



CITTA' METROPOLITANA DI MESSINA

3^a Direzione – Viabilità Metropolitana

PROGETTO ESECUTIVO

(Art. 23 Comma 8 D. Lgs. 18 aprile 2016 N° 50)

**MASTERPLAN - Patto per lo sviluppo della Città Metropolitana di Messina
Lavori urgenti per la ricostruzione del piano viabile franato e regimentazione
delle acque meteoriche lungo la S. P. 167 dell'Ancipa nel tratto compreso tra il
km 2+000 e il km 14+000**

Elaborati: <ol style="list-style-type: none">1. RELAZIONE TECNICA2. ELABORATI GRAFICI3. ANALISI PREZZI4. ELENCO PREZZI5. COMPUTO METRICO E QUADRO ECONOMICO6. ELABORATI DI CALCOLO	<ol style="list-style-type: none">7. PIANO PARCELLARE D'ESPROPRIO ED ELENCO DITTE8. STIMA COSTI DI SICUREZZA AZIENDALE9. TEMPI DI ESECUZIONE10. CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO11. PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO12. PIANO DI MANUTENZIONE DELL'OPERA
--	--

Messina, lì 08/06/2020

I PROGETTISTI: Geom. Antonino LETIZIA  Geom. Carmelo MANGANO 	 VISTI E APPROVAZIONI: Visto: IL RUP  VALIDAZIONE PROGETTO Art. 26 del D. Lgs N° 50/2016 Verbale in data <u>09-11-2020</u> APPROVAZIONE IN LINEA TECNICA Art. 5, comma 3 L. R. N° 12/2011 PARERE N° <u>55</u> del <u>09-11-2020</u> IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO ing. Rosario BONANNO 
--	--

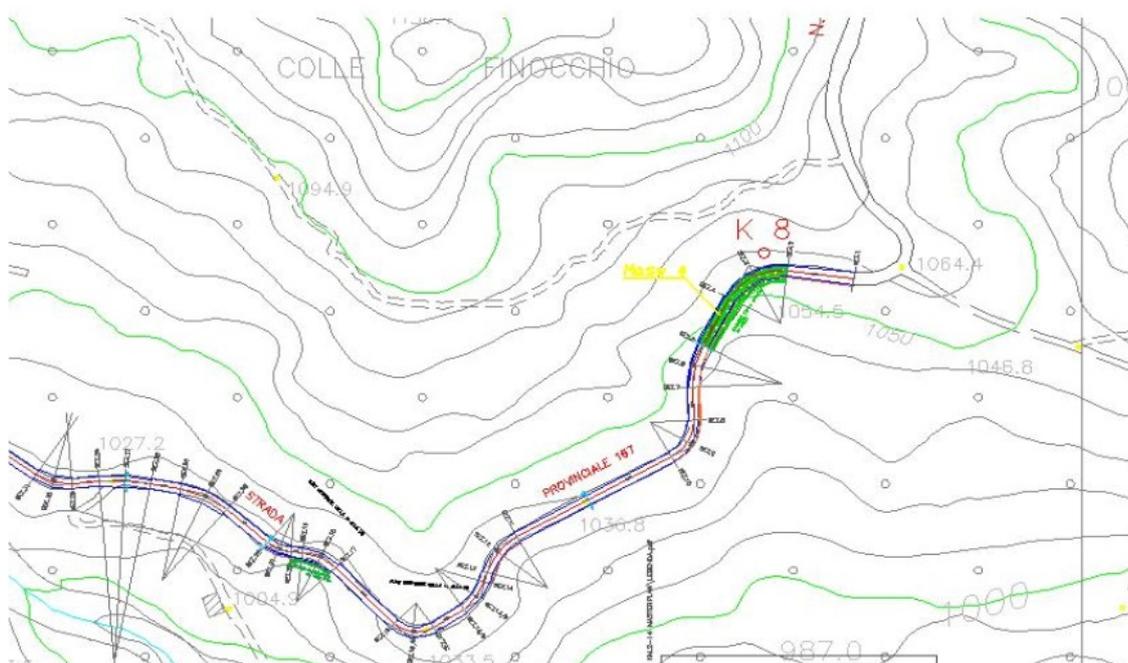
OGGETTO: *Lavori urgenti per la ricostruzione del piano viabile franato e regimentazione delle acque meteoriche lungo la S. P. 167 dell'Ancipa nel tratto compreso tra i km 2+000 e il km 14+000*

RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

Il progetto prevede l'intervento per la messa in sicurezza del tratto di strada in frana dal Km. 2+000 circa, al km 14 +000 della S.P. N° 167 "Ancipa" che collega il Comune di San Teodoro con i comuni dell'Ennese passando per la diga dell'Ancipa. Il tratto stradale in esame procede a mezza costa, attraversando lungo il percorso alcuni compluvi; la zona geografica interessata è individuata nella carta tecnica regionale dell'Ass.to Territorio e Ambiente, alla sezione n° 6111160 "Serra Castagna" e 611150 "lago Ancipa". In particolare l'intervento oggetto della presente relazione è la costruzione di terre armate in vari tratti dal km 8+000 al km 12+500 ove vi sono stati dei cedimenti del corpo stradale probabilmente per cattiva regimentazione delle acque superficiali.

Inquadramento Planimetrico

I tratti di intervento sono riportati nelle tavole grafiche di progetto. A titolo esemplificativo si riporta il tratto di carreggiata da ricostruire al km 8+000 in quanto quello più significativo.



Il tratto stradale oggetto di intervento costituisce l'unica via di collegamento tra l'abitato del Comune di San Teodoro e il lago Ancipa dove insistono impianti di produzione di energia idroelettrica oltre a numerose aziende agronomiche e zootecniche.

Il presente progetto è inserito nella programmazione Masterplan per l'area vasta della Città Metropolitana di Messina delibera CIPE n° 26/2016;

L'intervento in progetto si è reso necessario per il miglioramento delle condizioni di percorribilità della strada che presenta diverse criticità che rendono difficoltoso il transito. In particolare al km 8+000 una frana ha negli anni addietro interrotto il transito veicolare. Il ripristino del transito avvenne, nell'immediato, con intervento urgente. Con questo progetto si intende ripristinare il transito mediante la ricostruzione del corpo stradale con costruzione di terre armate.

Descrizione dell'intervento

L'intervento prevede pertanto:

- **Al km 8+000:** la realizzazione di un tratto di carreggiata stradale con costruzione di terre armate di altezza variabile con un massimo di altezza di ml 3,20.
- le terre armate saranno poggiate nella parte integra del terreno una volta asportato il terreno in frana anche se ormai consolidato.
- Sarà ricostituito il sottofondo stradale in misto granulometrico, tout-venant per la livellazione della sede stradale, e la bitumazione della zona di intervento;
- Inoltre saranno eseguiti altri piccoli interventi quali la collocazione di barriera protettiva lato valle, per la sicurezza del transito.
- **Al km 11+400 e al km 11+700** sono previsti altri due interventi di costruzione di terre armate di minore entità aventi lo scopo di stabilizzare il rilevato stradale reso instabile e ondulato per il cattivo convogliamento delle acque meteoriche. In questo caso le altezze delle terre armate sono di minore entità e sono riportate graficamente nelle tavole grafiche n° 6 e n° 7

Materiali da costruzione

le terre armate saranno realizzate preliminarmente asportando il terrapieno esistente fino a raggiungere la parte di terreno integro con caratteristiche meccaniche sufficienti per la stabilità del nuovo rilevato. La parte di rilevato da ricostruire non potrà avere una larghezza inferiore a 4 metri dato che le geogriglie di rinforzo hanno la base orizzontale della profondità di metri 4. Con le geogriglie si riesce a migliorare la performance del terreno. La geogriglia di rinforzo utilizzata in combinazione con il suolo, permette una performance del suolo migliore di quella che sarebbe nel suo stato non rinforzato. Inoltre, permette ai suoli di sostenere carichi maggiori e sostenersi su pendii più acclivi. Le geogriglie sono disposte orizzontalmente all'interno della massa di terreno compattata durante la costruzione, rinforzandolo a causa della loro resistenza alla trazione elevata, bassa deformabilità e buona interazione con il terreno. Il terreno di riempimento delle geogriglie dovrà avere buone caratteristiche di resistenza alla compressione e basso contenuto di argille; pertanto se il terreno di sedime non è adatto per il reimpiego dovrà essere asportato e sostituito con materiale idoneo. Dalle analisi di laboratorio risulta che il terreno possiede discrete caratteristiche di portanza e pertanto potrà essere per la maggior parte reimpiegato per la costruzione delle terre armate.

Fattibilità dell'intervento.

La costruzione dell'opera di sostegno avverrà nell'ambito delle pertinenze stradali e non sarà necessario acquisire aree private.

Per la verifica strutturale delle opere da realizzare, si è fatto riferimento, ai risultati delle indagini geognostiche e geofisiche effettuate in sito dalla impresa **TRIVELLAZIONI LI PIRA DOMENICO E D'ANNA SERGIO LEONARDO S.N.C.**, con sede legale in Petralia Soprana (PA), Via Nazionale n.56, Frazione Fasanò –

e sulla scorta della relazione geologica del dott. Roccaforte, geologo incaricato dalla Città metropolitana di Messina per lo studio geologico.

Caratteristiche del terreno

Sulla base dei risultati delle indagini eseguite in zona, si è rappresentata la stratigrafia del terreno secondo due litotipi aventi le seguenti caratteristiche :

PARAMETRI CARATTERISTICI DI PROGETTO

Sono stati individuati n° 2 strati significativi:

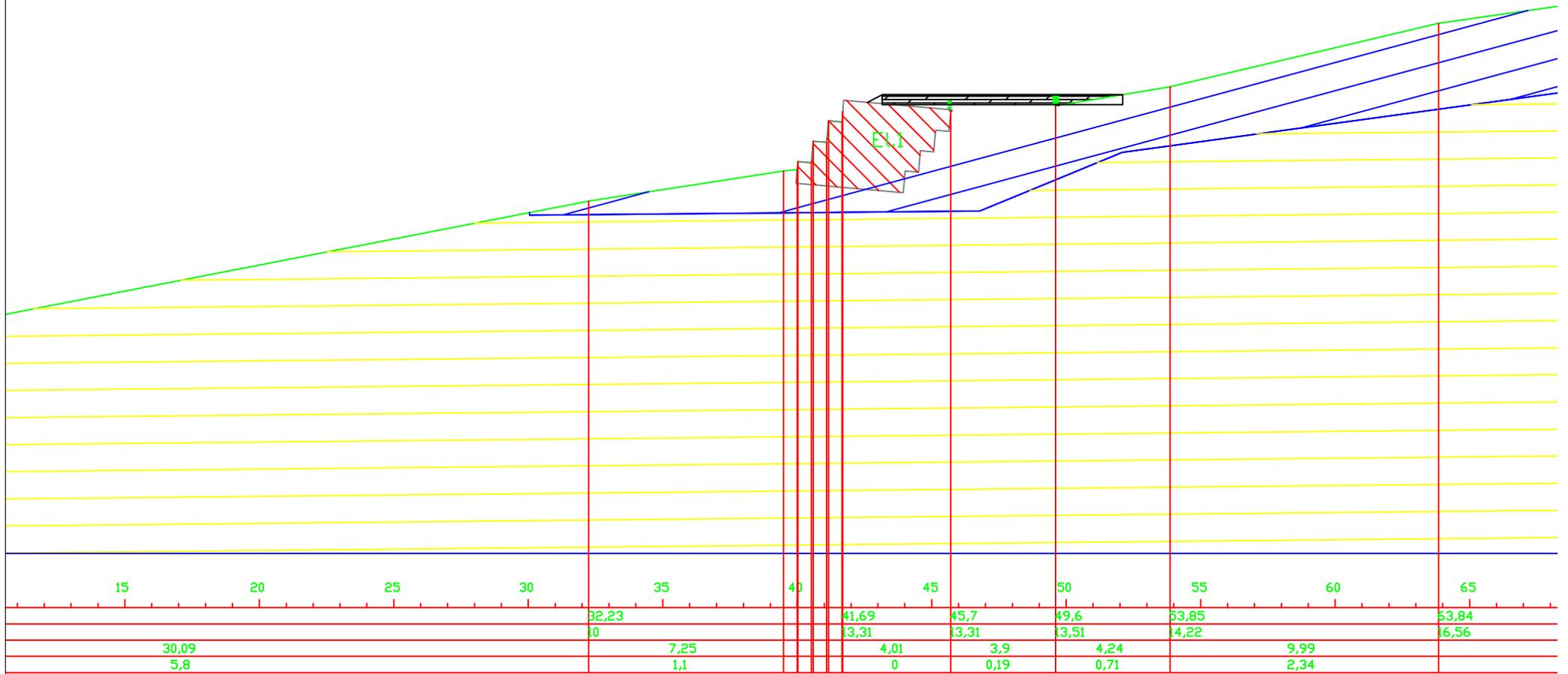
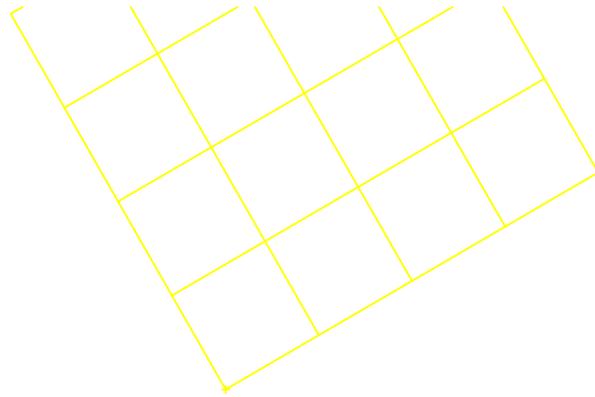
descrizione	Profondità ml	Peso di volume ton/mc	Peso dei grani	Angolo di attrito °	Coesione efficace kg/cm2	Coesione non drenata Kg/cm2	Indice di plasticità
<i>Terreno di copertura</i>	0.00- 4.00	1.90	2.70	17	0,033	0,30	---
<i>Terreno di substrato non rigido</i>	4.00- 20.00	1.90	2.75	21	0,035	0,44	

Le prove in situ hanno fornito anche la caratterizzazione dei terreni di fondazione classificandoli in CATEGORIA C.”; il coefficiente di amplificazione topografica è stato calcolato in **T2 con valore 1,20**.

Messina, li

Il Progettista

SEZIONE SCHEMATICA



DATI DI CALCOLO

PARAMETRI SISMICI

Vita Nominale (Anni)	50	Classe d' Uso	SECONDA
SOLE GRUPPO	TERZO		
Categoria Suolo	C	Coeff. Condiz. Topogr.	1,20000
Probabilita' Pvr (SLV)	0,10000	Periodo Ritorno Anni (SLV)	475,00000
Accelerazione Ag/g (SLV)	0,14900	Fattore Stratigrafia 'S'	1,47500
Probabilita' Pvr (SLD)	0,63000	Periodo Ritorno Anni (SLD)	50,00000
Accelerazione Ag/g (SLD)	0,05500	-----	

TEORIE DI CALCOLO

Verifiche effettuate con il metodo degli stati limite ultimi
 Portanza dei pali calcolata con la teoria di Norme A.G.I.
 Portanza terreno di fondazione calcolata con la teoria di Brinch-Hansen

CRITERI DI CALCOLO

Non e' considerata l'azione sismica dovuta ai sovraccarichi sul terrapieno.
 Non e' considerata l'azione sismica dovuta alle forze applicate al muro.
 Non si tiene conto dell'effetto stabilizzante delle forze applicate al muro.

Rapporto tra il taglio medio e quello nel palo piu' caricato:	1,00
Coeff. maggiorativo diametro perforazione per micropali	1,20

Percentuale spinta a valle per la verifica a scorrimento	50
Percentuale spinta a valle per la verifica a ribaltam.	0
Percentuale spinta a valle per la verifica in fondazione	100
Percentuale spinta a valle per calcolo sollecitazioni	100

COEFFICIENTI PARZIALI GEOTECNICA

	TABELLA M1	TABELLA M2
Tangente Resist. Taglio	1,00	1,25
Peso Specifico	1,00	1,00
Coesione Efficace (c'k)	1,00	1,25
Resist. a taglio NON drenata (cuk)	1,00	1,40

Tipo Approccio	Combinazione Unica: (A1+M1+R3)
Tipo di fondazione	Superficiale

COEFFICIENTI R3	R3 STATICI	R3 SISMICI	R3 PALI
Capacita' Portante	1,40	1,20	
Scorrimento	1,10	1,00	
Ribaltamento	1,15	1,00	
Resist. Terreno Valle	1,40	1,20	
Resist. alla Base			1,35
Resist. Lat. a Compr.			1,35
Resist. Lat. a Traz.			1,25
Carichi Trasversali			1,30

DATI TERRAPIENO MURO 1

Muro n.1 terre armate

DATI TERRAPIENO

Altezza del terrapieno a monte nel punto di contatto col muro:3 m
 Altezza del terrapieno a valle nel punto di contatto col muro:5 m
 Inclinaz. media terreno valle(positivo se scende verso valle):0 °
 Angolo di attrito tra fondazione e terreno:20 °
 Adesione tra fondazione e terreno:03 Kg/cmq
 Angolo di attrito tra fondazione e terreno in presenza acqua:0 °
 Adesione tra fondazione e terreno in presenza di acqua:6 Kg/cmq

Permeabilita' Terreno:BASSA

Muro Vincolato:NO

Coefficiente BetaM:.379

Coefficiente di intensita' sismica orizzontale:.1

Coefficiente di intensita' sismica verticale:.05

Coordinate dei vertici aggiuntivi per la determinazione della spezzata dell'estradosso del terrapieno a monte e a valle. Le coordinate sono fornite per il terrapieno a monte rispetto al punto iniziale (ovvero piu' a sinistra), mentre per il terrapieno a valle sono riferite al punto piu' in basso a sinistra della fondazione.

POLIGONALE MONTE**POLIGONALE VALLE**

Vertice	Ascissa m	Ordinata m	Vertice	Ascissa m	Ordinata m
1	3,90	0,20	1	-7,76	-0,66
2	8,15	0,91	2	-0,51	0,45
3	18,14	3,25			

DATI STRATIGR. MURO 1**STRATIGRAFIA DEL TERRENO**

STRATO n. 1 :
 Spessore dello strato: 20,00 m
 Angolo di attrito interno del terreno: 17 °
 Angolo di attrito tra terreno e muro: 17 °
 Coesione del terreno in condizioni drenate: 0,06 Kg/cmq
 Adesione tra il terreno e il muro in condizioni drenate: 0,06 Kg/cmq
 Peso specifico apparente del terreno in assenza di acqua: 1900 Kg/mc
 Coesione del terreno in condizioni non drenate: 0,60 Kg/cmq
 Adesione tra il terreno e il muro in condizioni non drenate: 0,60 Kg/cmq
 Peso specifico efficace del terreno sommerso: 800 Kg/mc
 Coefficiente di Lambe per attrito negativo pali: 0,00

STRATO n. 2 :
 Spessore dello strato: 20,00 m
 Angolo di attrito interno del terreno: 20 °
 Angolo di attrito tra terreno e muro: 20 °
 Coesione del terreno in condizioni drenate: 0,10 Kg/cmq
 Adesione tra il terreno e il muro in condizioni drenate: 0,10 Kg/cmq
 Peso specifico apparente del terreno in assenza di acqua: 1900 Kg/mc
 Coesione del terreno in condizioni non drenate: 1,00 Kg/cmq
 Adesione tra il terreno e il muro in condizioni non drenate: 1,00 Kg/cmq
 Peso specifico efficace del terreno sommerso: 800 Kg/mc
 Coefficiente di Lambe per attrito negativo pali: 0,00

COMBINAZIONI MURO 1

COMBINAZIONI DI CARICO S.L.E. PERM.

Comb	Cond.1	Cond.2	Cond.3	Cond.4	Cond.5	Cond.6	Cond.7	Cond.8	Cond.9	Cond.10	Sisma
1	1,00										

SPINTE A MONTE MURO 1 - Tabella Combinazioni: A1

SPINTE A MONTE MURO N.ro 1

N.B. Ascisse e altezze si intendono misurate a partire dal punto piu' a valle della fondazione del muro, quello attorno a cui avviene l'ipotetica rotazione del ribaltamento.

Combinazione n.	1	----
Spinta orizzontale terrapieno:	8485	Kg/m
Spinta verticale terrapieno:	1804	Kg/m
Altezza della spinta terrapieno:	0,80	m
Ascissa della spinta terrapieno:	4,60	m
DI CUI:		
Spinta orizzontale statica semplice:	3352	Kg/m
Spinta verticale statica semplice:	713	Kg/m
Altezza della spinta statica semplice:	0,84	m
Ascissa della spinta statica semplice:	4,65	m
Spinta orizzontale sismica:	0	Kg/m
Spinta verticale sismica:	0	Kg/m
Altezza della spinta sismica:	0,00	m
Ascissa della spinta sismica:	0,00	m
Spinta orizzontale dovuta alla coesione:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta alla coesione:	0	Kg/m
Altezza della spinta della coesione:	0,00	m
Ascissa della spinta della coesione:	0,00	m
Spinta orizzontale efficace dovuta alla falda:	0	Kg/m
Spinta verticale efficace dovuta alla falda:	0	Kg/m
Altezza della spinta della falda:	0,00	m
Ascissa della spinta della falda:	0,00	m
Spinta orizzontale dovuta ai sovraccarichi:	5133	Kg/m
Spinta verticale dovuta ai sovraccarichi:	1091	Kg/m
Altezza della spinta dei sovraccarichi:	0,77	m
Ascissa della spinta dei sovraccarichi:	4,57	m
Spinta orizzontale dovuta al peso proprio del muro:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta al peso proprio del muro:	18432	Kg/m
Altezza della spinta del peso proprio del muro:	1,35	m
Ascissa della spinta del peso proprio del muro:	2,88	m
Spinta orizzontale dovuta al peso del terreno portato:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta al peso del terreno portato:	0	Kg/m
Altezza della spinta del peso del terreno portato:	0,00	m
Ascissa della spinta del peso del terreno portato:	0,00	m
Spinta orizzontale esplicita complessiva:	0	Kg/m
Spinta verticale esplicita complessiva:	0	Kg/m
Altezza della spinta esplicita complessiva:	0,00	m
Ascissa della spinta esplicita complessiva:	0,00	m
Spinta orizzontale dell'acqua:	0	Kg/m
Spinta verticale dell'acqua:	0	Kg/m
Altezza della spinta dell'acqua:	0,00	m
Ascissa della spinta dell'acqua:	0,00	m
Angolo del cono di spinta rispetto alla verticale:	57,7	°
Costante di spinta attiva complessiva statica Ka	0,0932	----
Costante di spinta attiva complessiva sismica Kas	0,0932	----
Spinta calcolata in assenza di filtrazione.		
Combinazione n.	2	----
Spinta orizzontale terrapieno:	8289	Kg/m
Spinta verticale terrapieno:	1762	Kg/m
Altezza della spinta terrapieno:	0,78	m
Ascissa della spinta terrapieno:	4,58	m

DI CUI:	Spinta orizzontale statica semplice:	1112	Kg/m
	Spinta verticale statica semplice:	236	Kg/m
	Altezza della spinta statica semplice:	0,93	m
	Ascissa della spinta statica semplice:	4,74	m
	Spinta orizzontale sismica:	2450	Kg/m
	Spinta verticale sismica:	521	Kg/m
	Altezza della spinta sismica:	0,78	m
	Ascissa della spinta sismica:	4,58	m
	Spinta orizzontale dovuta alla coesione:	0	Kg/m
	Spinta verticale dovuta alla coesione:	0	Kg/m
	Altezza della spinta della coesione:	0,00	m
	Ascissa della spinta della coesione:	0,00	m
	Spinta orizzontale efficace dovuta alla falda:	0	Kg/m
	Spinta verticale efficace dovuta alla falda:	0	Kg/m
	Altezza della spinta della falda:	0,00	m
	Ascissa della spinta della falda:	0,00	m
	Spinta orizzontale dovuta ai sovraccarichi:	4727	Kg/m
	Spinta verticale dovuta ai sovraccarichi:	1005	Kg/m
	Altezza della spinta dei sovraccarichi:	0,75	m
	Ascissa della spinta dei sovraccarichi:	4,55	m
	Spinta orizzontale dovuta al peso proprio del muro:	1847	Kg/m
	Spinta verticale dovuta al peso proprio del muro:	17508	Kg/m
	Altezza della spinta del peso proprio del muro:	1,35	m
	Ascissa della spinta del peso proprio del muro:	2,88	m
	Spinta orizzontale dovuta al peso del terreno portato:	0	Kg/m
	Spinta verticale dovuta al peso del terreno portato:	0	Kg/m
	Altezza della spinta del peso del terreno portato:	0,00	m
	Ascissa della spinta del peso del terreno portato:	0,00	m
	Spinta orizzontale esplicita complessiva:	0	Kg/m
	Spinta verticale esplicita complessiva:	0	Kg/m
	Altezza della spinta esplicita complessiva:	0,00	m
	Ascissa della spinta esplicita complessiva:	0,00	m
	Spinta orizzontale dell'acqua:	0	Kg/m
	Spinta verticale dell'acqua:	0	Kg/m
	Altezza della spinta dell'acqua:	0,00	m
	Ascissa della spinta dell'acqua:	0,00	m
	Angolo del cono di spinta rispetto alla verticale:	61,0	°
	Costante di spinta attiva complessiva statica Ka	0,0394	----
	Costante di spinta attiva complessiva sismica Kas	0,1261	----
Spinta calcolata in assenza di filtrazione.			

SPINTE A VALLE MURO 1 - Tabella Combinazioni: A1

SPINTE A VALLE MURO N.ro 1

N.B. Ascisse e altezze si intendono misurate a partire dal punto piu' a valle della fondazione del muro, quello attorno a cui avviene l'ipotetica rotazione del ribaltamento.

Combinazione n.		1	----
Spinta orizzontale terrapieno:		360	Kg/m
Spinta verticale terrapieno:		32	Kg/m
Altezza della spinta terrapieno:		0,17	m
Ascissa della spinta terrapieno:		0,01	m
DI CUI:	Spinta orizzontale statica semplice:	360	Kg/m
	Spinta verticale statica semplice:	32	Kg/m
	Altezza della spinta statica semplice:	0,17	m
	Ascissa della spinta statica semplice:	0,01	m
	Spinta orizzontale sismica:	0	Kg/m
	Spinta verticale sismica:	0	Kg/m
	Altezza della spinta sismica:	0,00	m
	Ascissa della spinta sismica:	0,00	m
	Spinta orizzontale dovuta alla coesione:	0	Kg/m

Spinta verticale dovuta alla coesione:	0	Kg/m
Altezza della spinta della coesione:	0,00	m
Ascissa della spinta della coesione:	0,00	m
Spinta orizzontale efficace dovuta alla falda:	0	Kg/m
Spinta verticale efficace dovuta alla falda:	0	Kg/m
Altezza della spinta della falda:	0,00	m
Ascissa della spinta della falda:	0,00	m
Spinta orizzontale dovuta ai sovraccarichi:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta ai sovraccarichi:	0	Kg/m
Altezza della spinta dei sovraccarichi:	0,00	m
Ascissa della spinta dei sovraccarichi:	0,00	m
Spinta orizzontale dovuta al peso proprio del muro:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta al peso proprio del muro:	0	Kg/m
Altezza della spinta del peso proprio del muro:	0,00	m
Ascissa della spinta del peso proprio del muro:	0,00	m
Spinta orizzontale dovuta al peso del terreno portato:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta al peso del terreno portato:	0	Kg/m
Altezza della spinta del peso del terreno portato:	0,00	m
Ascissa della spinta del peso del terreno portato:	0,00	m
Spinta orizzontale esplicita complessiva:	0	Kg/m
Spinta verticale esplicita complessiva:	0	Kg/m
Altezza della spinta esplicita complessiva:	0,00	m
Ascissa della spinta esplicita complessiva:	0,00	m
Spinta orizzontale dell'acqua:	0	Kg/m
Spinta verticale dell'acqua:	0	Kg/m
Altezza della spinta dell'acqua:	0,00	m
Ascissa della spinta dell'acqua:	0,00	m
Angolo del cuneo di spinta rispetto alla verticale:	61,5	°
Costante di spinta passiva complessiva statica Kp	1,5233	----
Costante di spinta passiva complessiva sismica Kps	1,5233	----
Spinta calcolata in assenza di filtrazione.		
Combinazione n.	2	----
Spinta orizzontale terrapieno:	297	Kg/m
Spinta verticale terrapieno:	26	Kg/m
Altezza della spinta terrapieno:	0,17	m
Ascissa della spinta terrapieno:	0,01	m
DI CUI:		
Spinta orizzontale statica semplice:	380	Kg/m
Spinta verticale statica semplice:	33	Kg/m
Altezza della spinta statica semplice:	0,17	m
Ascissa della spinta statica semplice:	0,01	m
Spinta orizzontale sismica:	-84	Kg/m
Spinta verticale sismica:	-7	Kg/m
Altezza della spinta sismica:	0,17	m
Ascissa della spinta sismica:	0,01	m
Spinta orizzontale dovuta alla coesione:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta alla coesione:	0	Kg/m
Altezza della spinta della coesione:	0,00	m
Ascissa della spinta della coesione:	0,00	m
Spinta orizzontale efficace dovuta alla falda:	0	Kg/m
Spinta verticale efficace dovuta alla falda:	0	Kg/m
Altezza della spinta della falda:	0,00	m
Ascissa della spinta della falda:	0,00	m
Spinta orizzontale dovuta ai sovraccarichi:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta ai sovraccarichi:	0	Kg/m
Altezza della spinta dei sovraccarichi:	0,00	m
Ascissa della spinta dei sovraccarichi:	0,00	m
Spinta orizzontale dovuta al peso proprio del muro:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta al peso proprio del muro:	0	Kg/m
Altezza della spinta del peso proprio del muro:	0,00	m
Ascissa della spinta del peso proprio del muro:	0,00	m

Spinta orizzontale dovuta al peso del terreno portato:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta al peso del terreno portato:	0	Kg/m
Altezza della spinta del peso del terreno portato:	0,00	m
Ascissa della spinta del peso del terreno portato:	0,00	m
Spinta orizzontale esplicita complessiva:	0	Kg/m
Spinta verticale esplicita complessiva:	0	Kg/m
Altezza della spinta esplicita complessiva:	0,00	m
Ascissa della spinta esplicita complessiva:	0,00	m
Spinta orizzontale dell'acqua:	0	Kg/m
Spinta verticale dell'acqua:	0	Kg/m
Altezza della spinta dell'acqua:	0,00	m
Ascissa della spinta dell'acqua:	0,00	m
Angolo del cuneo di spinta rispetto alla verticale:	76,5	°
Costante di spinta passiva complessiva statica Kp	1,6073	----
Costante di spinta passiva complessiva sismica Kps	1,2534	----
Spinta calcolata in assenza di filtrazione.		

SPINTE A MONTE MURO 1 - Tabella Combinazioni: Rare

SPINTE A MONTE MURO N.ro 1

N.B. Ascisse e altezze si intendono misurate a partire dal punto piu' a valle della fondazione del muro, quello attorno a cui avviene l'ipotetica rotazione del ribaltamento.

Combinazione n.	1	----
Spinta orizzontale terrapieno:	6001	Kg/m
Spinta verticale terrapieno:	1275	Kg/m
Altezza della spinta terrapieno:	0,80	m
Ascissa della spinta terrapieno:	4,60	m
DI CUI:		
Spinta orizzontale statica semplice:	2579	Kg/m
Spinta verticale statica semplice:	548	Kg/m
Altezza della spinta statica semplice:	0,84	m
Ascissa della spinta statica semplice:	4,65	m
Spinta orizzontale sismica:	0	Kg/m
Spinta verticale sismica:	0	Kg/m
Altezza della spinta sismica:	0,00	m
Ascissa della spinta sismica:	0,00	m
Spinta orizzontale dovuta alla coesione:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta alla coesione:	0	Kg/m
Altezza della spinta della coesione:	0,00	m
Ascissa della spinta della coesione:	0,00	m
Spinta orizzontale efficace dovuta alla falda:	0	Kg/m
Spinta verticale efficace dovuta alla falda:	0	Kg/m
Altezza della spinta della falda:	0,00	m
Ascissa della spinta della falda:	0,00	m
Spinta orizzontale dovuta ai sovraccarichi:	3422	Kg/m
Spinta verticale dovuta ai sovraccarichi:	727	Kg/m
Altezza della spinta dei sovraccarichi:	0,77	m
Ascissa della spinta dei sovraccarichi:	4,57	m
Spinta orizzontale dovuta al peso proprio del muro:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta al peso proprio del muro:	18432	Kg/m
Altezza della spinta del peso proprio del muro:	1,35	m
Ascissa della spinta del peso proprio del muro:	2,88	m
Spinta orizzontale dovuta al peso del terreno portato:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta al peso del terreno portato:	0	Kg/m
Altezza della spinta del peso del terreno portato:	0,00	m
Ascissa della spinta del peso del terreno portato:	0,00	m
Spinta orizzontale esplicita complessiva:	0	Kg/m
Spinta verticale esplicita complessiva:	0	Kg/m
Altezza della spinta esplicita complessiva:	0,00	m
Ascissa della spinta esplicita complessiva:	0,00	m
Spinta orizzontale dell'acqua:	0	Kg/m

Spinta verticale dell'acqua:	0	Kg/m
Altezza della spinta dell'acqua:	0,00	m
Ascissa della spinta dell'acqua:	0,00	m
Angolo del cuneo di spinta rispetto alla verticale:	57,7	°
Costante di spinta attiva complessiva statica Ka	0,0932	----
Costante di spinta attiva complessiva sismica Kas	0,0932	----
Spinta calcolata in assenza di filtrazione.		

SPINTE A VALLE MURO 1 - Tabella Combinazioni: Rare

SPINTE A VALLE MURO N.ro 1

N.B. Ascisse e altezze si intendono misurate a partire dal punto piu' a valle della fondazione del muro, quello attorno a cui avviene l'ipotetica rotazione del ribaltamento.

Combinazione n.	1	----
Spinta orizzontale terrapieno:	360	Kg/m
Spinta verticale terrapieno:	32	Kg/m
Altezza della spinta terrapieno:	0,17	m
Ascissa della spinta terrapieno:	0,01	m
DI CUI:		
Spinta orizzontale statica semplice:	360	Kg/m
Spinta verticale statica semplice:	32	Kg/m
Altezza della spinta statica semplice:	0,17	m
Ascissa della spinta statica semplice:	0,01	m
Spinta orizzontale sismica:	0	Kg/m
Spinta verticale sismica:	0	Kg/m
Altezza della spinta sismica:	0,00	m
Ascissa della spinta sismica:	0,00	m
Spinta orizzontale dovuta alla coesione:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta alla coesione:	0	Kg/m
Altezza della spinta della coesione:	0,00	m
Ascissa della spinta della coesione:	0,00	m
Spinta orizzontale efficace dovuta alla falda:	0	Kg/m
Spinta verticale efficace dovuta alla falda:	0	Kg/m
Altezza della spinta della falda:	0,00	m
Ascissa della spinta della falda:	0,00	m
Spinta orizzontale dovuta ai sovraccarichi:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta ai sovraccarichi:	0	Kg/m
Altezza della spinta dei sovraccarichi:	0,00	m
Ascissa della spinta dei sovraccarichi:	0,00	m
Spinta orizzontale dovuta al peso proprio del muro:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta al peso proprio del muro:	0	Kg/m
Altezza della spinta del peso proprio del muro:	0,00	m
Ascissa della spinta del peso proprio del muro:	0,00	m
Spinta orizzontale dovuta al peso del terreno portato:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta al peso del terreno portato:	0	Kg/m
Altezza della spinta del peso del terreno portato:	0,00	m
Ascissa della spinta del peso del terreno portato:	0,00	m
Spinta orizzontale esplicita complessiva:	0	Kg/m
Spinta verticale esplicita complessiva:	0	Kg/m
Altezza della spinta esplicita complessiva:	0,00	m
Ascissa della spinta esplicita complessiva:	0,00	m
Spinta orizzontale dell'acqua:	0	Kg/m
Spinta verticale dell'acqua:	0	Kg/m
Altezza della spinta dell'acqua:	0,00	m
Ascissa della spinta dell'acqua:	0,00	m
Angolo del cuneo di spinta rispetto alla verticale:	61,5	°
Costante di spinta attiva complessiva statica Ka	1,5233	----
Costante di spinta attiva complessiva sismica Kas	1,5233	----
Spinta calcolata in assenza di filtrazione.		

SPINTE A MONTE MURO 1 - Tabella Combinazioni: Freq.**SPINTE A MONTE MURO N.ro 1**

N.B. Ascisse e altezze si intendono misurate a partire dal punto piu' a valle della fondazione del muro, quello attorno a cui avviene l'ipotetica rotazione del ribaltamento.

Combinazione n.	1	----
Spinta orizzontale terrapieno:	6001	Kg/m
Spinta verticale terrapieno:	1275	Kg/m
Altezza della spinta terrapieno:	0,80	m
Ascissa della spinta terrapieno:	4,60	m
DI CUI:		
Spinta orizzontale statica semplice:	2579	Kg/m
Spinta verticale statica semplice:	548	Kg/m
Altezza della spinta statica semplice:	0,84	m
Ascissa della spinta statica semplice:	4,65	m
Spinta orizzontale sismica:	0	Kg/m
Spinta verticale sismica:	0	Kg/m
Altezza della spinta sismica:	0,00	m
Ascissa della spinta sismica:	0,00	m
Spinta orizzontale dovuta alla coesione:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta alla coesione:	0	Kg/m
Altezza della spinta della coesione:	0,00	m
Ascissa della spinta della coesione:	0,00	m
Spinta orizzontale efficace dovuta alla falda:	0	Kg/m
Spinta verticale efficace dovuta alla falda:	0	Kg/m
Altezza della spinta della falda:	0,00	m
Ascissa della spinta della falda:	0,00	m
Spinta orizzontale dovuta ai sovraccarichi:	3422	Kg/m
Spinta verticale dovuta ai sovraccarichi:	727	Kg/m
Altezza della spinta dei sovraccarichi:	0,77	m
Ascissa della spinta dei sovraccarichi:	4,57	m
Spinta orizzontale dovuta al peso proprio del muro:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta al peso proprio del muro:	18432	Kg/m
Altezza della spinta del peso proprio del muro:	1,35	m
Ascissa della spinta del peso proprio del muro:	2,88	m
Spinta orizzontale dovuta al peso del terreno portato:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta al peso del terreno portato:	0	Kg/m
Altezza della spinta del peso del terreno portato:	0,00	m
Ascissa della spinta del peso del terreno portato:	0,00	m
Spinta orizzontale esplicita complessiva:	0	Kg/m
Spinta verticale esplicita complessiva:	0	Kg/m
Altezza della spinta esplicita complessiva:	0,00	m
Ascissa della spinta esplicita complessiva:	0,00	m
Spinta orizzontale dell'acqua:	0	Kg/m
Spinta verticale dell'acqua:	0	Kg/m
Altezza della spinta dell'acqua:	0,00	m
Ascissa della spinta dell'acqua:	0,00	m
Angolo del cuneo di spinta rispetto alla verticale:	57,7	°
Costante di spinta attiva complessiva statica Ka	0,0932	----
Costante di spinta attiva complessiva sismica Kas	0,0932	----

Spinta calcolata in assenza di filtrazione.

SPINTE A VALLE MURO 1 - Tabella Combinazioni: Freq.**SPINTE A VALLE MURO N.ro 1**

N.B. Ascisse e altezze si intendono misurate a partire dal punto piu' a valle della fondazione del muro, quello attorno a cui avviene l'ipotetica rotazione del ribaltamento.

Combinazione n.	1	----
Spinta orizzontale terrapieno:	360	Kg/m
Spinta verticale terrapieno:	32	Kg/m
Altezza della spinta terrapieno:	0,17	m

Ascissa della spinta terrapieno:		0,01	m
DI CUI:	Spinta orizzontale statica semplice:	360	Kg/m
	Spinta verticale statica semplice:	32	Kg/m
	Altezza della spinta statica semplice:	0,17	m
	Ascissa della spinta statica semplice:	0,01	m
	Spinta orizzontale sismica:	0	Kg/m
	Spinta verticale sismica:	0	Kg/m
	Altezza della spinta sismica:	0,00	m
	Ascissa della spinta sismica:	0,00	m
	Spinta orizzontale dovuta alla coesione:	0	Kg/m
	Spinta verticale dovuta alla coesione:	0	Kg/m
	Altezza della spinta della coesione:	0,00	m
	Ascissa della spinta della coesione:	0,00	m
	Spinta orizzontale efficace dovuta alla falda:	0	Kg/m
	Spinta verticale efficace dovuta alla falda:	0	Kg/m
	Altezza della spinta della falda:	0,00	m
	Ascissa della spinta della falda:	0,00	m
	Spinta orizzontale dovuta ai sovraccarichi:	0	Kg/m
	Spinta verticale dovuta ai sovraccarichi:	0	Kg/m
	Altezza della spinta dei sovraccarichi:	0,00	m
	Ascissa della spinta dei sovraccarichi:	0,00	m
	Spinta orizzontale dovuta al peso proprio del muro:	0	Kg/m
	Spinta verticale dovuta al peso proprio del muro:	0	Kg/m
	Altezza della spinta del peso proprio del muro:	0,00	m
	Ascissa della spinta del peso proprio del muro:	0,00	m
	Spinta orizzontale dovuta al peso del terreno portato:	0	Kg/m
	Spinta verticale dovuta al peso del terreno portato:	0	Kg/m
	Altezza della spinta del peso del terreno portato:	0,00	m
	Ascissa della spinta del peso del terreno portato:	0,00	m
	Spinta orizzontale esplicita complessiva:	0	Kg/m
	Spinta verticale esplicita complessiva:	0	Kg/m
	Altezza della spinta esplicita complessiva:	0,00	m
	Ascissa della spinta esplicita complessiva:	0,00	m
	Spinta orizzontale dell'acqua:	0	Kg/m
	Spinta verticale dell'acqua:	0	Kg/m
	Altezza della spinta dell'acqua:	0,00	m
	Ascissa della spinta dell'acqua:	0,00	m
	Angolo del cuneo di spinta rispetto alla verticale:	61,5	°
	Costante di spinta attiva complessiva statica Ka	1,5233	----
	Costante di spinta attiva complessiva sismica Kas	1,5233	----
Spinta calcolata in assenza di filtrazione.			

SPINTE A MONTE MURO 1 - Tabella Combinazioni: Perm.

SPINTE A MONTE MURO N.ro 1

N.B. Ascisse e altezze si intendono misurate a partire dal punto piu' a valle della fondazione del muro, quello attorno a cui avviene l'ipotetica rotazione del ribaltamento.

Combinazione n.		1	----
Spinta orizzontale terrapieno:		6001	Kg/m
Spinta verticale terrapieno:		1275	Kg/m
Altezza della spinta terrapieno:		0,80	m
Ascissa della spinta terrapieno:		4,60	m
DI CUI:	Spinta orizzontale statica semplice:	2579	Kg/m
	Spinta verticale statica semplice:	548	Kg/m
	Altezza della spinta statica semplice:	0,84	m
	Ascissa della spinta statica semplice:	4,65	m
	Spinta orizzontale sismica:	0	Kg/m
	Spinta verticale sismica:	0	Kg/m
	Altezza della spinta sismica:	0,00	m
	Ascissa della spinta sismica:	0,00	m

Spinta orizzontale dovuta alla coesione:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta alla coesione:	0	Kg/m
Altezza della spinta della coesione:	0,00	m
Ascissa della spinta della coesione:	0,00	m
Spinta orizzontale efficace dovuta alla falda:	0	Kg/m
Spinta verticale efficace dovuta alla falda:	0	Kg/m
Altezza della spinta della falda:	0,00	m
Ascissa della spinta della falda:	0,00	m
Spinta orizzontale dovuta ai sovraccarichi:	3422	Kg/m
Spinta verticale dovuta ai sovraccarichi:	727	Kg/m
Altezza della spinta dei sovraccarichi:	0,77	m
Ascissa della spinta dei sovraccarichi:	4,57	m
Spinta orizzontale dovuta al peso proprio del muro:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta al peso proprio del muro:	18432	Kg/m
Altezza della spinta del peso proprio del muro:	1,35	m
Ascissa della spinta del peso proprio del muro:	2,88	m
Spinta orizzontale dovuta al peso del terreno portato:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta al peso del terreno portato:	0	Kg/m
Altezza della spinta del peso del terreno portato:	0,00	m
Ascissa della spinta del peso del terreno portato:	0,00	m
Spinta orizzontale esplicita complessiva:	0	Kg/m
Spinta verticale esplicita complessiva:	0	Kg/m
Altezza della spinta esplicita complessiva:	0,00	m
Ascissa della spinta esplicita complessiva:	0,00	m
Spinta orizzontale dell'acqua:	0	Kg/m
Spinta verticale dell'acqua:	0	Kg/m
Altezza della spinta dell'acqua:	0,00	m
Ascissa della spinta dell'acqua:	0,00	m
Angolo del cuneo di spinta rispetto alla verticale:	57,7	°
Costante di spinta attiva complessiva statica Ka	0,0932	----
Costante di spinta attiva complessiva sismica Kas	0,0932	----
Spinta calcolata in assenza di filtrazione.		

SPINTE A VALLE MURO 1 - Tabella Combinazioni: Perm.

SPINTE A VALLE MURO N.ro 1

N.B. Ascisse e altezze si intendono misurate a partire dal punto piu' a valle della fondazione del muro, quello attorno a cui avviene l'ipotetica rotazione del ribaltamento.

Combinazione n.	1	----
Spinta orizzontale terrapieno:	360	Kg/m
Spinta verticale terrapieno:	32	Kg/m
Altezza della spinta terrapieno:	0,17	m
Ascissa della spinta terrapieno:	0,01	m
DI CUI:		
Spinta orizzontale statica semplice:	360	Kg/m
Spinta verticale statica semplice:	32	Kg/m
Altezza della spinta statica semplice:	0,17	m
Ascissa della spinta statica semplice:	0,01	m
Spinta orizzontale sismica:	0	Kg/m
Spinta verticale sismica:	0	Kg/m
Altezza della spinta sismica:	0,00	m
Ascissa della spinta sismica:	0,00	m
Spinta orizzontale dovuta alla coesione:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta alla coesione:	0	Kg/m
Altezza della spinta della coesione:	0,00	m
Ascissa della spinta della coesione:	0,00	m
Spinta orizzontale efficace dovuta alla falda:	0	Kg/m
Spinta verticale efficace dovuta alla falda:	0	Kg/m
Altezza della spinta della falda:	0,00	m
Ascissa della spinta della falda:	0,00	m
Spinta orizzontale dovuta ai sovraccarichi:	0	Kg/m

Spinta verticale dovuta ai sovraccarichi:	0	Kg/m
Altezza della spinta dei sovraccarichi:	0,00	m
Ascissa della spinta dei sovraccarichi:	0,00	m
Spinta orizzontale dovuta al peso proprio del muro:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta al peso proprio del muro:	0	Kg/m
Altezza della spinta del peso proprio del muro:	0,00	m
Ascissa della spinta del peso proprio del muro:	0,00	m
Spinta orizzontale dovuta al peso del terreno portato:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta al peso del terreno portato:	0	Kg/m
Altezza della spinta del peso del terreno portato:	0,00	m
Ascissa della spinta del peso del terreno portato:	0,00	m
Spinta orizzontale esplicita complessiva:	0	Kg/m
Spinta verticale esplicita complessiva:	0	Kg/m
Altezza della spinta esplicita complessiva:	0,00	m
Ascissa della spinta esplicita complessiva:	0,00	m
Spinta orizzontale dell'acqua:	0	Kg/m
Spinta verticale dell'acqua:	0	Kg/m
Altezza della spinta dell'acqua:	0,00	m
Ascissa della spinta dell'acqua:	0,00	m
Angolo del cuneo di spinta rispetto alla verticale:	61,5	°
Costante di spinta attiva complessiva statica Ka	1,5233	----
Costante di spinta attiva complessiva sismica Kas	1,5233	----
Spinta calcolata in assenza di filtrazione.		

SPINTE A MONTE MURO 1 - Tabella Combinazioni: SLD

SPINTE A MONTE MURO N.ro 1

N.B. Ascisse e altezze si intendono misurate a partire dal punto piu' a valle della fondazione del muro, quello attorno a cui avviene l'ipotetica rotazione del ribaltamento.

Combinazione n.	2	----
Spinta orizzontale terrapieno:	6984	Kg/m
Spinta verticale terrapieno:	1485	Kg/m
Altezza della spinta terrapieno:	0,78	m
Ascissa della spinta terrapieno:	4,59	m
DI CUI:		
Spinta orizzontale statica semplice:	1892	Kg/m
Spinta verticale statica semplice:	402	Kg/m
Altezza della spinta statica semplice:	0,86	m
Ascissa della spinta statica semplice:	4,66	m
Spinta orizzontale sismica:	1106	Kg/m
Spinta verticale sismica:	235	Kg/m
Altezza della spinta sismica:	0,78	m
Ascissa della spinta sismica:	4,59	m
Spinta orizzontale dovuta alla coesione:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta alla coesione:	0	Kg/m
Altezza della spinta della coesione:	0,00	m
Ascissa della spinta della coesione:	0,00	m
Spinta orizzontale efficace dovuta alla falda:	0	Kg/m
Spinta verticale efficace dovuta alla falda:	0	Kg/m
Altezza della spinta della falda:	0,00	m
Ascissa della spinta della falda:	0,00	m
Spinta orizzontale dovuta ai sovraccarichi:	3986	Kg/m
Spinta verticale dovuta ai sovraccarichi:	847	Kg/m
Altezza della spinta dei sovraccarichi:	0,75	m
Ascissa della spinta dei sovraccarichi:	4,55	m
Spinta orizzontale dovuta al peso proprio del muro:	858	Kg/m
Spinta verticale dovuta al peso proprio del muro:	18003	Kg/m
Altezza della spinta del peso proprio del muro:	1,35	m
Ascissa della spinta del peso proprio del muro:	2,88	m
Spinta orizzontale dovuta al peso del terreno portato:	0	Kg/m
Spinta verticale dovuta al peso del terreno portato:	0	Kg/m

Altezza della spinta del peso del terreno portato:	0,00	m
Ascissa della spinta del peso del terreno portato:	0,00	m
Spinta orizzontale esplicita complessiva:	0	Kg/m
Spinta verticale esplicita complessiva:	0	Kg/m
Altezza della spinta esplicita complessiva:	0,00	m
Ascissa della spinta esplicita complessiva:	0,00	m
Spinta orizzontale dell'acqua:	0	Kg/m
Spinta verticale dell'acqua:	0	Kg/m
Altezza della spinta dell'acqua:	0,00	m
Ascissa della spinta dell'acqua:	0,00	m
Angolo del cuneo di spinta rispetto alla verticale:	60,6	°
Costante di spinta attiva complessiva statica Ka	0,0675	----
Costante di spinta attiva complessiva sismica Kas	0,1070	----
Spinta calcolata in assenza di filtrazione.		

VERIFICHE STABILITA' MURO 1

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Combinazione di carico piu' svantaggiosa:	2	A1
Momento forze ribaltanti complessivo:	8989	Kgm/m
Momento stabilizzante forze peso e carichi:	58482	Kgm/m
Momento stabilizzante massimo dovuto ai tiranti:	0	Kgm/m
Coefficiente sicurezza minimo al ribaltamento:	6,51	----

LA VERIFICA RISULTA SODDISFATTA

VERIFICHE STABILITA' MURO 1

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Combinazione di carico piu' svantaggiosa:	2	A1
Risultante forze che attivano lo scorrimento:	10098	Kg/m
Risultante forze che si oppongono allo scorrimento:	10312	Kg/m
Forza dei tiranti che si oppone allo scorrimento:	0	Kg/m
Coefficiente sicurezza minimo allo scorrimento:	1,02	----

LA VERIFICA RISULTA SODDISFATTA

VERIFICHE MURO 1

VERIFICHE DI RESISTENZA MURO

Sez. N.	Ele	Dist. cm	H cm	B cm	Xg cm	Yg cm	Comb fles	Nsdu Kg	e cm	Nrdu Kg	Mrdu Kgm	Coef fles	Comb tagl	Vsdu Kg	Vrdu Kg	Coef tagl	Verifica
1	1	0	400	100	377	288	1	0	0	0	0	1,00	1	0	0	1,00	OK
2	1	30	400	100	374	258	1	1827	11	1827	3645	18,94	1	194	41141	99,99	OK
3	1	60	400	100	371	229	1	3701	11	3701	7368	18,88	2	823	42208	51,31	OK
4	1	80	400	100	370	209	1	4965	10	4965	9869	20,28	2	1192	42963	36,05	OK
5	1	110	400	100	317	183	1	6849	7	6849	13581	26,66	2	1735	44092	25,41	OK
6	1	140	400	100	315	153	1	8759	5	8759	17326	37,96	2	2361	45237	19,16	OK
7	1	160	400	100	313	133	1	10046	4	10046	19839	54,13	2	2824	46009	16,29	OK
8	1	190	400	100	260	108	2	11444	8	11444	22561	24,20	2	3433	47151	13,73	OK
9	1	220	400	100	258	78	2	13297	12	13297	26152	15,76	2	4125	48309	11,71	OK
10	1	240	400	100	256	58	2	14513	16	14513	28499	12,39	2	4522	49068	10,85	OK
11	1	270	400	100	204	32	2	16579	18	16579	32472	10,71	2	5914	50360	8,51	OK
12	1	300	400	100	201	2	2	18672	22	18672	36472	8,81	2	7389	51667	6,99	OK
13	1	320	400	100	199	-17	2	20080	25	20080	39153	7,67	2	8418	52548	6,24	OK

VERIFICA PORTANZA MURO 1

VERIFICHE PORTANZA FONDAZIONE

Numero dello strato corrispondente alla fondazione:	2	---
Combinazione di carico piu' gravosa:	2	A1
Scarico complessivo ortogonale al piano di posa:	21,75	t/m
Scarico complessivo parallelo al piano di posa:	7,97	t/m
Eccentricita' dello scarico lungo il piano di posa:	0,28	m
Larghezza della fondazione:	4,40	m
Lunghezza della fondazione:	20,00	m
Valore efficace della larghezza:	3,84	m
Peso specifico omogeneizzato del terreno:	1900	Kg/mc
Pressione verticale dovuta al peso del terrapieno a valle :	0,95	t/mq

VERIFICA IN CONDIZIONI DRENATE

Fattori di capacita' portante: Ng =	4,8121	Nq =	6,3994	Nc =	14,8347
Fattori di forma: Sg =	1,0392	Sq =	1,0392	Sc =	1,0784

Fattori di profondita:	Dg =	1,0000	Dq =	1,0608	Dc =	1,0721
Fattori inclinazione carico:	Ig =	0,3345	Iq =	0,4919	Ic =	0,3978
Fattori inclinazione base:	Bg =	0,9375	Bq =	0,9375	Bc =	0,9259
Fattori incl. piano campagna:	Gg =	0,8276	Gq =	0,8276	Gc =	0,7956
Pressione media limite:					12,30	t/mq
Sforzo normale limite:					39,38	t/m
Coefficiente di sicurezza: (Sf.Norm.Lim/Scar.Compl.Ortog.)					1,81	---

VERIFICA IN CONDIZIONI NON DRENATE

Fattore di capacita' portante:	Nco =	5,1416	Nqo =	1,0000
Fattore di forma:	SCO =	1,0384	Sqo =	1,0000
Fattore di profondita:	Dco =	1,0728	Dqo =	1,0000
Fattore inclinazione carico:	Ico =	0,9258	Iqo =	1,0000
Fattore inclinazione base:	Bco =	0,9661	Bqo =	1,0000
Fattore incl. piano campagna:	Gco =	0,9650	Gqo =	1,0000
Pressione media limite in condizioni non drenate:				50,38 t/mq
Sforzo normale limite in condizioni non drenate:				161,37 t/m
Coefficiente di sicurezza in condizioni non drenate:				7,42

LA VERIFICA RISULTA SODDISFATTA

VERIFICHE CEDIMENTI SLD

Combinazione di carico SLD piu' gravosa:		2
Scarico complessivo ortogonale al piano di posa:	21,76	t/m
Sforzo normale limite in condizioni drenate:	47,74	t/m
Coefficiente di sicurezza in condizioni drenate:		2,19
Sforzo normale limite in condizioni NON drenate:	154,78	t/m
Coefficiente di sicurezza in condizioni NON drenate:		7,11
LA VERIFICA RISULTA		SODDISFATTA

CEDIMENTI TERRENO A MONTE - MURO N.1

Tipo comb.	Comb. nro	Sp.muro mm	Volume mc	DistMax m	Ced.0/4 mm	Ced.1/4 mm	Ced.2/4 mm	Ced.3/4 mm
SLD	2	1,3	0,000	9,31	1,7	1,0	0,4	0,1

VERIFICA DEL PENDIO

SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA

La simbologia usata in tabella va interpretata secondo le descrizioni dei campi riportate di seguito:

h	: <i>altezza media del concio</i>
L	: <i>sviluppo larghezza alla base del concio</i>
α	: <i>inclinazione della base del concio</i>
c	: <i>coesione terreno alla base del concio</i>
ϕ	: <i>angolo di attrito interno alla base del concio</i>
W	: <i>peso del concio</i>
hw	: <i>altezza della falda dalla base del concio</i>
Qw	: <i>risultante delle pressioni interstiziali</i>
Tcn	: <i>Contributo elementi resistenti a taglio</i>
Tgg	: <i>Contributo geogriglie</i>

- **SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA**

La tabella di seguito esposta riporta le forze scambiate tra i vari conci secondo le teorie selezionate (*Bishop, Jambu e Bell*). La simbologia è da interpretarsi come appresso descritto:

- Con. sx** : *Concio a sinistra della superficie di separazione tra i due conci*
- Con. dx** : *Concio a destra della superficie di separazione tra i due conci*
- F.or.** : *Risultante delle forze (orizzontali) scambiate tra i due conci ortogonalmente alla superficie (verticale) di separazione*
- F.vert.** : *Risultante delle forze (verticali) scambiate tra i due conci parallelamente alla superficie (verticale) di separazione*

COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO

N.ro Cerchio critico : 9				Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx = C	MP - Fx=sin	MP-Fx=sin/2	Sarma	Spencer
Cerchi N.ro	Xc (m)	Yc (m)	Rc (m)								
1	32,6	20,2	15,1			ELEM.RIG.					
2	35,2	21,7	14,5			1,8916					
3	37,8	23,2	14,4			1,6939					
4	40,4	24,7	14,9			1,6476					
5	43,0	26,2	16,0			1,9789					
6	31,1	22,8	18,0			2,0158					
7	33,7	24,3	17,4			1,8911					
8	36,3	25,8	17,4			1,6964					
9	38,9	27,3	17,8			1,5722					
10	41,5	28,8	18,8			1,9882					
11	29,6	25,4	20,9			2,0047					
12	32,2	26,9	20,4			1,8374					
13	34,8	28,4	20,4			1,7266					
14	37,4	29,9	20,8			1,6955					
15	40,0	31,4	21,6			1,8112					
16	28,1	28,0	23,8			1,9896					
17	30,7	29,5	23,4			1,8471					
18	33,3	31,0	23,4			1,7639					
19	35,9	32,5	23,7			1,7874					
20	38,5	34,0	24,4			1,7072					
21	26,6	30,6	26,8			1,9739					
22	29,2	32,1	26,4			1,8721					
23	31,8	33,6	26,4			1,7772					
24	34,4	35,1	26,7			1,7797					
25	37,0	36,6	27,3			1,858					

CARATTERISTICHE CONCI

Superficie di Scorrimento N.ro: 1

Concio N.ro	h (m)	L (m)	α (°)	c (t/mq)	ϕ (°)	W (t)	hw (m)	Qw (t)	Tcn (t)	Tgg (t)
1	0,51	1,39	-35,19	0,80	16,2	1,10	0,0	0,00	0,00	0,00
2	1,46	1,31	-30,07	0,80	16,2	3,15	0,0	0,00	0,00	0,00
3	2,28	1,26	-25,20	0,80	16,2	4,91	0,0	0,00	0,00	0,00
4	2,97	1,21	-20,52	0,80	16,2	6,42	0,0	0,00	0,00	0,00
5	3,57	1,18	-15,98	0,80	16,2	7,71	0,0	0,00	0,00	0,00
6	4,07	1,16	-11,54	0,80	16,2	8,78	0,0	0,00	0,00	0,00
7	4,47	1,15	-7,17	0,80	16,2	9,66	0,0	0,00	0,00	0,00
8	4,79	1,14	-2,85	0,80	16,2	10,35	0,0	0,00	0,00	0,00
9	5,00	1,14	1,46	0,80	16,2	10,79	0,0	0,00	0,00	0,00
10	5,10	1,14	5,78	0,80	16,2	11,01	0,0	0,00	0,00	0,00
11	5,11	1,15	10,14	0,80	16,2	11,04	0,0	0,00	0,00	0,00
12	5,04	1,17	14,55	0,80	16,2	10,88	0,0	0,00	0,00	0,00
13	4,87	1,20	19,05	0,80	16,2	10,51	0,0	0,00	0,00	0,00
14	4,60	1,24	23,68	0,80	16,2	9,93	0,0	0,00	0,00	0,00
15	4,19	1,29	28,49	0,80	16,2	9,06	0,0	0,00	0,00	0,00
16	4,55	1,36	33,52	0,80	16,2	9,82	0,0	0,00	0,00	0,00
17	4,84	1,46	38,87	0,80	16,2	10,46	0,0	0,00	0,00	0,00
18	3,82	1,60	44,66	0,80	16,2	8,26	0,0	0,00	0,00	0,00
19	2,56	1,81	51,13	0,48	13,7	5,52	0,0	0,00	0,00	0,00
20	0,92	2,19	58,71	0,48	13,7	1,98	0,0	0,00	0,00	0,00

REAZIONI MUTUE FRA CONCI

Superficie N.ro: 1

Conc. sx	Conc. dx	BISHOP		JAMBU		BELL		MP - Fx = C		MP - Fx = SIN		MP-Fx = SIN/2		SARMA		SPENCER	
		F.or. (t)	F.vert. (t)	F.or. (t)	F.vert. (t)	F.or. (t)	F.vert. (t)	F.or. (t)	F.vert. (t)	F.or. (t)	F.vert. (t)	F.or. (t)	F.vert. (t)	F.or. (t)	F.vert. (t)	F.or. (t)	F.vert. (t)
1	2					ELRIG	ELRIG										
2	3					ELRIG	ELRIG										
3	4					ELRIG	ELRIG										
4	5					ELRIG	ELRIG										
5	6					ELRIG	ELRIG										
6	7					ELRIG	ELRIG										
7	8					ELRIG	ELRIG										
8	9					ELRIG	ELRIG										
9	10					ELRIG	ELRIG										
10	11					ELRIG	ELRIG										
11	12					ELRIG	ELRIG										
12	13					ELRIG	ELRIG										
13	14					ELRIG	ELRIG										
14	15					ELRIG	ELRIG										
15	16					ELRIG	ELRIG										
16	17					ELRIG	ELRIG										
17	18					ELRIG	ELRIG										
18	19					ELRIG	ELRIG										
19	20					ELRIG	ELRIG										
20						ELRIG	ELRIG										

CARATTERISTICHE CONCI

Superficie di Scorrimento N.ro: 9

Concio N.ro	h (m)	L (m)	α (°)	c (t/mq)	ϕ (°)	W (t)	hw (m)	Qw (t)	Tcn (t)	Tgg (t)
1	0,18	0,86	-15,30	0,48	13,7	0,28	0,0	0,00	0,00	0,00



CITTÀ METROPOLITANA DI MESSINA

**IV DIREZIONE "SERVIZI TECNICI GENERALI"
SERVIZIO GEOLOGICO**

RELAZIONE GEOLOGICA

lungo la S.P. 167 dell'Ancipa a seguito della campagna di indagini geognostiche
propedeutica alla redazione dei progetti esecutivi

Messina,

Il Funz.- geologo
Dott. Geol. F. Roccaforte



INDICE

1 - PREMESSA	PAG.	4
2 - GEOLOGIA E CARATTERISTICHE LITO-STRATIGRAFICHE		6
3 - GEOMORFOLOGIA E PREDISPOSIZIONE AL DISSESTO		9
4 - RISULTATI INDAGINI GEOGNOSTICHE E PROVE IN SITU E IN LABORATORIO		11
4.1 - CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE		12
4.2 - PARAMETRI GEOTECNICI DA PROVE DI LABORATORIO		13
4.3 - PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO DRENATA		15
4.4 - PARAMETRI GEOTECNICI DA PROVE SPT		17
4.5 - PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO NON-DRENATA		18
4.6 - PARAMETRI DI DEFORMABILITÀ		20
4.7 - VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI		23
5 - SISMICITÀ E PERICOLOSITÀ SISMICA		25
5.1 - SISMICITÀ STORICA		25
5.2 - ZONAZIONE SISMOGENETICA		27
5.3 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE		28
5.4 - PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE		31
6 - RISPOSTA SISMICA LOCALE		34
7 - STABILITÀ SISMICA DEL SITO		38



FIGURE E TABELLE PRINCIPALI

1) SVILUPPO DELLA S.P. 167 E CARTA DELLE INDAGINI E PROVE (GEOTECNICHE E GEOFISICHE) IN SITU _____	PAG. 4
2) CARTA GEOLOGICA _____	5
3) RELAZIONI LITOLOGICA-PREDISPONIZIONE AL DISSESTO _____	9
4) DISSESTI AGGREGATI PER TIPOLOGIA E CLASSE MORFOMETRICA _____	10
5) SONDAGGI GEOGNOSTICI E PROVE IN SITU ESEGUITE _____	11
6) PROFILI LITO-STRATIGRAFICI E PROFILO STRATIGRAFICO-GEOTECNICO _____	12
7) QUADRO SINOTTICO DEI PARAMETRI GEOTECNICI DA PROVE DI LABORATORIO _____	13
8) QUADRO SINOTTICO DEI PARAMETRI GEOTECNICI DA PROVE SPT _____	17
9) PROFILO OCR-Z _____	19
10) PROFILO CU-Z _____	19
11) QUADRO SINOTTICO DEI VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI _____	24
12) MASSIME INTENSITÀ RILEVATE _____	25
13) STORIA SISMICA DEL SITO _____	26
14) PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE _____	29
15) SCHEMA DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE _____	31
16) CARTA DELLA VELOCITÀ SISMICA EQUIVALENTE VS30 E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO _____	37



1- PREMESSA

La presente relazione è stata redatta a supporto della progettazione definitiva-esecutiva degli interventi di manutenzione straordinaria, messa in sicurezza e ricostruzione del piano viabile lungo la S.P. n. 167 dell'Ancipa, tenendo conto della campagna di indagini geognostiche e prove geotecniche e geofisiche in situ eseguite dalla Ditta Trivellazioni s.n.c., come riportato nel report allegato¹.

Per l'inquadramento geografico del sito si fa riferimento alla mappa satellitare (<https://maps.google.it/>), su cui risulta lo sviluppo della S.P. 167 dal lago dell'Ancipa fino al centro abitato del Comune di S. Teodoro, di cui si riportano le coordinate geografiche in gradi sessadecimali e nel sistema di riferimento ED50.

La normativa tecnica di settore vigente è rappresentata dal D.M. 17/01/2018² (in seguito NTC-2018), aggiornamento del precedente D.M. 14/01/2008³ (NTC-2008), e dalla relativa circolare applicativa (Circ. C.S.LL.PP. n. 7/2019)⁴. Nel contempo si è tenuto conto, anche se non hanno valore di norme cogenti, degli Eurocodici relativamente alle parti di competenza (EC7 - *Geotechnical design*; EC8 - *Design of structures for earthquake resistance*)⁵, delle raccomandazioni e linee-guida pubblicate da enti pubblici di ricerca (es.: INGV, CNR, ISPRA, ENEA, ReLUI S, ecc.) o associazioni italiane e internazionali (es.: AGI; ISSMGE; CNG, ecc.), tra cui risultano di particolare interesse le Linee Guida AGI (2005)⁶ e gli atti del XXV ciclo delle conferenze di geotecnica di Torino a seguito dell'emanazione delle NTC-2018 (POLI TECNICO DI

¹ Cfr.: Report indagini geognostiche redatto da Trivellazioni di Li Pira Domenico e D'Anna s.n.c.

² D.M. 17/01/2018 – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”. GURI n. 42 del 20/02/2018, suppl. ord. N. 8.

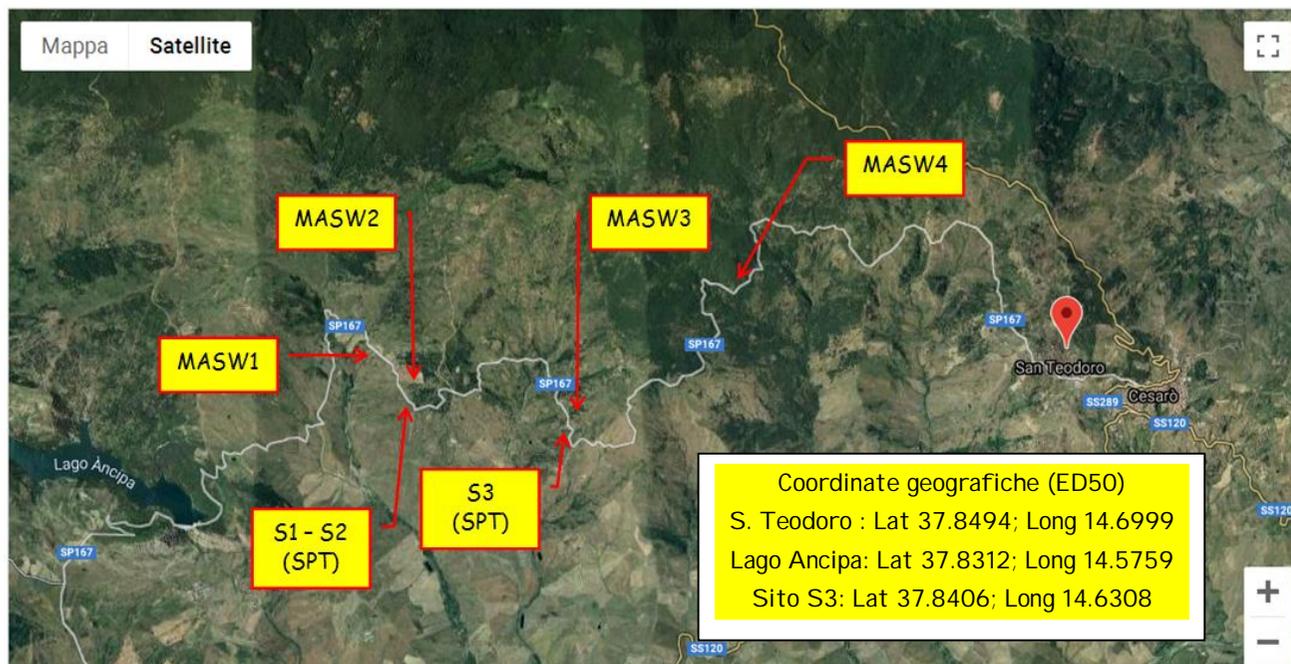
³ D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le costruzioni. GURI n. 29 del 04/02/2008, suppl. ord. N. 30.

⁴ Circ. C.S.LL.PP. 21/01/2019 n. 7. Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni, di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. GURI n. 35 dell'11/02/2019. Suppl. Ord. N. 5.

⁵ Normativa europea relativa agli aspetti geotecnici:

- UNI ENV 1997-1 (2006). Eurocodice 7: Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.
- UNI ENV 1997-2 (2007). Eurocodice 7: Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini in sito e prove di laboratorio.
- UNI ENV 1998-1 (2005). Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- UNI ENV 1998-5 (2005). Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

⁶ AGI (2005). Linee Guida AGI: aspetti geotecnici della progettazione in zone sismiche. Patron Ed., Bologna.



TORINO, 2018)⁷. Gli effetti sismici locali alla scala di sito sono stati valutati tenendo conto dei criteri proposti da COMPAGNONI et al. (2009)⁸, degli indirizzi per la microzonazione sismica (GdL_MS, 2008)⁹ e delle più recenti linee guida di aggiornamento per le instabilità cosismiche (CT_MS, 2015¹⁰; 2017.a¹¹; 2017.b¹²).

**Sviluppo della S.P. 167
e carta delle indagini geognostiche
e prove geotecniche e geofisiche in situ**

⁷ POLI TECNICO DI TORINO (2018). Analisi e progetto delle opere geotecniche in zona sismica (a cura di Foti S. et al.). Atti Conferenze di Geotecnica di Torino XXV Ciclo, 8 e 9 novembre 2018 (disp. in internet).

⁸ COMPAGNONI M. et al. (2009).Valutazione degli effetti sismici locali in siti associati a singoli edifici: un nuovo strumento schedografico geologico. Boll. Soc. Geol. I t., 128,1,131-145.

⁹ Gruppo di Lavoro Microzonazione Sismica - GdL_MS (2008). Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conf. Regioni e Province Autonome, D.P.C., Roma (3 voll. e 1 DVD).

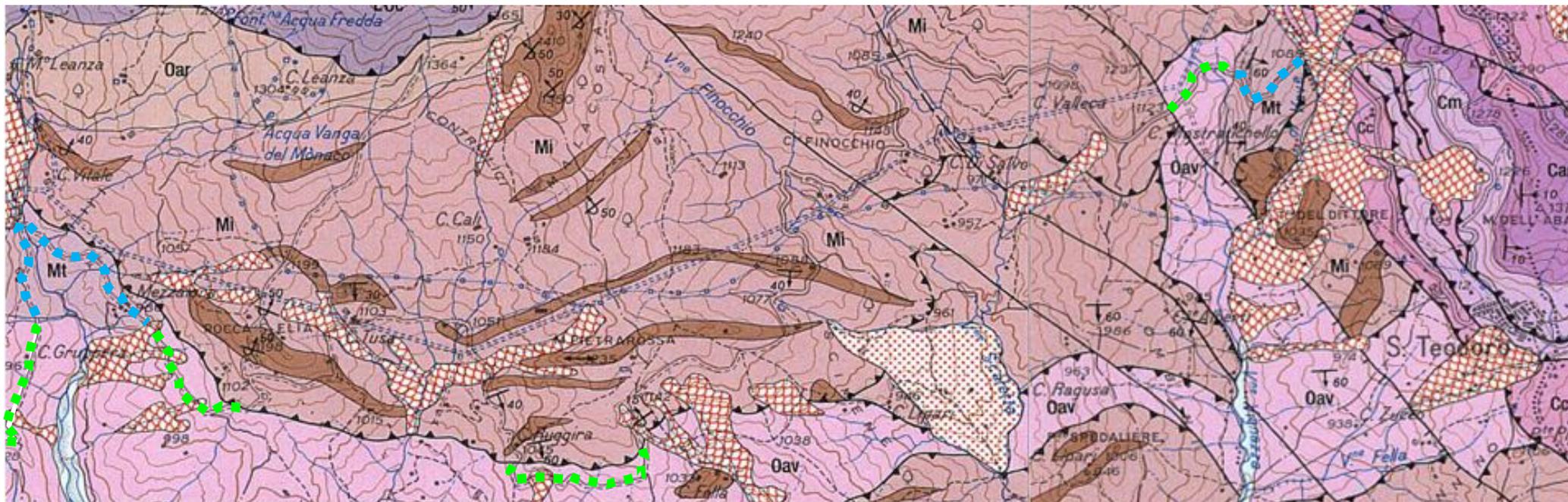
¹⁰ Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica - CT_MS (2015). Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci (FAC). Vers. 1.0. Conf. Regioni e Province Autonome, D.P.C., Roma.

¹¹ Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica- CT_MS (2017). Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR). Vers. 1.0. D.P.C., Roma.

¹² Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica - CT_MS (2017). Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione (LQ). Vers. 1.0. D.P.C., Roma.



2- GEOLOGIA E CARATTERISTICHE LITO-STRATIGRAFICHE



Carta geologica lungo il tracciato della S.P. 167 da C.da Gruppera a S. Teodoro (Lentini et al.,2000) ¹³

Sigla	Descrizione formazionale e litologica	Sigla	Descrizione formazionale e litologica
 	Oav) Unità di Troina : argille varicolori (verdi e rosso- vinaccia) oligoceniche, caotiche, con intercalazioni di siltiti e calcareniti		Mi) Unità di Nicosia - Flysch Numidico: alternanza di argille e quarzareniti giallastre in grossi banchi (MASW4)
 	Mt) Unità di Troina - Flysch di Troina-Tusa: marne grigio- cenere alternate a calcari marnosi con lenti di calcareniti, strati decimetrici di silt e arenarie micacee nella porzione medio-basale		Cc) Unità delle Argille Scagliose Superiori: argille marnose e marne argillose grigio-nerastre con livelletti di calcari marnosi e di calcareniti grigiastre

¹³ LENTINI F. et al. (2000). Carta geologica della Provincia di Messina. Provincia Regionale di Messina, S.EL.CA., Firenze.



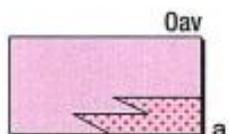
Legenda stratigrafica (dall'alto verso il basso):

Unità di Troina



Flysch di Troina-Tusa: marne grigio-cenere alternate a calcari marnosi biancastri in strati da 30 cm a 1 m con lenti di calcareniti e calciruditi a macroforaminiferi gradate, color nocciola. Strati decimetrici di silt ed arenarie micacee grigiastre sono presenti dall'intervallo medio-basso, organizzati in banchi spessi fino a 10 m. Il contenuto microfaunistico mostra una mescolanza di faune di età supracretacea ed eo-oligocenica con altre di età oligo-miocenica. Le faune più significative rinvenute negli orizzonti apicali sono costituite da *Globorotalia* cfr. *praescitula*, *Globigerinoides subquadratus*, *G. trilobus*, *Globoquadrina dehiscens*, *Globigerinita glutinata* e *Catapsidrax stainforthi*. Nei livelli sommitali si rinvengono nannoflore caratterizzate da *Helicosphaera carteri*, *Coccolithus pelagicus*, *Discoaster deflandrei* e *Cyclicargolithus floridanus*. Spessore 300 m circa.

AQUITANIANO - BURDIGALIANO

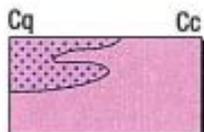


Argille varicolori oligoceniche: argille verdi e rosso-vinaccia a struttura caotica e con intercalazioni di siltiti e calcareniti. Faune povere rappresentate da forme agglutinanti (*Glomospira charoides*, *G. gordialis*, *Haplophragmoides glabra*) e nella parte alta da foraminiferi planctonici quali *Globigerinoides primordius*, *Globoquadrina praedehiscens*, assieme a forme eoceniche risedimentate (*Turborotalia cerroazulensis* e *T. centralis*). Nannoflore piuttosto scarse e mal conservate, costituite da *Cyclicargolithus floridanus*, *Coccolithus pelagicus*, *C. eopelagicus*, *Dictyococcites bisectus*, *Ericsonia obruta*, *Zygrhablithus bijugatus*, indicative di un'età genericamente oligocenica. Negli orizzonti inferiori si intercala una fitta alternanza di calcilutiti e calcareniti a macroforaminiferi e di argilliti rossastre (a) simili a quelle presenti alla base dell'U. di Nicosia. Lo spessore, non facilmente valutabile, varia da pochi metri fino a 500 m.

EOCENE - OLIGOCENE



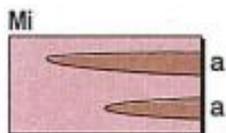
Unità delle Argille Scagliose Superiori



Argille marnose e marne argillose grigio-nerastre con livelli decimetrici di calcari marnosi grigi, avana per alterazione, e strati centimetrici di calcareniti grigiastre gradate (Cc). Sono presenti talora brecciole a tintinnidi. In località Iardini, tra Serra dei Ladri e Serra Corona alla base di un livello calcareo-marnoso è stato rinvenuto un esemplare di *Macroscaphites ivani*. Sul versante orientale di Margio Soprano le marne presentano nannoflore a *Stradneria crenulata*, *Micrantolithus obtusus*, *Watznaweria ovata*, *Cruciellipsis cuvielleri*. Al tetto sono presenti anche litofacies argilloso-arenacee molto tettonizzate (Cq); le arenarie sono subarkose in strati da decimetrici a metrici, hanno granulometria medio-fine e composizione omogenea a quarzo prevalente, scarse percentuali di litici cristallini e rarissimi clasti carbonatici. Sul terreno la distinzione tra queste arenarie e quelle del Flysch di M. Soro è estremamente difficile. Lo spessore è 400 m circa.

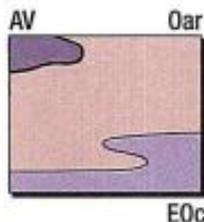
CRETACEO inferiore

Unità di Nicosia



Flysch Numidico: alternanza di argille brune e di quarzareniti giallastre o bianco-grigiastre spesso cataclastiche in grossi banchi (a). Nella parte alta sono presenti calcari marnosi e marne con liste di selce contenenti faune planctoniche a *Catapsidrax dissimilis*, *Globoquadrina dehiscens*, *Globigerinoides subquadratus*. Spessore di circa 300 - 400 m.

MIOCENE INFERIORE



Argille Varicolori: argille policrome con intercalazioni di siltiti micacee, quarzareniti e microconglomerati a clasti metamorfici, passanti verso l'alto ad argille rosse e brune a *Tubotomaculum* (Oar). Contengono faune a *Paragloborotalia opima nana*, *Globigerinita glutinata*, *Catapsidrax stainforthi*, *Globigerinoides immaturus*. Inglobano lembi di Argille varicolori cretacee scagliettate ed a giacitura caotica con livelli decimetrici di diaspri grigio-verdi, siltiti carbonatiche grigie e calcari micritici bianchi (AV). Associazioni a *Rotalipora turonica*, *R. appenninica*, *Globigerinelloides* spp., *Hedbergella* spp. ed *Heterohelix* spp. Alla base sono presenti inoltre lembi di calcari marnosi e marne bianche, calcareniti e brecciole gradate colore nocciola a macroforaminiferi con clasti di selce e di calcari mesozoici di piattaforma, ascrivibili in parte alle Calcareniti e Calciruditi di M. Pomiere (EOc). Nelle brecciole sono presenti *Nummulites* spp., *Alveolina* spp., *Discocyclina* sp., *Asterocyclina* sp., che conferiscono un'età **EOCENE inf.-medio**. Lo spessore è compreso tra 200 e 300 m.

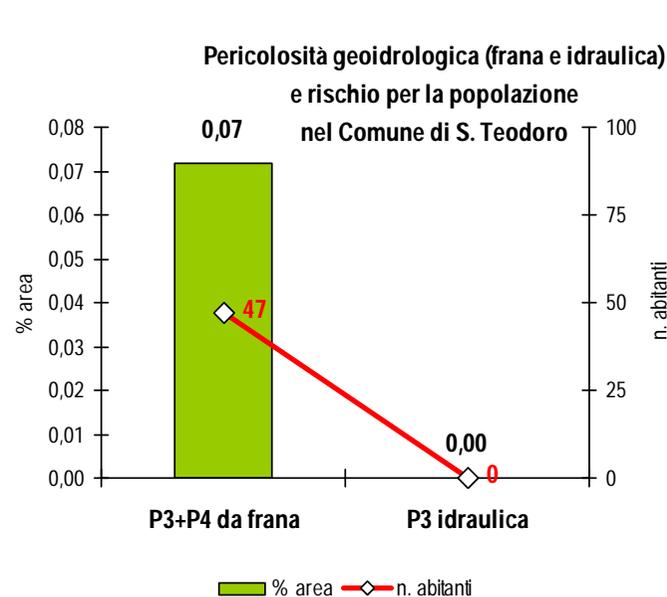
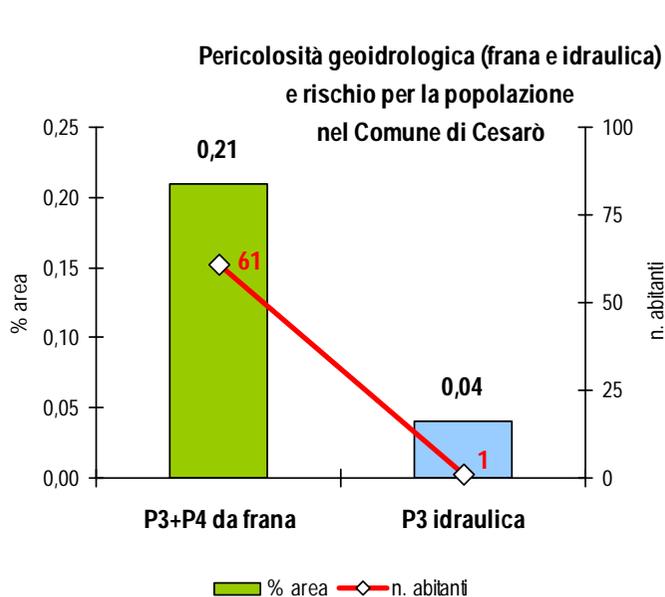
EOCENE - OLIGOCENE



3- GEOMORFOLOGIA E PREDISPOSIZIONE AL DISSESTO¹⁴

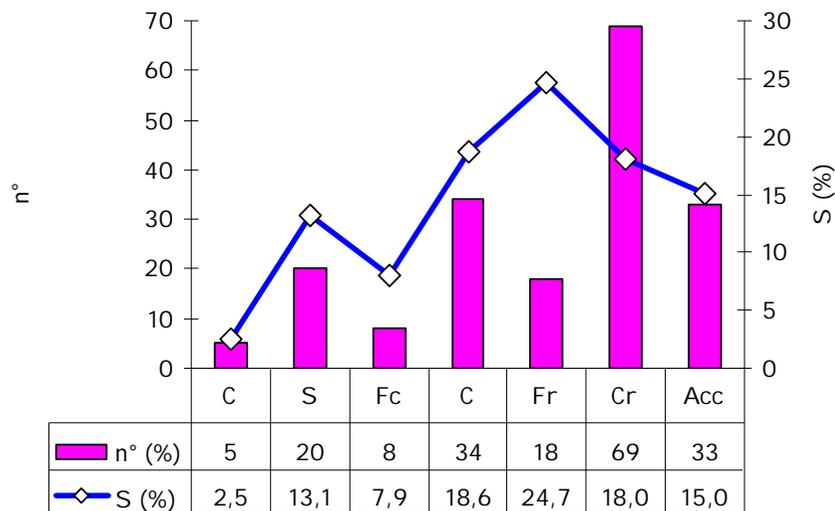
Tipologia dissesti	Scivolamento, colamento, frana complessa	Dissesti superficiali (creep)	Erosione accelerata	Crolli	Valore medio di propensione al dissesto
Fm. e litologia					
Oav) Argille varicolori	ALTA	ALTA	ALTA	BASSA	ALTA
Mt) flysch marnoso e calcareo-mernoso	ALTA	BASSA	ALTA	MEDIA	ALTA
Mi + Cc) flysch argilloso e argille scagliose	MEDIA	ALTA	MEDIA	MEDIA	ALTA

Relazione litologia/predisposizione al dissesto



¹⁴ TRIGLIA A. et al. (2015) Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio. ISPRA, Rapporti 233/2015

Dissesti x tipologia (fonte PAI -Sicilia)

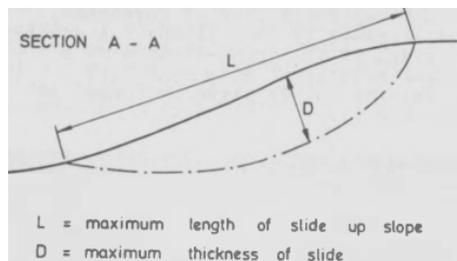
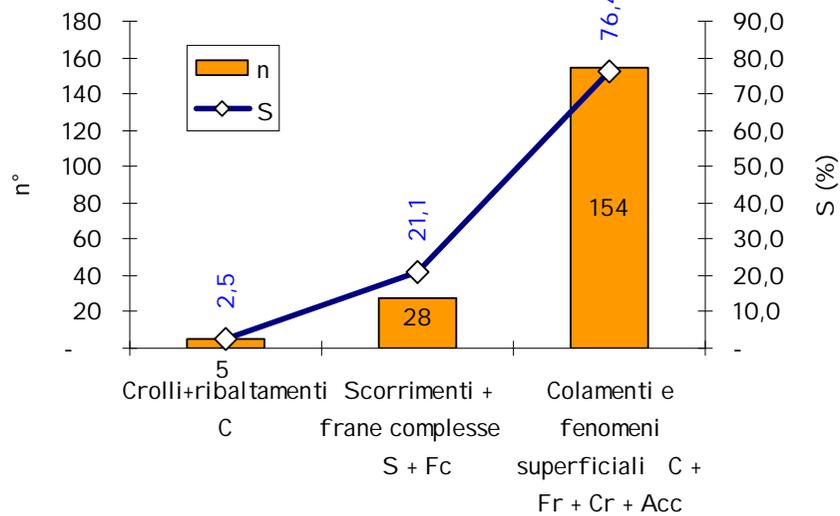


Legenda: C) crolli + ribaltamenti; S) scorrimenti; Fc) frane complesse; C) colamento lento; Fr) franosità diffusa; Cr) creep; Acc) erosione accelerata + calanchi.

Non si segnalano le seguenti tipologie: colamenti rapidi; sprofondamenti; DGPV (deformazioni gravitative profonde di versante)

Dissesti aggregati x tipologia e classe morfometrica

(sec. Skempton & Hutchinson, 1969)



Tipologia di frana	Classe morfometrica ¹⁵
C	D/L > 1
S + Fc	D/L = 0,15-0,33
C + Fr + Cr + Acc	D/L < 0,1

Le tipologie di frana che prevalgono nel territorio comunale di S. Teodoro e Cesarò, sia per estensione areale, sia per numero, sono quelle tipiche dei terreni coesivi, a cinematica lenta e con sviluppo superficiale ($D/L < 0,1$). A titolo di esempio si calcola: un colamento lento che interessa un versante per una lunghezza di 50 m presenta una superficie di scorrimento ad una profondità < 5 m dal piano-campagna.

¹⁵ SKEMPTON A.W. & HUTCHINSON J. (1969). Stability of natural slopes and embankment foundations. Proc. 1 th Int. Conf. Soil Mech. and Found. Eng., Mexico.



4- RISULTATI INDAGINI GEONOSTICHE E PROVE IN SITU E IN LABORATORIO

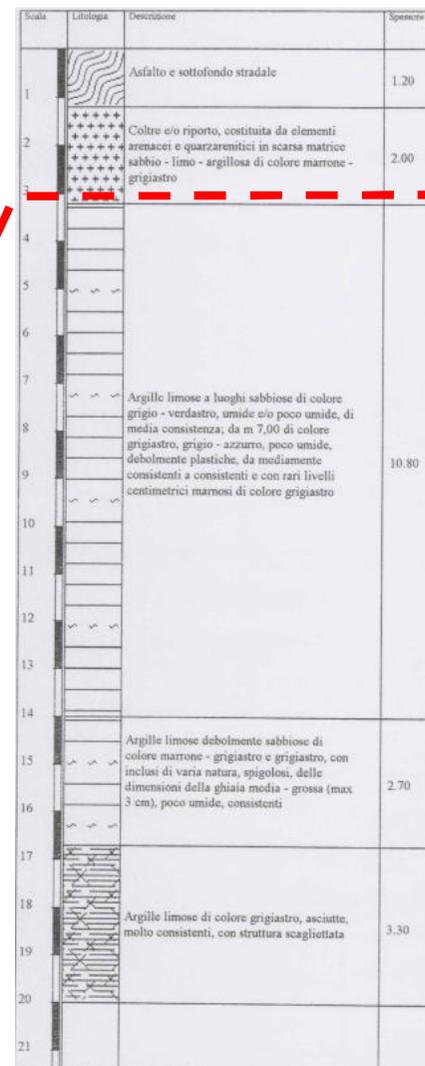
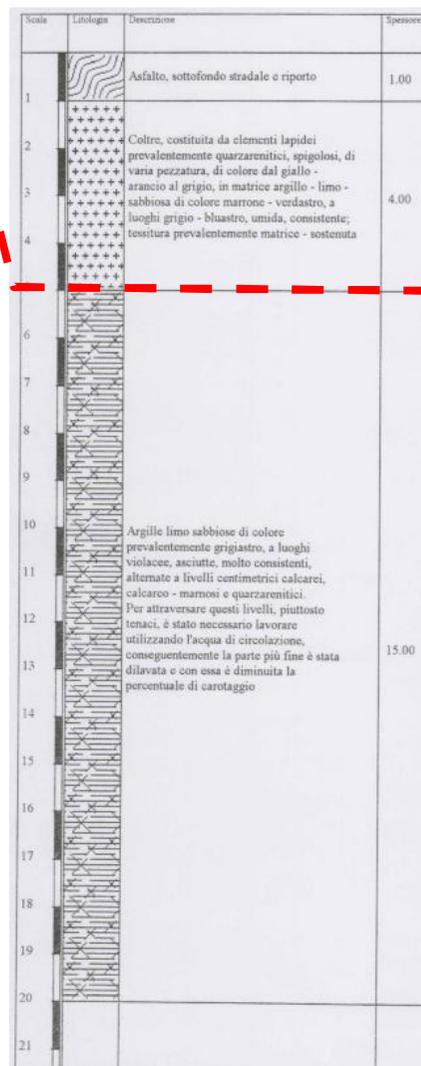
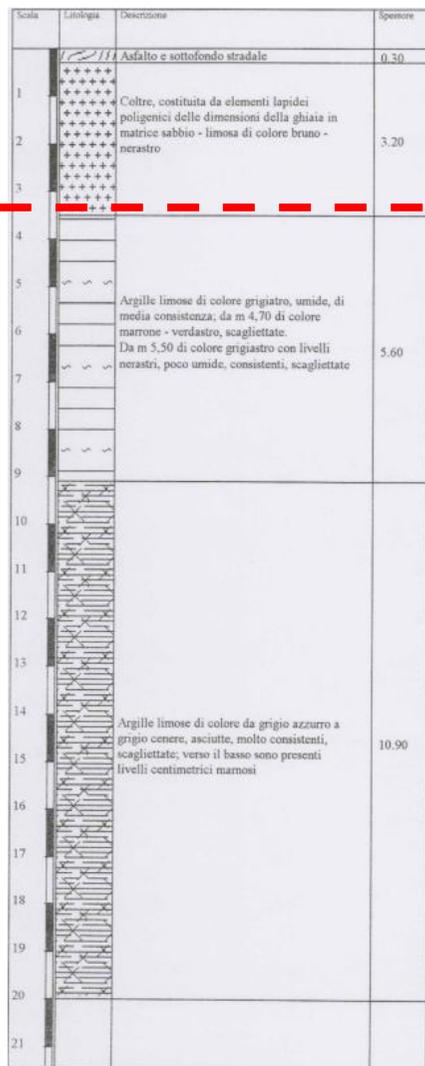
Tipo di prova/sigla	Tipo di prova/descrizione	Quantità
S	Sondaggio : perforazione a carotaggio continuo	n° 3 (m 20+20+20)
SPT	Prove penetrometriche dinamiche discontinue	n° 6
C	Prelievo campione indisturbato/ a disturbo limitato	n° 6
MASW	Prova sismica attiva (Multichannel Analysis of Surface Wave)	n° 4

Sondaggi geognostici e prove (geotecniche e geofisiche) in sito eseguite





4.1- CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE



C) Terreno di copertura
(coltre eluvio-detritica e da frana), fino a 3÷5 m dal p.c.

S) Terreno di substrato, non rigido
(prevalentemente argilloso, a struttura caotica o con alternanze di litotipi diversi)

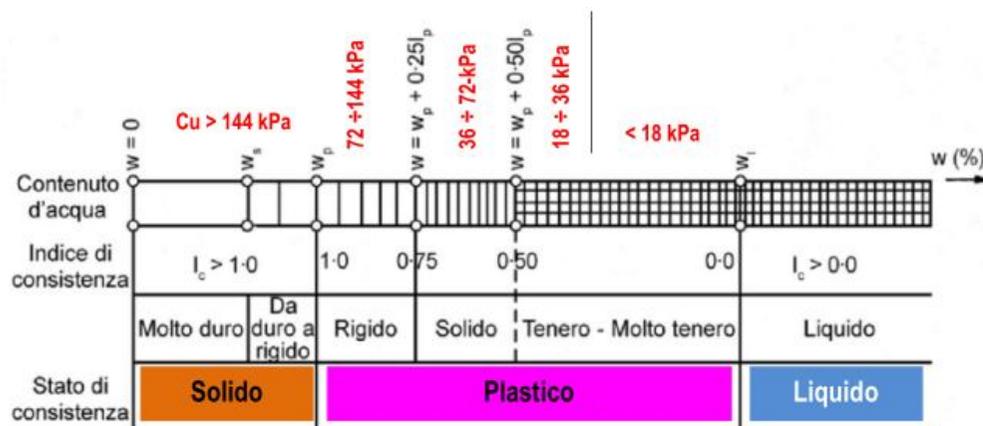
Profili lito-stratigrafici e profilo stratigrafico-geotecnico



4.2- PARAMETRI GEOTECNICI DA PROVE DI LABORATORIO

Unità geotecnica	Descrizione	Rif. campione	Wn (%)	γ_n (kN/m ³)	Gs (kN/m ³)	D ₅₀ (mm)	c _p ' (kPa)	ϕ'_p (°)	c _r ' (kPa)	ϕ'_r (°)	Qu (kN/m ²)	Cu (kPa)
C)	Terreno di copertura	S3/3A	16.334	19.275	28.334	0.08	9.7	28.9	N.D.	N.D.	172.53	86.25
S)	Terreno di substrato, non rigido	S1/1A	10.371	18.706	28.656	0.03	10.6	30.1	0.42	25.2	74.931	37.47
		S1/1B	18.884	18.132	27.276	0.001	24.8	19.8	N.D.	N.D.	248.54	124.27
		S2/2A	22.142	18.532	27.693	0.35	5.8	35.0	0	24.7	81.075	40.54
		S2/2B	19.844	18.829	27.904	0.003	8.7	23.7	1.49	12.4	218.98	109.49
		S3/3B	14.322	20.228	27.659	0.0018	0.7	22.3	N.D.	N.D.	504.27	252.14
		MEDIA	17.113	18.885	27.838	0.0773	10.1	26.5	0.64	20.8	225.56	112.78

Quadro sinottico dei parametri geotecnici da prove di laboratorio

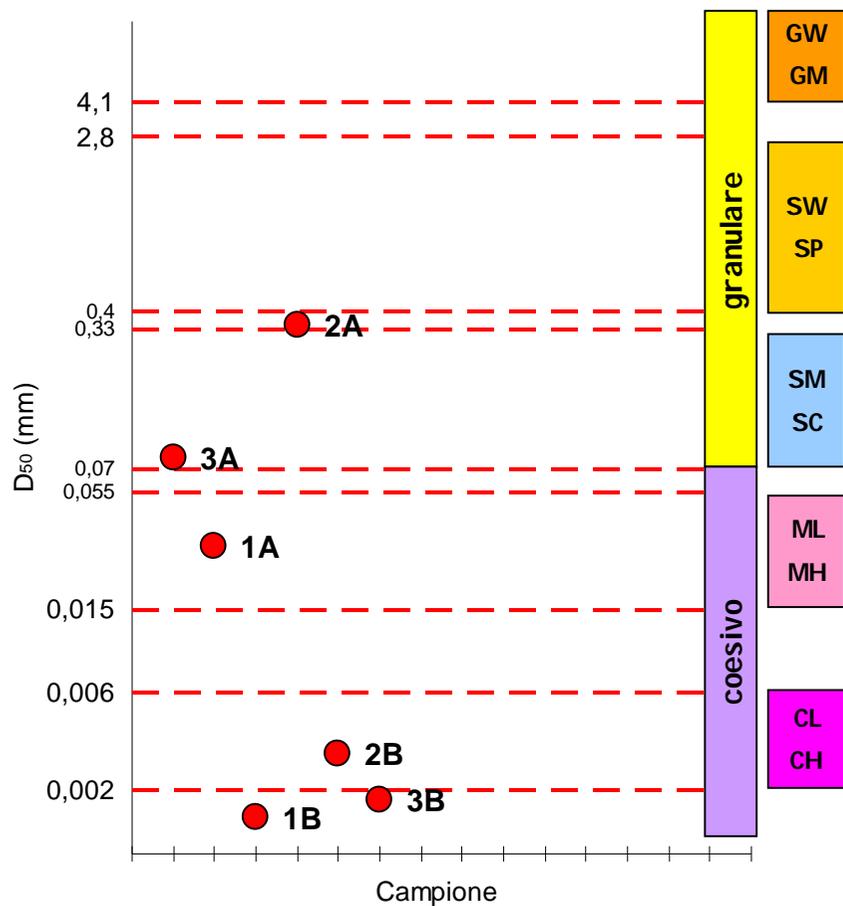


Classificazione in base alla consistenza

Gruppo USCS	Valore		
	Max (+ D.S.)	Modale	Min (- D.S.)
GW - GM	9,9	7	4,1
SW - SP	2,8	1,6	0,4
SM - SC	0,33	0,2	0,07
ML - MH	0,055	0,035	0,015
CL - CH	0,006	0,004	0,002

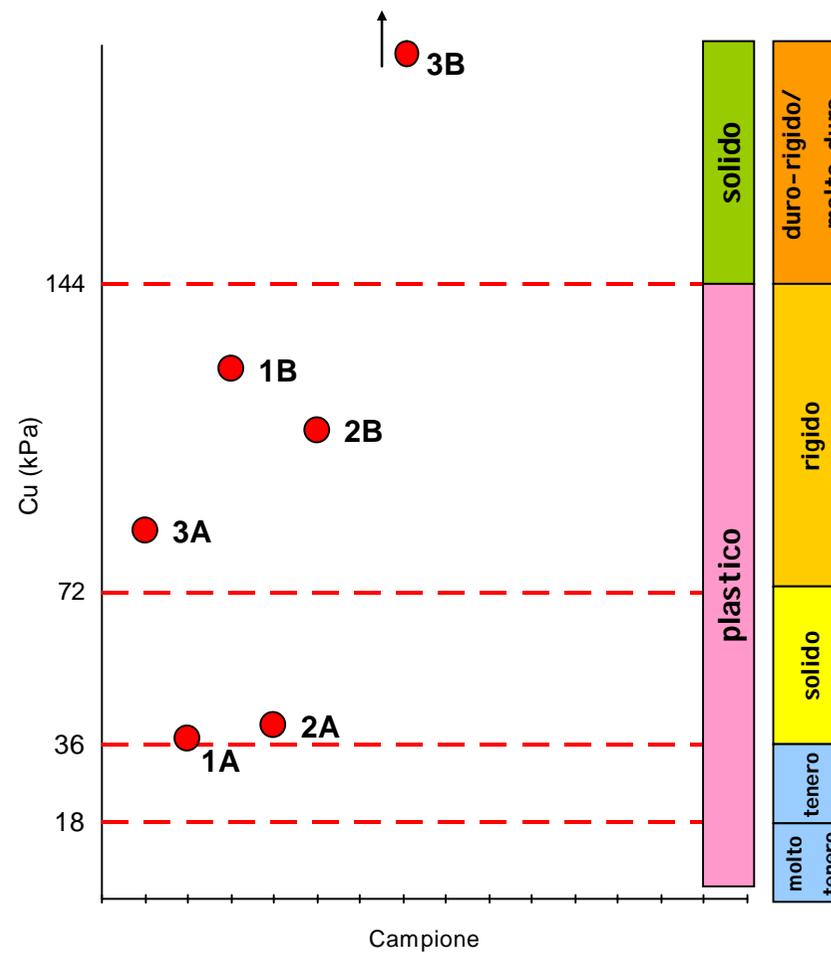
Classificazione USCS in base al diametro medio (valori modali \pm deviazione standard, sec. Bruschi, 2010¹⁶)

¹⁶ BRUSCHI A. (2010). Prove geotecniche in situ. D. Flaccovio Ed., Palermo.



Classificazione in base al diametro medio

I campioni rientrano nel campo dei terreni coesivi, prevalentemente CL e CH, ad eccezione di un campione praticamente incoerente (SP o SM), che potrebbe però indicare un disturbo nella fase di prelievo con il lavaggio della frazione fine



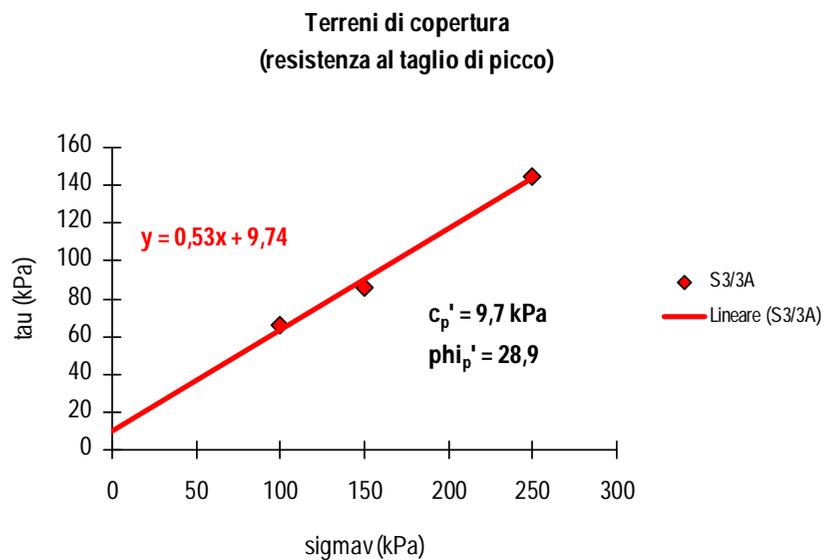
Classificazione in base alla consistenza e alla coesione non drenata

I campioni rientrano nel campo dei terreni plastici, solidi o rigidi, ad eccezione di un campione a consistenza molto dura.

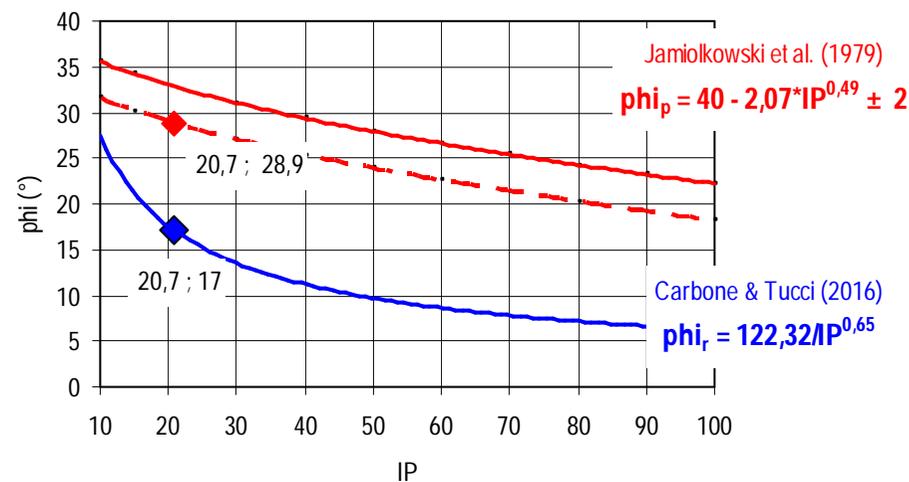


4.3- PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO DRENATA

Terreni di copertura



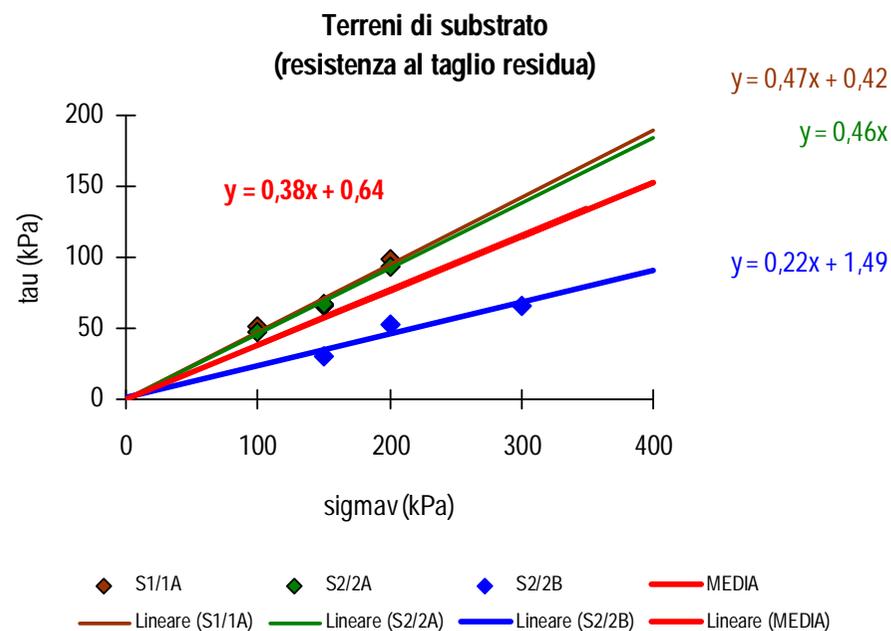
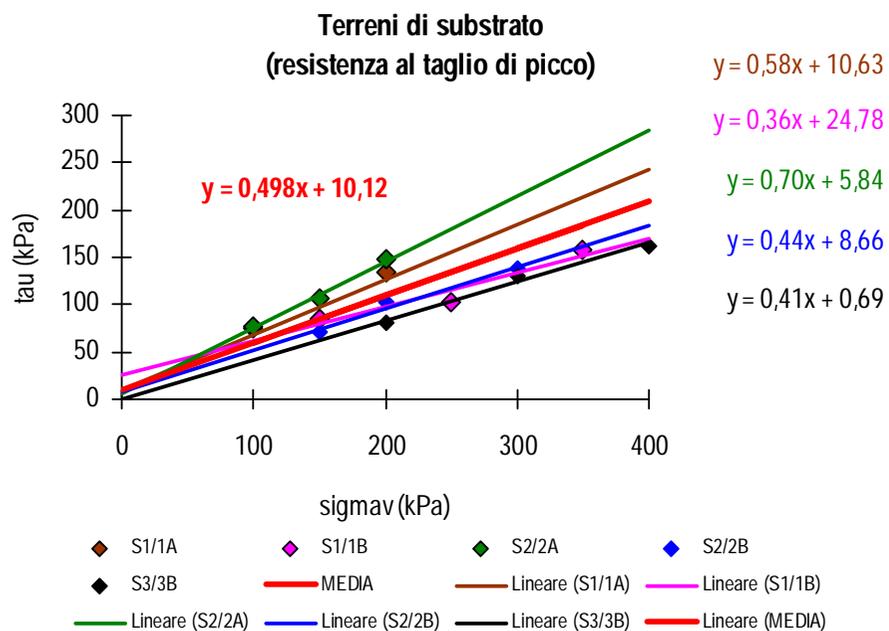
Correlazione angolo di attrito di picco e residuo-indice di plasticità



Valore dell'angolo di attrito residuo estrapolato sulla curva $\phi_{r'}-IP$
in corrispondenza del valore di $\phi_{p'} = 28,9$ risulta:
 $IP = 20,7$ $\phi_{r'} = 17$



Terreni di substrato



Camp.	c'_p (kPa)	ϕ'_p (°)
S1/1A	10,6	30,1
S1/1B	24,8	19,8
S2/2A	5,8	35,0
S2/2B	8,7	23,7
S3/3B	0,7	22,3
MEDIA	10,1	26,5

Camp.	c'_p (kPa)	ϕ'_p (°)
S1/1A	0,42	25,2
S2/2A	0	24,7
S2/2B	1,49	12,4
MEDIA	0,64	20,8

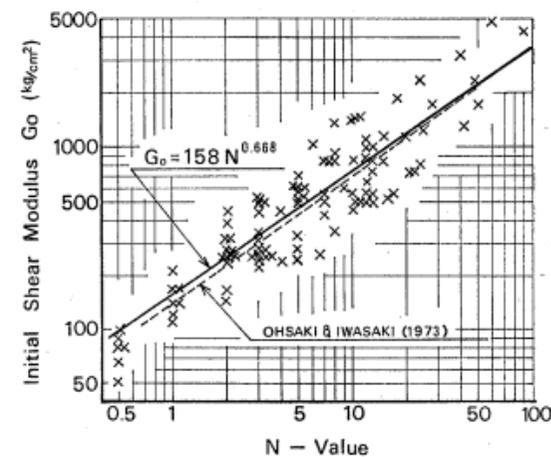
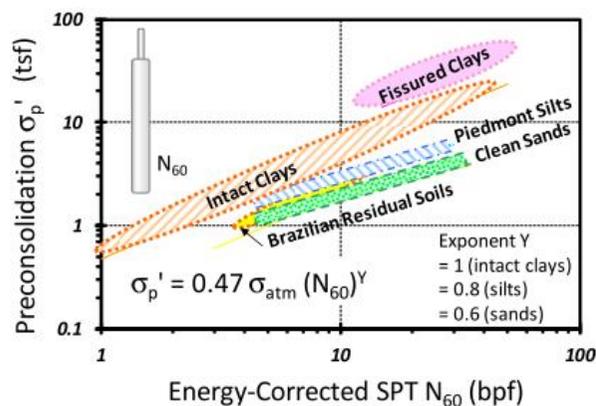


4.4- Parametri geotecnici da prove SPT

Unità geotecnica	Descrizione	N _{SPT}	Cu (kPa) Stroud, (1974)	Cu (kPa) Kulhawy & Mayne(1990)	Go (MPa) Hara et al. (1974)	E' (MPa) Butler, (1975)	Eu (MPa) Butler, (1975)	M (MPa) Stroud & Butler (1975)	σ _v (kPa)	σ' _p (kPa) Mayne & Kemper (1988)	OCR	Ko Mayne & Kemper (1988)
C)	Terreno di copertura	10	45	75	72,1	6.5	11.0	4.8	68	297	4.4	1.1
		13	59	98	85,9	8.5	14.3	6.2	77	366	4.7	1.2
		11.5	52	86	79,0	7.5	12.7	5.5	72	331	4.6	1.2
S)	Terreno di substrato, non rigido	17	77	128	114,5	11.1	18.7	8.1	79	453	3.1	0.9
		20	90	150	102,7	13.0	22.0	9.5	164	516	5.7	1.6
		25	113	188	132,9	16.3	27.5	11.9	164	617	3.8	1.1
		20.7	93	155	116,7	13.4	22.7	9.8	136	529	4.2	1.1

Quadro sinottico dei parametri geotecnici da prove SPT

Autore	Relazione
Stroud (1974)	$Cu = 4.5 * N_{SPT}$
Kulhawy & Mayne(1990)	$Cu = 7,52 * N_{SPT}$
Hara et al. (1974)	$Go = 15,48 * N_{SPT}$
Butler (1975)	$E' = 0.65 * N_{SPT}$
	$Eu = 1.1 * N_{SPT}$
Stroud & Butler (1975)	$M = 0.475 * N_{SPT}$
Mayne & Kemper (1988)	$\sigma'_p = 0,47 * N_{SPT} * pa$
	$Ko = 0,073 * N_{SPT} * pa / \sigma'_v$

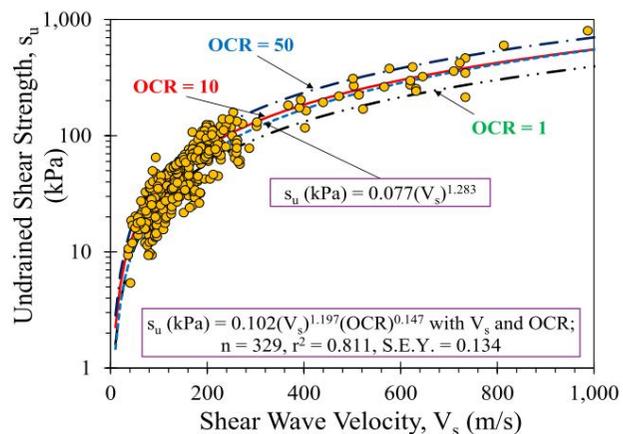




4.5- PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO NON DRENATA

Confronto valori con diversi metodi:

Unità geotecnica	Descrizione	Cu (kPa) da prove di laboratorio	Cu (kPa) da N _{SPT}	Cu (kPa) Jamiolkowski et al. (1985) ¹⁷	Cu (kPa) Ladd (1991) ¹⁸	Cu (kPa) Sorensen & Okkels (2013) ¹⁹	Cu (kPa) Moon & Ku (2016) ²⁰	MEDIA e classificazione
C)	Terreno di copertura	86	69	76	61	65	85	71 (solido plastico)
S)	Terreno di substrato, non rigido	113	124	122	107	101	108	113 (rigido plastico)



sec. Moon & Ku (2016)

Unità geotecnica	Descrizione	V _s (m/s) da MASW
C)	Terreno di copertura	228
S)	Terreno di substrato, non rigido	283

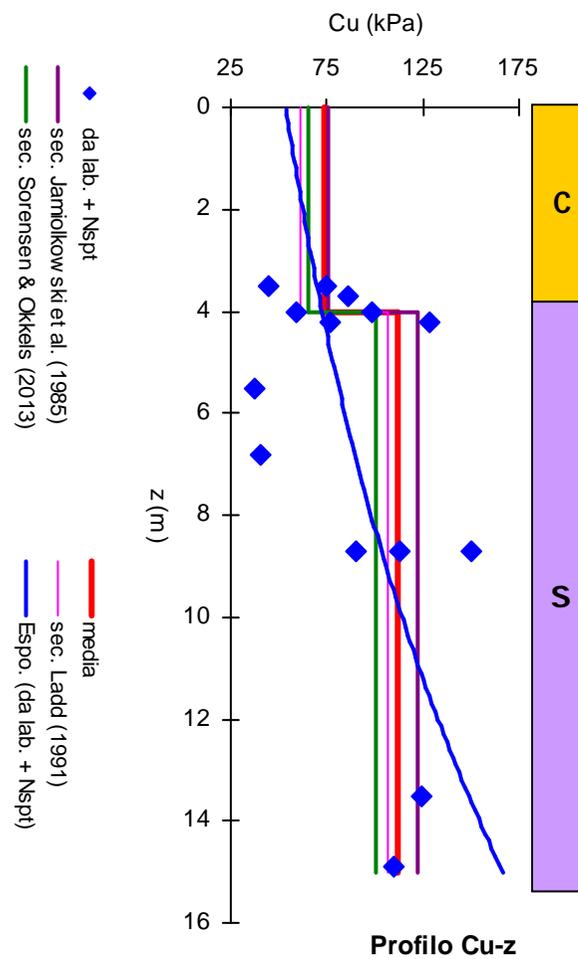
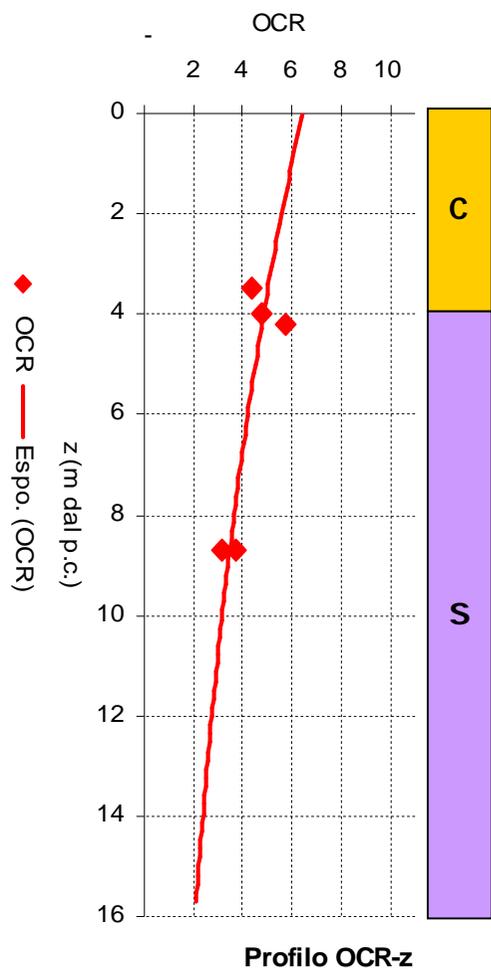
I valori di V_s di riferimento per le unità geotecniche sono stati calcolati come media ponderata in base agli spessori degli orizzonti definiti nel profilo sismico delle MASW eseguite.

¹⁷ Cu = 0,23 * σ_p [JAMIOLKOWSKI M. et al. (1985). New developments in field and laboratory testing of soils. Proc. 11th Int. Conf. on Soil Mech. Found. Engineering, San Francisco, 1, 57-153]

¹⁸ Cu/σ_v = 0,25 * OCR [LADD C.C.(1991). Stability evaluation during staged construction. J. Geotech. Eng., 117, 4, 540-615].

¹⁹ Cu = c_p / (0,10 ÷ 0,20) [SORENSEN K. K. & OKKELS N.(2013). Correlation between drained shear strength and plasticity index of undisturbed overconsolidated clays. Proc. 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris,1-6]

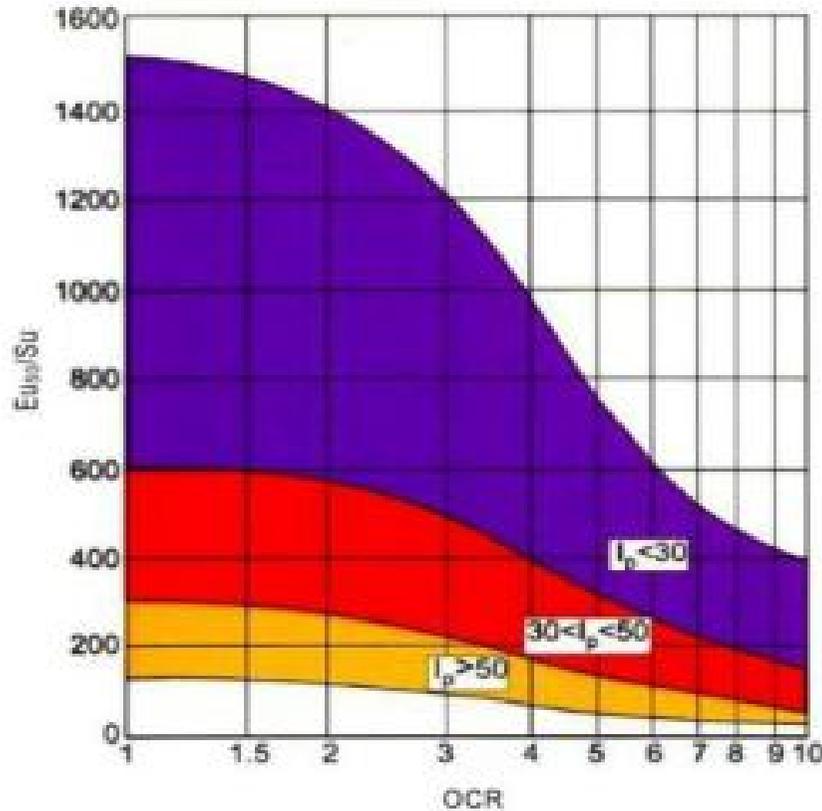
²⁰ MOON, S-W & KU.T. (2016). Empirical estimation of soil unit weight and undrained shear strength from shear wave velocity measurements. 5th Inter. Conf. on Geotech. and Geoph. Site Characterisation, I SC 2016. Australian Geomechanics Society.





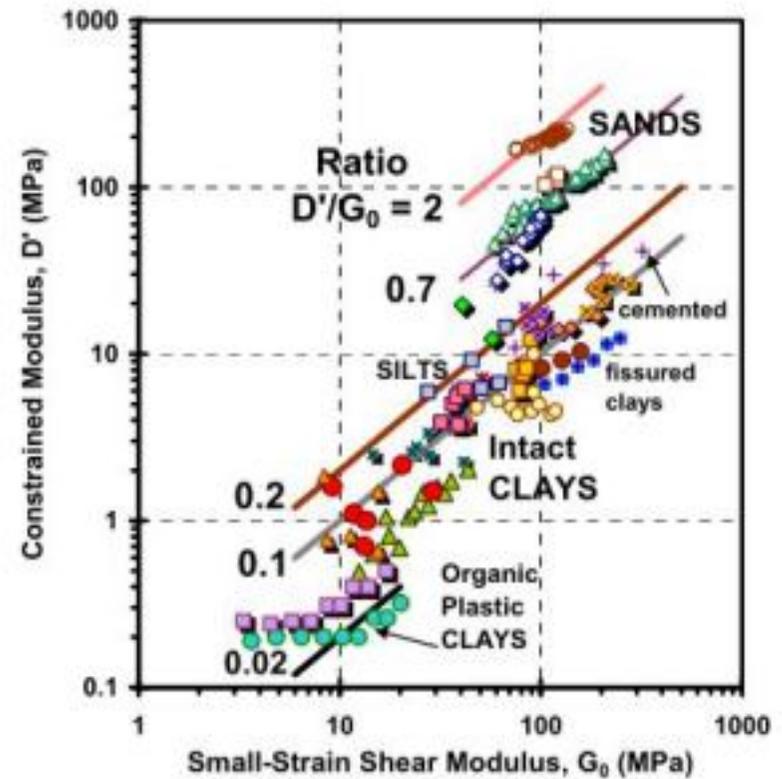
4.1- PARAMETRI DI DEFORMABILITÀ

Criterio 1)



sec. Duncan & Buchigani (1976)²¹

Criterio 2)



sec. Mayne (2001)²²

²¹ DUNCAN J.M. & BUCHIGANI A.L. (1976). An engineering manual for settlement studies. Dept. of Civil Engineering - Un. of California.

²² MAYNE P.W. (2001). Stress-strain-strength-flow parameters from enhanced in-situ test. Proc. int. conf. on in-situ measurement of soil properties and case histories, Bali, 27-47.



Criterio 1):

- si calcola il modulo "operativo" non drenato E_{u50} secondo l'abaco di Ducan & Buchigani (1976) in base ad una valutazione cautelativa di $I_p = 30 \div 50$;
- si calcola il modulo drenato E_{50} e il modulo edometrico M_{50} in base ai rapporti proposti da Lancellotta (1983)²³ per terreni sovraconsolidati:

$$E_{50} = E_{u50} / (1,5 \div 2,0)$$

$$M_{50} = E_{50} / (0,5 \div 0,8)$$

Unità geotecnica	Descrizione	Eu50/Cu	Eu50 (MPa)	E50 (MPa)	M50 (MPa)
C)	Terreno di copertura	230	16.3	9.3	14.4
S)	Terreno di substrato, non rigido	140	15.8	9.0	13.9

Criterio 2):

- si calcola G_0 ($G_0 = \gamma_n / g * V_s^2$) in funzione dei valori di V_s misurati con le prove MASW;
- si calcola il modulo edometrico $M' = M_{50}$ in base al rapporto proposto da Mayne (2001): $M'/G_0 = 0.1 \div 0.2$;
- si calcola E_{50} ed E_{u50} con riferimento ai rapporti proposti da Lancellotta (1983) per terreno OCR:

$$E_{50} = (0.5 \div 0.8) * M_{50}$$

$$E_{u50} = (1,5 \div 2,0) * E_{50}$$

²³ LANCELLOTTA R. (1983). Meccanica dei Terreni e Fondazioni. Resistenza al taglio e deformabilità. Libr. Ed. Univ. Levrotto & Bella, Torino.



Unità geotecnica	Descrizione	G_0 (MPa)	M50 (MPa)	E50 (MPa)	Eu50 (MPa)
C)	Terreno di copertura	102	10.2	6.6	11.6
S)	Terreno di substrato, non rigido	154	15.4	10.0	17.6

I valori determinati con i due criteri risultano congrui e confrontabili tra loro, anche con riferimento ai valori medi dei moduli "operativi" calcolati in base a N_{SPT} , ad eccezione del modulo edometrico che presenta valori evidentemente sottostimati.

In conclusione si consiglia di utilizzare i valori più cautelativi, che vengono evidenziati nelle precedenti tabelle in giallo e si riferiscono:

- per i terreni di copertura : al criterio 2);
- per i terreni di substrato: al criterio 1).



4.7- VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

I "valori caratteristici"²⁴ dei parametri geotecnici, come già introdotto dalla precedente normativa tecnica (EC-7 e NTC-2008) e confermato dalla NTC-2018, vengono riferiti al comportamento del terreno sotto sforzo o a grandi deformazioni. Qualora questo *criterio geotecnico* non fosse applicabile, si utilizza il *criterio statistico*, in modo che per una distribuzione gaussiana la probabilità di valori più sfavorevoli di quello caratteristico non sia maggiore del 5 %. Nella scelta dei valori caratteristici, come riportato nella Circ. C.S. LL.PP. n. 7/2019 punto C6.2.2.4, si fa riferimento:

- a valori prossimi ai valori medi, quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di sufficiente rigidità;
- a valori prossimi ai valori minimi qualora siano coinvolti modesti volumi di terreno o nel caso di struttura a contatto con il terreno dotata di insufficiente rigidità.

Criterio statistico

- per valori prossimi ai valori minimi : $X_k = X_m - 1,645 * D.ST = X_m * (1 - 1,648 * COV)$
- per valori prossimi ai valori medi: $X_k = X_m * (1 - 0,5 * COV)$ (o relazione semplificata di Schneider, 1997)²⁵

Il coefficiente di variazione (COV) è tipico di ogni parametro geotecnico e risulta praticamente indipendente dal valore medio locale. Ai principali parametri geotecnici si possono assegnare i valori tipici di coefficiente di variazione, in base a quanto riportato nella letteratura specializzata, con riferimento alle diverse modalità di prova e tipologie di terreno (es.: PHOON et al., 1995²⁶; PHOON & KULHAWY, 1999²⁷; VANNUCCHI & UZIELLI, 2004²⁸; DI BERNARDO, 2016²⁹).

²⁴ "Il valore caratteristico di un parametro geotecnico sarà scelto come una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite" (Eurocode 7 : Geotechnical design - Part 1 : General rules). "Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato" (NTC- 2008 punto 6.2.2)..

²⁵ SCHNEIDER H.R. (1997). Definition and determination of characteristic soil properties. Proc. Of the 14th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Hamburg. Balkema, Rotterdam.

²⁶ PHOON K.K. et al. (1995). Reliability based design of foundations for transmission line structures. Report TR-105000 , EPRI , Palo Alto, CA.



Parametro	γ	$\tan(\phi')$	$c' ; \ln(Cu)$	E_{ed} / E_{50}	N_{SPT}	q_c	V_s
COV (%)	1 ÷ 2	5 ÷ 15	40	40	15 ÷ 45	15 ÷ 25	10 ÷ 50

Unità geotecnica	Descrizione	$\gamma_{n,k}$ (kN/m ³)	ϕ'_k (°)	c'_k (kPa)	$E_{50,k}$ (MPa)	$M_{50,k}$ (MPa)	Cu_k (kPa)	Eu_{50} (MPa)
C)	Terreno di copertura	19.1	17	3.3	6.6	10.2	30.3	11.6
S)	Terreno di substrato, non rigido	18.7	21	3.5	9.0	13.9	43.9	15.8

Quadro sinottico dei valori caratteristici dei parametri geotecnici e criteri di calcolo adottati



Criterio statistico



Criterio geotecnico

²⁷ PHOON K.K. & KULHAWY F.H. (1999). Evaluation of geotechnical property variability. Canadian Geotechnical Journal, 36,625-639.

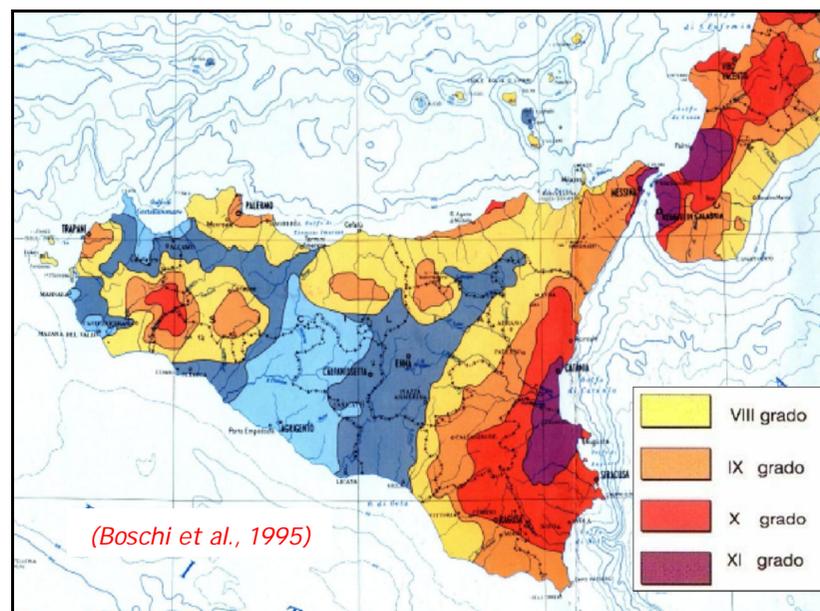
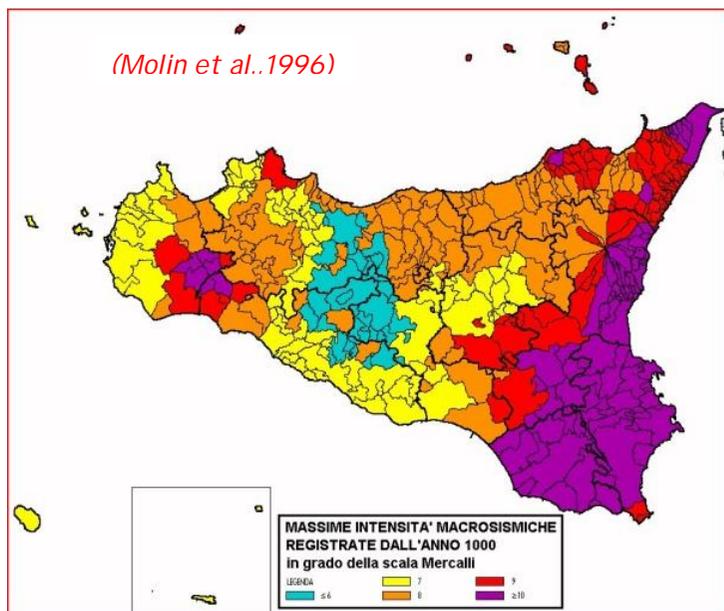
²⁸ VANNUCCHI G. & UZIELLI M. (2004). Variabilità geotecnica e affidabilità della sperimentazione. Atti Sem. sulla caratterizzazione dei terreni in relazione a problemi di ingegneria civile. Firenze 12-13 febbraio 2004.

²⁹ DI BERNARDO A. (2016). La stima dei valori caratteristici dei parametri geotecnici. Normativa e approcci di calcolo. Printed in Great Britain by Amazon.



5 - SISMICITÀ E PERICOLOSITÀ SISMICA

5.1 - SISMICITÀ STORICA



Massime intensità risentite : S. Teodoro- Cesarò = 7-8



Con riferimento ai terremoti più forti risentiti a Cesarò e S. Teodoro, di cui si riportano anche gli effetti sul contesto antropico, ripresi dal catalogo sismico CFT5Med, si calcola la accelerazione massima al sito tramite la correlazione PGA-Intensità, proposta da DECANINI et al. (1995)³⁰ con l'introduzione del parametro distanza epicentrale, e tramite la relazione di CASTENETTO et al. (1991)³¹:

$$\log \text{PGA (cm/s}^2) = 2,75 + 0,07 I_{\text{MCS}} - 0,80 \log (\text{RE}^2 + 10^2)^{0,5} \quad (1)$$

$$\text{PGA (g)} = 0,0063 * \exp (0,4605 * I_s) \quad (2)$$

Comune	I _s	Data (A, M, G)	Area Epicentrale	Effetti sul contesto antropico	Lat Long	I _{max} Mw	RE (Km) ³²	PGA (1) PGA (2) (g)
S. Teodoro/ Cesarò	6/7	1818.02.20	Catanese	Causò danni agli edifici, costringendo la popolazione a ricoverarsi in alloggi di fortuna	37.603 15.141	9.5 6.28	52	0.087 0.126
S. Teodoro/ Cesarò	6	1908.12.28	Calabria meridionale- Messina	Furono rilevate lesioni in poche case	38.165 15.687	11 7.1	99	0.085 0.100
Cesarò	8	1693.01.11	Sicilia orientale	Crolli limitati a 1/3 dell'abitato.	37.141 15.013	11 7.32	84	0.091 0.251

Storia sismica del sito

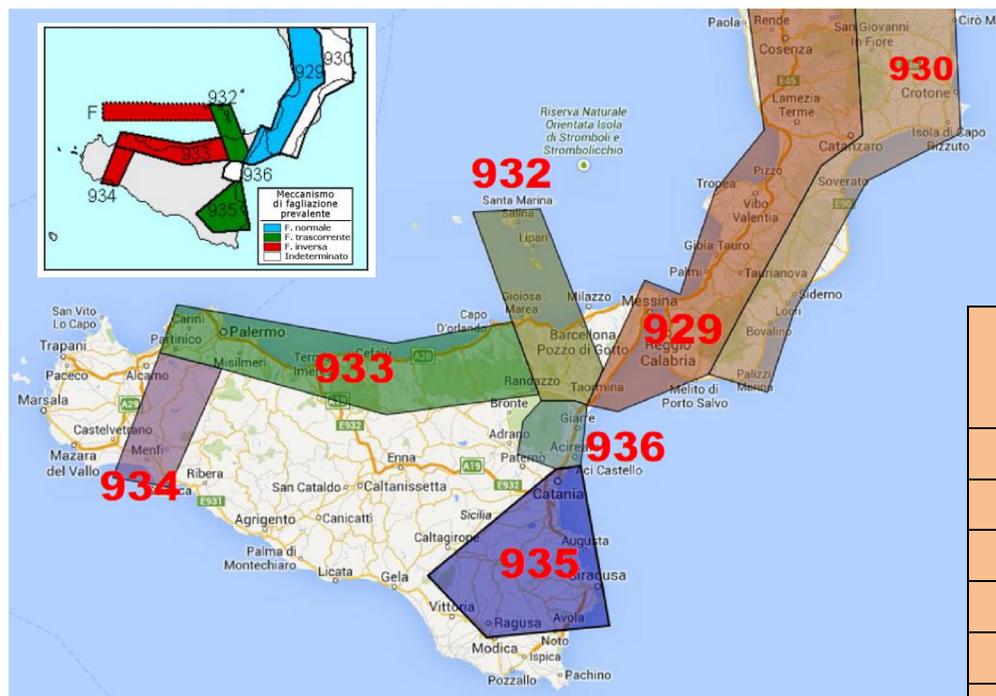
Le accelerazioni in base alla intensità risentita sono sempre nettamente superiori ai valori prevedibili secondo la legge di attenuazione con la distanza epicentrale, per cui nella zona in esame si evidenzia nel complesso un effetto di amplificazione dello scuotimento sismico .

³⁰ DECANINI L. et al. (1995). Sui parametri relativi alla definizione dei terremoti di progetto negli studi di pericolosità sismica. Atti dei Conv. Lincei, 122.

³¹ CASTENETTO S. et al. (1991). Banca dati dei più forti terremoti italiani del XX secolo. Atti 10° Conv. Naz. GNGTS, Roma.

³² Re = distanza epicentrale dal sito di riferimento (Sito S3: Lat 37.8406; Long 14.6308)

5.2 - ZONAZIONE SISMOGENETICA



Il sito in esame si localizza nella zona sismogenetica ZS 933 della Sicilia settentrionale, caratterizzata da un meccanismo di faglia prevalente inverso, ma risente anche della sismicità delle zone limitrofe e in particolare della ZS 932 (Eolie-Patti) e della ZS 936 (Etna).

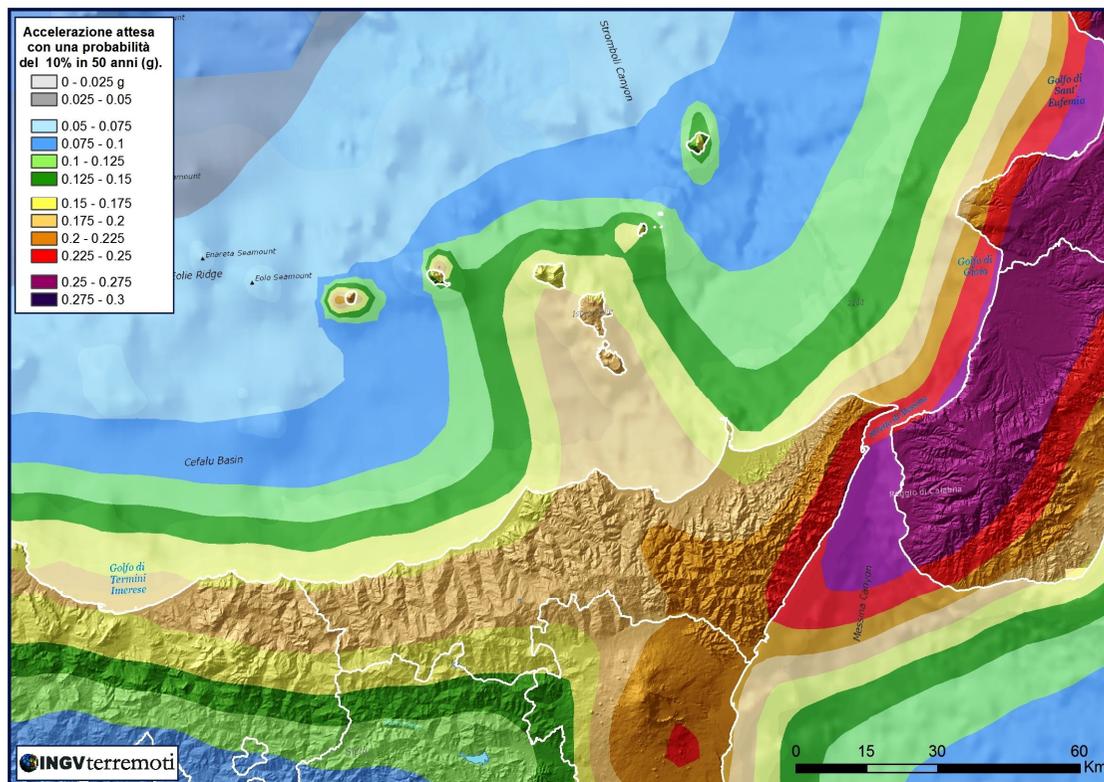
N ° ZS	ZONA SISMOGENETICA	INTERVALLO PROFONDITÀ (Km)	MECCANISMO DI FAGLIA PREVALENTE	MAGNITUDO MAX OSS. (CPTI 2)	MAX RIGETTO ATTESO PER FAGLIA (cm)
929	Calabria tirrenica	8 ÷ 12	Normale	7.24	> 150
930	Calabria ionica	8 ÷ 12	Indeterminato	6.60	50 ÷ 150
932	Eolie -Patti	12 ÷ 20	Trascorrente	6.06	10 ÷ 50
933	Sicilia sett.	8 ÷ 12	Inversa	5.89	
934	Belice	8 ÷ 12	Inversa	6.12	
935	I blei	12 ÷ 20	Trascorrente	7.41	50 ÷ 150
936	Etna	1 ÷ 5	Indeterminato	5.30	
F	Ustica - Alicudi		Inversa		

zonazione ZS9 di Meletti & Valensise (2004)³³, aggiornamento della precedente ZS4 di Scandone & Stucchi (2000)³⁴

³³ MELETTI C. & VALENSI SE G. (2004). Zonazione sismogenetica ZS9 - App. 2 al Rapporto Conclusivo. In: I NGV, Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM del 20 marzo 2003, n. 3274, All. 1 - Rapporto conclusivo (bozza-aprile 2004). I NGV, Roma.

³⁴ SCANDONE P. & STUCCHI M. (2000). La zonazione sismogenetica ZS4 come strumento per la valutazione della pericolosità sismica. In: Galadini F. et al. (Eds), Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999). GNDT, Roma.

5.3 – PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE³⁵



La mappa di pericolosità sismica più recente, predisposta nell'ambito del Progetto DPC-INGV (2007)³⁶ e messa a disposizione sul sito internet esse1-gis.mi.ingv.it/, evidenzia in corrispondenza del sito in esame valori dell'accelerazione sismica su suolo rigido orizzontale con probabilità del 10 % in 50 anni ($T_r = 475$ anni):

$$a_g = 0,150 \div 0,175 \text{ g}$$

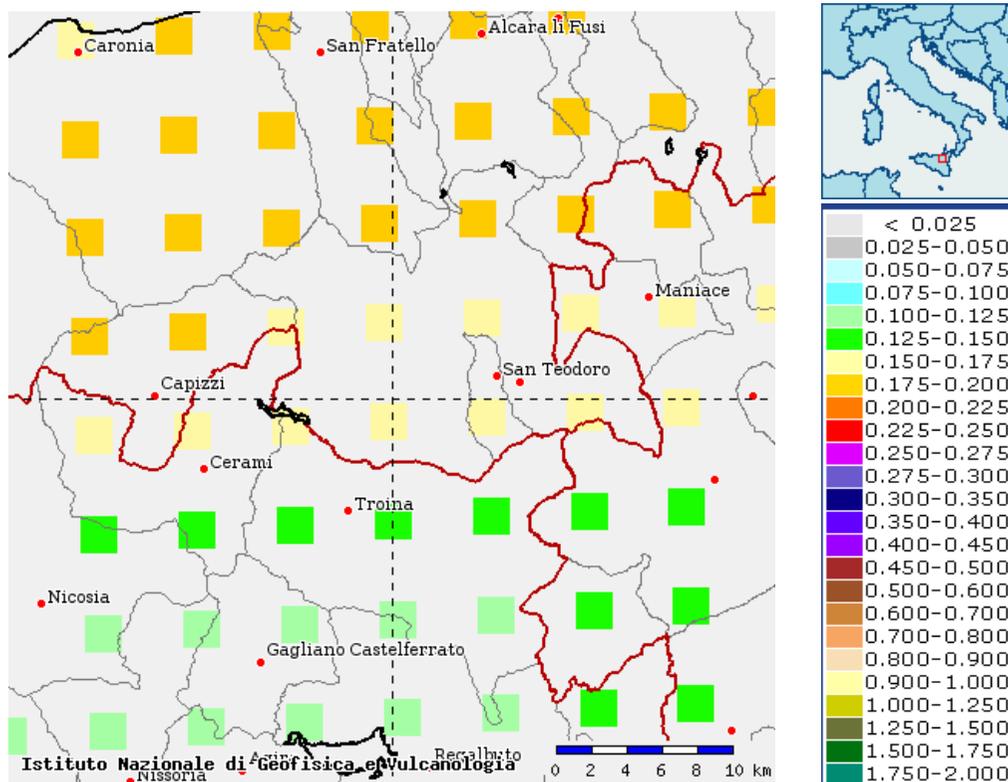
mentre i parametri del "terremoto di scenario" (M_w e distanza epicentrale RE), che condiziona la pericolosità sismica del sito, definiti attraverso una analisi di disaggregazione da SPALLAROSSA & BARANI (2007)³⁷, risultano ($T_r = 475$ anni):

$$M_w = 4,95 \quad RE = 10,6 \text{ Km}$$

³⁵ La "pericolosità sismica di base", come riportato nel documento del GdL MS (2008), rappresenta la componente di pericolosità dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti), che definisce in maniera probabilistica i parametri descrittivi dello scuotimento (accelerazione, velocità, ordinate spettrali) in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento).

³⁶ DPC-INGV (2007). Progetto S1. Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274/2003 e progettazione di ulteriori sviluppi. Rapporto finale. <http://esse1.mi.ingv.it>

³⁷ SPALLAROSSA D. & BARANI S (2007). Disaggregazione della pericolosità sismica in termini di $M-R-e$. Progetto DPC-INGV S1, <http://esse1.mi.ingv.it/d14.html>



Mappa di pericolosità sismica di base con a_g per $T_R = 475$ anni

Il centro della mappa corrisponde al sito di riferimento, mentre al punto della griglia più vicino al sito viene riferita l'analisi di disaggregazione sismica

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0,052	2,473	0,255
50	0,065	2,467	0,276
72	0,076	2,439	0,287
101	0,088	2,415	0,297
140	0,101	2,409	0,307
201	0,117	2,415	0,315
475	0,160	2,462	0,331
975	0,205	2,520	0,341
2475	0,276	2,568	0,355

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	45	0,062	2,468	0,272
SLD	75	0,077	2,436	0,288
SLV	712	0,184	2,495	0,337
SLC	1462	0,233	2,541	0,347

Parametri di pericolosità sismica di base³⁸ e strategia di progettazione³⁹

Pericolosità sismica di base

³⁸ I parametri di pericolosità sismica di base (a_g = accelerazione orizzontale massima; F_o = 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) alla scala del sito e per i diversi valori del periodo di ritorno sono calcolati tramite il foglio di calcolo sperimentale EXCEL SPETTRI -NTC (Vers. 1.03 del luglio 2008), predisposto dal Consiglio Superiore LL.PP..

³⁹ Rispetto alla strategia di progettazione, le opere in progetto presentano vita nominale $V_N = 50$ anni, mentre la S.P. rientra nella classe d'uso III (coefficiente $C_u = 1,5$), in quanto rete viaria extraurbana non ricadente nel tipo A, B o C (se di collegamento tra capoluoghi di provincia non serviti da strada tipo A e B), secondo D.M. 05/11/2001 n. 6792.



5.4 – PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE⁴⁰

I terreni, in occasione di un evento sismico, si possono comportare come “**terreni instabili**”, nei quali si possono manifestare “**effetti locali**”, o come “**terreni stabili**” nei quali le condizioni geomorfologiche e geotecniche possono provocare esaltazione del moto sismico del suolo (“**effetti di sito**”). In particolare:

- per **effetti locali** si intendono i fenomeni gravitativi, di liquefazione dei terreni saturi, di densificazione dei terreni granulari asciutti o dislocazione lungo faglie attive, che si possono attivare in occasione di un evento sismico e coinvolgere i terreni di fondazione quando si comportano come “terreni instabili”;
- per **effetti di sito** o “**risposta sismica locale**” (RSL) si intendono, invece, l’insieme delle modifiche di ampiezza, durata e contenuto in frequenza che il moto sismico subisce passando dal *bedrock* ai terreni soprastanti fino alla superficie o in corrispondenza di irregolarità topografiche; il rapporto tra l’accelerazione massima alla superficie e quella al *bedrock*, quando risulta maggiore dell’unità, definisce il fattore di amplificazione locale.

Un quadro degli effetti sismici con riferimento alla zonazione geomorfologica e litologica del territorio (o zonazione preliminare del territorio in prospettiva sismica) è riportato nel documento del GdL-MS (2008):

- **A - zone stabili**, nelle quali non si ipotizzano effetti sismici locali di rilievo di alcuna natura;
- **B - zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico per effetto litostratigrafico e/o morfologico (“*effetti di sito*”);
- **C - zone suscettibili di instabilità**, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio, quali instabilità dei versanti, liquefazione dei terreni granulari saturi, deformazioni lungo faglie attive e capaci⁴¹, cedimenti differenziali (“*effetti locali*”).

⁴⁰ La “*pericolosità sismica locale*” rappresenta la componente di pericolosità dovuta alle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche, che permette di stimare le amplificazioni locali e la possibilità di accadimento di fenomeni di instabilità del terreno (GdL MS, 2008).

⁴¹ Una faglia attiva è detta capace se raggiunge la superficie producendo una frattura del terreno, detta traccia superficiale della faglia (GdL MS, 2008).



EFFETTI	SIGLA	ZONA	SITUAZIONE-TIPO	EFFETTI NEL SITO E LIVELLO DI PROBABILITÀ
	A	Zona stabile	Substrato geologico affiorante ($V_s \geq 800$ m/s) con morfologia pianeggiante o poco inclinata ($i < 15^\circ$)	
EFFETTI DI SITO (RSL)	B₁	Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali per effetto litologico	Terreni di copertura, coltri di alterazione del substrato, substrato molto fratturato ($J_v > 10 - 15$) o substrato affiorante con $V_s < 800$ m/s per spessori > 5 m	CERTO
	B₂	Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali per effetto morfologico	Discontinuità morfologiche, quali pendii con $i > 15^\circ$ e $h > 30$ m, bordi di terrazzo o zone di ciglio di scarpata con $h > 10$ m, creste rocciose sottili ($L_{cresta} \ll L_{base}$ e $i > 30^\circ$)	CERTO
EFFETTI LOCALI (INSTABILITÀ)	C₁	Zona suscettibile di instabilità	Instabilità di versante (tipo di frane e attività)	CERTO/PROBABILE
	C₂		Liquefazione in terreni sabbiosi, sabbioso-limosi e sabbioso-ghiaiosi con soggiacenza della falda idrica < 15 m dal p.c.	ASSENTE
	C₃		Faglia attiva e capace	ASSENTE
	C₄		Cedimenti differenziali in aree di contatto stratigrafico o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse; densificazione nei terreni granulari asciutti	ASSENTE

Schema di pericolosità sismica locale



SITO DI UBICAZIONE		CONTESTO MORFOLOGICO					
		Superficie pianeggiante	Valle	Sella	Versante	Orlo di terrazzo/ciglio di scarpata	Cresta
Pianura	Alluvionale						
	Costiera						
	Altro						
Valle	Stretta						
	Larga				X		
Conoide			IMP				
Versante			IMP		X		
Ciglio di scarpata			IMP				
Dorsale o cresta	Arrotondata	IMP	IMP				
	Appuntita	IMP	IMP				

Pericolosità sismica per effetto morfologico

Basso

Nulla

Medio

Elevato

Molto elevato

Matrice contesto morfologico/sito di ubicazione (Di Capua e Peppoloni, 2009)⁴²

(IMP = condizioni morfologica del sito impossibile nel contesto di riferimento)

Il sito in progetto rientra certamente in una zona suscettibile di amplificazioni locali:

- per effetto litologico, per la presenza di terreni di copertura (coltri detritico-eluviali e da frana) e di terreni di substrato, non rigido (litologie coesive e flisciodi);
- per effetto morfologico, per la presenza di un rapporto "contesto morfologico/sito di ubicazione"⁴³ dato da "versante/versante" o "valle larga/versante".

Riguardo agli "effetti locali" lungo il tracciato stradale si segnala la presenza di frane attive di tipo scorrimento traslazionale e/o colamento e si evidenzia una predisposizione al dissesto "alta" delle litologia affioranti.

Una valutazione della pericolosità di frana sismo-indotta è stata eseguita tramite la relazione distanza epicentrale-magnitudo, definita in base ai dati del catalogo sismico CEDIT (ROMEO & DELFINO, 1997)⁴⁴:

$$Re = 0,0005 * M_{CFT}^{6,2243} \pm \text{errore standard}$$

con la magnitudo M_{CFT} (magnitudo equivalente desunta dal Catalogo dei Forti Terremoti) convertita in questa sede in magnitudo momento⁴⁵.

⁴² DI CAPUA G. & PEPPOLONI S. (2009). L'indice di pericolosità sismica (IPS). Progetto di ricerca n. 10 "Definizione e sviluppo di archivi di dati per la valutazione del rischio, la pianificazione e la gestione dell'emergenza". RELIUS (disp. in internet).

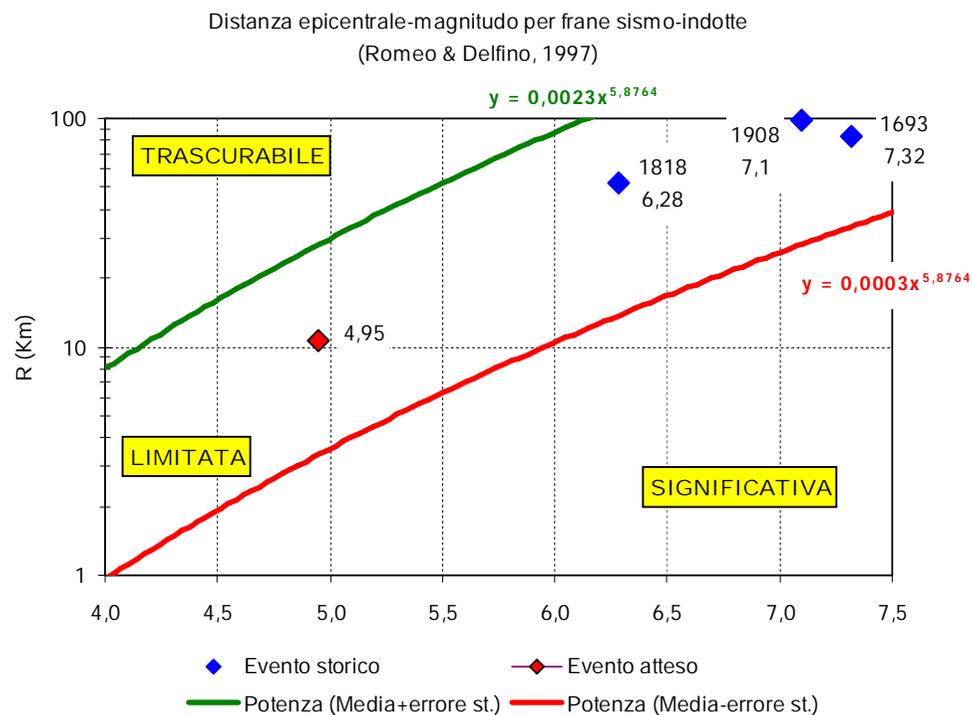
⁴³ Per "contesto morfologico" si intende una unità morfologica dimensionalmente adeguata a descrivere l'area in cui il manufatto è inserito e per "sito di ubicazione" si intende la più piccola unità morfologica su cui è impostato il manufatto.

⁴⁴ ROMEO R. & DELFINO L. (1997). Catalogo nazionale degli Effetti Deformativi del suolo Indotti da forti Terremoti. Rapporto tecnico, SSN/RT/97/04.

⁴⁵ Per la conversione tra magnitudo si fa riferimento alle seguenti relazioni: $M_{CFT} = 1,1297 * Ms^{0,944}$; $Ms = 0,958 * Mw$; $M_{CFT} = 1,0848 * Mw^{0,944}$

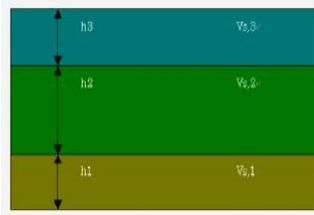


La pericolosità per franosità sismo-indotta risulta "limitata" con riferimento sia ai terremoti storici, sia al "terremoto di scenario", per cui sono più probabili le riattivazioni dei dissesti quiescenti rispetto alle frane di neoformazione.



6 - RISPOSTA SISMICA LOCALE

SIGNIFICATO DI VELOCITÀ SISMICA EQUIVALENTE

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$


H = profondità del substrato ($V_s \geq 800$ m/s)

dal piano di imposta delle fondazioni;

h_i = spessore dello strato i -esimo;

$V_{s,i}$ = velocità onde di taglio nello strato i -esimo;

N = numero di strati nell'intervallo di profondità H .

$$V_{S,30} = V_{S,eq} \text{ per } H > 30 \text{ m}$$

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

prime cinque lettere dell'alfabeto (oltre due categorie speciali S1 e S2), vi erano incomprensibili lacune, come evidenziato da VANNUCCHI (2009)⁴⁶, ma con le nuove NTC-2018 sono ridefinite le 5 categorie di sottosuolo, eliminando le categorie speciali (S1 e S2) e il "buco"

La caratterizzazione del "volume sismico significativo" viene articolata attraverso la definizione dei seguenti parametri:

- velocità sismica equivalente $V_{s,eq}$;
- categoria di sottosuolo;
- coefficiente di amplificazione stratigrafica (S_S) e topografica (S_T);

in modo da consentire, con riferimento all'approccio semplificato, previsto dalle NTC-2018, il calcolo dell'azione sismica al suolo, tenuto conto dei parametri di "pericolosità sismica di base" nel sito in progetto:

$$a_{max}/g = a_g * S_S * S_T$$

Nelle vigenti NTC-2018, il volume sismico significativo viene riferito alla profondità H del substrato lapideo (*bedrock*) ovvero al *bedrock-like* (strato assimilabile a *bedrock* con $V_s = 800$ m/s) e limitato ai primi 30 metri quando risulti $H > 30$ m.

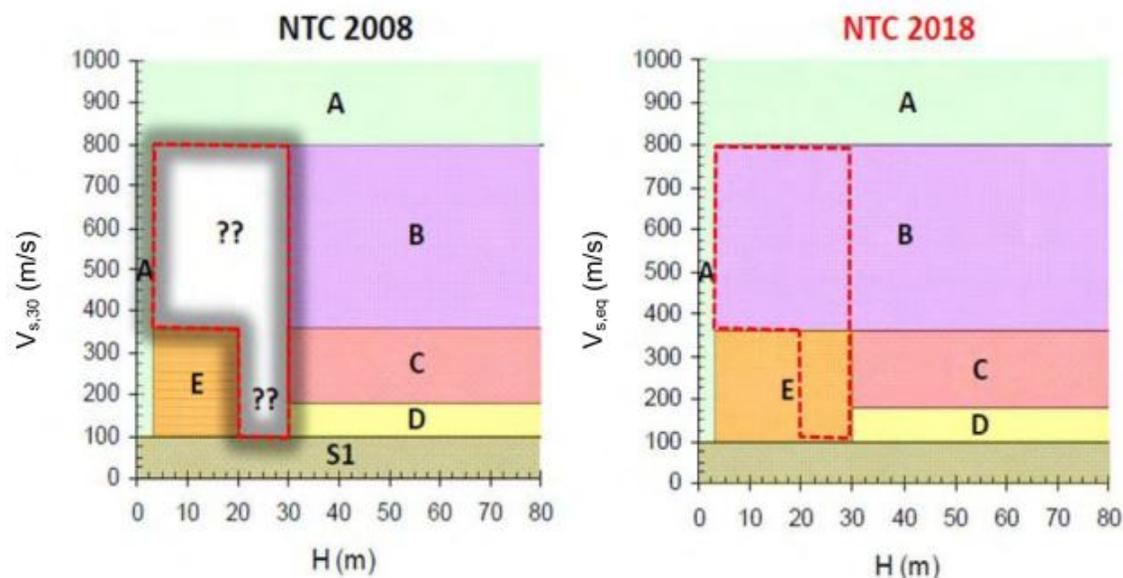
La classificazione del sottosuolo nell'ambito del volume significativo deve essere eseguita in funzione dei soli valori di V_s , ottenuti mediante specifiche indagini geofisiche, per cui non è più consentito l'utilizzo del parametro $N_{SPT,30}$ per i terreni a grana grossa e $C_{u,30}$ per i terreni a grana fine.

Nella definizione delle categorie di sottosuolo, individuate nelle precedenti NTC-2008 con le

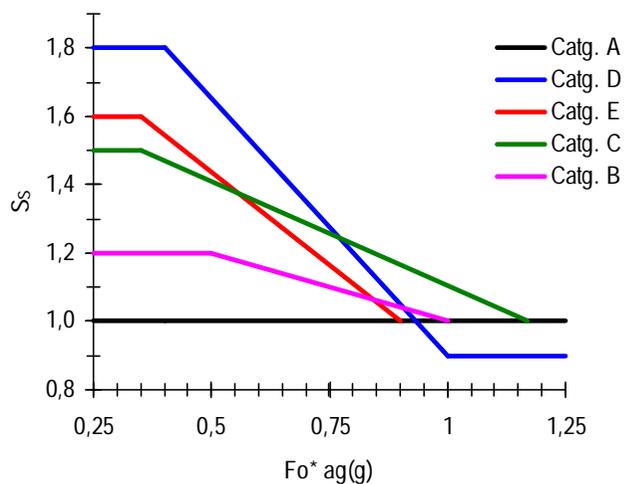
⁴⁶ VANNUCCHI G. (2009). Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008). Questioni geotecniche. Ordine degli Ingegneri della Provincia di Arezzo Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università di Firenze, 16 settembre 2009 (disp. in internet).



osservato nella precedente classificazione, attraverso l'estensione della ctg. E) fino a 30 m di profondità (rispetto ai 20 m previsti nella NTC-2008) e l'inclusione nella ctg. B) anche dei terreni con spessori inferiori a 30 m.

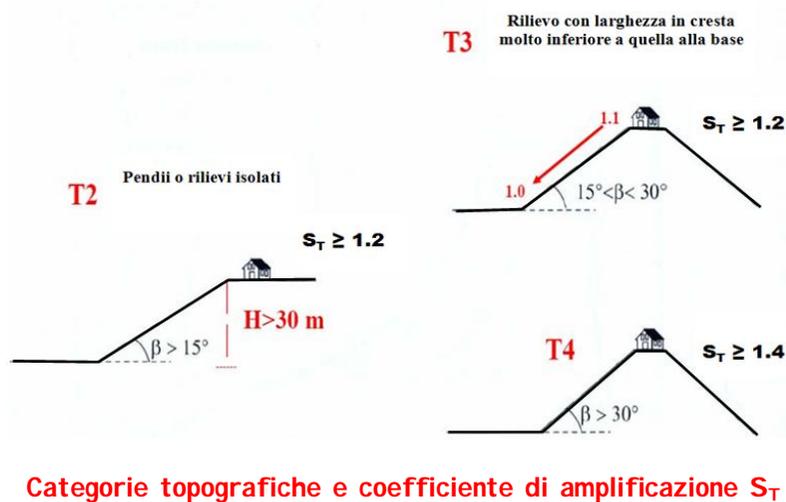


CTG	DESCRIZIONE	$V_{s,eq}$ (m/s)
A)	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi , comprendenti in superficie terreni con caratteristiche meccaniche più scadenti di spessore < 3 metri	> 800
B)	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con miglioramento graduale delle proprietà meccaniche con la profondità	360 ÷ 800
C)	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato $H > 30$ m e miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	180 ÷ 360
D)	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti con profondità del substrato $H > 30$ m e miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	100 ÷ 180
E)	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle per le categorie C e D , con profondità del substrato $H < 30$ m	100 ÷ 360

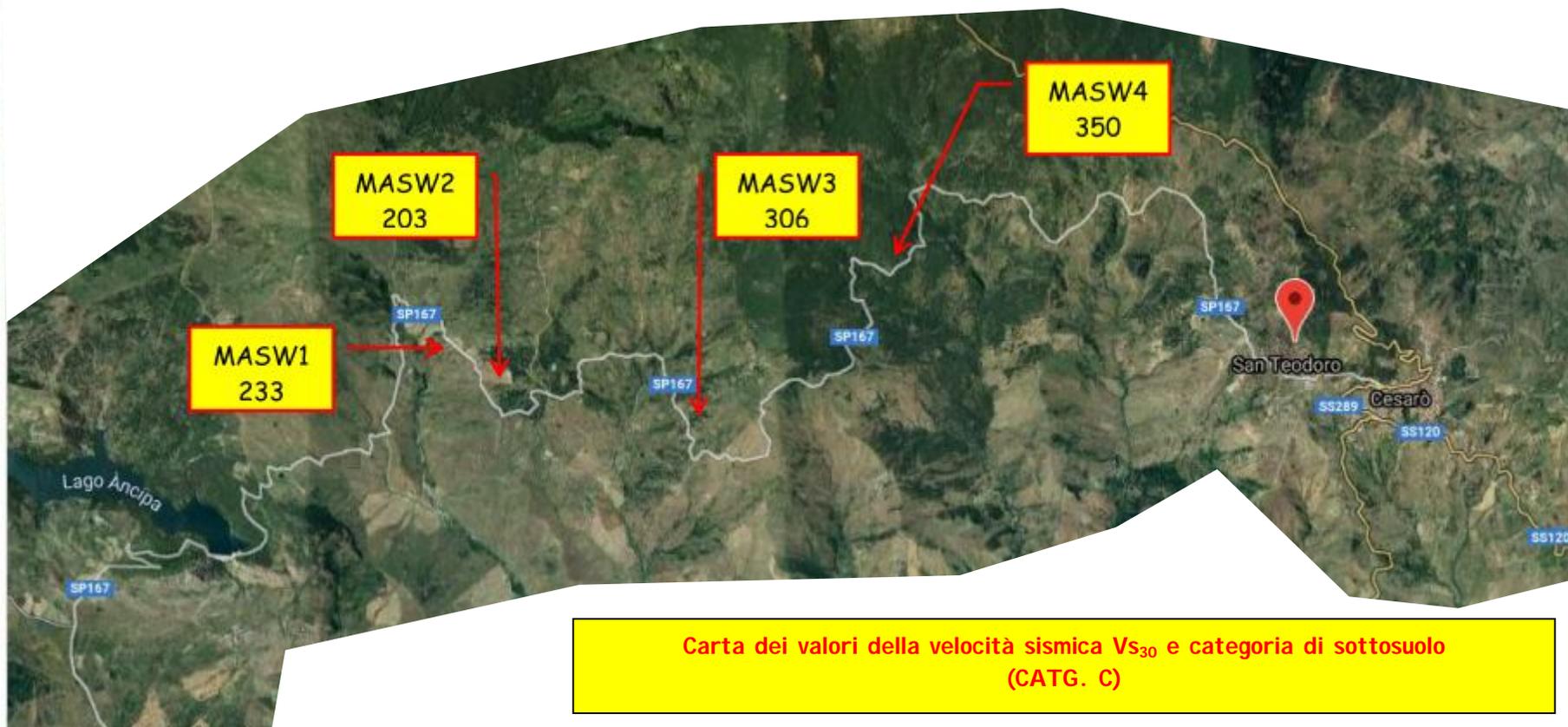


CATG.	ESPRESSIONE DI S_s
A)	1
B)	$1,00 < 1,40 - 0,40 \cdot Fo \cdot ag < 1,20$
C)	$1,00 < 1,70 - 0,60 \cdot Fo \cdot ag < 1,50$
D)	$0,90 < 2,40 - 1,50 \cdot Fo \cdot ag < 1,80$
E)	$1,00 < 2,00 - 1,10 \cdot Fo \cdot ag < 1,60$

Coefficiente di amplificazione stratigrafica per categorie di sottosuolo



CLASSE ALTIMETRICA (m)	CLASSE DI INCLINAZIONE ($^\circ$)	$Fa_{0,1-0,5}$	AREA DI INFLUENZA
$10 \leq H \leq 20$	$10 \leq \beta \leq 90$	1,1	$A_i = H$
$20 \leq H \leq 40$		1,2	$A_i = 3/4 \cdot H$
$H > 40$	$10 \leq \beta \leq 20$	1,1	$A_i = 2/3 \cdot H$
	$20 \leq \beta \leq 40$	1,2	
	$40 \leq \beta \leq 60$	1,3	
	$60 \leq \beta \leq 70$	1,2	
	$\beta > 70$	1,1	



Evento sismico T_R (anni)	a_g al bedrock	V_{s30} (m/s)	CATG. sottosuolo	S_S	S_T	a_{max} al suolo
475	0.16	203-350	C)	1.46	1.1÷1.2	0.257÷0.280

Coefficiente di amplificazione stratigrafico e topografico S_S e S_T
e calcolo dell'accelerazione sismica al suolo



7 - STABILITÀ SISMICA DEL SITO

Per quanto riguarda la stabilità sismica del sito, si procede ad una valutazione complessiva dello spostamento massimo del suolo (o PGD = *Peak Ground Displacement*) sismo-indotto con riferimento ai dati del "terremoto di scenario" atteso e alla relazione di attenuazione proposta da DECANINI et al. (2001)⁴⁷:

$$\log \text{PGD} = a + (7,82 - 0,27 * M) * M^{0,5} + c * \log H_{\text{slip}}$$

in cui:

- per la magnitudo si fa riferimento a M_L e per convertire M_w in M_L è stata utilizzata la seguente correlazione (GdL MPS, 2004)⁴⁸;
- H_{slip} in Km è la distanza dal sito al punto di massimo *slip* (scorrimento massimo) del piano di rottura sismogenetica;
- i coefficienti a e c sono tabellati in funzione del tipo di suolo.

Grado di danno	PGD (cm)
Trascurabile	< 2
Riparabile	2 ÷ 10
Interruzione	10 ÷ 50
Collasso	> 50

I valori di PGD, a prescindere dal tipo di suolo, risultano nettamente inferiori rispetto alle soglie di tollerabilità per infrastrutture viarie, con riferimento al grado di danno "riparabile" riportato per infrastrutture viarie da SILVESTRI et al. (2006)⁴⁹.

Tipo di suolo	a	c
S1 (roccia o terreni rigidi): roccia ed altre formazioni geologiche con $V_s > 700$ m/s; depositi rigidi stabili di alcune decine di metri di profondità (≤ 50 m), costituiti da sabbie molto dense ($D_r > 90$ %), ghiaie o argille sovraconsolidate molto rigide; gli strati sono caratterizzati da un progressivo miglioramento delle proprietà dinamiche con la profondità ($V_{S30} = 500 \div 550$ m/s o maggiore)	- 13,46	- 1,05
S2 (terreni intermedi): terreni stratificati di media rigidezza con V_{S30} compresa tra 300 e 500 m/s e con una velocità sismica alla profondità di 10 m maggiore o uguale a 200 m/s	- 13,12	- 1,16
S3 (terreni soffici): stratificazioni di terreni di bassa rigidezza con $V_{S30} < 300$ m/s o con velocità delle onde di taglio nei primi 20 metri minore di 200 m/s.	- 12,98	- 1,20

Parametri "terremoto di scenario"					Spostamento max del suolo PGD (cm)		
M_w	R_e (Km)	H_o (Km)	M_L	H_{slip} (Km)	S1	S2	S3
4.95	10.6	10	5,85	14,6	0,32	0,52	0,97

⁴⁷ DECANINI L.D. et al. (2001). Modello di attenuazione dello spostamento massimo del suolo. X Congr. Naz. "L'Ingegneria Sismica in Italia", Potenza-Matera, 9-13 settembre 2001 (disp. in internet).

⁴⁸ $M_L = 1,231 * M_w - 1,41$

⁴⁹ SILVESTRI F. et al. (2006). Analisi e zonazione della stabilità dei pendii in condizioni sismiche: applicazioni di metodi tradizionali ed avanzati ad un'area di studio. Questioni di Ingegneria Geotecnica - Scritti in onore di Arturo Pellegrino. Hevelius, Benevento.