

# Comune di Milazzo

## Provincia di Messina

Oggetto: "VARIANTE URBANISTICA DEL P.R.G., IN ACCOGLIMENTO DELLA SENTENZA DEL T.A.R. DI CATANIA N° 1060/2015 DEL 09/04/2015, PER UN LOTTO DI TERRENO SITO IN VIA PORTICELLA DEL COMUNE DI MILAZZO, INDIVIDUATO IN CATASTO AL FOGLIO 4 PARTICELLA 418."

## Relazione Geologica



*Dott. Geologo Enrico M. A. Paulesu*

*O.R.G.S. n° 1996*



Località: Via Porticella Milazzo (Me)

Data: Ottobre 2015

Atto allegato alla delibera del Commissario  
n° 1 del 28/02/2018  
Il Commissario ad Acta



Geologia, Idrogeologia e Geotecnica  
Dott. Geologo Enrico M. A. Paulesu  
Via XXIV Maggio n° 11 98044  
San Filippo del Mela (Messina)  
Tel/Fax 090-932291  
P. IVA 02550610832

## SOMMARIO

PREMESSA	pag 2
1. QUADRO GEOMORFOLOGICO	“ 3
2. QUADRO GEOLOGICO	“ 4
2.1 Caratteri generali	“ 4
2.2 Stratigrafia locale	“ 4
3. QUADRO IDROGEOLOGICO	“ 6
4. QUADRO LITOTECNICO	“ 7
4.1 La carta delle indagini	“ 7
4.2 Condizioni litotecniche locali	“ 7
4.3 Sondaggio penetrometrico dinamico continuo	“ 8
4.4 Metodologia di Elaborazione	“ 10
5. QUADRO SISMICO	“ 15
5.1 Sismicità del territorio	“ 15
5.2 Definizione dell'Azione Sismica secondo le N.T.C. 2008	“ 20
5.3 Categoria di sottosuolo e Categoria topografica	“ 23
5.4 Prospezione geofisica con il metodo Masw	“ 25
5.4 .1 Classificazione sismica dei suoli con il metodo MASW	“ 25
5.4 .2 Fondamenti teorici del metodo MASW	“ 25
5.4 .3 Onde di Rayleigh in un semispazio infinito omogeneo	“ 25
5.4.4 Curva di dispersione	“ 27
5.4.5 Indagine Maw in sito	“ 28
5.4.5.1 Strumentazione utilizzata	“ 28
5.4.5.2 Configurazione spaziale della prova MASW in sito	“ 28
5.4.5.3 Metodo di Elaborazione mediante Software dedicato	“ 29
5.5 Stabilità nei confronti della liquefazione	“ 36
5.5.1 Analisi della sismicità locale	“ 37
5.5.2 Calcolo della suscettibilità alla liquefazione	“ 40
6. PERICOLOSITÀ SISMICA	“ 42
7. PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE	“ 44
8. SUSCETTIVITA' ALL'EDIFICAZIONE	“ 45
CONCLUSIONI	“ 47

### ALLEGATI

Allegato 1 – Stralcio topografico scala 1:25.000
Allegato 2 – Stralcio catastale scala 1:2.000
Allegato 3 – Planimetria generale di progetto scala 1:1.000
Allegato 4 – Stralcio della carta dei dissesti P.A.I. scala 1:10.000
Allegato 5 – Stralcio della carta della pericolosità e del rischio geomorfologico P.A.I. scala 1:10.000
Allegato 6 – Stralcio della carta della tipologia costiera e dell'evoluzione delle linee di riva P.A.I. scala 1:10.000
Allegato 7 – Stralcio della carta dell'evoluzione delle coste P.A.I. scala 1:10.000
Allegato 8 – Stralcio della carta della pericolosità e del rischio P.A.I. scala 1:10.000
Allegato 9– Carta geomorfologica scala 1:5.000
Allegato 10– Carta geologica scala scala 1:5.000
Allegato 11 – Carta idrogeologica scala 1:5.000
Allegato 12– Carta delle indagini scala scala 1:5.000
Allegato 13 – Carta litotecnica scala 1:5.000
Allegato 14 – Carta della pericolosità sismica scala 1:5.000
Allegato 15 – Carta della pericolosità geologica scala 1:5.000
Allegato 16– Carta della suscettività all'edificazione scala 1:5.000

## PREMESSA

Su incarico della Sig.ra **Concetta Patti** in nome e per conto del Comune di Milazzo il sottoscritto Dott. Geologo Enrico Manlio Augusto Paulesu iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia al n°1996, nel mese di ottobre dell'anno 2015 ha eseguito uno studio finalizzato alla verifica di fattibilità geologica della **"Variante Urbanistica del P.R.G., in accoglimento della sentenza del T.A.R. di Catania n° 1060/2015 del 09/04/2015, per un lotto di terreno sito in Via Porticella del Comune di Milazzo, individuato in Catasto al Foglio 4 Particella 418."**

L'espletamento del suddetto incarico è stato eseguito ai sensi della **Circolare A.R.T.A. prot. 28807 del 20/06/2014, "Studi geologici per la redazione di strumenti urbanistici"**, difatti, in una prima fase d'indagine è stato condotto un accurato rilievo di superficie che ha consentito di valutare le caratteristiche geomorfologiche, geologiche, idrogeologiche un intorno territoriale adeguatamente esteso al di fuori dell'area su cui sarà realizzato la variante urbanistica al P.R.G. La successiva fase d'indagine ha invece avuto l'obiettivo inquadrare la zona in esame dal punto di vista sismico secondo quanto disposto sia dalla succitata Circolare **A.R.T.A. prot. 28807 del 20/06/2014**, sia dal D.M.I.T. 14 gennaio 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni", di seguito indicate con la sigla NTC per comodità d'esposizione.

Sono stati così definiti gli scenari di pericolosità sismica locale, i parametri di pericolosità sismica di base, i parametri di pericolosità sismica in relazione alla scelta della strategia di progettazione e, facendo riferimento all'approccio semplificato previsto dal § 3.2.2 delle NTC, sono state valutate la categoria di sottosuolo (la velocità equivalente  $V_{s30}$  di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità) e la categoria topografica di riferimento. Sempre in questa fase d'indagine è stata inoltre valutata la stabilità nei confronti della liquefazione dei terreni interessati alla Variante allo strumento urbanistico.

L'analisi comparata della carte geologica, geomorfologica, idrogeologica unitamente alle informazioni stratigrafiche litotecniche e sismiche delle varie unità in gioco, ha consentito di redigere le seguenti carte di sintesi così come previsto dalla **Circolare A.R.T.A. prot. 28807 del 20/06/2014, "Studi geologici per la redazione di strumenti urbanistici"**:

- **carta delle pericolosità sismica scala 1:5.000 (cfr. Allegato 14)**
- **carta della pericolosità geologica scala 1:5.000 (cfr. Allegato 15)**
- **carta della suscettività all'edificazione (cfr. Allegato 16)**



## 2. QUADRO GEOMORFOLOGICO

L'area, oggetto di studio, si trova in un'area prospiciente la Via Porticella in località Tono del Comune di Milazzo (ME).

In riferimento alla cartografia ufficiale dell'I.G.M.I., la zona in esame ricade nella Tavola alla scala 1:25.000 Foglio N° 253 1° quadrante orientamento S.O. Milazzo.

Il sito d'interesse progettuale dal punto di vista catastale è individuato al **Foglio N° 4 particella 418** e rappresenta il margine Nord-Occidentale del Comune di Milazzo ed è localizzato in un'area prospiciente la linea di costa ad una distanza prossima ai 235 m.

Dal punto di vista morfologico l'area è caratterizzata da una zona pianeggiante ove l'altitudine media è da ritenersi prossima ad 9,40 m s.l.m.

Immediatamente ad Ovest dei terreni interessati al progetto, la configurazione morfologica, varia in funzione dell'affioramento delle metamorfite dell'unità dell'Aspromonte che s'individuano secondo delle rotture di pendenza pronunciate e costituiscono i litotipi dominanti di questo settore del retrostante promontorio al tetto del quale si ritrova la deposizione di un terrazzo marino pleistocenico.

Sotto il profilo strutturale, i sedimenti che costituiscono la sottile piana alluvionale che contorna il versante occidentale del promontorio gneissico del capo di Milazzo, non evidenziano alcuna dislocazione o cavità che possano compromettere la stabilità dell'area oggetto di variante urbanistica al P.R.G.

Inoltre va precisato che non vi sono processi erosivi o di dissesto in atto, difatti, per la zona di progetto non sono presenti vincoli idraulico, geomorfologico e dei dissesti così come evidenziato negli **allegati 5 e 6** che rappresentano rispettivamente stralci della carta dei dissesti, della pericolosità e del rischio geomorfologico, del P.A.I. Piano Stralcio di Bacino per l'assetto Idrogeologico Art. 1 del D.L. 180 e L. 267/98 e SS.MM.II. Tra l'altro infine considerato che l'area oggetto di variante al P.R.G. è localizzata a circa 235 m dalla linea di costa e ricadente all'interno dell'**UNITÀ FISIOGRAFICA N°21 da Capo Calavà a Capo Milazzo**, si è ritenuto opportuno valutare il rischio e la pericolosità legati all'azione dinamica del mare, analizzando e riportando rispettivamente in Allegato 6, Allegato 7 e Allegato 8 lo stralcio della carta della tipologia costiera e dell'evoluzione delle linee di riva in scala 1:10.000, lo stralcio della carta dell'evoluzione delle coste in scala 1:10.000 e lo stralcio della carta della pericolosità e del rischio in scala 1:10.000.

Al fine di una migliore comprensione della situazione geomorfologica locale, in **Allegato 9** si riporta la carta geomorfologica in scala 1:10.000 di un'area più ampia di quella strettamente interessata alla variante urbanistica al P.R.G.



## 2. QUADRO GEOLOGICO

### 2.1 Caratteri generali

Il rilevamento geologico di dettaglio, è stato esteso ad un'area più ampia di quella di stretto interesse progettuale, per una migliore comprensione della situazione geologica locale.

Lo studio condotto ha permesso la redazione di una carta geologica in scala 1: 5.000, (**Allegato 9**) nella quale sono state distinti i litotipi affioranti in:

**SPIAGGE** Depositi costieri costituiti prevalentemente da ghiaie frammiste a sabbie medio-grossolane e ciottoli ben selezionate. **Età: Olocene**

**DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI** rappresentano il litotipo affiorante nel sito d'interesse e sono costituiti da ghiaie e ciottoli immersi in matrice sabbioso-limosa, sabbie e ghiaie ad assetto lentiforme secondo intrecci vertico- laterali indistinti. **Età: Olocene**

**DEPOSITI MARINI TERRAZZATI** costituiti da sabbie di colore giallo ocra talora ghiaiose e ghiaie a ciottoli arrotondati ed appiattiti eterometrici per lo più cristallini in matrice sabbiosa, si ritrovano lembi discontinui di sabbie e conglomerati contenenti molluschi di ambiente litorale e cineriti bruno-rossastre. **Età : Pleistocene Medio-Superiore (Tirreniano).**

**COMPLESSO METAMORFICO DELL'ASPROMONTE** paragneiss grigi a grana da medio-grossa a minuta e tessitura da massiva ad orientata, passanti a micascisti grigio-scuri a grana medio-grossa, tessitura scistosa e struttura porfiroblastica. Frequenti bande leucosomatiche quarzoso-feldspatico-muscovitiche e melanosomatiche biotitiche. **Età : PALEO-PROTEROZOICO**

### 2.2 Stratigrafia locale

Come accennato in precedenza, i terreni affioranti nell'area strettamente interessata alla variante urbanistica al P.R.G. , appartengono ai **"depositi alluvionali recenti"**. Questo tratto di pianura alluvionale costiera che caratterizza il litorale tirrenico in corrispondenza del Comune di Milazzo nel corso del quaternario ha sviluppato un notevole accumulo allo sbocco delle aste vallive, man mano che il mare regrediva, ha alimentato conoidi sempre più collegate tra loro, fino ad individuare l'attuale fascia di terreni che dolcemente degradano verso il mare.

Si tratta di depositi tipicamente sedimentari di tipo fluvio-marino, originati dalla perpetua opera di trasporto e sedimentazione del materiale eroso, principalmente da parte dei T. Mela, durante gli eventi alluvionali. Con tale termine vengono indicati quei depositi prevalentemente sabbioso-limoso-ghiaiosi presenti nelle pianure costiere e peri-costiere. Nel tratto terminale delle valli questi depositi si collegano direttamente fondendosi a quelli presenti lungo la costa, che costituiscono le piane costiere attuali immediatamente a ridosso dei litorali..

Tali terreni, proprio per la loro origine suddetta, risultano granulometricamente piuttosto eterogenei e poco selezionati. Comunque, dai sopralluoghi effettuati in scavi per opere di fondazioni di fabbricati individuati in prossimità dell'area in esame e da risultanze di sondaggi si è potuto constatare come i depositi alluvionali siano caratterizzati prevalentemente dalla componente sabbiosa medio-fine e subordinatamente limosa; si presentano a stratificazione indistinta, di colore bruno-tabacco, moderatamente addensati e dotati, almeno in presenza di acqua capillare, anche di una debole coesione, ma comunque ascrivibili ai terreni sciolti. Presumibilmente, in accordo con tali tipi di ambienti di deposizione, i materiali in questione, potrebbero presentare passaggi vertico-laterali lungo la verticale, disposti in maniera del tutto casuale, sovrapposizioni di orizzonti lenticolari a diversa granulometria (anche ghiaie e ciottoli di varia pezzatura) interdigitati vicendevolmente.

Dal punto di vista petrografico, i clasti sono costituiti prevalentemente da minerali di origine metamorfica, e in particolare da quarzo che è uno dei minerali più stabili e resistenti ai fenomeni di alterazione e degradazione chimico-fisica. Tutti i dati sedimentologici suddetti non sono altro che il risultato di processi deposizionali e di peneplanizzazione derivanti dall'azione combinata delle varie fiumare, e processi di ossidazione atmosferica degli elementi litologici di tipo detritico. Il processo genetico di peneplanazione e di ossidazione atmosferica, quindi, si è integralmente svolto in condizioni subaeree durante il periodo Olocene, ed attualmente attivo. Tale processo ha generato caratteristiche superfici pianeggianti orizzontali o leggermente degradanti.

### 3. QUADRO IDROGEOLOGICO

Le proprietà idrogeologiche delle formazioni sedimentarie presenti nell'area studiata presentano condizioni di permeabilità diversificate in funzione della loro granulometria e del loro grado di cementazione.

I caratteri idrogeologici dei terreni affioranti zona studiata sono stati distinti in cinque classi di permeabilità riportate nella carta idrogeologica in scala 1:5.000 (*cfr. Allegato 11*). I litotipi presenti nell'area strettamente interessata alla variante allo strumento urbanistico, sono condizionati dalla frazione limosa presente. Difatti i DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI DI PIANA COSTIERA sono per lo più costituiti da ghiaie e ciottoli immersi in matrice sabbioso-limosa, sabbie e ghiaie ad assetto lentiforme secondo intrecci vertico-laterali indistinti. La Permeabilità generalmente elevata per porosità, seppur condizionata dalla presenza di componente fine. Presenza di falda continua di tipo freatico a basso gradiente idraulico. Lo spessore dei depositi alluvionali di piana costiera varia nei diversi settori in cui sono presenti, ma in genere si attesta intorno a 20-30 m, costituendo di fatto moderato acquifero della zona.

I terreni interessati alla variante urbanistica al P.R.G. come precisato in precedenza sono localizzati a Est della linea di costa che precede la "Falesia" gneissica del Capo di Milazzo, qui i caratteri idrogeologici, sono condizionati dalla considerevole vicinanza del sito d'interesse progettuale alla linea di costa, difatti, dati di pozzi esistenti nelle immediate vicinanze del sito d'interesse progettuale, consentono di affermare che la quota media stagionale della suddetta falda risulta impostata ad una profondità di -6,50 m dal p.c.

Dal punto di vista idrogeologico il deposito alluvionale precedentemente descritto, risulta dotato di "permeabilità primaria" per porosità, il cui grado, è inversamente proporzionale alla quantità di materiale fine presente.

Una valutazione idraulica del temine litologico in questione va fatta sulla base della disposizione spaziale dei clasti, che consentendo la formazione di meati assicura la percolazione delle acque e la conseguente circolazione idrica sotterranea.

Sulla scorta di dati bibliografici e dall'osservazione diretta su termini litologici simili, a tale sedimento, può essere attribuito un valore di permeabilità  $K = 1.0 \times 10^{-4}$  cm/s.



## 4. QUADRO LITOTECNICO

### 4.1 La carta delle indagini

Secondo quanto previsto dalla Circolare **Prot. n. 28807 del 20/06/2014** **“Studi geologici per la redazione di strumenti urbanistici”**, l’analisi delle indagini esistenti sul territorio comunale va condotta analizzando in modo critico i dati esistenti e deve essere finalizzata ad acquisire soprattutto, ma non solo, informazioni sullo spessore delle coltri e sulle caratteristiche geotecniche di queste ultime e del substrato (granulometria, angolo di attrito, coesione, etc.), nonché le notizie storiche che riguardano fenomeni che hanno interessato in passato le aree in studio quali frane, alluvioni, terremoti, etc.

La raccolta delle indagini disponibili va effettuata per un’area più estesa di quella oggetto dello studio, allo scopo di comprendere e documentare nella loro completezza il modello geologico preliminare e i fenomeni naturali che possono interessare l’area e avere implicazioni negli aspetti di pericolosità sismica.

I dati raccolti sono stati cartografati seguendo gli standard di rappresentazione e costituiscono la base quali-quantitativa di un’eventuale ulteriore campagna di indagini integrative finalizzate alla redazione dello studio geologico esecutivo. Difatti nella Carta delle indagini in scala 1:5.000 (**cfr. Allegato 12**) oltre alla rappresentazione dei punti in cui sono stati realizzati pozzetti esplorativi, sondaggi sismici MASW e pozzi per acqua ri riportano i punti di ubicazione della prova penetrometrica dinamica leggera, e del sondaggio sismico MASW eseguiti dallo scrivente di cui verrà data ampia trattazione nei paragrafi successivi.

### 4.2 condizioni litotecniche locali

Le caratteristiche litotecniche dell’area oggetto del presente studio sono state valutate sulla base di dati di letteratura, da osservazioni dirette di analisi geotecniche condotte in aree limitrofe su litotipi analoghi ed in ultimo dalla elaborazione di una prova penetrometrica dinamica eseguita all’interno del perimetro dell’area oggetto di variante urbanistica al P.R.G. L’insieme delle informazioni raccolte ha consentito la realizzazione della carta litotecnica in scala 1:5.000 (**cfr. allegato 13**), facendo riferimento alla classificazione di cui **all’Allegato D della Circolare prot. 28807 del 20/06/2014, dell’Ass. Territorio e Ambiente della Regione Siciliana.**

#### 4.3 Sondaggio penetrometrico dinamico continuo

La caratterizzazione stratigrafica e geomeccanica di massima dei terreni studiati è avvenuta anche mediante la realizzazione di n° 1 prova penetrometrica, dinamica e continua. La scelta dell'impiego di un'indagine in sito, in questo tipo di sedimento, deve relazionarsi alla necessità di individuare anche per brevi orizzonti le caratteristiche fisico-meccaniche.

I test penetrometrici sono stati eseguiti utilizzando un penetrometro dinamico medio del tipo **DM 30 (60°) della Deep Drill**.



Prova penetrometrica Sp1

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi) misurando il numero di colpi N necessari. Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno. L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, viene trattato con le opportune cautele e dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

**Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:**

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ )
- avanzamento (penetrazione)  $\Delta$
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

**Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:**

<b>Tipo</b>	<b>Sigla di riferimento</b>	<b>peso della massa M (kg)</b>	<b>prof.max indagine battente (m)</b>
<b>Leggero</b>	<b>DPL (Light)</b>	$M \leq 10$	<b>8</b>
<b>Medio</b>	<b>DPM (Medium)</b>	$10 < M < 40$	<b>20-25</b>
<b>Pesante</b>	<b>DPH (Heavy)</b>	$40 \leq M < 60$	<b>25</b>
<b>Super pesante (Super Heavy)</b>	<b>DPSH</b>	$M \geq 60$	<b>25</b>

Il penetrometro utilizzato per l'esecuzione della prova presenta le seguenti caratteristiche:

**DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30)  
(MEDIO secondo la classifica ISSMFE)**

**massa battente  $M = 30$  kg,**  
**altezza di caduta  $H = 0.20$  m,**  
**avanzamento  $\delta = 10$  cm,**  
**punta conica ( $\alpha = 60-90^\circ$ ),**  
**diametro  $D = 35.7$  mm,**  
**area base cono  $A = 10$  cm<sup>2</sup>**

**rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;**

**Correlazione con  $N_{spt}$**

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi  $N_{spt}$  ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$



Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{SPT}$  è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

$M$  = peso massa battente;

$M'$  = peso aste;

$H$  = altezza di caduta;

$A$  = area base punta conica;

$\delta$  = passo di avanzamento.

#### Valutazione resistenza dinamica alla punta $R_{pd}$

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

$R_{pd}$  = resistenza dinamica punta (area  $A$ );

$e$  = infissione media per colpo ( $\delta / N$ );

$M$  = peso massa battente (altezza caduta  $H$ );

$P$  = peso totale aste e sistema battuta.

#### 4.4 Metodologia di Elaborazione

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Di seguito sono riportati l'elaborazione statistica i digrammi di avanzamento e la stima dei parametri geotecnici relativi al test penetrometrico eseguito.

**PROVA Sp1**

Strumento utilizzato DM 30 (60) Deep Drill

Profondità prova -4,20mt

Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,10	3	0,857	9,65	11,26	0,48	0,56
0,20	2	0,855	6,42	7,51	0,32	0,38
0,30	1	0,853	3,20	3,75	0,16	0,19
0,40	3	0,851	9,58	11,26	0,48	0,56
0,50	3	0,849	9,56	11,26	0,48	0,56
0,60	4	0,847	12,72	15,02	0,64	0,75
0,70	4	0,845	12,69	15,02	0,63	0,75
0,80	8	0,843	25,33	30,04	1,27	1,50
0,90	9	0,842	26,79	31,84	1,34	1,59
1,00	8	0,840	23,77	28,30	1,19	1,42
1,10	9	0,838	26,68	31,84	1,33	1,59
1,20	13	0,786	36,16	45,99	1,81	2,30
1,30	14	0,785	38,86	49,53	1,94	2,48
1,40	14	0,783	38,77	49,53	1,94	2,48
1,50	14	0,781	38,69	49,53	1,93	2,48
1,60	15	0,780	41,37	53,07	2,07	2,65
1,70	12	0,828	35,15	42,45	1,76	2,12
1,80	14	0,776	38,45	49,53	1,92	2,48
1,90	17	0,775	44,05	56,86	2,20	2,84
2,00	17	0,773	43,96	56,86	2,20	2,84
2,10	21	0,722	50,68	70,23	2,53	3,51
2,20	23	0,720	55,39	76,92	2,77	3,85
2,30	27	0,719	64,89	90,30	3,24	4,52
2,40	22	0,717	52,77	73,58	2,64	3,68
2,50	25	0,716	59,84	83,61	2,99	4,18
2,60	24	0,714	57,33	80,27	2,87	4,01
2,70	22	0,713	52,45	73,58	2,62	3,68
2,80	20	0,761	50,93	66,89	2,55	3,34
2,90	22	0,710	49,54	69,77	2,48	3,49
3,00	27	0,709	60,68	85,62	3,03	4,28
3,10	29	0,707	65,05	91,97	3,25	4,60
3,20	31	0,656	64,49	98,31	3,22	4,92
3,30	27	0,705	60,34	85,62	3,02	4,28
3,40	27	0,703	60,23	85,62	3,01	4,28
3,50	29	0,702	64,57	91,97	3,23	4,60
3,60	29	0,701	64,46	91,97	3,22	4,60
3,70	33	0,650	67,99	104,65	3,40	5,23
3,80	33	0,648	67,86	104,65	3,39	5,23
3,90	32	0,647	62,44	96,48	3,12	4,82
4,00	31	0,646	60,38	93,47	3,02	4,67
4,10	30	0,695	62,85	90,45	3,14	4,52
4,20	31	0,644	60,16	93,47	3,01	4,67

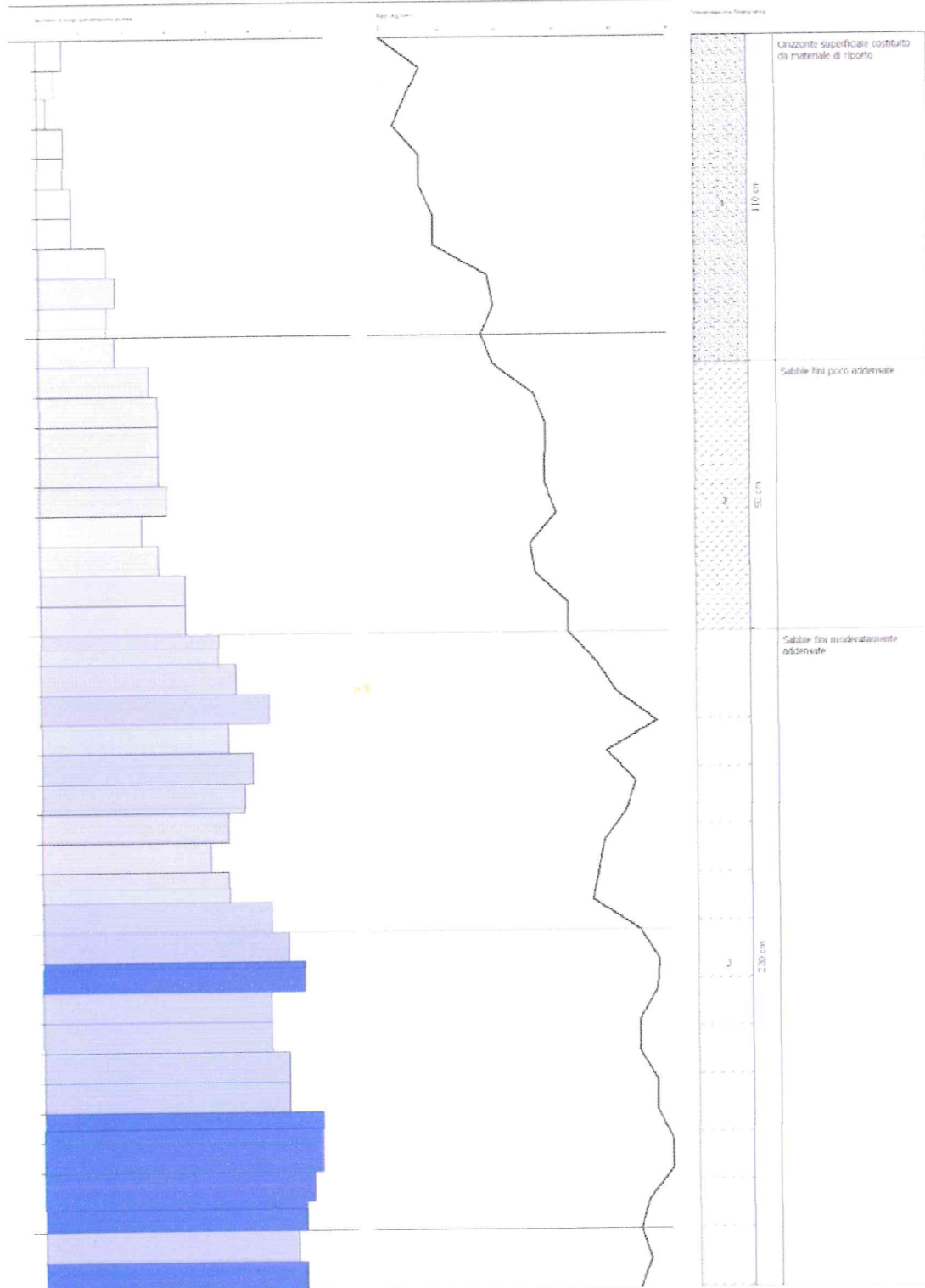
**EP** Dott. Geologo Enrico M.A. Paulesu  
Via XIV Maggio n° 11, 98044 San Filippo del Mela (ME)  
Tel/Fax: +39 090 932291, e-mail: enricopaulesu@virgilio.it

AGENZIA PRIVATIZZAZIONE SANABICA SpA  
Strumento utilizzato: DPM (D6150-10) (DEEP DMS I)

Comittente: Sig. ra Concetta Pato in nome e per conto del Comune di Mazzo  
Cantieri: "Variante Urbanistica del P.A.G., in adempimento della sentenza del T.A.R. di Catania n° 1066/2015, per un lotto di terreno sito in Via Portofino del Comune di Mazzo, individuato in Catasto al Foglio 4 Particella 418"  
Località: Via Portofino Mazzo (Isole di Jonio)

Data: 08/10/2015

SCAR 3.12





# STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Sp1

## TERRENI INCOERENTI

### Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Orizzonte superficiale costituito da materiale di riporto	3	1,10	3	Skempton 1986	15,3
[2] - Sabbie fini poco addensate	11	2,00	11	Skempton 1986	35,16
[3] - Sabbie fini moderatamente addensate	20	4,20	20	Skempton 1986	51,23

### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Orizzonte superficiale costituito da materiale di riporto	3	1,10	3	Meyerhof ed altri	1,45
[2] - Sabbie fini poco addensate	11	2,00	11	Meyerhof ed altri	1,76
[3] - Sabbie fini moderatamente addensate	20	4,20	20	Meyerhof ed altri	1,99

### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Orizzonte superficiale costituito da materiale di riporto	3	1,10	3	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
[2] - Sabbie fini poco addensate	11	2,00	11	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,92
[3] - Sabbie fini moderatamente addensate	20	4,20	20	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,39

### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Orizzonte superficiale costituito da materiale di riporto	3	1,10	3	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	21,71
[2] - Sabbie fini poco addensate	11	2,00	11	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	27,85
[3] - Sabbie fini moderatamente addensate	20	4,20	20	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	32,32

### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Orizzonte superficiale costituito da materiale di riporto	3	1,10	3	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - Sabbie fini poco addensate	11	2,00	11	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - Sabbie fini moderatamente addensate	20	4,20	20	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

### Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
[1] - Orizzonte superficiale costituito da materiale di riporto	3	1,10	3	Navfac 1971-1982	0,51
[2] - Sabbie fini poco addensate	11	2,00	11	Navfac 1971-1982	2,31
[3] - Sabbie fini moderatamente addensate	20	4,20	20	Navfac 1971-1982	4,05

Facendo riferimento alla classificazione di cui all'Allegato D della Circolare prot. 28807 del 20/06/2014, dell'Ass. Territorio e Ambiente della Regione Siciliana è stata redatta la carta litotecnica, sviluppata su un intorno territoriale significativamente estesa al di fuori dell'area oggetto di variante urbanistica al P.R.G, nella quale sono state individuate le seguenti unità litotecniche.

Unità All. D	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	Parametri geomeccanici orientativi e di massima:
<b>E2 MTM</b>	<b>Unità Litotecnica di Substrato.</b> COMPLESSO METAMORFICO DELL'ASPROMONTE. Terreni costituiti da paragneiss grigi a grana da medio-grossa a minuta e tessitura da massiva ad orientata, passanti a micascisti grigio-scuri a grana medio-grossa, tessitura scistosa e struttura porfiroblastica. Rientrano nella categoria degli ammassi lapidei con scistosità evidente. Il comportamento geomeccanico del tipo rigido-coesivo. Classificazione secondo l'Allegato D della Circolare A.R.T.A. N° 28807/14: E2 MTM.	<b>Peso di Volume <math>\gamma_n = 1,95 \div 2,10 \text{ t/m}^3</math></b>  <b>Angolo d'attrito <math>\phi = 30^\circ \div 33^\circ</math></b>  <b>Coesione <math>C = 0,50 \div 2,00 \text{ t/m}^2</math></b>
<b>D1 D2 E2 E2c</b>	<b>Unità Litotecnica di Copertura.</b> DEPOSITI MARINI TERRAZZATI. Terreni granulari sciolti, da poco a ben addensati, a comportamento prevalentemente attritivo e subordinatamente misto attritivo-coesivo, Non consolidati ed allentati nei livelli superiori e caratterizzati prevalentemente da sabbie ghiaiose con ciottoli sparsi in matrice interstiziale limo-argillosa, generalmente con fabric grano-sostenuto. Il comportamento geomeccanico nel complesso risulta da buono a mediocre, condizionato dalla presenza delle frazioni granulometriche fini e dalla loro natura mineralogica, dal loro spessore e dal loro grado di addensamento. Classificazione secondo l'Allegato D della Circolare A.R.T.A. N° 28807/14: D1-D2-E2-E2c.	<b>Peso di Volume <math>\gamma_n = 1,75 \div 1,95 \text{ t/m}^3</math></b>  <b>Angolo d'attrito <math>\phi = 25^\circ \div 30^\circ</math></b>  <b>Coesione <math>C = 0,00 \text{ t/m}^2</math></b>
<b>D1 D2 E1 E1c E2 E2c F1c</b>	<b>Unità Litotecnica di Copertura.</b> DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI E RECENTI. Terreni granulari sciolti, generalmente da poco a moderatamente addensati, a comportamento prevalentemente attritivo, intrinsecamente caratterizzati da intrecci lentiformi vertico-laterali di sedimenti eterogenei riferibili a tutto lo spettro granulometrico (da ciottoli e blocchi fino a limi e argille). Le caratteristiche fisico-meccaniche sono piuttosto variabili e condizionate dalla presenza della componente fine, dal grado di addensamento e dalla presenza di acqua di falda. Classificazione secondo l'Allegato D della Circolare A.R.T.A. N° 28807/14: D1-D2-E1-E1c-E2-E2c-F1c.	<b>Peso di Volume <math>\gamma_n = 1,70 \div 1,90 \text{ t/m}^3</math></b>  <b>Angolo d'attrito <math>\phi = 22^\circ \div 30^\circ</math></b>  <b>Coesione <math>C = 0,00 \text{ t/m}^2</math></b>

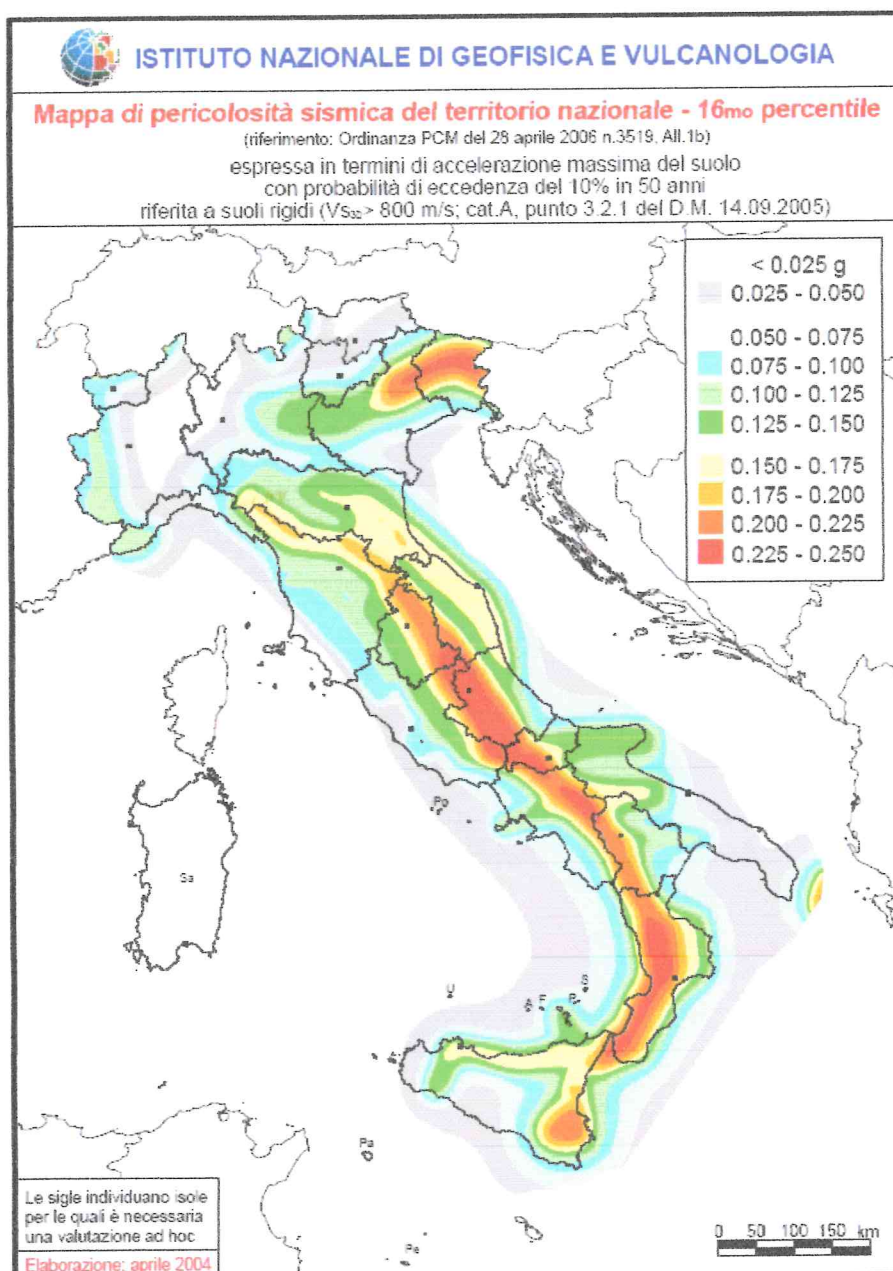
**Tabella 1: classificazione litotecnica dei terreni in base all'allegato D della circolare A.R.T.A. 28807 del 20/06/2014**



## 5. QUADRO SISMICO

### 5.1 Sismicità del territorio

Sulla Gazzetta Ufficiale n. 108 dell'11.5.2006 è stata pubblicata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio n. 3519 del 28 aprile 2006 recante **“Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”**. All'Ordinanza è allegata una mappa di riferimento dei valori di  $a_g$  utilizzabile per l'applicazione dei criteri suddetti, e quindi per la classificazione sismica del territorio.



La figura 1 riporta la mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale.



I criteri in essa contenuti rappresentano una evoluzione di quelli già presenti nell'allegato 1 all'OPCM 3274 del 20 marzo 2003 e si basano sui risultati di studi di pericolosità sismica espressi in termini di accelerazione massima del suolo  $a_g$ , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi.

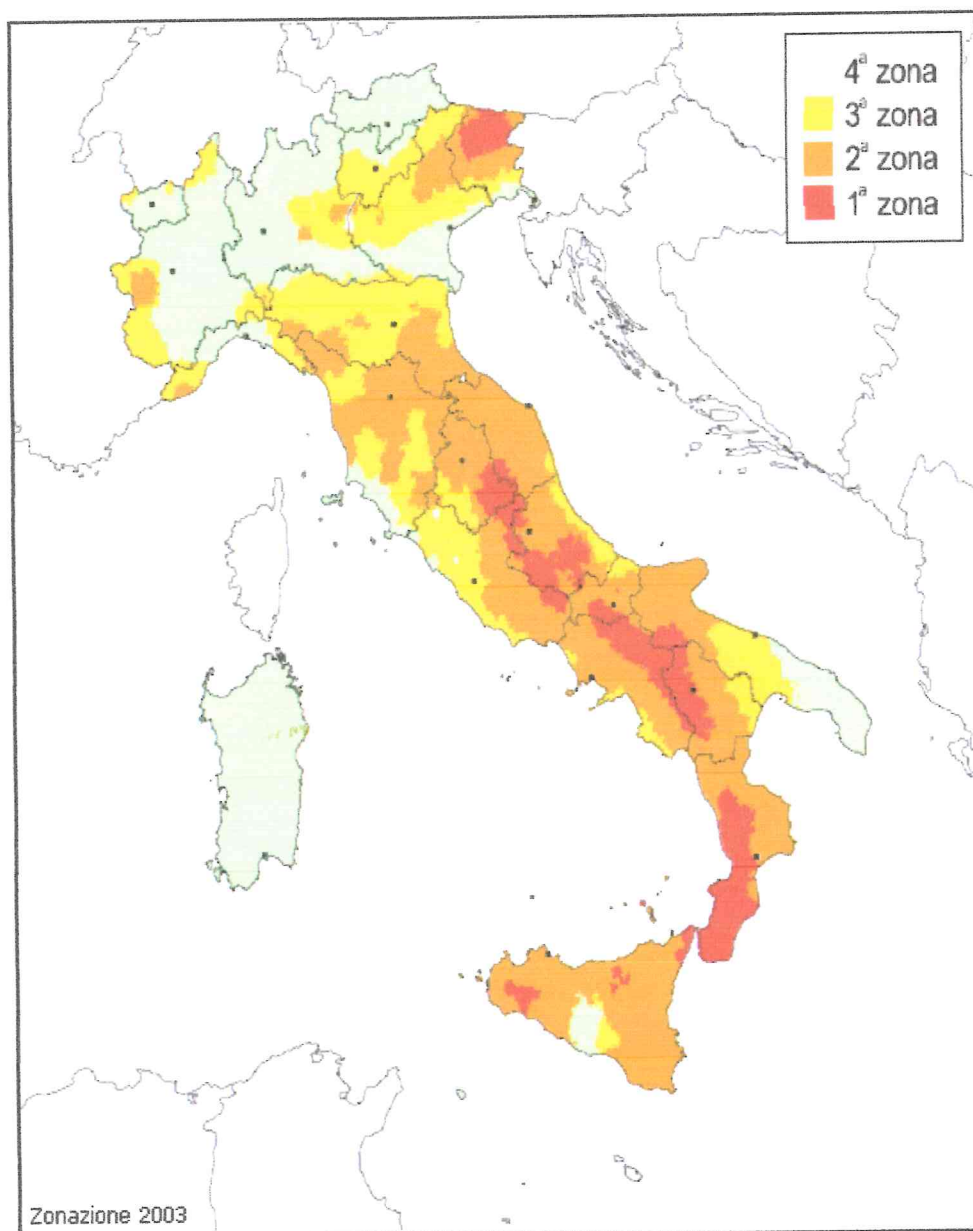


figura 2 riporta la nuova classificazione sismica.

L'area dei Peloritani nord-orientali è stata soggetta ad una complessa geodinamica legata, oltre che alla tettonica compressiva dell'Arco Calabro-Peloritano, anche alla distensione della regione tirrenica. Gli studi strutturali e di sismica hanno permesso l'individuazione e la ricostruzione temporale dei più importanti sistemi di faglie.

Analizzando l'area indagata, la cronologia degli eventi deformativi può essere così esposta:

**Eventi tettonici sinmetamorfici:** tali eventi comportano la presenza di strutture tettoniche riconoscibili nei terreni metamorfici e tipiche di una deformazione avvenuta in ambiente con valori di temperatura e pressione tali da portare allo sviluppo di superfici di scistosità, di pieghe a diversa scala, di clivaggio di vario tipo.

**Eventi tettonici legati alla costruzione della catena:** sono evidenziati dallo studio dei rapporti tra le diverse unità strutturali e sono connessi ai fenomeni compressivi responsabili dei ricoprimenti tettonici.

**Eventi di fasi neotettoniche post-mioceniche:** a queste fasi sono da imputare la formazione di tutte quelle dislocazioni che interessano le litologie presenti nell'area rilevata e che hanno portato alla formazione di sistemi di faglie e fratture a diversa scala.

L'entità di tali modificazioni, oltre che essere influenzata dalla intensità del fenomeno tettonico, dipende dalla risposta alla sollecitazione meccanica delle diverse litologie dei terreni coinvolti.

Alla tettonica a falde si è accompagnata ed è seguita una tettonica a "faglie", di tipo inverse (coeve al trasporto orogenico) e dirette, posteriori ai movimenti orogenetici e, quindi, di tipo distensivo.

Le strutture tettoniche minori, e cioè i sistemi di fratturazione che interessano le formazioni rocciose, pur se meno appariscenti, condizionano l'evoluzione morfologica dei versanti ed il comportamento dei terreni quale substrato di fondazione.

### ***Sismologia dell'area***

Per zonazione sismica si intende un insieme di criteri geologici, geofisici, ingegneristici, sociali, atti ad individuare e delimitare aree a risposta omogenea nei riguardi di calamità naturali.

In funzione dell'estensione delle aree studiate si parla di:

- **Macrozonazione**, se la scala delle aree è a livello regionale;
- **Microzonazione**, se la scala per la destinazione d'uso è a livello comunale;
- **Caratterizzazione sismica dei siti**, se la risposta è a scala di una singola struttura.

Nello studio di una macrozonazione è importante definire qual'è il periodo di ritorno di interesse.

Da lavori effettuati sulla sismicità della costa messinese e calabrese (BARBANO, CARROZZO, COSENTINO ET AL. 1984, in accordo con RIZNICHENKO, 1964), sono stati dedotti dei valori probabili di magnitudo e rispettivi periodi di ritorno.

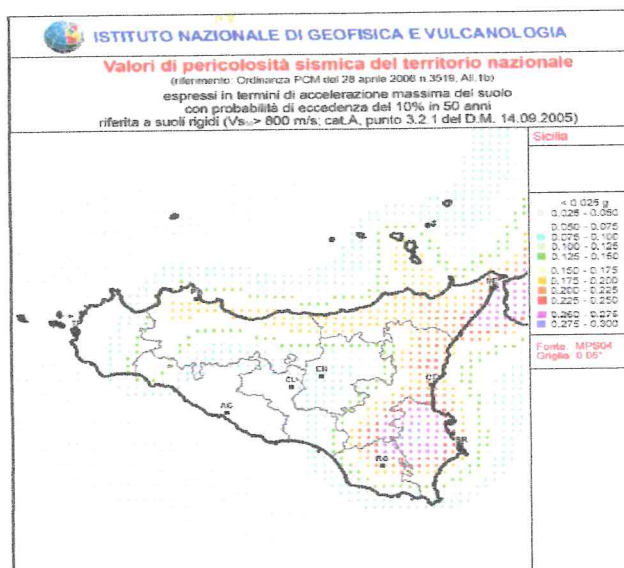
Magnitudo	Periodo di ritorno (anni)
3,0	4
4,0	12
5,0	39
6,0	123

Questa correlazione mette in evidenza come a piccoli periodi di ritorno corrispondono eventi sismici di bassa magnitudo, mentre a grandi periodi corrispondono eventi con magnitudo elevata.

Stabilita la magnitudo, per un dato periodo di ritorno, si va a calcolare l'accelerazione massima per il sito posto ad una distanza R dall'ipocentro mediante la relazione:

$$a_m = (1230 e^{0.8M}) / (R + 25)^2 \quad (\text{cm/sec}^2) \quad (\text{Grandori G., 1980})$$

Le analisi di pericolosità sismica più recenti forniscono le intensità massime attese con probabilità di superamento del 10% in 50 anni per suoli rigidi (vedasi "carta dei valori di pericolosità sismica della Sicilia").



Il valore di pericolosità sismica del territorio del comune di Milazzo, così come individuato dall'INGV e riproposto nella mappa della pericolosità a scala comunale, è compreso tra 0.150 e 0.175 g.

Il territorio di Milazzo, risente delle dinamiche orogenetiche legate alla formazione dei Peloritani; l'area dei Peloritani nord-orientali è stata soggetta

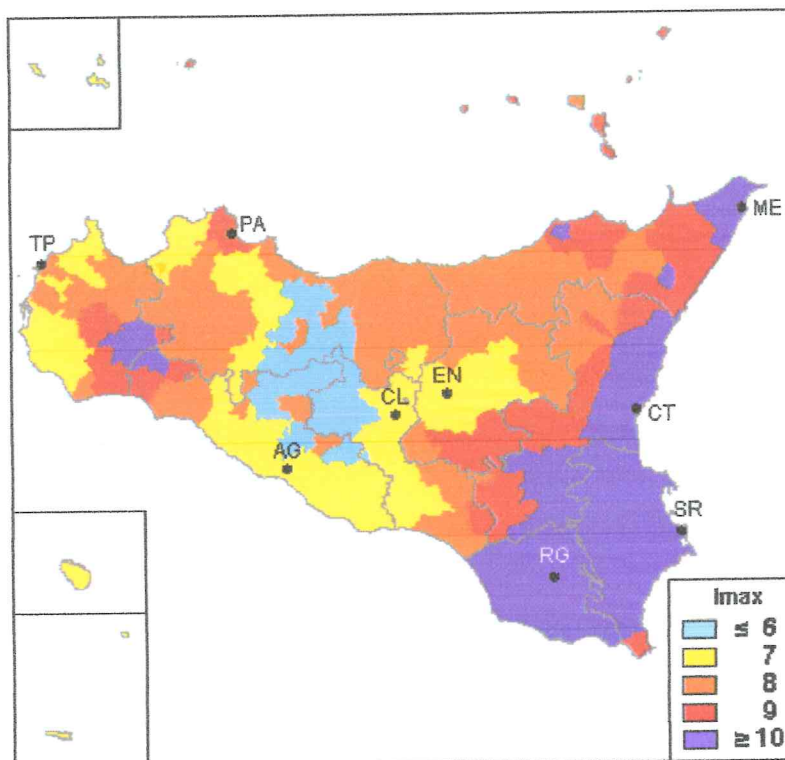


ad una complessa geodinamica legata, oltre che alla tettonica compressiva dell'Arco Calabro-Peloritano, anche alla distensione della regione tirrenica.

Le caratteristiche sismo-tettoniche del territorio della Provincia di Messina sono note da tempo e si riflettono negli effetti dei sismi storici che sono documentati in numerosi cataloghi disponibili. In particolare, una prima determinazione della sensibilità sismica del territorio è possibile considerando che essa risulta direttamente proporzionale ai massimi valori di intensità macrosismica registrata nel territorio stesso (secondo il principio per cui le caratteristiche dell'attività sismica di un'area si mantengono nel tempo).

Gli studi strutturali e di sismica hanno permesso l'individuazione e la ricostruzione temporale dei più importanti sistemi di faglie. Dall'analisi della "Mappa delle massime intensità macroscopiche osservate nei comuni italiani".

In particolare, l'immagine seguente identifica le aree a maggiore attività sismica nella regione Sicilia.



Da questa mappa, si evince che il Comune di Milazzo è caratterizzato da un'intensità macrosismica pari a 9.

Con Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", il Comune di Milazzo è stato classificato alla zona sismica 2.

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28 aprile 2006, n. 3519 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" ha fissato i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e la nuova mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale, di cui si riporta un estratto relativo alla Regione Sicilia.

Le caratteristiche del moto sismico al bedrock<sub>1</sub> (durata, ampiezza e contenuto in frequenze) vengono modificate nel passaggio del treno d'onda dal substrato rigido ai terreni di copertura.

Tale fenomeno, che generalmente determina amplificazione sismica locale, viene quantificato nell'ambito della normativa sismica nazionale attraverso i parametri  $S$  e  $S_t$ , moltiplicativi della accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico. Sulla base del valore di  $S$  viene inoltre definita la forma dello spettro di risposta elastico della componente orizzontale del moto, da adottare per il sito esaminato. Il parametro  $S$  tiene conto del profilo stratigrafico di fondazione, mentre il parametro  $S_t$  delle caratteristiche morfologiche del sito indagato.

In ultimo, considerato che il territorio comunale di Milazzo, come del resto tutta la zona messinese, è intensamente dislocata da faglie, queste possono modificare la risposta locale all'input sismico.

In definitiva il territorio in esame, in base alla normativa vigente, è classificato come appartenente alla **Zona Sismica 2**.

## 5.2 Definizione dell'Azione Sismica secondo il le N.T.C. 2008

Il Decreto 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" (Ministero delle Infrastrutture) pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 29 del 4 febbraio 2008 - Suppl. Ordinario n. 30, definisce le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, elemento di conoscenza primario per la definizione degli spettri sismici necessari per il calcolo delle strutture.

Gli spettri sono definiti in base a tre parametri fondamentali:

$a_g$  accelerazione orizzontale massima del terreno;

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

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

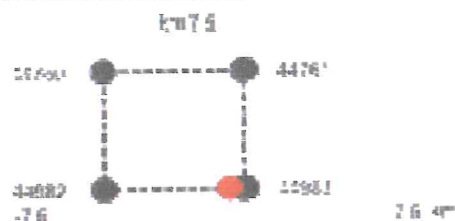
La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (riportato nella tabella 1 nell'allegato B del D.M. 14 gennaio 2008). Tale reticolo è costituito da 10.751 nodi (distanziati di non più di 10 km) e copre l'intero territorio nazionale ad esclusione delle isole (tranne Sicilia, Ischia, Procida e Capri) dove vengono forniti parametri spettrali costanti per tutto il territorio (tabella 2, allegato B del D.M. 14 gennaio 2008). Per ciascuno dei nodi (e per 9 differenti valori del periodo di ritorno - da 30 anni a 2.475 anni) sono forniti i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$  necessari per la definizione dell'azione sismica.

#### COORDINATE GEOGRAFICHE DEL SITO

LONGITUDINE: 15,26020° E

LATITUDINE: 38,17110° N

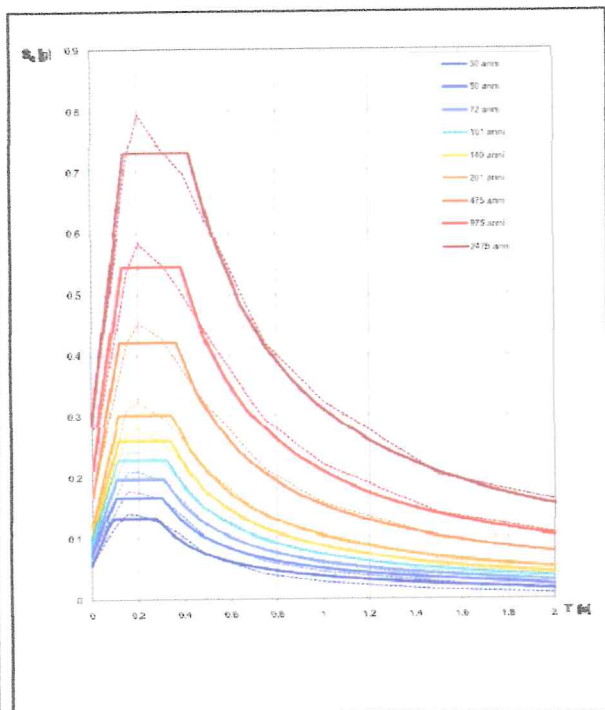
#### NODI DEL RETICOLO INTORNO AL SITO



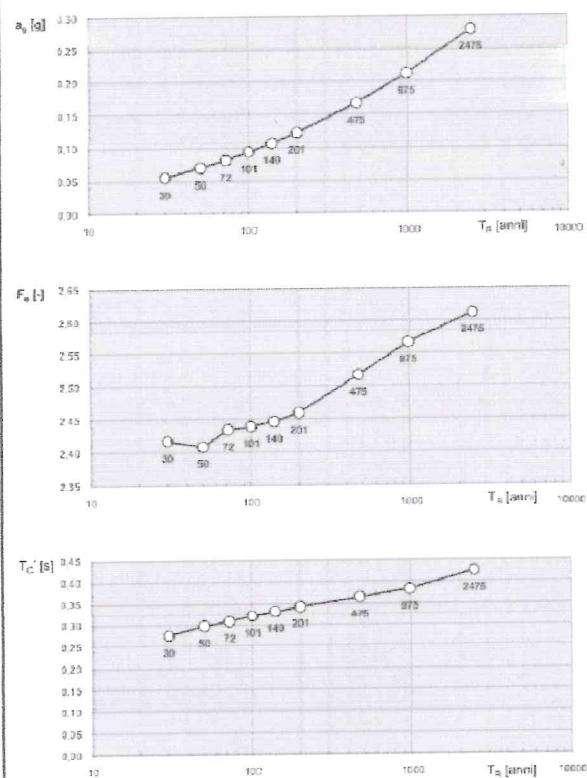
Una volta individuate le coordinate geografiche del sito oggetto d'intervento, il calcolo di ciascuno dei relativi parametri spettrali su indicati può essere effettuato attraverso la media ponderata dei corrispondenti valori nei 4 punti della griglia di accelerazioni che circondano il sito in esame.

L'elaborazione effettuata con il foglio di calcolo "Spettri NTC ver. 1.0.3" distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ha consentito di individuare gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticali) delle azioni sismiche di progetto per il sito progettuale (fig.3), i grafici che rappresentano la variabilità dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$  in funzione del periodo di ritorno  $T_r$  (fig. 4) e la tabella 2 riassuntiva dei valori degli stessi parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$  per ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1 (fig.3).





**Fig. 3 - Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**



**Fig. 4 - Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c$ : variabilità col periodi di ritorno  $T_R$**

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
30	0,055	2,418	0,276
50	0,069	2,409	0,297
72	0,081	2,435	0,308
101	0,093	2,439	0,321
140	0,107	2,447	0,331
201	0,123	2,460	0,342
475	0,167	2,517	0,364
975	0,212	2,566	0,382
2475	0,280	2,613	0,424

**Tabella 2 - Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**

### 5.3 Categoria di sottosuolo e Categoria topografica

Le condizioni del sito di riferimento convenzionalmente trattate nel paragrafo precedente in generale non corrispondono a quelle effettive, poiché queste ultime sono influenzate sia dalla stratigrafia del volume di terreno interessato dall'opera sia dalla configurazione della superficie topografica.

Entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, dando luogo alla cosiddetta risposta sismica locale, ossia l'azione sismica quale emerge in superficie a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido.

Quando l'azione sismica in superficie è descritta mediante forme spettrali, gli effetti della risposta sismica locale possono essere valutati con l'approccio semplificato di cui al 3.2.2 delle NTC, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo e topografiche di riferimento.

Nel dettaglio, le categorie di sottosuolo previste dalle NTC, di seguito elencate nelle Tabelle n. 3 e 4, sono individuate in base ai valori della velocità  $V_{s,30}$  di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, definita dall'espressione:

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

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

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di <math>V_{s,30}</math> superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero <math>NSPT_{30} &gt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>c_{u,30} &gt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero <math>15 &lt; NSPT_{30} &lt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>70 &lt; c_{u,30} &lt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> inferiori a 180 m/s (ovvero <math>NSPT_{30} &lt; 15</math> nei terreni a grana grossa e <math>c_{u,30} &lt; 70</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con <math>V_s &gt; 800</math> m/s).</i>

**Tabella 3 - Categorie di sottosuolo previste al § 3.2.2 delle NTC (Tabella 3.2.II NTC)**

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

**Tabella 4 - Categorie aggiuntive di sottosuolo previste al § 3.2.2 delle NTC (Tabella 3.2.II NTC)**

Per sottosuoli appartenenti alle categorie S1 ed S2 è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensitività possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

Nel caso specifico, la velocità equivalente  $V_{s,30}$  di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità è stata ricavata elaborando opportunamente i valori scaturiti dall'esecuzione di un sondaggio sismico **MASW** ubicato all'interno dell'area in cui è previsto il piano di zona e di cui sarà data ampia trattazione nel paragrafo **"5.4 Prospezione geofisica con il metodo Masw"**.

In particolare, considerando la verticale effettivamente indagata, si ottiene  $V_{s30} = 339$  m/s per cui la categoria di sottosuolo di progetto risulta essere **"C": Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).**

La classificazione topografica si basa invece sulle categorie esposte nella Tabella n. 6, che si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, da considerarsi nella definizione dell'azione sismica solo se di altezza maggiore di 30 m.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

**Tabella 5 - Categorie topografiche previste al § 3.2.2 delle NTC (Tabella 3.2.IV NTC)**

Considerato che il sito d'intervento ricade in un area pianeggiante individuata a quota 9,40 m.s.l.m. la categoria topografica di progetto risulta essere **T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$**



## 5.4 Prospezione geofisica con il metodo Masw

### 5.4.1 Classificazione sismica dei suoli con il metodo MASW

I sondaggi geofisici **MASW** (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), rappresentano una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Nel metodo di indagine MASW attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori, consentendo così generalmente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente, nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo. Pertanto il metodo MASW attivo consente la classificazione sismica dei suoli, perché fornisce il profilo di velocità entro i primi 30m di profondità.

### 5.4.2 Fondamenti teorici del metodo MASW

Il metodo MASW si basa sul moto di propagazione delle onde di Rayleigh.

In un mezzo omogeneo infinito la propagazione ondosa può avvenire solo tramite due tipi di onde: le onde P di compressione, dette anche onde primarie e le onde distorsionali o di taglio S, dette anche onde secondarie.

La velocità con cui si propagano le onde P e le onde S dipende dalle proprietà elastiche del mezzo attraversato.

Le onde di compressione P viaggiano con una velocità  $C_p$  pari a:

$$c_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}}$$

dove  $\mu = G$  è la rigidità al taglio, = mezzo con

$$\lambda = \frac{Ev}{(1+\nu)(1-2\nu)}$$

costante elastica del

$E$  = modulo di Young e  $\nu$  = coefficiente di Poisson,  $\rho$  è la densità di massa e le particelle di materia oscillano nella stessa direzione di propagazione dell'onda.

Le onde di taglio  $V_s$  viaggiano con una velocità  $C_s$  pari a :

$$c_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

e le particelle di materia oscillano nella direzione perpendicolare alla direzione di propagazione dell'onda.

### 5.4.3 Onde di Rayleigh in un semispazio infinito omogeneo

Quando uno dei due mezzi semi-infiniti separati da un'interfaccia, per esempio quello superiore, è costituito da aria, si può assumere che non esistano onde trasmesse e in generale esistono solo onde riflesse.

E' dimostrabile che in un semispazio omogeneo, oltre alle onde P e S già trovate in un mezzo infinito, esiste un tipo di onda denominata onda di Rayleigh.

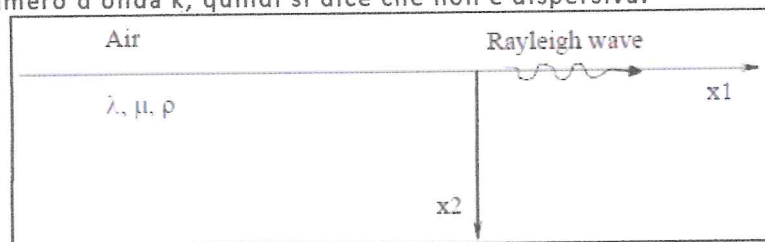
L'onda di Rayleigh e il risultato della combinazione di onde P e S in modo che siano soddisfatte le seguenti due condizioni:

1. il moto associato all'onda di Rayleigh si attenua rapidamente con la profondità;
2. lo stato tensionale è nullo sulla superficie libera del semispazio solido ;

La velocità con cui si propaga l'onda di Rayleigh sulla superficie libera di un semispazio omogeneo è leggermente inferiore alla velocità  $C_s$  delle onde di taglio S tra  $0,862 \cdot C_s$  e  $0,955 \cdot C_s$  e dipende dal coefficiente di Poisson  $\nu$  (Achenbach,1999).

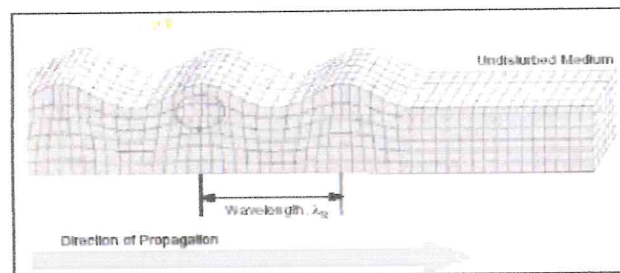
$$C_R = \frac{0.862 + 1.14\nu}{1 + \nu} \cdot C_s$$

In un semispazio omogeneo la velocità di fase dell'onda di Rayleigh non dipende dalla frequenza o dal numero d'onda  $k$ , quindi si dice che non è dispersiva.

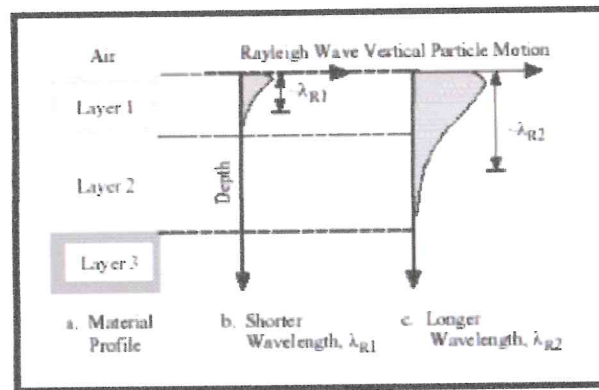


Le componenti orizzontale e verticale sono sfasate di  $90^\circ$ , quindi durante il moto le particelle descrivono un'ellisse.

L'asse maggiore dell'ellisse è parallela alla superficie libera orizzontale fino alla profondità di circa  $0.2\lambda$  ( $\lambda$  è la lunghezza d'onda), dove lo spostamento orizzontale cambia segno e quindi gli assi e il senso di percorrenza dell'ellisse si invertono.



L'ampiezza degli spostamenti decresce rapidamente con la profondità, così che l'onda di Rayleigh è confinata nella parte superficiale del semispazio, in una striscia di spessore pari a circa  $1,5\lambda$ . Dato che le onde di Rayleigh viaggiano in prossimità della superficie del sito in una fascia profonda circa 1÷2 volte la lunghezza d'onda, le onde caratterizzate da grandi lunghezze d'onda interessano anche gli strati più profondi del sito. Al contrario, a parità di velocità di fase  $c$ , le onde ad alta frequenza hanno una lunghezza d'onda così corta da interessare essenzialmente lo strato più superficiale del sito, senza avvertire la presenza degli strati sottostanti.



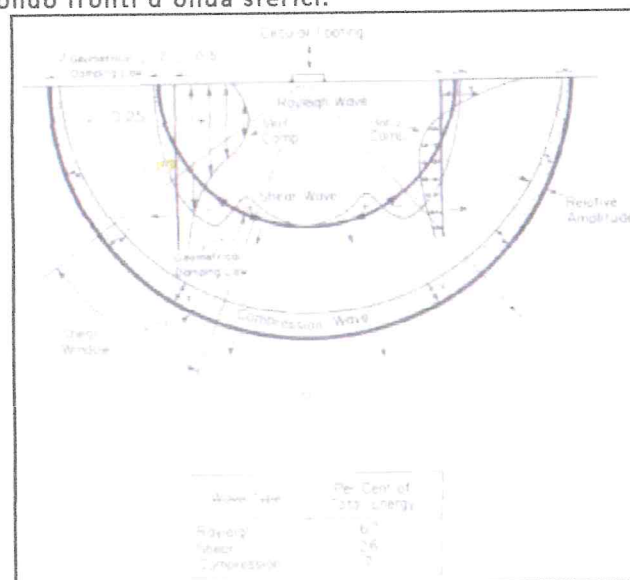
#### 5.4.4 Curva di dispersione

Quando si energizza il sito in un punto della sua superficie libera si generano i diversi tipi di onde. Se la sorgente è perpendicolare alla superficie libera si generano onde appartenenti al piano verticale: onde P, onde SV, onde Rayleigh, onde rifratte.

Se la sorgente è parallela alla superficie libera si generano onde appartenenti al piano orizzontale: onde SH, onde di Love.

Nel metodo MASW proposte si usano le sole onde di Rayleigh e si trascurano gli effetti dovuti alle onde P e SV.

Sebbene una sorgente puntiforme verticale generi anche le onde P e le onde S oltre alle onde Rayleigh (Vedi fig.), intervengono due aspetti che rendono il contributo delle onde di Rayleigh prevalente sul contributo delle onde P e SV. Il primo aspetto è che le onde Rayleigh trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente. Il secondo aspetto è che allontanandosi dalla sorgente le onde di Rayleigh subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P e SV, perché le onde Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, invece le onde P e SV si propagano secondo fronti d'onda sferici.





## 5.4.5 Indagine Masw in sito

### 5.4.5.1. Strumentazione utilizzata

L'equipaggiamento strumentale utilizzato per la realizzazione della prova consiste in:



N° 1 Registratore multicanale "AMBROGEO ECHO 12-24/2002" a memoria incrementale, gestito da un microprocessore, con ventiquattro canali di acquisizione simultanea, scale dei tempi variabili e incremento di segnale variabile per ogni canale.

N° 1 COMPUTER PORTATILE

N° 12 RICEVITORI: GEOFONI (4,5Hz).


N° 1 CAVO SISMICO 12 TRACCE, 60 m, intervallo 5m, con connettori NK2721C e attacchi doppi.

N° 1 MAZZA DI BATTUTA kg 10 CON STARTER.

N° 1 PIATTELLO DI BATTUTA IN ALLUMINIO (dimensioni 20x20x5 cm).

### 5.4.5.2 Configurazione spaziale della prova MASW in sito

La prova MASW fornisce il profilo di velocità Vs monodimensionale, assumendo un valore medio di velocità lungo lo stendimento dei ricevitori. La lunghezza dello stendimento dipende sia dal numero di ricevitori utilizzabili, sia dallo spazio disponibile. Normalmente si dispongono i ricevitori ad interasse costante compreso tra 0,5m e 3,0m.

Indagine MASW attiva	Tempo di acquisizione (sec)	Spaziatura intergeofonica (m)
12 CANALI	1,0	2,0
		

Si precisa che il tempo massimo totale di acquisizione pari a 1s (pari a 1024 campioni temporali per singolo geofono acquisto per ogni colpo di mazza).

La sorgente è stata posta a -2,00 m, a -4,00 m e a -6,00 m dal primo e dall'ultimo geofono.

Nella elaborazione è stata scelta l'acquisizione che visivamente ha fornito la curva di dispersione più facile da individuare.

A parità di numero di ricevitori un interasse di 2,00m consente di avere un intervallo più ampio di numeri d'onda anche se comporta una minore risoluzione della curva di dispersione lungo i numeri d'onda.

Stendimenti più lunghi danno una maggiore risoluzione della curva di dispersione lungo la coordinata numero d'onda ma tuttavia si riduce il numero d'onda di Nyquist oltre cui non si ha certezza sull'affidabilità del segnale misurato.

Viceversa un intervallo piccolo può essere necessario in piccoli spazi e consente un intervallo più ampio di numeri d'onda, ma comporta una minore risoluzione della curva di dispersione lungo i numeri d'onda.

Il numero d'onda di Nyquist è pari a:

$$\Delta k = \frac{2\pi}{N \cdot \Delta x}$$

dove  $\Delta k$  è il minimo intervallo tra i ricevitori;  
 $N$  è il numero dei ricevitori dello stendimento.

#### 5.4.5.3 Metodo di Elaborazione mediante Software dedicato

Il metodo MASW consiste in tre fasi:

1. la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale;
2. la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica;
3. la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , modificando opportunamente lo spessore  $h$ , le velocità delle onde di taglio  $V_s$  e di compressione  $V_p$  (o in maniera alternativa alle velocità  $V_p$  è possibile assegnare il coefficiente di Poisson  $\nu$ ), la densità di massa  $\gamma$  degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedure manuali o con procedure automatiche o con una combinazione delle due.

Generalmente si assegnano il numero di strati del modello, il coefficiente di Poisson, le densità di massa e si variano lo spessore  $h$  e le velocità  $V_s$  degli strati.

Nella procedura manuale si assegnano per tentativi diversi valori delle velocità  $V_s$  (all'interno del range di dispersione) e degli spessori  $h$ , cercando di avvicinare le curve di dispersione numeriche alle curve di dispersione sperimentale.

In genere quando l'errore relativo tra curve sperimentale e curve numeriche è compreso tra il 5% e il 20% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve ed il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  è possibile procedere al calcolo della velocità equivalente  $V_{s30}$  nei primi 30 m di profondità e quindi individuare le categorie sismiche del suolo.

Si riportano di seguito, nell'**Allegato A**, le tracce misurate, lo spettro, la curva di dispersione sperimentale prima e dopo la selezione dei punti utili della stessa curva di dispersione sperimentale.

Il Tecnico incaricato all'esecuzione delle indagini geofisiche:

Dott. Geol. Enrico M. A. Paulesu

O.R.G.S. n° 1996

## Allegato A – Elaborazione indagine MASW

### A - Dati sperimentali

Numero di ricevitori ..... 12  
 Distanza tra i sensori: ..... 2m  
 Numero di campioni temporali..... 7651  
 Passo temporale di acquisizione.....0.13ms  
 Numero di ricevitori usati per l'analisi..... 12  
 L'intervallo considerato per l'analisi comincia a .....0ms  
 L'intervallo considerato per l'analisi termina a .....1000ms  
 I ricevitori sono invertiti (l'ultimo ricevitore nel file è il primo per l'analisi)

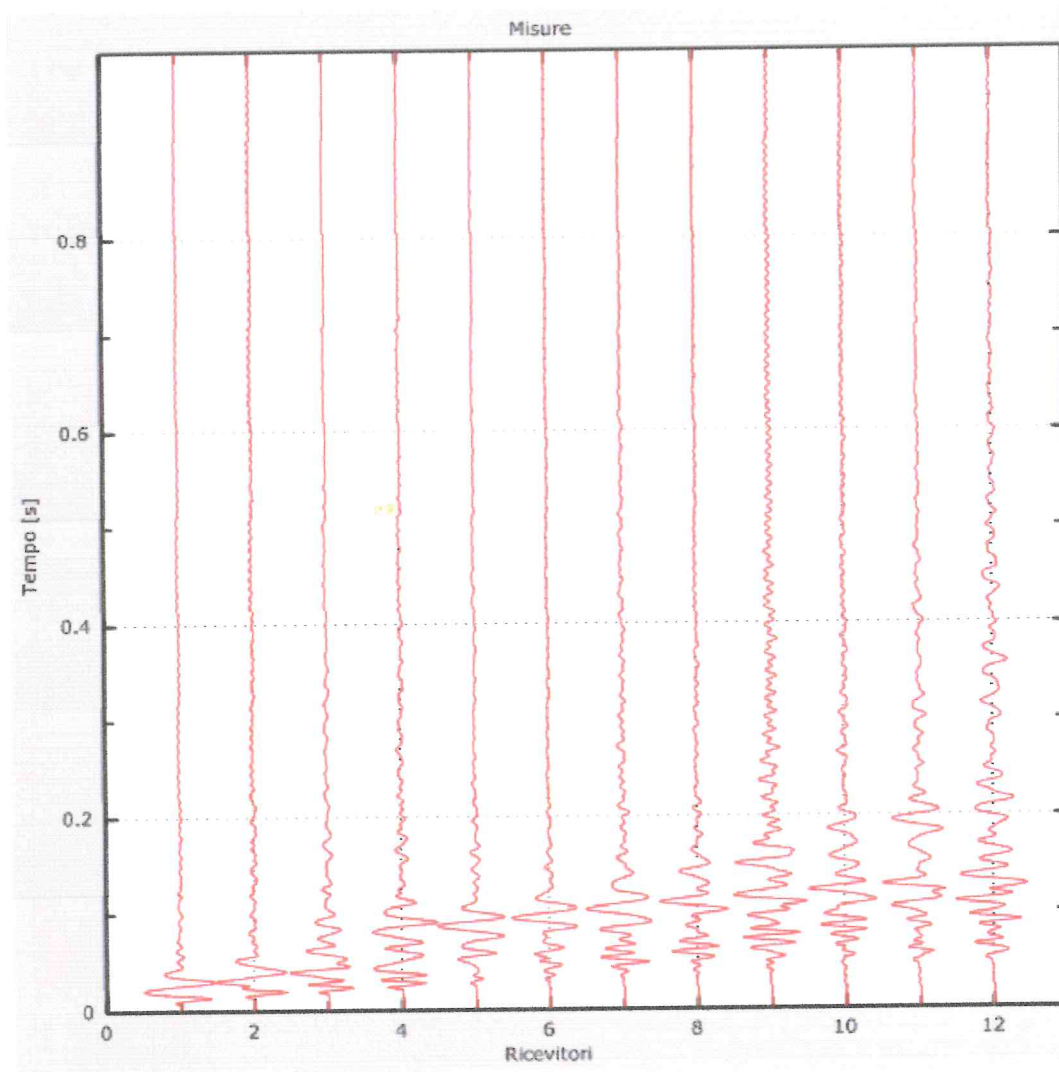


Figura 1: Tracce sperimentali



**B - Risultati delle analisi**

Frequenza finale .....35Hz  
Frequenza iniziale.....2Hz

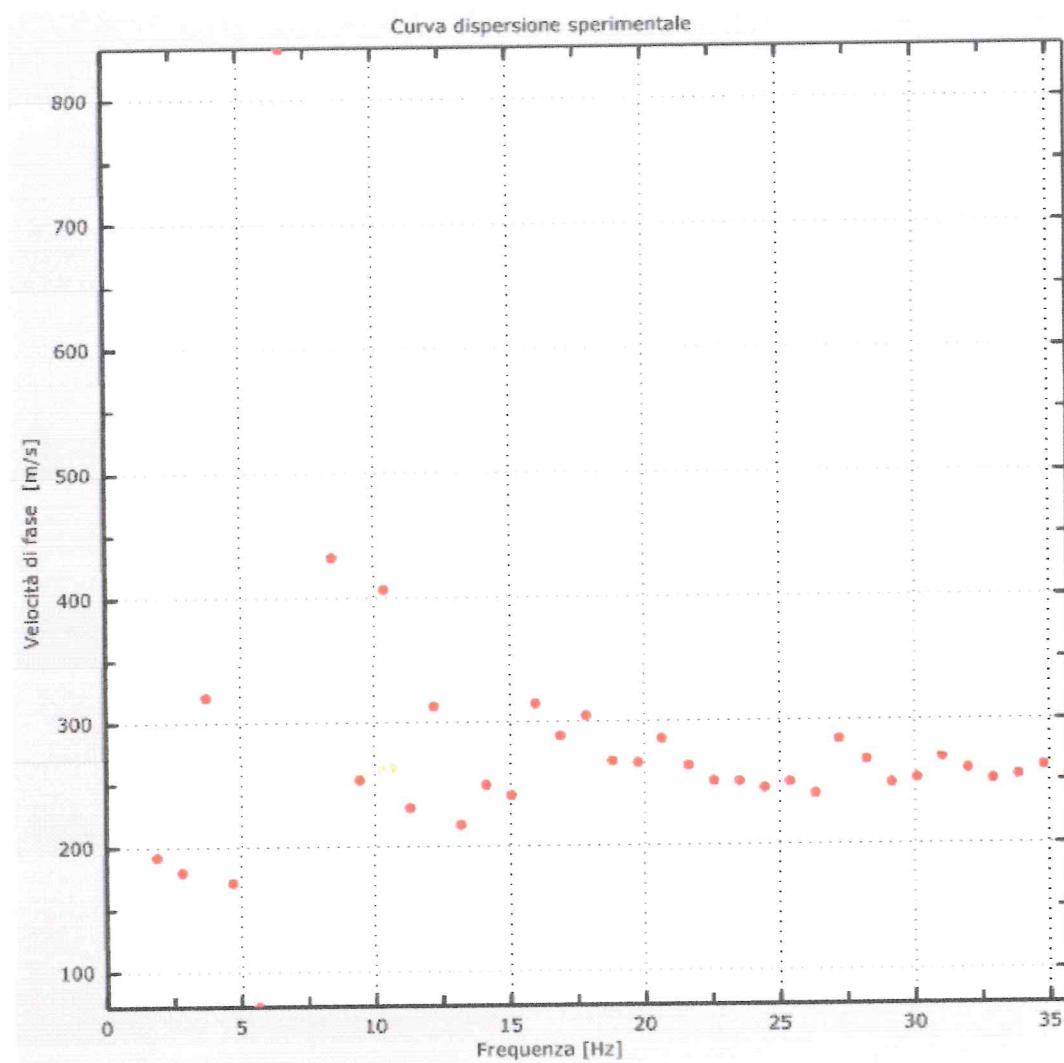


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

## C - Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase max [m/s]
7.97723	309.699	242.619	376.779
9.61584	307.603	260.437	354.768
11.1536	300.266	246.811	353.72
13.1956	278.255	226.897	329.613
15.061	271.966	222.704	321.228
16.6492	271.966	233.185	310.747
18.7164	278.255	249.955	306.554
20.3298	279.303	241.57	317.036
21.9936	264.629	233.185	296.073
23.9347	254.148	219.56	288.736
25.5985	254.148	224.8	283.496
27.2624	258.34	236.33	280.351
28.8505	253.1	224.8	281.399
30.6152	262.533	240.522	284.544
32.5311	252.052	235.282	268.822
33.7412	252.052	230.041	274.062
35.1781	252.052	231.089	273.014

Tabella 1: Curva di dispersione

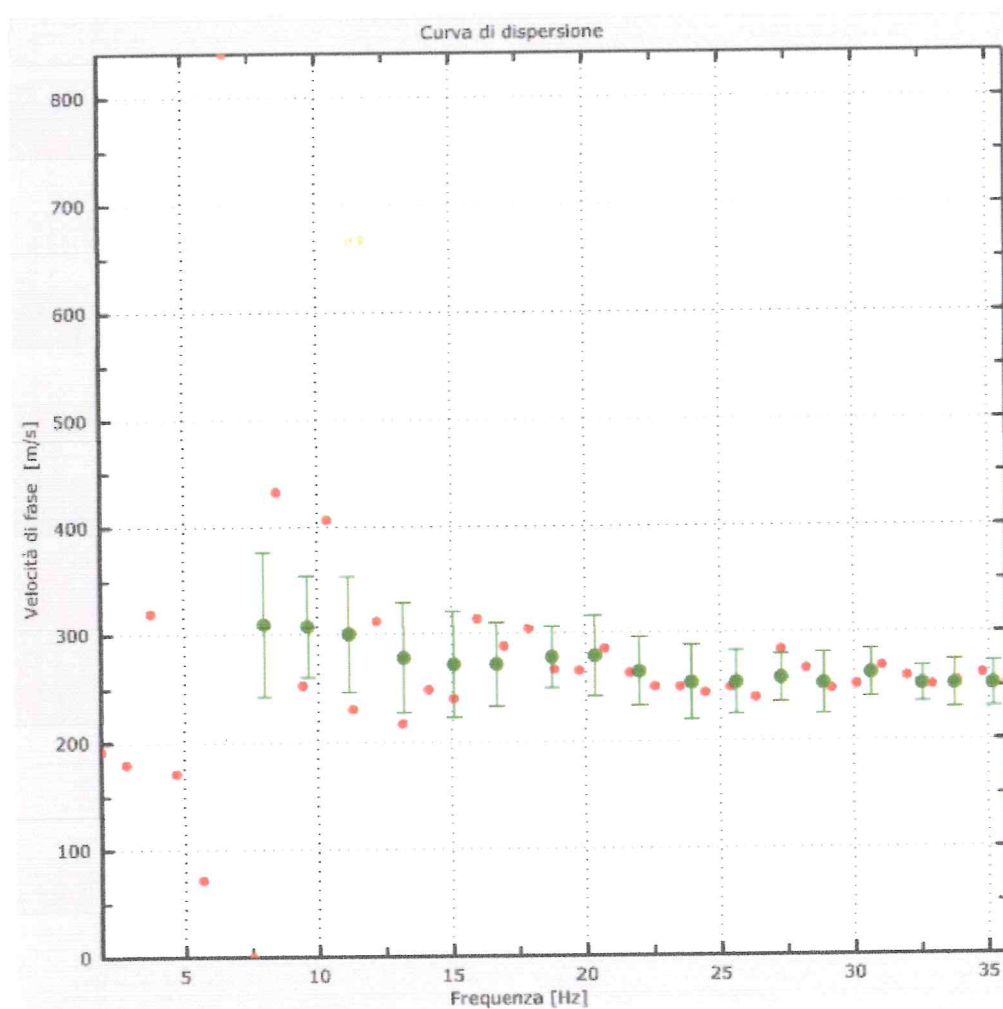


Figura 3: Curva di dispersione

**D - Profilo in sito**

Numero di strati (escluso semispazio).....	5
Spaziatura ricevitori [m].....	2m
Numero ricevitori .....	12
Numero modi.....	1

**Strato 1**

h [m] .....	1
z [m] .....	-1
Vs min [m/s].....	120
Vs max [m/s] .....	263
Vs fin.[m/s].....	175

**Strato 2**

h [m] .....	5
z [m] .....	-6
Vs min [m/s].....	145
Vs max [m/s] .....	456
Vs fin.[m/s].....	304

**Strato 3**

h [m] .....	8
z [m] .....	-14
Vs min [m/s].....	156
Vs max [m/s] .....	512
Vs fin.[m/s].....	341

**Strato 4**

h [m] .....	12
z [m] .....	-26
Vs min [m/s].....	162
Vs max [m/s] .....	551
Vs fin.[m/s].....	367

**Strato 5**

h [m] .....	4
z [m] .....	-00
Vs min [m/s].....	187
Vs max [m/s] .....	597
Vs fin.[m/s].....	398



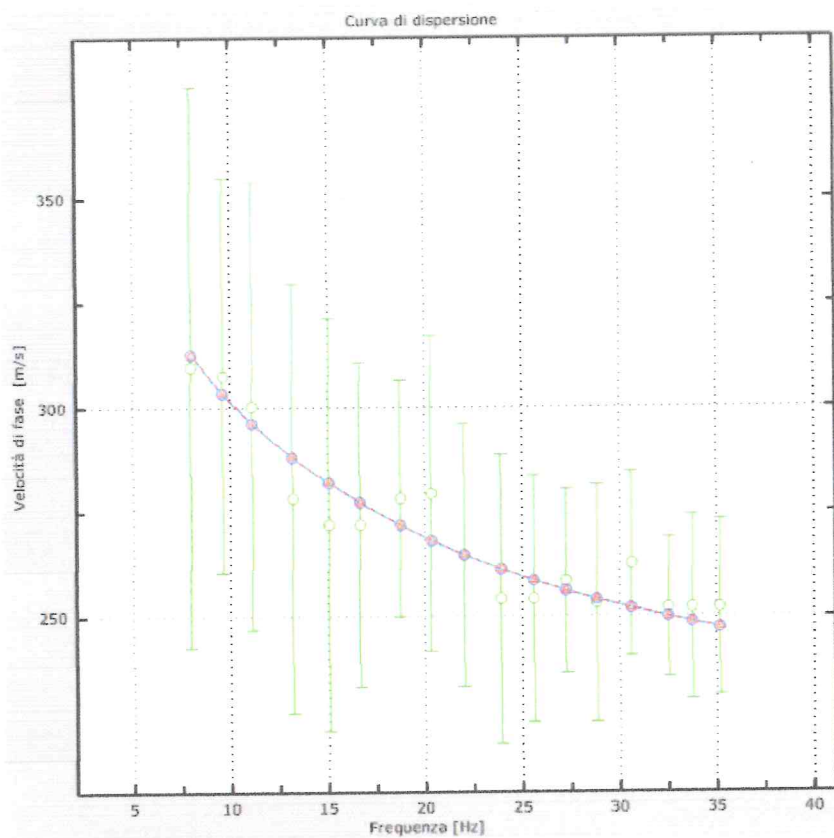


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

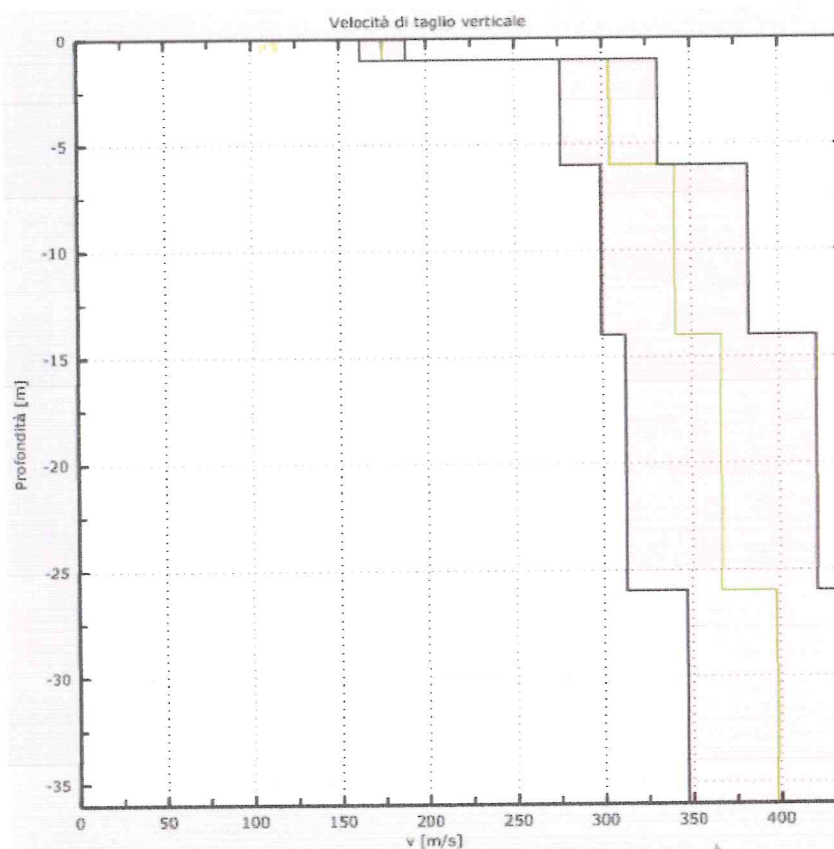


Figura 5: Profilo Vs numerico, incertezza 0.5 sigma

## E - Risultati finali

 **$V_{s30}$ : 339 m/s****Categoria di sottosuolo: C**

La normativa applicata è il DM 14 gennaio 2008

Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o S1 (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).

Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.

L'unità geotecnica dello strato rigido è la numero 5

Le caratteristiche meccaniche degli strati migliorano gradualmente con la profondità

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.II NTC – Categorie di sottosuolo

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

Tabella 3.2.III NTC – Categorie aggiuntive di sottosuolo

### 5.5 Stabilità nei confronti della liquefazione

Con il termine di liquefazione si intendono quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

Nel caso specifico si precisa che dall'analisi di dati di pozzi esistenti nelle immediate vicinanze del sito oggetto di variante urbanistica al P.R.G. è stato possibile individuare un livello freatico alla quota di **-6,50 m dal p.c.**, si è pertanto provveduto ad eseguire la verifica alla liquefazione, così come previsto al § 7.11.3.4.3 delle NTC.

La resistenza alla liquefazione può essere valutata sulla base dei risultati di prove in sito o di prove cicliche di laboratorio. La sollecitazione indotta dall'azione sismica è stimata attraverso la conoscenza dell'accelerazione massima attesa alla profondità di interesse.

Per la verifica alla liquefazione si è scelto di utilizzare un metodo semplificato basato su prove di misurazione delle onde di taglio **V<sub>s</sub>**, in conseguenza del fatto che è stato caratterizzato sismicamente un ampio volume di terreno attraverso l'esecuzione della prospezione geofisica di tipo **masw**.

I metodi semplificati si basano sul rapporto che intercorre fra le sollecitazioni di taglio che producono liquefazione e quelle indotte dal terremoto; hanno perciò bisogno di valutare i parametri relativi sia all'evento sismico sia al deposito, determinati questi ultimi privilegiando metodi basati su correlazioni della resistenza alla liquefazione con parametri desunti da prove in situ. La resistenza del deposito alla liquefazione viene quindi valutata in termini di fattore di resistenza alla liquefazione:

$$(1.0)F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

dove **CRR** (Cyclic Resistance Ratio) indica la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico e **CSR** (Cyclic Stress Ratio) la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma.



I metodi semplificati proposti differiscono fra loro soprattutto per il modo con cui viene ricavata CRR, la resistenza alla liquefazione. Il parametro maggiormente utilizzato è il numero dei colpi nella prova SPT anche se oggi, con il progredire delle conoscenze, si preferisce valutare il potenziale di liquefazione utilizzando prove statiche (CPT) o prove di misurazione delle onde di taglio Vs. Questi metodi sono in genere utilizzati per la progettazione di opere di media importanza.

### 5.5.1 Analisi della sismicità locale

Nell'area peloro-nebroidea e nell'antistante area tirrenica si registrano terremoti da superficiali ad intermedi, a profondi, questi ultimi nel solo settore occupato dalle Isole Eolie.

In effetti, gli eventi sismici superficiali si verificano, almeno per gli eventi "tettonici", nella crosta, giacché lo spessore di questa, nell'area peloro-nebroidea, risulta variante tra i 15 ed i 25 Km, ed altresì si verificano nelle porzioni più superficiali della litosfera e possono essere attribuiti ai sistemi transtensivi (Tindari-Letojanni e Messina-Fiumefreddo) oltre che a quelli distensivi (faglie peri-tirreniche). L'approfondirsi dei fuochi indica, invece, un processo ben diverso. Infatti, le sorgenti sismiche intermedie e profonde sono distribuite lungo un piano inclinato che si approfondisce sempre più verso il Tirreno. Tale evidenza viene interpretata come un processo di subduzione di zolla litosferica.

All'interno dell'area peloritana è collocato il terremoto del 1908 per il quale sono state proposte sorgenti differenti ed è stata ipotizzata l'attivazione di sistemi complessi. Nel settore peloritano occidentale di questa area, un fitto addensamento dell'attività sismica si registra sul versante tirrenico e, in particolare, lungo l'allineamento Patti-Vulcano-Salina. Questa sismicità è associabile alle strutture trascorrenti destre orientate NO-SE: ad esse è imputato il terremoto di Patti del 15/04/1978.

I terremoti dell'area Novara di Sicilia-Raccuia, invece, sembrano ascrivibili a strutture esterne all'allineamento Patti-Isole Eolie. Questi risultano essere di magnitudo più bassa ed ipocentri più superficiali. Ancora, gli eventi sismici di Naso potrebbero essere associati a faglie normali, con orientamento appenninico, che sarebbero responsabili del sollevamento della Catena.

Per le analisi sulla sismicità del territorio in esame si è fatto riferimento al Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04), edito dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) ed alla relativa suddivisione delle zone sorgenti (per zona sorgente si deve intendere quell'area tettonicamente omogenea cui è associato l'evento sismico) "ZS9".

Il territorio comunale di Milazzo ricade all'interno della zona sorgente n°932 ed in questo settore, nel catalogo CPTI04, si contano i seguenti eventi di intensità al di sopra della soglia del danno ( $I_0 \geq 5/6$ ,  $M_s \geq 4.0$ ):

Anno	Mese	Gior	Ora	Mi	Se	LOCALITA'	Lat	Lon	I <sub>max</sub>	I <sub>0</sub>	M	ZS9
1450						BROLO	38,25	14,75		60	4,3	932
1717	4	22	5	20		CASTROREALE	38,1	15,22	85	75	5,14	932
1729	6	29	13			CASTROREALE	38,154	15,139	65	65	4,69	932
1786	3	10	14	10		SICILIA NORD ORIEN.	38,1	15,02	90	90	6,02	932
1831	1	28				MILAZZO	38,224	15,24	65	65	4,6	932
1891	6	27	12	11	48	SALINA	38,55	14,833		70	4,8	932
1892	8	7	21	32		BASSO TIRRENO	38,233	15,2		55	4	932
1893	4	22	3	20		MONTALBANO	38	15,028	65	65	4,6	932
1894	2	3	6	29	26	SALINA	38,55	14,833		70	4,8	932
1894	8	20				NOVARA DI SICILIA	37,925	15,076	60	55	4	932
1898	9	17	13			GIOIOSA MAREA	38,167	14,867		65	4,6	932
1904	7	16	23	35		SALINA	38,55	14,833		60	4,3	932
1906	3	22				NOVARA SICILIA	38,05	15,1		60	4,3	932
1908	12	10	6	20		NOVARA DI SIC.	38,058	15,036	70	70	4,55	932
1915	6	12	21	10		FILICUDI-ALICUDI	38,5	14,9		60	4,3	932
1916	9	3	7	45		BASSO TIRRENO	38,6	14,9		60	4,3	932
1926	8	17	1	42		ISOLA DI SALINA	38,567	14,825	75	75	5,02	932
1936	10	8	8	4		PATTI	38,096	15,035	65	60	4,3	932
1939	1	27	20	10	15	FILICUDI-ALICUDI	38,467	14,883		60	4,77	932
1947	10	17				RACCUA	38,05	14,917		55	4	932
1971	2	19	18	50	21	PATTI	38,133	14,967		60	4,19	932
1978	4	15	23	33	47	GOLFO DI PATTI	38,15	14,983	80	90	6,06	932
1979	1	16	19	27	9	BASSO TIRRENO	38,283	15,033			4	932
1981	4	5	10	12	45	ISOLE EOLIE	38,3432	14,9207			4,26	932
1992	4	25	12	46	18	ISOLE EOLIE	38,5845	14,9607			4,97	932
1999	2	14	11	45	54	PATTI	38,108	14,936	60	60	4,38	932

**Tabella 6 – tratta da Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04),**

Con riferimento alla tabella 6, il sisma con il più alto grado di magnitudo Richter è quello relativo all'evento del 15/04/1978 che ha avuto epicentro, in mare, nel Golfo di Patti.

Nel comune di Milazzo gli effetti prodotti dal sisma furono classificati dell'VII-VIII grado.



Nel caso specifico del terremoto dell'Aprile 1978, l'accelerazione massima del suolo, nel Comune prima menzionato, durante l'evento sismico, accelerazione calcolata mediante la relazione di Grandori, in cm/sec<sup>2</sup>, fu, per una distanza dall'epicentro R di circa 15 Km, di circa 98 cm/sec<sup>2</sup> (0,10 di g - con g viene indicata l'accelerazione di gravità).

Per la zona sorgente in cui ricade il Comune di Milazzo, la relazione tra la frequenza degli eventi sismici e la magnitudo degli stessi (relazione di Gutenberg - Richter),

$$\log N(M) = a + bM,$$

(dove con N(M) viene indicato il numero di terremoti di magnitudo M, mentre a e b sono due parametri che caratterizzano l'attività sismica in una zona e valuta la massima magnitudo attesa in 7,00. Difatti, utilizzando la sopraelencata serie storica, è risultato  $a=3,59$  e  $b=-0,56$ ).

Tale relazione consente di ricavare anche il tasso di ricorrenza medio. Pertanto, nella zona sismogenetica prima citata ricorre ogni 12 anni circa un terremoto di magnitudo 4 o superiore; mentre, ogni 46 anni circa, uno di magnitudo pari o superiore a 5.

Gli autori del catalogo dei forti terremoti in Italia suggeriscono la seguente conversione, dai valori della magnitudo delle onde superficiali a quelli relativi all'intensità sismica all'epicentro:

$$I_0 = 1,78 M - 1,93$$

per cui, nel caso di un evento pari al massimo atteso, ossia  $M=6,40$ , l'intensità epicentrale potrà essere pari a 9,5° (IX-X) della scala macrosismica MCS. In tale occasione, utilizzando la relazione proposta dal Grandori, l'accelerazione del moto del suolo, in corrispondenza dell'epicentro, potrà essere pari a 0.34 g, mentre, ipotizzando una distanza epicentrale di 15 Km, per effetto dell'attenuazione sismica, il moto del suolo in corrispondenza del sito sarà pari a 0,13.

Si deve comunque tenere conto del fatto che il G.N.D.T. (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti) attribuisce alla zona considerata valori di accelerazioni massime attese comprese tra 0,20 e 0,24 di g)

Attualmente, il legislatore ha posto dei vincoli su questo territorio, definendolo sismico di seconda categoria.

In effetti, la pericolosità sismica dipende non solo dalle caratteristiche fisiche del sisma, da quelle tecnico-meccaniche dei corpi geologici attraversati dalle onde sismiche, ma anche da una serie di fattori locali che possono produrre un'amplificazione del moto del suolo: la stima sopra



riportata non considera né gli effetti di questa amplificazione, dipendendo questi da fattori lito-stratigrafici, nonché geomorfologici, né l'attenuazione della magnitudo con la distanza dalla zona sorgente.

### 5.5.2 Calcolo della suscettibilità alla liquefazione

Il potenziale di liquefazione è stato calcolato mediante il software LIQUEFAZIONE Di Sebastiano G. Monaco utilizzando il metodo di calcolo di *Andrus e Stokoe (1998)*;

#### Dati generali

Numero di strati = 2

Profondità della falda = 6,50 m

Magnitudo del sisma = 7,00

Accelerazione massima al suolo = 0,25

#### Metodo di *Andrus e Stokoe (1997)*

##### Input dati

Spessore dello Strato	Descrizione (-)	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Quota di verifica liquefazione (m)	Peso di volume saturo ( $\text{g/cm}^3$ )	Frazione fine (%)	Velocità Vs (m/s)
11,00 m	Sabbie fini poco addensate	0,00	-14,00	-8,00	1,80	25	341
12,00 m	Sabbie debolmente limose e ghiaie moderatamente addensate <sup>1 2</sup>	-14,00	-23,00	-18,00	1,90	15	367

Come evidenziato nel prosieguo del presente paragrafo dall'analisi effettuata con il Metodo di *Andrus e Stokoe (1997)*, il deposito prevalente componente limo sabbiosa su cui è prevista la variante urbanistica al P.R.G. presenta un rischio di liquefazione molto basso, in quanto per le quote comprese tra -6,50m e -23,00 m il valore di FS si mantiene abbondantemente sopra 1,25 e pertanto non liquefacibile.

# VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

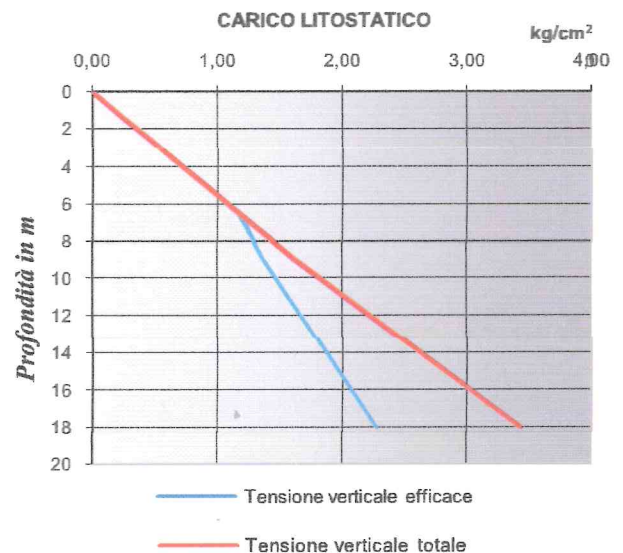
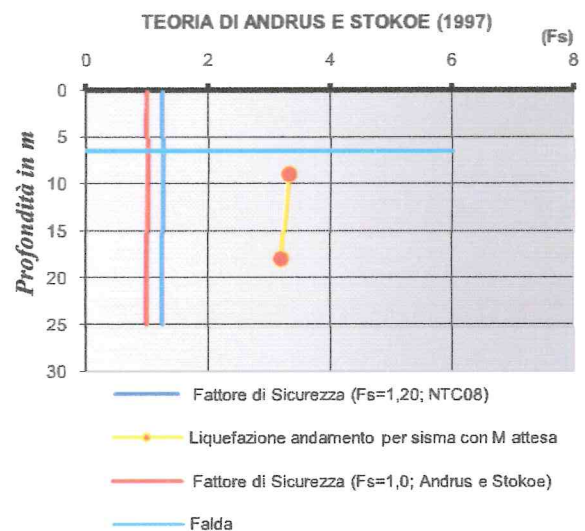
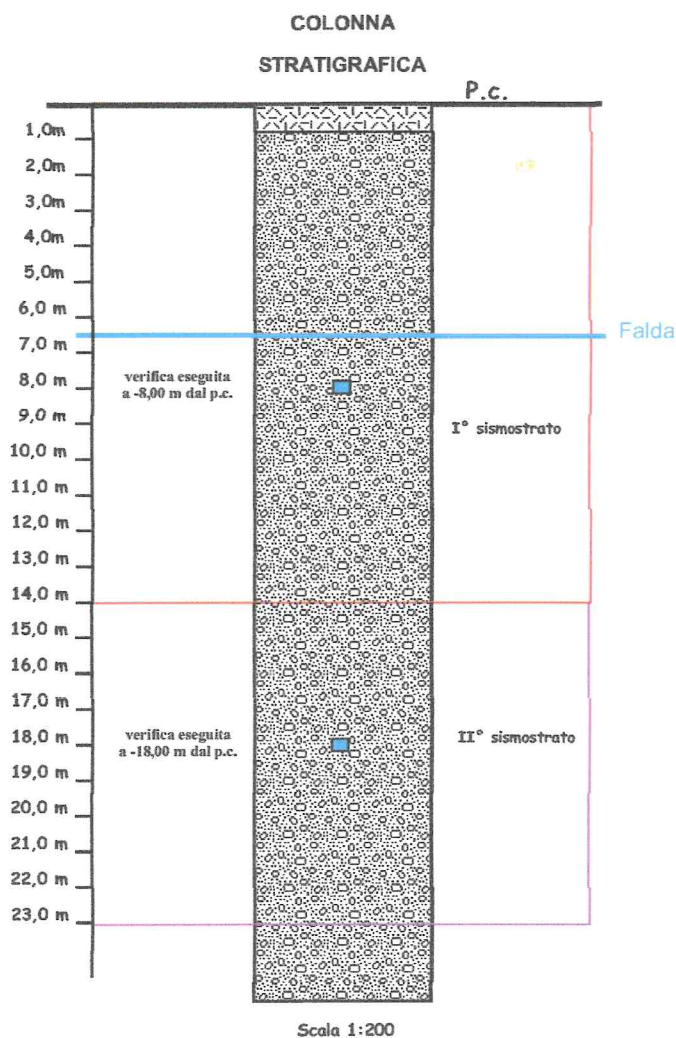
(DA PROVE SISMICHE)

METODO DI ANDRUS E STOKOE (1997)

FORMULE:

RISULTATI:

				1° STRATO	2° STRATO
<b>Spessore</b>				14	9
$V_{SI} = V_s \cdot \left( \frac{1}{\sigma'_{10}} \right)^{0,25}$				315,191	298,992
$CRR = 0,03 \cdot \left( \frac{V_{SI}}{100} \right)^2 + \frac{0,9}{(V_{SIC} - V_{SI})} - \frac{0,9}{V_{SIC}}$				0,285	0,254
$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{10}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma'_{10}}{\sigma'_{10}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$				0,142	0,136
$r_d$				0,93	0,70
<b>1</b> < $F_s = CRR/CSR$				2,001	1,868
$M_w = 7$ <b><math>F_s</math></b>				Verificato	Verificato
<b>1,25</b> < $F_s = CRR/CSR$				2,001	1,868
$M_w = 7$ <b><math>F_s (NTC08)</math></b>				Verificato	Verificato



## 6. PERICOLOSITÀ SISMICA

Nei Comuni oggetto di studi di Microzonazione sismica e dell'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE), finanziati e successivamente validati nell'ambito del Piano nazionale per gli interventi di prevenzione del rischio sismico previsti dall'art. 11 del D.L. 28/04/2009 n. 39, convertito, con modificazioni, dalla Legge 24/06/2009 n. 77, saranno recepite integralmente le risultanze degli studi medesimi.

Nei Comuni che non rientrano nel suddetto Piano nazionale per la prevenzione sismica, i fattori di caratterizzazione e risposta sismica locale dovranno essere definiti sulla base delle conoscenze fornite dai dati esistenti ed eventualmente implementate con indagini integrative.

In particolare dovranno essere individuate sia le problematiche geologiche che gli effetti di sito attendibili nell'area in studio in cui devono essere distinte le zone interessate prevalentemente da: fenomeni franosi in atto e quiescenti; aree potenzialmente franose; aree di fondovalle; aree suscettibili a potenziali fenomeni di liquefazione, etc. Gli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione sismica (MS) e successivi aggiornamenti, approvati dal Dipartimento della Protezione civile e dalla Conferenza Unificata delle Regioni e delle Province autonome, definiscono la metodologia per la redazione di questa carta e della relativa legenda, con riferimento agli studi e cartografie del Livello 1 di MS.

Pertanto facendo riferimento a quanto prescritto nella Circolare **Prot. n. 28807 del 20/06/2014 "Studi geologici per la redazione di strumenti urbanistici"**, è stata redatta la carta della pericolosità sismica in scala 1:5.000 (*cfr. Allegato 14*).

Per Microzonazione Sismica (MS) si intende la valutazione e l'individuazione delle aree di comportamento omogeneo sotto il profilo della risposta sismica locale e dei fenomeni che avvengono durante la scossa. A seguito della MS vengono individuate e caratterizzate le zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e le zone suscettibili di instabilità. Gli studi di livello 1 rappresentano la condizione conoscitiva di base per tutti i comuni classificati nelle zone a sismicità alta (zona 1), media (zona 2), bassa (zona 3) ed eventualmente molto bassa (zona 4).

La Microzonazione Sismica di primo livello ha l'obiettivo di individuare microzone a comportamento sismico omogeneo e costituisce un



livello propedeutico e obbligatorio per affrontare i successivi livelli di approfondimento.

La carta della pericolosità sismica è il risultato della lettura ed interpretazione delle carte precedenti e di eventuali indagini di risposta sismica preliminare tendenti essenzialmente a definire la morfologia superficiale e sepolta con l'individuazione del bedrock rigido nei primi 30 m, il regime delle acque sotterranee, la stratigrafia approssimata e schematica del sottosuolo relativo, le proprietà litotecniche dei terreni e delle rocce e lo stato deformativo a piccole deformazioni.

In definitiva la finalità della carta della pericolosità sismica è quella di fornire al progettista un'idea del tipo di problemi particolari che si possono manifestare in occasione di un terremoto ed una prima indicazione su quali approfondimenti possono essere opportuni e in quali zone.

L'area oggetto di Variante Urbanistica al P.R.G. come più volte espresso in precedenza è individuata nella breve piana costiera compresa fra il mare e il promontorio Metamorfico che individua il Capo di Milazzo; qui è individuato un modesto acquifero di tipo libero con superficie della falda freatica  $\leq 15$  m è stata inquadrata come ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ e classificata come ***“Area con terreni sabbiosi, sabbioso-limosi o sabbioso-ghiaiosi frammisti a ciottoli e con superficie della falda freatica  $\leq 15$  m e pertanto soggetti al fenomeno della liquefazione”.***

Come espresso in precedenza nell'area strettamente interessata alla Variante urbanistica al P.R.G. è stata eseguita la verifica del potenziale di liquefazione, (paragrafo 5.5.2 Calcolo della suscettibilità alla liquefazione) e mediante l'esecuzione di prove in sito (misure sismiche e prove penetrometriche dinamiche continue), utilizzando metodi semplificati è stato possibile escludere il fenomeno della liquefazione a seguito di un evento sismico con Magnitudo 7. In definitiva l'area strettamente interessata alla Variante urbanistica al P.R.G. è stata inquadrata come ZONA STABILE SUSCETTIBILE DI AMPLIFICAZIONI LOCALI e conseguentemente classificata come ***“Area con terreni sabbiosi, sabbioso-limosi o sabbioso-ghiaiosi frammisti a ciottoli e con superficie della falda freatica compresa entro 15 m dal p.c. Area per la quale è stata eseguita la verifica del potenziale di liquefazione mediante l'esecuzione di prove in sito (misure sismiche e prove penetrometriche dinamiche continue), utilizzando metodi semplificati e che hanno consentito di classificare i terreni affioranti come depositi non soggetti al fenomeno della liquefazione.***

## 7. PERICOLOSITA' GEOLOGICHE

In questo capitolo confluiscono tutti i dati e gli elementi raccolti durante le indagini di campo ed emersi dalle elaborazioni eseguite. Esso riassume in se i criteri per l'individuazione e la valutazione del grado di pericolosità geologica dell'area investigata ai fini della riduzione del rischio. In particolare, si fa riferimento alla pericolosità geomorfologica la quale è strettamente connessa alla probabilità di sviluppo di fenomeni naturali potenzialmente pericolosi da soli o in concomitanza con fattori antropici (frane, smottamenti, erosioni concentrate, ecc).

L'analisi comparata della carta geologica, delle informazioni sulla geomorfologia l'idrogeologia e le caratteristiche litotecniche delle varie unità in gioco, ha consentito di redigere la carta delle pericolosità geologiche in scala 1:5.000 (*cf. Allegato 15*) nella quale sono state distinte le seguenti classi di pericolosità geologica:

Aree costiere di spiaggia caratterizzate da erosione ad opera del moto ondoso ordinario. **PERICOLOSITA' ELEVATA**

Aree di versante potenzialmente sorgenti di innesco di fenomeni franosi locali e/o diffusi a dinamica veloce del tipo crolli e/o scivolamenti planari superficiali. **PERICOLOSITA' ELEVATA**

Aree geomorfologicamente stabili senza particolari fattori incidenti sulla edificabilità e per le quali comunque dovrà essere direttamente osservato quanto prescritto dalla normativa tecnica vigente.

### **PERICOLOSITA' DA BASSA A NULLA**

L'area interessata alla Variante urbanistica al P.R.G. rientra in ***un'Area geomorfologicamente stabili senza particolari fattori incidenti sulla edificabilità e per le quali comunque dovrà essere direttamente osservato quanto prescritto dalla normativa tecnica vigente con pericolosità da bassa a nulla.***

## 8. SUSCETTIVITA' ALL'EDIFICAZIONE

Sulla scorta delle informazioni acquisite e riportate nelle carte geomorfologica, geologica idrogeologica, delle indagini, litotecnica, della pericolosità sismica e della pericolosità geologica è stato possibile redigere la carta della suscettività all'edificazione in esame suddividendolo in **aree a suscettività nulla** in funzione della presenza di rischi naturali inaccettabili; **aree a suscettività da bassa a nulla** in cui l'edificabilità è limitata ad interventi di modesta incidenza, previo accertamento della effettiva compatibilità geomorfologica; **aree a suscettività alta** in funzione dell'idoneità all'edificazione.

Nella carta della suscettività in scala 1:5.000 (*cfr. Allegato 15*) si riportano le seguenti aree secondo un grado di suscettività crescente:

Aree costiere di spiaggia a pericolosità elevata, caratterizzate da erosione ad opera del moto ondoso ordinario.

**AREE A SUSCETTIVITA' NULLA:** Aree costiere di spiaggia a pericolosità elevata, caratterizzate da erosione ad opera del moto ondoso ordinario. Aree in cui ogni previsione insediativa è da ritenersi incompatibile, con fattibilità limitata ad interventi conservativi e di ripristino volti alla riduzione del rischio di erosione della costa.

**AREE A SUSCETTIVITA' DA BASSA A NULLA:** Aree di versante ad elevata pericolosità potenzialmente interessati da fenomeni franosi locali e/o diffusi a dinamica veloce del tipo crolli e/o scivolamenti planari superficiali. Aree in cui la fattibilità è limitata ad interventi edificatori di modesta incidenza, previo accertamento della effettiva compatibilità geomorfologica, i cui condizionamenti dovranno essere eliminati con interventi volti alla messa in sicurezza e mitigazione del rischio.

**AREE A SUSCETTIVITA' ALTA:** Aree geomorfologicamente stabili caratterizzate dalla presenza di terreni alluvionali con superficie della falda freatica indicativamente  $\leq 15$  m dal piano campagna. Aree senza particolari limitazioni d'uso edificatorio, subordinate alla verifica preventiva del potenziale di liquefacibilità in condizioni sismiche, così come previsto nel D.M. 14 gennaio 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni" e alla eventuale realizzazione di interventi volti alla riduzione del rischio di liquefazione.



**AREE A SUSCETTIVITA' ALTA:** Aree geomorfologicamente stabili caratterizzate dalla presenza di terreni alluvionali con superficie della falda freatica indicativamente  $\leq 15$  m dal piano campagna. Aree senza particolari limitazioni d'uso edificatorio, per la quale è stata eseguita la verifica del potenziale di liquefazione mediante l'esecuzione di prove in sito (misure sismiche e prove penetrometriche dinamiche continue), utilizzando metodi semplificati e che hanno consentito di classificare i terreni affioranti come depositi non soggetti al fenomeno della liquefazione in condizioni sismiche.

**AREE A SUSCETTIVITA' ALTA:** Aree a pericolosità da bassa a nulla, geomorfologicamente stabili, aree a suscettività d'uso ampia senza particolari fattori incidenti sulla edificabilità e/o modifica della destinazione d'uso e per le quali comunque dovrà essere direttamente osservato quanto prescritto dalla normativa tecnica vigente per le costruzioni.

L'area oggetto di Variante Urbanistica al P.R.G. rientra in un'*Area geomorfologicamente stabile caratterizzata dalla presenza di terreni alluvionali con superficie della falda freatica indicativamente  $\leq 15$  m dal piano campagna. SUSCETTIVITA' ALTA. Area senza particolari limitazioni d'uso edificatorio, per la quale è stata eseguita la verifica del potenziale di liquefazione mediante l'esecuzione di prove in sito (misure sismiche e prove penetrometriche dinamiche continue), utilizzando metodi semplificati e che hanno consentito di classificare i terreni affioranti come depositi non soggetti al fenomeno della liquefazione in condizioni sismiche.*

## CONCLUSIONI

In virtù di quanto esposto nel corso del presente studio di fattibilità geologica è possibile ribadire che nell'area destinata alla ***“Variante Urbanistica del P.R.G., in accoglimento della sentenza del T.A.R. di Catania n° 1060/2015 del 09/04/2015, per un lotto di terreno sito in Via Porticella del Comune di Milazzo, individuato in Catasto al Foglio 4 Particella 418”***, non state rilevate situazioni che possiedono livelli di pericolosità geologica e sismica tali da poter influenzare, in modo significativo il sito in oggetto.

Nel complesso, visto l'andamento pianeggiante dei terreni affioranti e considerata l'assenza di particolari fenomeni erosivi o di dissesto in atto, si può affermare che l'area studiata presenta buone caratteristiche di stabilità e risulta compatibile ad una Variante allo Strumento Urbanistico.

Dalla disamina del P.A.I., Piano Stralcio di Bacino per l'Assetti Idrogeologico, Art.1 del D.L. 180 e L. 267/98 e ss.mm.ii., si evince che nella zona di progetto non sono presenti vincoli idraulico, geomorfologico e dei dissesti così come evidenziato negli allegati 4, e 5, che rappresentano rispettivamente lo stralcio della carta dei dissesti, lo stralcio della carta della pericolosità e del rischio geomorfologico.

Ai fini della ***Pericolosità Sismica*** l'area strettamente interessata alla Variante Urbanistica al P.R.G. è stata inquadrata come ZONA STABILE SUSCETTIBILE DI AMPLIFICAZIONI LOCALI e conseguentemente classificata come ***“Area con terreni sabbiosi, sabbioso-limosi o sabbioso-ghiaiosi frammisti a ciottoli e con superficie della falda freatica compresa entro 15 m dal p.c. Area per la quale è stata eseguita la verifica del potenziale di liquefazione mediante l'esecuzione di prove in sito (misure simiche e prove penetrometriche dinamiche continue), utilizzando metodi semplificati e che hanno consentito di classificare i terreni affioranti come depositi non soggetti al fenomeno della liquefazione.***

Sulla scorta delle informazioni acquisite è possibile affermare che per la quale è richiesta la Variante allo Strumento Urbanistico rientra in un'***Area geomorfologicamente stabile caratterizzata dalla presenza di terreni alluvionali con superficie della falda freatica indicativamente  $\leq 15$  m dal piano campagna. SUSCETTIVITA' ALTA. Area senza particolari limitazioni d'uso***

*edificatorio, per la quale è stata eseguita la verifica del potenziale di liquefazione mediante l'esecuzione di prove in sito (misure sismiche e prove penetrometriche dinamiche continue), utilizzando metodi semplificati e che hanno consentito di classificare i terreni affioranti come depositi non soggetti al fenomeno della liquefazione in condizioni sismiche.*

Per quanto concerne i parametri geotecnici riportati nel capitolo riguardante il “**quadro litotecnico**”, si raccomanda che questi siano utilizzati come valori indicativi e di larga massima. Pertanto, per il dimensionamento di eventuali edificazioni, dovranno essere valutate le proprietà fisico-meccaniche dei terreni di interesse progettuale, mediante studi geologico-tecnico di dettaglio che stabiliscano, puntualmente, i criteri più idonei per l'edificazione, il tipo di edificazione più adatto e le opere complementari esterne necessarie per non turbare l'assetto morfologico ed idrogeologico dei luoghi e la stabilità degli edifici esistenti e per assicurarne nel contempo la stabilità delle nuove costruzioni. Per di più nell'esecuzione degli interventi edilizi dovranno essere osservate le norme tecniche fissate dalla legislazione vigente in materia di stabilità delle fondazioni e delle costruzioni, tra cui quelle emanate con D.M. 21/1/1981 e D.M. 11/03/1988 e successive modifiche nonché, per gli interventi in zone sismiche, quelle relative alla L. n. 64 del 2/2/1974, dei vari Decreti fino al D.M. 14/01/2008.

San Filippo del Mela ottobre 2015

**Il Geologo**

**Dott. Enrico M. A. Paulesu**

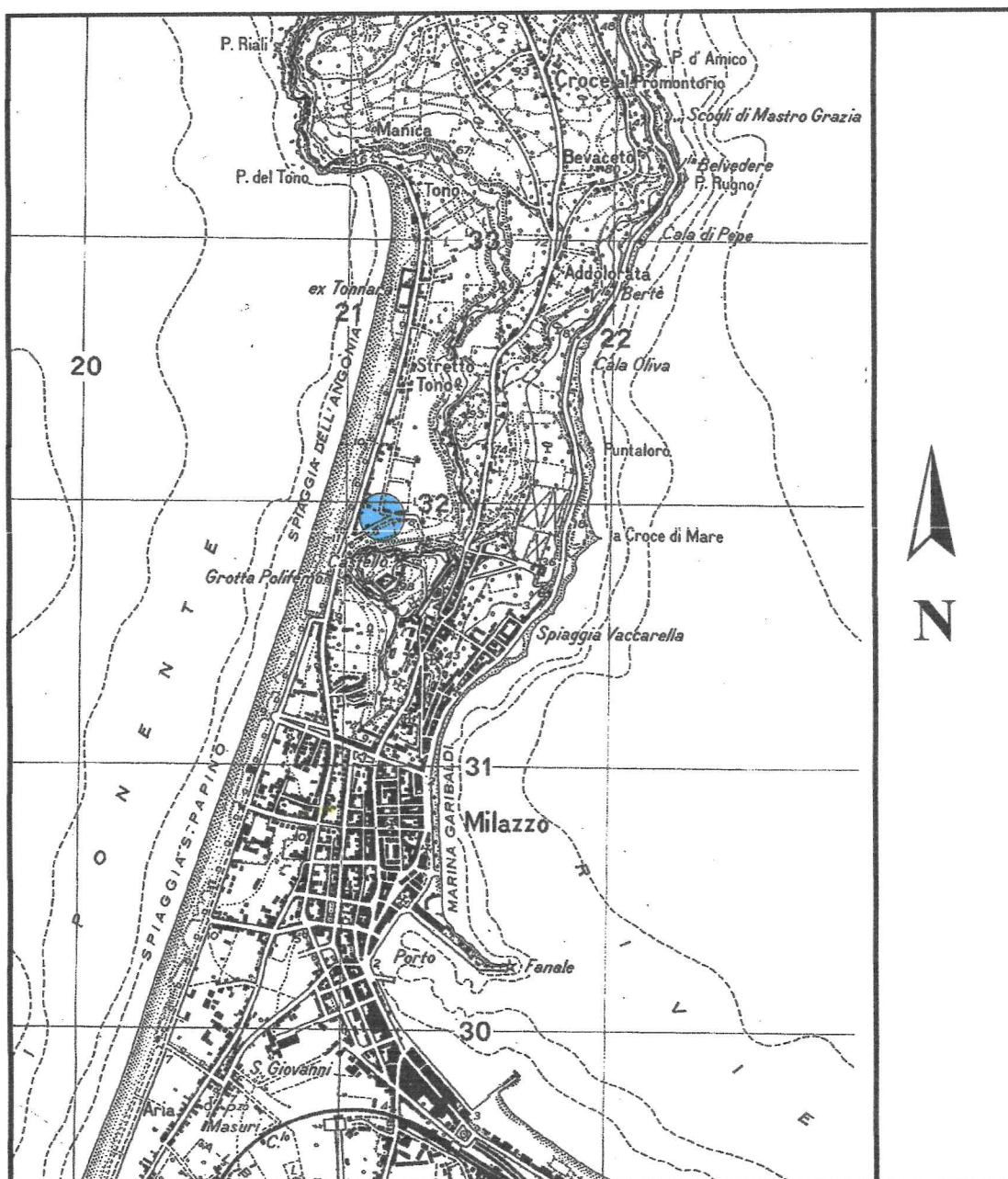
**O.R.G.S. n° 1996**



The image shows a handwritten signature in blue ink. To the right of the signature is a circular official stamp. The stamp contains the text: "ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DI SICILIA", "Dott. Geol. PAULESU ENRICO M.A.", and "N. 1996".



# Stralcio topografico scala 1:25.000



**Stralcio I.G.M. Foglio n° 253 I S.O. MILAZZO**



**Area in cui è prevista la variante urbanistica del P.R.G.**

**EP**  
 Geologia, Idrogeologia e Geotecnica  
 Dott. Geologo Enrico Pedreschi  
 Via XXVI Maggio n° 11/8044  
 San Filippo del Mela (Messina)  
 Tel/Fax 090-932201 P. I. A. 02550610832

## Stralcio catastale scala 1: 2.000



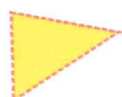
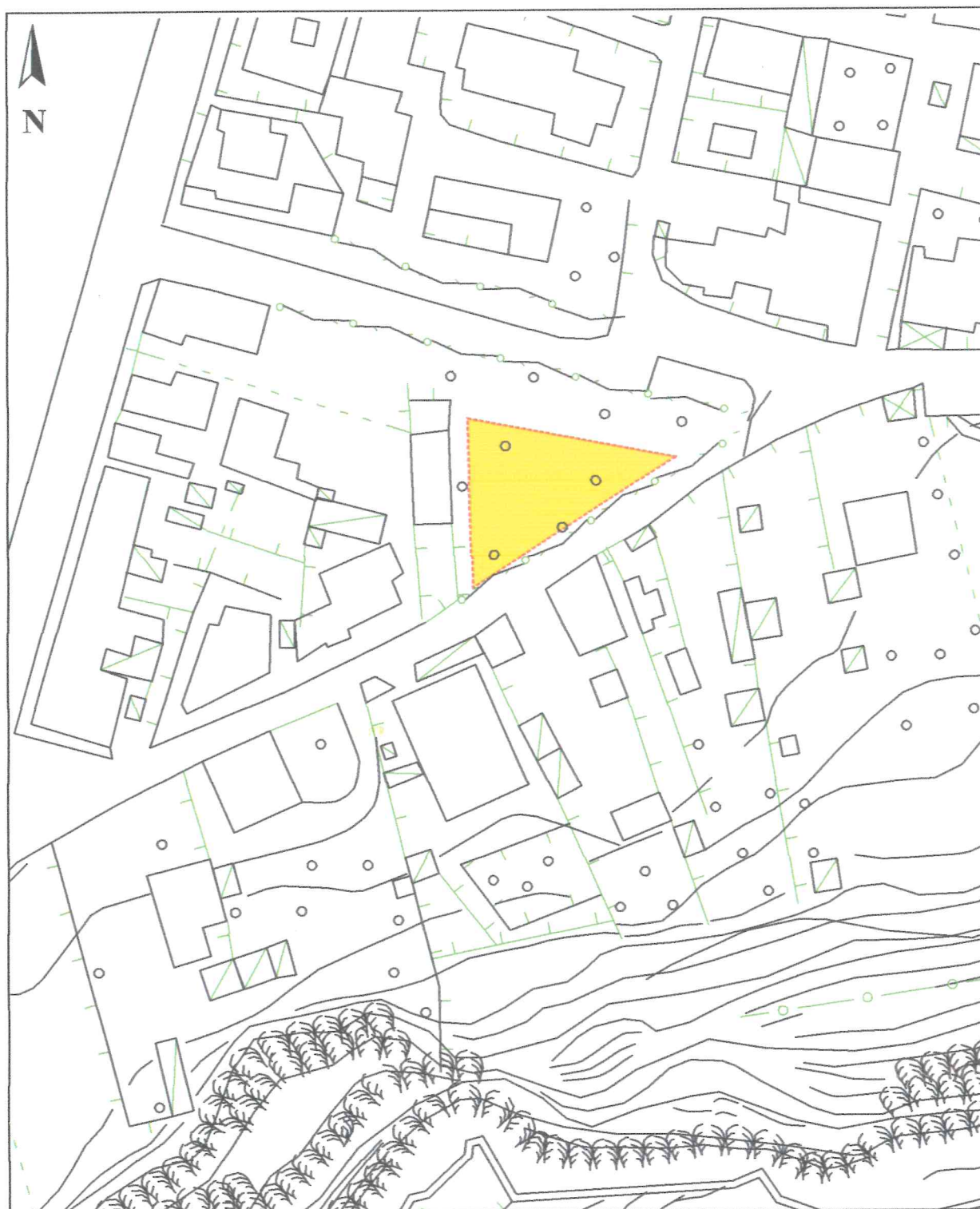
*Foglio n°4 part.418  
Comune di Milazzo.*

**EP**

**Geologia, Idrogeologia e Geotecnica**

Dott. Geologo Enrico Paulesu  
Via XXVI Maggio n. 11 98044  
San Filippo del Mela (Messina)  
Tel/Fax 090-932291 P. IVA 02550610832

## Stralcio planimetrico scala 1:1.000



**Area oggetto di variante urbanistica del P.R.G.**



**Geologia, Idrogeologia e Geotecnica**

Dott. Geologo Enrico Paulesu  
Via XXVI Maggio n° 11 98044  
San Filippo del Mela (Messina)  
Tel/Fax 090-932291 P. IVA 02550610832





**Geologia, Idrogeologia e Geotecnica**  
Dott. Geologo Enrico Ruffini  
Via XXVI Maggio n° 11 98044  
San Filippo del Mela (Messina)  
Tel/Fax 090-532251 P. IVA 02350400632

## FENOMENI FRANOSI

Crollo e/o ribaltamento

Colamento rapido

Sprofondamento

Scorrimento

Frana complessa

Espansione laterale o deformazione gravitativa (DGPV)

Colamento lento

Area a franosità diffusa

Deformazione superficiale lenta

Calanco

Dissesti conseguenti ad erosione accelerata

## Legenda

### STATO DI ATTIVITA'

Attivo

Inattivo

Quiescente

Stabilizzato artificialmente o naturalmente

Area oggetto di variante urbanistica del P.R.G.

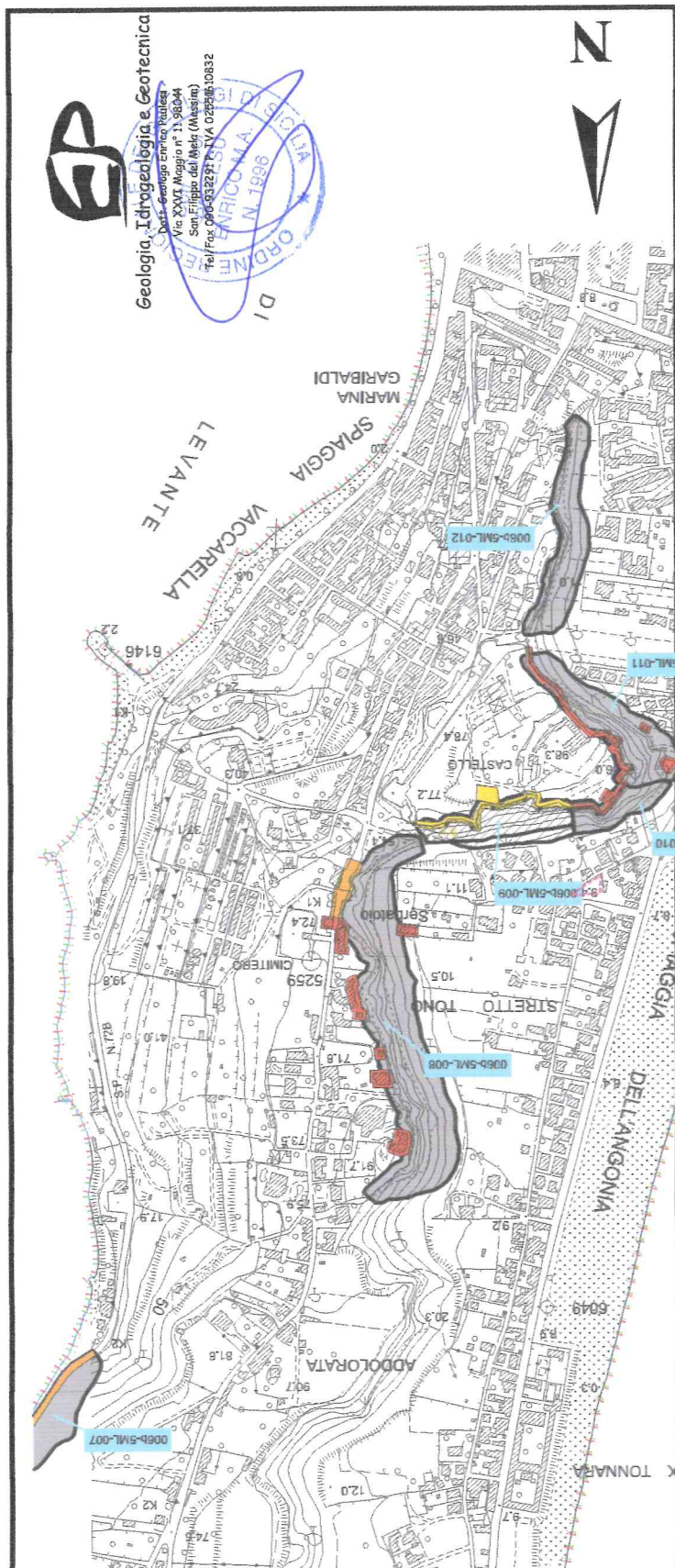
**Piano Stralcio di Bacino per l'assetto Idrogeologico**  
Art. 1 del D.L. 180 e L. 267/98 e SS.MM.II

Da P.A.I. T.te Corriolo (006), Area tra T.te Muto e  
T.te corriolo (006a) e Area tra T.te Corriolo e T.te Mela (006b)  
- Stralcio C.T.R. 587150

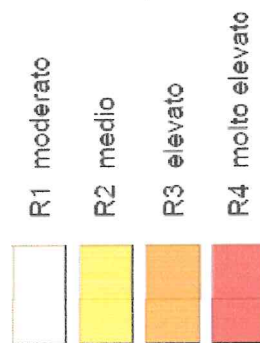
(Da cartografia dei dissesti N 2)



# STRALCIO "CARTA DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO N° 2 "Area territoriale tra i bacini del T.te Corriolo e T.te Mela" SCALA 1:10.000

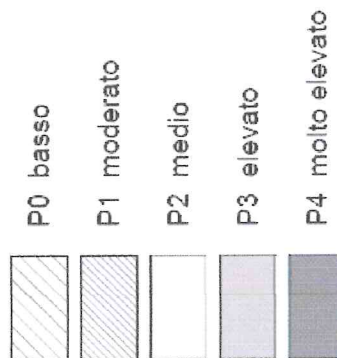


## LIVELLI DI RISCHIO



## Legenda

### LIVELLI DI PERICOLOSITA'



Area oggetto di variante urbanistica del P.R.G.

Piano Stralcio di Bacino per l'assetto Idrogeologico  
Art. 1 del D.L. 180 e L. 267/98 e SS.MM.II  
Da P.A.I. T.te Corriolo (006), Area tra T.te Muto e  
T.te corriolo (006a) e Area tra T.te Corriolo e T.te Mela (006b)  
- Stralcio C.T.R. 587150

(Da cartografia della pericolosità e del rischio geomorfologico N. 2)

# Carta della tipologia costiera e dell'evoluzione delle linee di riva N°5 Scala 1:10.000

REPUBBLICA ITALIANA



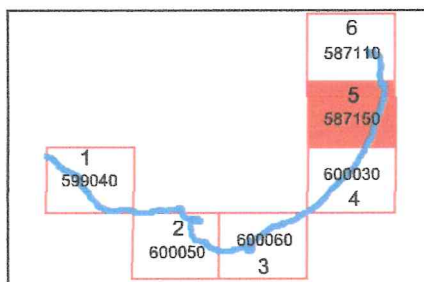
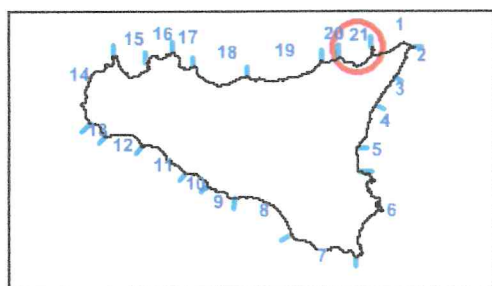
**Regione Siciliana**  
**Assessorato Territorio e Ambiente**

DIPARTIMENTO TERRITORIO E AMBIENTE  
Servizio 5 "DEMANIO MARITTIMO"  
Servizio 4 "ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO"

## Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

(ART.1 D.L. 180/98 CONVERTITO CON MODIFICHE CON LA L.267/98 E SS.MM.II.)

### UNITA' FISIOGRAFICA N° 21 da Capo Calavà a Capo Milazzo



## LEGENDA

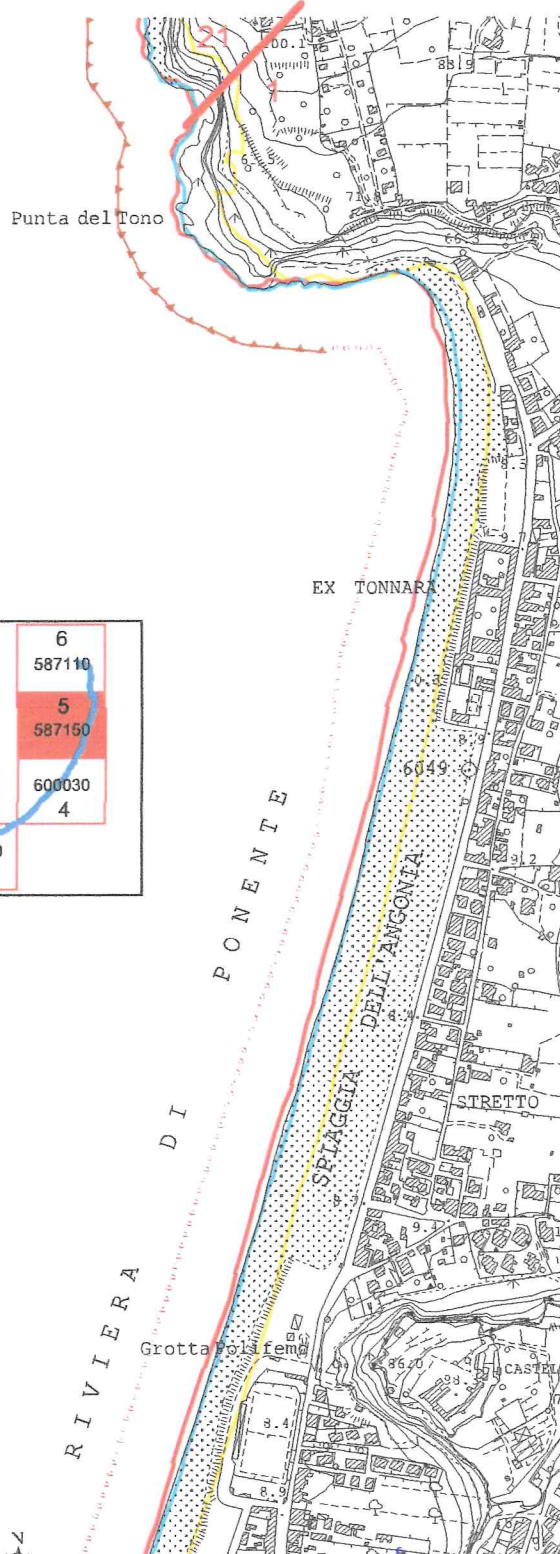
### Tipologia costiera

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

### Anni di rilievo

- 1976
- 1985
- 1998

△ Area oggetto di variante urbanistica del P.R.G.



**EP**  
Geologia, Idrogeologia e Geotecnica  
Dott. Geologo Enrico Paulesu  
Via XXVI Maggio n° 11 98044  
San Filippo del Mela (Messina)  
Tel/Fax 090-932291 P. IVA 02550610832



# Carta dell'evoluzione delle coste N°5 Scala 1:10.000

REPUBBLICA ITALIANA



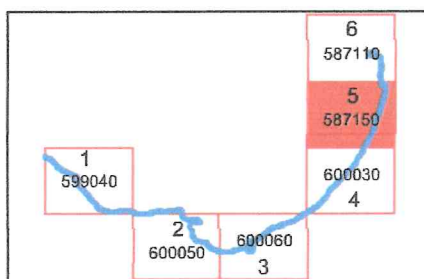
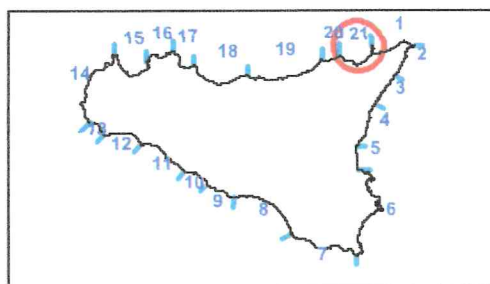
Regione Siciliana  
Assessorato Territorio e Ambiente

DIPARTIMENTO TERRITORIO E AMBIENTE  
Servizio 5 "DEMANIO MARITTIMO"  
Servizio 4 "ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO"

## Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

(ART.1 D.L. 180/98 CONVERTITO CON MODIFICHE CON LA L.267/98 E SS.MM.II.)

### UNITA' FISIOGRAFICA N° 21 da Capo Calavà a Capo Milazzo

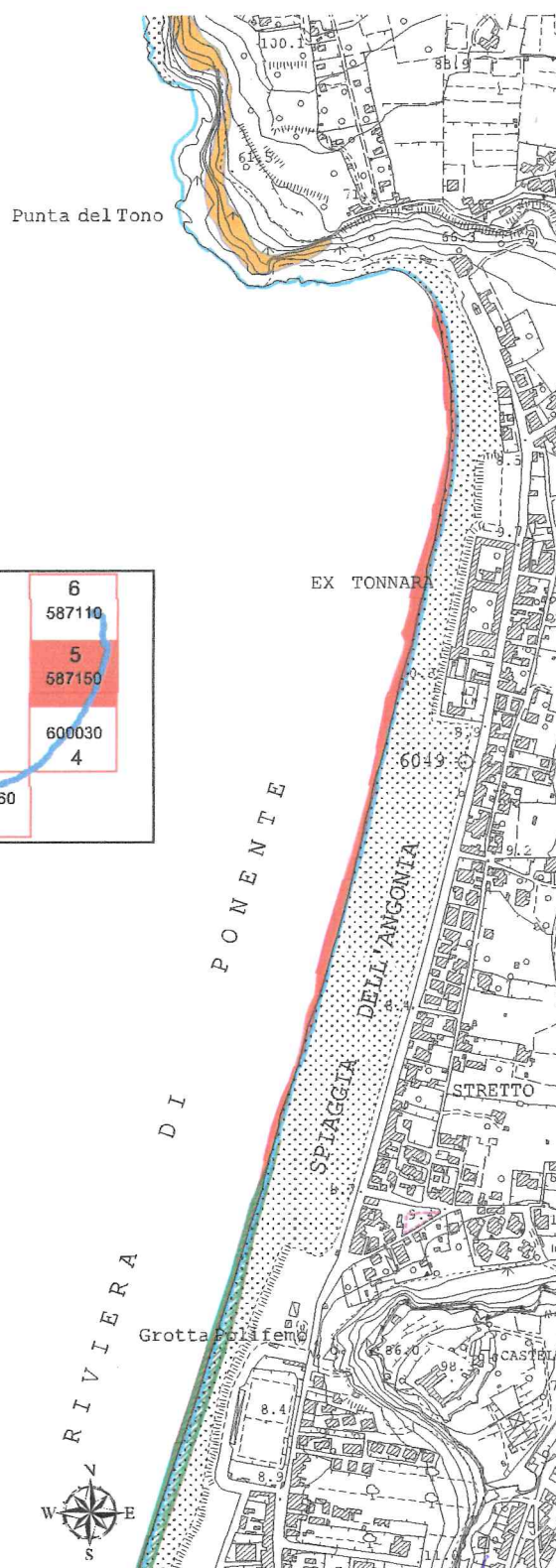


## LEGENDA

### Evoluzione delle coste

-  Arretramento 85-98
-  Avanzamento 76-85
-  Avanzamento 85-98
-  Falesie soggette a crolli

 Area oggetto di variante urbanistica del P.R.G.



**EP**  
Geologia, Idrogeologia e Geotecnica  
Dott. Geologo Enrico Faulesu  
Via XXVI Maggio n° 11 98044  
San Filippo del Mela (Messina)

Tel/Fax 090-932291 P. IVA 02580610832



# Carta della pericolosità e del rischio N°5 Scala 1:10.000

REPUBBLICA ITALIANA



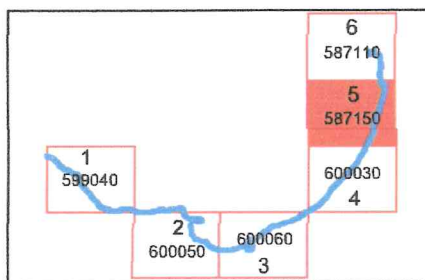
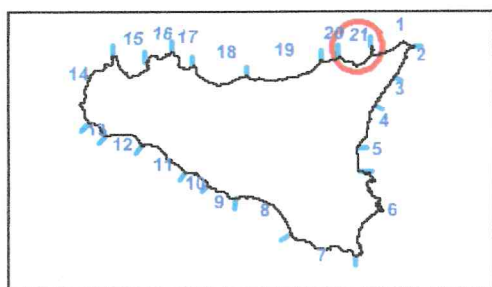
**Regione Siciliana**  
**Assessorato Territorio e Ambiente**

DIPARTIMENTO TERRITORIO E AMBIENTE  
Servizio 5 "DEMANIO MARITTIMO"  
Servizio 4 "ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO"

## Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

(ART.1 D.L. 180/98 CONVERTITO CON MODIFICHE CON LA L.267/98 E SS.MM.II.)

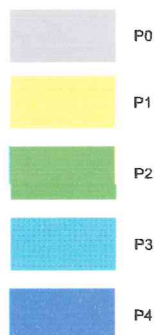
### UNITA' FISIOGRAFICA N° 21 da Capo Calavà a Capo Milazzo



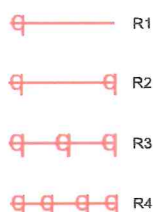
#### LEGENDA

— Linea di costa 1998

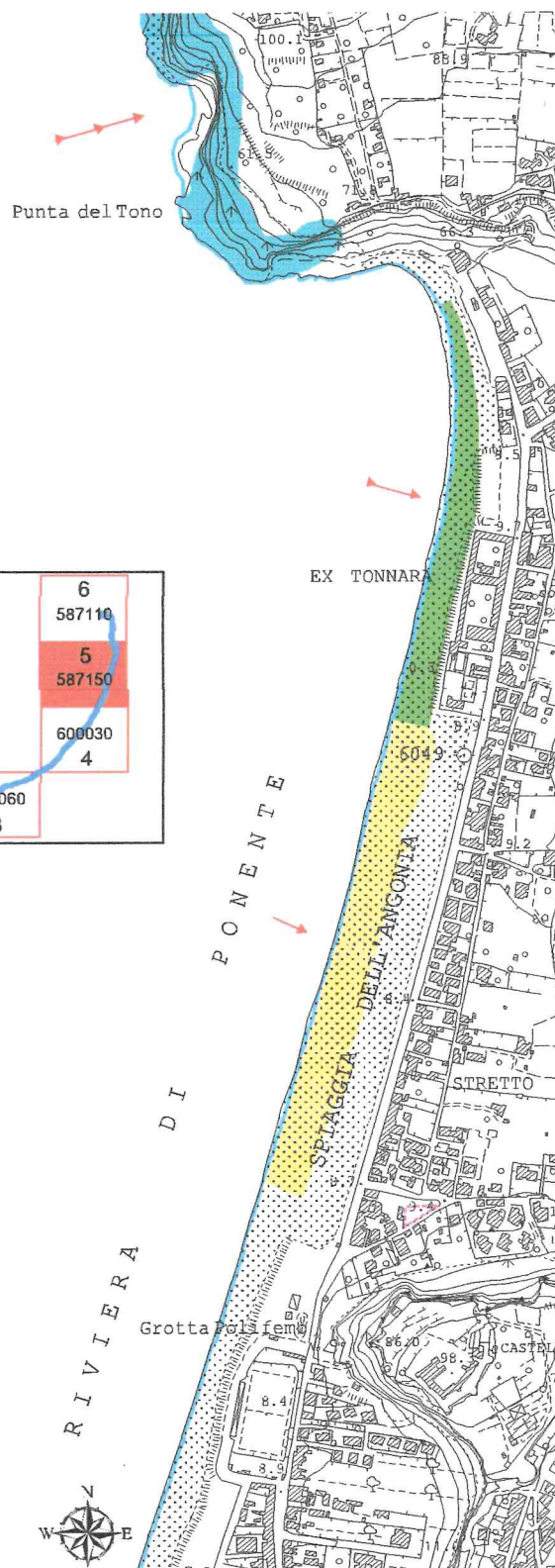
#### Pericolosità



#### Rischio



Area oggetto di variante urbanistica del P.R.G.



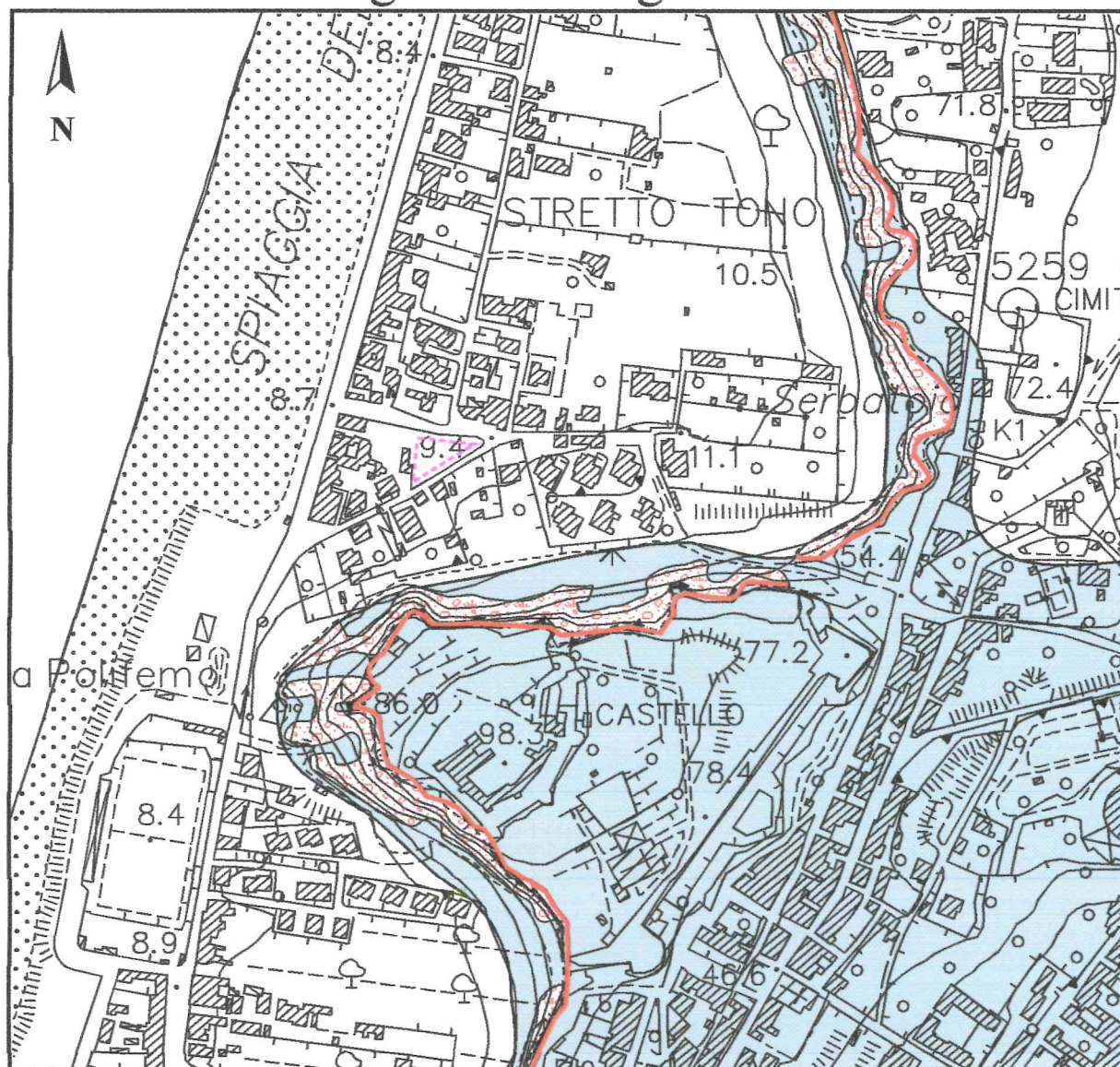
Geologia, Idrogeologia e Geotecnica

Dott. Geologo Enrico Falesu  
Via XXVI Maggio n° 11 98044  
San Filippo del Mela (Messina)

Tel/Fax 090-932291 P. IVA 02550610832

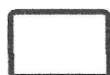


# Carta geomorfologica scala 1:5.000

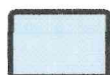


## LEGENDA

### LITOLOGIA DEL SUBSTRATO



**DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI RECENTI E DEPOSITI MARINI TERRAZZATI**  
Depositi alluvionali e marini terrazzati costituiti prevalentemente da sabbie e ghiaie



**COMPLESSO METAMORFICO DELL'ASPROMONTE**  
Rocce metamorfiche a grana da medio-grossa a minuta e tessitura da massiva ad orientata, passanti a rocce a tessitura scistosa e struttura porfiroblastica.

### FORME DI VERSANTE DOVUTE ALLA GRAVITA' E RELATIVI DEPOSITI



Area a franosità diffusa (prevalenti e crolli localizzati)



Orlo di scarpata e/o di terrazzo in degradazione con altezza  $\geq 8m$   
(prevalentemente per crolli e/o scivolamenti)

### Segni convenzionali



Area oggetto di Variante urbanistica del P.R.G.



Geologia, Idrogeologia e Geotecnica

Dott. Geologo Enrico M. A. Paulesu

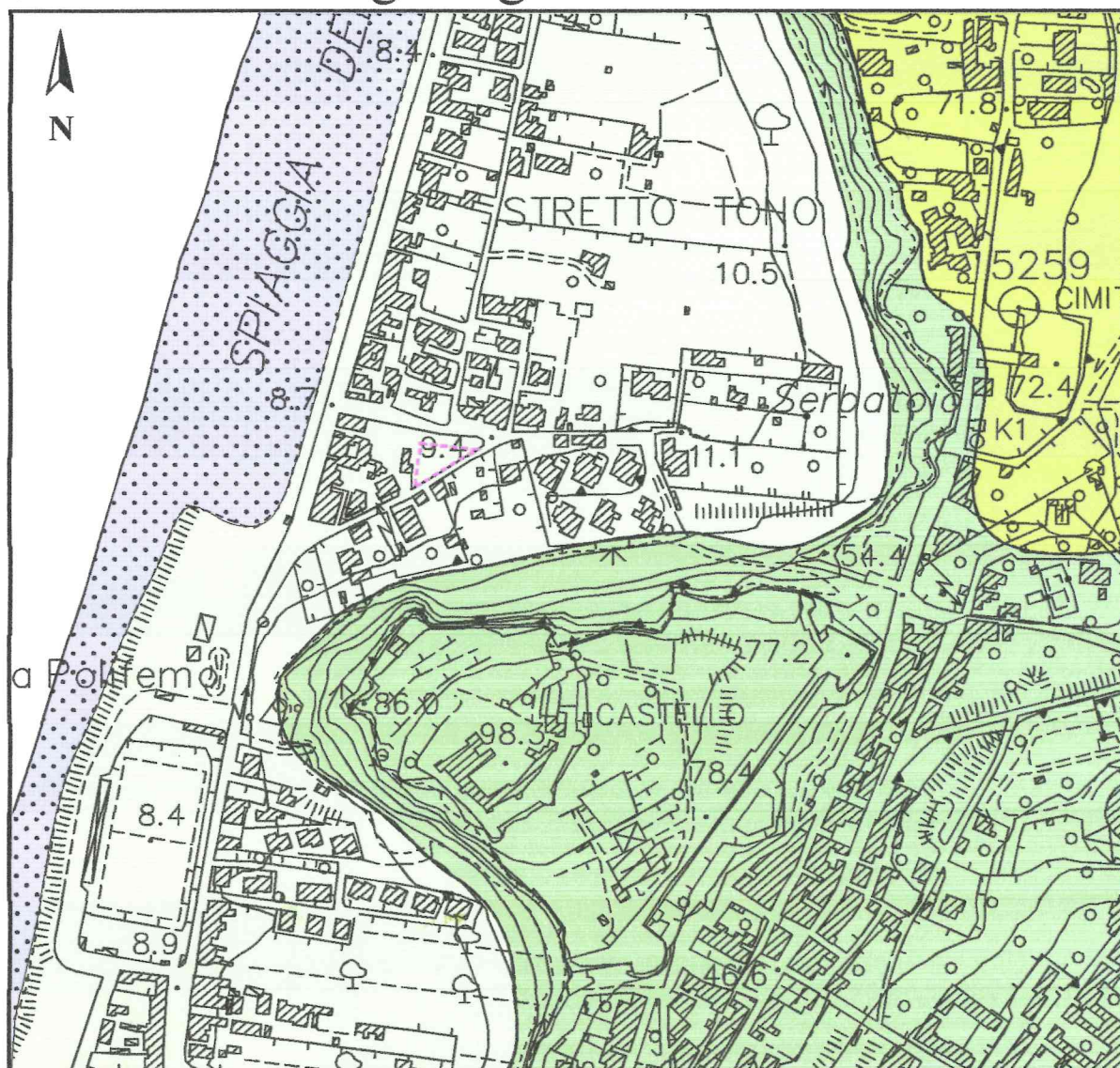
Via XXI Maggio n° 11 98044

San Filippo del Mela (Messina)

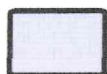
Tel/Fax 090-932291 P. IVA 02550610832



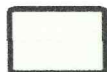
## Carta geologica scala 1:5.000



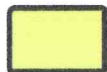
## LEGENDA

**SPIAGGE**

Depositi costieri costituiti prevalentemente da ghiaie frammiste a sabbie medio-grossolane e ciottoliben selezionate. Età: *Olocene*

**DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI**

Costituiti da ghiaie e ciottoli immersi in matrice sabbioso-limosa, sabbie e ghiaie ad assetto lentiforme secondo intrecci vertico- laterali indistinti, Età: *Olocene*

**DEPOSITI MARINI TERRAZZATI**

Costituiti da sabbie di colore giallo ocra talora ghiaiose e ghiaie a ciottoli arrotondati ed appiattiti eterometrici per lo più cristallini in matrice sabbiosa, si ritrovano lembi discontinui di sabbie e conglomerati contenenti molluschi di ambiente litorale e cineriti bruno-rossastre. Età: *Pleistocene Medio-Superiore (Tirreniano)*.

**COMPLESSO METAMORFICO DELL'ASPROMONTE**

paragneiss grigi a grana da medio-grossa a minuta e tessitura da massiva ad orientata, passanti a micascisti grigio-scuri a grana medio-grossa, tessitura scistosa e struttura porfiroblastica. Frequenti bande leucosomatiche quarzoso-feldspatico-muscovitiche e melanosomatiche biotitiche. Età: *PALEO-PROTEROZOICO*

**Segni convenzionali**

Limite stratigrafico



Area oggetto di Variante urbanistica del P.R.G.

Geologia, Idrogeologia e Geotecnica

Dott. Geol. PAULESU

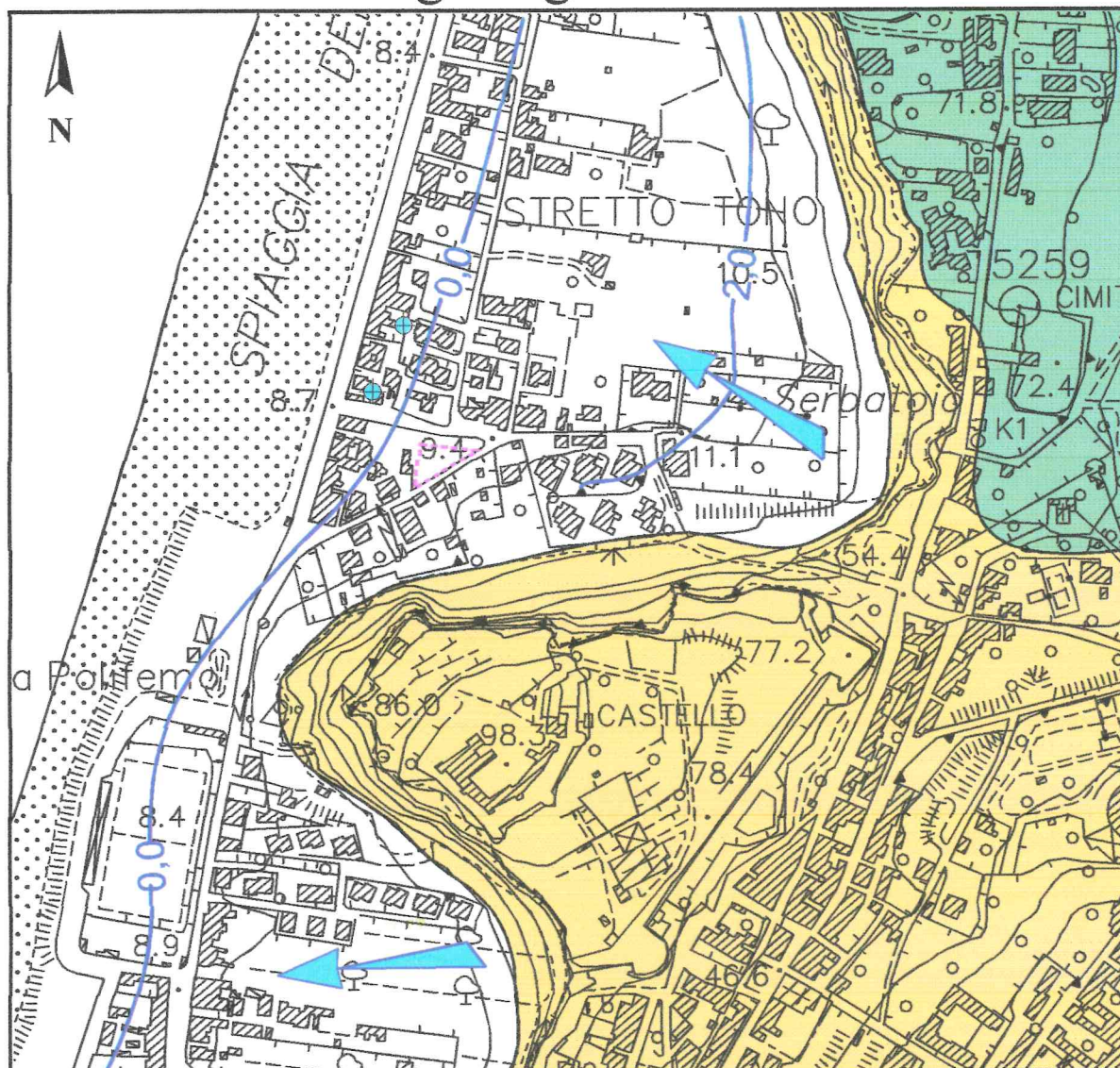
Via XXI Maggio n° 11 98044

San Filippo del Mela (Messina)

Tel/Fax 090-932291 P. IVA 02550610832



# Carta idrogeologica scala 1:5.000



## LEGENDA

CLASSIFICAZIONE IDROGEOLOGICA DEI TERRENI				
I	II	III	IV	V
<p><b>DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI E RECENTI.</b> Depositi costituiti da ghiaie e ciottoli immersi in matrice sabbioso-limoso, sabbie e ghiaie ad assetto lentiforme secondo intrecci vertico-laterali indistinti. Permeabilità generalmente elevata per porosità, seppur condizionata dalla presenza di componente fine. Presenza di falda continua di tipo freatico a basso gradiente idraulico. Lo spessore dei depositi alluvionali di piana costiera varia nei diversi settori in cui sono presenti, ma in genere si attestaintorno a 20-30 m, costituendo di fatto un piccolo acquifero locale.</p>				
<p><b>DEPOSITI MARINI TERRAZZATI.</b> Prevalenti ghiaie grossolane e sabbie ghiaiose, frammenti a passate ciottolose, in matrice limo-argillosa, organizzati secondo una stratificazione generalmente indistinta, talora evidenziata da cambi granulometrici. Si tratta di accumuli discretamente addensati a geometria tabulare sovrastanti il promontorio del Capo di Milazzo. Permeabilità medio-bassa per porosità. Scarso interesseidrogeologico per la posizione e per gli spessori limitati a pochi metri, tuttavia sono possibili falde a carattere transiente, localmente anche sospese, fortemente influenzate dagli apporti meteorologici.</p>				
<p><b>COMPLESSO METAMORFICO DELL'ASPROMONTE.</b> Rocce interessate da fitte reti di pieghettature, frequenti ondulazioni ed un grado di fratturazione maggiormente marcato nella parte più superficiale, che rende l'ammasso roccioso assimilabile ad una "roccia dotata di medio-bassa permeabilità per fratturazione". La possibile instaurazione di modeste falde, va ricercata al contatto tra la coltre alterata superficiale e la roccia in posto, in prossimità del passaggio di permeabilità, e in concomitanza della stagione piovosa.</p>				

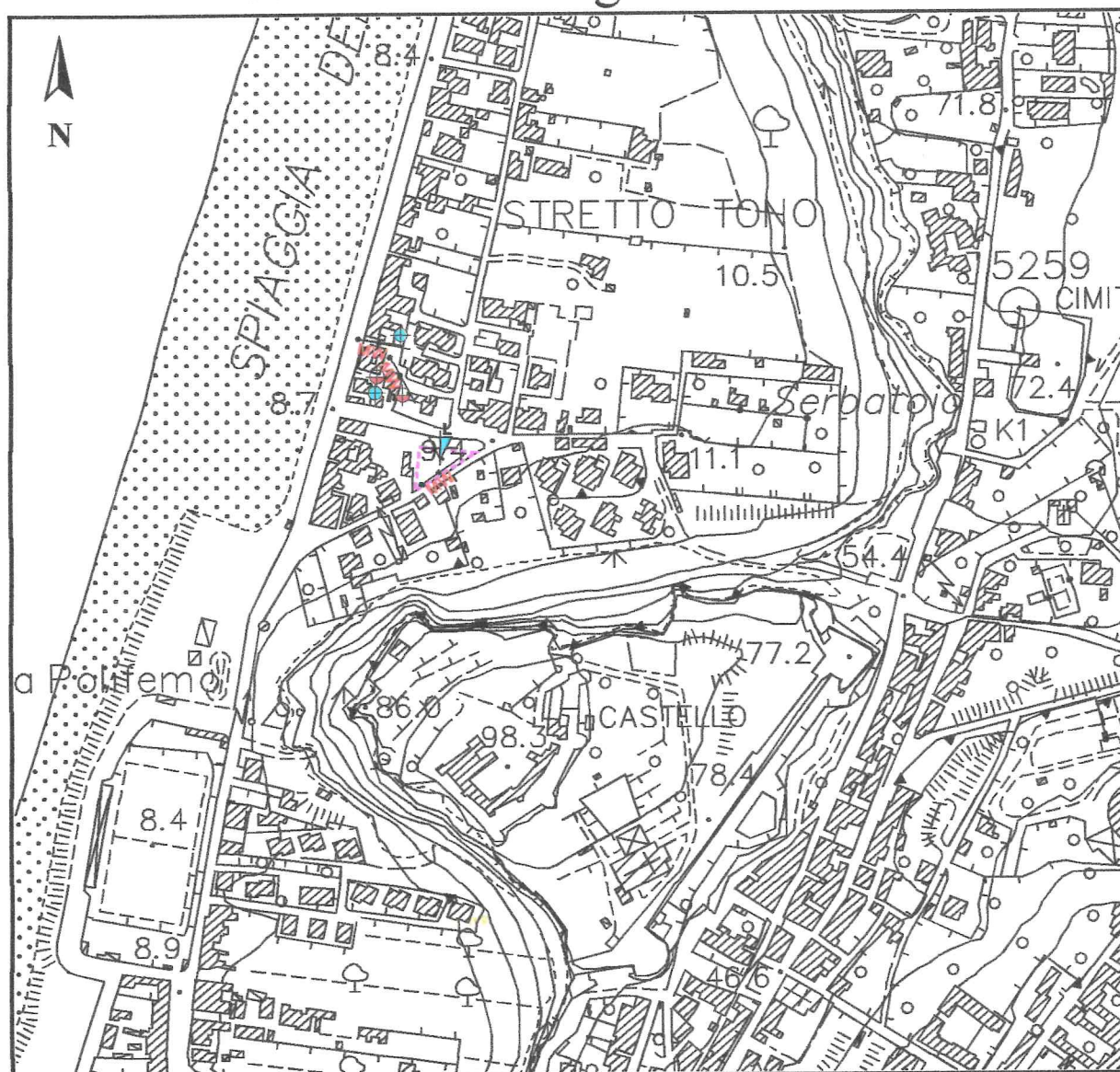
### Segni convenzionali

- Limite dei complessi idrogeologici
- Curva isopiezometrica e relativa quota sul livello del mare
- Direzione preferenziale del deflusso sotterraneo
- Pozzo per acqua scavato ad uso domestico
- Area oggetto di Variante urbanistica del P.R.G.

**EP**  
 Geologia, Idrogeologia e Geotecnica  
 Dott. Geologo Enrico M. A. Paulau  
 Via XXI Maggio n° 11 98044  
 San Filippo del Mela (Messina)  
 Tel/Fax 090-932291 P. IV / 02550610832



# Carta delle indagini scala 1:5.000



## LEGENDA



Prova penetrometrica dinamica leggera (DL)



Pozzo per acqua ad uso domestico (PA)



Pozzetto esplorativo (T)



Sondaggio sismico MASW



Area oggetto di Variante urbanistica del P.R.G.



Geologia, Idrogeologia e Geotecnica

Dott. Geologo Enrico M. A. Paulesu

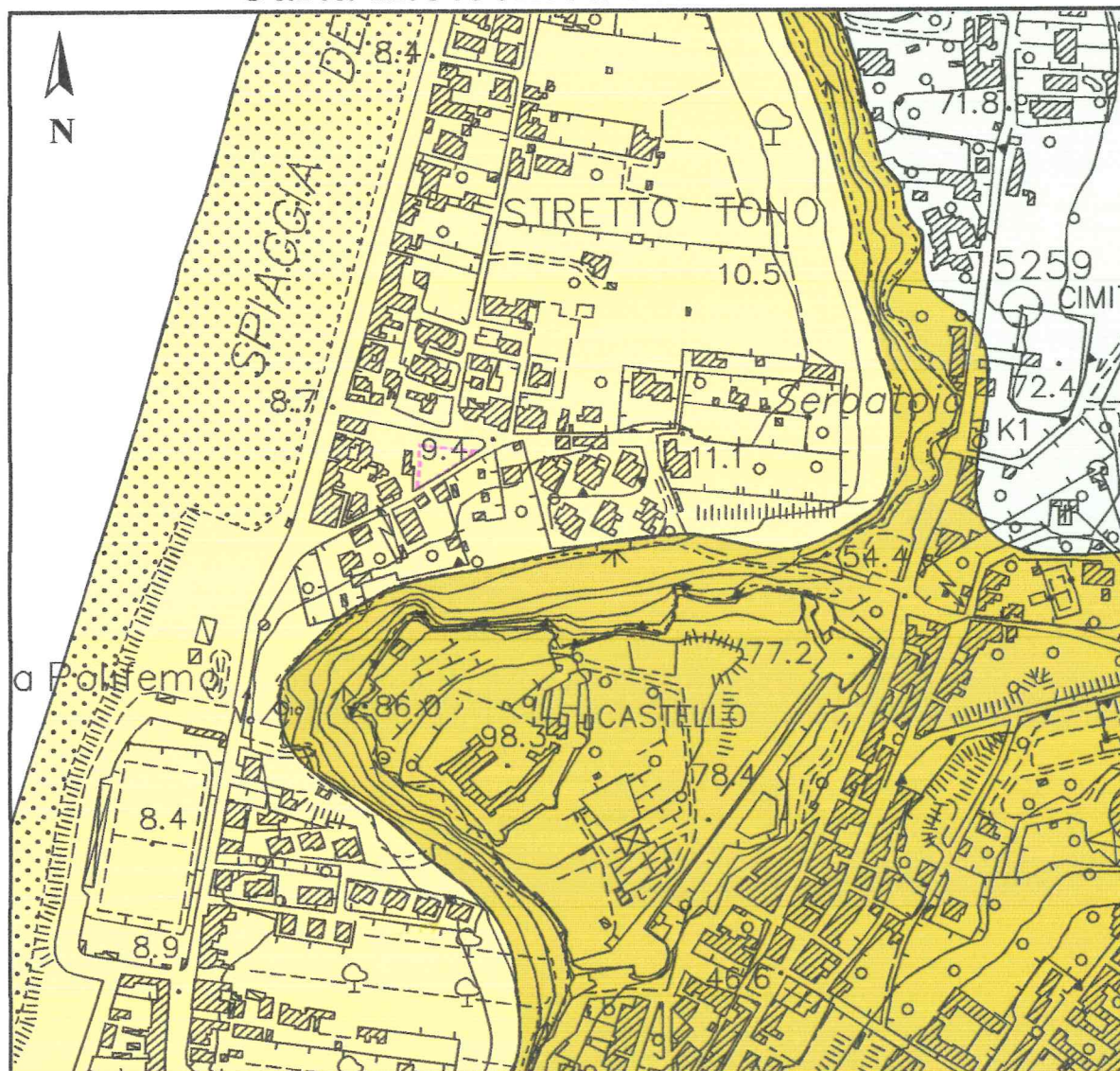
Via XXI Maggio n° 11 98044

San Filippo del Mela (Messina)

Tel/Fax 090-932291 P. IVA 02550610832



# Carta litotecnica scala 1:5.000



## LEGENDA

### UNITÀ LITOTECNICHE DI COPERTURA

**DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI E RECENTI.** Terreni granulari sciolti, generalmente da poco a moderatamente addensati, a comportamento prevalentemente attritivo, intrinsecamente caratterizzati da intrecci lentiformi vertico-laterali di sedimenti eterogenei riferibili a tutto lo spettro granulometrico (da ciottoli e blocchi fino a limi e argille). Le caratteristiche fisico-meccaniche sono piuttosto variabili e condizionate dalla presenza della componente fine, dal grado di addensamento e dalla presenza di acqua di falda. Classificazione secondo l'Allegato D della Circolare A.R.T.A. N° 28807/14: D1-D2-E1-E1c-E2-E2c-F1c.

Parametri geomeccanici orientativi e di massima:

Peso di Volume  $\gamma_n = 1,70 \div 1,90 \text{ t/m}^3$  Angolo d'attrito  $\phi = 22^\circ \div 30^\circ$  Coesione  $C = 0,00 \text{ t/m}^2$

**DEPOSITI MARINI TERRAZZATI.** Terreni granulari sciolti, da poco a ben addensati, a comportamento prevalentemente attritivo e subordinatamente misto attritivo-coesivo. Non consolidati ed allentati nei livelli superiori e caratterizzati prevalentemente da sabbie ghiaiose con ciottoli sparsi in matrice interstiziale limo-argillosa, generalmente con fabric grano-sostenuto. Il comportamento geomeccanico nel complesso risulta da buono a mediocre, condizionato dalla presenza delle frazioni granulometriche fini e dalla loro natura mineralogica, dal loro spessore e dal loro grado di addensamento. Classificazione secondo l'Allegato D della Circolare A.R.T.A. N° 28807/14: D1-D2-E2-E2c.

Parametri geomeccanici orientativi e di massima:

Peso di Volume  $\gamma_n = 1,75 \div 1,95 \text{ t/m}^3$  Angolo d'attrito  $\phi = 25^\circ \div 30^\circ$  Coesione  $C = 0,00 \div 0,05 \text{ t/m}^2$

### UNITÀ LITOTECNICHE DI SUBSTRATO

**COMPLESSO METAMORFICO DELL'ASPROMONTE.** Terreni costituiti da paragneiss grigi a grana da medio-grossa a minuta e tessitura da massiva ad orientata, passanti a micascisti grigio-scuri a grana medio-grossa, tessitura scistosa e struttura porfiroblastica. Rientrano nella categoria degli ammassi lapidei con scistosità evidente. Il comportamento geomeccanico del tipo rigido-coesivo. Classificazione secondo l'Allegato D della Circolare A.R.T.A. N° 28807/14: E2 MTM.

Parametri geomeccanici orientativi e di massima:

Peso di Volume  $\gamma_n = 1,95 \div 2,10 \text{ t/m}^3$  Angolo d'attrito  $\phi = 30^\circ \div 33^\circ$  Coesione  $C = 0,50 \div 2,00 \text{ t/m}^2$

### Segni convenzionali

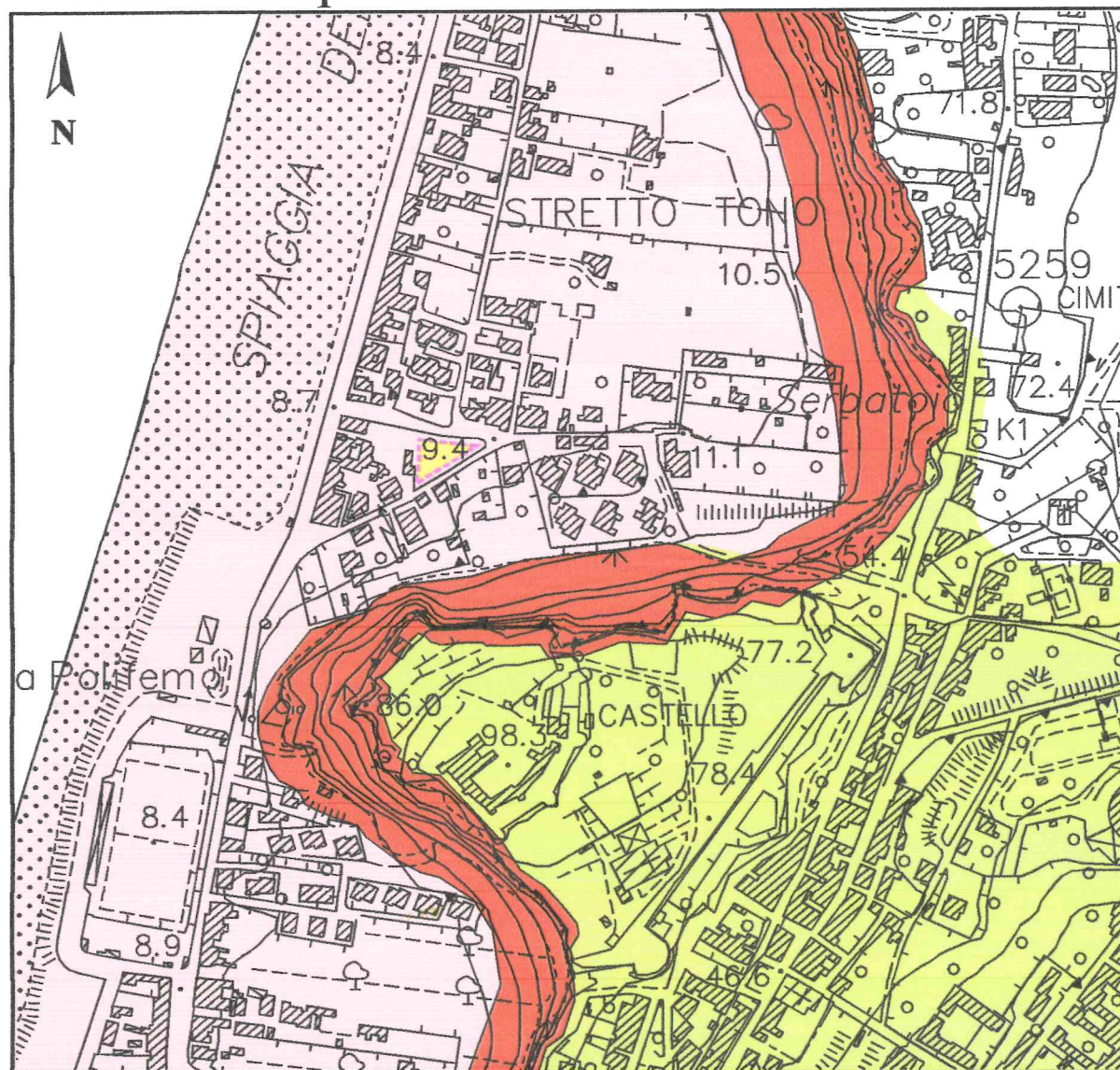
— Limite delle unità litotecniche



Area oggetto di Variante urbanistica del P.R.G.

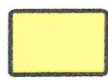

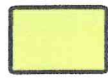


# Carta della pericolosità sismica scala 1:5.000

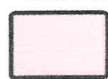



## LEGENDA



### ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

-  Area con terreni sabbiosi, sabbioso-limosi o sabbioso-ghiaiosi frammati a ciottoli e con superficie della falda freatica compresa entro 15 m dal p.c. Area per la quale è stata eseguita la verifica del potenziale di liquefazione mediante l'esecuzione di prove in sito (**misure sismiche e prove penetrometriche dinamiche continue**), utilizzando metodi semplificati e che hanno consentito di classificare i terreni affioranti come depositi non soggetti al fenomeno della liquefazione.
-  Aree in cui affiorano terreni granulari sciolti eterogenei costituiti da sabbie e sabbie limose con frequenti intrecci lentiformi vertico-laterali, generalmente da poco a moderatamente addensati. Spessori massimi supposti della copertura di terrazzo marino 5m, sovrapposti ad un substrato non rigido con velocità delle onde di taglio  $V_s < 800$  m/s.
-  Aree in cui affiorano terreni di substrato metamorfico non rigido con velocità delle onde di taglio  $V_s < 800$  m/s.

### ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ

-  Area con terreni sabbiosi, sabbioso-limosi o sabbioso-ghiaiosi frammati a ciottoli e con superficie della falda freatica  $\leq 15$  m e pertanto soggetti al fenomeno della liquefazione.
-  Aree di potenzialmente soggette ad instabilità di versante per fenomeni sismo-indotti locali e/o diffusi a dinamica veloce del tipo crolli e/o scivolamenti planari superficiali.

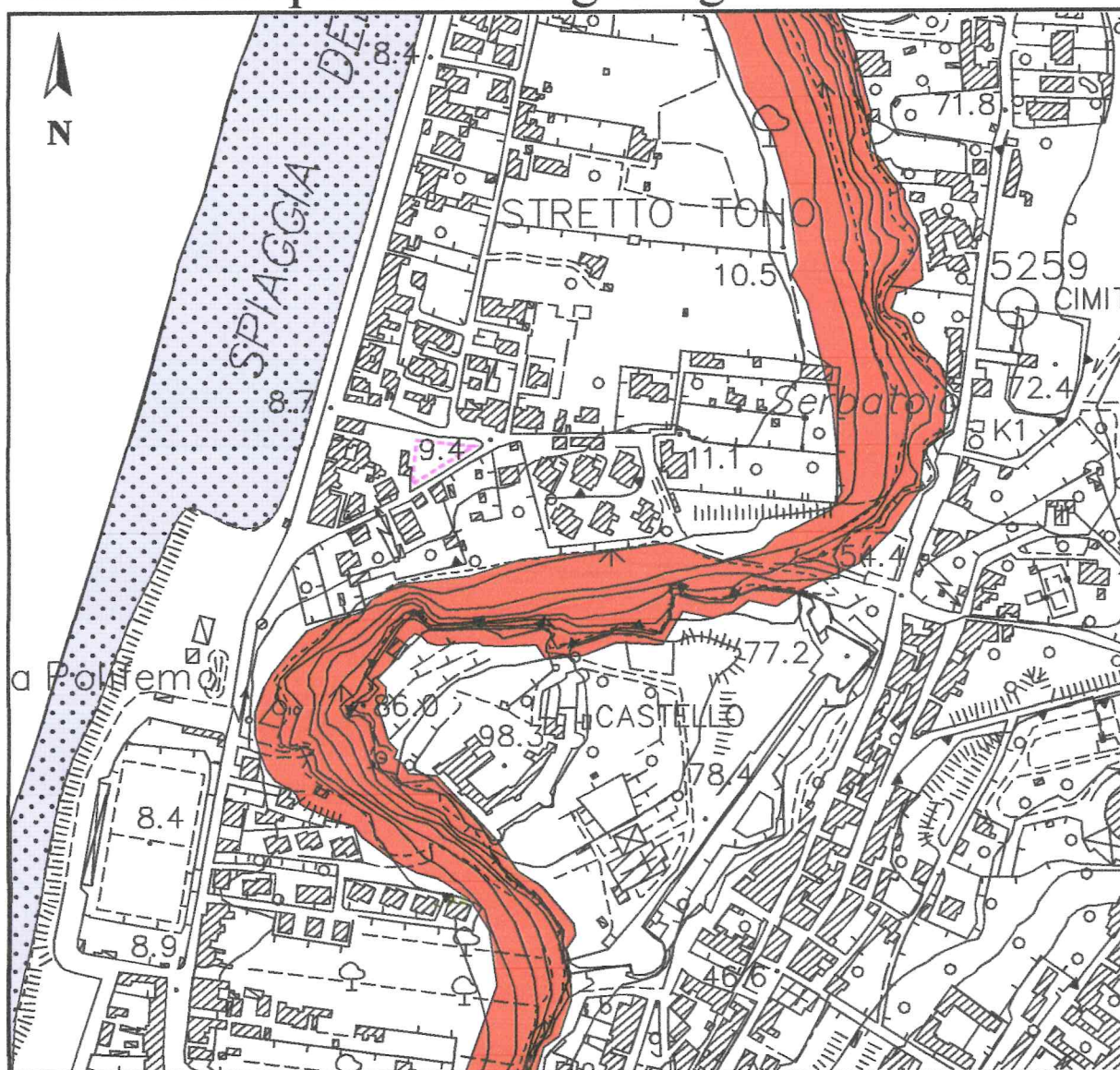
### Segni convenzionali

-  Limite di zona sismica
-  Area oggetto di Variante urbanistica del P.R.G.

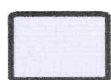
**Geologia, Idrogeologia e Geotecnica**  
 Dott. Geologo Enrico M. A. Paulesu  
 Via XXI Maggio n° 11 98044  
 San Filippo del Mela (Messina)  
 Tel/Fax 090-932291 P. IVA 02550610832



# Carta della pericolosità geologica scala 1:5.000



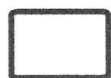
## LEGENDA



Aree costiere di spiaggia caratterizzate da erosione ad opera del moto ondoso ordinario.  
**PERICOLOSITA' ELEVATA**



Aree di versante potenzialmente sorgenti di innesco di fenomeni franosi locali e/o diffusi a dinamica veloce del tipo crolli e/o scivolamenti planari superficiali.  
**PERICOLOSITA' ELEVATA**



Aree geomorfologicamente stabili senza particolari fattori incidenti sulla edificabilità e per le quali comunque dovrà essere direttamente osservato quanto prescritto dalla normativa tecnica vigente.  
**PERICOLOSITA' DA BASSA A NULLA**

## Segni convenzionali



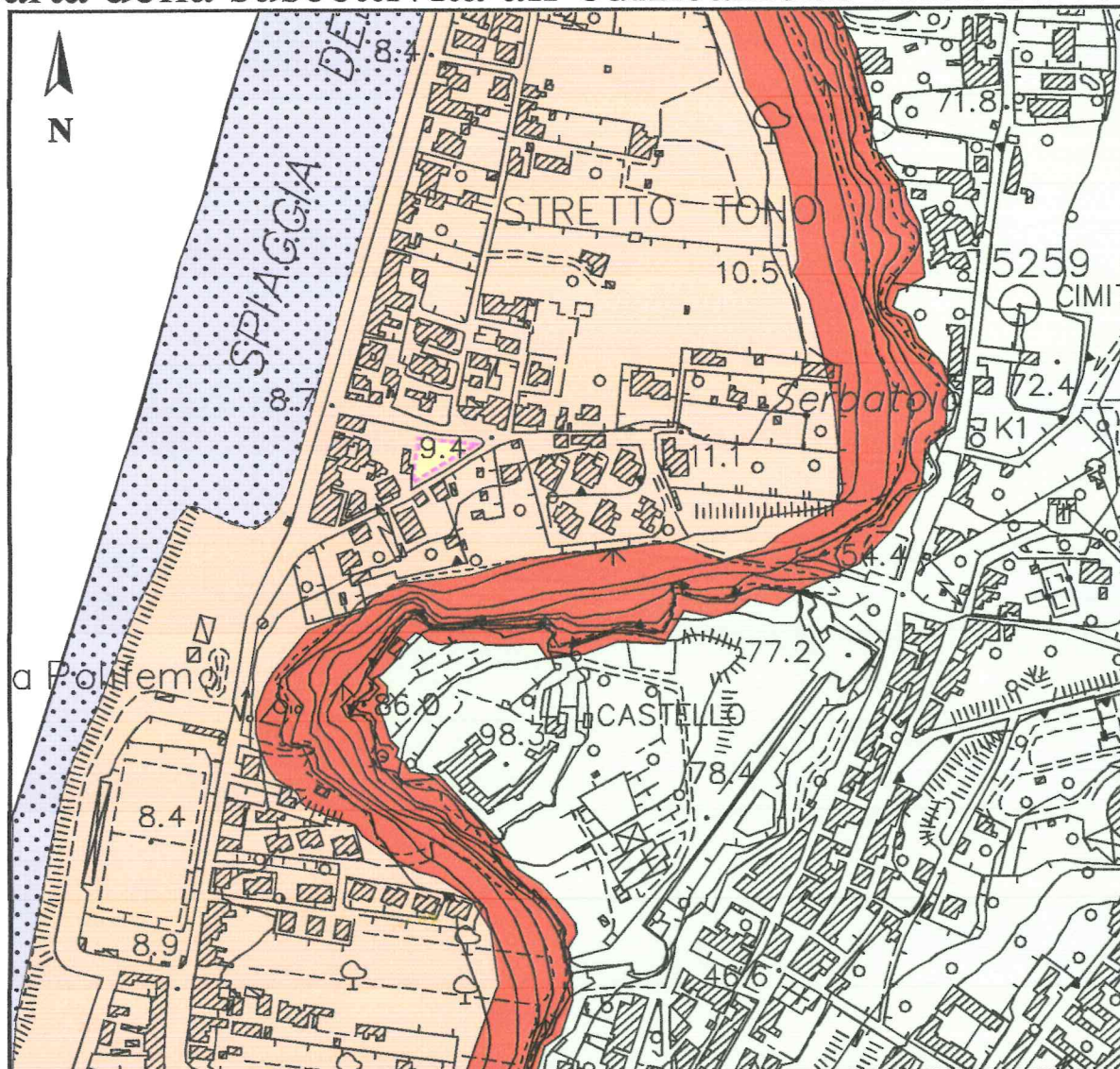
Area oggetto di Variante urbanistica del P.R.G.









Geologia, Idrogeologia e Geotecnica  
Dott. Geologo Enrico M. A. Paleari  
Via XXI Maggio n° 11 98044  
San Filippo del Mela (Messina)  
Tel/Fax 090-932291 P. IVA 02550610832



# Carta della suscettività all'edificazione scala 1:5.000



## LEGENDA

-  Aree costiere di spiaggia a pericolosità elevata, caratterizzate da erosione ad opera del moto ondoso ordinario.
-  **AREE A SUSCETTIVITA' NULLA:** Aree in cui ogni previsione insediativa è da ritenersi incompatibile, con fattibilità limitata ad interventi conservativi e di ripristino volti alla riduzione del rischio di erosione della costa.
-  Aree di versante ad elevata pericolosità potenzialmente interessati da fenomeni franosi locali e/o diffusi a dinamica veloce del tipo crolli e/o scivolamenti planari superficiali. **SUSCETTIVITA' DA BASSA A NULLA :** aree in cui la fattibilità è limitata ad interventi edificatori di modesta incidenza, previo accertamento della effettiva compatibilità geomorfologica, i cui condizionamenti dovranno essere eliminati con interventi volti alla messa in sicurezza e mitigazione del rischio.
-  Aree geomorfologicamente stabili caratterizzate dalla presenza di terreni alluvionali con superficie della falda freatica indicativamente  $\leq 15$  m dal piano campagna. **SUSCETTIVITA' ALTA:** aree senza particolari limitazioni d'uso edificatorio, subordinate alla verifica preventiva del potenziale di liquefacibilità in condizioni sismiche, così come previsto nel D.M. 14 gennaio 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni" e alla eventuale realizzazione di interventi volti alla riduzione del rischio di liquefazione.
-  Aree geomorfologicamente stabili caratterizzate dalla presenza di terreni alluvionali con superficie della falda freatica indicativamente  $\leq 15$  m dal piano campagna. **SUSCETTIVITA' ALTA:** aree senza particolari limitazioni d'uso edificatorio, per la quale è stata eseguita la verifica del potenziale di liquefazione mediante l'esecuzione di prove in sito (**misure sismiche e prove penetrometriche dinamiche continue**), utilizzando metodi semplificati e che hanno consentito di classificare i terreni affioranti come depositi non soggetti al fenomeno della liquefazione in condizioni sismiche.
-  Aree a pericolosità da bassa a nulla, geomorfologicamente stabili. **SUSCETTIVITA' ALTA:** aree a suscettività d'uso ampia senza particolari fattori incidenti sulla edificabilità e/o modifica della destinazione d'uso e per le quali comunque dovrà essere direttamente osservato quanto prescritto dalla normativa tecnica vigente per le costruzioni.

## Segni convenzionali



Area oggetto di Variante urbanistica del P.R.G.