

COMUNE DI PALERMO

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

CITTA' METROPOLITANA DI PALERMO

DIREZIONE EDILIZIA E BENI CULTURALI

Richiesta di variante urbanistica relativa al "Progetto per la riqualificazione e trasformazione in complesso scolastico polivalente dell'ex sede compartimentale delle Poste Italiane s.p.a. sita in Palermo, Via Cirincione".

Palermo

Agosto 2021



Il Geologo
Dott. Carlo Cibella



REGIONE SICILIANA

ASSESSORATO LAVORI PUBBLICI UFFICIO DEL GENIO CIVILE DI PALERMO

Visto ai sensi dell'Art. 13 della Legge 2-2-1974 n.64

con le prescrizioni di cui all'art. 10 del numero e data

151262

04 OTT. 2021

L'INGEGNERE CAPO
(Ing. Giuseppe Nogara)



CITTA' METROPOLITANA DI PALERMO

DIREZIONE EDILIZIA E BENI CULTURALI

“Progetto per la riqualificazione e trasformazione in complesso scolastico polivalente dell'ex sede compartimentale delle Poste Italiane S.p.a. sita in Palermo, Via Cirincione”.

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

I.PREMESSE

Dietro incarico della Città Metropolitana di Palermo, è stata redatto il presente studio ai sensi delle N.T.C. di cui al DM del 17/01/2018, nell'ambito del “progetto di riqualificazione e trasformazione in complesso scolastico dell'ex sede compartimentale delle Poste Italiane Spa, sito in Palermo Via Cirincione nel Quartiere Brancaccio, affidamento incarico n° 2852 del 26/07/2021.

Descrizione dello stato di fatto

L'immobile oggetto del presente studio è costituito da un complesso edilizio che insiste su un'area di sedime di circa 13.000 mq., interamente recintata; il complesso si articola su sei edifici a pianta rettangolare disposti parallelamente fra loro.

Gli edifici si sviluppano su un piano seminterrato che li collega quasi tutti ed uno o tre piani fuori terra; in particolare l'edificio A si compone, oltre del piano seminterrato, di un piano rialzato, di piano primo e secondo; l'edificio B di un piano rialzato; l'edificio C, di piano rialzato, primo e secondo; l'edificio D di piano rialzato e di piano primo; l'edificio E di piano rialzato e piano primo; l'edificio F di piano rialzato.

I corpi di fabbrica descritti sono stati prevalentemente utilizzati come aree per attività operative e spazi per uffici.

Gli edifici sono collegati tra loro da vie carrabili, rampe e piazzali di sosta.

Le strutture portanti degli edifici risultano del tipo intelaiato in c.a. con copertura piana e non praticabile; le travi principali sono realizzate in travi tipo REP ad unica campata; tale tipo di strut-

tura consente una maggiore flessibilità per l'adattamento degli immobili ad altre destinazioni d'uso ed in particolare per la trasformazione ai fini scolastici.

Il rilievo strutturale del complesso, così come la campagna d'indagini puntuali effettuate sulle strutture hanno permesso di far emergere la tipologia e lo stato dell'esistente e quindi elaborare un progetto che tenga conto delle sue caratteristiche strutturali.

Da un primo esame è emerso che le strutture non si presentano in buone condizioni manutentive; le strutture portanti orizzontali di collegamento tra piano seminterrato e piano rialzato, fra l'altro maggiormente esposte agli agenti atmosferici, presentano degli ammaloramenti nei travetti; sono evidenti i segni di degrado strutturale nell'edificio A (corpo scala), con ammaloramento diffuso nei calcestruzzi e nei ferri delle strutture ispezionabili, così come nei cornicioni e nelle fasce marcapiano di tutti i prospetti.

Proposta progettuale

L'area di intervento si sviluppa tra le due vie, quasi parallele, di via Paniel e di via Cirrincione. Il progetto di riqualificazione dell'area del presente progetto definitivo prevede la demolizione delle costruzioni esistenti del complesso ex Poste e la sostituzione con altre di nuova realizzazione consistenti in n. 4 corpi di fabbrica, aventi stessa tipologia e dimensioni, un auditorium e una pensilina esterna.

Gli edifici scolastici si sviluppano sulle aree attualmente identificate dalle palazzine esistenti, tranne che per poche variazioni, mentre alcuni corpi bassi saranno demoliti e le loro aree lasciate disponibili per spazi esterni per attività sportive, parcheggi e spazi di connessione.

L'edificio tipo si compone di 3 corpi indipendenti fra di essi giuntati, ovvero un corpo cosiddetto "centrale" e due corpi "laterali", esattamente speculari rispetto al corpo centrale. Sia il corpo centrale che i corpi laterali sono a quattro elevazioni fuori terra e presentano altezze d'interpiano uguali, pari rispettivamente a 4.05 m (primo livello) e 3.35 m (secondo, terzo e quarto livello). Tali altezze sono da intendersi computate al "rustico", da estradosso solaio ad estradosso solaio sovrastante. Lo spessore del giunto sismico è pari a 20 cm.

Il corpo laterale è previsto con struttura intelaiata in c.a. e fondazioni dirette costituite da un graticcio di travi rovesce. La configurazione planimetrica è rettangolare (con una rientranza sul corpo scala esterno), con dimensioni di massimo ingombro in pianta 28.80 m × 13.10 m.

Anche il corpo centrale è previsto con struttura intelaiata in c.a. e fondazioni dirette costituite da una platea "nervata". La configurazione planimetrica è inscrivibile in un rettangolo di dimensioni 14.60m x 10.60m e si caratterizza per la "cuspidè" centrale sul prospetto d'ingresso.

Tutti i solai di piano e di copertura sono previsti in latero-cemento di spessore $H=20+5$ cm, con travetti prefabbricati precompressi tipo 9/12.

Le palazzine hanno sviluppo in lunghezza totale di mt 68,50, mentre di larghezza per mt 14,60.

In altezza si sviluppano per 4 livelli fuori terra, per una altezza complessiva di mt 14,10.

L'auditorium, di dimensioni in pianta pari a 17.70 x 22.50 m ed altezza pari a 4.70 m, avrà struttura intelaiata con fondazioni dirette.

La fondazione, del tipo diretto, sarà realizzata con platea nervata di spessore pari a 40 cm e nervature, longitudinali e trasversali, di dimensione 30x120 cm; in corrispondenza di ogni colonna sarà realizzato un dado in calcestruzzo armato di dimensioni pari a 110 x 110 x 120 cm.

Si prevede la realizzazione di una pensilina esterna per l'accesso all'auditorium tra gli edifici denominati "A" e "B". La pensilina, di dimensioni in pianta pari a 18.00 x 12.20 m ed altezza pari a 5.30 m, sarà sorretta da n. 6 colonne, ed avrà struttura in carpenteria metallica e copertura in lamiera grecata.

Scopo del presente studio è stato quello di verificare l'assetto geomorfologico, geologico-strutturale dell'area in esame, accertando in particolare se nel sito in progetto esistono caratteristiche geomorfologiche e geologiche tali da garantire la stabilità delle opere previste in progetto, anche sulla base dei dati raccolti dall'esame delle carte del Piano di Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.).

In una prima fase abbiamo, quindi, organizzato il nostro lavoro eseguendo un sopralluogo al fine di studiare una zona più vasta rispetto a quella direttamente interessata dal progetto per inquadrare, in una più ampia visione geologica, la locale situazione geostrutturale.

Nostro interesse era, inoltre, quello di definire l'habitus geomorfologico e l'assetto idrogeologico concentrando l'attenzione sulle condizioni di stabilità dei versanti e sullo stato degli agenti morfogenetici attivi.

Per quanto riguarda la caratterizzazione stratigrafica locale, questa è stata appurata utilizzando i dati desunti dalle stratigrafie dei Sondaggi geognostici S1 S2 e dei sondaggi sismici tipo Masw,

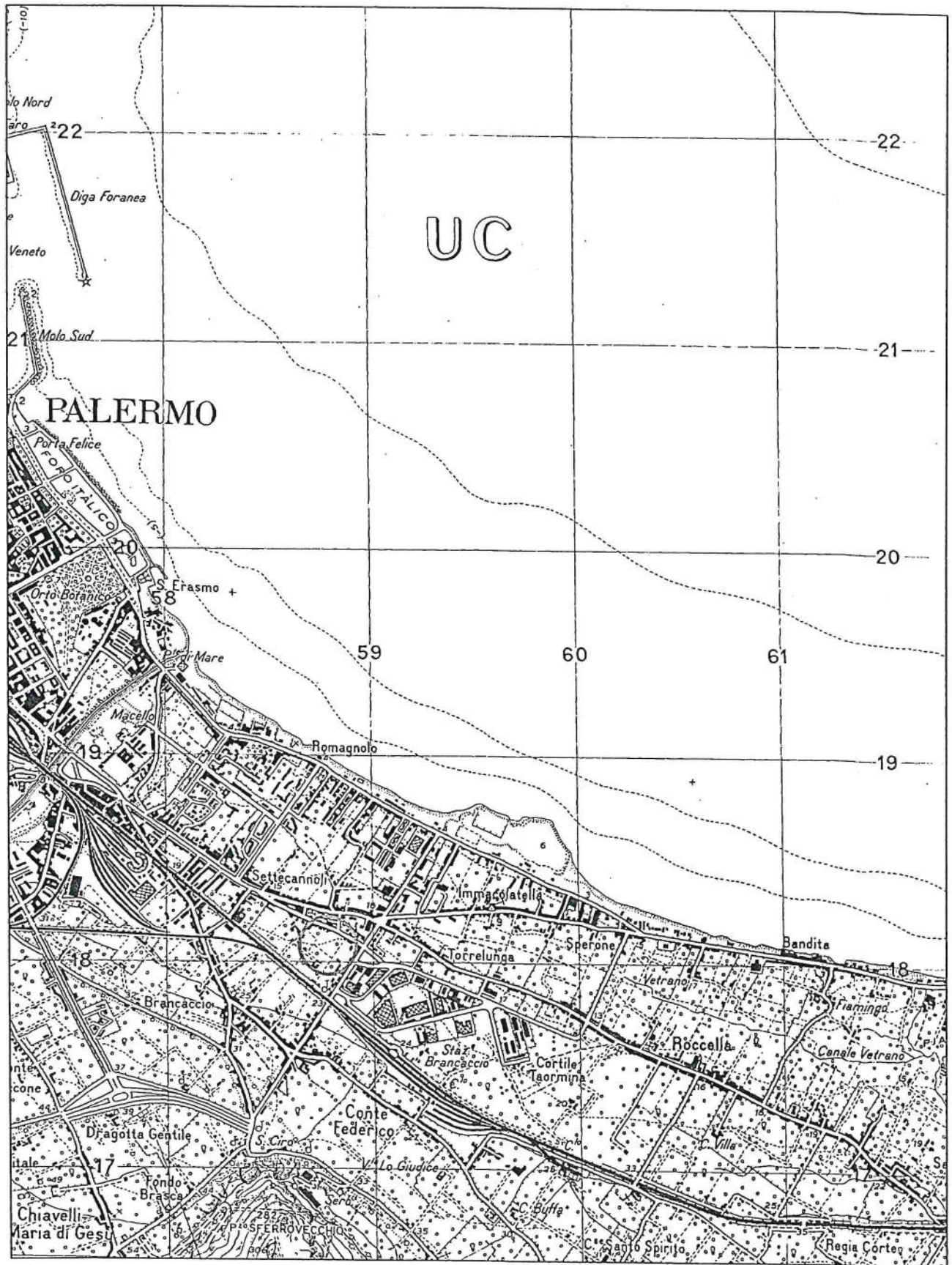
denominati Masw 1 e Masw 2, effettuati nel sito in studio nell'ambito di lavori precedenti e forniti dal committente, la cui ubicazione è riportata nella carta geologica-geomorfologica facente parte del presente studio.

Con i dati in nostro possesso abbiamo redatto la presente Relazione Geologica che, così come prescrive la circolare A.R.T.A. n°3 - DRA prot. n. 28807 del 20.06.2014, contiene i seguenti elaborati, utilizzando come supporto topografico la cartografia tecnica delle Regione Siciliana:

- Corografia in scala 1:25.000;
- Carta geologica e delle indagini in scala 1:5.000;
- Stralcio delle carte edite dall'A.R.T.A nell'ambito del P.A.I.;
- Planimetria di progetto (piano terra).

COROGRAFIA

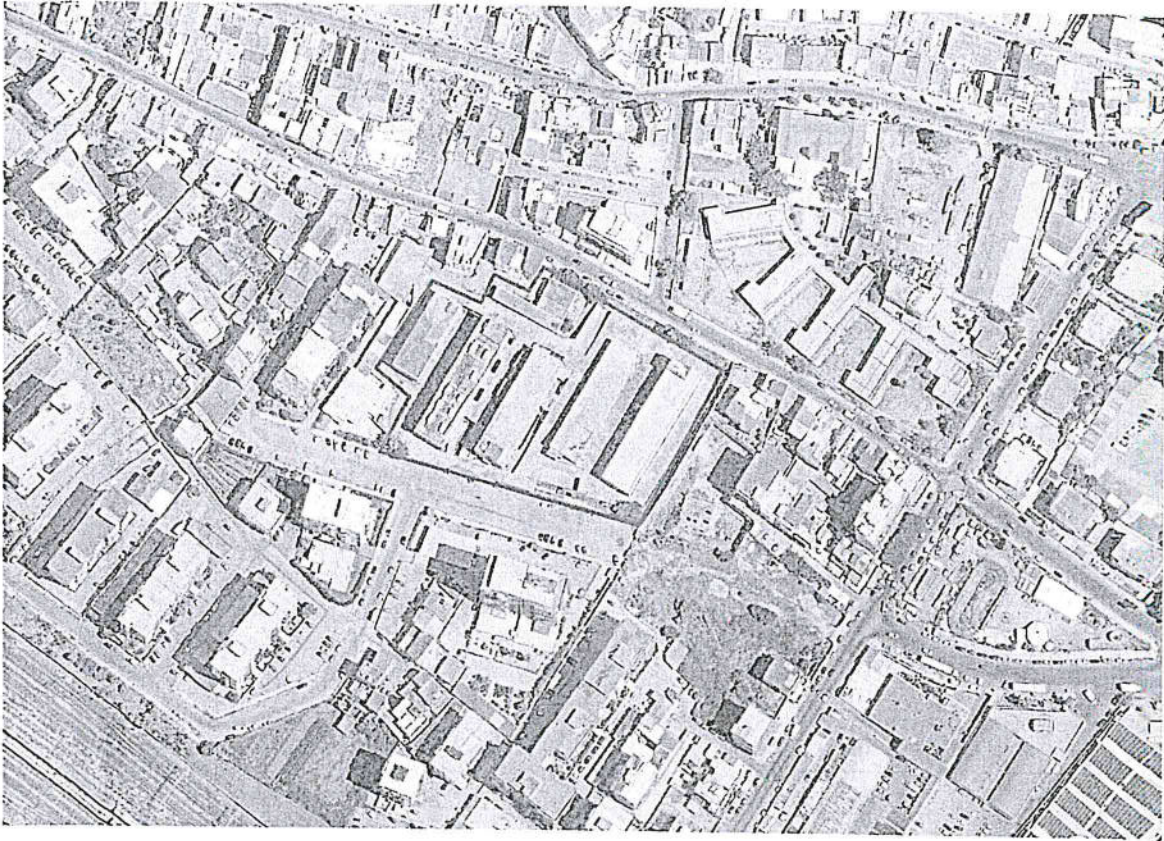
Stralcio tavoletta IGM 249 II NE

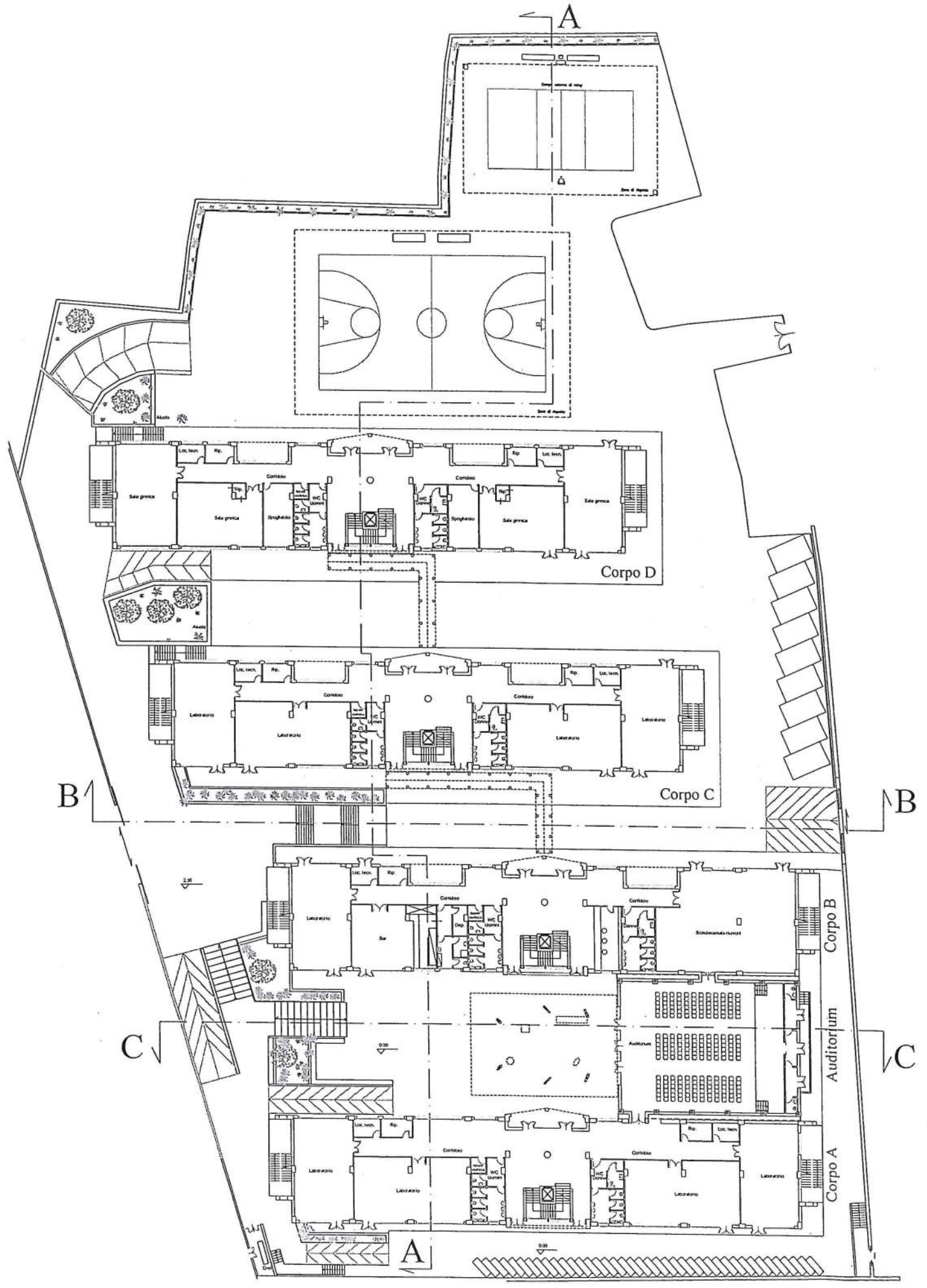


○ Area in studio

scala 1:25.000

INQUADRAMENTO TERRITORIALE SU ORTOFOTO





2. LINEAMENTI GEOLOGICI

La costituzione geologica della Piana di Palermo è data da un ampio terrazzo marino costituito da calcareniti bioclastiche di età pleistocenica note in letteratura come "Formazione calcarenitico-sabbiosa".

La continuità geologica della Piana è interrotta talora dalla presenza di spessi depositi di natura alluvionale abbandonati da antichi corsi d'acqua. I fiumi che un tempo scorrevano, oggi in gran parte non sono più visibili perché inghiottiti dall'intensa attività antropica che ha completamente stravolto l'antico assetto morfologico sul quale si è sviluppata la città di Palermo.

Un ulteriore litotipo che si riscontra nel sottosuolo, la cui presenza non è trascurabile, è caratterizzato dal terreno di riporto che localmente raggiunge spessori notevoli.

I terreni affioranti nell'area in studio sono costituiti dal *complesso calcarenitico Le calcareniti bioclastiche*, depositatesi durante una fase di trasgressione marina quaternaria, interessano largamente l'area in studio così come gran parte della piana costiera su cui si sviluppa la città di Palermo, raggiungendo la fascia pedemontana e coprendo un'estensione di circa 150 km².

Esse si presentano stratificate anche in spessi banchi oppure sottilmente laminate con una giacitura diretta verso la linea di costa attuale e mostrano spesso una stratificazione di tipo incrociata che denuncia una deposizione avvenuta in ambiente litorale.

Le calcareniti presentano localmente una matrice grossolana, altrove la matrice invece è a grana fine, ricca di sabbia quarzosa. Gli strati sono generalmente sottili con interposti livelli siltici, ma non è difficile osservare spessi banchi costituiti da clasti cementati aventi granulometria variabile nel range delle sabbie grossolane sino alle siltiti argillose.

Il sedimento è costituito da uno scheletro di origine carbonatica e raramente quarzosa con presenza di numerosi gusci fossilizzati di molluschi e lamellibranchi, ma sono frequenti intercalati livelli di natura argillosa.

Frequentemente le calcareniti si presentano nodulari, con spazi internodulari riempiti da sabbie fini.

Il cemento di colore giallastro, che conferisce alla formazione tale tinta, è generalmente di natura carbonatica e di origine secondaria, dovuto cioè alla precipitazione di sali quali il carbonato di calcio (CaCO₃) contenuti in forte concentrazione nei fluidi provenienti dall'infiltrazione delle acque meteoriche, che circolavano all'interno dei numerosi vuoti intergranulari.

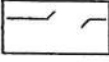
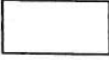



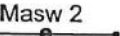
Depositi limosi lacustri, sono costituiti da argille siltose grigiastre talvolta nerastre (torbose), ricche di sostanza organica, con frustoli carboniosi e rari ciottoli centimetrici, nonché da silt sabbioso – argilloso e fetido. Si rinvengono soprattutto a valle di importanti gruppi sorgentizi formanti specchi d'acqua dolce (Favara di Villabate e Favara di Maredolce), in corrispondenza di antichi ambienti lacustri evoluti a palustri e salmastri (area di Mondello) e nell'antico tratto terminale del torrente Passo di Rigano (zona dell'Ucciardone, al Borgo Vecchio). Lo spessore è variabile e presenta valori massimi compresi tra 3 e 5 m.

CARTA GEOLOGICA E DELLE INDAGINI

(Scala 1:5.000)



LEGENDA

-  DEPOSITI ALLUVIONALI. Limi argillosi ricchi di sostanza organica, saturi.
-  SISTEMA DI BARCARELLO. Conglomerati, areniti, sabbie grossolane, terre rosse
-  CALCARENITI DI PALERMO. Calcareniti e calciruditi da bianche a giallo-rossastre intercalate a livelli sabbioso-limosi
-  SITO DI PROGETTO
-  S1 ○ SONDAGGI GEOGNOSTICI
-  Masw 2 — INDAGINE SISMICA MASW

3. CONSIDERAZIONI GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

Da un punto di vista geomorfologico l'area è costituita da un paesaggio molto regolare contraddistinto da terrazzi marini formatisi durante il Pleistocene e caratterizzati dall'affioramento della "Formazione Calcarenitica".

Le condizioni di stabilità dell'area sono ottime in relazione alla favorevole giacitura dei terreni presenti, nonché alla mancanza assoluta di agenti geodinamici che possano in futuro turbare il presente equilibrio.

La totale mancanza di una rete idrografica superficiale è da mettere in relazione alla notevole permeabilità dei terreni che favorisce l'infiltrazione delle acque meteoriche e selvagge sottraendole al deflusso superficiale. Le acque infiltratesi vanno a costituire una falda freatica il cui livello si trova ad una profondità di oltre 20 metri dal piano di campagna.

Non si ritiene di eseguire verifiche di stabilità in quanto, essendo l'area pianeggiante, non è possibile l'instaurarsi di alcun movimento franoso e, quindi, si registrerebbero valori del coefficiente di sicurezza decisamente superiori ai minimi previsti dalla legge.

Sul sito non risultano gravare vincoli derivanti da pericolosità/rischio idraulico e geomorfologico, come confermato dal Piano Straordinario per il Rischio Idrogeologico - *Bacino del Fiume Oreto (039) ed area territoriale compresa tra il Bacino del F. Oreto e Punta Raisi (040) - Aggiornamento anno 2011* - che non inserisce tale area tra quelle interessate da dissesti, a rischio geomorfologico ed idraulico.

Nelle pagine successive si allegano gli stralci delle carte dei dissesti e del rischio e delle pericolosità geomorfologiche relative al bacino del Fiume Oreto nel quale ricade il sito di progetto, gli stralci delle carte della pericolosità e del rischio idraulico non sono state allegate non essendo il sito interessato da tali pericolosità.

4. CARATTERISTICHE LITOTECNICHE DEI TERRENI

Al fine di definire la successione stratigrafica dei terreni di fondazione del complesso edilizio in esame, le caratteristiche fisiche e meccaniche degli stessi per una loro caratterizzazione geomeccanica e sismica, sono state eseguite una serie di indagini geognostiche, geofisiche

Tali indagini, eseguite nel mese di Giugno 2010 sono consistite, pertanto, in:

- n. 2 sondaggi meccanici a rotazione a carotaggio continuo;
- n. 7 prove SPT (standard penetration test);
- n. 2 piezometri a tubo aperto installati nei fori di sondaggio;
- n. 2 prove geofisiche sismiche di tipo masw;

Le indagini e le prove in sito sono state eseguite dalla ditta Si.Ar. trivellazioni mentre le prove sismiche sono state eseguite dallo scrivente nell'anno 2020.

I sondaggi meccanici S1 ed S2 sono stati spinti fino alla profondità di 15,00 m dal p.c. e successivamente attrezzati con piezometri a tubo aperto per il monitoraggio del livello della falda idrica.

Individualmente, i sondaggi hanno attraversato, una successione verticale di strati così composta:

1- **Copertura recente** (max. 1,00 m di spessore), composta da terreni colluviali e locali riporti, con inclusi elementi clastici calcarenitici centimetrici provenienti dal disfacimento dall'equivalente laterale di sottostanti strati. Trattasi evidentemente di una associazione clastica originatasi in ambiente continentale, o per attività antropica o per meccanismi di alterazione chimico-fisica della formazione sottostante e successivamente per sedimentazione di apporto clastico da aree poste a monte.

2- **Multistrato calcarenitico** ascrivibile al Pleistocene inferiore-medio, in livelli da metrici a decimetrici di biocalcareni e bioruditi fossilifere e vacuolari, interdigitate con strati di sabbie giallastre con rari limi sabbiosi avana. I sondaggi non hanno raggiunto il letto della Formazione pleistocenica, rimanendo tutti confinati nell'intervallo calcarenitico-sabbioso-limoso. Si tratta di una successione generatasi per deposizione marina tipica delle aree costiere e di piattaforma interna. Questa situazione, peraltro abbastanza normale per tale tipo di depositi costieri, conferisce una complessità stratigrafica al multistrato calcarenitico certamente non risolvibile nel dettaglio sulla base delle successioni verticali ottenute dalle perforazioni, distanti tra loro una ventina di metri.

Sulla base di questo raggruppamento, ci si può riferire a livelli dalle caratteristiche fisiche (granulometrie, densità, contenuto d'acqua, coerenza/cementazione, ecc) e dal comportamento meccanico sufficientemente simili e tali da permettere una correlazione laterale significativa tra le stratigrafie ricavate dalle perforazioni. Nel complesso, tutte le litofacies riconosciute sono state associate e raggruppate in tre livelli significativi di gerarchia superiore, ottenendo la seguente ricostruzione stratigrafica dall'alto verso il basso:

-L1 - livello superficiale e di terreni colluviali. Spessore compreso tra le 0,70 ed 1,00 m (R)

-L2 - livello a strati di biocalcareni e bioruditi, solitamente ben cementate, e vacuolari . Spessore compreso tra 5,00 e 9,00 m , intercalate a livelli di sabbie talvolta grossolane, con scarsa cementazione e con frammenti di gusci di lamellibranchi, contenenti una frazione limosa variabile, di colore dal giallo all'avana (C1 e Sc)

-L3 - Livello limoso-sabbioso scarsamente cementato grigio con spessore di indagine variabile da 1,00 a 3,00 m con resti di Scafopodi (Dentalium).(As)

Lo strato interessato dal piano di fondazione è il livello L2. Dall'esame delle stratigrafie si evidenzia che il livello Sc localmente presenta un grado di addensamento e/o cementazione variabile. Infatti il sondaggio S1 mostra uno strato di sabbia poco addensato, compreso tra 6 e 9 metri.

Data la natura dei terreni attraversati non si è provveduto al prelievo di campioni indisturbati in compenso nel corso della perforazione sono state eseguite prove penetrometriche in foro (SPT) a diverse profondità dal piano campagna.

La prova consiste nell'infiggere nel terreno, alla base del foro di sondaggio ed alla quota pre-scelta, un campionatore standardizzato sotto i colpi di un maglio di 63,5 kg che batte sulla punta a partire da una altezza di caduta libera pari a 0,76 m, rilevando il numero di colpi necessari ad infiggere la punta per tre tratti consecutivi di 15 cm ciascuno.

Il valore di NSPT è dato dalla somma dei colpi relativi al 2° ed al 3° tratto (NSPT); la prova viene sospesa, e si dice che è andata "a rifiuto", quando N, per un tratto di 15 cm, supera i 50 colpi.

Nella tabella di seguito esposta sono stati riepilogati i risultati delle suddette prove:

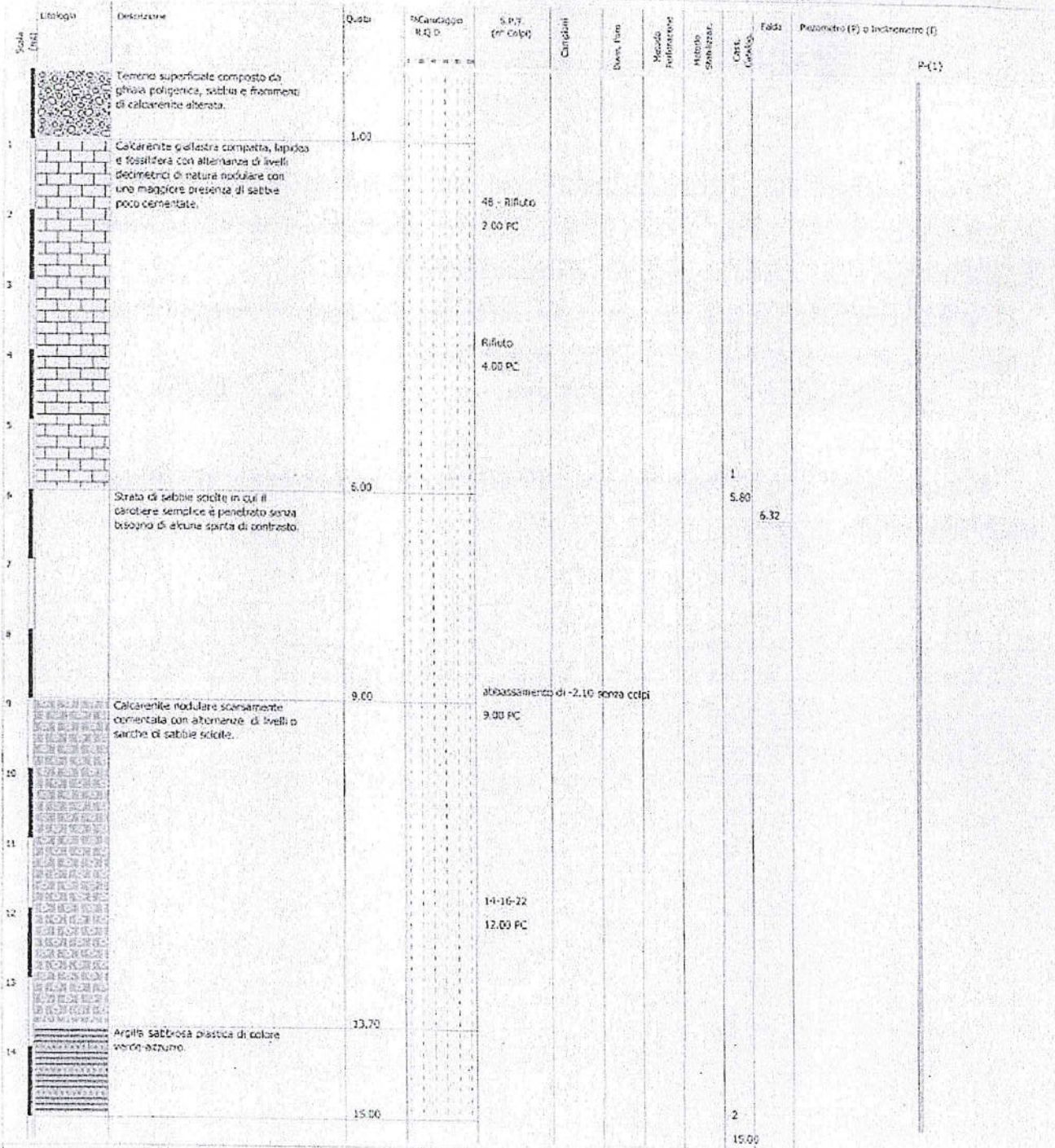


SI.Ar. Trivellazioni di Rosario Simonetti

Sede legale: Via Al Casale Settimo, 3/F - Sede Operativa: Via Villagrazia, 211 - 90125 Palermo - P.IVA 04332060823
 Tel. e fax: 091 6470073 - Cell. 3356216088
 Sito web: www.siartrivellazioni.com - Email: info@siartrivellazioni.com

SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Comitente Provincia Regionale di Palermo	Profondità massima 15,00	Quota Ass. P.C.	Località Palazzo ex Poste in Via Cirincione di I	Pagina Palazzo ex Poste in Via Cirincione di I
Operatore	Iniziativa Sondaggio Geognostico	Intervento utilizzato Comune di Palermo		Inizio fine Esecuzione 08 Giugno 2013
Responsabile	Sondaggio S1	Tipo Carotaggio Continuo	Tipo Sonda CMV MK 800	Coordinate Geografiche



Carotaggio: S. Patti Suda, C. Cirincione, M. Muzic, M. Amoregrosso, R. Romagnolo di SPT
 Pulviscenza: ATA, Tullio Aperto, CSO-Campione
 Pulviscenza: CS-Campione Sottile, CD-Campione Doppio, EC-Ghiaia Coriacea
 Sottile: SPT-Pulviscenza Sottile, PD-Tanglio Retardato
 Prova SPT: AT-Punta Aperta, EC-Punta Chiusa
 Carotaggio: Continuo

Il Direttore dei lavori



Sondaggio	Litotipo	Profondità di prova (m)	N	N ₂	N ₃	N ₃₋₇
S1	Cl	2,00	46	R	-	R
S1	Cl	4,00	R	-	-	R
S1	Sc	9,00	0	-	-	0
S1	Sc	12,00	14	16	22	38
S2	Cl	2,00	R	-	-	R
S2	Cl	4,00	R	-	-	R
S2	Sc	12,00	9	6	6	14

Tab 4.1 – Risultati delle prove SPT

La serie stratigrafica locale è stata ricostruita tenendo conto dei dati desunti dalle stratigrafie dei Sondaggi S1, ed S2 effettuati nell'area in studio per lavori precedenti e forniti allo scrivente dal committente, le cui colonne stratigrafiche vengono di seguito riportate.

Per quanto riguarda i parametri fisico-meccanici si possono utilizzare, in via cautelativa, considerando che sono presenti dei livelli incoerenti i seguenti valori:

$$\gamma = 18-19 \text{ KN/m}^3$$

$$c' = 0-10 \text{ KN/m}^2$$

$$\varphi' = 30^\circ-33^\circ$$

Nella pagina successiva si allegano le colonne stratigrafiche dei sondaggi geognostici effettuati nell'area in studio.



SI.Ar. Trivellazioni di Rosario Simonetti

Sede legale: Via Al Casale Settimo, 3/F - Sede Operativa: Via Villagrazia, 211 - 90125 Palermo - P.IVA 04332060823
Tel. e fax: 091 6470073 - Cell. 3356216088
Site: www.siartrivellazioni.com - Email: info@siartrivellazioni.com

SONDAGGIO GEONOSTICO

Comitente: Provincia Regionale di Palermo	Profondità massima 15,00	Quota Ass. P.C.	Località Palazzo ex Poste in Via Ciminichè di 1	Pagina
Operatore	Indagine Sondaggio Geognostico	Referenza intervento Comune di Palermo		Data/Fine Esecuzione: 02 Giugno 2010
Responsabile	Sondaggio S2	Tipo Caricamento Continuo	Tipo Sonda DMV MK 500	Coordinate Geografiche

Scala (cm)	Utilizzo	Descrizione	Quota	NE/Sondaggio R.Q.D.	S.A.T. (m' Camp)	Campio	Blau New	March Professional	March Superior	Faccia	Parametri (P) e Balconetto (B)
0		Terrino sup. composto da uno strato di asfalto e da ghiaia poligonica, sotto il frammento di calcarenite alterata.	0,30								P-(1)
1		Calcarenite giallastra compatta, lapidea e fossilifera con alternanze di livelli decimetri di natura nodulare con una matrice pressiva di sabbie poco cementate.			Rifuto 2,00 PC						
3					Rifuto 4,00 PC						
5									1 5,00		
6		Calcarenite nodulare scarsamente cementata con alternanze di livelli decimetri di sabbie sciolte. Colore giallo ocra.	6,00						5,80		
7											
8											
9											
10											
11											
12		Argilla sabbiosa plastica di colore verde-azzurro.	12,00		9 - 6 - 8 12,00 PC					2 11,50	
13											
14			15,00								
										15,00	

Caricamento Sonda: D. Di Stefano, P. Maresca, R. Trivellazioni, R. Trivellazioni di S. M.
 Parametri: A1A Tolo 40m, 500 Caricamento
 Parametri: G1 Caricamento Superiore, G2 Caricamento Superiore, G3 Caricamento Superiore
 Modificazioni: S1A Modificazioni Superiore, S2 Caricamento Superiore
 Faccia: S1T, S2 Caricamento Superiore, S3 Caricamento Superiore
 Caricamento: S1M, S2

Il Direttore dei lavori

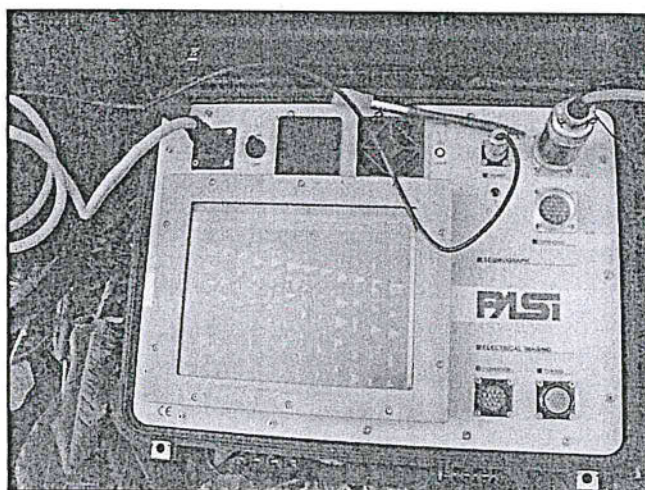


5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

Nel sito in esame sono stati acquisiti due profili sismici secondo la metodologia MASW.

Tale indagine ha avuto lo scopo di individuare le velocità di propagazione delle onde sismiche secondarie (onde S) all'interno dei terreni che costituiscono i primi 30 metri di sottosuolo, secondo la normativa vigente (D.M. 17/01/2018 e ss.mm.ii.)

La campagna di indagini geofisiche è stata articolata in due prospezioni sismiche, denominate



Masw 1 e Masw 2, realizzate entrambe tramite la collocazione di 24 geofoni lungo un allineamento definito di 51 metri. I geofoni, commercializzati dalla PASI s.r.l., hanno una frequenza di 4,5 hz, sono stati posti con una equidistanza di due metri, mentre l'offset è stato posto a cinque metri dal primo geofono.

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato il sismografo digitale 16SG24N a

24 canali della PASI srl ad alta risoluzione, matricola n° 09036062N, in grado di registrare i segnali provenienti da geofoni a componente verticale e di permettere, grazie ad un software di elaborazione interno, un rapido controllo della qualità della registrazione, consentendo un processing preliminare dei dati in situ.

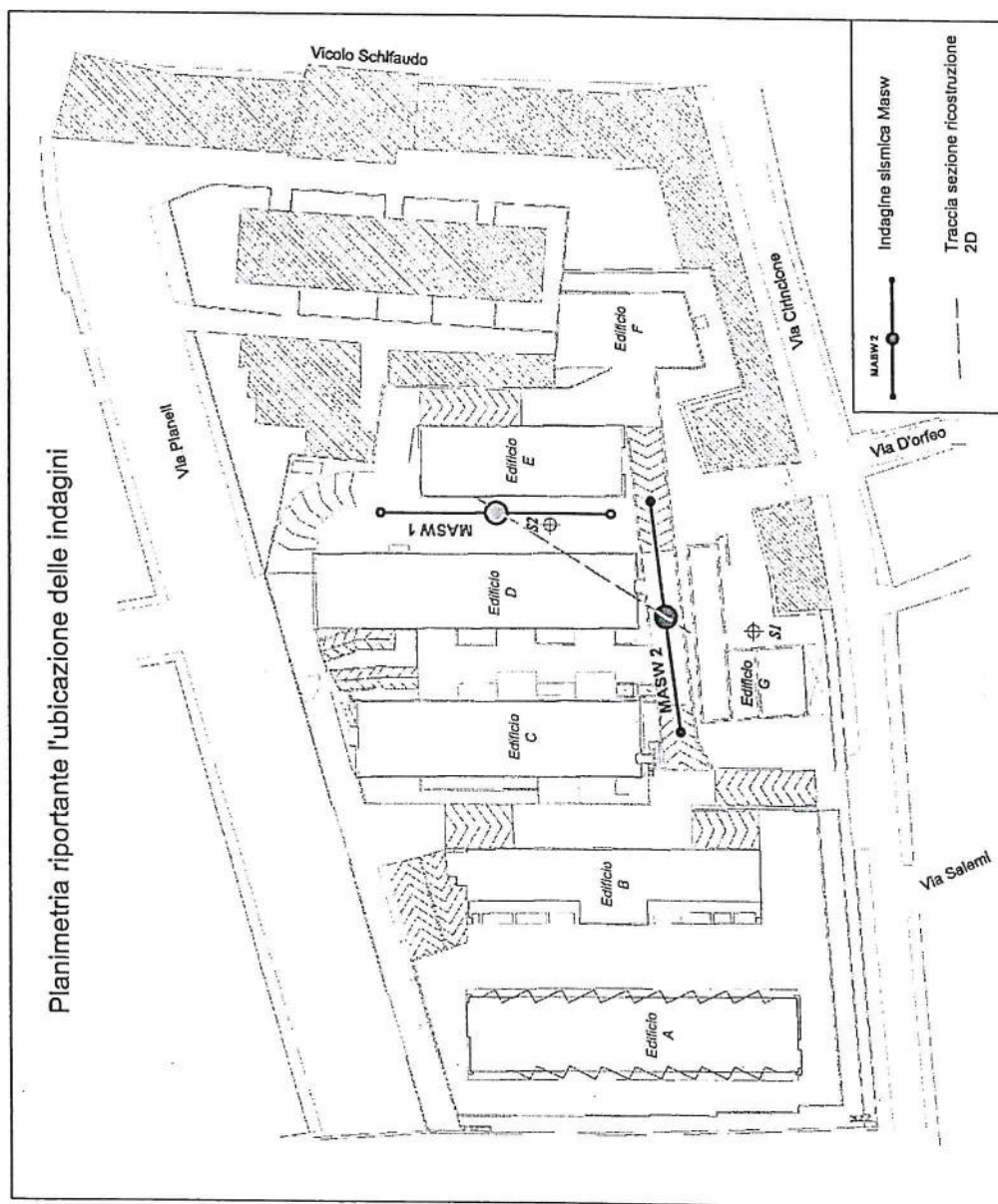
Il sismografo in questione costituisce la componente fondamentale dell'apparato di acquisizione dei dati. Si tratta di uno strumento digitale a 24 canali, dotato di un processore Pentium 266 Intel ad alta risoluzione, una frequenza massima di campionamento di 100.000 Hz, un convertitore Analogico/Digitale a 16 bit, una velocità massima di campionamento pari 16 ms e una risoluzione di acquisizione a 24 bit, con sovracampionamento e post-processing.

Le impostazioni dei parametri di acquisizione dello strumento vengono scelte in funzione del tipo di indagine eseguito, della lunghezza degli stendimenti, del grado di risoluzione ricercato,

delle condizioni ambientali rispetto alle fonti di rumore e tenendo conto della relativa uniformità delle successioni sedimentarie presenti nelle zone indagate.

Per l'energizzazione è stata utilizzata una mazza di battuta del peso di 8 kg con interruttore starter battente su una piastra metallica che è stata utilizzata come dispositivo in grado di generare onde sismiche.

Di seguito si allega la planimetria riportante l'ubicazione dei sondaggi effettuati.



Metodologia utilizzata ed elaborazione dei dati acquisiti

Quando un terreno viene sollecitato elasticamente, lungo l'interfaccia terreno-aria, si generano onde di Rayleigh attraverso l'interazione tra le onde di compressione P e le onde di taglio S. È noto che la propagazione delle onde superficiali, nel caso di mezzi stratificati e trasversalmente isotropi, avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei; non esiste più una unica velocità ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda. Queste interessano il terreno a diverse profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche, appunto variabili con la profondità. Questo comportamento è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie.

Ovviamente le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno ad interessare il terreno più in profondità; al contrario le lunghezze d'onda più piccole, poiché sono associate alle frequenze più alte, rimangono nelle immediate vicinanze della superficie. La velocità di propagazione delle onde di Rayleigh (V_r) è pari a $0,91 V_s$ e ai fini pratici ciò si traduce nel fatto che misurando la V_r si ottiene la V_s con un errore di calcolo del tutto trascurabile. I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_P e dalla densità, è funzione innanzitutto della V_S , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dalle recenti normative antisismiche.

L'elaborazione e l'interpretazione dei dati sismici è stata eseguita con l'ausilio del software "WinMASW", prodotto dalla "Eliosoft", che consente di analizzare dati sismici (common-shot gathers) acquisiti in campagna in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della V_S (velocità delle onde di taglio). Tale risultato viene ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW.

La procedura si sviluppa in tre operazioni svolte in successione:

1. acquisizione multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo costituito da 24 geofoni ed una sorgente sismica;

2. estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione);

3. inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle VS (un profilo verticale posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico).

I comuni metodi lineari forniscono, infatti, soluzioni che dipendono dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire; in altre parole, i metodi lineari hanno un'altissima probabilità di fallire indicando un modello errato della situazione reale.

Gli algoritmi evolutivi basati su metodologie di ottimizzazione di tipo "global search" (quali ad esempio gli algoritmi genetici) sono potenzialmente in grado di fornire indicazioni più complete e precise.

A differenza dei metodi lineari non è necessario fornire alcun modello di partenza. E' invece necessario definire uno "spazio di ricerca" all'interno del quale vengono valutate diverse possibili soluzioni. Il punto di forza del programma "winMASW" è quello di fornire risultati molto più robusti rispetto a quelli possibili con altre metodologie. La soluzione finale viene infine proposta con anche una stima della sua attendibilità (deviazioni standard) ottenuta grazie all'utilizzo di tecniche statistiche.

Entrando nel merito della elaborazione, per la determinazione del profilo verticale della VS (e quindi la VS30) il primo passo riguarda la "Determinazione dello Spettro di Velocità" ed il "picking" della curva di dispersione. Successivamente si procede con la modellazione diretta o l'inversione della curva di dispersione interpretata dall'utente.

Una volta caricati i dati si procede con il calcolo dello spettro di velocità, e quindi si effettua il picking della curva di dispersione cioè la selezione dei punti che appartengono ad un certo modo di propagazione dell'onda superficiale. Successivamente, per ottenere il profilo verticale della VS, è necessario eseguire l'inversione della curva di dispersione precedentemente "piccata".

L'inversione viene effettuata grazie all'utilizzo di una solida tecnica di ottimizzazione (algoritmi genetici) che richiede un notevole impegno delle risorse di calcolo del computer. La contropartita è una soluzione più affidabile e una stima dell'attendibilità del modello ricavato (deviazioni standard).

Grazie alle conoscenze geologiche dell'area in esame, considerate le stratigrafie dei sondaggi realizzati all'interno del sito, si è stabilito per l'interpretazione dei dati acquisiti una modellistica

a 3 strati. Le curve di dispersione relative ai due sondaggi sismici effettuati sono mostrate nelle schede allegate nelle pagine successive. Solo il modo fondamentale della curva è stato analizzato per la determinazione del parametro V_{seq} .

Le analisi dei profili sismici MASW hanno permesso la definizione di modelli 1D di velocità delle onde di taglio, localizzabili nei baricentri dello stendimento.

La profondità di penetrazione dell'indagine MASW è determinata dalla relazione tra velocità e frequenze rappresentate nella curva di dispersione. Strati più profondi influenzano, infatti, frequenze inferiori (lunghezze d'onda maggiori) e di conseguenza sarà la frequenza più bassa a determinare la massima profondità di penetrazione (da cui l'importanza di generare un segnale con una sufficiente quantità di energia anche alle frequenze più basse). Questo valore è determinato attraverso l'approssimazione $\lambda/2.5$ ed è, quindi, chiaramente solo indicativo. Infatti, è bene precisare che, a causa della variazione dei parametri fisico - meccanici (porosità, contenuto d'acqua, grado di fatturazione, ecc.), non sempre gli spessori sismostratigrafici coincidono con gli spessori litologici. Alla fine del calcolo viene fornita la VS media fino a 30 metri di profondità.

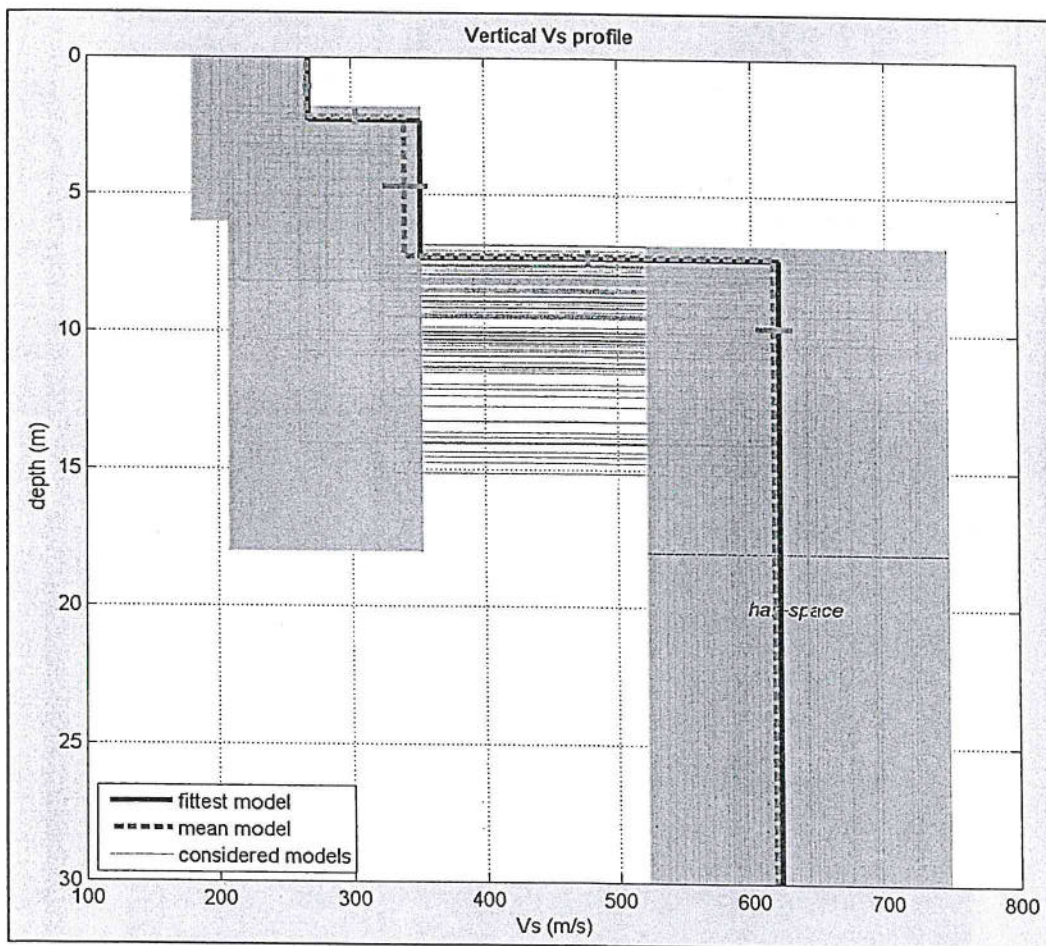
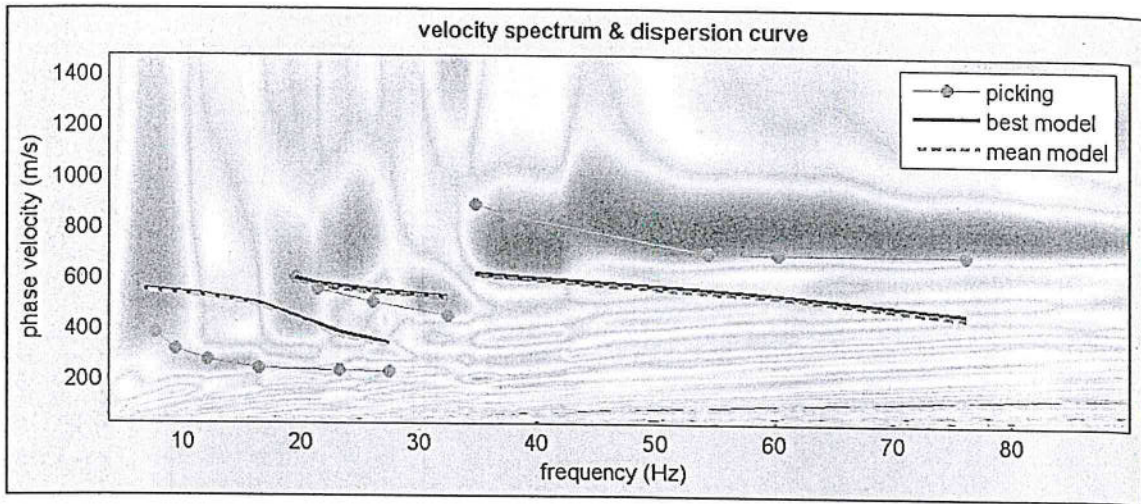
Durante l'esecuzione dei sondaggi è stata eseguita una energizzazione verticale ad un estremo dello stendimento.

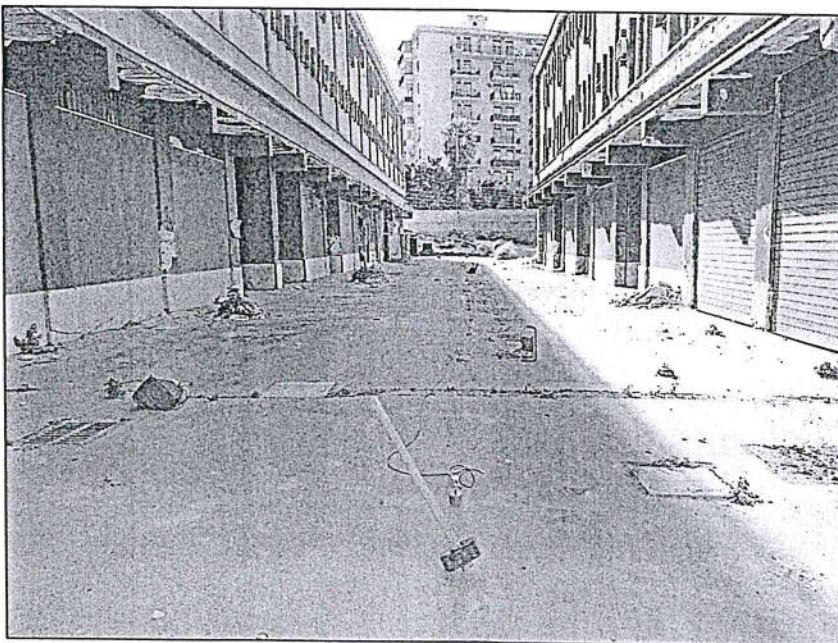
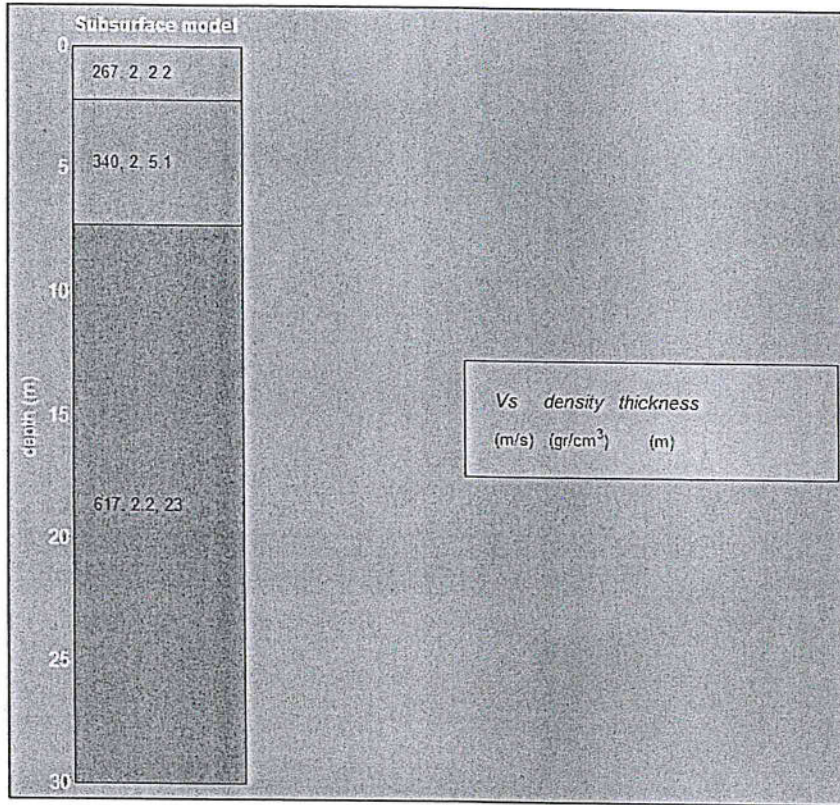
Le caratteristiche di acquisizione dei sondaggi sismici sono le seguenti:

Lunghezza totale della stesa (m)	Numero geofoni (4.5 Hz)	Posizione Off set (m)	Posizione primo geofono (m)	Posizione ultimo geofono (m)	Equidistanza tra i geofoni (m)
51	24	0	5	51	2

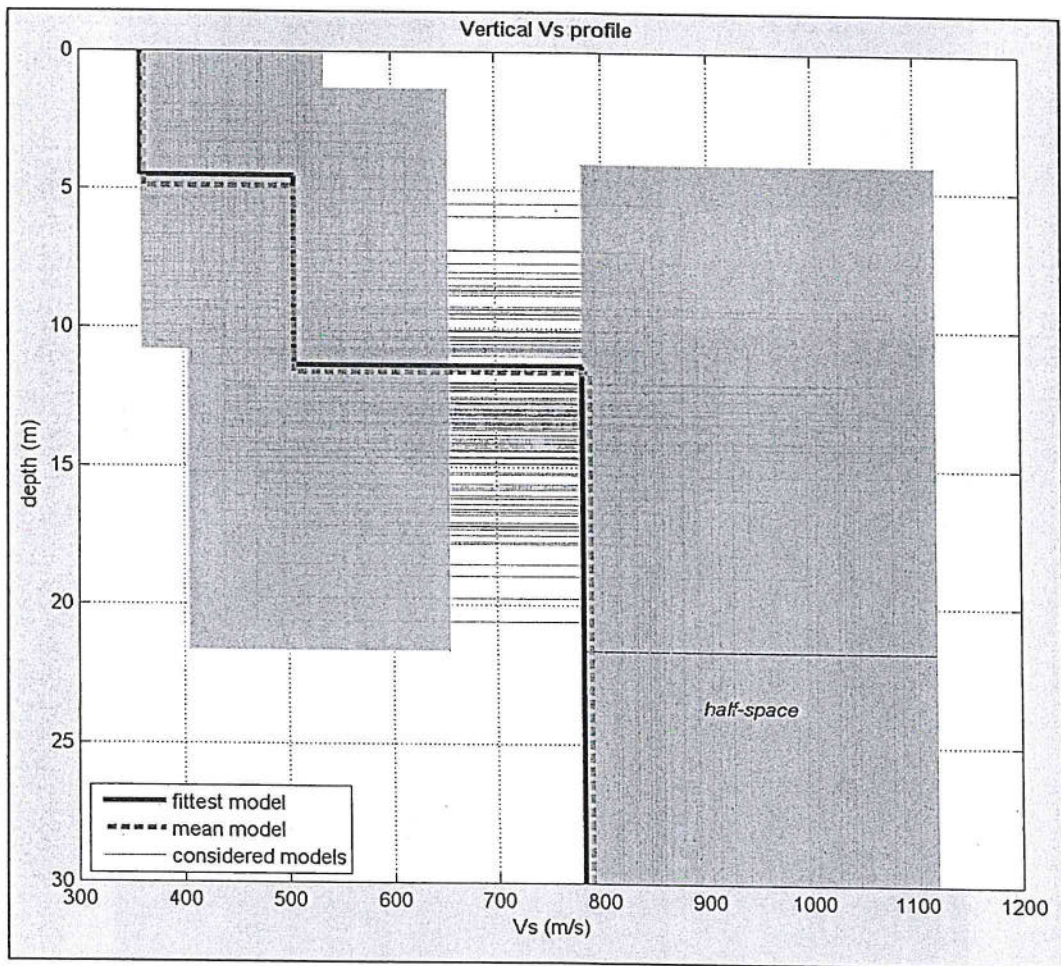
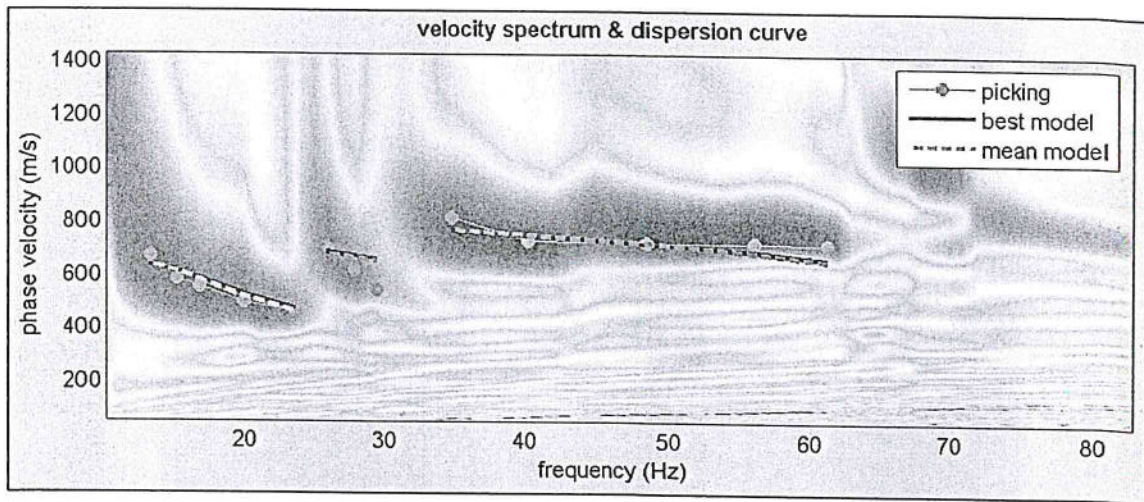
Nelle pagine successive mostriamo il risultato della elaborazione dei due sondaggi masw, denominati masw1 e Masw2.

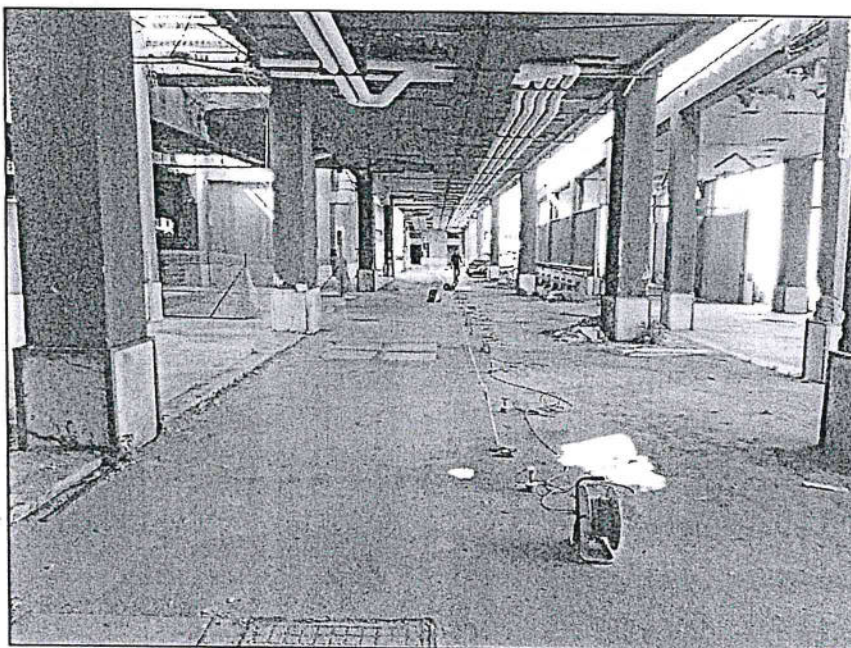
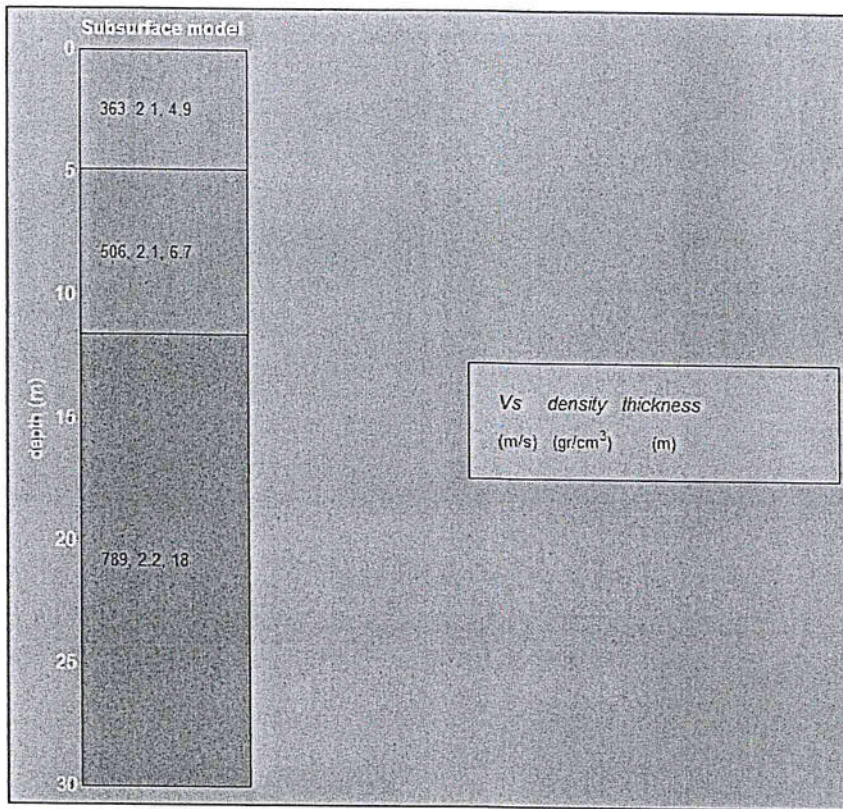
MASW1





MASW 2





Poiché la profondità H del substrato (definito come quella formazione di roccia o terreno molto rigido) caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s è maggiore di 30 metri, di seguito si fornisce come velocità equivalente delle onde di taglio il parametro V_{s30} , così come descritto nel paragrafo 3.2.2. delle NTC 2018.

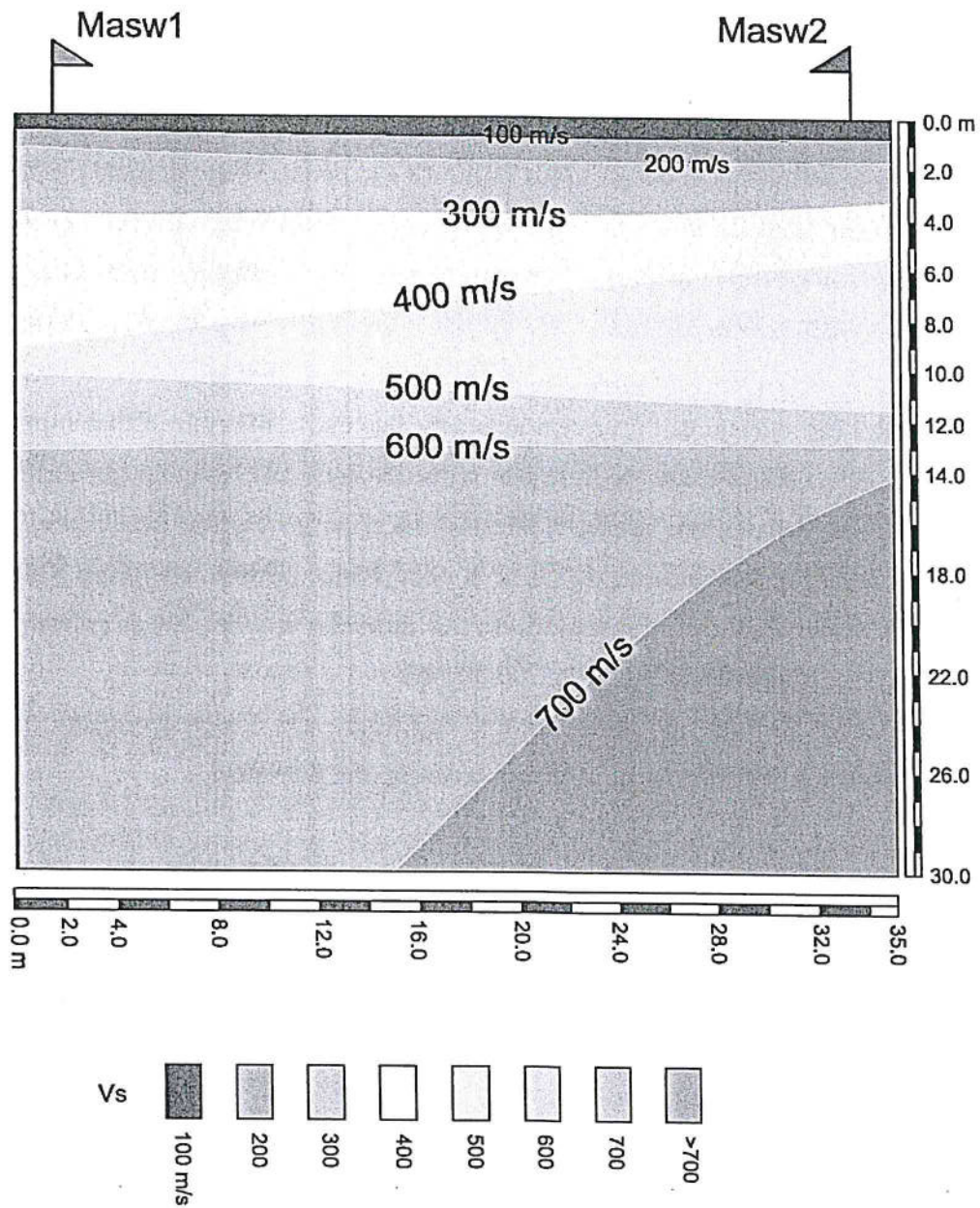
I valori di V_{s30} ottenuti tramite l'elaborazione delle due indagini sismiche è risultato pari a 505 m/s (Masw1) e pari a 602 m/s (Masw2), in base alla classificazione dei terreni prevista dal Testo Unico per le costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018 e ss.mm.ii., il tipo di suolo ricade nella categoria B, ovvero *“Depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{seq} compresi tra 360 m/s e 800 m/s”*.

Interpolando i dati ottenuti dall'interpretazione delle due masw effettuate, abbiamo prodotto una sezione 2D nella quale abbiamo rappresentato la distribuzione delle V_s in funzione della profondità. Dall'esame della sezione sismica bidimensionale si evince che superficialmente, entro i primi 13 metri, il sottosuolo si presenta dal punto di vista sismico piuttosto omogeneo. Oltre tale profondità nella masw 1 la V_s misurata è compresa nell'intervallo tra 600 e 700 m/s mentre nella Masw 2 la V_s risulta compresa nell'intervallo 700-800 m/s.

Si tratta di variazioni locali non particolarmente significative che complessivamente, ai sensi della vigente normativa, non modificano la categoria sismica del sottosuolo.

Nella pagina successiva si allega la sezione sismica bidimensionale che rappresenta l'andamento in profondità delle V_s .

Sondaggi Masw - Elaborazione 2D



PROGETTO PER LA RIQUALIFICAZIONE E TRASFORMAZIONE IN COMPLESSO SCOLASTICO POLIVALENTE
DELL'EX SEDE COMPARTIMENTALE DELLE POSTE ITALIANE S.P.A. VIA CIRINCIONE - PALERMO

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In seguito alle indagini effettuate che hanno permesso di definire il contesto geologico, geomorfologico, idrogeologico e litotecnico nel quale si sviluppa l'immobile in studio, si può dedurre che:

- il sito non presenta problemi di stabilità per la mancanza di agenti geodinamici che possono modificare l'attuale stato di equilibrio;
- la falda freatica è ad una profondità di oltre 20 metri dal piano di campagna e non interferisce con le fondazioni dell'opera da realizzare;
- I dati ricavabili dalla bibliografia scientifica ci dicono che la zona non era interessata dalla coltivazione di cave in galleria, per cui non vi è rischio di cavità che possano dare luogo a crolli;
- Esaminate le carte dei dissesti, del rischio e delle pericolosità sia geomorfologiche che idrauliche, sul sito in studio non risultano gravare vincoli relativi al piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (*Bacino del Fiume Oreto (039) ed area territoriale compresa tra il Bacino del F. Oreto e Punta Raisi (040) – Anno 2011*).
- Dal punto di vista geologico, geomorfologico e idrogeologico, in riferimento alle opere previste dal progetto, non sono state riscontrate problematiche che possano richiedere particolari prescrizioni esecutive.
- I valori di V_{seq} ottenuti tramite l'elaborazione delle due indagini sismiche, in base alla classificazione dei terreni prevista dal Testo Unico per le costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018 e ss.mm.ii., fanno ricadere il tipo di suolo nella categoria B, ovvero "*Depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{seq} compresi tra 360 m/s e 800 m/s*".
- Per quanto di nostra competenza nulla osta alla realizzazione dei lavori in oggetto.

Palermo, Agosto 2021

Il Geologo



Dr.
CIBELLA
CARLO
N. 1198

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DI SICILIA
VITTORIO

