



AGENZIA DEL DEMANIO DIREZIONE REGIONALE SICILIA



Verifiche della vulnerabilità sismica degli immobili costituenti la
Caserma Masotto, sita nel Comune di Messina.
CIG: 71212999D5



R04 Relazione geologica/geotecnica

R.T.P.

Raggruppamento
Temporaneo
Professionale



| Rev. | Descrizione | Data | Redatto | Verificato | Approvato |
|------|-------------------|----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
| 0 | Prima Emissione | Settembre 2018 | dott. geol. M. Rosone | Ing. F. Aggiato | Ing. F. Aggiato |
| 1 | Seconda Emissione | | | | |
| 2 | Terza Emissione | | | | |
| 3 | Quarta Emissione | | | | |

ing. Francesco Aggiato

Professionisti

ing. Matteo Accardi



Matteo Accardi

Responsabile Unico del Procedimento
Dott. Federico Citarda

AGENZIA DEL DEMANIO

Direzione generale Sicilia

**VERIFICHE DELLA VULNERABILITA' SISMICA DEGLI IMMOBILI
COSTITUENTI LA CASERMA MASOTTO SITA NEL COMUNE DI
MESSINA.**

CIG 71212999D5

RELAZIONE GEOLOGICA ED INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE

1) - PREMESSA E DESCRIZIONE DELL'IMMOBILE

La presente relazione geologico-tecnica si riferisce allo studio geologico, geofisico, geognostico e geotecnico delle aree della Caserma Masotto di Messina.

A tal fine, per l'indagine in situ ed in laboratorio, sono stati eseguiti:

- n° uno saggio a pozzo dal quale è stato prelevato un campione di terreno rimaneggiato;
- n° 5 prove sismiche attive tipo masw per l'attribuzione della classificazione del suolo di fondazione in categoria per la definizione dell'azione sismica locale;
- prove di laboratorio geotecnico sul campione di terreno prelevato nel pozzetto di saggio.

L'ubicazione delle prove sismiche e del pozzetto di saggio sono riportate nella planimetria inserita a pag. 16 nel paragrafo delle indagini di sottosuolo.

Scopo principale della presente relazione geologica e delle relative indagini geognostiche e geotecniche è lo studio del complesso terreno-opera di fondazione.

Tale studio viene effettuato in base ad indagini dirette ed indirette eseguite in conformità dei disposti dei D.M 21.1.1981 e 15.3.1988 concernenti le modalità di esecuzione delle indagini sui terreni e dei disposti del D.M. 17.01.2018 a riguardo delle Norme Tecniche per le Costruzioni.

L'indagine geologica, eseguita in base ad un dettagliato rilievo di superficie, è stata spinta anche ad altre aree limitrofe non strettamente interessate dalle opere in progetto.

Ciò al fine di meglio individuare, in prima analisi, i reciproci rapporti tra i vari litotipi affioranti nell'area d'intervento ed in quelle circostanti, in relazione sia alla loro reciproca giacitura ed alle successioni stratigrafiche di substrato che, infine, alla locale situazione idrogeologica.

I predetti rilievi, uniti all'accertamento delle caratteristiche geotecniche medie e misurate in laboratorio dei terreni di fondazione, consentono, di meglio definire il comportamento del locale complesso terreno-opera di fondazione.

Per le caratteristiche geotecniche dei terreni di substrato si farà ricorso ai risultati delle analisi e prove effettuate in laboratorio geotecnico sul campione di terreno prelevato in un pozzetto di saggio spinto sino alla quota del piano di fondazione della palazzina denominata C.

La Caserma Masotto è ubicata alla periferia nord-occidentale dell'abitato di Messina lungo la via Comunale Bisconte ed a poche centinaia di metri di distanza in linea d'aria dal Viale Europa (vedi stralcio della vista aerea tratta da google earth).

E' un complesso immobiliare realizzato all'inizio del secolo scorso e consta di tutta una serie di capannoni ad un solo piano fuori terra e copertura con tetti con falde inclinate supportate da capriate in legno od acciaio e struttura portante in muratura con inseriti pilastri in cemento armato.

La palazzina Uffici, a due elevazione fuori terra, ha struttura portante in cemento armato.



Foto 1- Immagine aerea tratta da google earth con l'indicazione della Caserma.

2)- LA GEOLOGIA E LA GEOMORFOLOGIA

2.1 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto della presente indagine ricade nella parte centro-occidentale dell'abitato di Messina in una zona, già abbondantemente urbanizzata, caratterizzata dalla presenza di numerosi edifici pubblici (Ospedale Piemonte e complesso di Caserme militari) o privati, in genere a poche elevazioni fuori terra e di diversa età di costruzione.

Ad essa si accede dalla Strada Comunale Bisconte che, con sede stradale stretta e tortuosa permette di accedere ad alcune frazioni abitate poste a monte.

La città di Messina è cartografata nei fogli geologici alla scala 1:50.000 n° 588 "Villa San Giovanni" e n° 601 "Messina – Reggio Calabria". La porzione areale in studio ricade, ovviamente, nel foglio n° 601.

E' cartografata nella tavoletta 601030 "Messina" della Carta Tecnica Regionale della Sicilia alla scala 1:10.000.

La quota media sul livello del mare dell'area della Caserma è di circa 80 mt.

Negli stralci aerofotogrammetrici e planimetrici allegati si riportano la ubicazione della zona d'intervento.

2.2- CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DELL'AREA

L'immediato entroterra posto alle spalle dell'area occupata dall'ex insediamento militare è dominata morfologicamente da alcune alture aventi forma pressoché mammellonata costituente una specie di anfiteatro morfologico culminate, da ovest verso est, in Monte Celano (498 m s.l.m.), Cozzo Cataratti (m 333 s.l.m.), Monte Spalatore (m 248 s.l.m.), Cozzo Banditore (m 310 s.l.m) ed il Castellaccio (m 180 s.l.m.).

Questi rilievi hanno generalmente forme rotondeggianti, pendici abbastanza acclivi che in alcuni punti rasentano la verticalità.

Nelle aree comprese tra C. Catarratti, M. Spalatore e C. Banditore, alle quali si accede dalla Strada Comunale Bisconte, sono stati realizzati anche diversi e moderni complessi edilizi con edifici a più elevazioni fuori terra. La strada comunale ha corso stretto e tortuoso ed è parallela alla linea d'impiuvio della F. Cataratti che per buona parte del suo tragitto, a monte di Viale Europa, presenta alveo stretto, tortuoso e poco incassato inalveato entro pareti in cemento armato.



Foto n° 2 – La Fiumara Catarratti latitante immediatamente a valle l'area della Caserma Masotto la cui recinzione rossa è visibile nella foto

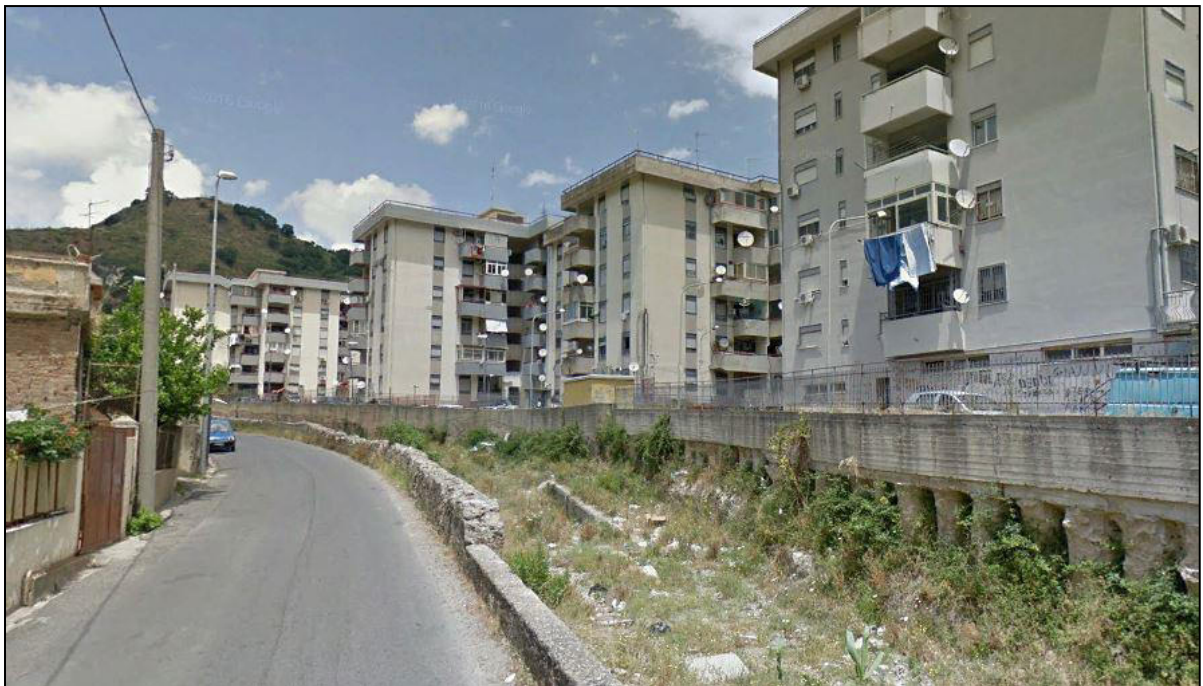


Foto 3 – Edifici di nuova costruzione in C.da Catarratti e l'omonimo orso d'acqua inalveato.

Il corso d'acqua è, per buona parte dell'anno, praticamente asciutto ed è

interessato da acque fluenti soltanto nei periodi di più intense precipitazioni meteoriche denotando un regime di tipo torrentizio. Il suo greto è occupato da elementi lapidei a spigoli arrotondati e di dimensioni decimetriche immessi in una abbondante matrice minuta dello stesso materiale.

La zona di raccordo tra i rilievi di monte e la sottostante piana del centro abitato presenta pendenza dei versanti via via più contenute.

La piana di Messina, qui come altrove, è solcata da alcune incisioni torrentizie aventi decorso all'incirca rettilineo ed asse perpendicolare all'attuale linea di costa. I depositi alluvionali prodotti da queste fiumare, saldandosi nel tempo, hanno formato la piana stessa. Essi, attualmente, alimentano l'arenile costituente il litorale.

Dal punto di vista morfologico i terreni della Piana si presentano sub-pianeggianti degradando con debolissima pendenza verso la non lontana linea di costa. Il gradiente topografico diventa più elevato in prossimità delle scarpate pedemontane.

L'area di raccordo tra la piana alluvionale e le scarpate pedemontane è marcata da un locale alto morfologico, rappresentato da paleoconoidi alluvionali delle principali incisioni che hanno eroso il substrato roccioso dell'entroterra collinare che, in zona, è rappresentato dalle metamorfite paleozoiche dell'Unità di Aspromonte.

L'assetto morfologico e morfometrico del sito di studio, come quello delle aree immediatamente circostanti, è chiaramente connesso alla natura litologica e strutturale dei litotipi affioranti.

La giacitura sub-orizzontale dei terreni della spianata è caratterizzata da equilibri geomorfologici improntati ad una generale stabilità garantita soprattutto dalle condizioni geolitologiche e strutturali delle formazioni geologiche di base. Nella zona, comunque, il substrato si presenta ad elevate eterogeneità sia in senso orizzontale che verticale in quanto, in contrapposizione ai materiali arenacei e granulari superficiali rinvenuti, il substrato profondo è costituito dai terreni a prevalente comportamento lapideo della formazione metamorfica paleozoica. Tale substrato non è individuabile in affioramento all'interno del perimetro della Caserma.

La presenza di un substrato avente caratteristiche litotecniche notevolmente differenti da punto a punto porta alla conclusione che l'area è caratterizzata dalla presenza di notevoli spessori di depositi alluvionali antichi e recenti incisi, da una lineazione idrogeologica importante costituita da una vecchia Fiumara (Fiumara di Catarratti) in parte inalveata e ricoperta entro strutture rigide. Le aree della ex Caserma sono ubicate in sponda orografica destra del suddetto corso d'acqua.

Tale diversità costituzionale del substrato comporta, ovviamente, risposte diverse da parte dei locali sedimi di fondazione alle tensioni indotte dalle costruzioni.

La zona oggetto dell'intervento non ricade tra quelle classificate a rischio frana o di inondazione nel Piano Assetto Idrogeologico redatto dall'Ass.to Reg.le Territorio ed Ambiente e riportate nel P.A.I. per l'Area Territoriale compresa tra il Torrente Fiumedinisi e Capo Peloro (Bacino n° 102).

2.3 - LINEAMENTI IDROGRAFICI ED IDROGEOLOGICI

Dai dati contenuti nell'Atlante climatologico redatto dal SIAS si riportano di seguito le indicazioni sul regime pluviometrico locale.

Il pluviofattore di Lang indica un clima semiarido in tutta la zona ad eccezione della località Faro laddove è di tipo steppico.

L'indice globale di umidità di Thornthwaite indica un clima asciutto-subumido. L'indice climatico di Emberger definisce una condizione di clima da subumido (a nord) ad umido (a sud).

L'indice di De Martonne evidenzia un clima quasi temperato caldo con caratteristiche di clima da temperato umido nelle propaggini meridionali del corpo idrico sotterraneo interessante buona parte dell'abitato.

L'indice di Rivas Martines suggerisce, infine, un clima da termomediterraneo subumido inferiore (a nord) ad un clima termomediterraneo subumido superiore (settore meridionale della piana costiera).

La temperatura media annua varia dai 17° (piana costiera litorale) a 19° (piana costiera interna).

Le precipitazioni annue variano dai 700-800 mm di pioggia (zona settentrionale) a 800-1000 mm nella zona meridionale.

La permeabilità lungo i corsi d'acqua e nella piana costiera varia da 10E-3 a 10E-4 m/s mentre la trasmissività varia da 10E-2 a 10E-3 m²/s.

La ricarica naturale dei corsi d'acqua dipende principalmente dalle più abbondanti piogge autunnali o invernali. Oltre all'incidenza diretta delle precipitazioni un contributo non indifferente alla ricarica deriva anche dal ruscellamento lungo i versanti dei bacini imbriferi drenati dalle fiumare laddove essi sono costituiti in affioramento da terreni poco permeabili. L'ulteriore contributo alla falda idrica sotterranea viene offerto anche dalle acque di restituzione delle sorgenti non captate, le cui acque raggiungono i fondovalle, e

si infiltrano sino a formare le falde sub-alvee.

Sotto l'aspetto idrografico, come già detto in precedenza, il tessuto urbano di Messina è caratterizzato dalla presenza di tutta una serie di Fiumare (Forra di San Filippo, Forra di Gazzi, Forra Zaera, Forra Portalegni, Forra Catarratti) che con corso rettilineo ed alveo molto svasato e linea di talweg poco incassata si snodano, in genere da nord-ovest verso sud-est. Quasi tutte queste Fiumare sono state inalveate e ricoperte entro strutture scatolari rigide e su di esse si snodano alcune delle principali vie cittadine.

Il regime delle Fiumare varia nel tempo in dipendenza dell'andamento della pluviometria locale. Infatti può presentare piene violente ma di breve durata nelle stagioni invernali; magre prolungate, invece, per i rimanenti periodi dell'anno. Tutte svolgono azione di collettore delle acque piovane ricadenti nelle adiacenti zone urbanizzate.

L'elevata permeabilità per porosità dei depositi alluvionali antichi e recenti, unita alla permeabilità per fessurazione e/o fratturazione delle rocce metamorfiche di substrato, favorisce l'infiltrazione delle acque di dilavamento nel sottosuolo inibendo il ruscellamento dei deflussi idrici e lo sviluppo di assi di drenaggio superficiali e favorendo, di conseguenza, la circolazione freatica sotterranea.

Si configurano, così, forme di interconnessione tra bacini limitrofi favoriti dalla notevole mobilità delle acque meteoriche infiltrate che tendono facilmente a trasferirsi in profondità per effetto delle intense fratturazioni tettoniche ad altissima trasmissività che contraddistinguono gli ammassi rocciosi di monte.

Nell'area in esame in particolare gli ammassi alluvionali appaiono caratterizzati da una buona permeabilità favorita dalla presenza di soglie di permeabilità del substrato metamorfico che indirizzano le acque a scorrere al loro tetto poco permeabile determinando una circolazione in sotterraneo abbastanza semplice in ragione del fatto che gli acquiferi seguono percorsi di deflusso alquanto regolari.

Localmente però la permeabilità di substrato può anche apparire contenuta in funzione della presenza di depositi residuali superficiali e degli insediamenti abitativi sempre più diffusi.

La circolazione idrica di substrato è caratterizzata dalla presenza di una falda idrica proveniente da monte ubicata ad elevata profondità e quindi non interferente con le strutture fondali degli edifici.

2.4) - LA GEOLOGIA E LA TETTONICA

2.4.1) – ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE E LA TETTONICA

L'area in esame è ubicata al margine nord-orientale dei Monti Peloritani che rappresentano l'estremo lembo meridionale di una struttura geologica più complessa, definita "Arco Calabro-Peloritano", che corrisponde al bordo più meridionale del Bacino del Tirreno, nell'ambito della convergenza e collisione tra le placche tettoniche Europea ed Africana.

Questo sistema montuoso ha una ossatura formata dai termini della Catena Kabilo-Calabride, costituita da unità di basamento cristallino ercinico con facies metamorfiche di grado diverso e da coperture sedimentarie mesocenozoiche, sia ridotte che subsidenti, sovrapposte, in ordine invertito rispetto al grado metamorfico, in un complesso sistema a thrust con geometria a flat.

Al disopra dell'unità cristallina si estende la successione terrigena nota come Flysch di Capo d'Orlando di età Oligocene sup – Miocene inf. che sutura i principali contatti di ricoprimento, ma rimane coinvolta nelle fasi compressive tardive. Durante queste ultime avviene anche la messa in posto, in retrovergenza, delle Argille Scagliose Antisicilidi. Con le tardoorogene Calcareniti di Floresta, di età Burdigaliano sup. – Langhiano sup., riprende la sedimentazione marina, mentre, a partire dal Serravalliano, l'area peloritana è ricoperta da depositi terrigeni post-orogeni, che si trovano in appoggio diretto sul basamento metamorfico dell'Unità di Aspromonte. Ad essi segue la deposizione di una serie evaporitica Messiniana e di diversi cicli sedimentari plio-pleistocenici.

Dal punto di vista strutturale l'area peloritana rappresenta una zona di ampio sollevamento regionale "Horst Peloritano" con trend assiale disposto all'incirca da NE a SW ed immersione verso NE. La zona è delimitata, ai suoi margini ionico e tirrenico, da zone abbassate da sistemi di faglie normali orientate NE-SW ed ENE-WSW, riferibili alla fase essenzialmente distensiva che ha luogo nel Pliocene sup. – Pleistocene inf.

Il settore orientale dei Monti Peloritani è limitato, verso ovest, da un fascio di faglie trascorrenti destre orientate NW-SE. Questa zona di taglio destro separa il settore nord-orientale dell'isola dall'area collisionale nebrodica responsabile dell'avanzamento verso sud del settore peloritano. La prosecuzione di questa zona di taglio verso il Tirreno, è stata riconosciuta da linee sismiche a mare che evidenziano una geometria di faglie

compatibile con un carattere transtensivo della deformazione ed al quale sono associate le strutture che controllano l'attuale margine tirrenico.

Sul lato ionico la *struttura a graben* dello Stretto di Messina è controllata da faglie attive appartenenti ad un sistema distensivo orientato NNE-SSW, ereditato dalla tettonica tardo-miocenica ed in parte riattivato da quelle orientate ENE-WSW, che determinano la fisionomia della parte settentrionale dello Stretto.

Secondo i dati raccolti sul lato tirrenico, le linee tettoniche affioranti a terra non mostrano segni di riattivazione recenti o sub-attuali. E' prevedibile, quindi, che le linee tettoniche, responsabili del sollevamento ancora in atto, siano poste nelle aree sommerse.

Più complesso è il quadro relativo alle faglie normali ad andamento NNE-SSW che controllano la costa ionica dei Peloritani. Queste ultime sono responsabili di rigetti di notevole entità e di epoca recente e, mostrano a terra, solo a tratti, segni di riattivazione recente, mentre gran parte dell'attività pare sia concentrata, anche in questo caso, su faglie a mare. L'attività di queste faglie hanno provocato tassi di sollevamento comparabili con quelli del lato tirrenico.

L'importante attività neotettonica di tali lineamenti è testimoniata dalle quote raggiunte dai depositi del Pleistocene inf. e, soprattutto, da quelle dei terrazzi tirreniani dislocati lungo la fascia ionica del messinese fino a quota di 125 m. s.l.m. circa.

2.4.2) – CARATTERISTICHE LITOLOGICHE DEI TERRENI

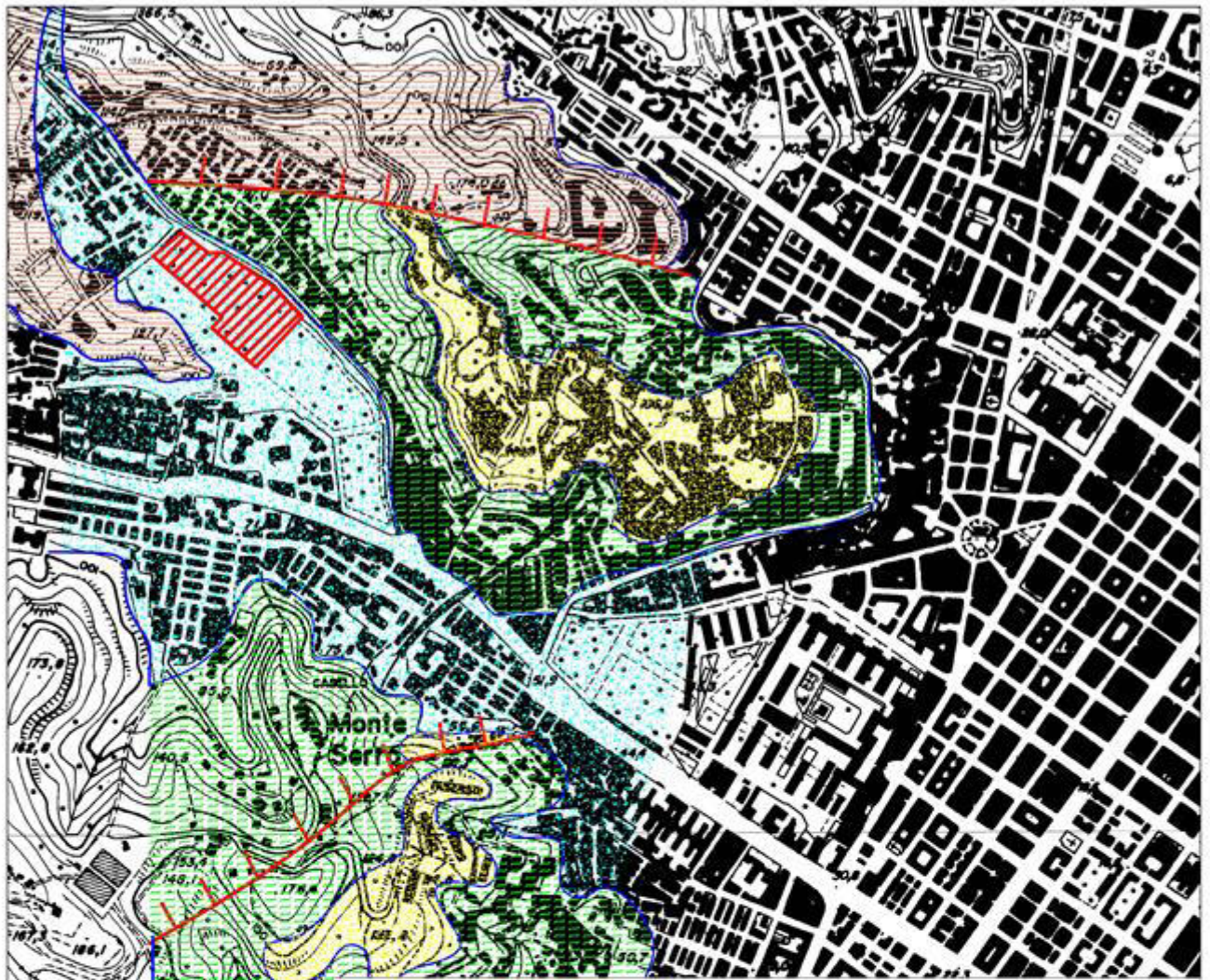
All'interno della struttura geologica precedentemente esposta affiora, nell'area in esame, un solo litotipo costituito dai:

- Depositi alluvionali antichi e recenti e depositi di piana litorale.

Al contorno ed in aree non interessate dalle strutture della Caserma ma mappate nell'allegata carta geologica, si riscontrano i seguenti altri litotipi che vengono riportati dei termini più recenti a quelli più antichi:

- Ghiaie e sabbie di Messina;
- Conglomerati della F.ne San Pier Niceto;
- Terreni del complesso metamorfico varisico.

La piana messinese, in genere, è costituita dai terreni di una formazione geologica nota nella letteratura specializzata con il nome di *Ghiaie di Messina* che, a luoghi, sono ricoperti da **depositi alluvionali** più recenti. Si tratta, nel complesso, di potenti depositi sabbioso-ghiaiosi con elementi litici prevalentemente arrotondati ed eterometrici immessi



CARTA GEOLOGICA

Scala 1:10.000



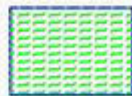
Depositi alluvionali recenti e depositi di plana litorale. Limi, sabbie con ghiaia incisi dagli alvei attuali, talora terrazzati lungo i corsi d'acqua



GHIAIE E SABBIE DI MESSINA - Sabbie e ghiaie grigio-giallastre o rossastre con abbondanti matrice. - Pleistocene medio-superiore



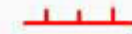
FORMAZIONE SAN PIER NICETO - Conglomerati ad elementi eterometrici prevalentemente cristallini - Miocene medio-superiore



Complesso metamorfico varisico. Paragneiss grigi a grana medio grossa e tessitura da massiva ad orientata passanti a micascisti grigio scuri a grana medio-grossa e tessitura scistosa - Pre Carbonifero - Permiano



limite stratigrafico



faglia diretta



Caserma Masotto

in una matrice abbondantemente sabbiosa a grana prevalentemente media o fine. Benchè il carattere prevalente di tale successione viene espresso, granulometricamente, dalla frazione di taglia arenacea o microconglomeratica si notano, a luoghi, variazioni di facies, sovente materializzabili da geometrie lenticolari con litotipi a granulometria più fine, quali limi ed argille, benchè queste porzioni lentiformi sono costituite anche da una porzione granulometricamente eterogenea.

Nel suo complesso, quindi, l'ambiente di sedimentazione che ha portato alla formazione di queste successioni appare di tipo paralico, con distribuzione dei sedimenti ad opera di canali anastomizzati e con la presenza di ambienti lacustri di limitata estensione, rappresentati, attualmente, da parte delle successioni limo-argillose.

Il basculamento dei blocchi ad opera delle faglie listriche neotettoniche, unitamente alle azioni morfodinamiche che contemporaneamente si sono esplicate, ha causato un paleopassaggio complesso, dove all'interno del sistema paralico si sono avute rapide variazioni laterali passanti ad ambienti di spiaggia (costa di tipo aperto) ed, infine, ad ambienti francamente marini.

Altri depositi limo-argillosi sembrano il prodotto di una sedimentazione fluviale localizzata lungo incisioni di modeste dimensioni.

Le *Ghiaie* si rinvengono, oggi, terrazzate sulle cime degli alti morfologici metamorfici che in zona sono rappresentate dai soli Monte Scarso e dell'altura su cui sorge il cimitero comunale.

La copertura alluvionale antica o recente si individua, invece nella valle della Fiumara Catarratti e raggiunge spessori notevoli anche superiori ai 15 metri come accertato in sondaggi eseguiti dallo scrivente in aree poco a valle del sito di indagine.

Gli edifici della Caserma trovano il loro sedime di fondazione all'interno dei terreni della formazione alluvionale continentale che, come è stato accertato durante i diversi saggi a pozzo eseguiti in prossimità delle fondazioni, è costituita da sabbie più o meno fini con inclusi elementi eterogenei ed eterometrici metamorfici. Le sabbie alluvionali si presentano di prevalente colorazione grigiastra, sono quasi asciutte e prive di plasticità e contengono abbondanti inclusi litici di piccole dimensioni a spigoli prevalentemente arrotondati. Sono anche presenti minuti cristalli di quarzo bianco, feldspati e miche. Talvolta si riscontrano tracce di minerali di ferro (pirite).

In aree non interessate dalle opere in progetto affiorano, invece:

- ***Ghiaie e sabbie di Messina*** (Pleistocene medio-sup), di colorazione grigio-giallastre o

rossastre presentano una abbondante matrice minuta sabbiosa. Sottostanno ai depositi alluvionali recenti e nelle zone tettonicamente sollevate possono riscontrarsi sulle cime degli alti morfologici;

- **conglomerati** ad elementi eterometrici prevalentemente cristallini immessi in una matrice minuta dello stesso materiale Fanno parte della *F.ne di San Pier Niceto* e si sono depositate nel Miocene medio-sup. In zona un affioramento è visibile nella parte nord-occidentale dell'area mappata laddove è separato dall'affioramento di cristallino da una faglia avente direzione ovest-est;

- **paragneiss** grigi a grana medio-grossa (*Complesso metamorfico varisico*) a grana medio-grossa e tessitura da massiva ad orientata. Passano a micascisti grigio scuri a grana medio-grossa e tessitura scistosa. Di sedimentazione Pre-Carbonifero – Permiano costituiscono il bed-rock locale e, strutturalmente, fanno parte dell'Unità Stratigrafico dell'Aspromonte a sua volta facente parte dei terreni del Complesso Calabride.

A pagina precedente è stata riportata la carta geologica locale redatta, alla scala 1:10.000, in base a rilievi di superficie eseguiti su base topografia al 5.000.

2.5) – CONSIDERAZIONI DI CARATTERE SISMICO

2.5.1) CARATTERIZZAZIONE SISMICA (O.C.P.M. 3274/2003) DEL SITO

La caratterizzazione sismica del sito è stata effettuata sulle risultanze delle indagini in situ ed in laboratorio e sulle informazioni di natura tecnico - storico attinte in un database¹ dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia dal quale si deducono i seguenti eventi sismici importanti avvenuti in Sicilia:

| Date | Lat | Long | Io | Iloc | Me | Epicentral zone |
|------------|-------|-------|------|------|-----|-------------------|
| 01/11/1693 | 37.13 | 15.02 | 11.0 | 7.5 | 7,4 | Sicilia orientale |
| 28/12/1908 | | | | | 7,3 | Messina |
| 10/31/1967 | 37.87 | 14.42 | 8.0 | 4.0 | 5,7 | Monti Nebrodi |
| 01/15/1968 | 37.77 | 12.98 | 10.0 | 6.0 | 6,4 | Valle del Belice |

Tabella 5 - Eventi sismici principali

nota:
Io = intensità massima epicentrale
Iloc = intensità massima locale

Come è noto, l'area dello Stretto di Messina è una delle zone a più alta pericolosità

¹ Earthquakes from the Catalogo dei Forti Terremoti in Italia, 461 a.C.-1990

dell'Italia dal punto di vista del rischio sismico, essendo stata colpita, nel passato, da numerosi terremoti distruttivi (magnitudo $M = 6,4-7,3$). I danni più gravi subiti dalla città e dalle località circostanti sono legati alla sequenza dei terremoti compresi tra il 1783 ed il 1908.

Danni minori sono stati provocati dai terremoti del novembre 1499, del febbraio 1509, del marzo 1638, del gennaio 1693, del novembre 1894 e del novembre 1978.

Messina è stata colpita anche da *tsunami* come in occasione del terremoto del 4 febbraio 1169, con epicentro a sud di Catania, e del terremoto del 1908.

A riguardo dei tempi medi di ritorno si vuole ricordare che gli eventi di intensità X della scala Mercalli mostrano valori compresi tra 650 e 840 anni mentre, quelli di intensità IX mostrano tempi di ritorno dell'ordine di 120 anni. Decisamente più frequenti sono quelli di intensità media che hanno un periodo di ritorno di 75 anni (intensità VIII) e di 28 anni (intensità VII).

Secondo le mappe di pericolosità sismica redatte del I.N.G.V. inserite in di seguito, il sito in oggetto ricade in categoria macrosismica IX, cui corrisponde un'accelerazione orizzontale di picco, per tempo di ritorno $T = 475$ anni, compresa tra $0,32 \pm 0,36$ g.

Per quanto concerne l'area in oggetto, nella quale si sono riscontrate diversità formazionali importanti, secondo recenti studi, gli effetti della topografia e di particolari situazioni geostrutturali e geomorfologiche possono dare luogo a fenomeni di amplificazione del moto sismico, con aumento dei tempi di dissipazione dell'ordine di alcune decine di secondi.

Nella fattispecie, la presenza di un affioramento di terreni alluvionali più o meno consolidati, posti a diretto contatto con un substrato più rigido, comporterebbe la possibilità di un fenomeno di "intrappolamento" delle onde **S** all'interno dei terreni clastici (favorito dal contrasto di impedenza con il bedrock sismico locale), al quale si aggiunge un ulteriore fenomeno riconosciuto come "effetto di bordo", connesso alla geometria bidimensionale del problema.

Il primo potenziale effetto di tale fenomeno è quello della focalizzazione delle onde sismiche nelle aree prossime alle linee di discontinuità litologica a seguito di processi di interferenza tra il campo di onda riflessa e quella rifratta.

Il secondo effetto è quello prodotto dall'incidenza delle onde sismiche in corrispondenza dell'interfaccia non orizzontale tra il bedrock e il terreno di bordo, che determina onde di superficie con direzione di propagazione orizzontale (*Aki & Larner, 1970*), facendo evolvere, in altri termini, le onde sismiche incidenti in onde di superficie di lungo periodo. Dette onde di superficie, in presenza di sensibili gradienti dell'impedenza

tra sedimenti argillosi e bedrock, rimangono confinate all'interno della "valle", rimanendo così soggette a riflessioni multiple sui bordi.

2.5.2) - CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Il recente DM 17.01.2018 (Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni) entrato in vigore il 22.03.2018, ha apportato, rispetto alle precedenti NTC 2008, importanti variazioni a riguardo del capitolo 3.2 (Azioni Sismiche).

Al §3.2.2 della norma 2018 (categorie di sottosuolo e condizioni topografiche), nel quale vengono definite le categorie di sottosuolo che consentono l'analisi di risposta sismica locale semplificata, il solo indicatore di riferimento per la classificazione sismica dei litotipi rimane la velocità delle onde di taglio V_s , da determinare mediante apposite misure dirette derivanti da indagini geofisiche di tipo sismico. Le norme consentono, in alternativa, la definizione del profilo V_s mediante il ricorso a correlazioni empiriche "di comprovata affidabilità" ma solo in subordine, attribuendo, di fatto, un diverso e inferiore rango a queste metodologie per la determinazione di V_s .

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|---|
| A | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/sec, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 metri |
| B | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 e 800 m/sec |
| C | <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiore a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle caratteristiche meccaniche con la profondità e da valori della velocità equivalente compresi tra 180 e 360 m/sec |
| D | <i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati a grana fine scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiore a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori della velocità equivalente compresa tra 100 e 180 m/sec. |
| E | <i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D</i> , con profondità del substrato no superiore a 30 m. |

Tab. 6 - Tabella 3.2. Il NTC 2018 – Categorie di sottosuolo che permettono l'approccio semplificato

Allo stesso paragrafo sono state riviste le categorie di sottosuolo per le quali è possibile il ricorso all'approccio semplificato nella determinazione della risposta sismica locale. Sono state eliminate le categorie aggiuntive S1 ed S2 e mantenute le categorie A,B,C,D. E' stata ridefinita la categoria E.

A pagina precedente viene riportata la nuova classificazione (Tab. 3.2.II).

La caratterizzazione sismica, in termine di categoria, del sottosuolo viene effettuata, analizzando, mediante apposite prove, la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/sec) che è definita dalla seguente espressione:

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

nella quale:

h_i = spessore dell'i-esimo strato;

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

N = numero degli strati;

H = profondità del substrato, definito come la profondità del tetto della formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano d'imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per i muri di sostegno dei terrapieni, la profondità è riferita al piano d'imposta della fondazione.

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

Nel paragrafo 3.2) si sintetizzano i risultati delle prove sismiche attive tipo masw eseguite all'interno della caserma.

3) - INDAGINI SUI TERRENI DI FONDAZIONE

L'indagine geognostica di substrato è stata basata sulla esecuzione di:

- un saggio a pozzo nel quale è stato prelevato un campione a blocco dei terreni sui quali sono fondate le palazzine della caserma;
- n° 5 prove sismiche tipo masw avente stendimenti di lunghezza diversa.

Nella planimetria seguente viene riportata l'ubicazione delle varie indagini.

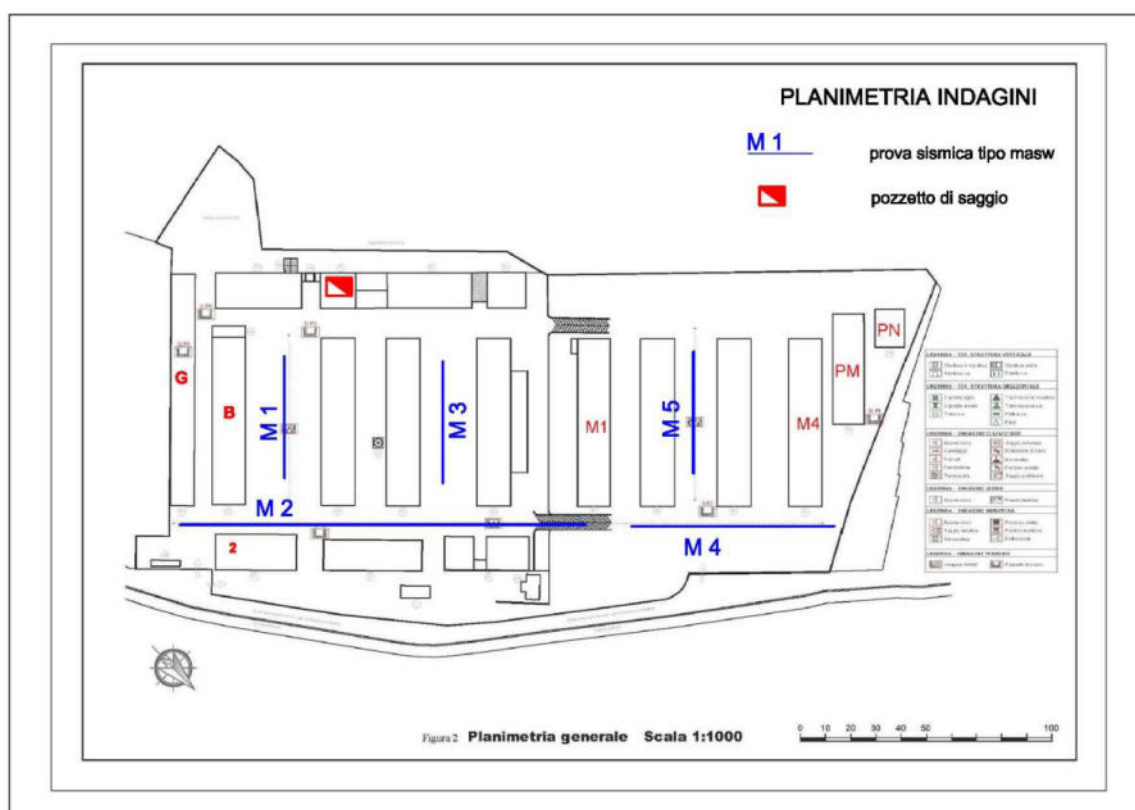


Fig. 6 - Planimetria con ubicazione indagini

3.1) – SAGGIO GEOGNOSTICO

Per l'identificazione dei litotipi presenti in sottosuolo costituenti i piani di posa delle fondazioni degli edifici ed al fine di accertare la geometria e profondità delle fondazioni stesse, sono stati eseguiti tutta una serie di pozzetti di saggio scavati con mezzi manuali per la cui descrizione si rinvia ad altro elaborato.

In uno di questi saggi, segnatamente quello indicato con la sigla CP6, si è individuata al disotto della pavimentazione dell'immobile a presenza di sabbie di colore



Fig. 7 – Il pozzetto di saggio CP6

giallo-grigiastro a grana prevalentemente fine con inclusi litici prevalentemente di origine metamorfica ed a spigoli arrotondati, poco addensata, poco umida e priva di plasticità.

Al fondo del pozzetto ed alla profondità di circa 80 cm dal piano di campagna è stato prelevato un campione di terreno che è stato conservato in apposito contenitore al fine di evitare il contatto con l'area e quindi il prosciugamento del terreno.

Il campione è stato avviato al laboratorio autorizzato Geo.tec snc di Palermo per la esecuzione delle principali analisi e prove geotecniche di laboratorio.

3.2) – ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Sul campione prelevato sono state eseguite le seguenti analisi e prove:

- determinazione del contenuto naturale d'acqua (W_n);
- determinazione del peso dell'unità di volume (γ);
- determinazione del peso specifico del solido (γ_s);
- prova di taglio diretto con apparecchiatura munita della scatola di Casagrande.

La documentazione fotografica e la descrizione litologica dei campioni è riportata nelle singole schede di identificazione.

I valori dei parametri fisico-volumetrici determinati sono i seguenti.

Il contenuto d'acqua naturale (W_n) è risultato del 9,1%;

Il peso dell'unità di volume del campione ricostituito in laboratorio è risultato 19,7 kN/m³;

Il peso specifico del solido è risultato di 26,6 kN/m³;

La caratterizzazione meccanica è stata eseguita mediante una prova di taglio diretto su tre provini appositamente ricostituiti in laboratorio.

Le tensioni di consolidazione applicate durante la prova sono state per i tre provini,

rispettivamente, di 97, 198 e 398 kPa.

Per la fase di taglio è stata adottata la velocità di prova di 0,0024 mm/min determinando i valori di picco per ciascuno provino ed adottando, per i tre provini, le stesse pressioni verticali della fase di consolidazione.

In generale il comportamento meccanico delle sabbie è risultato tipicamente incoerente in quanto, dopo la rottura, il valore della resistenza si è mantenuto quasi sempre costante in relazione all'andamento della deformazione. In queste condizioni anche il volume dei provini è rimasto costante denotando un comportamento meccanico tipico di materiale normalconsolidato.

I risultati delle prove sono riportati nelle certificazioni ufficiali rilasciate dal Laboratorio che sono inserite nell'apposito allegato.

3.2) – INDAGINI GEOFISICHE

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali (segnale sismico) e che si modificano in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversano. Le onde sismiche possono essere naturali o create artificialmente attraverso l'uso di masse battenti, scoppi, etc.

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- P-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- S-Trasversale: onda profonda di taglio;
- L-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- R-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Il metodo di indagine per onde superficiali è una tecnica di caratterizzazione sismica basata sull'analisi della dispersione geometrica delle onde superficiali che, in linea generale, in caso di acquisizioni terrestri, sono costituite principalmente, pur potendosi utilizzare anche le onde di Love, dalle onde di Rayleigh,.

I principali metodi geofisici di prove per onde superficiali si dividono in sondaggi sismici attivi e sondaggi sismici passivi.

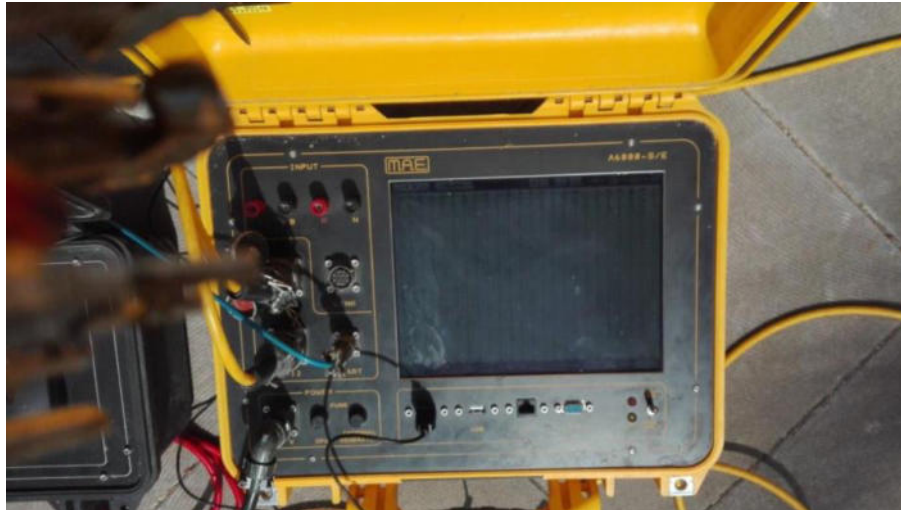
Il metodo di prova per onde superficiali attive maggiormente utilizzato prende comunemente il nome di MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) e si basa sulla misura delle onde superficiali eseguita con un dispositivo lineare di sensori sismici e con sorgenti artificiali.

Il metodo di prova per onde superficiali passive con la tecnica HVSR (o H/V "Horizontal to Vertical Spectral Ratios" si differenzia dalle prove attive per la procedura di acquisizione e di stima della curva dispersione sperimentale e dal fatto che non si ha bisogno di sorgenti artificiali ma vengono utilizzate le registrazione del rumore ambientale che consiste in vibrazioni del terreno indotte da attività antropiche o da fenomeni naturali.

I rilievi di campagna per la determinazione delle curve di dispersione delle onde superficiali di tipo Rayleigh, sono stati acquisiti da un sismografo multicanale a memoria incrementate della MAE mod. A6000 S/E. I dati sono stati rilevati da 24 geofoni verticali aventi diverso periodo di oscillazione (10 Hz, 4.5 Hz) disposti secondo geometria lineare ed "offset" non inferiore a 3 volte il G-spacing.

In campagna sono state eseguite n° 5 prove di sismica attiva tipo Masw. In particolare le prove M1, M3 ed M5 sono state eseguite con 24 geofoni disposti lungo l'allineamento di m 37,5. Nella prova sismica M4 i 24 geofoni sono stati di spostati con una distanza interelettrica di m 2,50 mentre, nella prova M2 la distanza interelettrica è stata di m. 5.

Nella foto seguente è riportata l'immagine del simografo utilizzato per l'acquisizione dei dati di campagna.



L'elaborazione dei dati delle cinque prove eseguite ha dato (vedi allegato: indagini sismiche) valori del parametro $V_{s,eq}$ compresi tra 379 e 509 m/sec riportati nella seguente tabella riepilogativa:

| MASW | Lunghezza [m] | $V_{s,eq}$ [m/s] |
|------|---------------|------------------|
| M1 | 37,5 | 476 |
| M2 | 125,0 | 394 |
| M3 | 37,5 | 509 |
| M4 | 62,5 | 384 |
| M5 | 37,5 | 379 |

L'elaborazione dei dati delle cinque prove hanno dato tutte (vedi allegato: indagini sismiche) valori del parametro $V_{s,eq}$ compresi tra 380 e 510 m/sec che consentono di classificare il sottosuolo come appartenente alla categoria "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 e 800 m/sec.*

4) - CONCLUSIONI

La presente relazione geologica è afferente allo studio dei terreni di fondazione sui quali sono state realizzate le palazzine attualmente esistenti all'interno della Caserma Masotto di Messina.

La conformazione del piano di posa delle fondazioni degli edifici è stata accertata mediante l'esecuzione di diversi saggi a pozzo che hanno messo in evidenza la presenza di depositi sedimentari a prevalente composizione sabbiosa. Le sabbie si presentano poco umide e prive di plasticità e mediamente addensate.

Le proprietà geotecniche dei terreni sono state accertate mediante analisi e prove di laboratorio su di un campione rappresentativo prelevato in un pozzetto di saggio.

Sebbene l'elaborazione dei dati delle cinque prove effettuate abbia dato (vedi allegato: indagini sismiche) valori del parametro V_s , eq compresi tra 380 e 510 m/sec che consentono di classificare il sottosuolo come appartenente alla categoria "B", si rimanda al calcolista, in funzione di relazioni empiriche di comprovata validità e di giustificata motivazione riguardanti le condizioni stratigrafiche locali, le proprietà dei terreni e la bibliografia specifica di interesse locale, limitatamente all'approccio semplificato (paragrafo 3.2.2 comma 1 e 2 delle NTC 2018), la scelta della categoria di sottosuolo da inserire nei calcoli di verifica strutturale.

Palermo lì settembre 2018

