

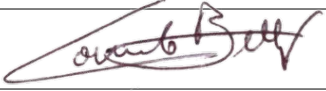


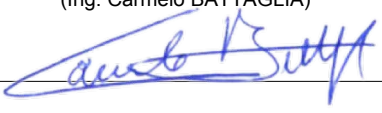
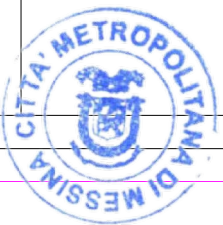
CITTA' METROPOLITANA DI MESSINA

IV DIREZIONE - Servizi Tecnici Generali
Servizio Edilizia Scolastica

AMPLIAMENTO DELL'ISTITUTO SUPERIORE
"I.C.E. VAINICHER" DI LIPARI (ME)
C.U.P. B66B14000020002
- PROGETTO ESECUTIVO -

ELABORATI	12 C11
RELAZIONE GEOLOGICA	

IL GEOLOGO:	Dott.Geol. Salvo PUCCIO 
RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	Ing. Carmelo BATTAGLIA 

Messina, 31/08/2021	Visti ed approvazioni
APPROVAZIONE IN LINEA TECNICA (ai sensi dell'art. 26 comma 8 D.Lgs. 50/2016) PROVVEDIMENTO n° <u>24</u> del <u>14.10.2022</u> Il Responsabile del Procedimento (Ing. Carmelo BATTAGLIA) 	VALIDATO (ai sensi dell'art. 26 comma 8 D.Lgs. 50/2016) PROVVEDIMENTO n° <u>==</u> del <u>12.10.2022</u> 

COMMITTENTE : CITTA' METROPOLITANA DI MESSINA

OGGETTO : PROGETTO ESECUTIVO PER L'AMPLIAMENTO DELL'ISTITUTO SUPERIORE "I.C.E. VAINICHER" DI LIPARI.

PREMESSA

Il presente studio geologico esecutivo è basato e finalizzato sull'acquisizione dei dati, riguardanti i termini litologici affioranti e posti ad una certa profondità nel territorio in esame, al fine di meglio caratterizzare l'area e quindi finalizzare i risultati sulla conoscenza della geologia, locale, applicata al progetto in questione e di tutte le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, strutturali, idrogeologiche, fisico-meccaniche che possono coinvolgere o essere coinvolte dagli interventi da realizzare, al fine di orientare gli interventi progettuali nel modo più corretto.

Trattasi del PROGETTO ESECUTIVO PER L'AMPLIAMENTO DELL'ISTITUTO SUPERIORE "I.C.E. VAINICHER" DI LIPARI.; a tale scopo si sono indirizzati gli studi sulle caratteristiche geotecniche, e geofisiche dei litotipi, con la finalità di individuare e classificare al meglio le problematiche presenti.

Si è fatto affidamento su i dati esistenti sul territorio in esame che risultano essere esaustivi e di recente realizzazione, inoltre, dopo il rilevamento di superficie in scala 1:2000, si è programmata una campagna di indagini geognostiche in sito con lo scopo di colmare le lacune di dati presenti e inquadrare al meglio il territorio sede dell'opera.

Si sono previste e realizzate, delle indagini geognostiche come meglio descritto di seguito, ed in allegato.

La caratterizzazione del terreno in questione rientra nella normativa vigente in materia (D.M.. 14/01/2008).

INQUADRAMENTO GENERALE E MORFOLOGIA

L'area studiata, che geograficamente appartiene alla porzione orientale dell'apparato vulcanico dell'isola di Lipari, nel centro abitato di Lipari, cartograficamente è ubicato nella porzione orientale e settentrionale della

Tavoletta "Isola di Lipari" della Carta d'Italia alla scala 1:25.000 edita dall'I.G.M.I. F.244 III NE

Nel dettaglio è ubicata ad ovest del centro storico, ad una quota di 12 m.s.l.m.. i lineamenti morfologici dell'area denotano una depressione generata da eventi morfologici direttamente collegati con l'attività vulcanica con colate che hanno interessato la porzioni più depresse dei corpi vulcanici.

Le formazioni geologiche presenti generano, per loro natura, dei depositi detritici superficiali che, per azione della gravità e delle acque superficiali, vanno a depositarsi alla base dei pendii o nelle incisioni torrentizie (debris flow, debris torrent, coni di detrito, falde di detrito, ecc).

Tali tipologie geomorfologiche si generano prima da un allentamento della



porzione superficiale del terreno dovuta all'azione di decompressione (che allenta il terreno) mista all'azione erosiva delle acque di ruscellamento diffuso superficiale (che strappa via le particelle di terreno) e all'azione delle radici dei vegetali.

Tali depositi mascherano i versanti permettendo l'affioramento delle rocce in posto solo dove la pendenza diventa maggiore.

Il sito in argomento si presenta dunque pianeggiante in esame presenta, dette coperture che hanno, in momenti diversi, provocato venute di materiale detritico in concomitanza di eventi meteorici.

I versanti a Nord, a pendenza minore, presentano in alcuni tratti l'affioramento della formazione basaltica integra evidenziando il ridursi degli spessori detritici a causa delle pendenze che non ne permettono la stasi.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La formazione dell'isola di Lipari ha avuto una storia assai complessa, che si è svolta attraverso due periodi ben distinti di attività vulcanica, separati fra loro da un lunghissimo periodo di quiescenza.

Il primo periodo è iniziato circa 500.000 anni fa, durante le fasi avanzate della glaciazione di Mindel, quando cioè il livello del mare era molto più basso di quello attuale. Si sono formate allora due isole distinte, separate fra di loro. Una ad Ovest, costituita dal Vulcano, l'altra più ad Est, costituita da due vulcani congiunti fra loro: il Vulcano del Capo, che costituisce l'estremità Nord Est dell'isola attuale, e il Vulcano 2 a Sud Ovest di esso. I loro crateri sono oggi difficilmente riconoscibili. In un secondo momento sul finire della glaciazione di Mindel, a Sud del Monte Rivi si è formato il Vulcano della Fossa delle Felci, che ha raggiunto la quota di quasi mille metri. Esso forma il quarto Sud Est dell'Isola di Salina, incombendo sugli abitati di Santa Marina e di Lingua. Rimaneva peraltro ancora un ampio intervallo tra questi tre vulcani orientali e il Vulcano del Corvo. Questa sarebbe stata la situazione protrattasi per parecchie centinaia di migliaia di anni attraverso tutto l'interglaciale Mindel-Riss; attraverso la glaciazione di Riss e attraverso l'interglaciale Riss Wurm.

In tutto questo lunghissimo periodo il mare e le intemperie hanno fortemente eroso i fianchi di questi vulcani e le trasgressioni marine del Tirrenaio e del Monastiriano hanno lasciato testimonianze molto evidenti, costituite dalle spiagge soprelevate al di sopra del livello attuale del mare. Dopo questo lunghissimo periodo di quiescenza l'attività vulcanica a Salina si risvegliò nel corso della glaciazione di Wurm. Si formò allora il Vulcano 3, che venne a ricoprire quasi interamente con le sue colate laviche il

vecchio Vulcano del Corvo, ridotto ormai dall'erosione subita al solo nucleo basaltico originario e attraversato in tutte le direzioni da innumerevoli dicchi.

E' una struttura complessa e articolata con uno sviluppo lineare di circa 200 chilometri, costituita oltre che da una parte superficiale (le isole), da una struttura molto più composita (la porzione sommersa). La sua formazione é la conseguenza di una successione di eventi geologici che hanno coinvolto la formazione della Catena Appenninica e del Mar Tirreno a causa di fenomeni di subduzione (scorrimento di una placca litosferica al di sotto del margine attivo di un'altra placca sovrastante) della crosta oceanica, portando all'avvicinamento di due settori del paleo-continente africano e del paleo-continente europeo. L'arcipelago é costituito da sette isole maggiori: (Alicudi, Filicudi, Salina, Lipari, Vulcano, Panarea e Stromboli) e da numerosi rilievi sottomarini, alcuni dei quali di origine vulcanica. Le isole si elevano da fondali di circa 2000 metri e possono raggiungere anche 1000 metri di altezza s.l.m., come nel caso del Monte Fossa delle Felci di Salina.

Le prime emozioni furono sia di tipo effusivo che esplosivo ed erano determinate dalla liberazione dell'enorme quantità di gas presenti, ma soprattutto dal contatto tra il liquido magmatico caldissimo (oltre 1.000° C) e l'acqua di mare. L'alternarsi di eruzioni effusive ed esplosive ha determinato la formazione di apparati vulcanici detti "stratovulcani", costituiti da colate laviche scure e da materiale piroclastico prodotto dalle rocce lanciate in aria dalle esplosioni.

Per quanto riguarda la composizione delle rocce dell'arcipelago, si possono distinguere in tre classi:

- a) Colate laviche
- b) Rocce piroclastiche
- c) Dicchi

Le lave sono costituite da magmi eruttati in superficie da un cratere e raffreddatisi rapidamente. Hanno una composizione: basaltica (di colore scuro, a bassa percentuale di silice, sodio e potassio e alta percentuale di ferro, magnesio e calcio), andesitica (di colore nero o grigio, ricche di silice) e dacitica (simili alle andesiti e di aspetto essenzialmente vetroso).

Le piroclastiti sono rocce solide che, lanciate in aria durante le eruzioni esplosive, ricadendo si sono sparse su vaste aree formando una roccia incoerente composta con vari elementi chimicamente uguali alle lave.

I dicchi sono magmi raffreddati in profondità, grazie a fratture esistenti nelle rocce, simili alle lave, ma con aspetto diverso dalle rocce circostanti.

Nel complesso è possibile distinguere due differenti cicli. Il primo ebbe inizio circa 160000 anni fa, periodo in cui inizia l'emersione del vulcano, viene denominato "Ciclo Andesitico Antico" ed è il responsabile della formazione dello Strato-Vulcano Antico. Il secondo, denominato "Ciclo Shoshonitico", è il responsabile della formazione dell'Apparato Attuale.

Lungo l'area su cui è stata attenzionata l'indagine non affiorano rocce primarie ma prodotti di eventi che hanno modellato il sito successivamente.

Si tratta di sabbie e limi con resti di prodotti piroclastici come desunto dalle indagini dirette eseguite nel sito di stretto interesse.

TETTONICA E SISMICITA'

I sistemi di faglie che caratterizzano l'isola di Lipari sono individuabili lungo il versante orientale dell'edificio vulcanico. Essi si presentano con andamento NNW - SSE e sono di tipo normale o diretto e con componente obliquo - destra nel lato sud orientale, mentre lungo il basso versante nord - orientale del vulcano (area oggetto di studio) cambiano direzione, assumendo un andamento NE - SW. Questa direzione risulta anche parallela alla direzione delle principali fessure eruttive e non, orientate da NNE a SW sul versante nord - orientale e da N a SSW sul versante meridionale.

IDROGEOLOGIA

Le prove, di permeabilità e sondaggi generici in sito (i cui dati in possesso dello scrivente) e la situazione geologica ed idrogeologica generale permettono di definire le caratteristiche di permeabilità in condizioni di normalità climatica in assenza di precipitazione a carattere temporalesco.

Di contro, per eventi di particolare intensità la situazione varia in relazione al litotipo interessato ed allo spessore di alterazione o riporto situato su di esso.

Si sono inquadrati quindi i diversi complessi idrogeologici presenti e si è cercato di definire, in base alla permeabilità ed alle caratteristiche fisico-chimiche in genere, la sfera idrologica ed idrogeologica sempre in rapporto all'opera da realizzare

Nell'area investigata è possibile definire i seguenti complessi idrogeologici (posti dal basso verso l'alto):

- ♦ Complesso vulcanico,
- ♦ Complesso alluvionale

E' anche di fondamentale importanza definire le caratteristiche idrogeologiche dello spessore superficiale di alterazione di ogni litotipo, ed il rispettivo comportamento in presenza di acqua, in quanto esso rappresenta l'interfaccia tra la sfera climatica esterna e quella idrogeologica, gestendo la quantità d'acqua d'infiltrazione in base alle proprie capacità idriche di ritenuta e di infiltrazione potenziale; alcuni suoli, per esempio, si saturano immediatamente se l'evento piovoso risulta di particolare intensità, generando ristagni d'acqua superficiali e non permettendo un facile deflusso verso i livelli acquiferi sotterranei.

Verranno di seguito descritte le caratteristiche idrogeologiche dei vari complessi idrogeologici e dei rispettivi suoli o spessori d'alterazione superficiale.

COMPLESSO VULCANICO

Presenta una permeabilità medio-alta per fessurazione dell'ammasso lapideo dove esso è cementato; la circolazione idrica sotterranea viene interrotta dai livelli meno fratturati che, essendo impermeabili relativi, generano falde sospese di scarsa importanza ($K \approx 10^{-3} \div 10^{-1}$ cm/s, c.i.p. 40-50%).

Nel territorio in esame presenta una vasta estensione specialmente per i termini piroclastici, ma le diverse soluzioni di continuità non permettono la formazione di una falda principale dedicata alla raccolta delle acque d'infiltrazione.

Se l'acclività cresce, diminuisce la permeabilità di questo complesso, (a causa dell'alta velocità di deflusso) che comunque resta buona.

I suoli derivanti da questo complesso sono inquadrabili in categorie diverse a secondo della presenza di cemento o matrice, in base alla variazione composizionale del litotipo da cui derivano.

Nell'area interessata dalla presenza di questi litotipi si presentano dei suoli con presenza di grossi ciottoli, aridi, ad elevata permeabilità.

La pendenza del versante non permette la formazione di falde subaffioranti; di contro, in concomitanza con eventi piovosi di particolare intensità, si possono verificare dei ruscellamenti lungo il pendio che mobilitano le masse detritiche presenti

COMPLESSO DETRITICO-ALLUVIONALE

Si usa questo termine per definire gli spessori che coprono le rocce vulcaniche sottostanti e sono compresi anche le coltri detritiche.

E' il complesso che, per estensione e giacitura potrebbe immagazzinare una quantità d'acqua potenzialmente sfruttabile, ma la collocazione della "pianura" alluvionale nei pressi della costa, con la presenza di formazioni permeabili sottoposte, non ne permette uno sfruttamento adeguato. ($K \approx 10^{-1} \div 10$ cm/s, c.i.p. 80-100).

Le alluvioni generano un livello aerato definibile come suolo che presenta uno spessore da profondo a molto profondo.

La permeabilità è alta per porosità come la capacità di ritenuta idrica è alta.

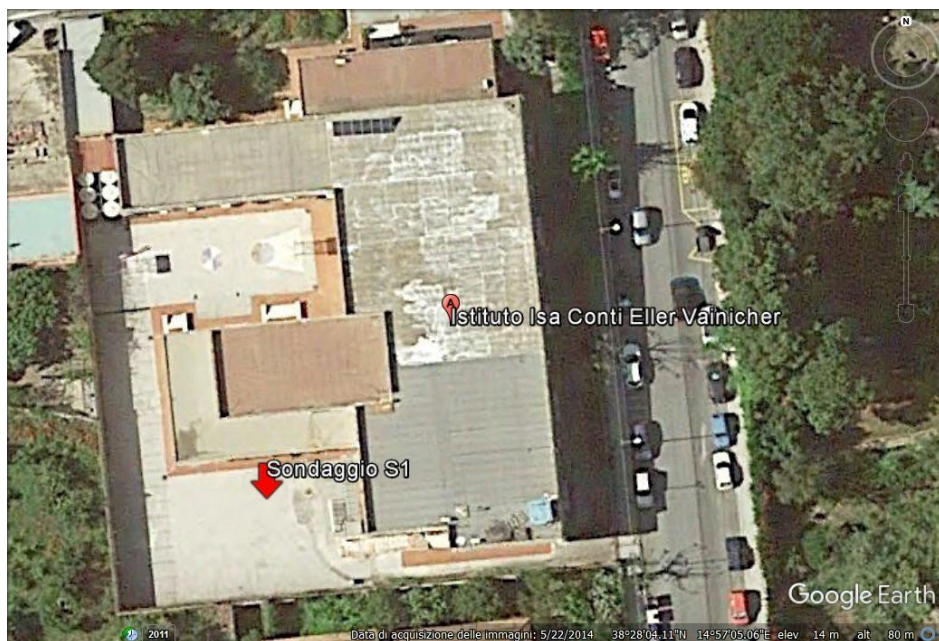
La risalita capillare conferisce una buona umidità a causa della presenza di falde a piccola profondità e lento deflusso.

La morfologia ha generato una vegetazione che ha favorito una media presenza di humus.

Nei pressi del sito in esame, a supporto dello studio geologico relativo alla rete idrica, sono stati eseguite delle prove di permeabilità in fori di sondaggio e pozzetti che hanno mostrato valori compresi tra $5,74 \times 10^{-3}$ m/s e $1,52 \times 10^{-4}$ m/s per la coltre detritica e superficiale e valori di permeabilità compresi tra $1,54 \times 10^{-6}$ m/s e $1,69 \times 10^{-7}$ m/s per il basamento roccioso basaltico integro.

PROGRAMMA INDAGINI GEOGNOSTICHE

Sono state programmate ed eseguite delle indagini geognostiche al fine di definire al meglio le caratteristiche geomeccaniche e geotecniche dei litotipi presenti meglio dimensionare le opere da realizzare.



A supporto del presente studio esecutivo è stata realizzata una campagna di indagini e precisamente:

- perforazione di un sondaggio geognostico a carotaggio continuo attrezzato per la prova geofisica down hole;
- prelievo di campioni per l'esecuzione di analisi e prove di laboratorio geotecnico;
- esecuzione della prospezione geofisica di sismica attiva down hole;

Previa verifica dei sottoservizi, è stato eseguito un sondaggio geognostico ad andamento verticale a carotaggio continuo, con diametro di perforazione pari a 101 mm ed impiego di carotieri semplici o doppi per il campionamento ottimale dei litotipi riscontrati.

A causa del comportamento incoerente dei terreni attraversati, per poter raggiungere la profondità prefissata, è stato fatto uso del rivestimento

provvisorio del foro, mediante l'impiego di tubazione metallica di manovra (diam. 127 mm).

Sondaggio	Profondità raggiunta (m)	Intervallo eseguito a carotaggio continuo	Lunghezza del rivestimento provvisorio metallico installato (m)
S1	30,00	0,00 ÷ 30,00	30,00

Per effettuare i sondaggi geognostici è stata utilizzata una perforatrice cingolata marca EGT modello MD710.

La perforatrice è dotata di argano wire-line da 400 mt, pompa triplex per prove idrauliche da 220 l/min.

La testa di rotazione della perforatrice ha 1.000 kgm di coppia torcente e 600 giri/min di velocità massima di rotazione, necessaria per l'utilizzo di corone diamantate.



Le carote estratte sono state riposte in sei cassette catalogatrici, munite di coperchio e scomparti divisorii, con indicazione della relativa profondità di prelievo.

Foto 4: Sondaggio S1 - Cassetta catalogatrice n°1 da 0,00 a 5,00 m



Foto 5: Sondaggio S1 - Cassetta catalogatrice n°2 da 5,00 a 10,00 m



Foto 6: Sondaggio S1 - Cassetta catalogatrice n°3 da 10,00 a 15,00 m



Foto 7: Sondaggio S1 - Cassetta catalogatrice n°4 da 15,00 a 20,00 m



Foto 8: Sondaggio S1 - Cassetta catalogatrice n°5 da 20,00 a 25,00 m



Foto 9: Sondaggio S1 - Cassetta catalogatrice n°6 da 25,00 a 30,00 m

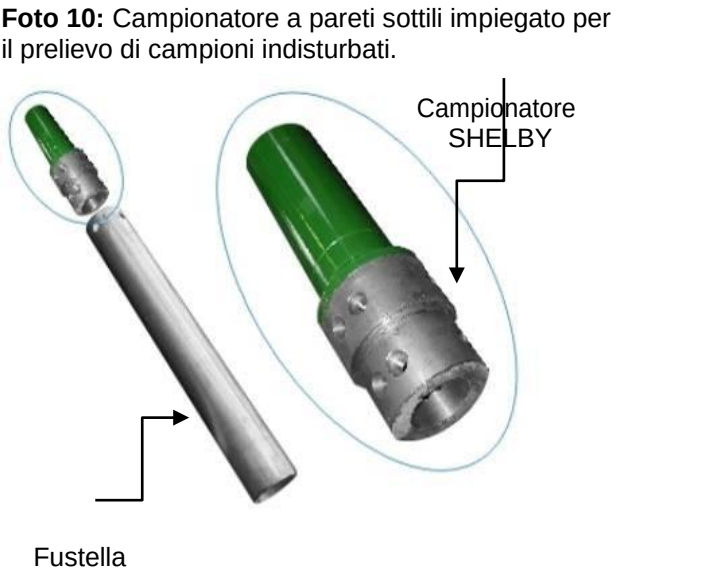


PRELIEVO DI CAMPIONI

Nel corso del sondaggio sono stati prelevati due campioni “indisturbati (SHE)”, ritenuti ai fini geotecnici rappresentativi dei litotipi presenti nell’area investigata.

Sondaggio	Id campione	Tipo di campione	Intervallo di prelievo (m dal p. camp.)
S1	C1	IND	1,60 ÷ 2,00
S1	C2	IND	5,20 ÷ 5,60

I campioni indisturbati sono stati prelevati mediante l’impiego di campionatori Shelby di diametro 88,9 mm e fustelle in acciaio inox, a pareti sottili (sp. 2 mm) .



Le fustelle, contenenti i campioni indisturbati (SHE), sono state sigillate, etichettate, paraffinate e consegnate al laboratorio, per essere sottoposte alle analisi fisiche ed alle prove geotecniche.

TUBAZIONE PER LA PROVA DOWN-HOLE

Al termine della perforazione, entro il foro di sondaggio S1 è stata installata la tubazione in PVC "pesante" avente diametro esterno pari a 3", allo scopo di poter effettuare, in una seconda fase, le prove geofisiche down-hole.

Sondaggio	Lunghezza della perforazione (m)	Lunghezza della tubazione installata (m)
S1	30.00	0.00 ÷ 30.00

Collocata la tubazione sino a fondo foro, l'intercapedine tubo/terreno è stata saturata fino a bocca-foro mediante iniezione di boiaccia cementizia, dal basso verso l'alto, con impiego di una pompa manuale. Sul tratto terminale della tubazione è stato collocato un chiusino carrabile di protezione in ghisa.



Foto 11: A sinistra, fase di installazione della tubazione in pvc per la prova down hole; in alto, pozzetto di protezione carrabile installato per la protezione della tubazione installata.

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DISCONTINUE S.P.T.

In fase di esecuzione dei sondaggi geognostici, a varie quote, sono state effettuate complessivamente tre prove penetrometriche dinamiche discontinue tipo S.P.T. (acronimo di Standard Penetration Test) con punta aperta (cioè con il campionatore Raymond) e con punta chiusa (cioè conica).

Questa prova consiste nel far penetrare nel terreno un campionatore o, in alternativa, una punta conica, sotto i colpi di un maglio del peso di 63,5 kg che viene rilasciato in caduta libera da un'altezza di 76 cm. La battitura è stata effettuata con un penetrometro a fune e cabestano, posizionato in asse al foro di sondaggio mediante un gancio collegato all'argano di manovra.

Il maglio, battendo sulle aste che prolungano la punta, infigge il campionatore nel terreno. La prova viene eseguita nel corso di esecuzione del sondaggio geognostico, alla quota del tratto che si vuole testare. Le misure vengono rilevate per tre avanzamenti consecutivi di 15 cm ciascuno, contando il numero di colpi (N) necessari per ogni avanzamento (N1, N2, N3).

Ai fini geotecnici si assume come resistenza alla penetrazione N_{spt} , la somma del numero di colpi rilevati negli ultimi due avanzamenti ($N_2 + N_3$).

Di seguito si riportano i valori NSPT acquisiti nella campagna geognostica:

Sondaggio	Quota inizio prova (- m dal pc)	Tipo di punta	Nspt ($N_2 + N_3$)
S1	2.15	Aperta (campionatore Raymond)	20
S1	4.15	Chiusa (punta conica)	20
S1	8.55	Chiusa (punta conica)	28
S1	13.15	Chiusa (punta conica)	85

Si rimanda alla relazione sulle indagini geognostiche allegata alla presente per una definizione esatta delle metodologie usate e sulle correlazioni effettuate.

INDAGINI GEOFISICHE

Con l'obiettivo di ampliare il livello di conoscenza dei litotipi d'interesse progettuale, già investigati con le indagini geognostiche dirette, è stata effettuata una campagna integrativa con indagini geofisiche, che ha previsto l'acquisizione di dati geofisici mediante:

esecuzione ed elaborazione di un test sismico in foro finalizzato all'acquisizione delle velocità delle onde sismiche, con lay out di tipo "down - hole", spinto fino alla profondità massima di 30 m dal p.c..

PROVA DOWN HOLE

Il rilievo sismico in foro con tecnica down-hole rappresenta l'indagine più pratica ed efficace per la caratterizzazione, dal punto di vista sismico, di una qualsiasi successione litostratigrafica.

L'acquisizione dei dati avviene misurando i tempi di propagazione nel terreno delle onde sismiche tra una sorgente d'energia, situata alla superficie di questo, e uno o più sensori (geofoni), che sono posizionati a profondità diverse in un foro verticale praticato nel terreno.

Generalmente si fa uso del foro residuo di un'indagine geognostica diretta idoneamente attrezzato per l'alloggiamento e lo stazionamento alle quote di misura del sensore sismico (geofono triassiale).

Nel nostro caso si è rivestito il foro di perforazione con un tubo sigillato la cui perfetta adesione al terreno è stata assicurata mediante l'iniezione nella relativa intercapedine, dal basso verso l'alto ed a pressione controllata, di boiacche cementizie.

Gli apparecchi di registrazione, attraverso dei registratori sismici (geofoni) collocati a varie profondità, rilevano e registrano i segnali prodotti dalle perturbazioni indotte nel terreno e provocate dalle energizzazioni effettuate in superficie.

Dall'analisi delle tracce delle oscillazioni (fronti d'onda) del terreno, registrate in modo e scala opportuna (sismogrammi), è possibile leggere, per ciascun geofono, i relativi tempi d'arrivo.

Il modo con cui solitamente queste informazioni sono rappresentate è una funzione grafica chiamata dromocrona, che si ottiene riportando su un diagramma i tempi d'arrivo osservati da ciascun sensore in funzione della profondità all'interno del foro.

Frequentemente, nella sismica di rifrazione, le dromocrone sono assimilabili a composizioni di segmenti con inclinazione variabile rispetto all'asse orizzontale del grafico di riferimento.

Il presupposto teorico su cui il metodo si basa è l'assunto che le onde elastiche di volume, generate da una sorgente posta sulla superficie libera della terra, si propagano secondo le leggi dell'ottica geometrica.

Il criterio d'analisi più semplice delle dromocrone che si possono ricostruire dai dati provenienti da questo tipo d'indagine, consiste nell'ipotizzare che nel sottosuolo, a causa del progressivo aumento del carico litostatico, si abbia un costante incremento della densità e quindi un conseguente progressivo aumento della velocità di propagazione delle onde elastiche.

La struttura del sottosuolo, in quest'ipotesi, è approssimata ad un modello a strati omogenei e isotropi separati da superfici di discontinuità piane, fra loro parallele, condizione che in pratica può considerarsi sufficientemente verificata eseguendo i tiri nelle immediate vicinanze del foro d'indagine.

Lo spessore di ciascun orizzonte risulta leggermente variabile da punto a punto e si rimanda al relativo allegato per i risultati di dettaglio.



Fase di esecuzione della prova down hole presso il cantiere di Lipari.

PROCEDURE DI ACQUISIZIONE

La prospezione programmata per l'indagine è consistita nell'esecuzione di un rilievo down-hole effettuato all'interno del foro di sondaggio S1.

Le registrazioni della prova (denominata "DH1") sono state eseguite in 30 diverse posizioni geofoniche tutte equispaziate di un metro lungo l'asse verticale, nell'intervallo compreso tra le quote -1.00 e -30.00 m dal p.c..

I rilievi sono stati eseguiti seguendo i parametri di "lay-out" indicati nella seguente tabella:

Sondaggio	Id. prova	Δe (m)	OF (m)	PS (m)	NM	Prof. max (m)
S1	DH1	2	1.00	1.00	30	30.00

Legenda della tabella:

Δe = distanza del punto di energizzazione

dal foro OF = profondità dal piano

campagna del 1° geofono PS = passo di
spostamento del geofono

NM = numero di posizioni

geofoniche del test Prof. max =
profondità massima del test

Le registrazioni, alle varie profondità, sono avvenute secondo una procedura articolata in due fasi e di seguito descritta:

nella prima fase sono stati acquisiti i sismogrammi per la lettura delle onde di compressione (onde P), disponendo la terna geofonica con l'opportuno offset dal piano campagna in relazione alla profondità del foro ed energizzando il terreno a compressione con una massa battente; nella seconda fase sono stati acquisiti i sismogrammi per la lettura delle onde di taglio (onde S), disponendo la terna geofonica alle profondità corrispondenti a quelle prima utilizzate per le onde P ed energizzando il terreno con due battute tangenziali (con impulsi diametralmente opposti) per ogni posizione ricoperta.

ANALISI E PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO

I campioni prelevati, presi in custodia dal laboratorio geotecnico GEOCIMA, sono stati sottoposti alle seguenti analisi e prove di laboratorio geotecnico:

- n. 2 aperture di campioni contenuti in fustella cilindrica;
- n. 2 determinazioni del contenuto d'acqua (W_n), eseguite sottoponendo una quantità nota del campione ad essiccamento in stufa a 105° ed effettuando la media su tre provini per campione. La normativa di riferimento è la ASTM D-2216 e CNR-UNI 10008;
- n. 2 determinazioni del peso dell'unità di volume allo stato naturale mediante fustella tarata del diametro $\varnothing$ 38 mm, effettuando la media su n° 3 provini per campione (BS 1377-90);
- n. 2 determinazioni del peso specifico dei granuli (ASTM D854-06), effettuando la media su n° 2 provini per campione;
- n. 2 analisi granulometriche mediante stacciatura e sedimentazione, con aerometro, (ASTM D 422-63 (2002) e1; UNI CEN ISO/TS 17892-4:2005) mesh (apertura maglie pari a 0,0074 mm);
- n. 2 prove di taglio diretto, ciascuna eseguita su n.3 provini con scatola di Casagrande in condizione consolidata - drenata (CD) con rilievo e diagrammazione delle curve cedimenti/tempo e tensioni - deformazioni.

I certificati contenenti gli esiti delle analisi e delle prove condotte sono allegati in calce nell'apposita sezione.

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE E GEOFISICHE

La caratterizzazione di seguito esposta si intende esecutiva, in quanto essa trae spunto su indagini effettuate sui litotipi affioranti nell'area in esame.

Data l'ubicazione del sito in esame si presume che il fabbricato in progetto debba poggiare in parte su termini ghiaiosi ed in parte su termini sabbiosi; lo scrivente consiglia di posizionare le strutture di fondazione su un terreno preparato propedeuticamente con costipazione artificiale per evitare possibili cedimenti differenziati.

Gli elementi strutturali di fondazione dovranno, quindi poggiare esclusivamente sui termini omogenei la cui profondità sarà determinata dai sondaggi geognostici da definire in fase esecutiva.

La condizione statica dovrà comunque essere accertata analiticamente, a seguito dei carichi cui devono essere sottoposti come da progetto, ma la perdurante stabilità dei fronti evidenzia delle buone caratteristiche di portanza.

Vengono qui di seguito elencati i parametri geotecnici utili alla classificazione dei litotipi in esame considerando che tali parametri hanno qui valore indicativo e che i parametri geotecnici utili al dimensionamento delle opere strutturali verranno indicati nello studio geologico a corredo della progettazione esecutiva.

Litologia	C	γ	ϕ	ϵ	E	ϕ t-m
	Kg/cmq	T/mc	deg		Kg _p /cmq	deg
Terrazzi alluvionali	0	1,8-1,95	30 - 32	1	$2 \cdot 10^5$	20
argille	0,08	1,9-2,05	23-26	1		

Questi valori sono quelli di norma utilizzati, e presenti in letteratura per litologie simili a quelle in esame (caratteristiche litiche, d'alterazione, di fratturazione, idrogeologiche ecc).

Si raccomanda inoltre di poggiare le opere fondiarie su dei terreni il più omogenei possibili asportando lo strato vegetale e/o d'alterazione superficiale e sbancando, ove presenti, i terreni granulari costituiti da ciottoli e ghiaie già menzionati; le opere fondiarie e le strutture di contenimento devono essere impostate sui termini sottostanti omogenei.

A tergo dei manufatti è consigliabile realizzare delle opere di drenaggio, sia interrate che superficiali, al fine di evitare che l'acqua di ruscellamento da monte vada ad interessare le strutture di progetto.

Si consiglia di verificare la portanza del terreno in relazione alle dimensioni delle opere fondiarie.

Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento in funzione delle velocità delle onde S nei primi 30 metri dal p.c. tramite le prove realizzate a supporto del presente studio, ed i cui risultati sono riportati nella relazione geofisica allegata.

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

Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categorie topografiche

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

Le categorie topografiche sopra espone si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Nel caso in esame il sito di stretto interesse rientra nella Categoria "T1": Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Descrizione del moto sismico in superficie e sul piano di fondazione

Ai fini delle presenti norme l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti.

Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie;
- accelerogramma.

Sulla base di apposite analisi di risposta sismica locale si può poi passare dai valori in superficie ai valori sui piani di riferimento; in assenza di tali analisi l'azione in superficie può essere assunta come agente su tali piani.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta o dalle due componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

La componente che descrive il moto verticale è caratterizzata dal suo spettro di risposta o dalla componente accelerometrica verticale.

In mancanza di documentata informazione specifica, in via semplificata l'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie possono essere determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali.

La componente accelerometrica verticale può essere correlata alle componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

Spettro di risposta elastico in accelerazione

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale.

Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR

Gli spettri così definiti possono essere utilizzati per strutture con periodo fondamentale minore o uguale a 4,0 s. Per strutture con periodi fondamentali superiori lo spettro deve essere definito da apposite analisi ovvero l'azione sismica deve essere descritta mediante accelerogrammi.

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Quale che sia la probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR considerata, lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito da determinate espressioni matematiche (paragrafo 3.2.3.2.1).

In mancanza di tali determinazioni, per le componenti orizzontali del moto e per le categorie di sottosuolo di fondazione definite nella tabella "Categorie di sottosuolo", la forma spettrale su sottosuolo di categoria A è modificata attraverso il coefficiente stratigrafico S_S , il coefficiente topografico S_T e il coefficiente C_C che modifica il valore del periodo T_C .

Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti S_S e C_C valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti S_S e C_C possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T^*C relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.V, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Tabella 3.2.V - Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot (a_g/g) \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot (a_g/g) \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot (a_g/g) \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot (a_g/g) \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite nella tabella "Categorie topografiche" e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tabella 3.2.VI - Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SULL'AREA IN ESAME

Il presente studio geologico-geognostico è basato sull'acquisizione dei dati necessari a classificare i terreni affioranti nei siti di interesse per il PROGETTO ESECUTIVO PER L'AMPLIAMENTO DELL'ISTITUTO SUPERIORE "I.C.E. VAINICHER" DI LIPARI.

Le ricerche si sono basate sull'acquisizione dei dati esistenti, sia di carattere scientifico-naturalistico, sia di carattere geotecnico, utilizzando i risultati di indagini geognostiche eseguite per altri scopi, rilevamenti geologici esistenti, studi geologici eseguiti per scopi simili a quello in esame.

E' stata prevista e realizzata una campagna di indagini geognostiche per caratterizzare al meglio i litotipi in esame.

E' stata accertata la sola presenza di formazioni granulari e piroclastiche di notevole spessore alla base dei pendii gli accumuli detritici costieri.

La circolazione idrogeologica strettamente locale non pone problema alla realizzazione dell'opera.

E' consigliabile comunque la disposizione di un tappeto drenante alla base, ed a tergo dei volumi interrati (ghiaia), per evitare piccole manifestazioni in coincidenza di eventi meteorici di particolare intensità ed evitare infiltrazioni legate a fenomeni di capillarità.

Si raccomanda di mantenere i carichi trasmessi dalle fondazioni (c.s. 0.07) fino a valori inferiori a quelli ammissibili, ricavabili dai parametri geotecnici qui riportati (peraltro espressi in condizioni cautelativi).

L'area in esame presenta un discreto grado di urbanizzazione che denota una soddisfacente condizione di stabilità per gli edifici presenti nelle immediate vicinanze i quali adottano una fondazione costituita da travi di tipo rovescio; tale tipologia è consigliata anche per l'opera in esame se i terreni di fondazione si mostrino omogenei durante la loro messa a giorno, in caso contrario una platea nervata eviterebbe l'innescarsi di cedimenti differenziati.

Il Geologo

Dott. Salvo Puccio

