



COMUNE DI S. STEFANO DI CAMASTRA
Provincia di Messina

OGGETTO

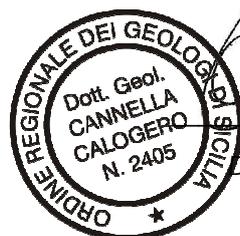
**PROGETTO ESECUTIVO PER I LAVORI DI
RISTRUTTURAZIONE DEGLI SPAZI DEL SENSO CIVICO**

**PON FESR SICUREZZA E SVILUPPO – OBIETTIVO CONVERGENZA 2007/2013 –
OBIETTIVO OPERATIVO 2.8 DIFFONDERE LA CULTURA DELLA LEGALITÀ**

DATA

31 Luglio 2013

REDAZIONE



Calogero Cannella
Dott. Calogero CANNELLA



Studio di consulenza geologica

Via Palazzo, 41 - 98077 S. Stefano di Camastra (Me)
Tel/Fax 0921.339133 - e mail: geo.cannella@alice.it

Relazione geologica

INDICE

1. INTRODUZIONE

2. MODELLO GEOLOGICO

2.1 GEOLOGIA

2.2 GEOMORFOLOGIA

2.3 CLIMATOLOGIA E IDROGEOLOGIA

2.4 SISMICITÀ

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITU

3.1 SONDAGGIO GEOGNOSTICO

3.2 INDAGINE GEOFISICA A SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA (HVSr)

3.3 INDAGINE GEORADAR DI SUPERFICIE

4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO

5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

5.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

5.1 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

6. CONCLUSIONI

ALLEGATI

T01 – Stralcio C.T.R. alla scala 1:10.000

T02 – Carta geologica alla scala 1:2.000

T03 – Sezione geologica alla scala 1:200

T04 – Planimetria con ubicazione indagini geognostiche alla scala 1:500

APPENDICE

1. Rapporto finale sondaggio a rotazione, a carotaggio continuo

2. Relazione indagine geofisica a sismica passiva a stazione singola (HVSr)

3. Relazione indagine georadar di superficie

RELAZIONE GEOLOGICA

1. INTRODUZIONE

Su incarico conferitomi dal Responsabile Unico del Procedimento con determinazione n. 20/AT del 14/01/2013, viene redatto il seguente studio geologico a supporto del “Progetto esecutivo per i lavori di ristrutturazione degli spazi del senso civico - PON FESR Sicurezza e Sviluppo – Obiettivo convergenza 2007/2013 – Obiettivo operativo 2.8 diffondere la cultura della legalità”.

L'intervento in progetto è finalizzato alla:

- a. ristrutturazione del chioschetto comunale ubicato al limite di Villa Italia;
- b. ristrutturazione della torre panoramica con realizzazione di un impianto ascensore esterno per garantire l'accessibilità anche a persone diversamente abili.

Entrambi gli immobili ricadono nella località denominata Villa Italia in adiacenza alla via G. Verga. Da tale parte insiste un ingresso ove è possibile accedere ai locali compresi nel seminterrato. Invece l'ingresso al resto della torre panoramica, al chioschetto ed agli spazi esterni avviene dalla Villa Italia.

Tra i due fabbricati oggetto di intervento è presente uno spazio esterno, costituito dal terrazzo di copertura praticabile del piano seminterrato del fabbricato denominato “Torre panoramica”.

Quest'ultima è costituita da tre elevazioni fuori terra oltre un piano seminterrato adibito e servizi igienici. Il collegamento verticale è esterno ed avviene attualmente mediante un scala a chiocciola in ferro.

L'area oggetto di studio è posta ad una quota di circa 67.5 m s.l.m. (vedi Tavola 01 e 02), e grosso modo trova collocazione alle seguenti coordinate geografiche assolute:

<i>Latitudine</i> (ϕ_{WGS84})	<i>Longitudine</i> (ϕ_{WGS84})
38.015509° N	14.352026° E
La sigla WGS84 si riferisce al sistema di riferimento spaziale X,Y,Z con origini nel centro della massa terrestre	

Gli immobili in questione risultano censiti catastalmente al foglio di mappa n°2 allegato A, particella n°5H (torre panoramica) e n°X501 (chioschetto).

Secondo la Carta Topografica d'Italia, prodotta dall'Istituto Geografico Militare (I.G.M.) alla scala 1:25.000, l'area oggetto di studio ricade nella tavoletta “S. STEFANO DI CAMASTRA” F° 251 II S.E.; per quel che riguarda invece la Carta Tecnica Regionale, prodotta dalla Regione Siciliana - Assessorato del Territorio e dell'Ambiente -, essa ricade nella Sezione N. 598130 “S. STEFANO DI CAMASTRA” alla scala 1:10.000.

Alla modellazione geologica del sito d'interesse, consistente nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, alla definizione della pericolosità sismica di base e della categoria di sottosuolo di riferimento, e alla caratterizzazione litotecnica del

sottosuolo in area progettuale, si è pervenuti mediante:

- Sopralluogo nell'area con osservazioni dirette su scavi e sbancamenti presenti nelle immediate vicinanze del sito, al fine di riconoscere e delimitare le formazioni geologiche affioranti, e definirne gli aspetti geomorfologici ed idrogeologici.
- Inquadramento geologico, nell'ambito dei lineamenti geologici regionali, del tratto di territorio in cui è compresa l'area in esame, attraverso la consultazione di lavori scientifici disponibili ed aggiornati sull'argomento.
- Ricerca e consultazione dei dati provenienti da studi geologici pregressi.
- Consultazione dei dati accelerometrici pubblicati dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, relativi ai valori di pericolosità sismica del territorio nazionale in corrispondenza dei punti del reticolo di riferimento, espressi in termini di accelerazione massima del suolo (a_g);
- Esecuzione di un sondaggio a rotazione, a carotaggio continuo, di una indagine geofisica a sismica passiva a stazione singola (HVSR), e di una indagine georadar di superficie.
- Analisi delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni interessati dall'intervento in progetto, sulla scorta di parametri ottenuti da analisi e prove eseguite sui campioni indisturbati prelevati nel corso di lavori pregressi.

In allegato alla presente e rilegate ad essa le seguenti tavole:

- T01 – Stralcio C.T.R. alla scala 1:10.000
- T02 – Carta geologica alla scala 1:2.000
- T03 – Sezione geologica alla scala 1:200
- T04 – Planimetria con ubicazione indagini geognostiche alla scala 1:1.000

In allegato alla presente ed in fascicolo separato:

- Rapporto finale sondaggio a rotazione, a carotaggio continuo
- Relazione indagine geofisica a sismica passiva a stazione singola (HVSR)
- Relazione indagine georadar di superficie

2. MODELLO GEOLOGICO

2.1 GEOLOGIA

L'area in studio è caratterizzata da una sequenza di terreni di origine ed età assai diverse, mostrandoci una linea evolutiva genetica dei complessi rocciosi sicuramente collegabile a quelli che sono stati i processi geodinamici che hanno interessato gran parte della Sicilia Nord-Orientale a partire dal Terziario, a seguito della convergenza tra la placca europea e quella africana.

In particolare, nell'area in esame, sono estesamente affioranti i più interni domini orogenici, che sono rappresentati dalle unità più interne della Catena Appenninico-Maghrebide.

Le prime sintesi riguardanti il riconoscimento dello stile strutturale della Catena Appenninico-Maghrebide, risalgono ad Ogniben (1960), il quale propose che le unità stratigrafico-strutturali "*Appenninico-Maghrebidi*", entro la quale ricade la catena dei Nebrodi, potevano essere raggruppate in "*Complessi*", costituiti da successioni sedimentarie, spesso cronologicamente coeve, le quali costituirebbero falde di trasporto orogenico, "disordinatamente" sovrapposte e successivamente dislocate, piegate e messe in posto. In particolare, nell'area di studio affiorerebbe per l'Autore il "*Complesso Sicilide*".

La consultazione dei numerosi lavori scientifici disponibili ed aggiornati sull'evoluzione tettonica del segmento dell'Orogene Appenninico-Maghrebide affiorante in Sicilia Nord-Orientale, ha permesso una notevole ridefinizione dell'assetto stratigrafico-strutturale delle potenti sequenze torbiditiche terziarie che costituiscono appunto l'impalcatura dei Monti Nebrodi.

La redazione della Carta Geologica della Provincia di Messina (F. Lentini, S. Catalano, S. Carbone, 1996 a; b), ha fornito nuovi aspetti rispetto al passato, fonte di sostanziali revisioni, per quel che riguarda la cronologia delle deformazioni.

Il *Complesso Sicilide*, appartenente all'*Unità Appenninico-Maghrebidi*, viene distinto in cinque Unità Stratigrafico-Strutturali, a loro volta costituite da varie unità tettoniche che dall'alto verso il basso sono:

- ✓ *Unità di Troina*
- ✓ *Unità delle Argille Scagliose Superiori*
- ✓ *Unità di Nicosia*
- ✓ *Unità di Monte Soro*
- ✓ *Unità di Monte Salici-Monte Castelli*

Alle *Unità Appenninico-Maghrebidi* seguono verso l'alto i terreni depositatisi successivamente alle principali fasi di ricoprimento, e poggianti in discordanza sulle unità del substrato. A tali terreni è dato il nome di *Coperture tardorogene pre-collisionali*, e ad esse appartengono le alternanze argilloso-arenaceo-conglomeratica del *Flysch di Reitano*, il quale "sutura" i contatti tettonici tra le Unità Sicilidi, e la cui composizione testimonia l'appartenenza ad un bacino impostatosi sulle Unità

Sicilidi già deformate.

Alla fine della deposizione del *Flysch di Reitano* si registra il trasporto verso sud delle porzioni più interne dello stesso che, insieme al suo substrato, viene traslato verso sud lungo piani di scollamento localizzati all'interno del *Flysch Numidico*. Questo episodio deformativo è post-datato da bioliti e calcari bioclastici del Tortoniano sup.-Messiniano inf., che poggiano in discordanza a mezzo di una superficie di erosione sul *Flysch di Reitano*, nel versante tirrenico dei Monti Nebrodi (zona di S. Stefano di Camastra - Caronia). Sui sedimenti bioclastici inframessiniani poggiano conglomerati, sabbie e argille di età messiniana.

La tettonica compressiva si è protratta almeno fino al Pliocene inf.-medio dal momento che sul versante meridionale dei Monti Nebrodi, i *Trubi* del Pliocene inf. sono coinvolti nei *footwalls* dei *thrusts*. I *Trubi* rivestono particolare importanza perché predatano importanti strutture compressive sviluppatesi nella fascia pedemontana nebroidea.

Successivamente a partire dal Plio-Pleistocene sono state attivate faglie normali listriche che hanno originato l'attuale configurazione morfologica della costa.

Il rilevamento geologico di superficie, eseguito nell'area interessata dall'intervento in progetto, ha permesso di identificare le formazioni geologiche affioranti per un ambito areale geologicamente significativo.

In essa si riscontrano dei depositi alluvionali quaternari, i quali, nella fascia tirrenica in esame, si rinvencono fino a quote di circa 300 metri s.l.m., suggerendo notevoli sollevamenti avvenuti probabilmente in concomitanza con l'attività delle faglie bordiere tirreniche.

Questi terreni non sono altro che superfici di spianamento poste su vari ordini, a debole inclinazione verso l'attuale linea di costa, e sono costituiti da sabbia, ghiaia, ciottoli e blocchi arrotondati prevalentemente quarzarenitici, in subordine di arenaria a cemento carbonatico, con presenza di qualche lente di sabbia. I blocchi possono raggiungere dimensioni considerevoli, con un diametro che può superare i 50 centimetri. La matrice è limo-argillo-sabbiosa di colore bruno-rossastro.

Su questi depositi trova ubicazione l'area di progetto e il primitivo nucleo abitativo di S. Stefano di Camastra.

Nella *Tavola 2* vengono riportate, in scala 1:2.000, le formazioni geologiche desunte dal rilevamento geologico eseguito nell'area oggetto di studio.

2.2 GEOMORFOLOGIA

Com'è noto, tra la morfologia del territorio, la natura geologica delle rocce che lo compongono, e le implicazioni dovute ai disturbi tettonici, esiste un rapporto ben definito, dovuto alla diversa risposta, delle litologie riconosciute, agli stress tettonici e agli agenti atmosferici.

I lineamenti morfologici che caratterizzano il territorio in studio, sono individuabili in un'orografia di tipo sub-pianeggiante, in prossimità dell'estesa piana alluvionale del Torrente S. Stefano che si espande nel margine occidentale del territorio comunale, in corrispondenza del terrazzo quaternario su cui si è impostato il centro abitativo di S. Stefano di Camastra, e nei terrazzi quaternari posti ad est del centro abitato in località "Gebbiole" ed "Ortora"; procedendo verso i settori meridionali, l'orografia acquista gli aspetti sempre più marcati delle aree di transizione verso i rilievi prettamente montuosi. L'altura più significativa è il monte "S. Croce di S. Stefano" (detto "*Il Letto Santo*") che raggiunge gli 874 m s.l.m., anche se la massima altimetria del territorio comunale è di 935 m s.l.m..

Questi rilievi presentano versanti con pendenze mediamente elevate, e con sezioni vallive che si presentano strette e con profili longitudinali allungati, che trovano impostazione lungo le principali direttrici di faglia o comunque su zone di debolezza strutturale.

Il sistema orografico preponderante di questa parte del bordo tirrenico dei Monti Nebrodi è schematizzabile in dorsali montuose sviluppatesi nella direttrice N-S, che separano i bacini idrografici dei corsi d'acqua che si riversano nel Mar Tirreno.

Uno di questi è il bacino del Torrente S. Stefano, che si estende per circa 82 km²; l'asta fluviale principale, il Torrente S. Stefano, si sviluppa per una lunghezza di circa 16 km con andamento NNW-SSE. Esso è caratterizzato da uno spiccato regime idraulico di carattere torrentizio con portate rapidamente variabili che assumono valori molto elevati al verificarsi di piogge di notevole intensità e breve durata; tale regime fa sì che in concomitanza d'eventi meteorici eccezionali il materiale solido venga trasportato principalmente per sospensione e per rotolamento, secondariamente per saltazione.

Il letto del corso d'acqua principale presenta caratteri morfologici diversi a seconda della zona considerata. Nella parte di testata l'alveo si presenta con forma irregolare, incassato nella roccia e notevolmente condizionato dai fenomeni erosivi che in questa zona risultano prevalenti.

Lo sviluppo del corso d'acqua risente del diverso grado di erodibilità e permeabilità delle rocce affioranti e delle lineazioni tettoniche. Gli affluenti hanno degli andamenti ENE-OSO ed E-O, coincidenti con l'esposizione dei versanti, dovuta alla presenza dei principali lineamenti neotettonici, orientati NNO-SSE, su cui si è impostata l'asta fluviale principale.

Il regime idraulico del Torrente S. Stefano, mostra valori di portata piuttosto variabili nel corso di un anno idrologico, con periodi di piena concentrati nella stagione piovosa che va da ottobre inoltrato a marzo, con massimi tra novembre e gennaio, successivi periodi di morbida, in un arco semestrale con poca pioggia che va da aprile a settembre, e con periodi di secca totale concentrati nel trimestre giugno-agosto. Ai lati di questi torrenti si rinvengono a varie quote depositi ciottolosi, anche terrazzati, che testimoniano con molta probabilità, l'entità del sollevamento subito dal bordo

settentrionale dell'isola.

Gli altri bacini idrografici si rinvengono nel settore nord-orientale del territorio comunale, e mostrano una estensione areale ed una lunghezza dell'asta principale nettamente inferiori a quelli del Torrente S. Stefano; essi sono rispettivamente (procedendo dal T. S. Stefano verso est): il Vallone Ciaramirello, il Vallone Palermo, il Vallone Tudisco, il Vallone Pecoraro, il Vallone Gebbiole, il Torrente Ortora e il Torrente Petrarìa.

L'erosione di superficie è di tipo diffuso lungo i versanti, e a seguito dell'acclività e delle litologie presenti, ciò comporta l'innescò di fenomeni di creeping, con conseguente formazione di nicchie di distacco e relative zone di accumulo; risulta invece di tipo "incanalato" in corrispondenza dei fondovalle ed in tutti quei casi in cui l'acclività del versante ne aumenti il potere erosivo. Lungo le linee d'impluvio è possibile riscontrate una non trascurabile attività erosiva, che innescò fenomeni di scalzamento al piede dei versanti interessati.

L'area d'interesse progettuale si trova lungo il perimetro nord-orientale di "Villa Italia", quest'ultima ubicata nella parte nord-orientale del terrazzo su cui trova collocazione il nucleo storico dell'abitato; si assiste ad una configurazione morfologica pianeggiante, con una quota di circa 67.5 m s.l.m., che verso nord lascia il posto ad una pendice che digrada verso la fascia costiera con inclinazione media rispetto all'orizzontale di circa 35°.

Da un'attenta osservazione dei luoghi, non sono stati osservati, allo stato attuale, processi geomorfici tali da creare pregiudizio alla realizzazione delle opere di progetto.

Inoltre, trasponendo le perimetrazioni del Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I. 022) della Regione Sicilia, si evince che l'area in argomento non ricade all'interno di zone classificate a rischio idraulico e geomorfologico.

2.3 CLIMATOLOGIA E IDROGEOLOGIA

La Sicilia è nota nel mondo per la mitezza del suo clima dovuta principalmente al fatto che essa occupa una posizione tale da porla al centro del mar Mediterraneo, toponimo nel cui nome è definito il clima della Sicilia, conosciuto appunto universalmente come "Clima Mediterraneo".

Esso è caratterizzato da lunghe estati calde e secche, prive quasi completamente di precipitazioni, e da inverni brevi durante i quali si concentra la quasi totalità delle piogge. Un certo grado di continentalità è tuttavia presente sulle zone interne montuose dell'isola, dove massime risultano quindi le escursioni termiche stagionali e diurne e dove occasionalmente, durante l'inverno, è presente la neve. Dal punto di vista della circolazione generale dell'atmosfera, la Sicilia si pone nel mezzo della latitudine delle correnti occidentali.

La meteorologia dominante è influenzata dalle principali configurazioni dinamiche del vicino

Atlantico: l'anticiclone delle Azzorre, in estate, e la depressione d'Islanda, in inverno; durante quest'ultima stagione sono possibili irruzioni di aria fredda da est dovute all'espansione dell'anticiclone Russo.

Un elemento molto influente sulla climatologia dell'isola è rappresentato dalla sua orografia, composta da una catena quasi ininterrotta di monti che si estendono da est ad ovest e che fanno da sbarramento alle perturbazioni atlantiche che arrivano da nord-ovest.

Il versante settentrionale dell'isola è, infatti, quello che riceve i massimi quantitativi di precipitazione, che assommano a valori compresi tra i 700 ed i 900 millimetri/anno, a differenza del versante sud, molto più siccitoso, che raccoglie quantitativi molto più modesti e compresi tra i 350 ed i 600 millimetri/anno.

Così come le precipitazioni, anche l'andamento delle temperature è fortemente correlato all'orografia. I massimi termici si raggiungono sulla Piana di Catania ad una cinquantina di chilometri dalla costa, dove non si sentono più i benefici effetti dei venti di brezza e dove le temperature superano frequentemente, in estate, i 40°C.

I venti dominanti sull'isola sono quelli nord-occidentali, legati prevalentemente alla circolazione generale dell'atmosfera delle medie latitudini. Tuttavia, risultano molto importanti e caratterizzanti il clima i venti meridionali di Scirocco e Libeccio, capaci di far impennare nell'arco di poche ore le temperature su tutta l'isola. Durante i mesi estivi predominano i venti di brezza che apportano anche un benefico effetto dal punto di vista termico lungo tutte le aree costiere.

La stagione autunnale è quella durante la quale si verificano i fenomeni più intensi, costituiti in prevalenza da veri e propri nubifragi che si localizzano in prossimità delle aree costiere. Il motivo di tale localizzazione è legato all'enorme divario termico esistente in quella stagione tra il mare, ancora molto caldo, e le prime irruzioni di aria fredda. Tali fenomeni sono spesso accompagnati anche da trombe d'aria e/o marine capaci di provocare danni ingenti. Negli ultimi anni, almeno un evento autunnale ha rispecchiato tali caratteristiche di estrema violenza, in linea con le previsioni dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) che li correla all'aumento globale delle temperature.

Se la distribuzione delle piogge totali annue è in qualche modo correlabile con l'assetto orografico e quindi altimetrico (proporzionalità diretta con la quota), quella delle intensità di pioggia rivela un'accentuazione dei valori nella fascia orientale dell'isola.

Nel territorio in cui ricade l'area di progetto, le precipitazioni si estinguono quasi del tutto nei mesi più caldi, durante i quali raramente si registrano fenomeni piovosi anche se di eccezionale entità.

Le condizioni di permeabilità dei terreni affioranti nell'area in esame, sono molto diverse sia in

relazione alla varietà dei termini costituenti la successione stratigrafica, sia alla frequente variabilità degli aspetti litologici e strutturali riscontrabili all'interno della stessa formazione.

Nello specifico, le alluvioni terrazzate quaternarie, presentano una permeabilità primaria per porosità medio-bassa; in questi terreni, in dipendenza del fatto che la matrice è prevalentemente limo-argillosa, i deflussi sono molto lenti e limitati esclusivamente alla presenza di una componentene più grossolana.

2.4 SISMICITÀ

2.4.1 Zonazione sismogenetica

L'OPCM n. 3274 del 20/03/2003 ha dato attuazione ai contenuti del D.Lgs. 112/1198, Art. 93 e 94, che determinano la ripartizione tra Stato e Regioni delle competenze in materia di riduzione del rischio sismico, recependo i risultati del Gruppo di Lavoro istituito dal Sottosegretario alla Presidenza del Consiglio dei Ministri nel dicembre 2002 (Decreto n. 4485 del 04/12/2002).

L'Ordinanza, allineando la normativa per le costruzioni in zona sismica al sistema dei codici europei (EC8), ha consentito una significativa razionalizzazione del processo di individuazione delle Zone sismiche. L'Allegato 1 dell'Ordinanza stabilisce che le zone sismiche sono individuate da 4 classi di accelerazione massima del suolo (a_{max}) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Stabilisce altresì che la competenza delle Regioni in materia di individuazione delle zone sismiche, si eserciti a partire da una mappa di riferimento (mappa di a_{max}), da elaborarsi in modo omogeneo a scala nazionale, secondo i criteri previsti dal citato All. 1.

Al fine di soddisfare l'esigenza di realizzare una mappa di pericolosità sismica di riferimento per le ragioni sopra citate, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - INGV ha promosso nel luglio 2003 la redazione della mappa in questione, coinvolgendo nella sua redazione esperti del mondo scientifico oltre che propri ricercatori.

Tale ricerca ha utilizzato ed elaborato un numero considerevole di dati e conoscenze. Tra i risultati conseguiti si cita:

- a) l'elaborazione di una nuova Zonazione sismogenetica ZS9 generata a partire da un sostanziale ripensamento della precedente Zonazione ZS4 (Meletti et al., 2000) alla luce delle evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni sul potenziale sismo genetico acquisite negli ultimi anni;
- b) la produzione di una versione aggiornata del catalogo CPTI (Gdl CPTI, 1999) detta CPTI2;
- c) la verifica, alla luce dei dati dei terremoti più recenti, delle relazioni di attenuazione di a_{max} definite a scala nazionale ed europea utilizzando distanze epicentrali calcolate in modo appropriato e le modifiche per i meccanismi focali prevalenti introdotte da Bommer et al. (2003);

d) la determinazione, con approcci storici e statistici, di due insiemi di intervalli di completezza dei dati del catalogo CPTI2.

La pericolosità sismica nel territorio della Regione Sicilia è connessa alla presenza di diverse aree sismogenetiche che interessano sia la porzione emersa del territorio regionale che le parti sommerse. La Zonazione sismogenetica ZS9 delimita all'interno del territorio della Sicilia le seguenti aree sismogenetiche:

ZS929 Zona sorgente della Calabria fino allo Stretto di Messina;

ZS932 Faglie legate allo "svincolo" che consente l'arretramento dell'arco calabro e le strutture "sintetiche" che segmentano il Golfo di Patti;

ZS933 Area compresa tra il Monte Etna e i Monti di Palermo;

ZS 934 Area del Belice;

ZS935 Fronte dell'Avampese Ibleo sull'Avanfossa e Scarpata Ibleo Maltese;

ZS 936 Area Etna.

La zona sismogenetica che interessa l'area in esame è la 933. Ogni zonizzazione sismogenetica è caratterizzata da un definito modello cinematico il quale sfrutta una serie di relazioni di attenuazione stimate sulla base di misurazioni accelerometriche effettuate sia sul territorio nazionale che europeo. Sulla base di tali zone, per tutto il territorio italiano, sono state sviluppate le carte della pericolosità sismica.

Nella Zona Sismogenetica 933 sono previsti, sulla base dei meccanismi focali, valori di magnitudo massima attesa pari 6.14 (secondo il "Rapporto conclusivo" del 2004 dell'INGV).

Il risultato, per ogni Comune, è rappresentato da una stima del rischio sismico che tiene conto dell'intera storia sismica riportata nel catalogo sismico nazionale e che viene espresso in termini probabilistici. La pericolosità sismica di riferimento ipotizza un substrato omogeneo in roccia ed è espressa in PGA (Peak Ground Acceleration) con associato un periodo di ritorno di 475 anni, valore convenzionale in quanto rappresenta l'accelerazione associata alla probabilità del 90 % di non superamento considerando un periodo di ritorno di 50 anni.

I dati recenti di sismica strumentale, per la Sicilia Settentrionale, hanno messo in evidenza una sismica legata alla zona di deformazione che dalle Eolie si estende fino ad Ustica, con orientamento E-W.

Infatti, nel territorio in esame e nell'entroterra tirrenico, esistono delle configurazioni tettoniche e strutturali che possono modificare la risposta locale all'input sismico, rappresentate da dislocazioni tettoniche.

La mappa di pericolosità sismica MPS04 e le mappe regionali delle zone sismiche definiscono con chiarezza le aree dove ci si possono aspettare scuotimenti forti (anche da subito!); in quanto tali possono e devono essere considerate come strumenti di previsione.

Le “*Norme Tecniche per le Costruzioni*” del D.M. 14-01-2008 hanno modificato le modalità di valutazione delle azioni di progetto. In particolare nel documento sulla pericolosità sismica (Allegato A), l’azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base, che costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Per ciascuna zona – e quindi territorio comunale – precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio civile, ecc.).

La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le “*Norme Tecniche per le Costruzioni*” e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali.

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dai parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle “*Norme Tecniche per le Costruzioni*” e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

La terna di valori è definita in corrispondenza dei 10751 punti del reticolo di riferimento (che ha una maglia di circa 10 km di lato) e per nove valori di T_R (espressi in anni) considerati nella pericolosità sismica di base (30, 50, 72, 101, 140, 202, 475, 975, 2475).

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell’intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito dell’INGV.

La valutazione della risposta sismica locale deve essere effettuata determinando i parametri sismici (a_g , F_o , T^*_c), a partire dall’esatta individuazione delle coordinate geografiche del sito di interesse, a rischio di errori percentuali anche non trascurabili negli stessi parametri sismici.

A tal proposito è bene ricordare che il datum ED50 è l’ellissoide di riferimento per la mappa di pericolosità sismica dell’INGV.

2.4.2 Classificazione sismica regionale

La Delibera di Giunta Regionale n. 408 del 19 dicembre 2003 ed il successivo D.D.G. n. 3 del 15 gennaio 2004, tra l'altro, hanno reso esecutiva la nuova classificazione sismica dei Comuni della Regione Siciliana, distinguendo il territorio in quattro aree a diversa pericolosità sismica oltre ad un'area a pericolosità sismica speciale ricadente tra le province di Messina, Catania, Ragusa e Siracusa. Per tale area a vincolo di Zona 2, le verifiche tecniche di sicurezza sismica di strutture strategiche e rilevanti, da effettuare obbligatoriamente da parte degli Enti proprietari, ai sensi dell'OPCM n. 3274/2003, dovranno essere eseguite con vincolo di pericolosità di Zona 1.

Tale classificazione sismica del territorio, attuata dall'Amministrazione Regionale ai sensi dell'Art. 2 dell'OPCM n. 3274/2003 e dell'Art. 94 del D.L.vo n. 112/1998, ha permesso una maggiore omogeneità territoriale del vincolo, introducendo altresì l'obbligo della progettazione antisismica anche per i Comuni classificati similmente in Zona 4.

La classificazione sismica, inoltre, ha consentito l'adozione degli elenchi non esaustivi delle Categorie tipologiche di edifici di interesse strategico e rilevante, individuando anche i criteri di priorità per la programmazione delle verifiche tecniche delle strutture strategiche e rilevanti.

Sulla base dell'OPCM 3274/2003 il Comune di S. Stefano di Camastra è classificato in Zona Sismica 2 (zona dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti), mentre dalla consultazione della mappa dei "Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale", sviluppata nell'ambito del progetto sismologico S1 (DNPC-INGV), si evince come lo stesso risulta compreso in una delle zone sismiche d'Italia in cui l'accelerazione massima del suolo (a_g = frazione dell'accelerazione di gravità) risulta compresa tra 0.150g e 0.200g¹ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

2.4.3 Sismicità Storica

La sismicità storica del Comune di S. Stefano di Camastra è stata desunta dal DBMI11², che contiene dati di intensità relativi a 1681 terremoti che fanno parte di CPTI11 (Rovida et al., 2011), e in particolare relativi a:

- a. 1484 terremoti i cui dati sono stati utilizzati per determinare i parametri che fanno parte di CPTI11;
- b. 197 terremoti etnei, i cui dati non sono utilizzati per determinare i parametri che fanno parte di CPTI11, in quanto i relativi parametri sono stati adottati direttamente dal Catalogo Macrosismico dei Terremoti Etnei (CMTE; <http://www.ct.ingv.it/ufs/macro>; Azzaro et al.,

¹ Progetto INGV-DPC S1 (2006). Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'OPCM 3274/2003 e progettazione di ulteriori sviluppi.

² M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi (a cura di), 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>. DOI: 10.6092/INGV.IT-DBMI11.

2000; 2002; 2006; 2009).

Il DBMI11 è realizzato nell'ambito delle attività del Tema Trasversale Coordinato INGV 5.1 "Banche dati e metodi macrosismici" dell'INGV.

La storia sismica della località in esame è riassunta nella tabella seguente, la quale elenca le osservazioni, aventi la maggiore intensità al sito, disponibili per la località in esame. In essa sono indicate oltre all'intensità al sito in scala MCS (**I**), la denominazione dell'area epicentrale, il numero di osservazioni macrosismiche del terremoto (**Np**), l'intensità massima in scala MCS (**I_x**), e la magnitudo momento (**M_w**).

Storia sismica di Santo Stefano di Camastra

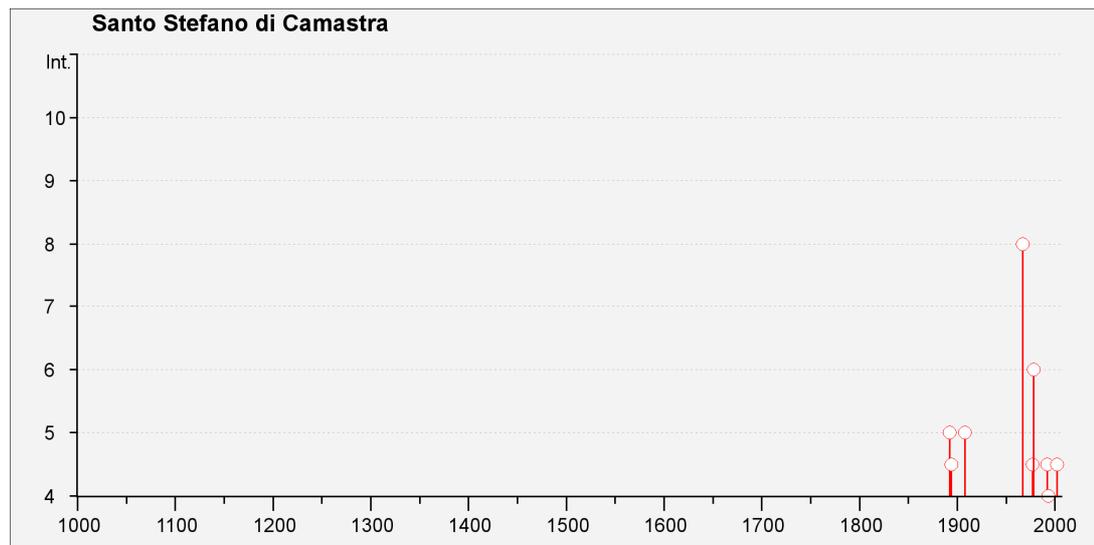
[38.015, 14.351]

Numero di eventi: 18

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	I _x	M _w
5	1892 03 16 12:38	ALICUDI	28	7	5.29 ±0.31
4-5	1894 11 16 17:52	Calabria meridionale	303	9	6.07 ±0.10
F	1894 12 27	FILICUDI	12	6	5.18 ±0.34
3	1905 09 08 01:43	Calabria meridionale	895		7.04 ±0.16
3	1908 12 10 06:20	NOVARA DI SICILIA	64	7	5.13 ±0.26
5	1908 12 28 04:20	Calabria meridionale-Messina	800	11	7.10 ±0.15
NF	1909 07 01 06:24	CALABRO MESSINESE	35		
NF	1913 06 28 08:52	Calabria settentrionale	151	8	5.66 ±0.14
2	1930 03 26 10:52	FILICUDI	11	6-7	4.94 ±0.28
3	1940 01 15 13:19	Golfo di Palermo	60	7-8	5.28 ±0.20
8	1967 10 31 21:08	Monti Nebrodi	60	8	5.46 ±0.19
4-5	1977 06 05 13:59	MISTRETTA	108	6	4.72 ±0.11
6	1978 04 15 23:33	Golfo di Patti	332		6.06 ±0.09
3-4	1990 12 13 00:24	Sicilia sud-orientale	304	7	5.64 ±0.09
4-5	1992 04 06 13:08	Messinese	23	5	4.76 ±0.09
4	1993 06 26 17:47	POLLINA	47	6	4.95 ±0.09
4-5	2002 09 06 01:21	PALERMO	132		5.94 ±0.09

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
NF	<u>2005 11 03 09:19</u>	Costa siciliana settentrion.	61	4-5	3.86 ±0.22

La sismicità della località in esame è riassunta graficamente nel diagramma successivo.



3. INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITU

Nell'ambito del progetto in argomento, sono state programmate ed effettuate, sull'area interessata dall'intervento, indagini geognostiche in situ indirizzate ad una puntuale ed esaustiva caratterizzazione e modellazione geologica - litotecnica - simica del sito.

La determinazione dei dati utili alle finalità preposte è avvenuta attraverso l'esecuzione di:

- a. n°1 sondaggio a rotazione, a carotaggio continuo;
- b. prelievo di N° 1 campione indisturbato.
- c. n°1 prova geofisica a sismica passiva a stazione singola (HVSr)
- d. n°4 profili georadar di superficie.

L'ubicazione delle suddette indagini è riportata nella *Tavola 04*, mentre per un quadro più dettagliato delle indagini eseguite si rimanda al "Computo metrico consuntivo" in allegato alla presente ed in fascicolo separato.

3.1 SONDAGGIO GEOGNOSTICO

La campagna di trivellazioni è stata condotta eseguendo n° 1 sondaggio geognostico verticale a carotaggio continuo mediante perforazione a rotazione e a circolazione d'acqua diretta. Il sondaggio S1 è stato spinto alla profondità di 10.0 m dal piano di campagna attuale.

Il materiale carotato, disposto e ordinato in apposite cassette catalogatrici, è stato attentamente studiato, quindi sistemato all'interno del chioschetto comunale posto negli spazi adiacenti la torre panoramica.

Il sondaggio si è svolto con continuità nei giorni compresi tra il 16 e il 18 luglio 2013, ed è stato diretto dallo scrivente con alta sorveglianza giornaliera per l'intero svolgimento.

I dettagli inerenti la risultanza stratigrafica del sondaggio è riassunta di seguito, rimandando per una lettura dettagliata circa le modalità di esecuzione, all'elaborato in appendice, redatto dalla ditta incaricata.

Sondaggio S₁

da m	a m	Descrizione litologica
0.00	0.30	Pavimentazione in basalto e sottostante massetto in cls.
0.30	4.80	Riparti costituiti da sabbie limose di color bruno frammiste a radici e con inclusi ciottoli, frammenti litoidi centimetrici e resti di laterizi e di cls. Da m 2,00 a m 2,50 è stata riscontrata una cavità.
4.80	10.00	Ghiaie e più rari ciottoli centimetrici quarzarenitici di colore grigio giallastro ad alta resistenza meccanica ridotti in frammenti per carotaggio con intercalati strati di sabbie limo argillose di color ocra.
*Le quote di cui sopra sono riferite alla quota del p.c. attuale (circa 67.5 m s.l.m.).		

Dalla stratigrafia del sondaggio emergono dei litotipi con caratteristiche meccaniche alquanto variabili, intercettando terreni di riporto in superficie, terreni sabbioso limosi, e soprattutto elementi litoidi centimetrici caratterizzati da un'alta resistenza meccanica a profondità via via crescenti.

Per i motivi appena indicati è stato necessario sostenere le pareti del foro con tubi di rivestimento, e la percentuale di carotaggio è risultata essere inferiore al 100%.

Inoltre, sul campione prelevato in modo indisturbato nel corso del sondaggio a rotazione (profondità di prelievo 5.40÷6.00 m dal p.c.), non è stato possibile eseguire alcuna analisi e prova geotecnica di laboratorio tenuto conto delle caratteristiche litologiche dello stesso.

3.2 INDAGINE GEOFISICA A SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA (HVSR)

In ottemperanza a quanto previsto dal D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni", integrate dalla "Circolare Ministeriale del 2 febbraio 2009 n. 617 C.S.LL.PP.", si è provveduto ad eseguire una indagine geofisica a sismica passiva a stazione singola (HVSR), finalizzate alla caratterizzazione dell'assetto sismostratigrafico dei livelli più superficiali del sottosuolo, al calcolo del parametro $V_{s,30}$, alla stima della profondità del bedrock sismico, e alla valutazione della eventuale frequenza di risonanza di sito.

L'ubicazione dell'indagine geosismica (Tro1) è riportata nella *Tavola 04*.

La tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) si basa sulla misura dei microtremori che sono sempre presenti ovunque sulla superficie terrestre, e che sono generati da fenomeni atmosferici (vento, onde marine) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre.

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale della ditta Micromed s.r.l. "Tromino modello zero" che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra-leggeri e ultra-compatti in alta risoluzione specificamente progettati per l'acquisizione del rumore sismico.

Lo strumento racchiude al suo interno tre velocimetri elettrodinamici ortogonali tra loro ad alta definizione. I dati vengono memorizzati in una scheda di memoria interna da 512 Mb, evitando così la presenza di qualsiasi cavo che possa introdurre rumore meccanico ed elettronico. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

L'esecuzione della prova HVSR ha permesso di giungere ai risultati che di seguito vengono esposti sinteticamente, rimandando per una lettura dettagliata dei risultati dell'indagine, all'elaborato in appendice, redatto dalla ditta incaricata.

ESITO INDAGINE GEOFISICA "HVSR"

L'indagine ha consentito di individuare nel sottosuolo dell'area indagata i sismostrati caratterizzati da valori della velocità media delle onde di taglio V_s crescenti, le frequenze

caratteristiche di risonanza di sito legate alle caratteristiche geologiche e fisiche dell'area e la stima della profondità del bedrock.

Nello specifico, la registrazione in corrispondenza del punto di registrazione, ha messo in evidenza la presenza dei seguenti sismostrati:

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.75	0.75	95	0.35
4.55	3.80	198	0.35
15.05	10.50	280	0.35
inf.	inf.	490	0.35

La curva H/V, nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (1÷20 Hz), mostra una stratigrafia caratterizzata dalla presenza di un riflettore all'interno dello spessore "significativo", contraddistinto da un valore del rapporto $2 < H/V < 3$ ad una frequenza di picco di 4.47 ± 0.38 Hz.

Tale frequenza rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento dei manufatti in termini di risposta sismica locale, in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni al fine di evitare la corrispondenza tra le frequenze fondamentali del segnale sismico come trasmesso in superficie e quelle dei manufatti da realizzare.

3.3 INDAGINE GEORADAR DI SUPERFICIE

Al fine di ottenere informazioni utili alla progettazione, alla risultanza stratigrafica emersa dalla terebrazione eseguita, è stata abbinata quella ricavata utilizzando la metodologia georadar meglio conosciuta come Ground Penetrating Radar (G.P.R.), ottenendo come risultato, quello di avere una valenza diagnostica più ampia e dettagliata di quella tradizionale legata alle dimensioni fisiche della perforazione.

La prospezione di cui sopra, seguita e diretta dallo scrivente, è stata effettuata dalla ditta incaricata con lo scopo di accertare la profondità degli orizzonti costituenti la successione litostratigrafica dell'area, nonché la presenza di eventuali sottoservizi e/o anomalie presenti al di sotto o in corrispondenza dell'area oggetto di intervento.

Nel caso specifico si è utilizzata il sistema proposto dalla RADAR systems corredato da una serie di antenne di frequenza pari rispettivamente a 500 Mhz e 1,5 Ghz; con tale configurazione, si è potuto indagare fino ad una profondità rispettivamente di circa m 6.00 con quella di frequenza pari a 500 Mhz e di circa m 3.00 con quella di frequenza pari a 1,5 Ghz.

In particolare, sono stati realizzati n° 2 profili con antenne di entrambi le frequenze rispettivamente lungo la direttrice SE-NW e N° 2 profili lungo la direttrice SW-NE (vedi *Tavola 04*).

ESITI INDAGINE GEORADAR

L'indagine realizzata ha permesso di giungere ai risultati che di seguito vengono esposti sinteticamente, rimandando per una lettura più dettagliata della metodologia utilizzata, dei dati acquisiti, e dei radargrammi relativi a ciascuna profilo, all'elaborato redatto dalla ditta incaricata in allegato alla presente ed in fascicolo separato.

Dall'analisi dei radargrammi, si è potuto accertare quanto segue:

1. E' presente un primo orizzonte superficiale ad alta riflessione, riferibile ad una pavimentazione e ad un sottostante massetto di sottofondo riscontrato fino ad una profondità di circa 0.70 m dal p.c. in corrispondenza del radargramma 3 e di 1.00 m in corrispondenza del radargramma 1.
2. Al di sotto del primo orizzonte è visibile un piano a riflessione intermedia, litologicamente riferibile a terreni eterogenei costituiti da elementi lapidei in matrice pelitico sabbiosa. Tale orizzonte, è stato rinvenuto fino ad una profondità massima di 4.80 m dal p.c. in corrispondenza del radargramma 1 e di 3.00 m dal p.c. in corrispondenza del rad. 3.
3. In corrispondenza del radargramma 2 si è osservato la presenza di un orizzonte di base a bassa riflessione presente ad una profondità di oltre 4.80 m e fino ad una profondità di 6.00 m riferibile alla presenza di elementi lapidei in scarsa o del tutto assente matrice.
4. In corrispondenza dell'area di progetto, il radargramma 1 ha permesso di accertare la presenza di un piano di forte riflessione presente ad una profondità compresa tra i 4.80 ÷ 6.00 m dal p.c. Tale target é probabilmente riferibile ad una struttura antropica, forse un manufatto sepolto in muratura o altra struttura antropica di origine non nota (vedi radargramma 1).
5. In corrispondenza del radargramma 3 è stato accertato un piano inclinato di forte riflessione presente a circa 19.50 m dall'origine e alle profondità di circa 1.00 ÷ 1.40 m e 2.00 ÷ 2.50 m probabilmente riferibili ad una discontinuità dell'orizzonte ovvero ad una cavità.

I dati emersi dai quattro profili georadar eseguiti hanno permesso di accertare i seguenti orizzonti:

da m	a m	<i>Descrizione</i>
0.00	0.70÷1.00	Pavimentazione e sottostante massetto di sottofondo (vedi radargramma 1 e 3).
0.70÷1.00	3.00÷4.80	Terreni costituiti da elementi lapidei in matrice pelitico sabbiosa (vedi radargramma 1 e 3).

4.80	6.00	Orizzonte di base costituito da elementi lapidei in scarsa o del tutto assente matrice (vedi radargramma 2).
*Le profondità di cui sopra sono riferite alla quota del p.c. attuale (circa 67.5 m s.l.m.)		

In ultimo si precisa che l'indagine eseguita, come già per altro precisato nella relazione redatta dalla ditta incaricata, essendo indiretta, può essere soggetta ad errate interpretazioni per effetto di anomalie dovute a fattori locali non interpretabile e/o non individuabili.

4. CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA DEL SOTTOSUOLO

Per la caratterizzazione litotecnica dei terreni, sono state prese in considerazione le informazioni acquisite da pregresse prove in sito e di laboratorio effettuate su terreni assimilabili a quelli in esame, cercando le corrispondenze possibili fra livelli a simili caratteristiche, al fine di fornire una indicazione stratigrafica standardizzata su cui eseguire le valutazioni geotecniche e la corrispondente parametrizzazione.

L'analisi dei risultati ottenuti ha quindi portato alla sintetizzazione della natura fisica-meccanica del sottosuolo dell'area in esame, che viene schematizzata nella seguente tabella:

Orizzonte Litotecnico	Profondità dal p.c. (m)	Litotipo	Parametri meccanici
A	da 0.00 a 0.30	Pavimentazione in basalto e sottostante massetto in cls.	Radicale asportazione
B	da 0.30 a 4.80	Riperti costituiti da sabbie limose di color bruno frammiste a radici e con inclusi ciottoli, frammenti litoidi centimetrici e resti di laterizi e di cls. Da 2.00÷2.50 m dal p.c. è stata riscontrata una cavità.	$\gamma = 1.85 \text{ g/cm}^3$ $\phi = 18^\circ$ $c = 0.10 \text{ kg/cm}^2$
C	da 4.80 a 10.00	Ghiaie e più rari ciottoli centimetrici quarzarenitici di colore grigio giallastro ad alta resistenza meccanica ridotti in frammenti per carotaggio con intercalati strati di sabbie limo argillose di color ocra.	$\gamma = 1.95 \text{ g/cm}^3$ $\phi = 24^\circ$ $c = 0 \text{ kg/cm}^2$

I parametri si riferiscono alla porzione sabbioso-pellica riscontrata.
Le profondità sono espresse rispetto all'attuale piano di campagna dove è stato eseguito il sondaggio a rotazione a carotaggio continuo (circa 67.5 m s.l.m.).
Per quanto riguarda le variazioni dello spessore degli strati si rimanda a quanto documentato nell'elaborato in appendice, redatto dalla ditta incaricata.

γ = Peso di volume
 ϕ = Angolo di attrito
 c = Coesione

In ragione dei sopra esposti orizzonti litotecnici, e in base all'indagine georadar eseguita ed alle relative risultanze, si ritiene opportuno adottare una fondazione indiretta per l'impianto ascensore esterno alla torre panoramica; questa soluzione dovrà essere opportunamente dimensionata e attestata ad una profondità superiore a 6.00 m dal p.c., all'interno dell'orizzonte litotecnico "C" (vedi Tavola 03).

5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

5.1 Categoria di sottosuolo

Nel sito indagato, sulla base del profilo delle onde di taglio elaborato con la prova HVSR, attraverso il confronto tra la curva spettrale che rappresenta l'andamento sismico registrato in campagna e quella generata dal modello di calcolo del V_s , si ottiene il seguente valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio:

$$V_{s,0.00-30.00} \text{ (m/s)} = 315$$

Pertanto, dalla ricostruzione del quadro geofisico emerso dalla prospezione eseguita, ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni", integrate dalla "Circolare Ministeriale del 2 febbraio 2009 n. 617 C.S.LL.PP. - Cap. 3.2.2 / Tab. 3.2.II" il profilo sismostratigrafico dei terreni indagati permette di classificare il sito come appartenente alla "Categoria C".

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).

L'analisi delle curva H/V mostra una stratigrafia caratterizzata dalla presenza di un riflettore all'interno dello spessore "significativo", contraddistinto da un valore del rapporto $2 < H/V < 3$ ad una frequenza di picco di 4.47 ± 0.38 Hz; quest'ultima potrebbe dar luogo ad effetti amplificativi in grado di generare modesti fenomeni risonanza nel dominio di frequenze di specifico interesse ingegneristico in funzione delle opere da realizzare.

Per maggiori dettagli sulle modalità di esecuzione e sulle elaborazione dei dati di campagna si rimanda all'elaborato predisposto dalla ditta incaricata.

5.2 Condizioni topografiche

Secondo quanto previsto nel Cap. 3.2.2 / Tab. 3.2.IV e Tab. 3.2.VI – delle NTC, al sito in esame si attribuisce “**Categoria T2**”.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
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 $i > 30^\circ$

6. CONCLUSIONI

Sulla scorta dei dati desunti dai rilievi e sopralluoghi eseguiti, e dai risultati delle indagini geognostiche eseguite, si possono formulare le seguenti considerazioni finali:

1. L'area d'interesse progettuale si trova lungo il perimetro nord-orientale di "Villa Italia", quest'ultima ubicata nella parte nord-orientale del terrazzo su cui trova collocazione il nucleo storico dell'abitato; si assiste ad una configurazione morfologica pianeggiante, con una quota di circa 67.5 m s.l.m., che verso nord lascia il posto ad una pendice che digrada verso la fascia costiera.
2. Da un'attenta osservazione dei luoghi, non sono stati osservati, allo stato attuale, processi geomorfici tali da creare pregiudizio alla realizzazione delle opere di progetto. Inoltre, trasponendo le perimetrazioni del Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I. 022) della Regione Sicilia, si evince che l'area di interesse progettuale non ricade all'interno delle perimetrazioni interessate da pericolosità e da rischio geomorfologico e idraulico.
3. Dal punto di vista geolitologico, il sottosuolo dell'area progettuale è costituito da depositi alluvionali quaternari, i quali, nella fascia tirrenica in esame, si rinvennero fino a quote di circa 300 metri s.l.m., suggerendo notevoli sollevamenti avvenuti probabilmente in concomitanza con l'attività delle faglie bordiere tirreniche. Questi terreni non sono altro che superfici di spianamento poste su vari ordini, a debole inclinazione verso l'attuale linea di costa, e sono costituiti da sabbia, ghiaia, ciottoli e blocchi arrotondati prevalentemente quarzarenitici, in subordinate di arenaria a cemento carbonatico, con presenza di qualche lente di sabbia. I blocchi possono raggiungere dimensioni considerevoli, con un diametro che può superare i 50 centimetri. La matrice è limo-argillo-sabbiosa di colore bruno-rossastro.
4. Le alluvioni terrazzate quaternarie, presentano una permeabilità primaria per porosità medio-bassa; in questi terreni, in dipendenza del fatto che la matrice è prevalentemente limo-argillosa, i deflussi sono molto lenti e limitati esclusivamente alla presenza di una componente più grossolana.
5. Dai valori di $V_{s,30}$ misurati nella prove geosismica effettuata, si evince che il sottosuolo del sito oggetto di intervento in base alla normativa vigente (N.T.C. 2008), può essere assimilato a "Categoria C".
6. L'analisi delle curva H/V, ricavata dalla prova sismica, mostra una stratigrafia caratterizzata dalla presenza di un riflettore all'interno dello spessore "significativo", contraddistinto da un valore del rapporto $2 < H/V < 3$ ad una frequenza di picco di 4.47 ± 0.38 Hz; quest'ultima potrebbe dar luogo ad effetti amplificativi in grado di generare modesti fenomeni risonanza nel dominio di frequenze di specifico interesse ingegneristico ($1 \div 20$ Hz) in funzione delle opere da realizzare.

7. La superficie topografica può essere classificata come appartenente alla "Categoria T2".
8. L'INGV, nella mappa dei "Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale", elaborata con modello probabilistico sismotettonico, comprende il Comune di Reitano in una delle zone d'Italia in cui l'accelerazione massima del suolo (a_g), per un sisma con un periodo di ritorno di 475 anni e con la probabilità di eccedenza in 50 anni del 10%, è generalmente compresa nell'intervallo $0.150g \div 0.200g$. L'area in esame ricade nella zona sismogenetica 933, nella quale sono previsti, sulla base dei meccanismi focali, valori di magnitudo massima attesa pari 6.14 (secondo il "Rapporto conclusivo" del 2004 dell'INGV). Inoltre, dati recenti di sismica strumentale, per la Sicilia Settentrionale, hanno messo in evidenza una sismica legata alla zona di deformazione che dalle Eolie si estende fino ad Ustica, con orientamento E-W. Infatti, nel territorio in esame e nell'entroterra tirrenico, esistono delle configurazioni tettoniche e strutturali che possono modificare la risposta locale all'input sismico, rappresentate da dislocazioni tettoniche. Sulla base dell'OPCM 3274/2003 il Comune di S. Stefano di Camastra è classificato in Zona Sismica 2 (zona dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti).

Infine vengono fornite alcune indicazioni da seguire in fase di progettazione e realizzazione delle opere:

- Non si dovranno far gravare opere su livelli pedogenetici a consistenza terrosa e di alterazione superficiale, e/o coltri di rimaneggiamento antropico.
- Anticipare l'esecuzione delle opere previste in progetto, rispetto alle fasi stagionali di maggiore apporto pluviale, in modo tale da evitare durante la realizzazione dei lavori l'eventuale ruscellamento e/o ristagno d'acqua che, imbibendo il terreno, potrebbe diminuirne le caratteristiche di resistenza meccanica.
- Dalle risultanze delle indagini eseguite, la soluzione progettuale ritenuta più idonea in merito alle fondazioni l'impianto ascensore, è senz'altro rappresentata dalla realizzazione di una fondazione indiretta, attestata ad una profondità superiore a 6.00 m dal p.c., all'interno dell'orizzonte litotecnico "C".
- Procedere all'esatta individuazione delle coordinate geografiche del sito di progetto, e se il caso convertirle nel datum ED50 che è l'ellissoide di riferimento per la mappa di pericolosità sismica dell'INGV, al fine della caratterizzazione delle azioni sismiche di cui al paragrafo 3.2 delle NTC 2008 e della definizione delle forme spettrali in base ai parametri correlati al reticolo di riferimento.
- Prendere in considerazione le frequenze fondamentali di risonanza individuate con la prova sismica passiva eseguita, considerato che essa rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento dei manufatti in termini di risposta sismica locale.

- L'esistenza in letteratura di sorgenti sismogenetiche nell'area fa ritenere che sia ancor più avvalorata una progettazione che consideri prioritaria ed a favore della sicurezza l'interazione dinamica terreno-strutture in caso di sisma.

Si ricorda infine che:

- a. La zona dei Nebrodi, così come quelle adiacenti dei Peloritani e delle Madonie, è storicamente un'area sismicamente attiva in accordo con le sue caratteristiche geologico-strutturali e mostra un'elevata scuotibilità perché risente della sismicità del Tirreno.
- b. L'indagine GPR ha accertato in corrispondenza dell'area che ospiterà il futuro impianto ascensore, ad una profondità compresa tra 4.80÷6.00 m, la presenza di un probabile manufatto in muratura sepolto o altra struttura antropica di origine non nota. Inoltre, ad una profondità di 1.00÷1.40 m e 2.00÷2.50 m è stata individuata una possibile cavità. Di quanto appena detto si dovrà tenere conto nella fase esecutiva dei lavori, rimandando per la relativa distribuzione spaziale e profondità all'elaborato in appendice redatto dalla ditta incaricata.
- c. Al Progettista strutturale incaricato, spetterà la scelta della tipologia ed il dimensionamento definitivo della fondazione indiretta, tenendo in debita considerazione che in fase di realizzazione delle stesse, si avranno delle ridotte velocità di avanzamento delle trivellazioni legate alla presenza di elementi litoidi ad elevata resistenza meccanica a profondità via via crescenti, come emerso dalla terebrazione eseguita.

S. Stefano di Camastra, 31 Luglio 2013



IL GEOLOGO
Dott. Calogero CANNELLA

Tavolis

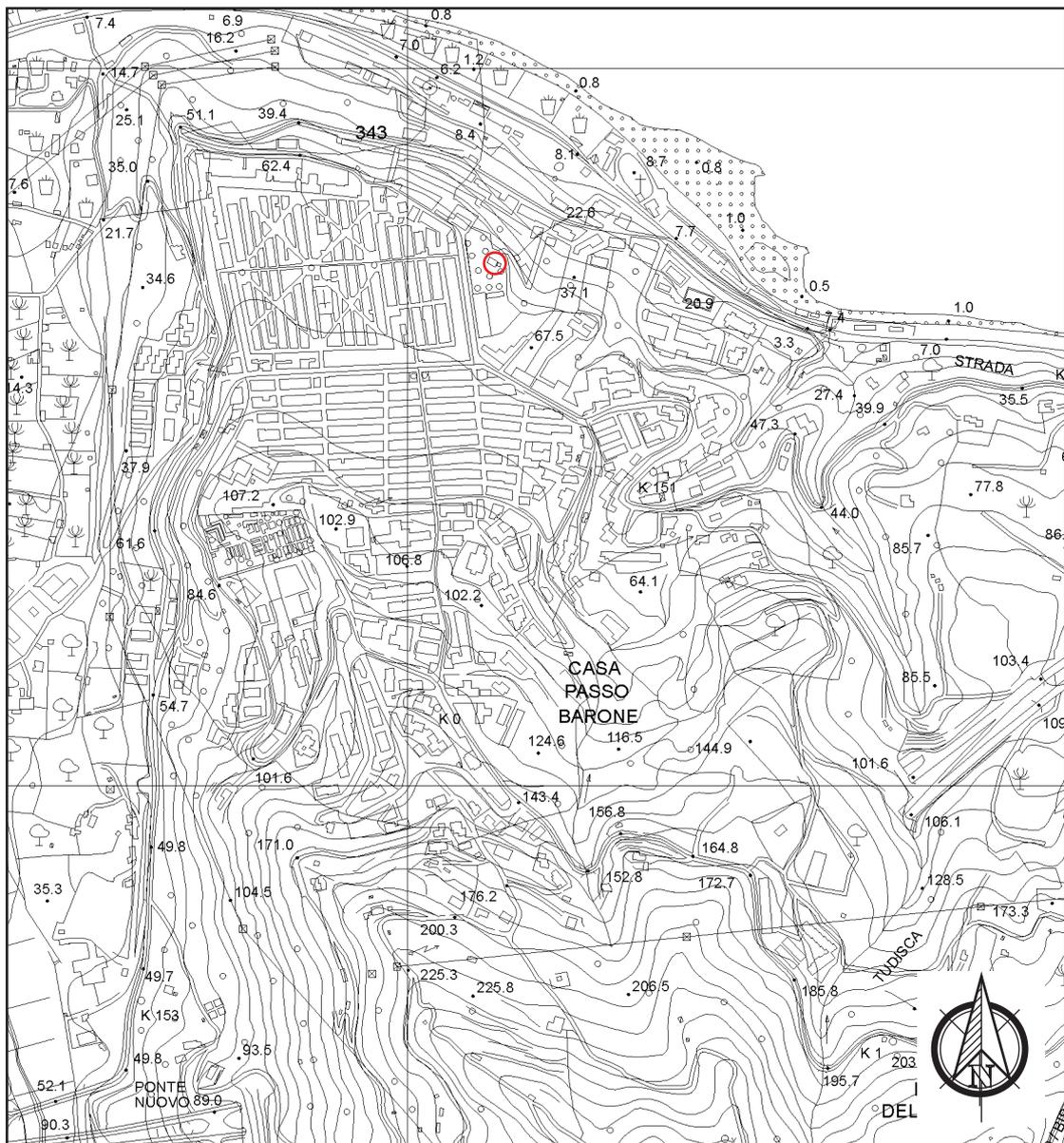


TAVOLA 01

— **LEGENDA** —

 Area oggetto di studio

Stralcio C.T.R. - Scala 1:10.000



Calogero
 Cannella
 geologo

TAVOLA 02



LEGENDA



Depositi fluvio-marini.
(RECENTE)



Alluvioni terrazzate.
(QUATERNARIO)

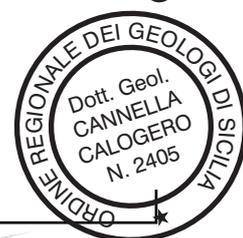


Area di progetto. Il cerchio indica
l'ubicazione dell'impianto ascensore.



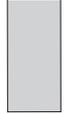
Traccia sezione geologica

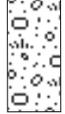
Carta geologica - Scala 1:2.000



Calogero
Cannella
geologo

— **LEGENDA** —

 Pavimentazione in basalto e sottostante massetto in cls.

 Sabbie limose di color bruno framviste a radici e con inclusi ciottoli, frammenti litoidi centimetrici e resti di laterizi e di cls. In coincidenza del sondaggio S1 da 2.00÷2.50 m dal p.c. è stata riscontrata una cavità.

 Alluvioni terrazzate costituite da sabbia, ghiaia, ciottoli e blocchi arrotondati prevalentemente quarzarenitici, in subordine di arenaria a cemento carbonatico, con presenza di qualche lente di sabbia. In coincidenza del sondaggio S1 si hanno ghiaie e più rari ciottoli centimetrici quarzarenitici di colore grigio giallastro ad alta resistenza meccanica, ridotti in frammenti per carotaggio, con intercalati strati di sabbie limo argillose di color ocra.

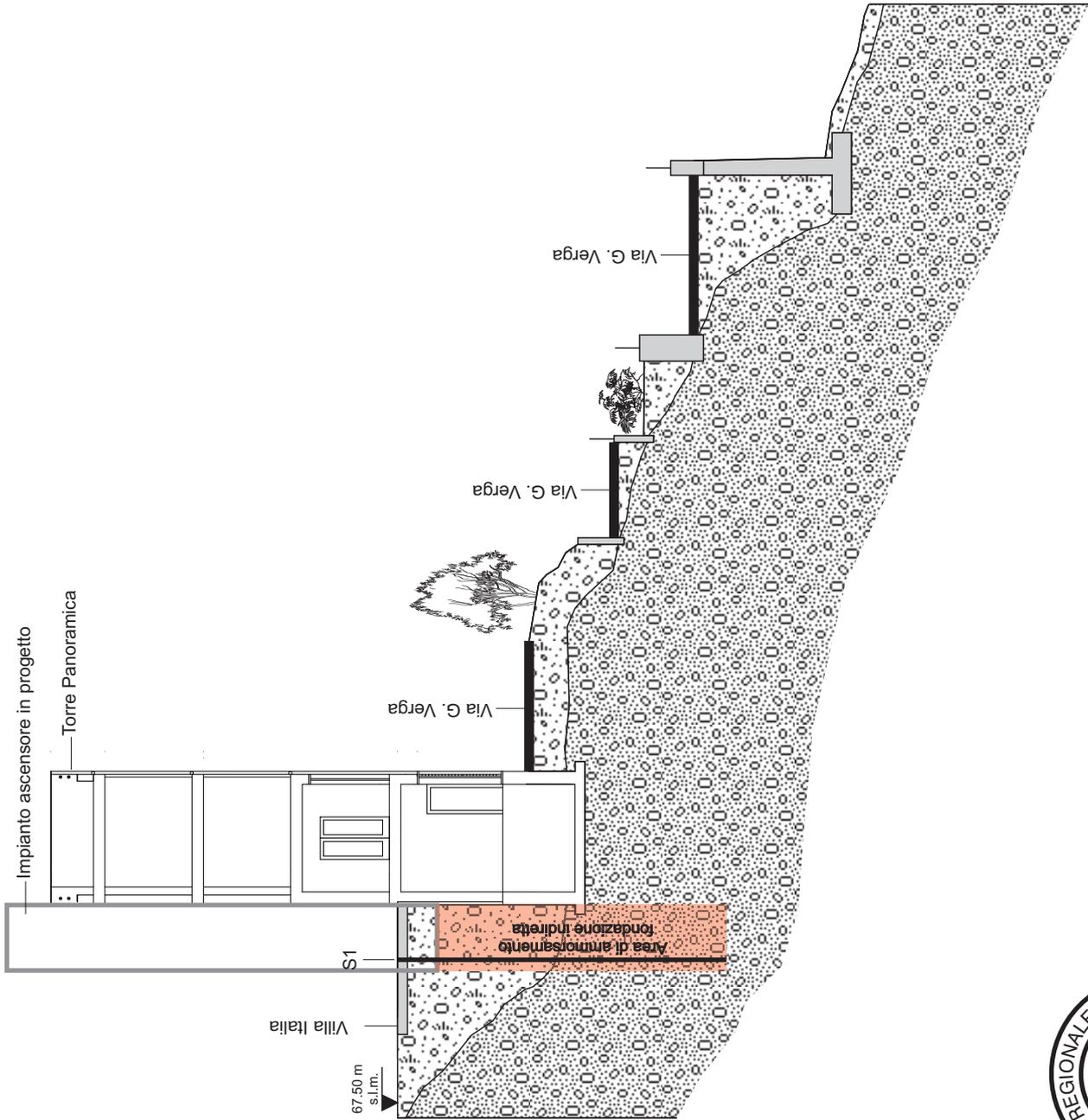
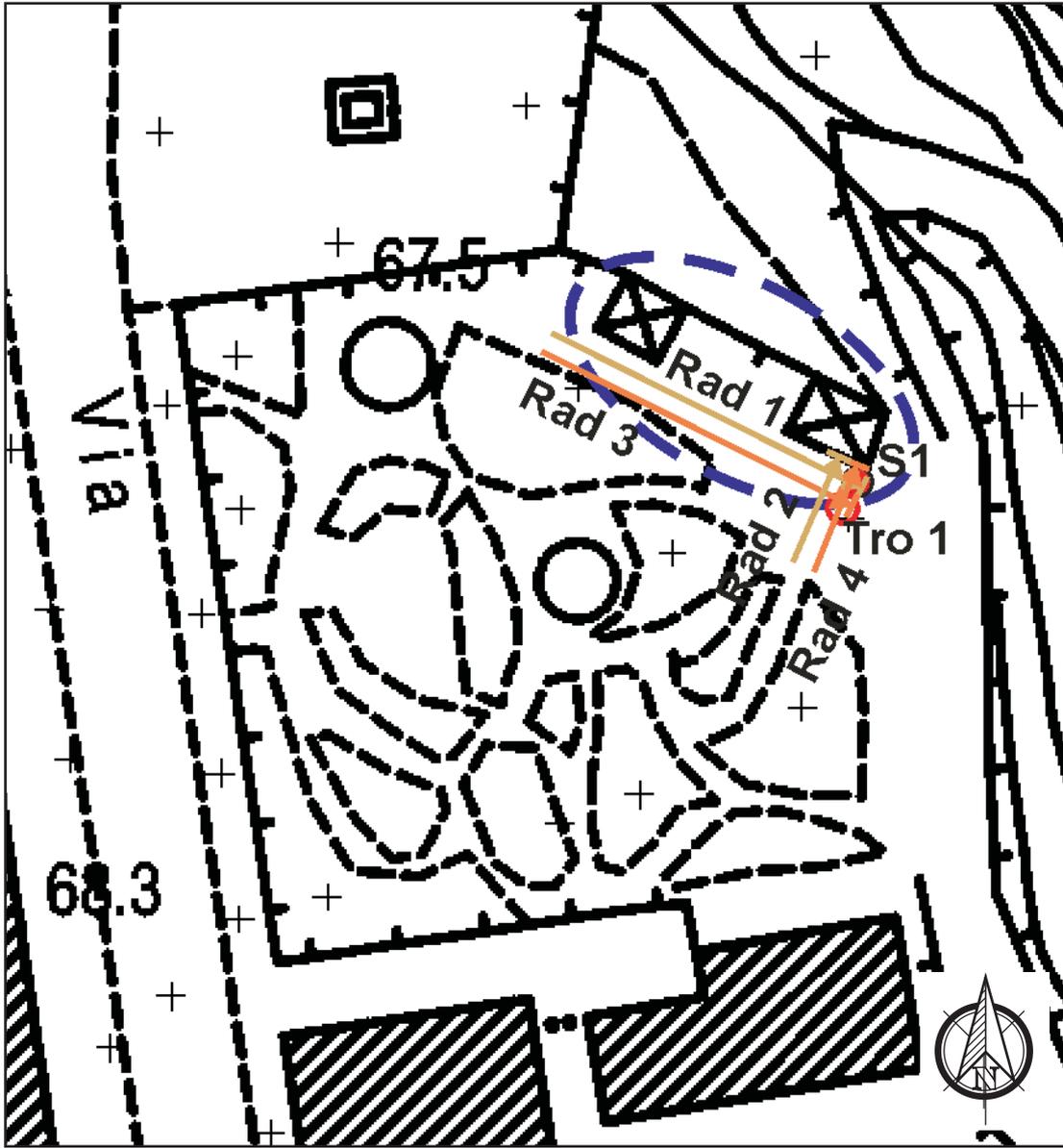


TAVOLA 03

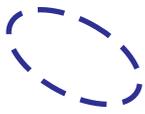
Sezione geologica - Scala 1:200



Calogero
Cannella
geologo



— LEGENDA —



Area di progetto



Indagine geosismica superficiale tipo HVSR



Sondaggio a rotazione a carotaggio continuo



Profili georadar

TAVOLA 04

ubicazione indagini geognostiche - Scala 1:500



Calogero
Cannella
geologo

*Calogero
Cannella*
geologo



Studio di consulenza geologica

Via Palazzo, 41 - 98077 S. Stefano di Camastra (Me)
Tel/Fax 0921.339133 - e mail: geo.cannella@alice.it

**GEOSERV
SERVIZI GEOLOGICI**

Dott. Geologo Saverio Angelo Ojeni

Via Roma - S. STEFANO DI CAMASTRA (ME)
Tel/fax. 0921-331280

SONDAGGI GEOGNOSTICI A C. C.

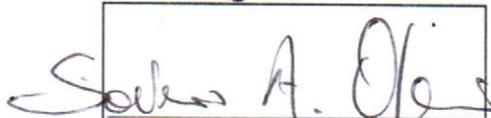
**RAPPORTO FINALE RELATIVO AD UN SONDAGGIO
GEOGNOSTICO A C.C. REALIZZATO IN SITU A SUPPORTO
DEL "PROGETTO ESECUTIVO PER I LAVORI DI
RISTRUTTURAZIONE DEGLI SPAZI DEL SENSO CIVICO –
PON FESR SICUREZZA E SVILUPPO – OBIETTIVO
CONVERGENZA 2007/2013 OBIETTIVO OPERATIVO 2.8
DIFFONDERE LA CULTURA DELLA LEGALITA'".**

COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA (ME)

COMMITTENTE

Dott. Geol. Calogero Cannella

Geoserv



**Dr. Geologo Saverio Ojeni
O.R.G. n° 1751**

Luglio 2013

RELAZIONE FINALE RELATIVA ALL'ESECUZIONE DI UN
SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C. C.

1.0 Premessa

La presente relazione ha per oggetto la descrizione della tipologia e delle fasi di esecuzione di un sondaggio geognostico a c. c. eseguito in situ su incarico del Dott. Geol. Calogero Cannella a supporto del: *“PROGETTO ESECUTIVO PER I LAVORI DI RISTRUTTURAZIONE DEGLI SPAZI DEL SENSO CIVICO – PON FESR SICUREZZA E SVILUPPO – OBIETTIVO CONVERGENZA 2007/2013 OBIETTIVO OPERATIVO 2.8 DIFFONDERE LA CULTURA DELLA LEGALITA’”*.

Al fine di ottemperare all'incarico conferito, si è proceduto alla realizzazione di una campagna di indagini geognostiche in situ attuata mediante l'esecuzione N° 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo ubicato su indicazione del committente all'interno del perimetro urbano del Comune di Santo Stefano di Camastra (ME).

2.0 INDAGINI GEOGNOSTICHE A CAROTAGGIO CONTINUO

Nel periodo di tempo compreso tra i giorni 16.07.2013 e 18.07.2013, si è proceduto alla esecuzione di N° 1 sondaggio geognostico verticale a carotaggio continuo, localizzato all'interno del territorio comunale di Santo Stefano di Camastra ed in particolare, all'interno della villa comunale, in corrispondenza del vertice sud-est della torre panoramica ivi presente (V Allegato 1).

SONDAGGIO S1

Il sondaggio eseguito, denominato S1, è stato realizzato a circa m 2,00 dal vertice sud-orientale di una struttura in c.a. ivi presente denominata "*Torre Panoramica*" e appena a monte dell'edificio che attualmente ospita i bagni pubblici. Si tratta di un'area sub pianeggiante e pavimentata, altimetricamente posta ad una quota di circa m 67,50 s.l.m.m. (V Allegato 1). La perforazione è stata eseguita mediante l'utilizzo di una perforatrice idraulica T43 Beretta, è iniziata il giorno 16 del mese di luglio dell'anno 2013 ed è proseguita fino al giorno 18 dello stesso mese ed anno. Per

l'esecuzione del sondaggio è stato utilizzato il metodo del carotaggio continuo con un diametro di perforazione pari a mm 101. Il sondaggio è stato spinto fino ad una profondità massima di m 10,00 dal p.c. ed accertate le difficoltà di perforazione a carotaggio continuo, si è optato per l'utilizzo di corone diamantate e per il condizionamento del foro per l'intera sua profondità con l'installazione di un rivestimento metallico di diametro pari a mm 127,00 (V. Colonna litostratigrafica sondaggio S1).

Durante la perforazione è stato prelevato un campione in condizioni indisturbate mediante infissione di fustella metallica di tipo shelby, il campione prelevato ad una profondità di m 6,00 –6,40, è stato paraffinato, etichettato ed inviato al laboratorio geotecnico indicato dalla direzione dei lavori per le opportune analisi e prove geotecniche previste.

La perforazione eseguita ha permesso di accertare la presenza di litotipi con caratteristiche meccaniche alquanto variabili, intercettando terreni di riporto in superficie, terreni sabbioso limosi e

soprattutto elementi litoidi centimetrici caratterizzati da un'alta resistenza meccanica a profondità via via crescenti.

Per i motivi su indicati è stato necessario sostenere le pareti del foro con tubi di rivestimento, la percentuale di carotaggio è risultata essere inferiore al 100% ed in ultimo, non è stato possibile prelevare un secondo campione così come era stato previsto dalla direzione dei lavori (V. colonna stratigrafica S1).

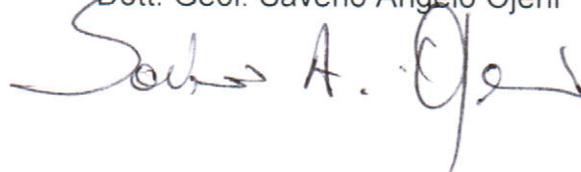
Qui di seguito, vengono allegati i seguenti elaborati che fanno parte integrante del presente lavoro:

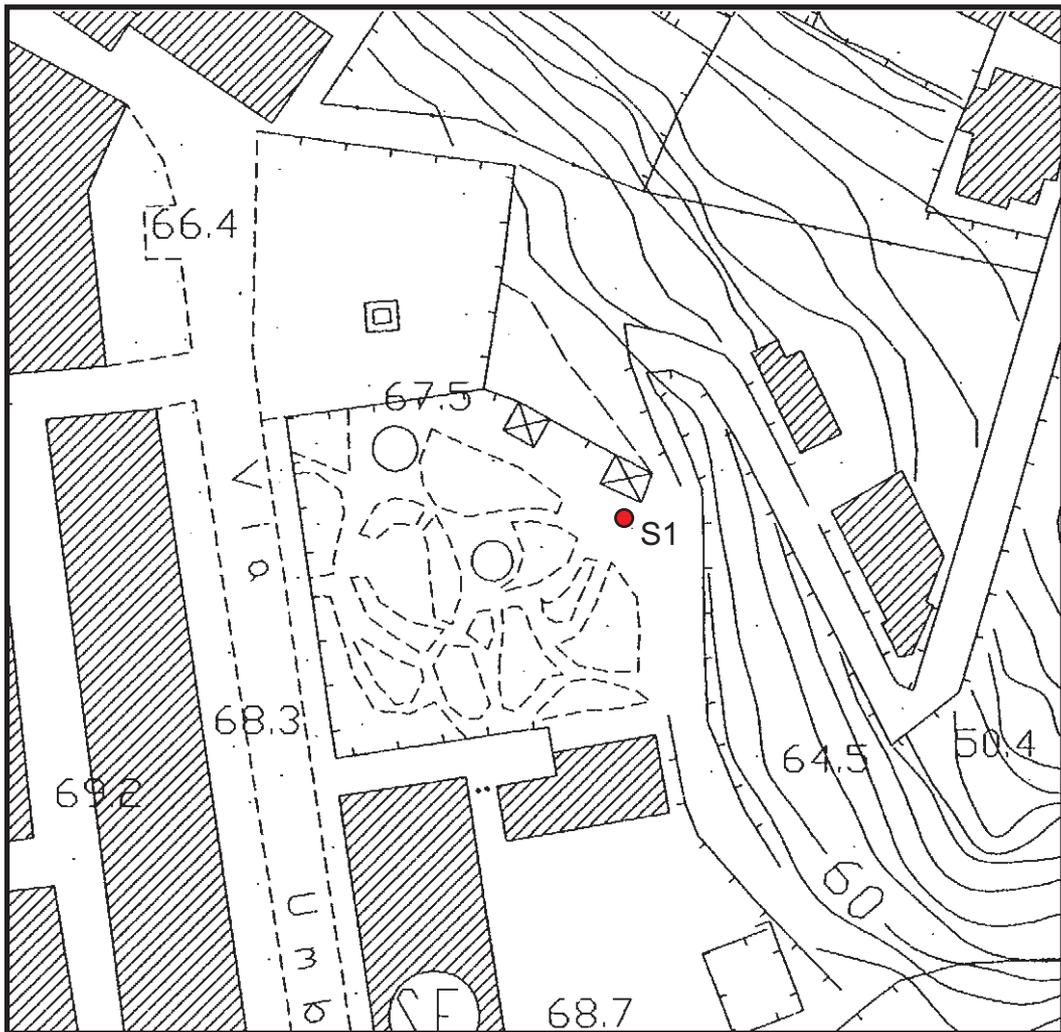
1. ubicazione topografica dell' indagine;
2. colonna litostratigrafica del sondaggio S1;
3. foto rappresentative della perforatrice utilizzata e delle cassette catalogatrici;

S.Stefano di Camastra, Luglio 2013.

GEOSERV

Dott. Geol. Saverio Angelo Ojeni

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Saverio A. Ojeni', written over the typed name above.



ALLEGATO 1
Carta delle indagini
scala 1:1.000

S1



Ubicazioni sondaggio geognostico a c.c.

Sondaggio: n° 1	Committente: Dott. Geol. Calogero Cannella
Località: Santo Stefano di Camastra (ME)	Cantiere : Villa Comunale
Ditta esecutrice : Geoserv di Ojeni S. A.	Perforazione : Rotazione a c.c. $\phi = 101$ mm
Data: 16/07/2013 - 18/07/2013	Quota : 67,50 s.l.m.m.

Profondità(m)	Spessore (m)	Descrizione dei terreni attraversati	Litologia	% carotaggio	Camp. Indist.	Riv. Metallico	
p.c.							
0,30	0,30	Pavimentazione in basalto e sottostante massetto in cls		66%			
1	4,50	Riporti costituiti da sabbie limose di color bruno frammiste a radici e con inclusi ciottoli, frammenti litoidi centimetrici e resti di laterizi e di cls. Da m 2,00 a m 2,50 è stata riscontrata una cavità		75%			
2							
3							
4							
4,80	5,20	Ghiaie e più rari ciottoli centimetrici quarzarenitici di colore grigio giallastro ad alta resistenza meccanica ridotti in frammenti per carotaggio con intercalati strati di sabbie limo argillose di color ocra.		70%			
5							
6						m 6,00	S1C1
7						m 6,40	
8							
9							
10	10,00						

ALLEGATO 2. Colonna litostratigrafica sondaggio S1.



Perforatrice utilizzata



Sondaggio S1 cassetta 1



Sondaggio S1 cassetta 2

**GEOSERV
SERVIZI GEOLOGICI**

Dott. Geologo Saverio Angelo Ojeni

Via Roma - S.STEFANO DI CAMASTRA (ME)
Tel/fax. 0921-331280

INDAGINI GEORADAR

**INDAGINI GEORADAR A SUPPORTO DEL "PROGETTO
ESECUTIVO PER I LAVORI DI RISTRUTTURAZIONE
DEGLI SPAZI DEL SENSO CIVICO – PON FESR
SICUREZZA E SVILUPPO – OBIETTIVO CONVERGENZA 2007/2013
OBIETTIVO OPERATIVO 2.8 DIFFONDERE
LA CULTURA DELLA LEGALITA'".**

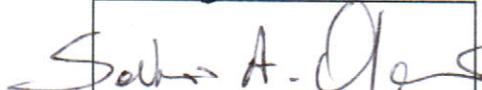
COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA (ME)

COMMITTENTE

Dott. Geol. Calogero Cannella

Luglio 2013

Geoserv



Dr. Geologo Saverio Ojeni
O.R.G. n° 175

1.0 PREMESSA

Su incarico del Dott. Geol. Calogero Cannella, nel mese di Luglio dell'anno 2013 si è proceduto alla esecuzione di una serie di indagini attuate in sito mediante l'utilizzo della metodica georadar e finalizzate allo studio di cui in oggetto.

2.0 METODOLOGIA UTILIZZATA

Per quanto sopra, si è utilizzata la metodologia georadar meglio conosciuta come Ground Penetrating Radar (G.P.R.). Si tratta di uno dei metodo più innovativi proposti dalla moderna tecnologia geognostica che utilizza come principale mezzo di indagine, l'emissione e la ricezione di impulsi di onde elettromagnetiche di frequenze comprese tra i 20 Mhz e i 2 Ghz.

Il metodo si basa sull'invio di onde elettromagnetiche e sulla ricezione delle stesse dopo essere state riflesse da un target che può essere di origine antropica e/o naturale (es. una anomalia geologico-strutturale). La propagazione delle onde sopra citate oltre che dalla frequenza di trasmissione e ricezione dipendono dal mezzo all'interno del quale esse si propagano, non dipendendo assolutamente dalle caratteristiche elastiche ma dalla permittività (costante dielettrica) e dalla conducibilità.

Per tale motivo, un terreno fortemente conduttivo determina un assorbimento degli impulsi elettromagnetici e quindi una scarsa risoluzione dell'indagine, di contro un terreno scarsamente conduttivo e/o caratterizzato da un'interfaccia con valori di permittività notevolmente differenti e quindi contrastanti, da luogo ad una elevata risoluzione dell'indagine.

La profondità di indagine della metodologia dipende, oltre che dal mezzo di propagazione, anche dalla frequenza di trasmissione e ricezione delle antenne, pertanto, a frequenze via, via più basse corrispondono profondità di indagine più elevate e viceversa. Si ricorda tuttavia, che all'aumentare della profondità di indagine, si ha una diminuzione significativa della capacità di penetrazione degli impulsi e quindi del dettaglio dell'indagine, per cui è necessario scegliere accuratamente le frequenze da impegnare, in relazione al fine e alla profondità dell'indagine che si vuole eseguire.

Il sistema di acquisizione e di elaborazioni dati prevede l'utilizzo dei seguenti componenti:

- Unità centrale (control unit)
- Antenna
- Elaboratore (notebook)
- Energizzatore
- Software di acquisizione ed elaborazione dati.

Nel caso del sistema qui utilizzato, i segnali emessi dall'antenna trasmittente e ricevuti dall'antenna ricevente, vengono acquisiti dalla control unit e quindi inviati tramite porta ethernet ad un notebook che memorizza i dati acquisiti e li converte in diagrammi spazio temporali e quindi in radargrammi.

La tecnica operativa del sistema georadar consiste, nella scelta della frequenza ottimale delle antenne da utilizzare per il fine che si vuole raggiungere, nella scelta del rispettivo intervallo temporale di acquisizione e successivamente, nel far scorrere tale antenna ricevente e/o ricevente trasmittente sul suolo, lungo un determinato profilo scelto, permettendo in tal modo di acquisire ed elaborare i dati ottenuti mediante i componenti del sistema sopra descritti.

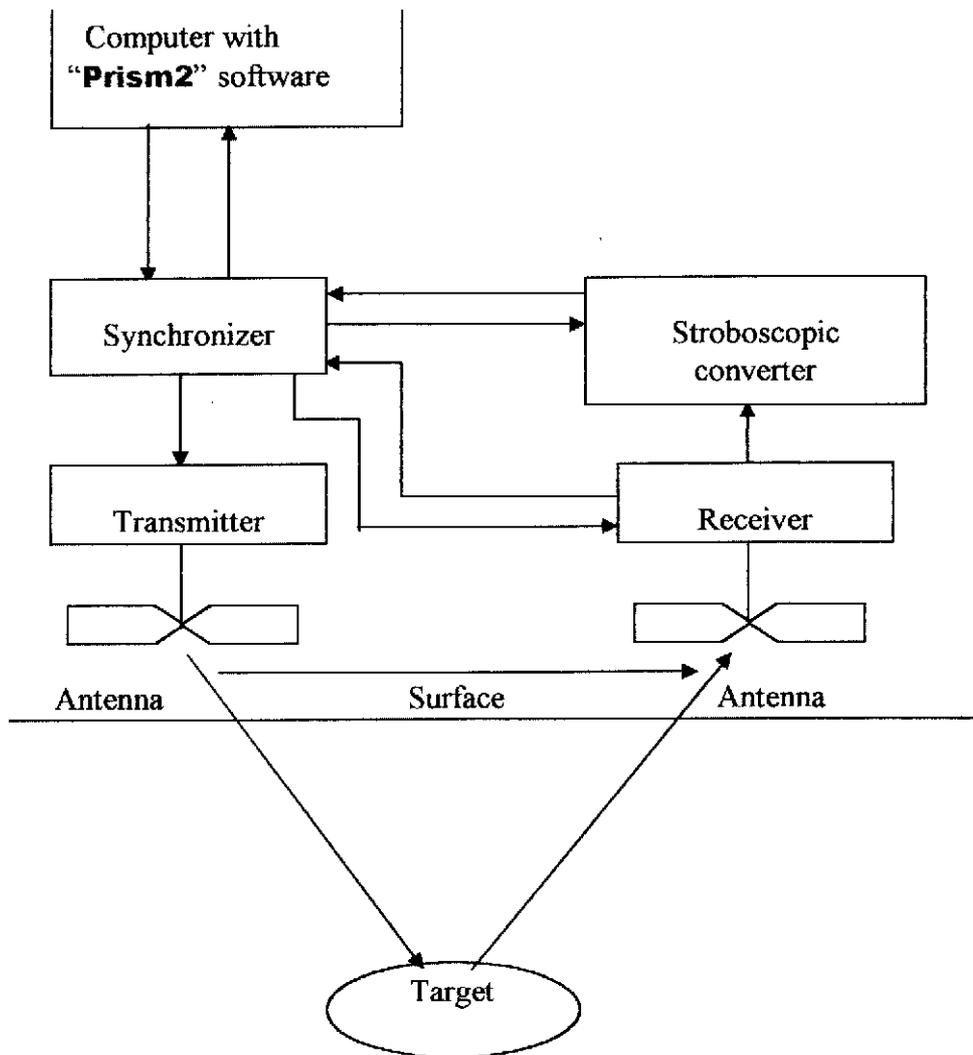


Fig. 2.1. Simplified structural schematic of Georadar.

3.0 DESCRIZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE

Nel caso specifico si è utilizzata il sistema proposto dalla RADAR systems corredato da un set di antenne di frequenza pari rispettivamente a 500 Mhz e 1,5 Ghz. In particolare si è utilizzata l'antenna a frequenza minore per raggiungere profondità più elevate mentre, al fine di aumentare il dettaglio degli strati di superficie e di accertare la presenza di eventuali sottoservizi, si è fatto ricorso all'antenna di frequenza maggiore. Con una siffatta configurazione, si è potuto indagare fino ad una profondità rispettivamente di circa m 6,00 con quella di frequenza pari a 500 Mhz e di circa m 3,00 con quella di frequenza pari a 1,5 Ghz.

Le indagini in oggetto si sono attuate mediante l'esecuzione di N° 4 profili georadar, che hanno consentito di indagare l'area per una lunghezza complessiva di circa m 57,82 (V. Allegato 1).

In particolare, sono stati realizzati N° 2 profili con antenne di entrambi le frequenze rispettivamente lungo la direttrice sud est – nord ovest e N° 2 profili lungo la direttrice sud ovest – nord est (Vedi Allegato 1).

I dati ottenuti dai rilievi di campagna sono stati successivamente elaborati e filtrati, secondo i vari metodi normalmente in uso, dal programma Prism 2 edito dalla stessa ditta RADAR systems più sopra citata.

4.0 INTERPRETAZIONE DEI DATI ACQUISITI

I radargrammi ottenuti dall'elaborazione dei dati acquisiti ed esposti negli allegati visibili di seguito, hanno permesso di accertare quanto segue:

- E' presente un primo orizzonte superficiale ad alta riflessione, riferibile ad una pavimentazione e ad un sottostante massetto di sottofondo riscontrato fino ad una profondità di circa m 0,70 dal p.c. in corrispondenza del rad. 3 e di m 1,00 in corrispondenza del rad. 1.
- Al di sotto del primo orizzonte è visibile un piano a riflessione intermedia, litologicamente riferibile a terreni eterogenei costituiti da elementi lapidei in matrice pelitico sabbiosa. Tale orizzonte, è stato rinvenuto fino ad una profondità massima di m 4,80 dal p.c. in corrispondenza del rad. 1 e di m 3,00 dal p.c. in corrispondenza del rad. 3.
- In corrispondenza del rad. 2 si è osservato la presenza di un orizzonte di base a bassa riflessione presente ad una profondità di oltre m 4,80 e fino ad una profondità di m 6,00 riferibile alla presenza di elementi lapidei in scarsa o del tutto assente matrice.
- In corrispondenza dell'area di progetto, il rad. 1 ha permesso di accertare la presenza di un piano di forte

riflessione presente ad una profondità compresa tra i m 4,80 e i m 6,00 dal p.c. Tale target é probabilmente riferibile ad una struttura antropica, forse un manufatto sepolto in muratura o altra struttura antropica di origine non nota (V. rad. 1).

- In corrispondenza del rad. 3 è stato accertato un piano inclinato di forte riflessione presente a circa m 19.50 dall'origine e alle profondità di circa m 1,00 – 1,40 e m 2,00 – 2,50 probabilmente riferibili ad una discontinuità dell'orizzonte ovvero ad una cavità.

5.0 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In sintesi, le indagini GPR eseguite in loco, hanno permesso di accertare la seguente sequenza di orizzonti riflettenti sotto riportati:

I° orizzonte prof. da m 0,00 a m 0,70/1,00 dal p.c.: Pavimentazione e sottostante massetto di sottofondo (V. rad. 1, 3);

II° orizzonte prof. da m 0,70/1,00 a m 4,80/3,00 dal p.c.: Terreni costituiti da elementi lapidei in matrice pelitico sabbiosa (V. rad. 1, 3);

III° orizzonte da m 4,80 a m 6,00 dal p.c.: Orizzonte di base costituito da elementi lapidei in scarsa o del tutto assente matrice (V. rad. 2).

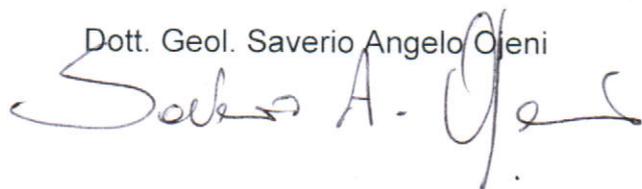
Le indagini GPR hanno inoltre consentito di accertare, in corrispondenza dell'area di progetto ad una profondità compresa tra i m 4,80 e i m 6,00, la presenza di un'area di riflessione anomala riferibile probabilmente ad un manufatto in muratura sepolto o altra struttura antropica di origine non nota (V. rad. 1). In corrispondenza della stessa area di progetto ad una profondità compresa tra i m 1,00 – 1,40 e i m 2,00 – 2,50 è stato individuato un piano di riflessione inclinato riferibile ad una discontinuità dell'orizzonte ovvero ad una cavità (V. rad. 3).

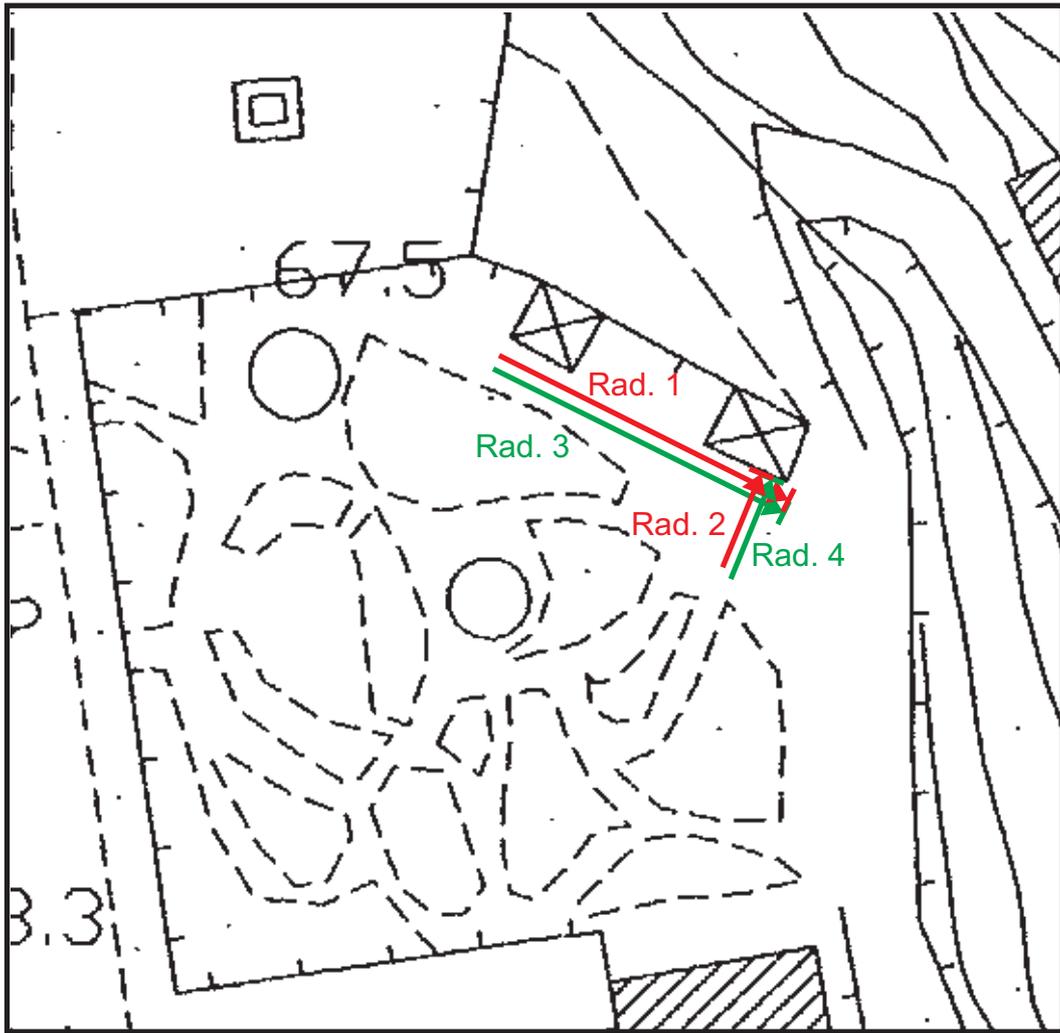
In ultimo si ritiene necessario precisare che, sebbene le indagini eseguite abbiano dato importanti riscontri sulla situazione litologica del sottosuolo indagato, pur tuttavia si deve rilevare che, trattandosi di indagini indirette, esse per loro stessa natura possono essere soggetti ad errori ed errate interpretazioni della situazione in situ, per effetto di anomalie dovute a fattori locali non interpretabili e/o non individuabili preventivamente. Sarà pertanto necessario, durante la fase esecutiva dei lavori, accertare la corrispondenza tra quanto evinto dalle indagini eseguite e la situazione reale presente in situ.

S. Stefano di Camastra, Luglio 2013.

GEOSERV

Dott. Geol. Saverio Angelo Ojani





ALLEGATO 1
Carta delle indagini
scala 1:500



Profili radar eseguiti con antenna da Mhz 500



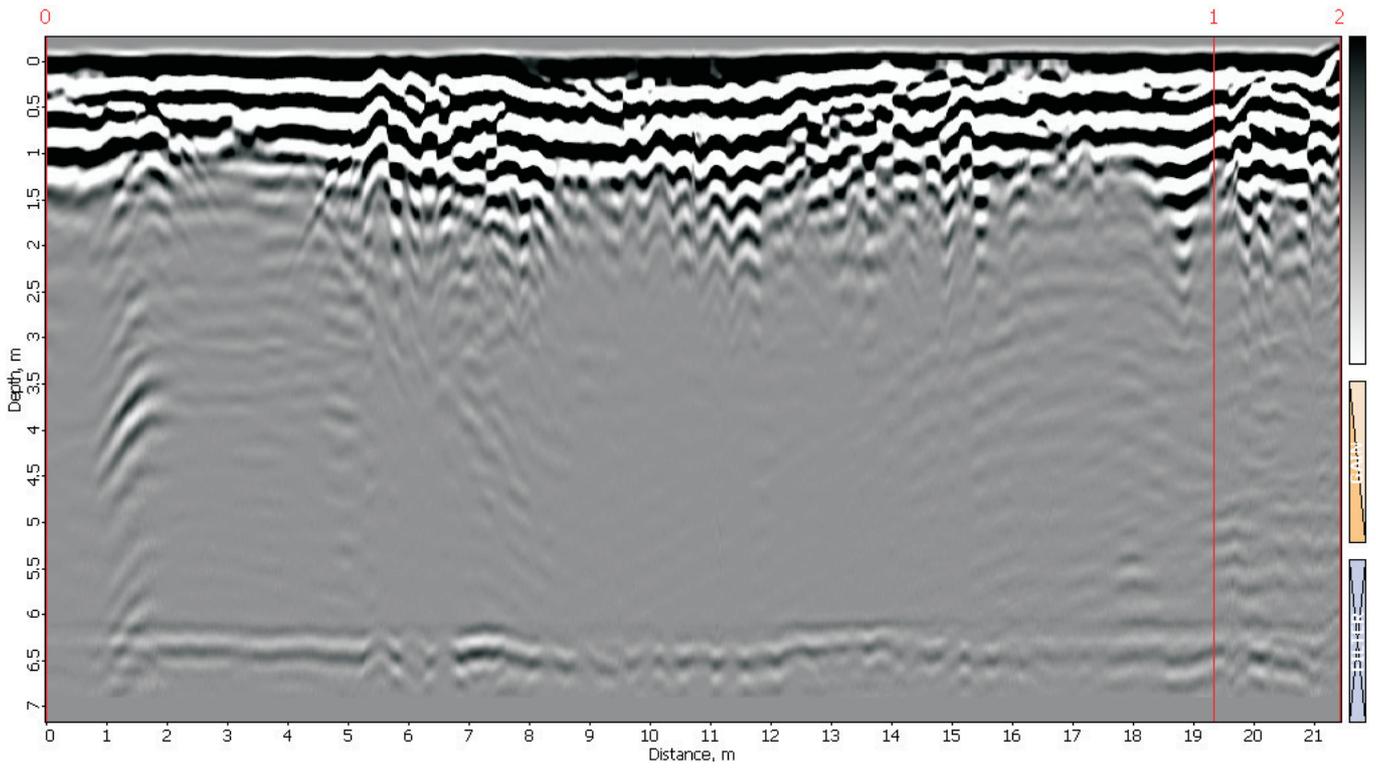
Profili radar eseguiti con antenna da Mhz 1500



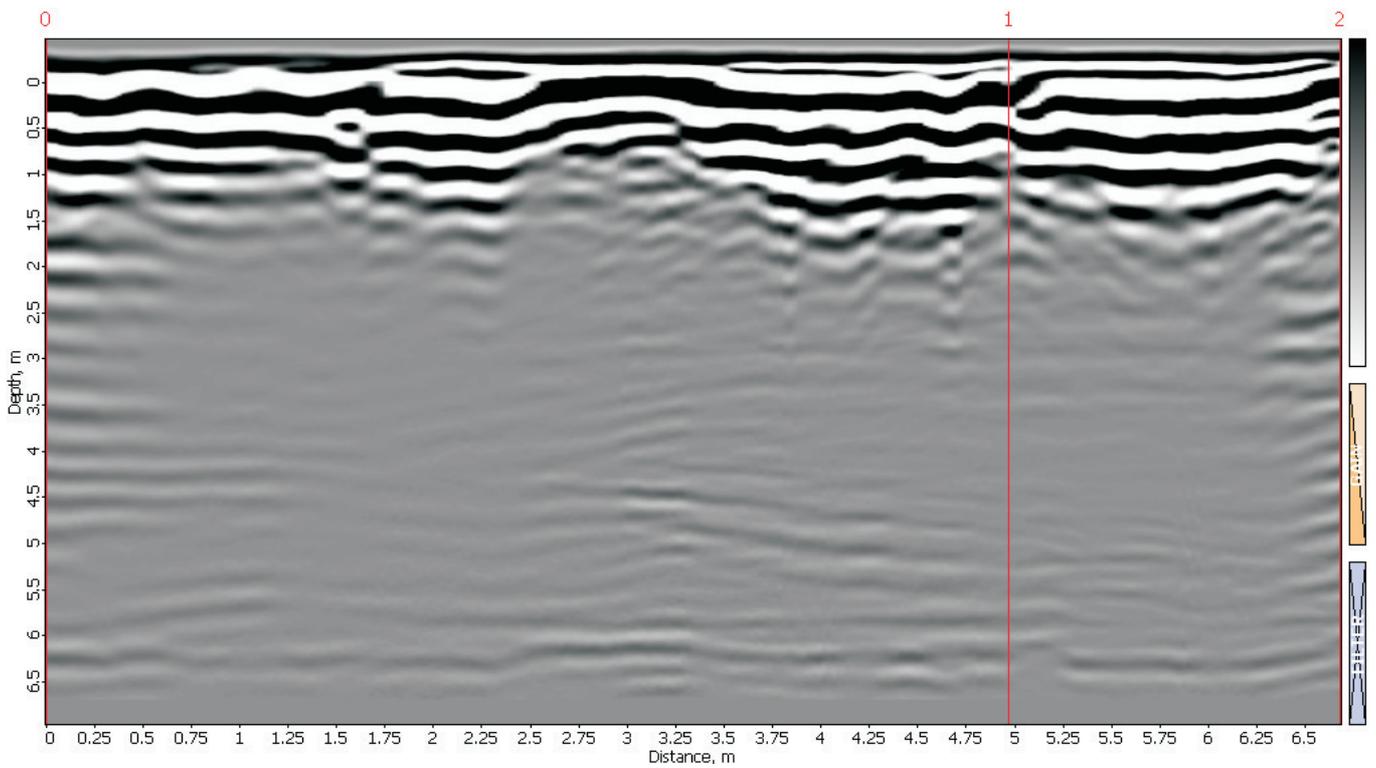
FOTO 1: Antenna da Mhz 500



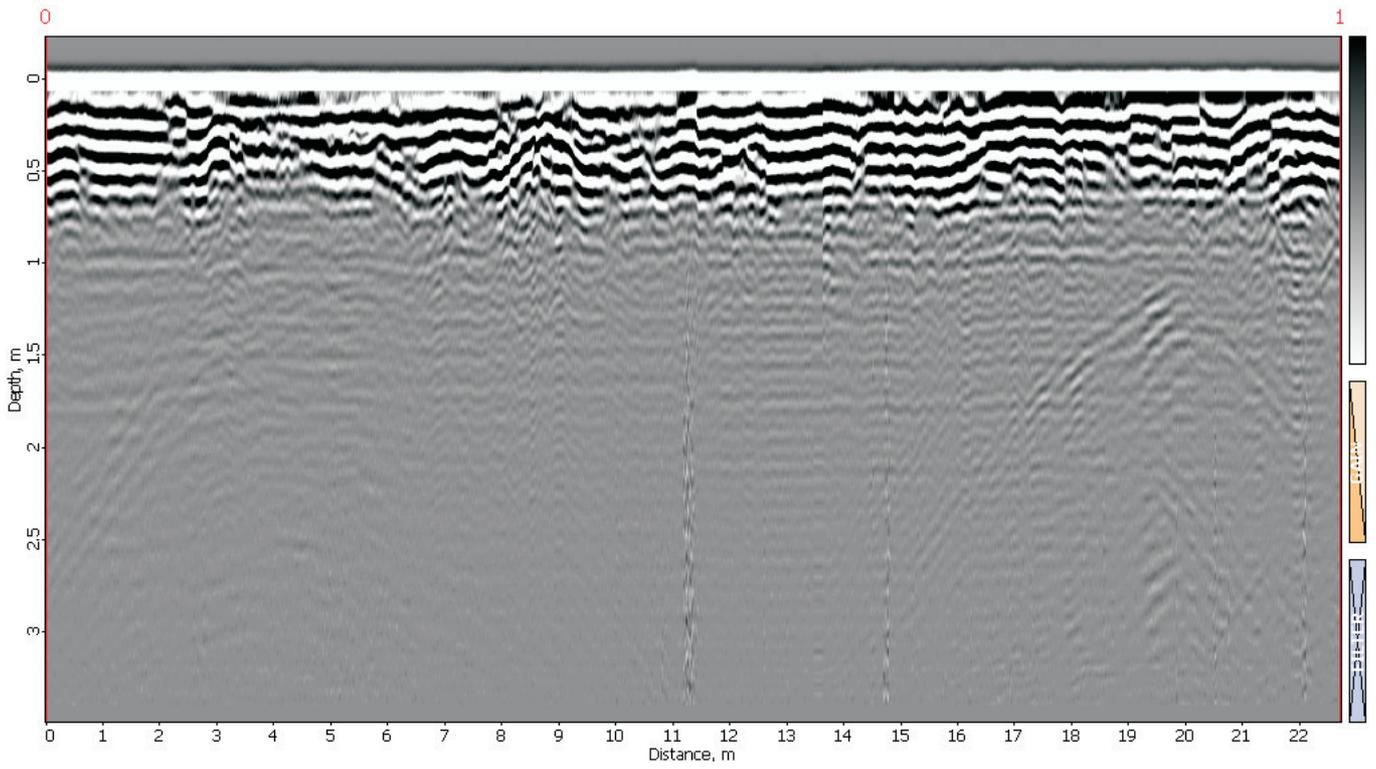
FOTO 2: Antenna da Mhz 1500



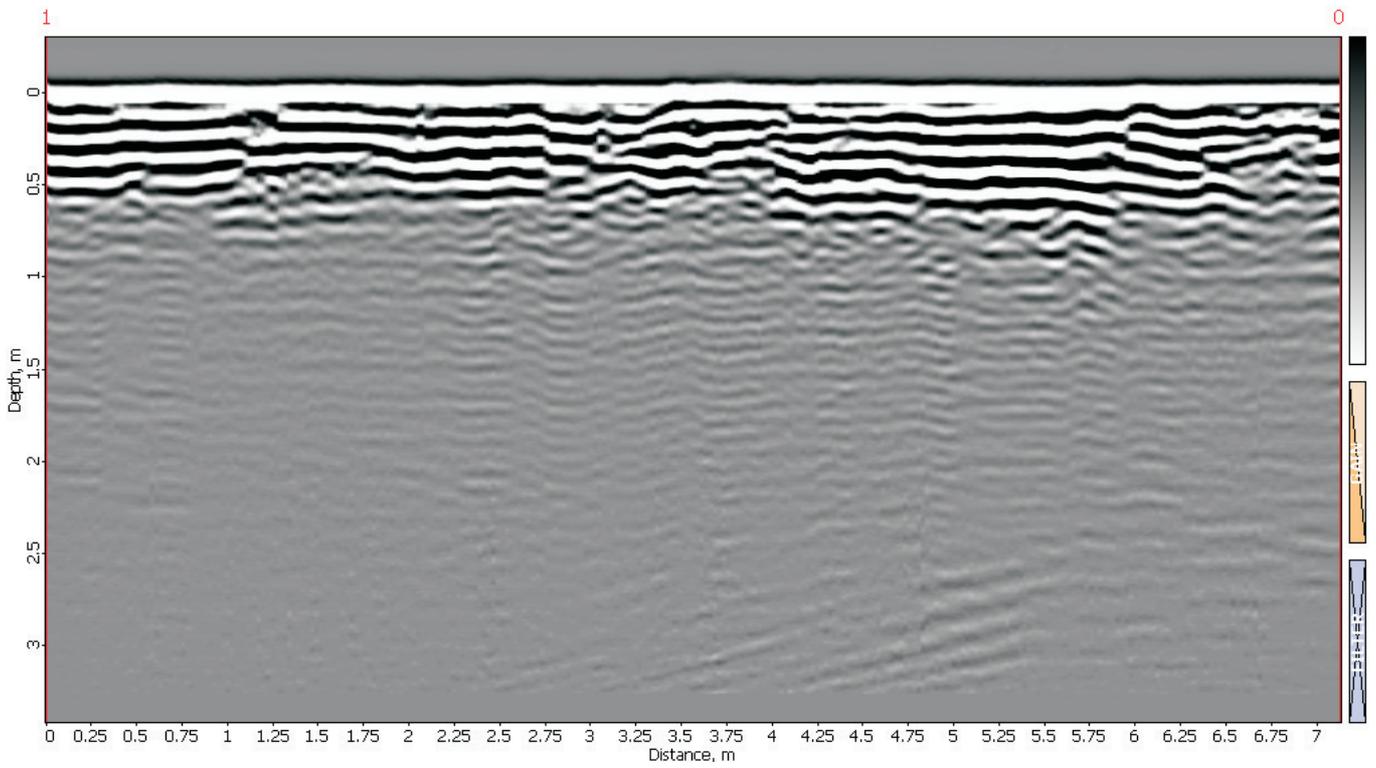
Radargramma rad. 1



Radargramma rad. 2



Radargramma rad. 3



Radargramma rad. 4



Comune di Santo Stefano di Camastra Provincia Messina

**- “ Indagine Geofisica a Sismica Passiva a Stazione Singola (HVSr)
a corredo del progetto A corredo del “Progetto esecutivo per i lavori di
ristrutturazione degli spazi del senso civico - PON FESR Sicurezza
e Sviluppo Obiettivo convergenza 2007/2013 Obiettivo operativo 2.8 diffondere
la cultura della legalità ”**

Allegati:

- Stralcio planimetrico con ubicazione registrazione
HVSr Scala 1000;
- Colonna stratigrafica sondaggio geognostico di riferimento
- Documentazione fotografica;
- Grafici Registrazione HVSr;

Il Geologo
Dott. Geol. Paolo Cino



Il Committente

Dott. Geol. Calogero Cannella



Via Nazionale, 380 - 98070 Rocca di Capri Leone (Me); C/da Piedi di Zichi - 92020 Racalmuto (Ag)
O.R.G.S. N° 2576 Sez. A

Dott. Geologo Paolo Cino
Consulenza, Monitoraggio e Progettazione Ambientale - Gestione del Rischio Amianto
Indagini HVSr

Cell. 3389773043 e-mail: paolocino@libero.it
P. IVA: 02396910842

<i>Premessa</i>	3
<i>Indagini a sismica Passiva: il Microtremore Sismico Ambientale</i>	4
<i>Stratigrafia Sismica da Indagini a Stazione Singola – La tecnica impiegata</i>	5
<i>Strumentazione utilizzata ed ubicazione dei punti di registrazione</i>	7
<i>Metodologia di analisi dei dati</i>	9
<i>Casistica esemplificativa</i>	13
<i>Frequenza di risonanza del sito</i>	17
<i>Valutazioni conclusive</i>	18

Premessa

A corredo del “Progetto esecutivo per i lavori di ristrutturazione degli spazi del senso civico - PON FESR Sicurezza e Sviluppo – Obiettivo convergenza 2007/2013 – Obiettivo operativo 2.8 diffondere la cultura della legalità”, è stata eseguita una indagine geofisica a Sismica Passiva a Stazione Singola (HVSR).

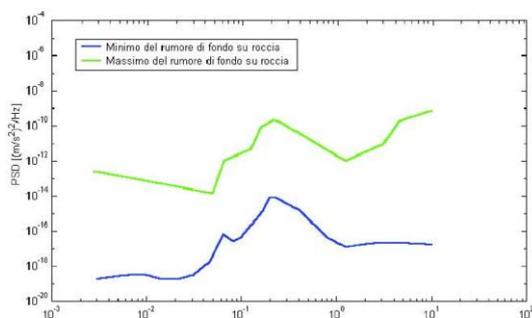
La presente indagine ha comportato l'esecuzione di una misura rispondente ai criteri del progetto di ricerca europeo SESAME (“Guidelines for the implementation of the H\|V spectral ratio technique on ambient vibrations” – European Commission, dic. 2004) che ha permesso :

- la caratterizzazione dell'assetto sismostratigrafico dei livelli più superficiali del sottosuolo;
- caratterizzare il sottosuolo in base ai valori della velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 metri di sottosuolo (V_{s30});
- definire le frequenze di risonanza del sottosuolo al fine di mettere in luce possibili fenomeni di doppia risonanza tra terreno e strutture in caso di terremoto.

Alla presente vengono allegati i seguenti elaborati cartografici:

- Stralcio Planimetrico con ubicazione della registrazione HVSR Scala 1: 1000;
- Colonna stratigrafica sondaggio geognostico di riferimento;
- Documentazione fotografica;
- Grafici registrazione HVSR;

Indagini a sismica Passiva: il Microtremore Sismico Ambientale

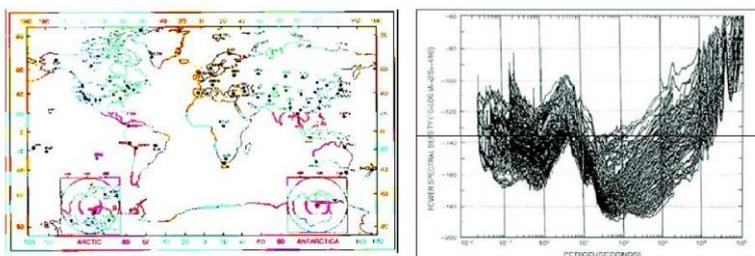


Modelli standard del rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra. Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.

Il metodo utilizzato si basa sulla misura del rumore sismico ambientale, il quale risulta prodotto sia da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) sia dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore in quanto riguarda oscillazioni molto piccole

(10^{-15} (m/s^2)) in termini di accelerazione, inferiori di diversi ordini di grandezza rispetto a quelle indotte dai terremoti nel campo vicino. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato *ad hoc*, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale e in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo in un terreno roccioso e pianeggiante presenta l'andamento illustrato in Figura, dove la curva blu rappresenta il rumore di fondo 'minimo' di riferimento secondo il servizio geologico statunitense (USGS) mentre la curva verde rappresenta il 'massimo' di tale rumore, e dove i picchi a 0.14 e 0.07Hz sono comunemente interpretati come originati dalle onde oceaniche. Tali componenti spettrali vengono attenuate molto poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie o anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.



Potenze spettrali di accelerazione della componente verticale dei microtremori (a destra) registrate in 75 osservatori sismici distribuiti su tutto il globo terrestre (Peterson, 1993).

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di *contrasto di impedenza*. Per *strato* si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e

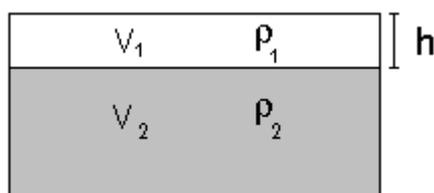
sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Stratigrafia Sismica da Indagini a Stazione Singola – La tecnica impiegata

Dai primi studi di Kanai (1957) e successivi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è la tecnica dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), applicata da Nogoshi e Igarashi (1970). Il metodo fu in seguito reso popolare principalmente da Nakamura (1989) come strumento per la determinazione dell'amplificazione sismica locale. La curva HVSR è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli (es. Field e Jacob, 1993; Lachet e Bard, 1994; Lermo e Chavez-Garcia, 1993, 1994; Bard, 1998; Ibs-von Shet e Wohlenberg, 1999; Bindi *et al.*, 2000, Fah *et al.*, 2001; Delgado *et al.*, 2000, Mucciarelli *et al.*, 2001 e referenze in esso contenute, Parolai *et al.*, 2002; Parolai *et al.*, 2004 solo per citarne alcune) e, tramite opportuna inversione, delle profondità dei substrati rocciosi sotto le coperture sedimentarie.

Studi recenti hanno dimostrato che ulteriori picchi a frequenza maggiori di quelle del bedrock sono riconducibili a contrasti di impedenza interni alla copertura sedimentaria (es. Baumbach *et al.*, 2002) e picchi a frequenze minori di quella del bedrock sono invece riconducibili a contrasti di impedenza interni al bedrock stesso (es. Guillier *et al.*, 2005). Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere in linea di principio usato come strumento stratigrafico.

Le basi teoriche dell'HVSR sono relativamente semplici in un sistema stratificato in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D).



Consideriamo il sistema in Figura in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (ρ_1 e ρ_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2). Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'orizzonte che separa i due strati. L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore h del primo strato.

In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde P è pari a

$$f_r = VP1/(4h) [1]$$

mentre quella relativa alle onde S è

$$f_r = VS1/(4h) [2]$$

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità, è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati.

Questa informazione è per lo più contenuta nella componente verticale del moto ma la prassi di usare il rapporto tra gli spettri orizzontali e quello verticale, piuttosto che il solo spettro verticale, deriva dal fatto che il rapporto fornisce un'importante normalizzazione del segnale per *a)* il contenuto in frequenza, *b)* la risposta strumentale, *c)* l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La normalizzazione, che rende più semplice l'interpretazione del segnale, è alla base della popolarità del metodo. Rileviamo inoltre come i microtremori siano solo in parte costituiti da onde di volume, P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh (Lachet e Bard, 1994).

Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S. L'applicabilità pratica della semplice formula [2] è stata già dimostrata in molti studi sia nell'ambito della prospezione geofisica che nell'ambito ingegneristico (per un riassunto cf. Gallipoli *et al.*, 2000; Mucciarelli e Gallipoli, 2001; Castellaro *et al.*, 2005). Poiché la situazione illustrata è tipica dei depositi sedimentari sovrastanti basamenti rocciosi, il metodo HVSR è parso immediatamente applicabile alla determinazione dello spessore delle coltri sedimentarie (Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999).

Strumentazione utilizzata ed ubicazione dei punti di registrazione

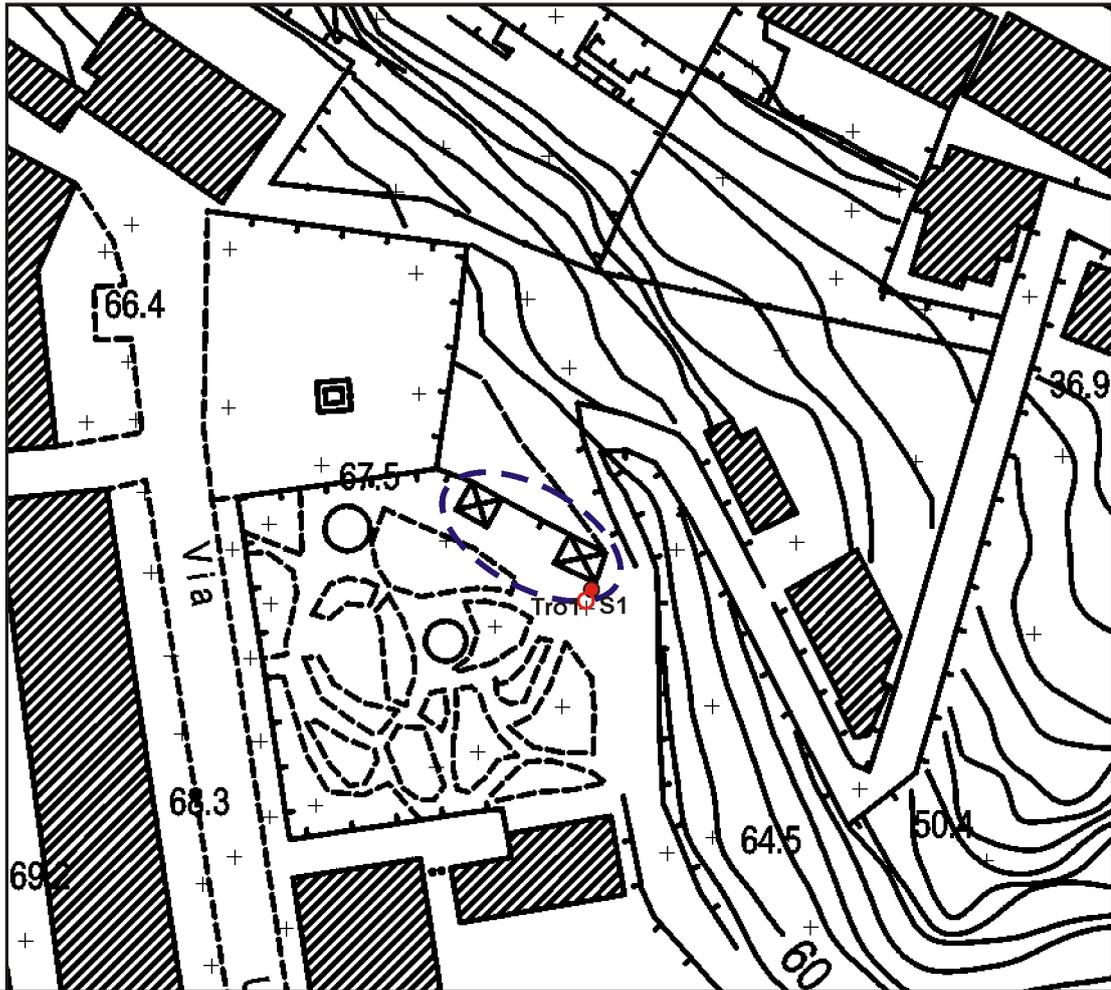


La misura di microtremore ambientale, della durata di 20 minuti, è stata effettuata con un tromografo digitale progettato specificamente per l’acquisizione del rumore sismico.

Lo strumento è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

Nella stazione di misura per ottenere un migliore accoppiamento dello strumento al suolo ed evitare interferenze ed in accordo con le raccomandazioni SESAME, durante le fasi di registrazione del rumore sismico lo strumento è stato posizionato su di un “cumulo” di materiale con *minor* contrasto di impedenza del suolo sottostante.

In fase di registrazione lo strumento è stato orientato con l’asse orizzontale di allungamento secondo l’asse Nord magnetico.

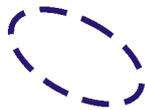


Stralcio planimetrico con ubicazione registrazione HVSr
Scala 1:1.000



!

— LEGENDA —



Area di progetto



Indagine geosismica superficiale tipo HVSr

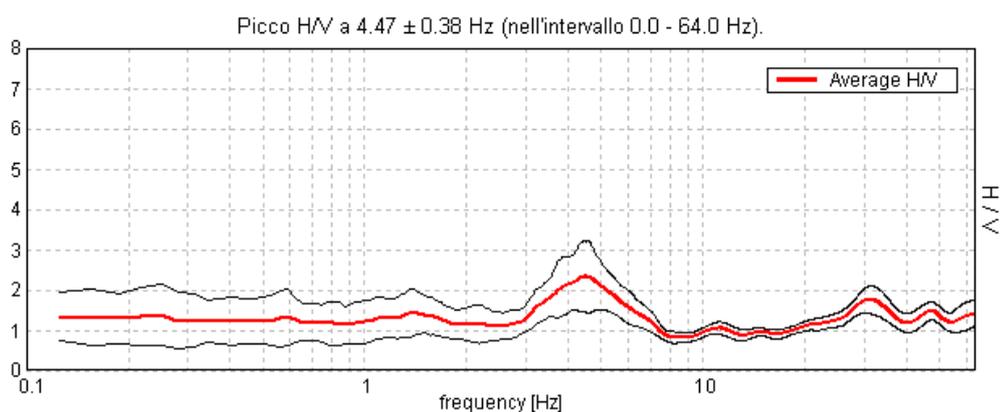


Sondaggio a rotazione a carotaggio continuo

Metodologia di analisi dei dati

Per l’elaborazione dei dati è stata seguita la procedura consigliata nelle linee guida del SESAME (Site Effects assessment using Ambient Excitations), un progetto di ricerca europeo condotto nel triennio 2003-2005 al fine di standardizzare e migliorare le tecniche di microzonazione sismica attraverso le misure del rumore ambientale. Preliminarmente alla procedura di analisi dei rapporti spettrali, le tracce sismiche registrate sono state verificate eliminando i disturbi transienti e quelle parti di registrazioni non adatte all’analisi. Una volta selezionata la parte di segnale stabile si calcolano, per ognuna delle tre componenti del moto, le ampiezze spettrali e gli spettri di potenza del “noise”, e si è proceduto successivamente, per il “rumore naturale”, alla valutazione della distribuzione energetica in frequenza.

Le curve H/V così ottenute vengono rappresentate da grafici frequenza (asse x) – ampiezza del rapporto H/V (asse y).



Ciascun picco nel grafico H/V corrisponde ad un livello stratigrafico (riflettore) che presenta un contrasto d’impedenza rispetto al livello confinante; maggiore è il contrasto d’impedenza maggiore risulta l’ampiezza del picco amplificativo sebbene la relazione tra le due variabili non sia lineare.

Come detto in precedenza, le misure di microtremori possono inoltre essere utilizzate per valutazioni stratigrafiche o, alternativamente, di velocità delle onde di taglio (V_s). È necessario, per l’affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, ecc.); nel presente lavoro si è fatto riferimento al sondaggio geognostico eseguito nell’area interessata dal progetto di cui si allegano la colonna stratigrafica e le foto delle carote estratte e riposte all’interno cassette catalogatrici.

Così operando si è invertita l’equazione $f = V_s / 4 h$ e si è ricavata la V_s .

Per la determinazione delle velocità delle onde di taglio si utilizza un codice di calcolo appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (HVSR) basati sulla simulazione del campo di onde di superficie (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli secondo la teoria descritta in AKI (1964) e Ben-Menahem e Singh (1981).

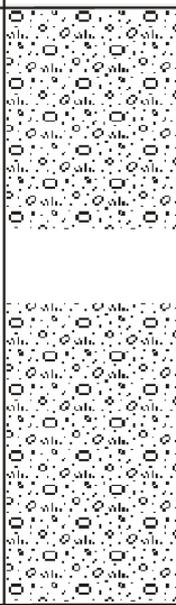
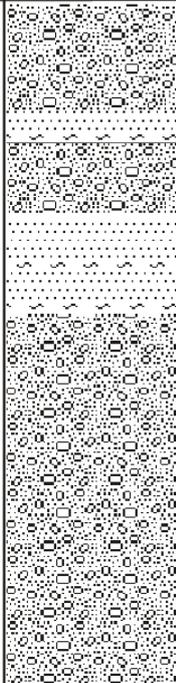
Il codice può elaborare modelli con qualsiasi numero di strati (limitati a 50 nella tabella d’input), in qualsiasi intervallo di frequenze e in un qualsiasi numero di modi (fondamentale e superiori).

Operativamente si costruisce un modello teorico HVSR avente tante discontinuità sismiche quante sono le discontinuità evidenziate dalla registrazione eseguita. Successivamente, tramite uno specifico algoritmo, si cercherà di adattare la curva teorica a quella sperimentale; in questo modo si otterranno gli spessori dei sismostrati con la relativa velocità delle onde V_s .

La misura eseguita è rispondente ai requisiti di affidabilità indicati da SESAME (2005) nel riquadro “Criteria for a reliable HVSR curve”.

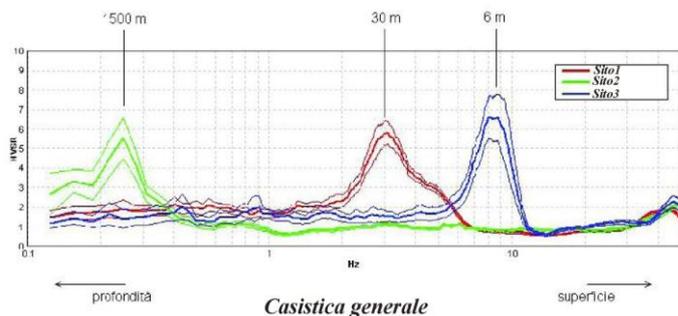
Occorre notare, in generale, che i primi tre criteri della tabella SESAME dicono se la registrazione è stata condotta per un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco considerata; è opportuno che questi tre criteri siano tutti soddisfatti. I secondi criteri della Tabella relativi a “Criteria for a clear HVSR peak” indicano se il “picco” è significativo dal punto di vista statistico; il mancato soddisfacimento dei requisiti non implicano una cattiva registrazione del segnale ma indicano soltanto che non vi sono picchi singoli ben definiti, tali da dar origine a picchi significativi.

Sondaggio: n° 1	Committente: Dott. Geol. Calogero Cannella
Località: Santo Stefano di Camastra (ME)	Cantiere : Villa Comunale
Ditta esecutrice : Geoserv di Ojeni S. A.	Perforazione : Rotazione a c.c. $\phi = 101$ mm
Data: 16/07/2013 - 18/07/2013	Quota : 67,50 s.l.m.m.

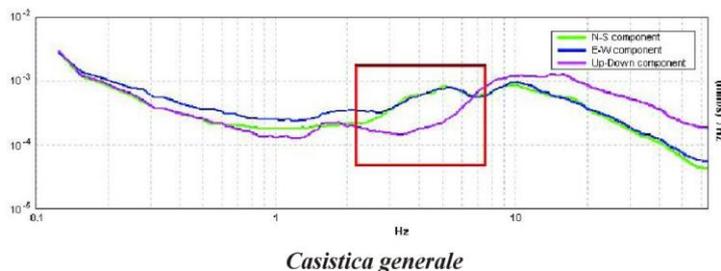
Profondità(m)	Spessore (m)	Descrizione dei terreni attraversati	Litologia	% carotaggio	Camp. Indist.	Riv. Metallico	
p.c.							
0,30	0,30	Pavimentazione in basalto e sottostante massetto in cls		66%			
1	4,50	Riporti costituiti da sabbie limose di color bruno frammiste a radici e con inclusi ciottoli, frammenti litoidi centimetrici e resti di laterizi e di cls. Da m 2,00 a m 2,50 è stata riscontrata una cavità		75%			
2							
3							
4							
4,80	5,20	Ghiaie e più rari ciottoli centimetrici quarzarenitici di colore grigio giallastro ad alta resistenza meccanica ridotti in frammenti per carotaggio con intercalati strati di sabbie limo argillose di color ocra.		70%	m 6,00		
5							
6							S1C1
7							m 6,40
8							
9							
10	10,00						



Casistica esemplificativa



Per facilitare l'interpretazione delle curve HVSr, in questo paragrafo si illustrano sinteticamente alcune casistiche generali. I picchi HVSr o H/V si spostano da basse ad alte frequenze mano a mano che il contrasto di impedenza si sposta da condizioni profonde a condizioni superficiali. In Figura sono rappresentati i picchi relativi al contatto sedimenti vs. bedrock in 3 situazioni: profonda (1500 m), intermedia (30 m) e superficiale (6 m).



I picchi H/V vanno interpretati come di origine stratigrafica quando sono determinati da un minimo locale della componente spettrale verticale (curva magenta in Figura) con o senza un massimo, alla stessa frequenza, delle componenti spettrali orizzontali, seguiti, a frequenza all'incirca doppia, da un massimo in tutte e tre le componenti del moto (Mulargia e Castellaro, 2006).

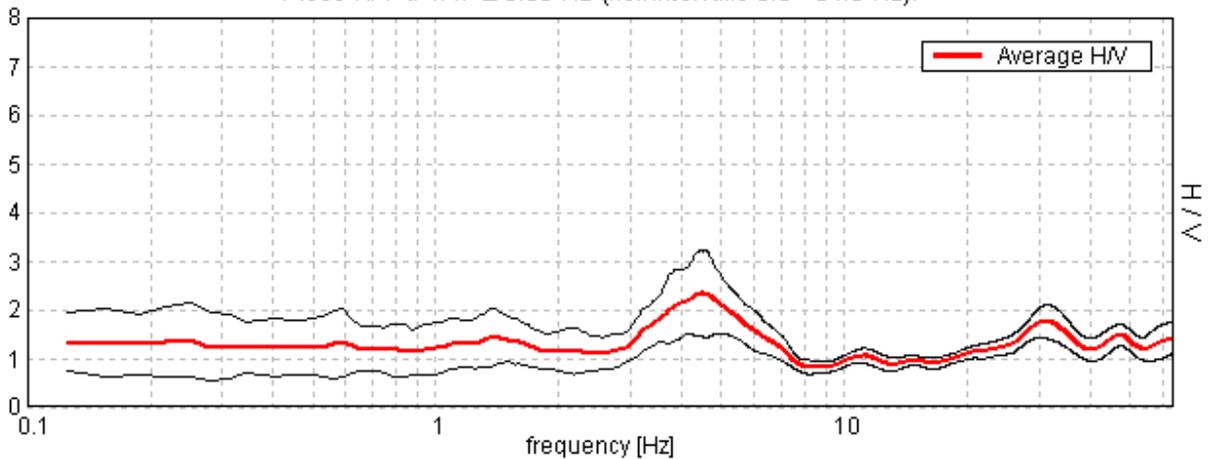


SANTO STEFANO DI CAMASTRA RISTRUTTURAZIONE SPAZI SENSO CIVICO - TRO1

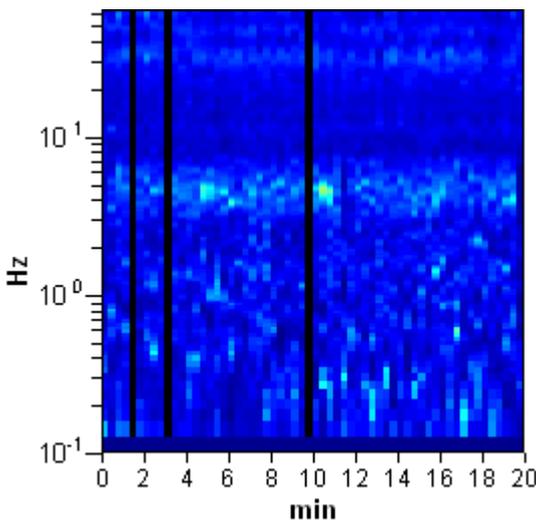
Strumento: TRZ-0059/01-09
Inizio registrazione: 12/07/13 17:27:52
Fine registrazione: 12/07/13 17:47:53
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile
Durata registrazione: 0h20'00".
Analizzato 95% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

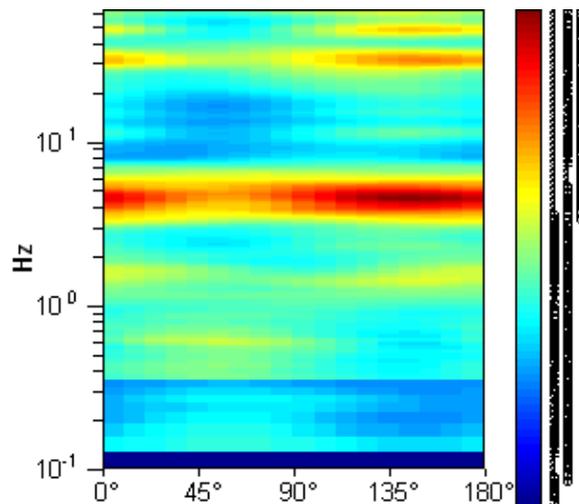
Picco H/V a 4.47 ± 0.38 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



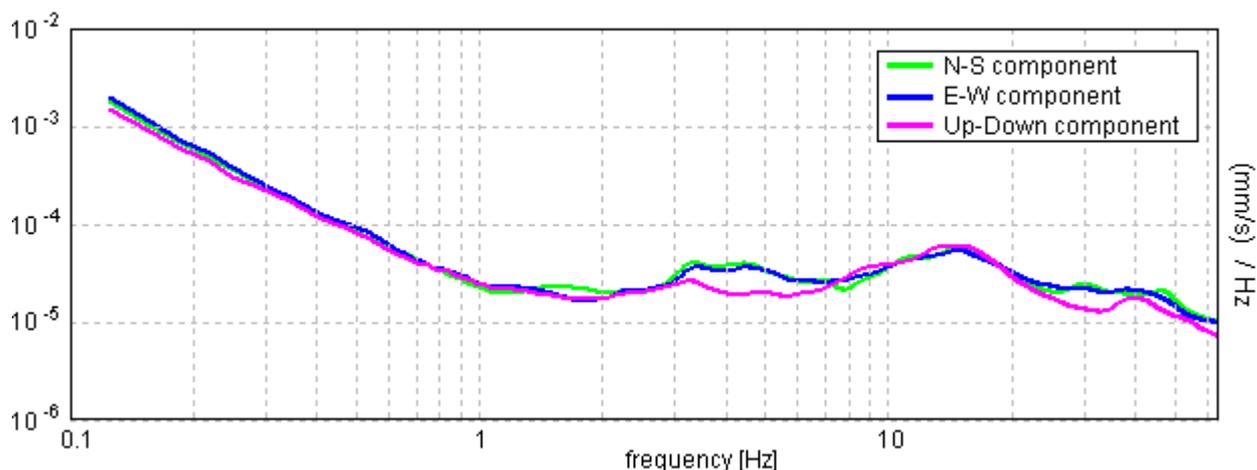
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

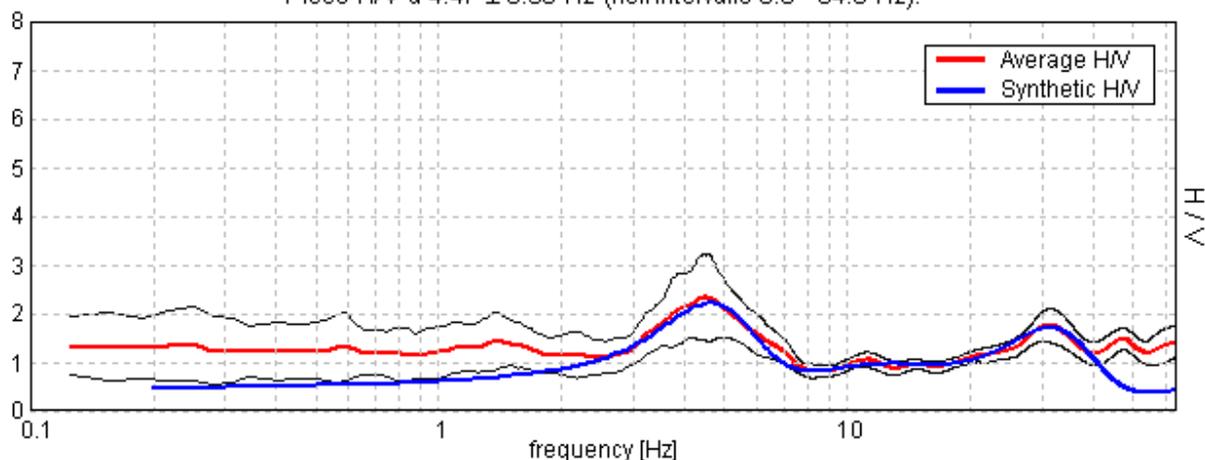


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



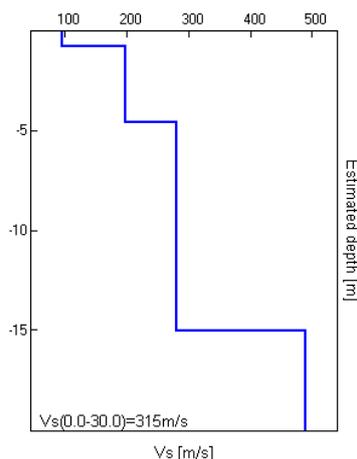
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 4.47 ± 0.38 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.75	0.75	95	0.35
4.55	3.80	198	0.35
15.05	10.50	280	0.35
inf.	inf.	490	0.35

In corrispondenza del punto di registrazione Tro1 è stato effettuato il calcolo delle Vs (0.00-30.00) che è pari a 315 m/s;



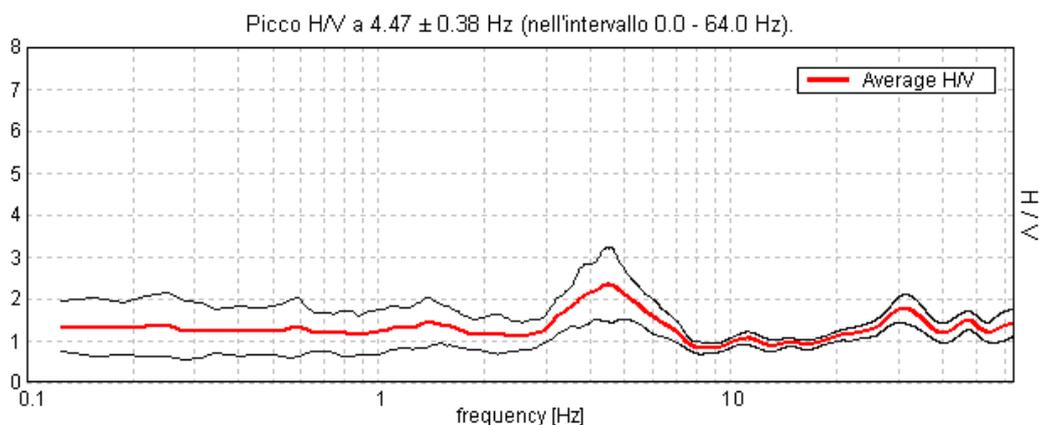
[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 4.47 ± 0.38 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile					
[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]					
$f_0 > 10 / L_w$	4.47 > 0.50	OK			
$n_c(f_0) > 200$	5094.4 > 200	OK			
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 216	OK			
Criteri per un picco H/V chiaro					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.781 Hz	OK			
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	7.156 Hz	OK			
$A_0 > 2$	2.33 > 2	OK			
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04182 < 0.05$	OK			
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.18687 < 0.22344	OK			
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4374 < 1.58	OK			
L_w	lunghezza della finestra				
n_w	numero di finestre usate nell'analisi				
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi				
f	frequenza attuale				
f_0	frequenza del picco H/V				
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V				
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$				
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0				
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f				
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$				
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$				
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa				
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$				
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$				
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Frequenza di risonanza del sito

L’analisi delle curva H/V mostra una caratterizzata dalla presenza di un riflettore all’interno dello spessore “significativo”, secondo i limiti indicati dalla vigente normativa, contraddistinto da un valore del rapporto $2 < H/V < 3$ ad una frequenza di picco di 4.47 ± 0.38 Hz che potrebbe dar luogo ad effetti amplificativi in grado di generare modesti fenomeni risonanza nel dominio di frequenze di specifico interesse ingegneristico in funzione delle opere da realizzare.



Valutazioni conclusive

L'indagine geofisica a sismica passiva a stazione singola (HVSr) a corredo del progetto di cui in oggetto, ha permesso di evidenziare le differenti condizioni geologico-stratigrafiche e sismiche del sito, stimare la velocità di propagazione delle onde di taglio (V_{s30}) come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008, ed individuare delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito legate alle caratteristiche geologiche e fisiche dell'area.

- la registrazione in corrispondenza del punto di registrazione Tro1, ha messo in evidenza la presenza dei seguenti sismostrati:

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.75	0.75	95	0.35
4.55	3.80	198	0.35
15.05	10.50	280	0.35
inf.	inf.	490	0.35

- per il sito esaminato, l'indagine geofisica ha evidenziato un profilo di V_{s30} pari a **315** m/s, a cui si può assegnare la categoria di suolo " C (Tabella 3.2.II: ovvero *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti 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 $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina);*

- l'analisi delle curva H/V mostra una stratigrafia caratterizzata dalla presenza di un riflettore all'interno dello spessore "significativo", secondo i limiti indicati dalla vigente normativa, contraddistinto da un valore del rapporto $2 < H/V < 3$ ad una frequenza di picco di 4.47 ± 0.38 Hz che potrebbe dar luogo ad effetti amplificativi in grado di generare modesti fenomeni risonanza nel dominio di frequenze di specifico interesse ingegneristico in funzione delle opere da realizzare.

Rocca di Caprileone, Luglio 2013

