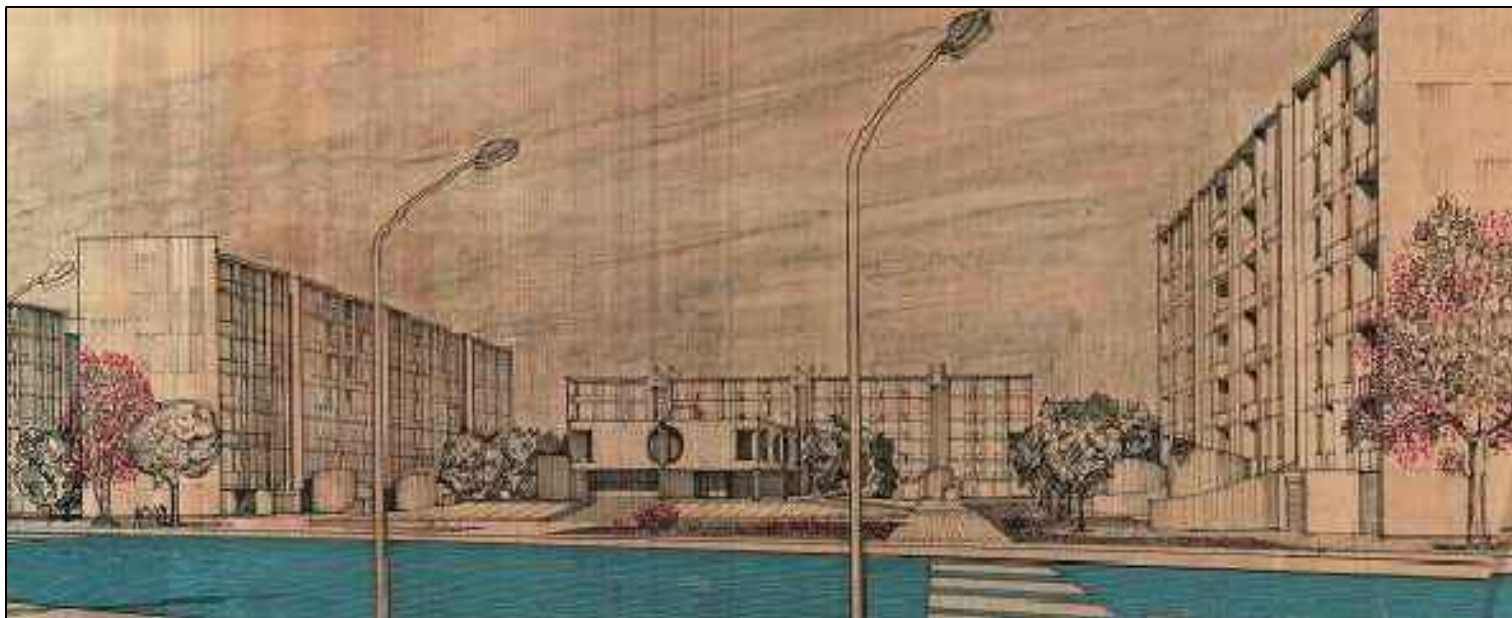


CITTÀ DI PALERMO

ACCORDO QUADRO PON METRO 2014 - 2020

**ASSE 4: INFRASTRUTTURE PER L'INCLUSIONE SOCIALE PER LA
REALIZZAZIONE DI EDILIZIA SOCIALE
LOTTO 3 - RIFUNZIONALIZZAZIONE DEL CENTRO SOCIALE
VIA DI VITTORIO ALLO SPERONE
PROGETTO ESECUTIVO
CUP D75C17000180006**



R.T.P.:

Ing. Pietro Faraone - Capogruppo mandatario
Coordinamento prestazioni specialistiche

Mandanti:

Arch. Alessandro D'Amico

Ing. Gabriele Testa

Ing. Cesare Caramazza (EGE)

Ing. Davide Bellavia

Ing. Giovanni Schirò

Dott. Gian Vito Graziano
Studio geologico associato Graziano e Masi

Ing. Giuseppe Maria Bellomo
giovane professionista

**IL RESPONSABILE UNICO DEL
PROCEDIMENTO**
Arch. Paola Maida

VISTI E APPROVAZIONI

DATA

Ago. 2021

SCALA

-

ELABORATO: *INTRODUTTIVI*

Relazione geologica

TAV. I.04

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO.....	5
3. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI.....	9
4. GEOLOGIA	
4.1 Assetto geologico generale.....	11
4.2 Indagine geognostica.....	13
4.3 Indagine geofisica.....	19
5. CARATTERI IDROGEOLOGICI.....	22
6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	
6.1 Descrizione litologica e granulometrica.....	23
6.2 Caratteristiche indici.....	24
6.3 Resistenza al taglio.....	24
7. MODELLO SISMICO	
7.1 Storia sismica dell'area.....	25
7.2 Definizione della pericolosità sismica di base.....	30
7.2 Fattore di amplificazione topografica.....	32
7.3 Azione sismica di progetto.....	32
8. INDICAZIONI PROGETTUALI.....	34
9. CONCLUSIONI.....	36

1. PREMESSA

A seguito di procedura negoziata per l'affidamento del servizio di “*progettazione di fattibilità tecnico economica, definitiva, esecutiva, direzione lavori e coordinamento della sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione, progettazione, direzione ed esecuzione delle indagini strutturali, geognostiche e geofisiche, pratiche catastali e pratiche per SCIA presso il Comando dei VV.F. per il Recupero di immobili da adibire a servizi di valenza sociale - **Rifunionalizzazione del centro sociale in Via Di Vittorio allo Sperone.***” svolta dal Comune di Palermo nell’ambito del Contratto attuativo derivante dall’ Accordo Quadro PON METRO 2014-2020, è rimasto aggiudicatario il RTP composto ing. P. Faraone (mandatario), arch. A. D’Amico, ing. D. Bellavia, ing. C. Caramazza, Studio Geologico Graziano e Masi, ing. G. Testa, ing. G. Schirò e ing. G. M. Bellomo (mandanti).

L’edificio in questione, in stato di completo abbandono, si trova nel quartiere Sperone nel settore meridionale della città di Palermo, tra la Via Giuseppe Di Vittorio a Sud e l’asse stradale secondario di Largo Bruno Buozzi a Nord.

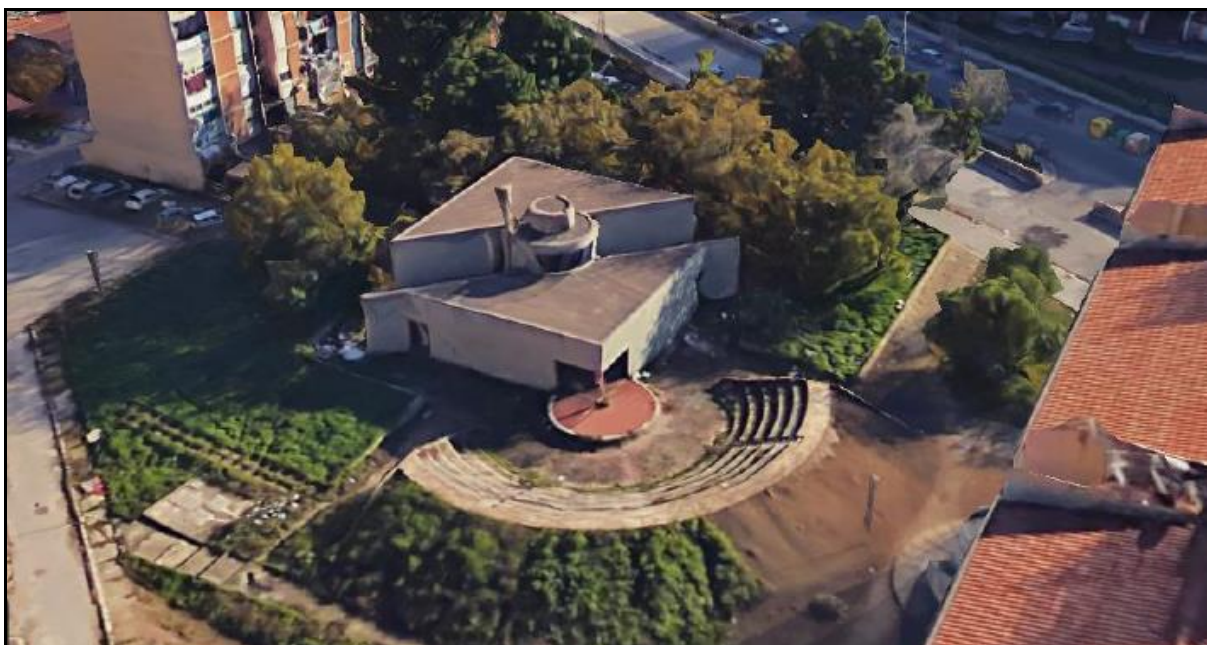


Fig. 1: foto aerea tratta da Google Earth

Fa parte del suddetto RTP, lo *Studio Geologico Graziano e Masi*, di cui lo scrivente è legale rappresentante, al quale è stato affidato l’incarico di redigere uno studio geologico di

supporto ai diversi livelli di progettazione delle opere strutturali previste, allo scopo di definire il modello geologico dell'area sulla scorta della vigente normativa tecnica (D.M. 17.01.2018), inquadrandone gli aspetti geomorfologici e geologico-strutturali, nonché di acquisire le caratteristiche geomeccaniche dei terreni interessati dagli interventi.

Lo studio è stato condotto preliminarmente attraverso le indispensabili ricognizioni sui luoghi, supportate da studi condotti in precedenza dallo scrivente in aree poco distanti e da una campagna di indagini svolte specificamente nel lotto di progetto dalla *Experimentations s.r.l.*, per conto del Comune di Palermo, tra le quali due perforazioni geognostiche a carotaggio continuo e due acquisizioni sismiche, che hanno consentito di delineare un quadro geologico sufficientemente definito, ottenendo importanti informazioni sulle principali caratteristiche dei terreni interessati dalle opere di progetto, e non ultimo, di definire la categoria del terreno di fondazione ai sensi dell'art. 3.2.1 del D.M. 17.01.2018.

Inquadrati gli aspetti geomorfologici e idrogeologici dell'area e definito l'assetto geologico e geotecnico del sottosuolo, è stato possibile caratterizzare i terreni che interagiscono con l'apparato fondale dell'edificio sede del centro sociale.

Sulla base di tutti gli accertamenti svolti e dei dati di conoscenza progressivamente acquisiti, è stato redatto il presente elaborato, nel quale si descrive il modello geologico dell'area, si fornisce la caratterizzazione geotecnica degli orizzonti litologici presenti e si inquadrano, per gli aspetti di competenza, le problematiche connesse con l'esecuzione degli interventi.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO

Il centro sociale che si intende rifunzionalizzare è localizzato, come si accennava, nel settore meridionale del centro urbano di Palermo. Ricade in Zona Territoriale Omogenea IC5 “Centri sociali e sanitari, presidi sanitari e medicina di base” del vigente Piano Regolatore Generale (PRG) del Comune di Palermo, come identificata nella Tav. 5014 dello stesso piano.

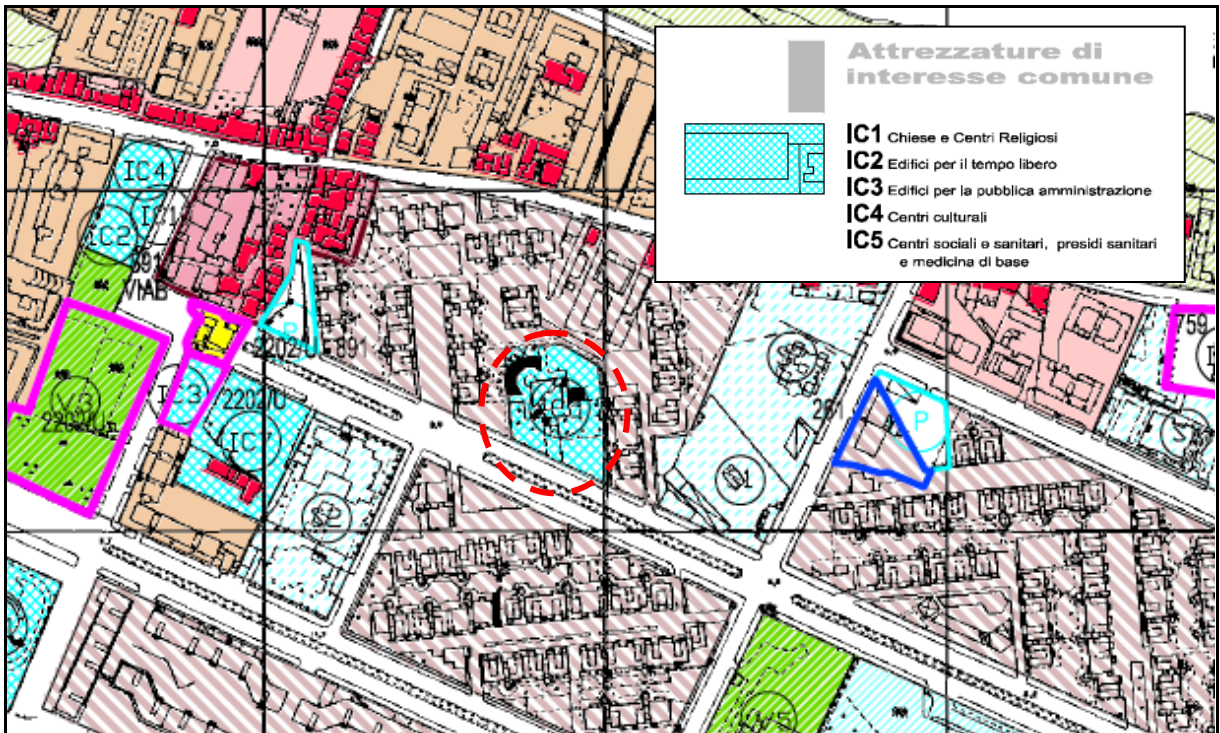


Fig. 2: stralcio della tavola 5014 del PRG in scala 1:500

Ci si riferisce dunque ad un'area di intensa urbanizzazione, dunque influenzata dall'intervento antropico, che ne ha variato l'originario aspetto, senza alterarne l'equilibrio.

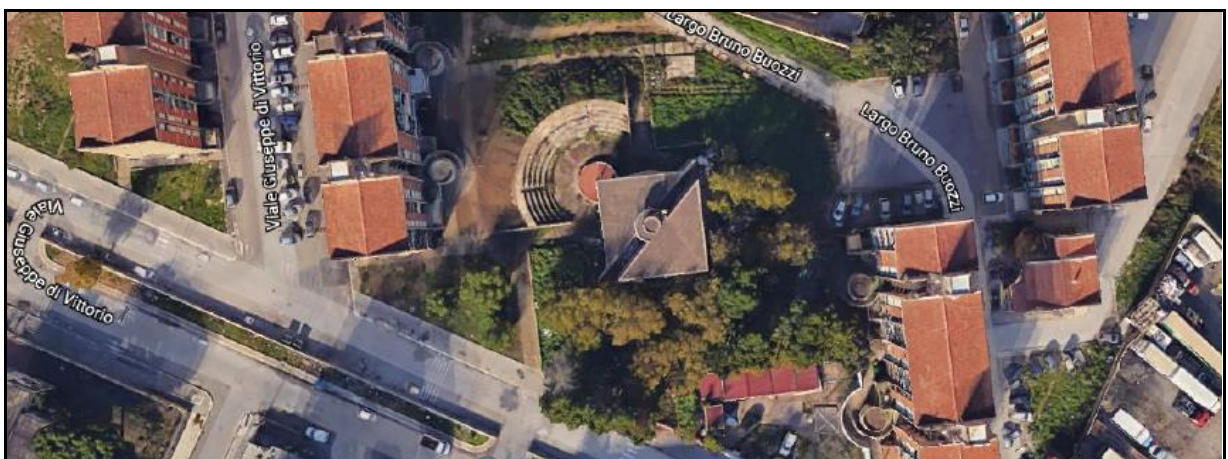


Fig. 3: ortofoto tratta da Google Earth

E' caratterizzata da terreni a morfologia regolare, pressoché pianeggianti, con una leggera inclinazione naturale in direzione Nord-Est, con quote altimetriche che si attestano intorno a m 8,00 s.l.m.

Per i riferimenti topografici esso ricade nella tavoletta in scala 1:25.000 F. 249 II N.E. "Palermo" della Carta d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano (IGM), mentre per quanto riguarda invece la cartografia in scala 1:10.000, di riferimento anche per i successivi approfondimenti sul Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), ricade nel Foglio n. 595090 della Cartografia Tecnica Regionale (CTR) della Sicilia, dal quale è stata stralciata la corografia di seguito allegata.

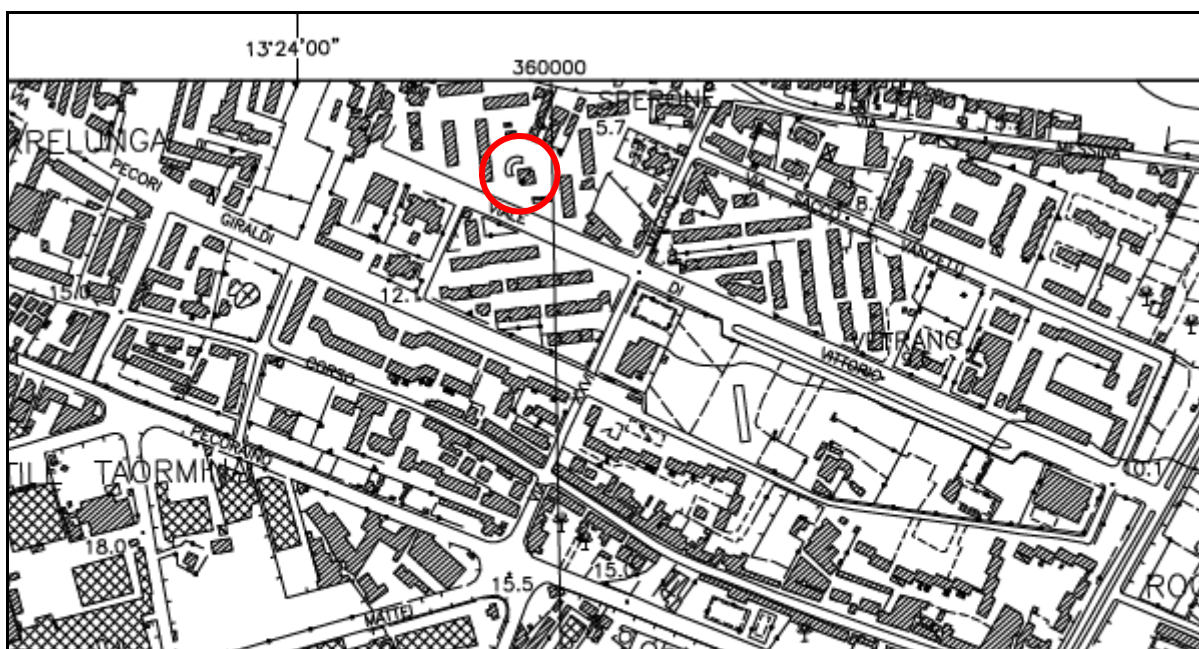


Fig. 4: corografia in scala 1:10.000 (rif. CTR)

L'idrografia superficiale è completamente assente, in relazione non soltanto alle caratteristiche di permeabilità della formazione rocciosa in posto, ma anche alla presenza di una estesa cortina urbana che ha ormai mascherato anche le più effimere linee di drenaggio superficiale.

Nella Carta Tecnica Numerica Comunale (CTNC) il lotto di progetto ricade nel Foglio n. 50 "Torrelunga", dal quale è stata stralciata la planimetria di Fig. 5, ed è catastalmente identificato al Foglio n. 89, particella n. 1336 del Comune di Palermo (si veda Fig. 6).

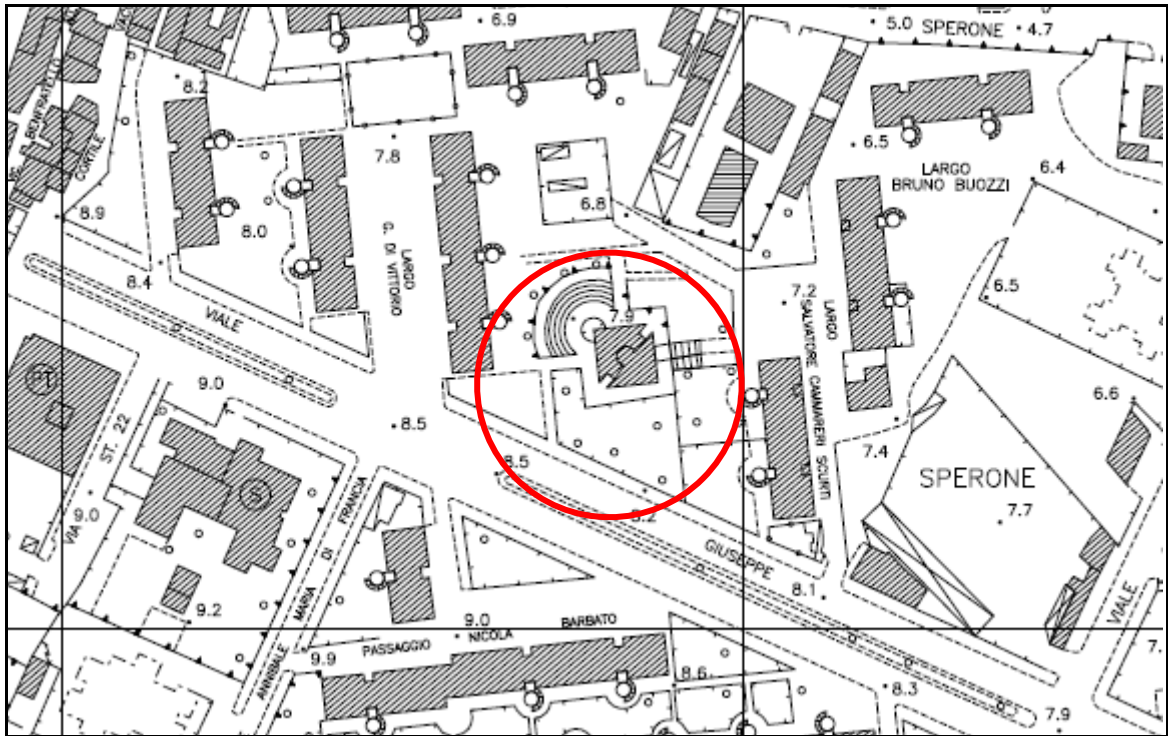


Fig. 5: planimetria in scala 1:2.000 (rif. CTNC)

Il lotto su cui ricade il centro sociale di progetto è catastalmente identificato al Foglio n. 89, particella n. 1336 del Comune di Palermo.



Fig. 6: stralcio catastale

In Fig. 7 si riporta infine la planimetria di dettaglio del lotto.

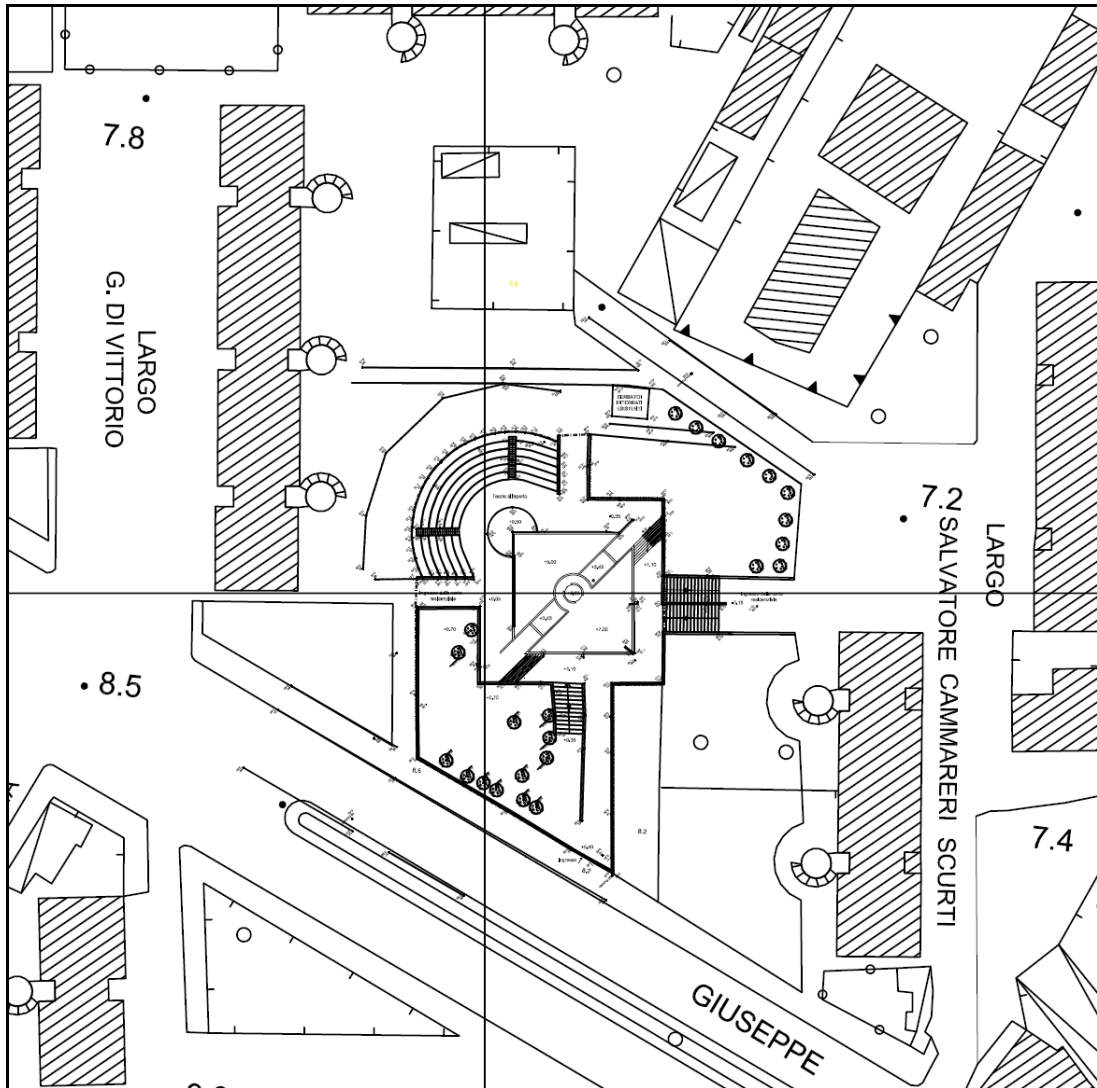


Fig. 7: planimetria generale del lotto in scala 1:1000

3. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

Il sito di progetto è ubicato in un settore della vasta piana di Palermo caratterizzato da condizioni altimetriche che si attestano intorno a m 8,00 s.l.m., in un contesto di intensa e recente antropizzazione, che in parte oblitera l'originario assetto morfologico dei luoghi.

Si rileva infatti che si tratta di un'area a morfologia sub-pianeggiante, connessa alla presenza di un esteso terrazzo calcarenitico, la cui origine è legata alla regressione marina del Quaternario: le pendenze medie rilevate si attestano intorno a 2° e la morfologia è assolutamente regolare.

Non si riscontra alcuna idrografia superficiale e il deflusso superficiale è molto limitato dalla elevata permeabilità dei terreni presenti e naturalmente dalla cortina urbana che lo circonda.

Il Fiume Oreto, elemento idrografico dominante in tutta la parte meridionale della città, decorre a circa 3 km a Nord-Ovest del lotto in questione. Non sono state rilevate forme di erosione superficiale o, più in generale, di dissesto

Dall'esame sommario delle costruzioni esistenti nell'intorno dello stesso sito, non sono stati rilevati elementi che possono indurre a diagnosticare fenomeni di instabilità locale e/o globale. Ritenendo che le condizioni di stabilità e d'integrità degli immobili presenti nelle vicinanze possano rappresentare un affidabile parametro di valutazione della stabilità dei terreni, è stata condotta un'indagine di dettaglio sull'edificio di progetto e una ulteriore indagine speditiva sugli immobili presenti nelle vicinanze, attraverso semplici osservazioni sulle condizioni di staticità e di conservazione. L'indagine eseguita non ha evidenziato l'esistenza di fenomeni di dissesto da imputare a movimenti orizzontali e/o verticali dei terreni in posto. Lo stesso edificio di progetto non presenta alcun quadro fessurativo che riconduca a cedimenti in fondazione.

Questa considerazione circa la generale stabilità dell'area, oltre che nelle ricognizioni effettuate sui luoghi, trova riscontro nel Piano Straordinario per l'Assetto Idrogeologico (PAI), dispositivo regionale di pianificazione, nel quale sono state individuate le aree soggette a pericolosità ed a rischi di natura idrogeologica: dalla consultazione delle carte tematiche, di pericolosità e di rischio idrogeologico, nonché di pericolosità e di rischio idraulico (*rif. Bacino*

idrografico del Fiume Oreto – 039), è stato possibile verificare che l'area in questione non è gravata né da situazioni di pericolosità e/o di rischio geomorfologico, né da situazioni di pericolosità e/o di rischio idraulico. Gli stralci delle carte dei dissesti e delle pericolosità e del rischio geomorfologico, di cui alle figure seguenti, fanno riferimento all'aggiornamento 2011 del Piano stralcio e nello specifico al foglio n. 595090 sul quale ricade il lotto di progetto.

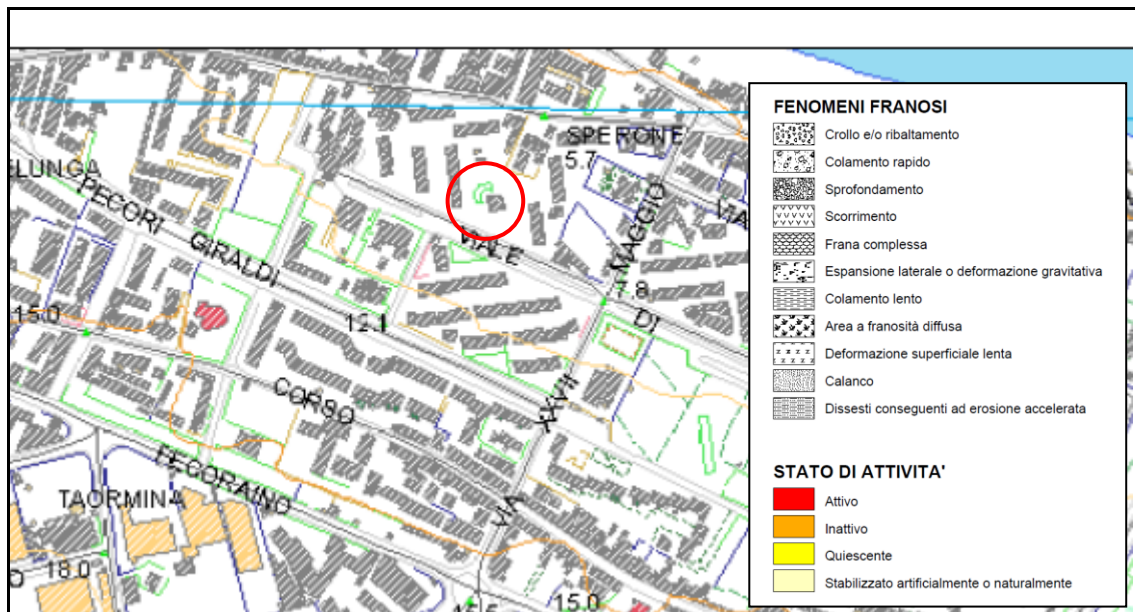


Fig. 8: stralcio della Carta dei Dissesti (rif. PAI - ed. 2011)

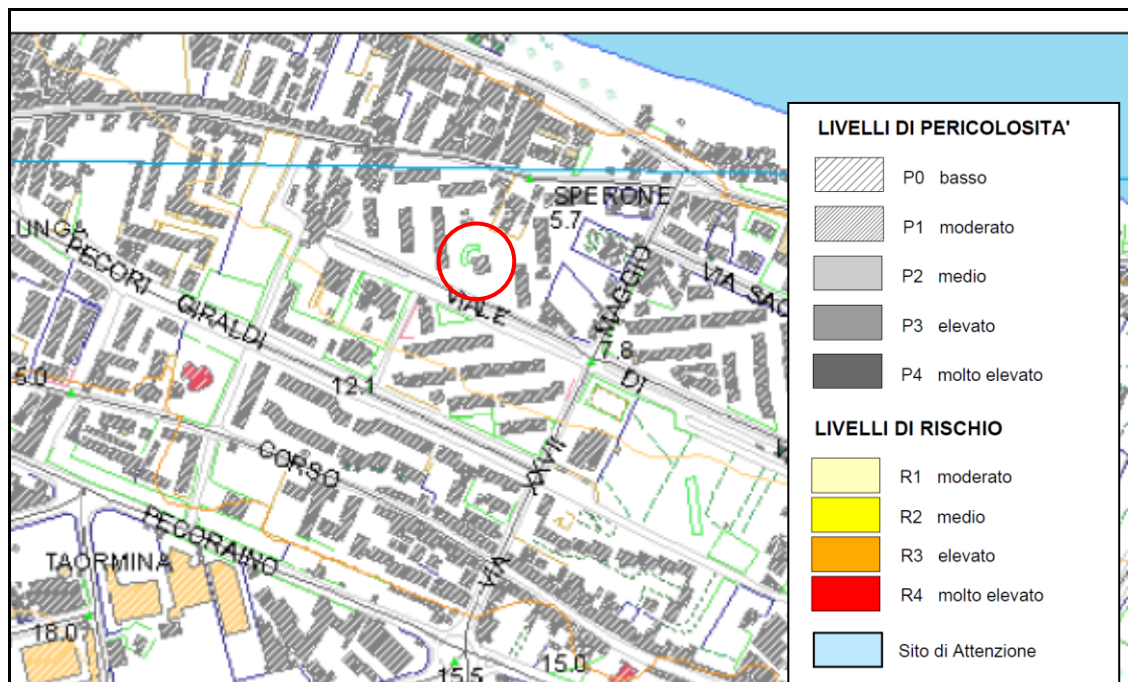


Fig. 9: stralcio della Carta delle Pericolosità e del Rischio Geomorfologico (rif. PAI - ed. 2011)

Anche gli stralci di pericolosità e di rischio idraulico di cui alle figure seguenti fanno riferimento all'aggiornamento 2011.

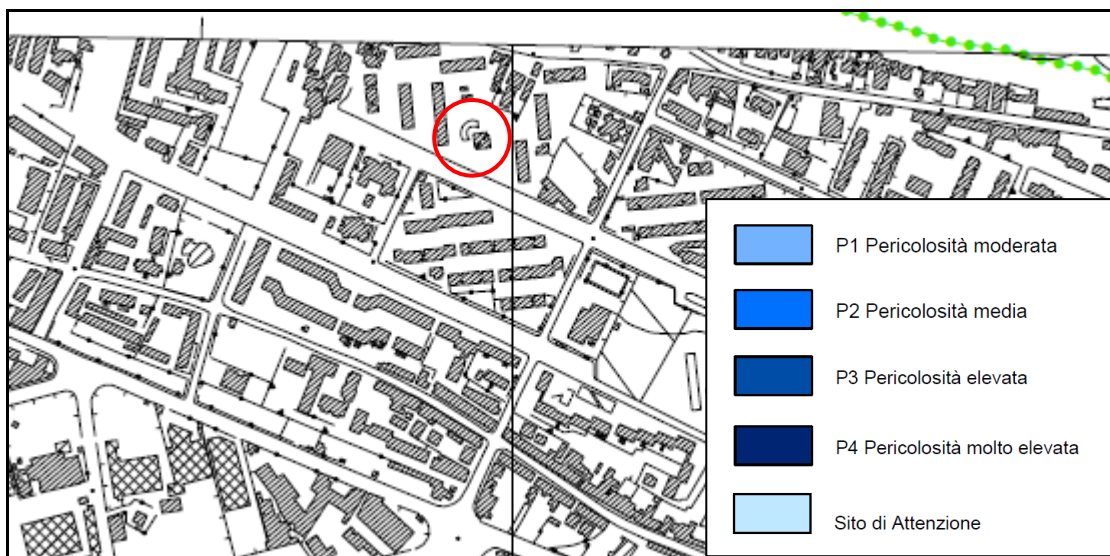


Fig. 10: stralcio della Carta della Pericolosità Idraulica e del Rischio di esondazione (rif. PAI - ed. 2011)

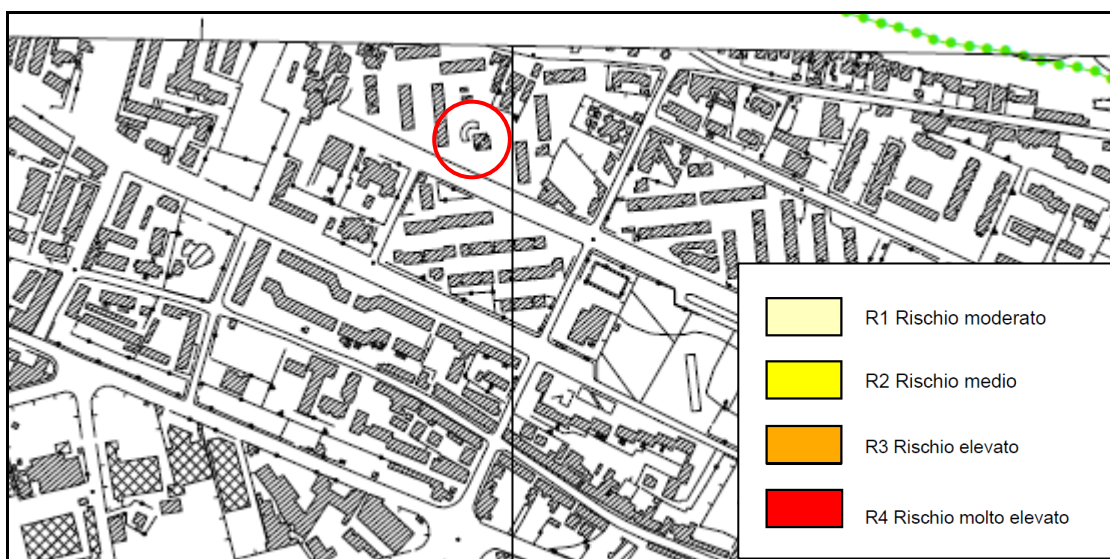


Fig. 11: stralcio della Carta del Rischio Idraulico per fenomeni di esondazione (rif. PAI - ed. 2011)

4. GEOLOGIA

4.1 *Assetto geologico generale*

Se da un lato la presenza della cortina urbana non permette l'esecuzione di un accurato rilevamento geologico di superficie, dall'altro la bibliografia tematica disponibile e l'interpolazione dei dati provenienti da precedenti esperienze di lavoro condotte in aree poco distanti dal centro sociale consentono di delineare la costituzione geologica del sito direttamente interessato dalla costruzione dell'opera di progetto, definendone le caratteristiche litologiche.

Il sottosuolo di gran parte del centro abitato di Palermo, e specificamente dell'area di progetto, è costituito da potenti banchi di arenarie di colore giallastro ad elementi bioclastici, grossolane e variamente cementate.

Si presentano in superficie leggermente alterate, con qualche patina di alterazione rossastra; laddove il cemento è assente o comunque scarso le arenarie appaiono sotto forma di sabbie ben addensate.

Gli orizzonti arenacei e sabbiosi presentano una giacitura suborizzontale, con leggera inclinazione verso la linea di costa ad Est.

L'ammasso roccioso è interessato da una modesta fratturazione, costituita da linee di frattura per lo più perpendicolari alla stratificazione, e da un modesto carsismo, rilevabile soprattutto in corrispondenza della fascia in cui avvengono le oscillazioni freatiche della falda sotterranea.

Attribuibile sotto il profilo stratigrafico al *Pleistocene*, l'intera formazione presenta uno spessore di poco superiore ai dieci metri sopra le argille terziarie sui quali essa poggia con contatto discordante.

Nel Foglio "Partinico - Mondello" della Carta Geologica d'Italia redatta da ISPRA - progetto CARG, del quale si allega di seguito uno stralcio in *Fig. 12*, la formazione è associata alle "*Calcareniti di Palermo*", riferibili appunto al *Pleistocene (Calabriano)*, parzialmente mascherate in superficie da una coltre di natura detritica. Si evidenzia che la fitta maglia a

quadretti che caratterizza la cortina urbana viene indicata nel foglio come “struttura antropica”.



Fig. 12: stralcio del Foglio CARG n. 595 “Palermo” in scala 1:50000

4.2 Campagna di indagini

Per ricostruire in modo dettagliato la locale serie stratigrafica e per definire gli spessori e le caratteristiche strutturali e giaciture delle modeste coperture e dei terreni sottostanti, si è acquisita dal Comune di Palermo la “Relazione 8894-ROPB/20_Rev.0 del 16/07/2020 (Rif. Commessa 8894-RO/20)” avente ad oggetto “Indagini geognostiche edificio sede del centro sociale – Palermo” redatto dalla ditta Experimentations s.r.l. che ha eseguito le stesse indagini.

La campagna si è articolata nell’esecuzione di:

- n. 2 sondaggi a carotaggio continuo (denominati S1 ed S2) spinti sino a m 15 di profondità, con prelievo di n. 2 campioni indisturbati (S1C1 e S2C1) e n. 4 campioni rimaneggiati (S1CR1, S1CR2, S2CR1 e S2CR2);
- n.1 sismica attiva MASW per la determinazione della categoria di terreno di fondazione;

- n. 1 basi di sismica passiva HVSR per la determinazione della frequenza fondamentale di risonanza di sito e la contestuale determinazione della categoria di terreno di fondazione.

I due sondaggi, denominati S1 ed S2, sono stati ubicati rispettivamente in prossimità del cancello di entrata principale da Viale Giuseppe Di Vittorio e nella parte posteriore in corrispondenza dell'anfiteatro.

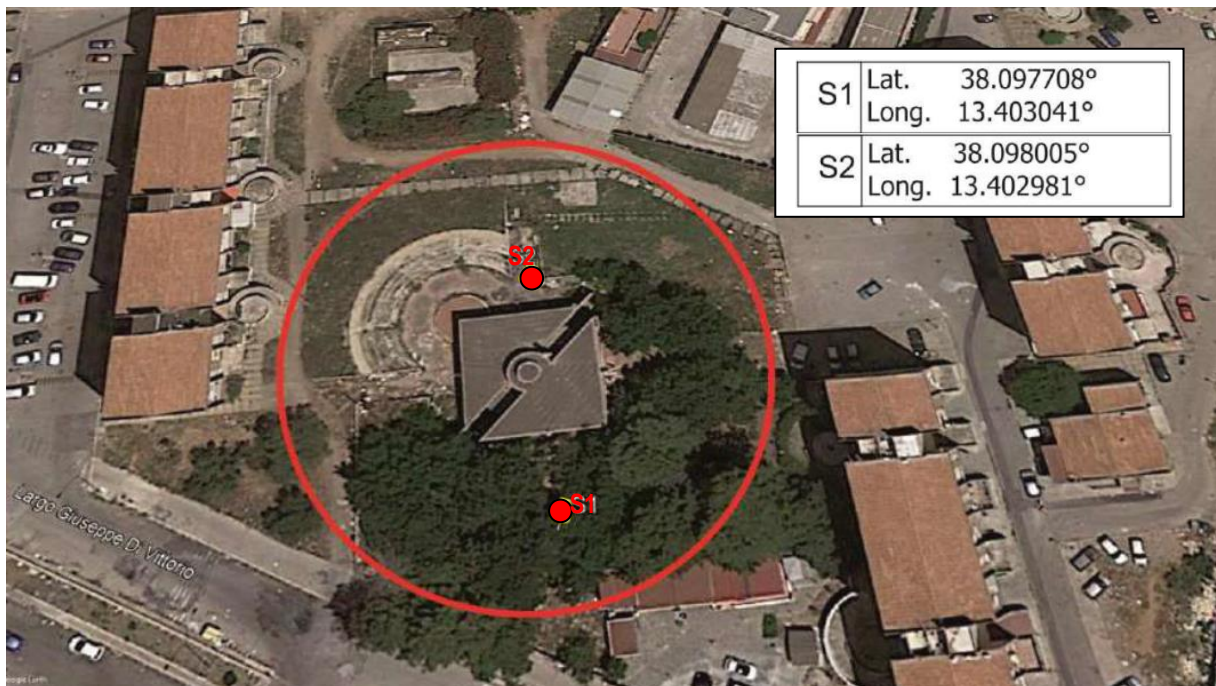


Fig. 13: planimetria con l'ubicazione dei sondaggi

I due sondaggi sono stati eseguiti con un carotiere semplice e, probabilmente, con una velocità di rotazione non adeguata, per cui la percentuale di carotaggio è risultata particolarmente bassa, come si osserva nelle fotografie contenute nella citata relazione della ditta. Le stratigrafie contenute nella stessa relazione risultano redatte sulla scorta del prodotto di materiali non adeguatamente attraversati.

Tuttavia, sulla scorta della situazione stratigrafica dell'area desumibile da altri sondaggi eseguiti in zona, e specificamente su uno eseguito in Via Pecori Giraldi, asse viario parallelo alla Via Di Vittorio e distante qualche decina di metri, i due sondaggi mettono in evidenza un primo livello di paraconglomerati in matrice sabbiosa e limosa di colore rossastro, sino a m

4,00 in S1 e m 2,80 in S2, cui segue la formazione calcarenitica strato-nodulare con livelli sabbiosi sino alla profondità di almeno m 15,00.

Sotto la calcarenite sono presenti i limi sabbiosi grigi, che non sono però stati raggiunti dai due sondaggi.



Fig. 14: posizionamento dei sondaggi S1 in alto e S2 in basso

L'intera sezione stratigrafica è ricoperta in superficie da una sottile coltre di terreni residuali a matrice limoso-sabbiosa, sempre di colore rossastro e da qualche coltre di riporto antropico, contenute comunque entro il metro di spessore complessivo.

Seppure in nessuna delle due colonne litostratigrafiche sia riportata la presenza di una falda, si può comunque affermare che la falda freatica nell'area si attesta intorno ai m 10,00 di profondità.

Pur con le considerazioni svolte circa la loro redazione, si allegano di seguito le colonne litostratigrafiche relative ai sondaggi eseguiti, contenute nella citata relazione di cantiere.

Si precisa infine che nel corso del sondaggio S1 è stato prelevato un campione indisturbato di terreno alla profondità di m 1,80 e nel corso del sondaggio S2 un altro campione alla profondità di m 0,60, sui quali sono state poi condotte alcune analisi di laboratorio.

EXPERIMENTATIONS S.r.l.

MODULO COLONNA STRATIGRAFICA

Sede Legale, Uffici e Laboratori

Via Y. Gagarin, 69 - 06073 San Mariano di Corciano - (PG) - Italy

Tel. +39 075 5170556 - Fax + 39 075 5178146 - info@experimentations.it - www.experimentations.it

Comune di Palermo	Profondità sondaggio 35,00 metri	Quota Ass. P.C.	Codificato n°	Pagina
Operatore Aereo Francesco - Aereo Filippo	Indagine Progetto di riqualificazione del Centro Sociale	Metri	Inquadratura Esecutiva	
Responsabile Geologo Filippo Di Pietra	Sondaggio S1	Type Caricaggio Doppio carotiere	Testo Strada	Quota d'uscita X Y

Prof. (m)	Logo	Descrizione	Quota	*Caricaggio R.D.D.	S.P.T. (n° colpi)	Penet. (n°) kg/cm²	Vor. (n°) kg/cm²	Compens.	Penet. per foratura	Penet. per foratura	Penet. per foratura	Penet. per foratura	Penet. per foratura	Penet. per foratura	Penet. per foratura	Penet. per foratura	Penet. per foratura	Penet. per foratura
0,15	[Pattern]	Blocco prefabbricato in cemento. Terreno di riporto costituito da ghiaia polidimensionale di natura calcarea in matrice sabbiosa di colore bruciato.	0,15															
1,00	[Pattern]	Sabbia limosa debolmente argillosa di colore grigiomarrone con presenza di sostanza organica, limosa e mediamente arenata.	1,00															
2,40	[Pattern]	Sabbia debolmente limosa di colore rossastro con alcuni elementi litici polidimensionali di natura calcarea. Limosa e sciolta.	2,40						1,20	2,20								
4,00	[Pattern]	ghiaia polidimensionale con sabbia di colore beige.	4,00						5,00	5,20								
5,80	[Pattern]	Afferenza di sabbie a basso recupero e livelli calcareo-argillosi debolmente cementati di colore crema.	5,80						5,40	5,80								
10,00	[Pattern]	Sabbia di colore giallastro a basso recupero. Limosa e sciolta.	10,00															
15,00	[Pattern]		15,00															

Compen: S-Piedi Sella, O-Giacobini, M-Maso, P-Romangolo, P-Romangolo de SP T
 Penetrometro: AFA-Tubo Aperta, CSD-Couplande
 Profiloni: CD-Castore Simplex, CD-Castore Duplex, E-Obliquo Continuo
 Sottolucarne: PP-Rovescimento Piccolino, PP-Fanghi Rotante
 Probe SP T: PA-Punta Aperta, POF-Punta Chiusa
 Caricaggio: Doppio carotiere

IL GELOGO

LA DITTA ESECUTRICE

Fig. 15: stratigrafia del sondaggio S1

Sede Legale, Uffici e Laboratori
Via Y. Gagarin, 69 - 06073 San Mariano di Corciano - (PG) - Italy
Tel. +39 075 5170556 - Fax +39 075 5178146 - info@experimentations.it - www.experimentations.it

Comune di Palermo	Profondità uguale 35.00 metri	Quota Ass. P.C.	Coltivazione n°	Foglio
Opuscolo Azero Francesco - Azero Filippo	Indagine Progetto di riurbanizzazione del Centro Sotile	Nelci	Inviato/Pres. Esaminato	
Responsabile: Geologo Filippo Di Pietra	Sondaggio S2	tipo Caricaggio Doppio carotiere	tipo Sonda	Clas. Ordiz. X/T

Profondità (m)	Caricaggio	Descrizione	Quota	Caricaggio R.O.D.	S.P.F. (n°Campi)	Presidi con loggione	Venti con loggione	Campani	Presidi Riduzione	Presidi Stabilizz.	Presidi Cassa	Presidi Pulido	Presidi Alc. p. ac.	Presidi Alc. p. ac.	Presidi Pulido (P) e Indennità (I)
0.00		Blocco prefabbricato in cemento (1 cm) seguito da terreno al riparo costituito da ghiaia polimerizzata di natura calcarea in matrice sabbiosa di colore bruciato	0.60					0.60							
1.00		Sabbia limosa debolmente argillosa di colore marrone scuro passante a livelli più assensati tra quota -1.40 e -2.00 metri.	1.00					1.00							
2.00		Sabbia debolmente limosa di colore rossastro con inclusi elementi fini polimerizzati di natura calcarea. Umida e sciolta.	2.20					2.20							
3.00		Trovante calcarenitico	3.00					3.00							
4.00		Alternanza di sabbie a basso recupero e livelli calcarenitici da quota -7.70 a -8.00 centimetri debolmente cementati di colore crema.	4.00					4.00							
5.00	5.00														
6.00		Sabbie di colore giallastro a basso recupero. Umida e sciolta	6.00					6.00							
7.00	7.00														
8.00		Sabbie di colore giallastro a basso recupero. Umida e sciolta	8.00					8.00							
9.00	9.00														
10.00		Sabbie di colore giallastro a basso recupero. Umida e sciolta	10.00					10.00							
11.00	11.00														
12.00		Sabbie di colore giallastro a basso recupero. Umida e sciolta	12.00					12.00							
13.00	13.00														
14.00		Sabbie di colore giallastro a basso recupero. Umida e sciolta	14.00					14.00							
15.00	15.00														
16.00		Sabbie di colore giallastro a basso recupero. Umida e sciolta	16.00					16.00							
17.00	17.00														
18.00		Sabbie di colore giallastro a basso recupero. Umida e sciolta	18.00					18.00							
19.00	19.00														
20.00		Sabbie di colore giallastro a basso recupero. Umida e sciolta	20.00					20.00							
21.00	21.00														
22.00		Sabbie di colore giallastro a basso recupero. Umida e sciolta	22.00					22.00							
23.00	23.00														
24.00		Sabbie di colore giallastro a basso recupero. Umida e sciolta	24.00					24.00							
25.00	25.00														
26.00		Sabbie di colore giallastro a basso recupero. Umida e sciolta	26.00					26.00							
27.00	27.00														
28.00		Sabbie di colore giallastro a basso recupero. Umida e sciolta	28.00					28.00							
29.00	29.00														
30.00		Sabbie di colore giallastro a basso recupero. Umida e sciolta	30.00					30.00							
31.00	31.00														
32.00		Sabbie di colore giallastro a basso recupero. Umida e sciolta	32.00					32.00							
33.00	33.00														
34.00		Sabbie di colore giallastro a basso recupero. Umida e sciolta	34.00					34.00							
35.00	35.00														

Comune: SP-Palermo Agorà, CO-Carotiere, PP-Palermo, R-Romanopoli, P-Palermo, P-Palermo di SP
 Piacenza: AFA-Atto Agorà, CO-Carotiere
 Piacenza: CO-Carotiere, CO-Carotiere Doppio, CO-Carotiere
 Sabbie: SP-Palermo Agorà, PP-Palermo, PP-Palermo
 Piacenza: SP-Palermo Agorà, PP-Palermo
 Carotiere: CO-Carotiere

IL GEOLOGO

LADITTA ESECUTRICE

Fig. 16: stratigrafia del sondaggio S2

4.3 Indagine geofisica

L'approfondimento delle conoscenze geologiche in chiave geofisica è volto soprattutto alla individuazione di eventuali zone a più elevata pericolosità sismica di base, attività necessaria alla prevenzione ed alla mitigazione degli effetti di un terremoto. In questa ottica è fondamentale conoscere le condizioni geologiche dei litotipi superficiali, che concorrono a modificare la risposta sismica locale.

E' stata quindi condotta dalla Experimentations per conto del Comune di Palermo una indagine sismica sia di tipo attivo multicanale MASW, denominata *M1*, sia di tipo passivo HVSR di microtremore ambientale, denominata HV1.



Fig. 17: ubicazione delle indagini sismiche (stralciata da relazione di cantiere)

Tralasciando i dettagli della strumentazione utilizzata, per i quali si rimanda alla relazione di cantiere contenuta in calce alla presente, l'analisi congiunta HVSR/MASW consente di ottenere un modello sismico più affidabile, poiché con questa combinazione il modello del profilo verticale della V_s risulta vincolato in superficie dalla dispersione energetica delle onde superficiali, ottenuta mediante indagine MASW con onde di Rayleigh (alte frequenze), in profondità dal rapporto spettrale delle componenti orizzontali e verticali dei microtremori, ottenuto mediante indagine HVSR (basse frequenze).

Tramite apposito software è stato possibile generare migliaia di modelli d'inversione matematici. Ne è derivato un modello sismico a più strati:

- il primo sismostrato dallo spessore limitato, mostra velocità di propagazione delle onde di taglio basse, pari a 114,4 m/s, trattasi di terreno vegetale o materiale di riporto sciolto.
- nel secondo sismostrato, avente spessore calcolato di 2,6 metri, si registrano velocità delle onde di taglio pari a 485,2 m/s. Tali valori riconducono alla porzione sommitale dei paraconglomerati;
- nel terzo e nel quarto sismostrato, si registrano valori di V_s crescenti, che variano da 518,2 – 526,6m/s, che riconducono alle calcareniti della Piana di Palermo, i cui valori di V_s , crescendo con la profondità, testimoniano un reciproco miglioramento delle proprietà geotecniche del materiale.

Come si vedrà più avanti, queste velocità sismiche permettono infine di collocare i terreni presenti nel lotto di progetto nella tipologia “B” di cui alla Tab. 3.2.II (par. 3.2) del D.M. 17 gennaio 2017, assimilabile a *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati, con spessori superiori a 30 m*, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del $V_{s,eq}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

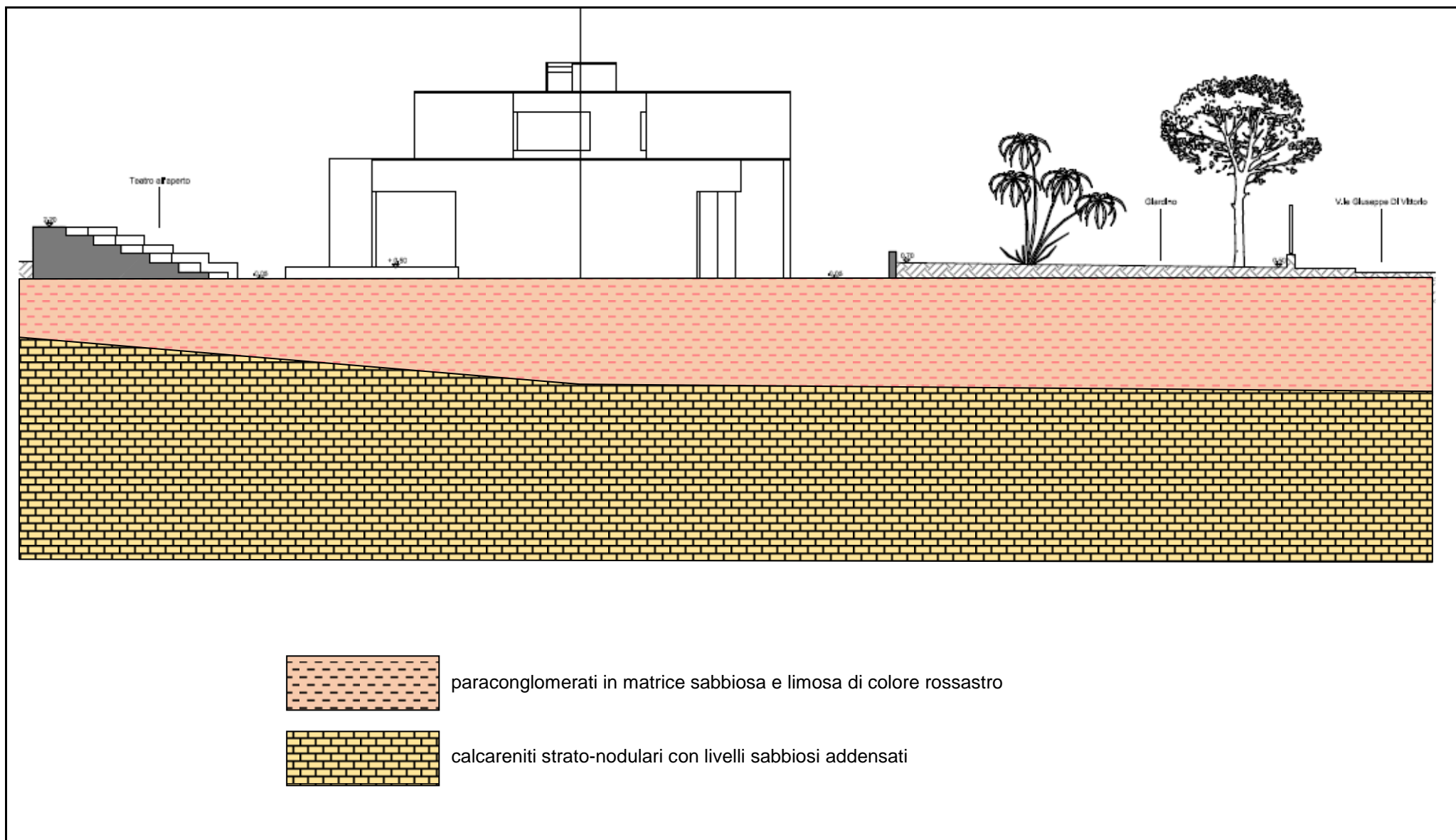


Fig. 18: sezione geologica generale in scala 1:200

5. CARATTERI IDROGEOLOGICI

Dal punto di vista idrogeologico le sabbie e le arenarie bioclastiche quaternarie, affioranti in maniera diffusa nell'area di progetto, presentano le caratteristiche strutturali dei terreni permeabili per porosità, con riferimento alla frazione sabbiosa, e per porosità e fratturazione, con riferimento alla frazione rocciosa calcarenitica, nonostante in questo caso il cemento calcareo che lega i clasti sabbiosi tenda a ridurre il volume dei vuoti. Le linee di frattura, ad opera degli sforzi tettonici, rendono estremamente permeabile la compagine rocciosa, rappresentando le stesse delle vie preferenziali di infiltrazione e scorrimento delle acque.

Si tratta in pratica di terreni nei quali, nelle condizioni naturali di pressione, le acque sotterranee possono spostarsi, seppur lentamente, nei meati sufficientemente ampi o più facilmente lungo le fratture della roccia, sino a raggiungere i limi argillosi grigi a circa 15 metri di profondità. Nell'area di progetto è notevole l'aliquota d'acqua presente nel sottosuolo, che va ad alimentare un'estesa falda freatica, che caratterizza gran parte del sottosuolo.

Le sabbie e le calcareniti vanno quindi considerate come un serbatoio naturale d'acqua, all'interno del quale è possibile differenziare una zona inferiore sede della falda freatica (zona di saturazione) da una zona superiore a circolazione libera (zona di aerazione).

Per l'assetto idrogeologico evidenziato, si rileva una estesa falda freatica ad una decina di metri di profondità, con oscillazioni piezometriche massime dell'ordine di qualche metro; presenze idriche, largamente influenzate dalle variazioni meteorologiche stagionali, possono invece rinvenirsi a varie altezze in seno alla successione calcarenitica, all'interno dei livelli sabbiosi: si tratta tuttavia di presenze molto esigue, il cui relativo livello piezometrico non si approssima mai alle quote topografiche.

Di queste considerazioni di natura idrogeologica occorre tenere conto nell'ottica dell'isolamento idraulico della struttura, non tanto in funzione della presenza della falda freatica a circa 10 metri di profondità, quanto nella considerazione che le caratteristiche di permeabilità e di porosità della roccia sabbiosa e arenacea, sopra la quale è poggiato l'apparato di fondazione del corpo edilizio di progetto, consentono di trattenere discreti quantitativi d'acqua capillare.

6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per una caratterizzazione più dettagliata delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni presenti si fa riferimento ai risultati delle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati nell'ambito della campagna geognostica eseguita dalla ditta Experimentations s.r.l. per conto del Comune di Palermo, che ha messo a disposizione del RTP i relativi risultati.

Le prove geotecniche sono state eseguite dal laboratorio della stessa ditta, autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001.

Seppure limitate a solo due campioni, i risultati delle prove e delle analisi geotecniche hanno reso possibile delineare il comportamento geomeccanico dell'unica unità litologica direttamente interagente con le fondazioni dell'edificio di progetto, ovvero lo strato superficiale di paraconglomerati che maschera le calcareniti sottostanti.

I paraconglomerati rappresentano di fatto il volume geotecnico significativo, sul quale è impostata la struttura di progetto.

Durante la campagna di indagini sono stati prelevati 2 campioni, uno nel corso del sondaggio S1, alla profondità di m 1,80 – 2,20, l'altro nel corso del sondaggio S2, alla profondità di m 0,60 – 1,00.

Per il grado di consistenza dell'orizzonte litologico attraversato e soprattutto per la presenza dei ciottoli calcarei al suo interno, si presume che non sia stato possibile procedere al prelievo di campioni effettivamente indisturbati, ma si sia ricorso a forme di prelievo inevitabilmente più invasive, che avranno in parte disturbato l'assetto dei granuli.

6.1 Descrizione litologica e granulometrica

Lo strato superficiale di paraconglomerati di colore rossastro si presenta sotto forma di deposito privo di stratificazione, di spessore compreso tra m 2,00 e m 3,00 circa.

Per entrambi i campioni prelevati all'interno dei due fori di sondaggio si procede a una descrizione di ordine granulometrico basata sui certificati del laboratorio geotecnico.

campione (sigla)	profondità (m)	descrizione granulometrica
S1c1	1,80 – 2,00	Sabbia con ghiaia
S2c2	0,60 – 1,00	Sabbia con ghiaia

6.2 Caratteristiche indici

Oltre a fornire la descrizione in termini granulometrici, sui due campioni è stato determinato il peso di volume γ , il peso di volume secco γ_d e misurato il grado di umidità u .

I valori misurati sono riassunti nella tabella seguente:

campione (sigla)	profondità (m)	γ (kN/mc)	γ_d (kN/mc)	u (%)
S1c1	1,80 – 2,00	19,8	16,5	19,7
S2c2	0,60 – 1,00	19,3	17,8	8,8

6.3 Resistenza al taglio

Su ciascuno dei campioni S1c1 e S2c2 è stata eseguita, mediante scatola di Casagrande, una prova di taglio diretto in condizioni consolidate-drenate (prova tipo CD), attraverso cui si sono ricavati i parametri di resistenza al taglio dei terreni (C' e φ'):

campione (sigla)	profondità (m)	angolo d'attrito φ'	Coesione C' (kPa)
S1c1	1,80 – 2,00	27°	10,00
S2c2	0,60 – 1,00	35,3°	5,70

Sulla base di questi risultati, nelle verifiche di ordine geotecnico e strutturale, in termini di assoluta cautela, si potrà assumere la seguente parametrizzazione:

$$\varphi' = 30^\circ; \quad C' = 5,00 \text{ kPa}; \quad \gamma = 19 \text{ kN/mc}$$

7. MODELLO SISMICO

7.1 *Storia sismica dell'area*

Con pericolosità sismica si intende lo scuotimento del suolo atteso in un sito a causa di un terremoto. Essendo prevalentemente un'analisi di tipo probabilistico, si può definire tale scuotimento con una certa probabilità di accadimento nel prossimo futuro (in genere nei prossimi 30 o 50 anni).

Dopo il terremoto del Molise del 2002, in Italia è stato avviato un percorso per la stima della pericolosità sismica secondo dati aggiornati e metodi condivisi a livello internazionale. Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) n. 3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" (G.U. del 08/05/2003 n. 108) sono state definite per la prima volta le procedure da seguire, il tipo di prodotti e l'utilizzo dei risultati per politiche di prevenzione. La valutazione del rischio sismico in aree estese viene definito mediante la "macrozonazione" sismica, ossia individuando le aree che possono essere soggette in un dato intervallo di tempo a un terremoto di una certa intensità.

Il Rapporto Conclusivo del marzo 2004 relativo alla redazione della mappa di Pericolosità sismica (OPCM 3274/2003) ha definito le 36 aree sismogenetiche dell'intero territorio italiano (ZS9), comprendendo quindi la zonizzazione sismogenetica della Sicilia. Condotti tramite analisi cinematica degli elementi geologici cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale, questi studi hanno individuato anche una Zona Sorgente (ZS) 933 che interessa la fascia costiera settentrionale della Sicilia e comprende la città di Palermo, il cui meccanismo di fagliazione prevalente è di tipo inverso (compressivo).

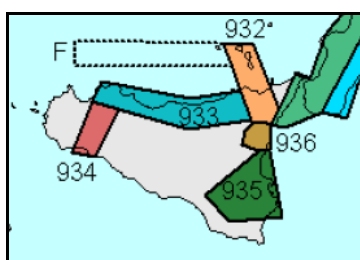


Fig. 19 – aree sismogenetiche siciliane di cui alla zonizzazione Z69

Nella figura seguente (*Fig. 20*) la zonazione sismogenetica ZS9 (a sinistra) è stata messa a confronto con la sismicità di cui al catalogo CPTI2 (a destra), ossia con la mappa della sismicità maggiore e dei meccanismi focali per il periodo 1983-2002. Gli epicentri blu e rossi si riferiscono a terremoti con profondità, rispettivamente minore e maggiore di 30 km.

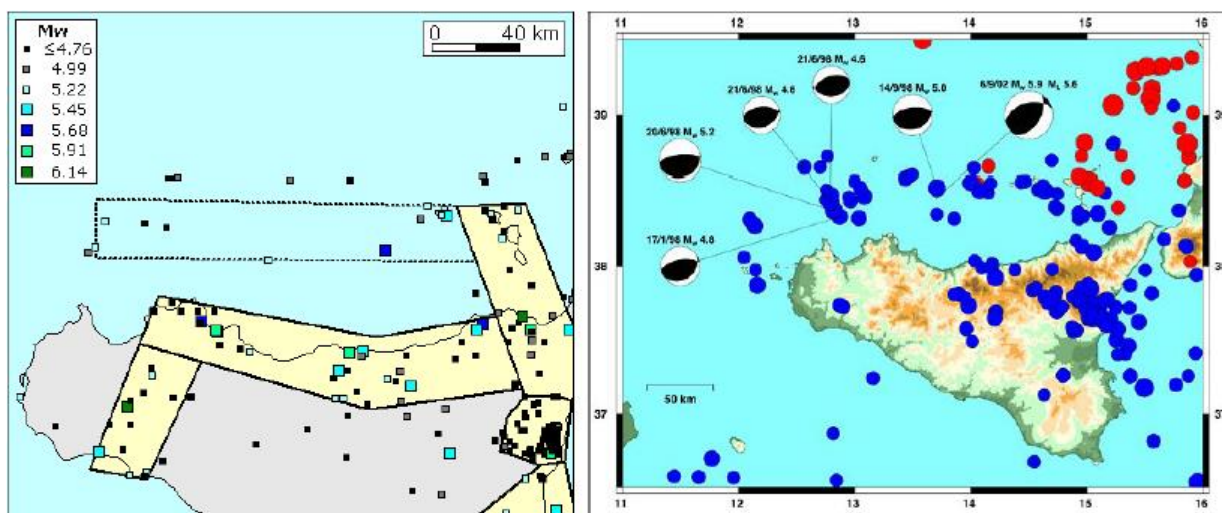


Fig. 20 – Confronto tra la ZS9 (sx) e la mappa di sismicità del catalogo CPTI2 (tratta dal Rapporto conclusivo del marzo 2004)

La citata Ordinanza 3274/2003 ha anche dettato i principi generali sulla base dei quali le Regioni, cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio, hanno poi compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale, ad ognuna delle quali viene attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione in termini di accelerazione massima su roccia.

Con questo provvedimento tutto il territorio nazionale è stato considerato sismico e i territori che nella vecchia classificazione rientravano tra i "non classificato" sono diventati Zona 4, che è una zona in cui è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.

La Regione Siciliana ha recepito e attuato l'Ordinanza con Delibera della Giunta Regionale n. 408 del 19/12/2003 e decreto del Dirigente Generale del Dipartimento Regionale della Protezione Civile del 15/01/2004 (pubblicato su GURS n. 7 del 13/02/2004), classificando dal punto di vista sismico il territorio regionale così come riportato nella Fig. 21.

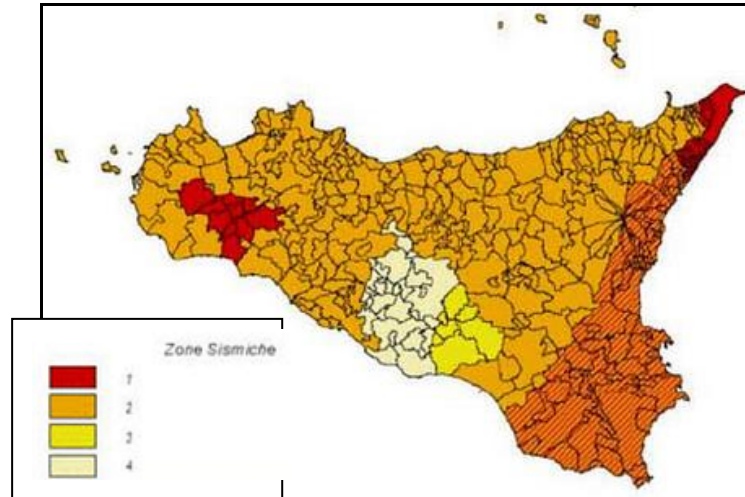


Fig. 21 – classificazione sismica del territorio siciliano

La città di Palermo è caratterizzata da una pericolosità sismica medio-bassa, non certo comparabile con l'area della Sicilia orientale, che è invece una delle più sismiche d'Italia. E' stata interessata da numerosi terremoti di intensità generalmente non molto elevata, se si eccettuano l'evento del 1726, per il quale sono riportati effetti dell'VIII-IX grado MCS e quello del 1823 (terremoto di Naso con risentimenti dell'VIII grado a Palermo). Per il primo evento il catalogo storico CPTI11 riporta una magnitudo stimata pari a circa 5.6, mentre per il secondo si stima una magnitudo pari a 6.5.

Oltre ai terremoti che avvengono nel Mar Tirreno a Nord della Sicilia, l'area di Palermo risente dei fortissimi terremoti che avvengono nel Sud-Est dell'isola: nel devastante terremoto della Val di Noto del gennaio 1693 (magnitudo 7.3) si verificò in città un risentimento sismico del VII grado.

Un altro evento sismico che creò danni e apprensione è stato quello del 15 gennaio 1940, ma ancor di più quello verificatosi nell'area del Belice nel 1968, che fece registrare a Palermo un'intensità del VI grado MCS.

Nella storia recente un terremoto che ha causato danni nell'area di Palermo è stato infine quello del 6 settembre 2002, alle 03:21: il sisma, localizzato circa 50 km a Nord-Est della città di Palermo, con epicentro in mare e ipocentro intorno ai 20 km di profondità, ebbe magnitudo Richter 5.6.

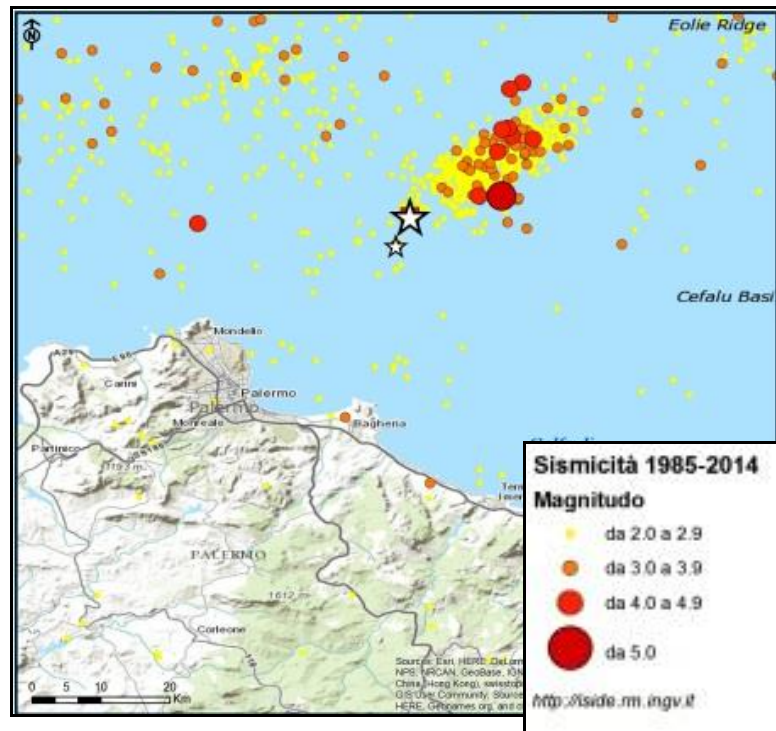


Fig. 22: terremoti nell'area palermitana

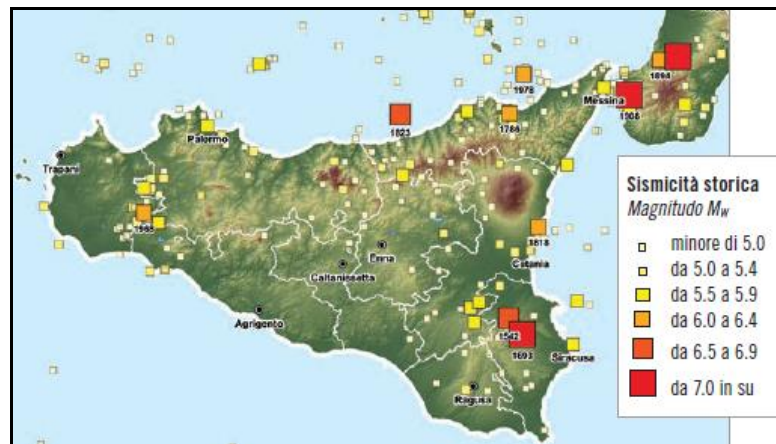


Fig. 23 – distribuzione della sismicità storica del territorio siciliano (tratta da CPTI2)

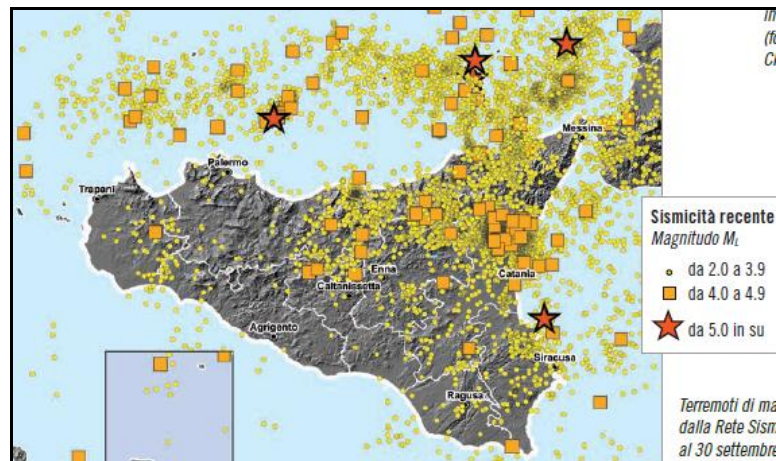


Fig. 24 – distribuzione dei terremoti con $M > 2$ registrati dalla Rete Sismica Nazionale dal 1981 al 30 settembre 2013 (tratta da CSI – Bollettino sismico)

Nel 2004 è stata rilasciata una nuova mappa di pericolosità sismica (MPS04, <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>) che fornisce un quadro delle aree più pericolose in Italia. I valori massimi delle accelerazioni orizzontali (PGA, un parametro usato nella progettazione degli edifici) sono riferiti a un ipotetico suolo omogeneo con buone caratteristiche per le fondazioni. L'OPCM n. 3519/2006 ha reso tale mappa uno strumento ufficiale di riferimento per il territorio nazionale.

Lo studio di pericolosità allegato a quest'ultima OPCM ha poi fornito uno strumento aggiornato per la classificazione del territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (a_g) da attribuire alle 4 zone sismiche, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni.

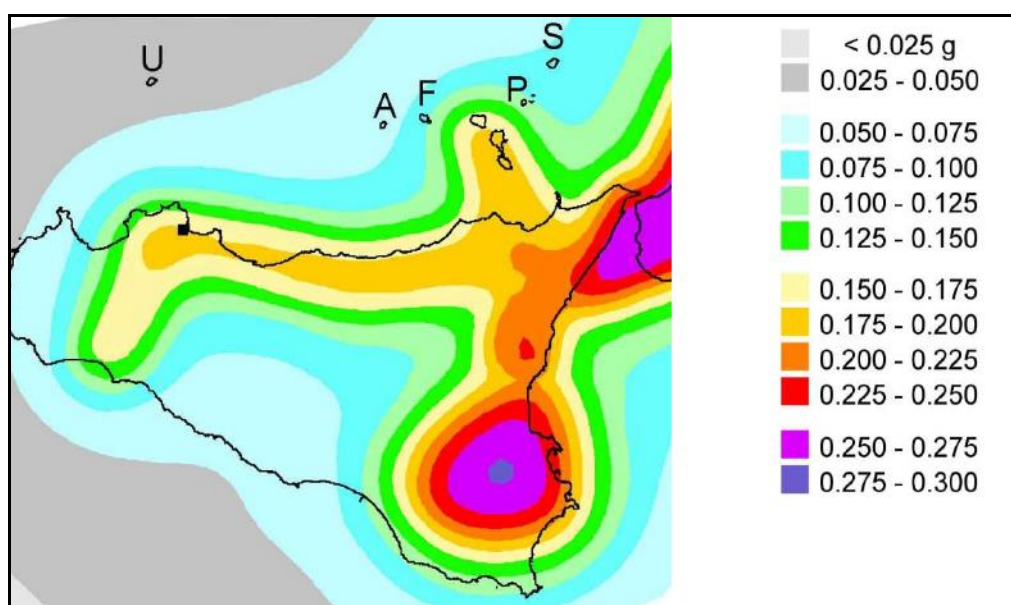


Fig. 25 – carta della pericolosità sismica della Sicilia

Zona sismica	Descrizione	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g/g]
1	È la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti	0,35
2	Nei Comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti	0,25
3	I Comuni inseriti in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti	0,15
4	È la zona meno pericolosa	0,05

La mappa della pericolosità sismica rappresenta in definitiva la stima dello scuotimento del suolo previsto in un sito durante un certo intervallo di tempo, per una determinata probabilità

di eccedenza, a seguito di un terremoto. Poiché ogni terreno risponde diversamente all'attraversamento da parte delle onde sismiche, un fattore importantissimo alla base della classificazione sismica è l'accelerazione orizzontale massima (PGA, *Peak Ground Acceleration*), ovvero il picco di accelerazione del suolo che, per definizione, è l'accelerazione subita dal terreno su un suolo rigido e pianeggiante che ha una probabilità del 10%, per stato limite della salvaguardia della vita SLV, di essere superata in 50 anni (vita nominale per le opere residenziali). Per altre opere di grandi affollamento e strategiche la probabilità di superamento è invece maggiore del 10%, quindi aumenta la possibilità che si verifichi un evento sismico con valore di accelerazione massima PGA superiore ad un certo valore.

Diverse aree del territorio regionale sono caratterizzate da valori probabilistici di accelerazione massima attesa elevati, tanto da farne una delle regioni italiane a maggiore pericolosità sismica, in particolare per quel che riguarda la sua porzione orientale. In ogni caso le aree per le quali i valori sono superiori a 0.15 g sono molto estese e questi valori di scuotimento giustificano l'assegnazione di gran parte del territorio regionale in zona 2 (alta pericolosità), ove è compresa la città di Palermo, soggetta ad "*eventi forti e mediamente poco frequenti o terremoti moderati ma frequenti*".

Prima nel 2008, poi nel 2018 sono state aggiornate le Norme Tecniche per le Costruzioni, che prevedono che per ogni luogo del territorio nazionale l'azione sismica da considerare nella progettazione si debba basare sulla stima di pericolosità macrosismica, opportunamente corretta per tenere conto delle effettive caratteristiche del suolo a livello locale.

7.2 Definizione della pericolosità sismica di base

Con le NTC 2018 la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s_{eq}} > 800$ m/s), viene definita mediante un approccio che sia necessariamente "sito specifico".

Definite le coordinate del sito di progetto, questo sarà compreso tra 4 punti della griglia di accelerazioni (Allegato B delle NTC 2018), tramite media pesata utilizzando la formula:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{P_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

in cui:

p = valore del parametro di interesse nel punto in esame;

p_i = valore del parametro di interesse nell' i -esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;

d_i = distanza del punto in esame dall' i -esimo punto della maglia suddetta.

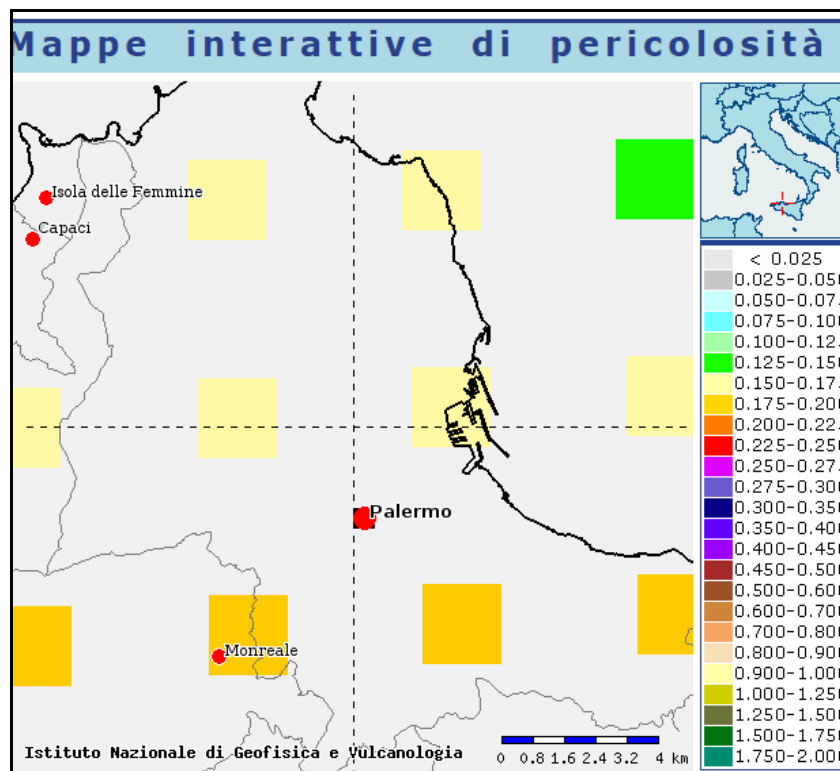


Fig. 26: mappa della pericolosità sismica dell'area palermitana (fonte INGV)

Si otterranno così i parametri spettrali P (a_g , F_0 , T^*c):

- a_g = accelerazione massima orizzontale attesa sul sito rigido specifico di interesse
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione nello spettro in accelerazione con componente orizzontale

- T^*c = periodo di inizio del tratto a velocità costante nello spettro in accelerazione orizzontale

Tali parametri, descrivono i caratteri del moto sismico orizzontale sul sito di riferimento rigido le cui grandezze, definiscono le forme spettrali relative alla particolare PV_R .

Nel caso specifico, sulla base delle valutazioni effettuate, i terreni di fondazione dell'edificio scolastico di progetto sono ascrivibili, come si vedrà nel dettaglio al paragrafo *8.4 Azione sismica di progetto*, alla categoria di terreno "B".

7.3 Fattore di amplificazione topografica

La morfologia superficiale riveste un'importanza determinante sull'amplificazione sismica di sito, come dimostrano i rilevanti danni strutturali rilevati in corrispondenza di elementi morfologici come i rilievi, le scarpate o i canyon.

L'intera area sulla quale sorge il centro sociale è caratterizzata da una morfologia praticamente pianeggiante, alla quale può essere assegnata la categoria topografica T1 *Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$* .

A questa categoria topografica corrisponde un coefficiente topografico S_T pari a 1,00.

7.4 Azione sismica di progetto

Per il cui dimensionamento strutturale delle opere previste si impongono, ai sensi della vigente normativa sulle costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018, gli incrementi dovuti al sisma e dunque la definizione dell'azione sismica di progetto.

Sempre con riferimento alla normativa sulle costruzioni, si è individuata la categoria del profilo stratigrafico del terreno presente sulla verticale delle fondazioni dell'edificio, tra le cinque previste all'art. 3.2.2 dello stesso decreto.

CLASSIFICAZIONE DEL TIPO DI SUOLO SECONDO LE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI
(D.M. 17-01-2018):
Categorie di Suolo - Descrizione geotecnica $V_{s,eq}$ (m/s) §3.2.2

Categoria	Descrizione
A	<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	<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>
C	<i>Depositi 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>
D	<i>Depositi 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>
E	<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>

Il valore di $V_{s,eq}$ è la velocità equivalente delle onde di taglio e viene calcolata dalla seguente espressione:

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

dove h_i e V_i indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde S di taglio dello strato *iesimo*, per un totale di N strati presenti nei 30 metri sotto il piano di imposta delle fondazioni superficiali.

Per definire questo parametro velocimetrico in maniera sperimentale ci si è avvalsi di una indagine sismica di tipo attivo multicanale MASW, denominata *M1*, e di tipo passivo HVSR di microtremore ambientale, denominata *HV1*.

Il valore di $V_{s,eq}$ ottenuto è di **436,1 m/sec**, che individua un sottosuolo che afferisce alla tipologia “*B*” di cui alle Tabb. 3.2.II e 3.2.III del D.M. 17.01.2018 (par. 3.2, assimilabile a “*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*”).

8. INDICAZIONI PROGETTUALI

La condizione di sostanziale equilibrio geomorfologico che caratterizza l'area in esame, insieme alla considerazione circa l'assenza di deficienze accertate del sistema *fondazioni-terreno*, consente di operare con discreta tranquillità nei confronti del recupero funzionale dell'edificio di progetto.

L'assenza di un quadro fessurativo porta infatti ad escludere palesi carenze nei confronti delle interazioni con i terreni di fondazione: l'edificio appare caratterizzato, almeno per quanto concerne l'indagine visiva, da buone condizioni statiche.

L'orizzonte sul quale è impostato il suo apparato fondale è costituito d'altronde da materiali sabbiosi e ghiaiosi (conglomeratici) che, seppure granulometricamente eterogenei, appaiono addensati quale effetto delle pressioni geostatiche e dei progressivi processi di consolidazione.

Seppure le condizioni geologiche consentano di operare con discreta tranquillità nei confronti degli interventi di ristrutturazione dell'immobile, per quanto di competenza dello scrivente, si indicano alcuni semplici interventi volti soprattutto a garantire nel tempo la staticità della struttura.

In fase di esecuzione dei lavori progettuali sarà opportuno mettere a nudo le fondazioni dell'edificio, asportando l'attuale pavimentazione del piano terra, in modo da verificare la presenza di eventuali locali disomogeneità nelle stesse fondazioni o carenze nel loro stato di conservazione. In tal caso si dovrà procedere al miglioramento statico di questi tratti, in modo da rendere la fondazione monolitica, consentendole l'aumento delle normali funzioni portanti.

Considerato che la ristrutturazione dell'immobile non dovrebbe comportare un aumento dei carichi indotti in fondazione (non sono previste infatti rilevanti modifiche strutturali) è improbabile che si renda necessario anche un allargamento della base di appoggio della stessa fondazione.

Qualora il progettista delle strutture reputi necessario procedere ad approfondire il piano di posa, l'intervento dovrà consentire di arrivare ad orizzonti dotati di migliori caratteristiche

geomeccaniche; lo scavo per la realizzazione di un eventuale intervento di sottofondazione dovrà procedere per tratti di lunghezza limitata, in modo da non arrecare disturbo alla statica dell'immobile: si consiglia di utilizzare possibilmente mattoni pieni, che fungano da collegamento tra le murature e la sottostante formazione in posto.

La presenza di piccole percentuali di materiali fini all'interno dell'orizzonte dei paraconglomerati non consente di escludere a priori la possibilità che si instaurino locali fasce di umidità: si impone pertanto la realizzazione di un buon isolamento idraulico sotto le pavimentazioni di piano terra, attraverso uno spesso vespaio di inerti a spigoli vivi (ghiaietto).

9. CONCLUSIONI

Lo studio, svolto sulla scorta della normativa tecnica vigente, ha permesso di inquadrare le problematiche di ordine geologico-tecnico connesse con i lavori di rifunzionalizzazione del centro sociale in Via Di Vittorio allo Sperone.

I dati acquisiti nel corso delle ricognizioni sui luoghi ed attraverso una ricerca bibliografica di carattere tematico, unitamente a quelli desunti dalla campagna di indagini geognostiche, seppure con le limitazioni di cui si è detto, hanno portato alla definizione del modello geologico, verificando contestualmente la compatibilità geologica degli interventi di progetto.

Non sono stati rilevati elementi morfodinamici attivi, né tantomeno elementi che possono indurre a diagnosticare l'esistenza di fenomeni gravitativi in atto o potenziali: anche dall'esame sommario delle costruzioni esistenti nell'intorno dell'immobile in questione, non sono stati rilevati elementi che possono indurre ad identificare fenomeni di instabilità locale e/o globale

In questa direzione è certamente possibile affermare che i lavori previsti, in assenza di scavi e di significativi aumenti dello stato tensionale sui terreni, non apporteranno turbative agli attuali assetti geomorfologico idrogeologico.

Per quanto di competenza dello scrivente si sono prescritti tuttavia alcuni semplici interventi di ordine geologico, da realizzare in sede di esecuzione dei lavori, tendenti a garantire la generale stabilità della struttura e a mantenere l'equilibrio geomorfologico e l'assetto idrogeologico dell'intera area e dei terreni ad essa circostanti.

Si resta a disposizione della Direzione dei Lavori e della committenza per fornire un'eventuale assistenza tecnica per le problematiche di carattere geologico che si andranno ad affrontare in fase di esecuzione degli interventi

Palermo, 24 settembre 2020

**Gian Vito Graziano**
Geologo




Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (art. 59 del D.P.R. 380/2001) settori:

- Materiali da costruzione – Settore A - (Legge n. 1086/71) Decreto n. 38194 del 14/01/1994 e successivi

- Terre e Rocce – Settori A e B - Decreto n. 54349 del 16/02/2006 e successivi

Organismo di Ispezione, Certificazione e Prova settore:

- Prodotti da costruzione ai sensi del Regolamento (UE) n. 305/2011 - Notifica n. 1676



RELAZIONE 8894-ROPB/20_Rev.0 DEL 16/07/2020

(Rif. Commessa 8894-RO/20)

OGGETTO: INDAGINI GEOGNOSTICHE
EDIFICIO SEDE DEL “CENTRO SOCIALE”
PALERMO

EDILIZIA PUBBLICA
ENTRATA
PROT. 718287
DEL 17/07/2020



COMMITTENTE: COMUNE DI PALERMO

Via Ausonia, 69 - Palermo

Elaborazione dati

Dott. Geol. Filippo Di Pietra

BUREAU VERITAS
Certification



EXPERIMENTATIONS SRL

Sede Legale:

Via Yurj Gagarin, 69 - Fraz. San Mariano – 06073 CORCIANO (PG)

Sede Operativa:

Via Yurj Gagarin, 69/71 - Fraz. San Mariano - 06073 CORCIANO (PG)

Bureau Veritas Italia spa certifica che il sistema di gestione dell'organizzazione sopra indicata è stato valutato e giudicato conforme ai requisiti della norma di sistema di gestione seguente

Norma

ISO 9001:2015

Campo di applicazione

Rilevi, monitoraggi, ispezioni, elaborazione dati, certificazioni e prove sperimentali di prodotti da costruzione, strutture, terreni e materiali in sito ed in laboratorio.

Sistema di gestione valutato secondo le prescrizioni del Regolamento Tecnico RT-05

Settore/i EA di attività: **28,34**

Data d'inizio del presente ciclo di certificazione: **27 aprile 2018**

Soggetto al continuo e soddisfacente mantenimento del sistema di gestione questo certificato è valido fino al: **27 aprile 2021**

Data della certificazione originale: **28 ottobre 2014**

Certificato N. **IT260359**

Rev. N. 1 del: **27 aprile 2018**


ANDREA PILIPPI - Local Technical Manager

Indirizzo dell'organismo di certificazione: Bureau Veritas Italia SpA Viale Monza, 347 - 20126 Milano, Italia

La presente certificazione si intende riferita agli aspetti gestionali dell'impresa nel suo complesso ed è utilizzabile ai fini della qualificazione delle imprese di costruzione ai sensi dell'articolo 84 Del D. Lgs. 50/2016 e s.m.i. e Linee Guida Anac applicabili.

La validità del presente certificato è consultabile sul sito <http://www.bureauveritas.it/certificate>

Per informazioni puntuali e aggiornate circa eventuali variazioni intervenute nello stato della certificazione di cui al presente certificato, si prega contattare l'indirizzo e-mail registro.certificati@it.bureauveritas



SGQ	N° 009A	SGE	N° 009H
SCA	N° 008D	EMAS	N° 004P
PRD	N° 009B	GHG	N° 006D
SCR	N° 008F	ISIR	N° 006E
FSMS	N° 003I	SSI	N° 013G
PRS	N° 076C		

Membro degli Accordi di Mutoo Riconoscimento EA e IAF
Signatory of EA and IAF mutual Recognition Agreements

Sommario

1. GENERALITÀ.....	4
1.1 INTRODUZIONE.....	4
1.2. CONTENUTI.....	4
1.3. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	5
2. CAMPAGNA GEOGNOSTICA.....	5
3. STRATIGRAFIA DEI TERRENI.....	6
4. INDAGINI GEOFISICHE – MASW.....	13
4.1 PREMESSA.....	13
4.2 PROVA HVSR.....	13
4.3 ACQUISIZIONE ED INTERPRETAZIONE DEI MICROTREMORI.....	14
4.4 PROVA MASW IN ONDE DI RAYLEIGH.....	19
4.5 ANALISI CONGIUNTA HVSR/MASW.....	22
4.6 PARAMETRO VS EQUIVALENTE E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO.....	25

1. Generalità

1.1 Introduzione

La presente relazione tecnica descrive le attività realizzate nell'ambito della campagna di indagini geognostiche eseguite a supporto del "PROGETTO DI RIFUNZIONALIZZAZIONE DEL CENTRO SOCIALE SITO A PALERMO IN VIA DI VITTORIO ALLO SPERONE" – CUP D73B12000360000 CIG ZE907CEDF6".

Le indagini, sono state eseguite allo scopo di caratterizzare dal punto di vista stratigrafico, sismico, idrogeologico e geotecnico i terreni in corrispondenza delle aree di interesse. A tal fine è stato nominato geologo di Cantiere il dott. Filippo Di Pietra iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia al numero 3362 sez.A (P.Iva: 02711900817 C. Fiscale: DPTFPP78P07D423V).

Questo elaborato fornirà un quadro sintetico ma completo delle attrezzature utilizzate e delle modalità operative adottate per l'esecuzione delle indagini, nonché dei risultati prodotti dalle prove eseguite in sito; verrà quindi illustrata la successione stratigrafica sulle verticali d'indagine e fornita la parametrizzazione geotecnica dei terreni.

Per la caratterizzazione geologico-geotecnica e sismica sono state eseguite le indagini di seguito elencate:

- Sondaggi a carotaggio continuo (n. 2) fino a profondità di -15,00 m dal p.c. denominati S1 ed S2.
- Prelievo di n° 2 campioni indisturbati denominati S1C1 ed S2C1;
- Prelievo di n° 4 campioni rimaneggiati S1CR1, S1CR2, S2CR1 e S2CR2;
- n.1 sismica attiva masw per la determinazione della categoria di suolo;
- n. 1 basi di sismica passiva hvsr per la determinazione della frequenza fondamentale di risonanza di sito e per la determinazione della categoria di suolo.

1.2. Contenuti

Tutti i dati raccolti ed analizzati sono stati utilizzati per la stesura della presente relazione, corredata dai seguenti elaborati:

- stratigrafie sondaggi;
- documentazione fotografica;
- categoria di suolo *ai sensi delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018)*.

1.3. Strumentazione utilizzata

- 3D Seismic Datalogger.
- sistema elettronico di acquisizione dei dati è basato sul convertitore AD7124-8 di Analog Devices.
- sismografo EX-12, costituito da un sistema di acquisizione dati a 12 canali e 24 bit reali, basato sul convertitore Sigma Delta ($\Sigma\Delta$) AD7124-8.
- Slitta multifunzione Falabella SF1750 (matricola 1802)
- Trivella Turchi S300 (matricola 1317B08123)
- Autocarro Iveco


2. Campagna geognostica

Nell'ambito della campagna di indagini eseguita in data 09 luglio 2020 sono stati eseguiti due sondaggi a carotaggio continuo fino alla profondità di -15.00 metri dal piano di calpestio. L'area in esame è sita nel quartiere Sperone, a sud della città, nella II Circoscrizione; i sondaggi denominati S1 ed S2 sono stati ubicati rispettivamente all'entrata del cancello principale di viale Giuseppe Di Vittorio e nella parte posteriore dove sorge l'Anfiteatro.



Coordinate geografiche (WGS84)

S1	Lat.	38.097708°	S2	Lat.	38.098005°
	Long.	13.403041°		Long.	13.402981°

 Ubicazione sito d'interesse

CATEGORIA TOPOGRAFICA T1

Ubicazione del sito - Fonte Google Earth

Nella tabella che segue sono riepilogati i dati dei sondaggi geognostici e le prove realizzate.

Sigla sondaggio	Indagini geognostiche		N° campioni indisturbati		N° campioni rimaneggiati	
	Profondità sondaggio		Sigla	Quota di prelievo	Sigla	Quota di prelievo
S1	-15,00 metri p.c.		C1	1,80 - 2,20	CR1	3,00 - 3,20
					CR2	5,40 - 5,60
S2	-15,00 metri p.c.		C1	0,60 - 1,00	CR1	2,50 - 2,80
					CR2	5,00 - 5,20

3. Stratigrafia dei terreni

In generale la sequenza litostratigrafica del sottosuolo viene così riassunta:


























- ✓ 1° Orizzonte (da qualche decimetro fino a 1,00 m di profondità): terreno di riporto, di spessore variabile da qualche decimetro a 0,60 m (in corrispondenza di S2), costituito da ghiaia grossolana in matrice sabbiosa talora limosa.
- ✓ 2° Orizzonte (da circa -0,60 ÷ -1,00 m fino a circa - 10,00 m di profondità): ghiaia polidimensionale in matrice sabbiosa e sabbioso – limosa, con trovanti di natura calcarenitica di dimensioni superiori a 6 cm.
- ✓ 3° Orizzonte (da circa 10,00 ÷ -15,00) sabbia di colore giallastro a basso recupero.

Seguono le risultanze dei sondaggi eseguiti.

Colonna stratigrafica S1 e S2

EXPERIMENTATIONS S.r.l. Sede Legale, Uffici e Laboratori Via Y. Gagarin, 69 - 06073 San Mariano di Corsicano - (PG) - Italy Tel. +39 075 5170556 - Fax + 39 075 5178146 - info@experimentations.it - www.experimentations.it	MODULO COLONNA STRATIGRAFICA
--	-------------------------------------

Comune: Comune di Palermo	Profondità massima: 15,00 metri	Quota Ass. P.C.:	Cantile n°:
Quotazione: Azero Franosco - Azero Rippo	Indagine: Progetto di Riqualificazione del Centro Sociale	Nativi:	
Responsabile Geologo: Filippo Di Pietra	Sondaggio: S1	tipo Caricaggio: Doppio carotiere	tipo Sonda:
			Data data: X Y

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.O.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Punt. (n°) Nazione	Sonda (n°) Nazione	Componenti	Nella foto situazione	Pulsante stabilizzato	Caric. Carotaggio	Nella	Altre prove	Altre prove	Parametro (P) o Indimento (I)
		Blocco prefabbricato in cemento	0,25												
1		Terreno di riporto costruito su ghiaia polidimensionale di natura calcarea in matrice sabbiosa di colore bruciato	1,00												
		Sabbia limosa debolmente argillosa di colore grigiomarrone con presenza di sostanza organica. Umida e mediamente arenata.	1,40												
2		Sabbia debolmente limosa di colore rossastro con inclusi elementi polidimensionali di natura calcarea. Umida e sciolta.						1,30							
								2,20							
3								5,00							
								5,20							
4			4,00												
5		ghiaia polidimensionale con sabbia di colore beige.									Caric. n°1				
											5,00				
6		Alternanza di sabbie a basso recupero e livelli calcareidi centimetrici debolmente cementati di colore crema.	9,60												
															
7															
8															
9															
10			10,00												
		Sabbia di colore giallastro a basso recupero. Umida e sciolta.									Caric. n°2				
11											10,00				
															
12															
															
13															
															
14															
			15,00						(C D)		Caric. n°3				
									15,00		15,00				

Campi: S-Piedi Sella, O-Giulberg, M-Naso, R-Ramozzolo, P-Ramozzolo da SP
 Parametri: A-A-Tubo Apice, C-D-Carotaggio
 Parametri: C-Carotatore Semplice, C-Carotatore Doppio, B-Carotatore Continuo
 Sonda: S-Sonda
 Parametri: M-Ramozzolo, M-Ramozzolo, M-Ramozzolo
 Parametri: P-Punta Apice, P-Punta Chiusa
 Carotaggio: Doppio carotiere

IL GEOLOGO

LA DITTA ESECUTRICE



Report fotografico cassette catalogatrici e postazione sondaggi



S1 da 0,00 a -5,00 metri p.c.



S1 da -5,00 a -10,00 metri p.c.



S1 da -10,00 a -15,00 metri p.c.



S2 da 0,00 a -5,00 metri p.c.



S2 da -5,00 a -10,00 metri p.c.



S2 da -10,00 a -15,00 metri p.c.



Foto postazione sondaggio S1



Foto postazione sondaggio S2

4. INDAGINI GEOFISICHE – MASW

4.1 PREMESSA

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è possibile valutare l'effetto della risposta sismica locale facendo riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s .

Per la ricostruzione del modello sismostratigrafico locale sono state eseguite ed elaborate congiuntamente:

- N° 3 prova sismica passiva 3D a stazione singola (HVSR) denominata **HV1**;
- N° 1 prova sismica attiva multicanale (MASW) denominata **M1**;

L'ubicazione delle prove geofisiche, eseguite il 04/06/2020, è riportata in immagine seguente:



4.2 PROVA HVSR

La prova in questione è nota semplicemente con il nome H/V e fu sperimentata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi nel 1970, ma è stata poi diffusa successivamente, nel 1989, da Nakamura. La tecnica del rapporto spettrale tra la componente orizzontale del moto H e quella verticale V o HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) consente di valutare la frequenza caratteristica di risonanza del sito, parametro fondamentale per il corretto dimensionamento/verifica degli edifici in termini di risposta sismica locale.

La prova consiste in una valutazione sperimentale del rapporto di ampiezza esistente tra la media delle componenti orizzontali e di quella verticale delle vibrazioni ambientali misurate in un determinato punto della superficie terrestre tramite un sismometro a tre componenti. Le vibrazioni che vengono misurate sono i cosiddetti *microtremori* e sono l'effetto di una molteplicità di sorgenti le quali sono attive per una molteplicità di frequenze, anche se quelle attinenti al campo ingegneristico strutturale sono generalmente quelle comprese nell'intervallo 0,5 – 20 Hz. Le principali sorgenti sono sia di origine antropica quali traffico veicolare, attività industriale, rumore urbano in genere, che naturale quali onde marine, perturbazioni atmosferiche, cicloni oceanici, tremori vulcanici. Si chiama anche microtremore perché riguarda oscillazioni molto piccole, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti.

Nel tragitto dalla sorgente “s” al sito “x” le onde elastiche subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del suolo attraversato e dalla morfologia. Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente una parte debolmente correlata del segnale che può essere estratta e che contiene informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicina al sensore.

Dunque, anche il rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartato dalla sismologia classica, contiene informazioni. Questa informazione è però “sepolta” all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Una di queste tecniche è la teoria dei rapporti spettrali o, semplicemente HSVR che è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze dei sottosuoli, informazioni di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

4.3 Acquisizione ed interpretazione dei microtremori

Il sismografo adoperato, 3D Seismic Datalogger, è costituito da un unico contenitore in alluminio pressofuso ad alta resistenza ed impermeabile (standard IP65), al cui interno è installata una terna di geofoni ed un potente sistema di acquisizione dati a 24 bit reali (ADConverter). Il sistema elettronico di acquisizione dei dati è basato sul convertitore AD7124-8 di Analog Devices, si tratta di un convertitore Sigma Delta ($\Sigma\Delta$) ad altissime prestazioni, progettato nel 2015, al culmine di decenni di esperienza di Analog Devices in questo campo.

La velocità di campionamento è selezionabile in un campo molto vasto (da 10 fino a 19200 campioni al secondo) e sono disponibili 8 livelli di filtraggio, per scegliere il migliore compromesso tra velocità di risposta e riduzione del rumore.

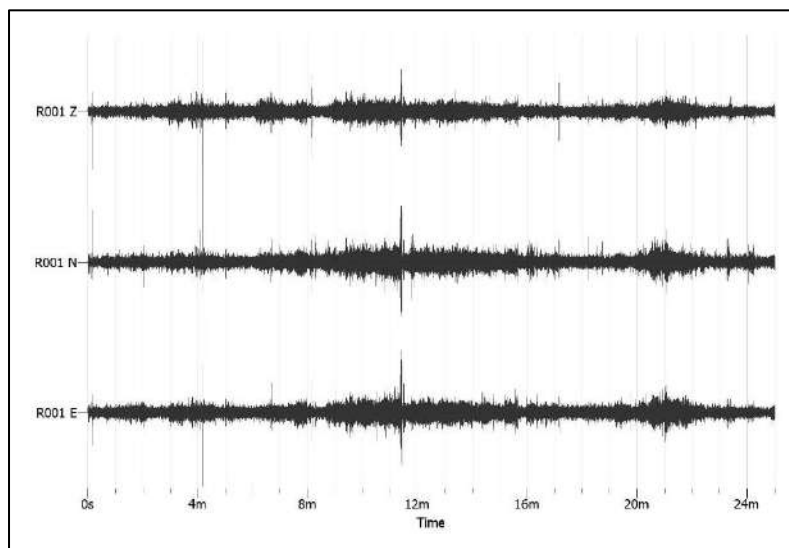
Di seguito vengono riportate le specifiche tecniche dei trasduttori:

<i>Resonance frequency:</i>	4.5 Hz +/-10%
<i>Coil resistance:</i>	375 ohm +/-7.5%
<i>Open circuit damping:</i>	0.6 +/-7.5%
<i>Voltage sensitivity:</i>	28.8 +/-7.5% (v/m/s)
<i>Moving mass:</i>	11 g
<i>Operating temp.:</i>	-40°C +100°C
<i>Height:</i>	36 mm
<i>Diameter:</i>	25.4 mm
<i>Weight:</i>	86 g

L'installazione della strumentazione è avvenuta su di una pavimentazione rigida, allineando il nord strumentale con quello geografico e ponendo in bolla l'intero sistema di acquisizione. È stato quindi registrato il rumore sismico direttamente in sito, nelle sue tre componenti (X,Y e Z) alienando l'asse Y dello strumento con il Nord geografico, ottenendo un'acquisizione della durata pari a 25 minuti. Durante l'acquisizione dei dati sono state rispettate le metodologie e le accortezze necessarie al fine di ottenere un dato statisticamente corretto.

Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1500 s
Frequenza di campionamento:	500.00Hz
Numero campioni:	750000

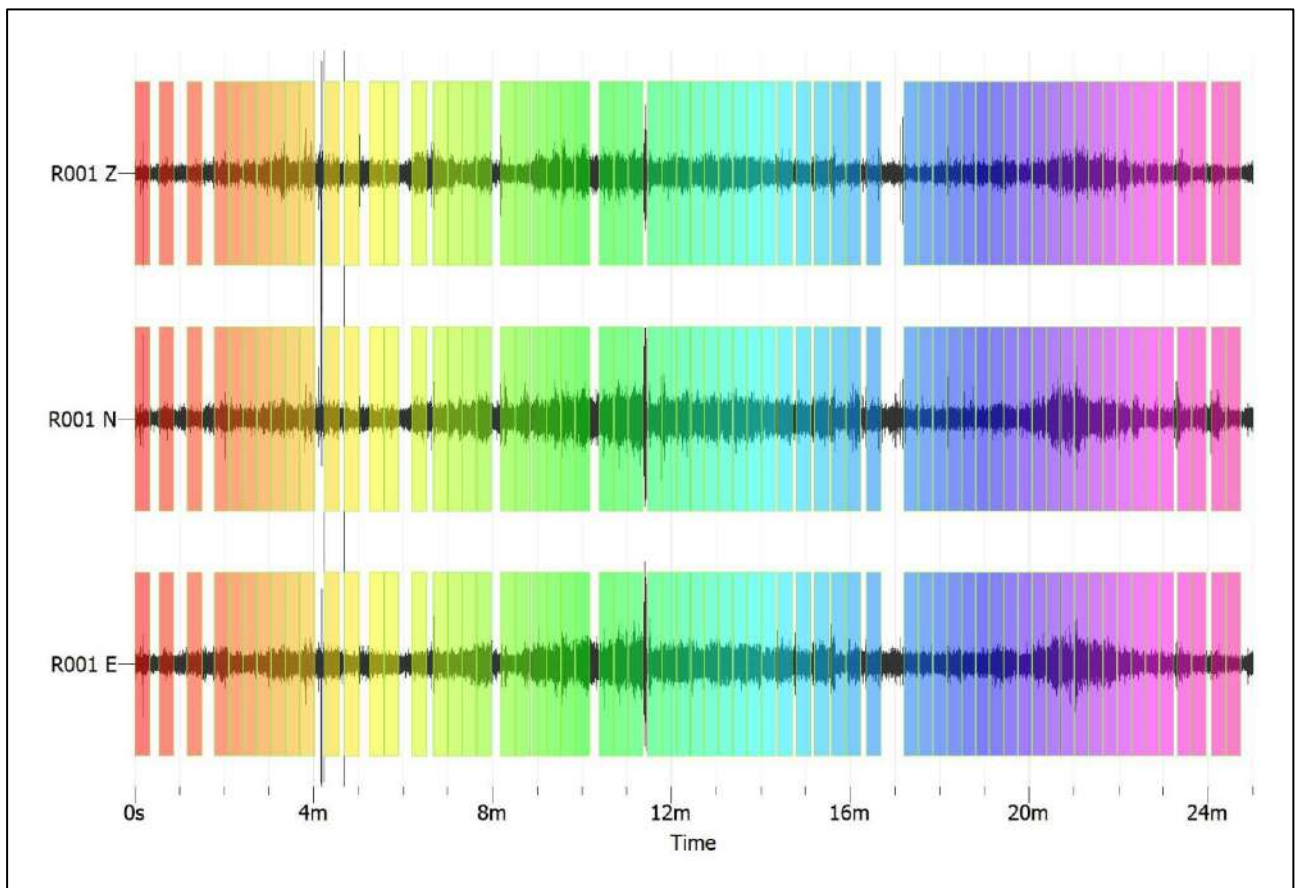


Tracce registrate nelle componenti Verticale, Nord ed Est.

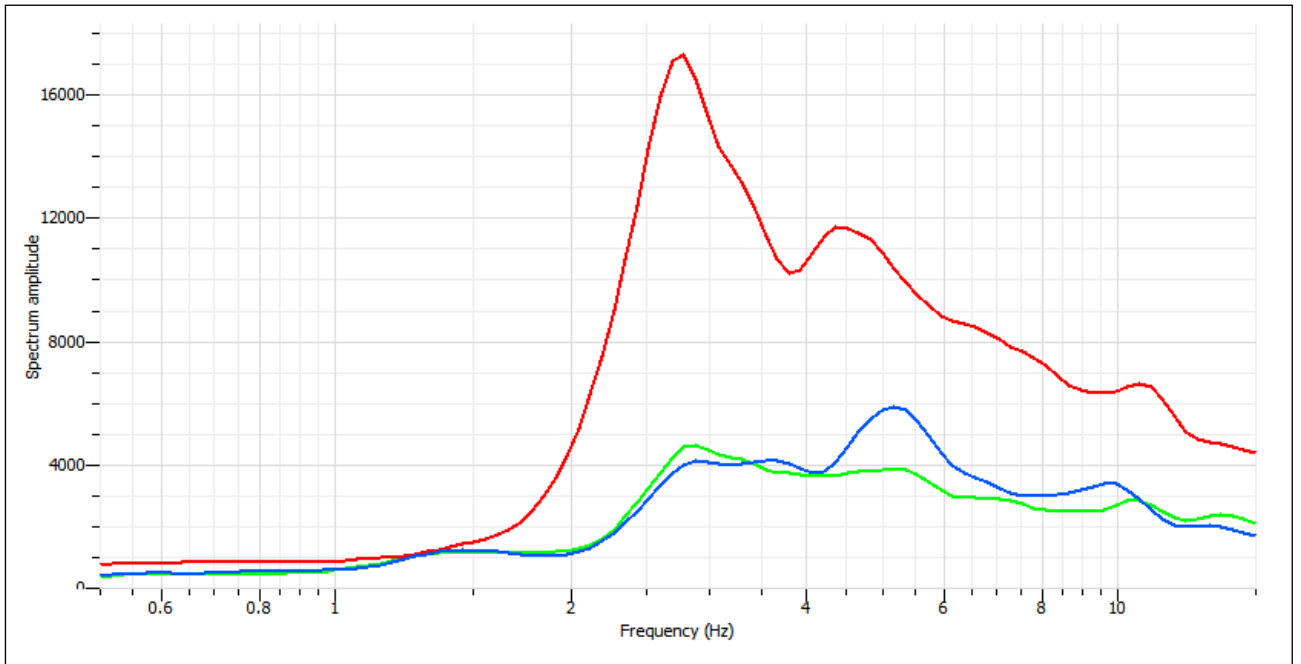
Dalla interpretazione di questi dati sono state ottenute le curve HVSR e gli spettri medi delle tre componenti (NS, EW e verticale) relativi al punto di misura. Sono state osservate le raccomandazioni proposte dal S.E.S.A.M.E. (*Site Effects assessment using Ambient Excitations*) sia sul metodo di acquisizione che sull'interpretazione delle misure H/V. Il segnale acquisito è stato suddiviso in finestre di 20 secondi, selezionando per l'elaborazione soltanto le quelle "pulite", ossia non affette da disturbi antropici rilevanti.

Finestre temporali

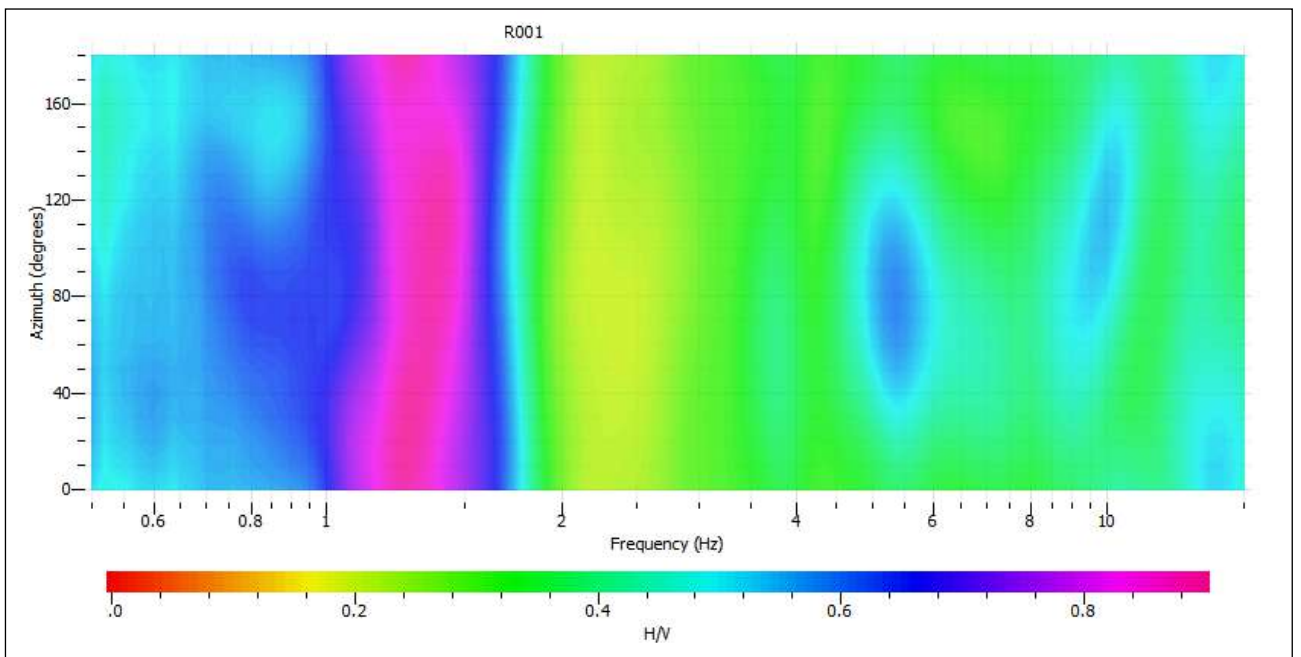
Numero totale finestre selezionate:	78
Numero finestre incluse nel calcolo:	66
Dimensione temporale finestre:	20.000 s



Finestre temporali selezionate



Spettri medi delle tre direzioni (rosso-Z, verde-X, blu-Y)

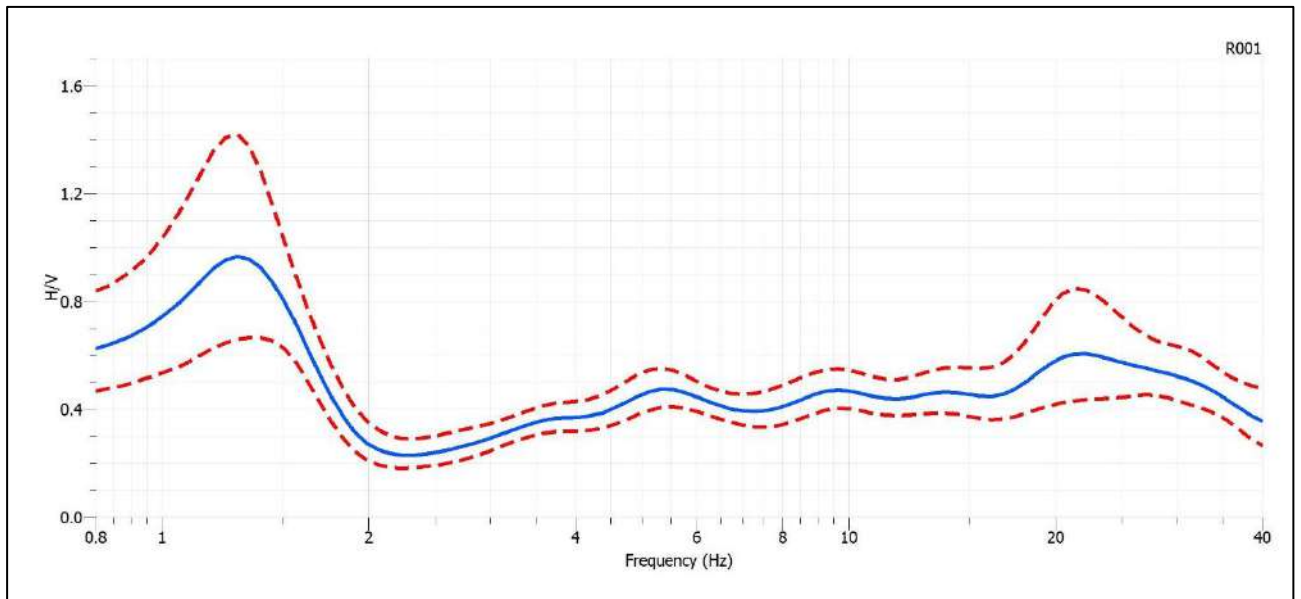


Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	40.00 Hz
Frequenza minima:	0.80 Hz
Tipo lisciamto:	Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamto:	20%
Tipo di somma direzionale:	Media aritmetica



Curva del rapporto spettrale H/V

Il computo dei criteri SESAME (che definiscono la robustezza statistica della curva HVSR e degli eventuali picchi presenti), tenendo conto dei dati nell'intervallo di frequenza da 0,5-40,0 Hz, sono riportati nella tabella seguente:

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$; $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$;	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	NO
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

La curva HV ottenuta risulta quindi attendibile, poiché risultano soddisfatti 3/3 criteri di affidabilità, mentre si esclude la presenza di un vero e proprio picco della curva, poiché

risultano soddisfatti solamente per 3/6 i relativi criteri. L'andamento generale della curva lascia comunque individuare un significativo innalzamento in corrispondenza delle frequenze pari a 1,20Hz e 23,00Hz.

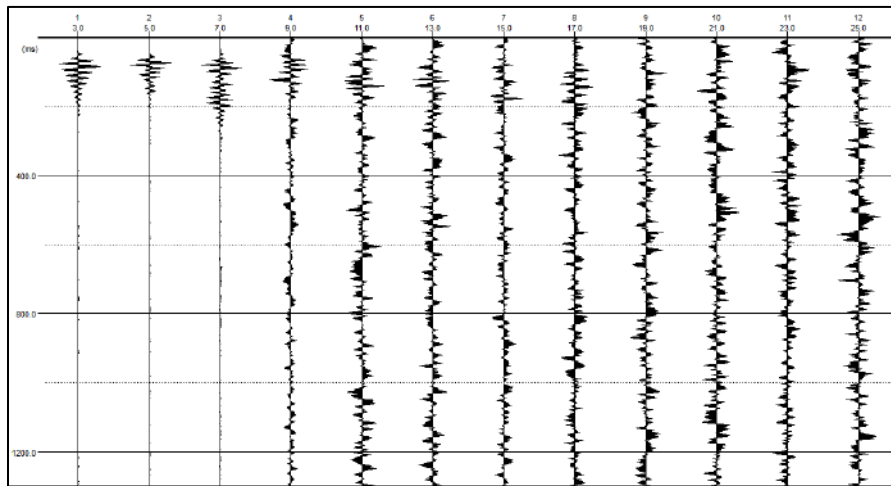
4.4 PROVA MASW IN ONDE DI RAYLEIGH

Per l'esecuzione della prova MASW stato utilizzato il sismografo EX-12, costituito da un sistema di acquisizione dati a 12 canali e 24 bit reali, basato sul convertitore Sigma Delta ($\Sigma\Delta$) AD7124-8. La prova sismica è stata eseguita mediante la realizzazione di una stesa sismica, con allineamento circa E-O, lungo il quale sono state disposte 12 postazioni geofoniche con interdistanza pari a 2 metri. Il punto di energizzazione, posto ad una distanza pari a 3 metri dal primo geofono, è rappresentato da una mazza dal peso di 10 kg lasciata cadere su una piastra (20cm*20cm). È stata così ottenuta una stesa sismica di lunghezza 25 metri, incluso il punto di energizzazione (shot). Per la registrazione del segnale sismico indotto dagli shots sono stati utilizzati geofoni Pasi con frequenza propria pari a 4,5Hz.

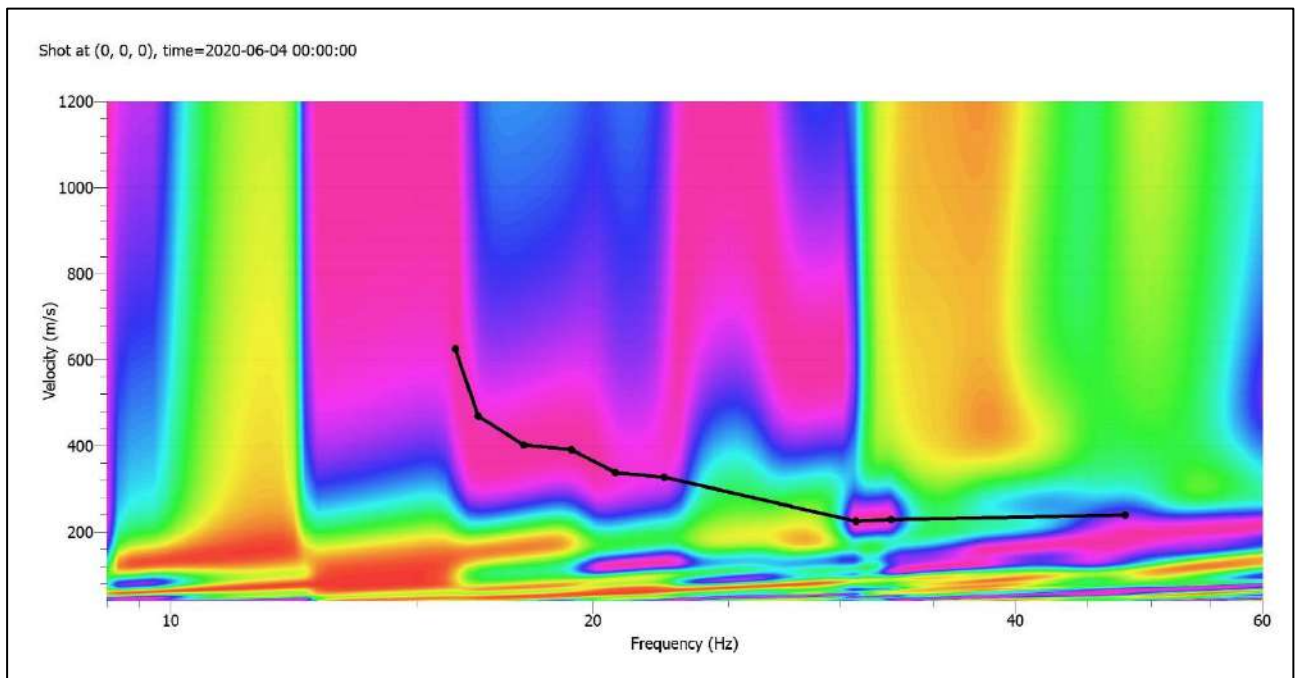


Battuta con offset 3 m dal geofono 1 lungo la stesa sismica

Sono così state ottenute le tracce sismiche, da cui è stato ricavato lo spettro di dispersione delle onde di superficie, utilizzato per l'interpretazione dei dati.



Tracce sismiche acquisite

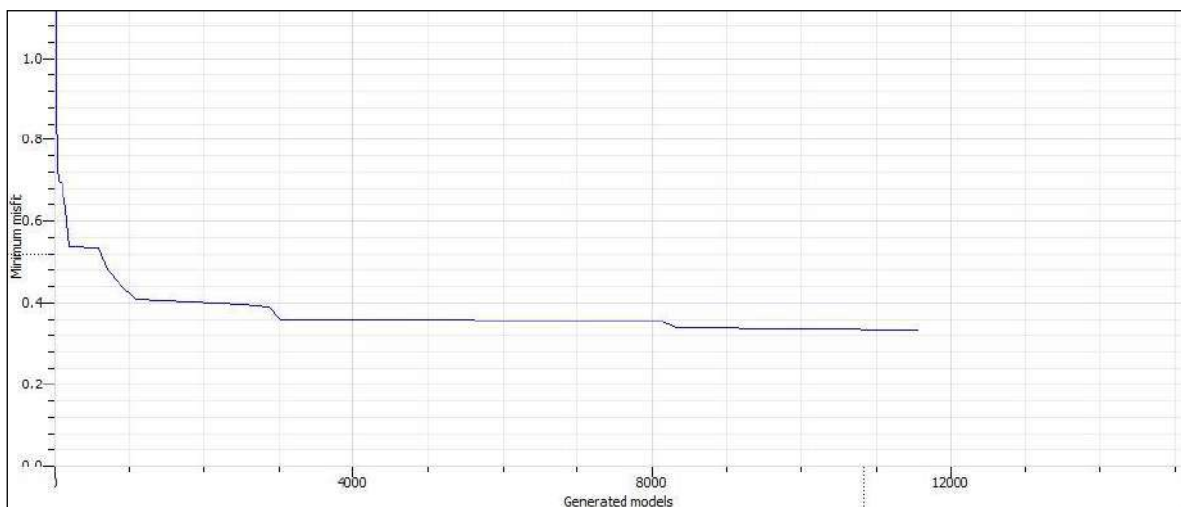


Spettro di dispersione delle onde di superficie

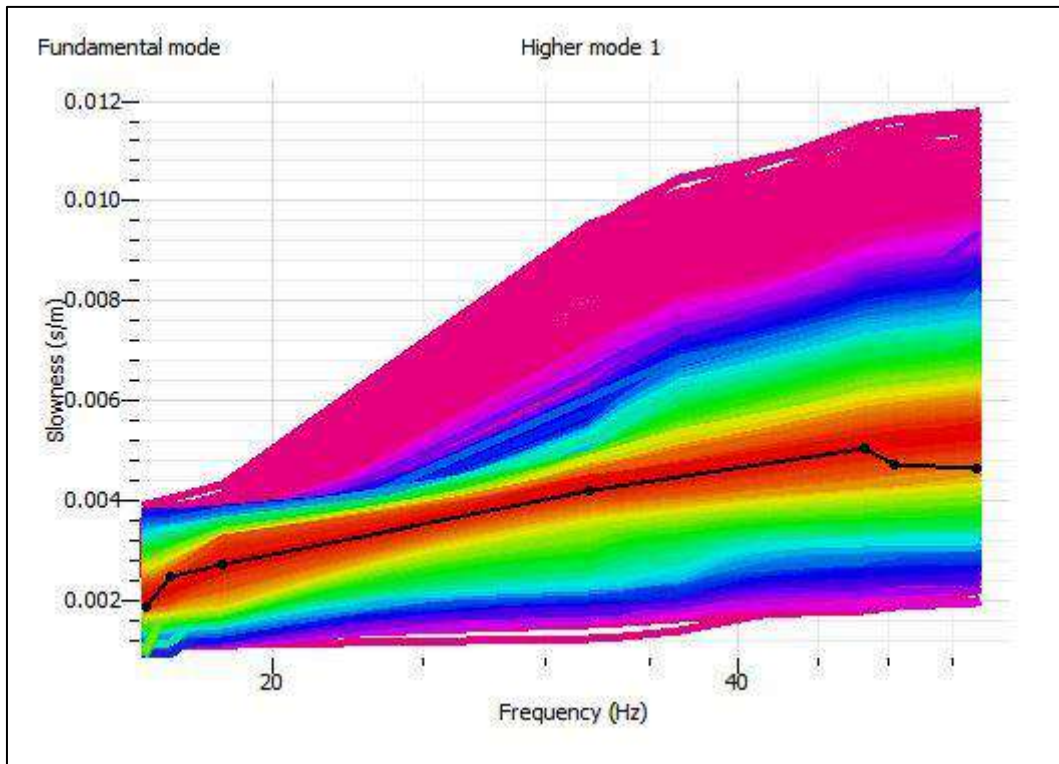
4.5 ANALISI CONGIUNTA HVSR/MASW

L'analisi congiunta HVSR/MASW consente di trovare un modello e dei criteri di modellazione più affidabili, rispetto all'applicazione di un solo dei due metodi. Con tale combinazione il modello del profilo verticale della Vs risulta vincolato in superficie dalla dispersione energetica delle onde superficiali, ottenuta mediante indagine MASW con onde di Rayleigh (alte frequenze) ed in profondità dal rapporto spettrale delle componenti orizzontali e verticali dei microtremori ottenuto mediante indagine HVSR (basse frequenze).

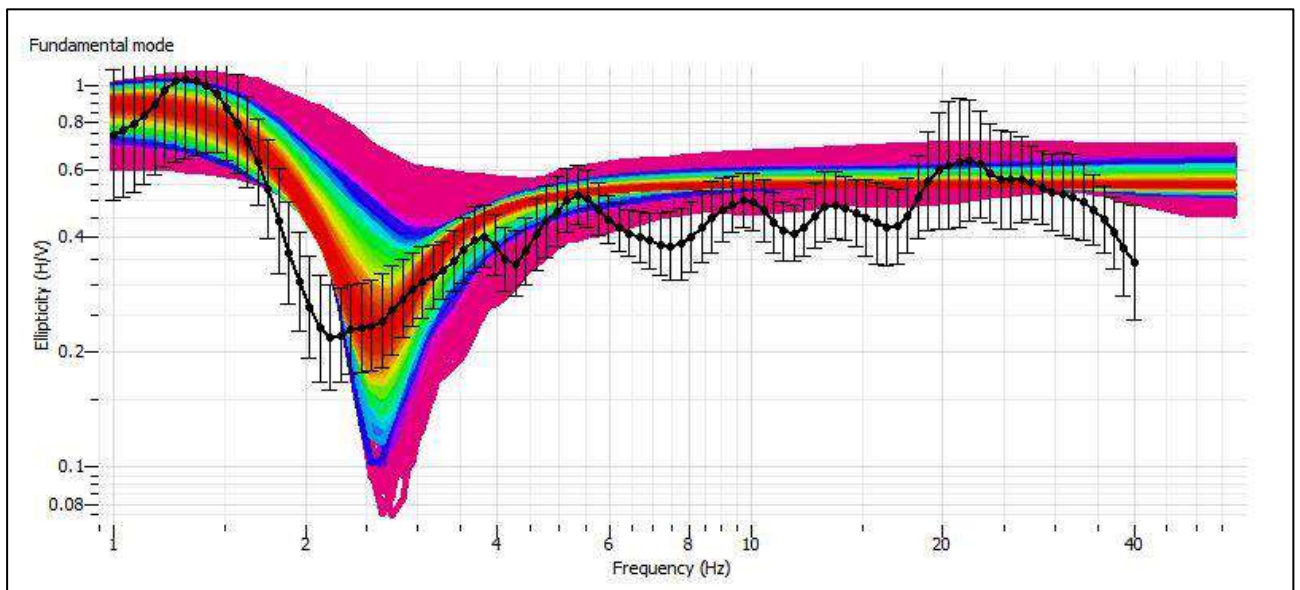
Tramite il software “*Dinver*” è stato possibile effettuare tale tipo di analisi, generando più di 11.000 modelli d'inversione matematici, che tenessero conto dei dati ricavati dalle due prove sismiche.



Modelli generati e relativo minimum misfit



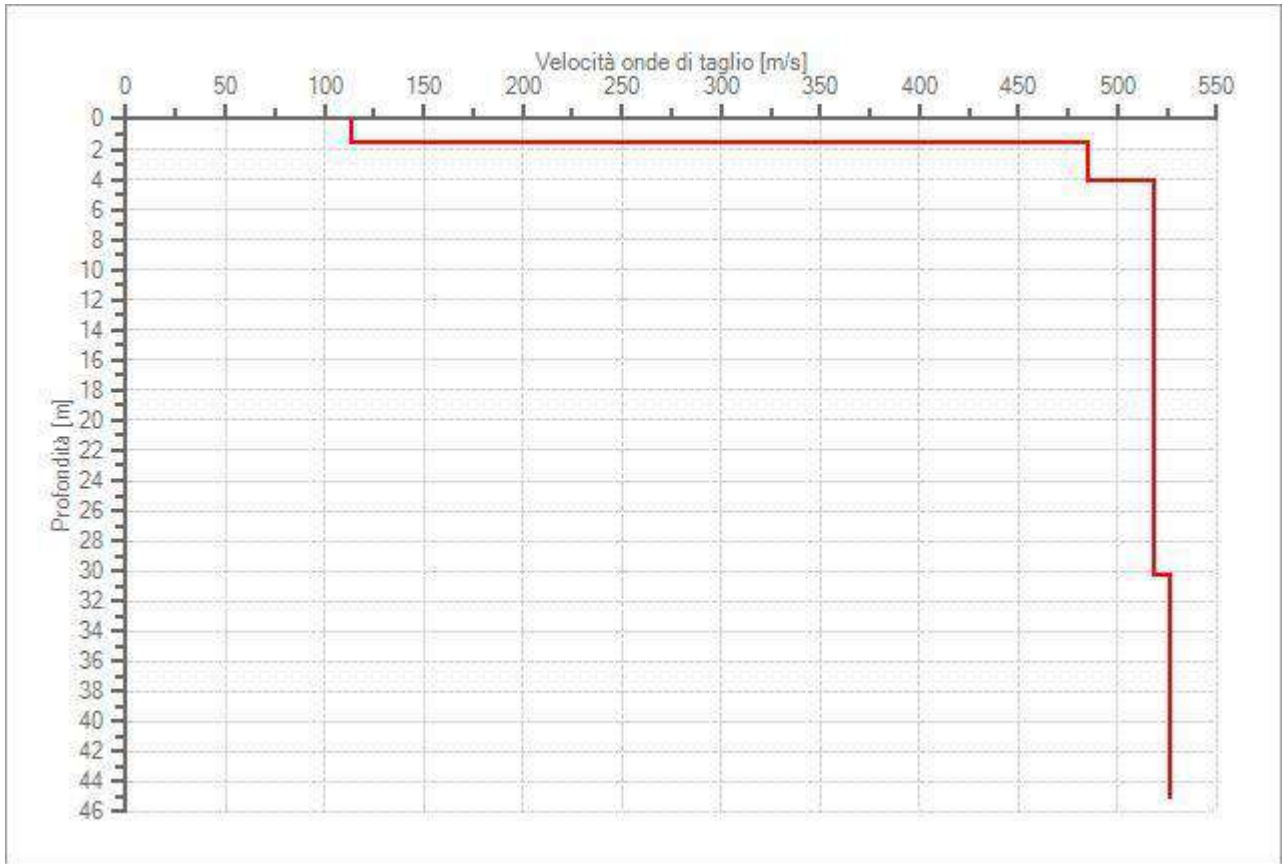
Andamento dello spettro di dispersione in relazione al minimum misfit dei vari modelli generati (in rosso i modelli con minore minimum misfit)



Andamento della curva H/V in relazione al minimum misfit dei vari modelli generati (in rosso i modelli con minore minimum misfit)

La colonna sismo-stratigrafica ottenuta mediante inversione dei dati mostra la seguente suddivisione:

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	V _s [m/sec]
1	Substrato pedogenetico	1,54	1,54	114,4
2	Alternanza di sabbie adensate e sciolte	4,14	2,6	485,2
3	Calcareniti della "Piana di Palermo"	30,34	26,2	518,2
4	Calcareniti della "Piana di Palermo"	45,19	14,85	526,6



Profilo di velocità onde S nel sottosuolo

- Il primo sismostrato dallo spessore limitato, mostra velocità di propagazione delle onde di taglio basse, pari a 114,4 m/s, trattasi di terreno vegetale o materiale di riporto sciolto.
- Nel secondo sismostrato, avente spessore calcolato di 2,6 metri, si registrano velocità delle onde di taglio pari a 485,2 m/s. Tali valori riconducono alla porzione sommitale delle calcareniti alterate, al punto tale da formare uno strato di sabbia mediamente addensata.
- Nel terzo e quarto sismostrato, si registrano valori di Vs crescenti, che variano da 518,2 – 526,6m/s. I sismostrati di questa porzione riconducono alla Calcarenite della Piana di

Palermo, i cui valori di Vs crescendo in profondità testimoniano un reciproco miglioramento delle proprietà geotecniche del materiale.

In generale si registra un aumento delle Vs con l'aumentare della profondità, tale aumento è da attribuire ad un proporzionale aumento, in termini numerici, delle caratteristiche fisico meccaniche del sottosuolo.

4.6 PARAMETRO VS EQUIVALENTE E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Attraverso l'analisi ed elaborazione congiunta HVSR/MASW (illustrata in all. 2) è stato possibile determinare un modello sismostratigrafico a cui corrisponde un valore di Vs,eq pari a:

$$V_{s,eq} \geq 436,1 \text{ m/s in superficie}$$

La relativa categoria di sottosuolo indicata in Tab.3.2.II delle “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” aggiornate con Decreto del 17 Gennaio 2018, è la **categoria B**: “*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs, eq compresi tra 360÷800 m/s.*”

\

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	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.
B	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.
C	Depositi 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.
D	Depositi 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.
E	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.



LABORATORIO AUTORIZZATO DAL MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI (art. 59 del D.P.R. 380/2001) settori:
- Materiali da costruzione - Settore A - (Legge n. 1086/71) Decreto n. 38194 del 14/01/1994 e successivi
- Terre e Rocce - Settori A e B - Decreto n. 54349 del 16/02/2006 e successivi



INTESTATARIO: COMUNE DI PALERMO			
RIFERIMENTO: Ind. prelim. per la redazione del prog. di rifunz. del centro sociale in via G. Di Vittorio allo Sperone			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	1.80 - 2.20 m

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	19,7	%
Peso di volume	19,8	kN/m ³
Peso di volume secco	16,5	kN/m ³
Peso di volume saturo		kN/m ³
Peso specifico		kN/m ³
Indice dei vuoti		
Porosità		%
Grado di saturazione		%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	18,5	%
Sabbia	72,8	%
Limo-Argilla	8,7	%
D 10	0,065857	mm
D 50	0,245918	mm
D 60	0,340241	mm
D 90	5,112902	mm
Passante set. 10	81,5	%
Passante set. 42	65,4	%
Passante set. 200	11,9	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ Rim	kPa
C_u	kPa	C_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta					
c'	10,0	kPa	ϕ'	27,0	°
c' Res		kPa	ϕ' Res		°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	C'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	C_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	C_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec

INTESTATARIO: COMUNE DI PALERMO

RIFERIMENTO: Ind. prelim. per la redazione del prog. di rifunz. del centro sociale in via G. Di Vittorio allo Sperone

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 1.80 - 2.20 m

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-10

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Ricostituito	Ricostituito	Ricostituito
Pressione verticale (kPa):	100	200	300
Tensione a rottura (kPa):	65	108	167
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	7,04	5,96	9,69
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,46	0,50	0,72
Umidità iniziale e umidità finale (%):	23,7 23,4	24,1 23,5	23,7 22,3
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,8 21,8	19,7 22,5	19,8 23,4

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Coesione: 10,0 kPa
Angolo di attrito interno: 27,0 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,015 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

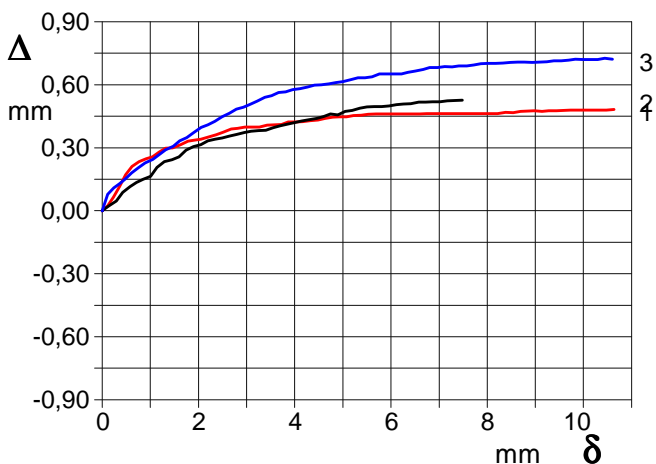
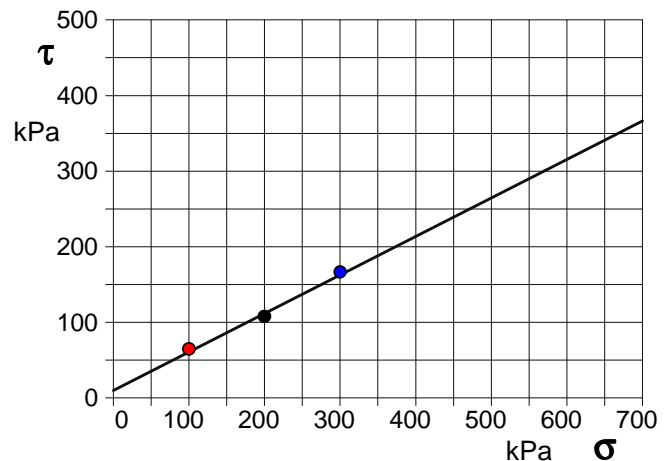


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

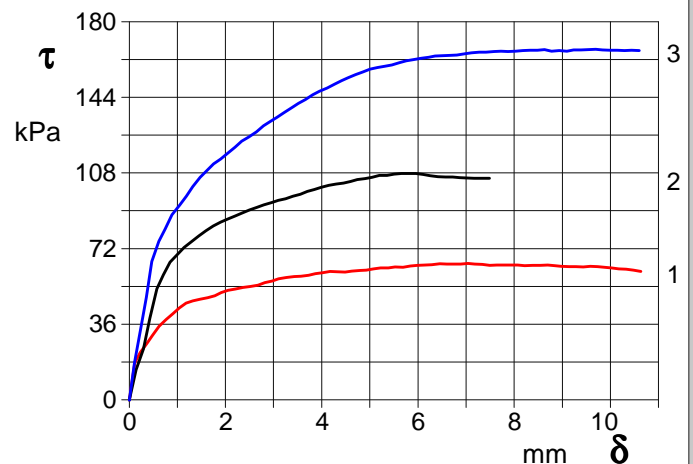


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Prova effettuata sul materiale passante al crivello con apertura pari a 5 mm.



LABORATORIO AUTORIZZATO DAL MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI (art. 59 del D.P.R. 380/2001) settori:
 - Materiali da costruzione - Settore A - (Legge n. 1086/71) Decreto n. 38194 del 14/01/1994 e successivi
 - Terre e Rocce - Settori A e B - Decreto n. 54349 del 16/02/2006 e successivi



INTESTATARIO: COMUNE DI PALERMO		
RIFERIMENTO: Ind. prelim. per la redazione del prog. di rifunz. del centro sociale in via G. Di Vittorio allo Sperone		
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 0.60 - 1.00 m

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	8,8	%
Peso di volume	19,3	kN/m ³
Peso di volume secco	17,8	kN/m ³
Peso di volume saturo		kN/m ³
Peso specifico		kN/m ³
Indice dei vuoti		
Porosità		%
Grado di saturazione		%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	71,2	%
Sabbia	28,1	%
Limo-Argilla	0,7	%
D 10	0,196270	mm
D 50	14,233260	mm
D 60	20,973370	mm
D 90	47,416660	mm
Passante set. 10	28,8	%
Passante set. 42	18,0	%
Passante set. 200	1,6	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ Rim	kPa
C_u	kPa	C_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta					
c'	5,7	kPa	ϕ'	35,3	°
c' Res		kPa	ϕ' Res		°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	C'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	C_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	C_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec

INTESTATARIO: COMUNE DI PALERMO

RIFERIMENTO: Ind. prelim. per la redazione del prog. di rifunz. del centro sociale in via G. Di Vittorio allo Sperone

SONDAGGIO: S2

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 0.60 - 1.00 m

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-10

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Ricostituito	Ricostituito	Ricostituito
Pressione verticale (kPa):	100	200	300
Tensione a rottura (kPa):	79	145	221
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,93	5,12	4,34
Deformazione verticale a rottura (mm):	-0,02	0,16	0,32
Umidità iniziale e umidità finale (%):	24,6 25,1	24,3 24,6	24,7 24,5
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,4 19,6	19,4 20,1	19,2 19,7

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Coesione: 5,7 kPa
Angolo di attrito interno: 35,3 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,030 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

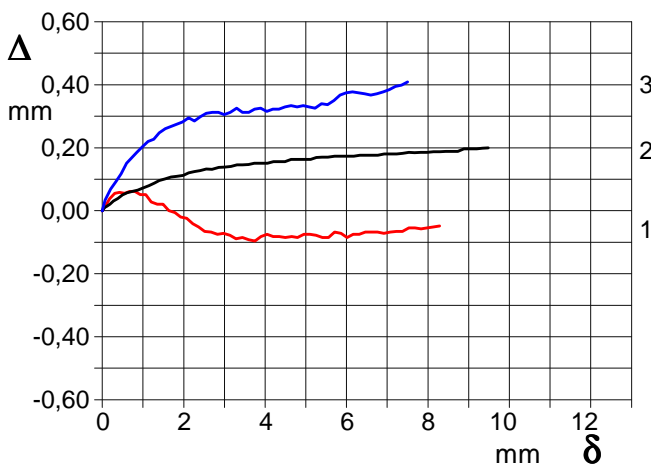
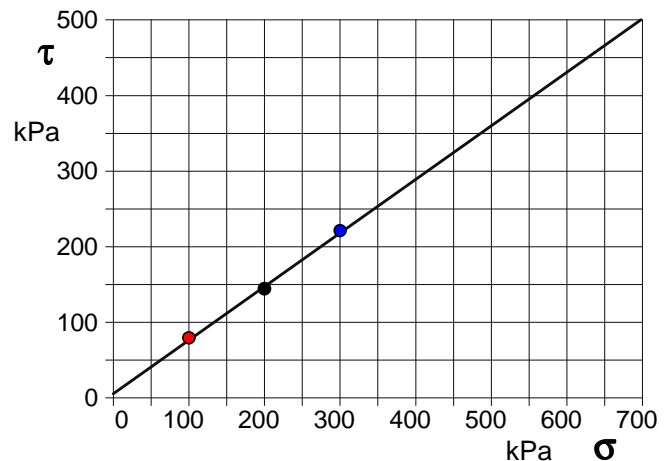


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

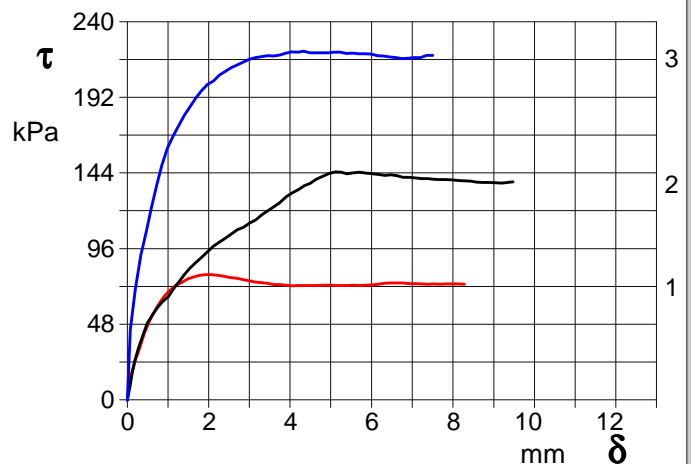


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Prova effettuata sul materiale passante al crivello con apertura pari a 5 mm.