



Stazione Appaltante
Regione Siciliana
Comune di S. Stefano di Camastra
Provincia di Messina



Procedura aperta ex art. 183 commi 1-14 d.lgs. 50/2016 s.m.i. per l'affidamento in project financing della concessione di lavori pubblici avente per oggetto la progettazione definitiva ed esecutiva, l'esecuzione dei lavori per la REALIZZAZIONE DEL PORTO TURISTICO E DELLE OPERE CONNESSE NEL COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA nonché della loro gestione economico-finanziaria

C.I.G.67535662F8

C.U.P.H21H07000030003

PROGETTO DEFINITIVO

Concessionario individuato



Rappresentante legale: Cono Bruno

Via Campidoglio, 70 98076 Sant'Agata di Militello (ME)

Titolo elaborato

RELAZIONE GEOLOGICO - TECNICA

Progettista indicato

ACQUA
TECNO

Dott. Ing. Renato Del Prete

Via Ajaccio, 4
00198 Roma



Amministratore Unico:
Prof. Ing. Vincenzo Cataliotti
Direttori tecnici:
Arch. Sebastiano Provenzano
Prof. Ing. Antonio Cataliotti
Via Vittorio Emanuele, 492
90134 Palermo

Elaborato

A.2233.17 | PD | R

RGL 02

Data
Giugno 2017

1	RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA	3
1.1	PREMESSE	3
1.2	OPERE DI PROGETTO E LORO UBICAZIONE	5
1.3	MORFOLOGIA.....	5
1.4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRUTTURALE, CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE	7
1.4.1	Depositi costieri attuali e di fondovalle.....	9
1.4.2	Depositi fluvio-marini recenti	9
1.4.3	Depositi alluvionali terrazzati.....	9
1.4.4	Limi sabbiosi, arenarie e sabbie gialle, argille grigie	9
1.4.5	Marne e calcari marnosi	11
1.4.6	Alternanze fliscioidi di arenarie in banchi e strati decimetrici con argille grigie sovraconsolidate	11
1.5	INDAGINI GEOGNOSTICHE E PROVE GEOTECNICHE.....	12
1.6	SISMICITA' DELL'AREA E PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE.....	21
1.6.1	Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento.....	22
1.6.2	Stati limite, probabilità di superamento e periodo di ritorno.....	24
1.6.3	Definizione della pericolosità sismica di base.....	26
1.6.4	Pericolosità sismica di sito	31
1.6.4.1	Coefficienti sismici.....	31
1.6.4.2	Stabilità dei pendii e fondazioni	31
1.6.5	Prove sismiche in situ	32
1.6.5.1	Descrizione delle prospezioni sismiche in foro Down-Hole	33
1.6.5.2	Moduli elastici e parametri geosismici.....	33
1.6.6	Esiti delle prospezioni	35
1.6.6.1	Down-Hole nel foro del sondaggio St 1	35
1.6.6.2	Down-Hole nel foro del sondaggio St 2.....	35
1.6.7	Determinazione della categoria di suolo	36
1.6.8	Pericolosità sismica di base.....	38
1.6.9	Pericolosità sismica di sito	41
1.7	SITUAZIONE IDROGEOLOGICA.....	46
1.8	CARATTERISTICHE ANEMOLOGICHE.....	56
1.9	SITUAZIONE IDRAULICA.....	69
1.9.1	Torrente S.Stefano	69
1.9.2	Vallone Ciaramirello e Vallone Palermo.....	72
1.9.3	Vallone Tudisca-Pecoraro	72
1.9.4	Vallone Gebbiole.....	73
1.9.5	Torrente Ortora.....	73
1.10	EVOLUZIONE DELLA LINEA DI COSTA E SITUAZIONE DEI FONDALI MARINI	75
1.10.1	Situazione geomorfologica e geolitologica del fondale.....	81
1.10.1.1	Transetto n° 1	82
1.10.1.2	Transetto n° 2	83
1.10.1.3	Transetto n° 3	83
1.10.1.4	Transetto n° 4	84
1.10.1.5	Transetto n° 5	85

1.10.1.6	Transetto n° 6	85
1.10.1.7	Transetto n° 7	86
1.10.1.8	Transetto n° 8	87
1.10.1.9	Transetto n° 9	87
1.10.1.10	Transetto n° 10	88
1.10.1.11	Transetto n° 11	89
1.11	MATERIALI NATURALI DA COSTRUZIONE	90
1.12	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	93

1 RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA

1.1 PREMESSE

Nella presente relazione, di supporto alla redazione del progetto definitivo dell'intervento per la realizzazione del PORTO TURISTICO DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA, si riferisce sugli esiti dello studio geologico svolto, in osservanza del N.T.C. (D.M. 14/01/2008), alla caratterizzazione e alla modellazione geologica del sito interessato dalle opere da realizzare.

Il progetto definitivo, di cui lo studio geologico esposto nella presente relazione è parte integrante, è relativo alla sola opera portuale, così come richiesto al punto 4 del Disciplinare di gara della procedura di project financing della concessione dei lavori pubblici relativa alla REALIZZAZIONE DEL PORTO TURISTICO DI IV CLASSE E OPERE DI CONNESSIONE COL TERRITORIO da realizzarsi in località "Marina - Barche Grosse" del Comune di Santo Stefano di Camastra .

Lo studio, svolto dietro incarico della concessionaria individuata BRUNO TEODORO COSTRUZIONI S.p.a., è stato articolato come appresso:

1. E' stato eseguito un rilevamento di superficie, esteso molto al di là dell'area di stretto interesse, allo scopo di inserirla in un contesto significativo ed avere una chiara visione relativamente alla sua situazione geologica, geomorfologica, idraulica ed idrogeologica.
2. E' stato fatto un minuzioso lavoro di ricerca sulle campagne d'indagini geognostiche, sia dirette che indirette, svolte nell'ambito dell'area oggetto di rilevamento a mezzo di sondaggi a carotaggio continuo, prove geotecniche in situ e di laboratorio sui campioni rappresentativi dei terreni attraversati, traverse sismiche, stralciando quelle ricadenti in contesti identici relativamente alla loro situazione geolitologica e idrogeologica.
3. Sono state svolte ricerche tendenti ad evidenziare l'evoluzione avuta dalla linea di costa compresa tra la foce del Torrente di S.Stefano e la foce del Torrente Ortora poste rispettivamente ad Ovest e ad Est dell'area d'intervento.
4. Sono state svolte ricerche sulla piovosità rilevata dal 1921 al 2010 nelle stazioni di S.Stefano di Camastra e di Mistretta, nell'ambito dei bacini minori

tra Caronia e S.Stefano e del bacino S.Stefano, in cui ricade l'area d'intervento, volte a rilevare le massime precipitazioni dell'anno per periodi di più giorni consecutivi e la tendenza dell'andamento pluviometrico.

5. Sono state svolte ricerche sui rilievi anemometrici disponibili delle stazioni di Finale e di Stromboli nell'arco di tempo, rispettivamente, 1963 ÷ 1977 e 1951 ÷ 1975, volte a valutare, per le otto direzioni fondamentali, le frequenze medie mensili ed annue di apparizione del vento suddivise per classi di velocità.
6. Sono state svolte ricerche sulla presenza, nell'ambito di un raggio di 50 km dal sito d'intervento, di cave di lapidei da scogliera e da rivestimento.
7. Sono stati acquisiti gli esiti delle indagini geognostiche e prove geotecniche in situ e in laboratorio messe a disposizione da parte dell'Amministrazione comunale di Santo Stefano di Camastra che aveva commissionate per lo scopo alla GEO GAV di Favara (AG) nell'anno 2010.

I rilievi svolti e i dati così raccolti e acquisiti hanno consentito una precisa caratterizzazione geologica, geomorfologica, idraulica, idrogeologica, anemologica, sismica e geotecnica relativamente all'area in cui si andrà ad operare.

Gli esiti ottenuti, compendati nella presente relazione, sono illustrati nei seguenti altri elaborati facendone parte integrante e inscindibile:

1. SG 01 - PLANO-ALTIMETRIA 1: 2.000 – 1: 10.000
2. SG 02 - CARTA GEOLOGICA 1: 2.000
3. SG 03 - PROFILI GEOLITOLOGICI 1: 1.000
4. SG 04 - CARTA DELLE INDAGINI SUI SEDIMENTI MARINI 1: 10.000
5. SG 05 - SEZIONI GEOLITOLOGICHE SULLE SEZIONI DI PROGETTO 1: 250
6. SG 06 - CARTA DEI DEFLUSSI 1: 10.000
7. SG 07 – FOTO

1.2 OPERE DI PROGETTO E LORO UBICAZIONE

Il progetto in argomento prevede la realizzazione delle seguenti opere (All. SG 01 - PLANO-ALTIMETRIA):

1. Porto turistico di IV classe, ubicato in Località "Barche Grosse" (Foto 1), così articolato:
 - a. Diga di ponente, di sopraflutto. Si innesta alla riva poco più ad Ovest della Stazione ferroviaria e si spinge fino alla batimetrica -8,00 m ca.
 - b. Diga di levante, di sottoflutto. Si innesta alla riva immediatamente ad Ovest della foce del Vallone Tudisca-Pecoraro e si spinge fino alla batimetrica -7,00 m ca.
 - c. Strutture di pertinenza e ricettive connesse, ubicate a terra in corrispondenza dell'ancoraggio delle dighe di cui sopra con la riva e lungo quest'ultima, a mare della strada-lungomare che contorna l'area portuale con tutta una serie di parcheggi a pettine.

1.3 MORFOLOGIA

L'area presa in esame dal presente studio ricade nella Tavoleta IGM 1/25.000 "S.Stefano di Camastra" F. 251 II SE (Fig. 1). Essa risulta ubicata nell'ambito del territorio comunale di S.Stefano Camastra, nel tratto di costa compreso tra la foce del Torrente Santo Stefano e la foce del Torrente Ortora .

La zona d'intervento per le opere portuali si stende dalla foce del Vallone Tudisca-Pecoraro fin quasi alla Sottostazione di trasformazione elettrica della RFI.

Relativamente alle opere da realizzarsi a terra si interverrà sempre in aree pressochè pianeggianti.

Alle spalle di detta fascia si sale gradatamente fino al terrazzo su cui si è insediato l'abitato di Santo Stefano di Camastra.

Nel complesso, il modellamento dell'area presa in esame, così come appare oggi, risulta soprattutto quale conseguenza dell'effetto della combinazione tra litostruttura e processi

geomorfici. Rilevante risulta l'azione antropica evidenziata da vari tagli operati per la



Fig. 1 - COROGRAFIA GENERALE

realizzazione di varie strade e di varie piccole costruzioni disposte a schiera lungo la passeggiata a mare anzidetta.

L'azione primaria, di conseguenza, è da ascrivere sia all'erosione operata dai corsi d'acqua incanalati ed al successivo deposito di quanto asportato, sia all'azione dell'uomo.

Scarsa risulta l'azione erosiva delle acque dilavanti. Molto marcati risultano, invece, gli effetti da ruscellamento che si notano lungo il vallone Ciaramirello, il Vallone Palermo, il Vallone Tudisca-Pecoraro ed il Vallone Gebbiole. I primi due sfociano nell'ambito del bacino portuale; gli altri ad Est di esso.

Globalmente la visione è quella di un'area di soddisfacente equilibrio geomorfologico, non suscettibile di movimenti gravitativi né soggetta ad erosioni da parte di soggetti fluviali o ad esondazioni. I due corsi d'acqua che sfociano all'interno del realizzando bacino, risultano incanalati e parzialmente regimati.

1.4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRUTTURALE, CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE

Dal punto di vista strutturale la zona oggetto d'indagine si inserisce in un vasto areale in cui prevalgono nettamente i terreni in facies di alternanza fliscioide appartenenti a diversi complessi, sia autoctoni, sia alloctoni. Di contro, in questo vasto areale del tutto subordinati risultano i sedimenti postorogeni di tipo essenzialmente clastico.

La successione stratigrafica dei vari terreni si è verificata secondo rapporti di natura tettonica. Sicché possono distinguersi diverse unità in cui le varie formazioni che si riscontrano appartengono a diverse falde di ricoprimento.

I termini litologici più profondi appartengono a quell'unità cui la letteratura geologica corrente individua come Complesso Basale costituito dalla formazione del Flysch Numidico. Esso risulta ricoperto dai terreni del Complesso Sicilide appartenenti a due diverse falde: quella di Troina e quella di Cesarò.

La prima, la Falda di Troina, risulta costituita dalle Argille Variegate Inferiori, formazione di Polizzi nelle facies di Troina, Cerami e Tusa e Flysch di Reitano. La seconda, la

Falda di Cesarò, risulta costituita dal Flysch di Monte Soro, dalle Argille Variegate Superiori, dalle Calciruditi e Calcareniti del M.te Pomiere.

Infine, si ha il Complesso Postorogeno costituito dai termini sabbioso-argillosi tortoniani, dalla Serie Solifera, dai Trubi, e dai depositi prevalentemente conglomeratici del primo Quaternario. Tutti termini, quest'ultimi, che si rinvencono nell'area rilevata, in cui la situazione geostrutturale risulta dipendente dalla successione di due fasi tettoniche distinte per modalità ed effetto: la messa in posto di una falda gravitativa ed il suo successivo piegamento.

La prima fase orogenica si è verificata probabilmente nel Tortoniano inferiore con il trasporto gravitativo verso Sud dei terreni Sicilidi ossia di una serie di geosinclinale mista di formazioni plastiche e di formazioni più competenti.

Col Tortoniano cessa l'accumularsi delle falde di trasporto dentro questa fossa che comincia a sollevarsi progressivamente da Nord verso Sud.

Col deposito dei Trubi culmina la fase del piegamento che corrisponde al Pliocene inferiore.

Dal rilevamento geologico di superficie nell'area oggetto d'indagine si è potuta accertare la seguente successione stratigrafica, dalla formazione più recente a quella più antica (All. SG 02 e All. SG 03):

- Depositi attuali di spiaggia e di fondovalle;
- Depositi fluvio-marini recenti;
- Alluvioni terrazzate quaternarie;
- Limi sabbiosi, arenarie debolmente cementate e sabbie gialle, argille grigie debolmente sabbiose, talora con gesso, del Piacenziano;
- Marne e calcari marnosi (Trubi) del Pliocene inferiore, non presenti nell'area rappresentata nella carta geologica allegata;
- Alternanze fliscioidi di arenarie in banchi e strati decimetrici con argille grigie sovraconsolidate del Burdigaliano superiore – Langhiano.

Qui di seguito vengono descritte le loro principali caratteristiche geolitologiche.

1.4.1 Depositi costieri attuali e di fondovalle

Si rinvengono dalla fascia di spiaggia attuale verso il largo. Sono costituiti dapprima, fino ad una distanza massima di 10 m ca. dalla linea di costa, da ciottoli e blocchi tondeggianti con ghiaia, più raramente sabbia, di natura prevalentemente quarzarenitica e di natura arenacea a cemento carbonatico in subordine. I blocchi possono raggiungere dimensioni ragguardevoli con dimensioni di alcuni decimetri ed una frequenza del 5 ÷ 10% ca (Foto 2). Successivamente sono costituiti da sabbia con elementi ghiaiosi di natura prevalentemente quarzarenitica.

Sono presenti nell'area in cui dovranno realizzarsi le opere portuali e ne costituiranno il sedime.

1.4.2 Depositi fluvio-marini recenti

Affiorano alle spalle dei terreni anzi descritti, lungo una fascia a morfologia penepianeggiante, fino al piede della pendice che sale verso il terrazzo su cui si è insediato l'abitato di Santo Stefano.

Vi si rinvengono ciottoli e blocchi tondeggianti con ghiaia, più raramente con sabbia, di natura prevalentemente quarzarenitica e arenacea a cemento carbonatico in matrice sabbioso-limosa. Sono presenti lenti di sabbia grossolana con limo-sabbioso.

Costituiranno il sedime di parte delle opere portuali da sorgere a terra.

1.4.3 Depositi alluvionali terrazzati

Si rinvengono lungo la pendice che dal terrazzo quaternario, su cui si è insediato il nucleo abitativo storico di Santo Stefano, digrada verso la fascia costiera. Sono costituiti da ghiaia, ciottoli e blocchi tondeggianti prevalentemente quarzarenitici, in subordine di arenaria a cemento carbonatico, con presenza di qualche lente di sabbia. La matrice è limo-argillosa di colore bruno rossiccio, talora debolmente sabbiosa. I blocchi, tondeggianti, possono raggiungere dimensioni ragguardevoli di alcuni decimetri ed una frequenza del 5 ÷ 10% ca.

Non saranno interessati direttamente da alcuna opera in progetto.

1.4.4 Limi sabbiosi, arenarie e sabbie gialle, argille grigie

Si rinvengono spesso come substrato dei terreni innanzi descritti.

I limi sabbiosi sono caratterizzati da una certa variabilità granulometrica, compresi – come sono – in un fuso che va dalla ghiaia sabbiosa argillosa e limosa ad argilla con limo, senza predominanza dell'una sull'altra, anche se talora può rinvenirsi insieme ad essi qualche lente di sabbia. Sono stati messi in luce da qualche intervento antropico eseguito nell'area dove sono sorti i campi da tennis, ubicati a monte della strada provinciale che porta in località "Barche Grosse", dove dovrà realizzarsi l'opera portuale in argomento.

Hanno colore giallo bruno e inglobano elementi poligenici a livello di ghiaia o clasti di natura marnosa, arenacea e quarzarenitica, talora di gesso amorfo o cristallino.

Le arenarie e le sabbie gialle sono costituite da arenarie a grana grossolana debolmente cementate e sabbie fini giallastre debolmente limose molto bene addensate. Nell'ammasso si rilevano rare presenze di elementi spigolosi eterometrici ascrivibili in prevalenza alle arenarie del Flysch di Reitano descritto appresso.

Sono stratificate, anche se non in modo netto, e presentano banchi a più alto contenuto di cemento carbonatico e consistenza maggiormente lapidea. Generalmente sono, tuttavia, debolmente cementate e caratterizzate da scarsa durevolezza.

Affiorano lungo la strada provinciale che porta in località "Barche Grosse", poco prima del sottopasso ferroviario che immette nella passeggiata a mare (Foto 3). Altri lembi più o meno estesi si rinvengono in sponda sinistra del Vallone Pecoraro, lungo il Vallone Tudisca e lungo il crinale che divide i loro sub-bacini. Talvolta vengono messi in luce lungo la pendice che sale verso il terrazzo su cui si è insediato l'abitato di S.Stefano a seguito di qualche intervento antropico eseguito a mezza-costa.

Le argille grigie hanno un fuso granulometrico che varia pochissimo: da limo con argilla debolmente sabbioso a limo con argilla sabbioso. Si presentano da compatte a molto compatte, talora con cristalli e clasti di gesso, più raramente di blocchi. Possono presentare superfici di discontinuità irregolari, di forma callosa a superficie sericea, spesso riempite da veli di sabbia fine grigia.

I tre litotipi saranno interessati soprattutto dalle pressioni indotte dalle opere in mare e direttamente da quelle ricadenti a terra nel settore di levante.

1.4.5 Marne e calcari marnosi

Nell'ambito del vasto areale preso in esame, ma al di fuori dell'area rappresentata nella carta geologica allegata, si è rinvenuta in affioramento una formazione marnosa, intercettata, invece, in un sondaggio a carotaggio continuo eseguito a terra ed in un altro eseguito in mare, tutt'e due in corrispondenza del settore occidentale delle opere portuali.

Detta formazione, databile Pliocene inferiore e individuata in Sicilia come "Trubo", è costituita da un'alternanza di argille marnose e marne argillose color nocciola con presenza di qualche livello decimetrico di calcare rosato, spesso cariato, a frattura scheggiata. Poggia in discordanza sul bedrock fliscioide descritto di seguito.

Sarà interessata dalle pressioni indotte dalle opere in mare, in special modo da quelle ricadenti nel settore di ponente.

1.4.6 Alternanze fliscioide di arenarie in banchi e strati decimetrici con argille grigie sovraconsolidate

Delle formazioni innanzi descritte costituiscono il bedrock. La letteratura geologica le individua con l'appellativo di "Flysch di Reitano", dal nome del piccolo centro dei Nebrodi che viene a trovarsi nella zona centrale del vasto affioramento. Seppure con qualche dubbio, sono datate Burdigaliano superiore - Langhiano.

Lo spessore di tutta la formazione, costituita da un'alternanza di banchi di arenarie arcose a cemento carbonatico ed argille siltose, più o meno tettonizzata, è dell'ordine delle centinaia di metri. La sua stratificazione è quasi sempre molto ben evidente, a meno che gli effetti della tettonizzazione subita non si manifestino palesemente con un tale sistema di fratture da mettere in dubbio le caratteristiche giaciture.

L'immersione preferenziale è verso i quadranti settentrionali ma, sempre a causa del tettonismo subita, possono presentarsi repentine variazioni della giacitura anche in aree assai prossime.

Si rinvencono ad Est della foce del Vallone Tudisca-Pecoraro e da qui si spandono verso monte. Possono rinvenirsi, anche se raramente, sotto forma di grossi scogli sommersi nelle vicinanze della battigia in corrispondenza del loro affioramento.

Non saranno interessate direttamente da alcuna opera in progetto ma dalle pressioni indotte dalle opere che saranno realizzate nel settore di levante.

1.5 INDAGINI GEOGNOSTICHE E PROVE GEOTECNICHE

Come detto in premessa, nell'anno 2010 è stata eseguita dalla GEO GAV Srl una campagna di indagini geognostiche e prove geotecniche in situ ed in laboratorio. Che sono consistite:

1.Indagini geognostiche e prove geotecniche a terra

- Perforazione di sondaggi a carotaggio continuo (Foto 4, St 1; Foto 5, St 2)
- Prelievo di campioni rimaneggiati;
- Prelievo di campioni indisturbati;
- Sondaggi sismici in foro del tipo down-hole;
- Prove di resistenza meccanica a mezzo prove S.P.T. (Standard Penetration Test).

2.Indagini geognostiche e prove geotecniche in mare

- Perforazione di sondaggi a carotaggio continuo da moto-pontone (Foto 6, Sm 3; Foto 7, Sm 5);
- Prelievo di campioni rimaneggiati;
- Prelievo di campioni indisturbati;
- Prelievo di campioni superficiali di fondo mediante benna;
- Prove di resistenza meccanica a mezzo prove S.P.T. (Standard Penetration Test).

3. Analisi e prove di laboratorio

- Determinazione delle caratteristiche fisiche e granulometriche di campioni prelevati durante la perforazione dei sondaggi ed a mezzo benna;
- Determinazione delle caratteristiche meccaniche di campioni prelevati durante la perforazione di sondaggi a c.c. mediante prove di taglio diretto CD.;

- Prove di compressione edometrica.

Il sito dei sondaggi a carotaggio continuo effettuati sia a terra (St) che in mare (Sm) risulta in apposito allegato, nel quale può rilevarsi come la loro ubicazione sia stata scelta in modo da poter fare i dovuti allineamenti per i successivi profili geolitologici (All. SG 03) e sezioni geolitologiche lungo le sezioni di progetto (All. SG 05).

Qui di seguito le coordinate dei rispettivi punti di sondaggio:

COORDINATE DEI PUNTI-SONDAGGIO A C.C.				
INDICAZIONE PUNTI	N	E	N	E
	SISTEMA DI RIFERIMENTO			
	GAUSS-BOAGA Fuso Est		GEOGRAFICHE WGS 84 GMS	
St 1	4.208.047,3600	2.463.055,0000	38° 01' 11"	14° 21' 13"
St 2	4.207.865,0400	2.463.380,6000	38° 01' 05"	14° 21' 20"
Sm 1	4.208.075,5783	2.463.259,1615	38° 01' 07"	14° 21' 12"
Sm 2	4.208.149,8112	2.463.397,3197	38° 01' 09"	14° 21' 18"
Sm 3	4.208.171,5089	2.463.591,3036	38° 01' 10"	14° 21' 25"
Sm 4	4.208.007,0993	2.463.658,8115	38° 01' 04"	14° 21' 28"
Sm 5	4.207.752,4483	2.463.603,3511	38° 00' 56"	14° 21' 26"

Mentre per i dettagli delle colonne stratigrafiche dei singoli sondaggi si rimanda all'apposito allegato di progetto, qui di seguito vengono riportati in maniera sintetica le varie tipologie litologiche rinvenute in ogni terebrazione.

SONDAGGIO St 1			
da m	a m	DESCRIZIONE LITOLOGIA	LITOTIPO
0.00	3.20	Depositi attuali di spiaggia costituiti da ciottoli e blocchi tondeggianti con ghiaia, più raramente con sabbia, di natura quarzarenitica e arenacea a cemento carbonatico e depositi di mare basso costituiti prevalentemente da sabbia quarzarenitica.	SG
3.20	10.00	Limi sabbiosi più o meno argillosi mediamente consistenti e argille limose brune consistenti con presenza di ghiaia poligenica	AB
10.00	30.00	Marne argillose color bianco crema, calcari marnosi a frattura concoide e calcari bianchi puri a frattura scheggiata (Trubi).	TB

SONDAGGIO St 2			
da m	a m	DESCRIZIONE LITOLOGIA	LITOTIPO
0.00	6.30	Depositi attuali di spiaggia costituiti da ciottoli e blocchi tondeggianti con ghiaia, più raramente con sabbia, di natura quarzarenitica e arenacea a cemento carbonatico e depositi di mare basso costituiti prevalentemente da sabbia quarzarenitica.	SG

6.30	30.00	Argilla grigia da consistente a molto consistente, talora con cristalli e clasti di gesso e presenza di sottili livelli di sabbia grigia	AG
------	-------	--	-----------

SONDAGGIO Sm 1			
da m	a m	DESCRIZIONE LITOLOGIA	LITOTIPO
0.00	7.00	Depositi attuali di spiaggia costituiti da ciottoli e blocchi tondeggianti con ghiaia, più raramente con sabbia, di natura quarzarenitica e arenacea a cemento carbonatico e depositi di mare basso costituiti prevalentemente da sabbia quarzarenitica.	SG
7.00	15.00	Marne argillose color bianco crema, calcari marnosi a frattura concoide e calcari bianchi puri a frattura scheggiata (Trubi).	TB

SONDAGGIO Sm 2			
da m	a m	DESCRIZIONE LITOLOGIA	LITOTIPO
0.00	15.00	Depositi attuali di spiaggia costituiti da ciottoli e blocchi tondeggianti con ghiaia, più raramente con sabbia, di natura quarzarenitica e arenacea a cemento carbonatico e depositi di mare basso costituiti prevalentemente da sabbia quarzarenitica.	SG

SONDAGGIO Sm 3			
da m	a m	DESCRIZIONE LITOLOGIA	LITOTIPO
0.00	20.00	Depositi attuali di spiaggia costituiti da ciottoli e blocchi tondeggianti con ghiaia, più raramente con sabbia, di natura quarzarenitica e arenacea a cemento carbonatico e depositi di mare basso costituiti prevalentemente da sabbia quarzarenitica.	SG

SONDAGGIO Sm 4			
da m	a m	DESCRIZIONE LITOLOGIA	LITOTIPO
0.00	15.00	Depositi attuali di spiaggia costituiti da ciottoli e blocchi tondeggianti con ghiaia, più raramente con sabbia, di natura quarzarenitica e arenacea a cemento carbonatico e depositi di mare basso costituiti prevalentemente da sabbia quarzarenitica.	SG

SONDAGGIO Sm 5			
da m	a m	DESCRIZIONE LITOLOGIA	LITOTIPO
0.00	2.80	Depositi attuali di spiaggia costituiti da ciottoli e blocchi tondeggianti con ghiaia, più raramente con sabbia, di natura quarzarenitica e arenacea a cemento carbonatico e depositi di mare basso costituiti prevalentemente da sabbia quarzarenitica.	SG
2.80	15.00	Arenaria giallognola debolmente cementata e sabbia addensata più o meno limosa gialla	AR

Allo scopo di una caratterizzazione puntuale dei fondali dal punto di vista sedimentologico sono stati prelevati con apposita attrezzatura sedimenti marini nei punti appresso indicati:

COORDINATE DEI PUNTI-PRELIEVO DI CAMPIONI SEDIMENTOLOGICI

INDICAZIONE PUNTI	N	E	N	E
	SISTEMA DI RIFERIMENTO			
	GAUSS-BOAGA Fuso Est		GEOGRAFICHE WGS 84 GMS	
Ps 1	4.208.123,7734	2.462.018,7872	38° 01' 08,39"	14° 20' 21,40"
Ps 2	4.208.203,7734	2.462.018,7872	38° 01' 10,90"	14° 20' 21,40"
Ps 3	4.208.353,7734	2.462.018,7872	38° 01' 15,80"	14° 20' 21,30"
Ps 4	4.208.164,6964	2.462.464,8560	38° 01' 09,82"	14° 20' 39,70"
Ps 5	4.208.244,6964	2.462.464,8560	38° 01' 12,40"	14° 20' 39,70"
Ps 6	4.208.394,6964	2.462.464,8560	38° 01' 17,20"	14° 20' 39,60"
Ps 7	4.208.126,0418	2.462.810,7503	38° 01' 09,81"	14° 20' 53,90"
Ps 8	4.208.244,8208	2.462.886,8981	38° 01' 12,50"	14° 20' 57,00"
Ps 9	4.208.441,9213	2.462.978,9222	38° 01' 18,90"	14° 21' 00,74"
Ps 10	4.208.027,4365	2.463.188,3152	38° 01' 05,53"	14° 21' 09,44"
Ps 11	4.208.195,3559	2.463.306,6445	38° 01' 11,00"	14° 21' 14,20"
Ps 12	4.208.381,5843	2.463.389,3703	38° 01' 17,00"	14° 21' 17,50"
Ps 13	4.207.989,9660	2.463.425,0760	38° 01' 04,37"	14° 21' 19,10"
Ps 14	4.208.238,2035	2.463.595,4084	38° 01' 12,40"	14° 21' 26,00"
Ps 15	4.207.852,6068	2.463.624,5177	38° 00' 59,90"	14° 21' 27,30"
Ps 16	4.207.672,3612	2.463.783,0579	38° 00' 54,10"	14° 21' 33,90"
Ps 17	4.207.757,7374	2.463.838,9377	38° 00' 56,90"	14° 21' 36,20"
Ps 18	4.207.883,6852	2.463.845,3170	38° 01' 01,01"	14° 21' 36,40"
Ps 19	4.208.039,5830	2.463.920,7577	38° 01' 06,09"	14° 21' 39,40"
Ps 20	4.207.636,5841	2.464.072,0000	38° 00' 53,00"	14° 21' 45,70"
Ps 21	4.207.726,4436	2.464.081,8020	38° 00' 55,90"	14° 21' 46,10"
Ps 22	4.207.937,5888	2.464.114,8756	38° 01' 02,82"	14° 21' 47,40"
Ps 23	4.207.663,0279	2.464.289,6858	38° 00' 53,90"	14° 21' 54,70"
Ps 24	4.207.764,8316	2.464.314,1945	38° 00' 57,20"	14° 21' 55,60"
Ps 25	4.207.931,8460	2.464.357,5789	38° 01' 02,69"	14° 21' 57,40"
Ps 26	4.207.758,7367	2.464.656,1564	38° 00' 57,10"	14° 22' 09,71"
Ps 27	4.207.838,7367	2.464.656,1564	38° 00' 59,70"	14° 22' 09,69"
Ps 28	4.207.988,7367	2.464.656,1564	38° 01' 04,60"	14° 22' 09,65"
Ps 29	4.207.828,3178	2.465.128,2970	38° 00' 59,50"	14° 22' 29,00"
Ps 30	4.207.908,3178	2.465.128,2970	38° 01' 02,10"	14° 22' 29,00"
Ps 31	4.208.063,0870	2.465.620,8520	38° 01' 07,23"	14° 22' 49,10"
Ps 32	4.208.143,0870	2.465.620,8520	38° 01' 09,81"	14° 22' 19,10"

Sui campioni a granulometria più fine sono state determinate le caratteristiche fisiche e granulometriche; su quelli a granulometria grossolana è stata fatta la sola classificazione diretta della distribuzione dei diametri applicando il metodo della “griglia di campionamento”. Gli esiti vengono esposti appresso:

CARATTERISTICHE FISICHE						
SONDAGGIO	LITOTIPO	CAMPIONE	PROF. PRELIEVO m	CONTENUTO D'ACQUA (w) %	PESO SPECIFICO DEI GRANI (γ_s) kN/m ³	DESCRIZIONE GRANULOMETRICA
Ps 1		C1	1,00			Blocchi con ciottoli
Ps 2	SG	C2	5,00	23,20	25,982	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa.
Ps 3		C3	9,60	21,50	25,691	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa.
Ps 4		C4	1,00			Ciottoli con ghiaia e blocchi
Ps 5		C5	4,00	19,80	26,079	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa.
Ps 6		C6	7,00	21,50	25,905	Sabbia debolmente limosa e ghiaiosa
Ps 7		C7	1,00			Blocchi e ciottoli
Ps 8		C8	4,60	21,10	25,823	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa.
Ps 9		C9	9,70			Sabbia limosa
Ps 10		C10	1,00			Ciottoli e ghiaia con blocchi
Ps 11		C11	6,40	21,30	25,604	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa.
Ps 12		C12	9,50	20,80	26,073	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa.
Ps 13		C13	4,50	19,40	25,998	Sabbia limosa
Ps 14		C14	7,80	23,40	25,913	Sabbia limosa
Ps 15		C15	3,90	23,20	25,786	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa.
Ps 16		C16	1,00			Blocchi e ghiaia con ciottoli
Ps 17		C17	3,50	21,00	25,902	Sabbia debolmente limosa e ghiaiosa
Ps 18		C18	6,30	24,30	25,985	Sabbia limosa
Ps 19		C19	8,10	23,20	26,060	Sabbia limosa
Ps 20		C20	1,00			Ciottoli e blocchi
Ps 21		C21	4,00	24,10	25,695	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa.
Ps 22		C22	7,20	24,30	26,026	Sabbia limosa
Ps 23		C23	1,00			Ciottoli e ghiaia
Ps 24		C24	4,30	23,40	26,000	Sabbia limosa
Ps 25		C25	7,00	23,90	26,172	Sabbia limosa
Ps 26		C26	1,00			Ghiaia e ciottoli con blocchi
Ps 27		C27	3,70	24,10	25,988	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa.
Ps 28		C28	6,70			Sabbia limosa
Ps 29		C29	1,00			Ciottoli e blocchi con ghiaia
Ps 30		C30	5,20	25,00	25,915	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa.
Ps 31		C31	1,00			Ciottoli e blocchi con ghiaia
Ps 32		C32	6,00	23,30	26,078	Sabbia debolmente limosa e ghiaiosa

Nel corso dei sondaggi geognostici a c.c. sono stati prelevati campioni rappresentativi dei litotipi attraversati sui quali sono state eseguite prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisiche e delle proprietà meccaniche attraverso prove di taglio di tipo CD. Nei litotipi coesivi sono stati determinati i limiti di Atterbergh. Nei litotipi coesivi prelevati allo stato indisturbato sono state eseguite prove di compressione edometrica allo scopo di determinarne il coefficiente di compressibilità (a_v), il coefficiente di compressibilità volumetrica (m_v), l'indice di compressibilità (C_c). Gli esiti vengono esposti nelle tabelle che seguono.

CARATTERISTICHE FISICHE							
SONDAGGIO A C.C.	LITOTIPO	CAMPIONE	PROF. PRELIEVO da m a m	CONTENUTO D'ACQUA (w) %	PESO UNITA' DI VOLUME (γ) kN/m ³	PESO SPECIFICO DEI GRANI (γ_s) kN/m ³	DESCRIZIONE GRANULOMETRICA
Sm 1	SG	B2R	0,80 - 1,00	13,50	21,38	25,79	Sabbia argillosa debolmente limosa e ghiaiosa
		B3R	6,60 - 6,80	13,30	18,04	26,09	Ghiaia sabbiosa, argillosa e limosa
Sm 2		B3R	2,80 - 3,00	14,80	20,59	27,38	Sabbia limosa debolmente argillosa e ghiaiosa
		B1R	5,80 - 6,00	13,70	20,00	27,06	
Sm 3		B2R	6,80 - 7,00	11,80	20,99	26,77	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa e argillosa
		B1R	0,80 - 1,00	13,60	21,18	25,89	Sabbia limosa debolmente argillosa e ghiaiosa
		B2R	4,80 - 5,00	15,90	20,90	26,80	Sabbia limosa debolmente argillosa e ghiaiosa
Sm 4		B3R	7,80 - 8,00	14,90	20,59	26,89	Sabbia limosa debolmente argillosa e ghiaiosa
		B1R	2,80 - 3,00	21,00	16,18	26,79	
Sm 5		B2R	12,80 - 13,00	16,70	20,40	26,75	
	B1R	1,50 - 1,70	10,00	22,65	26,54	Sabbia con limo ghiaiosa e argillosa	
St 1	AB	B1R	4,50 - 4,70	11,10	18,53	25,87	Ghiaia sabbiosa, argillosa e limosa
		C1R	8,60 - 8,80	28,00	18,83	27,05	Argilla con limo
St 2	AG	C1R	7,40 - 7,60	20,30	20,49	26,59	
		C2R	10,40 - 10,60	25,50	19,22	26,50	
		C1	12,30 - 12,60	17,10	20,69	26,40	Limo con argilla debolmente sabbioso
		C2	17,00 - 17,20	16,70	18,04	26,79	Limo con argilla sabbioso
		C3R	19,80 - 20,00	17,10	20,79	26,99	
		C3	29,50 - 29,80	14,80	20,40	26,88	Limo sabbioso e argilloso
St 1	TB	C2R	10,50 - 10,70	22,00	19,61	26,00	Marna calcarea
		C3R	14,30 - 14,50	19,40	19,71	25,81	Marna calcarea
Sm 1		C1	7,00 - 7,20	18,00	20,59	26,19	Marna

		B1R	11,20 - 11,40	26,00	18,24	25,89	Argilla e limo debolmente sabbiosa
--	--	-----	---------------	-------	-------	-------	------------------------------------

PROVE DI TAGLIO DIRETTO CD						
SONDAGGIO A.C.C.	LITOTIPO	CAMPIONE	TIPO DI CAMPIONE	PROF. PRELIEVO da m a m	TENSIONE NORMALE σ kPa	TENSIONE TANGENZIALE τ (PICCO) kPa
St 1	AB	CR1	A disturbo limitato	8,60 - 8,80	98,07	56,94
					196,14	112,22
					294,21	136,67
	TB	CR2	A disturbo limitato	10,50 - 10,70	98,07	96,67
					196,14	156,94
					294,21	207,78
	AB	B1R	A disturbo limitato	4,50 - 4,70	98,07	74,91
					196,14	124,96
					294,21	192,1
St 2	AG	C1	Indisturbato	12,30 - 12,60	98,07	71,81
					196,14	115,01
					294,21	148,9
	AG	C2	Indisturbato	17,00 - 17,20	98,07	57,2
					196,14	85,48
					294,21	113,77
Sm 1	TB	C1	Indisturbato	7,00 - 7,20	98,07	87,5
					196,14	132,78
					294,21	180,28
	SG	B2R	A disturbo limitato	0,80 - 1,00	98,07	67,45
					196,14	124,96
					294,21	172,83
	SG	B3R	A disturbo limitato	6,60 - 6,80	98,07	63,1
					196,14	109,73
					294,21	145,79
Sm 2	SG	B1R	A disturbo limitato	5,80 - 6,00	98,07	62,22
					196,14	120,56
					294,21	193,06
	SG	B3R	A disturbo limitato	2,80 - 3,00	98,07	74,17
					196,14	123,33
					294,21	186,67
Sm3	SG	B1R	A disturbo limitato	0,80 - 1,00	98,07	74,17
					196,14	123,33
					294,21	186,67
	SG	B2R	A disturbo limitato	4,80 - 5,00	98,07	68,33
					196,14	121,94
					294,21	165,56

Sm 4	SG	B1R	A disturbo limitato	2,80 - 3,00	98,07	65,28
					196,14	116,67
					294,21	186,67
Sm 5	SG	B1R	A disturbo limitato	1,50 - 1,70	98,07	74,17
					196,14	112,78
					294,21	165,56

LIMITI DI ATTERBERG								
SONDAGGIO A.C.C.	LITOTIPO	CAMPIONE	PROF. PRELIEVO da m a m	CONTENUTO D'ACQUA (W) %	LIMITE DI LIQUIDITA' (Wl) %	LIMITE DI PLASTICITA' (Wp) %	INDICE DI PLASTICITA' (Ip)	INDICE DI CONSISTENZA (Ic)
St 1		C1R	8,60 - 8,80	28,00	72	44	28	1,57
St 2	AG	C1R	7,40 - 7,60	20,30	41	30	11	1,88
		C2R	10,40 - 10,60	25,50	53	31	22	1,25
		C1	12,30 - 12,60	17,10	39	23	16	1,37
		C2	17,00 - 17,20	16,70	49	25	24	1,35
		C3R	19,80 - 20,00	17,10	22	19	3	1,63
		C3	29,50 - 29,80	14,80	46	23	23	1,36
Sm 1	TB	C1	7,00 - 7,20	18,00	47	29	18	1,61
		B1R	11,20 - 11,40	26,00	42	28	14	1,14
Sm 5	SG	B1R	1,50 - 1,70	10,00	40	14	26	1,15

PROVE DI COMPRESIONE EDOMETRICA						
SONDAGGIO A.C.C.	LITOTIPO	CAMPIONE	TIPO DI CAMPIONE	PROF. PRELIEVO da m a m	TENSIONE NOMINALE σ'_v kPa	INDICE DEI VUOTI e
St 2	AG	C1	Indisturbato	12,30 - 12,60	49,04	0,4784
					98,08	0,4665
					196,16	0,4478
					392,32	0,4247
					784,64	0,3948
					1569,28	0,3642
					3138,57	0,3269
					1569,28	0,3351
					784,64	0,3463
					392,32	0,359
					196,16	0,3732
					49,04	0,3956
Sm 1	TB	C1	Indisturbato	7,00 - 7,20	49,04	0,4926
					98,08	0,4836

					196,16	0,4649
					392,32	0,4364
					784,64	0,4064
					1569,28	0,3696
					3138,57	0,3269
					1569,28	0,3336
					784,64	0,3434
					392,32	0,3546
					196,16	0,3651
					98,08	0,3764
					49,04	0,3914

Nei terreni sciolti, allo scopo di determinarne le caratteristiche di addensamento e risalire alle proprietà meccaniche, nel corso dei sondaggi geognostici a c.c. sono state eseguite delle prove S.P.T. (Standard Penetration Test). Qui di seguito ne vengono esposti gli esiti.

PROVE S.P.T. SUI TERRENI GRANULARI							
SONDAGGIO A C.C.	LITOTIPO	PROFONDITA' INIZIO PROVA m	N COLPI			N COLPI VALIDI	ADDENSAMENTO
Sm 1	SG	-2,50	2	5	7	12	MODERATAMENTE ADDENSATO
Sm 2		-3	3	7	11	18	MODERATAMENTE ADDENSATO
		-7,5	5	8	12	20	MODERATAMENTE ADDENSATO
		-11	7	11	13	24	MODERATAMENTE ADDENSATO
		-14	9	13	18	31	ADDENSATO
Sm 3		-3	5	7	11	18	MODERATAMENTE ADDENSATO
		-7	4	8	12	20	MODERATAMENTE ADDENSATO
		-12	9	15	18	33	ADDENSATO
		-18	8	15	23	38	ADDENSATO
Sm 4		-3	5	7	11	18	MODERATAMENTE ADDENSATO
		-7,5	4	8	12	20	MODERATAMENTE ADDENSATO
		-13	7	9	15	24	MODERATAMENTE ADDENSATO

1.6 SISMICITA' DELL'AREA E PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

Le ricerche sulla sismicità della Sicilia centro-orientale (Barbano et Al. 1978÷1984) ed altri studi sui maggiori terremoti degli ultimi mille anni in Sicilia (Lombardo 1984) hanno dimostrato che più del 48% del territorio regionale ha subito, almeno una volta, una scossa sismica d'intensità superiore al 9° grado della scala M.S.K. 64.

La distribuzione degli epicentri e l'attività sismica individuano, oltre alla Calabria, la fascia orientale e centro-settentrionale della Sicilia tra le aree ad elevata pericolosità sismica, con rischio sismico molto più alto nelle zone densamente popolate.

Il "rischio sismico" del territorio in studio, oltre ad essere legato ai grossi eventi sismici a carattere regionale, come quelli del 1908, 1693 e del 1169, va valutato anche in termini di sismicità locale.

I dati sismici disponibili, con riferimento soprattutto al Catalogo dei Terremoti del C.N.R., evidenziano l'elevato rischio sismico del territorio in esame. Il territorio del Comune di S.Stefano di Camastra nella tabella allegata al D.M. LL.PP. del 23 settembre 1981 era stato incluso tra le zone sismiche di seconda categoria.

Nella propagazione dell'energia sismica le modalità d'interazione dinamica suolo-struttura sono condizionate da una serie di fattori, alcuni dei quali legati alle caratteristiche proprie delle strutture (periodo proprio d'oscillazione, peso della struttura, altezza, eccentricità, rigidità), mentre altri dipendono esclusivamente dalla litologia e dalla morfologia del sito d'intervento.

L'energia elastica che si sprigiona da una sorgente sismica possiede all'origine uno spettro di frequenza assai vario, che dipende essenzialmente dai meccanismi focali; la propagazione di quest'energia, attraverso il mezzo geologico, determina generalmente una modificazione dello spettro della sorgente mediante effetti selettivi, che tendono ad amplificare alcune frequenze e ad assorbirne altre.

Tale "effetto filtro" assume notevole importanza se riferito agli strati più superficiali del terreno; in altre parole, a quella parte del suolo che interagisce direttamente con le opere di fondazione o che comunque risente della trasmissione dei carichi esercitati dalle stesse strutture.

La normativa contenuta nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. del 14/01/2008), a differenza dei precedenti procedimenti prescrittivi, adotta un approccio prestazionale alla progettazione delle strutture nuove e alla verifica di quelle esistenti e si pone quale obiettivo primario il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito di costruzione.

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli stati limite, che possono verificarsi durante un determinato periodo di riferimento della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica, che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la vita nominale dell'opera, che congiuntamente alla classe d'uso, permette di determinare quel periodo di riferimento;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, una volta definite le relative probabilità di superamento, è possibile stabilire il periodo di ritorno associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la pericolosità sismica di base per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

1.6.1 Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento

Nelle NTC08 il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \times C_U \quad (2.1)$$

dove:

$$V_R = \textit{periodo di riferimento}$$

$$V_N = \textit{vita nominale}$$

$$C_U = \textit{coefficiente d'uso}$$

La vita nominale di un'opera strutturale V_N , secondo le NTC08, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità:

- $V_N \leq 10$ anni per le opere provvisorie, provvisionali e le strutture in fase costruttiva che però abbiano una durata di progetto ≥ 2 anni.
- $V_N \geq 50$ anni per le opere ordinarie, ponti, infrastrutture e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.
- $V_N \geq 100$ anni per grandi opere, ponti, infrastrutture e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica.

Nel caso specifico $V_N = 50$ anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC08 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. $C_U = 0.7$;

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. $C_U = 1.0$;

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. $C_U = 1.5$;

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie, ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico.

Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.
 $C_U = 2.0$;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d'uso I** a cui è associato il coefficiente d'uso $C_U = 0,7$.

Una volta ottenuti V_N e C_U , è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R , che qui vale:

$$V_R = 50 * 0,7 = 35 \text{ anni.}$$

1.6.2 Stati limite, probabilità di superamento e periodo di ritorno

Le NTC08 prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali,

mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le NTC08, in presenza di azioni sismiche, richiedono le verifiche allo SLO solo per gli elementi non strutturali e per gli impianti di strutture di classi d'uso III e IV (NTC08, punto 7.1). Lo SLO si utilizza anche come riferimento progettuale per quelle opere che devono restare operative durante e subito dopo il terremoto. Le verifiche allo SLC sono, invece, richieste solo per le costruzioni o ponti con isolamento e/o dissipazione (NTC08, punto 7.10).

Ad ogni stato limite è associata una *probabilità di superamento* P_{VR} (V. Tabella 3.1), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento V_R , si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di a_g prefissata (a_g = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/T_R$ (T_R = periodo di ritorno).

Tabella 3.1 – Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento V_R

Stati limite			P_{VR}
Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	81%
	Stato limite di danno	SLD	63%
Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	10%
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	5%

Fissati V_R e P_{VR} associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni, mediante l'espressione riportata nell'**Allegato A** delle NTC08:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra P_{VR} (probabilità) e T_R (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è $V_R = 35$ anni, il tempo di ritorno T_R sarà:

Tabella 3.2 – Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento VR

	Stati limite		T_R
Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	30
	Stato limite di danno	SLD	35
Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	332
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	682

1.6.3 Definizione della pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC08, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC08 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione “Mappe interattive della pericolosità sismica”.

Secondo le NTC08 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno T_R (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'**Allegato A** alle NTC08:

a_g = accelerazione orizzontale massima;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

a_g , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

F_0 e T_C^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella (figura 4.2), contenuta nell'Allegato B delle NTC08, per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

ID	LON	LAT	$T_R = 30$			$T_R = 50$			$T_R = 72$			$T_R = 101$		
			a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

Figura 4.2 – Stralcio della tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC08, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche.

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e P_{V_R} fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione, a partire dai dati relativi ai tempi di

ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g , F_O , T_C^*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre $p_1, 2$ è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno $T_{R1, 2}$.

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g , F_O , T_C^*) corrispondente al punto considerato, p_i è il valore di tale parametro nell' i -esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo vertice della suddetta maglia.

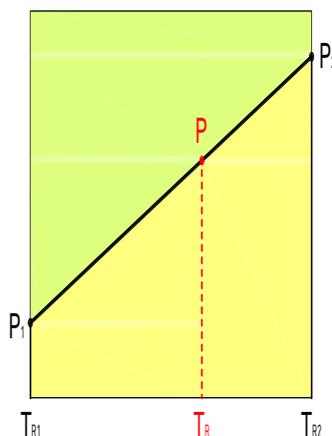


Figura 4.3 – Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella figura 4.4.

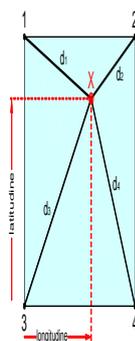


Figura 4.4 – Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

Pertanto, per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC08, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

$$d = R \cdot \arccos[\sin(\text{lat}\beta) \cdot \sin(\text{lat}\alpha) + \cos(\text{lat}\beta) \cdot \cos(\text{lat}\alpha) \cdot \cos(\text{lon}\alpha - \text{lon}\beta)] \quad (4.3)$$

dove $R = 6371$ è il raggio medio terrestre in km, mentre $\text{lat } \alpha$, $\text{lon } \alpha$, $\text{lat } \beta$ e $\text{lon } \beta$ sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza.

La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di $\pm 0,01g$ ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile.

Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.

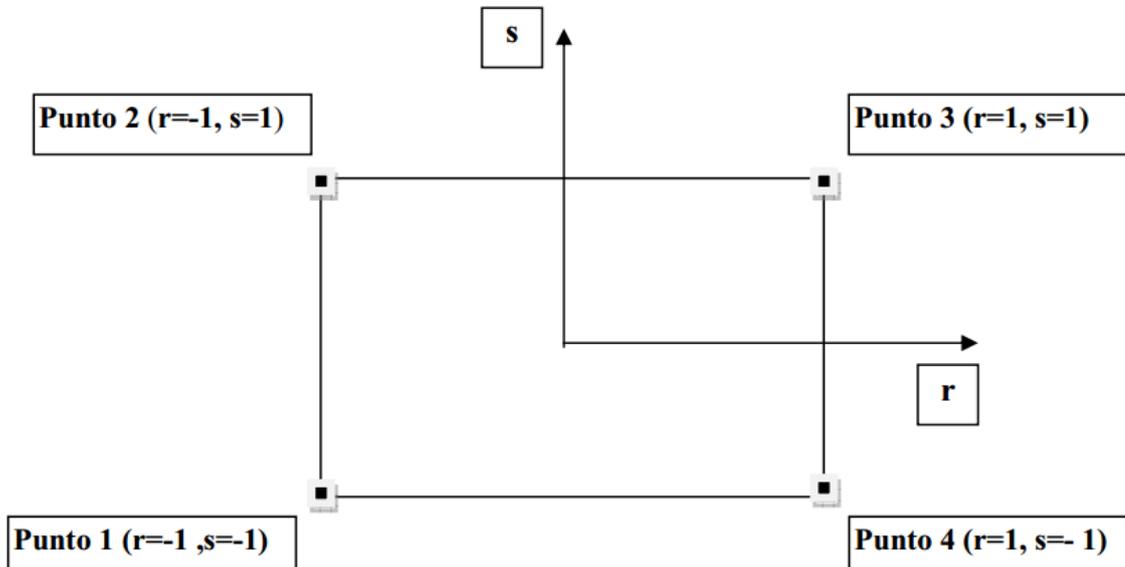


Figura 4.5 – Applicazione dell'interpolazione bilineare.

Definiti i 4 vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = (1 - r)(1 - s)/4 \quad (4.4)$$

$$h_2 = (1 - r)(1 + s)/4 \quad (4.5)$$

$$h_3 = (1 + r)(1 + s)/4 \quad (4.6)$$

$$h_4 = (1 + r)(1 - s)/4 \quad (4.7)$$

Tra le coordinate x, y di un punto generico e le coordinate r, s dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

$$4x = \sum_{i=1}^4 h_i x_i = [(1 - r)(1 - s)x_1 + (1 - r)(1 + s)x_2 + (1 + r)(1 + s)x_3 + (1 + r)(1 - s)x_4] \quad (4.8)$$

$$4y = \sum_{i=1}^4 h_i y_i = [(1 - r)(1 - s)y_1 + (1 - r)(1 + s)y_2 + (1 + r)(1 + s)y_3 + (1 + r)(1 - s)y_4] \quad (4.9)$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s , si determinano i parametri a_g, F_0, T_C^* dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^4 h_i p_i = [(1-r)(1-s)p_1 + (1-r)(1+s)p_2 + (1+r)(1+s)p_3 + (1+r)(1-s)p_4] \quad (4.10)$$

Dove p rappresenta il parametro cercato.

1.6.4 Pericolosità sismica di sito

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A).

1.6.4.1 Coefficienti sismici

I coefficienti sismici orizzontale K_h e verticale K_v dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (T_R) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R non può essere inferiore a 35 anni.

1.6.4.2 Stabilità dei pendii e fondazioni

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti K_h e K_v sono così determinati:

$$K_h = \beta_s \times (a_{\max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_h$$

con β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
 a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
 g accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella tabella 5.1.

Tabella 5.1 – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S S_T a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0,90 \leq S_S \leq 1,80$) è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

S_T (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

$$\mathbf{T1: S_T = 1.0; T2: S_T = 1.20; T3: S_T = 1.2; T4: S_T = 1.40.}$$

1.6.5 Prove sismiche in situ

Nell'ambito delle indagini e prove geognostiche finalizzate ad avere una conoscenza puntuale del sito oggetto d'intervento furono realizzate anche due prospezioni sismiche in foro del tipo Down-Hole nei due fori dei sondaggi, spinti per lo scopo a -30 m dal p.c., effettuati a terra e indicati nell'apposito allegato con St 1 ed St 2.

Le prove del tipo Down-Hole vengono svolte per la determinazione delle proprietà elasto-dinamiche dei terreni consentendo di definire il profilo sismostratigrafico, in termini di propagazione delle onde Vs, dell'area di sedime di un manufatto. Dagli esiti di una prova Down-Hole, infine, è possibile risalire alla classificazione sismica del suolo di fondazione secondo la nuova normativa tecnica (D.M. 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni").

1.6.5.1 Descrizione delle prospezioni sismiche in foro Down-Hole

Le prospezioni sismiche in foro consistono nella misura in situ delle velocità di propagazione delle onde di compressione P e delle onde di taglio S. Tali grandezze sono indice delle proprietà meccaniche dei terreni e consentono di caratterizzare successioni litostratigrafiche dal punto di vista geotecnico e della risposta sismica.

I vantaggi delle misure sismiche in foro mediante la tecnica dei profili sismici verticali rispetto alla sismica tradizionale sono notevoli.

Innanzitutto, la distribuzione verticale di velocità in una piccola zona circostante al foro di sonda può essere conosciuta con un alto potere risolvante; inoltre, al contrario della sismica a rifrazione, non ha come condizione che la velocità aumenti con la profondità e pertanto vengono messe bene in luce le inversioni di velocità.

Il metodo Down-Hole consiste nella misurazione del tempo di percorso delle onde P ed S nel tragitto tra la sorgente sismica, posta in superficie, e i ricevitori, opportunamente predisposti, posti all'interno del foro e solidalmente ad esso ancorati.

L'acquisizione dei dati si articola in due fasi: generazione ed acquisizione delle onde di compressione P e delle onde SH, mediante la tecnica dell'inversione di fase, consentendo, così, di determinare la velocità di propagazione media delle onde sismiche di compressione P e di quelle trasversali o di taglio S.

1.6.5.2 Moduli elastici e parametri geosismici

Il calcolo dei moduli elastici si basa sulla teoria dell'elasticità (legge di Hooke), la quale prevede che, per sforzi impulsivi e di piccola energia, i corpi subiscono deformazioni linearmente proporzionali alle forze che le originano:

$$\sigma = \varepsilon K$$

dove:

σ = sforzo applicato;

ε = deformazione prodotta;

K = coefficiente di proporzionalità (il suo significato fisico è diverso in relazione al tipo di forze applicate e deformazioni conseguenti).

In siffatte condizioni a tutti i litotipi si possono attribuire le medesime proprietà dei corpi elastici. Cioè: omogeneità, isotropia e continuità. Ne consegue che ciascun litotipo attraversato da onde sismiche subisce deformazioni elastiche strettamente correlate con le sue caratteristiche geomeccaniche e fisiche dei litotipi interessati dalla sollecitazione elastica. Caratteristiche geomeccaniche e fisiche che, a loro volta, condizionano la velocità di propagazione delle onde sismiche che attraversano il litotipo medesimo.

Appare chiaro, conseguentemente, come una corretta determinazione delle onde P ed S possa essere utile per avere informazioni sulla natura e il tipo di risposta alle sollecitazioni dinamiche di un litotipo per ricavare, conoscendo la densità del mezzo attraversato, i moduli elastodinamici che caratterizzano il litotipo stesso. Che sono:

- modulo di elasticità o di Young (E): coefficiente, caratteristico di ogni litotipo, che esprime la resistenza alla deformazione lineare di un corpo sottoposto ad uno sforzo di dilatazione o di compressione. Il modulo di Young è influenzato dalla porosità e dalla pressione litostatica: i valori minimi si registrano in litotipi ad alta porosità saturi di gas, mentre i valori massimi si hanno per litotipi a bassa porosità, sotto pressione e saturi di acqua;
- coefficiente di Poisson (σ): esprime la misura della deformazione geometrica subita da un corpo elastico e varia da 0,2 a 0,3 per le rocce compatte, da 0,3 a 0,35 per le sabbie e da 0,4 a 0,5 per le argille;
- modulo di taglio o di rigidità (Shear) (G): esprime la misura del rapporto sforzo-deformazione nel caso di uno sforzo di taglio, stabilendo pertanto la resistenza di una roccia alle variazioni di forma. Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione litostatica: assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a bassa pressione e saturi d'acqua;
- modulo di volume o di incomprimibilità (Bulk modulus) (K): misura il rapporto sforzo-deformazione nel caso di una pressione idrostatica ed indica la resistenza del corpo alle variazioni di volume. Tale parametro varia con la porosità, con la pressione e con la quantità d'acqua presente nella roccia. Aumenta con il grado di saturazione, con il decrescere della porosità e con l'aumentare della pressione litostatica.

1.6.6 Esiti delle prospezioni

Mentre per i dettagli si rimanda all'apposito elaborato, qui di seguito si riportano gli esiti di ciascuna prospezione sismica eseguita, rispettivamente, nel foro del sondaggio St 1 (Foto 8) e nel foro del sondaggio St 2 (Foto 9).

1.6.6.1 Down-Hole nel foro del sondaggio St 1

L'elaborazione dei dati ha permesso di distinguere due orizzonti sismostratigrafici correlabili con i risultati della perforazione meccanica:

1. un primo sismostrato, superficiale, fino alla profondità di 4,00 m dal p.c., caratterizzato da velocità di propagazione delle onde P di 733 m/s e velocità delle onde S variabile da 187 m/s a 189 m/s, comprendente gli orizzonti stratigrafici aerati e alterati superficiali costituiti dall'alternanza di ghiaia e sabbia con blocchi di varia natura e dai limi-sabbiosi poco consistenti, riscontrati nel corso della perforazione meccanica;
2. un secondo sismostrato, profondo, caratterizzato da una velocità di propagazione delle onde P di 2184 m/s e velocità delle onde S variabile da 745 m/s a 687 m/s, associabile, invece, alle marne più o meno argillose o calcaree, molto consistenti, individuate fino a fondo foro nel corso del sondaggio geognostico.

1.6.6.2 Down-Hole nel foro del sondaggio St 2

Anche in questa prospezione l'elaborazione dei dati ha permesso di distinguere due orizzonti sismostratigrafici correlabili con i risultati della perforazione meccanica:

1. un primo sismostrato, superficiale, fino alla profondità di 6,00 m dal p.c., caratterizzato da velocità di propagazione delle onde P di 589 m/s e velocità delle onde S variabile da 249 m/s a 269 m/s, comprendente l'orizzonte stratigrafico aerato superficiale costituito dall'alternanza di ghiaia e sabbia con blocchi di varia natura, riscontrati nel corso della perforazione meccanica;
2. un secondo sismostrato, profondo, caratterizzato da una velocità di propagazione delle onde P di 2151 m/s e velocità delle onde S variabile da 508 m/s a 545 m/s, associabile, invece, alle argille molto consistenti individuate fino a fondo foro nel corso del sondaggio geognostico.

1.6.7 Determinazione della categoria di suolo

Allo scopo di definire lo spettro di risposta elastico, il valore V_{S30} , velocità media pesata entro 30 m di profondità, è stato calcolato secondo la relazione che segue:

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

Dove h_i e V_i indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri oggetto delle misurazioni.

Il calcolo del V_{S30} è stato effettuato per sismostrati omogenei, il cui peso è definito dallo spessore riscontrato lungo la verticale di misura.

Il D.M. 14 gennaio 2008, ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto, definisce cinque categorie lito-stratigrafiche:

- A.** Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m;
- B.** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina);
- C.** Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 in, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina);
- D.** Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} inferiori a 180 m/s ((ovvero $N_{SPT30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina);

E. Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s)

Sono state inoltre definite due categorie particolari, che prevedono studi speciali per la definizione dell'azione sismica di progetto.

Nel caso in esame le prospezioni sismiche in foro hanno dato i seguenti risultati:

PROSPEZIONE SISMICA DOWN-HOLE	VSX30 (m/s)	VSY30 (m/s)	CATEGORIA SUOLO
DH 1 – St 1	533,0	508,4	B
DH 2 - St 2	420,5	452,2	B

1.6.8 Pericolosità sismica di base

- Data: 10/04/2017

- Vita nominale (Vn): 50 [anni]
- Classe d'uso: III
- Coefficiente d'uso (Cu): 1.5
- Periodo di riferimento (Vr): 75 [anni]

- Periodo di ritorno (Tr) SLO: 45 [anni]
- Periodo di ritorno (Tr) SLD: 75 [anni]
- Periodo di ritorno (Tr) SLV: 712 [anni]
- Periodo di ritorno (Tr) SLC: 1462 [anni]

- Tipo di interpolazione: Media ponderata

- Coordinate geografiche del punto
- Latitudine (WGS84): 38.0135300 [°]
- Longitudine (WGS84): 14.3533800 [°]
- Latitudine (ED50): 38.0145800 [°]
- Longitudine (ED50): 14.3542200 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	45634	38.031890	14.313710	4036.36
2	45635	38.031390	14.377030	2736.07
3	45857	37.981400	14.376380	4169.77
4	45856	37.981890	14.313140	5115.70

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0.049	2.357	0.262
SLO	45	0.060	2.366	0.273
	50	0.064	2.368	0.276
	72	0.076	2.359	0.282
SLD	75	0.078	2.359	0.283
	101	0.089	2.358	0.288
	140	0.103	2.355	0.292
	201	0.121	2.355	0.298
	475	0.170	2.394	0.311
SLV	712	0.196	2.428	0.314
	975	0.219	2.455	0.316
SLC	1462	0.250	2.485	0.323
	2475	0.297	2.525	0.331

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
-----------------	--------------	-----------	-----------	------------

	30	0.050	2.361	0.262
SLO	45	0.061	2.364	0.274
	50	0.065	2.365	0.277
	72	0.077	2.358	0.283
SLD	75	0.079	2.358	0.284
	101	0.091	2.354	0.289
	140	0.105	2.353	0.293
	201	0.123	2.352	0.299
	475	0.172	2.398	0.312
SLV	712	0.199	2.432	0.315
	975	0.223	2.458	0.317
SLC	1462	0.254	2.487	0.324
	2475	0.301	2.526	0.333

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0.052	2.362	0.260
SLO	45	0.064	2.348	0.271
	50	0.068	2.344	0.274
	72	0.081	2.341	0.281
SLD	75	0.083	2.341	0.281
	101	0.096	2.337	0.286
	140	0.111	2.335	0.291
	201	0.130	2.338	0.296
	475	0.181	2.396	0.309
SLV	712	0.209	2.429	0.313
	975	0.234	2.455	0.316
SLC	1462	0.266	2.487	0.323
	2475	0.315	2.529	0.333

Punto 4

Stato	Tr	ag	F0	Tc*
-------	----	----	----	-----

limite	[anni]	[g]	[-]	[s]
	30	0.051	2.352	0.260
SLO	45	0.064	2.343	0.270
	50	0.067	2.340	0.273
	72	0.081	2.343	0.279
SLD	75	0.082	2.342	0.280
	101	0.095	2.336	0.285
	140	0.110	2.334	0.289
	201	0.129	2.336	0.294
	475	0.180	2.390	0.308
SLV	712	0.208	2.424	0.312
	975	0.233	2.451	0.315
SLC	1462	0.265	2.483	0.322
	2475	0.313	2.526	0.331

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	45	0.062	2.357	0.272
SLD	75	0.080	2.351	0.282
SLV	712	0.202	2.429	0.314
SLC	1462	0.258	2.486	0.323

1.6.9 Pericolosità sismica di sito

- Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%
- Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000
- Categoria sottosuolo:

B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e

da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 maggiore di 50 nei terreni a grana grossa e c_{u30} maggiore di 250 kPa nei terreni a grana fine).

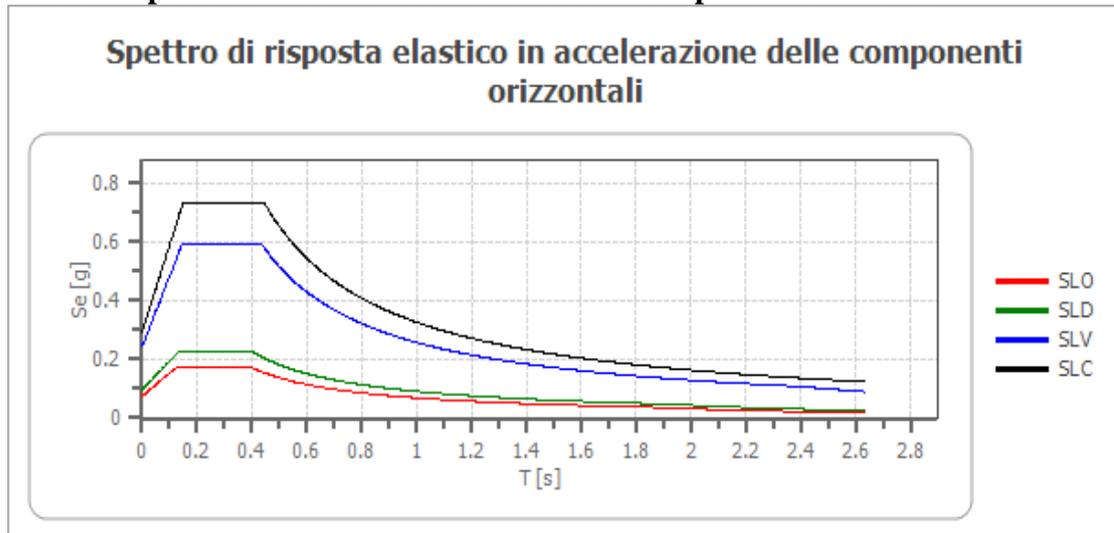
- Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.015	0.019	0.068	0.082
kv	0.007	0.010	0.034	0.041
amax [m/s ²]	0.732	0.943	2.382	2.882
Beta	0.200	0.200	0.280	0.280

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

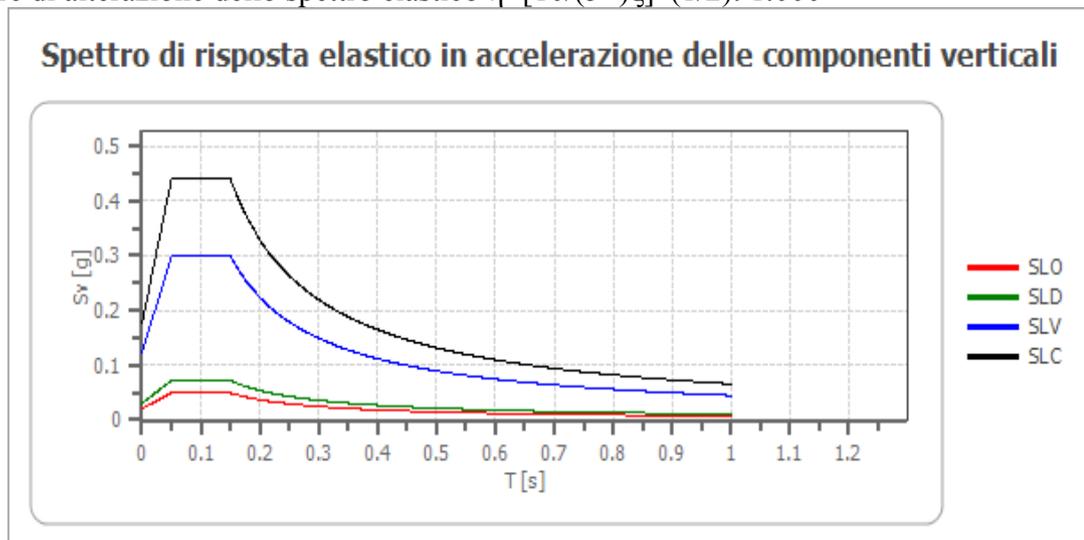


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.5	0.062	2.357	0.272	1.200	1.430	1.000	1.200	1.000	0.130	0.389	1.849	0.075	0.176
SLD	1.5	0.080	2.351	0.282	1.200	1.420	1.000	1.200	1.000	0.134	0.401	1.920	0.096	0.226
SLV	1.5	0.202	2.429	0.314	1.200	1.390	1.000	1.200	1.000	0.145	0.436	2.410	0.243	0.590
SLC	1.5	0.258	2.486	0.323	1.140	1.380	1.000	1.140	1.000	0.149	0.446	2.631	0.294	0.731

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.5	0.062	2.357	0.272	1	1.430	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.021	0.049
SLD	1.5	0.080	2.351	0.282	1	1.420	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.031	0.072
SLV	1.5	0.202	2.429	0.314	1	1.390	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.123	0.299
SLC	1.5	0.258	2.486	0.323	1	1.380	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.177	0.439

Spettro di progetto

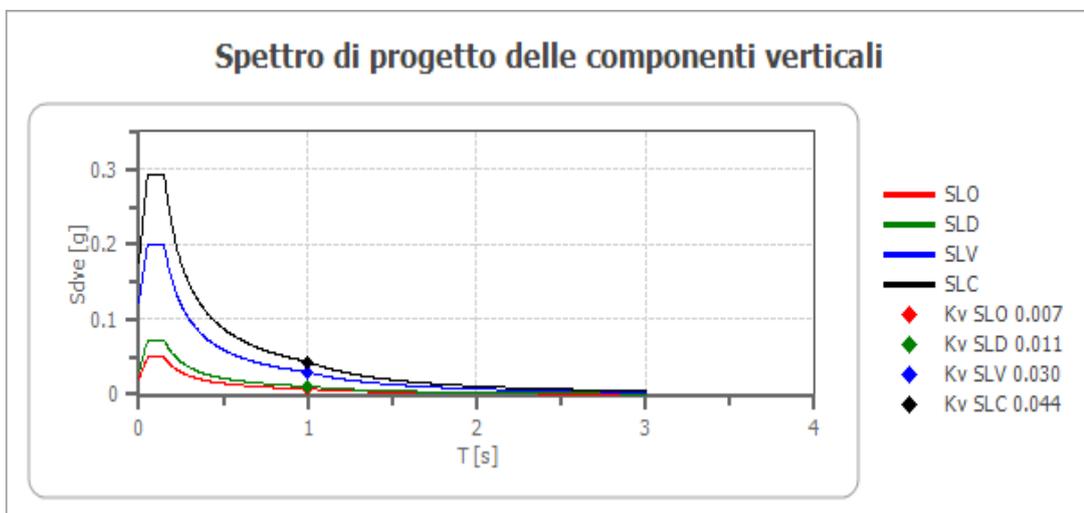
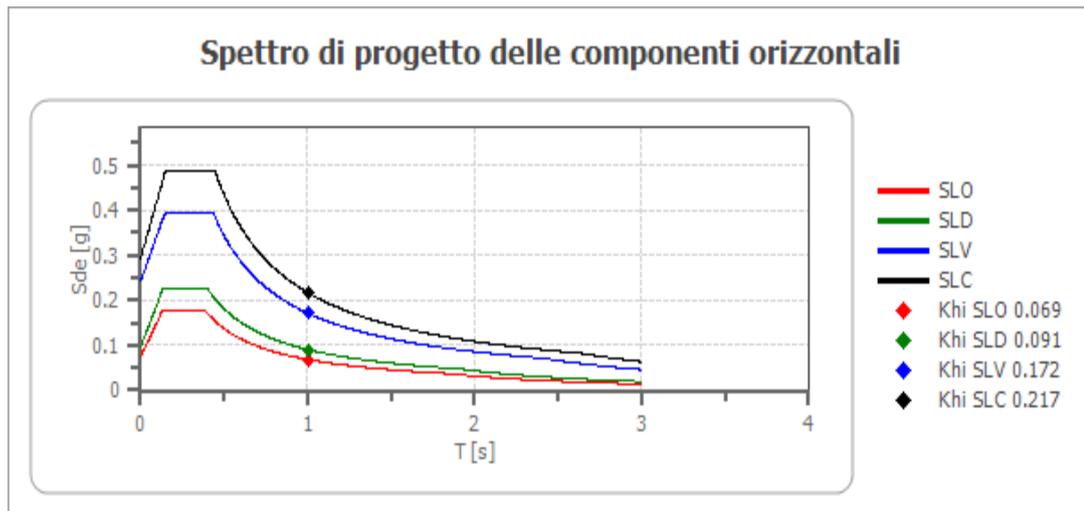
Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1.50

Fattore di struttura spettro verticale q: 1.50

Periodo fondamentale T: 1.00

[s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0.069	0.091	0.172	0.217
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0.007	0.011	0.030	0.044



	cu	ag	FO	Tc*	Ss	Cc	St	S	q	TB	TC	TD	Sd(0)	Sd(TB)
		[g]	[-]	[s]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[s]	[s]	[s]	[g]	[g]
SLO orizzontale	1.5	0.062	2.357	0.272	1.200	1.430	1.000	1.200	1.000	0.130	0.389	1.849	0.075	0.176
SLO verticale	1.5	0.062	2.357	0.272	1.200	1.430	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.021	0.049

SLD orizzontale	1.5	0.080	2.351	0.282	1.200	1.420	1.000	1.200	1.000	0.134	0.401	1.920	0.096	0.226
SLD verticale	1.5	0.080	2.351	0.282	1.200	1.420	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.031	0.072
SLV orizzontale	1.5	0.202	2.429	0.314	1.200	1.390	1.000	1.200	1.500	0.145	0.436	2.410	0.243	0.393
SLV verticale	1.5	0.202	2.429	0.314	1.200	1.390	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.123	0.199
SLC orizzontale	1.5	0.258	2.486	0.323	1.140	1.380	1.000	1.140	1.500	0.149	0.446	2.631	0.294	0.487
SLC verticale	1.5	0.258	2.486	0.323	1.140	1.380	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.177	0.293

1.7 SITUAZIONE IDROGEOLOGICA

E' stata fatta una ricerca negli Annali idrologici diffusi dall'Agenzia Regionale per i Rifiuti e le Acque relativamente alle stazioni pluviometriche di S.Stefano di Camastra e di Mistretta nell'ambito del Bacino S.Stefano.

Dall'analisi dei dati è risultato che l'area oggetto del presente studio è caratterizzata da una piovosità media piuttosto bassa. La stazione S.Stefano nell'arco di anni 1960 ÷ 2005 (Fig. 2) fa registrare una piovosità annua media di 619,41 mm di pioggia con massimi eccezionali rilevati nel 1973 di 1.121 mm e nel 1975 di 1.054,20 mm. I minimi eccezionali si rilevano nel 1992 con 239,60 mm e nel 1995 con 288,20 mm. Le precipitazioni inoltre si estinguono quasi del tutto nei mesi più caldi, durante i quali raramente si registrano fenomeni piovosi anche se di eccezionale entità. Il mese più piovoso risulta il mese di dicembre con una media di 84,19 mm di pioggia; il meno piovoso risulta il mese di luglio con appena 8,51 mm di pioggia (Fig. 3).

Per le considerazioni che verranno appresso esposte in apposito capitolo, relativamente agli apporti solidi da parte dei corsi d'acqua che sfociano nel paraggio, sono stati acquisiti, come innanzi accennato, anche i dati rilevati negli anni 1960 ÷ 2009 presso la stazione pluviometrica di Mistretta e le massime precipitazioni dell'anno per periodi di più giorni consecutivi. Che, per la stazione S.Stefano, si riferiscono all'arco 1960 ÷ 1994 (Tab. 1), per la stazione Mistretta all'intervallo 1961 ÷ 1987 (Tab. 2). Dall'analisi dei dati relativi alla stazione Mistretta (Fig. 4) risulta una piovosità annua media di 955,10 mm con massimi eccezionali nel 1969, 1971, 1973, 1996, 2009 durante i quali la piovosità ha toccato punte rispettivamente di 1.574,70 mm, 1.424,60 mm, 1.457,40 mm, 1.510 mm, 1621,50 mm. La massima precipitazione si è avuta nel gennaio 1973, data in cui si sono raggiunti i valori appresso esposti:

- 151,00 mm il 1° gennaio;
- 246,20 mm dal 1° al 2 gennaio (2 gg.);
- 253,20 mm dal 1° al 3 gennaio (3 gg.).

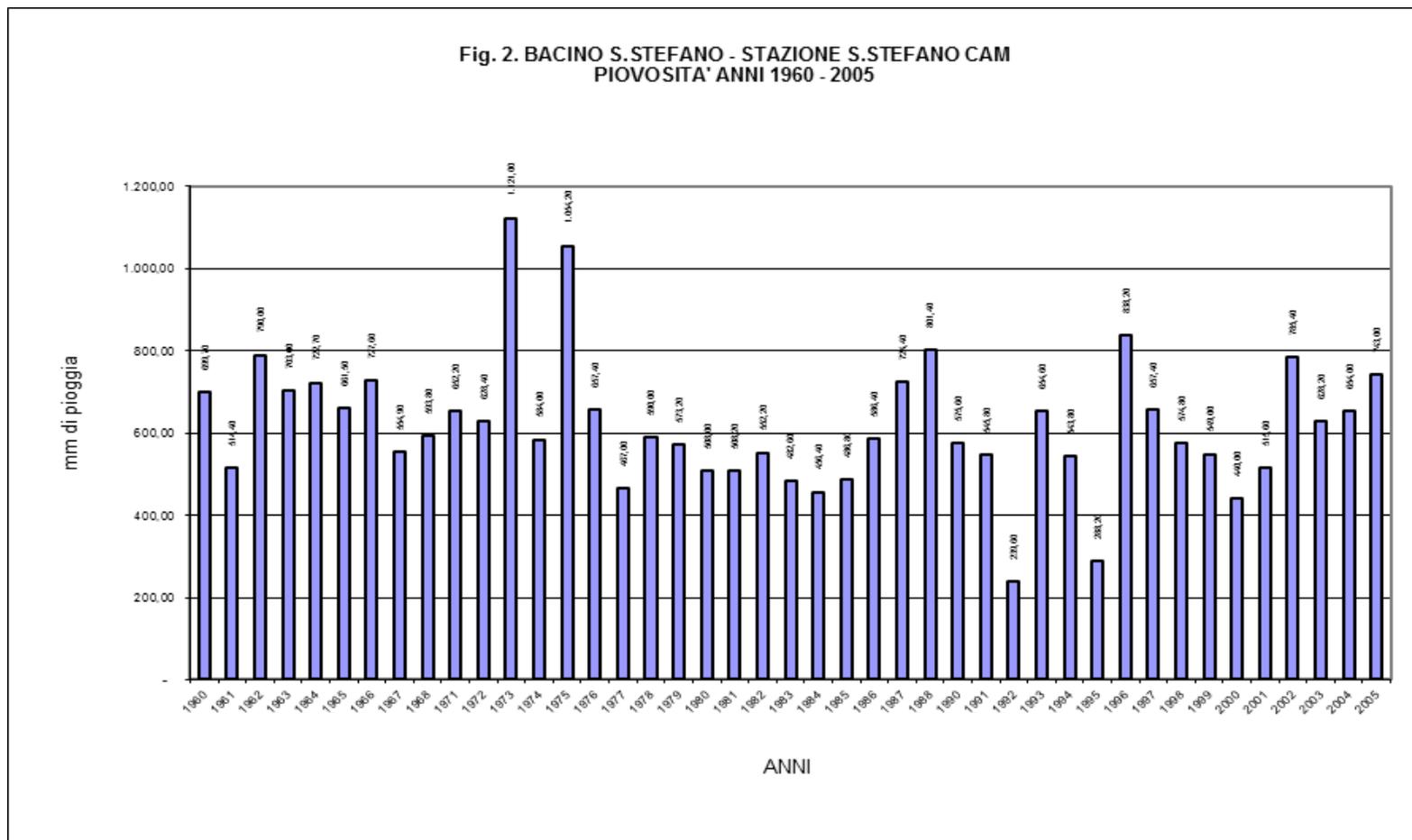
Nella stazione S.Stefano la massima precipitazione è stata registrata nel maggio 1975, data in cui si sono raggiunti i seguenti valori:

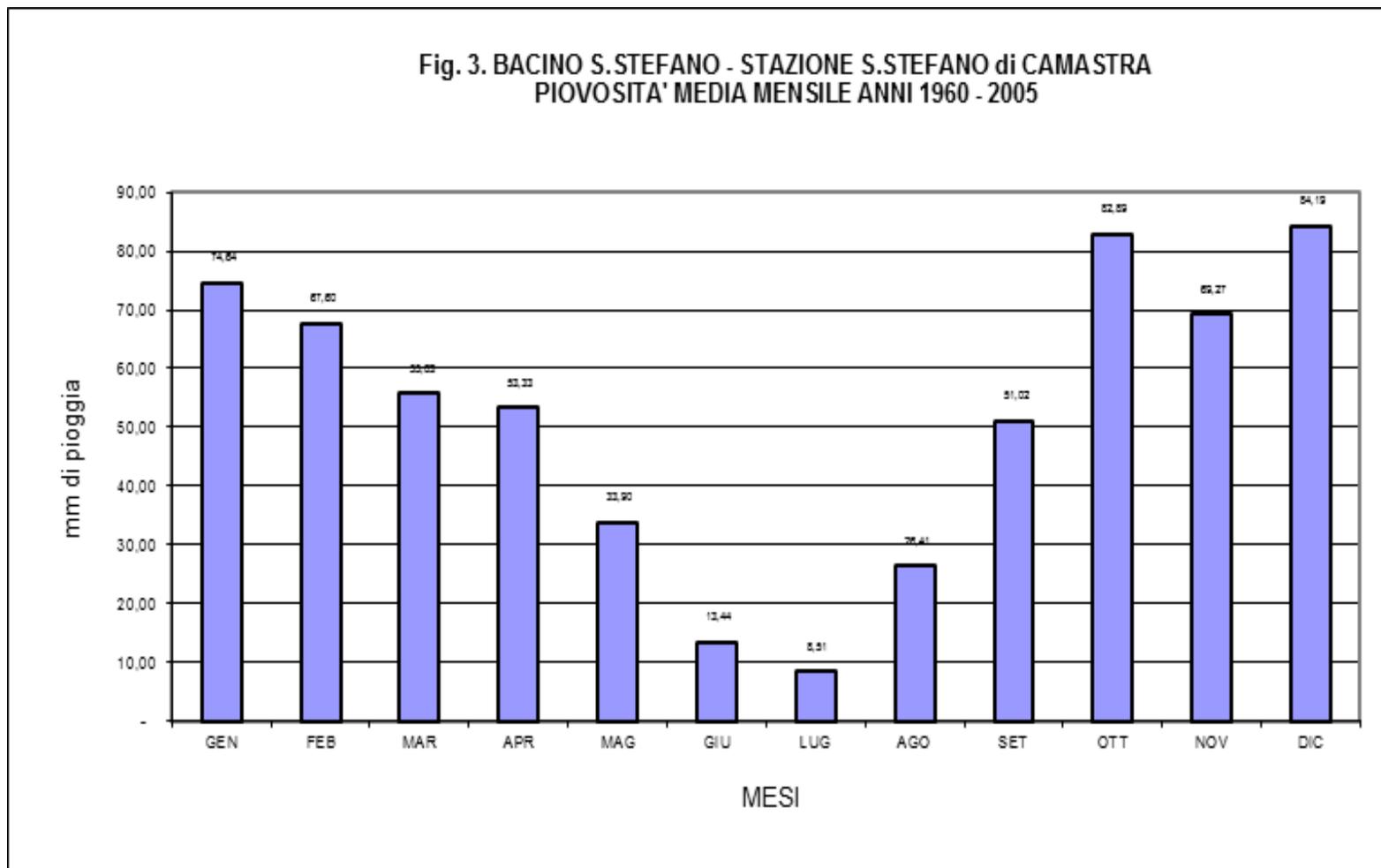
- 137,60 mm il 13 maggio;
- 159,00 mm dal 13 al 14 maggio (2 gg.);
- 165,20 mm dal 13 al 15 maggio (3 gg.);
- 170,00 mm dal 12 al 15 maggio (4 gg.).

I minimi eccezionali nella stazione Mistretta sono stati registrati nel 1984 con 533,60 mm e nel 1992 con 605,20 mm.

Durante i mesi di maggio, giugno, luglio e agosto la piovosità è molto scarsa, soprattutto nel mese di luglio, durante il quale a Mistretta mediamente cadono appena 15,59 mm di pioggia. I mesi più piovosi sono gennaio e dicembre durante i quali cadono - in media - rispettivamente 136,19 mm e 142,13 mm di pioggia (Fig. 5).

Globalmente il regime massimo nelle due stazioni prese in esame viene normalmente registrato nell'arco di tempo che va da ottobre-novembre a marzo-aprile.



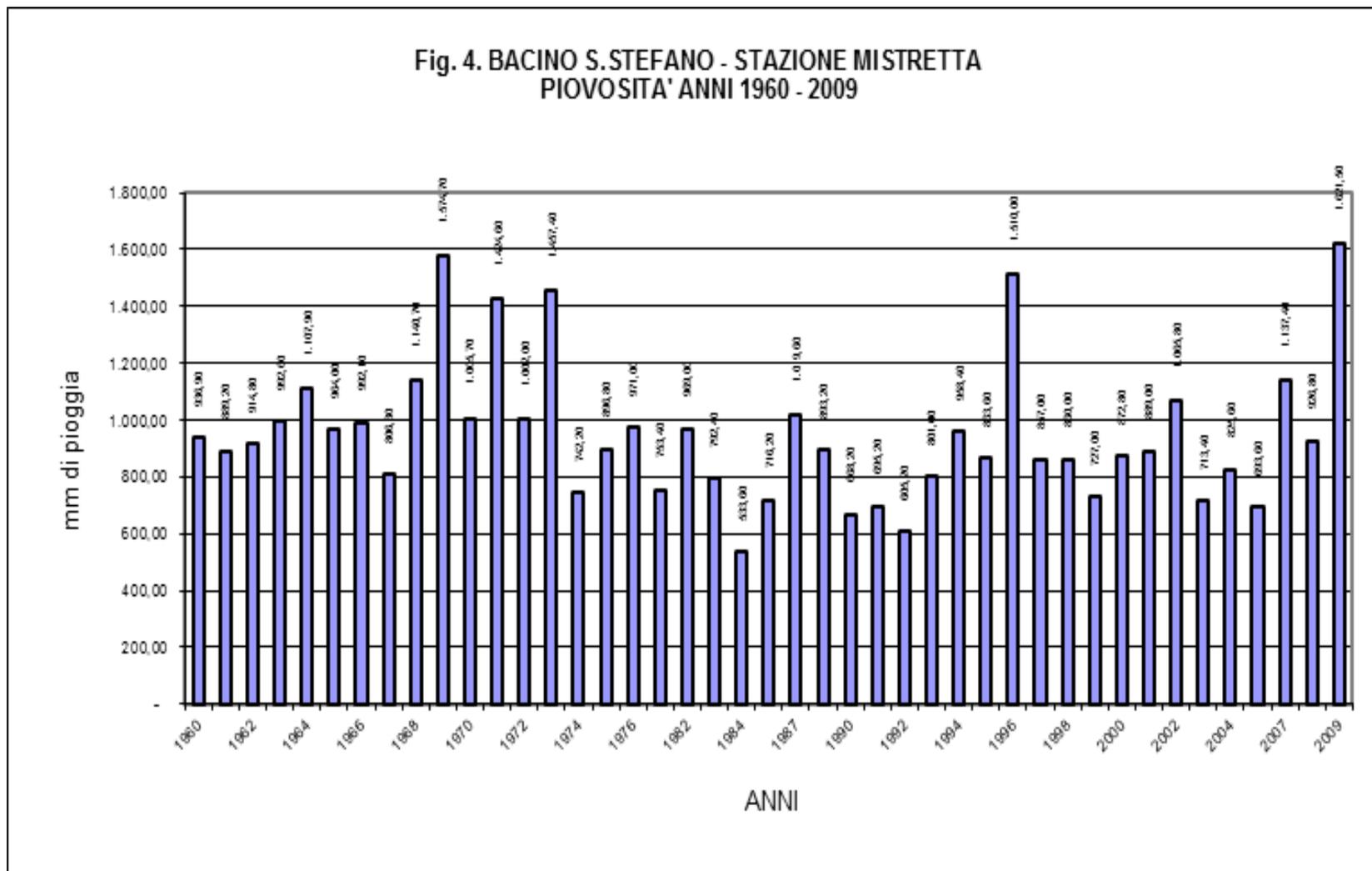


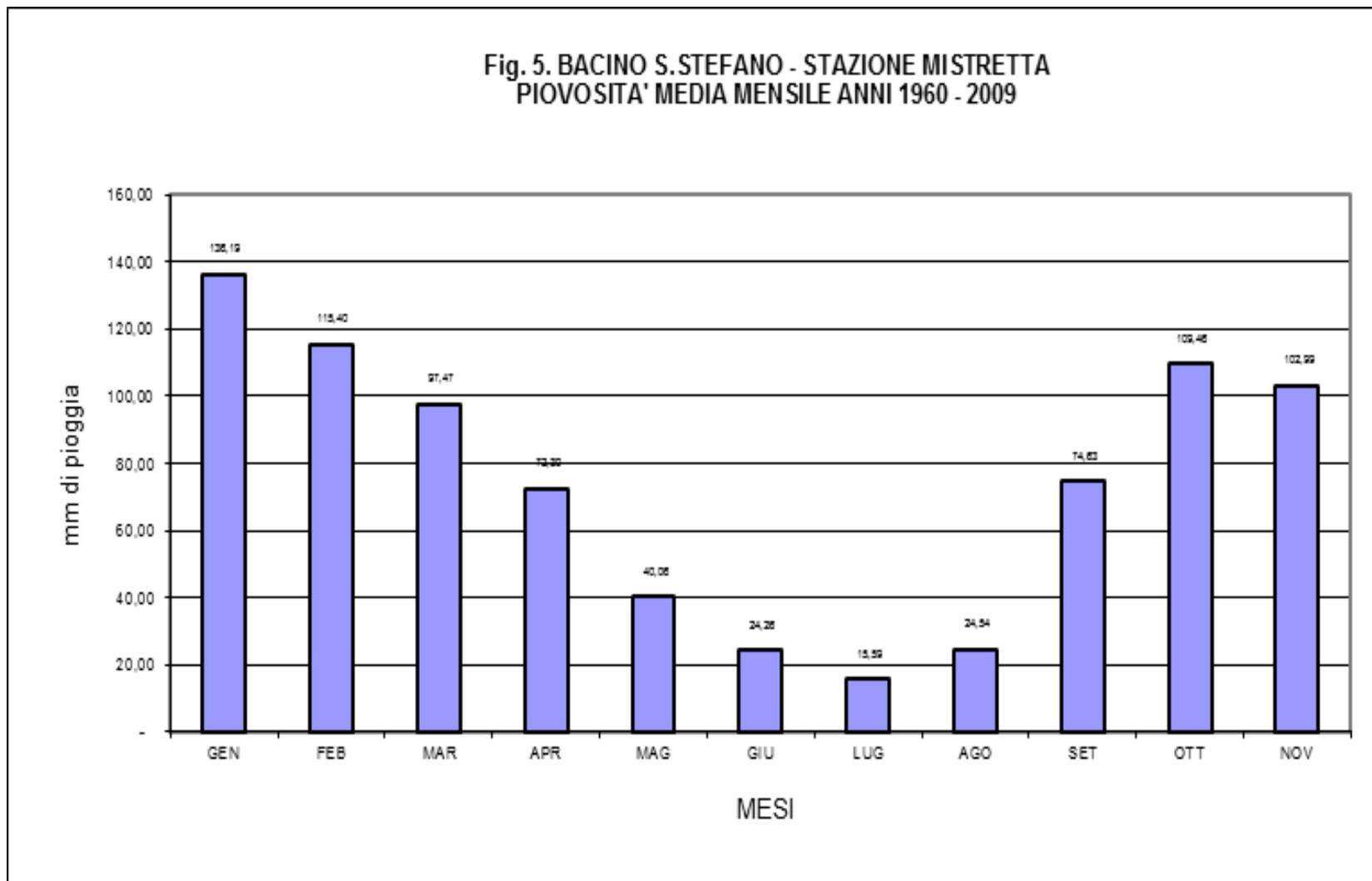
<i>Bacino:</i> S.STEFANO														
<i>Stazione:</i> S.Stefano di Camastra														
Tab. 1. MASSIME PRECIPITAZIONI DELL' ANNO PER PERIODI DI PIU'GIORNI CONSECUTIVI														
ANNO	NUMERO DEI GIORNI DEL PERIODO													
	1		2			3			4			5		
	mm di pioggia	data	mm di pioggia	dal	al	mm di pioggia	dal	al	mm di pioggia	da	al	mm di pioggia	da	al
1960	41,80	6-mar	57,50	20-mar	21-mar	68,80	20-mar	22-mar	71,80	19-mar	22-mar	75,30	18-mar	22-mar
1961	85,00	17-nov	95,00	17-nov	18-nov	103,00	16-nov	18-nov	103,00	15-nov	18-nov	105,00	16-nov	20-nov
1962	46,00	30-ott	56,00	10-dic	11-dic	71,00	30-ott	01-nov	80,00	01-feb	04-feb	89,00	31-gen	04-feb
1963	54,00	04-ott	65,00	26-ott	27-ott	86,00	26-ott	28-ott	100,00	26-ott	29-ott	100,00	25-ott	29-ott
1964	48,30	01-set	59,30	12-nov	13-nov	72,60	12-nov	14-nov	72,60	11-nov	14-nov	72,60	10-nov	14-nov
1965	50,30	21-ott	51,70	20-ago	21-ago	55,10	21-ott	23-ott	55,10	20-ott	23-ott	62,90	20-gen	24-gen
1966	63,20	08-mag	63,20	07-mag	08-mag	63,20	06-mag	08-mag	77,40	04-mar	07-mar	77,40	03-mar	07-mar
1967	65,70	22-mag	98,50	21-mag	22-mag	112,20	20-mag	22-mag	112,20	19-mag	22-mag	112,20	18-mag	22-mag
1968	35,60	08-giu	48,60	21-dic	22-dic	57,30	14-dic	16-dic	57,30	13-dic	16-dic	71,50	12-dic	16-dic
1971	39,00	06-ott	63,00	20-feb	21-feb	72,40	20-feb	22-feb	74,60	18-feb	21-feb	90,40	20-feb	24-feb
1972	28,80	28-set	38,40	08-ott	09-ott	45,20	11-apr	13-apr	45,40	11-apr	14-apr	52,80	21-ago	25-ago
1973	76,60	02-gen	131,40	01-gen	02-gen	132,40	01-gen	03-gen	132,40	01-gen	04-gen	132,40	01-gen	05-gen
1974	38,00	25-apr	50,60	07-nov	08-nov	51,40	06-nov	08-nov	54,60	05-nov	08-nov	54,80	05-nov	09-nov
1975	137,60	13-mag	159,00	13-mag	14-mag	165,20	13-mag	15-mag	170,00	12-mag	15-mag	170,00	11-mag	15-mag
1976	53,60	26-ott	57,80	19-nov	20-nov	63,80	18-nov	20-nov	66,80	18-nov	21-nov	68,40	17-nov	21-nov

SST PORTO PROGETTO DEFINITIVO RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA 17D10.doc

1977	40,60	26-nov	47,00	25-nov	26-nov	52,20	24-nov	26-nov	55,60	24-nov	27-nov	56,00	24-nov	28-nov
1978	40,00	14-nov	45,00	13-feb	14-feb	51,80	14-feb	16-feb	59,60	14-feb	17-feb	64,60	13-feb	17-feb
1979	39,00	18-ago	66,20	18-ago	19-ago	66,20	17-ago	19-ago	66,20	16-ago	19-ago	71,40	18-ago	22-ago
1980	37,00	27-ott	42,00	26-ott	27-ott	42,20	26-ott	28-ott	63,20	19-dic	22-dic	66,20	19-dic	23-dic
1981	42,60	23-feb	46,20	22-feb	23-feb	47,80	22-feb	24-feb	48,00	20-feb	23-feb	58,00	30-nov	04-dic
1982	34,40	23-mar	38,80	17-nov	18-nov	49,20	23-mar	25-mar	52,80	22-mar	25-mar	54,60	21-mar	25-mar
1983	46,40	18-ott	51,20	18-ott	19-ott	52,80	18-ott	20-ott	52,80	17-ott	20-ott	52,80	16-ott	20-ott
1984	34,20	02-ott	37,80	01-ott	02-ott	37,80	30-set	02-ott	45,60	13-nov	16-nov	45,60	12-nov	16-nov
1985	45,60	17-gen	56,40	16-gen	17-gen	62,80	16-gen	18-gen	79,20	14-gen	17-gen	85,60	14-gen	18-gen
1987	80,40	15-feb	82,00	30-set	01-ott	83,00	15-feb	17-feb	83,60	14-feb	17-feb	84,00	13-feb	17-feb
1988	91,20	22-ott	15,80	22-ott	23-ott	158,40	22-ott	24-ott	160,00	22-ott	25-ott	160,40	21-ott	25-ott
1990	77,80	06-ott	77,80	05-ott	06-ott	95,20	06-ott	08-ott	95,20	05-ott	08-ott	95,20	04-ott	08-ott
1991	63,20	15-feb	74,80	15-feb	16-feb	84,20	14-feb	16-feb	94,20	12-feb	15-feb	105,80	12-feb	16-feb
1992	29,60	26-mag	29,80	25-mag	26-mag	39,20	24-mag	26-mag	39,20	23-mag	26-mag	41,00	22-mag	26-mag
1993	47,40	26-ott	66,40	25-ott	26-ott	66,80	25-ott	27-ott	80,40	23-ott	26-ott	94,40	22-ott	26-ott
1994	33,80	06-feb	53,60	06-feb	07-feb	66,00	06-feb	08-feb	71,40	19-feb	22-feb	71,60	19-feb	23-feb
1997	48,20	26-set	54,20	25-set	26-set	89,20	24-set	26-set	93,80	23-set	26-set	94,00	23-set	27-set

<i>Bacino:</i> S.STEFANO														
<i>Stazione:</i> Mistretta														
Tab. 2. MASSIME PRECIPITAZIONI DELL' ANNO PER PERIODI DI PIU'GIORNI CONSECUTIVI														
ANNO	NUMERO DEI GIORNI DEL PERIODO													
	1		2			3			4			5		
	mm di pioggia	data	mm di pioggia	dal	al	mm di pioggia	dal	al	mm di pioggia	da	al	mm di pioggia	da	al
1961	64,60	9-ott	76,60	8-ott	9-ott	76,60	7-ott	9-ott	85,80	8-dic	11-dic	92,90	15-gen	19-gen
1967	50,00	29-dic	74,20	05-set	06-set	74,20	04-set	06-set	92,50	07-feb	10-feb	105,50	06-feb	10-feb
1968	68,00	16-dic	100,00	15-dic	16-dic	115,80	14-dic	16-dic	121,10	14-dic	17-dic	138,80	12-dic	16-dic
1969	100,30	13-ott	125,70	13-ott	14-ott	139,70	12-ott	14-ott	143,40	11-ott	14-ott	158,40	10-ott	14-ott
1970	68,50	16-ott	81,50	16-ott	17-ott	87,20	16-ott	18-ott	111,40	16-ott	19-ott	111,40	15-ott	19-ott
1971	103,00	04-set	103,00	03-set	04-set	107,20	02-set	04-set	162,00	01-set	04-set	162,00	31-ago	04-set
1972	108,40	31-dic	108,80	30-dic	31-dic	109,20	29-dic	31-dic	111,80	28-dic	31-dic	112,00	27-dic	31-dic
1973	151,00	01-gen	246,20	01-gen	02-gen	253,20	01-gen	03-gen	253,20	01-gen	04-gen	253,20	01-gen	05-gen
1974	48,60	10-nov	58,60	01-mar	02-mar	62,40	28-feb	02-mar	71,60	01-mar	04-mar	78,60	20-feb	24-feb
1976	88,20	26-ott	88,60	26-ott	27-ott	103,60	18-nov	20-nov	114,20	18-nov	21-nov	115,80	18-nov	22-nov
1981	36,80	22-ott	53,60	22-feb	23-feb	62,20	22-feb	24-feb	63,80	21-feb	24-feb	70,40	22-feb	26-feb
1982	71,60	23-mar	76,40	22-mar	23-mar	81,40	18-feb	20-feb	103,00	18-feb	21-feb	103,00	17-feb	21-feb
1984	51,80	13-nov	55,20	12-nov	13-nov	55,20	11-nov	13-nov	62,20	13-nov	16-nov	65,60	12-nov	16-nov
1985	74,00	17-gen	112,20	17-gen	18-gen	133,20	16-gen	18-gen	150,80	15-gen	18-gen	151,60	15-gen	19-gen
1987	72,80	15-feb	77,80	24-feb	25-feb	87,80	23-feb	25-feb	90,80	23-feb	26-feb	94,60	23-feb	27-feb





Dei terreni prima descritti, relativamente al tipo ed al loro grado di permeabilità, possono farsi le distinzioni esposte nella tabella seguente:

LITOTIPI	TIPO DI PERMEABILITA'	GRADO DI PERMEABILITA'				
		ALTO	MEDIO ALTO	MEDIO	MEDIO BASSO	BASSO
Depositi costieri attuali e di fondovalle	<i>per porosità</i>	■				
Depositi fluvio-marini recenti	<i>per porosità</i>		■			
Depositi alluvionali terrazzati	<i>per porosità</i>				■	
Arenarie poco cementate e sabbie gialle, limi sabbiosi, argille grigie	<i>per porosità</i>				■	
Marne e calcari marnosi	<i>per fratturazione</i>					■
Alternanze fliscioidi di arenarie in banchi e strati decimetrici di argille grigie sovraconsolidate	<i>per porosità e fratturazione</i>				■	

La ritenzione idrica è limitata - quindi - ai depositi di spiaggia ed ai depositi fluvio-marini. I terreni di substrato hanno un grado di permeabilità da basso a medio-basso.

Nelle aree degli interventi in progetto, il livello della falda acquifera, in questo caso costituita da acqua salata o salmastra, coincide più o meno con la quota del livello del mare.

1.8 CARATTERISTICHE ANEMOLOGICHE

Allo scopo di avere una chiara visione della situazione anemologica relativa alla linea di costa in cui ricadono le opere di progetto, è stata fatta un'accurata ricerca sui dati anemometrici disponibili di due stazioni del Servizio meteorologico dell' Aeronautica Militare ritenute rappresentative allo scopo:

1. Finale di Pollina - Lat. 38° 01'; Long 14° 10'; Alt. 25 m s.l.m.
2. Stromboli - Lat. 38° 12'; Long 15° 33'; Alt. 59 m s.l.m.

Sono state elaborate le frequenze semplici di distribuzione annuale e stagionale dei casi di vento, con velocità espressa in nodi, per ottanti di provenienza, risalendo - così - ai venti prevalenti.

I diversi casi sono stati raggruppati secondo le seguenti classi di velocità evidenziandone i rapporti percentuali:

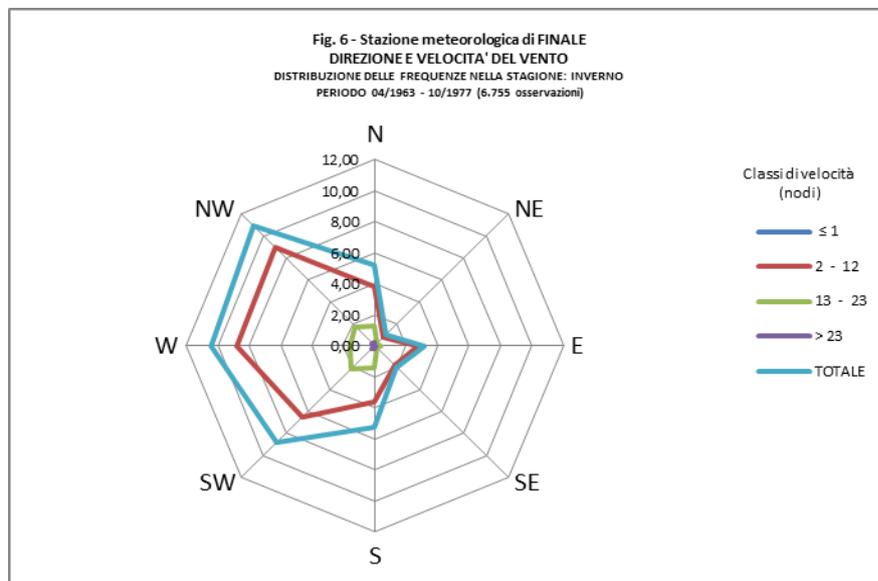
- calme (velocità del vento ≤ 1 nodo);
- brezze (velocità del vento 2 ÷ 12 nodi);
- venti forti (velocità del vento 13 ÷ 23 nodi);
- venti di burrasca (velocità del vento > 23 nodi)

I dati acquisiti alla stazione di Finale si riferiscono a 28.317 osservazioni triorarie relative al periodo aprile 1963 - ottobre 1977 con andamento stagionale simile a quello annuale.

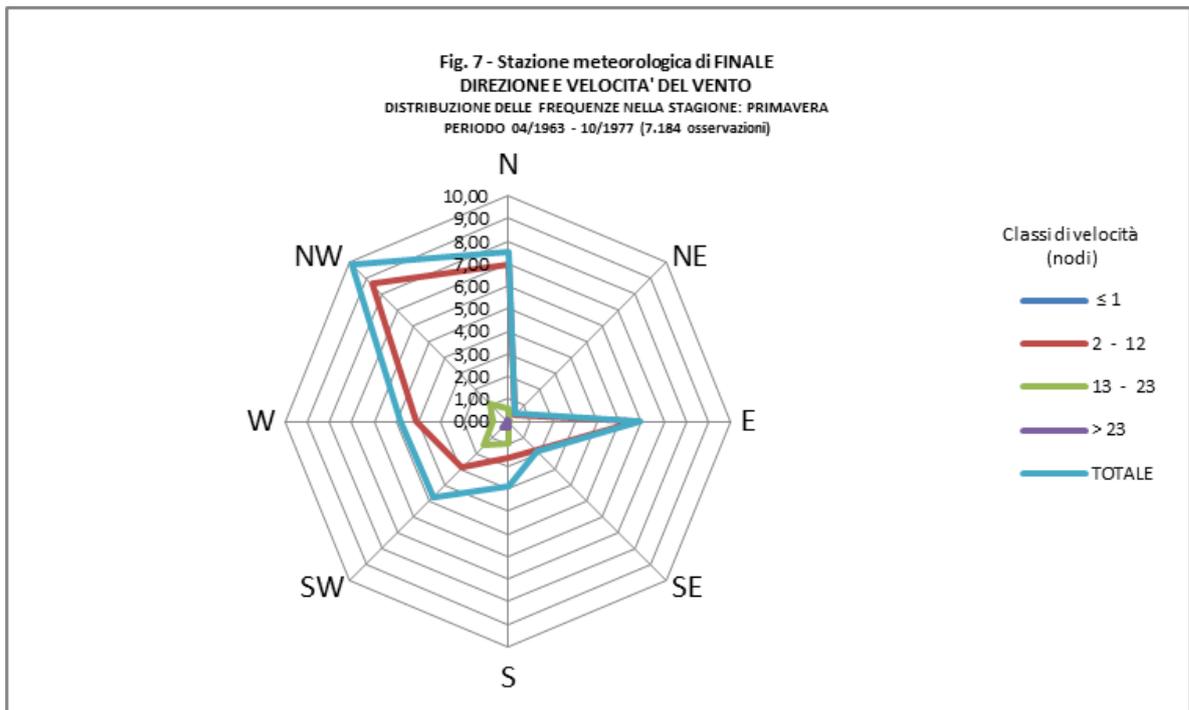
Le calme sono prevalenti, con una frequenza annuale del 63,43%, con una distribuzione stagionale prevalente in estate e con minimi invernali; di contro, durante la stagione invernale

si verifica la massima distribuzione di brezze. Del 36,57% dei casi di vento con velocità ≥ 2 nodi il 32% ca., nell'arco dell'anno, compete ai venti di brezza, con minimi estivi e massimi invernali (V. Tabb. e Figg. seguenti).

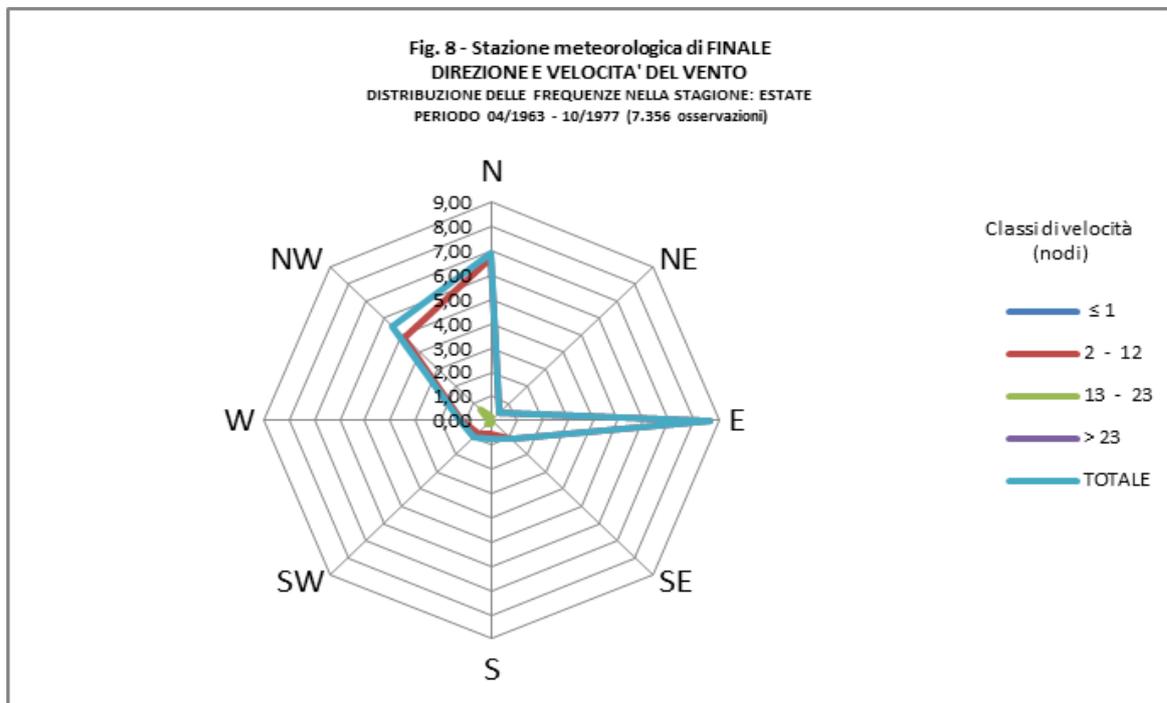
Stazione meteorologica di FINALE Lat. 38° 01' - Long. 14° 10' - Alt. 35 m s.l.m DIREZIONE E VELOCITA' DEL VENTO DISTRIBUZIONE DELLE FREQUENZE NELLA STAGIONE: INVERNO PERIODO: 04/1963 - 10/1977 (6.755 osservazioni)						
SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)				
N°	DIREZIONE VENTO	≤ 1	2 - 12	13 - 23	> 23	TOTALE
1	N		3,77	1,24	0,21	5,22
2	NE		0,81	0,14	0,00	0,95
3	E		2,77	0,36	0,00	3,13
4	SE		1,78	0,14	0,03	1,95
5	S		3,66	1,38	0,22	5,26
6	SW		6,48	2,12	0,24	8,84
7	W		8,74	1,58	0,07	10,39
8	NW		8,96	1,73	0,24	10,93
variabili			0,06	0,00	0,00	0,06
≤ 1		53,27				53,27
TOTALE		53,27	37,03	8,69	1,01	100,00



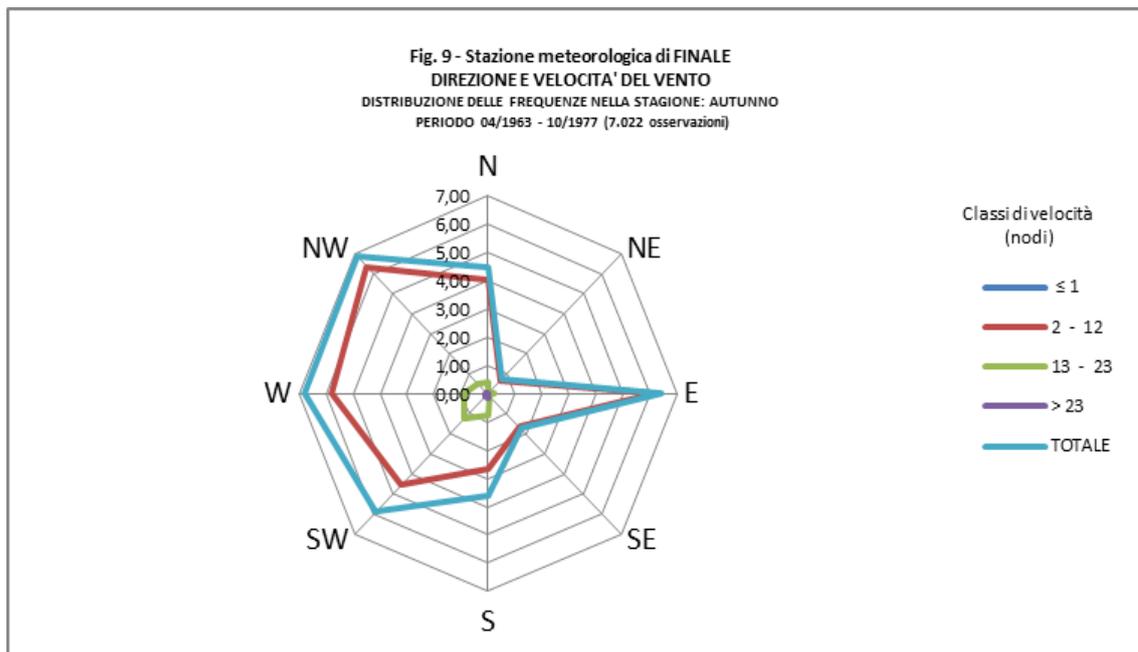
Stazione meteorologica di FINALE Lat. 38° 01' - Long. 14° 10' - Alt. 35 m s.l.m DIREZIONE E VELOCITA' DEL VENTO DISTRIBUZIONE DELLE FREQUENZE NELLA STAGIONE: PRIMAVERA PERIODO: 04/1963 - 10/1977 (7.184 osservazioni)						
SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)				
N°	DIREZIONE VENTO	≤ 1	2 - 12	13 - 23	> 23	TOTALE
1	N		6,95	0,59	0,01	7,55
2	NE		0,44	0,04	0,00	0,48
3	E		5,81	0,11	0,02	5,94
4	SE		1,80	0,07	0,01	1,88
5	S		1,63	0,97	0,25	2,85
6	SW		2,89	1,53	0,35	4,77
7	W		4,09	0,70	0,06	4,85
8	NW		8,63	1,14	0,09	9,86
variabili			0,08	0,00	0,00	0,08
≤ 1		61,74				61,74
TOTALE		61,74	32,32	5,15	0,79	100,00



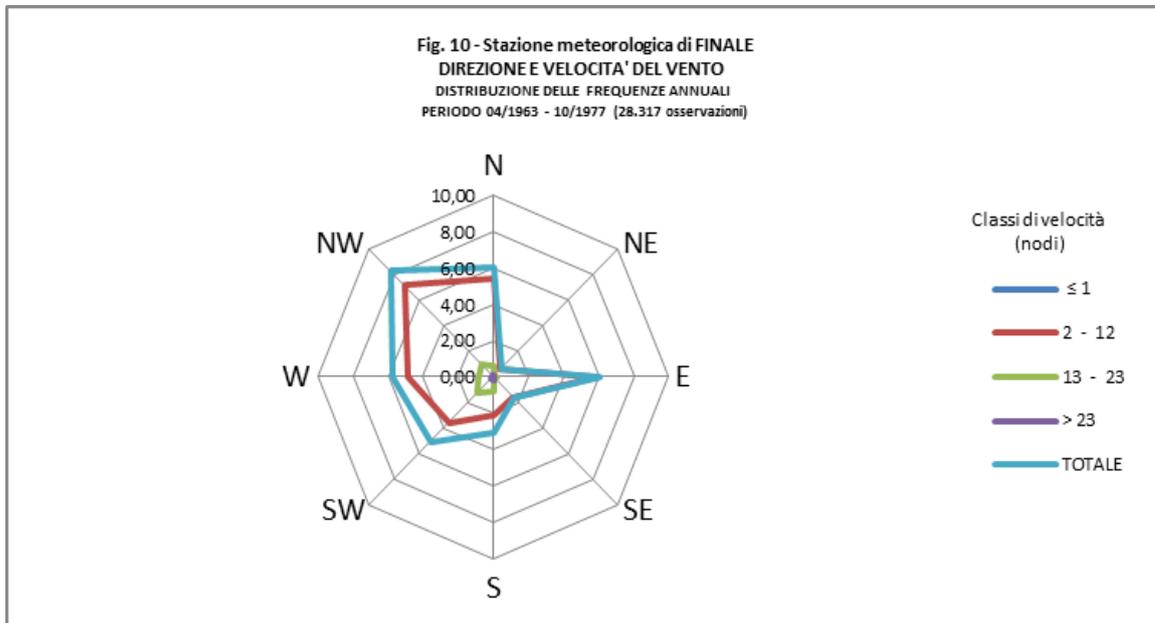
Stazione meteorologica di FINALE Lat. 38° 01' - Long. 14° 10' - Alt. 35 m s.l.m. DIREZIONE E VELOCITA' DEL VENTO DISTRIBUZIONE DELLE FREQUENZE NELLA STAGIONE: ESTATE PERIODO: 04/1963 - 10/1977 (7.356 osservazioni)						
SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)				
N°	DIREZIONE VENTO	≤ 1	2 - 12	13 - 23	> 23	TOTALE
1	N		6,70	0,19	0,00	6,89
2	NE		0,45	0,00	0,00	0,45
3	E		8,65	0,01	0,00	8,66
4	SE		1,07	0,01	0,00	1,08
5	S		0,58	0,14	0,02	0,74
6	SW		0,74	0,22	0,02	0,98
7	W		1,14	0,12	0,01	1,27
8	NW		4,85	0,65	0,01	5,51
variabili			0,05	0,00	0,00	0,05
≤ 1		74,37				74,37
TOTALE		74,37	24,23	1,34	0,06	100,00



Stazione meteorologica di FINALE Lat. 38° 01' - Long. 14° 10' - Alt. 35 m s.l.m DIREZIONE E VELOCITA' DEL VENTO DISTRIBUZIONE DELLE FREQUENZE NELLA STAGIONE: AUTUNNO PERIODO: 04/1963 - 10/1977 (7.022 osservazioni)						
SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)				
N°	DIREZIONE VENTO	≤ 1	2 - 12	13 - 23	> 23	TOTALE
1	N		4,04	0,43	0,00	4,47
2	NE		0,68	0,04	0,00	0,72
3	E		6,19	0,21	0,01	6,41
4	SE		1,65	0,06	0,02	1,73
5	S		2,68	0,79	0,13	3,60
6	SW		4,52	1,26	0,14	5,92
7	W		5,79	0,90	0,10	6,79
8	NW		6,34	0,51	0,03	6,88
variabili			0,05	0,00	0,00	0,05
≤ 1		63,43				63,43
TOTALE		63,43	31,94	4,20	0,43	100,00



Stazione meteorologica di FINALE Lat. 38° 01' - Long. 14° 10' - Alt. 35 m s.l.m DIREZIONE E VELOCITA' DEL VENTO DISTRIBUZIONE DELLE FREQUENZE ANNUALI PERIODO: 04/1963 - 10/1977 (28.317 osservazioni)						
SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)				
N°	DIREZIONE VENTO	≤ 1	2 - 12	13 - 23	> 23	TOTALE
1	N		5,39	0,60	0,05	6,04
2	NE		0,59	0,05	0,00	0,64
3	E		5,91	0,17	0,01	6,09
4	SE		1,58	0,07	0,01	1,66
5	S		2,10	0,81	0,15	3,06
6	SW		3,59	1,26	0,19	5,04
7	W		4,86	0,81	0,06	5,73
8	NW		7,16	1,00	0,09	8,25
variabili			0,06	0,00	0,00	0,06
≤ 1		63,43				63,43
TOTALE		63,43	31,24	4,77	0,56	100,00



I casi di vento con velocità 13 ÷ 23 nodi rappresentano meno del 5%, maggiormente concentrati in inverno, subordinatamente in primavera ed in autunno, praticamente assenti in estate.

Meno dell' 1% compete ai venti di burrasca (> 23 nodi), con una distribuzione stagionale analoga ai venti forti (13 ÷ 23 nodi).

Dalla distribuzione annuale si evince che tra i venti di brezza è regnante il vento proveniente da maestro con una leggera prevalenza sui venti provenienti da Est, da Nord e da West. Tra i venti forti e di burrasca i venti provenienti da SW prevalgono sui venti di maestrale. Scarsa è la frequenza dei venti di grecale.

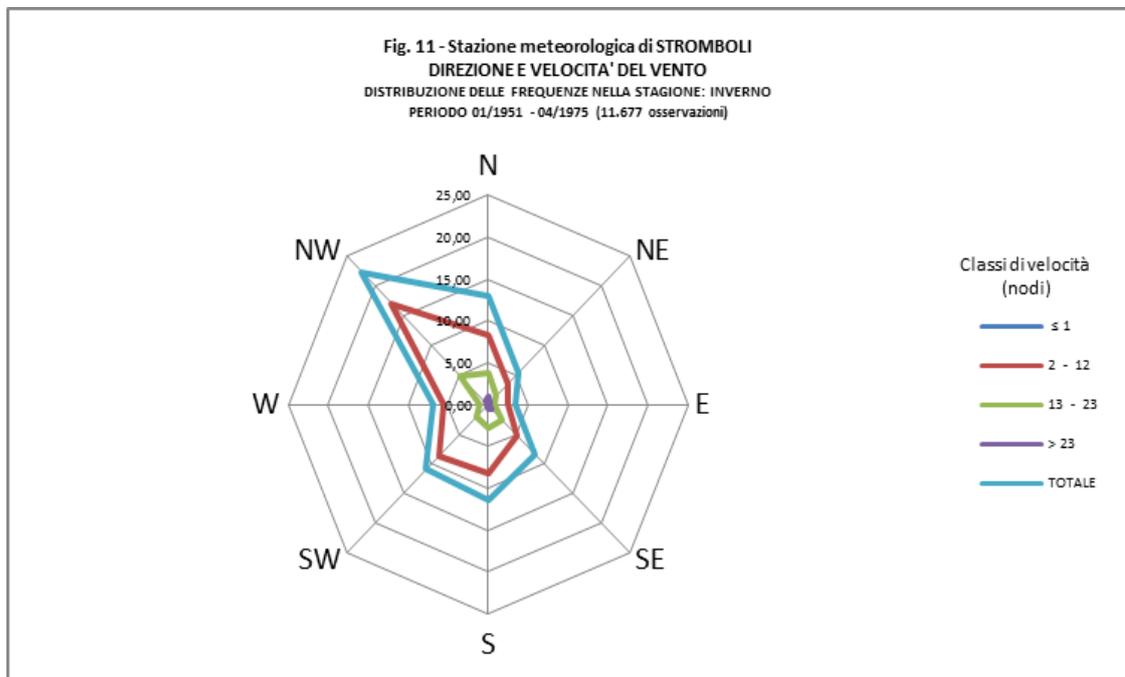
Le distribuzioni stagionali non cambiano di molto rispetto a quelle annuali. Si osserva - tuttavia - che in estate la prevalenza dei venti provenienti da NW è ancora più netta, soprattutto nei casi di vento forte.

Le 46.437 osservazioni effettuate nella stazione di Stromboli si riferiscono al periodo gennaio 1951 - aprile 1975 durante il quale può constatarsi una prevalenza di casi di vento con velocità compresa tra 2 e 12 nodi. Alle calme compete il 26% ca., ai venti forti l' 11,6%, ai venti di burrasca l' 1,4% (V. Tabb. e Figg. seguenti).

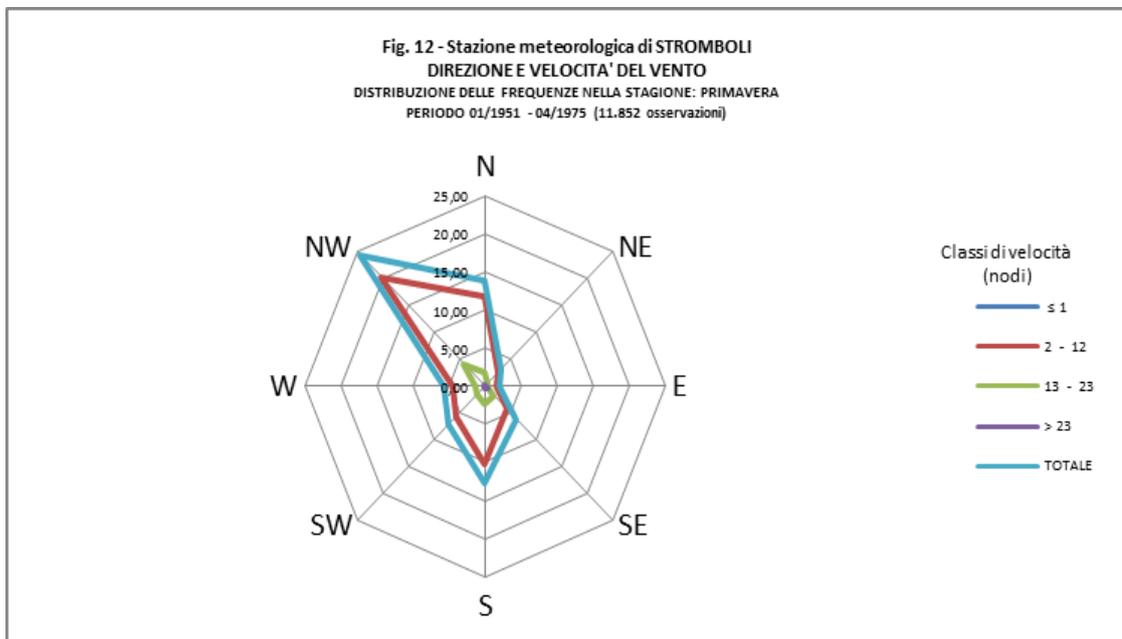
L'andamento stagionale rispecchia grossomodo quello annuale, con massimi delle calme d'estate e minimi in inverno. Stessa cosa si ha per le brezze (2 ÷ 12 nodi). I venti forti e quelli di burrasca hanno, invece, la loro massima distribuzione in inverno; la minima in estate.

In generale sono venti regnanti quelli provenienti da maestro; in subordine quelli di tramontana. Maggiore è lo scarto con i venti provenienti da S e SE, ai quali spetta - però - la regnanza in primavera ed in autunno tra i casi di vento con velocità > 23 nodi. Al maestrale compete il massimo invernale quale vento di burrasca.

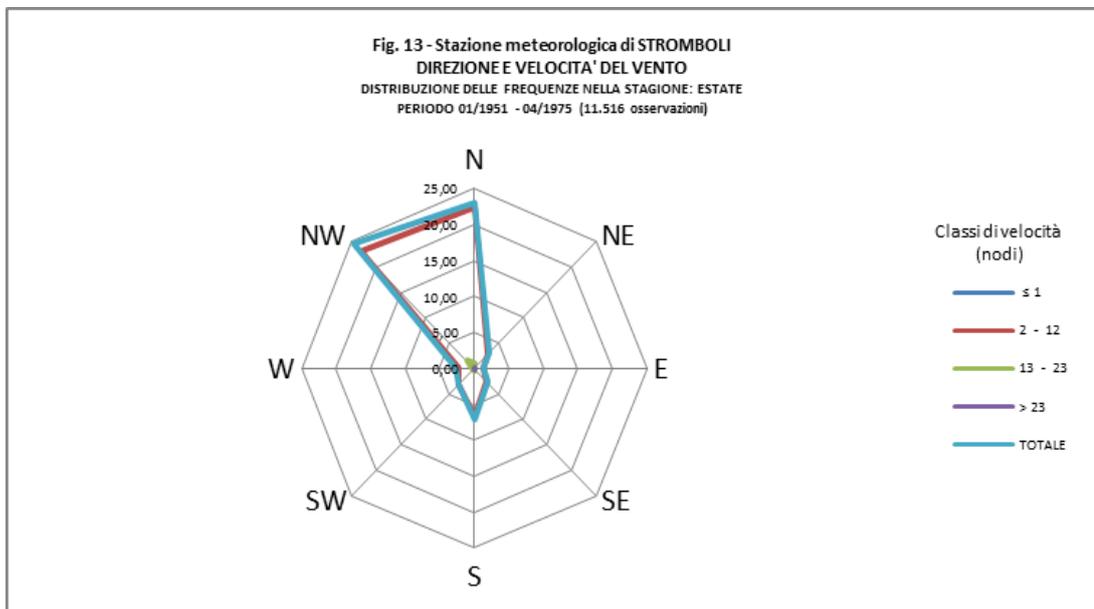
Stazione meteorologica di STROMBOLI Lat. 38° 48' - Long. 15° 15' - Alt. 4 m s.l.m DIREZIONE E VELOCITA' DEL VENTO DISTRIBUZIONE DELLE FREQUENZE NELLA STAGIONE: INVERNO PERIODO: 01/1951 - 04/1975 (11.677 osservazioni)						
SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)				
N°	DIREZIONE VENTO	≤ 1	2 - 12	13 - 23	> 23	TOTALE
1	N		8,30	3,79	0,92	13,01
2	NE		3,50	1,53	0,33	5,36
3	E		2,58	0,74	0,15	3,47
4	SE		5,14	2,60	0,63	8,37
5	S		8,25	2,71	0,50	11,46
6	SW		8,70	2,07	0,15	10,92
7	W		5,55	1,13	0,11	6,79
8	NW		17,04	4,85	0,45	22,34
variabili			0,08	0,00	0,00	0,08
≤ 1		18,20				18,20
TOTALE		18,20	59,14	19,42	3,24	100,00



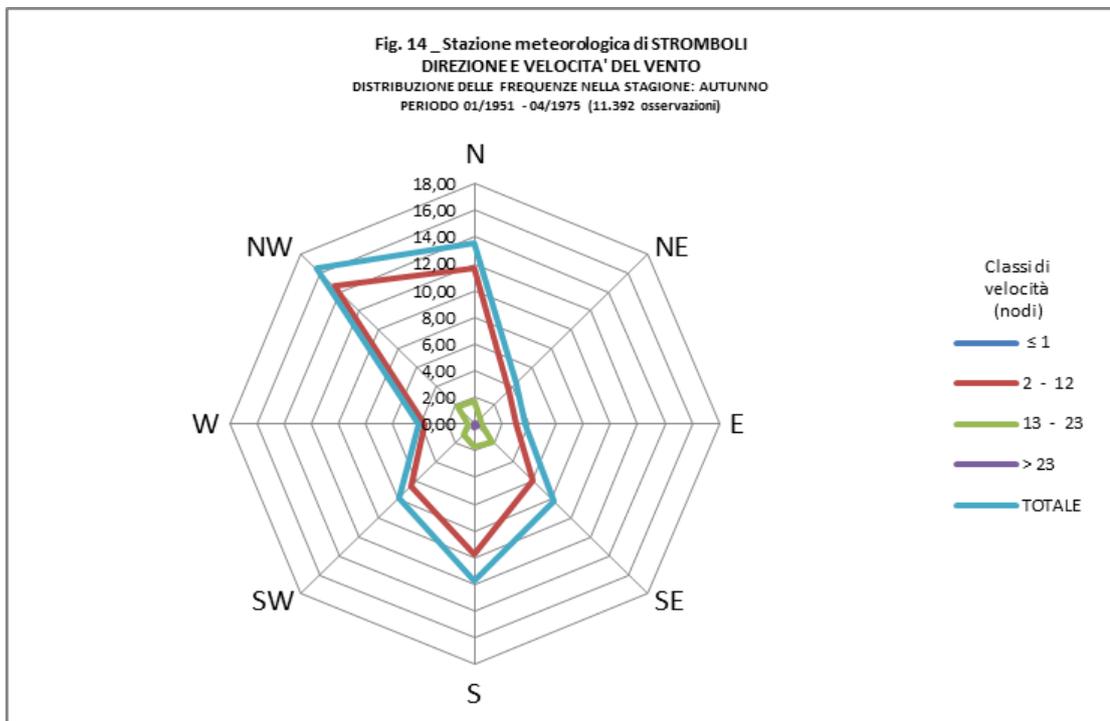
Stazione meteorologica di STROMBOLI Lat. 38° 48' - Long. 15° 15' - Alt. 4 m s.l.m DIREZIONE E VELOCITA' DEL VENTO DISTRIBUZIONE DELLE FREQUENZE NELLA STAGIONE: PRIMAVERA PERIODO: 01/1951 - 04/1975 (11.852 osservazioni)						
SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)				
N°	DIREZIONE VENTO	≤ 1	2 - 12	13 - 23	> 23	TOTALE
1	N		11,88	1,93	0,19	14,00
2	NE		2,65	0,50	0,03	3,18
3	E		1,59	0,34	0,09	2,02
4	SE		4,18	1,66	0,38	6,22
5	S		10,26	2,29	0,22	12,77
6	SW		5,69	1,41	0,08	7,18
7	W		4,46	1,24	0,05	5,75
8	NW		20,26	4,10	0,16	24,52
variabili			0,08	0,00	0,00	0,08
≤ 1		24,28				24,28
TOTALE		24,28	61,05	13,47	1,20	100,00



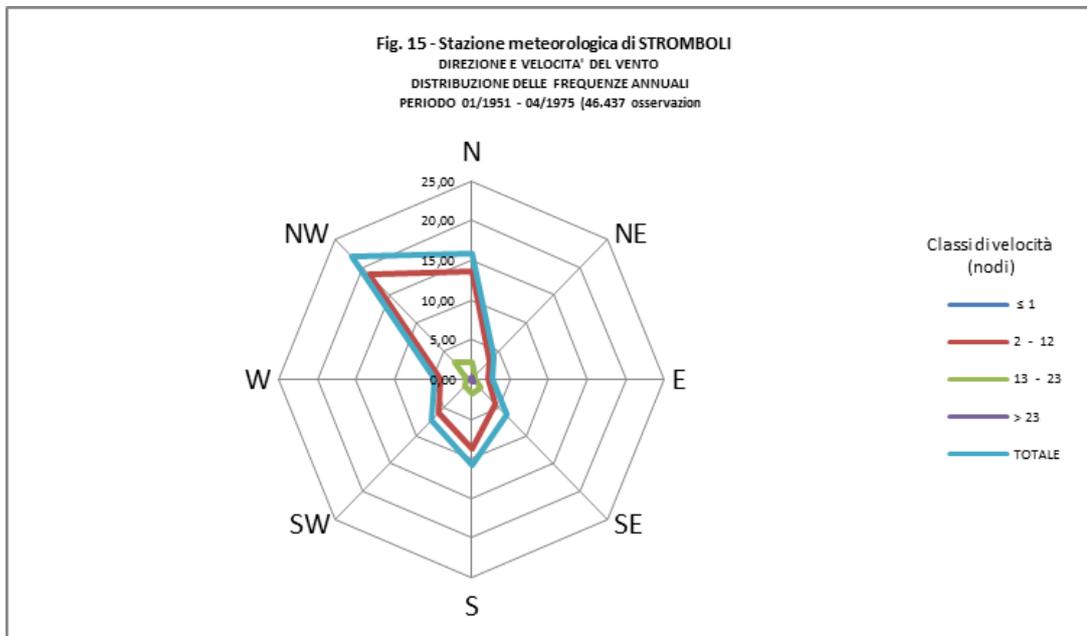
Stazione meteorologica di STROMBOLI Lat. 38° 48' - Long. 15° 15' - Alt. 4 m s.l.m DIREZIONE E VELOCITA' DEL VENTO DISTRIBUZIONE DELLE FREQUENZE NELLA STAGIONE: ESTATE PERIODO: 01/1951 - 04/1975 (11.516 osservazioni)						
SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)				
N°	DIREZIONE VENTO	≤ 1	2 - 12	13 - 23	> 23	TOTALE
1	N		22,33	0,81	0,00	23,14
2	NE		2,92	0,04	0,01	2,97
3	E		1,24	0,07	0,00	1,31
4	SE		2,58	0,09	0,00	2,67
5	S		6,63	0,35	0,09	7,07
6	SW		3,10	0,18	0,00	3,28
7	W		2,34	0,25	0,00	2,59
8	NW		23,01	1,53	0,01	24,55
variabili			0,14	0,04	0,01	0,19
≤ 1		32,23				32,23
TOTALE		32,23	64,29	3,36	0,12	100,00



Stazione meteorologica di STROMBOLI Lat. 38° 48' - Long. 15° 15' - Alt. 4 m s.l.m DIREZIONE E VELOCITA' DEL VENTO DISTRIBUZIONE DELLE FREQUENZE NELLA STAGIONE: AUTUNNO PERIODO: 01/1951 - 04/1975 (11.392 osservazioni)						
SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)				
N°	DIREZIONE VENTO	≤ 1	2 - 12	13 - 23	> 23	TOTALE
1	N		11,70	1,73	0,12	13,55
2	NE		3,61	0,66	0,06	4,33
3	E		3,10	0,53	0,07	3,70
4	SE		6,05	1,91	0,22	8,18
5	S		9,75	1,69	0,28	11,72
6	SW		6,56	1,19	0,05	7,80
7	W		3,64	0,42	0,01	4,07
8	NW		14,56	1,80	0,08	16,44
variabili			0,16	0,08	0,02	0,26
≤ 1		29,95				29,95
TOTALE		29,95	59,13	10,01	0,91	100,00



Stazione meteorologica di STROMBOLI Lat. 38° 48' - Long. 15° 15' - Alt. 4 m s.l.m DIREZIONE E VELOCITA' DEL VENTO DISTRIBUZIONE DELLE FREQUENZE ANNUALI PERIODO: 01/1951 - 04/1975 (46.437 osservazioni)						
SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)				
N°	DIREZIONE VENTO	≤ 1	2 - 12	13 - 23	> 23	TOTALE
1	N		13,53	2,07	0,31	15,91
2	NE		3,17	0,68	0,11	3,96
3	E		2,12	0,42	0,08	2,62
4	SE		4,46	1,57	0,31	6,34
5	S		8,73	1,76	0,25	10,74
6	SW		6,01	1,22	0,07	7,30
7	W		4,01	0,75	0,04	4,80
8	NW		18,65	3,07	0,17	21,89
variabili			0,20	0,10	0,02	0,32
≤ 1		26,12				26,12
TOTALE		26,12	60,88	11,64	1,36	100,00



Dai dati provenienti dalle osservazioni svolte a Finale e a Stromboli appare evidente come i venti che determinano le mareggiate prevalenti siano quelli di maestrale.

Per la stazione di Finale, infatti, al maestrale compete la massima frequenza annua dell' 8,25%, con un massimo invernale del 10, 93%. Seguono i venti da Est con una frequenza massima del 6,09% ed un massimo estivo dell' 8,66%. Ai venti provenienti da Nord compete un frequenza massima annua del 6,04% ed un massimo primaverile del 7,55%.

Per la stazione di Stromboli al maestrale compete una frequenza annua del 21,89% ed un massimo estivo del 24,55%. Seguono i venti provenienti da Nord con un massimo annuo del 15,92% ed un massimo stagionale, in estate, pari al 23,14%. Le frequenze relative alle diverse classi di velocità evidenziano una netta prevalenza del maestrale anche nel caso di velocità maggiori cui corrispondono - quindi - stati del mare caratterizzati da maggiori energie sia del moto ondoso che delle relative correnti.

1.9 SITUAZIONE IDRAULICA

Nel tratto di litorale preso in esame sfociano i seguenti corsi d'acqua, da Ovest verso Est (All. SG 06):

1. Torrente S.Stefano
2. Vallone Ciaramirello
3. Vallone Palermo
4. Vallone Tudisca - Pecoraro
5. Vallone Gebbiole
6. Torrente Ortora

Tutt' e sei i corsi d'acqua hanno in qualche misura con le opere di progetto dei rapporti che sembra opportuno evidenziare.

1.9.1 Torrente S.Stefano

Nel contesto fisiografico preso in esame è il corso d'acqua che ha avuto la massima rilevanza nei processi geomorfici.

Negli anni è stato attenzionato dalle autorità competenti con vari interventi di regimazione consistenti in traverse e muri d'argine. Delle prime si scorgono, talvolta, soltanto i relitti (Foto 10), gli altri sono in buono stato di conservazione. Le uniche soglie con quota definita sono quelle in corrispondenza del ponte ferroviario (Foto 11) e del ponte stradale (S.S. 113 - Foto 12).

Equazione 1

Regione Siciliana



**Piano Stralcio di Bacino
per l'Assetto Idrogeologico**

Area Territoriale tra il bacino del T. Caronia
e il bacino del T. di S. Stefano (022)
Bacino Idrografico del Torrente di S. STEFANO
e area tra il T. di S. Stefano e il T. di Tusa (023)

MAR TIRRENO

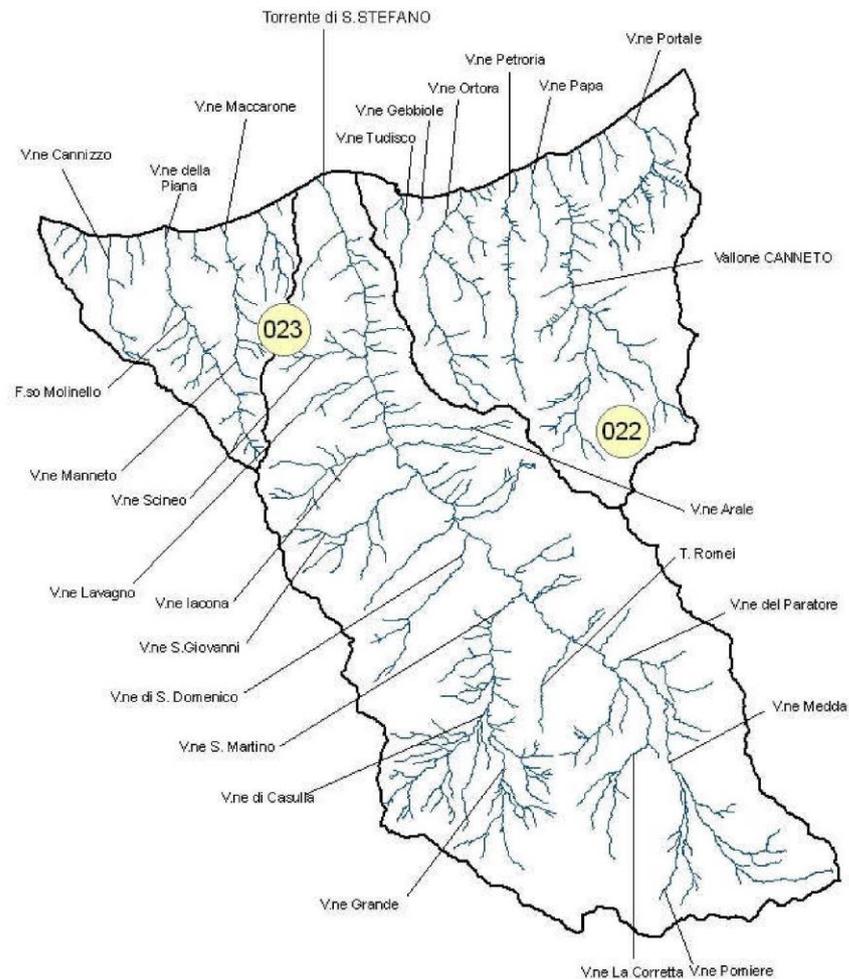


Fig. 16. Reticolo idrografico dell'area territoriale tra il bacino del T. Caronia e il bacino del T. S.Stefano (022) e del bacino idrografico del T. S.Stefano ed area tra il bacino del T. S.Stefano e il bacino del T. Tusa (023)

La zona della foce è caratterizzata da un ampio conoide che, protendendosi verso mare un po' spostato ad Est rispetto all'asta fluviale, ha determinato la concavità di località "Barche Grosse", dove dovrà realizzarsi l'opera portuale (Foto 13). Qui nel 1979 si è intervenuti con due pennelli frangiflutti (Foto 14) con lo scopo di preservare la marineria stefanese dalla furia dei marosi ma col risultato che, fungendo da trappole per il materiale portato dal Torrente S.Stefano, non hanno consentito il normale ripascimento di sottoflutto. Nell'attesa di un ritorno all'equilibrio perduto con il loro totale interrimento, si è fatto ricorso ad una scogliera a protezione della linea ferrata lungo la riva che va dalla foce del Vallone Tudisca-Pecoraro fino al Lungomare delle Nereidi (Foto 15) e, nel 1987, a due scogliere parallele alla costa a protezione di quest'ultima in rilevante arretramento (Foto 16).

Da quanto accennato è evidente l'importanza che detto corso d'acqua riveste per l'area di studio relativamente all'opera di ripascimento delle spiagge con tutto il materiale eroso lungo il suo corso, trasportato e depositato alla foce, in considerazione del fatto che il verso delle correnti dominanti è da Ovest ad Est.

A tal fine, relativamente al bacino S.Stefano, si riportano gli esiti dello "Studio delle coste" edito nel 1991 dalla Provincia regionale di Messina per il calcolo del volume dei sedimenti sabbioso-ghiaiosi utili al regime dei litorali.

Area bacino	91,20	km ²
Perimetro bacino	50,90	Km
Lunghezza asta principale	18,40	Km
Pendenza media	28,12	%
Quota media	788,28	m
Temperatura media	14,91	°C
Piovosità media	985,39	mm
Aree con pendii instabili	1,95	Km ² ≈ 2,14%
Faglie principali	3,49	Km
Aree corrispondenti	0,35	km ²
Superficie virt. dissestata	6,83	km ²
Affioramenti con rocce resistenti all'erosione	0,00	Km ² ≈ 0,00%
Affioramenti con rocce mediam. resistenti all'erosione	63,06	Km ² ≈ 69,14%

Affioramenti con rocce poco resistenti all'erosione	28,16	Km ² ≈ 30,88%
Copertura vegetale a bosco	37,00	Km ² ≈ 40,56%
Copertura vegetale a prato	25,22	Km ² ≈ 27,65%
Copertura coltivata	29,00	Km ² ≈ 31,79%
Copertura sterile	0,00	Km ² ≈ 0,00%
Coefficiente di convogliamento	0,89	
EROSIONE POTENZIALE	52.621,85	m ³ /anno
EROSIONE SPECIFICA	576,87	m ³ /Km ² /anno
VOLUME TRASPORTO SOLIDO MEDIANTE COEFFICIENTE DI CONVOGLIAMENTO	46.989,89	m ³ /anno
VOLUME DEI SEDIMENTI SABBIOSO-GHIAIOSI UTILI AL REGIME DEI LITORALI	32.353,00	m ³ /anno

1.9.2 Vallone Ciaramirello e Vallone Palermo

Il loro regime è limitato strettamente agli eventi piovosi. Il loro bacino copre l'area urbanizzata di S.Stefano, le cui strade sono totalmente lastricate o asfaltate. Interamente tombati, praticamente ne convogliano le acque bianche a mare con trasporti solidi irrilevanti.

Pur dovendosene tener conto, ad opera realizzata le loro acque immesse nel bacino portuale non potranno creare grossi problemi in considerazione della loro scarsa portata e del loro esiguo trasporto solido.

1.9.3 Vallone Tudisca-Pecoraro

Sono stati messi insieme, anche se si tratta di due corsi d'acqua, perché confluiscono in un'unica asta a pochi metri dalla foce, immediatamente ad Est della diga di levante in progetto. Esattamente in corrispondenza di quest'ultimo unico tratto terminale corre in subalveo la condotta emissaria del depuratore comunale che dovrebbe proseguire off-shore ma che, allo stato attuale risulta interrotta a qualche centinaio di metri dalla riva.

Dei due corsi d'acqua anzidetti solo il Pecoraro ha opere di regimazione consistenti in una tombinatura lunga 400 m ca. nel tratto mediano, all'altezza delle botteghe di prodotti ceramici. Per il resto, risultano intonsi.

Complessivamente il loro bacino ha un'estensione di 82 ha. L'asta del Vallone Pecoraro è lunga 1.542 m e supera un dislivello di 310 m; quella del Vallone Tudisca è lunga 1.713 m e supera un dislivello di 370 m. Nonostante l'esiguità del bacino, l'accentuata pendenza delle due aste, inserite - per altro - in un contesto geolitologico poco resistente all'erodibilità, fa sì che negli eventi di piena il trasporto solido sia relativamente cospicuo.

I due corsi d'acqua non si relazioneranno con le opere portuali visto che la loro foce è al di fuori del bacino e la distribuzione dei sedimenti lungo la riva avviene, come già detto, da Ovest verso Est. I liquami della condotta off-shore, invece, se continua ad essere interrotta, potrebbero entrare nel bacino visto che nel periodo primaverile-estivo i venti regnanti sono da NE. Ad essi potrebbero aggiungersi gli altri liquami portati dal Vallone Pecoraro, la cui provenienza non è dato sapere, ma la cui presenza è stata notata nel corso dei rilievi svolti.

1.9.4 Vallone Gebbiole

E' un corso d'acqua dal bacino esiguo; appena 22 ha. La sua asta, su una lunghezza di 1.000, supera un dislivello di 230 m. Anche se il suo alveo non ha opere di regimazione, in occasione di piene - seppure eccezionali - il trasporto solido è relativamente cospicuo in rapporto ai dati innanzi riportati, in questo agevolato dalla presenza di rocce poco resistenti all'erodibilità.

1.9.5 Torrente Ortora

Se il Torrente S.Stefano nel contesto delle opere di progetto riveste un'importanza preponderante come elemento primario per il ripascimento delle spiagge, il Torrente Ortora risulta ugualmente importante perchè è nel tratto finale del suo corso che dovrebbe essere insediata la futura strada di collegamento di levante delle opere portuali con la SS 113.

Il suo bacino ha un'estensione di 6,5 Km². L'asta principale supera un dislivello di 870 m con un corso, inserito in un contesto geolitologico da mediamente a poco resistente all'erodibilità, lungo 5.300 m.

Il trasporto solido operato da questo corso d'acqua è relativamente poco cospicuo e limitato in occasione di eventi piovosi eccezionali con conseguenti piene. Il corso d'acqua, infatti, negli ultimi 1.200 m risulta regimato con muri d'argine e traverse che, seppure ormai quasi completamente interrate, sono in buono stato di conservazione.

La strada di collegamento di levante dovrebbe inserirsi dalla prima delle tre campate del ponte ferroviario, lato ponente, fin quasi alla foce per 75 m ca. lungo l'alveo, qui largo da 35 a 40 m ca.

1.10 EVOLUZIONE DELLA LINEA DI COSTA E SITUAZIONE DEI FONDALI MARINI

Da quanto esposto finora appare chiaro che nel paraggio preso in esame l'elemento che sovrintende alla modellazione dei litorali è il Torrente S.Stefano, con apporti solidi utili dell'ordine dei 32.000 m³/anno. I venti da NW sono dominanti in ogni stagione (eventi di più forte intensità) e permangono anche in estate seppure a livello di venti deboli. Dopo il Nord-Ovest è frequente, in special modo in inverno, il vento di ponente, quasi sempre come vento forte e di burrasca. Il vento proveniente da NE (Greco) è presente maggiormente in autunno ed in inverno. I venti di tramontana, provenienti da Nord, si presentano come forti soltanto in inverno ed in autunno ed acquistano un'elevata frequenza di apparizione in estate, seppure sotto forma di brezza.

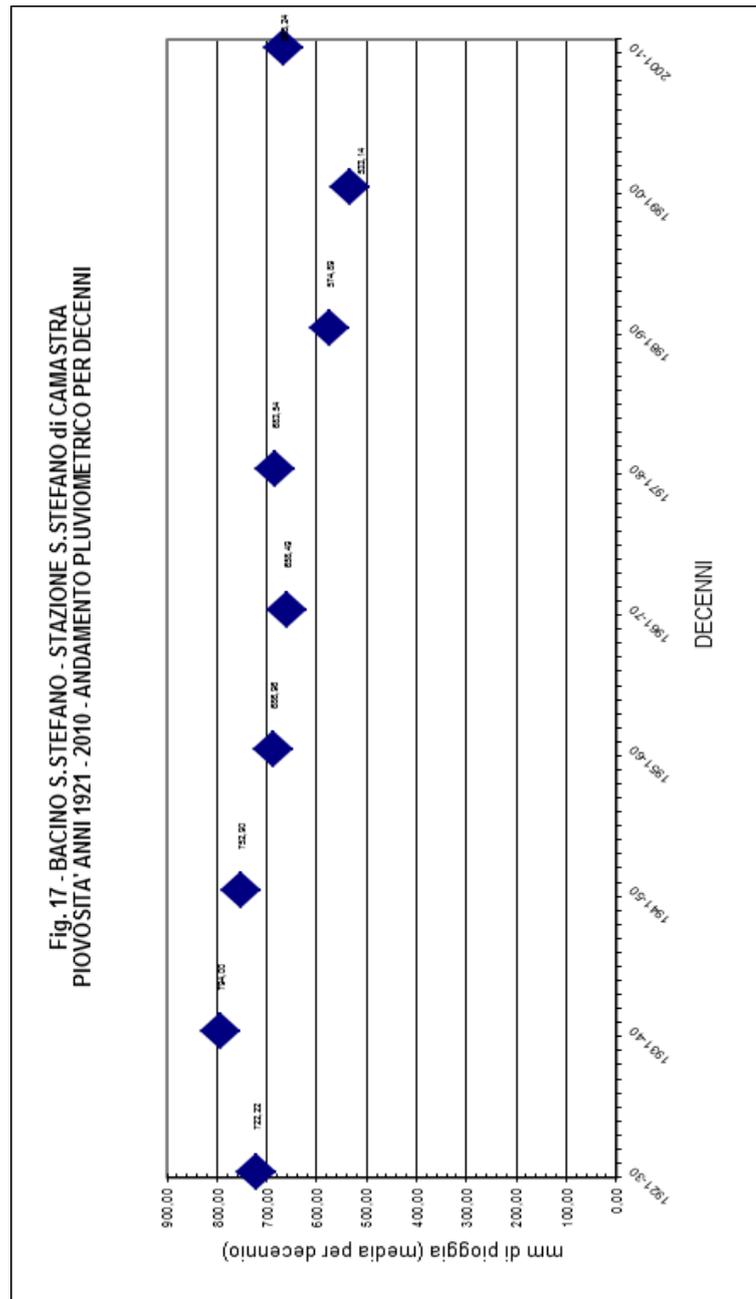
Le ondate più frequenti, in accordo con le condizioni anemologiche innanzi descritte, sono quelle provenienti dal IV quadrante (ponente-maestro e maestrale).

Nel paraggio, quindi, le correnti di deriva e le correnti long-shore sono dirette prevalentemente verso Est sotto l'azione dei venti e dei mari del IV quadrante, prevalenti in intensità e frequenza per quasi tutto l'arco dell'anno.

Quando, nel 1979, venne interrotto il trasporto litoraneo dei sedimenti provenienti dal Torrente S.Stefano con la realizzazione delle due scogliere frangiflutti in località Barche Grosse, le spiagge sottoflutto ebbero immediatamente un depauperamento della frazione fine, passando da ghiaioso-sabbiose a ciottoloso-ghiaiose, e un notevole arretramento. A questo si aggiunga che dopo il decennio 1971-80 nei successivi decenni si è avuto un forte calo della piovosità (Fig. 7 e Fig. 8).

Recentemente la Regione Siciliana - Assessorato Territorio e Ambiente, Dipartimento Territorio e Ambiente - Servizio IV - Assetto territorio e Difesa del Suolo, ha pubblicato il

Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), da cui sono state prese le Figg. 9, 10 e 11 dove si rileva chiaramente che negli anni 1976-92 la costa sottoflutto ha avuto un arretramento che ha portato ad inserire le aree interessate fra quelle a pericolosità molto elevata, soggette a rischio elevato.



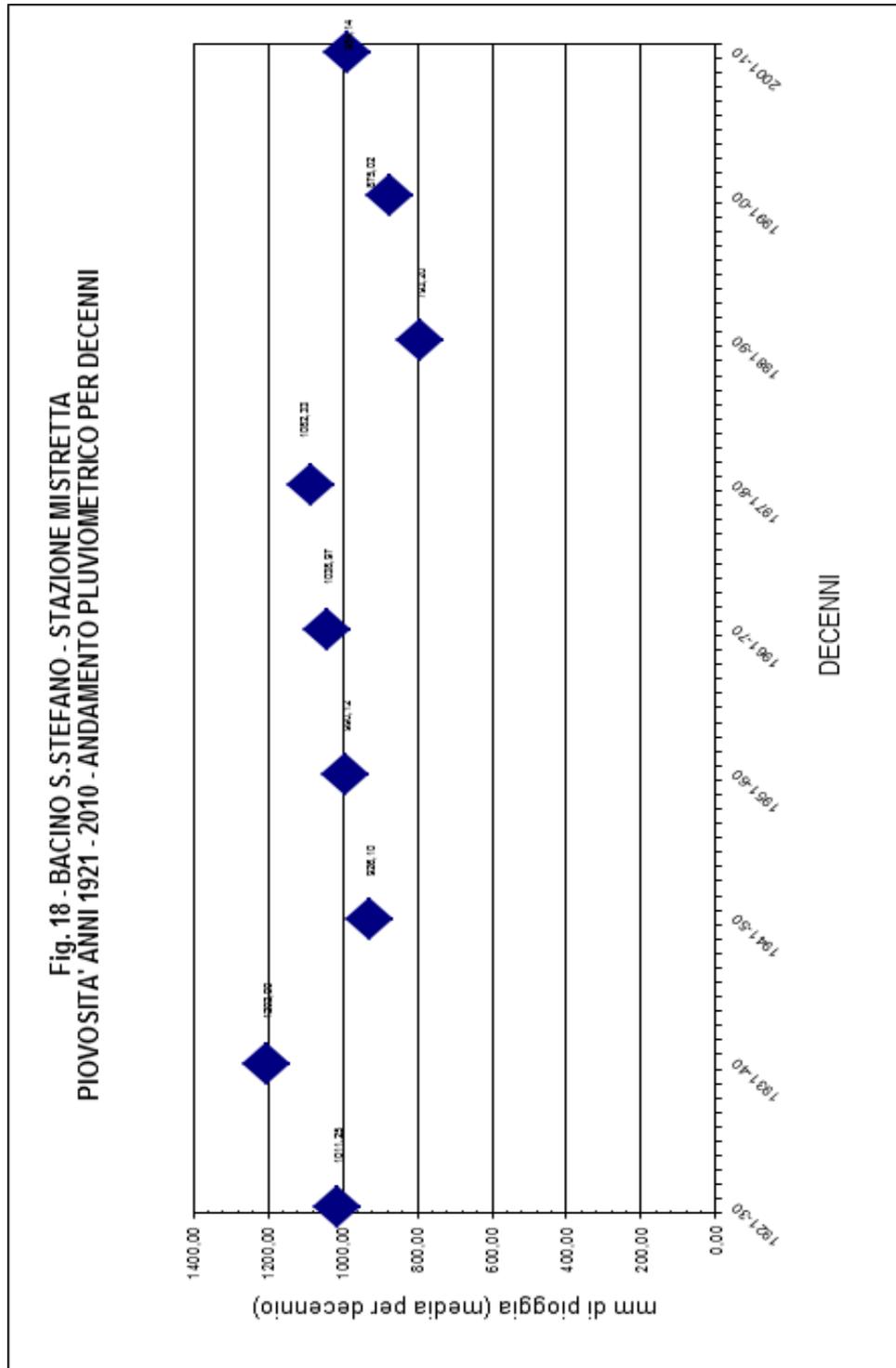
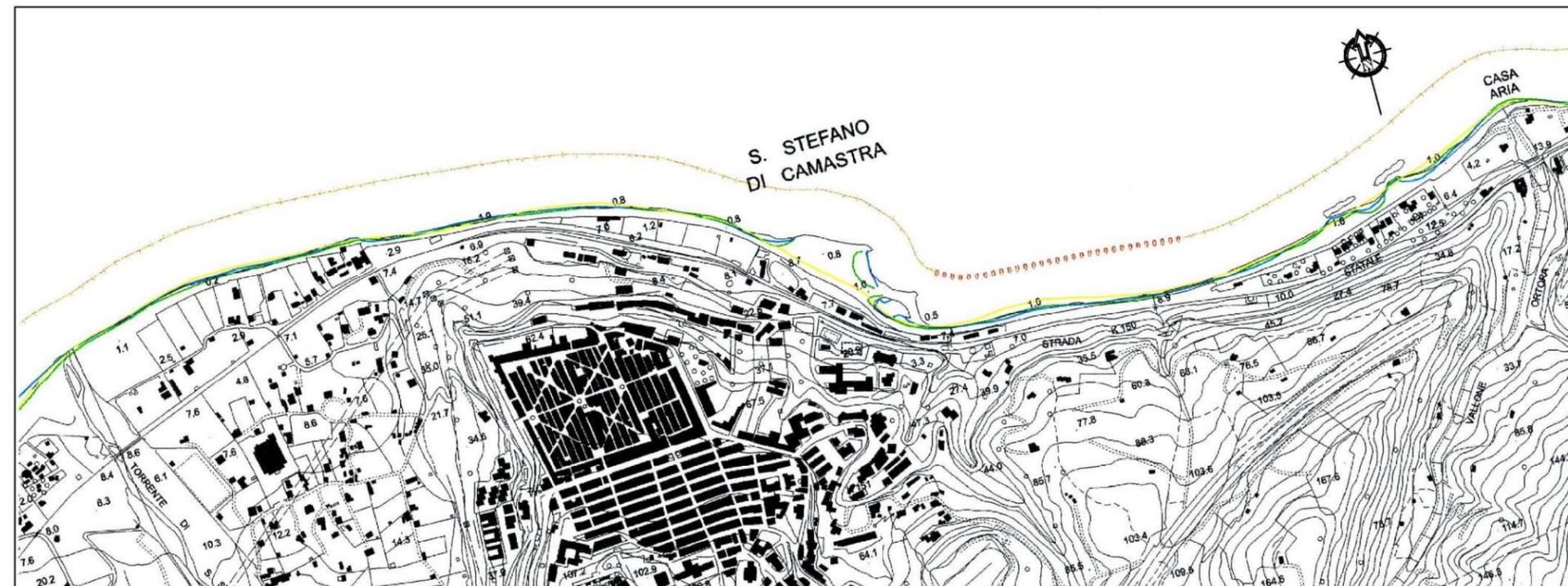


Fig. 19 - CARTA DELL' EVOLUZIONE DELLE LINEE DI RIVA



da "Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) - REGIONE SICILIANA - ASSESSORATO TERRITORIO E AMBIENTE - Dipartimento Territorio e Ambiente - Servizio IV - ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO

LEGENDA

Tipologia costiera

- Costa rocciosa
- Costa bassa ciottolosa
- Costa bassa sabbiosa
- Costa bassa sabbiosa-ciottolosa

Anni di rilievo

- 1976
- 1992
- 1998

Fig. 20 - CARTA DELL' EVOLUZIONE DELLA COSTA

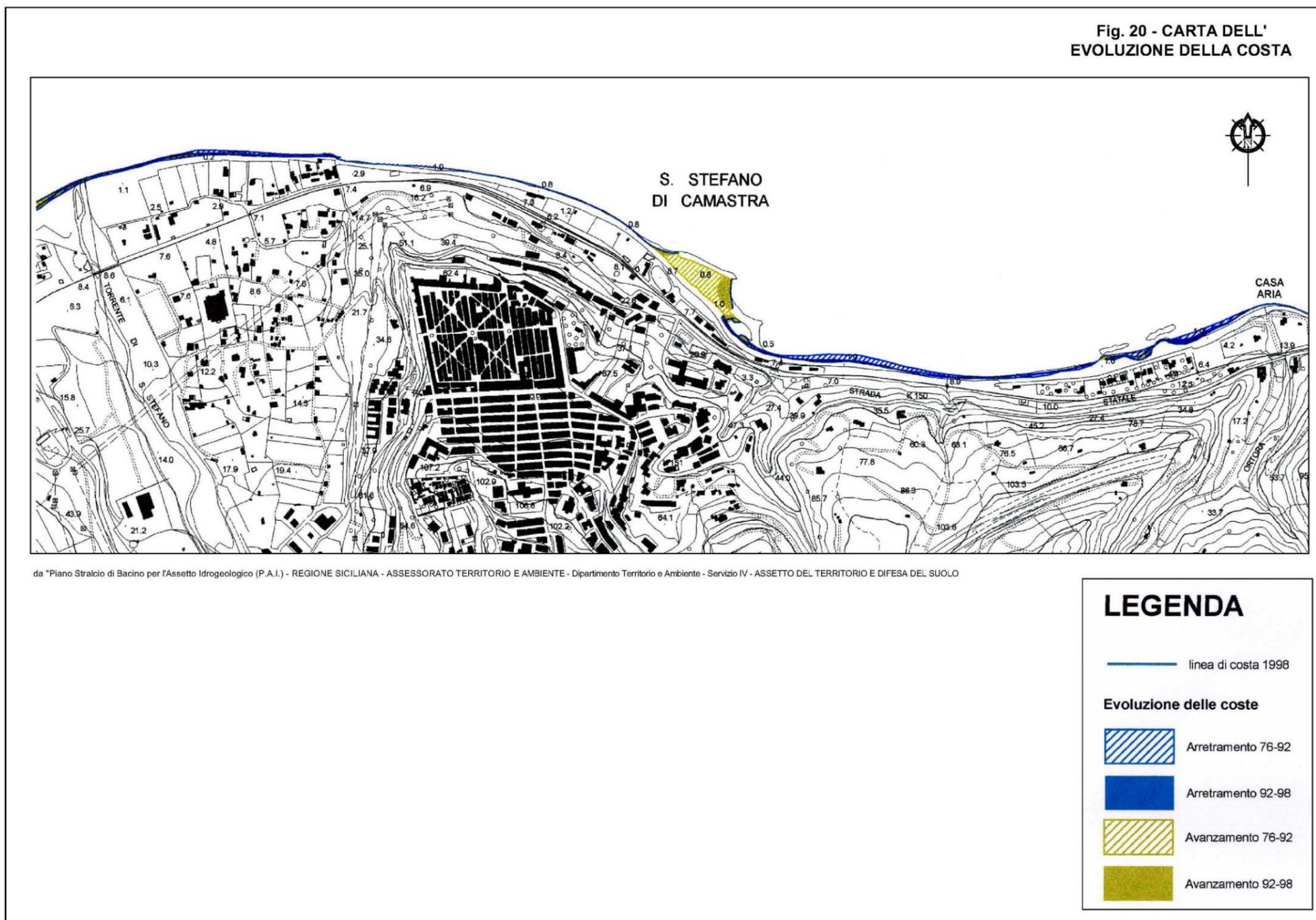
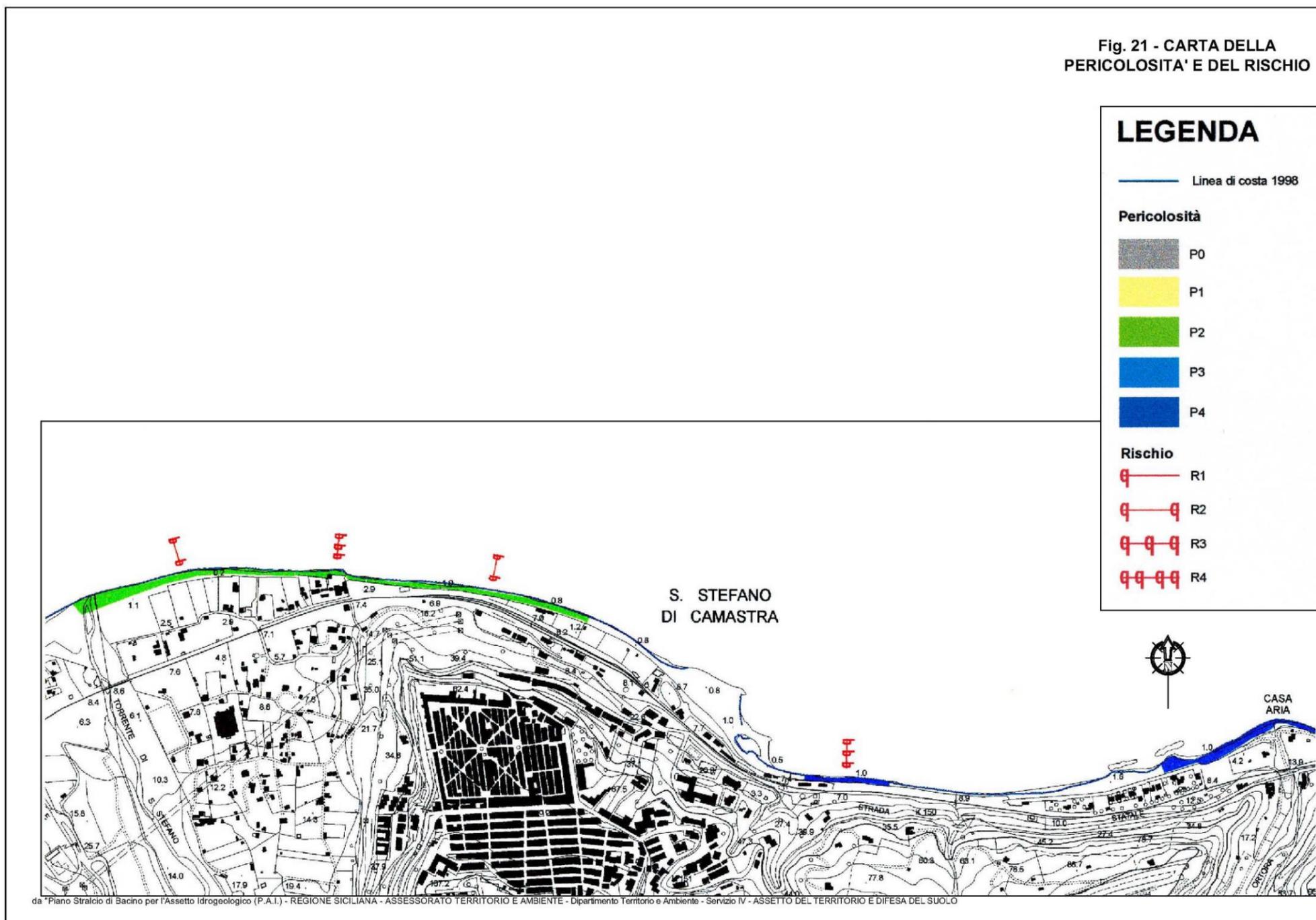


Fig. 21 - CARTA DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO



1.10.1 Situazione geomorfologica e geolitologica del fondale

I depositi che avvengono nel paraggio d'intervento sono strettamente legati ai processi di dinamica litoranea e fluviale, così come esposto innanzi relativamente all'importanza che ha avuto ed ha il Torrente S.Stefano nei processi geomorfici della linea costiera e dei fondali marini.

I depositi di spiaggia e quelli sommersi vengono selezionati dai processi di trasporto esercitati dal moto ondoso e dalle correnti marine sui singoli sedimenti. Che, in base alle loro dimensioni, se ciottoli o blocchi, vengono movimentati sul fondale dall'azione del moto ondoso in occasione di forti mareggiate e depositati non molto lontano dalla linea di costa. Le parti più fini, messe inizialmente in sospensione dall'azione del moto ondoso, tendono poi a depositarsi in ambiente tranquillo, fuori dal campo di azione delle onde, quindi in aree più lontane dalla linea di costa.

Nel complesso, il fondale marino in argomento può essere diviso in due fasce omogenee per caratteristiche morfologiche:

- una prima fascia di larghezza variabile da 3 m a 10 m caratterizzata dalla diffusa presenza di ciottoli e blocchi, di natura e dimensioni varie, trasportati fino alla foce dai corsi d'acqua nel corso di eventi di piena e ridistribuiti dalla corrente di deriva litoranea lungo tutto il litorale nel corso di forti mareggiate. Tale fascia presenta i valori maggiori di larghezza in prossimità della foce del Torrente S.Stefano per via del maggiore afflusso di materiale solido, mentre in gran parte del fondale il valore si mantiene tra 3 m e 6 m. I ciottoli ed i blocchi di forma sub sferica, tipica del trasporto fluviale subito per rotolamento, hanno dimensioni variabili da pochi decimetri a diversi decimetri. La pendenza di questa fascia si mantiene elevata e raccordabile

con la spiaggia emersa in tutto il litorale ad eccezione del tratto posto a levante del Torrente S.Stefano dove si rilevano i valori più bassi;

- una seconda fascia risulta costituita da sabbia a granulometria da media a grossolana che presenta leggere pendenze verso Nord.

Quanto innanzi trova conferma nelle analisi granulometriche effettuate sui 32 campioni di sedimenti marini prelevati dai fondali, i cui esiti sono stati esposti nel capitolo 1.5 di questa relazione.

Detti campioni, prelevati nei punti indicati nell'All. SG 04, hanno consentito di eseguire 11 transetti, tra loro paralleli e ortogonali alla linea di costa.

Qui di seguito si riportano gli esiti ottenuti dall'esplorazione subacquea con prelievo di campioni dal fondo marino, cui si è fatto cenno innanzi, eseguita nel 2010 da GEO GAV S.r.l. all'uopo incaricata dall'Amministrazione comunale di Santo Stefano di Camastra.

1.10.1.1 Transetto n° 1

Il profilo è stato ricostruito lungo l'allineamento dei punti di campionamento PS 1, PS 2 e PS 3, in prossimità della foce del Torrente S. Stefano.

Si sviluppa dalla batimetrica -1,00 m, corrispondente al punto di prelievo di PS 1, passa per il punto di prelievo PS 2 (batimetrica -5,00 m) e arriva alla batimetrica -9,60 m, corrispondente al punto di prelievo di PS 3.

Fino ad una distanza di una decina di metri circa dalla linea di costa si riscontra una diffusa presenza di ciottoli e blocchi di dimensioni variabili da pochi centimetri a diversi decimetri e forma sub-sferica, tipica del trasporto fluviale subito per rotolamento, che danno al fondale marino un aspetto irregolare con continui salti di quota legati alla casualità del deposito dei singoli elementi litoidi.

Subito dopo il fondale marino si regolarizza, digradando lievemente verso Nord, e risulta costituito da sabbia-limosa debolmente ghiaiosa, ricca di frammenti di gusci di gasteropodi e bivalvi.

Lungo questa fascia si riscontra la presenza di tipiche, piccole increspature dovute all'azione del moto ondoso nelle spiagge sommerse (ripple marks).

1.10.1.2 Transetto n° 2

Il profilo è stato ricostruito lungo l'allineamento dei punti di campionamento PS 4, PS 5 e PS 6 , di fronte l'Hotel La Playa Blanca. Si sviluppa dalla batimetrica -1,00 m, corrispondente al punto di prelievo di PS 4, passa per il punto di prelievo PS 5 (batimetrica -4,00 m) e arriva alla batimetrica -7,00 m, corrispondente al punto di prelievo di PS 6.

Fino ad una distanza di circa 6,00 metri dalla linea di costa si riscontra una diffusa presenza di ciottoli e blocchi con ghiaia di dimensioni variabili da pochi centimetri a qualche decimetro e forma sub-sferica, dovuta al trasporto fluviale subito per rotolamento, che danno al fondale marino un aspetto irregolare con continui salti di quota legati alla casualità del deposito dei singoli elementi litoidi.

Subito dopo una stretta fascia lungo la quale si scorgono rari blocchi decimetrici affioranti dalla spiaggia sommersa, il fondale marino si regolarizza, digradando lievemente verso Nord, e risulta costituito da sabbia-limosa debolmente ghiaiosa, ricca di frammenti di gusci di gasteropodi e bivalvi.

Lungo questa fascia si riscontra la presenza di tipiche, piccole increspature dovute all'azione del moto ondoso nelle spiagge sommerse (ripple marks).

1.10.1.3 Transetto n° 3

Il profilo è stato ricostruito lungo l'allineamento dei punti di campionamento PS 7, PS 8 e PS 9, a ovest della diga di ponente di progetto.

Si sviluppa dalla batimetrica -1,00 m, corrispondente al punto di prelievo di PS 7, passa per il punto di prelievo PS 8 (batimetrica -4,60 m) e arriva alla batimetrica -9,70 m, corrispondente al punto di prelievo di PS 9.

Fino ad una distanza di una decina di metri dalla linea di costa si riscontra una diffusa presenza di ciottoli e blocchi di dimensioni variabili da pochi centimetri a diversi decimetri e forma sub-sferica, dovuta al trasporto fluviale subito per rotolamento, che danno al fondale marino un aspetto irregolare con continui salti di quota legati alla casualità del deposito dei singoli elementi litoidi.

Subito dopo il fondale marino si regolarizza, digradando lievemente verso Nord, e risulta costituito da sabbia-limosa debolmente ghiaiosa, ricca di frammenti di gusci di gasteropodi e bivalvi, con rari blocchi decimetrici affioranti dal fondale.

Lungo questa fascia si riscontra la presenza di tipiche, piccole increspature dovute all'azione del moto ondoso nelle spiagge sommerse (ripple marks).

In corrispondenza del punto di campionamento PS 9, il fondale marino torna fortemente irregolare con diffusi ciottoli e blocchi di dimensioni decimetriche.

1.10.1.4 Transetto n° 4

Il profilo è stato ricostruito lungo l'allineamento dei punti di campionamento PS 10, PS 11 e PS 12, di fronte la stazione ferroviaria e in corrispondenza della diga di ponente di progetto.

Si sviluppa dalla batimetrica -1,00 m, corrispondente al punto di prelievo di PS 10, passa per il punto di prelievo PS 11 (batimetrica -6,40 m) e arriva alla batimetrica -9,50 m, corrispondente al punto di prelievo di PS 12.

Fino ad una distanza di circa 6,00 metri dalla linea di costa si riscontra una diffusa presenza di ciottoli e blocchi con ghiaia di dimensioni variabili da pochi centimetri a qualche decimetro e forma sub-sferica, tipica del trasporto fluviale subito per rotolamento, che danno al

fondale marino un aspetto irregolare con continui salti di quota legati alla casualità del deposito dei singoli elementi litoidi.

Subito dopo il fondale marino si regolarizza, digradando lievemente verso Nord, e risulta costituito da sabbia-limosa debolmente ghiaiosa, ricca di frammenti di gusci di gasteropodi e bivalvi.

1.10.1.5 Transetto n° 5

Il profilo è stato ricostruito lungo l'allineamento dei punti di campionamento PS 13 e PS 14, di fronte la foce dei Valloni Ciaramirello e Palermo, e in corrispondenza del punto di campionamento PS 15, posto centralmente rispetto al bacino portuale di progetto.

Si sviluppa dalla batimetrica -4,50 m, corrispondente al punto di prelievo di PS 13 fino alla batimetrica -7,80 m, corrispondente al punto di prelievo di PS 14; il campione PS 15 è stato prelevato ad una profondità di 3,90 m.

Il fondale marino si presenta regolare con una lieve pendenza verso Nord e risulta costituito da sabbia-limosa ricca di frammenti di gusci di gasteropodi e bivalvi; solo in corrispondenza del punto di campionamento PS 15, più vicino alla linea di riva, compare la componente ghiaiosa.

Lungo questa fascia si riscontra la presenza di tipiche, piccole increspature dovute all'azione del moto ondoso nelle spiagge sommerse (ripple marks).

1.10.1.6 Transetto n° 6

Il profilo è stato ricostruito lungo l'allineamento dei punti di campionamento PS 16, PS 17, PS 18 e PS 19, subito a est della foce dei Valloni Tudisca - Pecoraro.

Si sviluppa dalla batimetrica -1,00 m, corrispondente al punto di prelievo di PS 16, passa per i punti di prelievo PS 17 (batimetrica -3,50 m), PS 18 (batimetrica -6,30) e arriva alla batimetrica -8,10 m, corrispondente al punto di prelievo di PS 19.

Fino ad una distanza di circa 5,00 m dalla linea di costa si riscontra una diffusa presenza di ciottoli e blocchi con ghiaia di dimensioni variabili da pochi centimetri a qualche decimetro e forma sub-sferica, tipica del trasporto fluviale subito per rotolamento, che danno al fondale marino un aspetto irregolare con continui salti di quota legati alla casualità del deposito dei singoli elementi litoidi.

Subito dopo il fondale marino si regolarizza, digradando lievemente verso Nord, e risulta costituito da sabbia-limosa debolmente ghiaiosa, ricca di frammenti di gusci di gasteropodi e bivalvi.

Lungo questa fascia si riscontra la presenza di tipiche, piccole increspature dovute all'azione del moto ondoso nelle spiagge sommerse (ripple marks).

1.10.1.7 Transetto n° 7

Il profilo è stato ricostruito lungo l'allineamento dei punti di campionamento PS 20, PS 21 e PS 22, in corrispondenza della foce del Vallone Gebbiole.

Si sviluppa dalla batimetrica -1,00 m, corrispondente al punto di prelievo di PS 20, passa per i punti di prelievo PS 21 (batimetrica -4,00 m) e arriva alla batimetrica -7,20 m, corrispondente al punto di prelievo di PS 22.

Fino ad una distanza di circa 4,00 metri dalla linea di costa si riscontra una diffusa presenza di ciottoli e blocchi con ghiaia di dimensioni variabili da pochi centimetri a qualche decimetro e forma sub-sferica, dovuta al trasporto fluviale subito per rotolamento, che danno al fondale marino un aspetto irregolare con continui salti di quota legati alla casualità del deposito dei singoli elementi litoidi.

Subito dopo il fondale marino si regolarizza, digradando lievemente verso Nord, e risulta costituito da sabbia-limosa debolmente ghiaiosa, ricca di frammenti di gusci di gasteropodi e bivalvi.

Lungo questa fascia si riscontra la presenza di tipiche, piccole increspature dovute all'azione del moto ondoso nelle spiagge sommerse (ripple marks).

1.10.1.8 Transetto n° 8

Il profilo è stato ricostruito lungo l'allineamento dei punti di campionamento PS 23, PS 24 e PS 25, posti tra le foci del Vallone Gebbiole, a ovest, e del Vallone Ortora, ad Est.

Si sviluppa dalla batimetrica -1,00 m, corrispondente al punto di prelievo di PS 23, passa per i punti di prelievo PS 24 (batimetrica -4,30 m) e arriva alla batimetrica -7,00 m, corrispondente al punto di prelievo di PS 25.

Fino ad una distanza di circa 3,00 metri dalla linea di costa si riscontra una diffusa presenza di ciottoli con ghiaia di dimensioni variabili da pochi centimetri a pochi decimetri e forma sub-sferica, tipica del trasporto fluviale subito per rotolamento, che danno al fondale marino un aspetto irregolare con continui salti di quota legati alla casualità del deposito dei singoli elementi litoidi.

Subito dopo il fondale marino si regolarizza, digradando lievemente verso Nord, e risulta costituito da sabbia-limosa debolmente ghiaiosa, ricca di frammenti di gusci di gasteropodi e bivalvi.

Lungo questa fascia si riscontra la presenza di tipiche, piccole increspature dovute all'azione del moto ondoso nelle spiagge sommerse (ripple marks).

1.10.1.9 Transetto n° 9

Il profilo è stato ricostruito lungo l'allineamento dei punti di campionamento PS 26, PS 27 e PS 28, posti in corrispondenza della foce del Vallone Ortora.

Si sviluppa dalla batimetrica -1,00 m, corrispondente al punto di prelievo di PS 26, passa per i punti di prelievo PS 27 (batimetrica -3,70 m) e arriva alla batimetrica -6,70 m, corrispondente al punto di prelievo di PS 28.

Fino ad una distanza di circa 5,00 metri dalla linea di costa si riscontra una diffusa presenza di ciottoli e blocchi con ghiaia di dimensioni variabili da pochi centimetri a vari decimetri e forma sub-sferica, tipica del trasporto fluviale subito per rotolamento, che danno al fondale marino un aspetto irregolare con continui salti di quota legati alla casualità del deposito dei singoli elementi litoidi.

Subito dopo il fondale marino si regolarizza, digradando lievemente verso Nord, e risulta costituito da sabbia-limosa debolmente ghiaiosa, ricca di frammenti di gusci di gasteropodi e bivalvi.

Lungo questa fascia si riscontra la presenza di tipiche, piccole increspature dovute all'azione del moto ondoso nelle spiagge sommerse (ripple marks).

1.10.1.10 Transetto n° 10

Il profilo è stato ricostruito lungo l'allineamento dei punti di campionamento PS 29 e PS 30, posti a Est della foce del Vallone Ortora.

Si sviluppa dalla batimetrica -1,00 m, corrispondente al punto di prelievo di PS 29, fino alla batimetrica -5,20 m, corrispondente al punto di prelievo di PS 30.

Fino ad una distanza di circa 5,00 metri dalla linea di costa si riscontra una diffusa presenza di ciottoli e blocchi con ghiaia di dimensioni variabili da pochi centimetri a pochi decimetri e forma sub-sferica, tipica del trasporto fluviale subito per rotolamento, che danno al fondale marino un aspetto irregolare con continui salti di quota legati alla casualità del deposito dei singoli elementi litoidi.

Subito dopo il fondale marino si regolarizza, digradando lievemente verso Nord, e risulta costituito da sabbia-limosa debolmente ghiaiosa, ricca di frammenti di gusci di gasteropodi e bivalvi.

Lungo questa fascia si riscontra la presenza di tipiche, piccole increspature dovute all'azione del moto ondoso nelle spiagge sommerse (ripple marks).

1.10.1.11 Transetto n° 11

Il profilo è stato ricostruito lungo l'allineamento dei punti di campionamento PS 31 e PS 32, posti a ovest rispetto alla ex Cooperativa dei Ceramisti, già Sugherificio.

Si sviluppa dalla batimetrica -1,00 m, corrispondente al punto di prelievo di PS 31, fino alla batimetrica -6,00 m, corrispondente al punto di prelievo di PS 32.

Fino ad una distanza di circa 5,00 metri dalla linea di costa si riscontra una diffusa presenza di ciottoli e blocchi con ghiaia di dimensioni variabili da pochi centimetri a pochi decimetri e forma sub-sferica, tipica del trasporto fluviale subito per rotolamento, che danno al fondale marino un aspetto irregolare con continui salti di quota legati alla casualità del deposito dei singoli elementi litoidi.

Subito dopo il fondale marino si regolarizza, digradando lievemente verso Nord, e risulta costituito da sabbia-limosa debolmente ghiaiosa, ricca di frammenti di gusci di gasteropodi e bivalvi.

Lungo questa fascia si riscontra la presenza di tipiche, piccole increspature dovute all'azione del moto ondoso nelle spiagge sommerse (ripple marks).

1.11 MATERIALI NATURALI DA COSTRUZIONE

Per la realizzazione delle dighe foranee, dei rivestimenti e, in genere, delle opere d'arte, è previsto, oltre che l'utilizzo di massi artificiali in cls. (cubi Antifer), l'impiego di blocchi lapidei di varia pezzatura.

In generale i blocchi lapidei da impiegarsi dovranno essere a grana compatta, con rigorosa esclusione di quanto si rinviene nel cappellaccio superficiale di alterazione, esenti da diaclasi e leptoclasti, piani di sfaldatura, venature di sostanze estranee, cavità, etc. Le loro dimensioni debbono essere consone al loro particolare impiego ed offrire una resistenza proporzionata all'entità delle sollecitazioni cui saranno sottoposte.

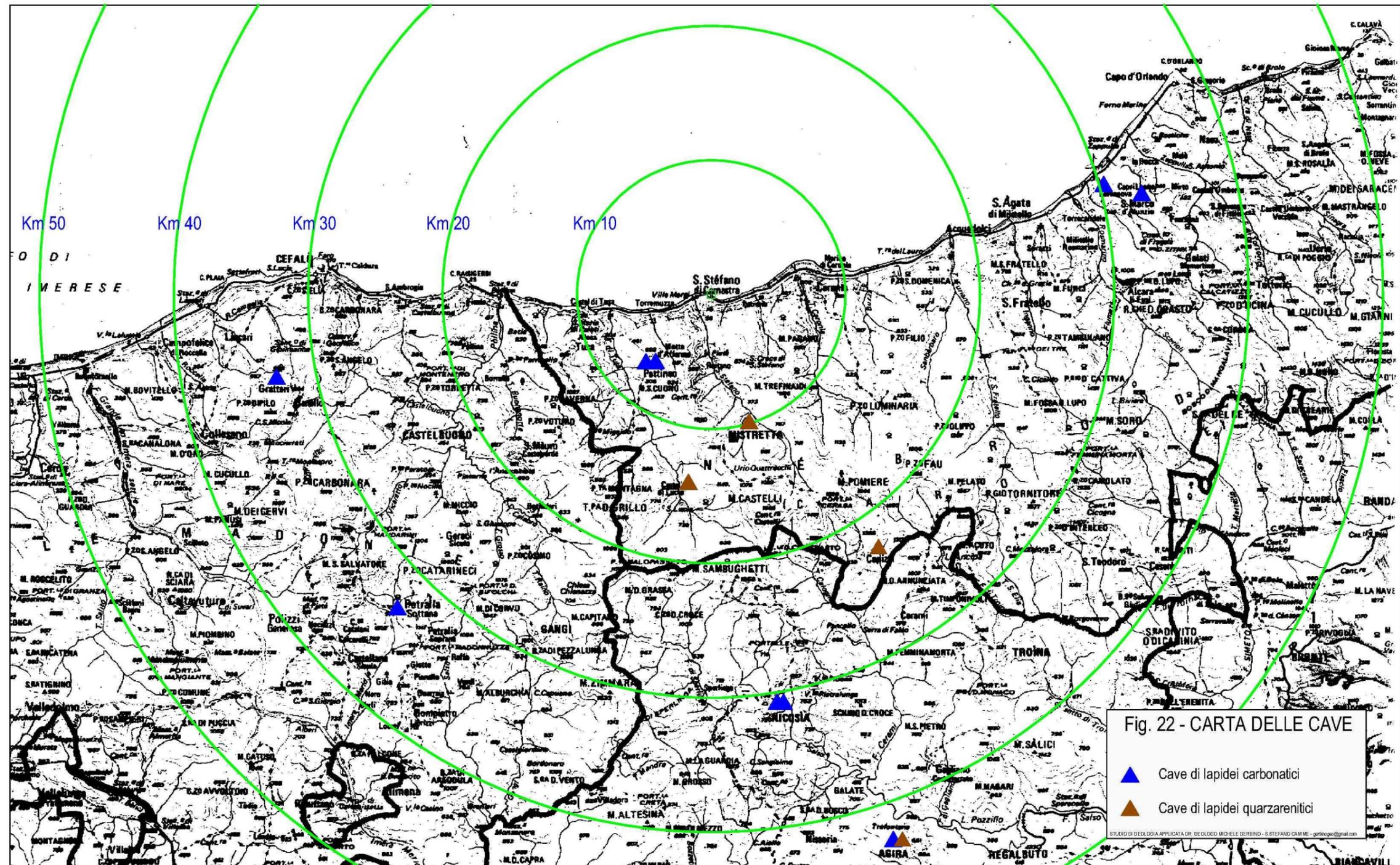
Saranno escluse, di conseguenza, i lapidei marnosi, quelli gessosi e, in generale, tutte le rocce alterabili sotto l'azione dell'atmosfera marina e poco resistenti all'azione del moto ondoso.

In considerazione delle particolari esigenze, è stata fatta una ricerca presso i Distretti Minerari di Caltanissetta, Catania e di Palermo, allo scopo di censire, in un raggio di 50 Km ca., le cave di lapidei presso le quali può reperirsi quanto necessario alla bisogna.

Nella tabella appresso esposta si riportano le cave censite, aggiornate al 1° gennaio 2017, mentre in Fig. 11 viene indicata la loro ubicazione.

COMUNE	LITOTIPO	LOCALITA'
AGIRA	Calcare	Finocchio
AGIRA	Quarzarenite	Mandre Bianche
NICOSIA	Calcare	S.Basile II
NICOSIA	Calcare	S.Basile
CAPIZZI	Quarzarenite	San Benedetto
CASTEL DI LUCIO	Quarzarenite	S. Giovanni

PETTINEO	Calcare	Rocca d'Armi
PETTINEO	Calcare	Rocca d'Armi-Nebrodi
S.MARCO D'ALUNZIO	Calcare	Campì
TORRENOVA	Calcare	Bicurca
GRATTERI	Calcare	Giampietro
PETRALIA SOTTANA	Calcare	Recattivo



1.12 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dall'indagine conoscitiva e dai rilevamenti svolti, relativamente alle aree in cui si dovrà intervenire per la realizzazione delle opere di progetto, è stato possibile ricostruire il quadro della situazione geologica, geomorfologica, idrogeologica, idraulica, sismica e geotecnica così come descritta nei capitoli precedenti.

Il progetto prevede la realizzazione di un bacino portuale costituito da due dighe, di sopraflutto (lato ponente) e di sottoflutto (lato levante) oltre che alcune opere accessorie di pertinenza e ricettive ubicate a terra. Sono previste, inoltre, due strade di collegamento col territorio: una lato levante per collegare l'opera portuale con la SS 113, l'altra con Via R.Guttuso e - quindi - con gli impianti sportivi e la SS 113 lato ponente, i cui tracciati non sono stati presi in alcuna considerazione in questa fase non facendo parte del progetto cui è finalizzato il presente studio.

La natura dei terreni su cui verranno ad insistere le opere di progetto, accertata in affioramento con rilievo geologico di superficie ed in profondità attraverso estrapolazioni fatte da indagini pregresse meccaniche (sondaggi geognostici a c.c.) e geofisiche (sismica a rifrazione) e apposita campagna di indagini geognostiche e prove geotecniche in situ e di laboratorio (V. All ----), risulta come appresso:

- **TERRENI DI SUPERFICIE** costituiti da:

DEPOSITI COSTIERI ATTUALI. Si rinvengono dalla fascia di spiaggia attuale verso il largo. Sono costituiti dapprima, fino alla batimetrica -1,50 m 2,50 m, da ciottoli e blocchi tondeggianti con ghiaia, più raramente sabbia, di natura prevalentemente quarzarenitica e di natura arenacea a cemento carbonatico in subordine. I blocchi possono raggiungere dimensioni di alcuni decimetri ed una frequenza del 5 ÷ 10% ca.

Successivamente sono costituiti da sabbia con elementi ghiaiosi di natura prevalentemente quarzarenitica.

Sono presenti nell'area in cui dovranno realizzarsi le opere portuali e ne costituiranno il sedime.

DEPOSITI FLUVIO-MARINI RECENTI. Vi si rinvencono ciottoli e blocchi tondeggianti con ghiaia, più raramente con sabbia, di natura prevalentemente quarzarenitica e arenacea a cemento carbonatico in matrice sabbioso-limosa. Sono presenti lenti di sabbia grossolana con limo-sabbioso.

Costituiranno il sedime di parte delle opere portuali da sorgere a terra.

- **TERRENI DI SUBSTRATO** costituiti da

LIMI SABBIOSI, ARENARIE E SABBIE GIALLE, ARGILLE GRIGIE. I limi sabbiosi sono caratterizzati da una certa variabilità granulometrica, compresi – come sono – in un fuso che va dalla ghiaia sabbiosa argillosa e limosa ad argilla con limo, senza predominanza dell'una sull'altra, anche se talora può rinvenirsi insieme ad essi qualche lente di sabbia. Sono stati messi in luce da qualche intervento antropico eseguito nell'area dove sono sorti i campi da tennis, ubicati a monte della strada provinciale che porta in località "Barche Grosse", dove dovrà realizzarsi l'opera portuale in argomento.

Hanno colore giallo bruno e inglobano elementi poligenici a livello di ghiaia o clasti di natura marnosa, arenacea e quarzarenitica, talora di gesso amorfo o cristallino.

Le arenarie e le sabbie gialle sono costituite da arenarie a grana grossolana debolmente cementate e sabbie fini giallastre debolmente limose molto bene addensate. Nell'ammasso si rilevano rare presenze di elementi spigolosi eterometrici ascrivibili in prevalenza alle arenarie del Flysch di Reitano.

Sono stratificate, anche se non in modo netto, e presentano banchi a più alto contenuto di cemento carbonatico e consistenza maggiormente lapidea. Generalmente sono, tuttavia, debolmente cementate e caratterizzate da scarsa durezza.

Le argille grigie hanno un fuso granulometrico che varia pochissimo: da limo con argilla debolmente sabbioso a limo con argilla sabbioso. Si presentano da compatte a molto compatte, talora con cristalli e clasti di gesso, più raramente di blocchi. Possono presentare superfici di discontinuità irregolari, di forma callosa a superficie sericea, spesso riempite da veli di sabbia fine grigia.

I tre litotipi saranno interessati soprattutto dalle pressioni indotte dalle opere in mare e direttamente da quelle ricadenti a terra nel settore di levante.

MARNE E CALCARI MARNOSI. Questa formazione è costituita da un'alternanza di argille marnose e marne argillose color nocciola con presenza di qualche livello decimetrico di calcare rosato, spesso cariato, a frattura scheggiata.

Sarà interessata dalle pressioni indotte dalle opere in mare, in special modo da quelle ricadenti nel settore di ponente.

ALTERNANZE FLISCIOIDI DI ARENARIE IN BANCHI E STRATI DECIMETRICI CON ARGILLE GRIGIE SOVRACONSOLIDATE. Questa formazione è costituita da banchi di arenarie a cemento carbonatico, quasi sempre ben stratificati, alternati a livelli argillosi più o meno tettonizzati.

Non saranno interessate direttamente da alcuna opera in progetto ma dalle pressioni indotte dalle opere che saranno realizzate esclusivamente nel settore di levante.

In definitiva, può affermarsi che:

1. Le aree in cui dovranno realizzarsi le opere di progetto ed un loro significativo intorno risultano stabili.

2. L'area interessata dall'opera portuale in progetto risulta caratterizzata da litotipi di natura sedimentaria a granulometria grossolana con buone caratteristiche geomeccaniche, tali da rendere il sito idoneo ad accoglierne le strutture fondazionali.
3. In particolare, le caratteristiche geotecniche del terreno di sedime sono tali da escludere che possano verificarsi fenomeni di liquefazione.
4. Non sono stati osservati, allo stato attuale, processi geomorfici tali da creare pregiudizio alla realizzazione delle opere di progetto.

Tuttavia, sembra opportuno sottolineare la massima attenzione che bisognerà porre agli scenari futuri che si verranno a determinare ad Ovest e ad Est dell'opera portuale, una volta che questa sarà portata a compimento.

- Fascia costiera posta ad Ovest dell'area portuale.

Allo stato attuale detta fascia costiera risulta pericolosamente esposta alla furia dei marosi. Per la situazione futura è prevedibile un miglioramento a seguito dell'ampliamento della fascia costiera dovuto alla sedimentazione del materiale sopraflutto alla diga di ponente che, fin tanto che non si verrà a creare un'opportuna sagomatura della nuova linea di riva, non farà passare altro materiale oltre la bocca del porto.

- Fascia costiera posta ad Est dell'area portuale.

La realizzazione del bacino portuale comporterà l'asportazione del materiale depositato a tergo delle due scogliere realizzate nel 1979 ed il successivo dragaggio del fondo sotteso.

Allo stato attuale detta fascia costiera risulta pericolosamente esposta alla furia dei marosi. Per la situazione futura soltanto a breve scadenza è prevedibile un miglioramento a seguito dell'ampliamento della fascia

costiera, in considerazione del fatto che il materiale dragato anzidetto sarà depositato lungo la costa sottoflutto.

Alla luce delle sovraesposte risultanze, si esprime un giudizio positivo sulla fattibilità delle opere in progetto. Si consiglia, tuttavia, prima di passare alla stesura definitiva del presente progetto, un'approfondita verifica degli scenari futuri ipotizzati a medio-lungo termine allo scopo di quantificare i tempi occorrenti per il ripristino di una nuova situazione di equilibrio geomorfico nell'ambito del paraggio interessato.

Santo Stefano di Camastra, aprile 2017

Dott. Geologo Michele Gerbino