



Il Sindaco del Comune di Messina

Commissario Delegato ex O.P.C.M. n. 3721 del 19 Dicembre 2008

ENTE APPALTANTE

Commissario Delegato per l'Emergenza Traffico a Messina ex OPCM 3633/07 e successive, con sede presso il Comune di Messina, Piazza Unione Europea, 98100 Messina

A.T.I. IMPRESE



Nuova CO.ED.MAR Srl
Via Banchina F - Val da Rio
30015 Chioggia (VE)



CONSORZIO COOPERATIVE COSTRUZIONI

Consorzio Cooperative Costruzioni
CCC Società Cooperativa
Via Marco Emilio Lepido, 182/2
40132 Bologna

PROGETTAZIONE



favero&milan ingegneria

30035 Mirano (VE) Tel. +39 041 5785 711
Viale Belvedere 8/10 Fax +39 041 4355 933
www.favero-milan.com fm@favero-milan.com



20143 Milano Tel. +39 02 8942 2685
Viale Cassala, 11 Fax +39 02 8942 5133
mail@idrotec-ingegneria.it

Ing. Vincenzo Iacopino

Viale Regina Elena, 125 - Messina

Studio Tecnico Falzea

Via 1° Settembre, 37 - Messina

Arch. Claudio Lucchesi

Via Roma, 117 - Pace del Mela (ME)

Ing. Manlio Marino

Via Placida, 6 - Messina

Dott. Geol. Sergio Dolfin

Via Marina, 4 - Torre Faro (ME)

PROGETTO

**COMUNE DI MESSINA
LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA
LOGISTICA INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO
SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE**

EMISSIONE

PROGETTO DEFINITIVO

TITOLO

**PARTE GENERALE
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA**

REV.	DATA	FILE	OGGETTO	DIS.	APPR.
a	-	-	-	-	-
b					
c					
d					
e					

ELABORATO N.

G797FMAR003

DATA: 20/05/2010	SCALA: -	FILE: G797FMAR003.doc
J.N. G797/10	DISEGNATO DOLFIN	APPROVATO T.T.

Indice Generale

1	<i>PREMESSE</i>	4
2	<i>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO GENERALE E GEOMORFOLOGIA</i>	6
2.1	LA FASCIA COSTIERA	9
2.2	LA PIANURA COSTIERA	9
2.3	LE FIUMARE	9
2.4	I CORSI D'ACQUA SECONDARI	10
2.5	LA ZONA COLLINARE	11
2.6	I TERRAZZI MARINI ANTICHI	11
3	<i>INQUADRAMENTO GEOLOGICO E CENNI DI TETTONICA</i>	13
3.1	GNEISS OCCHIADINI E PARAGNEISS A GRANA MINUTA CON FILONI GRANITICI E PEGMATITICI	16
3.2	ALTERNANZA PELITICO SABBIOSA (TORTONIANO)	18
3.3	FORMAZIONE DELLE SABBIE E GHIAIE DI MESSINA	18
3.4	ALLUVIONI FLUVIALI E FLUVIO MARINE	19
4	<i>IDROGEOLOGIA</i>	21
5	<i>SISMICITÀ DELL'AREA ED INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURE</i>	24
6	<i>EROSIONE COSTIERA E RIPASCIMENTO</i>	29
7	<i>CARATTERISTICHE DI LIQUEFACIBILITÀ E DENSIFICAZIONE DEI TERRENI</i>	33
8	<i>ANALISI DELLA DISSESTABILITÀ DEI BACINI IN STUDIO</i>	36
8.1	CENNI IDROLOGICI	37
8.2	DISSESTO IDROGEOLOGICO CAUSE E RIMEDI	38
8.3	CENNI SUL CLIMA E DATI PLUVIOMETRICI	42
8.4	PRECEDENTI STORICI SULLE ALLUVIONI	46
9	<i>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE</i>	50

Tavole:

- 1 - Carta Geomorfologica
- 2 - Carta storica fenomeni liquefazione
- 3 - Carta suscettività al ripascimento 1/4
- 4 - Carta suscettività al ripascimento 2/4
- 5 - Carta suscettività al ripascimento 3/4
- 6 - Carta suscettività al ripascimento 4/4

1 PREMESSE

Nell'ambito della convenzione stipulata tra il Prefetto della Provincia di Messina, nella qualità di Commissario delegato con O.P.C.M. n° 3633, e l'Università degli Studi di Messina, sono stati svolti gli studi propedeutici alla progettazione preliminare relativa ai lavori in oggetto.

Nello svolgimento di tale lavoro sono stati eseguiti mirati studi specialistici e precisamente:

- Direzione lavori delle indagini geognostiche e delle prove in situ, coordinatore Prof. Ing. Giuseppe Ricciardi;
- Studio topografico, coordinatore Prof. Ing. Luigi Giacobbe;
- Studio geomorfologico-sedimentologico coordinatore Prof. Geologo Giovanni Randazzo;
- Studio geologico-tecnico, indagini geofisiche coordinatore Prof. Dott. Antonio Bottari;
- Studi geotecnica Dott. Ing. Ernesto Cascone;
- Studio ideologico Prof. Ing. Tito Aronica;
- Studio idraulico-marittimo, coordinatore Prof. Ing. Enrico Foti, Dott. Ing. Carla Faraci;
- Studio sulle tipologie strutturali delle opere marittime, coordinatori, Proff. Ingg. Giuseppe Ricciardi, Giovanni Falsone, Giuseppe Muscolino

Inoltre in relazione a quanto sopra ed in funzione della necessità di ricostruire la stratigrafia del substrato, caratterizzare il terreno da un punto di vista geotecnico e sismico è stata programmata e quindi svolta una mirata campagna d'indagini geognostiche comprendente:

- esecuzione di n° 20 sondaggi a carotaggio continuo per una lunghezza totale di 700,00 m.;
- esecuzione di n° 3 sondaggi a distruzione di nucleo;
- esecuzione di n° 110 prove SPT;
- prelievo di n° 67 campioni con campionatore ambientale;
- prelievo di n° 46 campioni geotecnica;
- installazione di n° 2 celle di tipo Casagrande;
- installazione di 145 ml. Di tubi piezometrici di tipo Casagrande;
- installazione di 69 ml. Di tubi in PVC;
- installazione di MI 102 di tubi inclinometrici;
- analisi e prove di laboratorio sui campioni prelevati nel corso dei sondaggi;
- esecuzione di prove tipo Down-Hole;
- esecuzione di indagine sismica tipo Cross-Hole.

Dette indagini sono state svolte nel rispetto di quanto dettato dal D.M: 11.03.88 e della vigente normativa sismica.

Quanto sopra ha consentito al gruppo di progettazione:

- di definire i lineamenti geomorfologici e i fenomeni morfogenetici;
- definire le caratteristiche tettoniche e sismotettoniche;
- ricostruire la successione litostratigrafia;
- individuare le condizioni idrogeologiche;
- valutare la stabilità di insieme nell'area;
- valutare le caratteristiche tecniche dei litotipi direttamente interessati dalle opere in progetto.

Tutto quanto sopra e alla luce di una attenta analisi da noi svolta degli elaborati prodotti ed allegati al progetto originario, ha permesso di constatare che gli stessi sono esaustivi in relazione ai livelli di progettazione sia preliminare che definitivo. A tal proposito ed in funzione di quanto sopra si è deciso di non svolgere un'ulteriore campagna d'indagini geognostiche.

Si è quindi proceduto all'esecuzione solo di alcuni rilievi topografici di dettaglio, inerenti i torrenti e gli impluvi che interessano direttamente le opere portuali, i quali hanno integrato quelli posti a base di gara.

Le linee di approfondimento da un punto di vista geologico-geomorfologico-idrogeologico che si è ritenuto dover percorrere sono sostanzialmente tre e precisamente:

- Problematiche legate al rischio ed al dissesto idrogeologico dell'area interessata dall'attività portuale, con particolare riguardo ai bacini idrografici dei torrenti Canneto, Faroto (o Giglio) e Guidari. Tale argomento è stato molto approfondito (rispetto il progetto preliminare) non già per carenza di studi di base, ma semplicemente perché gli studi relativi al progetto preliminare sono stati svolti a cavallo degli ultimi mesi dell'anno 2008 ed i primi mesi dell'anno 2009 e quindi non hanno potuto tenere in conto ed approfondire le tematiche legate ai tragici fatti del 01 Ottobre 2009, allorquando una vera e propria "bomba d'acqua" ha colpito in parte l'area direttamente interessata dal progetto e più intensamente l'area di Giampilieri, Briga, Scaletta, che distano pochi chilometri dal costruendo porto e che ha provocato 35 morti, centinaia di frane, fenomeni improvvisi (trasporto di circa 1.200.000 mc di detrito a mare).

A conferma di ciò in data 10/marzo/2010 una intensa pioggia (circa 100 mm in un ora) si è abbattuta direttamente nell'area di progetto creando seri danni nei bacini dei torrenti Guidari, Faroto, Canneto.

Detto approfondimento si è reso necessario al fine di una corretta interpretazione dei dati alla base dei calcoli idraulici delle strutture in progetto.

- Problematiche legate ai fenomeni di liquefazione dei terreni, conducendo un'analisi storica.
- Problematiche legate all'utilizzo dei terreni di scavo eccedente la volumetria di materiale legata al ripascimento (di progetto) dell'area immediatamente a nord del porto.

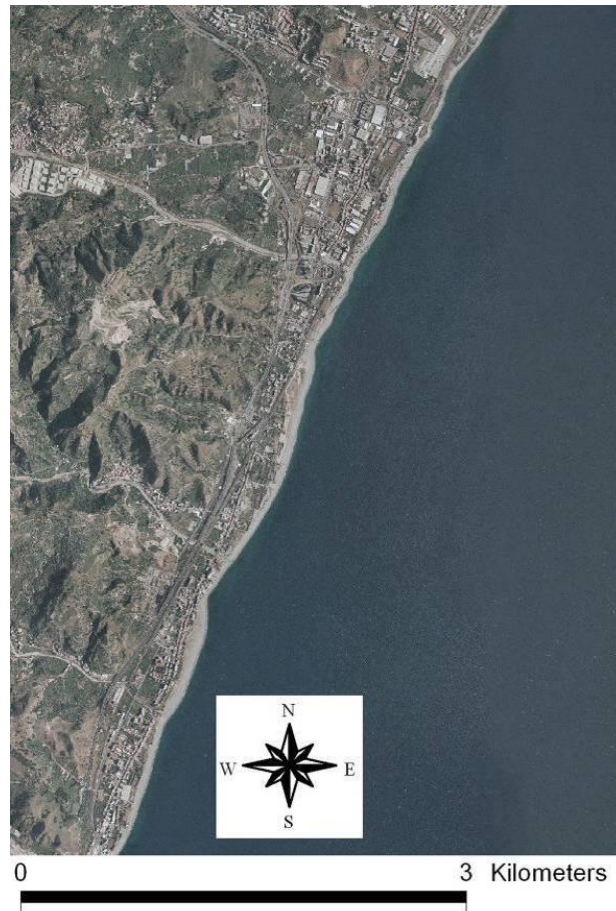
Si sono svolti quindi approfondimenti legati alla suscettività dei litorali a ricevere i materiali di scavo per realizzare opere di ripascimento e rinaturalizzazione delle coste. Si ringrazia per la collaborazione il Dott. Geologo Carmelino Mondello.

Lo studio si è articolato pertanto come segue:

- Raccolta ed analisi dei dati bibliografici forniti a corredo del progetto preliminare, confrontati con una vasta letteratura specializzata.
- Inquadramento geografico generale e geomorfologico del territorio.
- Definizione dei principali elementi di tettonica rilevati nell'areale esaminato.
- Caratterizzazione geolitologica ed idrogeologica dei terreni cartografati.
- Identificazione delle caratteristiche di sismicità dell'area con particolare riferimento alla risposta sismica locale dei terreni.
- Definizione delle principali forme di dissesto.
- Analisi dei dati pluviometrici e studio morfologico dei bacini.
- Conclusioni

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO GENERALE E GEOMORFOLOGIA

Il settore in esame fa parte del territorio comunale di Messina ed è inserito topograficamente, in parte nella tavoletta "Messina" (F° 254 IV S.O.) ed in parte nella tavoletta "S. Stefano di Briga" (F° 254 III N.O.) in scala 1:25.000 della cartografia edita dall'I.G.M.I.



Lo studio è stato condotto su di un areale delimitato grosso modo a nord dalla Fiumara Larderìa, a sud dal Torrente Canneto, ad est dal mare ed a ovest fino alle prime propaggini collinari dei Monti Peloritani, con la parte più alta di detta area rappresentata dallo spartiacque della Fiumara Guidari.

Il settore delimitato dalle fiumara "Larderìa – Canneto", comprende i bacini idrografici del torrente Palummara, Guidari, Faroto o Giglio ed è altimetricamente compreso fra il livello del mare e la quota massima di 300 m. circa s.l.m.

Esso possiede la forma di un triangolo dai contorni assai irregolari, allungato perpendicolarmente alla linea di costa, con la base posta in prossimità e parallelamente alla linea litoranea. Come detto ricade nell'ambito dei bacini della Fiumara di Larderìa e Canneto e nel tratto di piana costiera formata dai depositi deltizi dei suddetti corsi d'acqua.

Il quadro che in generale emerge da un'attenta analisi del territorio indagato è quello di uno stadio geomorfologico spiccatamente giovanile ed in rapida evoluzione.

Ciò è da mettere in relazione con le recenti crisi epirogenetiche le quali hanno investito l'intera regione determinando il sollevamento di porzioni crostali più o meno profonde e causando il generale turbamento degli equilibri fisico-meccanici e gravitazionali esistenti.

In sostanza la morfologia che ne deriva è legata alle attività e vicende, in genere antagoniste, delle forze endogene da un lato, e di quelle esogene dall'altro: le prime creano e modificano i rilievi attraverso l'orogenesi e gli spostamenti tettonici, le altre tendono a demolirli o a spianarne le irregolarità.

Fra i fattori che contribuiscono in modo preponderante a determinare l'assetto del territorio sono: la litologia delle formazioni affioranti, la giacitura delle stesse e l'azione modellatrice da parte degli agenti esogeni, segnatamente i corsi d'acqua.

Si rilevano in particolare, nell'immediato entroterra, versanti alto collinari piuttosto acclivi, in corrispondenza degli affioramenti cristallini, profondamente incisi da una fitta rete di corsi d'acqua i quali confluiscono a raggiera nelle fiumare che costituiscono quindi il sistema idrografico di base. Le pendenze generali si riducono sensibilmente in presenza di litologie argillose o sabbiose le quali affiorano piuttosto diffusamente tutt'intorno all'abitato di Messina formando una cintura basso collinare.

I corsi d'acqua anzidetti sono dei tipici esempi di "*Fiumara Siciliana*" essendo caratterizzati da un Bacino montano formato da numerosi rigagnoli e piccoli torrentelli, da un Tronco mediano ben definito e piuttosto piatto e da un Tratto terminale che si apre a ventaglio, allo sbocco dalla propria valle, formando un'ampia conoide.

L'intero territorio di Messina risulta solcato da numerose fiumare che scorrono a breve distanza l'una dall'altra, con andamento grosso modo WNW-ESE e praticamente normale alla linea di costa, in prossimità della quale si ricongiungono intersecando le loro rispettive foci e contribuendo a costituire la vasta pianura litoranea su cui si sviluppa gran parte del nucleo urbano.

La presenza di tutta una serie di terrazzi più o meno antichi, disposti secondo vari ordini anche a diverse decine di metri di quota sopra l'attuale livello degli alvei torrentizi, evidenzia in modo inequivocabile le diverse fasi di sollevamento che si sono succedute, anche in epoche recenti, determinando il progressivo abbassamento del livello di base degli alvei sino all'attuale posizione.

Nelle aree apicali delle zone collinari e lungo gli spartiacque principali si rileva una morfologia meno accentuata, caratterizzata da superfici ampiamente terrazzate, in cui si registrano di norma pendenze topografiche piuttosto limitate.

La piana costiera si estende lungo l'intero litorale, per un'ampiezza di diverse centinaia di metri e raccorda i rilievi collinari anzidetti con il mare.

Nelle righe che seguono si descrivono i principali elementi geomorfologici, evidenziati in seguito al rilevamento di campagna, i quali possiedono peculiarità specifiche ben evidenti in ordine alla forma, all'origine ed alla distribuzione plano-altimetrica.

2.1 LA FASCIA COSTIERA

Si sviluppa lungo la costa jonica formando arenili continui e di limitata estensione e risulta variamente modellata e rimaneggiata dalle correnti marine e dal moto ondoso sotto costa.

Elemento di transizione fra la terra ed il mare, è governata da equilibri molto delicati in quanto dettati dal continuo rapporto fra erosione marina ed apporti solidi da parte dei corsi d'acqua, segnatamente le fiumare,. Risente ovviamente di qualunque intervento "rigido" l'uomo pone in essere, che intervenendo in questo delicato equilibrio porta a variazioni morfologiche importanti. La costruzione del primo modulo del porto di Tremestieri ha comportato un'incipiente erosione della zona immediatamente a nord (sono previsti interventi di rinascimento armati per 1.2 km per ovviare a tale processo) e un notevole accumulo di sedimenti nell'area immediatamente a sud (che andrà scavata per realizzare il presente progetto).

2.2 LA PIANURA COSTIERA

Alla fascia costiera fa subito seguito una porzione pianeggiante la quale si estende verso monte per una distanza media variabile da alcune centinaia di metri a qualche chilometro fino a raccordarsi con la primitiva falesia caratterizzata, solo a tratti, da scarpate di erosione costiera piuttosto ripide.

E' il risultato dell'azione combinata, nel tempo, delle fiumare e del mare.

Difatti mentre le prime depositano rapidamente i materiali trasportati, allo sbocco dalle loro valli, per il duplice effetto dell'espansione delle correnti fluviali e della diminuzione dell'energia di trasporto, il mare li ridistribuisce lungo un vasto areale.

Questa pianura, moderatamente terrazzata, presenta un'altimetria limitata, con quote massime di 30-40 m. circa s.l.m., ed è emersa in seguito alla recente fase regressiva Versiliana la quale ha prodotto il progressivo arretramento della linea di costa sino all'attuale posizione.

In atto risulta ampiamente urbanizzata non solo da un punto di vista edilizio, ma anche perché in detta fascia insistono la ferrovia Messina-Catania-Siracusa, la Strada Statale 114 Messina – Catania, l'Autostrada A 18 Messina-Catania. Inoltre sono presenti servizi essenziali quali gli acquedotti, Alcantara, Fiumefreddo ecc.

E' caratterizzata da condizioni di stabilità ottimali, in considerazione della morfologia pianeggiante.

2.3 LE FIUMARE

Come anzidetto l'intero territorio di Messina è interessato da numerose fiumare le quali solcano le pendici collinari del primo entroterra con sviluppo subparallelo sino a sfociare nel Mar Jonio.

Si ricorda brevemente, vista l'importanza che rivestono nella definizione generale del paesaggio, come le "fiumare" rappresentino un particolare fenomeno limitato esclusivamente all'area peloritana l.s. in Sicilia mentre si manifestano, in scala anche maggiore, lungo le coste della Calabria, in presenza di rilievi costituiti dalle stesse rocce cristalline e nelle medesime condizioni climatiche.

Esse possiedono, come caratteristica peculiare, sviluppo piuttosto breve, pendenze elevate nella parte alta dei bacini imbriferi e minime nel tratto prossimale alla foce, per cui si ha un letto sproporzionatamente ampio in quest'ultimo tratto.

Il regime delle acque assume aspetti particolari nel carattere torrentizio con brevi ed imponenti piene, modesti tempi di corrivazione e quindi notevole erosione a monte, copioso trasporto di materiale solido e deposito a valle.

Questa situazione è notevolmente influenzata oltre che dalle conformazioni fisiche degli alvei, soprattutto dalle condizioni climatiche, o meglio dalla distribuzione delle piogge, nulle o quasi per molti mesi dell'anno e spesso concentrate in pochi giorni.

Esse rappresentano quindi l'agente morfogenetico attivo principale

Le Fiumara in studio, come quasi tutti i corsi d'acqua della regione presentano un alveo sopralluvionato.

L'asta principale possiede un andamento pressoché rettilineo e risultano scarsamente gerarchizzati, con thalwegs del IV ordine massimo.

L'area terminale rappresenta la regione di deposito del torrente e si presenta come un cumulo poco rilevato, o conoide di deiezione, situato al termine del canale di scarico e addossato alla falda montuosa da cui lo stesso sfocia. La forma è paragonabile a quella di un ventaglio aperto, con il perno rialzato e posto in corrispondenza dello sbocco vallivo.

Il tronco mediano risulta formato da un ampio letto dal fondo piatto le cui pendenze, limitate, crescono progressivamente con l'approssimarsi della parte montana.

Il regime del corso d'acqua è di tipo torrentizio, con deflussi concentrati nella stagione autunnale - invernale, per cui, in concomitanza degli eventi piovosi particolarmente intensi e prolungati, si può verificare, lungo l'alveo principale, il passaggio di improvvise piene a volte impetuose, a volte disastrose.

Si rimanda a successiva paragrafo per una descrizione specifica dei vari bacini

2.4 I CORSI D'ACQUA SECONDARI

Le aree collinari risultano più o meno profondamente incise da una rete capillare di piccoli corsi d'acqua dal carattere stagionale i quali sono alla base di tutta una serie di processi erosivi che tendono a modellare in modo più o meno evidente la superficie topografica.

L'azione erosiva da parte di tali corsi d'acqua si compie con andamento regressivo, cioè con effetto risalente a ritroso verso monte.

A partire dal livello di base verso la parte alta del bacino imbrifero di appartenenza, questi tendono infatti a regolare il proprio profilo longitudinale secondo il cosiddetto "profilo di compensazione o d'equilibrio", corrispondente ad una curva continua, concava verso il cielo e tangente al punto di sbocco del corso d'acqua.

Questi impluvi possiedono un regime tipicamente torrentizio, breve decorso in alveo, pendenze elevate e risultano inoltre scarsamente sviluppati e spesso appena accennati, con un indice di anomalia gerarchica del 3° o al massimo del 4° ordine.

Sono particolarmente presenti nel bacino montano mentre risultano più rari lungo il tronco mediano.

2.5 LA ZONA COLLINARE

Interessa una significativa porzione del territorio in esame, immediatamente a monte del tracciato autostradale, dove forma delle strette dorsali allungate perpendicolarmente alla costa e comprende i fianchi vallivi delle Fiumare.

Presenta una morfologia piuttosto irregolare con pendenze topografiche medie del 40%-45% che in alcuni tratti superano il 50%.

L'assetto morfometrico naturale dei versanti risulta regolato da numerosi fattori spesso concomitanti.

Primi fra tutti la litologia, le strutture fisiche principali e l'ordine giaciturale e quindi il grado di erodibilità delle formazioni affioranti.

Il termine *litologia* si riferisce a tutti quei caratteri compositivi, tessiturali, litostratigrafici, strutturali, nonché a quelli legati al grado di alterazione/pedogenesi di un corpo geologico, i quali ne condizionano in larga misura il comportamento geomeccanico.

Ne consegue che la presenza in affioramento del basamento cristallino comporta una limitata erodibilità delle scarpate.

2.6 I TERRAZZI MARINI ANTICHI

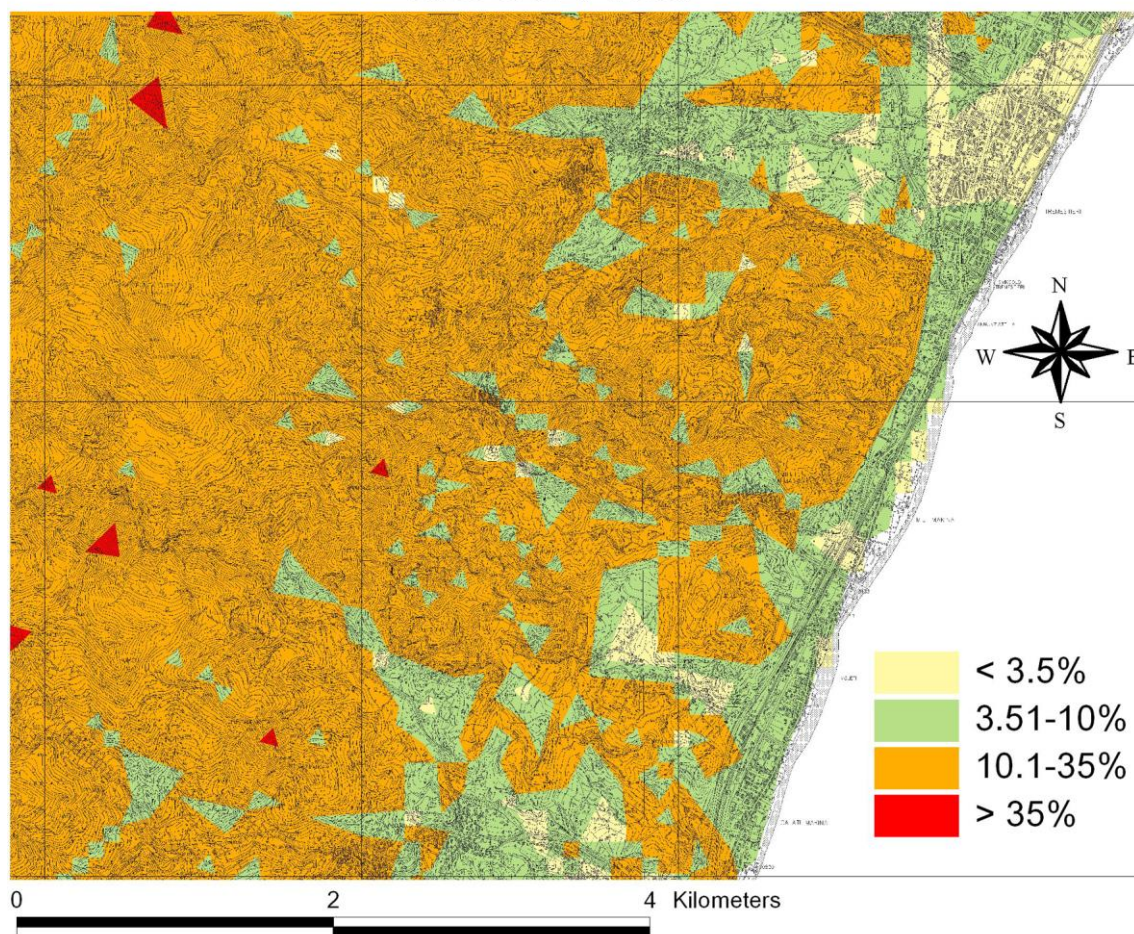
Occupano per lo più le vette collinari e si riscontrano a varie altitudini sotto forma di modeste pianure terrazzate ed interessano molto limitatamente i settori in argomento.

Appaiono spesso orlati da versanti piuttosto acclivi.

Le diverse aree terrazzate costituiscono altrettante superfici di abrasione marina; la disposizione spaziale ci indica come l'andamento originario della costa e la direzione delle fiumare non abbiano subito, almeno negli ultimi milioni di anni, sostanziali variazioni.

L'età piuttosto recente di questi terrazzi marini e la loro collocazione altimetrica danno l'esatta percezione dell'entità dei movimenti che hanno coinvolto l'area indagata, determinando, in un lasso di tempo relativamente breve, tassi di sollevamento piuttosto elevati.

acclività



3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E CENNI DI TETTONICA

Il territorio di Messina, nella sua porzione basale, è caratterizzato da un vasto complesso di terreni alloctoni sud vergenti, variamente sovrapposti e trasportati in un sistema di falde di ricoprimento.

Strutturalmente esso si inserisce nel *Complesso dei Monti Peloritani*, o *Complesso Calabride*, il quale rappresenta appunto la continuazione dell'Arco Calabro assieme al quale fa da raccordo fra la Catena Appenninica s.s. e la Catena Siciliano - Maghrebide.

Sotto l'aspetto paleografico, in un contesto geologico regionale, questi monti rispecchiano un indiscutibile carattere faldistico articolato quindi nell'impilamento di differenti falde di ricoprimento che contrassegnano altrettanti orizzonti di sovrapposizione tettonica.

Le unità peloritane presentano rocce metamorfiche di grado via via crescente verso le porzioni più elevate e più settentrionali della catena con brusco salto di grado metamorfico, per cui è possibile riconoscere, nelle unità inferiori, terreni di basso grado affioranti lungo una fascia sud-occidentale dal Mar Jonio al Mar Tirreno, sino al limite inferiore dei Peloritani da Taormina a S. Agata di Militello (Linea di Taormina).

A questi terreni si sovrappongono, in falda rovesciata, le sequenze metamorfiche di grado basso intermedio, secondo affioramenti subparalleli a quelli precedentemente accennati e costituenti approssimativamente una fascia intermedia che, a sua volta, è coperta tettonicamente dalle rocce di medio-alto grado metamorfico con intrusioni granitoidi, che vengono a costituire le porzioni più settentrionali della catena.

Tale schema strutturale è stato efficacemente schematizzato da Ogniben (1960) e successivamente da Atzori e Vezzani (1974), i quali hanno definito, dal basso verso l'alto, le unità tettoniche sopra descritte, rispettivamente: Falda di Longi, Falda di Galati, Falda di Mandanici e Falda dell'Aspromonte.

Nel settore in studio il basamento cristallino comprende le metamorfite meso - catazoni di alto ed altissimo grado, composte da paragneiss biotitici a grana minuta, spesso associati a gneiss occhiadini e a gneiss anfibolitici, interessati dalla intrusione di filoni leucocrati granitici e pegmatitici e da lenti di quarzo bianco di natura idrotermale.

La falda geotettonica anzidetta presenta i caratteri tipici delle porzioni strutturalmente più elevate della catena e viene identificata nella cosiddetta *Unità dell'Aspromonte* o *Complesso Nord Peloritano*. Essa nel settore di Tremestieri è presente in affioramento lungo le prime propaggini collinari, in vista già a partire dalle pendici immediatamente sovrastanti il tracciato autostradale.

Il suddetto basamento cristallino, nel territorio esaminato, risulta sormontato, con contatto stratigrafico, da una successione di depositi *postorogeni* riconducibili a tre cicli sedimentari principali, che sono caratterizzati dai seguenti termini litologici:

1. **Successioni tortoniane.** Si tratta di una successione di depositi terrigeni in facies di *molassa*, la quale si realizza con una serie basale di conglomerati grossolani passanti verso l'alto e lateralmente ad alternanze ritmiche di sabbie variamente cementate e di livelli argillosi. Queste affiorano piuttosto estesamente immediatamente a monte del sito in esame e più in generale lungo i rilievi di sponda del tratto terminale della Fiumara di Zafferia.
2. **Sequenze evaporitiche messiniane ed infraplioceniche.** Comprendono i depositi evaporitici del Messiniano, ascrivibili alla cosiddetta *Serie Gessoso solfifera* e composti principalmente dal calcare di base, da breccie calcaree e da gessi, i quali sono sormontati trasgressivamente da una formazione di marne calcaree a globigerine biancastre del Pliocene inferiore, conosciuta in letteratura col nome di *Trubi*.
3. **Formazioni plio - pleistoceniche.** Risultano composti da sabbie gialle e calcareniti, argille ed argille marnose grigio azzurre e sedimenti di ambiente deltizio. Questi ultimi, i quali rappresentano l'unità litosomatica maggiormente estesa tra quelle plio pleistoceniche, sono conosciuti col nome di *Formazione delle Sabbie e Ghiaie di Messina*. Essi affiorano sia sulla sponda calabrese che su quella siciliana dello Stretto dove costituiscono i rilievi collinari che cingono l'intero abitato di Messina, essendo rilevabili da Capo Peloro sino a Tremestieri e più a sud sin oltre S. Teresa Riva. Da un punto di vista litologico sono composti da ghiaie e sabbie grossolane, a clasti di natura cristallina, in alternanza clinostatigrafica e vengono attribuiti ad ambiente deltizio alimentato dalle fiumare. Barrier (1984) definisce la Formazione di Messina come una facies deltizia regressiva e diacrona a progradazione centripeta diretta verso il centro dello Stretto, causata dall'accelerazione del sollevamento dell'entroterra cristallino.

Nelle aree vallive ed in corrispondenza della piana costiera, le suddette formazioni geologiche sono ricoperte da uno spesso materasso di depositi torrentizi e di conoide alluvionale, di recente formazione. Nella piana costiera essi costituiscono un'ampia superficie debolmente terrazzata che raccorda topograficamente i rilievi collinari del primo entroterra con la fascia litoranea.

Questi risultano separati dagli attuali depositi di torrente, ancora soggetti al continuo rimaneggiamento da parte delle correnti fluviali, dai muri d'argine realizzati per evitare possibili fenomeni di esondazione.

Litologicamente sono costituiti da elementi clastici, incoerenti o pseudocoerenti e a granulometria eterogenea, dati principalmente da sabbie e ghiaie spesso ciottolose in matrice limosa.

Lo spessore di questi depositi alluvionali risulta notevolmente elevato nell'intera pianura costiera, dove supera di norma i 30 e persino i 40 m. di potenza, mentre appare piuttosto variabile nel fondovalle delle Fiumare, essendo decrescente dal centro verso i bordi dell'alveo dove si assottiglia sensibilmente.

Con la messa in posto delle falde si è avuta dapprima una generale emersione delle terre, seguita da un successivo abbassamento conseguente ai fenomeni di erosione da parte degli agenti esogeni.

A questa si è sovrapposta una tettonica a faglie compressive, ancora non del tutto sopita, che in tempi piuttosto recenti ha portato ad un graduale ulteriore sollevamento della regione evidenziato dalla presenza, a varie quote, dei terrazzi marini quaternari e da una morfologia piuttosto aspra delle aree montane.

A questa nuova fase di sollevamento è seguita la formazione della fascia litoranea per effetto del continuo accumulo dei materiali trasportati dai corsi d'acqua normalmente sovralluvionati, segnatamente le "Fiumare", i quali solcano le valli secondo le principali direttrici tettoniche con andamento pressoché subparallelo e direzione grosso modo NW-SE.

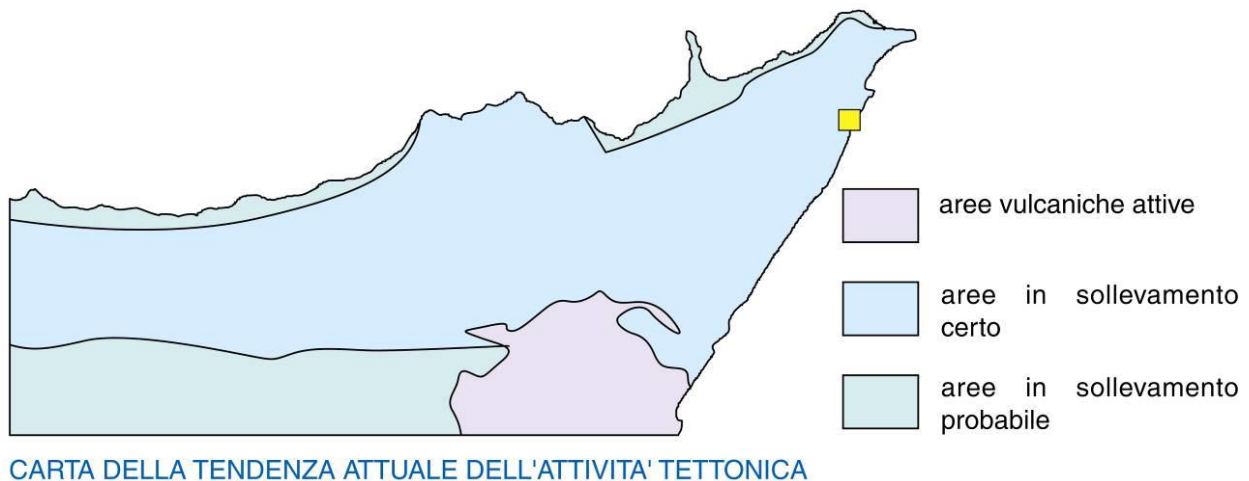
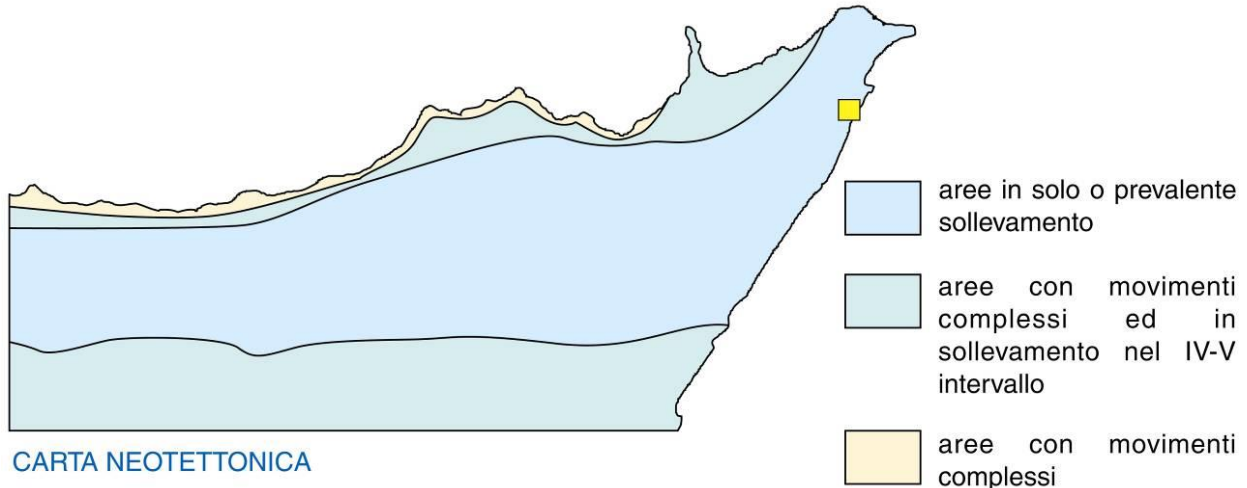
I vari Autori attribuiscono all'orogene Ercinico la causa del metamorfismo delle unità peloritane, come pure a tale evento sembra dovuta la messa in posto delle falde e quindi la costruzione dell'*edificio tettonico* principale.

L'orogenesi Alpina, considerata soltanto per gli effetti che ha prodotto all'interno della Catena Ercinica, è responsabile essenzialmente di tutta una serie di scagliamenti e frantumazioni con traslazioni relative rigide lungo un complesso sistema di faglie e da una successiva tettonica distensiva, forse ancora in atto, che ha dato origine nella zona studiata ad una megastruttura nota come ***Graben dello Stretto di Messina***.

L'effetto principale che la tettonica più recente ha prodotto sugli apparati formazionali è quindi una diffusa fratturazione dei corpi rocciosi a struttura lapidea che solo in ristrette zone si traduce in fenomeni cataclastici.

Le direttrici di faglia, in specie, rappresentano delle linee di debolezza meccanica ed è per questo motivo, ed anche in considerazione della loro distribuzione areale, che i corsi d'acqua principali si sono impostati frequentemente lungo tali strutture.

I contatti tettonici di sovrascorrimento, rilevati fra le varie unità cristalline, risultano quasi sempre "scarichi", o altrimenti detti "privi di pressioni confinate" o ad alto Dt/Dp, come è stato possibile osservare in campagna per la quasi costante assenza di una evidente fascia milonitica.



Nell'area indagata la successione stratigrafica, dal basso verso l'alto, è la seguente:

1. Gneiss occhiadini e paragneiss biotitici con filoni granitici e pegmatitici (Unità dell'Aspromonte)
2. Alternanza pelitico sabbiosa (Tortoniano)
3. Ghiaie e sabbie di Messina (Pleistocene)
4. Depositi alluvionali terrazzati e spiagge attuali

3.1 GNEISS OCCHIADINI E PARAGNEISS A GRANA MINUTA CON FILONI GRANITICI E PEGMATITICI

Il basamento cristallino, diffusamente affiorante in zona lungo i versanti di sponda delle Fiumare, è formato da due litotipi diversi, gli gneiss occhiadini ed i paragneiss a grana minuta, i quali sono separati da contatti difficilmente individuabili in quanto quasi sempre imputabili a differenti condizioni reologiche.

Gli **gneiss occhiadini** possiedono struttura oftalmica caratterizzata dall'associazione di porzioni tessituralmente e composizionalmente differenti, individuabili per le loro diverse tonalità cromatiche.

Trattasi di rocce schiettamente migmatiche in cui si riconosce in modo netto una componente neosomatica leucocrata (chiara), prevalente quando non preponderante, che non soltanto costituisce gli "occhi" ma si diffonde di norma anche per tutta la compagine litoide. L'impalcatura paleosomatica, di conseguenza, risulta in genere subordinata e, là dove il processo di granitizzazione riesce più spinto ed evoluto, diviene del tutto secondaria ed interstiziale.

Gli "occhi", ora più o meno fitti, nelle diverse facies, mutano da luogo a luogo di aspetto e dimensioni.

Dal punto di vista composizionale, accanto ai termini nei quali la componente leucocrata è rappresentata in prevalenza da feldspato potassico -microclino ed anche ortoclasio -, si riconoscono tipi nei quali, accanto al Kfeldspato, è presente oligoclasio in grossi porfiroblasti a costituire i caratteristici "occhi" ed altri ove il neosoma è preminentemente plagioclasico - quarzoso.

Le suddette formazioni oftalmiche ospitano, non di rado, corpi *melanocrati* (scuri) definibili come veri e propri melanosomi, i quali consistono in particolari concentrazioni di minerali ferromagnesiaci già costituenti l'impalcatura paleosomatica delle metamorfite (restiti).

Queste rocce sono altresì sovente intersecate da tutto un sistema di corpi a composizione granitica e pegmatitica di varie dimensioni, spesso integri, in dicchi oppure in giacitura filoniana.

I **paragneiss biotitici a grana minuta**, a struttura prevalentemente omoblastica, si staccano nettamente, anche alla semplice osservazione macroscopica, dalle chorismite occhiadine, sono pure esse per aspetti strutturali e costitutivi, in buona parte definibili come *migmatiti*.

Vi sono infatti spesso riconoscibili strutture composite, risultanti dall'unione di porzioni con carattere di paleosoma, di gran lunga preminenti, accanto a mobilizzati leucocrati essenzialmente quarzoso feldspatici.

L'aspetto tessiturale dominante è quello di una distribuzione in letti piano paralleli, quando non sensibilmente piegati, dei veli melanocrati e leucocrati, con moderato ma manifesto movimento di materia.

L'associazione paragenetica del tipo maggiormente diffuso è data da: quarzo, plagioclasti, microclino, biotite, ai quali si aggiungono in subordine: granati, epidoti, sillimanite, tormalina, ilmenite, zirconio, ossidi di Fe.

L'alto o altissimo grado metamorfico, è confermato per la presenza di filoni granitici e di minerali come la sillimanite, stabili in condizioni termo-bariche prossime all'*anatessi* o rifusione crostale.

3.2 ALTERNANZA PELITICO SABBIOSA (TORTONIANO)

Le unità cristalline anzidette risultano sormontate, per trasgressione, da una formazione terrigena in facies di geosinclinale conosciuta nella letteratura geologica come "Molassa" oppure come **Formazione postorogena del Tortoniano**.

Nell'area rilevata copre degli areali piuttosto limitati

Si tratta di un'alternanza pelitico sabbiosa la quale si realizza attraverso una fitta sequenza di strati centimetrici e lamine millimetriche di argille bruno grigiastre e strati cm-decimetrici di sabbie medie e fini giallastre variamente cementate.

La suddetta facies pelitico sabbiosa si trova spesso in continuità deposizionale su strati di natura conglomeratica.

Questa litofacies, rispetto alla complessa evoluzione tettonica delle unità cristalline in facies peloritana, assume il significato di una formazione postorogena, come testimonia tra l'altro il carattere molassico della sua porzione basale conglomeratica.

3.3 FORMAZIONE DELLE SABBIE E GHIAIE DI MESSINA

Affiora sopra un vasto areale lungo le fasce costiere sia tirrenica ma soprattutto jonica del territorio di Messina, ricoprendo trasgressivamente le sottostanti formazioni metamorfiche e sedimentarie.

Trattasi di terreni granulari fortemente addensati composti da sabbie frammiste a ghiaie con passaggi talora a veri e propri conglomerati a cemento calcareo. I livelli sabbiosi presentano una colorazione bruno giallastra, sono costituiti da elementi arrotondati essenzialmente quarzoso micacei e risultano prevalenti rispetto a quelli ghiaiosi i quali si rilevano in straterelli decimetrici.

Questi ultimi sono a loro volta costituiti da elementi ben arrotondati e mostrano composizione granitica, gneissica, quarzosa, arenacea.

La formazione, nell'area di interesse, possiede una potenza superiore ai 50 m.

L'immersione degli strati è variabile pure se prevale una certa componente in direzione dell'asse dello Stretto con valori piuttosto contenuti di pendenza.

La disposizione clinostatigrafica dei vari livelli indica, in modo inequivocabile, condizioni di sedimentazione in facies deltizia o di conoide sottomarina legate agli apporti delle fiumare che evidentemente, anche in passato, dovevano possedere un assetto analogo a quello attuale.

3.4 ALLUVIONI FLUVIALI E FLUVIO MARINE

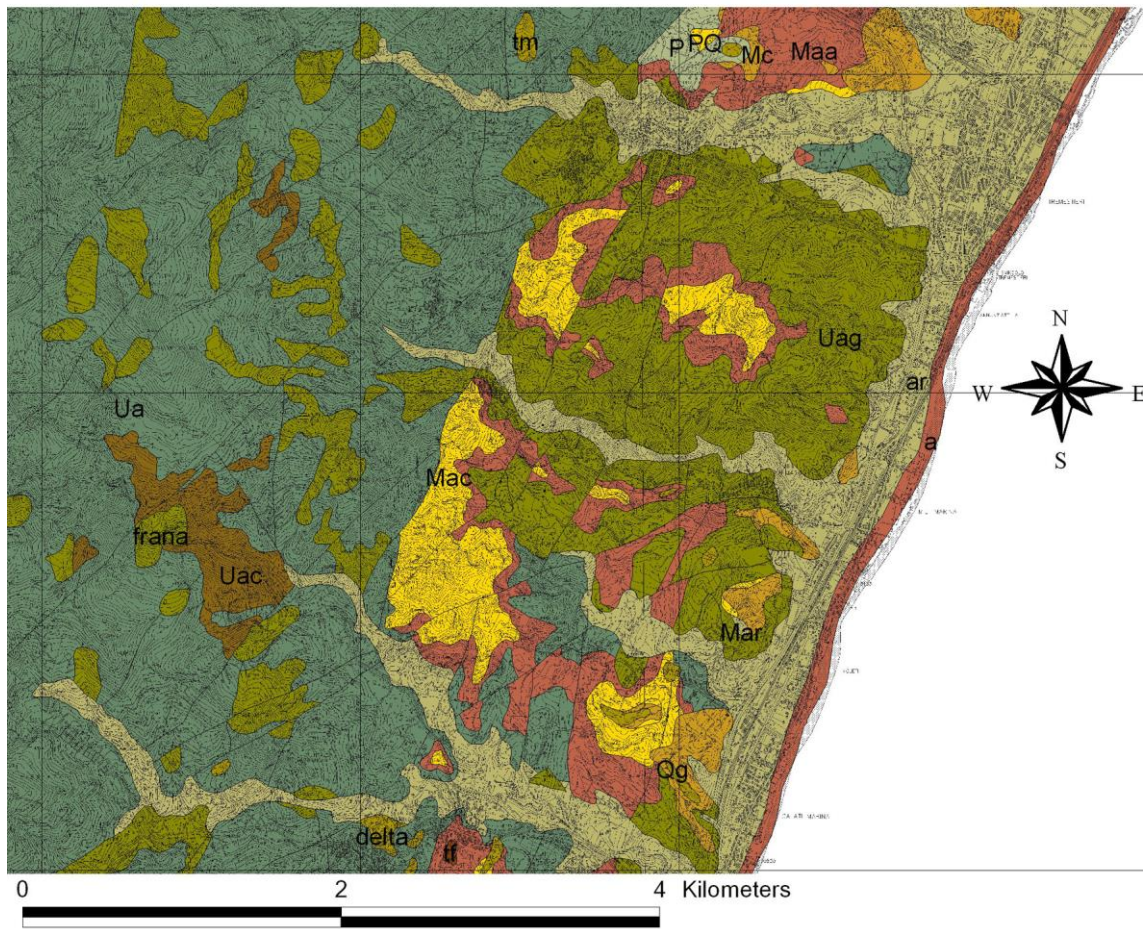
Si rilevano nelle aree a morfologia pianeggiante, a qualche metro di quota superiore dalle alluvioni di fondovalle e dalle spiagge ancora soggette al continuo rimaneggiamento da parte delle correnti.

Litologicamente sono costituite da elementi clastici, incoerenti o pseudocoerenti e a granulometria eterogenea, date principalmente da sabbie e ghiaie spesso ciottolose in matrice limosa. La composizione mineralogica dei diversi elementi risulta piuttosto variabile in quanto rispecchia la complessa situazione geostrutturale presente nell'ambito del bacino imbrifero delle fiumare da cui derivano.

Nella piana costiera costituiscono un unico terrazzo degradante dolcemente verso il mare.

Macroscopicamente differiscono dalle alluvioni attuali per il maggior grado di addensamento di cui sono dotate e per la costante presenza, in superficie, di una coltre di "suolo agrario" pedogenizzato, spesso 1.00 - 1.50 m.

geologia



4 IDROGEOLOGIA

Lo studio delle caratteristiche idrogeologiche dei terreni cartografati si è basato su un'analisi qualitativa relativa agli aspetti macroscopici che questi presentano quali porosità, fratturazione, discontinuità geo-strutturali, ecc.

Per quanto riguarda la permeabilità, cioè l'attitudine dei diversi corpi litoidi di lasciarsi attraversare dall'acqua, questi vengono distinti nelle seguenti classi:

- 1. Terreni dotati di permeabilità primaria o per porosità da medio - elevata ad elevata**
- 2. Terreni dotati di permeabilità secondaria media**
- 3. Terreni dotati di permeabilità primaria e secondaria da medio - bassa a bassa**

Alla prima classe appartengono le ghiaie e sabbie di Messina ed i depositi alluvionali fluviali e fluvio marini attuali e recenti.

Questi litotipi sono composti infatti da materiale granulare eterogeneo, incoerente e pertanto le infiltrazioni idriche sono esclusivamente legate alla presenza nella roccia di pori, spazi vuoti di dimensioni idonee, i quali formano una rete continua per cui l'acqua "filtra" da un poro all'altro.

La presenza di adunamenti limosi o limo argillosi riduce localmente il grado di permeabilità favorendo l'accumulo di corpi idrici localizzati i quali, in particolari condizioni morfologiche, possono dare luogo a manifestazioni sorgentizie.

I depositi alluvionali di fondo valle sono sede di una falda idrica di notevole potenzialità denominata "falda di subalveo".

Il livello freatico, a causa della vicinanza con le fiumare, subisce infatti rilevanti oscillazioni stagionali dovute alle reciproche relazioni con il deflusso in alveo.

Pertanto, la superficie piezometrica, che durante i periodi di magra si deprime notevolmente sotto la quota del greto, in inverno risale sin quasi in superficie venendo ad alimentare il corso d'acqua stesso.

Le alluvioni di piana costiera formano un acquifero di tipo subsuperficiale, continuo ed a pelo libero.

La falda di acqua dolce è qui sostenuta dall'acqua salmastra, per limite di densità. Il deflusso idrico sotterraneo, il quale avviene dalle aree montane verso mare (zona di discarica), è dato grossolanamente da superfici equipotenziali piane, con modulo di spaziatura decrescente verso mare e con un gradiente idraulico notevolmente basso, per cui si registra un decremento progressivo della profondità della falda che risulta praticamente affiorante in prossimità della battigia.

L'interfaccia acqua dolce/acqua salata è in equilibrio naturale. Uno sfruttamento intensivo di questa importante risorsa idrica sotterranea, con portate superiori a quelle di alimentazione, può deprimere la superficie piezometrica. Ciò comporta una diminuzione della differenza di carico per cui l'acqua salata penetra progressivamente all'interno dell'acquifero provocando il grave fenomeno dell'*insalinamento della falda*. Per questo motivo la pianificazione dello sfruttamento delle risorse di questo tipo di acquifero deve essere effettuata con precisione.

Il livello piezometrico si mantiene di norma poco al di sopra della quota del mare.

Pure la formazione delle ghiaie e sabbie di Messina è sede di una notevole falda idrica, di norma sfruttata tramite pozzi o sorgentelle di "emergenza". Il livello statico varia in funzione delle condizioni morfologiche locali risultando notevolmente profondo lungo i crinali mentre tende a ridurre progressivamente la sua quota dal p.c. lungo le pendici intercettando sovente la superficie topografica in prossimità degli impluvi.

Ai terreni anzidetti corrisponde un coefficiente di permeabilità K valutabile nell'ordine di 10^{-3} cm/sec. Essi risultano quindi sufficientemente drenanti in quanto interessati da moti di filtrazione piuttosto veloci, specie nei livelli a granulometria maggiore, per cui durante la fase di carico si sviluppano nel terreno delle sovrappressioni dell'acqua interstiziale.

Ciò determina il veloce trasferimento del carico dalla fase fluida allo scheletro solido, che pertanto viene assorbito dagli strati superficiali riducendosi la potenzialità di cedimenti differenziali di tipo secondario protratti nel tempo.

Alla seconda classe spetta la formazione cristallina di base.

Gli gneiss hanno la tendenza, almeno localmente, a frantumarsi anche a livello microscopico ed a "sgranare" per effetto sia della tettonica che degli agenti esogeni.

In questi terreni la potenzialità degli acquiferi risulta sempre del tutto modesta.

Non si rilevano manifestazioni sorgentizie di rilievo. Le poche esistenti, dal carattere quasi sempre effimero o stagionale, sono dovute alla presenza di locali ispessimenti della coltre detritica e scaturiscono in prossimità del contatto con la sottostante formazione geologica in posto "per limite di permeabilità definito".

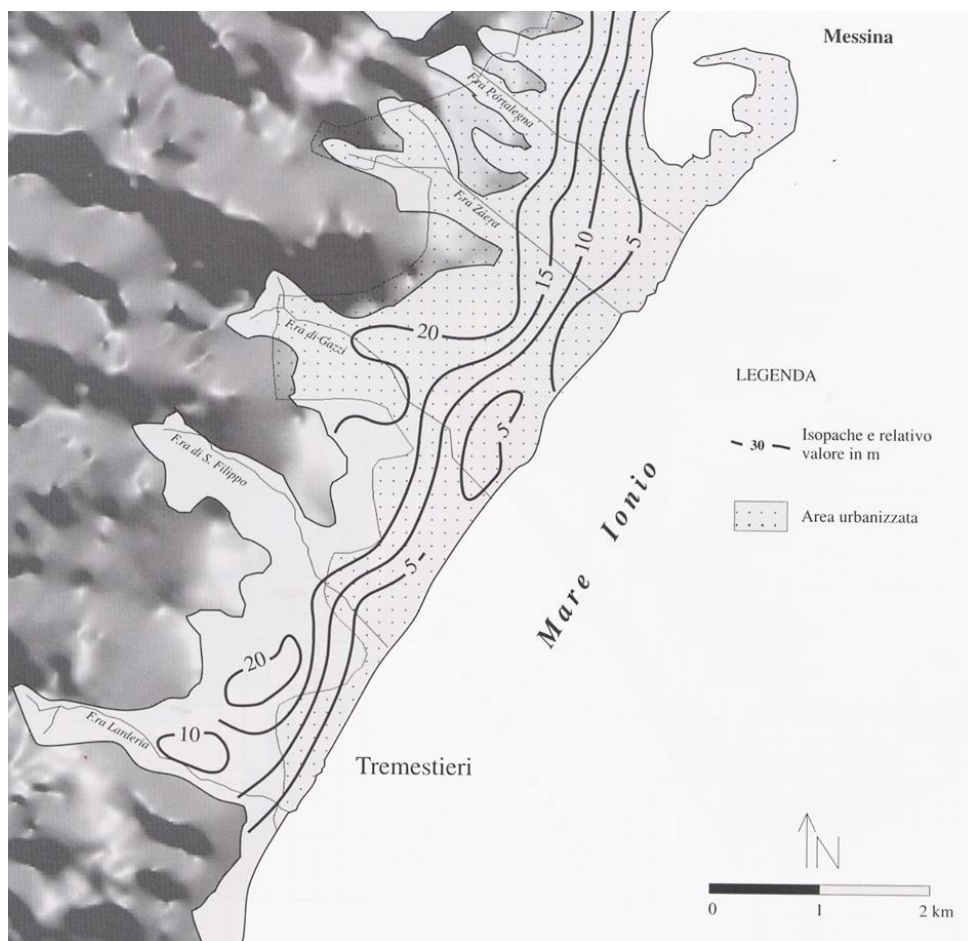
Tali accumuli idrici più o meno localizzati, non possono definirsi delle vere e proprie falde e non assumono quindi una particolare importanza per quanto riguarda la portata. Sono tuttavia importanti da un punto di vista geotecnico in quanto, per la ridotta permeabilità, mantengono la compagine in uno stato di continua saturazione e, specie nei periodi invernali, costituiscono l'elemento scatenante dei principali dissesti.

La terza classe comprende le alternanze sabbioso pelitiche Tortoniane le quali risultano scarsamente rappresentate nell'area indagata.

Nell'ambito di questa formazione la permeabilità risulta "condizionata" dalla consistenza e cementazione dei termini costituenti.

Difatti, mentre nelle sabbie incoerenti la circolazione idrica è funzione della granulometria e quindi del volume dei pori, nelle facies arenitiche maggiormente cementate questa si esplica attraverso le fratturazioni beanti postdiagenetiche (secondarie), presenti nella roccia, seguendo tendenzialmente due differenti componenti: la prima, in genere subverticale, secondo la direzione delle fessurazioni, la seconda invece secondo l'andamento degli strati nel senso della massima inclinazione ed è variabile da luogo a luogo.

La presenza degli interstrati argillosi tende infatti a rallentare o ad inibire del tutto, in corrispondenza di locali ispessimenti, la permeazione divenendo essi superficie preferenziale di flusso.



Carta della soggiacenza della falda

5 SISMICITÀ DELL'AREA ED INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURE

L'area Peloritana l.s., pur possedendo un'evoluzione litostratigrafica e tettonica del tutto peculiare rispetto alle grandi strutture della Sicilia, ove ci si riferisca alla tettonogenesi alpina, mostra, a partire dal Miocene superiore, gli stessi caratteri di area ad intenso sollevamento della adiacente catena dei Nebrodi - Madonie.

Lo studio delle faglie indica l'esistenza di tre principali sistemi (NE-SW, NW-SE e E-W) la cui distribuzione permette di suddividere l'area anzidetta in due zone principali, separate da un sistema di faglie NW-SE lungo la congiungente Tindari - Giardini.

Le due aree localizzate ad Est ed Ovest della linea Tindari - Giardini risultano chiaramente differenziabili dal punto di vista strutturale con tutte le metodologie analitiche impiegate.

Studi più dettagliati hanno consentito un'ulteriore suddivisione che porta come risultato finale alla separazione di quattro zone, ciascuna con caratteristiche strutturali peculiari.

Il sistema di faglie NE-SW è particolarmente evidente nella zona in esame, ove dà luogo al *Graben* dello Stretto di Messina.

Il sistema di faglie NW-SE ha un'importanza regionale, poiché esso collega l'Arcipelago vulcanico delle Eolie alle scarpate di faglia localizzate ad Est della piattaforma degli Iblei e Malta.

Il sistema E-W è soprattutto rappresentato nella parte meridionale dell'area peloritana, dove rappresenta il tratto più orientale del sistema di faglie che separa la zona sollevata Nebrodi - Madonie dall'abbassato bacino di Caltanissetta.

Le conseguenze che ne derivano dalla vicinanza del complesso sistema di faglie, tuttora attive, sono l'elevato tasso di sismicità dell'area con terremoti che possono raggiungere Magnitudo elevatissime.

Il territorio di Messina è stato catalogato nell'elenco delle località sismiche di I Categoria (S=12). Tale provvedimento, che impone un coefficiente sismico pari a 0.1, appare largamente giustificato dalla ricorrenza di eventi sismici, che nel dicembre del 1908 hanno raggiunto l'intensità 11 della scala MSK (Mercalli modificata). Inoltre l'area risente fortemente della sismicità della Calabria meridionale ed i terremoti del 1783 e del 1905, in particolare, sono stati avvertiti con intensità 9 e 7 rispettivamente.

Il numero di eventi sismici per classi di intensità rilevati nell'area in esame, relativamente ad un periodo di 1000 anni, coperto dal catalogo del PFG, risulta:

Intensità MCS	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Numero eventi	511	212	101	19	5	3	3

La pericolosità sismica di un'area può essere definita attraverso l'analisi macrosismica storica e l'analisi statistica della sismicità (relazione magnitudo/frequenza, periodo di ritorno, rilascio di energia).

L'analisi e l'interpretazione dei dati in possesso degli studiosi portano a considerare la zona dello Stretto di Messina tra quelle a più elevata pericolosità sismica, caratterizzata da terremoti generalmente di bassa magnitudo, intervallati da rilasci di energia di notevoli proporzioni, con profondità ipocentrali non superiori a 20-30 Km.

Quest'ultima pericolosità, unita al rischio di maremoti per epicentri localizzati in mare, contribuisce a non sottovalutare la possibilità di esaltazione locale degli effetti anche per basse magnitudo.

Recentemente Bottari (1990) ha elaborato mappe delle massime intensità attese con periodi di ritorno di 200 e 500 anni.

I valori di intensità attesa ottenuti per Messina e Reggio Calabria risultano:

$I_{max} = 9,6 \text{ MCS}$	per $T = 200$ anni
$I_{max} = 10,2 \text{ MCS}$	per $T = 500$ anni

inferiori rispettivamente di 1,4 MCS e di 0,8 MCS rispetto al massimo storico osservato nell'ultimo millennio

$$I_{os} = 11 \text{ MCS} \quad (28/12/1908)$$

La propagazione dell'energia elastica, emessa con un certo spettro di frequenza dalla sorgente sismica, attraverso il mezzo geologico, determina spesso un'alterazione dello spettro originario, mediante effetti selettivi che tendono ad amplificare alcune frequenze e ad assorbirne altre.

Tale effetto filtro assume particolare importanza se riferito agli strati più superficiali interessati dalla trasmissione dei carichi indotti dalle sovrastrutture ed è pertanto fondamentale la valutazione delle locali caratteristiche litologiche e fisico-meccaniche dei terreni.

In linea di massima, come rilevano i recenti studi microsismici, i depositi alluvionali con spessore dell'ordine delle poche decine di metri, non necessariamente in condizioni sciolte, tendono ad amplificare l'intensità delle vibrazioni ed a selezionare le frequenze di oscillazione verso i valori più bassi dello spettro, ovvero verso i periodi di oscillazione propri delle strutture determinando le condizioni di effetti di risonanza e quindi il massimo rischio per l'integrità delle strutture stesse,

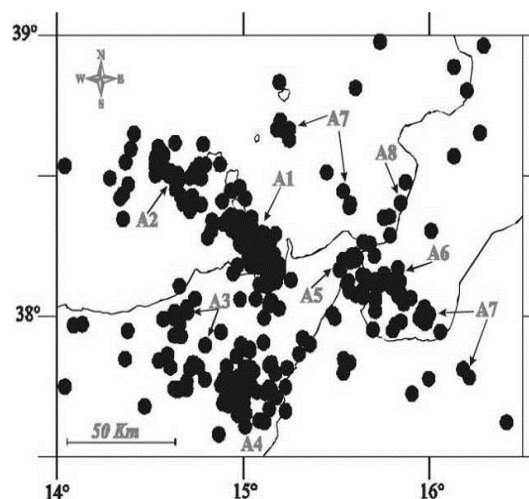
anche se sostenute in profondità da rocce di maggiore consistenza ed a modulo elastico elevato. Ciò è spiegabile per mezzo della rifrazione dell'onda sismica che da un mezzo soggiacente più elastico passa ad uno sovrapposto che lo è meno o è addirittura soffice. Recentemente sono state introdotte significative modifiche alle norme attuative della legge sismica (L.64/74) a seguito dell'entrata in vigore del D.M. 16/1/96 che sostituisce il D.M. 24/1/86, essendo stata posta in risalto proprio la presenza in fondazione di coltri alluvionali, definendo i casi in cui, per spessori compresi tra 5 e 20 m., è necessario adottare come base per i calcoli un coefficiente di fondazione pari a 1,3.

Fenomeni di "focalizzazione" geometrica dell'energia sismica incidente possono anche instaurarsi a causa di irregolarità topografiche, con esaltazione delle onde dove il rilievo è più prominente (posizione di culmine, cresta, bordi di terrazzi) oppure in corrispondenza di irregolarità nella morfologia di un substrato roccioso, ad esempio presso i bordi di piccole valli alluvionali o in concomitanza di brusche variazioni di spessore di depositi superficiali.

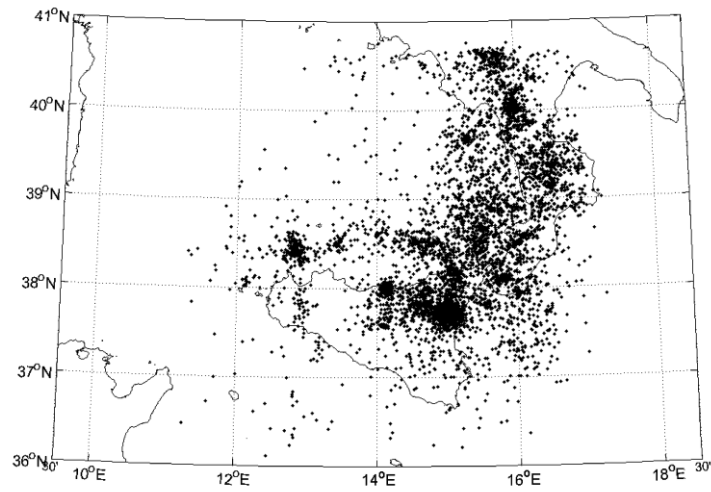
Altri effetti ricorrenti possono riassumersi nell'attivazione o riattivazione di movimenti franosi, crolli di massi da pareti rocciose, cedimenti differenziali o abbassamento del piano d'imposta degli edifici dovuti a liquefazione dei terreni sabbiosi saturi d'acqua, densificazione dei terreni granulari sopra falda. Questi ultimi due argomenti verranno trattati meglio più avanti.

Da studi effettuati in Friuli, dopo il terremoto del 1976, condotti attraverso l'installazione di accelerografi, si è osservato che i siti costituiti da depositi di rocce incoerenti hanno amplificato l'accelerazione massima sino al 380% rispetto a quelli costituiti da rocce lapidee.

Tuttavia i materiali dotati di coesione bassa o nulla presentano il vantaggio di assorbire parzialmente le oscillazioni di taglio, che risultano quindi più contenute al piede delle opere d'arte.



distribuzione degli epicentri degli eventi 1978-1997 localizzati con incertezze ERH e ERZ non superiori a 5 km



carta degli epicentri dei terremoti occorsi nel periodo 1988-2002 nell'area siculo-calabrese

6 EROSIONE COSTIERA E RIPASCIMENTO

Il fenomeno dell'erosione costiera, sia lungo il litorale tirrenico sia lungo quello ionico del Comune di Messina, risulta abbastanza pronunciato con una evidente accelerazione dell'arretramento della linea di riva soprattutto negli ultimi 25 anni, tanto che il fenomeno in alcuni paraggi mette a rischio strutture e infrastrutture pubbliche e private, che in alcuni casi hanno però occupato e irrigidito irrazionalmente il litorale.

Gli effetti dell'erosione hanno provocato una situazione di vero e proprio dissesto soprattutto lungo le spiagge tirreniche del Comune di Messina per la concomitante azione di una serie di fattori, che a partire dal 1985 si sono sommati:

- fonti di ripascimento naturale delle spiagge (“fiumare”) in forte deficit di apporto solido, sia per imbrigliamenti e sistemazioni idrauliche fino alla foce, sia per prelievo abusivo, ma spesso tollerato, di inerti in alveo;
- deriva litoranea da Ovest verso Est, sotto l'azione del mare di maestrale, con le spiagge di Messina poste nel settore più orientale, non raggiunte dai residui apporti fluviali;
- incidenza del mare dominante rispetto all'andamento della linea di costa che determina una prevalenza dei movimenti trasversali alla spiaggia;
- inserimento di opere di difesa costiera (frangiflutti foranei, difese aderenti, pennelli), avviate spesso con procedure d'urgenza a dissesto già avanzato e con l'obiettivo di difendere strutture o infrastrutture pubbliche o private su tratti limitati di litorale, che hanno incrementato progressivamente l'erosione da Ovest verso Est, nella stessa direzione della deriva litoranea.

Lungo il litorale ionico lo stato di dissesto litoraneo è più contenuto che nel settore tirrenico, ma ha subito una accelerazione in periodo più recente, soprattutto per una maggiore aggressione e occupazione urbanistica delle spiagge, generalmente più strette, e per la presenza di fonti di ripascimento naturale (“fiumare”) con bacini idrografici di modesta estensione e apporti solidi alla foce praticamente trascurabili, se non in occasione di eventi meteorici intensi e a carattere impulsivo.

Le cause dell'erosione costiera sono essenzialmente di origine antropica, ma è probabile che l'innesco dei processi di erosione costiera più vistosi possa essere correlato al triennio 1987-1990,

quando la Sicilia subisce un “eccezionale” periodo di siccità per entità, durata ed estensione spaziale del deficit pluviometrico (BARBAGALLO et al., 1994)¹.

A seguito della redazione del PAI (Piano Assetto Idrogeologico) da parte della Regione Siciliana, sono stati classificati i tratti costieri per pericolosità e rischio di erosione, tenendo conto delle caratteristiche geometriche delle spiagge, della velocità di arretramento e degli elementi a rischio. Si avverte con questa pianificazione una inversione di tendenza: anche le spiagge sono un bene da proteggere, mentre prima meritavano protezione solo le strutture e infrastrutture pubbliche o private presenti sul retrospiaggia.

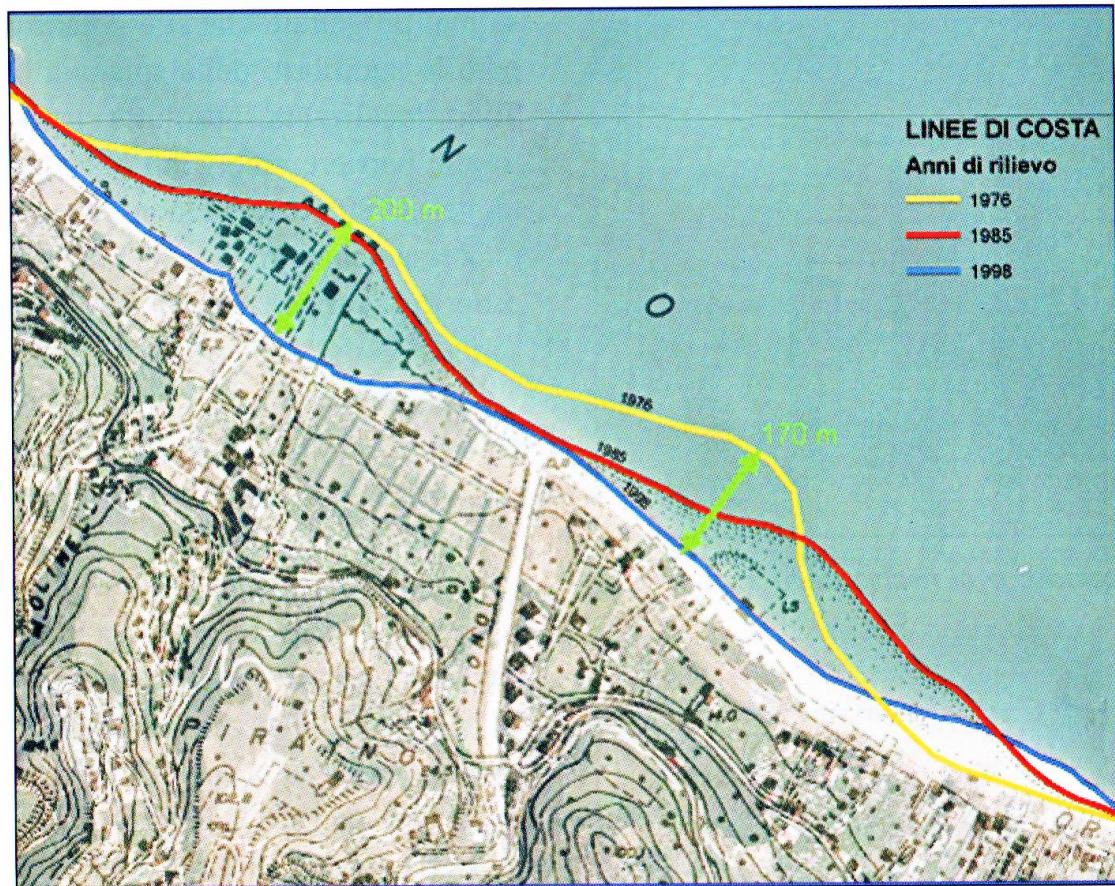
La classificazione dei paraggi costieri, in termini di pericolosità e rischio per erosione, determina la definizione della priorità degli interventi di protezione costiera e in particolare nel Comune di Messina:

- 6 paraggi a priorità 1 : pericolosità molto elevata e rischio molto elevato (P4 * R4);
- 8 paraggi a priorità 2: pericolosità elevata e rischio elevato (P3 * R3);
- 4 paraggi a priorità 3: pericolosità media e rischio medio (P2 * R2).

La maggior parte dei paraggi a più elevata pericolosità e rischio si localizzano lungo il versante tirrenico, dove infatti il tasso di arretramento medio della spiaggia negli ultimi 25 anni risulta anche dell'ordine di 1,5 m/anno; mentre in località Tono si rilevano punti con un arretramento nel periodo 1976-1998 di 200 m (9 m/anno), che rappresentano uno dei massimi di arretramento costiero per tutto il litorale tirrenico siciliano, come riportato nella successiva figura ripresa da ARNONE et al. (2007)².

¹ BARBAGALLO S. et al. (1994). Misure di mitigazione degli effetti della siccità 1987-1990 in Sicilia. In: Dipartimento della Protezione Civile – La siccità in Italia 1988-1990. Ist. Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.

² ARNONE G. et al. (2007). Il sistema costiero della Sicilia e le tendenze dell'evoluzione climatica nel Mediterraneo: indirizzi per una strategia di adattamento. Geologi di Sicilia, 4, 19-32.

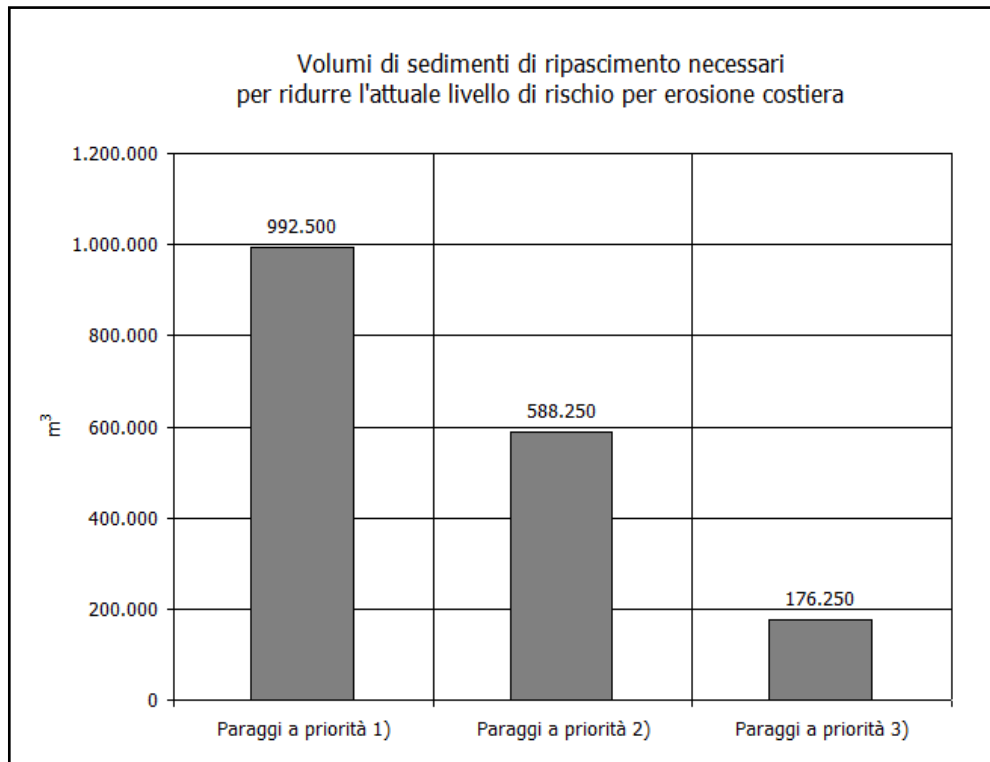


I paraggi individuati nelle precedenti tre classi di priorità di intervento sono stati caratterizzati:

- per superficie di spiaggia erosa negli ultimi 25 anni;
- per superficie di spiaggia da ricostruire tramite ripascimento artificiale.

La superficie di spiaggia da ricostruire è stata calcolata ipotizzando un avanzamento della linea di riva pari al 50 % dell'arretramento osservato, in modo da determinare le minime condizioni di profondità della spiaggia che possano consentire una sufficiente distensione delle onde e ridurre l'attuale livello di rischio per erosione costiera. I volumi di sedimenti di ripascimento necessari sono stati calcolati ipotizzando rapporti V/S diversi tra il settore ionico e tirrenico, che in pratica corrispondono alla necessità di 6,5 – 8,0 m³ di sedimenti versati per ricostruire 1 m² di spiaggia.

Nel successivo grafico si riportano i volumi di sedimenti di ripascimento necessari per intervenire nei paraggi individuati con le priorità derivanti dall'attuale livello di rischio.



Per quanto riguarda una preliminare valutazione della stabilità dei ripascimenti, si è tenuto conto delle caratteristiche granulometriche dei sedimenti di ripascimento e del diametro medio dei sedimenti di spiaggia nel paraggio considerato, unico dato in questo momento disponibile e ripreso dallo “Studio delle coste”, redatto nel 1991 dallo Studio Volta di Savona per conto della Provincia Regionale di Messina. Per una valutazione di stabilità, sia pure qualitativa, si è tenuto anche conto del diverso livello di esposizione dei paraggi al mare dominante, che condiziona negativamente un ripascimento non protetto in modo determinante sul versante tirrenico.

Lungo il litorale ionico, la stabilità della spiaggia è meno condizionata dallo stato medio del mare, ma i volumi necessari per unità di superficie di spiaggia ricostruita sono maggiori. Il profilo trasversale della spiaggia attiva, presenta un forte decremento del diametro medio con la profondità, per cui consistenti versamenti di inerti a granulometria più fine rispetto a quelli della spiaggia attuale si presentano nel complesso stabili.

Queste condizioni si invertono lungo il litorale tirrenico, dove anche in presenza di inerti di versamento con diametro medio dello stesso ordine di grandezza di quello della spiaggia attuale, le condizioni di stabilità dei ripascimenti sono compromesse dalla maggiore esposizione del litorale. Il profilo trasversale della spiaggia attiva presenta generalmente un incremento del diametro medio con la profondità, per cui in termini di previsione di intervento in questo settore è necessario adottare soluzioni di ripascimento artificiale protetto per garantire sufficienti condizioni di stabilità nel tempo alle spiagge ricostruite.

7 CARATTERISTICHE DI LIQUEFACIBILITÀ E DENSIFICAZIONE DEI TERRENI

Il comportamento all'azione sismica delle rocce sciolte dipende principalmente dalla loro compattezza.

Esse sono particolarmente sensibili alla presenza dell'acqua, tanto più che nei terreni incoerenti saturi la resistenza al taglio è governata dalla pressione interstiziale, che è determinante per ogni condizione di stabilità e pericolosamente presente per azioni rapide.

In particolare le rocce sciolte sature, con densità inferiore alla critica, presentano un riconosciuto pericolo di perdita di resistenza durante un sisma. La tendenza a diminuire di volume, quando i granuli sono posti in movimento da una deformazione tangenziale impressa, per sforzi ciclici, si traduce in un incremento delle pressioni interstiziali a scapito di quelle efficaci, con una diminuzione o annullamento della resistenza a taglio dando luogo al fenomeno noto come "liquefazione" o "mobilità ciclica". Se l'acqua può successivamente evacuare, in modo più o meno veloce, la pressione interstiziale progressivamente diminuisce ed il terreno recupera resistenza: questa compattazione postuma è però in molti casi preceduta da cedimenti o rotture del suolo.

Il verificarsi della liquefazione in un determinato suolo, durante un sisma, dipende da numerosi fattori, la cui quantificazione non è a tutt'oggi possibile. I principali sono: le caratteristiche geotecniche della roccia fra cui granulometria, densità relativa e pressione interstiziale iniziale, le condizioni di drenaggio, le caratteristiche del sisma quali magnitudo ($M > 6$) e durata (> 15 sec).

Sulla base di considerazioni empiriche, è possibile affermare che sono maggiormente suscettibili di liquefazione i terreni monogranulari fini (più o meno aventi la curva granulometrica compresa entro la fascia di fig. 1) che presentano coefficiente di uniformità compreso fra 1 e 10, caratterizzati da valori di densità relativa inferiore al 75% e resistenza penetrometrica inferiore a 25 colpi per piede.

Più che la forma dei grani è la loro uniformità che facilita la liquefazione, ossia tanto più la curva granulometrica si avvicina alla direzione dell'asse delle ordinate. Ohsaki indica forte probabilità di liquefazione per $0,20 \text{ mm} < D_{60} < 2 \text{ mm}$; $D_{10} < 10\%$; $U = D_{60}/D_{10} < 15$.

Seed e Idriss ritengono che sia improbabile la liquefazione quando il numero di N colpi allo S.P.T. supera i valori indicati in fig. 2 a seconda dell'accelerazione in superficie e della profondità.

Sulla scorta dei risultati di numerose indagini di dettaglio condotte dallo scrivente in zona, si ricava che per il sito in argomento la possibilità di liquefazione è modesta anche in caso di evento sismico di elevata magnitudo. Tale eventualità, che comunque dovrà essere costantemente

verificata nella fase progettuale esecutiva mediante la esecuzione di specifiche indagini, in tutte le aree in cui la falda idrica si trova a meno di 5 m. dal piano di posa, può essere ulteriormente ridotta operando un'adeguata scelta del tipo di fondazione, oppure provvedendo alla compattazione del terreno di sedime o al miglioramento delle caratteristiche dello stesso mediante iniezioni cementanti.

Un altro fenomeno indotto dai terremoti sui terreni granulari asciutti e quello noto come *densificazione*. Questi infatti, sotto l'effetto delle vibrazioni cicliche, subiscono una compattazione volumetrica (densificazione). Come conseguenza si ha un miglioramento delle caratteristiche dinamiche del terreno (con aumento del modulo di taglio e diminuzione del coefficiente di smorzamento) ma anche un abbassamento crescente del livello di superficie del deposito.

L'importanza che questo fenomeno può assumere è legato a diversi fattori ed in particolare alla densità relativa, all'ampiezza della deformazione di taglio, al numero di cicli di carico e allo stato di sforzo.

Come risultato delle ricerche svolte sono sull'argomento sono oggi disponibili dei programmi di calcolo e delle relazioni empiriche per la previsione dei cedimenti.

Di seguito viene riportato un grafico che mostra le aree di cui si hanno notizi storiche di fenomeni di liquefazione. Come è possibile vedere nell'area interessata dalle strutture portuali non si hanno avuto fenomeni di liquefazione.

Parametri epicentrali degli eventi sismici						Parametri dei siti con segnalazioni di indizi di liquefazione						
Data	Lat	Long	Io	M	Zona	Sito	Lat	Long	D (Km)	Is	Lito	Tipo
1783/02/05	38.20	16.00	11.0		Calabria	Messina	38.11	15.33	43	7.5	Qt	A1-2 A5 B C E
1783/02/03	38.20	16.00	11.0		Calabria	Torre Faro	38.16	15.39	31	8.0	Qt	A1 A4-5
1894/11/16	38.18	15.48	8.5		Stretto di ME	Ganzirri (Pantano)	38.15.20	15.36.30	17	7.5	All	A1 A4
1894/11/16	38.18	15.48	8.5		Stretto di ME	Messina Porto	38.11	15.33	25	7.0	All	BC
1908/12/28	38.10	15.35	11.0	7.1	Stretto ME	Ganzirri (Pantano)	38.15	17.37	10	11.0		A1 A4
1908/12/28	38.10	15.35	11.0	7.1	Stretto ME	Messina (Cittadella)	38.11.10	15.34.10	2	11.0	Qt	A1 A4-5
1908/12/28	38.10	15.35	11.0	7.1	Stretto ME	Messina (P.ta S. Raineri)	38.11.30	15.34.30	3	11.0	Qt	A1 A4-5
1908/12/28	38.10	15.35	11.0	7.1	Stretto ME	Messina (C.so Garibaldi)	38.11.20	15.33.30	3	11.0	Qt	A1 A4-5 B C

Tipo	Descrizione
A1	Formazioni di aperture nel terreno (fessure, fori, buche, ecc.) in sifi con caratteri particolarmente adatti alle liquefazioni (zone paludose, rive dei laghi, spiagge, piane fluviali, delta, ecc.)
A2	Fuoriuscita di acqua
A3	Fuoriuscita di fango e/o sabbia e/o ghiaia
A4	Fuoriuscita di acqua mista a fango e/o sabbia e/o ghiaia
A5	Formazione di vulcanelli di sabbia (fontane di sabbia)
B	Formazione di avvallamenti o sprofondamenti del terreno interessanti aree pianeggianti generalmente di limitate estensioni
C	Cedimenti, quasi sempre accompagnati da perdita di verticalità, di strutture edilizie fondate su depositi sabbiosi
D	Segnalazioni di liquefazioni prive di descrizioni
E	Altro
Tipologia delle manifestazioni di liquefazione	

8 ANALISI DELLA DISSESTABILITA' DEI BACINI IN STUDIO

L'analisi geomorfologica e morfometrica, riferita all'individuazione delle caratteristiche di dissestabilità del territorio, è stata condotta, sia su base cartografica, sia attraverso il rilevamento di campagna e quindi trattata in un capitolo a parte in quanto riveste un ruolo fondamentale per le implicazioni che riveste ai fini dell'interazione tra il territorio, con particolare riguardo ai bacini dei Torrenti Guidari, Farota, Canneto e le opere portuali.

Il termine *frana* viene usato comunemente per indicare tanto il movimento repentino di falde di terreno, il quale si risolve con la discesa di sfasciume roccioso più e meno cospicuo, quanto gli effetti di tale movimento e cioè lo squarcio del pendio intaccato dalla frana stessa ed il cumulo del materiale.

Lo studio della "*pericolosità geomorfologica*" si riferisce a due diversi aspetti da tenere separati: gli *effetti* e le *cause*.

L'analisi degli **effetti** è basata su un'indagine geomorfologica che fornisce un quadro globale delle forme e dei processi, sia passati che presenti, dell'instabilità.

La dinamica geomorfologica riguarda sia le forme d'erosione che quelle di accumulo, considerate sia singolarmente che nei loro rapporti reciproci. Lo studio delle vicende passate, cioè l'acquisizione di un quadro sulla ricorrenza, l'entità e la gravità dei fenomeni di instabilità geomorfologica già avvenuti, permette di valutare la cronicità degli eventi pericolosi.

Il confronto con la dinamica geomorfologica attuale porterà a stimare la tendenza evolutiva dell'instabilità.

L'analisi delle **cause** prende in considerazione tutti i molteplici fattori dell'instabilità, intesa cioè come il contesto naturale e le attività antropiche.

Questo contesto naturale ed antropico indica i limiti entro i quali l'instabilità geomorfologica può svolgersi, nella prospettiva di costanza di alcuni parametri (ad es., la litologia, la forza di gravità, ecc.) e di variabilità di altri (ad es., le attività antropiche, la neotettonica, la piovosità ecc.).

Il grado di instabilità del territorio è sempre il frutto dell'interazione di due o più cause, interazione che si manifesta attraverso meccanismi complessi secondo cui le influenze dei diversi fattori possono sommarsi o moltiplicarsi fra loro.

L'analisi morfologica ha permesso di suddividere il territorio esaminato in due differenti settori: la pianura alluvionale e la fascia collinare.

Fra i principali fattori morfologici, nel determinare la stabilità dei versanti, l'acclività e l'altezza (energia del rilievo), oltre alla lunghezza ed alla forma dei pendii, svolgono un ruolo fondamentale.

L'acclività rappresenta un fattore molto rilevante e di facile acquisizione visto che, a parità di altre condizioni, l'instabilità cresce con l'aumentare delle pendenze generali.

Il rilevamento di campagna ha evidenziato una forte interconnessione fra le pendenze medie, composizione litologica dei terreni, grado di alterazione ed esposizione dei versanti.

La presenza delle formazioni cristalline catazonali (gneiss biotitici ed anfibolitici), le quali affiorano lungo le pendici collinari dando luogo a pendenze a volte accentuate, vista l'assenza di vere e proprie superfici di strato, conferisce notevole stabilità alla compagine rocciosa che appare in equilibrio persino in condizioni di acclività estreme.

Tuttavia, localmente l'altezza delle scarpate e quindi l'energia del pendio rende queste aree particolarmente sensibili ad essere soggette, anche a seguito di modesti mutamenti esterni (ad esempio in occasione di un evento sismico, o in occasione di fenomeni di intensa piovosità), a potenziali processi morfogenetici che in alcune zone, se pur ristrette, possono manifestarsi con fenomeni franosi di considerevoli proporzioni.

8.1 CENNI IDROLOGICI

I reticoli idrografici della periferia sud di Messina si presentano ben articolati nei tratti montani, con inizio nello spartiacque peloritano, dove una serie di rami fluviali secondari, ad andamento contorto di breve lunghezza ed a notevole pendenza, hanno inciso il territorio formando una serie di valli strette ed incassate.

L'andamento dei corsi d'acqua principali nella parte valliva è sostanzialmente rettilineo, di lunghezza piuttosto breve, che non supera i $9 \div 10$ km, e mediamente è di $4 \div 5$ km. (Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) 2006³⁻⁴).

L'elevata pendenza delle aste principali (in media $10 \div 15$ %) e le superfici modeste dei bacini fanno sì che i tempi di corrivazione siano quasi sempre inferiori ad un'ora.

Tali reticoli sono fitti in coincidenza dei terreni metamorfici, si diradano invece quando si impostano sui terreni sedimentari (Lentini R. *et al.*, 1994)⁵.

³ Regione Siciliana (2006) ASS. TERRITORIO E AMBIENTE "Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico" (P.A.I.) "Area Territoriale tra il bacino del Torrente Fiumedinisi e Capo Peloro".

⁴ Regione Siciliana (2006) ASS. TERRITORIO E AMBIENTE "Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico" (P.A.I.) "Area Territoriale Area Territoriale tra Capo Peloro e il bacino del Torrente Saponara".

⁵ Lentini R., Cannata A., Gargano C., Schilirò F., Morandi N., Tateo F. (1994). "Rapporti tra sedimentazione, evoluzione morfo-strutturale e caratteristiche meccaniche e composizionali dei terreni serravalliano-tortoniani affioranti nell'area urbana di Messina". Estratto dagli Atti del IV Convegno Internazionale di Geoingegneria: Difesa e valorizzazione del suolo e degli acquiferi. Torino, 10 – 11 Marzo 1994, pp. 199 – 206.

La rete idrografica naturale è interessata da evidenti fenomeni erosivi dovuti, oltre che alla natura dei terreni attraversati, anche da eventi neotettonici, come il sollevamento dell'area tuttora in atto, che provocano un'erosione regressiva con estensione delle testate dei bacini verso monte e riflessi anche lungo il versante.

Il regime idrologico è marcatamente torrentizio, tipico delle "Fiumare", con deflussi superficiali scarsi o assenti nel periodo primavera-estate e consistenti nei mesi autunnali e invernali. (Lentini R. *et al.*, 1994). Si ha una mobilitazione di grandi volumi di detriti durante gli eventi di piena stagionale, i quali vengono depositi rapidamente nei tratti terminali delle fiumare dove si realizza una brusca diminuzione di pendenza dei talwegs e quindi di velocità della corrente (Ferrara *et al.*, 1993)⁶.

C'è inoltre da mettere in risalto il notevole trasporto solido che questi torrenti convogliano in occasione degli eventi di pioggia più intensi e questo fenomeno costituisce peraltro un grave problema soprattutto laddove il deflusso avviene nelle porzioni di territorio più antropizzato e nello specifico in aree limitrofe le strutture portuali esistenti e di progetto.

Il fatto che questi corsi d'acqua siano tali solo per brevi periodi ha contribuito ad un loro uso improprio che, con il passare del tempo e con l'espansione edilizia avvenuta nella seconda metà del secolo scorso, si è consolidato trasformando gli alvei in strade urbane o occupandone gli argini con la costruzione di edifici. L'azione antropica, che si realizza con l'urbanizzazione delle sponde e degli alvei delle fiumare e con la loro conseguente cementificazione, ha portato a forti scompensi nell'erosione (Lentini R. *et al.*, 1994).

Ciò ha comportato la necessità di proteggere gli insediamenti con interventi di sistemazione idraulica, essenzialmente di due tipologie:

- nei tratti montani i torrenti sono stati spesso oggetto di arginature fluviali, a volte discontinue per consentire l'accesso a fondi agricoli e a interi nuclei abitati, e di briglie per determinare una pendenza minore e fermare l'erosione in alveo;
- nei tratti vallivi è presente quasi sempre un'interferenza con il tessuto urbano dei centri abitati che coprono quasi per intero la costa ionica. Per questo motivo quasi tutti i tratti terminali dei torrenti, per una lunghezza più o meno estesa, sono stati coperti e su di essi si sviluppano oggi importanti arterie cittadine.

8.2 DISSESTO IDROGEOLOGICO CAUSE E RIMEDI

a) Cause

Le cause determinanti i dissesti idrogeologici sono di tipo sia naturale sia antropico.

Tra quelle naturali certamente le più importanti sono le seguenti:

- Precipitazioni piovose eccezionali e concentrate;
- Tempi di corrivazione modesti legati alle caratteristiche morfo-metriche dei bacini delle fiumare;
- Elevato trasporto solido delle fiumare;

⁶ Ferrara V., Amantia A., Barbagallo M., Pennini A. (1993). "Lineamenti idrogeologici e vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi della fascia costiera tirrenica del messinese (versante settentrionale dei M. Peloritani – Sicilia Ne)". ANDIS' 93 – Congresso Biennale, Palermo Torre Normanna, 21 – 23 Settembre 1993, pp. 17 - 31.

- Alvei, già naturalmente, sovralluvionati;

Mentre tra quelle antropiche le principali sono:

- Disboscamenti;
- Insediamenti abitativi e manufatti vari dentro gli alvei;
- Cementificazione dei bacini;
- Argini discontinui;
- Discariche incontrollate nell'alveo;
- Mancanza di periodiche pulizie dell'alveo;
- Trasformazione degli alvei in strade;
- Antropizzazione esagerata ed incontrollata dei bacini

Di tutti i fattori sopra elencati la precipitazione piovosa eccezionale rappresenta certamente la molla, l'energia che mobilita tutti gli altri elementi già presenti sul territorio e già predisposti affinché un fenomeno naturale si trasformi in un vero e proprio disastro.

L'effetto determinante di quanto sopra è infatti la formazione dell'onda di piena, caratterizzata da un elevatissimo trasporto solido; nel momento in cui l'alveo risulta insufficiente a far defluire detta onda o perché sovralluvionato, o perché ostruito, o nel caso in cui gli argini sono discontinui, questa fuoriesce dal sito naturale e va ad allargare terreni, abitati, strade ecc...creando a persone e cose disagi spesso incalcolabili.

Se l'intasamento avviene nella parte coperta si può avere l'esplosione vera e propria di quest'ultima.

In riferimento alle parti coperte dei torrenti, c'è da rilevare che la mancanza di accessi laterali, non permette le pulizie periodiche delle stesse, con conseguente pericolo di ostruzione totale della sezione di deflusso.

Ma innanzitutto andrebbero prevenuti a monte quelle attività che provocano l'eccesso di trasporto solido e di altri materiali che vanno ad ostruire il naturale deflusso delle acque, specie nelle zone di innesto tra la parte scoperta da quella coperta

b) Rimedi

Non potendo intervenire sulle precipitazioni che rappresentano, come si è visto, la causa dell'innescio dei fenomeni che portano al dissesto, i rimedi vengono così distinti:

1. Interventi di prevenzione;
 - Rimboschimento e ricostruzione della copertura vegetale del suolo;
 - Divieto assoluto di costruire qualsiasi tipo di manufatto lungo le linee di impluvio;
 - Vasche di decantazione: hanno lo scopo di preservare gli alvei dei torrenti ed, in particolare le parti coperte, del pericolo di insediamenti; dette vasche debbono essere recintate e tenute libere dai detriti, per poter svolgere il loro compito all'arrivo dell'imprevedibile, ma certa onda di piena;
 - Eventuali canali di gronda: l'utilità di questo intervento in territorio come quello messinese è tutta da verificare; ricordiamo solo che a Catania ha funzionato bene, eliminando i periodici allagamenti a cui andava incontro la via Etna negli anni '50-'60;

- Aree di nuova espansione: debbono essere dotate preliminarmente di tutte le opere di urbanizzazione (strade d'accesso e interne, fogne, acque bianche, sistemazione interna, ecc...).
- Quanto sopra, sembra una cosa ovvia, ma non viene quasi mai rispettato, ed ogni nuovo insediamento si trasforma in una potenziale bomba pronta ad esplodere con conseguenze devastanti;
- 2. Interventi di risanamento;
- Argini: ricostruzione di quelli mancanti e verifica delle condizioni di quelli esistenti;
- Eliminazione di tutti i manufatti presenti negli alvei (comprese le fogne) che possono creare ostacolo al regolare deflusso delle acque;
- Verifica delle sezioni di deflusso ed in particolare degli inghiottitoi tenendo presente l'aumento della massa d'acqua da far defluire, causato dalla cementificazione dei versanti;
- Pulizia periodica degli alvei con asportazione dei materiali accumulatisi anche naturalmente. Quanto sopra diventa ancora più indispensabile nelle zone in cui i torrenti sono stati coperti;
- Laddove il torrente è diventato pensile, bisognerà svuotare l'alveo fino al raggiungimento della originaria forma incassata;
- Creazione di nuove vie per il deflusso delle acque ostacolate da nuovi insediamenti ormai non eliminabili;
- Eliminazione delle strade dagli alvei o costruzione di opere atte a far convivere la strada con idonee opere che garantiscano il deflusso;

Da quanto sopra risulta chiaro che bisogna intervenire sia nei bacini che nelle linee di impluvio che all'interno del tessuto urbano con opere atte a facilitare il regolare deflusso delle acque verso il mare.

SCALA DELLA ERODIBILITA' DELLE ROCCE		
GRADO DI ERODIBILITA'	TIPO DI ROCCIA	CLASSIFICAZIONE
ALTISSIMO	-detrito di falda; -depositi sabbioso-ghiaiosi; -Sabbie e Ghiaie di Messina;	MATERIALI INCOERENTI
ALTO	-marne bianche(Trubi); -argille marnose azzurre plioceniche ; -molassa in facies argillitico-arenacea;	MATERIALI PSEUDOCOERENTI
MEDIO-ALTO	-paragneis biotitici e gneis chiari, alterati e molto fratturati;	MATERIALI LAPIDEI nella parte integra
	-molassa in facies conglomeratico-arenacea;	MATERIALI COERENTI nella parte integra
	-calcareniti	MATERIALI SEMI-COERENTI
MEDIO	-calcari evaporitici;	MATERIALI SEMI-COERENTI
	-gneis occhiadini fratturati e alterati	MATERIALI LAPIDEI nella parte integra
BASSO	-calcari e brecce a coralli	MATERIALI COERENTI
	-calcari cristallini	MATERIALI LAPIDEI

Tabella: Scala dell'erodibilità

DISSESTO IDROGEOLOGICO	
CAUSE NATURALI	INTERVENTI DI PREVENZIONE
-Precipitazioni piovose eccezionali;	-rimboschimento;
-Tempi di corrivazione modesti legati alle caratteristiche morfo-metriche dei bacini idrografici;	-ricostruzione della copertura vegetale del suolo;
-elevato trasporto solido delle fiumare;	-divieto assoluto di costruire qualsiasi tipo di manufatto lungo le linee di impluvio;
-alvei già naturalmente sovralluvionati	-vasche di decantazione
CAUSE ANTROPICHE	-canale di gronda al piede delle colline
-disboscamenti	- regimentazione e trasporto ad un idoneo recapito finale delle acque provenienti dalle strade che attraversano il bacino;
-distruzione copertura vegetale del suolo lungo i versanti;	-dotare le aree di nuova espansione preliminarmente di tutte le opere di urbanizzazione(strade,fogne,acque bianche,opere di sistemazione esterna ecc...)
-incendi;	
-distruzione della terrazza lungo i versanti;	-ricostruzione degli argini;
-insediamenti veri e propri lungo le linee di deflusso;	-eliminazione di tutti i manufatti presenti nell'alveo;

-grandi sbancamenti lungo i versanti;	-verifica delle sezioni di deflusso;
-allontanamento del presidio umano dal territorio montano;	-pulizia periodica dell'alveo;
-cementificazione dei bacini;	-svuotamento degli alvei pensili;
-argini discontinui;	-creazione di nuove vie di deflusso alle acque laddove bloccate da nuovi insediamenti ormai non eliminabili;
-presenza dentro l'alveo di manufatti vari;	-eliminazione delle strade dagli alvei o costruzione di opere atte a ristabilire il regolare deflusso delle acque;
-discariche incontrollate negli alvei;	-nelle zone coperte raccolta delle acque e del materiale trasportato e immissione nel sottostante torrente;
-mancanza di periodiche pulizie dell'alveo	
-eccessiva antropizzazione dei fondovalle;	
-trasformazione degli alvei in strade;	

Tabella: Cause e rimedi del dissesto idrogeologico.

8.3 CENNI SUL CLIMA E DATI PLUVIOMETRICI

Gli aspetti climatici del Comune di Messina sono fortemente influenzati dalla morfologia e dall'orografia del territorio, quest'ultimo caratterizzato dalla presenza dei Monti Peloritani che degradano sino a mare. Le aree pianeggianti e collinari sono limitate alle zone costiere, mentre la maggior parte del territorio presenta pendenze che vanno dal 20% al 40%.

Nell'area in esame si riscontrano tre aggregazioni territoriali per quel che concerne i valori medi annuali della temperatura. Nella bassa area costiera, la temperatura media annuale è di 18 ÷ 19° C, mentre nella zona collinare intermedia e di bassa montagna, le medie annuali scendono a 17 ÷ 18° C. Nelle zone di montagna i suddetti valori oscillano intorno agli 11° C. Il clima della zona costiera è caratterizzato dal caldo arido da maggio ad ottobre, mentre quello delle zone medio alte da precipitazioni mensili più alte con il periodo arido ristretto a giugno-agosto. L'escursione termica media annua, data dalla differenza tra la media delle temperature medie del mese più caldo e quella del mese più freddo, è maggiore nelle zone medio-alte, intorno ai 15° C, e più contenuta nelle zone costiere con valori intorno ai 13,6° C. Tale differenza è dovuta all'effetto mitigante del mare che non riesce a spingersi ad alte quote le quali mantengono aspetti climatici di continentalità.

Nelle zone costiere la media delle minime invernali è di 9° C, mentre ad altitudini di 700 m.s.l., i valori normali sono di 5° C; il mese più freddo è febbraio per l'intero territorio. I valori medi estivi delle temperature massime della costa oscillano dai 28,5° ai 30° C, mentre nelle zone montane raramente superano i 30° C. Tale differenza termica è dovuta, anche in questo caso, all'effetto mitigante del mare nelle aree costiere. Il mare infatti assorbe gran parte della radiazione solare, cedendola sotto forma di calore nella stagione fredda. Nelle zone a più elevata altitudine l'aria è meno umida e più rarefatta, pertanto non viene riscaldata dalla radiazione solare intercettata dalla terra e nuovamente irradiata verso l'atmosfera. Lungo la costa le temperature massime assolute si registrano nel mese di agosto e raggiungono i 33° C.

Le precipitazioni annue sono tra le più elevate della costa siciliana ed oscillano di medias tra i 630 e gli 800 mm. Il periodo più piovoso è quello autunno-inverno, con il trimestre ottobre-novembre-dicembre più piovoso del trimestre gennaio-febbraio-marzo. Di essi i più piovosi sono febbraio e dicembre, mentre le precipitazioni di massima intensità si verificano nel mese di ottobre. Secondo la classificazione di De Martonne il clima del territorio in questione è temperato caldo o asciutto sub umido.

Dati pluviometrici

Allo scopo di definire le caratteristiche pluviometriche dei singoli bacini idrografici, sono state elaborate le tabelle 3-4-5 che riportano le precipitazioni di massima intensità rilevate rispettivamente alle stazioni pluviometriche di Camaro, Ganzirri, S.Saba.

Si sono scelte queste tre stazioni come rappresentative del grado di piovosità del territorio, in quanto gli annali idrografici relativi, fornivano anche i dati di picco, e cioè quei dati che hanno valore applicativo nello studio dei bacini idrografici.

Le tabelle sono state elaborate riportando le precipitazioni di massima intensità relative a 60' e 180' nonché, i valori di picco assoluto.

I dati si riferiscono ai seguenti periodi:

- Stazione di Camaro 1953-2000;
- Stazione di Ganzirri 1955-2000;
- Stazione di S.Saba 1928-2000.

STAZIONE DI CAMARO Quota m.568 s.l.m.					TAB. N.3		
PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA'					VALORI DI PICCO		
DURAT A	60'		180'		DATA	DURATA	QUANTIT A'
ANNO	INIZIO	mm	INIZIO	mm		Ore	mm
1953	08-ott	17.0	27-ott	18.0			
1955	01-ott	46.0	01-ott	60.0			
1956	21-nov	28.0	13-nov	38.0			
1957	29-nov	21.0	28-ott	32.0			
1960	23-nov	31.0	23-nov	51.0			
1961	24-nov	34.0	24-nov	64.0			
1962	16-ott	32.0	16-ott	42.0			
1963	06-giu	80.0	06-giu	81.0			
1964	23-ott	39.0	23-ott	69.0			
1965	09-ott	36.2	09-ott	50.0			
1966	06-dic	34.0	06-dic	34.0			
1967	09-dic	19.0	09-dic	30.0			
1968	30-sett	37.0	30-sett	63.0	30-sett	0.50	36.0
1969	02-ott	36.0	02-ott	47.0			
1970	06-gen	20.0	16-mar	30.0			
1971	02-gen	32.0	12-nov	36.0	02-gen	0.40	28.0

Il Sindaco del Comune di Messina - Commissario Delegato ex O.P.C.M. n. 3721 del 19 Dicembre 2008
**LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA INTERMODALE TREMESTIERI
 CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE
 PROGETTO DEFINITIVO**

1974	06-nov	38.0	06-nov	48.0	06-nov	1.10	38.0
1975	08-ago	60.0	08-ago	70.0	08-ago	1.10	70.0
1976	26-ott	29.0	26-ott	42.0			
1977	14-ott	39.0	14-ott	47	14-ott	0.40	39.0
1978	20-ott	74	20-ott	175.0	20-ott	09-sett	
1982	09-sett	43.0	09-sett	63.0			
1984	20-sett	23.0	20-sett	31.0			
1985	30-ott	50.0	30-ott	80	30-ott	0.40	44.0
1986	27-mar	40.0					
1987	04-sett	61.0	04-sett	81.0	04-sett	0.50	60.0
1988	23-ago	27.0	05-mar	37.0	23-ago	0.30	16.0
1990	30-nov	25.0	24-nov	48.0			
1991	12-ott	63.0	12-ott	76.6			
1992	02-lug	35.2	08-apr	56.0			
1993	07-lug	38.6	07-lug	64.6	07-lug	0.30	38
1994	20-ott	16	20-ott	31.6	20-ott	0.30	11
1995	30-giu	29	14-ago	39.8	30-giu	0.30	19
1996	08-ott	96	08-ott	127.6	08-ott	0.30	60
1997	24-set	23.6	24-set	32.4	24-set	0.30	23.6
2000	30-set	28	30-set	51	30-set	0.30	19

Tabella Precipitazione di massima intensità e valori di picco (1953-2000) riferiti alla stazione di Camaro.

STAZIONE DI GANZIRRI Quota m.12 s.l.m.					TAB. N. 4		
PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA'					VALORI DI PICCO		
DURATA	60'		180'		DATA	DURATA	QUANTITA'
ANNO	INIZIO	mm	INIZIO	Mm		Ore	mm
1955	08-ago	60.6	11-sett	66.6			
1956	01-nov	29.8	01-nov	38.4			
1960	24-apr	43.2	24-apr	61.0			
1961	24-nov	26.0	24-nov	61.0			
1962	19-nov	18.0	19-nov	30.6			
1964	24-ott	40.8	24-ott	48.6			
1965	21-gen	36.4	21-gen	40.2			
1966	11-nov	36.2	11-nov	42.4			
1967	17-feb	38.8	17-feb	60.0			
1968	08-sett	35.6	30-sett	46.2	01-sett	0.25	28.8
1969	13-ott	31.4	13-ott	42.4	13-ott	1.00	31.4
1970	22-ott	36.4	22-ott	37.4			
1971	01-giu	44.4	01-giu	47.6	01-giu	0.15	20,4
1972	24-sett	22.8	24-sett	24.0			
1973	11-sett	19.8	11-sett	39.8			
1974	21-lug	17.6	26-ago	27.6	21-lug	0.20	14.2
1975	13-ott	17.4	19-ott	25.4	13-ott	0.20	16.2
1976	26-ott	24.8	26-ott	40.6			
1978	20-ott	38.8	20-ott	87.4	20-ott	1.10	54.0
1979	22-sett	78.2	22-sett	95.4			
1981	25-ago	24.0	25-ago	29.0			
1982	09-sett	63.0	09-sett	76.4	09-sett	0.40	0.5
1983	29-nov	28.6	29-nov	35.6			

Il Sindaco del Comune di Messina - Commissario Delegato ex O.P.C.M. n. 3721 del 19 Dicembre 2008
**LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA INTERMODALE TREMESTIERI
 CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE
 PROGETTO DEFINITIVO**

1984	20-apr	24.4	20-apr	29.6			
1985	31-ott	24.0	31-ott	31.0			
1986	22-feb	18.4	05-nov	23.4			
1987	06-ott	27.4	06-ott	46.2	06-sett	0.35	26.0
1988	14-nov	30.0	14-nov	38.2	14-nov	0.40	25.0
1990	24-nov	22	24-nov	39.0	18-sett	0.30	17.0
1991	05-apr	33.0	05-apr	47.6	16-sett	0.30	14.0
1992	04-ott	26.2	04-ott	26.2	04-ott	0.30	14.0
1993	08-lug	34	07-lug	47.2	07-lug	0.30	28
1994	07-ott	35.6	06-ott	38.2	07-ott	0.30	31
1995	05-nov	15.4	04-gen	21.6	05-nov	0.30	14
1996	03-ott	70	03-ott	95	03-ott	0.30	40
1997	13-nov	31.6	13-nov	38.4	25-ago	0.30	27
1998	27-set	27.4	27-set	28.2	27-set	0.30	27.2
1999	22-nov	20	21-nov	28.8	23-mag	0.30	18
2000	11-set	29	11-set	29.4	10-set	0.30	19.8

Tabella Precipitazione di massima intensità e valori di picco (1955-2000) riferiti alla stazione di Ganzirri.

STAZIONE DI S.SABA Quota m 24 s.l.m.					TAB. N.5		
PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA'					VALORI DI PICCO		
DURATA	60'		180'		DATA	DURATA	QUANTITA'
ANNO	INIZIO	mm	INIZIO	mm		ore	mm
1973	02-gen	48.8	02-gen	58.4			
1974	04-mar	21	04-mar	45.0			
1975	01-dic	15.8	01-dic	41.8	01-dic	1.00	15.8
1977	03-sett	11.8	14-ott	16.2			
1978	20-ott	27.0	20-ott	43.4			
1979	05-nov	22.0	05-nov	26.8			
1983	13-lug	36.4	16-mar	57.8			
1984	01-ott	39.2	01-ott	45.0			
1985	29-ott	40.0	21-mar	90.2	29-ott	0.45	36.0
1986	16-lug	38.0	16-lug	45.0	16-lug	1.00	38.0
1987	06-sett	36.2	06-sett	39.2	06-sett	0.30	36.2
1988	15-nov	89.0	15-nov	93.2	14-nov	0.30	37.0
1989	28-sett	30.2	28-sett	30.6	28-sett	0.45	27.0
1990	24-nov	44.0	24-nov	55.0	24-nov	0.30	37.0
1991	12-ott	20.0	12-ott	31.0	12-ott	0.30	14.0
1992	29-giu	25.6	29-giu	25.6	29-giu	0.30	25.0
1993	22-ott	39.2	22-ott	39.2	08-lug	0.20	33
1995	25-ago	37	28-ago	39.8	25-ago	0.30	27
1996							
1997	12-nov	58	12-nov	110.8	08-ott	0.30	54
1998	13-set	31.8	13-set	36	13-set	0.25	27.2
1999	30-ago	26.8	30-ago	32	30-ago	0.45	26.8
2007							

Tabella Precipitazione di massima intensità e valori di picco (1973-2000) riferiti alla stazione di Santo Saba.

ANNO 1996-PRECIPITAZIONI PIOVOSE DAL 03/10 AL 10/10	
DATA	QUANTITA' Mm
03-ott	122
04-ott	125
05-ott	37
08-ott	60
10-ott	11
TOTALE	335
PRECIPITAZIONI MEDIE ANNUE SU MESSINA : mm1000	
PRECIPITAZIONI DI PICCO :03-ott.1996 ore 14:50- 15:20-mm 45	

Tabella Precipitazioni Piovose.

8.4 PRECEDENTI STORICI SULLE ALLUVIONI

Alluvione Ottobre 1996

La fase di forte maltempo che si è abbattuta nel territorio di Messina e sulla Sicilia Orientale all'inizio dell'Ottobre 1996, è stata causata certamente da una delle perturbazioni più intense degli ultimi anni.

In questo periodo le precipitazioni hanno assunto carattere di eccezionalità (335 mm), come è possibile rilevare dall'allegata tabella.

Statisticamente sul territorio di Messina cadono annualmente 1.000 mm circa di pioggia; ne segue che in una settimana si è riservata un terzo dell'acqua che normalmente precipita in un anno.

Altro dato eccezionale è la caduta di 45 mm di pioggia in appena 30' (dalle 14,50 alle 15,20) avutasi giovedì 3 ottobre.

Quanto sopra ha rappresentato l'elemento scatenante dell'onda di piena che ha investito i villaggi ed il centro di Messina.

Alluvione Settembre 1998

Un violento nubifragio durato quasi mezz'ora, intorno alle 20:30 di domenica 27 settembre 1998, ha messo in ginocchio la zona Nord di Messina, il bilancio è stato grave quattro morti, decine di auto inghiottite dai detriti, frane in numerose zone della parte alta della città, avvallamenti in alcune strade principali, decine di abitazioni e negozi allagati, i maggiori danni si sono verificati ancora una volta nell'immediata vicinanza dei torrenti. I torrenti che sono straripati sono stati due, il Pace e l'Annunziata che hanno provocato smottamenti lungo le colline della zona Nord, altre emergenze si sono concentrate a S. Licandro, al Badiazza, a S. Michele e lungo il torrente Giudeo, altri danni si sono registrati nei pressi dell'abitato di Rodia, dove il greto del Torrente è praticamente parallelo alla strada d'accesso.

In appena venti minuti, su un territorio devastato da anni e anni di selvagge e colpevole incuria, sono caduti quasi 70 millimetri di pioggia, ed è bastato questo per mietere quattro vite e mettere in ginocchio una città intera, basti pensare che la quantità d'acqua in alcune zone arrivava fino al parabrezza dell'auto. Si può

ipotizzare per la zona Nord di Messina che si è riversata una quantità di acqua tra i 60 e i 70 millimetri che significa 70 litri d'acqua ogni metro quadrato.

Alluvione Ottobre 2007

Un nubifragio lampo ha provocato danni nella zona Sud di Messina, Giovedì 25 Ottobre 2007, rimarrà un giorno nella storia meteorologica dello Stretto. L'alluvione lampo che ha colpito le zone meridionali dello Stretto ha scaricato nel pomeriggio/sera tantissima acqua (175 mm a Santa Margherita, 134 mm a Fiumedinisi, 86 mm a Reggio Calabria Ravagnese, 40 mm a Messina Contesse, 30 mm a Reggio Calabria centro e così via).

Ecco la mappa delle piogge di, Giovedì 25 Ottobre 2007:



(tratto dal sito <http://www.strettoweb.it>)

I torrenti straripati sono stati i Torrenti Zafferia e Santo Stefano dove l'acqua ha travolto ogni cosa. Da costoni e valloni adiacenti ad arterie fondamentali, la Statale 114, la Nazionale di Briga – Giampileri, le Provinciali 33, 34, 35, uniche vie d'accesso si sono riversate sulla strada, quantità esponenziali di fango e detriti, pietre ed alberi, colate che hanno mandato in tilt sistemi di deflusso da sempre insufficienti e privi di adeguate manutenzioni. Non c'è stata per fortuna una violenta ondata di piena torrentizia. Buona parte dell'abitato di Giampileri Sup è stato sepolto da fango e pietre.

Alluvione 01/Ottobre/2009

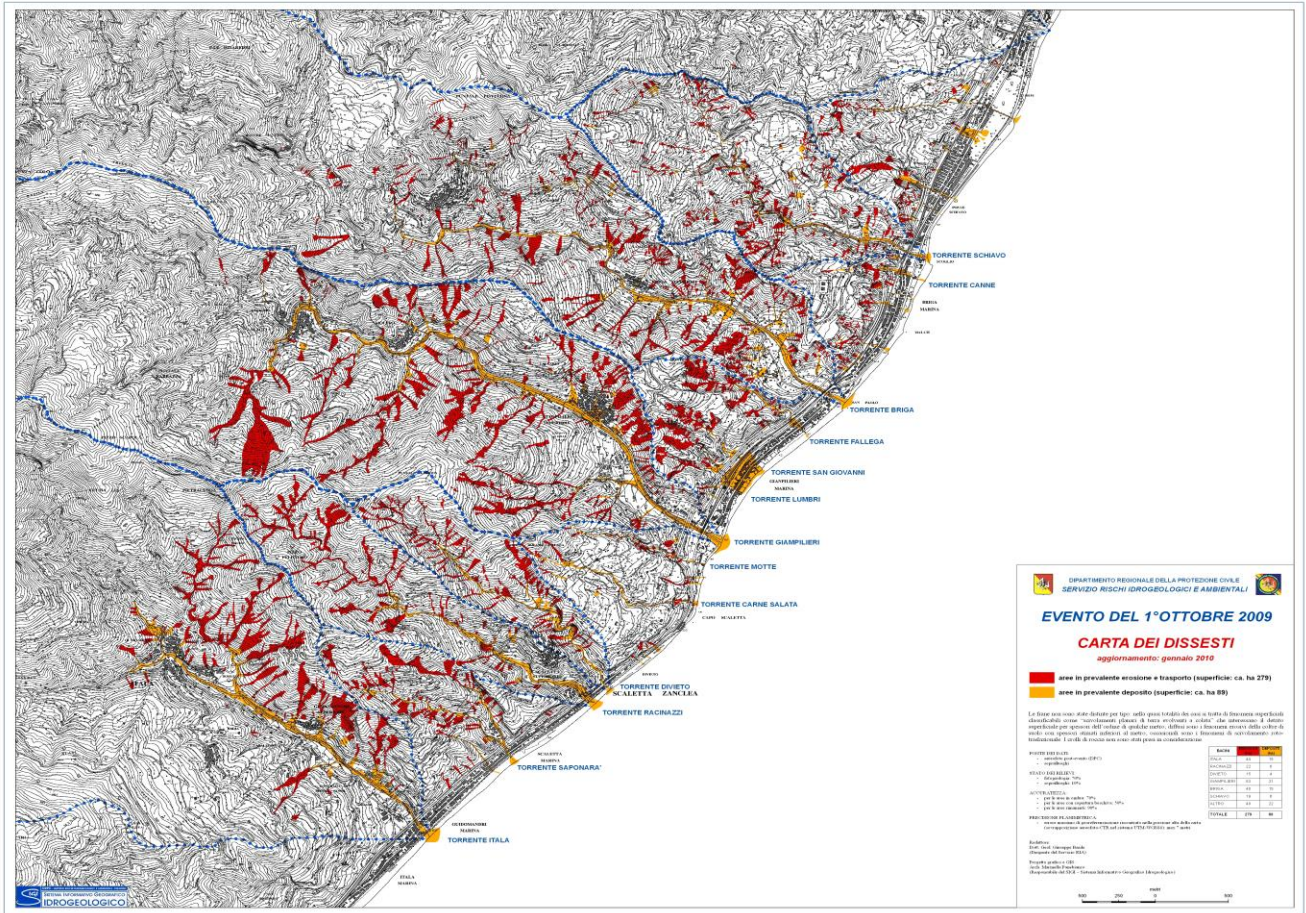
Come visibile nella sottostante figura la sera del 01/ottobre/2009 in appena tre ore ed in una fascia ristrettissima di territorio (circa 7Km), si sono abbattute piogge per 300-350 mm



Alla luce di quanto precedentemente detto e delle cause sia naturali che antropiche una valanga d'acqua si è abbattuta (a pochissimi chilometri dalle opere in progetto) sconvolgendo completamente il territorio. La dimensione della tragedia si può riassumere in pochissimi numeri:

- 35 morti accertati;
- attivazione di più di 300 tra frane e colamenti
- intere porzioni di paesi cancellati dal fango;
- straripamento di tutti i torrenti presenti nel territorio del nubifragio;
- circa 1.300.000 Mc di detriti che si sono riversati a mare
- centinaia di milioni di euro di danni

Il Sindaco del Comune di Messina - Commissario Delegato ex O.P.C.M. n. 3721 del 19 Dicembre 2008
**LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA INTERMODALE TREMESTIERI
 CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STALCIO FUNZIONALE
 PROGETTO DEFINITIVO**



9 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il lavoro sopra esposto si puo' in estrema sintesi cosi' riassumere:

- Un attenta analisi degli studi specialistici allegati al progetto preliminare, ha permesso di constatare che gli stessi sono esaustivi in relazione ai livelli di progettazione sia preliminare che definitivo. A tal proposito ed in funzione di quanto sopra, si è deciso di non svolgere un ulteriore campagna d'indagini geognostiche.
- Si è quindi proceduto all'esecuzione solo di alcuni rilievi topografici di dettaglio, inerenti i torrenti e gli impluvi che interessano direttamente le opere portuali, i quali hanno integrato quelli posti a base di gara.

Si sono svolti approfondimenti relativamente all'assetto idrogeologico dei bacini (Canneto, Faroto e Guidari) che interessano direttamente le opere portuali, cio' perché gli studi inerenti il progetto preliminare, essendo stati svolti tra gli ultimi mesi dell'anno 2008 ed i primi mesi dell'anno 2009, non hanno potuto tenere in considerazione gli eventi estremi di piovosità del 01/Ottobre/2009 e i conseguenti fenomeni di colamenti, trasporto solido ecc. Fenomeni che si sono registrati addirittura nei bacini Canneto, Faroto e Guidari, pur se in forma piu' lieve in occasione delle piovosità del 10/marzo/2010.

L'approfondimento di queste tematiche ha messo in **assoluta evidenza** la necessità di procedere a sistemazione idraulica ed idraulica forestale, dei tre bacini.

In mancanza di dette sistemazioni, qualunque calcolo idraulico o verifica idraulica di opere inerenti comunque la funzionalità delle opere portuali perde di accuratezza poiché non si puo' oggettivamente ad oggi andare a quantizzare l'apporto solido derivante da dissesti dei bacini imbriferi che già oggi mostrano "evidenti" segni di colamenti, frane e dissesti in genere.

Al fine quindi di garantire la corretta funzionalità delle opere idrauliche collegate al costruendo porto, ma anche direttamente le opere portuali, si dovranno realizzare opere di sistemazione idraulica mediante la costruzione di briglie in pietrame (a basso impatto) eventuali muri d'argine ecc.

Dette opere unitamente con interventi di forestazione e rinaturalizzazione delle aree golenali e spondali, permetteranno di annullare o comunque fortemente mitigare fenomeni legati al dissesto idrogeologico del territorio messinese in occasione di eventi di fortissime precipitazioni che, visto il ripetersi, non si possono piu' definire eccezionali bensì ciclici.

Lo studio delle serie storiche dei fenomeni di liquefazione dei terreni direttamente interessati dal progetto, ha messo in evidenza, che in occasione degli eventi sismici di elevatissima magnitudo,

manifestatisi negli ultimi 200 anni nessun fenomeno legato a dette problematiche si è manifestato nelle aree in studio.

Infine è stato eseguito uno studio su tutti i tratti costieri del Comune di Messina, al fine di valutare in funzione del PAI coste della Regione Siciliana, la suscettività delle diverse zone a ricevere i sedimenti che saranno scavati per la realizzazione delle opere in progetto, cercando la migliore compatibilità e quindi stabilità geomorfologia in relazione alla massima durata degli interventi proposti.

* * *

Messina li' 17.05.2010

Il Geologo
(dott. Sergio Dolfin)

Chioggia, lì 18 maggio 2010

FIRME

Il Concorrente (costituenda A.T.I.)

NUOVA CO.ED.MAR. S.r.l.

(**Boscolo Contadin Dante** – Amministratore Unico)

CCC - Società Cooperativa

(**Bedetti Giorgio** – Procuratore)

I progettisti indicati (costituenda A.T.I.)

Favero e Milan Ingegneria Spa

(**Ing. Tassi Tommaso** - Consigliere Delegato
Responsabile dell'integrazione prestazioni specialistiche)

IDROTEC S.r.l

(**Ing. Franco Grimaldi** – Presidente)

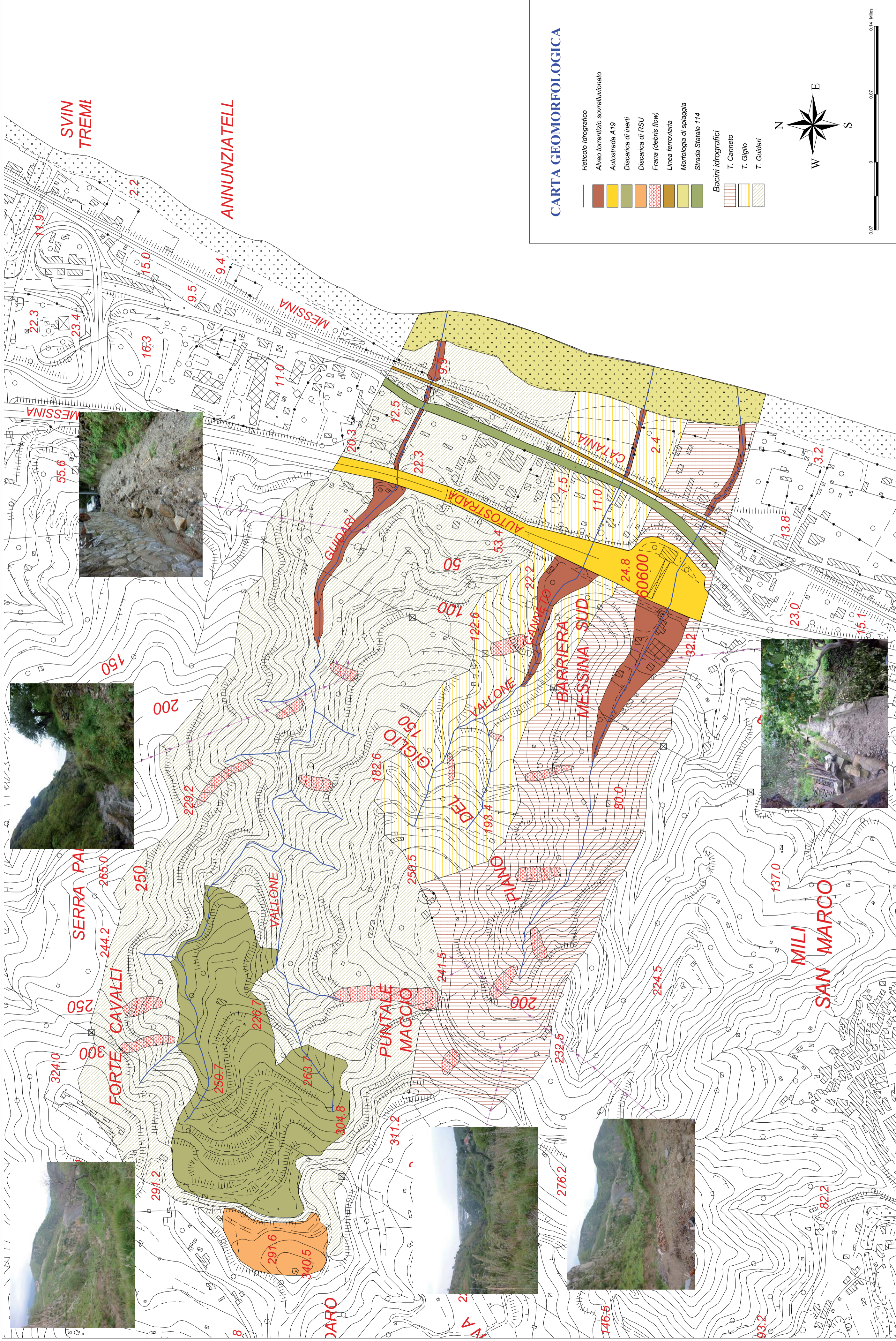
Ing. Vincenzo Iacopino

Studio Tecnico Falzea
(Arch. **Giuseppe Falzea** – Legale Rappresentante
Associato)

Arch. Claudio Lucchesi

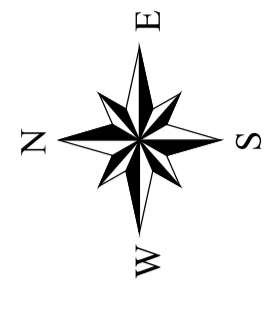
Ing. Manlio Marino

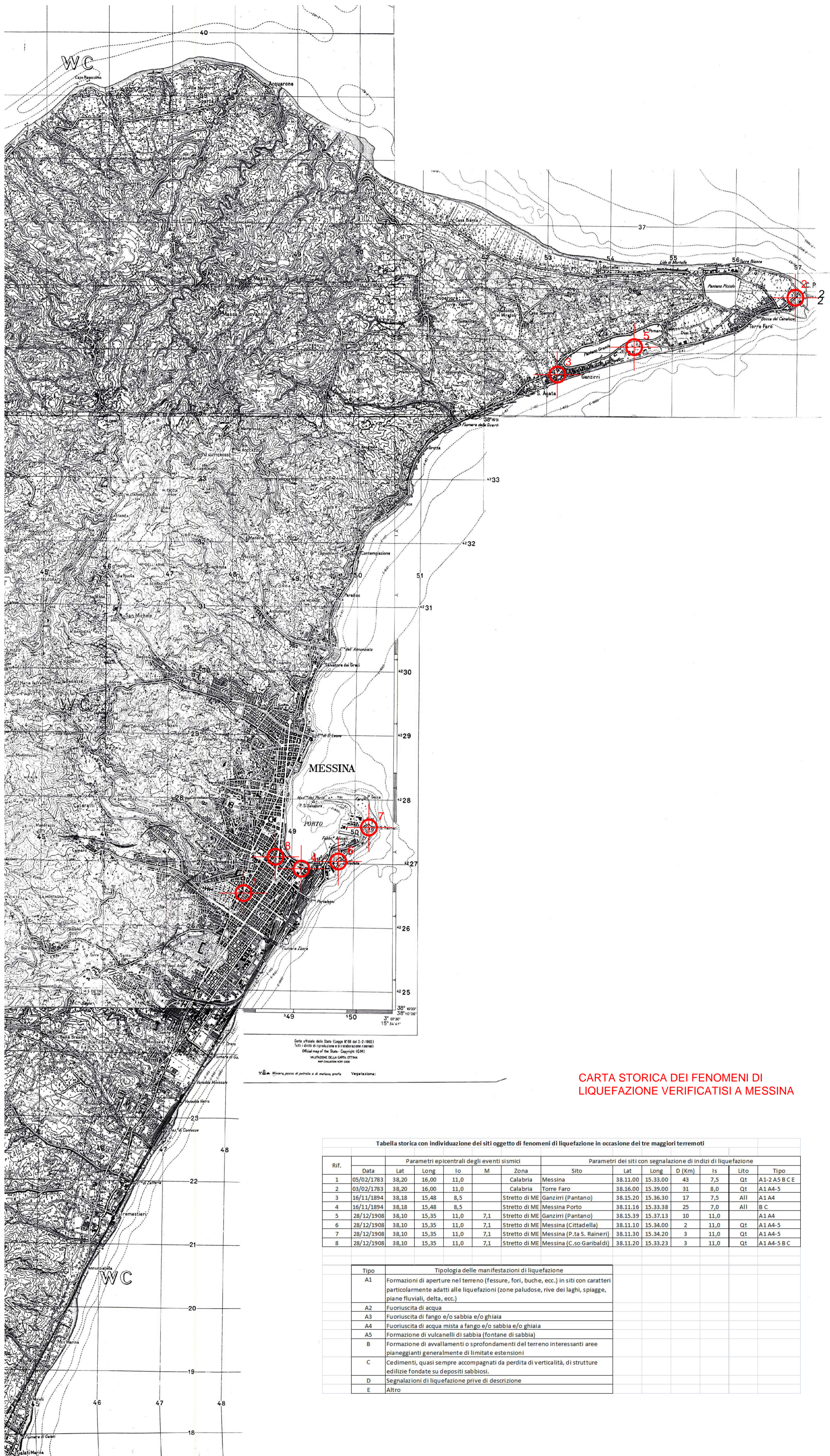
Dott. Geol. Sergio Dolfin



CARTA GEOMORFOLOGICA

- Reticolo idrografico
 - Alveo torrentizio sovralluvionato
 - Autostrada A19
 - Discarica di inerti
 - Discarica di RSU
 - Frana (debris flow)
 - Linea ferroviaria
 - Morfologia di spiaggia
 - Strada Statale 114
-
- Bacini idrografici
 - T. Canneto
 - T. Giglio
 - T. Guidari





CARTA STORICA DEI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE VERIFICATISI A MESSINA

Tabella storica con individuazione dei siti oggetto di fenomeni di liquefazione in occasione dei tre maggiori terremoti

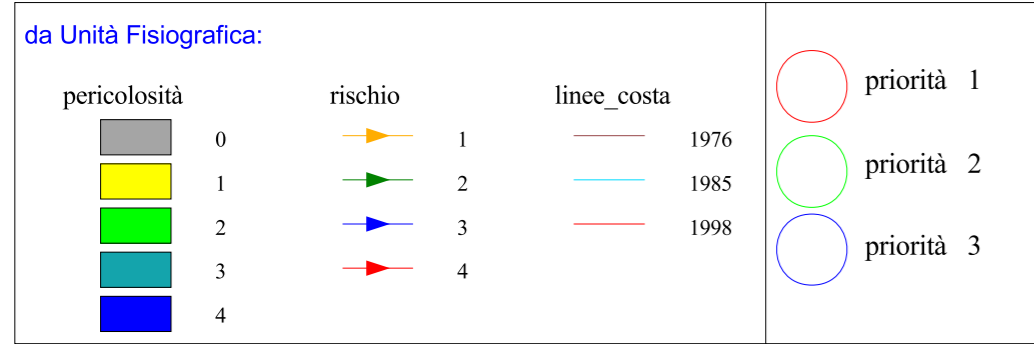
Rif.	Parametri epicentrali degli eventi sismici					Parametri dei siti con segnalazione di indizi di liquefazione							
	Data	Lat	Long	Io	M	Zona	Sito	Lat	Long	D (Km)	Is	Lito	Tipo
1	05/02/1783	38,20	16,00	11,0		Calabria	Messina	38.11.00	15.33.00	43	7,5	Qt	A1-2 A5 B C E
2	03/02/1783	38,20	16,00	11,0		Calabria	Torre Faro	38.16.00	15.39.00	31	8,0	Qt	A1 A4-5
3	16/11/1894	38,18	15,48	8,5		Stretto di ME	Ganzirri (Pantano)	38.15.20	15.36.30	17	7,5	All	A1 A4
4	16/11/1894	38,18	15,48	8,5		Stretto di ME	Messina Porto	38.11.16	15.33.38	25	7,0	All	B C
5	28/12/1908	38,10	15,35	11,0	7,1	Stretto di ME	Ganzirri (Pantano)	38.15.39	15.37.13	10	11,0		A1 A4
6	28/12/1908	38,10	15,35	11,0	7,1	Stretto di ME	Messina (Cittadella)	38.11.10	15.34.00	2	11,0	Qt	A1 A4-5
7	28/12/1908	38,10	15,35	11,0	7,1	Stretto di ME	Messina (P.ta S. Raineri)	38.11.30	15.34.20	3	11,0	Qt	A1 A4-5
8	28/12/1908	38,10	15,35	11,0	7,1	Stretto di ME	Messina (C.so Garibaldi)	38.11.20	15.33.23	3	11,0	Qt	A1 A4-5 B C

Tipo	Tipologia delle manifestazioni di liquefazione
A1	Formazioni di aperture nel terreno (fessure, fori, buche, ecc.) in siti con caratteri particolarmente adatti alle liquefazioni (zone paludose, rive dei laghi, spiagge, piane fluviali, delta, ecc.)
A2	Fuoriuscita di acqua
A3	Fuoriuscita di fango e/o sabbia e/o ghiaia
A4	Fuoriuscita di acqua mista a fango e/o sabbia e/o ghiaia
A5	Formazione di vulcanelli di sabbia (fontane di sabbia)
B	Formazione di avvallamenti o sprofondamenti del terreno interessanti aree pianeggianti generalmente di limitate estensioni
C	Cedimenti, quasi sempre accompagnati da perdita di verticalità, di strutture edilizie fondate su depositi sabbiosi.
D	Segnalazioni di liquefazione prive di descrizione
E	Altro

Carta della Suscettività al Ripascimento

TAV. 1

LEGENDA:



TAV. 1

- 1 - ORTOLIUZZO
- 2 - S. SABA-SINDARO
- 3 - S. SABA EST
- 4 - ACQUARONE-SPARTA'

TAV. 2

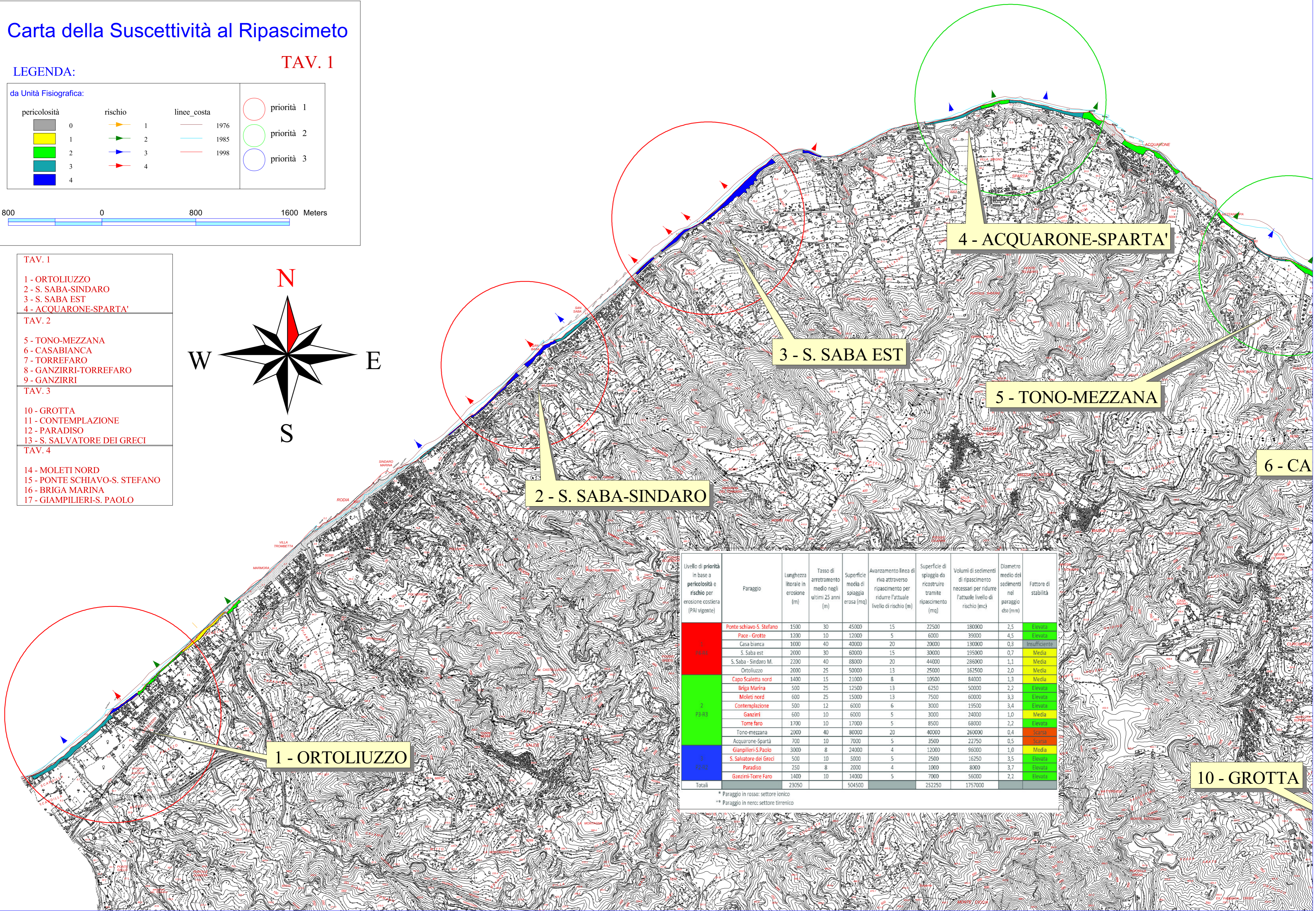
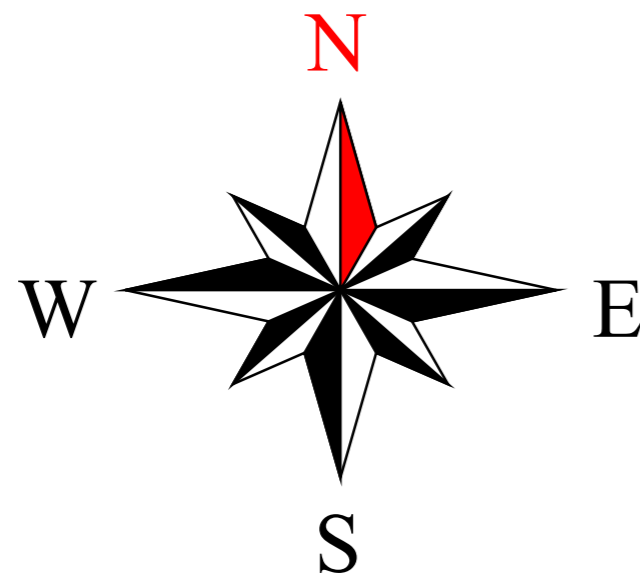
- 5 - TONO-MEZZANA
- 6 - CASABIANCA
- 7 - TORREFARO
- 8 - GANZIRRI-TORREFARO
- 9 - GANZIRRI

TAV. 3

- 10 - GROTTA
- 11 - CONTEMPLAZIONE
- 12 - PARADISO
- 13 - S. SALVATORE DEI GRECI

TAV. 4

- 14 - MOLETI NORD
- 15 - PONTE SCHIAVO-S. STEFANO
- 16 - BRIGA MARINA
- 17 - GIAMPILIERI-S. PAOLO



4 - ACQUARONE-SPARTA'

3 - S. SABA EST

5 - TONO-MEZZANA

6 - CA

2 - S. SABA-SINDARO

1 - ORTOLIUZZO

10 - GROTTA

Livello di priorità in base a pericolosità e rischio per erosione costiera (PAI vigente)	Paraggio	Lunghezza litorale in erosione (m)	Tasso di arretramento medio negli ultimi 25 anni (m)	Superficie media di spiaggia erosa (mq)	Avaranzamento linea di riva attraverso ripascimento per ridurre l'attuale livello di rischio (m)	Superficie di spiaggia da ricostruire tramite ripascimento (mq)	Volumi di sedimenti di ripascimento necessari per ridurre l'attuale livello di rischio (mc)	Diametro medio dei sedimenti nel paraggio (ds) (mm)	Fattore di stabilità
1 10-11	Ponte schiavo-S. Stefano	1500	30	45000	15	22500	180000	2,5	Buona
	Pace - Grotte	1200	10	12000	5	6000	39000	4,5	Buona
	Casa bianca	1000	40	40000	20	20000	130000	0,3	Insufficiente
	S. Saba est	2000	30	60000	15	30000	195000	0,7	Media
	S. Saba - Sindaro M.	2200	40	88000	20	44000	286000	1,1	Media
2 12-13	Ortoluzzo	2000	25	50000	13	25000	162500	2,0	Media
	Capo Scaletta nord	1400	15	21000	8	10500	84000	1,3	Media
	Briga Marina	500	25	12500	13	6250	50000	2,2	Buona
	Moletti nord	600	25	15000	13	7500	60000	3,3	Buona
	Contemplazione	500	12	6000	6	3000	19500	3,4	Buona
3 14-17	Ganzirri	600	10	6000	5	3000	24000	1,0	Media
	Torre faro	1700	10	17000	5	8500	68000	2,2	Buona
	Tono-mezzana	2000	40	80000	20	40000	260000	0,4	Buona
	Acquarone-Spartà	700	10	7000	5	3500	22750	0,5	Buona
	Giampilieri-S. Paolo	3000	8	24000	4	12000	96000	1,0	Media
4 15-16	S. Salvatore dei Greci	500	10	5000	5	2500	16250	3,5	Buona
	Paradiso	250	8	2000	4	1000	8000	3,7	Buona
	Ganzirri-Torre Faro	1400	10	14000	5	7000	56000	2,2	Buona
Totale		23050		504500		252250	1757000		

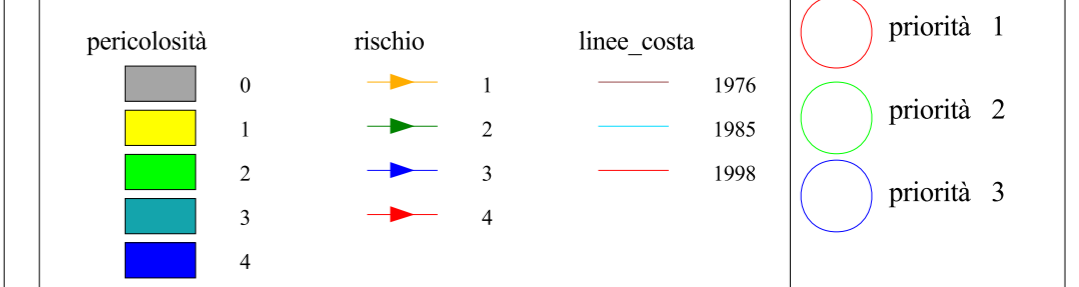
* Paraggio in rosso: settore ionico
** Paraggio in nero: settore tirrenico

Carta della Suscettività al Ripascimeto

TAV. 2

LEGENDA:

da Unità Fisiografica:



800 0 800 1600 Meters

Livello di priorità in base a pericolosità e rischio per erosione costiera (PAI vigente)	Paraggio	Lunghezza litorale in erosione (m)	Tasso di arretramento medio negli ultimi 25 anni (m)	Superficie media di spiaggia erosa (mq)	Avanzamento linea di riva attraverso riascamento per ridurre l'attuale livello di rischio (m)	Superficie di spiaggia da ricostruire tramite riascamento (mq)	Volumi di sedimenti necessari per ridurre l'attuale livello di rischio (mc)	Diametro medio dei sedimenti nel paraggio (mm)	Fattore di stabilità
1 (Alto)	Ponte schiavo-S. Stefano	1500	30	45000	15	22500	180000	2,5	Elevata
	Pace - Grotte	1200	10	12000	5	6000	39000	4,5	Elevata
	Casa bianca	1000	40	40000	20	20000	130000	0,3	Insufficiente
	S. Saba est	2000	30	60000	15	30000	195000	0,7	Media
2 (Medio)	S. Saba - Sindaro M.	2200	40	88000	20	44000	286000	1,1	Elevata
	Ortoluzzo	2000	25	50000	13	25000	162500	2,0	Media
	Capo Scaletta nord	1400	15	21000	8	10500	84000	1,3	Media
	Briga Marina	500	25	12500	13	6250	50000	2,2	Elevata
	Moleti nord	600	25	15000	13	7500	60000	3,3	Elevata
	Contemplazione	500	12	6000	6	3000	19500	3,4	Elevata
	Ganzirri	600	10	6000	5	3000	24000	1,0	Media
3 (Basso)	Torre faro	1700	10	17000	5	8500	68000	2,2	Elevata
	Tono-mezzana	2000	40	80000	20	40000	260000	0,4	Bassa
	Acquarone-Spartà	700	10	7000	5	3500	22750	0,5	Bassa
	Gianpileri-S. Paolo	3000	8	24000	4	12000	96000	1,0	Media
	S. Salvatore dei Greci	500	10	5000	5	2500	16250	3,5	Elevata
	Paradiso	250	8	2000	4	1000	8000	3,7	Elevata
	Ganzirri-Torre Faro	1400	10	14000	5	7000	56000	2,2	Elevata
Totale		23050		504500		252250	1757000		

* Paraggio in rosso: settore ionico
** Paraggio in nero: settore tirrenico

CQUARONE-SPARTA'

5 - TONO-MEZZANA

6 - CASABIANCA

8 - GANZIRRI-TORRE FARO

7 - TORRE FARO

10 - GROTTA

9 - GANZIRRI

TAV. 1

- 1 - ORTOLIUZZO
- 2 - S. SABA-SINDARO
- 3 - S. SABA EST
- 4 - ACQUARONE-SPARTA'

TAV. 2

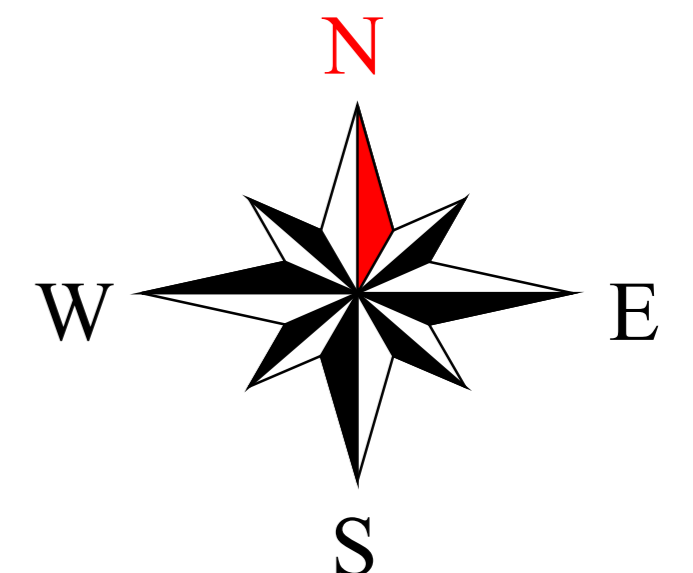
- 5 - TONO-MEZZANA
- 6 - CASABIANCA
- 7 - TORREFARO
- 8 - GANZIRRI-TORREFARO
- 9 - GANZIRRI

TAV. 3

- 10 - GROTTA
- 11 - CONTEMPLAZIONE
- 12 - PARADISO
- 13 - S. SALVATORE DEI GRECI

TAV. 4

- 14 - MOLETI NORD
- 15 - PONTE SCHIAVO-S. STEFANO
- 16 - BRIGA MARINA
- 17 - GIAMPILIERI-S. PAOLO



Carta della Suscettività al Ripascimeto

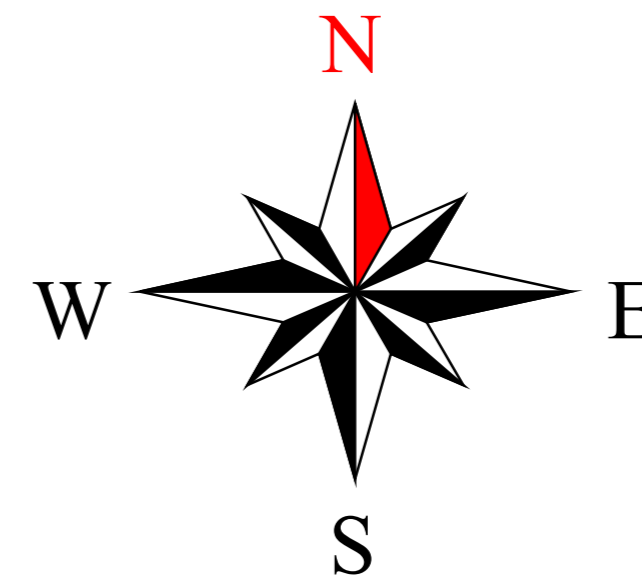
LEGENDA:

TAV. 3

da Unità Fisiografica:

pericolosità	rischio	linee_costa	
0	1	1976	○ priorità 1
1	2	1985	○ priorità 2
2	3	1998	○ priorità 3
3	4		
4			

800 0 800 1600 Meters



TAV. 1

- 1 - ORTOLIUZZO
- 2 - S. SABA-SINDARO
- 3 - S. SABA EST
- 4 - ACQUARONE-SPARTA'

TAV. 2

- 5 - TONO-MEZZANA
- 6 - CASABIANCA
- 7 - TORREFARO
- 8 - GANZIRRI-TORREFARO
- 9 - GANZIRRI

TAV. 3

- 10 - GROTTA
- 11 - CONTEMPLAZIONE
- 12 - PARADISO
- 13 - S. SALVATORE DEI GRECI

TAV. 4

- 14 - MOLETI NORD
- 15 - PONTE SCHIAVO-S. STEFANO
- 16 - BRIGA MARINA
- 17 - GIAMPILIERI-S. PAOLO

10 - GROTTA

11 - CONTEMPLAZIONE

12 - PARADISO

13 - S. SALV. DEI GRECI

Livello di priorità in base a pericolosità e rischio per erosione costiera (PAI vigente)	Paraggio	Lunghezza litorale in erosione (m)	Tasso di arretramento medio negli ultimi 25 anni (m)	Superficie media di spiaggia erosa (mq)	Avanzamento linea di riva attraverso riascamento per ridurre l'attuale livello di rischio (m)	Superficie di spiaggia da ricostruire tramite riascamento (mq)	Volume di sedimenti necessari per ridurre l'attuale livello di rischio (mc)	Diámetro medio dei sedimenti nel paraggio (mm)	Fattore di stabilità
1 PAI 100	Ponte schiavo-S. Stefano	1500	30	45000	15	22500	180000	2,5	Insufficiente
	Pace - Grotte	1200	10	12000	5	6000	39000	4,5	Insufficiente
	Casa bianca	1000	40	40000	20	20000	130000	0,3	Insufficiente
	S. Saba est	2000	30	60000	15	30000	195000	0,7	Media
	S. Saba - Sindaro M.	2200	40	88000	20	44000	286000	1,1	Media
	Ortoluzzo	2000	25	50000	13	25000	162500	2,0	Media
2 PAI 100	Capo Scaletta nord	1400	15	21000	8	10500	84000	1,3	Media
	Briga Marina	500	25	12500	13	6250	50000	2,2	Insufficiente
	Moletti nord	600	25	15000	13	7500	60000	3,3	Insufficiente
	Contemplazione	500	12	6000	6	3000	19500	3,4	Insufficiente
	Ganzirri	600	10	6000	5	3000	24000	1,0	Media
	Torre faro	1700	10	17000	5	8500	68000	2,2	Insufficiente
3 PAI 100	Tono-mezzana	2000	40	80000	20	40000	260000	0,4	Insufficiente
	Acquarone-Spartà	700	10	7000	5	3500	22750	0,5	Insufficiente
	Giampilieri-S.Paolo	3000	8	24000	4	12000	96000	1,0	Media
	S. Salvatore dei Greci	500	10	5000	5	2500	16250	3,5	Insufficiente
	Paradiso	250	8	2000	4	1000	8000	3,7	Insufficiente
	Ganzirri-Torre Faro	1400	10	14000	5	7000	56000	2,2	Insufficiente
Totale		23050		504500		252250	1757000		

* Paraggio in rosso: settore ionico

** Paraggio in nero: settore tirrenico

Carta della Suscettività al Ripascimento

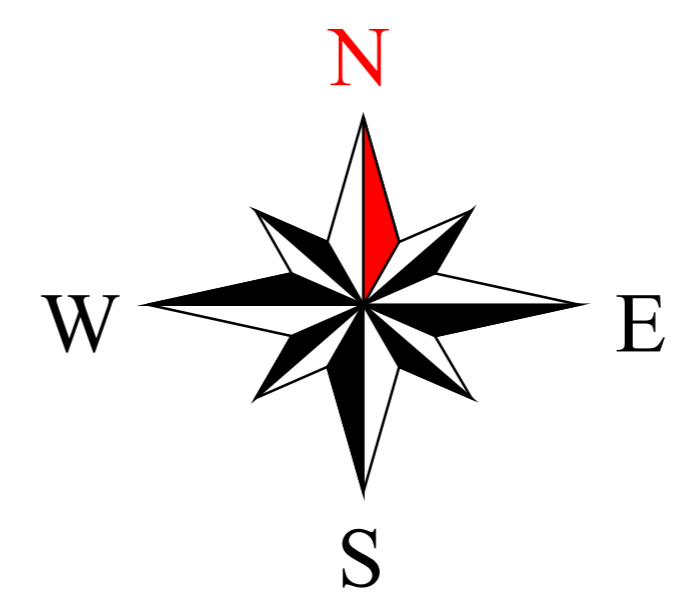
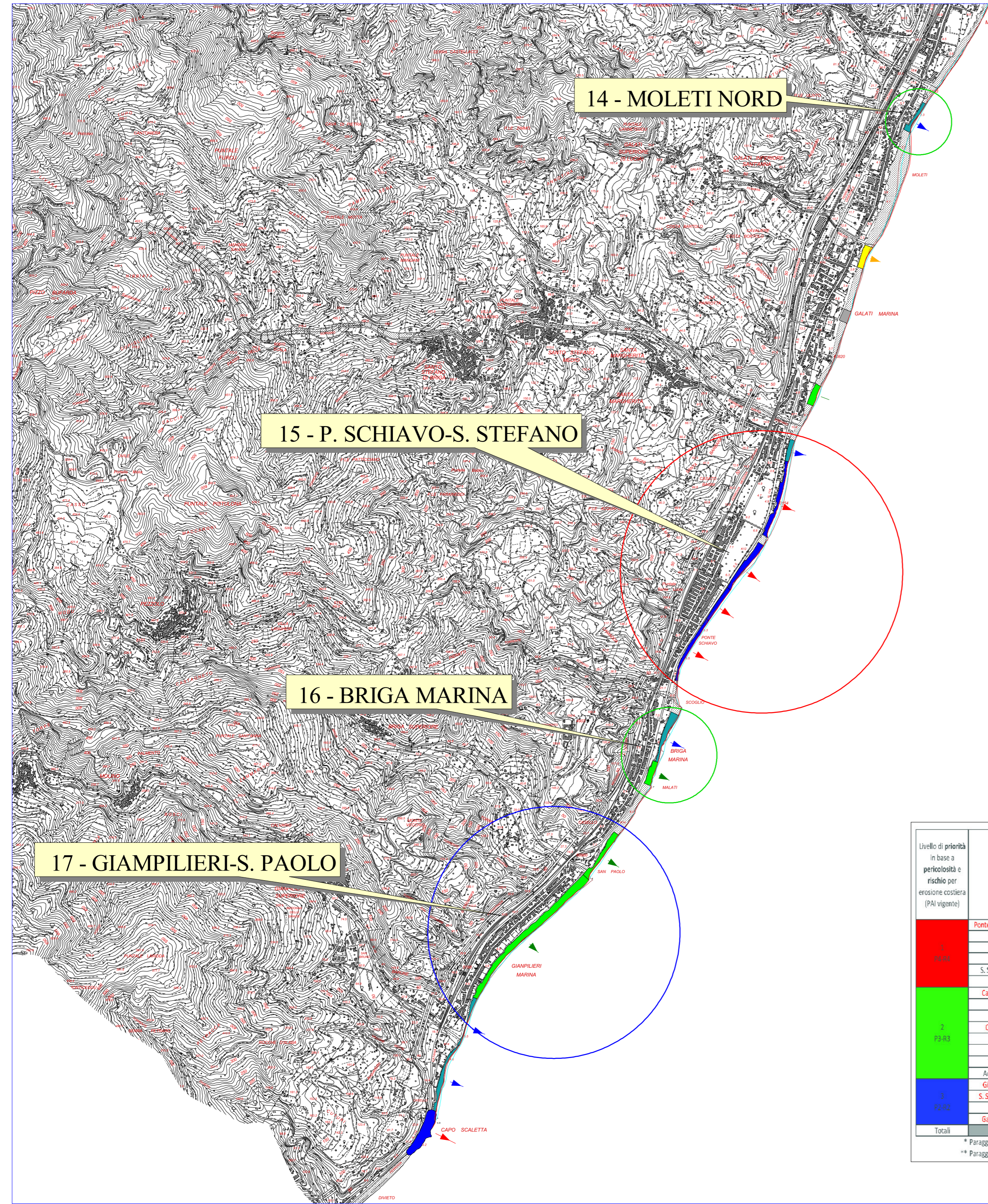
TAV. 4

LEGENDA:

da Unità Fisiografica:

pericolosità	rischio	linee_costa	
0	1	1976	○ priorità 1
1	2	1985	○ priorità 2
2	3	1998	○ priorità 3
3	4		
4			

800 0 800 1600 Meters



- TAV. 1
- 1 - ORTOLIUZZO
- 2 - S. SABA-SINDARO
- 3 - S. SABA EST
- 4 - ACQUARONE-SPARTA'
- TAV. 2
- 5 - TONO-MEZZANA
- 6 - CASABIANCA
- 7 - TORREFARO
- 8 - GANZIRRI-TORREFARO
- 9 - GANZIRRI
- TAV. 3
- 10 - GROTTA
- 11 - CONTEMPLAZIONE
- 12 - PARADISO
- 13 - S. SALVATORE DEI GRECI
- TAV. 4
- 14 - MOLETI NORD
- 15 - PONTE SCHIAVO-S. STEFANO
- 16 - BRIGA MARINA
- 17 - GIAMPILIERI-S. PAOLO

17 - GIAMPILIERI-S. PAOLO

15 - P. SCHIAVO-S. STEFANO

16 - BRIGA MARINA

14 - MOLETI NORD

Livello di priorità in base a pericolosità e rischio per erosione costiera (PAI vigente)	Paraggio	Lunghezza litorale in erosione (m)	Tasso di arretramento medio negli ultimi 25 anni (m)	Superficie media di spiaggia erosa (mq)	Avanzamento linea di riva attraverso ripascimento per ridurre l'attuale livello di rischio (m)	Superficie di spiaggia da ricostruire tramite ripascimento (mq)	Volumi di sedimenti necessari per ridurre l'attuale livello di rischio (mc)	Diametro medio dei solimenti nel paraggio (ds) (mm)	Fattore di stabilità
1 (Alto)	Ponte schiavo-S. Stefano	1500	30	45000	15	22500	180000	2,5	Elevata
	Pace - Grotte	1200	10	12000	5	6000	39000	4,5	Elevata
	Casa bianca	1000	40	40000	20	20000	130000	0,3	Insufficiente
	S. Saba est	2000	30	60000	15	30000	195000	0,7	Media
	S. Saba - Sindaro M.	2200	40	88000	20	44000	286000	1,1	Media
2 (Medio)	Ortoluzzo	2000	25	50000	13	25000	162500	2,0	Media
	Capo Scaletta nord	1400	15	21000	8	10500	84000	1,3	Media
	Briga Marina	500	25	12500	13	6250	50000	2,2	Elevata
	Moletti nord	600	25	15000	13	7500	60000	3,3	Elevata
	Contemplazione	500	12	6000	6	3000	19500	3,4	Elevata
3 (Basso)	Ganzirri	600	10	6000	5	3000	24000	1,0	Media
	Torre faro	1700	10	17000	5	8500	68000	2,2	Elevata
	Tono-mezzana	2000	40	80000	20	40000	260000	0,4	Scarsa
	Acquarone-Spartà	700	10	7000	5	3500	22750	0,5	Scarsa
	Giampileri-S. Paolo	3000	8	24000	4	12000	96000	1,0	Media
4 (Molto Basso)	S. Salvatore dei Greci	500	10	5000	5	2500	16250	3,5	Elevata
	Paradiso	250	8	2000	4	1000	8000	3,7	Elevata
	Ganzirri-Torre Faro	1400	10	14000	5	7000	56000	2,2	Elevata
Totale		23050		504500		252250	1757000		

* Paraggio in rosso: settore ionico
** Paraggio in nero: settore tirrenico