



CONSULENZA GEOLOGICA - INDAGINI GEOGNOSTICHE  
MONITORAGGIO AMBIENTALE - DIAGNOSTICA STRUTTURALE

Via Arcangeli n° 6 – 98031 Capizzi (ME) – Cell. 339/8637188 – E-mail: geo\_service@inwind.it

## COMUNE DI NICOSIA PROVINCIA DI ENNA

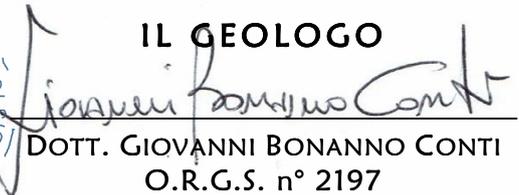
LAVORI DI RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE E MESSA  
IN SICUREZZA DEL PIAZZALE IN "C.DA CROCIATE",  
ALL'INGRESSO NORD-EST DELLA CITTÀ DI NICOSIA

# RELAZIONE GEOLOGICA

COMMITTENTE  
COMUNE DI NICOSIA

DATA  
31/12/2019



IL GEOLOGO  
  
DOTT. GIOVANNI BONANNO CONTI  
O.R.G.S. n° 2197

## I N D I C E

1.0	PREMESSE	PAG. 2
2.0	LINEAMENTI GEOLOGICI E CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE	PAG. 5
3.0	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGIA	PAG. 8
4.0	IDROGRAFIA E CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	PAG. 12
5.0	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO	PAG. 14
6.0	PROVA M.A.S.W. E CLASSIFICAZIONE GEOFISICA DEL SUBSTRATO	PAG. 19
7.0	CONCLUSIONI	PAG. 27

## A L L E G A T I

- *COROGRAFIA*
- *STRALCIO P.A.I.*
- *CARTA GEOLOGICA*
- *CARTA LITOLOGICA*
- *PLANIMETRIA INTERVENTI*
- *SEZIONI LITOSTRATIGRAFICHE*

## **1.0 PREMESSE**

Su incarico conferito dal *Comune di Nicosia* con *Determinazione del Dirigente dell'Area Tecnica n° 2367 del 31/12/2019* è stata redatta la presente relazione geologica a corredo del progetto per i «*Lavori di riqualificazione ambientale e messa in sicurezza del piazzale sito nella "C.da Crociate", all'ingresso nord-est della Città di Nicosia*».



In particolare, l'intervento rilevante dal punto di vista strutturale e geotecnico consiste nella realizzazione di una paratia in prossimità del ciglio della scarpata nord-occidentale del piazzale da riqualificare – attualmente utilizzato come parcheggio dei mezzi della nettezza urbana – venutosi a creare a seguito della deposizione, nei decenni passati, di materiali e terreno di riporto di varia natura.

La sistemazione dell'intera superficie sarà completata con la pavimentazione del piazzale, la collocazione di arredi (panchine, aiuole, ecc...), la regimentazione e canalizzazione delle acque superficiali e la regolarizzazione del terreno a valle mediante la realizzazione di ampi

gradoni e la piantumazione di essenze arboree.

Lo studio di che trattasi è stato effettuato allo scopo di valutare le caratteristiche idrogeologiche e geomorfologiche locali nonché di accertare la stratigrafia e la natura geolitologica dei terreni affioranti e di quelli che costituiscono il substrato definendone le principali proprietà geofisiche ed i più importanti parametri geotecnici al fine di fornire al progettista i dati utili per un corretto dimensionamento dell'opera da realizzare.

Il presente lavoro è stato condotto attraverso:

- ✓ l'analisi della documentazione geologica esistente e delle indagini geognostiche pregresse riguardanti la stessa area e le medesime litologie (*"Studio geologico a corredo del progetto per la realizzazione di una rotatoria nella c.da Crociate"*);
- ✓ la verifica di compatibilità degli interventi da realizzare con le norme di attuazione del *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI)* della Regione Siciliana;
- ✓ il rilevamento geologico di superficie, esteso ad un intorno significativo dell'area di progetto e supportato dalla visione diretta dei terreni affioranti in corrispondenza di spaccati naturali e/o sbancamenti artificiali presenti nelle immediate vicinanze;
- ✓ la raccolta delle informazioni acquisite con la campagna di indagini geognostiche, effettuata dalla ditta M.T.R. del geologo Filippo Furia, su commissione del Comune, consistente nell'esecuzione di:
  - n° 2 perforazioni meccaniche a carotaggio continuo e sviluppo verticale per la definizione delle caratteristiche litostratigrafiche locali e il prelievo di campioni indisturbati sottoposti ad analisi e prove geotecniche di laboratorio;
  - n° 5 prove penetrometriche dinamiche con penetrometro pesante DPSH volte a determinare la resistenza e la consistenza del terreno nonché a prelevare dei campioni ambientali successivamente sottoposti ad analisi chimiche;
  - n° 1 prova sismica M.A.S.W. per determinare la velocità equivalente delle onde

di taglio  $V_{s,eq}$  e, quindi, la categoria di suolo di fondazione.

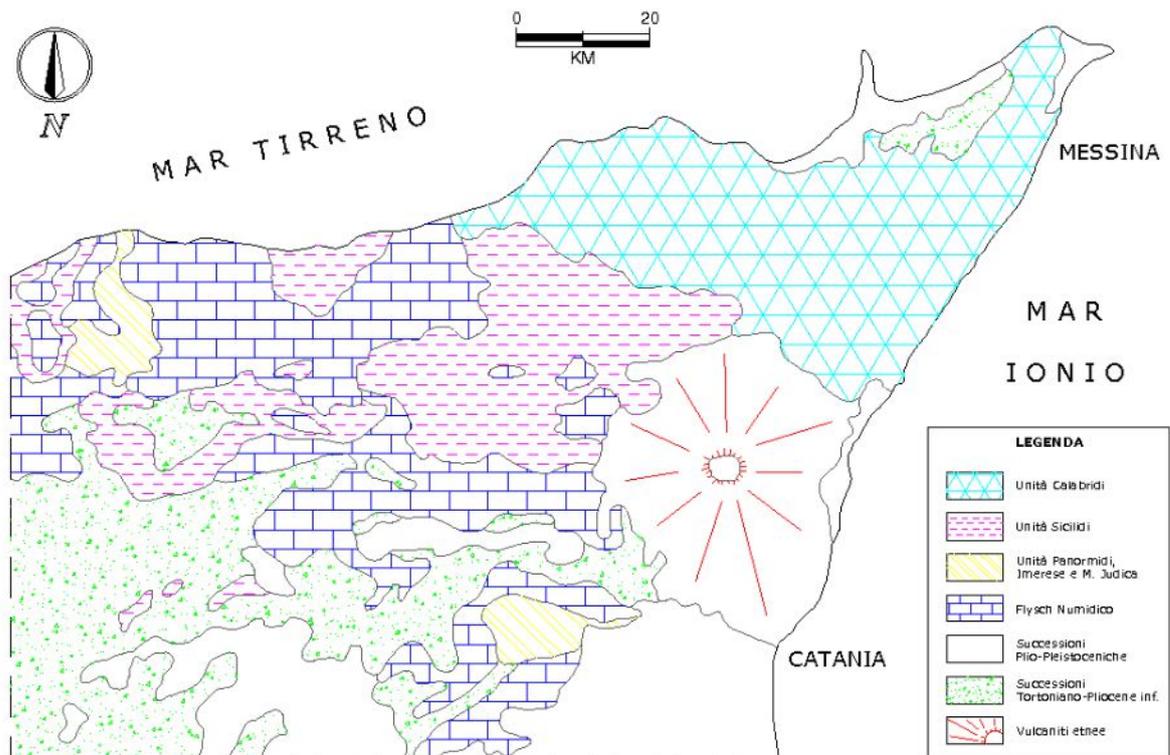
Dall'elaborazione dei dati in possesso dello scrivente, è stato possibile fornire, per quanto di specifica competenza, le seguenti informazioni:

- inquadramento dell'area in un preciso contesto geologico-strutturale e definizione dello stato di affioramento, del grado d'alterazione e delle caratteristiche litologiche e stratigrafiche della successione affiorante;
- descrizione dell'area dal punto di vista geomorfologico con l'identificazione dei dislivelli e di quant'altro caratterizzante l'assetto superficiale;
- illustrazione delle caratteristiche idrogeologiche dei terreni affioranti e descrizione dello schema di circolazione idrica superficiale del contesto territoriale;
- definizione delle principali caratteristiche fisiche e dei più importanti parametri geofisici e geotecnici del sedime di fondazione.

Il presente studio è stato eseguito in ottemperanza alla legislazione di cui al D.M. LL.PP. 11/03/88 *“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”* nonché alla vigente normativa sismica ed alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018, approvate con D.M. del 17/01/2018.

## 2.0 LINEAMENTI GEOLOGICI E CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE

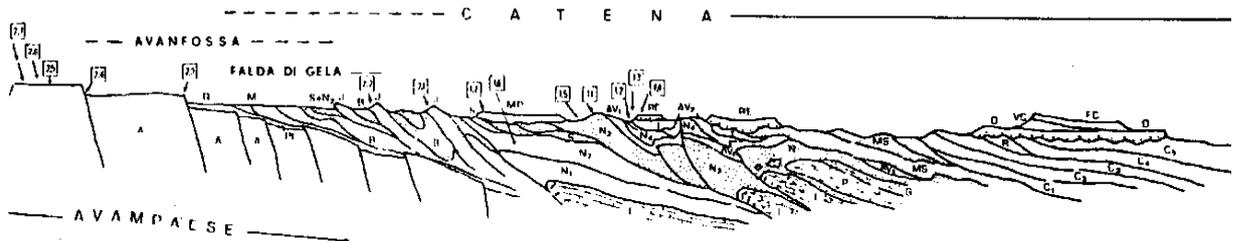
La zona oggetto del presente studio è sita nel Comune di Nicosia, in Provincia di Enna e, dal punto di vista geologico-strutturale, ricade nella Sicilia centro-settentrionale, in corrispondenza del versante meridionale dei Monti Nebrodi, che costituiscono una parte della catena Appennino-Maghrebide e che si estendono longitudinalmente in senso E-W per circa 70 Km rappresentando il più esteso gruppo montuoso della Sicilia.



La catena montuosa dei Nebrodi è formata in prevalenza da successioni terrigene tardo-mesozoiche e terziarie, caratterizzate da uno stile tettonico a falde di ricoprimento, interposte tra le unità cristalline calabro-peloritane, affioranti ad est, nei Monti Peloritani, e le unità prevalentemente carbonatiche, affioranti ad ovest, nelle Madonie, derivanti dalla deformazione del paleomargine africano.

Verso sud, invece, la catena nebroidea degrada in una vasta zona depressa nota come "*Bacino di Caltanissetta*" interessata da grossi volumi di sedimenti silico-clastici appartenenti alla "*Formazione Terravecchia*" sulla quale, durante il Messiniano, in seguito alla crisi di

salinità del Mediterraneo – che divenne un bacino a circolazione ristretta – si è depositata la “Successione Evaporitica” e, successivamente, nel Pliocene inferiore, avvenne la deposizione di marne calcaree a Globigerine – note in letteratura con il termine di “Trubi” – che segnò il ripristino, all’interno del suddetto bacino, delle normali condizioni di sedimentazione marina.



L’assetto geologico-strutturale dell’area di progetto si è incominciato a delineare a partire dal Miocene inferiore quando il settore tirrenico dei Monti Nebrodi fu interessato da una tettonica di tipo compressivo che ha provocato il sovrascorrimento, con vergenza meridionale, di unità appartenenti a domini paleogeografici "interni" – rispetto ai domini carbonatici del margine africano – al di sopra di successioni "esterne" deposte in avanfosse precoci e costituite dall’oligo-miocenico Flysch Numidico.

Nel dettaglio, la prima tappa dell’evoluzione tettonico-sedimentaria di quest’area di studio inizia nel Burdigaliano, quando le Unità Sicilidi, già in parte strutturate nell’Aquitano, sovrascorrono sul Flysch Numidico.

Successivamente, nel Plio-Pleistocene, in seguito al forte sollevamento areale della zona si assiste allo sviluppo di faglie normali listriche a notevole rigetto che hanno conferito al settore nebroideo, l’assetto tettonico e la configurazione morfologica attuale.

Le osservazioni di superficie, le indagini ed i rilievi effettuati nell’area di progetto hanno permesso di individuare la presenza di terreni oligo-miocenici riconducibili alla formazione delle Argille Varicolori costituita da argille limose di colorazione variabile dal bruno-rossastro negli strati superficiali più alterati e di scarsa consistenza al grigio-azzurro negli orizzonti profondi decisamente più integri e compatti che spesso appaiono sovraconsolidati e, talvolta,

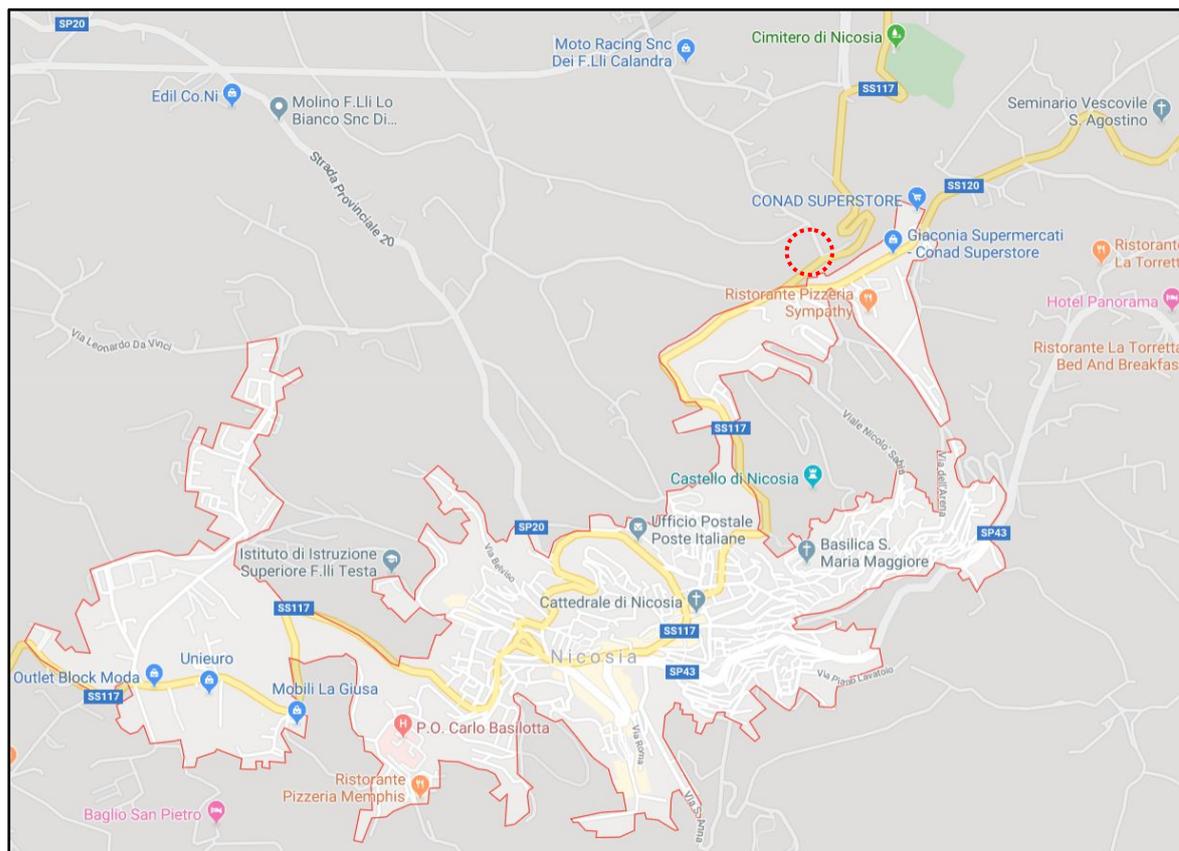
si presentano anche finemente scagliettati.

La predetta formazione, nel piazzale interessato dall'intervento di riqualificazione, è ricoperta da una spessa coltre di materiale di riporto di natura prevalentemente argillosa con diffusi trovanti lapidei e sfabbricidi vari, depositato nei decenni passati ed avente spessori variabili dai 10 - 12 metri in corrispondenza del margine esterno a pochi metri nella zona più interna adiacente alla S.S. 117 ed alla Strada Comunale di Sant'Onofrio.

A sud del sito di progetto affiora, invece, la successione torbidityca del Flysch Numidico che risulta costituita da argille limose color tabacco con sottili intercalazioni quarzarenitiche e da limi sabbiosi bruno-giallastri nonché, in corrispondenza del centro abitato, da prevalenti arenarie sabbiose consistenti a composizione quarzosa e da quarzareniti compatte in grossi banchi che al taglio fresco mostrano una colorazione grigio-giallastra ma che a causa della frequente alterazione ed ossidazione possono essere ricoperte da una corteccia caratterizzata da toni cromatici più scuri, intervallati da sottili livelli pelitici di spessore decimetrico, subordinati rispetto agli orizzonti litoidi.

### 3.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGIA

Il sito di progetto è ubicato nella "C.da Crociate" del Comune di Nicosia, in corrispondenza dell'ingresso nord-orientale del centro abitato, nei pressi della rotatoria in cui convergono la S.S. 117 "Centrale Sicula" e la S.S. 120 "Dell'Etna e delle Madonie" ed altre strade secondarie urbane di accesso alla Città di Nicosia.



Il sito da riqualificare rientra nel *Foglio 260 – Quadrante II – Orientamento N.E. (SPERLINGA)* della Carta d'Italia I.G.M. a scala 1:25.000 ovvero nella *Sezione 010 (SPERLINGA)* del *Foglio 623 (NICOSIA)* della Carta Tecnica Regionale a scala 1:10.000.

Dal punto di vista morfologico, l'area oggetto del presente studio ricade nella fascia pedemontana del versante meridionale dei Monti Nebrodi ed è caratterizzata da rilievi isolati, di natura quarzarenitica, che raramente superano gli 850 m s.l.m. e che svettano rispetto alla morfologia circostante, più dolce e meno accidentata, determinata dalla presenza di terreni prevalentemente argillosi.

Il piazzale interessato dai lavori si colloca ad una quota di circa 735 m s.l.m. nella parte mediana del versante settentrionale del rilievo su cui è arroccato il centro storico di Nicosia e si presenta quasi pianeggiante, con andamento leggermente degradante verso N-W fino ad una distanza di circa 50 metri dalla S.S. 117 in corrispondenza del ciglio di una scarpata molto ripida e con diverse rotture di pendenza, che degrada fino a raccordarsi con la superficie topografica sottostante, non interessata dal deposito di terreno.

L'assetto morfologico riscontrato è da considerarsi risultante di una serie di interazioni tra gli elementi endogeni (*tettonica, natura litologica dei terreni, rapporti geometrici tra i versanti e le giaciture dei corpi litologici, ecc...*) ed i fattori naturali agenti dall'esterno (*clima, venti, piogge, temperatura, ecc...*) che esplicano un'intensa azione erosiva e modellatrice.

Laddove affiorano i litotipi di natura prevalentemente quarzarenica della successione numidica – come avviene nella zona del Castello e nel quartiere di S. Maria Maggiore nonché nell'area a nord del cimitero (Cozzo S. Marco) – caratterizzati da una limitata erodibilità, il pendio appare brusco ed accidentato, con forme aspre e scoscese e presenta pareti molto inclinate e/o sub-verticali, frequenti rotture di pendenza ed un eterogeneo sviluppo di dossi e scarpate.

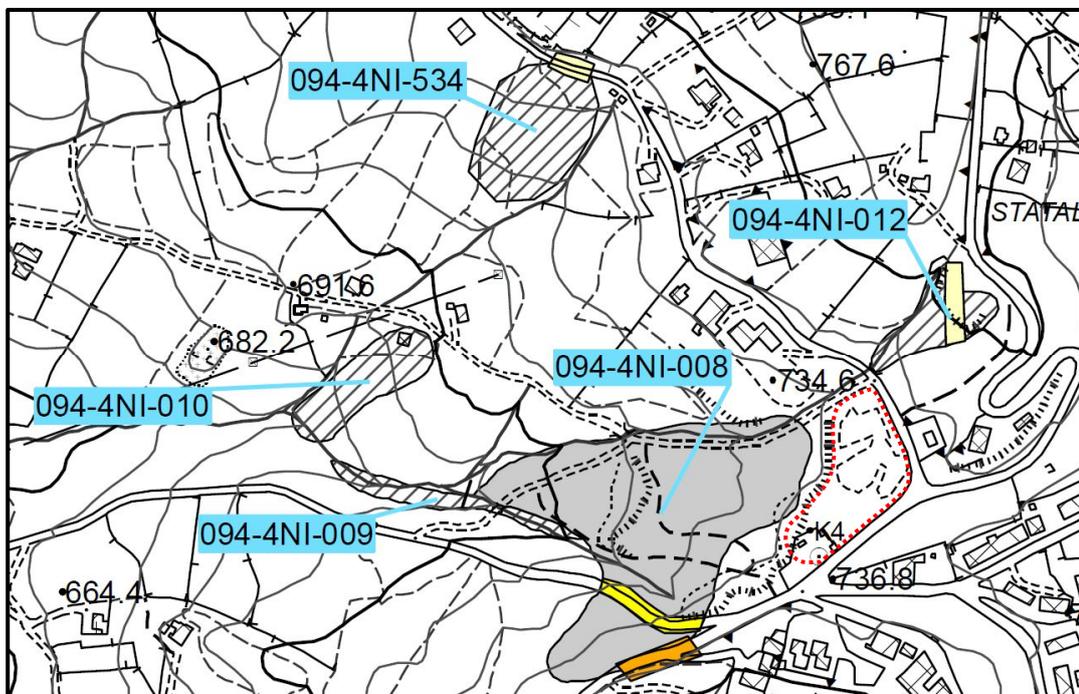
Le condizioni di stabilità di questi costoni rocciosi sono influenzate dalla giacitura degli strati, dall'intensa tettonizzazione, dal reticolo di fratturazione, dall'acclività dei versanti e dalle acque d'infiltrazione che agendo lungo pendii scoscesi e, spesso, privi di vegetazione, unitamente all'azione della forza di gravità possono causare il crollo di blocchi litoidi dalle porzioni sommitali dei versanti ed il conseguente accumulo, alle pendici, del materiale franato.

Nelle zone a valle, in cui prevalgono, invece, i terreni di natura prevalentemente argillosa, siano essi appartenenti alla litofacies pelitica del Flysch Numidico o alle Argille Varicolori, la morfologia si presenta dolcemente ondulata con forme piuttosto dolci e blande, meno

accidentate ed a minore acclività generale dovute alla natura geolitologica dei predetti terreni che risultano più facilmente erodibili dall'intensa azione modellatrice operata dagli agenti esogeni.

I fenomeni di instabilità che, nei casi generali, coinvolgono questi terreni, sono dovuti alle acque di ruscellamento superficiale ed a quelle d'imbibizione che in mancanza di un'adeguata regimentazione delle acque e in assenza di copertura vegetale possono innescare, specie laddove la pendenza assume valori rilevanti, processi di dilavamento, lente deformazioni e locali smottamenti e/o colamenti che interessano soprattutto i livelli superficiali meno consistenti.

Nella cartografia del *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)* della Regione Siciliana, il sito di progetto non risulta interessato da forme di pericolosità e/o livelli di rischio, tuttavia lambisce una vasta area identificata nel P.A.I. con il codice 094-4NI-008 e classificata a pericolosità media P2 in quanto interessata da deformazioni superficiali lente.



Le ricognizioni di superficie, difatti, hanno permesso di rilevare, nell'area sita a valle del piazzale, i segni di movimenti franosi che in passato hanno interessato la zona, estendendosi

fino al piede della scarpata senza però interessare il piazzale stesso che attualmente appare stabile.

In ogni caso, l'intervento di consolidamento in progetto, consistente nella realizzazione di una paratia, rientrata di alcuni metri rispetto al ciglio della scarpata, lungo il margine esterno dell'area, favorisce ulteriormente la stabilità del piazzale e la prevista pavimentazione dello stesso, con l'impermeabilizzazione del sottofondo e la regimentazione e canalizzazione delle acque superficiali, elimina una delle principali cause di innesco di eventuali dissesti.

Anche gli interventi di riprofilatura del terreno a valle mediante la realizzazione di ampi gradoni e la piantumazione di essenze arboree contribuiscono ad alleggerire il versante ed a stabilizzare l'area.

#### **4.0 IDROGRAFIA E CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE**

La regimentazione delle acque superficiali, sia all'interno del piazzale che nel perimetro esterno immediatamente adiacente, è quasi del tutto assente e durante le precipitazioni piovose particolarmente intense, spesso si formano numerose pozzanghere d'acqua che, se non assorbite dal terreno, tracimano nella Strada Statale oppure si riversano incontrollate sulla scarpata che delimita lo spiazzale.

Il reticolo idrografico, ben visibile nelle aree non urbanizzate presenti a valle del piazzale, è costituito da incisioni di limitata estensione e scarsa rilevanza idrologica caratterizzate da un regime spiccatamente torrentizio poiché alimentate principalmente dalle piogge autunnali e invernali e completamente asciutte durante il periodo primaverile ed estivo.

Stante l'affioramento di terreni prevalentemente argillosi, le linee d'impiuvio appaiono larghe e svasate, con sponde poco acclive ed il drenaggio superficiale avviene tramite fossi di erosione concentrata e/o un intreccio capillare di solchi di ruscellamento diffuso.

Nelle aree prossime al centro abitato in cui prevalgono, invece, i litotipi più compatti della successione numidica, i corsi d'acqua si presentano abbastanza incassati, con anse strette e con profilo longitudinale caratterizzato da vari salti di pendenza.

Per quanto riguarda l'aspetto idrogeologico, invece, i fattori che condizionano la circolazione idrica nel sottosuolo sono sostanzialmente legati alle differenti caratteristiche di permeabilità delle litologie affioranti.

Gli orizzonti quarzarenitici del Flysch Numidico che emergono un centinaio di metri a sud del sito di progetto e su cui insiste gran parte del centro storico del Comune di Nicosia, in funzione del loro stato di fratturazione e fessurazione, possono presentare una discreta porosità secondaria e, quindi, un grado di permeabilità medio, con valori di conducibilità idraulica  $10^{-7} < K < 10^{-5} \text{ cm/sec}$  tale da permettere una modesta circolazione idrica, legata in maniera determinante all'andamento delle precipitazioni, che viene a giorno al contatto con

le sottostanti Argille Varicolori o lungo i giunti di stratificazione tra i litotipi lapidei ed i livelli pelitici che si alternano nella successione torbidaica stessa.

Invece, i litotipi argillosi affioranti nell'area interessata dall'intervento di riqualificazione ed il materiale di riporto, anch'esso di natura prevalentemente argillosa, che costituisce il sottofondo del piazzale, pur essendo dotati di porosità primaria medio-alta, presentano un grado di permeabilità molto scarso tanto da ritenersi praticamente impermeabili, con valori di conducibilità idraulica  $K < 10^{-9} \text{ cm/sec}$ , ed essere considerati delle superfici di scorrimento preferenziale delle acque e/o delle soglie di permeabilità.

L'elevata porosità primaria di questi litotipi, infatti, è dovuta alla presenza di pori sub-capillari e capillari, di piccolo diametro, che sono in grado di catturare le molecole di acqua per adsorbimento ma che di fatto impediscono l'accumulo al loro interno di acqua gravifica escludendo la possibilità di rinvenire falde idriche.

Difatti, nel corso delle perforazioni geognostiche e delle prove penetrometriche effettuate nel sito di progetto, non è stata rilevata la presenza di circolazione idrica subsuperficiale e/o sotterranea e, quindi, si può escludere la presenza di falde acquifere che possano interagire negativamente con le opere da realizzare.

## 5.0 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO

Per ricostruire con maggiore dettaglio rispetto al rilevamento geologico di superficie, le caratteristiche litostratigrafiche del terreno presente nel piazzale interessato dai lavori di riqualificazione sono state effettuate n. 2 perforazioni geognostiche a carotaggio continuo con sonda CMV 420, spinte rispettivamente fino alla profondità di 25.00 m (S.1) e di 10.00 m (S.2) dal piano di campagna e n. 5 prove penetrometriche dinamiche eseguite con penetrometro pesante DPSH TG 63-200 PAGANI e spinte fino alla profondità di 15.00 m dalla superficie.



Le informazioni acquisite con le predette indagini sono state integrate con le risultanze di un precedente sondaggio geognostico, indicato in planimetria con la sigla S.P. e spinto fino alla profondità di 25.00 m dal piano di campagna, effettuato nella stessa area a supporto dello "Studio geologico relativo alla realizzazione della rotatoria di c.da Crociate".



**COMMITTENTE:** COMUNE DI NICOSIA

**LOCALITA':** Nicosia (EN)

**LAVORO:** indagini geognostiche e geotecniche a supporto dello studio geologico per la costruzione della rotatoria in c.da Crociate - Nicosia (EN)

Sondaggio <b>S1</b>		DATA INIZ.: 01/09/2016	COORDINATE:	DIAMETRO DI PERF.: <b>101 mm.</b>				
Quota (m slm) <b>739</b>		DATA FINE: 01/09/2016	Lat. N 37°45' 20"	FLUIDO DI CIRCOLAZ.: <b>Acqua</b>				
			Long. E 14°24'02"	CAMPIONI INDISTURBATI (Q1): <b>2</b>				
				CAMPIONI DISTURBATI (Q2): -----				
PROFONDITA' (m)	LOG STRATIGRAF	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA		CAROTAGGIO % 25 50 75	R.Q.D. %	FALDA (m)	N S.P.T.	PRELIEVO CAMPIONI
0.10		Conglomerato Bituminoso (Pavimentazione Stradale)						
0.50		Sottofondo stradale costituito da ghiaia e sabbia grigiastra						
7.20		Limo sabbioso con inclusi poligenici centimetrici (quarzareniti e sfabbricidi), di colore bruno giallastro. Terreno fortemente compressibile. (materiale di riporto)						
		Argilla limosa, asciutta a buona consistenza di colore grigio verdastro a sfumature rosso vinaccia, a struttura scagliettata. nella parte sommitale presenza di una porzione ossidata di colore giallastra.						S1 C1 8,00 - 8,40
23,20		Argilla limosa grigio chiaro, a struttura da caotica a debolmente scagliettata, asciutta, a buona consistenza						S1 C2 15,00-15,30
25,00								

Le indagini effettuate hanno rilevato la presenza di una spessa coltre di terreno di riporto, depositato nei decenni passati e costituito da materiale eterogeneo di natura prevalentemente argillosa con diffusi trovanti lapidei e sfabbricidi vari, avente spessore variabile da una decina di metri in prossimità del margine esterno del piazzale a pochi metri nella zona più interna, adiacente alla S.S. 117 ed alla strada comunale di collegamento alla c.da Sant'Onofrio.

In particolare, lungo la paratia in progetto, lo spessore del terreno di riporto si aggira intorno agli 8.00 m come si evince dalla prova penetrometrica dinamica P.1 e dal sondaggio geognostico S.P. effettuato precedentemente per la realizzazione della rotatoria.

Tale spessore, come detto, aumenta verso l'esterno, in corrispondenza del ciglio della scarpata, laddove supera i 10.00 m come emerso nella prova penetrometrica P.2 rispetto alla cui verticale la prevista paratia è stata rientrata di qualche metro.

Sotto il materiale di riporto si rinviene il substrato che è riconducibile alla formazione delle Argille Varicolori e risulta costituito da argille limose di colore variabile dal bruno-rossastro negli strati superficiali più alterati e di scarsa consistenza al grigio-azzurro negli orizzonti profondi più integri e compatti, spesso sovraconsolidati e finemente scagliettati.

Per definire le principali caratteristiche fisiche e geotecniche del materiale di riporto e del substrato si può fare riferimento alle risultanze delle analisi e delle prove di laboratorio effettuate sui campioni prelevati nel corso della presente campagna di indagini geognostiche:

Tab. 2 – Schema dei campioni estratti						
Sondaggio n°	Campioni prelevati			Sigla	Classe Qualità	campionatore
	N°	Profondità (m)				
S1	1	4,70	5,00	S1-C1	Q1	Shelby
S1	2	8,50	8,70	S1-C2	Q3	carotiere
S1	3	14,50	14,80	S1-C3	Q3	carotiere
S1	4	19,00	19,50	S1-C4	Q1	Shelby
S2	1	2,50	2,80	S2-C1	Q3	carotiere
S2	2	4,30	4,60	S2-C2	Q1	Shelby
S2	3	8,50	8,80	S2-C3	Q3	carotiere

I campioni prelevati sono stati sottoposti ad analisi (*determinazione del quadro fisico*) e

prove geotecniche di laboratorio (*taglio diretto CD e compressione non confinata E.L.L.*) che hanno permesso di definire i parametri geotecnici del terreno di riporto e del substrato argilloso e di fornire la progettista i dati utili per un corretto dimensionamento della struttura da realizzare.

In particolare, per definire le caratteristiche geomeccaniche della coltre di materiale di riporto il cui spessore medio si aggira, come detto, intorno agli 8.00 m, possono essere utilizzati i seguenti parametri geotecnici ricavati dal campione S<sub>1</sub>C<sub>1</sub> prelevato nel corso del sondaggio S.1 alla profondità di 4.70 m – 5.00 m:

#### PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO DI RIPORTO

<b>Campione</b>	<b>Peso di volume</b>	<b>Coesione efficace</b>	<b>Angolo di attrito</b>	<b>Coesione non drenata</b>
<i>S<sub>1</sub>C<sub>1</sub> (4.70 m – 5.00 m)</i>	$\gamma = 1,93 \text{ t/m}^3$	$C' = 29 \text{ KN/m}^2$	$\phi' = 18^\circ$	$C_U = 61 \text{ KN/m}^2$
<i>Limo argilloso a tratti sabbioso di colore grigio e consistenza media con inclusi litici poligenici</i>	<b>Contenuto di acqua</b>	<b>Indice dei vuoti</b>	<b>Porosità</b>	<b>Grado di saturazione</b>
	$W = 23,15 \%$	$e = 0,70$	$n = 0,41$	$S_R = 87,78 \%$

Per definire, invece, i parametri geotecnici del substrato, si può fare riferimento alle risultanze delle prove di laboratorio effettuate sul campione S<sub>1</sub>C<sub>3</sub> prelevato sempre nel corso del sondaggio S.1 alla profondità di 14.50 m – 14.80 m nella porzione superficiale, più alterata e meno consistente della formazione argillosa, che risultano essere:

#### PARAMETRI GEOTECNICI DEL SUBSTRATO SUPERFICIALE

<b>Campione</b>	<b>Peso di volume</b>	<b>Coesione efficace</b>	<b>Angolo di attrito</b>	<b>Coesione non drenata</b>
<i>S<sub>1</sub>C<sub>3</sub> (14.50 m – 14.80 m)</i>	$\gamma = 1,94 \text{ t/m}^3$	$C' = 28 \text{ KN/m}^2$	$\phi' = 20^\circ$	$C_U = 66 \text{ KN/m}^2$
<i>Limo argilloso di media consistenza e di colore beige con sfumature rossastre</i>	<b>Contenuto di acqua</b>	<b>Indice dei vuoti</b>	<b>Porosità</b>	<b>Grado di saturazione</b>
	$W = 28,96 \%$	$e = 0,84$	$n = 0,46$	$S_R = 95,18 \%$

I parametri sopra riportati sono i più cautelativi tra quelli ricavati per i due diversi orizzonti (materiale di riporto e substrato) nel corso della presente e della passata campagna

di indagini geognostiche.

Per quanto riguarda, infine, la litofacies argillosa grigio-azzurra, compatta e di buona consistenza, a struttura scagliettata e con diffusi livelli siltitici grigio scuri, rinvenuta in corrispondenza del sondaggio S.1 oltre i 18.00 m di profondità dal piano di campagna, e molto probabilmente non interessata dalla realizzazione dell'opera in progetto, è possibile definire i seguenti parametri geotecnici ricavati dalle prove eseguite sul campione S<sub>1</sub>C<sub>4</sub> prelevato alla profondità di 19.00 m – 19.50 m dal piano di campagna:

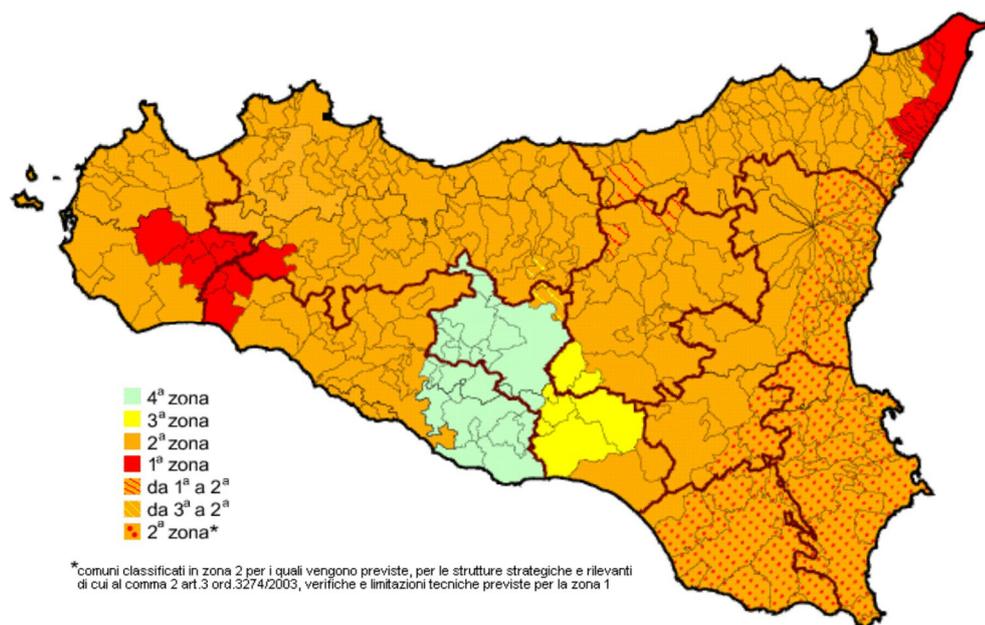
**PARAMETRI GEOTECNICI DEL SUBSTRATO PROFONDO**

<b>Campione</b>	<b>Peso di volume</b>	<b>Coesione efficace</b>	<b>Angolo di attrito</b>	<b>Coesione non drenata</b>
S <sub>1</sub> C <sub>4</sub> (19.00 m – 19.40 m)	$\gamma = 2,06 \text{ t/m}^3$	–	–	$C_U = 159 \text{ KN/m}^2$
Argilla limosa di colore grigio e di buona consistenza con noduli carbonatici biancastri	<b>Contenuto di acqua</b>	<b>Indice dei vuoti</b>	<b>Porosità</b>	<b>Grado di saturazione</b>
	$W = 22,83 \%$	$e = 0,64$	$n = 0,39$	$S_R = 97,81 \%$

Per ulteriori approfondimenti e maggiori dettagli si rimanda ai report delle indagini geognostiche e delle prove di laboratorio eseguite su commissione del Comune dalla ditta M.T.R. del Dr. Geol. Filippo Furia.

## 6.0 PROVA M.A.S.W. E CLASSIFICAZIONE GEOFISICA DEL SUBSTRATO

Dal punto di vista sismico, l'area di progetto ricade nel Comune di Nicosia che, ai sensi dell'Ordinanza n° 3274 del 20/03/2003 del Presidente del Consiglio di Ministri aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Sicilia n° 408 del 19/12/2003, rientrava nella **Zona Sismica 2** (Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti).



La suddetta normativa, infatti, prevedeva la classificazione sismica del territorio nazionale in 4 zone definite su base comunale e caratterizzate ognuna da un predeterminato valore dell'accelerazione orizzontale massima ( $a_g$ ) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni secondo la seguente tabella:

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g/g$ )	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ( $a_g/g$ )
1	$> 0.25$	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	$< 0.05$	0.05

Dal 01/07/2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni NTC2008, ed attualmente con le NTC2018, è stata introdotta, invece, "l'accelerazione propria" del sito

definita, indipendentemente dai confini comunali, per ogni punto del territorio, su una maglia quadrata di 5 Km di lato, considerando le coordinate dell'area di progetto che, nel caso specifico, sono:

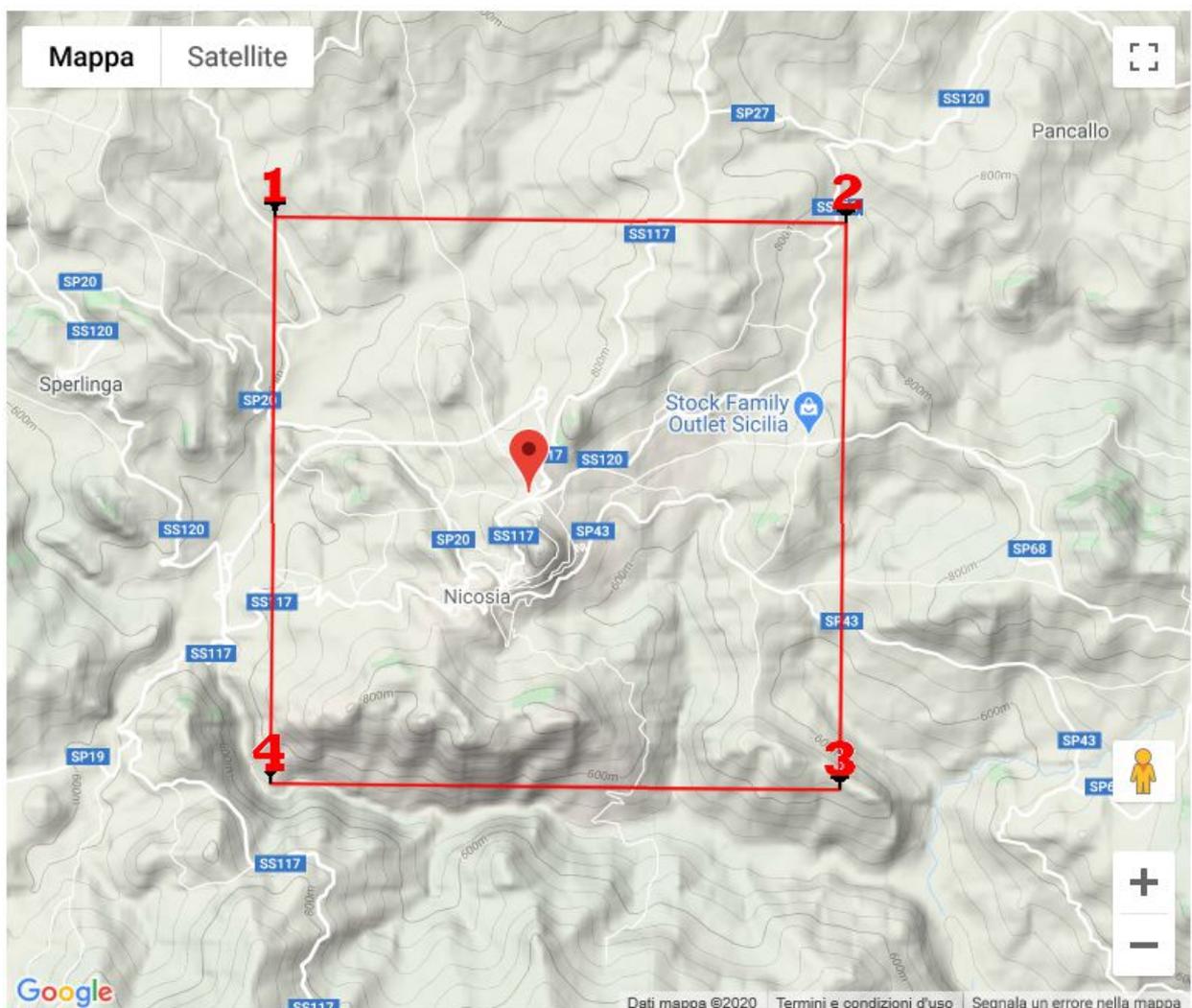
**Sito in esame**

latitudine: 37,756920 [°]

longitudine: 14,401855 [°]

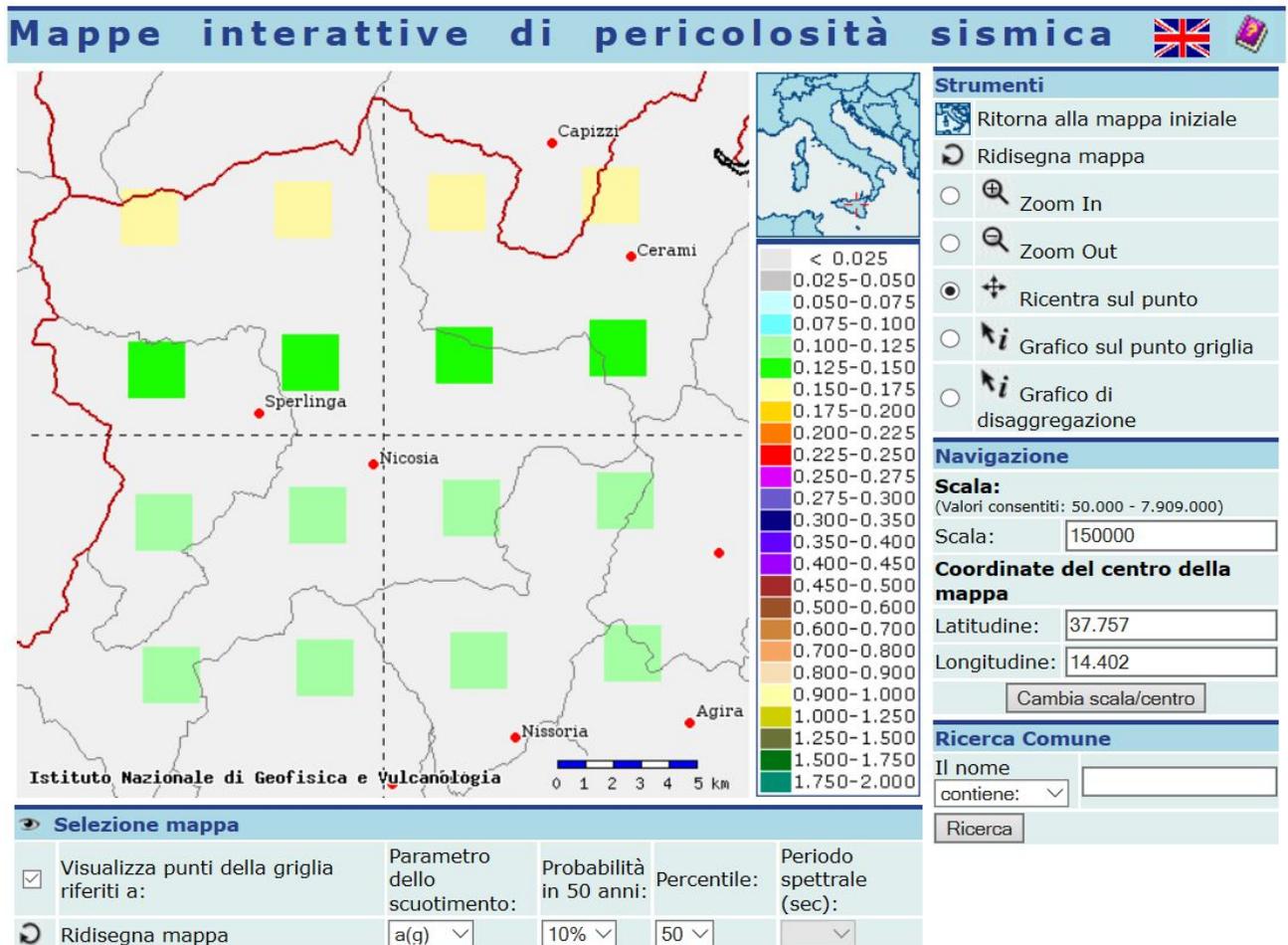
**Siti di riferimento**

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	46745	37,781400	14,373750	3675,9
Sito 2	46746	37,780880	14,436820	4067,4
Sito 3	46968	37,730880	14,436120	4178,7
Sito 4	46967	37,731410	14,373130	3798,1



La mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica, redatta secondo le *Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008)*, indica che il territorio in esame rientra tra

le celle contraddistinte da valori di  $a_g$  di riferimento compresi tra 0.100 e 0.150.



Per quanto concerne, invece, le condizioni topografiche locali, è possibile adottare una classificazione semplificata che tiene conto del valore dell'inclinazione media del pendio su cui dovranno realizzarsi le strutture, definito secondo la tabella di seguito riportata.

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

Considerato che la realizzazione della paratia avverrà in prossimità di una scarpata che presenta un'inclinazione  $i > 15^\circ$  è consigliabile adottare la **Categoria Topografica T2**.

Per la caratterizzazione geofisica del substrato su cui insisteranno le fondazioni delle strutture, le NTC 2018 propongono un sistema di classificazione basato su 5 tipologie di suoli

(A-B-C-D-E) da individuare in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

dove:  $h_i$  = spessore, in metri, dello strato  $i$ -esimo;  $V_{S,i}$  = velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;

$H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/sec;  $N$  = numero di strati;

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

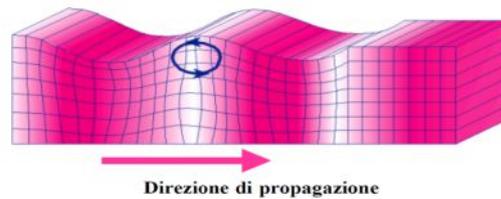
Per determinare la  $V_{S,eq}$  delle onde di taglio necessaria per definire la categoria del suolo di fondazione ai sensi della vigente normativa sismica è stata effettuata una prova MASW.



La prova MASW (*Multichannel Analysis of Surface Wave*) è un'indagine di superficie, non invasiva, che non risente di eventuali inversioni di velocità con la profondità e che consente di determinare l'andamento della velocità delle onde di taglio (*Onde S*) nel sottosuolo mediante l'analisi della dispersione delle onde superficiali o Onde di Rayleigh nel dominio del tempo.

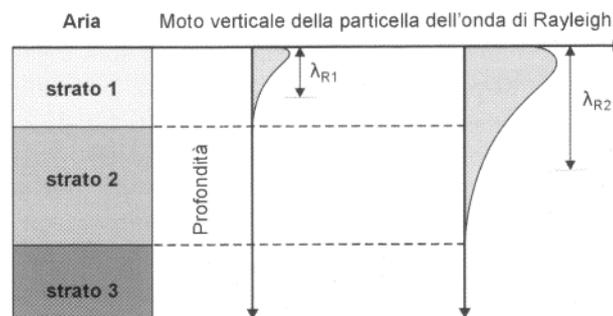
Le onde di Rayleigh presentano un contenuto energetico elevato, pari al 70% dell'energia prodotta dall'energizzazione e si generano sulla superficie libera del terreno attraverso l'interazione tra le onde di compressione e la componente verticale delle onde di taglio.

Le particelle di tali onde si muovono con un moto ellittico, in senso retrogrado alla direzione di propagazione delle onde e con un'ampiezza che decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera.



La velocità di propagazione delle Onde di Rayleigh ( $V_R$ ), anche se influenzata dalla velocità delle onde longitudinali ( $V_P$ ) è funzione, soprattutto, della velocità delle onde trasversali ( $V_S$ ) rispetto alla quale risulta essere leggermente inferiore essendo  $V_R \approx 0,90 \times V_S$ .

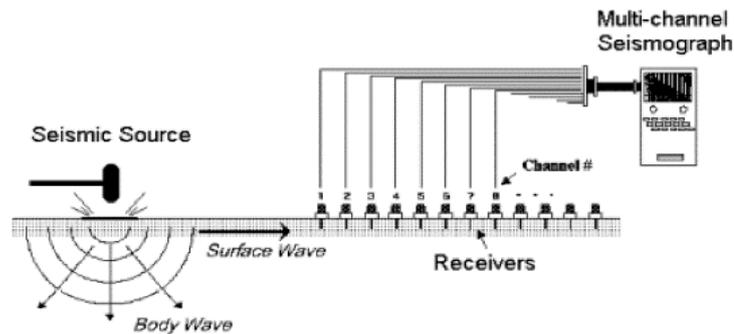
In un mezzo verticalmente eterogeneo come il substrato geologico, costituito da vari strati con caratteristiche fisiche e proprietà meccaniche differenti, le Onde di Rayleigh presentano un comportamento dispersivo con le onde ad alta frequenza che interessano gli strati più superficiali e quelle a bassa frequenza che riguardano gli strati più profondi.



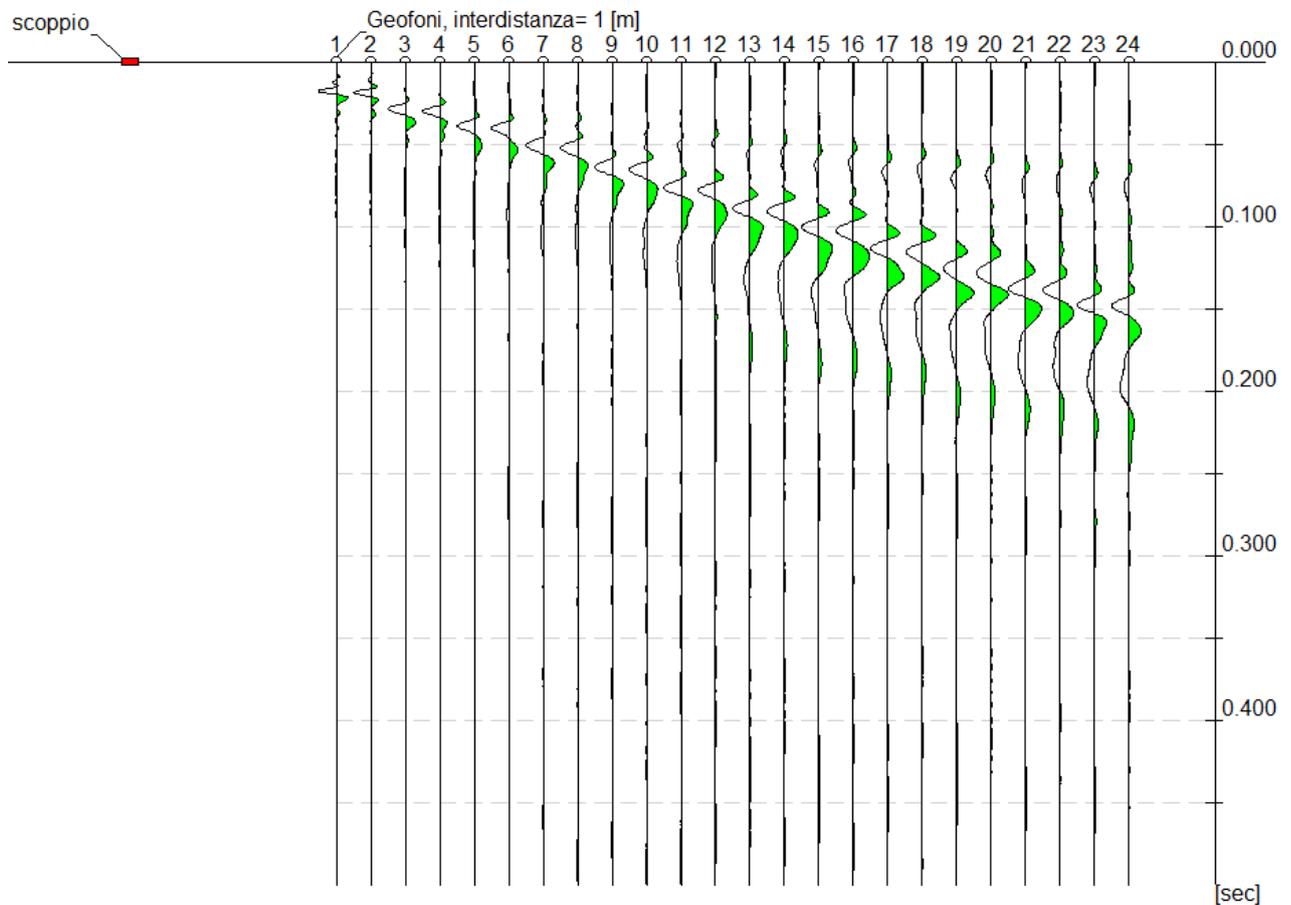
Nel caso specifico, la prova M.A.S.W. è stata realizzata con un sismografo collegato a 12 geofoni verticali da 4.5 Hz impostando una frequenza di campionamento di 1.0 msec e una amplificazione uniforme per tutti i canali al fine di evitare saturazioni del segnale.

La prima energizzazione è stata effettuata percuotendo con una mazza di 8 Kg una piastra

metallica posta a lato del geofono starter, alla distanza di 3.00 m dal geofono G<sub>1</sub> e dopo aver acquisito la prima traccia sismica con i geofoni disposti in linea con un interspazio di 2.00 m, lo stendimento è stato traslato nella sua interezza di 1.00 m lungo lo stesso allineamento provvedendo, previa ulteriore energizzazione, alla registrazione della seconda acquisizione.

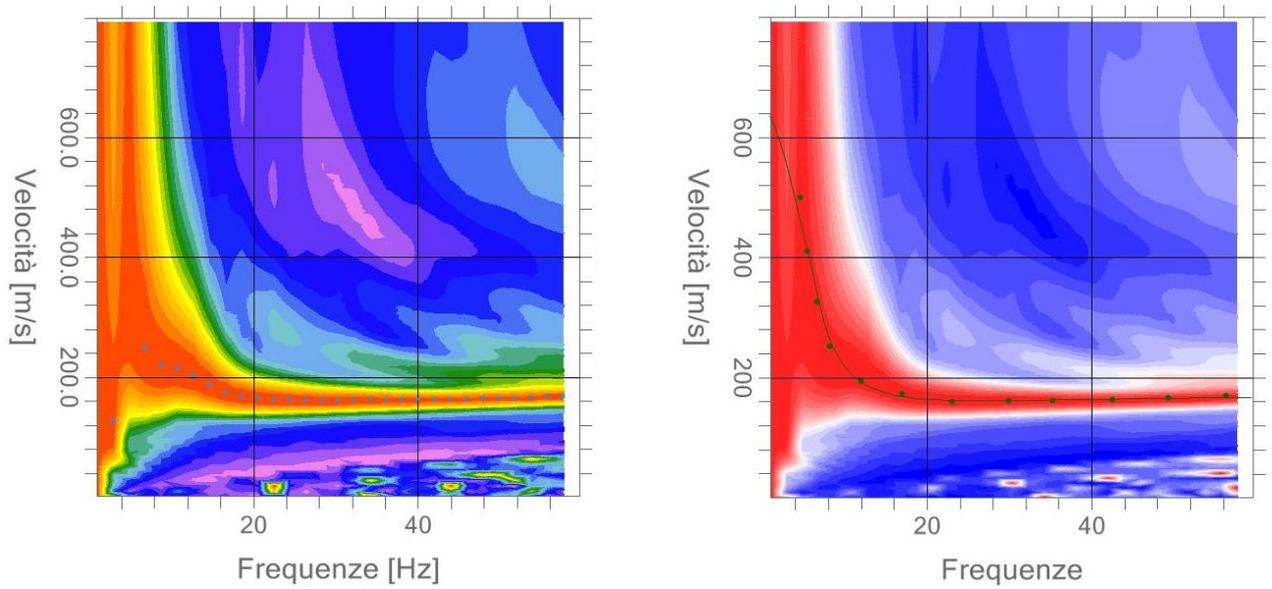


Le due acquisizioni sono state "interlacciate" con un'applicazione del software in uso alla strumentazione ottenendo un'unica traccia sismica a 24 canali con interspazio di 1.00 m.

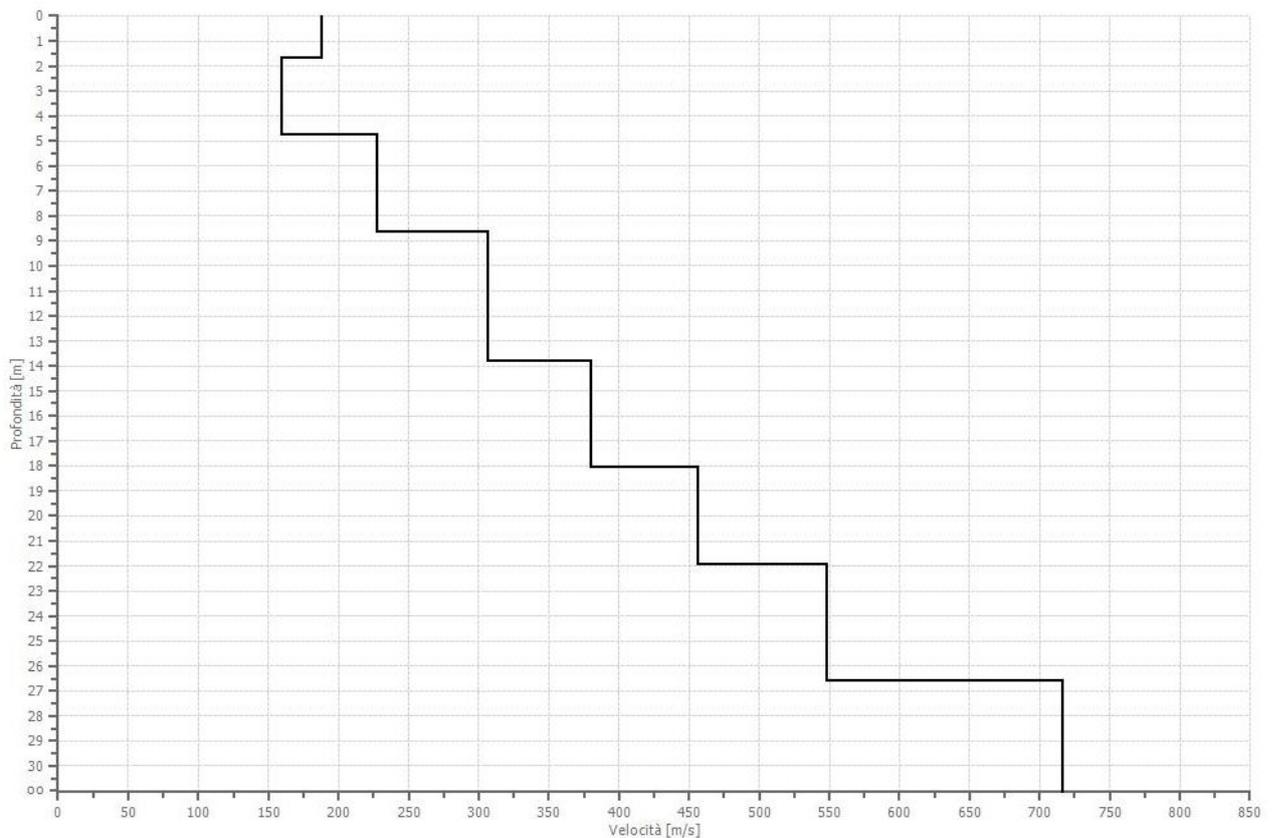


L'analisi spettrale del sismogramma, effettuata con il software *EasyMASW*, ha permesso di

trasformare il moto dal dominio "spazio - tempo" al dominio "velocità di fase - frequenza".



Dopo aver effettuato il picking dei punti di dispersione è stata eseguita l'inversione con il modo fondamentale ed è stato ricostruito il modello "velocità  $V_s$  - profondità" che ha permesso di definire, a partire dal piano di campagna, le seguenti velocità delle onde di taglio:



Considerata, la variazione delle velocità delle onde di taglio con la profondità e constatata

l'assenza del substrato con  $V_s > 800 \text{ m/sec}$  entro i 30.00 m dal piano campagna, applicando la formula sotto riportata, è stato definito un valore di  $V_{S,eq} = 315,09 \text{ m/sec}$  con  $H = 30.00 \text{ m}$ .

PROFONDITÀ (m)	SPESSORE (m)	VELOCITÀ ONDE DI TAGLIO ( $V_s$ )	FORMULA	$V_{S,eq}$ (m/sec)
0.00 – 1.69	1.69	188.32	$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$	<b>315,09</b> con <b>H = 30.00 m</b>
1.69 – 4.77	3.08	159.29		
4.77 – 8.63	3.86	227.10		
8.63 – 13.82	5.19	306.18		
13.82 – 18.08	4.26	379.52		
18.08 – 21.95	3.87	456.27		
21.95 – 26.58	4.63	547.79		
oltre 26.58	indefinito	716.12		

Facendo, quindi, riferimento alla tabella di seguito riportata, in funzione del valore della velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  ottenuto, il substrato di fondazione può essere classificato come "**Suolo di tipo C**".

#### CATEGORIE SUOLO DI FONDAZIONE

<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m</i>
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s</i>
<b>C</b>	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s</i>
<b>D</b>	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s</i>
<b>E</b>	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m</i>

## 7.0 CONCLUSIONI

In base alle osservazioni di superficie, ai rilievi ed alle indagini effettuate è stato possibile formulare, per quanto di specifica competenza, le seguenti considerazioni:

- negli elaborati cartografici del *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)* della Regione Siciliana, il piazzale da riqualificare non risulta interessato da forme di pericolosità e/o livelli di rischi, tuttavia sovrasta un'area identificata nel P.A.I. con il codice 094-4NI-008 e classificata a pericolosità media P2 in quanto soggetta, in passato, a deformazioni superficiali lente che, in ogni caso, non hanno coinvolto il piazzale stesso che attualmente appare stabile;
- le indagini geognostiche effettuate (sondaggi e prove penetrometriche) non hanno rilevato la presenza di falde acquifere e/o di circolazioni idriche superficiali che possano interagire negativamente con la struttura da realizzare;
- il sito di progetto ricade in una **Zona Sismica 2**, su un versante con la **Categoria Topografica T2** (*Pendii con inclinazione media  $i > 15^\circ$* ) ed il substrato affiorante, avendo determinato con la prova M.A.S.W. un valore di  $V_{s,eq} = 315,09 \text{ m/sec}$  può essere classificato come "**Suolo di tipo C**";
- le coordinate geografiche dell'area di progetto sono:

WGS84	Lat 37.755861	Long. 14.401023	ED50	Lat. 37.756920	Long. 14.401855
-------	---------------	-----------------	------	----------------	-----------------

- il piazzale da riqualificare insiste su un terreno di riporto di natura prevalentemente argillosa, con diffusi trovanti lapidei e/o sfabbricidi vari e presenta uno spessore variabile da una decina di metri in prossimità del margine esterno (circa 8.00 m nell'area un cui dovrà realizzarsi la paratia, rientrata di qualche metro rispetto al ciglio della scarpata) a pochi metri nella zona più interna, adiacente alla S.S. 117 ed alla strada comunale di collegamento alla c.da "Sant'Onofrio". I principali parametri geotecnici che, in favore della sicurezza, si possono attribuire a questo materiale di

riporto superficiale, eterogeneo, alterato e di scarsa consistenza, sono:

$$\text{Peso di volume} \quad \gamma = 1.93 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Angolo di attrito} \quad \phi' = 18^\circ$$

$$\text{Coesione efficace} \quad C' = 29 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Coesione non drenata} \quad C_U = 61 \text{ KN/m}^2$$

- il substrato su cui è stato depositato, nei decenni passati, il terreno che costituisce il piazzale, invece, è riconducibile alla formazione delle Argille Varicolori e risulta costituito da argille limose di colore variabile dal bruno-rossastro nei livelli superficiali più alterati e meno consistenti al grigio-azzurro negli orizzonti profondi più integri e compatti, spesso sovraconsolidati e finemente scagliettati;
- i parametri geotecnici che, responsabilmente, si possono attribuire alla porzione superficiale della formazione argillosa sono:

$$\text{Peso di volume} \quad \gamma = 1.94 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Angolo di attrito} \quad \phi' = 20^\circ$$

$$\text{Coesione efficace} \quad C' = 28 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Coesione non drenata} \quad C_U = 66 \text{ KN/m}^2$$

- i principali parametri geotecnici che, invece, si possono attribuire alle argille grigio-azzurre di buona consistenza rinvenute in profondità, sono:

$$\text{Peso di volume} \quad \gamma = 2.06 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Coesione non drenata} \quad C_U = 159 \text{ KN/m}^2$$

Pertanto, alla luce di quanto emerso dal presente studio, si può affermare che il sito di progetto presenta caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche compatibili con la realizzazione degli interventi previsti.

La paratia da realizzare lungo il margine esterno del piazzale, la cui ubicazione è stata rientrata di alcuni metri rispetto al ciglio della scarpata, favorisce ulteriormente la stabilità

del piazzale stesso e la prevista pavimentazione, con l'impermeabilizzazione del sottofondo, evitando fenomeni di ristagno e di infiltrazione delle acque meteoriche, elimina una delle principali cause di innesco di eventuali dissesti.

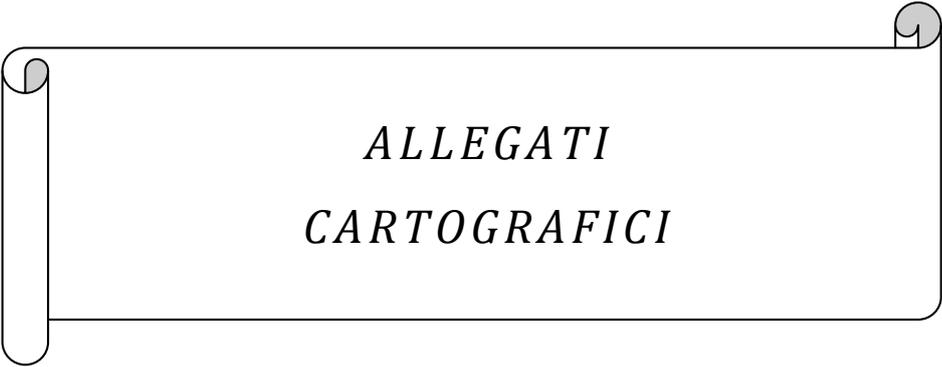
Anche gli interventi di riprofilatura del terreno presente a valle del piazzale – in passato interessato da movimenti superficiali lenti – consistenti nella realizzazione di ampi gradoni e nella piantumazione di essenze arboree contribuiscono ad alleggerire il versante ed a stabilizzare l'area.

In ogni caso, si consiglia di limitare al minimo i movimenti di terra nella zona a valle del piazzale interessata dalla sistemazione e di affondare adeguatamente i pali della paratia all'interno del substrato argilloso nonché di prevedere apposite opere di regimentazione e di canalizzazione delle acque superficiali che dovranno essere allontanate dall'area ed accompagnate fino alla linea d'impiuvio naturale più vicina e/o ai tombini ed alla rete di condotte sottotraccia esistenti.

*Nicosia, 31/12/2019*



IL GEOLOGO  
*Giovanni Bonanno Conti*  
DR. GIOVANNI BONANNINO CONTI  
O.R.G.S. n° 2197



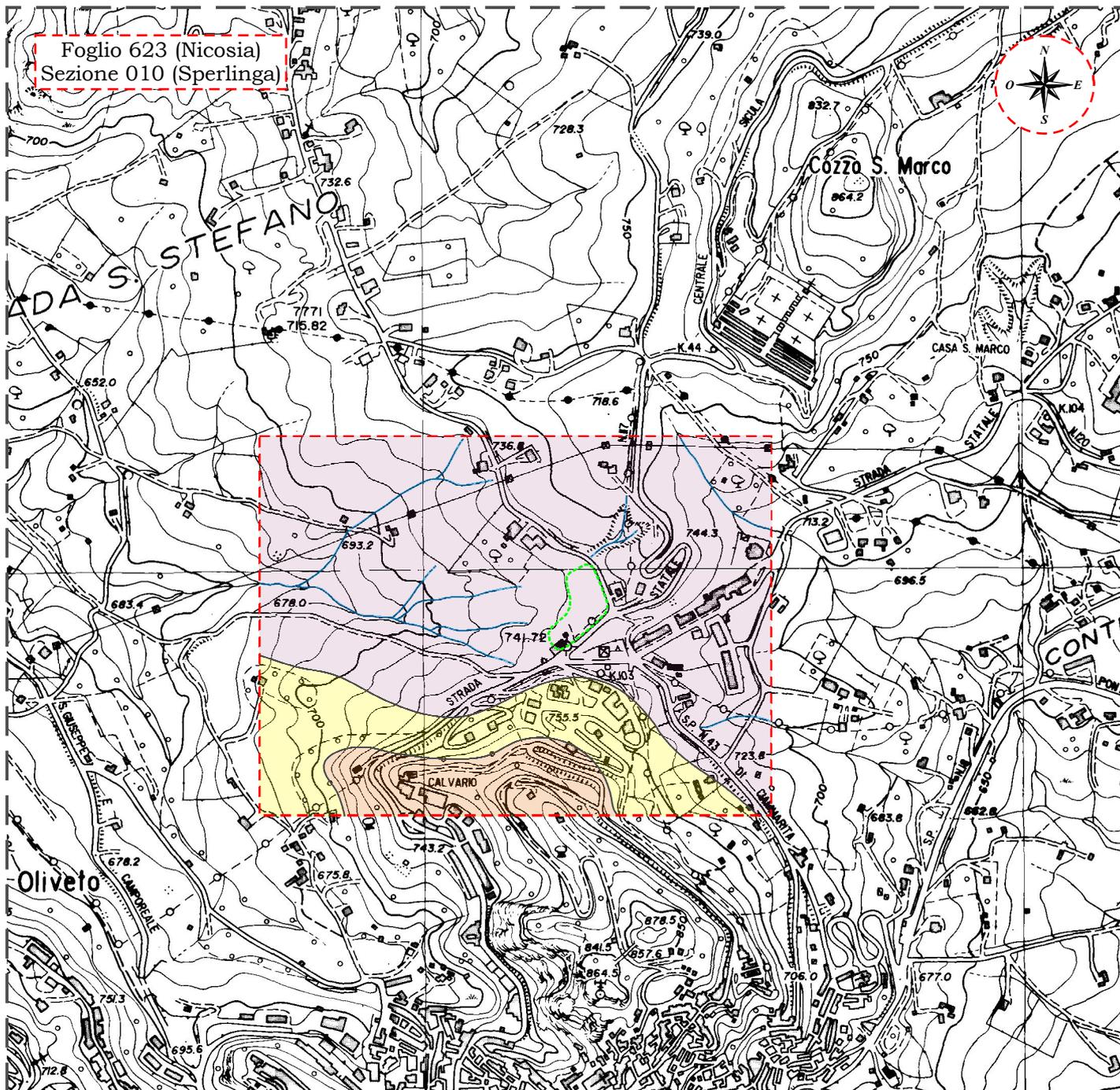
*ALLEGATI  
CARTOGRAFICI*





# CARTA GEOLOGICA

## SCALA 1:10.000

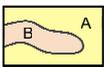


67 000 | 14° 24'00" | NICOSIA | 68 000

### LEGENDA

 **ARGILLE VARICOLORI**  
(Oligocene sup. - Miocene inf.)

Argille limose bruno-rossastre negli strati superficiali più alterati e di scarsa consistenza e grigio-azzurre negli orizzonti profondi decisamente più integri e compatti

 **FLYSCH NUMIDICO**  
(Aquitaniiano - Burdigaliano)

Argille limose brune (A) e banconi quarzarenitici di colore grigio-giallastro (B), aventi spessore talvolta superiore al metro, alternati a sottili livelli pelitico-siltosi

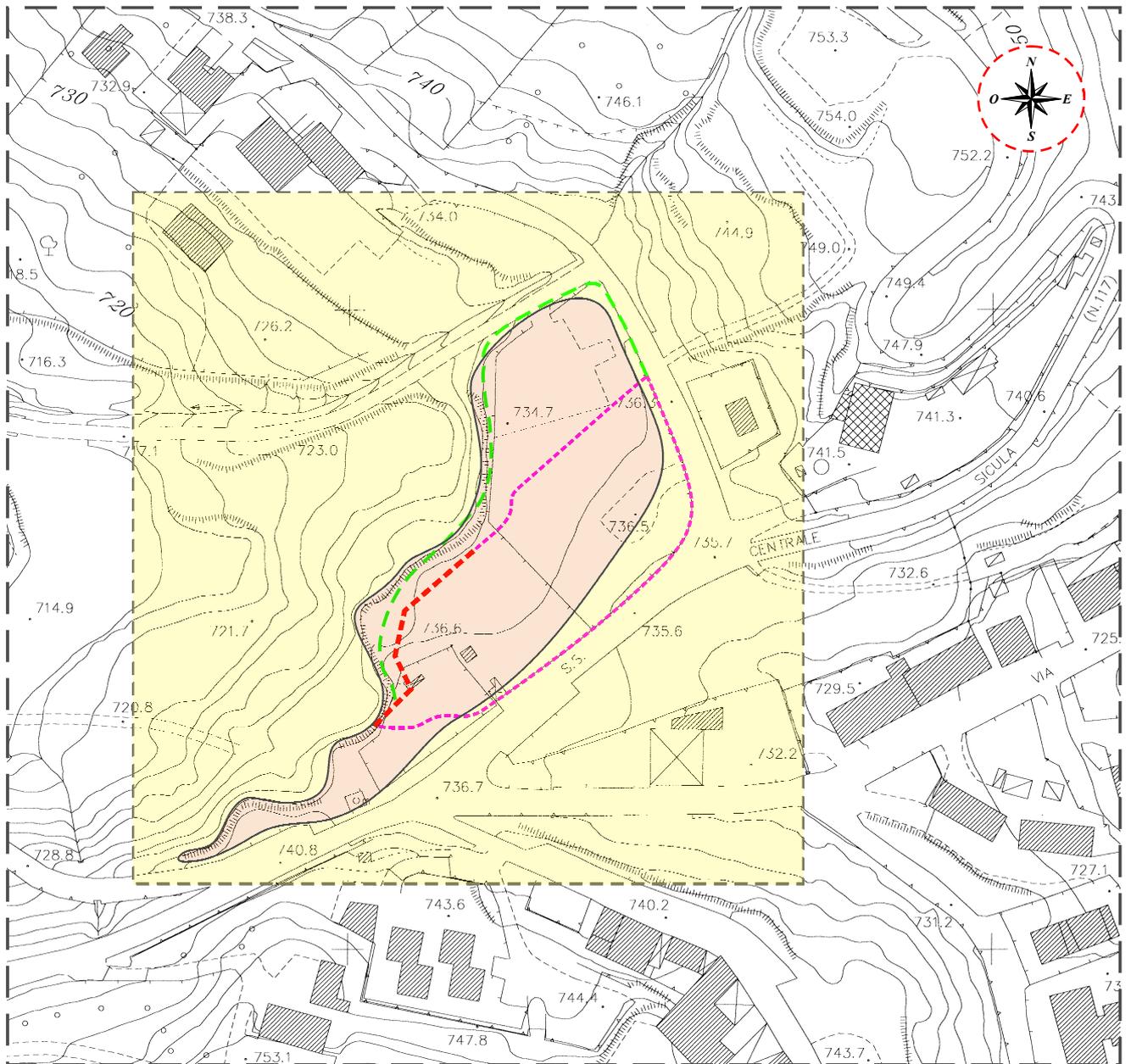
  
LIMITE STRATIGRAFICO



  
AREA DI PROGETTO

# CARTA LITOLOGICA

## SCALA 1:2.000

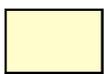


### LEGENDA



**MATERIALE DI RIPORTO**  
(Recente)

*Materiale di risulta, eterogeneo e di natura prevalentemente argillosa, con diffusi trovanti lapidei e sfabbricidi vari*



**ARGILLE VARICOLORI**  
(Oligocene sup. – Miocene inf.)

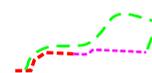
*Argille limose bruno-rossastre negli strati superficiali più alterati e di scarsa consistenza e grigio-azzurre negli orizzonti profondi più integri e compatti*



**PARATIA E MURI SU PALI**



**PIAZZALE DA RIQUALIFICARE**



**AREA DA BONIFICARE E SISTEMARE**



# PLANIMETRIA INTERVENTI



SCALA 1:1.000

Terrazzamenti e piantumazioni

Struttura di sostegno

Area da bonificare e sistemare

S.2

S.P.

P.1

Piazzale da riqualificare

MASW

P.3

S.S. 117

A

B

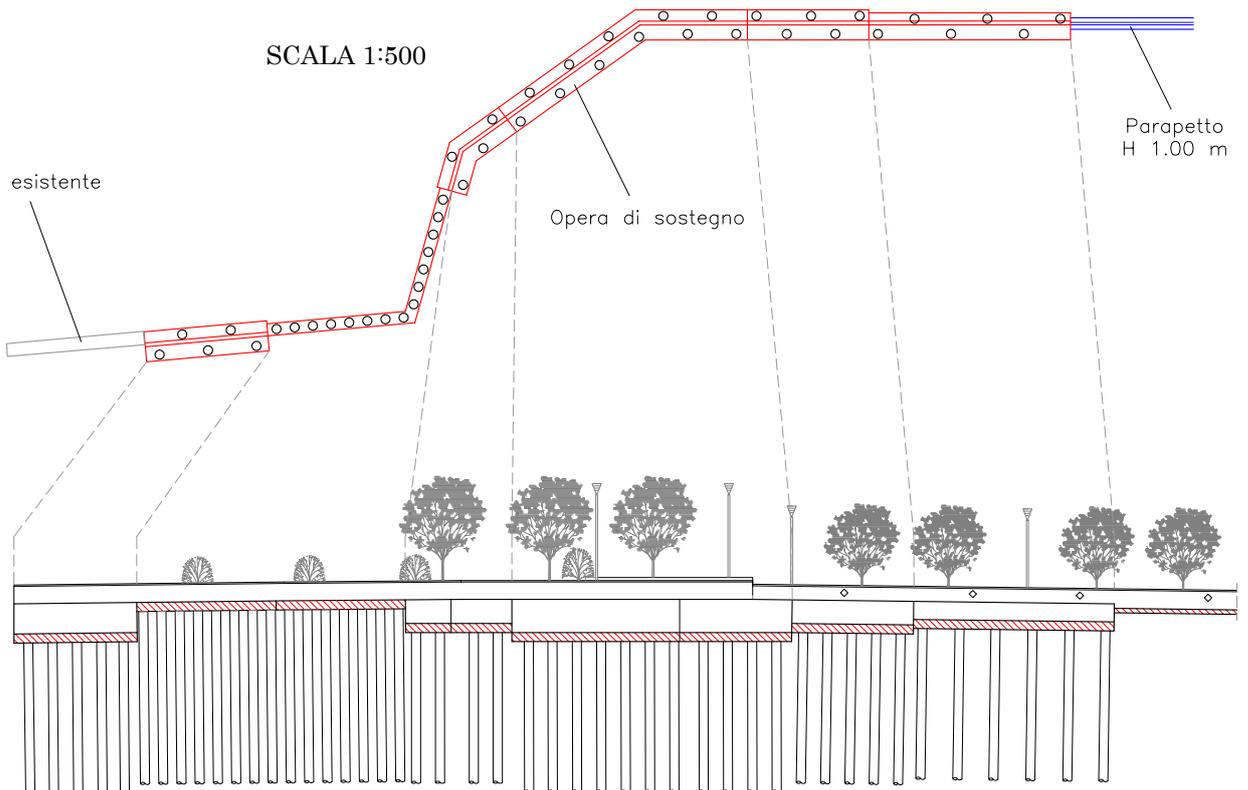


SCALA 1:500

Paratia esistente

Opera di sostegno

Parapetto H 1.00 m

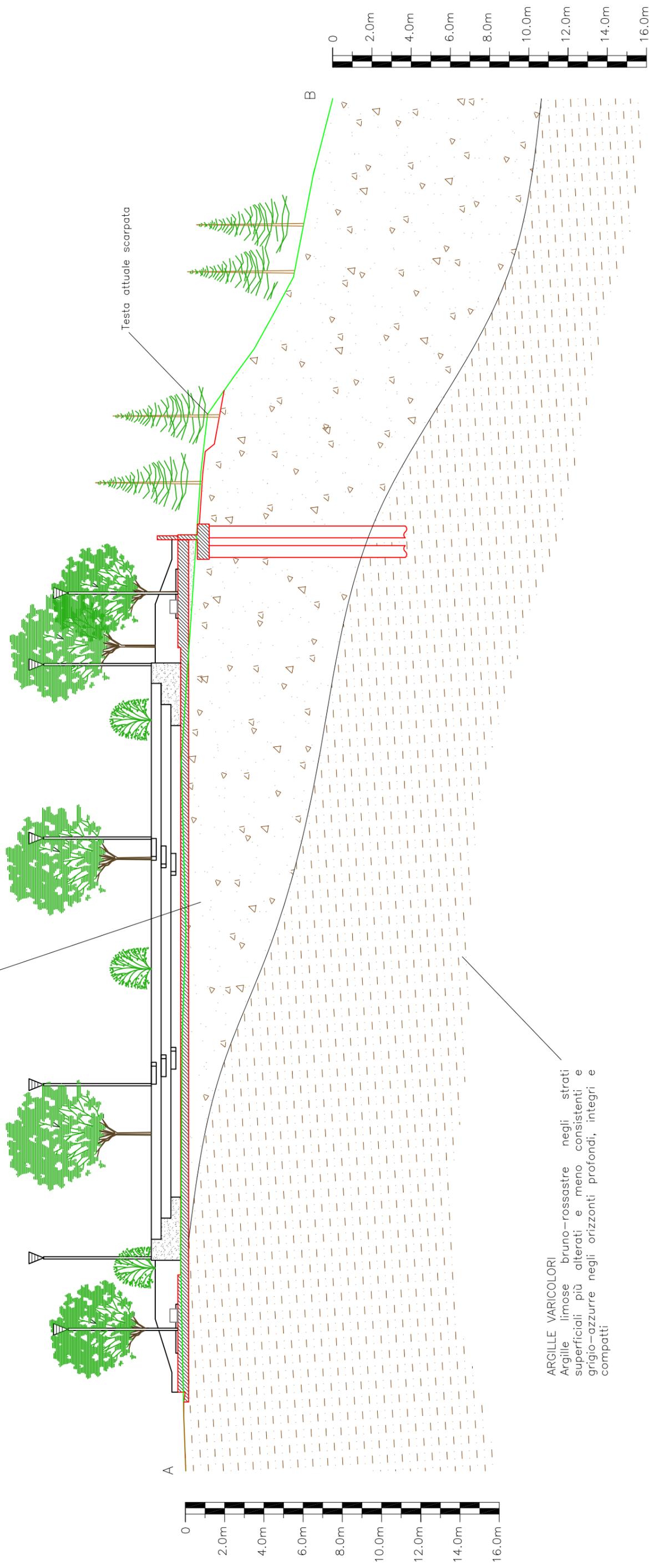


# SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA

SCALA 1:200



**MATERIALE DI RIPIERTO**  
Materiale di risulta, eterogeneo e di natura prevalentemente argillosa, con diffusi trovanti lapidei e sfabbricidi vari



**ARGILLE VARICOLORI**  
Argille limose bruno-rossastre negli strati superficiali più alterati e meno consistenti e grigio-azzurre negli orizzonti profondi, integri e compatti

