCPT. 2	18,00	2,32	
SCPT. 3	3,60	2,69	
SCPT. 3 _{BIS}	17,00	2,69	
SCPT. 4	18,80	2,10	
SCPT. 5	2,20	5,34	
SCPT. 5 _{BIS}	17,00	5,34	
SCPT. 6	19,00	2,52	
SCPT. 7	19,00	2,98	
SCPT. 8	17,60	3,94	
SCPT. 9	19,20	3,49	
SCPT. 10	3,00	3,52	
SCPT. 10 _{BIS}	3,80	3,52	
SCPT. 10 _{TER}	15,00	3,52	
SCPT. 11	3,60	2,92	
SCPT. 12	4,60	3,09	
TOTALE	201,4		

Tabella 2

4) Analisi e prove di laboratorio sui campioni prelevati nel corso dei sondaggi

Su n. 20 campioni rimaneggiati prelevati nel corso dei sondaggi n. 13 sono stati sottoposti ad analisi e prove di laboratorio:

- Su n. 13 campioni sono state compiute prove di classificazione (analisi granulometriche, determinazione dei pesi di volume)
- Solo 6 campioni sono stati ricostituiti in laboratorio e sottoposti a prove di resistenza meccanica di tipo taglio semplice.

Nella tabella che segue si riportano in forma schematica le informazioni relative ai campioni sottoposti a prove di laboratorio:

Verticale di indagine	Sigla	Profondità	Prove di classificazione	Prova di taglio
S. 7	C.1	11,0	X	
S. 9	C.1	4,0	X	X
	C.2	10,0	X	
	C.3	21,0	X	
S. 10	C.1	4,0	X	X
	C.2	10,0	X	X
	C.4	20,5	X	
	C.5	26,5	X	
S. 11	C.1	3,0	X	X
	C.2	10,5	X	
	C.4	27,5	X	X
	C.5	29,5	X	X
S. 12	C.1	15,0	X	

5) Rilievi geofisici in foro.

n. 2 sondaggi, S.9 (40ml) e S.11 (30ml) a carotaggio continuo sono stati attrezzati per prove sismiche in foro tipo Down-Hole, mentre un'ulteriore sondaggio (S.10_{BIS}) è stato appositamente realizzato a distruzione di nucleo per eseguire l'indagine sismica Cross-Hole in coppia con S.10 (50ml).

11. SUCCESSIONE STRATIGRAFICA DEI TERRENI

I carotaggi effettuati hanno consentito di definire la successione stratigrafica locale, rappresentata essenzialmente dai terreni delle alluvioni recenti. Soltanto nella porzione nord-orientale dell'area di interesse progettuale, in corrispondenza delle verticali (S.3, S.4, S.5, S.6, S.17 e S18), i livelli più superficiali della successione stratigrafica registrano la presenza di depositi di spiaggia. Inoltre nei sondaggi S.5 e S.6 si intercettano fino a profondità rispettivamente di 10,0 e 14,0 m i blocchi basaltici della massicciata a protezione del molo di sopraflutto del porto di Tremestieri.

La successione litostratigrafia in corrispondenza di ciascuna delle verticali indagate con i sondaggi è riportata in Allegato.1.

12. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI TERRENI

Le opere di progetto risultano interessare i terreni alluvionali recenti della pianura costiera e in subordine i terreni di spiaggia recenti ed attuali collocati al margine esterno (est) della pianura costiera; costituiti da materiali sabbioso-ghiaiosi.

I terreni alluvionali recenti, di spessore maggiore di 40m, superiore a quello di interesse geotecnico, poggiano su un substrato roccioso posto a profondità superiori a 100 m. Si tratta di terreni di sedimentazione recente o relativamente recente, incoerenti, che ospitano una falda acquifera con livello piezometrico superficiale prossimo al piano campagna, alimentata dagli apporti delle falde di subalveo dei torrenti sottesi.

La caratterizzazione geotecnica dei suddetti materiali risulta non agevole, soprattutto per le ragioni di seguito elencate:

- Tali materiali risultano non campionabili allo stato indisturbato (impossibilità pratica di prelevare campioni indisturbati, a meno del ricorso a tecniche molto particolari e speciali ad esempio congelamento) conseguentemente lo stato iniziale, rappresentato dall'indice dei vuoti e/o dalla densità relativa, nonché le caratteristiche di resistenza e di deformabilità, possono essere determinate solo in modo indiretto ricorrendo all'interpretazione delle prove in situ (SPT, CPT DMT) mediante correlazioni empiriche.

- In generale la gran parte delle correlazioni empiriche disponibili in letteratura per l'interpretazione delle prove penetrometriche sono state determinate attraverso studi compiuti su sabbie e non sono direttamente applicabili al caso dei terreni sabbioso-ghiaiosi.
- Per motivi esecutivi in terreni sabbioso-ghiaiosi il campionatore standard a punta aperta utilizzato per le prove SPT deve essere spesso sostituito con quello a punta conica. Non è dimostrabile, e quindi non del tutto corretto, che i risultati ottenibili con il campionatore standard a punta aperta, in termini di numero di colpi/30 cm, risultino analoghi a quelli conseguiti con la punta conica e quindi possano essere interpretati direttamente con le correlazioni empiriche di letteratura, sviluppate per la prova SPT con campionatore standard a punta aperta.
- L'informazione desumibile dalla prova SPT risulta puntuale; in terreni stratificati ed eterogenei, caratterizzati da differenze anche sensibili delle caratteristiche granulometriche e di addensamento, e quindi di deformabilità e di resistenza al taglio, rimane l'incertezza connessa sui dati che avrebbero potuto essere rilevati fra due profondità consecutive di prova.

Per risolvere in parte i problemi sopra elencati in questa sede:

- si è preferito ricorrere a correlazioni empiriche che tengono conto dell'effetto della granulometria e della presenza di ghiaia;
- sono state realizzate anche prove penetrometriche dinamiche continue SCPT del tipo superpesate (DPHS), trasformando i valori di resistenza $(N_{20})_{SCPT}$ della prova penetrometrica dinamica continua (SCPT) in valori di N_{SPT} equivalenti.

Per quanto concerne la caratterizzazione geomeccanica dei terreni in esame essa si basa sui dati ricavati in situ, attraverso l'esecuzione di specifica campagna di indagini geognostiche di cui si è detto al cap. 10.

Nella stima dei parametri geotecnici si è fatto riferimento alla classificazione delle terre, (basate sulle osservazioni dirette delle carote estratte dai sondaggi), ai risultati delle prove di laboratorio e all'interpretazione delle prove penetrometriche in situ SPT (N_{SPT}) e SCPT (N_{20}) attraverso le correlazioni con i principali parametri geotecnici.

12.1 Correlazioni empiriche

In considerazione della impossibilità di ottenere campioni indisturbati a costi accettabili in terreni incoerenti, tanto più in quelli grossolani, le prove in sito sono diventate lo strumento più utilizzato, nella comune pratica ingegneristica.

Le prove penetrometriche dinamiche, SPT, costituiscono attualmente uno dei sistemi più frequentemente impiegati per risalire alla caratterizzazione dei terreni granulari.

I risultati di tali prove possono essere correlati solo empiricamente con i principali parametri geotecnici dei terreni; tali correlazioni presentano, infatti, delle limitazioni legate ai diversi fattori che influenzano la misura N_{SPT} e le particolari circostanze in cui sono state determinate le correlazioni (tipo di strumentazione, di materiali investigati, tensioni efficaci agenti in situ, etc).

Tenendo in giusto conto dell'influenza dei vari fattori, l'utilizzo di dette correlazioni consente di acquisire una notevole quantità di dati geotecnici e quindi di poter scegliere i più rappresentativi.

Per quanto riguarda le prove penetrometriche continue di tipo SCPT, il metodo di interpretazione utilizzato è stato quello di risalire attraverso l' $(N_{20})_{SCPT}$ all' N_{SPT} equivalente ed utilizzare poi le correlazioni con i principali parametri geotecnici messe a punto per la prova SPT.

Normalizzazione rispetto al rendimento del dispositivo

Nella prova SPT, uno dei fattori più influenti sul risultato è rappresentato dall'energia fornita al campionatore, la quale dipende essenzialmente dal sistema di battitura, dalla forma e dimensioni del maglio e dalla testa di battuta e dalla lunghezza delle aste utilizzate.

Per omogeneizzare ed uniformare i risultati di N_{SPT} questi vengono rapportati ad un rendimento di riferimento identificato pari al 60% di quello teorico.

In questo caso:
$$N_{60,SPT} = \left(\frac{ER_{iM}}{60} \right) \cdot N_{SPT} \quad \text{con}$$

$N_{60,SPT}$ = numero dei colpi corretto per riferirlo ad un rendimento del 60%;

ER_{iM} = rendimento medio misurato, espresso in percentuale;

N_{SPT} = numero dei colpi misurato.

I sistemi a sganciamento automatico come quelli in uso in Italia hanno rendimento circa uguale al 60%.

Correzione per la tensione litostatica

Prove sperimentali di laboratorio (Gibbs & Holtz, 1957; Shultze & Melzer, 1965; Bazaraa, 1967; Bieganousky & Marcuson, 1976) hanno dimostrato che la tensione efficace ha un'influenza fondamentale sui valori di resistenza penetrometrica, N_{SPT} e q_c .

La influenza delle tensioni efficaci è tenuta in conto in modo diverso, attraverso un coefficiente di correzione C_N , riferendoli ad un valore unitario della pressione verticale efficace $\sigma'_v = 1 \text{ bar} = 1 \text{ Kg/cm}^2$, mediante l'espressione:

$$N_1 = C_N \cdot N \text{ dove}$$

N_1 = il valore corretto del numero dei colpi N_{SPT} ;

N = numero dei colpi N_{SPT} misurato;

C_N = coefficiente di correzione dipendente dal valore σ'_{v0} agente alla profondità di prova.

Per la correzione dei valori N_{SPT} Gibbs & Holtz (1957) propongono un fattore di correzione " C_N ", dato dalla seguente relazione:

$$C_N = 0,77 \text{ Log}(20/\sigma'_{v0}).$$

Tokimatsu (1988)¹ propone un coefficiente di correzione espresso dalla seguente relazione (fig. 10.1.1):

$$C_N = 1/\sigma'_{v0}{}^n$$

con n:

$n = 0.5$ (Liao & Whitman, 1985)

$n = 0.56$ (Jamilolkowski et al., 1985b)

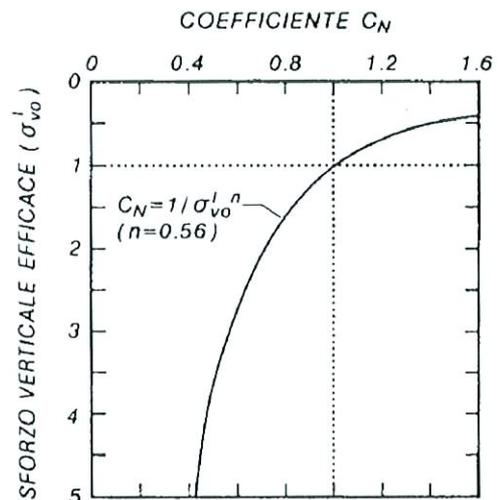


Fig.12.1 - Grafico per la stima del coefficiente C_N per tenere conto dell'influenza sui valori di NSPT della pressione verticale efficace (K. Tokimatsu, 1988).

¹ Tokimatsu, K. 1988. *Penetration tests for dynamic problems*. In Proceedings, Penetration Testing 1988, ISOPT-1. Edited by D. Ruitter. Balkema, Rotterdam, pp. 117-136.

Owasaki e Iwasaki, 1959

$$\phi = \sqrt{20 \cdot N_{SPT}} + 15 \quad \text{sabbie medie-grosse fino a deb. ghiaiose}$$

Le relazioni sono tutte valide per $\sigma'_{vo} > 1,5-2,0 \text{ Kgcm}^2$

valide per le sabbie in genere e per $\sigma'_{vo} < 0,5-0,8 \text{ Kgcm}^2$:

Sowers

$$\phi = 28 + 0,28 \cdot N_{SPT}$$

Pech-Hanson & Thornburn (Fig. 12.4)

Meyerhof '65 (Fig. 12.4) che determina una relazione diversa per sabbie con contenuto di fini >5%

Queste relazioni sono utili per stimare l'angolo di attrito (ϕ'_d) a basse profondità.

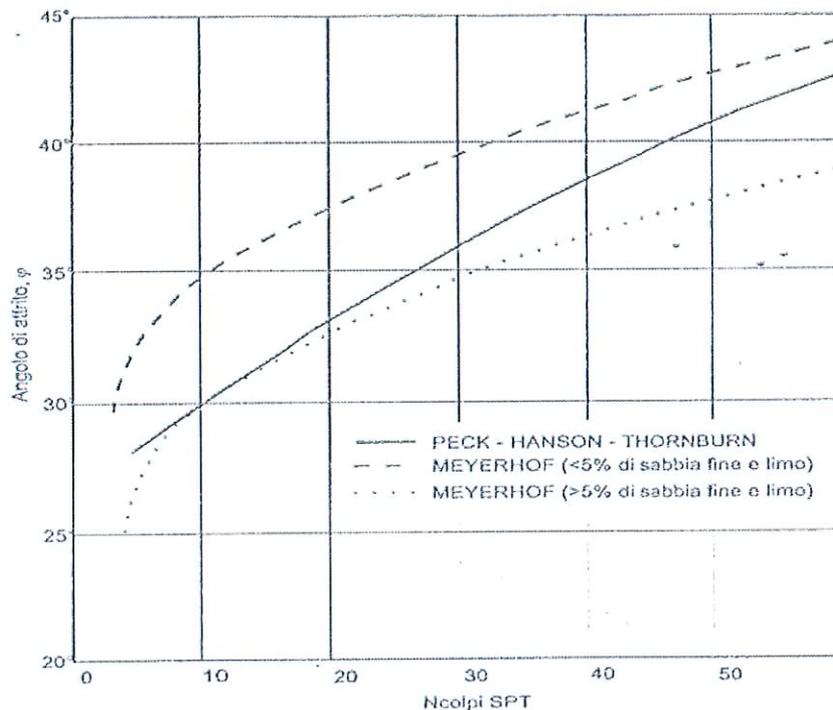


Fig. 12.4 – Correlazioni tra $N_{SPT} - \phi'$ di Peck, Hanson & Thornburn e quelle di Meyerhof

Correlazioni che meglio permettono la stima dell'angolo di attrito drenato di picco per terreni grossolani, sabbioso ghiaiosi sono rappresentate da:

Schmertmann (1978) per differenti granulometrie, graficamente rappresentate in Fig. 12.5.

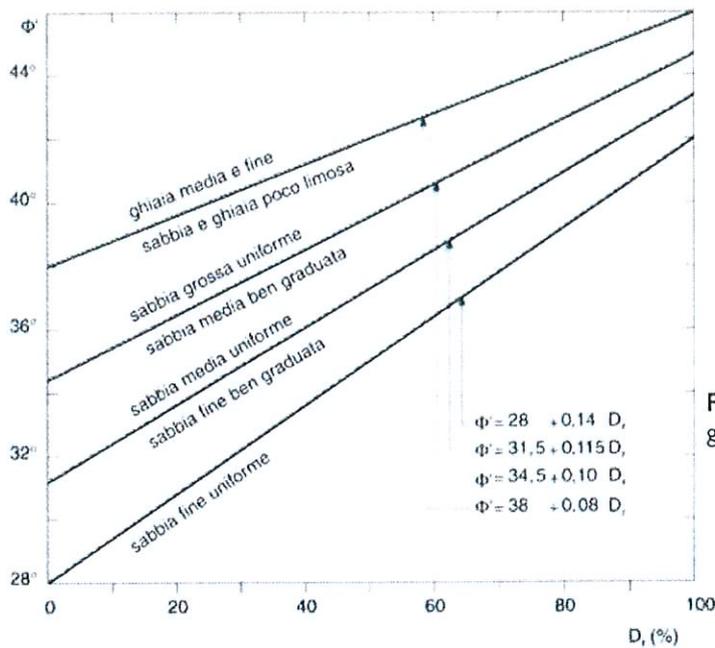


Fig. 12.5 - Stima di ϕ' da D_R per differenti granulometrie secondo Schmertmann ('78)

Per terreni grossolani, sabbioso ghiaiosi sono senza dubbio più adatte le correlazioni suggerite da *InSitu 2001* $\phi = \sqrt{15,4 \cdot (N_1)_{60}} + 20$ e quella suggerita da *Hatanaka e Uchida (1996)* espressa dalla seguente relazione: $\phi = \sqrt{20 \cdot (N_1)_{78}} + 20$ graficamente rappresentata in figura 17 e 18.

La fig.12.6 mostra la correlazione tra l'angolo d'attrito di picco $\phi_{d,(FS),(Sand)}$ di sabbie, ottenuto da prove triassiali su campioni indisturbati di elevata qualità ottenuti con la tecnica del congelamento (FS), ed il valore di N_{SPT} normalizzato ad una pressione effettiva di 1 Kg/cm² (N_1) come suggerito da Liao & Whitman (1986).

Analogamente in fig. 12.7 è rappresentata la correlazione tra $\phi_{d,(FS),(GV)}$ di suoli ghiaiosi ed il valore della resistenza penetrometrica ottenuto da prove LPT normalizzato (N_{L1}).

5 Hatanaka, M., and Uchida, A. 1996. Empirical correlation between penetration resistance and internal friction angle of sandy soils. Soils and Foundations, 36(4): 1-9.

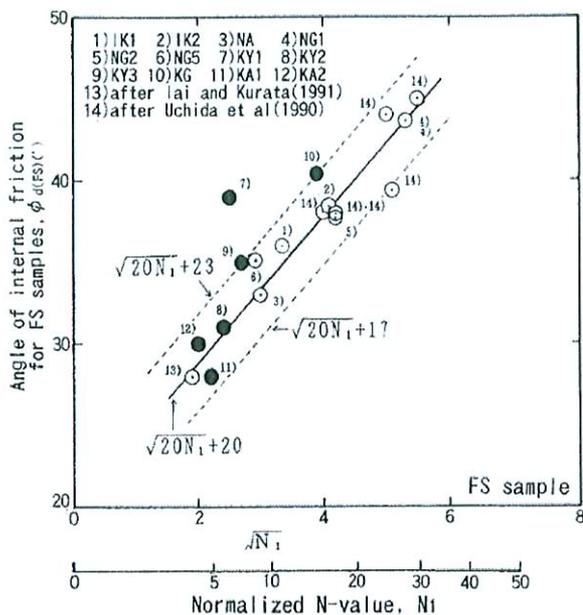


Fig. 12.6 - Relazione tra ϕ_d di suoli ghiaiosi e N_{SPT} normalizzato (N_i).

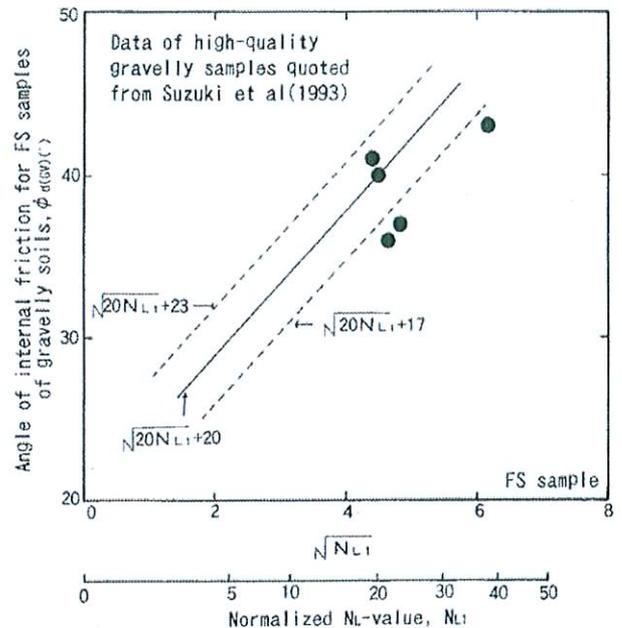


Fig. 12.7 - Relazione tra ϕ_d di suoli ghiaiosi e N_{LPT} (numero dei colpi ottenuto da prove Large Penetration Test) normalizzato ($N_{L,i}$)

Nel caso si utilizzi valori misurati N_{LPT} con prove tipo Large Penetration Test o valori N_{LPT} equivalenti si ritiene opportuno adottare la seguente relazione:

$$\phi' = \sqrt{20 \cdot N_{SPT}} + 17$$

Correlazioni NSPT – Parametri di deformabilità

Per il calcolo dei moduli di deformazione degli strati incoerenti è stata utilizzata la correlazione proposta da *Denver 1982*.

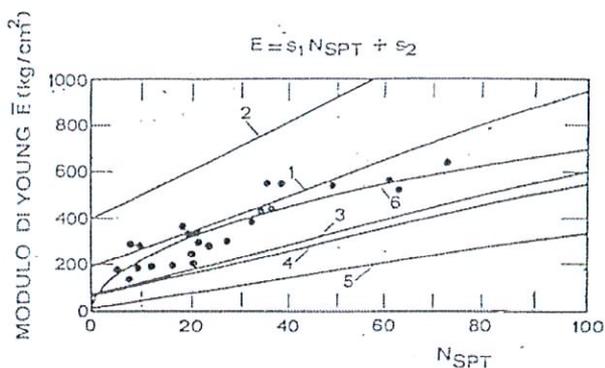
Tutte le relazioni non considerano l'influenza della pressione efficace, che porta a parità di N_{SPT} ad una diminuzione di E con la profondità, sono stati quindi introdotti nelle relazioni i valori di N_{SPT} corretti $(N_{1,60})_{SPT}$.

La relazione proposta da Denver (1982) è la seguente:

$$E = S_1 \cdot N_{SPT} + S_2$$

con S_1 e S_2 costanti dipendenti dalla granulometria dei materiali e nel caso: $S_1 = 7,6 \text{ Kg/cm}^2$ e $S_2 = 187 \text{ Kg/cm}^2$ (*D'Apollonia 1970*).

Per confronto è stata considerata anche la relazione proposta da Pasqualini (1983), che basata sull'interpolazione dei valori sperimentali di E misurati con il pressiometro (Ghionna, Lancellotta e Maniscalco, 1983) e lo screw-plate (Albert, Hegg e Manassero, 1983), e che sostanzialmente conferma la correlazione suggerita da Terzaghi 1970. La relazione ha la seguente forma: $E = 70 \sqrt{N_{SPT}}$



VALORI DI s_1 E s_2

CURVA	s_1 [MPa]	s_2 [MPa]	NOTE	RIFERIMENTO
1	0.756	18.75	SABBIA E GHIAIA NC	D'APPOLONIA ET AL., 1970
2	1.045	36.79	SABBIA SC	D'APPOLONIA ET AL., 1970
3	0.517	7.46	—	SCHULTZE & MENZENBACH, 1961
4	0.478	7.17	SABBIA SATURA	WEBB, 1970
5	0.316	1.58	SABBIA ARGILLOSA	WEBB, 1970

Fig. 12.8 – Relazione di Denver con i coefficienti suggeriti da diversi autori, la curva 6 rappresenta la relazione di Pasqualini 1983 che conferma la relazione di Terzaghi 1970.

Jamiolkowski '88 (Studio Geotecnico Italiano), in accordo a Campanella '83, sulla base di numerose esperienze suggerisce di valutare il modulo di Young al 25% della deformazione (E'_{25}), per depositi recenti normal-consolidati, assumendo:

$$E'_{25} = 2,5 \cdot \beta \cdot N_{SPT}$$

dove β = funzione della granulometria del deposito

Nel nostro caso posto β uguale a 6,0 (Fig. 12.9).

Le più note e accreditate correlazioni tra q_c o N_{SPT} e il modulo di deformazione confinata drenata M (Mitchell e Gardner 1975) hanno la forma:

$$M = \alpha \cdot q_c \quad M = \alpha \cdot \beta \cdot N_{SPT}$$

dove M modulo di deformazione confinata drenata (uguale a $1/m_v$ della prova edometrica)

α = coefficiente di correlazione

q_c = resistenza penetrometrica della prova CPT (Cone Penetration Test)

N_{SPT} = resistenza penetrometrica della prova SPT

β = parametro funzione della granulometria (Fig. 12.9)

Il modulo di deformazione confinato è stato valutato utilizzando il grafico proposto da Jamiolkowski '88 (Studio Geotecnico Italiano) di Fig. 12.10, che sulla base di numerose esperienze hanno determinato il rapporto tra M e q_c o N_{SPT} , in funzione della densità relativa e dello stato tensionale di riferimento.

Per un terreno con $Dr \cong 60\%$ ed uno stato tensionale intorno a $1,0 \text{ Kg/cm}^2$ dal grafico si ricava un valore di $\alpha \cong 6$

Nella valutazione di M da N_{SPT} ci si è posti nella condizione cautelativa:

$$M \cong 3,5 \times \beta N_{SPT}$$

con β funzione della granulometria uguale a 6,0.

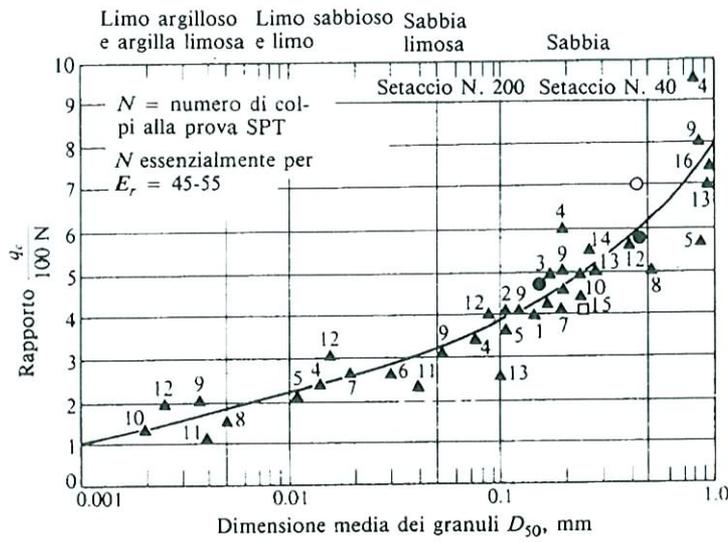


Fig. 12.9 - Legame tra la dimensione media dei granuli (D_{50}) e rapporto q_c/N_{SPT} (Robertson et al., 1983e Ismael e Jeranø, 1986)

$$M_o/q_c = C_0 p_a (\sigma'_o/p_a)^{C_1} OCR^{C_2} \exp(C_3 D_R)$$

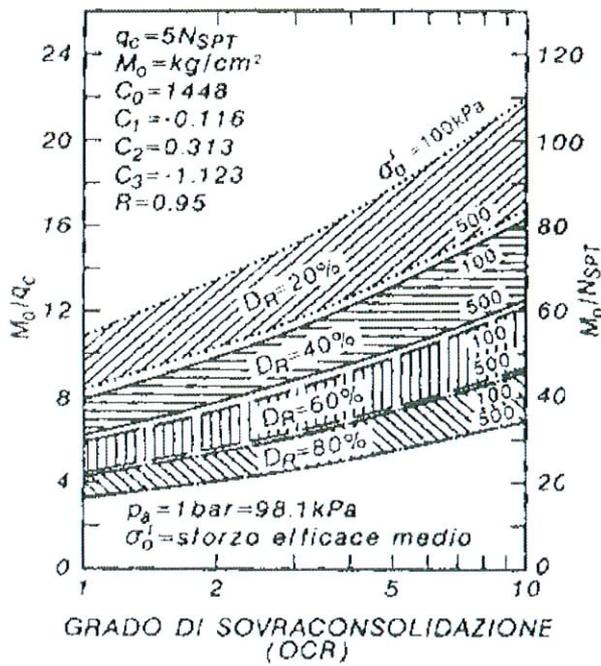


Fig. 12.10 - Valori del rapporto M_o/N_{SPT} in funzione della $D_R\%$ dello stato pensionale e del grado di sovraconsolidazione.

Nelle tabelle che seguono sono riportati i parametri ottenuti con le diverse correlazioni proposte.

TABELLA N_{SPT} - PARAMETRI GEOTECNICI

Profondità Z (m)	N _{mis}			N _{SPT}	N ₆₀ <small>(PUNTI/30CM)</small>	N ₇₅ <small>(PUNTI/30CM)</small>	σ' _{vo} <small>(kg/cm²)</small>	N _{1,00}	N _{1,50}	N _{1,75}	φ (°)				φ			φ ¹ LPT	Dr%		Dr%	E		E ¹ ₂₅	Mo Modulo confinato S.G.I.		
	N ₁	N ₂	N ₃								Angolo d'attito	Filatnava (1990) - In Sud.2001	Owasaki (1954) - In Sud.2001	Durham (1954)	In Situ (1990) - In Sud.2001	Filatnava (1990) - In Sud.2001	Sowers (1954) - In Sud.2001		P.H.T Meyerhof	(N ₇₅) _{LPT}		(N ₇₅) _{LPT}	(N ₇₅) _{LPT}			(N ₆₀) _{LPT}	(N ₆₀) _{LPT}
11,0	19	22	22	44	38	29	1,3	35	34	27	41	/	/	/	/	41	25	22	38	81	72	66	69	407	452	423	592
14,0	12	11	14	25	22	17	1,6	18	17	14	36	35	/	/	35	22	17	36	57	52	47	49	291	324	216	303	
17,0	17	20	24	44	38	29	1,9	30	28	23	41	40	/	/	40	25	18	36	71	66	60	63	370	406	349	488	
20,0	18	20	21	41	36	27	2,0	28	25	21	37	38	/	/	39	24	17	36	67	62	57	60	352	386	317	443	
16,0	38	37	37	74	64	49	1,8	52	48	40	44	/	/	/	44	30	23	38	94	73	79	76	486	563	603	844	
19,0	31	33	33	66	57	44	2,1	43	40	33	42	/	/	/	42	29	20	37	84	78	72	75	442	498	497	696	
12,0	16	19	21	40	35	27	1,4	31	30	24	39	41	/	/	40	24	21	37	75	67	62	65	381	419	370	518	
14,5	16	12	12	24	21	16	1,6	17	16	13	36	34	/	/	34	21	17	35	55	50	46	48	283	317	204	286	
17,5	15	15	18	33	29	22	1,9	22	21	17	36	35	/	/	36	23	17	35	61	56	52	54	318	350	258	361	
20,0	14	16	21	37	32	25	2,2	24	22	18	36	38	/	/	37	24	16	35	62	58	53	56	327	359	272	381	
12,0	16	16	17	33	29	22	1,4	26	24	20	37	39	/	/	38	23	20	37	68	61	56	59	346	379	305	427	
15,0	15	18	20	38	33	25	1,7	27	25	21	37	38	/	/	38	24	18	36	69	63	58	60	353	388	319	446	
18,0	12	16	18	34	30	23	2,0	23	21	18	36	35	/	/	37	23	16	35	61	57	52	55	321	353	263	368	
15,0	18	18	16	34	30	23	1,7	24	23	19	37	36	/	/	37	23	18	36	65	59	54	57	334	367	285	399	
18,0	15	19	18	37	32	25	2,0	25	23	19	37	36	/	/	38	24	17	35	64	59	54	57	335	367	286	400	
5,0	15	15	11	26	19	15	0,7	22	23	17	/	/	/	/	34	34	33	34	69	60	55	57	338	371	291	408	
10,5	20	29	18	47	41	31	1,2	38	37	29	41	42	/	/	42	25	23	38	85	75	69	72	425	475	461	645	
15,0	18	20	20	40	35	27	1,7	29	27	22	38	38	/	/	39	24	19	36	70	64	59	62	363	398	335	470	
20,0	18	19	20	39	34	26	2,2	25	23	19	37	36	/	/	38	24	16	35	63	59	55	57	335	368	287	402	
25,0	21	28	34	62	54	41	2,7	36	33	28	40	41	/	/	42	28	17	36	74	71	65	68	402	445	412	576	
30,0	18	21	22	43	37	29	3,2	23	21	18	36	35	/	/	37	25	14	34	57	57	52	54	321	353	262	367	
35,0	31	42	42	84	73	56	3,7	41	38	32	41	/	/	43	32	17	35	75	77	70	73	432	485	476	666		
4,5	20	19	15	34	25	19	0,6	29	32	22	/	/	/	36	36	23	29	41	80	70	64	67	394	435	396	554	
9,0	13	11	11	22	18	14	1,1	18	17	14	34	36	/	/	35	21	20	37	59	52	48	50	293	326	219	306	
15,0	19	28	31	59	51	39	1,7	42	40	33	42	/	/	44	28	21	38	86	78	72	75	440	496	495	693		
20,0	18	20	22	42	37	28	2,2	27	25	21	37	37	/	/	38	25	17	35	66	62	57	59	348	382	309	433	
25,0	19	18	23	41	36	27	2,7	24	22	18	36	36	/	/	37	24	15	34	60	58	53	56	327	359	272	381	

Ing. Camillo Piazza

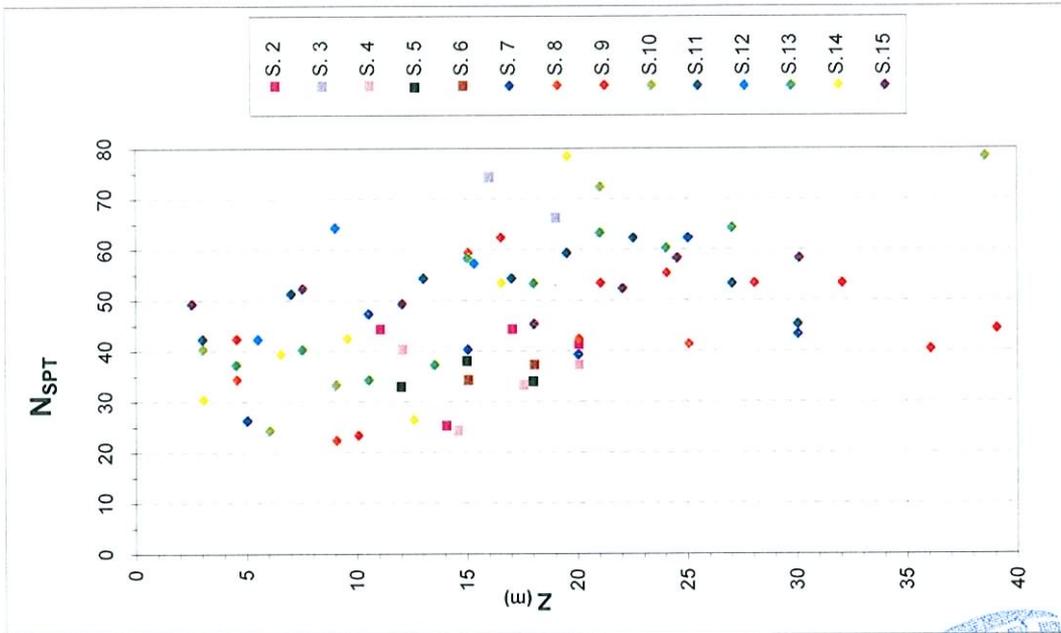
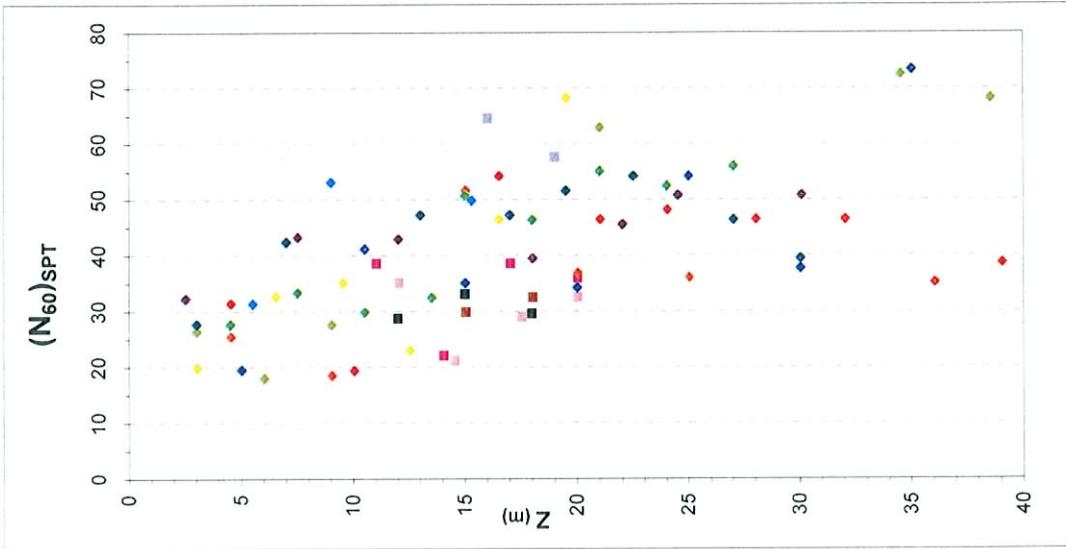
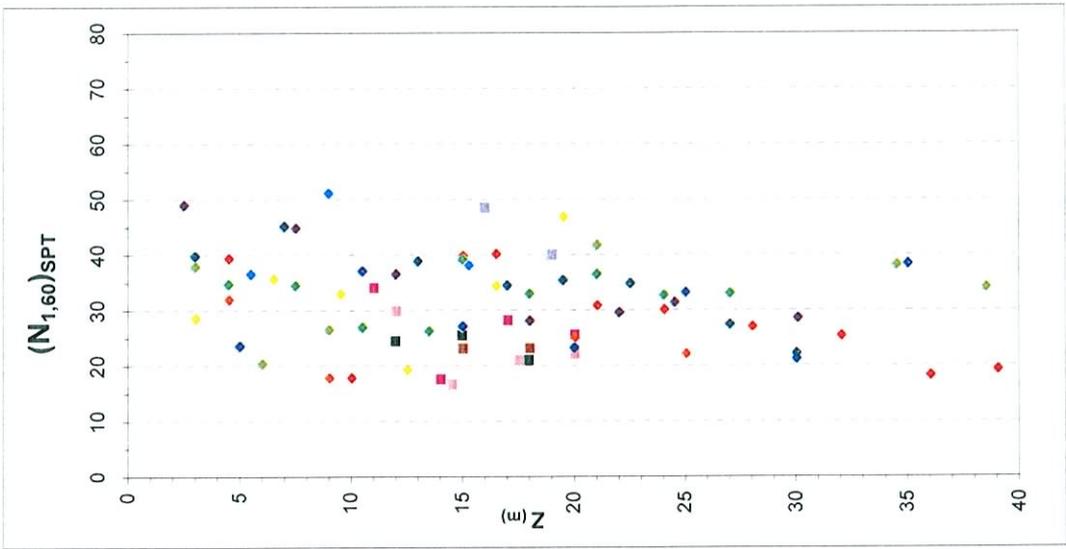
TABELLA N_{SPT} - PARAMETRI GEOTECNICI

Profondità Z (m)	N _{miss}			N _{SPT}	N ₆₀ (PUNTI/30CM)	N ₇₈ (PUNTI/30CM)	σ' _{vo} Kg/cm ²	N _{1,00}	N _{1,60}	N _{1,78}	φ (°) Angolo d'attrito					φ		φ ^{LPT}	Dr [%]			E	E' _s	M _o Modulo confinato					
	N ₁	N ₂	N ₃								Durham (1954)	Owaska (1954)	In Situ (1950) - In situ 2001	Hatanaka e Uchida (1950) - In situ 2001	Sowers P.H.T	Meyerhof	(N ₇₈) _{JLPT}		(N ₁₇₈) _{JLPT}	Meyerhof 1957	Skempton (1986)				Cubimovski Ishihara (1999)	f(N _{1,00})	f(N _{1,60})	f(N _{1,78})	f(N ₆₀)
4,5	10	21	21	42	31	24	0,6	39	36	28	/	/	/	/	38	38	39	39	39	25	31	42	89	78	71	438	493	489	684
10,0	10	12	11	23	19	15	1,2	17	18	14	34	36	35	/	/	/	/	/	/	21	19	37	59	52	48	293	326	219	306
16,5	25	30	32	62	54	41	1,8	40	43	33	42	/	/	/	/	/	/	/	/	28	21	37	85	78	72	442	498	498	697
21,0	19	26	27	53	46	35	2,3	31	33	26	39	40	41	/	/	/	/	/	/	27	18	36	72	69	63	387	426	382	534
24,0	20	25	30	55	48	37	2,6	30	33	25	39	41	40	/	/	/	/	/	/	27	17	35	70	68	62	382	421	372	521
28,0	21	27	26	53	46	35	3,0	29	27	23	38	40	39	/	/	/	/	/	/	27	15	35	65	64	59	362	397	334	467
32,0	20	22	31	53	46	35	3,4	27	25	21	37	40	39	/	/	/	/	/	/	27	14	34	62	62	57	350	384	313	439
36,0	19	18	22	40	35	27	3,8	19	18	15	35	34	35	/	/	/	/	/	/	24	12	33	51	52	48	296	329	224	313
39,0	20	23	21	44	38	29	4,1	20	19	16	35	34	36	/	/	/	/	/	/	25	12	33	52	54	50	305	337	237	331
3,0	11	19	21	40	26	20	0,5	33	38	25	/	/	/	37	38	38	38	38	24	35	43	87	76	70	430	481	471	659	
6,0	19	12	12	24	18	14	0,8	19	20	15	/	/	/	33	33	32	32	32	21	24	39	64	56	51	314	346	251	351	
9,0	29	15	18	33	27	21	1,1	27	26	20	38	40	38	/	/	/	/	/	23	22	38	72	64	58	359	393	328	459	
21,0	21	39	33	72	63	48	2,3	45	41	35	42	/	/	/	/	/	/	/	38	20	37	84	80	73	451	511	518	726	
34,5	32	39	44	83	72	56	3,6	41	38	32	41	/	/	/	/	/	/	/	32	17	35	75	76	70	431	483	474	663	
38,5	42	38	40	78	68	52	4,0	36	34	28	40	41	42	/	/	/	/	/	31	15	35	70	72	66	407	451	422	591	
3,0	15	21	21	42	27	21	0,5	34	40	26	/	/	/	38	38	39	38	38	25	35	44	89	78	72	440	496	494	692	
7,0	18	22	29	51	42	32	0,9	44	45	34	/	/	/	40	40	43	41	41	26	28	41	95	83	76	469	537	561	786	
13,0	18	22	32	54	47	36	1,5	41	39	31	42	/	43	/	/	/	/	/	27	22	38	85	77	71	435	489	482	675	
17,0	19	26	28	54	47	36	1,9	37	34	29	40	41	42	/	/	/	/	/	19	19	37	79	73	67	410	455	428	599	
19,5	20	27	32	59	51	39	2,1	38	35	30	41	42	42	/	/	/	/	/	28	19	36	78	74	68	415	462	439	615	
22,5	24	29	33	62	54	41	2,4	38	35	29	40	41	42	/	/	/	/	/	28	18	36	76	73	67	412	458	432	605	
27,0	17	25	28	53	46	35	2,9	30	27	23	38	40	39	/	/	/	/	/	27	16	35	66	65	59	365	400	339	475	
30,0	19	23	22	45	39	30	3,2	24	22	19	36	38	37	/	/	/	/	/	25	14	34	58	58	53	328	360	274	384	



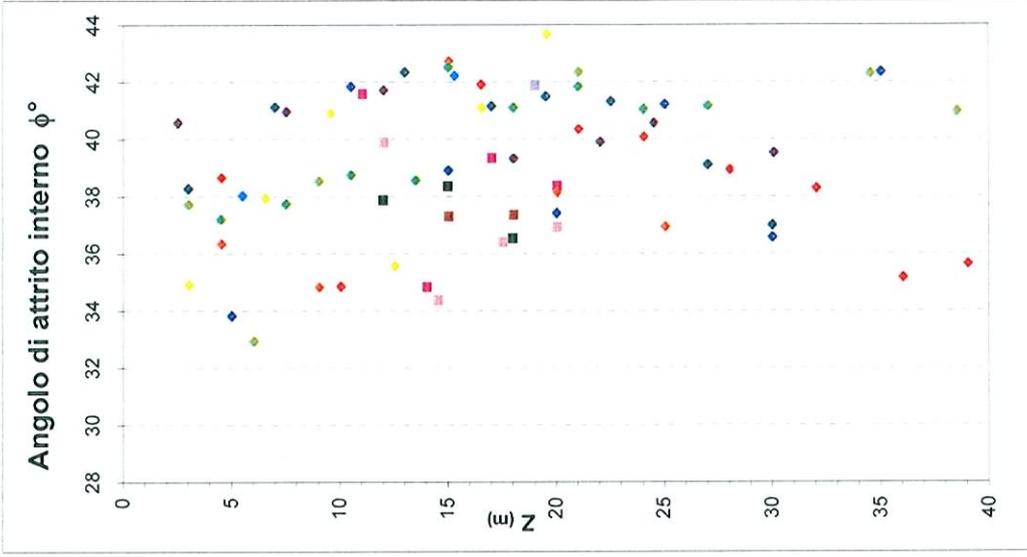
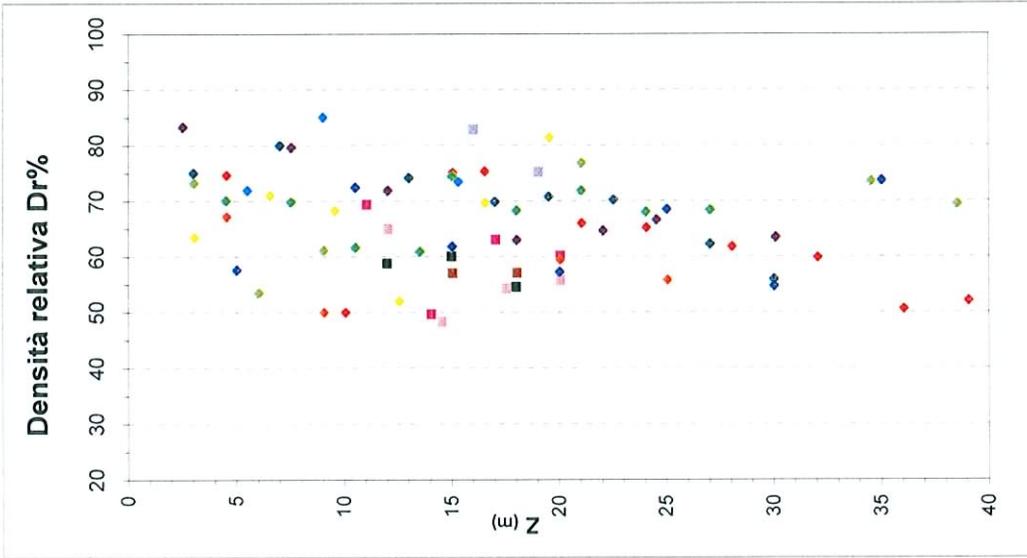
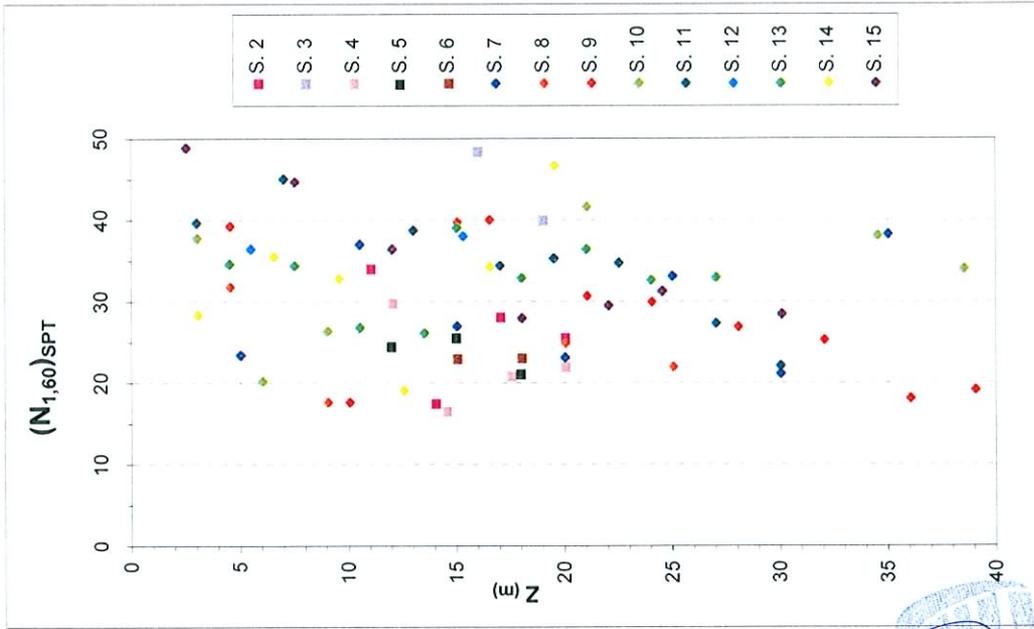
TABELLA N_{SPT} - PARAMETRI GEOTECNICI

Profondità Z (m)	N _{mis}			N _{SPT} (F ₁₀₀ , F ₂₀₀)	N ₇₈ (F ₁₀₀ , F ₂₀₀)	σ' _{vo}	N _{1,00}	N _{1,60}	N _{1,78}	φ (°) Angolo d'attrito				φ		φ' LPT	Dr%		Dr%	E	E' ₂₅	M ₀ Modulo confinato						
	N ₁	N ₂	N ₃							Dunham (1954)	Owasaki Iwasaki '59	In Situ 2001 Youd	Hatanaka e Uchida (1996) - In situ	Sowers P.H.T. Meyerhof	(N ₇₈) J/LPT		(N ₁₇₈) J/LP	Meyerhof 1957					Skempton (1986)	Cubimovski Ishihara (1999)	f(N _{mis} , σ _v)	f(N _{mis} , Δσ _v)	f(N ₇₈ , σ _v)	f(N ₁₇₈ , Δσ _v)
S. 19	10,5	16	19	21	40	35	27	1,2	31	25	39	40	/	/	/	/	40	24	22	38	78	69	64	67	392	433	392	549
	15,0	16	12	12	24	21	16	1,7	16	13	34	33	36	/	/	/	34	21	16	35	55	50	46	48	281	315	201	282
	20,0	15	15	18	33	29	22	2,2	21	16	35	35	37	/	/	/	36	23	16	35	58	55	50	52	309	341	243	340
	25,0	14	16	21	37	32	25	2,7	20	17	35	35	37	/	/	/	36	24	14	34	57	55	51	53	310	343	246	344
	6,0	20	19	15	34	25	19	0,8	27	28	21	/	/	/	36	35	36	23	26	40	76	66	61	63	373	410	356	498
S. 22	10,5	13	11	11	22	19	15	1,2	18	14	34	34	36	/	/	/	35	21	19	36	58	52	47	49	291	324	216	302
	15,0	19	28	31	59	51	39	1,7	42	33	42	/	/	/	44	/	43	28	21	38	86	78	72	75	440	496	495	693
	19,5	18	20	22	42	37	28	2,1	27	25	37	37	40	/	/	/	38	25	17	35	66	62	57	60	350	384	313	438
	24,5	19	18	23	41	36	27	2,6	24	22	36	36	38	/	/	/	37	24	15	34	60	58	53	56	328	360	275	385



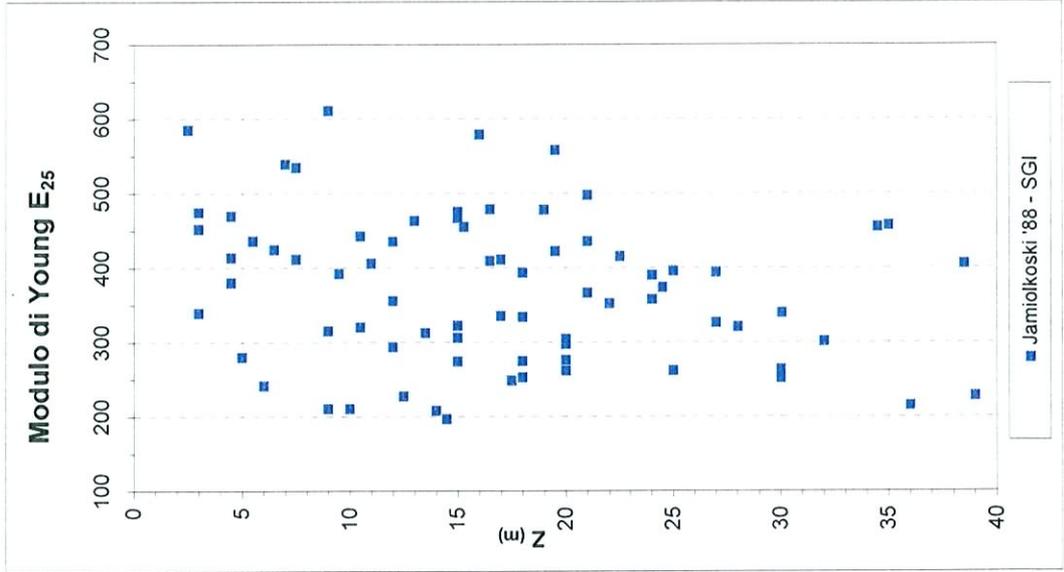
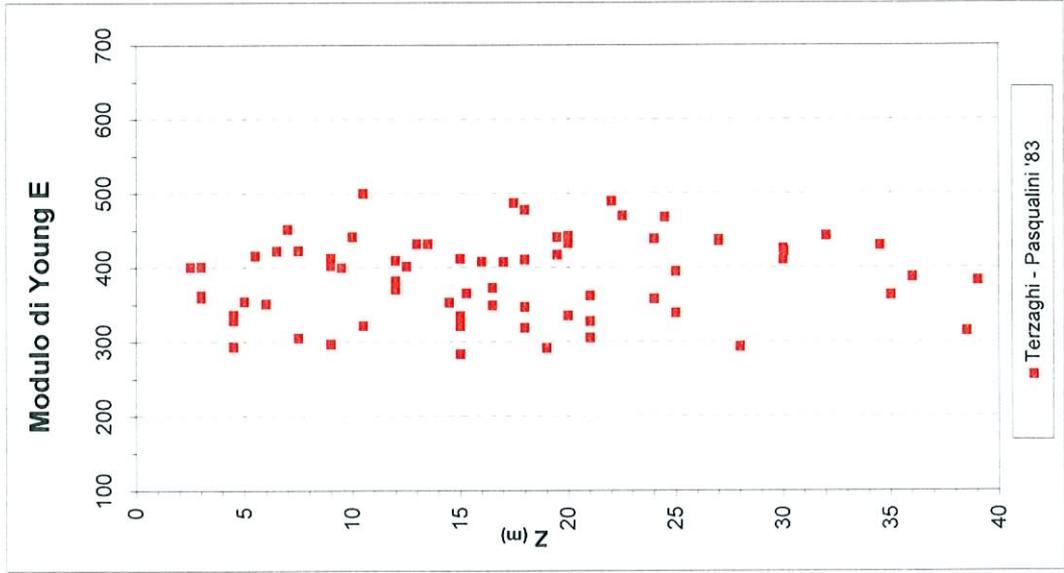
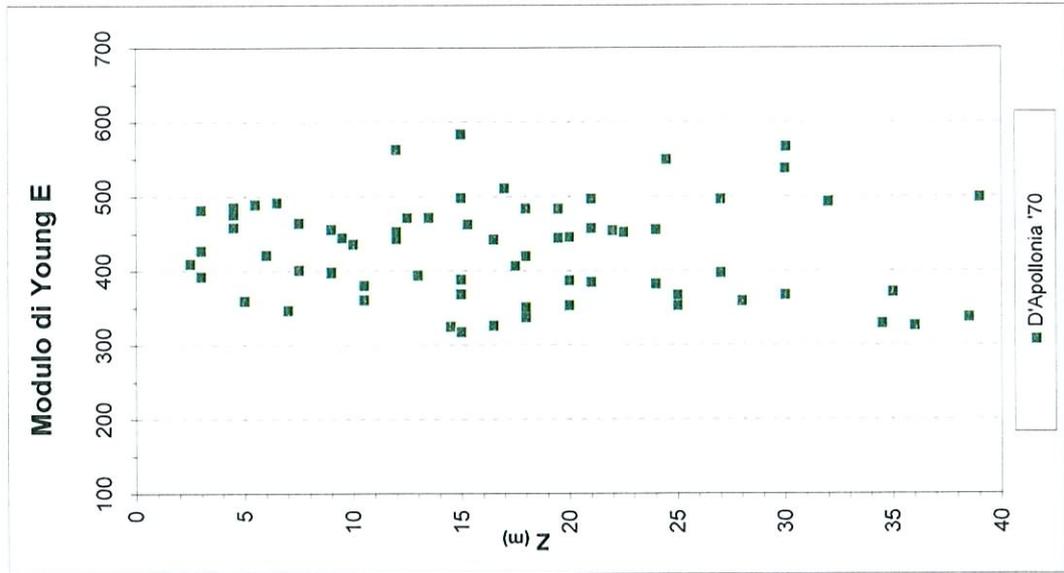

 SIGECO S.p.A.
 SISTEMI GENERALI COSTRUZIONI S.p.A.
 PIAZZA S. PIETRO 100
 00187 ROMA (RM) ITALIA

Andamento N_{SPT} e parametri geotecnici con la profondità

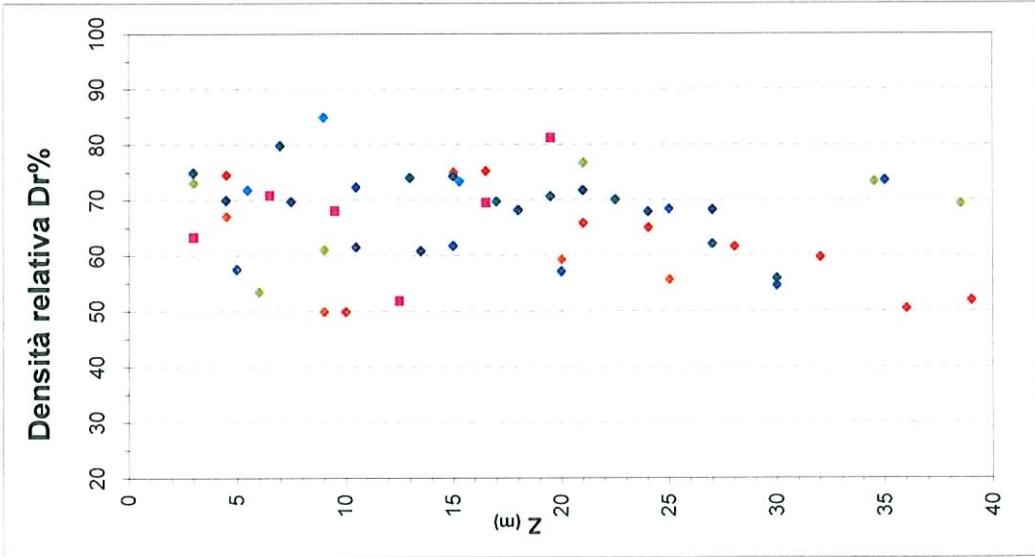
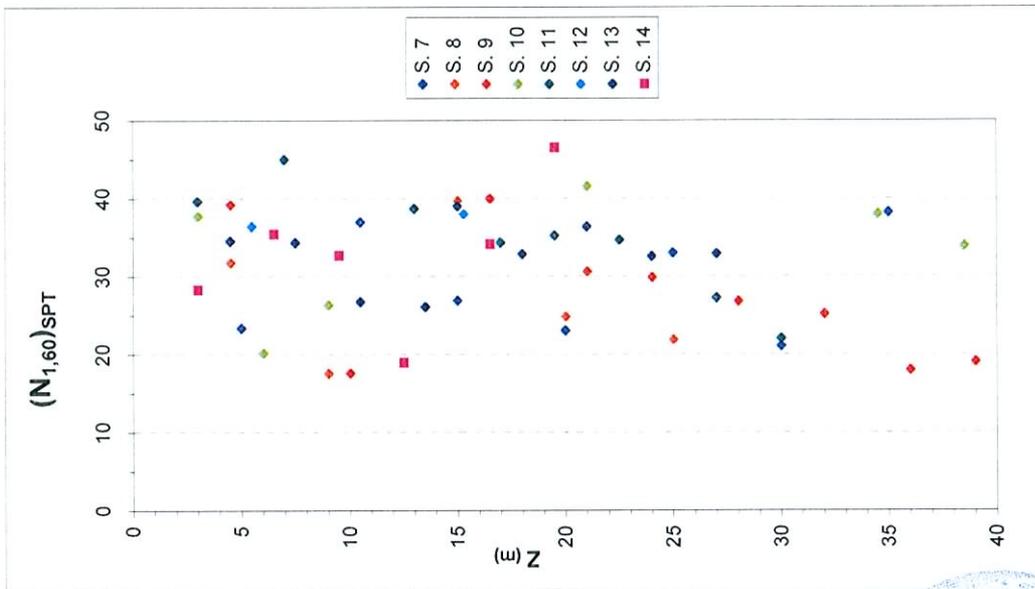


Dr. Carmelo Pizzol

Andamento N_{SPT} e parametri geotecnici con la profondità



Andamento N_{SPT} e parametri geotecnici con la profondità



12.2 Risultati delle prove di laboratorio

Si riportano in forma schematica i risultati delle analisi e prove di laboratorio

Verticale di indagine	Sigla	Profondità	Granulometria								Prova di taglio		
			Ghiaia	Sabbia	Limo	D ₅₀	D ₁₀	D ₆₀	U	Descrizione	Sigla	c'	φ'
			%			mm						Kg/cm ²	
S. 7	C.1	11,0	43	34	23	1,0		2,62		Ghiaia con Sabbia limosa	GSL		
S. 9	C.1	4,0	17	56	27	0,5		0,84		Sabbia con Limo ghiaiosa	SLg	0,00	40
	C.2	10,0	64	26	10	3,6	0,075	5,47	73	Ghiaia con Sabbia limosa	GSL		
	C.3	21,0	36	41	24	0,7		1,55		Sabbia con Ghiaia limosa	SGL		
S. 10	C.1	4,0	36	45	19	0,9		1,67		Sabbia con Ghiaia limosa	SGL	0,00	36
	C.2	10,0	55	33	12	3,0	0,060	5,87	98	Ghiaia con Sabbia limosa	GSL	0,00	44
	C.4	20,5	28	37	35	0,3		0,61		Sabbia e Limo con Ghiaia	SLG		
	C.5	26,5	18	65	17	0,8	0,030	1,19	40	Sabbia ghiaiosa limosa	Sgl		
S. 11	C.1	3,0	42	38	20	1,5		2,20		Ghiaia con Sabbia limosa	GSL	0,10	39
	C.2	10,5	49	51	0	2,0	0,100	5,81	58	Sabbia con Ghiaia	SG		
	C.4	27,5	31	43	26	0,4	0,003	0,90	287	Sabbia con Ghiaia con limo	SGL	0,30	34
	C.5	29,5	38	41	21	1,0	0,006	1,82	303	Sabbia con Ghiaia limosa	SGL	0,38	34
S. 12	C.1	15,0	8	85	7	0,6	0,095	0,73	8	Sabbia poco ghiaiosa poco limosa	S		

RINGRAZIAMENTI

Allo svolgimento dello studio geologico-tecnico qui illustrato ha attivamente collaborato la Dott.ssa Samanta Cutrì che vivamente si ringrazia.

13. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In sintesi, per tutto quanto sopra rilevato ed analizzato, non si evidenziano elementi di carattere geologico che prefigurino criticità di particolare attenzione, che non possano essere superate nelle successive fasi della progettazione delle opere. Pertanto le analisi sopra illustrate inducono a considerare favorevolmente la fattibilità geologica delle opere di progetto.

IL REDATTORE DELL'ELABORATO

(Prof.Dr. Antonio Bottari)

(Dott. Geol. Massimiliano Silvestro)

