DATI COMMITTENTE

Comune di Canistro (AQ)

Frazione di Canistro alto, loc Fonticella

FASE PROGETTUALE

PROGETTO DEFINITIVO

ESECUTIVO

TITOLO DEL PROGETTO

Relazione Geologica, sulle indagini e modellazione sismica finalizzata al progetto di mitigazione del rischio idrogeologico per lavori di consolidamento e risanamento idrogeologico in via della Fonticella e via Trento (area 2) in loc. Canistro Alto nel territorio comunale di Canistro (AQ)

PROGETTO N

106/22

TITOLO ELABORATI

RELAZIONE GEOLOGICA

RELAZIONE SULLE INDAGINI E MODELLAZIONE SISMICA

GECO GEO-ENGINEERING CONSULTINGS

GECO srl

Via Liguria 19/L

67051 Avezzano

Telefono: 0863441434

DATA:

21/022022

Doc. Rev.1

Responsabile del progetto - Direttore tecnico	Collaboratore	Geologo
Dott. Geol. Fabio Galli ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE ABRUZZO n. iscrizione: 347 cod. Fiscale: GLLFBA75L08A515D mail: fabiogalli75@hotmail.com pec: fabiogalli75@epap.sicurezzapostale.it	Dott. Christian Cannese	Dott. Fabio Galli

Sommario

RELAZIONE GEOLOGICA 4

Normativa di riferimento 6

1.1 Normativa specifica 6

Inquadramenti 7

2.1 Localizzazione Geografica 7
2.3 Caratteristiche geologico-strutturali 10
2.4 Lineamenti Idrografici 10
2.5 Aspetti Idrogeologici 10
2.6 Inquadramento Geomorfologico 11
2.7 Caratteri geologici locali 14

Rischi e pericoli geologici naturali ed indotti 16

3.1 Rischio idrogeologico 16
3.1.1 Rischio alluvioni 16
3.1.2 Rischio frane 16
3.2 Rischio sismico 16
3.3 Rischio da collasso per cavità e sinkholes 17
3.4 Rischio valanga 17
3.5 Rischio ulteriori 17
3.6 Vincoli idrogeologici 17
3.7 Osservazioni ulteriori 18

RELAZIONE SULLE INDAGINI, MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO 19

Relazione sulle indagini geognostiche e Definizione del Modello geologico 19

4.1 Piano delle indagini geognostiche effettuate 19
4.2 Stratigrafia locale ipotizzata 19
4.3 Modello geologico ipotizzato 20
4.4 Sezioni geologiche ipotizzate 21

Definizione del Modello geotecnico 24

5.1 Definizione unità litotecniche 24
5.2 Parametri geotecnici e relativa tabella 24

MODELLAZIONE SISMICA 26

Sismicità del sito e Pericolosità di base 26

6.1 Zona sismica 26
6.2 Zona sismogenetica 27
6.3 Terremoti storici 27
6.4 Localizzazione di faglie attive e capaci 27
6.5 Magnitudo attesa 27

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

6.6 Studi pregressi di Microzonazione sismica 27

Definizione del modello sismico 29

7.1 Teoria e risultati delle indagini geofisiche 29

7.1.1 Masw 29

7.2 Definizione categoria Stratigrafica e Topografica 32

7.3 Verifica a liquefazione 33

Considerazioni sul dissesto.* *35

OSSERVAZIONI CONCLUSIVE* *38

ALLEGATI* *47

Stralcio carta topografica. 48

. Stralcio carta Geologica e relativa legenda. 49

. Stralcio carta geologico-strutturale o faglie attive e capaci 50

. Carte dei Rischi/Pericoli 51

Mappa delle indagini geognostiche 54

Zona Sismogenetica 55

56

Localizzazione di faglie attive e capaci 57

Stralcio carte Microzonazione sismica e relativa legenda 58

Risultati geo-sismici relativi alle indagini geognostiche in sito di tipo geofisico 59

Definizione del modello sismico 60

Teoria e risultati delle indagini geofisiche Masw 60

Hvsr 63

Risultati geo-sismici relativi alle indagini geofisiche masw in sito 67

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE 96

(DYNAMIC PROBING) 96

DPSH – DPM (... scpt ecc.) 96

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici 96

M ≤ 10 97

"Dietro ogni problema c'è un'opportunità"

Galileo Galilei

Geco srl

Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)

Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434

P.I e C.F. 01964020661

e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

RELAZIONE GEOLOGICA

Premessa

La scrivente società ha ricevuto incarico di redigere la presente Relazione Geologica dall'Amministrazione comunale di Canistro AQ

La presente relazione viene redatta, in particolare, secondo quanto previsto da:

"Norme Tecniche sulle costruzioni emanate con D.M. 17.01.2018 (NTC 2018), in ossequio alle disposizioni di cui alla Legge Regionale n° 28/11 e al relativo Regolamento Regionale n. 3/16.

Tale relazione è finalizzata al progetto di cui in oggetto.

Nella fase preliminare di questa analisi è stata effettuata una ricerca bibliografica nel corso della quale sono stati acquisiti alcuni dati preliminari sulle caratteristiche geologiche dell'area in esame; successivamente è stato effettuato un rilevamento geologico dell'area che dovrà essere consolidata, nonché delle aree ad essa limitrofe attraverso anche il supporto dell'analisi di foto aeree. In tale rilevamento-tecnico preliminare sono state operate dettagliate osservazioni sulle caratteristiche litologiche, stratigrafiche, geomorfologiche, geologico-strutturali, idrogeologiche e geotecniche utili alla caratterizzazione del sito in studio, secondo quanto previsto dalle Norme Tecniche emanate con D. M. 17.01.2018, "Norme tecniche sulle costruzioni 2018". Per la redazione del presente documento si è tenuto infine conto anche dei risultati delle indagini pregresse realizzate nelle immediate vicinanze del sito e all'interno di esso e all'uopo realizzate.

Le specifiche indagine geologico-tecniche realizzate in sito sono:

n 1 Masw

n.1 prova HVSR

n-1 prova sismica a rifrazione.

n. 3 Prove penetrometriche DPSH

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

rilievo geologico, geomorfologico e strutturale in sito

Per maggiori dettagli si rimanda allo specifico paragrafo.

In allegato al presente documento si riportano le relative cartografie tematiche.

Geco srl

Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)

Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434

P.I e C.F. 01964020661

e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

Normativa di riferimento

1.1 Normativa specifica

Di seguito si riporta la normativa di riferimento per il progetto di cui al titolo:

-DPR 380/2001

-Decreto Ministeriale 17.01.2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni e circolare applicativa

-Legge Regionale n° 28/11 e al relativo Regolamento Regionale n. 3/16

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

Inquadramenti

2.1 Localizzazione Geografica

L'area esaminata è ubicata nel settore dell'Appenino centrale, nel comune di Canistro nel settore centrale della val Roveto (valle alluvionale del Fiume Liri). Dal punto di vista topografico l'area ricade nel foglio 152 ("Sora") della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 o meglio nel foglio dell' IGM. N°152 sez. IV SO", scala 1:25.000.

2.2 Inquadramento Geologico e Stratigrafico

L'area in studio è collocata nel settore sud-occidentale della Marsica, all'interno della valle alluvionale del F. Liri.

Tale valle costituisce una depressione morfo-strutturale allungata in direzione NW-SE. Essa è delimitata a NE, tramite un elemento tettonico distensivo, dai rilievi carbonatici della dorsale del Monte Longana, M.Cornacchia –Serra Lunga e tramite il fronte del sovrascorrimento della catena dei Monti Simbruini a ovest, sui depositi silicoclastici della "Valle Roveto" (Marne ad Orbulina e Flysch).

In questa depressione affiorano prevalentemente depositi di tipo arenaceo-pelitici (Flysch), riconducibili a un bacino di avanfossa che si è sviluppato, durante il Messiniano, al fronte della catena appenninica in migrazione verso l'avampaese Adriatico.

L'area in studio è collocata nel settore sud-occidentale della Marsica, all'interno della valle alluvionale del F. Liri, che qui si presenta articolata in ondulazioni collinari dalle forme arrotondate costituite da materiale arenaceo-pelitico (Flysch).

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

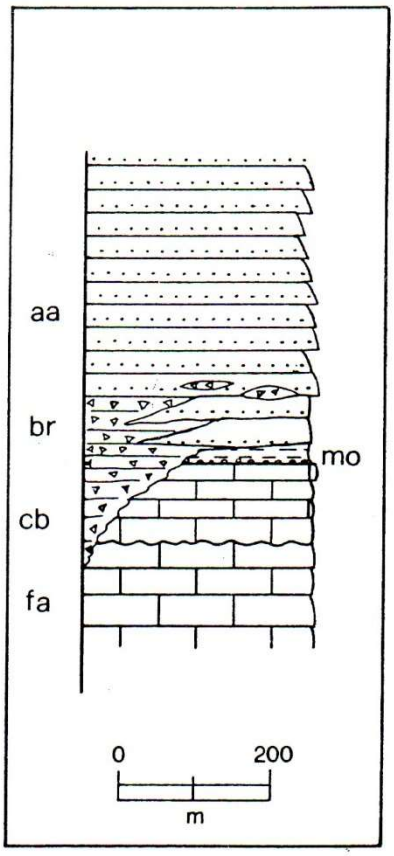
La Catena dei Simbruini e della dorsale dei monti della Meta, dal punto di vista geologico appartiene al dominio di piattaforma carbonatica laziale-abruzzese, Piattaforma costituita da una successione monotona di dolomie e calcari dal Triassico superiore al Miocene medio (calcari a Briozoi e Litotamni dell' Aquitaniano-Tortoniano inferiore) con una serie di lacune che interrompono la continuità della sedimentazione.

La successione termina con un episodio pelitico costituito da sedimenti emipelagici (marne a *Orbulina*, Tortoniano superiore-Messiniano inferiore), seguito dalla deposizione di unità terrigene flusso-torbiditiche (flysch, arenaceo-pelitico, Messiniano inferiore).

La Valle Roveto, valle tettonica, compresa l'area in studio, è caratterizzata da colline ad andamento sinuoso costituite da depositi terrigeni del Miocene superiore, in livelli arenacei con intercalazioni argillose (Flysch).

Le parti più depresse della valle e localmente i versanti collinari e montuosi sono infine coperti da depositi continentali recenti (Quaternario) di tipo alluvionale, detritico e colluvie-eluviale del F. Liri.

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*



SCHEMA DEI RAPPORTI STRATIGRAFICI RAPPRESENTATIVI DEL SETTORE DI APPENNINO CENTRALE COMPRESO TRA IL VERSANTE NORD-ORIENTALE DEI MONTI SIMBRUINI E IL VERSANTE SUD-OCCIDENTALE DELLA DORSALE COSTITUITA DALL'ALLINEAMENTO MONTE S. ANGELO-MONTE VAL DI VARRI-MONTE DELLA NEBBIA-MONTE FAÌTO-MONTE CASTIGLIONE. TALE SCHEMA È RAPPRESENTATIVO ANCHE DELL'AREA IN STUDIO. LEGENDA: *FA* FORMAZIONE DI ACQUAVIVA, SENONIANO; *CB* CALCARI A BRIOZOI E LITOTAMNI AQUITANIANO SUPERIORE-TORTONIANO INFERIORE; *MO* MARNE A *ORBULINA*, TORTONIANO SUPERIORE-MESSINIANO INFERIORE; *BR* BRECCE DELLA RENGA, TORTONIANO SUPERIORE-MESSINIANO; *AA* FLYSCH, MESSINIANO INFERIORE.

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

2.3 Caratteristiche geologico-strutturali

I principali elementi strutturali dell'area sono:

Faglie di tipo diretto (estensive) legate all'orogenesi dell'Appennino e alla formazione della Valle Roveto

Gli elementi predetti mostrano una cinematica del tipo:

Faglie dirette e trascorrenti con lineamenti con direzione NW-SE (Appenninica) e vergenza E (Adriatica).

Sovrascorrimenti a sasso angolo con direzione appenninica e vergenza adriatica

2.4 Lineamenti Idrografici

I corsi d'acqua principali nell'area di studio sono legati all'idrografia dei fossi e incisioni che scendono dalle quote più elevate verso la valle del Liri.

Il corso d'acqua principale è rappresentato dal F. Liri; l'area in analisi è ubicata su un alto strutturale distante dai corsi d'acqua principali del fondo valle; nell'area della Chiesa è presente un impluvio. L'area della frana è rappresentata da un displuvio e piccoli impluvi disseminati sul versante legati alla erosione selettiva.

2.5 Aspetti Idrogeologici

2.5.1. Permeabilità

Le zona di studio sono caratterizzata da sedimenti con permeabilità da bassa a medio-bassa.

2.5.2 Falda.

E' ipotizzata la presenza di una falda acquifera effimera ed intermittente variabile con le precipitazioni alla profondità di circa:

– 2m dal p.c. nell'impluvio della chiesa.

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

La falda è del tipo: freatico.

La falda è ospitata nei sedimenti eluvio-colluviali e nei riporti e nell'alterazione/fratturazione della marnoso-arenacea e delle puddinghe.

La falda è sostenuta dai litotipi: argillo-limosi e marnosi della formazione marnoso arenacea.

La circolazione idrica è condizionata perlopiù dai contrasti di permeabilità esistenti fra le formazioni marnoso-arenacee, tra i vari membri del Flysch e Puddinghe e soprattutto tra il Flysch ed i depositi eluvio-colluviali.

Nell'area studiata sono presenti due tipi di circolazioni idriche sotterranee: una superficiale e/o subsuperficiale che interessa la coltre d'alterazione eluvio-colluviale, dovuta alle permeabilità per porosità primaria (vuoti intercomunicanti tra granulo e granulo) tipica delle terre e l'altra più profonda e caratteristica dei materiali litoidi.

Quest'ultima risiede nei sistemi interconnessi di fratture e giunti di strato (falda in rete), presente nelle litologie arenaceo-marnose (Flysch).

La circolazione più superficiale, che si attiva negli strati di coltre d'alterazione eluvio-colluviale, e nei volumi della formazione marnoso-arenacea alterata, è legata al singolo evento meteorico e si esaurisce in breve tempo per successiva infiltrazione negli strati più profondi, andando ad alimentare quella permanente.

La circolazione idrica nelle stratificazioni rocciose, è sensibilmente sostenuta e regolata dalla litofacies marnosa meno permeabile e da quella arenacea in condizioni inalterate.

2.6 Inquadramento Geomorfologico

L'area di Via Fonticella-via Trento è caratterizzata dal punto di vista geomorfologico da una superficie che presenta una superficie dalla forma a V e moderata pendenza verso Est all'interno di un contesto occupato dall'asse di un

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

fosso (impluvio) nelle cui spalle si sviluppa il tratto di strada interessato da dissesto potenziale o in atto, attraversando perpendicolarmente l'asse del corso d'acqua. Lungo l'impluvio predetto sono presenti anche variazioni di pendenza e forma per fenomeni di erosione selettiva e movimenti gravitativi.. E' presente l'edificio di culto "Madonna della Fonticella" edificio del XIV secolo.

Il territorio del Comune di Canistro è interessato da una geomorfologia che è fortemente influenzata dall'assetto strutturale, dalla natura e dallo stato dei terreni affioranti nonché delle caratteristiche litotecniche degli stessi. In particolare nella zona di Canistro superiore affiorano sedimenti terrigeni della serie Marnoso Arenacea (Flysch) stratificati in bancate e livelli arenacei e argillosi talora fortemente alterati e dilavati.

I processi geomorfologici più importanti vedono l'erosione, il trasporto e la deposizione dei materiali affioranti dalle zone più elevate fino ai fondo-valle.

La geomorfologia dell'area dipende principalmente dalla strutturazione tettonica, dalla presenza localizzata di faglie e fratture, responsabile della fatturazione e del condizionamento della circolazione delle acque sotterranee d'infiltrazione, e l'alterazione dei materiali; i processi morfologici sono inoltre legati a contrasti di permeabilità e sono condizionati dal fattore gravità.

In tale contesto si è sviluppato il dissesto rilevato.

Il movimento di versante interessa i terreni di riporto di riempimento del sottofondo stradale e terreni vegetali superficiali oltre alla coltre superficiale colluvio eluviale derivata dal disfacimento della formazione marnoso arenacea sottostante che funge da substrato.

La massa di terreno coinvolta è di natura sciolta granulare e coesiva con elementi massivi.

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

Le superfici di distacco, sono nette e generalmente posizionate al contatto tra depositi dalle diverse caratteristiche meccaniche ed idrauliche.

La frana è generalmente caratterizzata da varie parti:

-nicchia o fronte di distacco;

-pendio di frana;

-accumulo della frana;

Sono inoltre presenti:

-corona: parte di materiale non coinvolta dal fenomeno, immediatamente adiacente alla parte più alta del pendio di frana;

-testata: parte superiore del terreno franato;

-scarpate secondarie: superfici ripide all'interno della frana, sintomatiche di movimenti differenziali all'interno del materiale;

-fratture secondarie: fratture in senso longitudinale o trasversale nel materiale franato.

-superficie di separazione o distacco: superficie che divide il materiale spostato da quello inalterato sottostante;

La massa di terreno coinvolta dal fenomeno viene chiamata materiale mobilizzato, che viene distinto dal materiale che rimane in posto che al contrario non è interessato da movimenti gravitativi, ma che può presentare comunque fratture e detensionamenti (terreni ubicati nella zona a monte o al lato della superficie di distacco della frana) o compressioni (terreni ubicati nella zona a valle della frana).

L'evoluzione naturale del movimento tende a trasferire gran parte della massa mobilizzata e presente nel corpo di frana verso valle; la frana è quindi soggetta alla

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

forza di gravità che agisce sul suo stesso peso; inoltre risulta agevolata da sollecitazioni sismiche (sollecitazioni dinamiche: terremoti di forte intensità, vibrazioni antropiche; e sollecitazioni statiche di varia natura: sovraccarichi, infiltrazioni meteoriche, infiltrazioni di acque di natura antropica, ecc.)

2.7 Caratteri geologici locali

L'area in studio è caratterizzata dalla presenza di tre litotipi.

A seconda della loro genesi e delle loro caratteristiche questi depositi possono essere distinti in quattro gruppi:

-Flysch e puddinghe: il substrato geologico

-Depositi eluviali e colluviali antichi e recenti

-Riporto antropico e/o terreno vegetale

Flysch e puddinghe

Il substrato geologico dell'area oggetto d'indagine è costituito da depositi ad alta componente arenacea (Messiniano inferiore): Flysch. Tali terreni costituiscono l'ossatura dell'alto strutturale su cui sorge l'abitato di canistro Alto ove localmente affiorano insieme alle puddinghe. Essi sono caratterizzati da alternanza di strati arenacei di colore giallo e strati argillosi di colore grigio-bluastro con giacitura immergente generalmente a NE o a ENE ed inclinazioni variabili.

La litologia del flysch è rappresentata da un'alternanza di peliti grigio-scure con spessori da qualche centimetro a qualche decimetro, ben stratificate in strati sottili,

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

ed arenarie di colore giallo-arancio con gradazione prevalentemente diretta, che raggiungono l'aspetto di veri e propri banchi massivi. In alcuni banchi sono presenti degli sferoidi, anch'essi arenacei, chiamati in letteratura "cogoli". I depositi del flysch presentano solo alcuni degli intervalli di Bouma e frequenti impronte di fondo quali ripples e flutes.

Nell'area in studio la cementazione delle arenarie del flysch va da elevata a lieve, soprattutto negli strati più corticali che si presentano a volte alterati. I clasti di sabbia, costituiti generalmente da granuli di quarzo, feldspati e miche, sono da angolosi a subangolosi e di bassa sfericità.

Depositi eluviali e colluviali antichi e recenti

Si rinvengono in affioramento nel sito in studio versante ove ricoprono il substrato marnoso-arenaceo con spessori localmente variabili.

Questo deposito si è generato per l'alterazione in posto (eluvioni) del substrato geologico ad opera degli agenti fisico-chimici e biologici o per antichi fenomeni gravitativi (colluvioni) che hanno provocato un rimaneggiamento di tale coltre alterata. I depositi eluviali e colluviali antichi sono costituiti da sabbie limose e limi-sabbiosi giallastri con matrice argillosa. Tali litotipi si presentano poco coerenti e con grado di addensamento da basso a medio; in particolare i limi-sabbiosi in matrice limosa o argillosa, sono soggetti a forte ritenzione idrica.

Riporto antropico e terreno vegetale

Materiale di natura eterogenea dovuto a riporti artificiali utilizzato per colmare irregolarità topografiche oppure generato dalla naturale pedogenesi dei terreni o dall'attività antropica.

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

Rischi e pericoli geologici naturali ed indotti

3.1 Rischio idrogeologico

3.1.1 Rischio alluvioni

La formazione di fenomeni legati all'azione delle acque con rischio di alluvionamento si può ritenere remoto; il rischio di erosione e ruscellamento concentrato non si può escludere.

Per la natura litologica dei terreni presenti nell'area di studio, sembra esserci possibile rischio di ruscellamento concentrato ed erosione selettiva.

3.1.2 Rischio frane

Per quanto riguarda l'instabilità dovuta alla componente gravitativa l'area di "via Fonticella- via Trento (area 2)" il sito risente di potenziale instabilità e movimenti apprezzabili in atto dovuto al lento movimento verso valle dei sedimenti di tipo argilloso-marnoso spesso imbevuti e appesantiti dall'acqua e con scarso o impedito drenaggio.

3.2 Rischio sismico

Il territorio comunale in studio è classificato come zona sismica **1**.

Le nuove norme tecniche per la costruzione in zona sismica (DM 17.01.2018) prevedono un'analisi di risposta sismica locale ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, con la realizzazione di specifiche indagini, oppure con l'utilizzo dell'approccio semplificato, applicabile in determinate situazioni geologiche, geotecniche e topografiche con la distinzione in 5 categorie di terreno di fondazione, tenendo comunque in debita considerazione la modifica indotta sull'azione sismica, dai coefficienti relativi alle specifiche categorie topografiche e

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

stratigrafiche (effetti di amplificazione sismica) vista la morfologia sepolta e i contrasti di impedenza. Pertanto si rimanda all'allegata modellazione sismica per la definizione dei corretti parametri sismici di progetto.

3.3 Rischio da collasso per cavità e sinkholes

Riguardo alle evidenze o indizi conoscitivi di cavità sotterranee o sinkholes nell'area di intervento, in base all'analisi del database ISPRA non risultano presenti rischi da collasso per cavità o sinkholes

3.4 Rischio valanga

Il sito potrebbe risentirne.

3.5 Rischio ulteriori

La relativa vicinanza con un elemento strutturale considerato attivo e capace potrebbe far risentire, sul sito di interesse, effetti sismici legati al fenomeno della direttività delle onde sismiche sul sito e agli effetti cosismici correlati.

3.6 Vincoli idrogeologici

L'area allo stato attuale il sito inserita in zone a rischio come dalla consultata Carta degli Scenari di Rischio – Rischio Frane, redatta dall'autorità di Bacino del F.Liri-Garigliano e Volturno (allegata Carta PAI e PSDA) *(vedi allegati)*.

Autorità di Bacino competente: Autorità di Bacino dell'Appennino Meridionale (ex AdB Liri-Garigliano e Volturno), e ricade in zona R3, A3 e C1, valutando una pericolosità di tipo elevato.

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

3.7 Osservazioni ulteriori

Le ulteriori osservazioni riguardanti l'area in analisi sono:

le acque di superficie devono essere sempre allontanate tramite opere di regimazione idraulica (sistemi di drenaggio a monte delle aree in frana).

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

RELAZIONE SULLE INDAGINI, MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO

Relazione sulle indagini geognostiche e Definizione del Modello geologico

4.1 Piano delle indagini geognostiche effettuate

L'indagine geognostica, progettata in chiave geologico-tecnica e sismica ed effettuata sui terreni d'imposta dell'opera in oggetto si è basata su:

-analisi dei dati disponibili nella cartografia e nella letteratura geologica esistenti in materia,

-un rilievo speditivo di superficie,

-dati provenienti da campagna di indagini pregresse realizzate nelle immediate vicinanze dell'intervento,

-dati derivati da nuove indagini realizzate sul sito.

La nuova campagna di indagine geognostica è stata realizzata sul sito così come riportato nell'allegato cartografico "Piano delle Indagini geognostiche".

La nuova campagna d'indagini, realizzata nel dicembre-2021 febbraio 2022 ha previsto l'esecuzione, per ogni area attenzionata di:

n° 1 prova geofisiche MASW

n° 3 prove penetrometriche pesanti tipo DPSH

n. 1 profilo sismico a rifrazione

n. 1 prova sismica HVSR

n . 1 indagini di tomografia elettrica in resistività

4.2 Stratigrafia locale ipotizzata

Nell'area della chiesa la stratigrafia può essere ricostruita con il seguente modello

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

Dalla campagna d'indagini effettuata sul sito d'interesse progettuale (si veda tra gli allegati, "mappa del piano delle indagini") in corrispondenza della chiesa si evidenzia la seguente stratigrafia:

- Riporto antropico (*da 0 a circa 1.5 m).*
- Colluvi ed eluvi limo-sabbiosi (*da 1.5 a circa 3.0 m).*
- formazione Marnoso arenacea fratturata ed alterata (da 3 a 10/ in alcuni punti12 m)
- Argilla Marnosa (alterazione di Marna Argillosa) consolidata fratturata e foliettata (10/12 m a 30m)
-

4.3 Modello geologico ipotizzato

Il dissesto in atto e potenziale è generato su eluvi e su colluvi di accumulo di versante derivato dal disfacimento della Formazione sovrastante con tasche di riporti e rinterri. Un ruolo importante è giocato dalle acque di infiltrazioni sia naturali che antropiche.

Dal punto di vista dell'assetto strutturale, nel settore in analisi sono presenti le formazioni arenacee in bancate del Miocene a reggipoggio, mentre il materiale di disfacimento e materiale eluvio-colluviale ed alluvionale in discordanza stratigrafica sulla sottostante formazione rappresenta la superficie geotecnicamente debole e soggetta ad instabilità.

Contesto geomorfologico:

Il contesto geomorfologico è rappresentato da un ripido versante di una collina marnoso arenacea ammantata da terreno vegetatale, colluvi ed eluvi e detriti

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

rappresentati da materiali arenacei; nell'area della chiesa il versante è interessato da un impluvio.

4.4 Sezioni geologiche ipotizzate

Di seguito vengono mostrate le ipotetiche ricostruzioni del sottosuolo (sezione geologica ipotetica) basata sui dati disponibili. In tale sezione si evidenziano spessori variabili dei riporti e dei terreni vegetali sovrapposti a spessori variabili dei depositi eluvio-colluviali passanti inferiormente alla F. Marnoso Arenacea molto alterata al tetto per alcuni metri.

La falda acquifera riscontrata nella campagna d'indagini:

-giace a quota di -2.00/3,0 m circa dal p.c. come già indicato nel paragrafo "aspetti idrogeologici"

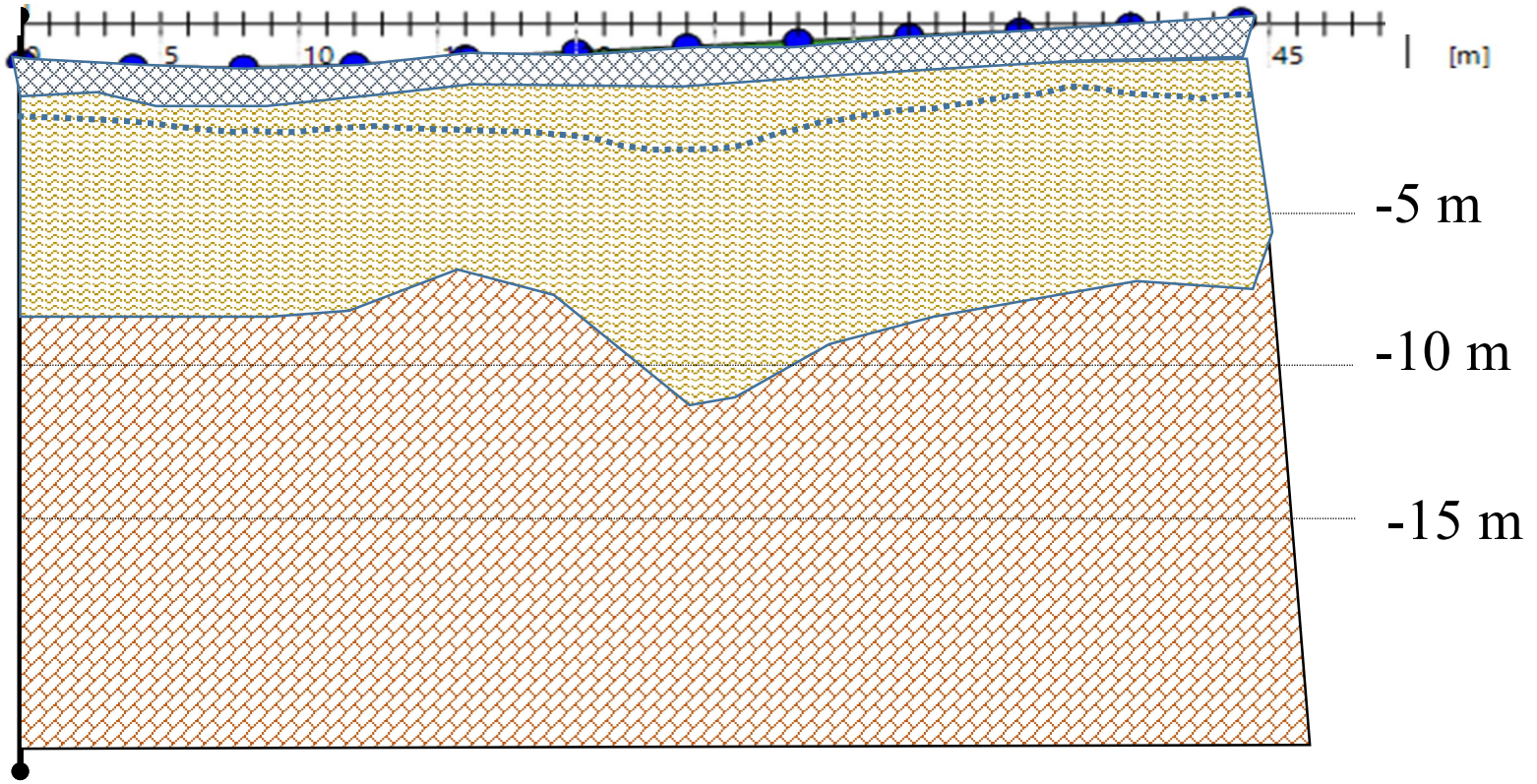
Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

SCHEMA PROFILO GEOLOGICO

Fonticella Chiesa

C

D



	Riporto antropico—(strato geotecnico **R**)
	Colluvi ed eluvi limo-sabbiosi e formazione Marnoso arenacea fratturata ed alterata (Strato geotecnico **CL**)
	Argilla Marnosa (alterazione di Marna Argillosa) consolidata (Strato Geotecnico **MA**)



Tracce dei profili geologici sopra riportati

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

Definizione del Modello geotecnico

5.1 Definizione unità litotecniche

Dal punto di vista geotecnico è stato possibile raggruppare i litotipi in orizzonti distinti in relazione alle loro caratteristiche geotecniche sintetizzate nella Tabella dei valori indice.

Si possono raggruppare i litotipi precedentemente descritti in **3** orizzonti distinti con caratteristiche e parametri geotecnici tali da poter essere considerati omogenei ai fini del calcolo della portanza delle fondazioni e degli eventuali cedimenti.

Si distinguono pertanto i seguenti orizzonti:

STRATO R. *Terreno vegetale e di riporto*

STRATO CL.. *Colluvio limo-sabbioso passante a formazione marnoso argillosa fratturata ed alterata*

STRATO MA.. *Marna Argillosa o arenaria*

5.2 Parametri geotecnici e relativa tabella

I seguenti parametri geotecnici sono desunti dalle prove in sito realizzate e dai dati disponibili; tali parametri sono ritenuti rappresentativi degli "orizzonti geotecnici" meglio individuati e descritti nel modello geotecnico. I valori sono stati scelti in via cautelativa, sia sulla base dei risultati delle prove disponibili, sia sulla base di considerazioni di natura geologica, geotecnica, idrogeologica e statistica, sia sulla

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

base dell'accuratezza e della applicabilità delle prove geotecniche al contesto litostratigrafico presente.

Canistro **Via Fonticella Via Trento**	***Profondità Del tetto e della base degli strati geotecnici***	*Peso di volume naturale*	*Peso di volume saturo*	*Angolo di attrito interno*	*Coesione non drenata*
		γ_v *(Kg/dm³)*	γ_{sat} *(Kg/dm³)*	Φ *(°)*	*Cu (Kg/cm²)*
STRATO R	-0 – 1.40 COESIVO INCOERENTE	1.54 1.73	1.88 1.88	21.5 27.1	0.15 0.00
STRATO CL	-1.4-3.3 fino a -8.00 COESIVO	1.72	1.87	21.2	0.17
STRATO MA	-3.30/8.00 – oltre 30 m COESIVO	2.5	2.51	25.3	0.73

Le sezioni geotecniche ante e post operam sono riportate in allegato

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

MODELLAZIONE SISMICA

Sismicità del sito e Pericolosità di base

6.1 Zona sismica

Il territorio comunale in studio risulta classificato sismico a seguito dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 e ricade in zona sismica **1.**

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 e successive modifiche e integrazioni la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi *stati limite* presi in considerazione nella progettazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Per la determinazione della pericolosità di base si fa riferimento a:

-Lista dei principali eventi sismici storici che hanno interessato l'area in cui cade il progetto di cui al titolo *(Vedi allegato).*

-I risultati di eventuali studi di microzonazione sismica (vedi avanti).

-I risultati (se presenti) degli studi sulla localizzazione e attività delle faglie capaci.

-Definizione di categoria di suolo (approccio semplificato o RSL), categoria topografica.

-Eventuali effetti cosismici (liquefazione e analisi di ulteriori problematiche sismo indotte)

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

6.2 Zona sismogenetica

L'area in analisi ricade nell'area sismogenetica denominata:**ZPS9**

In allegato si riporta un estratto della zona sismogenetica che ricomprende il sito in analisi *(vedi allegati).*

6.3 Terremoti storici

L'area in analisi è stata interessata dai terremoti storici.

In allegato si riporta la lista dei principali eventi sismici storici che hanno interessato l'area in cui cade il progetto di cui al titolo *(vedi allegati).*

Riferimento bibliografico DBI (Italian Data Base) anno di rilascio:2016.

6.4 Localizzazione di faglie attive e capaci

Le principali faglie attive nelle vicinanze dell'area in analisi sono:

-Faglia Valle Roveto (direzione NW SE imm E); attiva

Di seguito si riporta un estratto grafico relativo alla localizzazione delle faglie attive e capaci.

6.5 Magnitudo attesa

La Magnitudo Mw attesa per il sito in analisi è **7.1.**

6.6 Studi pregressi di Microzonazione sismica

Riguardo agli studi di Microzonazione sismica riguardanti il sito d'interesse progettuale, alla data di stesura della presente relazione, è ricompreso negli studi di microzonazione sismica comunale di 1° livello approvati e validati.

La validazione è avvenuta ad opera di Regione Abruzzo.

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

Per quel che riguarda la "Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.)" si riportano in allegato eventuali stralci della mappa che ricomprendono la zona di studio.

Nella Carta della MOPS, il sito ricade in **un'area instabile per frana**

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

Definizione del modello sismico

7.1 Teoria e risultati delle indagini geofisiche

7.1.1 Masw

Introduzione

L'esplorazione con la tecnica sismica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) rappresenta un'indagine sismica fondata sull'analisi delle onde di superficie acquisite nel sito d'interesse attraverso una stesa simica. Per stesa sismica s'intende l'allineamento di n geofoni collegati ad un sismografo tramite un cavo sismico e i relativi scoppi finalizzati alla generazione di onde sismiche rilevate dai geofoni. Per quanto riguarda l'ubicazione della stesa sismica, che ha interessato il sito di cui al titolo del presente documento, si rimanda al relativo "Piano delle indagini in sito". Lo scopo dell'indagine è l'individuazione del profilo delle velocita Vs nel sottosuolo di fondazione per la definizione dell'azione sismica di progetto, ai sensi del D.M. 17/01/2018 cap 3.2.1 ossia la ricostruzione ipotetica dell'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Metodologia e fasi d'indagine

Dalle registrazioni delle onde Vs è possibile distinguere ed evidenziare, all'interno del sismogramma di registrazione, le onde di Rayleigh, le quali sono caratterizzate da un'elevata ampiezza del segnale (circa 60% dell'energia prodotta dalla sorgente di energia si distribuisce in onde di superficie). Le fasi dell'indagine vengono sintetizzate come segue:

1-Si generano onde di Superficie (Rayleigh). Le onde di Rayleigh si producono alla superficie libera di un mezzo dalla combinazione delle onde longitudinali e trasversali).

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

2-Dalle registrazioni sismiche di tali onde si calcola la relazione frequenza-velocità di fase (curva di dispersione).

3- Invertendo la curva di dispersione si calcola la velocità delle onde S in funzione della profondità.

4-Dallo studio della dispersione delle onde superficiali si determina la velocità delle onde di taglio (Vs) e le variazioni di tale profondità con la profondità.

Strumenti e modalità di acquisizione

La strumentazione utilizzata nell'ambito di tale analisi è composta da un'unità di energizzazione (martello), un'unità di registrazione (Trigger, geofoni e sismografo) e un sistema di elaborazione dati (software specifici).

-Sismografo: per l'acquisizione in campagna dei dati della prova MASW è stato utilizzato un sismografo della PASI srl; l'acquisizione finale è a 24 canali.

-Sistema energizzante: come sorgente energizzante nell'acquisizione MASW è stata utilizzata un martello del peso di 8,5 Kg, battente su una piastra metallica.

-Trigger: nell'acquisizione MASW il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un geofono starter nell'istante in cui il sistema energizzante colpisce la base di battuta determinando l'inizio della registrazione.

-Sistema di ricezione: per la ricezione delle onde superficiali, durante la prospezione sismica, sono stati utilizzati dei geofoni verticali. Lo stendimento sismico è stato disposto sul terreno come array lineare di 24 geofoni con distanza intergeofonica scelta sul sito in funzione degli spazi disponibili

Inoltre nell'acquisizione la piastra di battuta per l'energizzazione viene posta a tre diverse distanze (offset) dal primo geofono e in funzione della distanza intergeofonica (per il valore di tale distanza si veda le immagini seguenti allegate).

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

Conclusioni e precisazioni sull'indagine MASW

La stima finale dell'andamento delle velocità delle onde S nel sottosuolo, ottenuta con la metodologia MASW, è funzione del modello geologico-tecnico fornito dal tecnico incaricato (ai sensi del 7.11.2 del D.M. 17/01/2018), dalla quota del piano campagna sul quale è stata realizzata la stesa masw rispetto alla quota del futuro piano di fondazione ed anche in funzione del tipo di fondazione definitiva verrà adottata. Per la corretta definizione della stima dell'azione sismica di progetto, si rimanda ai criteri previsti dal capitolo 3.2.2 del D.M. 17/01/2018, tenendo in considerazione che la prova geofisica di tipo MASW consente di stimare la velocità delle onde di taglio in maniera indiretta. Il dato finale, fornito in allegato (vedi indice), mostra il profilo di velocità delle onde S che l'indagine ha permesso di ricostruire.

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

7.2 Definizione categoria Stratigrafica e Topografica

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, visto il tipo di opera in progetto:

Miglioramento sismico edificio esistente

visto che con la profondità, a partire dal p.c., le caratteristiche geotecniche del sottosuolo migliorano è stata realizzata un'indagine sismica di tipo Masw facendo ricorso ad un approccio semplificato.

Le misure sismiche, condotte a partire dal piano campagna ante operam hanno consentito di ottenere i seguenti valori di velocità media delle onde di taglio (ricavabile dal profilo di velocità della prova geofisica allegata):

Vs= 351 m/sec, nei primi 30 m dal p.c. e fino al tetto del substrato sismico

Pertanto, ai sensi della tab. 3.2.II delle NTC 2018, il sito risulta ascrivibile alla categoria C;

La Categoria topografica del sito d'interesse progettuale di cui al titolo è: **T2**.

Il calcolo del potenziale di liquefazione viene trattato successivamente.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

7.3 Verifica a liquefazione

Al fine di verificare le condizioni di liquefazione del terreno in caso di sisma, ai sensi del D.M 17 gennaio 2018, si devono manifestare contemporaneamente tutte le seguenti condizioni:

1. eventi sismici attesi di magnitudo *M Superiore a 5;*

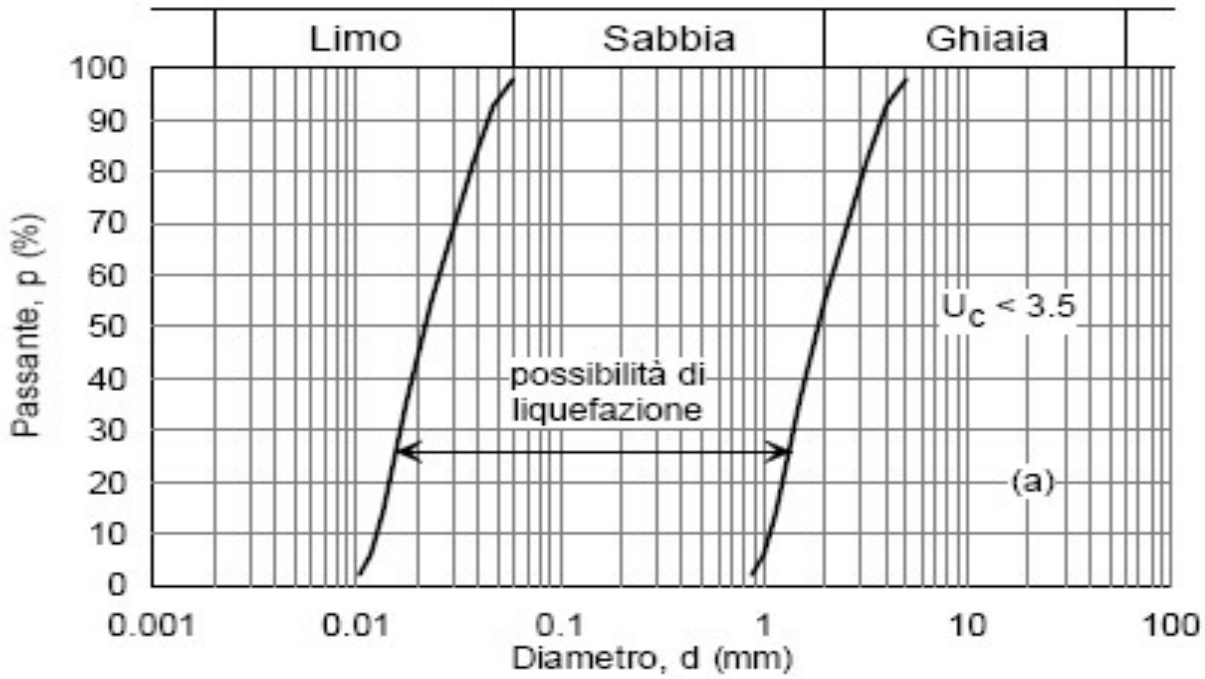
2. accelerazioni massime attese al piano campagna *in assenza di manufatti* (condizioni di campo libero) maggiori di 0,1*g;*

3. profondità media stagionale della falda inferiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

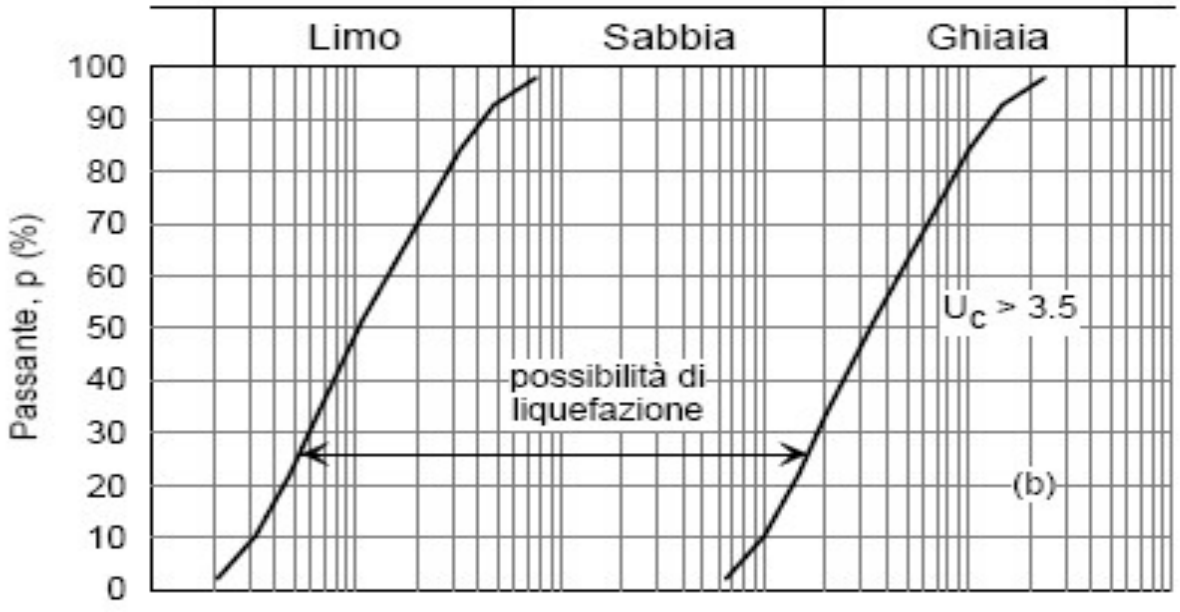
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata minore di *(N1)60 > 30* oppure *qc1N > 180 dove (N1)60 è il valore della resistenza determinata in prove* penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e *qc1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche* statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa.

5. distribuzione granulometrica interna alle zone indicate nella Figura (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità *Uc < 3,5* ed in Figura (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità *Uc > 3,5.*

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it



(a)



(b)

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

Per il sito in analisi il rischio liquefazione risulta:
non liquefacibile in quanto non vengono contemporaneamente verificate le condizioni da 4 a 5

Considerazioni sul dissesto.

I dissesti franosi sono caratterizzati da cause predisponenti e determinanti; l'analisi di tali cause permette di determinare la migliore "strada" da percorrere per eliminare il rischio/pericolo connesso.

Cause predisponenti alla frana:

1-Situazione geologico strutturale (elevato grado di fratturazione e disarticolazione dei materiali litoidi interessati che si sono altamente degradati);

2-Scavi per la realizzazione della strada sul versante, cedimento della coltre vegetale (bosco) che ha creato condizioni di equilibrio limite della stabilità del versante;

Cause determinanti:

-innalzamento dei livelli piezometrici per cause naturali e/o antropiche;

-infiltrazione e scorrimento delle acque del sottosuolo su una superficie interna ai depositi sciolti e al contatto tra la strada e i terreni sottostanti:

- mancanza di adeguato drenaggio

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

-aumento di massa mobilizzabile

Il ruolo delle acque ruscellanti e di infiltrazione è precipuo, infatti questo tipo di movimenti di versante è condizionato in maniera particolare dal regime delle pressioni idrauliche interne al corpo franoso (acque di falda o di origine antropica) e alle acque corrivanti e ruscellanti su di esso o ai bordi di esso. Il problema sostanziale è che nel caso in studio la falda riscontrata sembra in larga parte dovuta ad una falda naturale locale, alimentata dalle precipitazioni che si infiltrano nei terreni litoidi fratturati.

L'acqua svolge un quadruplice ruolo:

1. Aumenta il peso specifico della massa contribuendo, con la saturazione dei pori, ad appesantire il terreno (aumento della forzante di gravità);
2. Diminuisce l'attrito interno delle particelle di terreno contribuendo a farne scadere le resistenze interne;
3. Crea un effetto "lubrificante" tra la superficie di rottura e la zona stabile sottostante;
4. Erode il materiale a monte e ai fianchi contribuendo ad aumentare la massa di terreno coinvolta nel movimento.

Contromisure oggi consigliate per mitigare il rischio idrogeologico:

-aumentare le forze resistenti

-evitare l'effetto di erosione verso monte,

-controllare periodicamente l'integrità della rete dei sottoservizi;

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

-controllare periodicamente l'integrità e l'efficienza della rete che prevede all'allontanamento delle acque superficiali;

-non sovraccaricare ulteriormente il versante;

-preservare il sistema agroforestale presente e reintegrarlo dove franta;

-preservare i drenaggi delle acque esistenti;

-realizzare interventi ingegneristici per la mitigazione (pali, drenaggi, tiranti, ecc.)

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

Per quanto trattato nel presente documento tecnico inerente il progetto di cui in oggetto, nonché dalla valutazione e/o stima di rischi idrogeologici e sismici gravanti sul sito e sulla base dei dati delle indagini geognostiche realizzate, pregresse e di letteratura, si possono trarre le seguenti conclusioni.

Dal punto di vista del **rischio idrogeologico (frane e alluvioni)**, l'area di cui in oggetto, risulta, soggetta a instabilità di versate (in atto e potenziale), erosione concentra e possibili sviluppi e accelerazioni di movimenti gravitativi; nei dissesti in atto o potenziali gioca un ruolo importante la gravità e le acque di infiltrazioni sia naturali che antropiche; particolare attenzione al drenaggio delle acque meteoriche e ad eventuali perdite delle tubature dei sottoservizi; ed in particolare non bisogna mandare le acqua della fontana comunale nell'area in frana.

la sede stradale sembra soggetta a dissesto è minacciata dall'arretramento del coronamento del fronte di frana che ne comporterebbe un ampliamento dello stesso dissesto; la presenza di acque ruscellanti e selvagge non adeguatamente regimentate aumenta di molto il rischio di un evento franoso repentino e non controllabile senza un adeguata opera di protezione, di rinforzo e di drenaggio;

La sede stradale è interessata dal movimento franoso, ed è minacciata in maniera impellente da un possibile ampliamento, si consiglia di realizzare opere di protezione e sostegno delle porzioni di territorio (strada e parti a monte di essa) non ancora interessate dal movimento.

In virtù della fragilità geomorfologica del versante oggetto del dissesto si prescrive di non operare nè tagli di versante né scavi che possano pregiudicare il delicato equilibrio dei terreni che ancora non sono interessati dal dissesto.

L'intervento consigliabile è quello di realizzare un'opera di contenimento e difesa, che comporti l'impostazione di una palificata attestata a profondità adeguate a contenere il movimento potenziale sul versante sia per cause statiche che

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

dinamiche. Prima dell'effettuazione di qualsiasi movimento terra, interessante la sede stradale, la sede stradale stessa va consolidata con opere di contenimento che si attestino per una adeguata profondità nel substrato poco alterato al fine di garantire lo scivolamento e il ribaltamento del sistema geotecnico (opera/terreno).

Infine è di fondamentale e risolutiva importanza mettere in opera un sistema di raccolta e drenaggio efficace delle acque sia immediatamente a monte dell'opera di consolidamento sia nell'interno della stessa, sistema che sia in grado di raccogliere e allontanare le acque senza lasciare che le stesse possano imbibire i terreni o avere impedimento nel drenaggio all'interno dei terreni sistemati.

Non risultano presenti evidenze o indizi di **cavità sotterranee o sinkholes** nell'area di intervento; inoltre l'area potrebbe essere soggetta a rischi di valanga.

La campagna di indagini geognostiche coadiuvate dai dati pregressi e dati di letteratura di settore, hanno permesso di ipotizzare il modello geologico/ geotecnico del sito e accertare la presenza di una falda superficiale. ; per il modello sismico sono stati utilizzati i risultati della prova Masw, per i dati sismici VS e a rifrazione e per i dati geotecnici sono state realizzate 6 prove DPSH.

In conclusione per l'indagine masw che è stata realizzata nella zona della chiesa si può ipotizzare che il Modello delle Velocità VS è il seguente:

Strato1 Vs= 87 m/s spessore 0,40 m; Strato2 Vs= 220 m/s spessore 2,70 m; Strato3 Vs= 451 m/s spessore 8,00 m; Strato4 Vs= 699 m/s spessore 19,00 m.

Le HVSR hanno evidenziato i seguenti risultati:

HVSR 1	f_0 in Hz: F1=18.7 (18.1-19.4) F0= 10+/+0.10	Ampiezza, A_0 medio: A1=6.4(4.9-8.4) A0= 4.1(3.05 - 6.0)	Eventuali note: ///

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

La frequenza di risonanza stimata con l'indagine hvsr a seguito dell'elaborazione sono compitabili con il contrato d'impedenza atteso per il sito in analisi caratterizzato da bassi spessori delle coperture passanti alla sottostante formazione marnoso arenacea alterata per alcuni metri al tetto.

Il modello geologico è rappresentato da: terreni di riporto (strada) passanti inferiormente a depositi eluvio colluviali sovrapposti a formazioni argillo marnosa alterata a luoghi con intercalate puddinghe

Il modello geotecnico ipotizzato è stato discretizzato in n. 3 strati omogenei dal punto di vista dei parametri meccanici.

I dati geotecnici utilizzati non provengono da campioni di terreno analizzati ai sensi di quanto disposto dall'**art 59 del DPR 380/01**.

E' nota la presenza di una **falda acquifera** superficiale (- 2, - 3 m dal p.c. effimera e variabile con la stagionalità

Il rischio di **liquefazione** è poco probabile.

La categoria topografica indicata è la **T2**.

Secondo la carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica, l'area ricade in un'area stabile suscettibile di instabilità e amplificazione locale; il sito non risulta interessato da rischio di fagliazione superficiale legato a faglie attive e capaci (secondo il Catalogo Ithaca e in base alla carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica Mops inerente il progetto di Microzonazione sismica di primo livello approvato e vigente) tuttavia si trova a margine di un'area interessata da tale problematica pertanto non può essere escluso il fenomeno della direttività ed eventuali fenomeni cosismici associati.

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

La campagna d'indagini geognostiche ha visto la realizzazione di:

-Un rilievo geologico-tecnico dell'area d'indagine

-N°1 indagine geofisiche masw per la stima delle VS;

-N° 1 indagine geofisica a rifrazione per la ricostruzione del modello geologico e geofisico del sito

-N°1 indagine geofisica HVSR per la stima della frequenza di risonanza del sito

-N° 3 prove DPSH spinti fino a rifiuto per la stima per via indiretta dei dati geotecnici del sito

N. 1 Tomografie elettriche

Il valore di Vs delle coperture stimato con l'indagine geofisica a rifrazione risulta sovrastimato in quanto ricomprende anche la parte estremamente alterata del tetto della formazione arenacea. L'indagine geofisica a rifrazione e le indagini in tomografia elettrica ERT permettono anche di stimare la profondità del passaggio dalla formazione marnoso arenacea molto alterata, sottoposta a sua volta alle coperture continentali, alla sottostante formazione marnoso arenacea meno alterata; tale passaggio ha una profondità stimata di circa 10-12 metri ma in alcuni settori raggiunge i 16m (zona frana). La indagine ERT ha permesso anche di intravedere l'assetto a reggipoggio (nella zona chiesa) e l'assetto a franapoggio (nella zona frana).

Le prove penetrometriche DPSH e l'elaborazione dei dati evidenzia un modello geotecnico caratterizzato dalle scadenti caratteristiche meccaniche dei terreni di copertura sopra la formazione marnoso arenacea Dal confronto tra i dati geofisici i dati e le resistenze DPSH si è scelto di individuare 3 litotipi omogenei dal punto di vista geotecnico le cui caratteristiche specifiche vengono riportate nella tabella allegata

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

Ai fine della realizzazione dell'intervento di mitigazione del rischio idrogeologico si consiglia la realizzazione di interventi di consolidamento del fronte franoso (palificata di sostegno) da realizzarsi a valle di via della Fonticella in corrispondenza del settore della chiesa (sul lato valle della strada via Fonticella). Le palificate dovranno raggiungere la formazione Marnoso Arenacea (strato geotecnico MA) ed entrare in essa per una adeguata profondità al fine di resistere a sforzi di taglio sia statici che dinamici. Inoltre a monte della palificata si consiglia la realizzazione di una trincea drenante di almeno 4 m di profondità con raccolta e ed allontanamento delle acque di infiltrazione dalle aree di dissesto unitamente a sistemi di raccolta delle acque superficiali di pioggia e corrivanti. Da porre attenzione alle zone limitrofe al movimento franoso generato e già attivo che dimostrano evidenze di terreno di cinematismi in atto e potenziali, pertanto si consiglia di mettere in sicurezza anche le aree limitrofe in particolare ai fianchi dei movimenti.

A tergo delle paratie si consiglia l'installazione di almeno 2 inclinometri per ciascuna zona (sia per la zona della chiesa che per la zona della frana) della profondità dal piano campagna almeno pari o a quella raggiunta con i pali della palificata; tali inclinometri dovranno essere monitorati per almeno 1 anno, successivamente alla conclusione dei lavori di consolidamento, con misure con cadenza mensile.

Di seguito gli allegati cartografici e tecnici relativi ai singoli paragrafi trattati nel presente documento.

Il Geologo

Dott. Fabio Galli

Avezzano, addì 22/02/2022 rev nov. 22

Geco srl

Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)

Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434

P.I e C.F. 01964020661

e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

Riferimenti bibliografici

ACCORDI G. (1974): *Nuovi affioramenti di lacustre sollevato a terrazzi al bordo settentrionale del Fucino (Abruzzi)*. Bolla. Soc. Natur., 84, pp. 265-280

BECCACCINI A., CAVINATO G.P. & VITTORI E. (1991): *Contributo alle conoscenze macro e mesostrutturali dei rilievi settentrionali del bacino del Fucino.* Studi Geol. Camerti, Vol speciale CROP 11 (1991/2), pp. 11-19

BENEO E. (1939): *Le terrazze quaternarie della regione fucense ed i loro rapporti con i fenomeni orogenetici nella Marsica (Appennino Abruzzese).* Boll. Soc. Geol. It., 58, pp. 54-77

BERTINI A., CAVINATO G.P. &VITTORI E. (1991): *contributo alle conoscenze macro e mesostrutturali dei rilievi settentrionali del Bacino del Fucino.* Studi Geol. Camerti, Vol speciale CROP 11, (1991/2)

BIGI G., COSENTINO D., PAROTTO M., SARTORI R. &SCANDONE P. (Eds.), (1992): *Structural model of Italy, Scale 1:500000, 6 Sheets.* CNR, Quad. Ric. Sci., Vol. 114(3).

BLUMETTI A.M.,CAVINATO G.P., MICHETTI A.M., TOZZI M.&VITTORI E. (1991) : *Campo di fatturazione superficiale e tettonica recente del bacino del Fucino.* In "Aree Sismogenetiche e Rischio Sismico in Italia", Vol 2, pp. 259-267, a cura di Boschi E., Dragoni. ROMA 1991

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

BONCIO P. ET ALII (2014) *Studio di Microzonazione sismica di primo livello del territorio comunale di Avezzano* Il

BOSI C., CAIAZZO C., CINQUE A. & MESSINA P. (1996): *Le superfici relitte della regione fucense (Appennino centrale) ed il loro possibile significato nella ricostruzione dell'evoluzione geologica.* Il Quaternario, 9(1), pp. 381-396

CAVINATO G.P., DE RITA D., MILLI S. & ZARLENGA F. (1992): *Correlazione tra i principali eventi tettonici, sedimentari, vulcanici ed eustatici che hanno interessato l'entroterra (conche intrappenniniche) e il margine costiero tirrenico laziale durante il Pliocene superiore ed il Pleistocene*. Studi Geologici Camerti, Vol. spec. (1991/2), pp. 109-114

CELICO P. (1983): *Idrogeologia dei massicci carbonatici, delle piane quaternarie e delle aree vulcaniche dell'Italia Centro-Meridionale (Marche e Lazio meridionali, Abruzzo, Molise e Campania).* Quaderni per la Cassa del Mezzogiorno, 4/2

CERCATO M.: *Analisi integrata di misure geofisiche. Studio e caratterizzazione di una paleofrana – Celano (AQ).* Dipartimento di Idraulica, Trasporti e Strade

CONVEGNO SU "LE CONCHE INTERMONTANE": *Caratteristiche stratigrafiche, sedimentologiche, strutturali ed aspetti applicativi. ROMA 13-15 Settembre 1993.* Il Quaderno 6(2), 1993

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

PAROTTO M. & PRATURLON A. (1975): *Geological summary of the central Appennines*. Structural Model of Italy, C.N.R., Quad. Ric. Scient., 90, pp. 257-311

PAOLINI E. (2003): *Indagini geologiche e geofisiche per la valutazione della risposta sismica locale nel territorio di Celano(AQ).* Dip. Scienze della Terra, Università "La Sapienza", Roma. Tesi di Laurea.

PETITTA M. & CAPELLI G. (1994): *Inquadramento idrogeologico del bacino del Fucino.* In "Il lago Fucino e il suo emissario", pp. 46-61

PROGETTO IFFI (INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI IN ITALIA) APAT - DIPARTIMENTO DIFESA DEL SUOLO-SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA - LINK ALLA PAGINA WEB, DOVE È POSSIBILE CONSULTARE LA CARTOGRAFIA UTILIZZATA: WWW.SINANET.APAT.IT/PROGETTO IFFI.

ROMA M. A. (2001): *Indagine sulla circolazione idrica sotterranea nei depositi clastici continentali del margine settentrionale del Fucino (Abruzzo)*. Tesi di Laurea

SCARASCIA MUGNOZZA G. (2000): *Indagini e caratterizzazione geologico tecniche finalizzate alla valutazione e prevenzione del Rischio Geologico in aree intermontane dell'Appennino centrale contraddistinte dalla presenza di insediamenti industriali.* Relazione conclusiva (inedita). Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Dipartimento di Scienze della Terra.

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: *info@gecoingegneria.it* – *pec:gecoingegneria@pec.it*

VALENSISE&D'ADDAZIO (1995) :*Il terremoto di Avezzano del 1915 80 anni dopo. Guida alla riscoperta degli effetti del terremoto sull'ambiente naturale.* Istituto Nazionale di Geofisica

"GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS FOR SEISMICZONATION IN MUNICIPAL AREAS WITH COMPLEX GEOLOGY: THE CASE STUDY OF CELANO, ITALY". AUTHORS: E.CARDARELLI R.DE NARDIS B G.DI FILIPPO C G.MILANAD HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.SOILDYN.2008.05.003

"QUATERNARY, CATASTROPHIC ROCK AVALANCHES IN THE CENTRAL APENNINES (ITALY): RELATIONSHIPS WITH INHERITED TECTONICFEATURES, GRAVITY-DRIVENDE FORMATIONS AND THE GEODYNAMIC FRAME". AUTHORS: G. BIANCHI FASANIA12E.DI LUZIO B

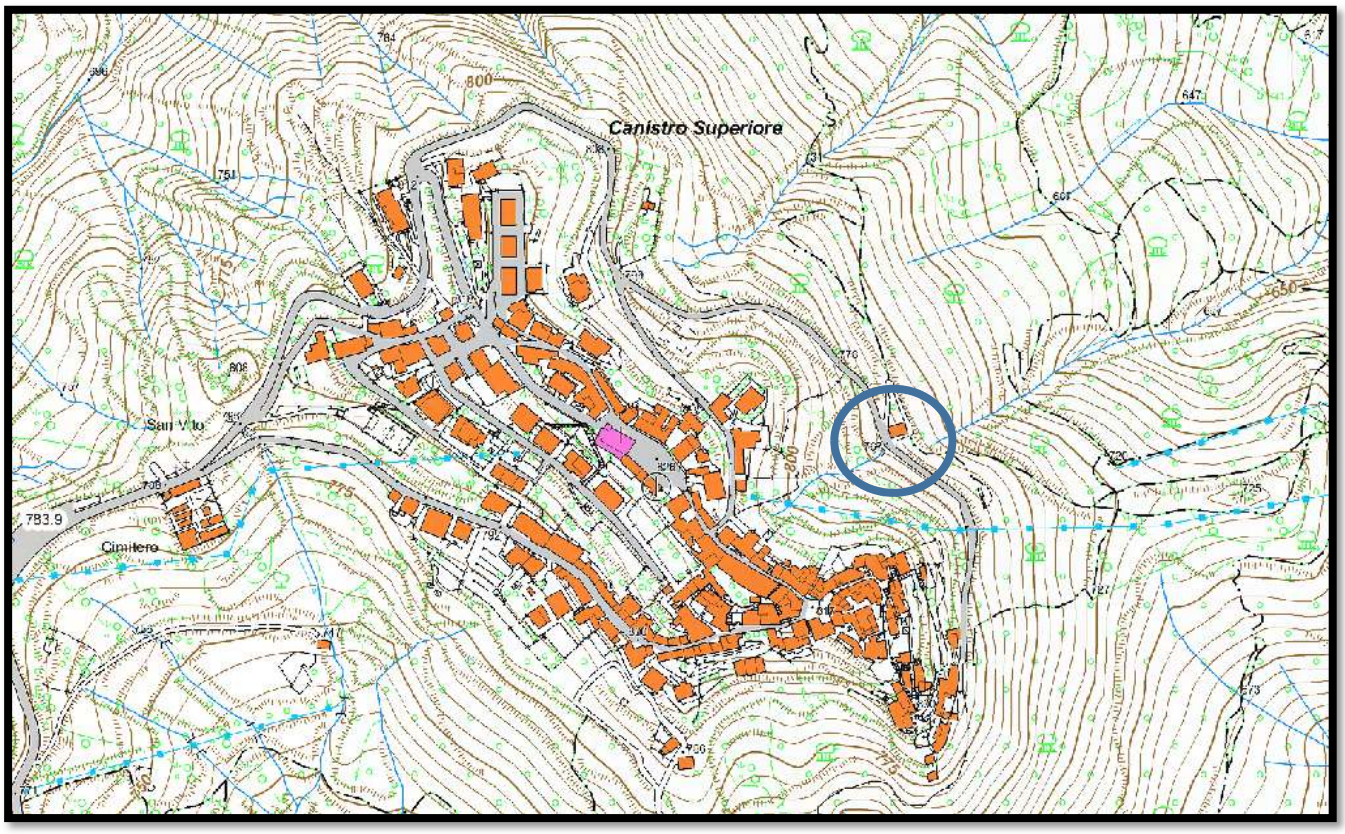
-"STABILITY OF SLOPE DEBRIS AT THE MARGIN OF INTRA-MONTANE BASINS: THE FONTE GRANDE LANDSLIDE"(CELANO – AQ). CARDARELLI E., DI FILIPPO G., FLORIS M., MARTINO S. & SCARASCIA MUGNOZZA G. (2003. ITALIAN JOURNAL OF ENGINEERING GEOLOGY AND ENVIRONMENT, 2, 3-18.

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

ALLEGATI

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: *info@gecoingegneria.it* – *pec:gecoingegneria@pec.it*

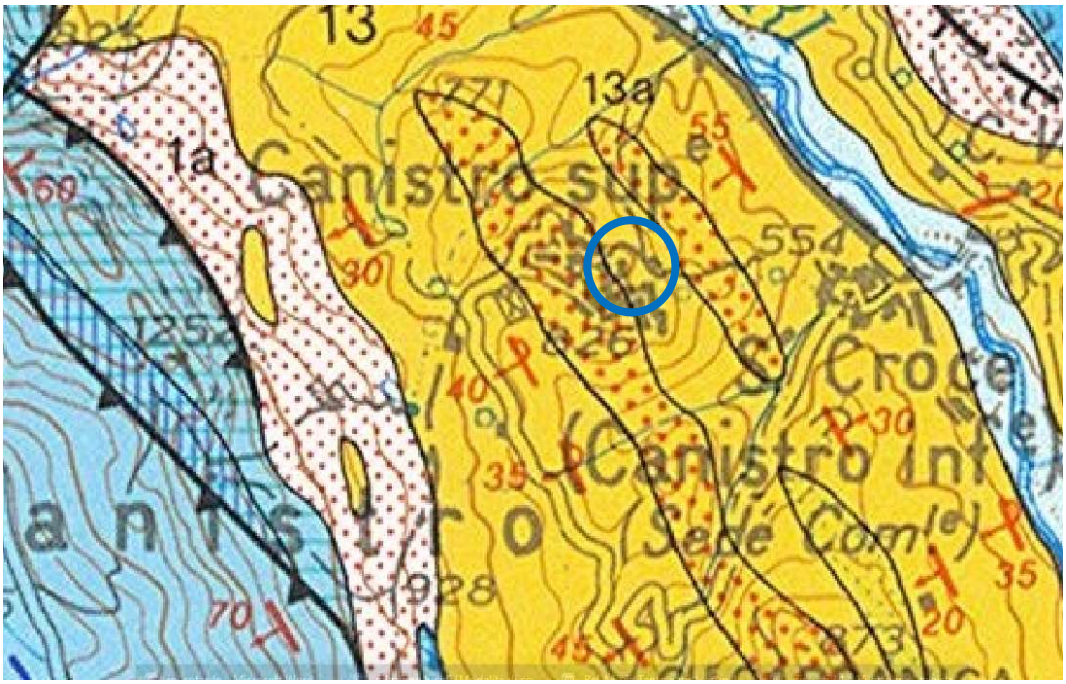
Stralcio carta topografica.

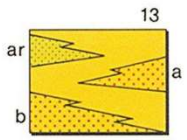


Ubicazione delle aree in oggetto: con il cerchio blu l'area di via della Fonticella via Trento

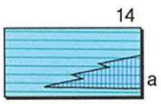
Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

. Stralcio carta Geologica e relativa legenda.





Flysch della Val Roveto. Alternanza pelitico-arenacea con bancate arenacee decametriche (ar, Val Roveto), con lenti di puddinghe poligeniche con clasti di arenarie, di calcari tipo "pietra paesina", e di rocce eruttive (a, Canistro) talora appoggianti in discordanza sul substrato carbonatico (Serra S. Antonio, M. Piano), e con intercalazioni di brecce calcaree tipo Brecce della Renga nei livelli inferiori (b); feltri interstratali a piccoli cristalli di gesso (CASTORINA et al., 1996) in prossimità della faglia della Val Roveto, nei pressi di Petrella Liri. Spessore: fino a 800-1000 m. *Messiniano*.



Brecce della Renga. Brecce calcaree monogeniche in banchi decametrici, a stratificazione indistinta, talora con intercalazioni di argille verdi e grige, parzialmente eteropiche con le **Marne ad Orbulina**, costitute da 20-30 m di marne grigio-azzurre con sottili intercalazioni di brecce calcaree (a). Spessore complessivo fino a 400-500 m. *Tortoniano - Serravalliano pp.*

Carta Geologia d'Abruzzo- Da Vezzani e Ghisetti 2007. –Cerchio Blu "via Fonticella Via Trento"

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

. Stralcio carta geologico-strutturale o faglie attive e capaci

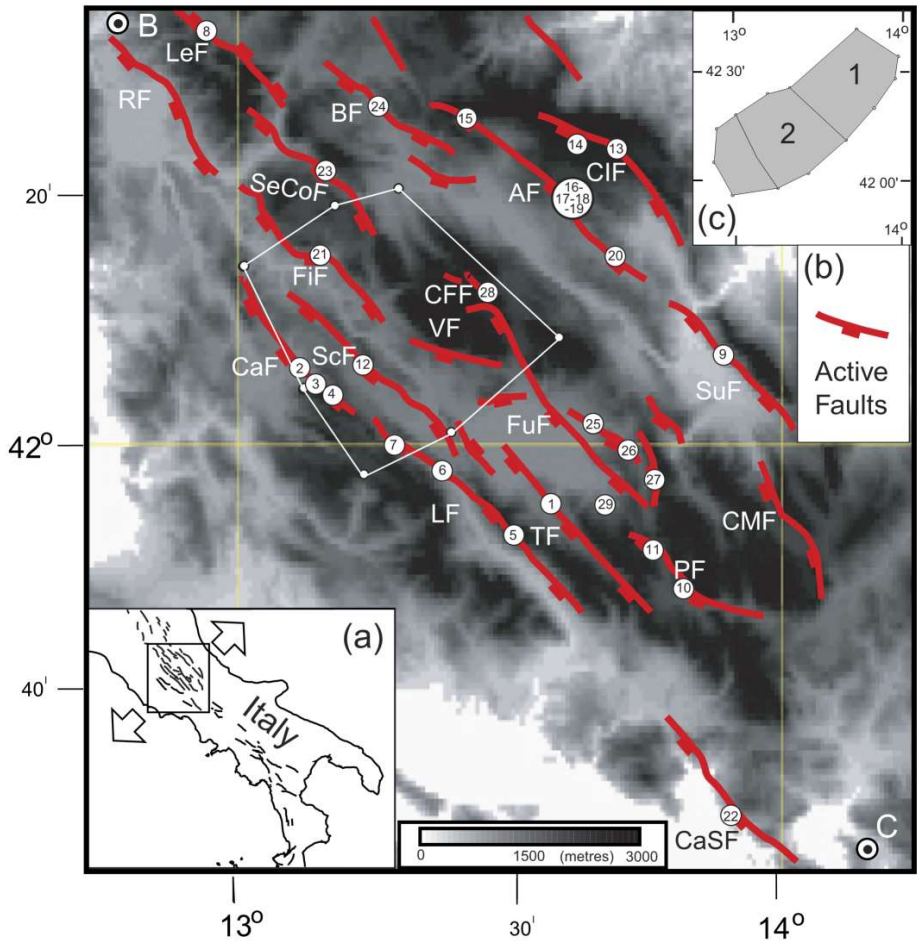
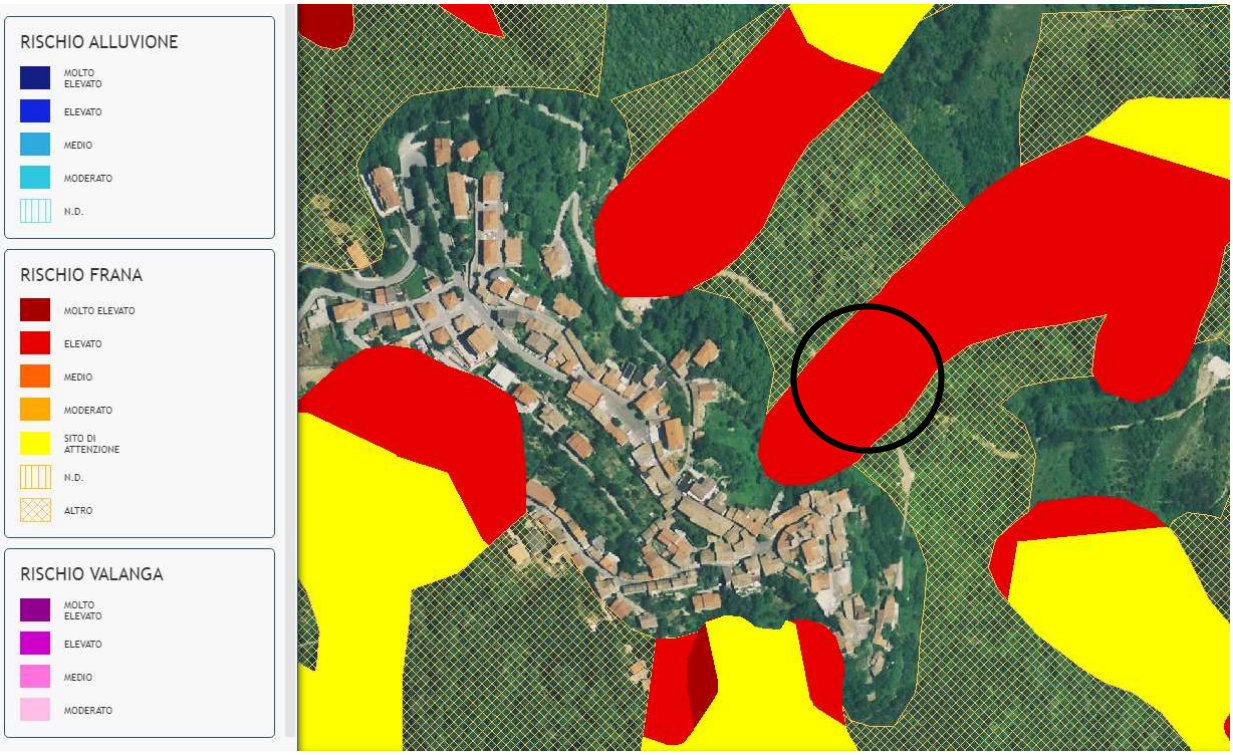


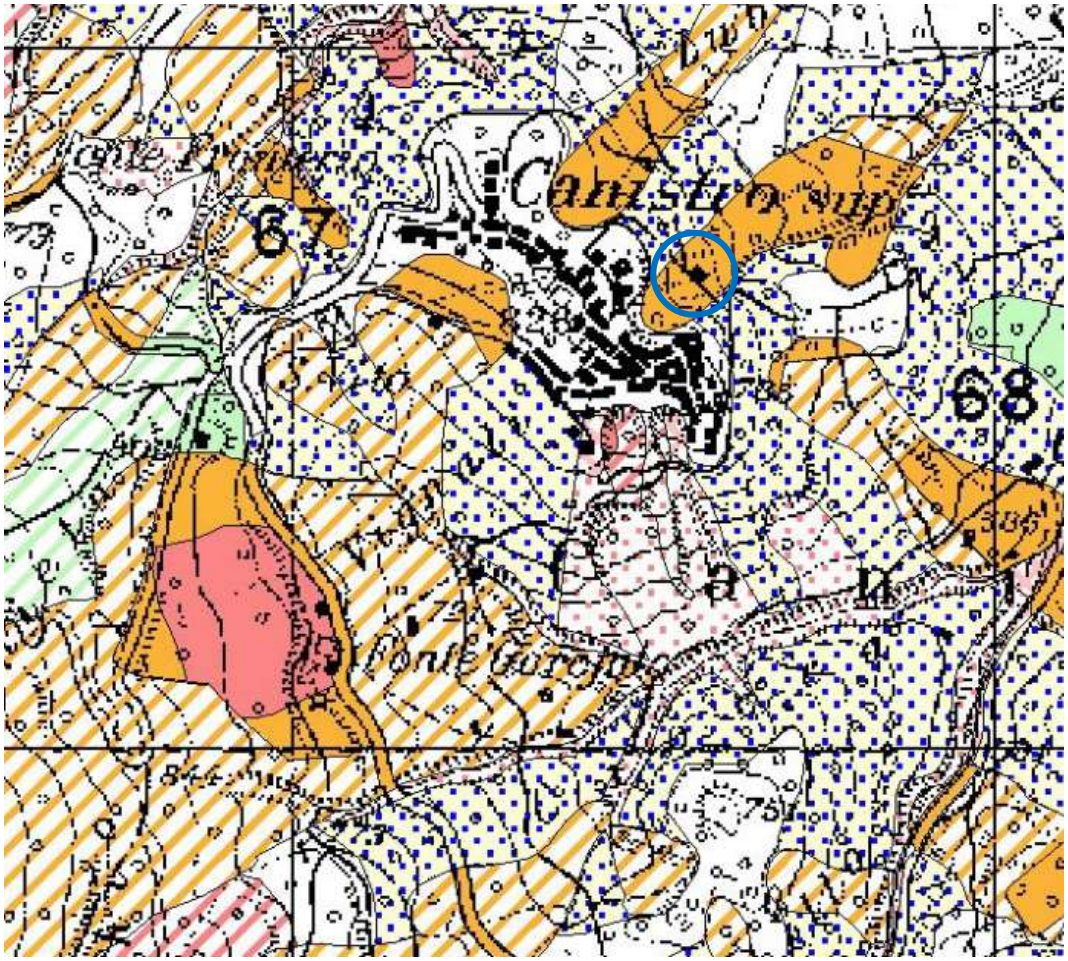
Fig. 1. (a) Location map of the study area, (b) Map of major active faults of Lazio–Abruzzo on a digital elevation model. LeF—Leonessa Fault; RF—Rieti Fault; SeCoF—Sella di Corno Fault; FiF—Fiamignano Fault; BF—Barete Fault; AF—L' Aquila Fault; CIF—Campo Imperatore Fault; CaF—Carsoli Fault; ScF—Scurcola Fault; FuF—Fucino Fault; VF—Velino Fault, CFF—Campo Felice Fault, LF—Liri Fault; TF—Trassaco Fault; SuF—Sulmona Fault; PF—Pescasserolli Fault; CMF—Cinque–Miglia Fault; CaSF—Cassino South Fault. (c) Polygon 2 represents the area where almost all the active elastic strain is accommodated across central Italy according to geodetic data presented by D'Agostino et al. (2001b).

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

. Carte dei Rischi/Pericoli



Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*



Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico

L. n° 183 del 18 maggio 1989
L. n° 285 del 7 agosto 1990
L. n° 493 del 4 dicembre 1993

Rischio di frana

L. n° 226 del 13 luglio 1999
L. n° 365 dell'11 dicembre 2000

Carta degli scenari di rischio	*Regione Abruzzo*
Comune di	*Provincia de L'Aquila*
Canistro	*Scala 1: 25.000*

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

Legenda

AREA A RISCHIO MOLTO ELEVATO - R_4
Nella quale per il livello di rischio presente, sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.
*(* Aree a rischio molto elevato ricadenti in zone a Parco)*

AREA A RISCHIO ELEVATO - R_3
Nella quale per il livello di rischio presente, sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale.

AREA DI ALTA ATTENZIONE - A_4
Area non urbanizzata, potenzialmente interessata da fenomeni di innesco, transito ed invasione di frana a massima intensità attesa alta.

AREA DI MEDIO - ALTA ATTENZIONE - A_3
Area non urbanizzata, ricadente all'interno di una frana attiva a massima intensità attesa media o di una frana quiescente della medesima intensità in un'area classificata ad alto grado di sismicità.

Area di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno, ovvero di fenomeni di primo distacco, per la quale si rimanda al D.M. LL.PP. 11/3/88 - C_1
N.B.: Nelle aree a contorno delle frane, quando non è indicato l'ambito morfologico significativo di riferimento, l'area di possibile ampliamento deve essere estesa fino allo spartiacque principale e/o secondario, già riportati nella carta geomorfologica.

AREA A RISCHIO POTENZIALMENTE ALTO - R_{Pa}
Area nella quale il livello di rischio, potenzialmente alto, può essere definito solo a seguito di indagini e studi a scala di maggior dettaglio.

AREA DI ATTENZIONE POTENZIALMENTE ALTA - A_{Pa}
Area non urbanizzata, nella quale il livello di attenzione, potenzialmente alto, può essere definito solo a seguito di indagini e studi a scala di maggiore dettaglio.

Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico

Rischio di frana

L. n° 183 del 18 maggio 1989
L. n° 253 del 7 agosto 1990
L. n° 493 del 4 dicembre 1993

L. n° 226 del 13 luglio 1999
L. n° 365 dell'11 dicembre 2000

Carta degli scenari di rischio	*Regione Abruzzo*
Comune di	*Provincia de L'Aquila*
Canistro	*Scala 1: 25.000*

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

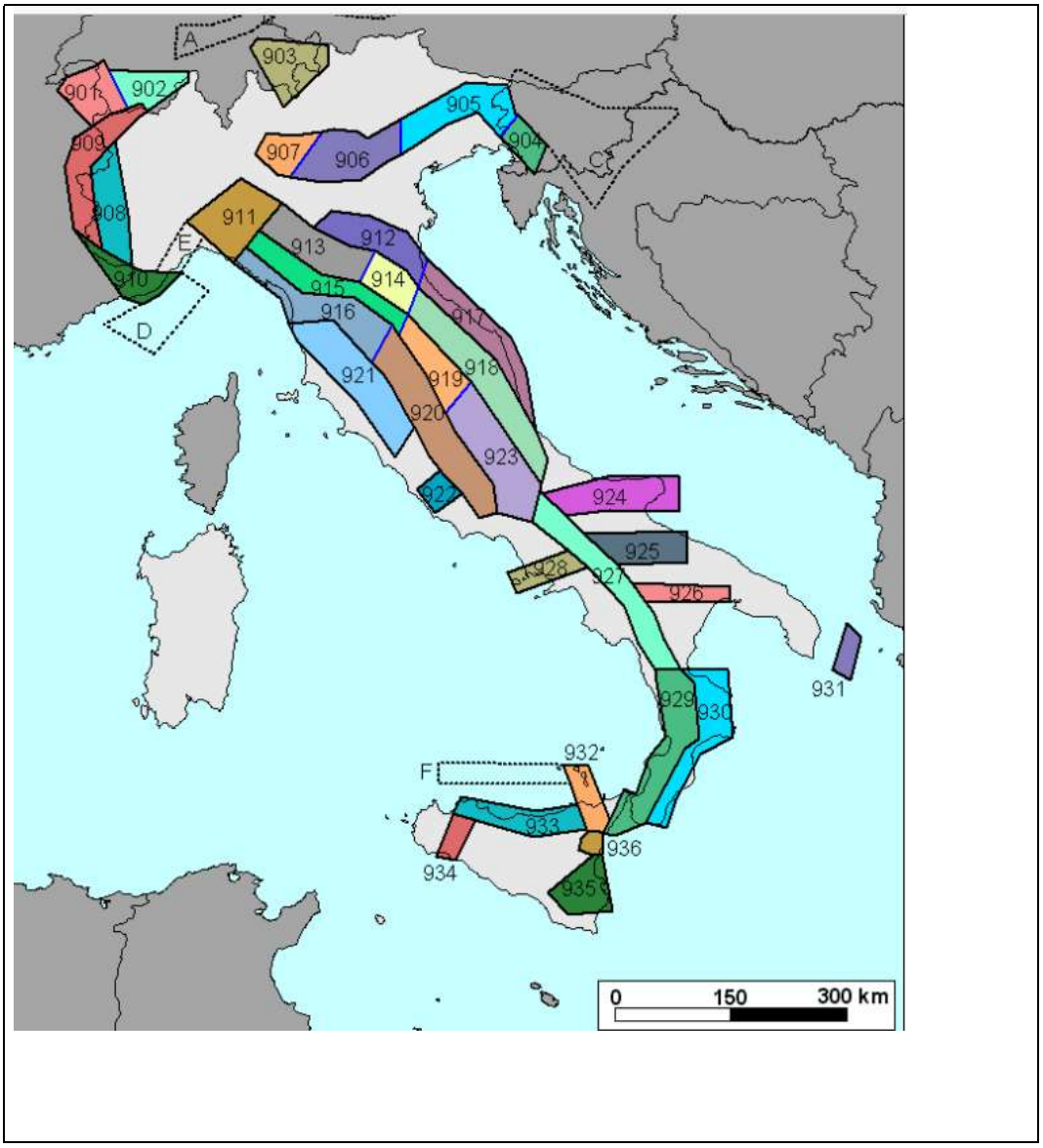
Mappa delle indagini geognostiche



Con la linea rossa gli stendimenti sismici- per l'ubicazione delle tomografie si rimanda all'elaborato in allegato

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

Zona Sismogenetica

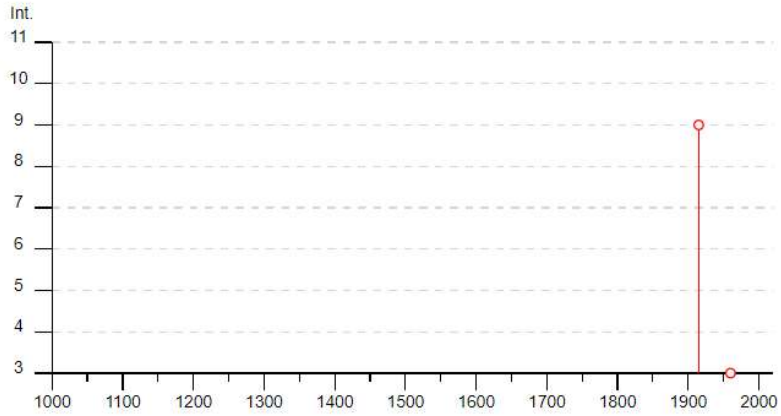


Zonazione sismogenetica ZS9 – Meletti et Alii 2004

Tabella dei terremoti storici

Canistro Superiore

PlaceID	IT_56009
Coordinates (lat, lon)	41.940, 13.400
Municipality (ISTAT 2015)	Canistro
Province	L'Aquila
Region	Abruzzo
No. of reported earthquakes	2



Customize the diagram

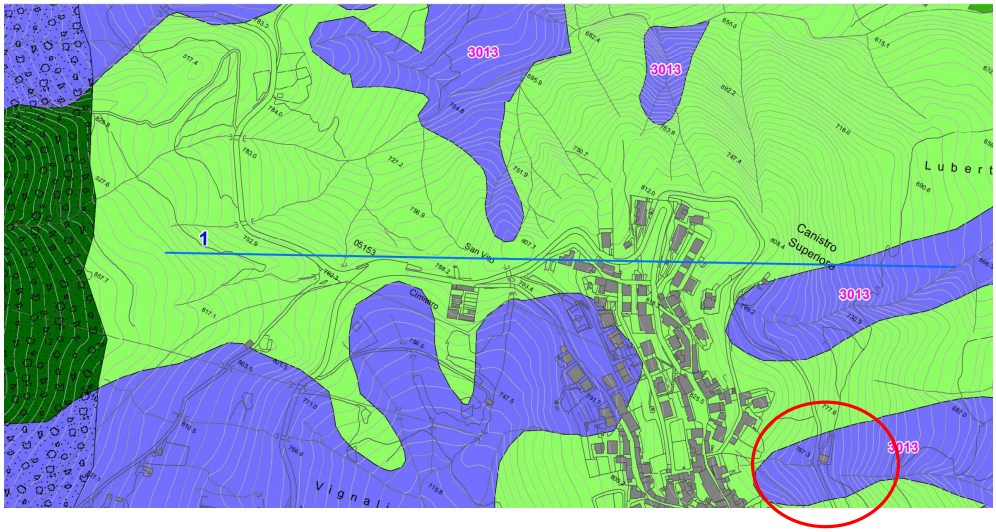
Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
9	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08
3	1960	03	14	04	44		Marsica	40	7	4.72

Localizzazione di faglie attive e capaci



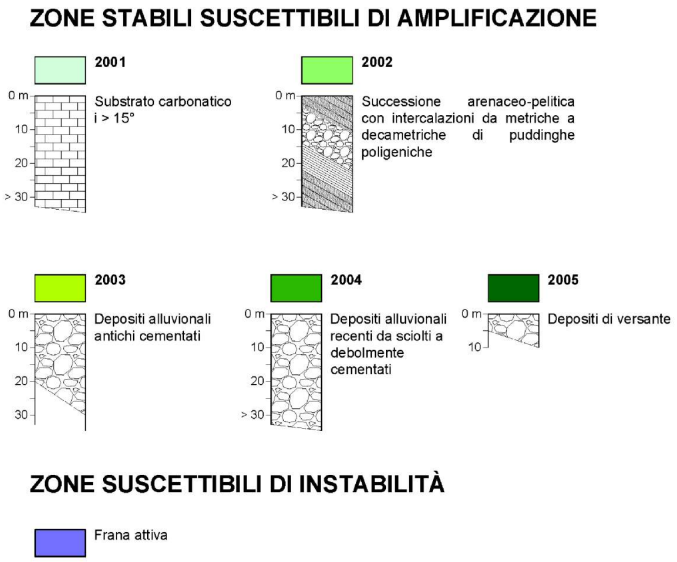
ITHACA - CATALOGO DELLE FAGLIE CAPACI- ISPRA-Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia

Stralcio carte Microzonazione sismica e relativa legenda



Stralcio Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva sismica. *Da Regione Abruzzo.*
http://protezionecivile.regione.abruzzo.it/index.php/microzonazione

Legenda Carta Mops.



Risultati geo-sismici relativi alle indagini geognostiche in sito di tipo geofisico

Definizione del modello sismico da masw, hvsr e rifrazioni

Definizione del modello sismico

Teoria e risultati delle indagini geofisiche Masw

Introduzione

L'esplorazione con la tecnica sismica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) rappresenta un'indagine sismica fondata sull'analisi delle onde di superficie acquisite nel sito d'interesse attraverso una stesa simica. Per stesa sismica s'intende l'allineamento di n geofoni collegati ad un sismografo tramite un cavo sismico e i relativi scoppi finalizzati alla generazione di onde sismiche rilevate dai geofoni. Per quanto riguarda l'ubicazione della stesa sismica, che ha interessato il sito di cui al titolo del presente documento, si rimanda al relativo "Piano delle indagini in sito". Lo scopo dell'indagine è l'individuazione del profilo delle velocita Vs nel sottosuolo di fondazione per la definizione dell'azione sismica di progetto, ai sensi del D.M. 17/01/2018 cap 3.2.1 ossia la ricostruzione ipotetica dell'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Metodologia e fasi d'indagine

Dalle registrazioni delle onde Vs è possibile distinguere ed evidenziare, all'interno del sismogramma di registrazione, le onde di Rayleigh, le quali sono caratterizzate da un'elevata ampiezza del segnale (circa 60% dell'energia prodotta dalla sorgente di energia si distribuisce in onde di superficie). Le fasi dell'indagine vengono sintetizzate come segue:

1-Si generano onde di Superficie (Rayleigh). Le onde di Rayleigh si producono alla superficie libera di un mezzo dalla combinazione delle onde longitudinali e trasversali).

2-Dalle registrazioni sismiche di tali onde si calcola la relazione frequenza-velocità di fase (curva di dispersione).

3- Invertendo la curva di dispersione si calcola la velocità delle onde S in funzione della profondità.

4-Dallo studio della dispersione delle onde superficiali si determina la velocità delle onde di taglio (Vs) e le variazioni di tale profondità con la profondità.

Strumenti e modalità di acquisizione

La strumentazione utilizzata nell'ambito di tale analisi è composta da un'unità di energizzazione (martello), un'unità di registrazione (Trigger, geofoni e sismografo) e un sistema di elaborazione dati (software specifici).

-Sismografo: per l'acquisizione in campagna dei dati della prova MASW è stato utilizzato un sismografo della PASI srl; l'acquisizione finale è a 24 canali.

-Sistema energizzante: come sorgente energizzante nell'acquisizione MASW è stata utilizzata un martello del peso di 8,5 Kg, battente su una piastra metallica.

-Trigger: nell'acquisizione MASW il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un geofono starter nell'istante in cui il sistema energizzante colpisce la base di battuta determinando l'inizio della registrazione.

-Sistema di ricezione: per la ricezione delle onde superficiali, durante la prospezione sismica, sono stati utilizzati dei geofoni verticali. Lo stendimento sismico è stato disposto sul terreno come array lineare di 24 geofoni con distanza intergeofonica scelta sul sito in funzione degli spazi disponibili

Inoltre nell'acquisizione la piastra di battuta per l'energizzazione viene posta a tre diverse distanze (offset) dal primo geofono e in funzione della distanza intergeofonica (per il valore di tale distanza si veda le immagini seguenti allegate).

Conclusioni e precisazioni sull'indagine MASW

La stima finale dell'andamento delle velocità delle onde S nel sottosuolo, ottenuta con la metodologia MASW, è funzione del modello geologico-tecnico fornito dal tecnico incaricato (ai sensi del 7.11.2 del D.M. 17/01/2018), dalla quota del piano campagna sul quale è stata realizzata la stesa masw rispetto alla quota del futuro piano di fondazione ed anche in funzione del tipo di fondazione definitiva verrà adottata. Per la corretta definizione della stima dell'azione sismica di progetto, si rimanda ai criteri previsti dal capitolo 3.2.2 del D.M. 17/01/2018, tenendo in considerazione che la prova geofisica di tipo MASW consente di stimare la velocità delle onde di taglio in maniera indiretta. Il dato finale, fornito in allegato (vedi indice), mostra il profilo di velocità delle onde S che l'indagine ha permesso di ricostruire.

Hvsr

Introduzione all'indagine HVSR

L'indagine geofisica utilizzata è basata sulla tecnica di Nakamura (1998) e si avvale delle misure del rapporto spettrale H/V, al fine di identificare in maniera approssimativa-speditiva, le frequenze di risonanza del sottosuolo. La tecnica sismica passiva a stazione singola si è imposta negli anni recenti come uno dei metodi più semplici per ottenere indicazioni circa la possibilità che in un sito esista amplificazione per motivi stratigrafici e, in caso positivo, a quali frequenze. Questa prova permette di evidenziare la presenza di amplificazione per risonanze e/o inversioni di velocità significative ai fini della risposta locale, elementi di cui tener conto nella successiva modellazione sismica di sito. I rapporti spettrali H/V, forniscono di norma un'informazione sintetica, la frequenza naturale del sottosuolo, rappresentativa ma non esaustiva del modello di analisi di risposta sismica locale, peraltro in campo lineare (tratto da: D. Albarello, S. Castellaro (rivista: Ingegneria Sismica - Anno XXVIII - n. 2 – 2011). Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento che impatta sulle catene montuose, ecc.), dall'attività antropica, oltre che dall'attività dinamica terrestre (sismi). Conosciuto in letteratura con il termine di "microtremore" poiché riguarda oscillazioni del terreno molto piccole, di gran lunga inferiori a quelle indotte dai forti terremoti nel campo prossimo all'epicentro. A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie, pompe sommerse nei pozzi, ecc.) e naturali (tratto da Murlargia, Castellaro, Rossi, 2009 "effetto di sito e Vs30: una risposta alla normativa antisismica").

Strumentazione e indagine

Lo strumento utilizzato per la misura del rumore sismico ambientale del sottosuolo e delle strutture è un tromometro digitale della ditta Sara elettronic instruments S.r.L., modello "Geobox", rappresentato fotograficamente in figura di seguito. Lo strumento dispone di tre canali di acquisizione connessi a tre velocimetri elettrodinamici ad alta risoluzione, disposti secondo le tre direzioni ortogonali del moto; ovvero registra contemporaneamente la componente verticale e due componenti orizzontali tra loro ortogonali, del moto. Durante le misure sul terreno si accoppia lo strumento generalmente orientato con la freccia Y stampata su di esso posizionata verso il nord magnetico; oppure con il lato lungo dello strumento parallelo a rilievi e forme topografiche significative (scarpate di qualsiasi origine, creste, ecc.). Nello specifico, durante la fase operativa dell'indagine in esame, successivamente al posizionamento in bolla dello strumento sul terreno, orientato con il lato lungo (asseY) verso il nord magnetico (misurato con una bussola) è stato misurato il rumore ambientale con l'utilizzo di tre geofoni interni, posizionati rispettivamente paralleli alle tre componenti (verticale, N-S, E-W) per un intervallo di tempo dell'ordine delle decine di minuti. Infine dati misurati sono stati registrati su un file con estensione .SAF e successivamente sono stati elaborati con il software universitario GEOPSY (Software derivato dal progetto Europeo SESAME 2005), per ottenere spettri di velocità in funzione della frequenza.



Figura: Tromometro digitale della ditta Sara electronics instruments – immagine non riferita al sito in analisi

Caratteristiche tecniche generali dello strumento SR04S3 GeoBox

Di seguito viene mostrato un elenco delle caratteristiche dello strumento utilizzato:

-Alimentazione: 10-16Vdc o da batteria interna < 1W

-Numero canali: 3 a 24 bit (SD)

-Range dinamico: 124dB (144dB, 24 bit effettivi [enob], fra 0.1 e 10Hz)

-Campionamento: simultaneo sui tre canali

-Sampling rates: da 10-600 Hz

-Real Time Clock: +/-10ppm (-20/+50°C)

-Sincrononizzazione : GPS via PPS modulato

-Precisione rispetto a UTC: <50ms

-Interfaccia dati sismici: RS232, cavo USB in dotazione

-Formato dati: protocollo binario SADC20HS

-Velocità: 115200 baud

-Contenitore: Monoblocco in alluminio IP66

-Temperatura operativa: -30/+60°C

-Dimensioni e peso: 155x140x110 mm

-Peso: 3.1kg con sensori da 4.5Hz;

-Conformità: CE (EN55022, EN55011)

Ulteriori dettagli tecnici sono disponibili al sito del produttore, www.sara-pg.it

Conclusioni e precisazioni sulle Misure HVSR effettuate

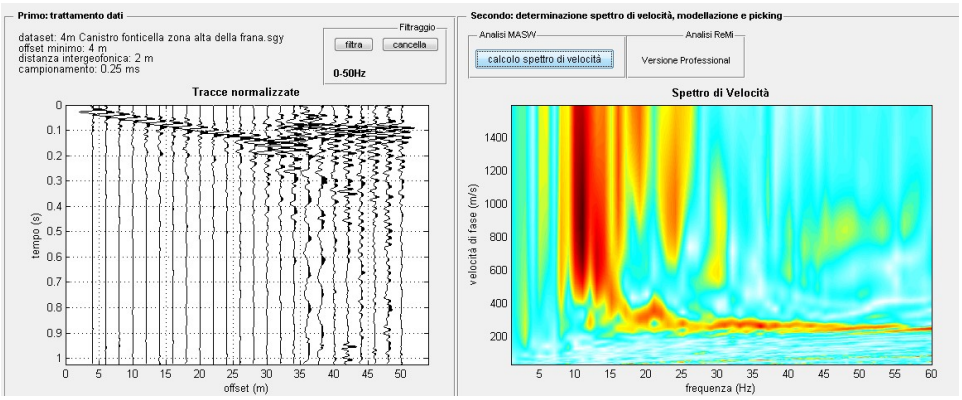
I risultati ottenuti con la metodologia HVSR sono funzione del contesto ambientale (modello geologico-tecnico e rumore sismico del sito al momento delle misure) in cui sono state eseguite le acquisizioni di rumore sismico; pertanto, per la corretta definizione e attendibilità dei risultati va tenuto sempre in considerazione il contesto ambientale in cui si è operato. La campagna d'indagine è stata generalmente caratterizzata, da elevato rumore antropico (vicinanza di strade trafficate e attività antropica), e durante l'acquisizione era presente del rumore ambientale. Filtrando il segnale, il numero delle finestre utilizzabili per la definizione dei picchi di frequenza è risultato appena sufficiente per una valutazione solo qualitativa dei picchi di frequenza relativi al sito indagato. Si precisa che la campagna di misure hvsr ha superato i criteri imposti dal rapporto SESAME – (Analisi criteri SESAME della curva e dei picchi per qualsiasi frequenza) già in fase di acquisizione; l'analisi di tali criteri è stata operata con il software "GeoExplorer HVSR" della Sara srl; in pratica con tale software, una volta avviata la misura in sito, si aspetta un certo intervallo di tempo significativo, si selezionano le finestra di segnale volute e si osservano sia la curva H/V che gli spettri assoluti, mentre un cursore mobile permette la scansione delle frequenze, l'individuazione di quelle che soddisfano i criteri di "picco affidabile" e "curva soddisfacente", il tutto in accordo alle linee guida SESAME; pertanto questo metodo permette, già in sito, di effettuare il controllo dei risultati acquisiti in relazione ai criteri di accettabilità della misura imposti dal rapporto SESAME permettendo di fatto l'acquisizione soltanto di misure "sufficientemente valide". In allegato (vedi indice) si riportano i risultati della campagna geofisica. Per l'inquadramento e l'interpretazione geologico-tecnica dei risultati hvsr mostrati in allegato presente documento, nonché per il parere definitivo sulla effettiva "utilizzabilità tecnica" di tali risultati, si rimanda alle conclusioni del presente documento.

Risultati geo-sismici relativi alle indagini geofisiche masw in sito

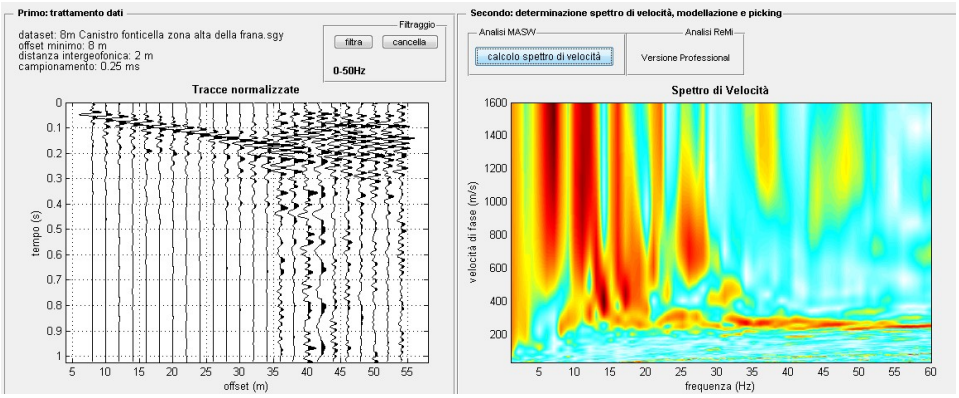
INDAGINE SISMICA DI TIPO MASW (M1; M2)
COMMITTENTE: COMUNE CANISTRO
LOCALITA' DI ACQUISIZIONE:CANISTRO ALTO- **M1: FONTICELLA ZONA FRANA (adiacente al tornante nei presi del fontanile)** **M2: FONTICELLA ZONA CHIESA**
PERIODO DI ACQUISIZIONE: FEBBRAIO 2022
UBICAZIONE FOTOGRAFICA STESA SISMICA M1: **foto destra: dal primo geofono. /foto sinistra: dall'ultimo geofono.**
 
UBICAZIONE FOTOGRAFICA STESA SISMICA M2: **foto destra: dal primo geofono. /foto sinistra: dall'ultimo geofono.**
 

SPETTRO DI VELOCITA' PER I VARI SCOPPI ESEGUITI M1

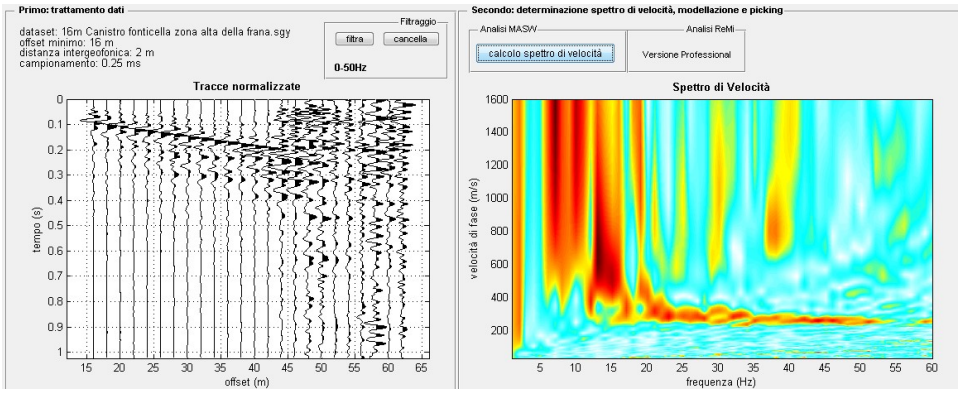
Prima battuta (4m):



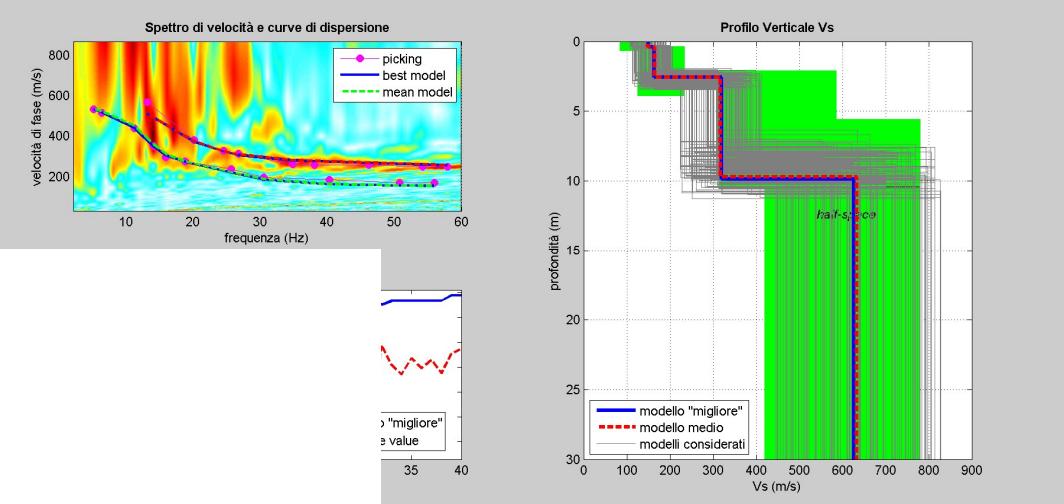
Seconda battuta (8m):



Terza battuta (16m):

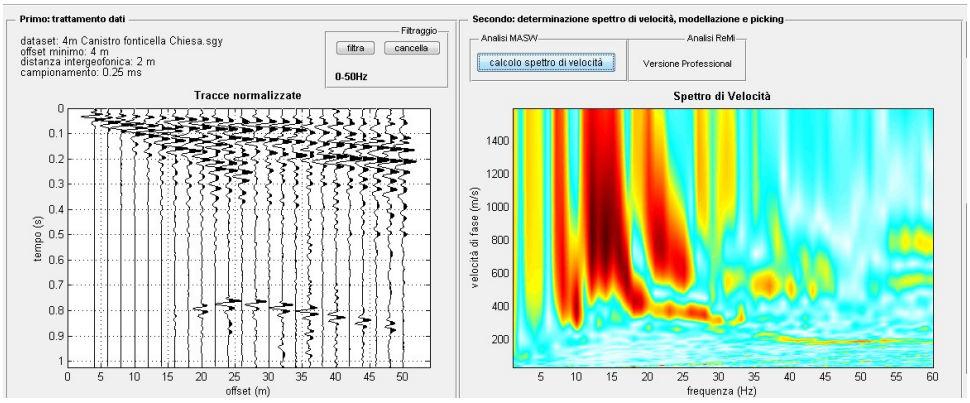


PICKING E PROFILO VS

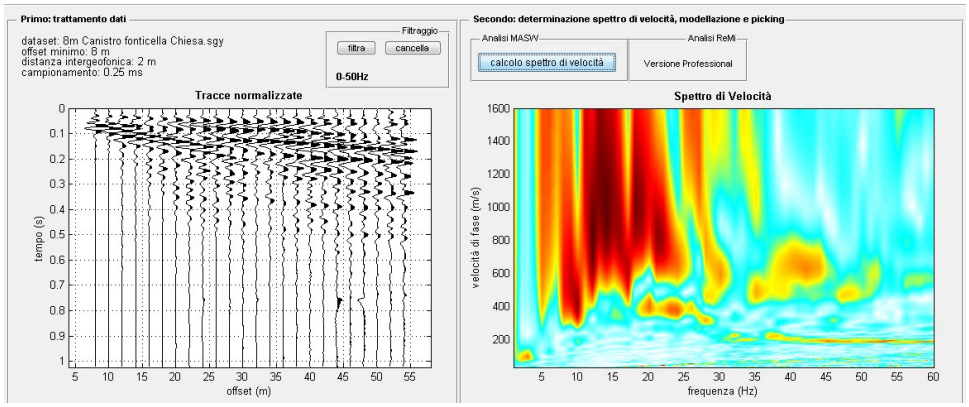


SPETTRO DI VELOCITA' PER I VARI SCOPPI ESEGUITI M2

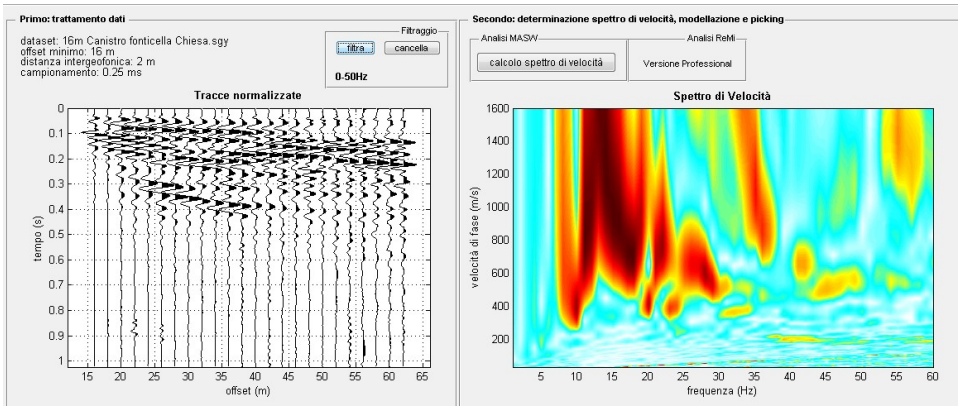
Prima battuta (4m):



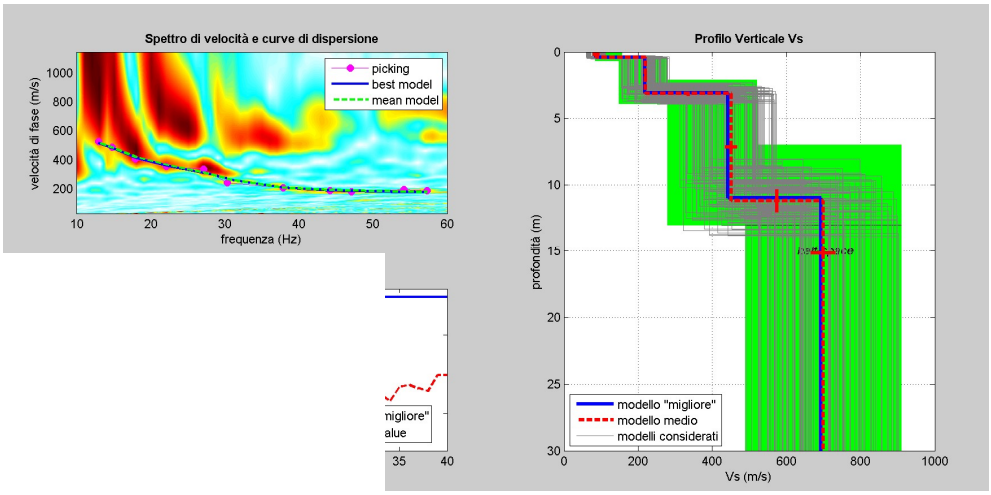
Seconda battuta (8m):



Terza battuta (16m):



PICKING E PROFILO VS



Modello Sismico (sismo-stratigrafico) locale ipotizzato

MASW M1

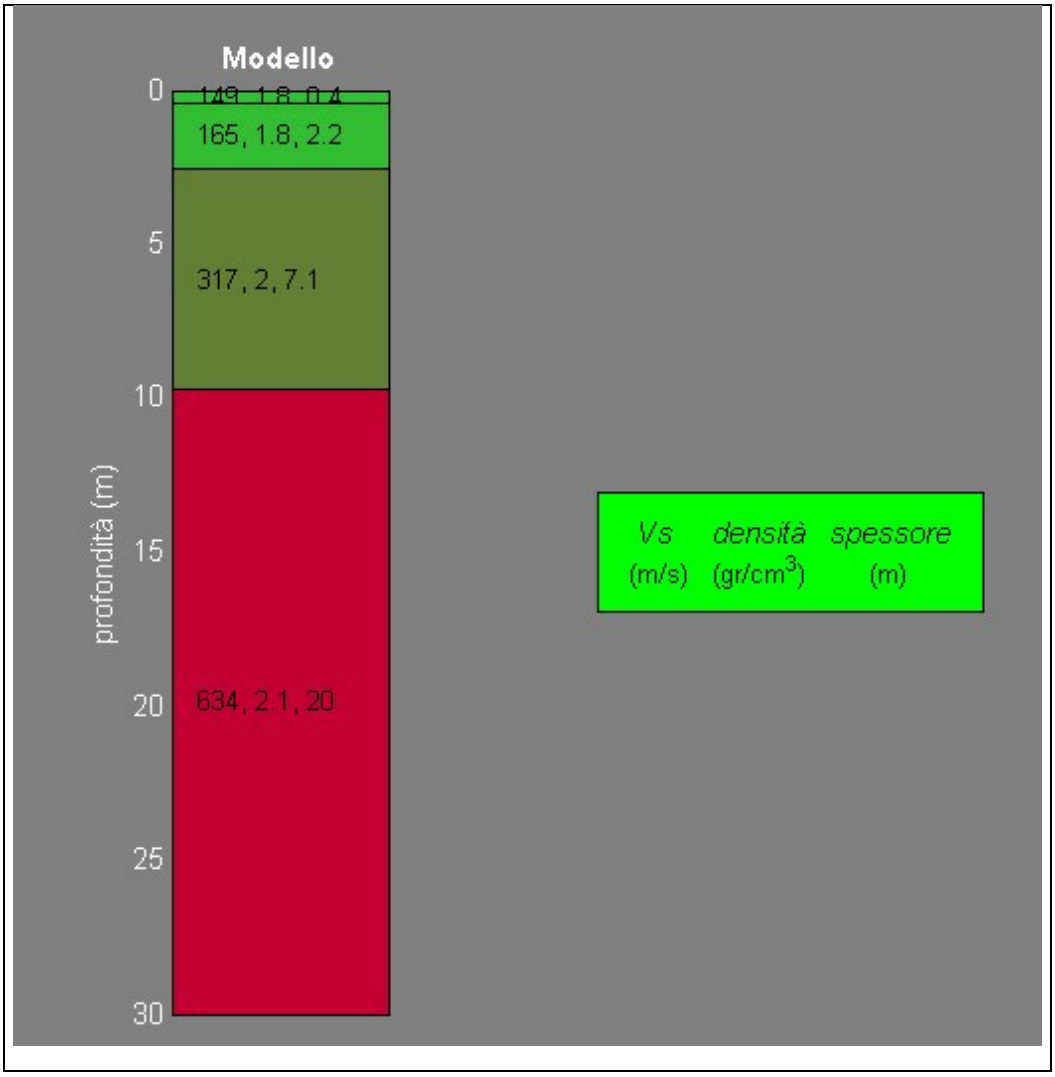


Figura: il primo numero si riferisce alla velocità Vs, il secondo alla densità stimata, il terzo allo spessore dello strato. In conclusione si può ipotizzare che il Modello delle Velocità VS è il seguente: Strato1 Vs= 149 m/s spessore 0,40 m; Strato2 Vs= 165 m/s spessore 2,20 m; Strato3 Vs= 317 m/s spessore 7,10 m; Strato4 Vs= 634 m/s spessore 20,00 m.

Riguardo la quota di realizzazione della stesa sismica MASW, si precisa che l'indagine è stata realizzata: adiacente al tornante nei presi del fontanile

Modello Sismico (sismo-stratigrafico) locale ipotizzato

MASW M2

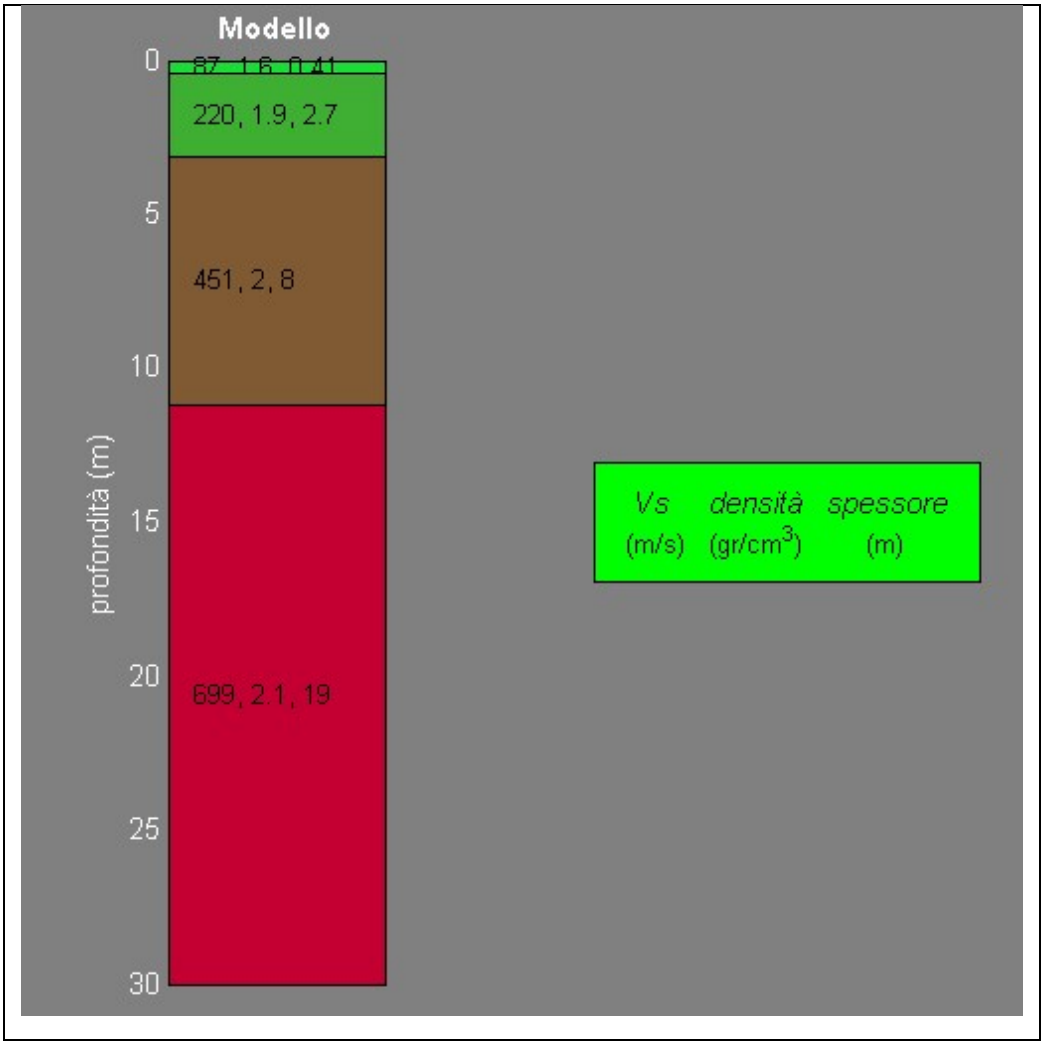


Figura: il primo numero si riferisce alla velocità Vs, il secondo alla densità stimata, il terzo allo spessore dello strato. In conclusione si può ipotizzare che il Modello delle Velocità VS è il seguente: Strato1 Vs= 87 m/s spessore 0,40 m; Strato2 Vs= 220 m/s spessore 2,70 m; Strato3 Vs= 451 m/s spessore 8,00 m; Strato4 Vs= 699 m/s spessore 19,00 m.

Riguardo la quota di realizzazione della stesa sismica MASW M2, si precisa che l'indagine è stata realizzata: nella zona della chiesa.

INDAGINE SISMICA DI TIPO HVSR (HVSR1-HVSR2)	
COMMITTENTE: COMUNE CANISTRO	
LOCALITA' DI ACQUISIZIONE:CANISTRO ALTO- **HVSR 1: FONTICELLA ZONA FRANA (adiacente al tornante nei presi del fontanile)** **HVSR 2: FONTICELLA ZONA CHIESA**	
PERIODO DI ACQUISIZIONE: FEBBRAIO 2022	
UBICAZIONE DELLA STAZIONE:	
HVSR 1 	**HVSR2** 

Stazione Hvsr 1

Parametri di acquisizione:

Strumento: SR04S3 GeoBox
Global time: 40m
Time window: 0-100 sec
Number of windows:6
Smoothing type: Konno & Ohmachi
Smoothing constant: 20,00
Frequence sampling: 0,1Hz-20Hz
Step: log
Number of samples: 300

Registrazione dei segnali sismici sui singoli canali e finestre individuate

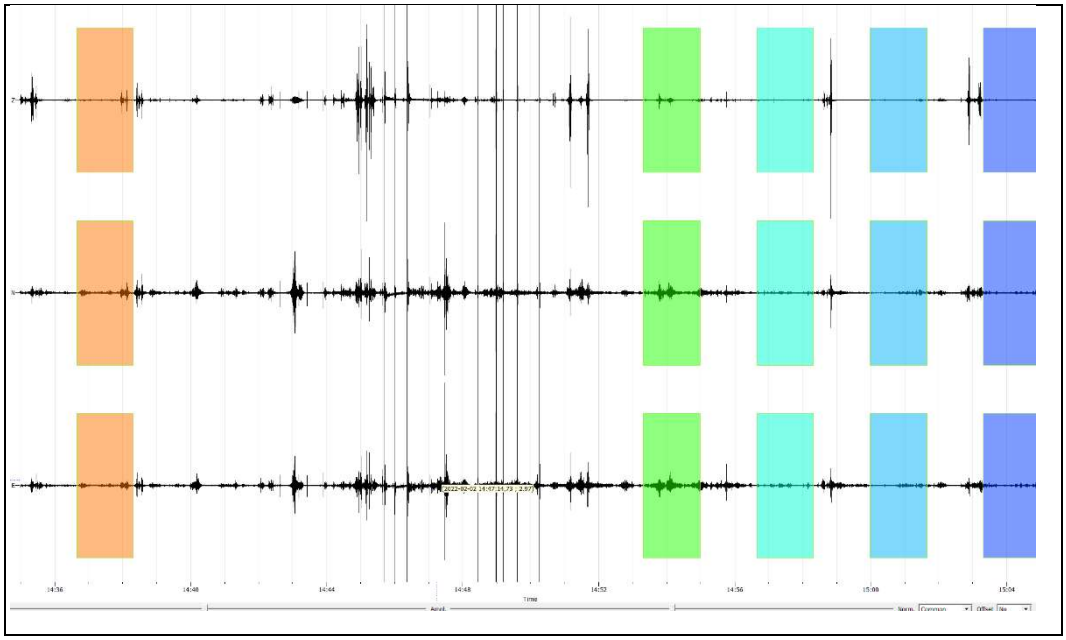


Figura: Segnali sismici registrati, Verticale (in alto), Nord-Sud (al centro), Est –Ovest (in basso) e finestre di rumore ambientale selezionate non interessate dai transienti (prevalentemente antropici).

Rapporto spettrale Orizzontale su Verticale (H/V):

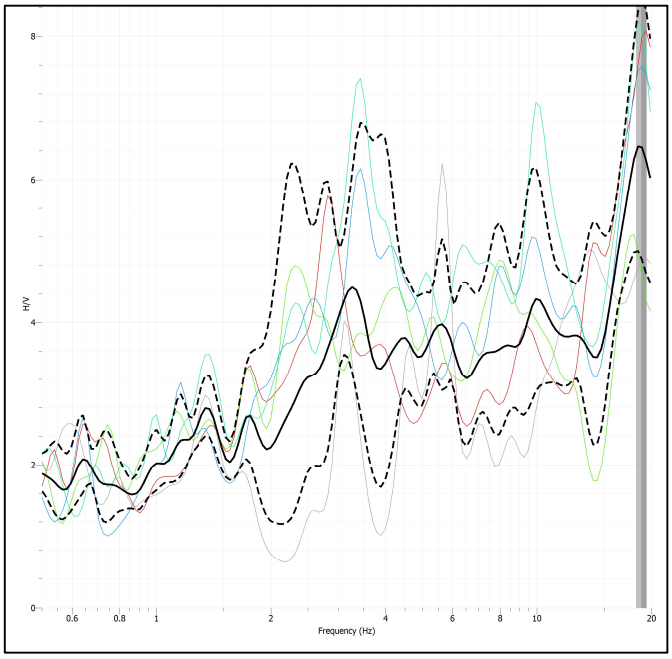
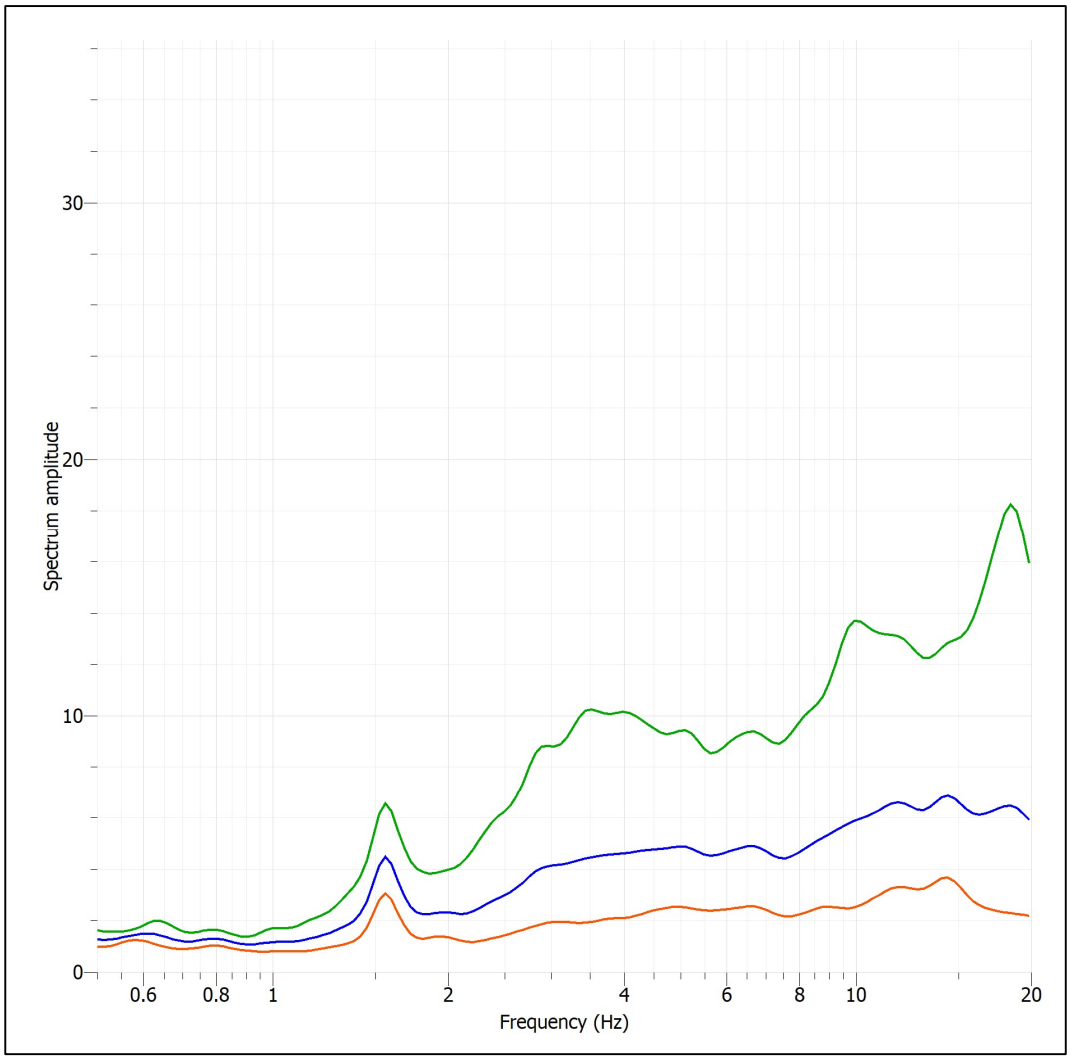


Figura: In grigio il picco H/V e la deviazione standard; in tratteggio la deviazione standard dell'insieme dei rapporti H/V calcolati per ciascuna finestra; le curve colorate corrispondono ai rapporti H/V calcolati per ciascuna finestra scelta nella serie temporale.

Spettri delle singole componenti: Z, N-S, E-W:


30
20
10
0
Spectrum amplitude
0.6
0.8
1
2
4
6
8
10
20
Frequency (Hz)

Analisi della Direttività del segnale (H/V Rotate Resalts:

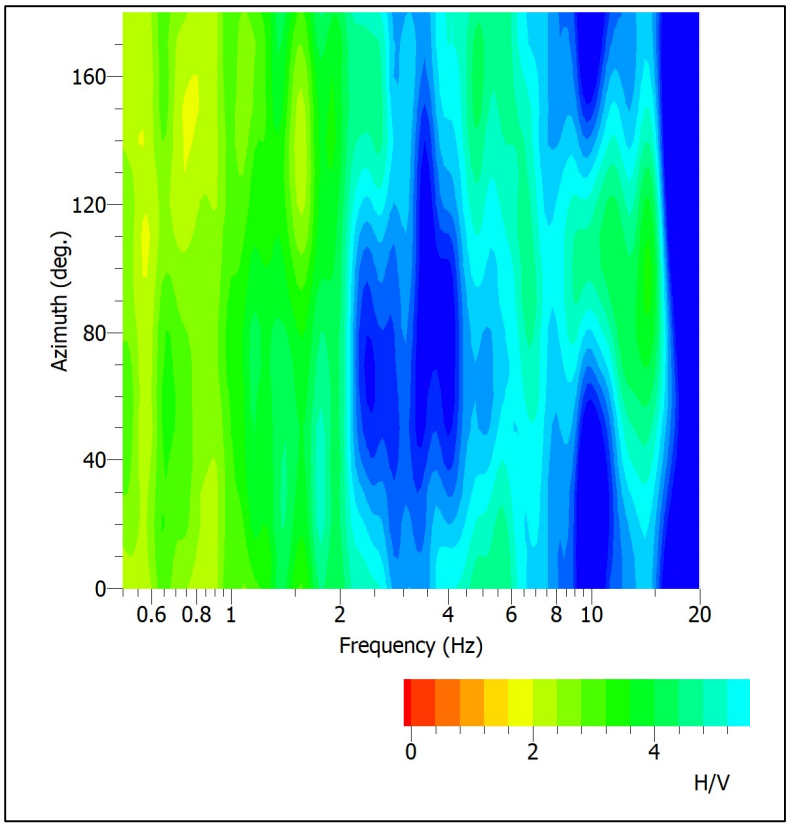


Figura: Questo strumento viene utilizzato per ottenere l'H/V nel piano orizzontale, cioè in funzione dell'azimut, da qualsiasi tipo di segnale di vibrazione 3D (vibrazioni ambientali, terremoto…). Una serie di H/V viene calcolata da 0 ° a 180 ° ogni 10 ° e viene presentata in un grafico frequenza-azimut. Questo grafico può essere utilizzato per analizzare H / V sul piano orizzontale. I risultati sono visualizzati tra 0 ° e 180 °, il 180-360 ° è una simmetria dello 0-180 °. La direzione 0 ° indica la direzione Nord. La direzione di 90 ° indica la direzione est Convenzionalmente, il nord ha azimut pari a 0°, l'est azimut pari a 90°, il sud a 180° e l'ovest a 270°. In genere è la distanza angolare compresa tra la direzione del Nord e la direzione in cui cade la perpendicolare.

Risultato:

HVSR 1	**f_0 in Hz:** **F1=18.7 (18.1-19.4)** **F0= 10+/+0.10**	**Ampiezza, A_0 medio:** **A1=6.4(4.9-8.4)** **A0= 4.1(3.05 - 6.0)**	**Eventuali note:** **///**

Stazione Hvsr 2

Parametri di acquisizione:

Strumento: SR04S3 GeoBox
Global time: 40m
Time window: 0-100 sec
Number of windows:8
Smoothing type: Konno & Ohmachi
Smoothing constant: 20,00
Frequence sampling: 0,1Hz-20Hz
Step: log
Number of samples: 300

Registrazione dei segnali sismici sui singoli canali e finestre individuate

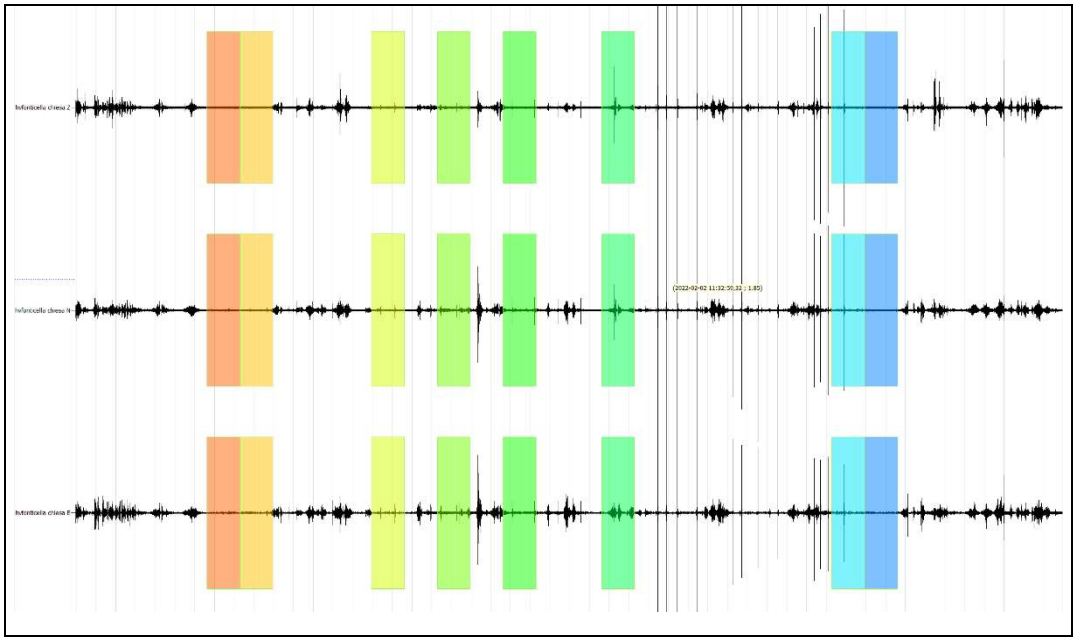


Figura: Segnali sismici registrati, Verticale (in alto), Nord-Sud (al centro), Est –Ovest (in basso) e finestre di rumore ambientale selezionate non interessate dai transienti (prevalentemente antropici).

Rapporto spettrale Orizzontale su Verticale (H/V):

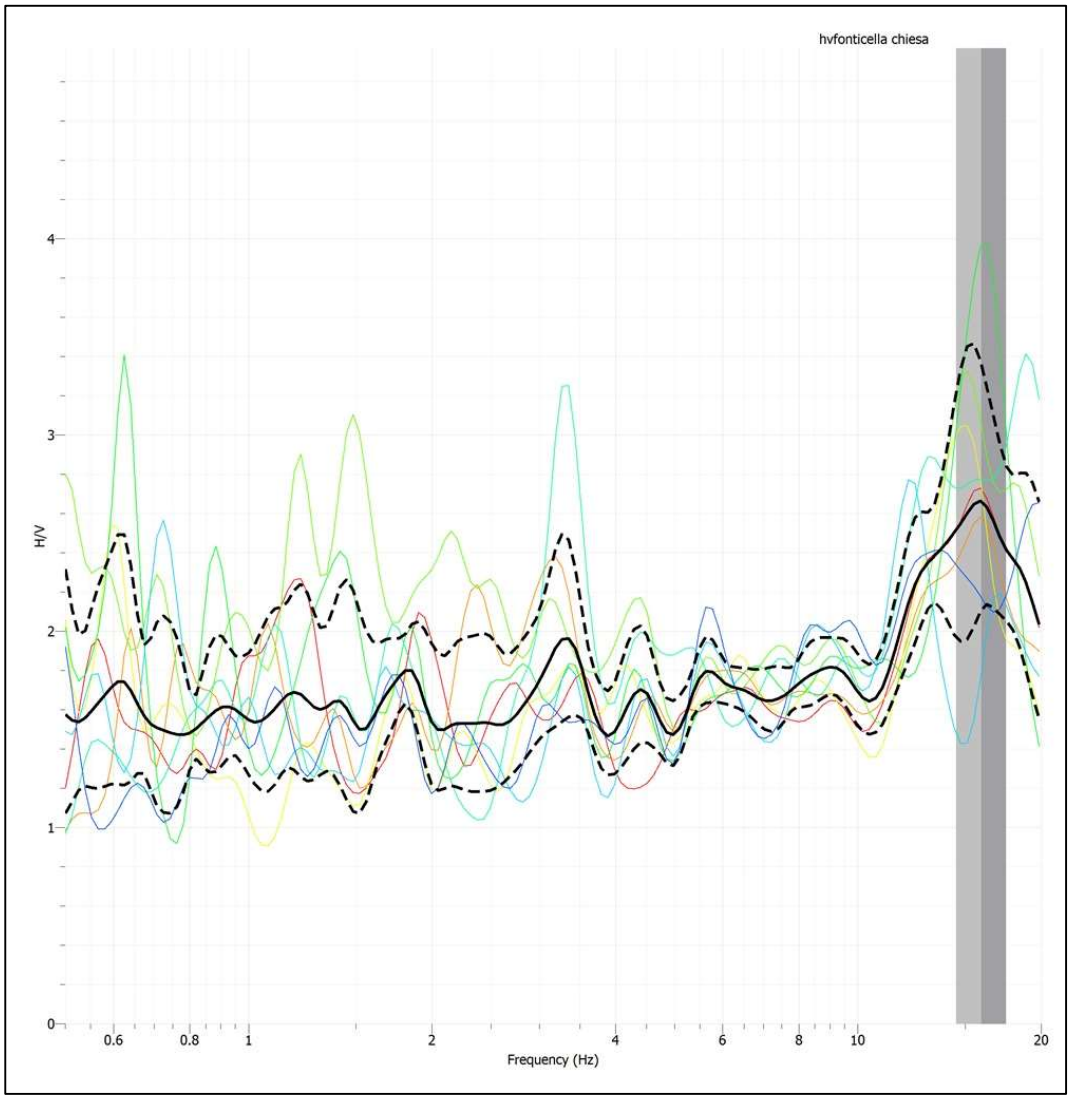
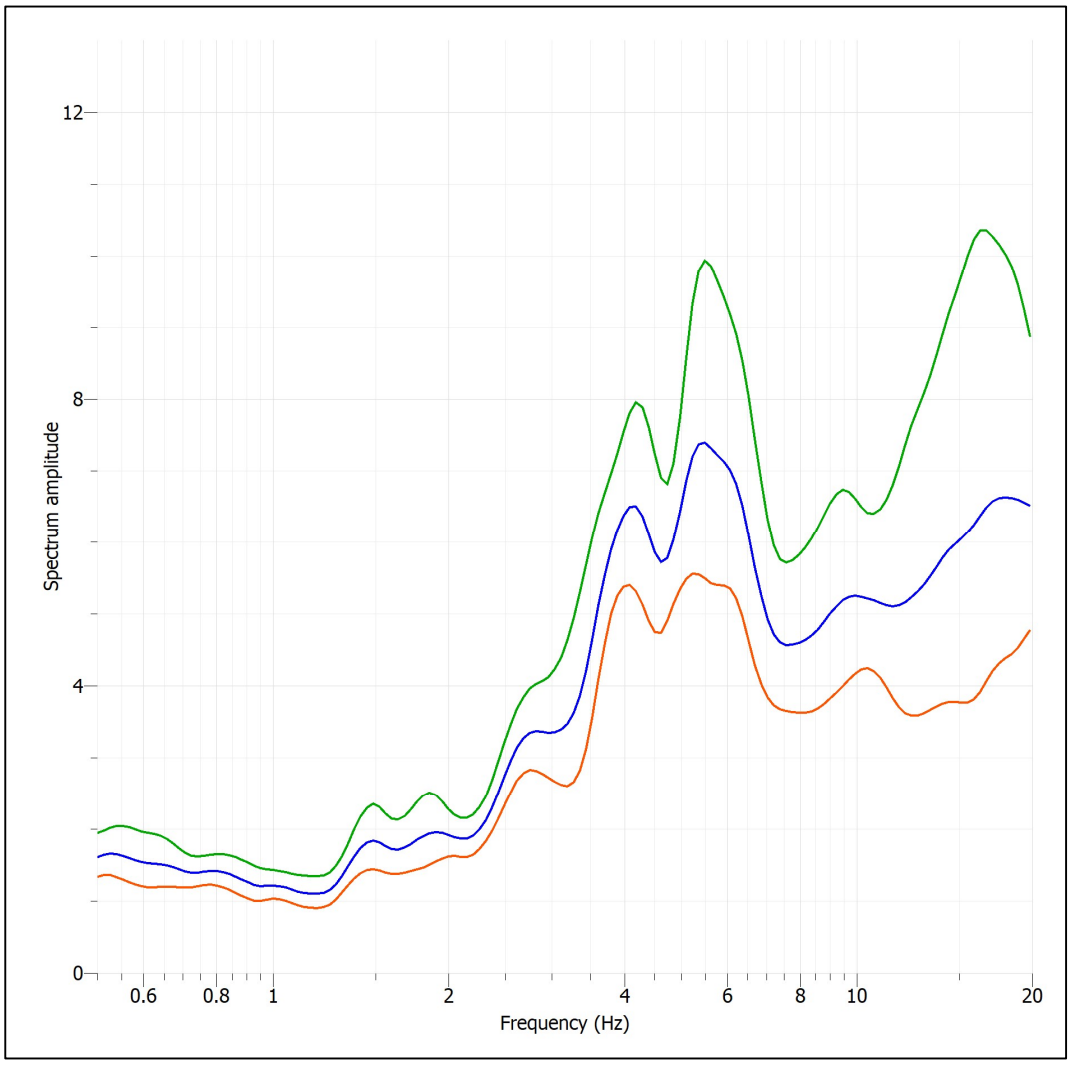


Figura: In grigio il picco H/V e la deviazione standard; in tratteggio la deviazione standard dell'insieme dei rapporti H/V calcolati per ciascuna finestra; le curve colorate corrispondono ai rapporti H/V calcolati per ciascuna finestra scelta nella serie temporale.

Spettri delle singole componenti: Z, N-S, E-W:



Analisi della Direttività del segnale (H/V Rotate Resalts:

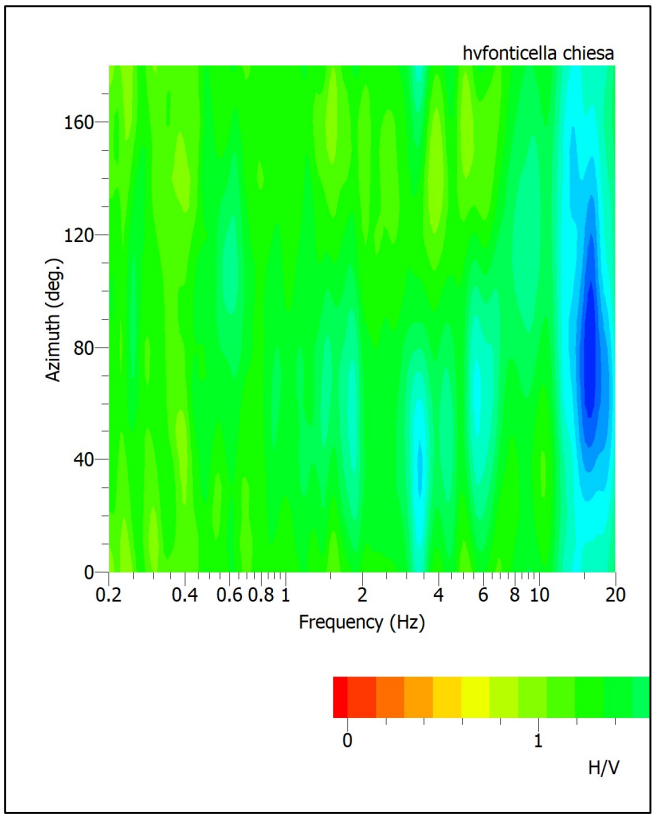


Figura: Questo strumento viene utilizzato per ottenere l'H/V nel piano orizzontale, cioè in funzione dell'azimut, da qualsiasi tipo di segnale di vibrazione 3D (vibrazioni ambientali, terremoto…). Una serie di H/V viene calcolata da 0 ° a 180 ° ogni 10 ° e viene presentata in un grafico frequenza-azimut. Questo grafico può essere utilizzato per analizzare H / V sul piano orizzontale. I risultati sono visualizzati tra 0 ° e 180 °, il 180-360 ° è una simmetria dello 0-180 °. La direzione 0 ° indica la direzione Nord. La direzione di 90 ° indica la direzione est Convenzionalmente, il nord ha azimut pari a 0°, l'est azimut pari a 90°, il sud a 180° e l'ovest a 270°. In genere è la distanza angolare compresa tra la direzione del Nord e la direzione in cui cade la perpendicolare.

Risultato:

HVSR 2	**f0 in Hz:** **F0=15.9 (14.4-17.5)**	**Ampiezza, A0 medio:** **A0= 2.6 (2.1-3.3)**	**Eventuali note:** **///**

GECO SRL

	Data: Febbraio 2021
	Il committente: **Comune Canistro (AQ)**

Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione

Canistro alto località Fonticella

Teoria sulla indagine sismica a rifrazione

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza θi mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione θr. La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove v_1 e v_2 sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per $v_1 > v_2$ si ha che $\theta_i > \theta_r$ e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per $v_1 < v_2$ si ha che $\theta_i < \theta_r$ ed esiste un angolo limite di incidenza per cui $\theta_r = 90°$ ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione

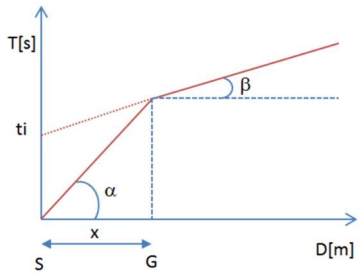
$$T = x_i / V_1$$

dove x_i è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

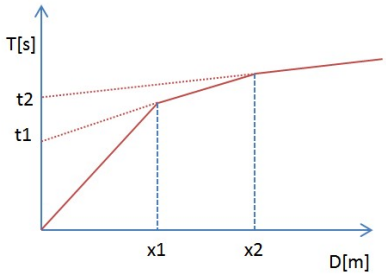
L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V1 del primo mezzo come

$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



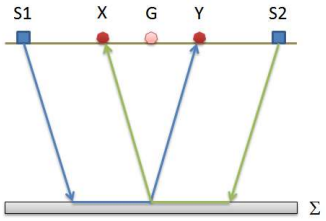
La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo t_i che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.
Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.



Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

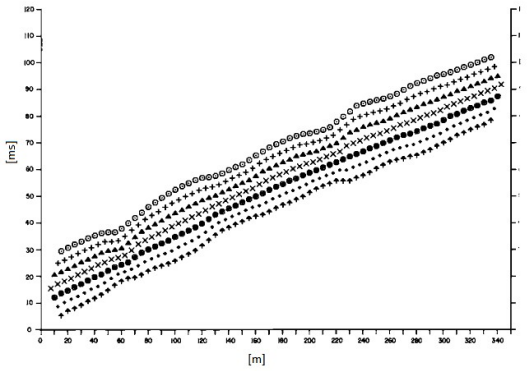
$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}}\left(t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \ldots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}}\right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.
Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare ***la funzione velocità*** secondo l'equazione

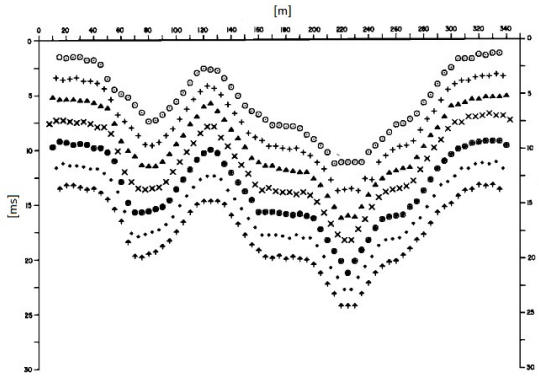
$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_s}}{2}$$



dove T_{S1Y} e T_{S2X} sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre T_{S1S2} è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. T_V è il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.
Il calcolo della funzione T_V viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.
Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left(T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.
Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifrattore è definita dall'inviluppo delle semicirconferenze di raggio h.
Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°

Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione
Committente: COMUNE DI CANISTRO
CANISTRO ALTO LOC FONTICELLA
Febbraio 2022
Zona della Chiesa

Dati generali

Descrizione	CANISTRO ALTO LOC FONTICELLA CHIESA
Committente	COMUNE DI CANISTRO
Data	03/02/2022
Latitudine	41.941121°[°]
Longitudine	13.401345°[°]

Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	-0.7
2	4.0	-1.0
3	8.0	-1.3
4	12.0	-1.6
5	16.0	-1.7
6	20.0	-1.7
7	24.0	-1.8
8	28.0	-1.9
9	32.0	-2.1
10	36.0	-2.3
11	40.0	-2.3
12	44.0	-2.1

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X -10 [m]

Posizione sorgente Z -1 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	18.5232
4.0	21.9534
8.0	22.6394
12.0	24.0115
16.0	22.6394
20.0	25.3836
24.0	27.1605
28.0	30.1859
32.0	35.6742
36.0	39.1044
40.0	42.5346
44.0	44.5928

Battuta 2

Posizione sorgente X -2 [m]

Posizione sorgente Z -1 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	18.3813
4.0	21.3992
8.0	26.0631

12.0	29.3553
16.0	31.0014
20.0	35.3909
24.0	35.9396
28.0	37.3114
32.0	38.6831
36.0	41.1523
40.0	41.9753
44.0	46.0905

Battuta 3

Posizione sorgente X 22 [m]
Posizione sorgente Z -2 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	27.9835
4.0	24.4170
8.0	21.3992
12.0	20.3018
16.0	18.3813
20.0	4.9383
24.0	1.3717
28.0	8.5048
32.0	18.9300
36.0	26.8861
40.0	32.0988
44.0	37.3114

Battuta 4

Posizione sorgente X 46 [m]
Posizione sorgente Z -2 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	33.7449
4.0	32.0988
8.0	30.1783
12.0	27.1605
16.0	27.4348
20.0	24.6914

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

24.0	25.7888
28.0	25.7888
32.0	21.6735
36.0	19.2044
40.0	17.5583
44.0	13.4431

Battuta 5

Posizione sorgente X 54 [m]

Posizione sorgente Z -1 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	33.6161
4.0	34.9882
8.0	36.3603
12.0	34.3021
16.0	33.6161
20.0	32.2440
24.0	28.1277
28.0	28.1277
32.0	28.8138
36.0	27.4417
40.0	24.0115
44.0	19.2092

Dromocrone

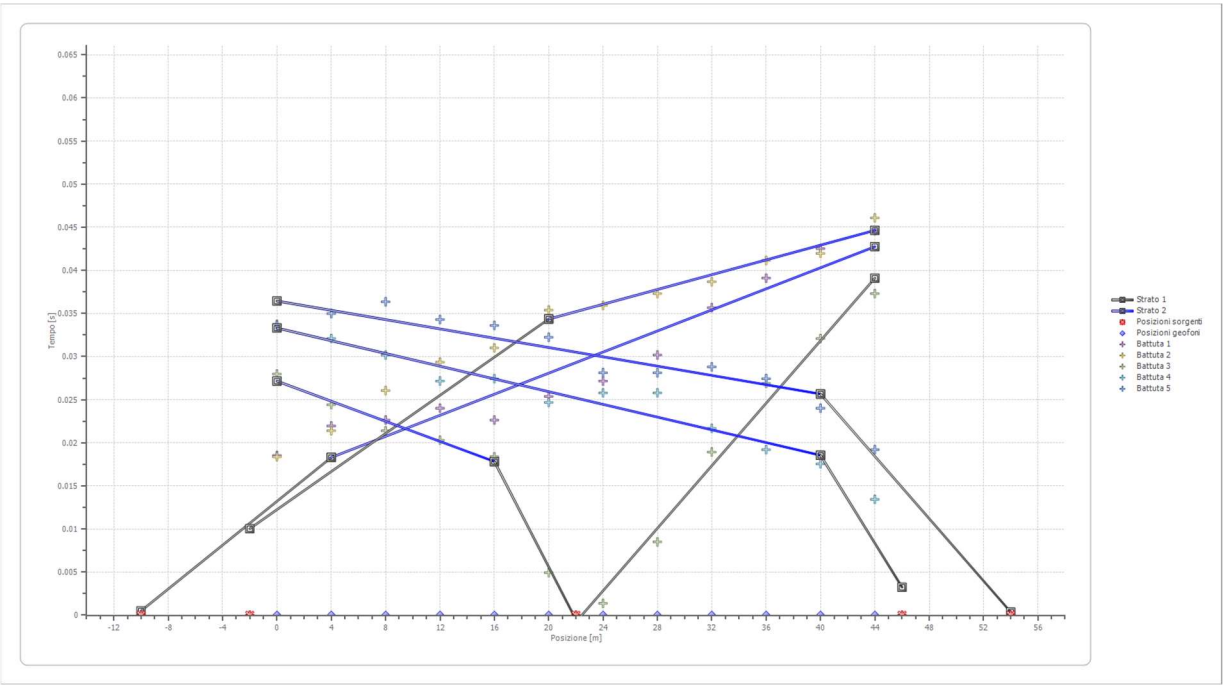
Geco srl

Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)

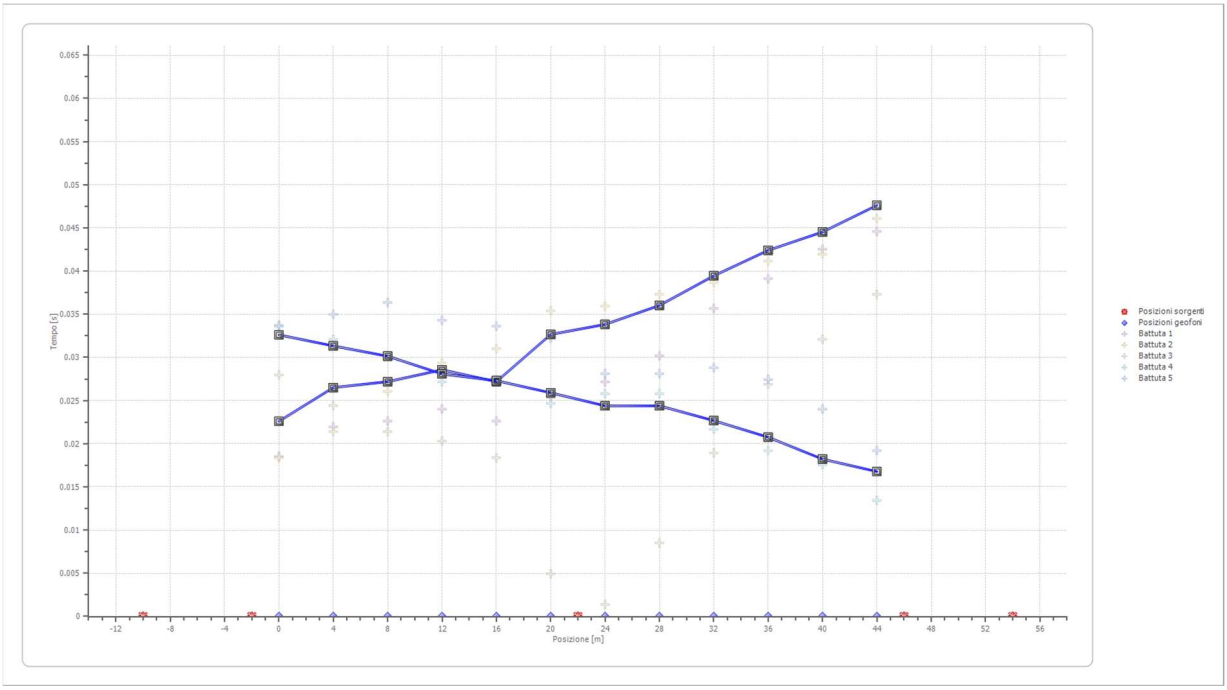
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434

P.I e C.F. 01964020661

e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*



Dromocrone traslate



Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

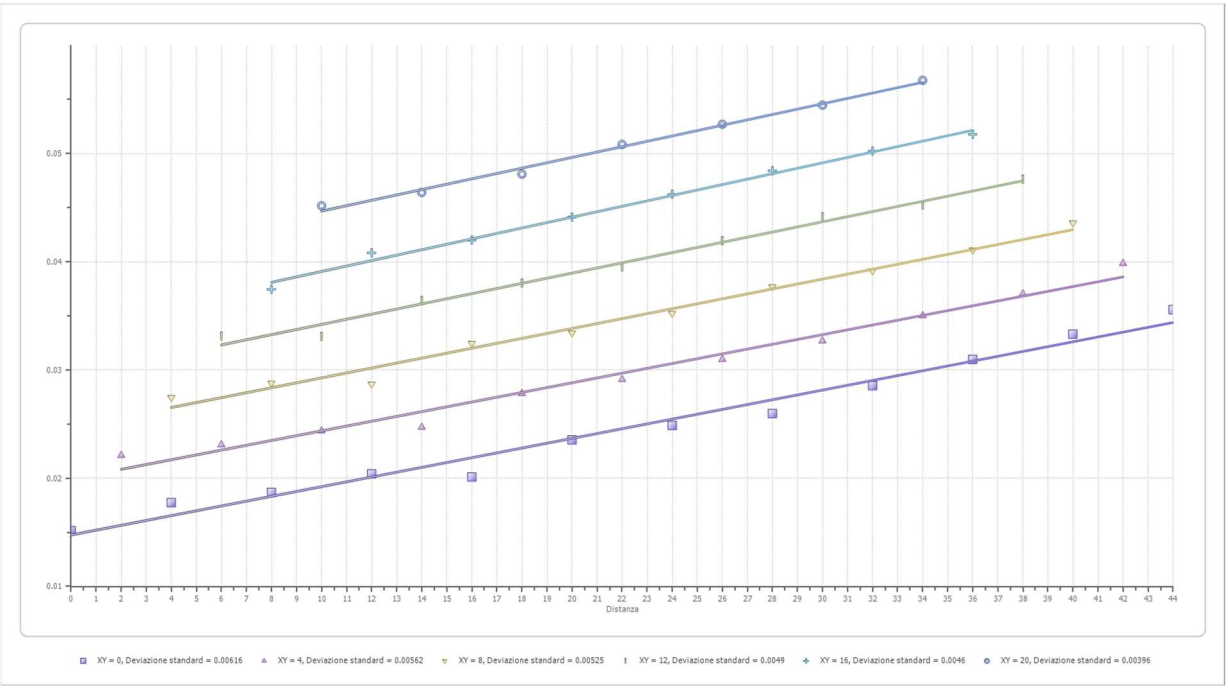
Interpretazione col metodo G,.R.M.

XY: 20

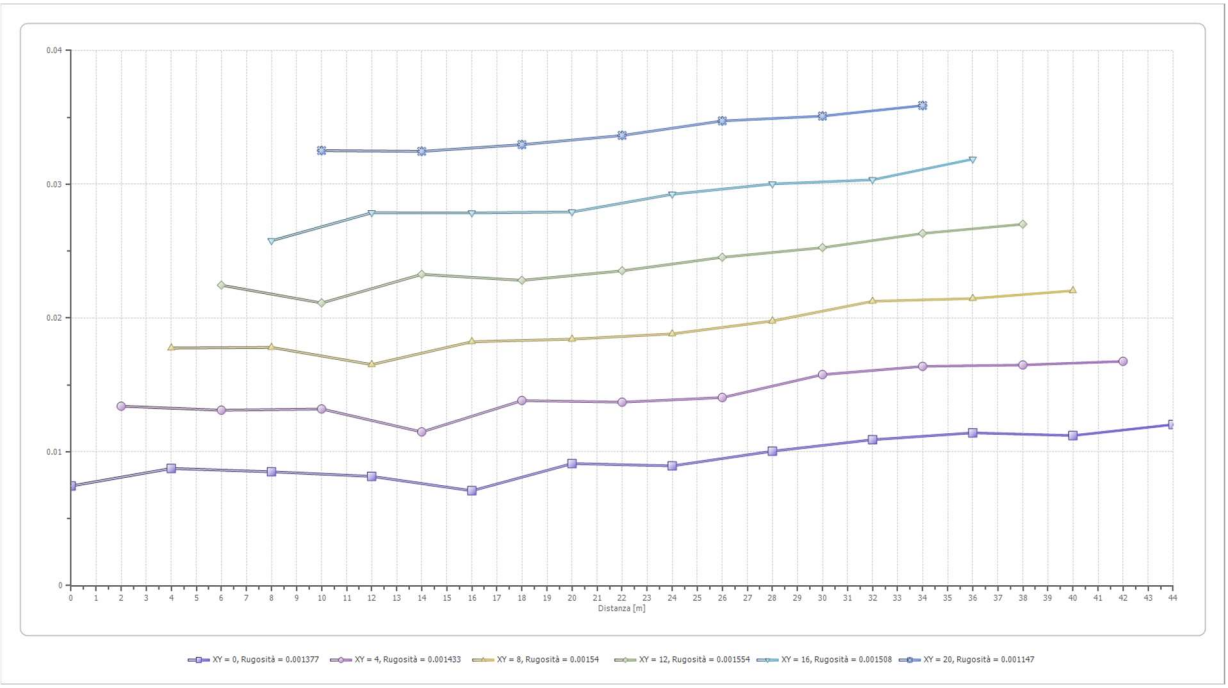
	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 10.0 [m]	4.2	--
G= 14.0 [m]	4.2	--
G= 18.0 [m]	4.4	--
G= 22.0 [m]	4.8	--
G= 26.0 [m]	5.4	--
G= 30.0 [m]	5.6	--
G= 34.0 [m]	6.1	--
Velocità [m/sec]	537.6	2018.0
Descrizione		

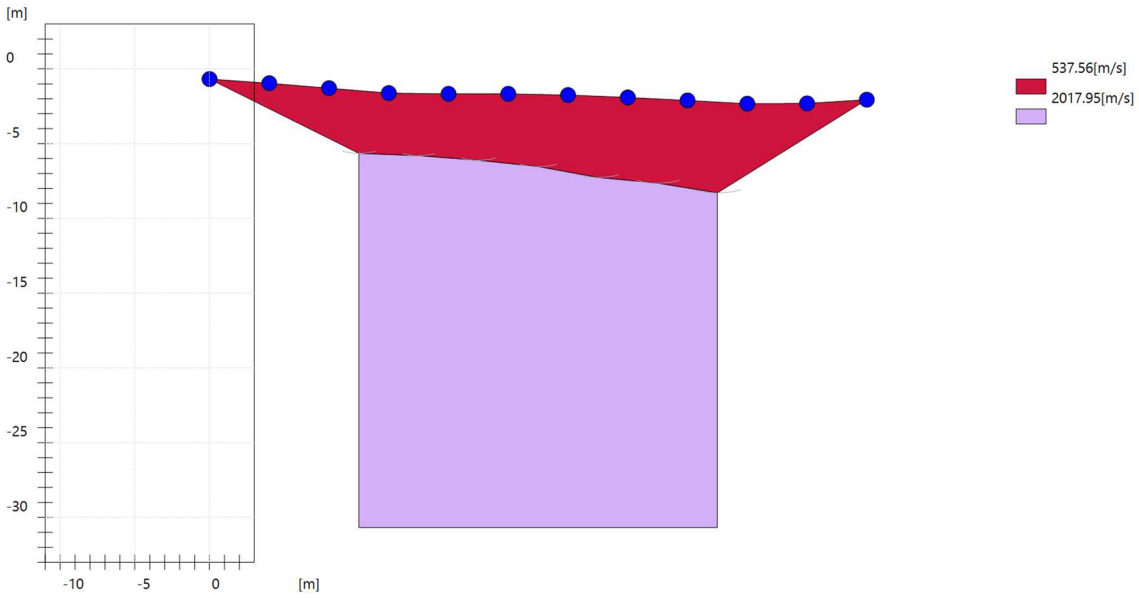
Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2
Vp [m/s]	537.56	2017.95
Vs [m/s]	258.23	969.39

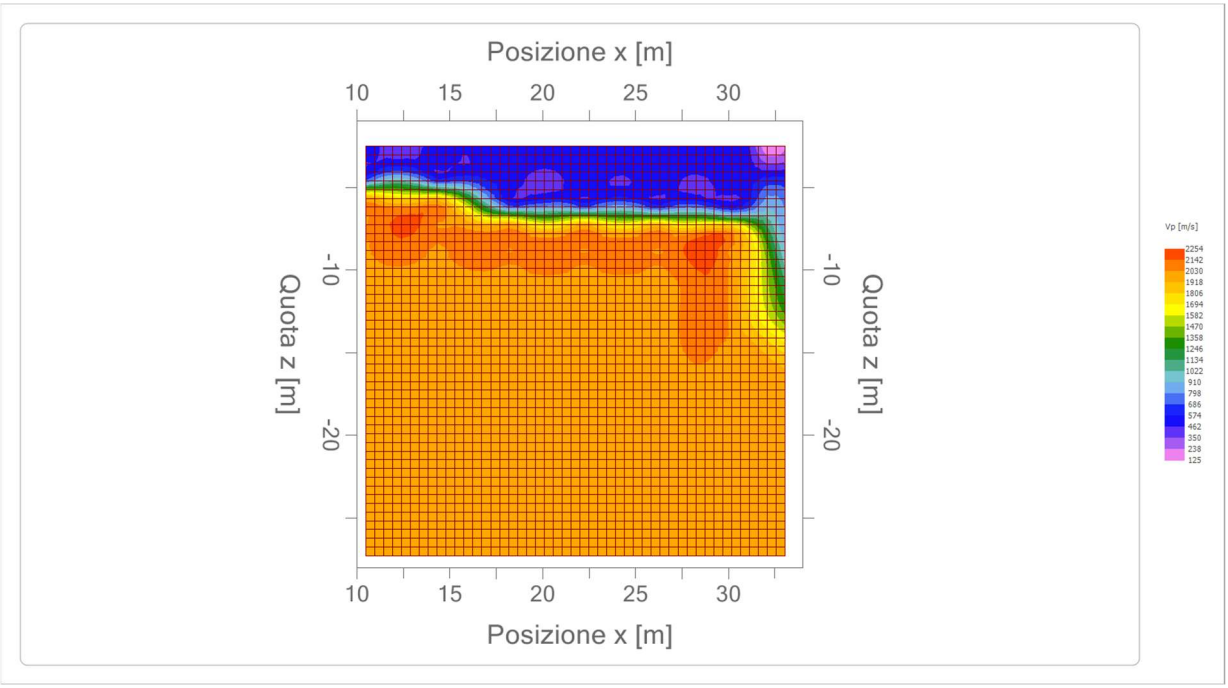


Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*





Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*



Osservazioni

Il valore di Vs delle coperture risulta sovrastimato in quanto ricomprende anche la parte estremamente alterata del tetto della formazione arenacea.

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

Report prove penetrometriche

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Descrizione: Localita':	

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente		63.5Kg
Altezza di caduta libera		0.75m
Peso sistema di battuta		0.63Kg
Diametro punta conica		51.00mm
Area di base punta	20.43	cm²
Lunghezza delle aste		1 m
Peso aste a metro	6.31	Kg/m
Profondita' giunzione prima asta		0.40 m
Avanzamento punta		0.20m
Numero colpi per punta		N(20)
Coeff. Correlazione	1.47	
Rivestimento/fanghi		No
Angolo di apertura punta		90 °

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

(DYNAMIC PROBING)

DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α);
- avanzamento (penetrazione) δ ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Geco srl

Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)

Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434

P.I e C.F. 01964020661

e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	**Sigla di riferimento**	**peso della massa M** *(kg)*	**prof. max indagine battente** *(m)*
Leggero	DPL (Light)	**M ≤ 10**	8
Medio	DPM (Medium)	10 < M < 40	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	40 ≤ M < 60	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	M ≥ 60	25

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica (α=60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm^2 rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica

(α= 60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H=0.75 m, avanzamento δ=30 cm, punta conica

(α = 60°), diametro D = 50.8 mm, area base cono A=20.27 cm^2 rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente M=63.5 kg, altezza caduta H=0.75 m, avanzamento δ=20-30 cm, punta conica conica (α = 60°-90°) diametro D = 50.5 mm, area base cono A = 20 cm^2, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con Nspt

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Qspt è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M	peso massa battente.
M’	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
δ	passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo (δ/ N).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N60 \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/'\sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 kPa$$ *(Liao e Whitman 1986)*

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_S \cdot C_r \cdot C_d$$

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.

C_s parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).

C_d funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).

C_r parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software.*

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

***Media* (+ s)**

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

***Media* (– s)**

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$Nspt,_k = Nspt,_{medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{Nspt})$$

dove σ_{Nspt} è la deviazione standard di Nspt

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di Nspt,k viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di Nspt distribuiti normalmente:

$$Nspt,_k = Nspt,_{medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{Nspt}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immorsamento d = 1 m.

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

CORRELAZIONI GEOTECNICHE TERRENI INCOERENTI

LIQUEFAZIONE

Permette di calcolare utilizzando dati Nspt il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).
Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se Nspt dello strato considerato risulta inferiore a Nspt critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

CORREZIONE NSPT IN PRESENZA DI FALDA

$$Nspt\ corretto = 15 + 0.5 \cdot (Nspt - 15)$$

Nspt è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

ANGOLO DI ATTRITO

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) σ >5 t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) σ >15 t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) s>15 t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young *(E_y)*

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione *(Stress Ratio)*

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio *Vs (m/s)*

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio *(G)*

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione *(Ko)*

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico *(Qc)*

- Robertson (1983) - Qc

CORRELAZIONI GEOTECNICHE TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con Nspt < 8 , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). *C*u (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5, per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche
  < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (Cu-Nspt-grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con Nc = 20 e Qc/Nspt = 2.
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

***Resistenza alla punta del** Penetrometro Statico (Qc)*

- Robertson (1983) - Qc

***Modulo Edometrico-Confinato** (Mo)*

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità (IP < 20), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità (IP < 20) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato -Mo (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto Qc/Nspt=1.5-2.0).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte (Nspt < 30) medie e molli (Nspt < 4) e argille sabbiose (Nspt = 6-12).

***Modulo Di Young** (EY)*

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15.
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

PROVA ...3

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 24-02-2022
Profondita' prova 3.00 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	1	0.855	8.98	10.51	0.45	0.53
0.40	16	0.801	134.62	168.12	6.73	8.41
0.60	5	0.847	40.84	48.22	2.04	2.41
0.80	3	0.843	24.40	28.93	1.22	1.45
1.00	2	0.840	16.20	19.29	0.81	0.96
1.20	1	0.836	8.06	9.64	0.40	0.48
1.40	2	0.833	16.06	19.29	0.80	0.96
1.60	3	0.830	22.18	26.73	1.11	1.34
1.80	4	0.826	29.45	35.64	1.47	1.78
2.00	2	0.823	14.67	17.82	0.73	0.89
2.20	2	0.820	14.62	17.82	0.73	0.89
2.40	9	0.817	65.53	80.20	3.28	4.01
2.60	14	0.764	88.61	115.94	4.43	5.80
2.80	15	0.761	94.59	124.23	4.73	6.21

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

3.00	50	0.609	252.04	414.08	12.60	20.70

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.4	8.5	89.31	Incoerente - coesivo	0	2.03	2.23	0.04	1.47	12.49	Limo
2.6	4.27	38.14	Coesivo	0	1.83	1.89	0.28	1.47	6.28	Argilla-limosa
2.8	15	124.23	Coesivo	0	2.11	2.14	0.5	1.47	22.05	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA 3

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - Limo	12.49	0.40	0.84	1.56	0.00	0.50	1.23	2.68	1.09	1.41	0.62	2.17	1.56
[2] - Argilla-limosa	6.28	2.60	0.39	0.79	0.00	0.25	0.61	1.14	0.57	0.90	0.31	0.78	0.79
[3] -	22.05	2.80	1.49	2.76	0.00	0.85	2.18	3.73	1.85	2.28	1.10	3.52	2.76

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Limo	12.49	0.40	Robertson (1983)	24.98
[2] - Argilla-limosa	6.28	2.60	Robertson (1983)	12.56
[3] -	22.05	2.80	Robertson (1983)	44.10

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Limo	12.49	0.40	57.30	--	129.18	124.90
[2] - Argilla-limosa	6.28	2.60	28.81	--	65.84	78.50
[3] -	22.05	2.80	101.17	--	226.69	220.50

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Limo	12.49	0.40	123.24	124.90
[2] - Argilla-limosa	6.28	2.60	51.82	62.80
[3] -	22.05	2.80	233.18	220.50

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Limo	12.49	0.40	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[2] - Argilla-limosa	6.28	2.60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] -	22.05	2.80	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m³)
[1] - Limo	12.49	0.40	Meyerhof	2.03
[2] - Argilla-limosa	6.28	2.60	Meyerhof	1.83
[3] -	22.05	2.80	Meyerhof	2.11

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m³)
[1] - Limo	12.49	0.40	Meyerhof	2.23
[2] - Argilla-limosa	6.28	2.60	Meyerhof	1.89
[3] -	22.05	2.80	Meyerhof	2.14

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

				(m/s)
[1] - Limo	12.49	0.40		0
[2] - Argilla-limosa	6.28	2.60		0
[3] -	22.05	2.80		0

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Limo	12.49	0.40	45.56	86.24	100	38.23

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Limo	12.49	0.40	12.49	30.57	23.57	31.5	36.05	34.59	40.07	30-32	28.69	30.75	40.89	30.81

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Limo	12.49	0.40	12.49	252.26	99.92	148.08	273.67	137.45

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Limo	12.49	0.40	12.49	74.94	53.12	88.68	93.71

Classificazione AGI

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Limo	12.49	0.40	12.49	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m³)
[1] - Limo	12.49	0.40	12.49	Terzaghi-Peck 1948	1.51

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m³)
[1] - Limo	12.49	0.40	12.49	Terzaghi-Peck 1948	1.94

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Limo	12.49	0.40	12.49	(A.G.I.)	0.33

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Limo	12.49	0.40	12.49	697.72	584.67

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] - Limo	12.49	0.40	12.49	Ohta & Goto (1978) Limi	77.61

Liquefazione

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Limo	12.49	0.40	12.49	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Limo	12.49	0.40	12.49		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Limo	12.49	0.40	12.49		---

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 24-02-2022
Profondita' prova 3.20 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	1	0.855	8.98	10.51	0.45	0.53
0.40	13	0.801	109.38	136.59	5.47	6.83
0.60	8	0.847	65.34	77.15	3.27	3.86
0.80	6	0.843	48.80	57.86	2.44	2.89
1.00	4	0.840	32.39	38.57	1.62	1.93
1.20	2	0.836	16.13	19.29	0.81	0.96
1.40	4	0.833	32.13	38.57	1.61	1.93
1.60	3	0.830	22.18	26.73	1.11	1.34
1.80	2	0.826	14.73	17.82	0.74	0.89
2.00	2	0.823	14.67	17.82	0.73	0.89
2.20	3	0.820	21.92	26.73	1.10	1.34
2.40	5	0.817	36.41	44.55	1.82	2.23

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

2.60	4	0.814	26.97	33.13	1.35	1.66
2.80	14	0.761	88.28	115.94	4.41	5.80
3.00	23	0.709	134.99	190.48	6.75	9.52
3.20	50	0.606	250.94	414.08	12.55	20.70

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.6	7.33	74.75	Incoerente - coesivo	0	1.99	2.19	0.06	1.47	10.78	Limo
2.8	4.45	39.73	Coesivo	0	1.84	1.89	0.32	1.47	6.54	Argilla-limosa
3	23	190.48	Coesivo	0	2.25	2.5	0.55	1.47	33.81	Limo

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - Limo	10.78	0.60	0.73	1.35	0.00	0.43	1.06	2.24	0.95	1.26	0.54	1.84	1.35
[2] - Argilla-limosa	6.54	2.80	0.41	0.82	0.00	0.26	0.64	1.19	0.59	0.92	0.33	0.80	0.82
[3] - Limo	33.81	3.00	2.28	4.23	0.00	1.25	3.37	5.71	2.70	3.51	1.69	5.56	4.23

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Limo	10.78	0.60	Robertson (1983)	21.56

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

[2] - Argilla-limosa	6.54	2.80	Robertson (1983)	13.08
[3] - Limo	33.81	3.00	Robertson (1983)	67.62

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Limo	10.78	0.60	49.46	--	111.74	107.80
[2] - Argilla-limosa	6.54	2.80	30.01	--	68.50	81.75
[3] - Limo	33.81	3.00	155.12	--	346.63	338.10

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Limo	10.78	0.60	103.57	107.80
[2] - Argilla-limosa	6.54	2.80	54.81	65.40
[3] - Limo	33.81	3.00	368.42	338.10

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Limo	10.78	0.60	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[2] - Argilla-limosa	6.54	2.80	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] - Limo	33.81	3.00	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m³)
[1] - Limo	10.78	0.60	Meyerhof	1.99
[2] - Argilla-limosa	6.54	2.80	Meyerhof	1.84
[3] - Limo	33.81	3.00	Meyerhof	2.25

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m³)
[1] - Limo	10.78	0.60	Meyerhof	2.19
[2] - Argilla-limosa	6.54	2.80	Meyerhof	1.89
[3] - Limo	33.81	3.00	Meyerhof	2.50

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] - Limo	10.78	0.60	Ohta & Goto (1978) Limi	81.82
[2] - Argilla-limosa	6.54	2.80	Ohta & Goto (1978) Limi	104.88
[3] - Limo	33.81	3.00	Ohta & Goto (1978) Limi	154.49

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Limo	10.78	0.60	41.67	79.11	100	34.69

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965) Sabbie	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Limo	10.78	0.60	10.78	30.08	23.08	31.02	34.97	33.96	39.08	<30	27.72	30.23	39.53	29.68

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Limo	10.78	0.60	10.78	234.36	86.24	127.90	260.85	128.90

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Limo	10.78	0.60	10.78	64.68	49.61	76.54	86.08

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Limo	10.78	0.60	10.78	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m³)
[1] - Limo	10.78	0.60	10.78	Terzaghi-Peck 1948	1.49

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m³)
[1] - Limo	10.78	0.60	10.78	Terzaghi-Peck 1948	1.93

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Limo	10.78	0.60	10.78	(A.G.I.)	0.33

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Limo	10.78	0.60	10.78	607.54	534.37

Velocita' onde di taglio

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] - Limo	10.78	0.60	10.78	Ohta & Goto (1978) Limi	81.82

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Limo	10.78	0.60	10.78	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Limo	10.78	0.60	10.78	Navfac 1971-1982	2.27

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Limo	10.78	0.60	10.78	Robertson 1983	21.56

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 24-02-2022
Profondita' prova 2.60 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	1	0.855	8.98	10.51	0.45	0.53
0.40	38	0.701	279.80	399.28	13.99	19.96
0.60	14	0.797	107.60	135.01	5.38	6.75
0.80	8	0.843	65.06	77.15	3.25	3.86

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

1.00	4	0.840	32.39	38.57	1.62	1.93
1.20	4	0.836	32.26	38.57	1.61	1.93
1.40	10	0.833	80.32	96.43	4.02	4.82
1.60	13	0.780	90.30	115.84	4.52	5.79
1.80	7	0.826	51.54	62.38	2.58	3.12
2.00	5	0.823	36.68	44.55	1.83	2.23
2.20	4	0.820	29.23	35.64	1.46	1.78
2.40	7	0.817	50.97	62.38	2.55	3.12
2.60	50	0.614	254.35	414.08	12.72	20.70

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.8	15.25	155.49	Incoerente - coesivo	0	2.11	2.15	0.08	1.47	22.42	Strato
2.2	6.71	61.71	Coesivo	0	1.96	2.16	0.31	1.47	9.86	Limo Argilloso
2.4	7	62.38	Coesivo	0	1.98	2.18	0.46	1.47	10.29	Limo

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - Strato	22.42	0.80	1.51	2.80	0.00	0.86	2.22	4.67	1.88	2.31	1.12	3.88	2.80
[2] - Limo Argilloso	9.86	2.20	0.67	1.23	0.00	0.40	0.97	1.85	0.87	1.19	0.49	1.45	1.23
[3] - Limo	10.29	2.40	0.70	1.29	0.00	0.41	1.01	1.87	0.91	1.22	0.52	1.50	1.29

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Strato	22.42	0.80	Robertson (1983)	44.84
[2] - Limo Argilloso	9.86	2.20	Robertson (1983)	19.72
[3] - Limo	10.29	2.40	Robertson (1983)	20.58

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato	22.42	0.80	102.86	--	230.46	224.20
[2] - Limo Argilloso	9.86	2.20	45.24	--	102.36	123.25
[3] - Limo	10.29	2.40	47.21	--	106.74	102.90

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato	22.42	0.80	237.43	224.20
[2] - Limo Argilloso	9.86	2.20	92.99	98.60
[3] - Limo	10.29	2.40	97.94	102.90

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato	22.42	0.80	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[2] - Limo Argilloso	9.86	2.20	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] - Limo	10.29	2.40	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m³)
[1] - Strato	22.42	0.80	Meyerhof	2.11
[2] - Limo Argilloso	9.86	2.20	Meyerhof	1.96
[3] - Limo	10.29	2.40	Meyerhof	1.98

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m³)
[1] - Strato	22.42	0.80	Meyerhof	2.15
[2] - Limo Argilloso	9.86	2.20	Meyerhof	2.16
[3] - Limo	10.29	2.40	Meyerhof	2.18

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	22.42	0.80	Ohta & Goto (1978) Limi	98.17
[2] - Limo Argilloso	9.86	2.20	Ohta & Goto (1978) Limi	109.91
[3] - Limo	10.29	2.40	Ohta & Goto (1978) Limi	120.25

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato	22.42	0.80	58.89	100	100	54.65

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Strato	22.42	0.80	22.42	33.41	26.41	34.28	35.41	37.77	42	30-32	33.34	33.73	45.83	36.18

Modulo di Young (Kg/cm²)

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato	22.42	0.80	22.42	337.98	179.36	265.26	348.15	187.10

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato	22.42	0.80	22.42	134.52	73.52	159.18	137.99

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	22.42	0.80	22.42	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m³)
[1] - Strato	22.42	0.80	22.42	Terzaghi-Peck 1948	1.62

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m³)
[1] - Strato	22.42	0.80	22.42	Terzaghi-Peck 1948	2.01

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	22.42	0.80	22.42	(A.G.I.)	0.31

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato	22.42	0.80	22.42	1209.24	835.89

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	22.42	0.80	22.42	Ohta & Goto (1978) Limi	98.17

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Strato	22.42	0.80	22.42	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Strato	22.42	0.80	22.42	Navfac 1971-1982	4.46

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Strato	22.42	0.80	22.42	Robertson 1983	44.84

PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 26-02-2022
Profondita' prova 1.00 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	1	0.855	8.98	10.51	0.45	0.53
0.40	40	0.651	273.51	420.29	13.68	21.01
0.60	20	0.797	153.72	192.87	7.69	9.64
0.80	12	0.843	97.59	115.72	4.88	5.79
1.00	51	0.640	314.64	491.82	15.73	24.59

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.8	18.25	184.85	Incoerente - coesivo	0	2.13	2.28	0.09	1.47	26.83	Strato
1	51	491.82	Coesivo	0	2.5	2.5	0.2	1.47	74.97	Ghiaia

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - Strato	26.83	0.80	1.81	3.35	0.00	1.02	2.66	5.55	2.21	2.76	1.34	4.67	3.35
[2] - Ghiaia	74.97	1.00	5.06	9.37	0.00	2.39	7.54	14.76	4.83	9.18	3.75	13.21	9.37

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

[1] - Strato	26.83	0.80	Robertson (1983)	53.66
[2] - Ghiaia	74.97	1.00	Robertson (1983)	149.94

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato	26.83	0.80	123.10	--	275.44	268.30
[2] - Ghiaia	74.97	1.00	343.96	--	766.44	749.70

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato	26.83	0.80	288.15	268.30
[2] - Ghiaia	74.97	1.00	841.76	749.70

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato	26.83	0.80	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[2] - Ghiaia	74.97	1.00	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m³)
[1] - Strato	26.83	0.80	Meyerhof	2.13
[2] - Ghiaia	74.97	1.00	Meyerhof	2.50

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m³)
[1] - Strato	26.83	0.80	Meyerhof	2.28
[2] - Ghiaia	74.97	1.00	Meyerhof	2.50

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	26.83	0.80	Ohta & Goto (1978) Limi	101.27

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

[2] - Ghiaia	74.97	1.00	Ohta & Goto (1978) Limi	141.46

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato	26.83	0.80	63.71	100	100	60.11

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Strato	26.83	0.80	26.83	34.67	27.67	35.51	35.68	38.93	42	32-35	35.06	35.05	47.39	38.16

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato	26.83	0.80	26.83	369.73	214.64	317.29	381.23	209.15

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato	26.83	0.80	26.83	160.98	82.57	190.49	157.66

Classificazione AGI

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	26.83	0.80	26.83	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m³)
[1] - Strato	26.83	0.80	26.83	Terzaghi-Peck 1948	1.67

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m³)
[1] - Strato	26.83	0.80	26.83	Terzaghi-Peck 1948	2.04

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	26.83	0.80	26.83	(A.G.I.)	0.3

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato	26.83	0.80	26.83	1431.58	932.82

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	26.83	0.80	26.83	Ohta & Goto (1978) Limi	101.27

Liquefazione

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Strato	26.83	0.80	26.83	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Strato	26.83	0.80	26.83	Navfac 1971-1982	5.15

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Strato	26.83	0.80	26.83	Robertson 1983	53.66

PROVA ... Nr.5

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 26-02-2022
Profondita' prova 2.60 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	1	0.855	8.98	10.51	0.45	0.53
0.40	20	0.801	168.28	210.15	8.41	10.51
0.60	16	0.797	122.97	154.30	6.15	7.71
0.80	18	0.793	137.71	173.58	6.89	8.68
1.00	17	0.790	129.47	163.94	6.47	8.20
1.20	9	0.836	72.58	86.79	3.63	4.34
1.40	2	0.833	16.06	19.29	0.80	0.96
1.60	3	0.830	22.18	26.73	1.11	1.34
1.80	5	0.826	36.82	44.55	1.84	2.23
2.00	4	0.823	29.34	35.64	1.47	1.78
2.20	6	0.820	43.85	53.47	2.19	2.67

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

2.40	10	0.817	72.81	89.11	3.64	4.46
2.60	50	0.614	254.35	414.08	12.72	20.70

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1	14.4	142.49	Incoerente - coesivo	0	2.1	2.12	0.11	1.47	21.17	Strato
2.2	4.83	44.41	Coesivo	0	1.86	1.9	0.32	1.47	7.1	Limo Argilloso
2.4	10	89.11	Coesivo	0	2.06	2.27	0.45	1.47	14.7	Limo

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.5

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - Strato	21.17	1.00	1.43	2.65	0.00	0.82	2.10	4.28	1.79	2.19	1.06	3.63	2.65
[2] - Limo Argilloso	7.1	2.20	0.44	0.89	0.00	0.29	0.69	1.33	0.64	0.97	0.36	0.98	0.89
[3] - Limo	14.7	2.40	0.99	1.84	0.00	0.58	1.45	2.67	1.28	1.60	0.74	2.27	1.84

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Strato	21.17	1.00	Robertson (1983)	42.34
[2] - Limo Argilloso	7.1	2.20	Robertson (1983)	14.20

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

[3] - Limo	14.7	2.40	Robertson (1983)	29.40

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato	21.17	1.00	97.13	--	217.71	211.70
[2] - Limo Argilloso	7.1	2.20	32.58	--	74.21	88.75
[3] - Limo	14.7	2.40	67.44	--	151.72	147.00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato	21.17	1.00	223.06	211.70
[2] - Limo Argilloso	7.1	2.20	61.25	71.00
[3] - Limo	14.7	2.40	148.65	147.00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato	21.17	1.00	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[2] - Limo Argilloso	7.1	2.20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] - Limo	14.7	2.40	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m³)
[1] - Strato	21.17	1.00	Meyerhof	2.10
[2] - Limo Argilloso	7.1	2.20	Meyerhof	1.86
[3] - Limo	14.7	2.40	Meyerhof	2.06

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m³)
[1] - Strato	21.17	1.00	Meyerhof	2.12
[2] - Limo Argilloso	7.1	2.20	Meyerhof	1.90

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

[3] - Limo	14.7	2.40	Meyerhof	2.27

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	21.17	1.00	Ohta & Goto (1978) Limi	101.48
[2] - Limo Argilloso	7.1	2.20	Ohta & Goto (1978) Limi	105.14
[3] - Limo	14.7	2.40	Ohta & Goto (1978) Limi	127.9

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato	21.17	1.00	56.81	100	100	52.93

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Strato	21.17	1.00	21.17	33.05	26.05	33.93	34.84	37.42	42	30-32	32.82	33.35	45.25	35.58

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato	21.17	1.00	21.17	328.42	169.36	250.51	338.77	180.85

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato	21.17	1.00	21.17	127.02	70.95	150.31	132.42

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	21.17	1.00	21.17	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m³)
[1] - Strato	21.17	1.00	21.17	Terzaghi-Peck 1948	1.61

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m³)
[1] - Strato	21.17	1.00	21.17	Terzaghi-Peck 1948	2.00

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	21.17	1.00	21.17	(A.G.I.)	0.31

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato	21.17	1.00	21.17	1145.75	807.10

Velocita' onde di taglio

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	21.17	1.00	21.17	Ohta & Goto (1978) Limi	101.48

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Strato	21.17	1.00	21.17	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Strato	21.17	1.00	21.17	Navfac 1971-1982	4.25

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Strato	21.17	1.00	21.17	Robertson 1983	42.34

PROVA ... Nr.6

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 26-02-2022
Profondita' prova 5.40 mt
Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	1	0.855	8.98	10.51	0.45	0.53
0.40	17	0.801	143.04	178.62	7.15	8.93
0.60	10	0.847	81.68	96.43	4.08	4.82
0.80	6	0.843	48.80	57.86	2.44	2.89

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

1.00	9	0.840	72.88	86.79	3.64	4.34
1.20	15	0.786	113.73	144.65	5.69	7.23
1.40	15	0.783	113.24	144.65	5.66	7.23
1.60	12	0.830	88.70	106.93	4.44	5.35
1.80	12	0.826	88.36	106.93	4.42	5.35
2.00	7	0.823	51.35	62.38	2.57	3.12
2.20	6	0.820	43.85	53.47	2.19	2.67
2.40	6	0.817	43.69	53.47	2.18	2.67
2.60	2	0.814	13.49	16.56	0.67	0.83
2.80	5	0.811	33.60	41.41	1.68	2.07
3.00	10	0.809	66.97	82.82	3.35	4.14
3.20	24	0.706	140.33	198.76	7.02	9.94
3.40	26	0.703	151.46	215.32	7.57	10.77
3.60	3	0.801	18.59	23.21	0.93	1.16
3.80	9	0.798	55.59	69.62	2.78	3.48
4.00	17	0.746	98.10	131.50	4.91	6.58
4.20	9	0.794	55.26	69.62	2.76	3.48
4.40	10	0.791	61.22	77.36	3.06	3.87
4.60	10	0.789	57.27	72.57	2.86	3.63
4.80	6	0.787	34.27	43.54	1.71	2.18
5.00	16	0.735	85.34	116.11	4.27	5.81
5.20	50	0.583	211.54	362.85	10.58	18.14
5.40	50	0.581	210.83	362.85	10.54	18.14

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1.4	10.43	102.79	Incoerente - coesivo	0	2.07	2.28	0.14	1.47	15.33	Strato
5	10.56	85.64	Coesivo	0	2.07	2.28	0.66	1.47	15.52	Strato
5.2	50	362.85	Coesivo	0	2.5	2.5	1.06	1.47	73.5	Ghiaia

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.6

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck	U.S.D.M.S.M	Schmertma	SUNDA (1983	Fletcher (1965	Houston	Shioi -	Begemann	De Beer

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

					(1948)		nn 1975	) Benassi e Vannelli	) Argilla di Chicago	(1960)	Fukui 1982		
[1] - Strato	15.33	1.40	1.04	1.92	0.00	0.60	1.51	3.08	1.33	1.65	0.77	2.53	1.92
[2] - Strato	15.52	5.00	1.05	1.94	0.00	0.61	1.53	2.57	1.34	1.67	0.78	2.03	1.94
[3] - Ghiaia	73.5	5.20	4.96	9.19	0.00	2.36	7.39	10.89	4.78	8.94	3.68	12.20	9.19

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Strato	15.33	1.40	Robertson (1983)	30.66
[2] - Strato	15.52	5.00	Robertson (1983)	31.04
[3] - Ghiaia	73.5	5.20	Robertson (1983)	147.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato	15.33	1.40	70.33	--	158.15	153.30
[2] - Strato	15.52	5.00	71.21	--	160.09	155.20
[3] - Ghiaia	73.5	5.20	337.22	--	751.45	735.00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato	15.33	1.40	155.90	153.30
[2] - Strato	15.52	5.00	158.08	155.20
[3] - Ghiaia	73.5	5.20	824.85	735.00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato	15.33	1.40	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[2] - Strato	15.52	5.00	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[3] - Ghiaia	73.5	5.20	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m³)
[1] - Strato	15.33	1.40	Meyerhof	2.07
[2] - Strato	15.52	5.00	Meyerhof	2.07
[3] - Ghiaia	73.5	5.20	Meyerhof	2.50

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m³)
[1] - Strato	15.33	1.40	Meyerhof	2.28
[2] - Strato	15.52	5.00	Meyerhof	2.28
[3] - Ghiaia	73.5	5.20	Meyerhof	2.50

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	15.33	1.40	Ohta & Goto (1978) Limi	102.41
[2] - Strato	15.52	5.00	Ohta & Goto (1978) Limi	137.61
[3] - Ghiaia	73.5	5.20	Ohta & Goto (1978) Limi	197.04

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato	15.33	1.40	47.72	89.45	100	43.61

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – pec:gecoingegneria@pec.it

											SPECIFICATION)			
[1] - Strato	15.33	1.40	15.33	31.38	24.38	32.29	33.62	35.58	40.52	30-32	30.16	31.6	42.28	32.51

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato	15.33	1.40	15.33	279.47	122.64	181.59	294.98	151.65

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato	15.33	1.40	15.33	91.98	58.95	108.84	106.37

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	15.33	1.40	15.33	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m³)
[1] - Strato	15.33	1.40	15.33	Terzaghi-Peck 1948	1.54

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m³)
[1] - Strato	15.33	1.40	15.33	Terzaghi-Peck 1948	1.96

Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: info@gecoingegneria.it – *pec:gecoingegneria@pec.it*

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	15.33	1.40	15.33	(A.G.I.)	0.32

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato	15.33	1.40	15.33	845.91	662.64

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	15.33	1.40	15.33	Ohta & Goto (1978) Limi	102.41

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Strato	15.33	1.40	15.33	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Strato	15.33	1.40	15.33	Navfac 1971-1982	3.19

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Strato	15.33	1.40	15.33	Robertson 1983	30.66

Geco srl

Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)

Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434

P.I e C.F. 01964020661

e-mail: *info@gecoingegneria.it* – *pec:gecoingegneria@pec.it*

DPSH1



DPSH2



Geco srl

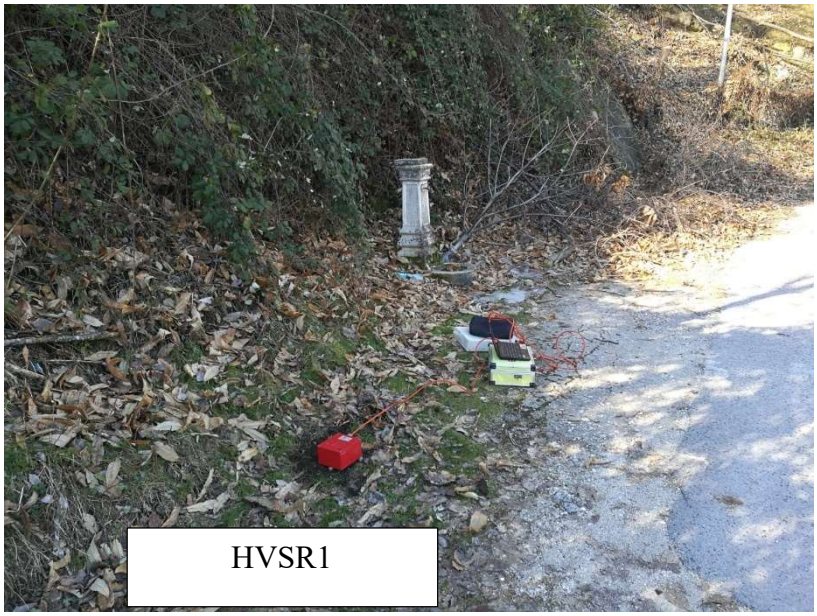
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)

Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434

P.I e C.F. 01964020661

e-mail: *info@gecoingegneria.it* – *pec:gecoingegneria@pec.it*



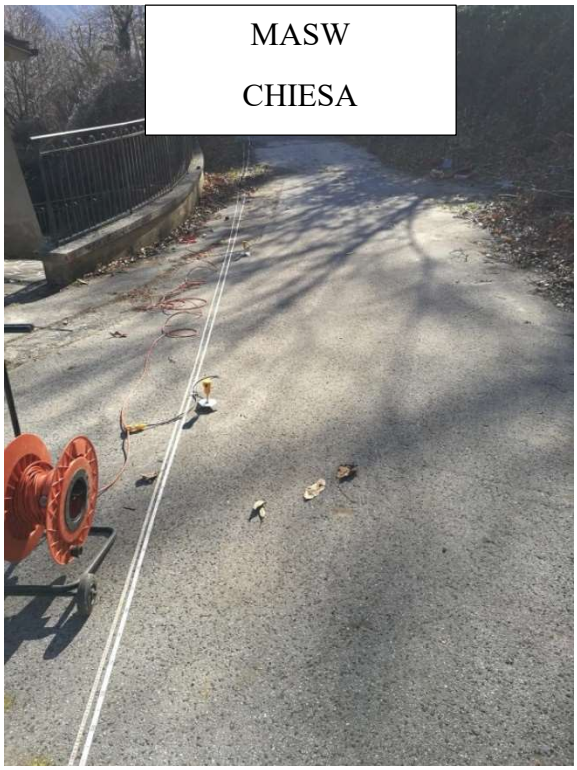


Geco srl
Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)
Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434
P.I e C.F. 01964020661
e-mail: *info@gecoingegneria.it* – *pec:gecoingegneria@pec.it*

RIFRAZIONE CHIESA



MASW CHIESA



Geco srl

Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ)

Telefono: 08631940506 - 3407736916 – 3407601856 – fax: 0863441434

P.I e C.F. 01964020661

e-mail: *info@gecoingegneria.it* – *pec:gecoingegneria@pec.it*

COMUNE DI CANISTRO (AQ)



PROGETTO:

INDAGINI GEOFISICHE

RELAZIONE TECNICA SULLE INDAGINI

COMMITTENTE	GGM geological & geophysical multiservice

Geco s.r.l. Via Liguria 19/L - 67051 Avezzano (AQ) P.I e C.F. 01964020661	IL TECNICO Geol. C. Chilufya		APPROVATO Geol. R. Di Pasquale
	DATA Gennaio 2022	REVISIONE 00	STATO Finale
	RIF. LAV.: 121_2021		

GGM S.r.l. Viale San Martino n. 30 – 65013 Città Sant'Angelo (PE) – P.iva: IT 01891900688
Tel: +39 0859506423 – Email: info@ggmsrl.it – Pec: ggm-srl@legalmail.it – Web: www.ggmsrl.it

INDICE

PREMESSA 0

1. INDAGINE ELETTRICA TOMOGRAFICA – E.R.T. 2

1.1. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA 5

1.2. ACQUISIZIONE DATI 7

1.3. ELABORAZIONE DATI E RISULTATI 8

2. INDAGINE GEORADAR (G.P.R.) 12

2.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA 12

2.2 ACQUISIZIONE DATI 13

2.3 ELABORAZIONE DATI E RISULTATI 16

3. GEOREFERENZIAZIONE DELLE INDAGINI 21

3.1 ACQUISIZIONE DATI 21

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE 22

ALLEGATO

TAV. 1 – INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

TAV. 2 – UBICAZIONE INDAGINI

TAV. 3 – INDAGINI TOMOGRAFICHE ELETTRICHE – E.R.T.

TAV. 4 – INDAGINE GEORADAR – AREE 1-2-3

TAV. 5 – INDAGINE GEORADAR – AREE 4-5-6

NORMATIVE

DECRETO MINISTERIALE DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI 17 GENNAIO 2018

ASTM D6429 - 99(2011) E1 - STANDARD GUIDE FOR SELECTING SURFACE GEOPHYSICAL METHODS;

ASTM D6431 - 99(2010) - STANDARD GUIDE FOR USING THE DIRECT CURRENT RESISTIVITY METHOD FOR SUBSURFACE INVESTIGATION;

CEI 306-8 USE OF GEORADAR TECHNOLOGY FOR INVESTIGATION OF THE SOIL BEFORE THE INSTALLATION OF UNDERGROUND NETWORKS AND INFRASTRUCTURES;

ASTM D6432 – 99 STANDARD GUIDE FOR USING THE SURFACE GROUND PENETRATING RADAR METHOD FOR SUBSURFACE INVESTIGATION;

ASTM F3071 - 14 - STANDARD GUIDE FOR BASIC WILDERNESS GPS/GNSS USE (GPS/GNSS-IW) ENDORSEMENT.

PREMESSA

Su incarico della **Geco s.r.l.** è stata redatta la seguente relazione tecnica sulle indagini geofisiche di tipo geoelettrica tomografica 2D (E.R.T.) e georadar (G.P.R.) nel territorio comunale di Canistro (AQ), come riportato in Fig.1.

Lo studio è stato realizzato attraverso le seguenti fasi operative:

1. esecuzione di indagini geofisiche, consistenti in:
   - n. 2 stendimenti di tomografia di resistività elettrica 2D (E.R.T.) per la caratterizzazione elettro-stratigrafica del terreno;
   - indagine georadar (G.P.R.), in n. 6 aree, per la ricerca e mappatura di sottoservizi;
2. elaborazione ed interpretazione dei dati ottenuti e scrittura della presente.

<u>I risultati finali delle indagini eseguite sono riportati nei documenti in Allegato (TAV 1 ÷ 5).</u>

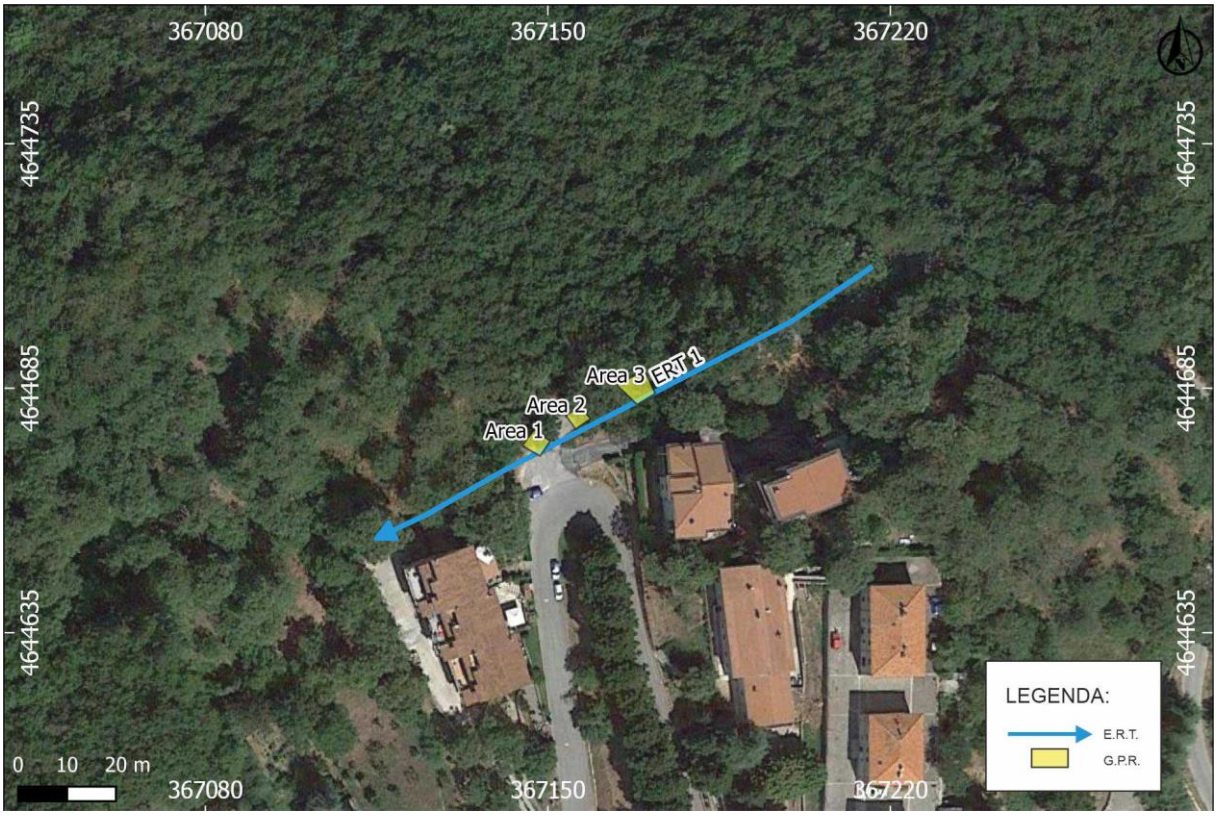


Fig. 1 – Ubicazione delle indagini eseguite in: Area 1, Area 2 e Area 3.



Fig. 2 – Ubicazione delle indagini eseguite in: Area 4, Area 5 e Area 6.

1. INDAGINE ELETTRICA TOMOGRAFICA – E.R.T.

Con le prospezioni geoelettriche si determina il parametro fisico della resistività elettrica relativo alle formazioni che costituiscono il mezzo indagato. La resistività è un parametro indipendente dalle caratteristiche geometriche della formazione litologica cui si riferisce ed è definito come la resistenza elettrica per unità di volume. Mediante l'utilizzo di appropriate strumentazioni si immette corrente elettrica nel terreno e si esegue una successione di misure in superficie attraverso una serie di elettrodi opportunamente posizionati e infissi nei primi cm di terreno.

La strumentazione per la misura della resistività comprende (Fig. 1.1):

- un sistema per l'immissione di corrente nel terreno (batteria o generatore di corrente);
- una serie di elettrodi (minimo quattro: A e B elettrodi di corrente, M e N elettrodi di potenziale);
- un georesistivimetro per la misura dell'intensità di corrente immessa nel terreno mediante gli elettrodi A e B e per la lettura della differenza di potenziale tra i due elettrodi M e N.

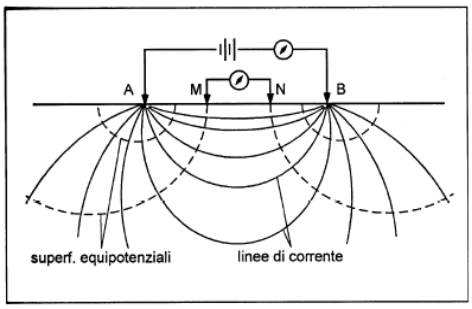


Fig. 1.1 - Disposizione spaziale dei punti di misura in configurazione bidimensionale.

I dati dei rilievi geoelettrici sono usualmente presentati in forma di valori di resistività apparente, questa è definita come la resistività di un semispazio elettricamente omogeneo ed isotropo che presenti gli stessi rapporti misurati tra la corrente applicata e la differenza di potenziale per una data disposizione e spaziatura degli elettrodi. Un'equazione che dia la resistività apparente in funzione di corrente applicata, distribuzione del potenziale e disposizione degli elettrodi può essere sviluppata attraverso l'esame della distribuzione di

potenziale dovuta ad un singolo elettrodo di corrente; da questa, per sovrapposizione, può essere ricostruito l'effetto di una coppia di elettrodi o di ogni altra combinazione. La resistività del mezzo può quindi essere ricavata dai valori misurati di V (potenziale elettrico), I (intensità della corrente) e dal fattore geometrico K, funzione unicamente della disposizione elettrodica. Nelle misure reali sul terreno, la notazione ρ relativa ad un mezzo fittizio è sostituita da ρ_a o resistività apparente (ohm*m). L'indagine geoelettrica è realizzata misurando i valori del campo elettrico in corrispondenza di un allineamento di elettrodi di misura equi spaziati. Il campo elettrico è generato da un dipolo di corrente posto all'interno della linea di misura che viene automaticamente spostato, all'interno della linea stessa, in maniera sequenziale. Le sezioni geoelettriche forniscono, quindi, una sezione verticale del terreno mediante una molteplicità di valori di resistività apparente riportabili su una maglia regolare di punti di misura. La resistività apparente è definita come rapporto fra differenza di potenziale al dipolo di misura e corrente immessa al dipolo di corrente, rapporto che viene moltiplicato per un opportuno fattore geometrico in funzione dalla posizione reciproca degli elettrodi. I valori di resistività apparente derivati da misure di campo in vari punti e con diverse configurazioni stimano la vera resistività dei diversi strati e consentono di ricostruire spazialmente i loro limiti al di sotto della superficie topografica. Una configurazione di elettrodi con spaziatura costante viene utilizzata per riconoscere variazioni laterali di resistività apparente che possono riflettere variazioni litologiche. Per indagare sui cambiamenti in profondità, si aumenta la spaziatura degli elettrodi.
Il risultato finale consiste nella rappresentazione della resistività (ohm *m) per piani, volumi o sezioni indagate, secondo una scala cromatica prefissata che in genere va dal blu (basse resistività) al rosso (alte resistività). Quanto più il mezzo attraversato si oppone al passaggio della corrente elettrica tanto maggiore sarà la sua resistività caratteristica (es. rocce calcaree, mezzi fratturati, vuoti, ecc), mentre quanto più il mezzo attraversato non si oppone al passaggio della corrente elettrica tanto minore sarà la sua resistività (es. terreni argillosi, terreni con acqua, ecc.).
La resistività elettrica del mezzo investigato è controllata principalmente dai seguenti fattori:

- grado di saturazione dei pori,
- porosità,
- salinità del fluido, se presente nei pori,

- temperatura,
- eventuale presenza di sostanze organiche (idrocarburi, solventi, ecc.),
- presenza di argilla,
- presenza di minerali particolari (ad esempio le miche),
- grado di compattazione.

La relazione empirica per il calcolo della resistività reale, proposta da Archie, è valida per suoli aventi scarsa componente argillosa (sabbie, ghiaie, ecc):

$$\rho_s = \rho_f a\, \Phi^{-n} S^{-m}$$

dove:

- ρs: resistività (ohm*m) del suolo parzialmente saturo di fluido,
- ρf: resistività (ohm*m) del fluido presente nei pori,
- S: frazione del volume di pori occupata dal fluido,
- m: coefficiente di saturazione (solitamente assunto essere pari a 2),
- a: costante empirica, detta di Winsaur (tipico per sabbia: 0.62)
- n: coefficiente empirico, detto di "tortuosità" (tipico per sabbia: 2.15),
- Φ: porosità del suolo.

Nel caso di presenza di argilla i cationi adsorbiti sulla superficie delle particelle di tale sostanza offrono cammini addizionali per la corrente elettrica e quindi aumentano la conducibilità dei sedimenti (abbassamento della resistività), in questo caso la conducibilità elettrica può aumentare (diminuzione di resistività) per la presenza di sedimenti limosi e/o di minerali argillosi residuo di alterazione del litotipo caratteristico della successione stratigrafica locale (rocce calcaree). Nella tabella seguente (Tab. 1.1) si riporta una stima di intervalli di resistività (dati bibliografici) che permettono di associare un possibile litotipo ai valori ricostruiti nelle tomografie eseguite (L. Hamill – F.G. Bell, Acque Sotterranee, 1992; Norinelli A., Elementi di Geofisica Applicata, 1996):

Roccia / Sedimento	Resistività (Ohm*m)	Roccia / Sedimento	Resistività (Ohm*m)

Acqua di mare	0.18 ÷ 0.24	Calcari, Dolomie	70 ÷ 10000
Acqua di falda	10 ÷ 30	Calcari Marnosi	50 ÷ 300
Acqua di fiume	20 ÷ 60	Arenarie	30 ÷ 2000
Acqua di sorgente	50 ÷ 100	Arenarie quarzose	300 ÷ 10000
Torba e argilla	8 ÷ 20	Cineriti e Tufi Vulcanici	10 ÷ 100
Suolo di copertura	150 ÷ 900	Lave	300 ÷ 15000
Sabbie e Ghiaie asciutte	1000 ÷ 6000	Gneiss e Graniti alterati	100 ÷ 1000
Sabbie di acqua dolce e ghiaie imbibite	50 ÷ 500	Gneiss e Graniti integri	1000 ÷ 10000
Sabbie e ghiaie imbibite di acqua salata	0.5 ÷ 5	Marne	20 ÷ 60
Argilla	1 ÷ 100	Gessi	4000 ÷ 12000

Tab. 1.1 – Valori tipici di resistività di alcune rocce e sedimenti.

Gli intervalli indicati forniscono una stima dei valori di resistività comunque variabile in funzione dell'associazione, della diversa percentuale e della diversa granulometria di litotipi presenti nell'area di studio. Inoltre, per la stima della resistività, è da tenere in considerazione, come accennato in precedenza, il "principio di equivalenza" secondo il quale, ad esempio, uno strato conduttore avente spessore di 50m ed una resistività di 1 Ohm*m è equivalente ad un altro con spessore di 100m e resistività di 2 Ohm*m.

1.1. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'acquisizione dati è stata eseguita utilizzando la seguente strumentazione:

- *Sistema di acquisizione dati:*

  sistema computerizzato MAE X612-EM+ a 24 bit a 96 canali espandibile fino a 256, con le seguenti caratteristiche tecniche (Tab. 1.1.1);

- *Sistema di ricezione*:

  costituito fino a 96 elettrodi in acciaio inox, gli elettrodi permettono l'immissione e misura della corrente e della differenza di potenziale nel mezzo indagato;

- *Sistema di energizzazione*:

  la sorgente elettrica è costituita da una batteria da 12 V (power box);

- *Sistema trasferimento segnale*:

  il trasferimento del segnale dal sistema di ricezione (elettrodi) al sistema di acquisizione dati (georesistivimetro) è effettuato tramite cavi geoelettrici multipolari schermati, collegati mediante pinze tipo clip agli elettrodi.

SPECIFICHE TECNICHE - Georesistivimetro "MAE X612 EM+"	
	**Generali:** - Elettrodi gestibili: 48, 72 o 96 - Alimentazione: 12V DC - Assorbimento medio: 2.5A, 50A di picco - Condizioni ambientali di funzionamento: -20/90 °C **Corrente in uscita:** - Intensità massima: 10A a 50V - Tensioni di uscita: ±50V, ±100V, ±250V, ±500V, ±800V - Potenza massima: 600W - Tempo di immissione: impostabile a partire da 0.25 sec - Precisione della misura: ±0.2µA **Misura di potenziale:** - Misura simultanea su tutti i canali impostati e auto range - Filtro frequenza di rete: 50 Hz - Precisione della misura: ±1.5µV nel range ±25V - Riduzione del rumore: con media da 2 a 10 misure - Accuratezza della resistività misurata: ±0.5% - Caricabilità misurata su quattro finestre temporali di durata complessiva di 1.2 sec

Tab. 1.1.1 - Specifiche tecniche del MAE X612- EM+.

La strumentazione utilizzata è conforme alle seguenti direttive e norme armonizzate:

- Direttiva macchine: 2006/42/CE;
- Direttiva: 2014/35/UE – 2014/30/UE;
- ISO 12100: 2012 Sicurezza del macchinario – Principi generali di progettazione;
- EN 61010 – 1:2010 Prescrizioni di sicurezza per apparecchi elettrici di misura, controllo e per utilizzo in laboratorio;
- EN 61326 – 1:2013 Apparecchi elettrici di misura, controllo e laboratorio – Prescrizioni di compatibilità elettromagnetica – Parte 1: Prescrizioni Generali.

1.2. ACQUISIZIONE DATI

L'acquisizione dei dati geoelettrici 2D è stata condotta mediante un allineamento di elettrodi (sensori) in superficie. Dopo aver posizionato gli elettrodi sul terreno si è proceduto a collegarli ai cavi multipolari tramite appositi morsetti ed infine a collegare i cavi al georesistivimetro. La fase di acquisizione è stata preceduta dalla verifica dei valori delle resistenze di contatto, ovvero quel valore di resistenza proprio non del mezzo da investigare ma dovuti all'interferenza elettrica data dal contatto elettrodo-terreno. La presenza di eventuali valori elevati di resistenza di contatto, che possono portare a misure "rumorose", può essere ovviata utilizzando soluzioni saline o acqua e sale versate in corrispondenza degli elettrodi. Dopo aver verificato il buon contatto elettrico tra gli elettrodi e il mezzo da investigare si è proceduto alla fase di acquisizione.

L'acquisizione delle misure è stata effettuata con georesistivimetro digitale multielettrodo e multicanale dotato di un sistema di gestione automatica degli elettrodi, in grado cioè di commutare gli elettrodi disposti lungo la sezione da investigare in elettrodi di immissione di corrente (punti di energizzazione del terreno) e in elettrodi di misura del potenziale elettrico con tutte le possibili combinazioni quadripolari scelte (es. Dipolo-Dipolo, Polo-Dipolo), Fig. 1.2.1. (Esempio di disposizione spaziale 2D).



Fig.1.2.1 - Esempio di disposizione spaziale 2D delle combinazioni dei quadripoli di misura.

Il rilievo geofisico è stato condotto mediante l'esecuzione di n. 2 profili tomografici elettrici 2D (Allegato 1), con geometrie di acquisizione e spaziatura elettrodica indicate nella seguente tabella:

Linea	Passo Elettrodic. [m]	Risoluz. spaziale [m]	N° Elettrodi	Lungh. [m]	Prof. d'indagine [m]	Geom. di acquisiz.	N° quadripoli	Coordinate Cartografiche UTM - WGS84 33N	
E.R.T. 1	2.5	1.25	48	117.5	45	Polo-Dipolo Dipolo-dipolo	1335 1318	Inizio linea: 367215.8 m E 4644709.5 m N	Fine linea: 367116.4 m E 4644655.0 m N
E.R.T. 2	2.5	1.25	48	117.5	35	Polo-Dipolo Dipolo-dipolo	1335 1318	Inizio linea: 367522.5 m E 4644440.3 m N	Fine linea: 367450.1 m E 4644527.0 m N

Tab. 1.2.1 – Dati riguardanti lo stendimento tomografico elettrico – E.R.T. 2D.



Fig. 1.2.2 – Acquisizione geoelettrica – E.R.T. 2D

1.3. ELABORAZIONE DATI E RISULTATI

L'elaborazione si è ottenuta attraverso inversione completa 2D dei dati acquisiti in campo e la visualizzazione grafica delle misure di campagna è stata effettuata con l'ausilio di software capaci di ricostruire la distribuzione di resistività reale in due dimensioni:

- il programma RES2DINV/RES3DINV (prodotto dalla Geotomo Software Sdn. Bhd.). Basato sul metodo di minimi quadrati con vincolo armonico (Smoothness-constrained least-squares method; degroot-Hedlin e Constable 1990, Sasaki 1992).
- il programma ERTLab™ e TomoLab™ (prodotto dalla Multi-Phase Technologies LLC e dalla Geostudi Aster Srl) utilizza il metodo degli elementi finiti (MORELLI, G., LABRECQUE, D.J., 1996).

La finalità del calcolo è quello di determinare, in una griglia di dati, la resistività di blocchi rettangolari che produrranno una pseudo sezione di resistività apparente il più possibile

congruente con le misure reali. Questo metodo riduce al minimo la differenza fra i valori calcolati di resistività apparente e quelli misurati, modificando la resistività dei blocchi che costituiscono il modello.

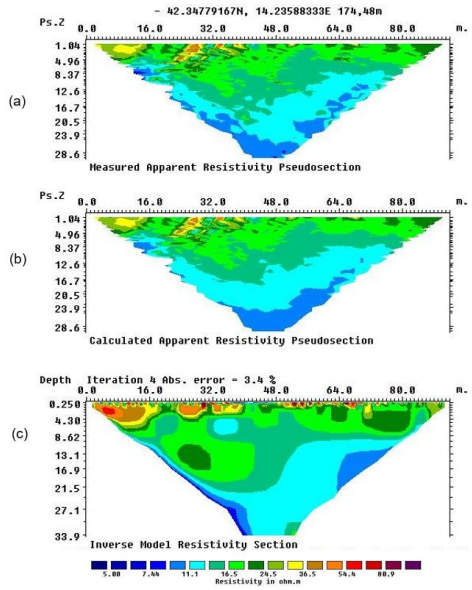


Fig. 1.3.1 – Esempio di un modello 2D di: resistività apparente misurata (a) – resistività apparente calcolata (b) – resistività reale (c) con errore RMS ottenuta dal processo di inversione.

Una misura di questa differenza è data dall'errore quadratico medio (RMS). Tuttavia, è importante sottolineare come talora il modello con l'errore RMS più basso possibile può, a volte, mostrare grandi e poco realistiche variazioni nei valori di resistività del modello che potrebbe non risultare il modello "migliore" dal punto di vista geologico. Il modello 2D costituisce il risultato finale della procedura di inversione che, a partire dalle resistività apparenti misurate, produce un'unica sezione/modello di resistività reale per ogni stendimento superficiale eseguito.

Di seguito si riportano i risultati delle elaborazioni delle indagini di tomografia elettrica 2D. In particolare, per questa prova, vengono illustrati:

- l'acquisizione delle misure di resistività e le relative pseudo sezioni (ohm*m);
- il modello finale di resistività 2D (ohm*m) con la profondità (m) ottenuto dall'inversione tomografica.

Le elaborazioni delle prove eseguite vengono illustrate nelle immagini seguenti (Fig. 1.3.2 ÷ 1.3.5).

I risultati e le interpretazioni finali sono riportati in Allegato (TAV. 03).

ERT 1

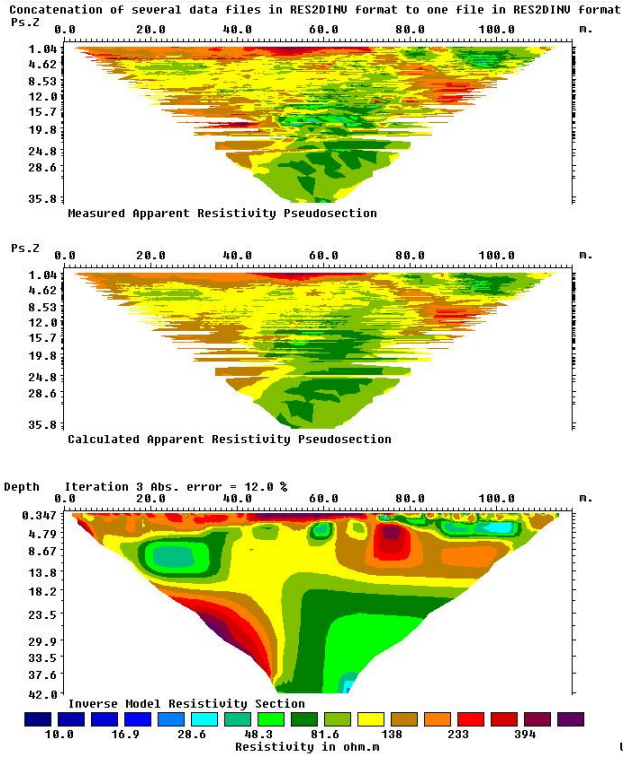


Fig. 1.3.2 – Modello 2D di: resistività apparente misurata (a) – resistività apparente calcolata (b) – resistività reale (c) con errore RMS ottenuta dal processo di inversione - E.R.T. 1.

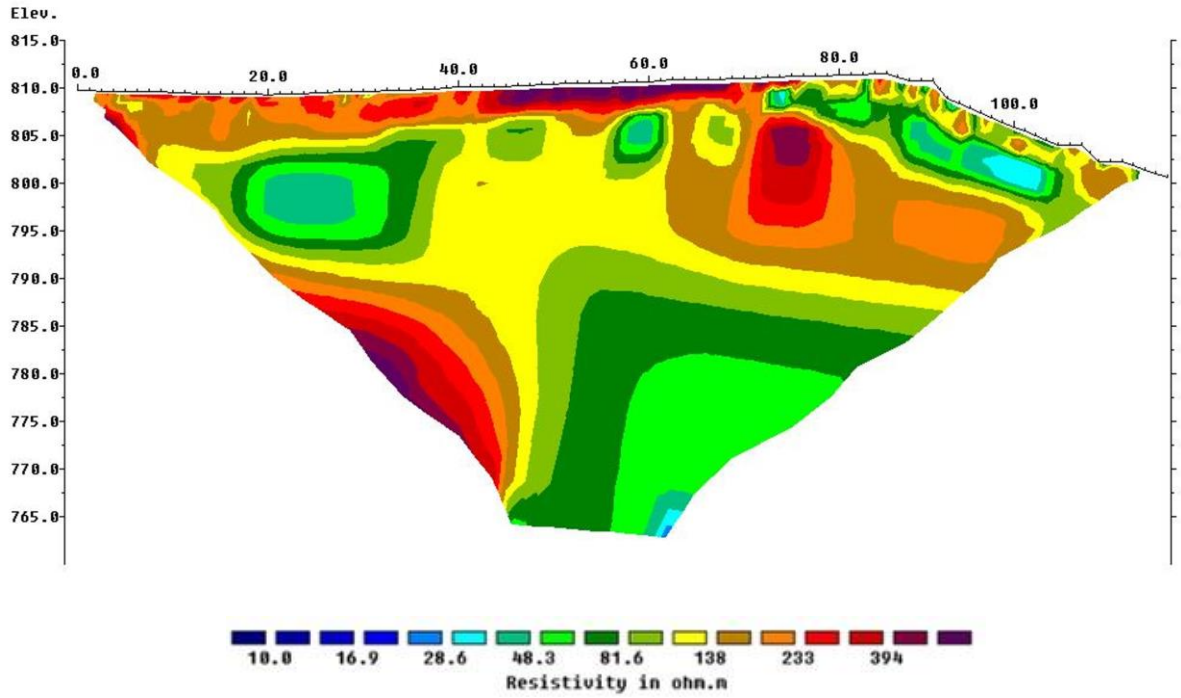


Fig. 1.3.3 - Modello 2D di resistività ottenuta dal processo di inversione – E.R.T. 1.

ERT 2

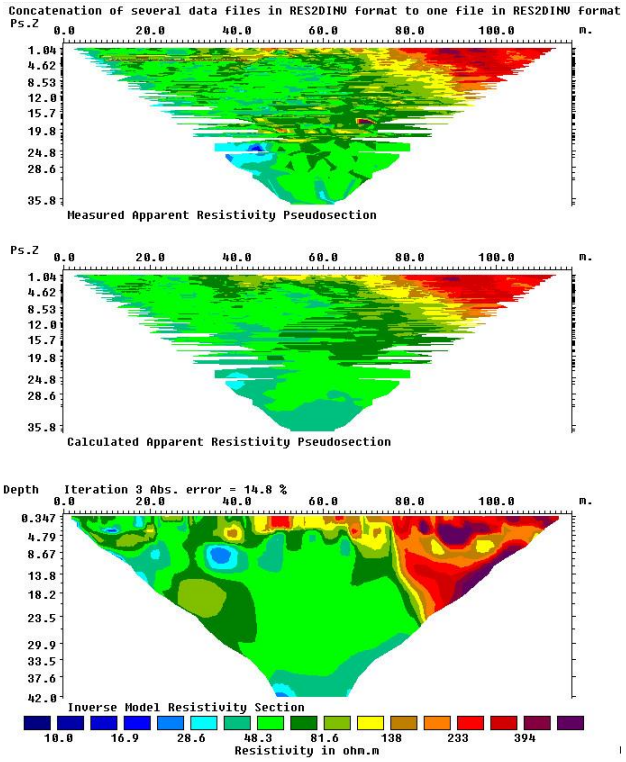


Fig. 1.3.4 – Modello 2D di: resistività apparente misurata (a) – resistività apparente calcolata (b) – resistività reale (c) con errore RMS ottenuta dal processo di inversione - E.R.T. 2.

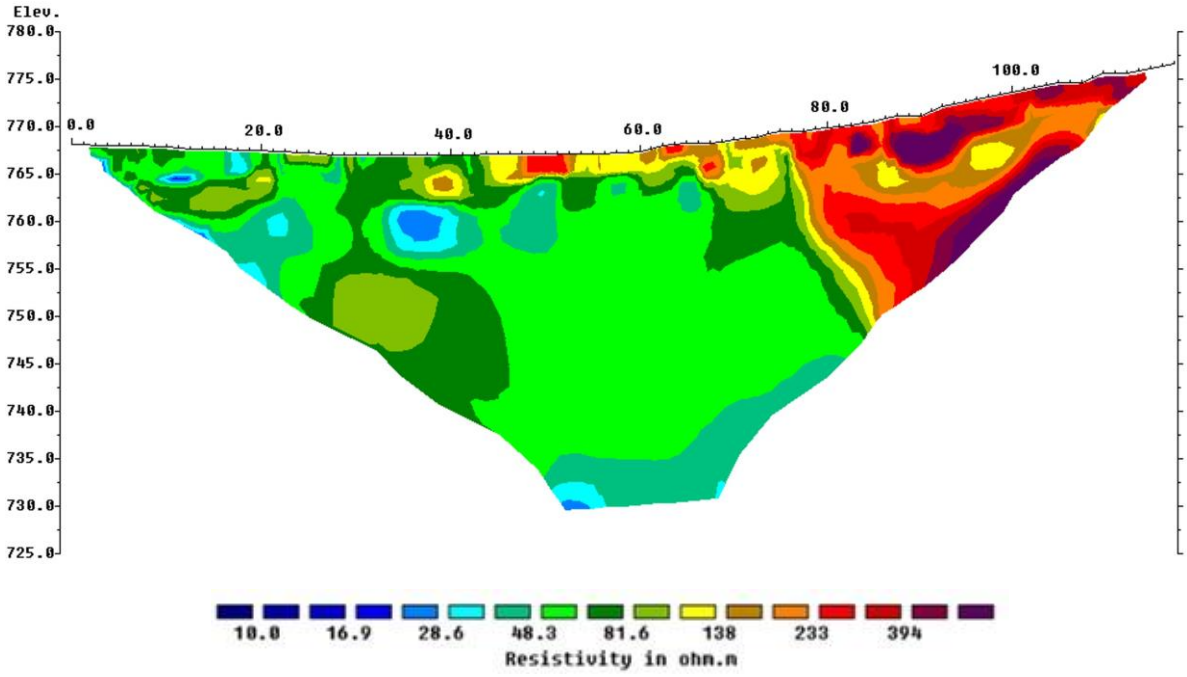


Fig. 1.3.5 - Modello 2D di resistività ottenuta dal processo di inversione – E.R.T. 2.

2. INDAGINE GEORADAR (G.P.R.)

La tecnica G.P.R. si basa sulla misura delle proprietà fisiche (resistività elettrica, permittività dielettrica, polarizzabilità indotta, etc.) dei materiali attraverso la trasmissione di onde elettromagnetiche emesse da un'antenna che viene trascinata sulla superficie del materiale investigato, e sulla successiva ricezione dei segnali riflessi. Infatti, ogni qualvolta siano presenti discontinuità, le onde sono in parte riflesse, generando impulsi secondari che, se correttamente interpretati, permettono di risalire alle discontinuità che li hanno generati. La tecnica è particolarmente efficace nell'indagine di materiali non conduttori (calcestruzzo e lapidei) e per rivelare la presenza d'oggetti metallici. La profondità d'indagine raggiungibile dall'impulso radar nel materiale è funzione della frequenza centrale dello stesso e dalla conducibilità elettrica che ne influenza l'attenuazione in modo direttamente proporzionale. All'aumentare della frequenza, minore è la profondità raggiunta dall'onda radar: la scelta della frequenza di lavoro dell'antenna deve essere effettuata in base alle caratteristiche elettriche e geometriche dei materiali, alle risoluzioni spaziali e alla profondità di indagine richieste. I tempi d'indagine sono relativamente contenuti e ciò permette l'ispezione di ampie superfici. Il risultato di un rilievo G.P.R. è un radargramma, in pratica una sezione dell'oggetto, dove una delle dimensioni rappresenta la linea di scansione lungo la quale è stata movimentata l'antenna e l'altra definisce un intervallo temporale (tempo di volo dell'onda), che, può essere trasformato in profondità. Infatti, nota la costante dielettrica del materiale, si può determinare la velocità di propagazione radar attraverso la relazione $v_r = c/\sqrt{\varepsilon_r}$ (dove ε_r è la costante dielettrica) e quindi calcolare la profondità dell'interfaccia riflettente.

2.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

- GEORADAR "RIS HI- MOD" (IDS) Array MF multifrequenza monostatico composto da:
  - Antenna MF 200 Mhz monostatica;
  - Antenna MF 600 Mhz monostatica;
- Strumentazione GPS;
- Ruota metrica digitale per l'esatta misura delle coordinate dei dati acquisiti;
- Unità di acquisizione radar DAD a 2 canali costituita da:
  - PC LapTop Panasonic alimentato da batteria a 12 V;

- Scheda di controllo dei dati radar, di conversione A/D e di alimentazione radar;
- SW di acquisizione IDSGRAS V4.2;
- Unità di distribuzione a 2 canali.

CARATTERISTICHE TECNICHE GEORADAR "RIS HI- MOD" (IDS)	
 **GEORADAR "RIS HI- MOD" (IDS)**	**GEORADAR "RIS HI- MOD" (IDS)** Array MF multifrequenza monostatico composto da: • Risoluzione 24 bit • Antenna MF 200 e 600 Mhz monostatica • Ruota metrica digitale • PC LapTop alimentato da batteria a 12 V • Scheda di controllo dei dati radar, di conversione A/D • SW di acquisizione One Vision • Unità di distribuzione a 2 canali

Fig. 2.1.1 – Georadar RIS HI-MOD.

2.2 ACQUISIZIONE DATI

Per l'indagine G.P.R. è stato utilizzato il georadar "RIS HI- MOD" prodotto dalla IDS (Ingegneria Dei Sistemi). Durante la scansione i dati radar sono presentati a video e allo stesso tempo registrati. L'acquisizione è stata effettuata utilizzando due frequenze di acquisizione per ottenere maggiore risoluzione spaziale nelle parti superficiali (600 Mhz), e dove richiesto una maggiore profondità d'indagine (200 Mhz). Precedentemente alla fase di acquisizione vera e propria vengono effettuate una serie di operazioni di taratura e calibrazione dei segnali e delle antenne avente come scopo l'ottimizzazione della risposta strumentale. Le tarature effettuate hanno permesso di trasformare il segnale dei tempi in profondità.

Operativamente sono state compiute le seguenti attività:
- rilievo GPS dei punti di aggancio cartografico;
- rilievo diretto pozzetti accessibili;
- creazione di una griglia di riferimento per le misure Georadar;

- acquisizione radar su linee longitudinali e trasversali;
- generazione di linee in ambiente Autocad;
- definizione linee tubi e stima della loro quota;
- restituzione dati in formato digitale.

Nello specifico le indagini georadar sono state realizzate in n°6 Aree (Fig. 2.2.1), le cui caratteristiche geometriche e di configurazione sono riportate nella seguente tabella 2.2.1. – 2.2.2.





Fig. 2.2.1 - Esecuzione indagine georadar G.P.R.

INDAGINE	Frequenza acquisizione (Hz)	Numero Profili	Profondità (m dal p.c.)

G.P.R. 1	200 - 600	4	3
G.P.R. 2	200 - 600	4	3
G.P.R. 3	200 - 600	5	3
G.P.R. 4	200 - 600	4	3
G.P.R. 5	200 - 600	4	3
G.P.R. 6	200 - 600	3	3

Tab. 2.2.1 - Configurazione dell'acquisizione - G.P.R.

INDAGINE G.P.R.	**Coordinate Cartografiche WGS 84 / UTM zone 33N**			
	A	B	C	D
G.P.R. 1	367149.5 m E 4644674.2 m N	367148.3 m E 4644672.0 m N	367145.6 m E 4644673.2 m N	367147.1 m E 4644675.4 m N
G.P.R. 2	367157.7 m E 4644678.6 m N	367155.6 m E 4644677.6 m N	367154.6 m E 4644679.3 m N	367156.5 m E 4644680.3 m N
G.P.R. 3	367171.6 m E 4644684.3 m N	367168.2 m E 4644682.6 m N	367164.9 m E 4644685.6 m N	367169.7 m E 4644687.7 m N
G.P.R. 4	367475.2 m E 4644483.8 m N	367474.7 m E 4644486.3 m N	367478.2 m E 4644487.3 m N	367479.0 m E 4644484.8 m N
G.P.R. 5	367490.3 m E 4644463.9 m N	367488.5 m E 4644465.7 m N	367490.1 m E 4644467.6 m N	367492.0 m E 4644466.0 m N
G.P.R. 6	367510.8 m E 4644448.8 m N	4644449.5 m E 4644449.5 m N	367510.4 m E 4644450.9 m N	367511.8 m E 4644450.2 m N

Tab. 2.2.2 – Coordinate delle aree indagate tramite indagine georadar.

2.3 ELABORAZIONE DATI E RISULTATI

Il segnale radar ricevuto dall'antenna risulta sempre caratterizzato dalla presenza di rumore ("noise") che deve essere rimosso al fine di enfatizzare il più possibile la visibilità dei bersagli ricercati. Numerosi sono quindi i processi di elaborazione a cui il segnale viene sottoposto prima della fase di interpretazione dei dati. Nella figura 2.3.1 viene mostrata l'individuazione di un bersaglio radar presente nel sottosuolo al passaggio delle antenne.

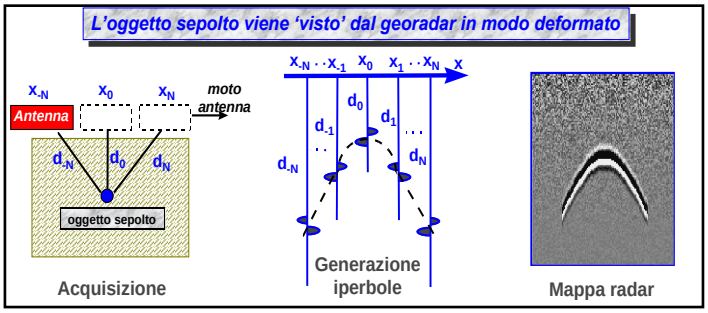


Fig. 2.3.1 – Principio di funzionamento del georadar.

I dati acquisiti vengono poi processati e interpretati.

In particolare, i segnali acquisiti vengono elaborati attraverso dei filtraggi:

- *Filtraggio verticale*: ogni singola traccia radar contiene un insieme di picchi che presentano un determinato periodo. Lo scopo del filtraggio nel dominio del tempo (filtraggio verticale) è quello di rimuovere tutte le frequenze spurie, cioè non connesse a bersagli presenti nel sottosuolo.
- *Filtraggio orizzontale*: l'insieme delle tracce connesse con una determinata struttura definisce una frequenza orizzontale; l'obiettivo del filtraggio orizzontale (dominio spaziale) è quello di rimuovere le basse frequenze (bande parallele) che non sono connesse ad alcuna struttura, ma che si generano nella zona tra antenna e superficie.
- *Migrazione*: questa operazione è particolarmente adatta alla ricerca di sottoservizi e/o strutture di rinforzo. Infatti, a causa della spiccata sensibilità periferica delle antenne radar, le onde emesse generano riflessioni ad andamento iperbolico ed il processo di migrazione consente di rimuovere le code di queste iperboli conservando solo il punto di vertice che corrisponde alla posizione del bersaglio.
- *Linear Gain*: filtraggio necessario per aumentare la leggibilità delle radargrafie. Una volta elaborati i dati le radargrafie ottenute sono state sistemate su un modello grafico tridimensionale che ha permesso lo studio dettagliato del sottosuolo investigato.

Di seguito si riportano i risultati delle elaborazioni delle indagini georadar:

- Radargrammi con la relativa lunghezza (m) e profondità (m) in forma grafica.

Le elaborazioni delle prove eseguite vengono illustrate nelle immagini seguenti dove si riporta un radargramma esemplificativo per ciascuna area indagata (Fig. 2.3.2 ÷ 2.3.7).

I risultati e le interpretazioni finali sono riportati in Allegato (TAV. 04, 05).

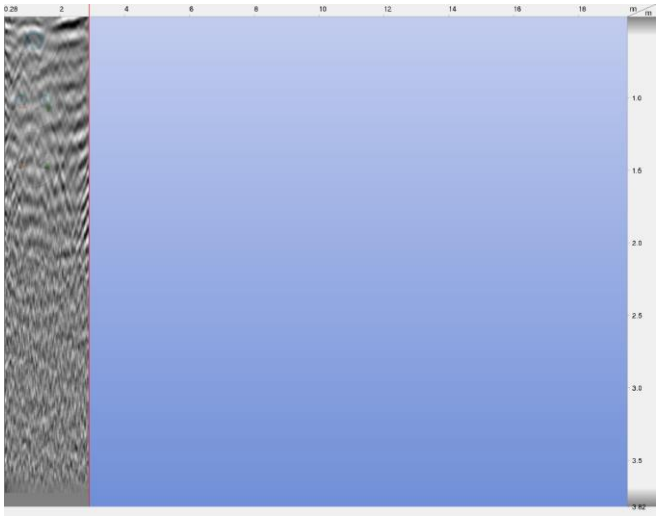


Fig. 2.3.2 – Radargramma acquisito nell'Area 1.

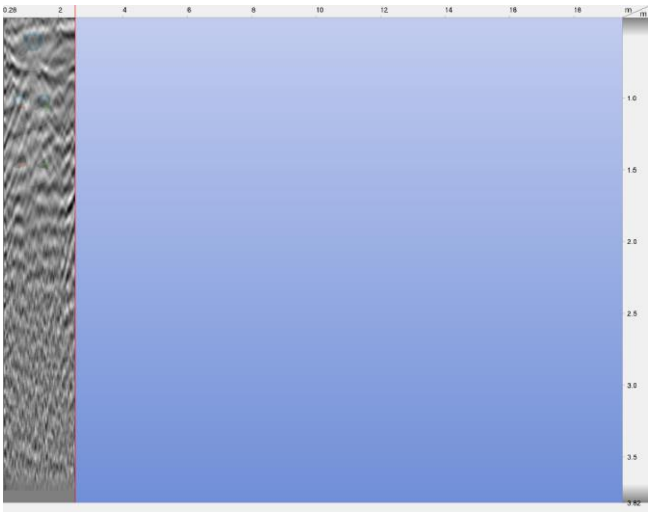


Fig. 2.3.3 – Radargramma acquisito nell'Area 2.

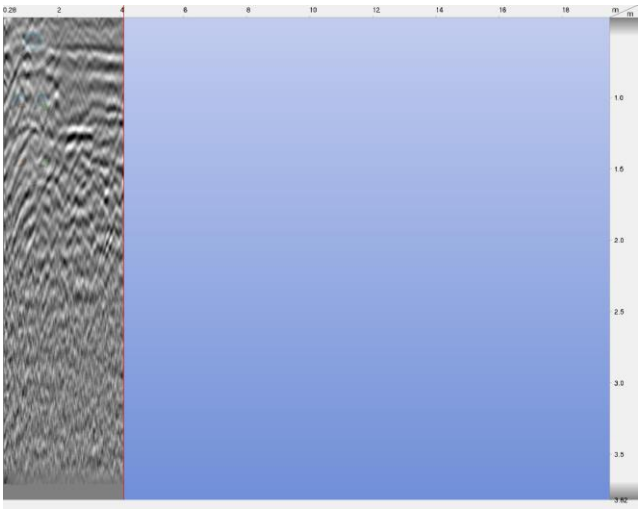


Fig. 2.3.4 – Radargramma acquisito nell'Area 3.

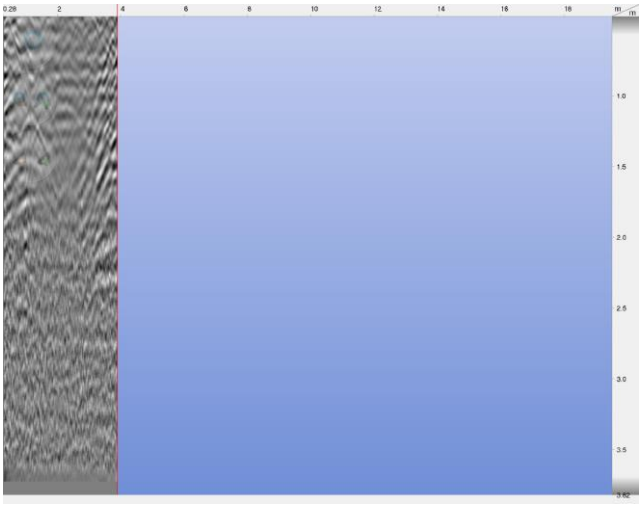


Fig. 2.3.5 – Radargramma acquisito nell'Area 4.

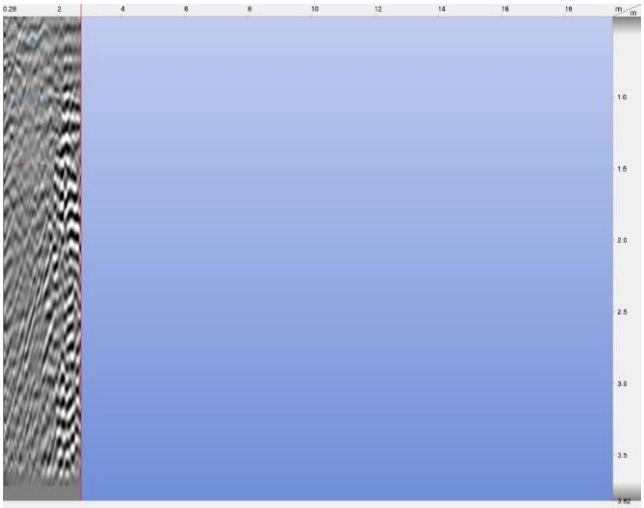


Fig. 2.3.6 – Radargramma acquisito nell'Area 5.

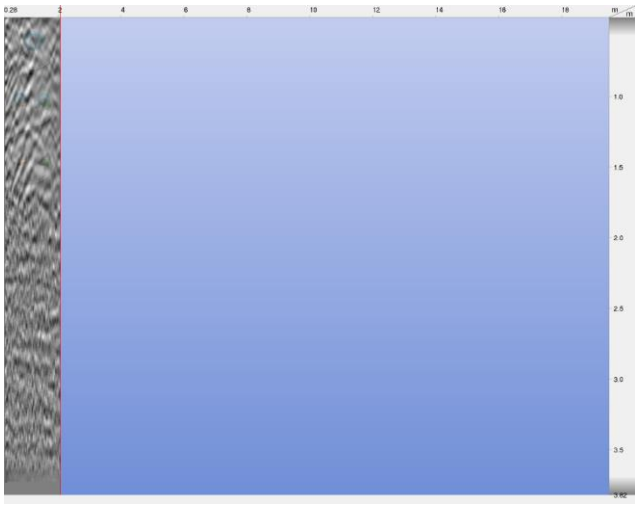


Fig. 2.3.7 – Radargramma acquisito nell'Area 6.

3. GEOREFERENZIAZIONE DELLE INDAGINI

Tutti gli elementi delle indagini eseguite sono stati georeferenziati mediate un rilievo topografico satellitare. Il sistema topografico GNSS è basato su tecnologia multicostellazione e multifrequenza per misure RTK con modem 3.5 G integrato per le correzioni NTRIP.

Tutti i punti di misura sono stati codificati in fase di memorizzazione per una migliore gestione dei dati.

3.1 ACQUISIZIONE DATI

L'acquisizione dati è stata eseguita utilizzando la seguente strumentazione:

- GNSS Emlid Reach RS2 per ricezione dati;
- PAD / Smartphone e software acquisizione dati Reach View e TPad.

CARATTERISTICHE TECNICHE RICEVITORE GNSS "Reach RS2" (Emlid)



GNSS "Reach RS2" (Emlid)

Reach RS2 specifications

MECHANICAL		ELECTRICAL	
Dimensions	126x126x142 mm	Autonomy	16 hrs as 3.5G RTK rover, 22 hrs logging
Weight	950 g	Battery	LiFePO4 6400 mAh, 6.4 V
Temperature	-20...+65 °C	External power input	6–40 V
Ingress protection	IP67 water- and dustproof	Charging	USB-C 5 V 2 A
GNSS		**DATA**	
Signal tracked	GPS/QZSS L1C/A, L2C, GLONASS L1OF,L2OF, BeiDou B1I, B2I, Galileo E1-B/C, E5b	Position output	NMEA, LLH/XYZ
		Corrections	NTRIP, VRS, RTCM3
		Data logging	RINEX at update rate up to 20 Hz
Number of channels	184	Internal storage	16 GB
Update rates	20 Hz GPS / 5 Hz GNSS		
CONNECTIVITY		**POSITIONING**	
UHF LoRa radio	Frequency range 868/915 MHz	Precision	Static H: 4 mm+0.5 ppm V: 8 mm+1 ppm
	Power 0.1 W		PPK H: 5 mm+0.5 ppm V: 10 mm+1 ppm
	Distance Up to 8 km		RTK H: 7 mm+1 ppm V: 14 mm+1 ppm
3.5G modem	Regions Global	Convergence time	~5 s typically
	Bands Quad-band, 850/1900, 900/1800 MHz	IMU	9DOF
	SIM card Nano-SIM		
Wi-Fi	802.11 b/g/n		
Bluetooth	4.0/2.1 EDR		
Ports	RS-232, USB-C		

Fig.3.1.1 – Ricevitore GNSS Emlid Reach RS2.

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nella presente relazione sono state illustrate le fasi di lavori e i risultati delle indagini geofisiche di tipo geoelettrica tomografica 2D (E.R.T.) e georadar (G.P.R.) eseguite nel territorio comunale di Canistro (AQ).

I risultati delle indagini e le interpretazioni caratterizzanti l'area in studio vengono di seguito descritti:

1. I risultati delle indagini di geoelettrica tomografica 2D E.R.T. con le opportune scale cromatiche necessarie per la definizione del modello elettro-stratigrafico e la relativa interpretazione sono riportate in allegato (TAV. 03). Dall'analisi ed interpretazione dei risultati ottenuti dalle prove è possibile la suddivisione in elettro-strati associabili alle litologie presenti in sito e denominati rispettivamente:
    - Elettro strato A con resistività da 40 ohm*m a 500 ohm*m. – Materiale di riporto antropico e/o coltre di alterazione superficiale,
    - Elettro strato B con resistività da 30 ohm*m a 140 ohm*m – Substrato prevalentemente pelitico,
    - Elettro strato C con resistività maggiori di 140 ohm*m – Substrato prevalentemente arenaceo.

    Inoltre, all'interno degli elettrostrati B e C è stata evidenziata tramite un retino la parte più superficiale ed alterata del substrato (TAV. 03).

2. I risultati dell'indagine georadar (GPR) sono riportati in allegato (TAV. 04, 05). I risultati strumentali delle indagini GPR non hanno evidenziato la presenza di anomalie geofisiche associabili alla presenza di sottoservizi.

Si rimane a disposizione per eventuali chiarimenti.

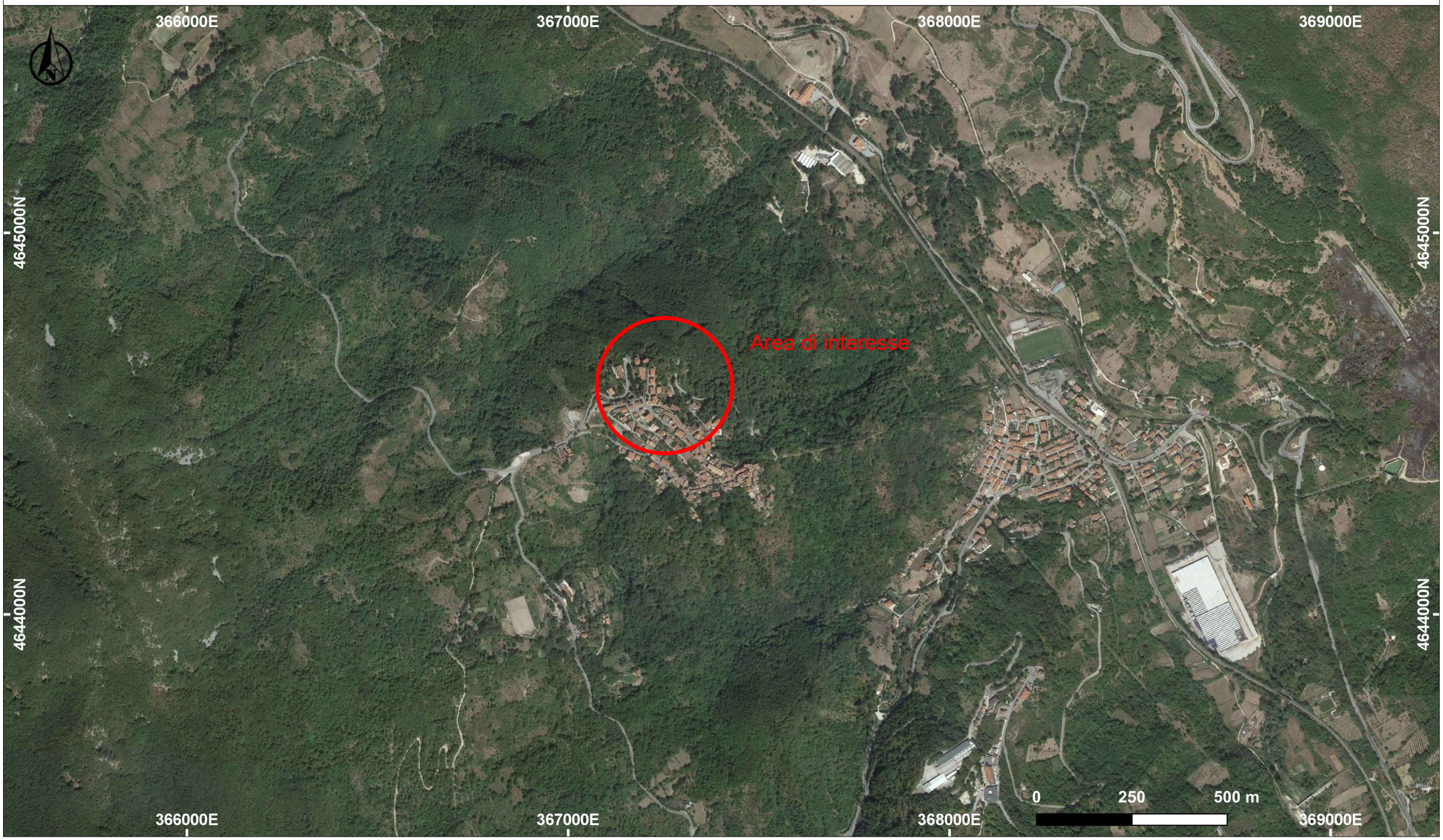
Città Sant'Angelo, Gennaio 2022

GGM s.r.l.
GEOLOGICAL & GEOPHYSICAL MULTISERVICE
P.I. - C.F. : 01891900688
VIALE SAN MARTINO, 30 - 65013 CITTÀ SANT'ANGELO (PE)
www.ggmsrl.it - info@ggmsrl.it - +39 0859506423 (PE)

ALLEGATO

- TAV. 01 – INQUADRAMENTO GEOGRAFICO
- TAV. 02 – UBICAZIONE INDAGINI
- TAV. 03 – INDAGINI TOMOGRAFICHE ELETTRICHE 2D (E.R.T.)
- TAV. 04 – INDAGINE GEORADAR – AREE 1-2-3
- TAV. 05 – INDAGINE GEORADAR – AREE 4-5-6

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO



Area di interesse

GGM S.R.L.
Viale San Martino, 30
65013 Città Sant'Angelo (PE) - Italy
P.IVA IT01891900688 - Tel./Fax: +39 085 9506423
email: info@ggmsrl.it | www.ggmsrl.it

REV.	DATA (DATE)	REDATTO (DRWN.BY)	CONTROL. (CHCK'D)	APPROVATO (APPR'D)
2				
1				
0	01/2022		C. Chilufya	R. Di Pasquale

DENOMINAZIONE DOCUMENTO *(DOCUMENT DESCRIPTION)*: ALLEGATO

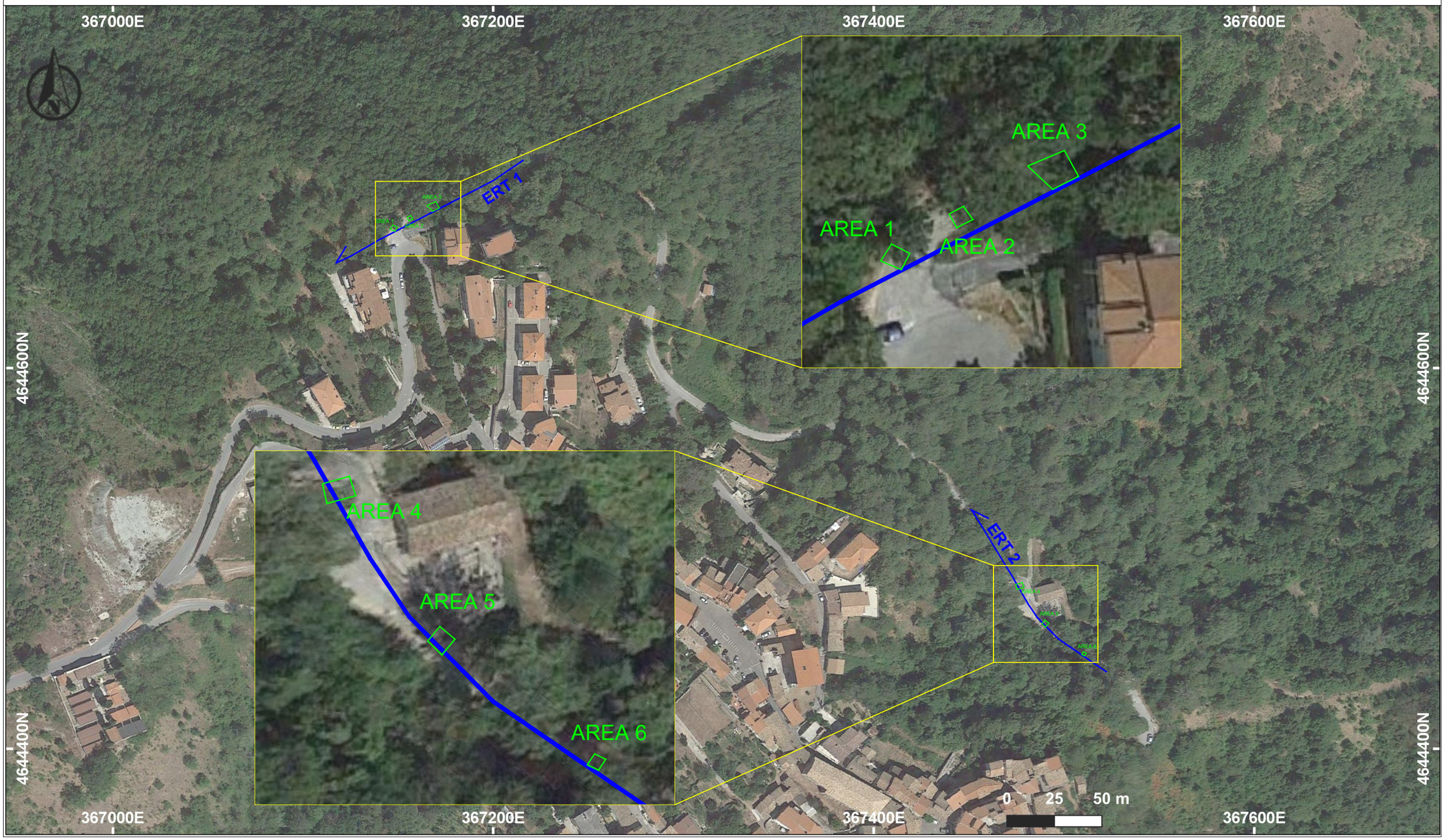
TAVOLA: 01

TITOLO *(TITLE)*: Inquadramento geografico

SCALA *(SCALE)*: --

A3

UBICAZIONE INDAGINI



Inizio

Fine

Indagine di tomografia elettrica 2D - ERT

Aree rilevate con il georadar

GGM geological & geophysical multiservice
GGM S.R.L.
Viale San Martino, 30
65013 Città Sant'Angelo (PE) - Italy
P.IVA IT01891900688 - Tel./Fax: +39 085 9506423
email: info@ggmsrl.it | www.ggmsrl.it

REV.	DATA (DATE)	REDATTO (DRWN.BY)	CONTROL. (CHCK'D)	APPROVATO (APPR'D)
2				
1				
0	01/2022		C. Chilufya	R. Di Pasquale

DENOMINAZIONE DOCUMENTO *(DOCUMENT DESCRIPTION)*: ALLEGATO

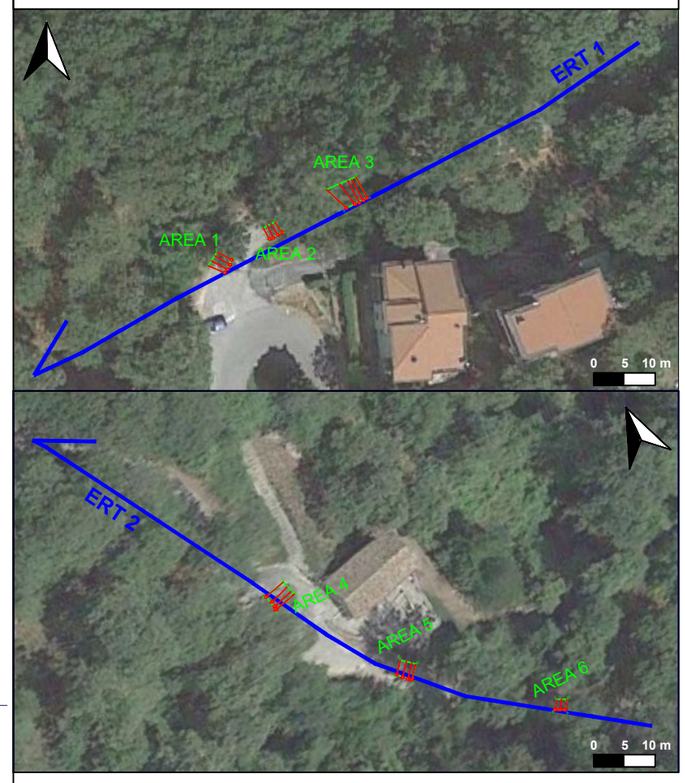
TAVOLA: 02

TITOLO *(TITLE)*: Ubicazione indagini

SCALA *(SCALE)*: --

INDAGINI TOMOGRAFICHE ELETTRICHE 2D - E.R.T.

UBICAZIONE INDAGINI

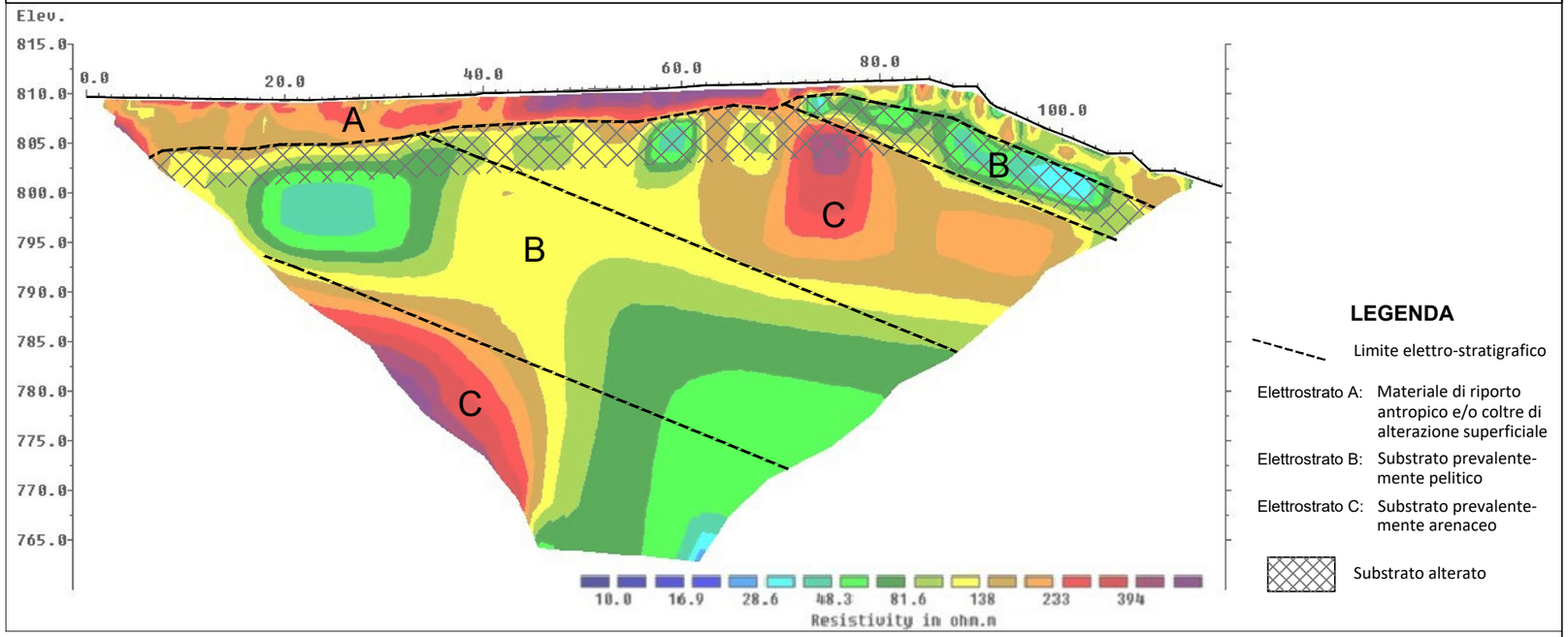


REPORT FOTOGRAFICO



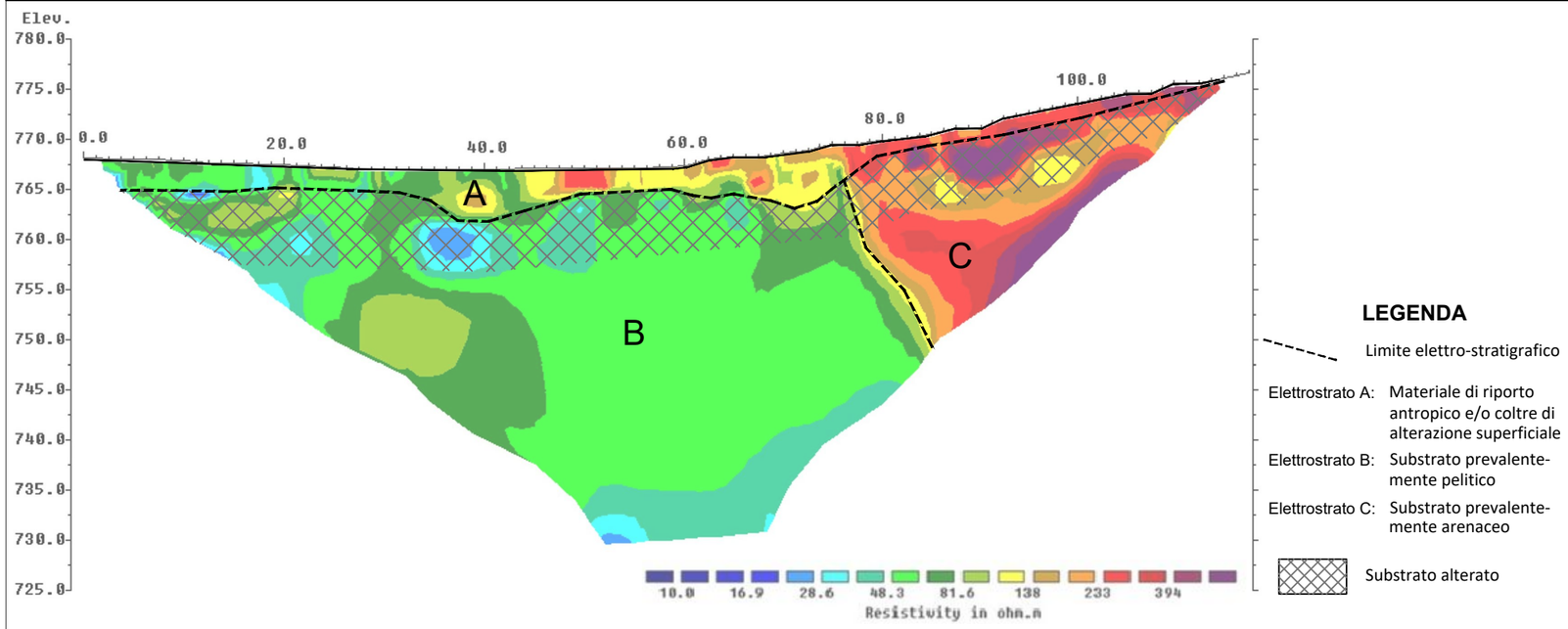
TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D - E.R.T. 1

SCALA 1:600



TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D - E.R.T. 2

SCALA 1:600



GGM S.R.L.
Viale San Martino, 30
65013 Città Sant'Angelo (PE) - Italy
P.IVA IT01891900688 - Tel./Fax: +39 085 9506423
email: info@ggmsrl.it | www.ggmsrl.it

REV.	DATA (DATE)	REDATTO (DRWN.BY)	CONTROL. (CHCK'D)	APPROVATO (APPR'D)
2				
1				
0	01/2022		C. Chilufya	R. Di Pasquale

DENOMINAZIONE DOCUMENTO *(DOCUMENT DESCRIPTION)*: ALLEGATO

TAVOLA: 03

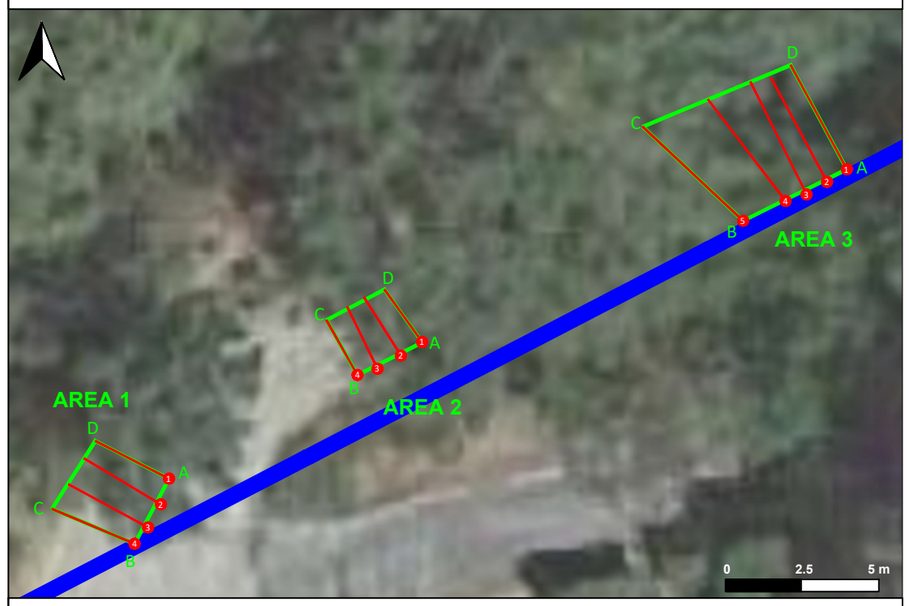
TITOLO *(TITLE)*: Indagine tomografica elettrica 2D – E.R.T.

SCALA *(SCALE)*: --

A3

INDAGINE GEORADAR - AREE 1-2-3

UBICAZIONE INDAGINI



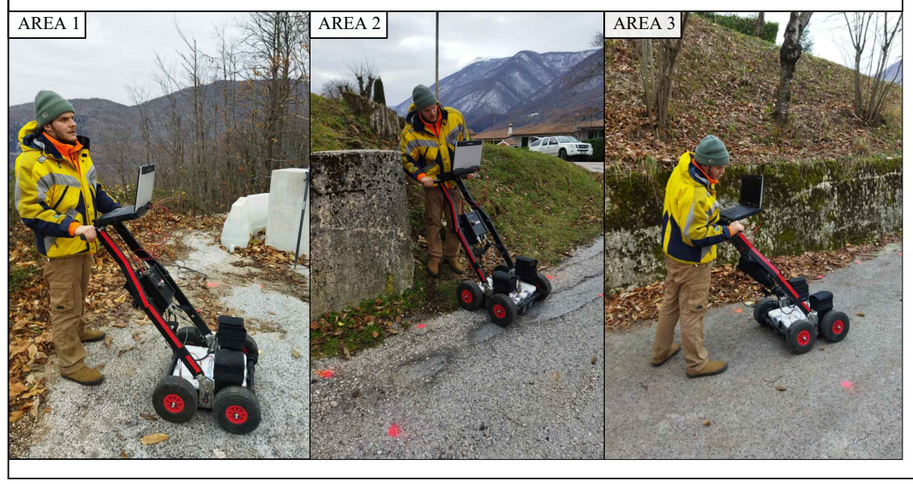
LEGENDA

Aree rilevate

Fine
Inizio
Profili georadar

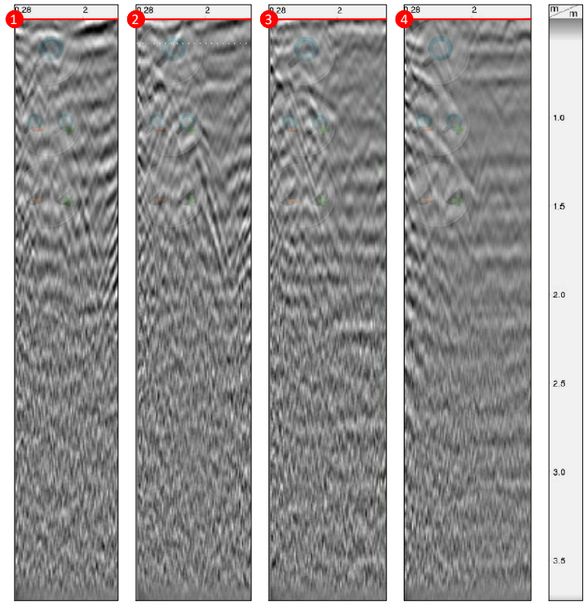
Fine
Inizio
Indagine di tomografia elettrica 2D

REPORT FOTOGRAFICO

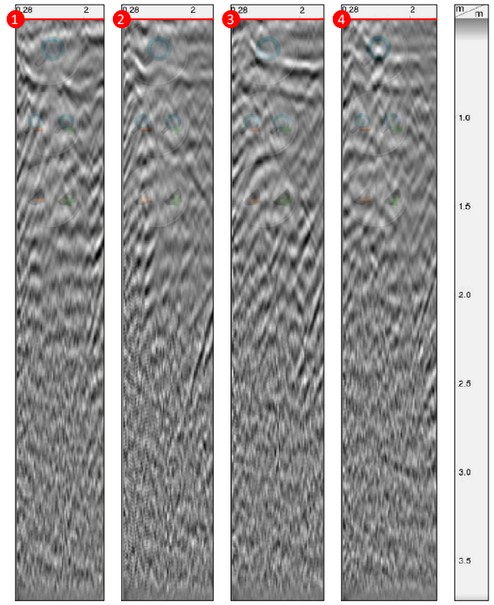


RADARGRAMMI

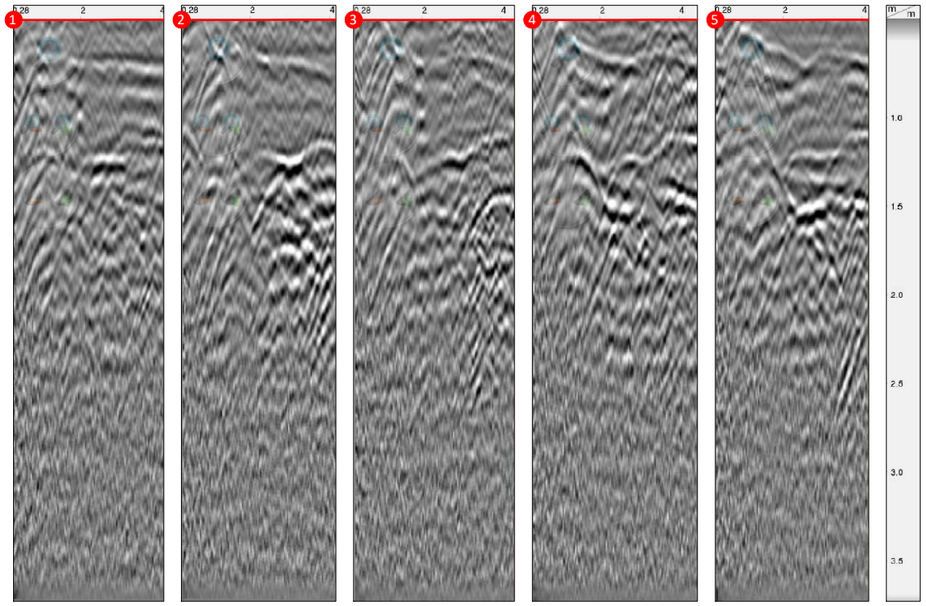
AREA 1



AREA 2



AREA 3



GGM S.R.L.
Viale San Martino, 30
65013 Città Sant'Angelo (PE) - Italy
P.IVA IT01891900688 - Tel./Fax: +39 085 9506423
email: info@ggmsrl.it | www.ggmsrl.it

REV.	DATA (DATE)	REDATTO (DRWN.BY)	CONTROL. (CHCK'D)	APPROVATO (APPR'D)
2				
1				
0	01/2022		C. Chilufya	R. Di Pasquale

DENOMINAZIONE DOCUMENTO *(DOCUMENT DESCRIPTION)*: ALLEGATO

TAVOLA: 04

TITOLO *(TITLE)*: Indagine georadar – Aree 1-2-3

SCALA *(SCALE)*: --

INDAGINE GEORADAR - AREE 4-5-6

UBICAZIONE INDAGINI



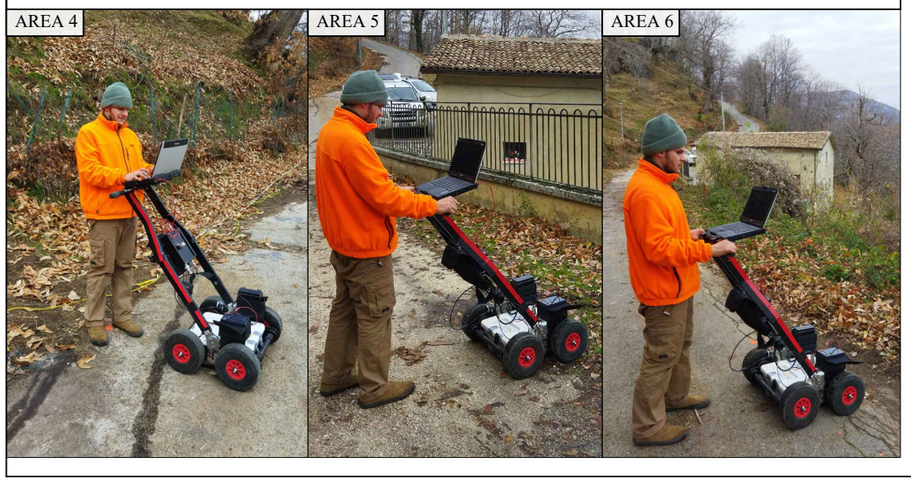
LEGENDA

Aree rilevate

Fine
Inizio
Profili georadar

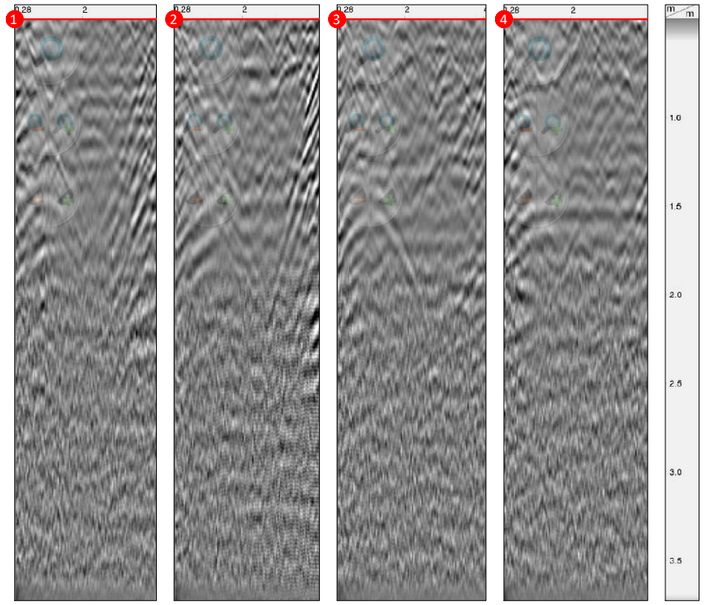
Fine
Inizio
Indagine di tomografia elettrica 2D

REPORT FOTOGRAFICO

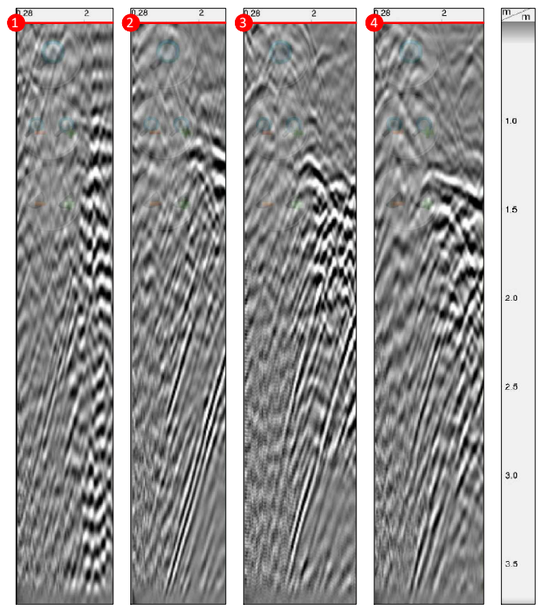


RADARGRAMMI

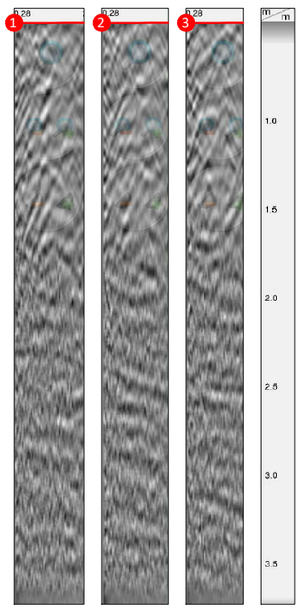
AREA 4



AREA 5



AREA 6



GGM S.R.L.
Viale San Martino, 30
65013 Città Sant'Angelo (PE) - Italy
P.IVA IT01891900688 - Tel./Fax: +39 085 9506423
email: info@ggmsrl.it | www.ggmsrl.it

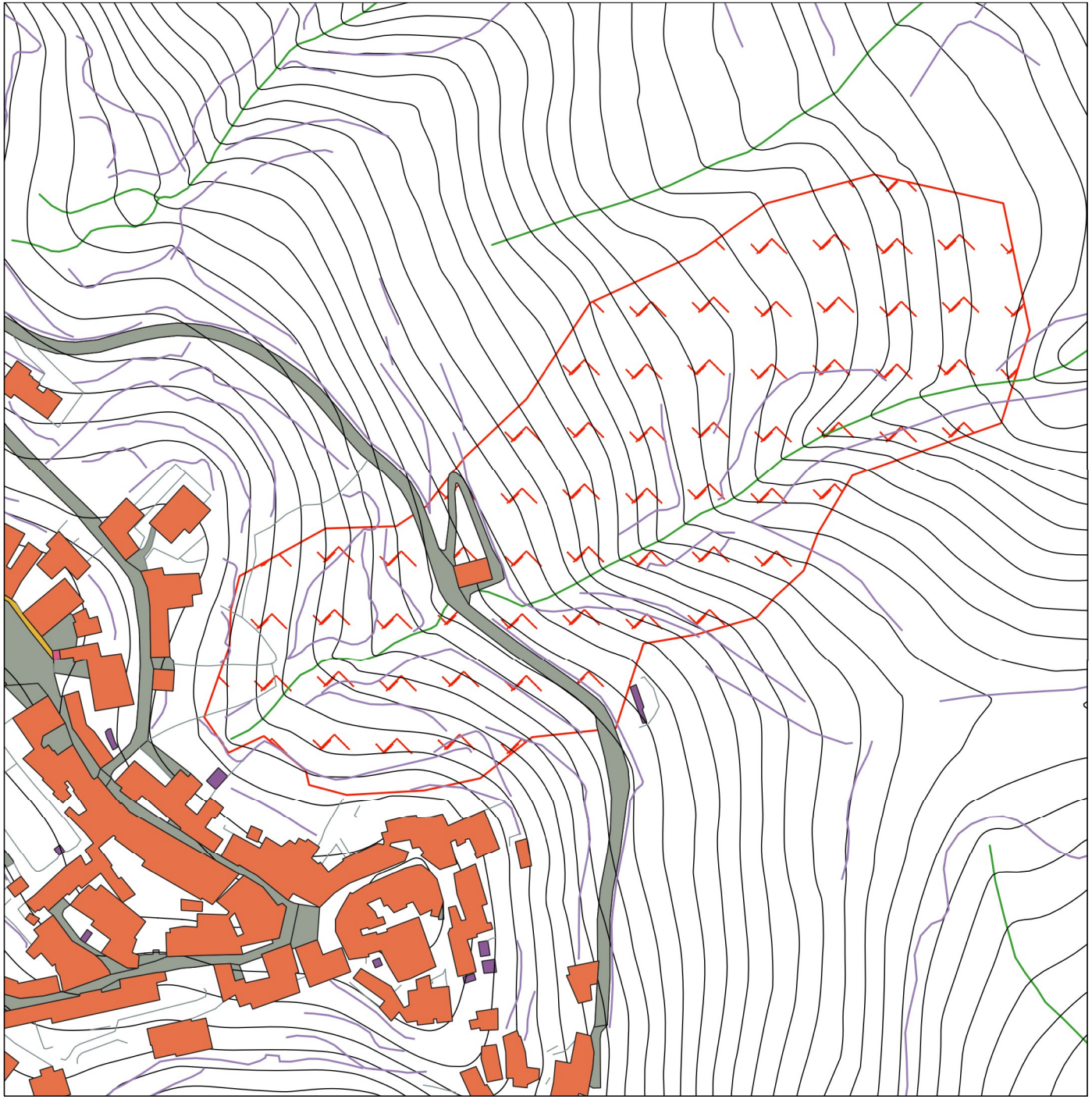
REV.	DATA (DATE)	REDATTO (DRWN.BY)	CONTROL. (CHCK'D)	APPROVATO (APPR'D)
2				
1				
0	01/2022		C. Chilufya	R. Di Pasquale

DENOMINAZIONE DOCUMENTO *(DOCUMENT DESCRIPTION)*: ALLEGATO

TAVOLA: 05

TITOLO *(TITLE)*: Indagine georadar – Aree 4-5-6

SCALA *(SCALE)*: --



COMUNE DI CANISTRO (AQ)

PROGETTO PER LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DISSESTO IDROGEOLOGICO IN LOCALITA FONTICELLA-LOTTO 2

CARTA GEOMORFOLOGICA

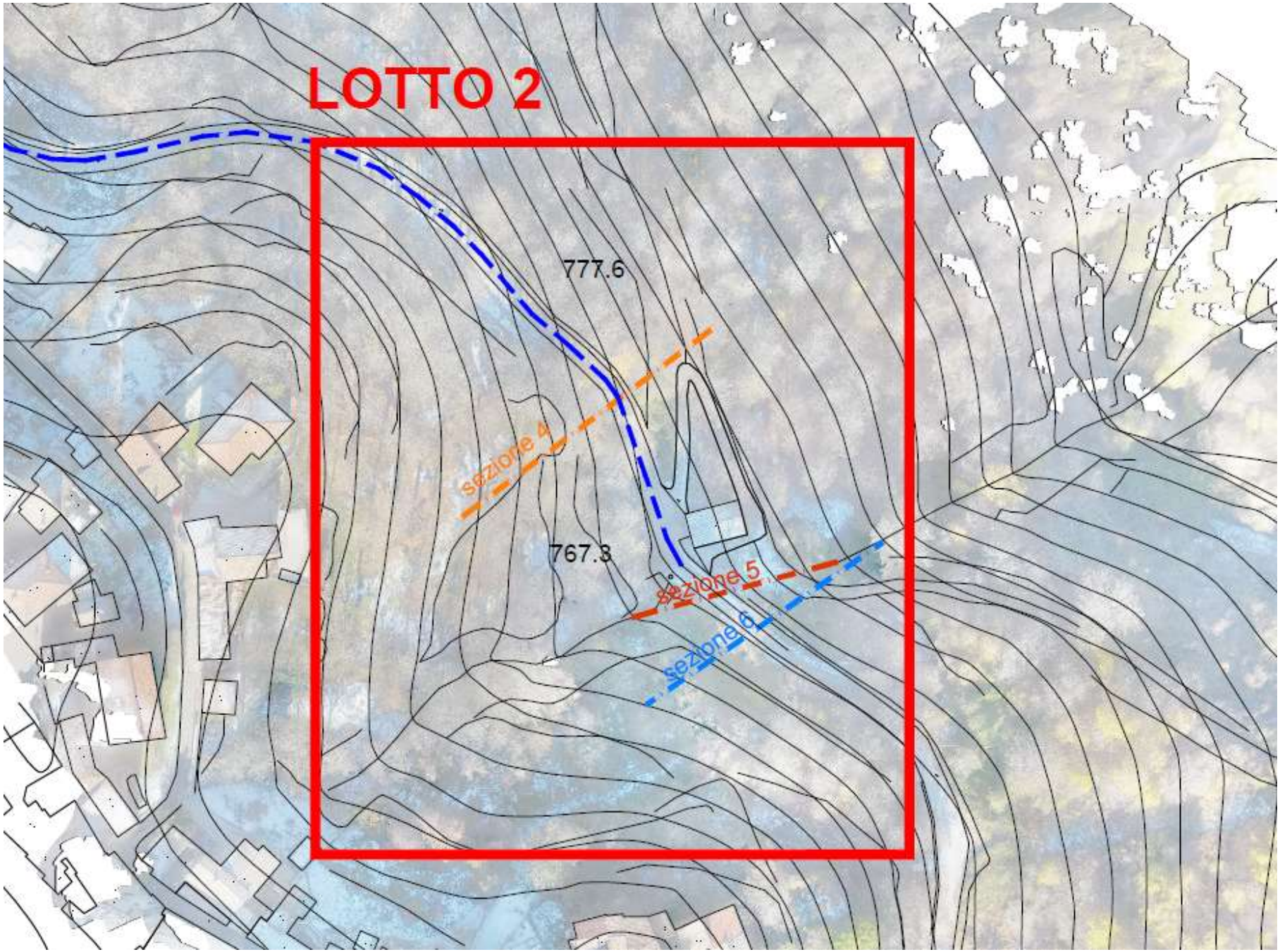
DOTT. GEOL. FABIO GALLI

SCALA 1:1500

Dissesti franosi

- corpo di frana3
- Corona di frana
- Soliflusso

Area di intervento Canistro Fonticella Lotto 2



Sezione 5 -ante operam

STRATO R. *Terreno vegetale e di riporto*.

STRATO CL. *Colluvio limo-sabbioso passante a formazione marnoso argillosa fratturata ed alterata*

STRATO MA. *Marna Argillosa o arenaria*



Modello geotecnico.

Sezione 5 -post operam

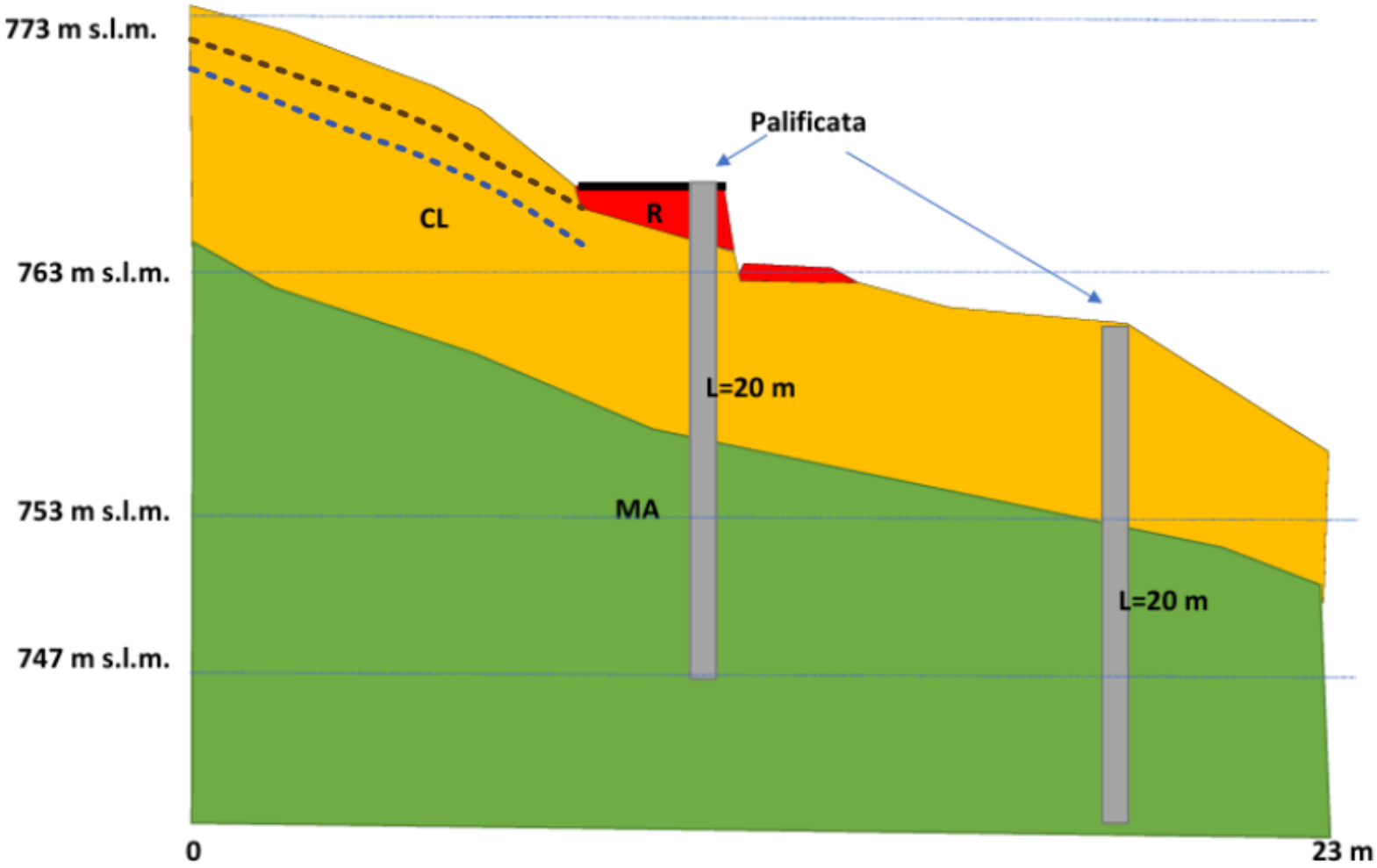
STRATO R. *Terreno vegetale e di riporto.*

STRATO CL. *Colluvio limo-sabbioso passante a formazione marnoso argillosa fratturata ed alterata*

STRATO MA. *Marna Argilloso o arenaria*

INDICAZIONI AGGIUNTIVE:

- Linea tratteggiata marrone: Base gabbioni drenanti (sistema di drenaggio superficiale)
- Linea tratteggiata blu: Tetto falda freatica (profondità variabile 2-3m dal p.c.)

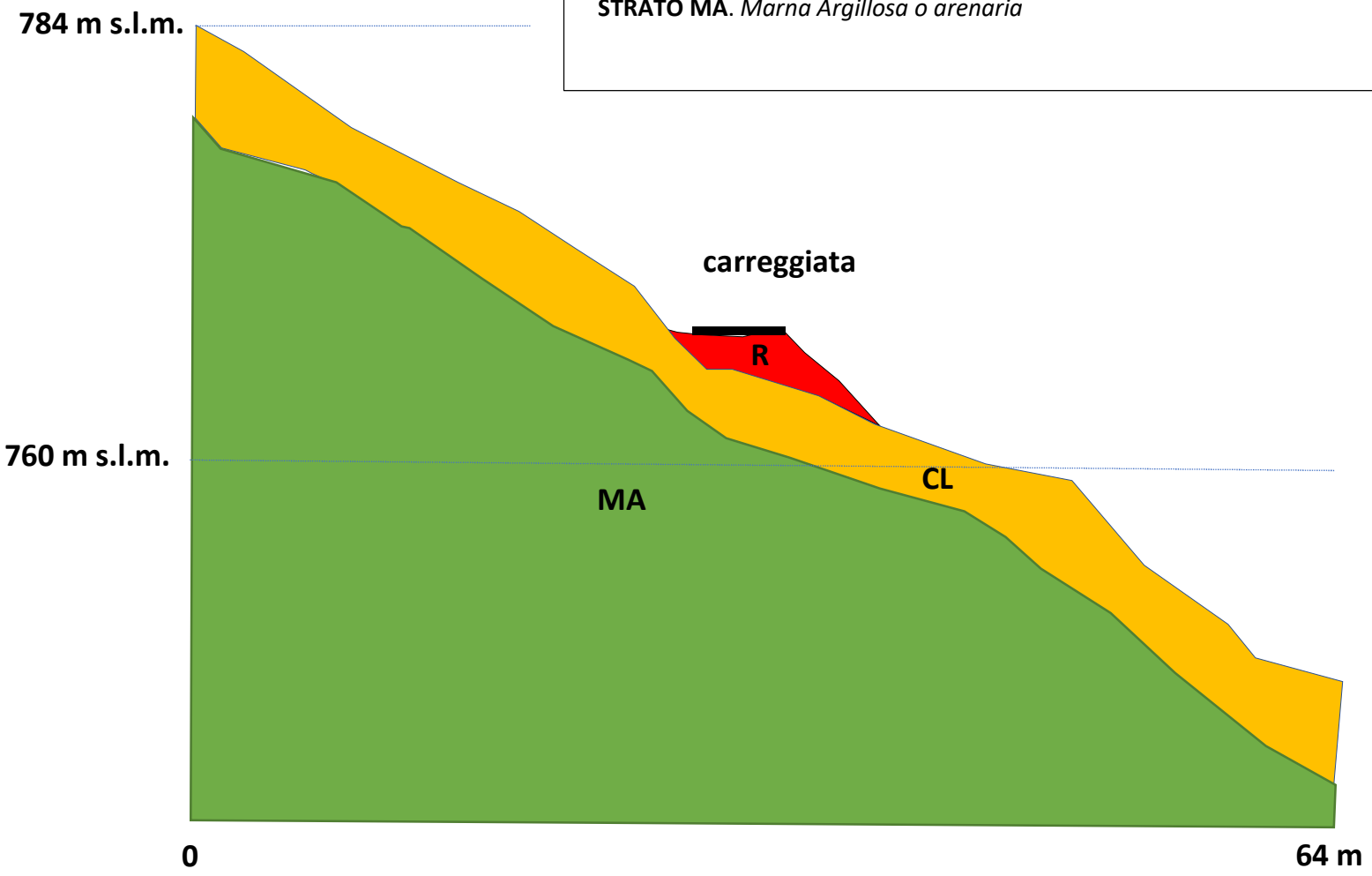


Sezione 6 – Stato attuale

STRATO R. *Terreno vegetale e di riporto*.

STRATO CL. *Colluvio limo-sabbioso passante a formazione marnoso argillosa fratturata ed alterata*

STRATO MA. *Marna Argillosa o arenaria*



Modello geotecnico.

COMUNE DI CANISTRO (AQ)

PROGETTO PER LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DISSESTO IDROGEOLOGICO IN LOCALITA FONTICELLA-AREA2

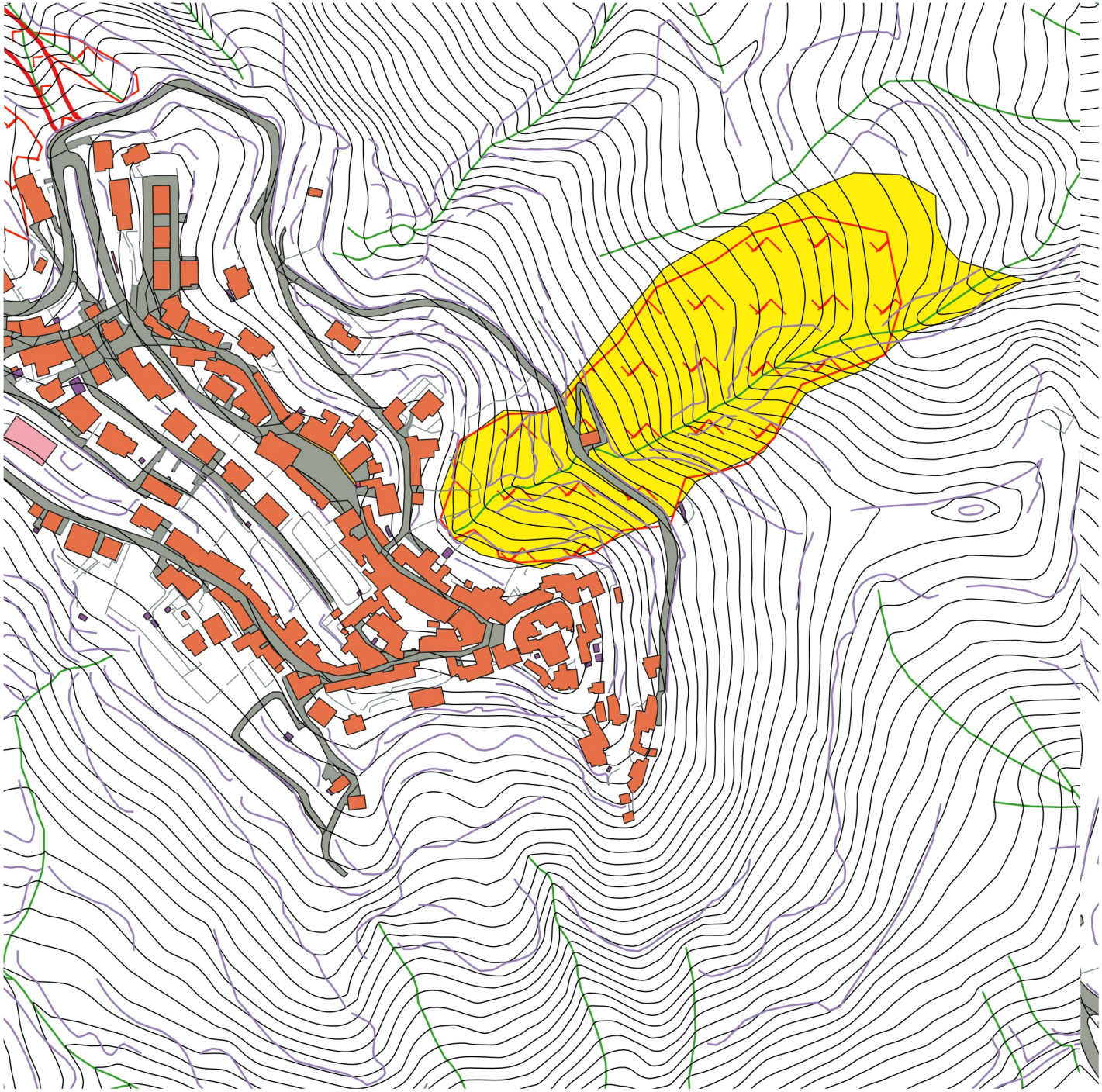
CARTA Geomorfologica

DOTT. GEOL. FABIO GALLI

SCALA 1:1500

SOLIFLUSSO

AREA A RISCHIO POST OPERAM AREA2



COMUNE DI CANISTRO (AQ)

PROGETTO PER LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DISSESTO IDROGEOLOGICO IN LOCALITA FONTICELLA-AREA2

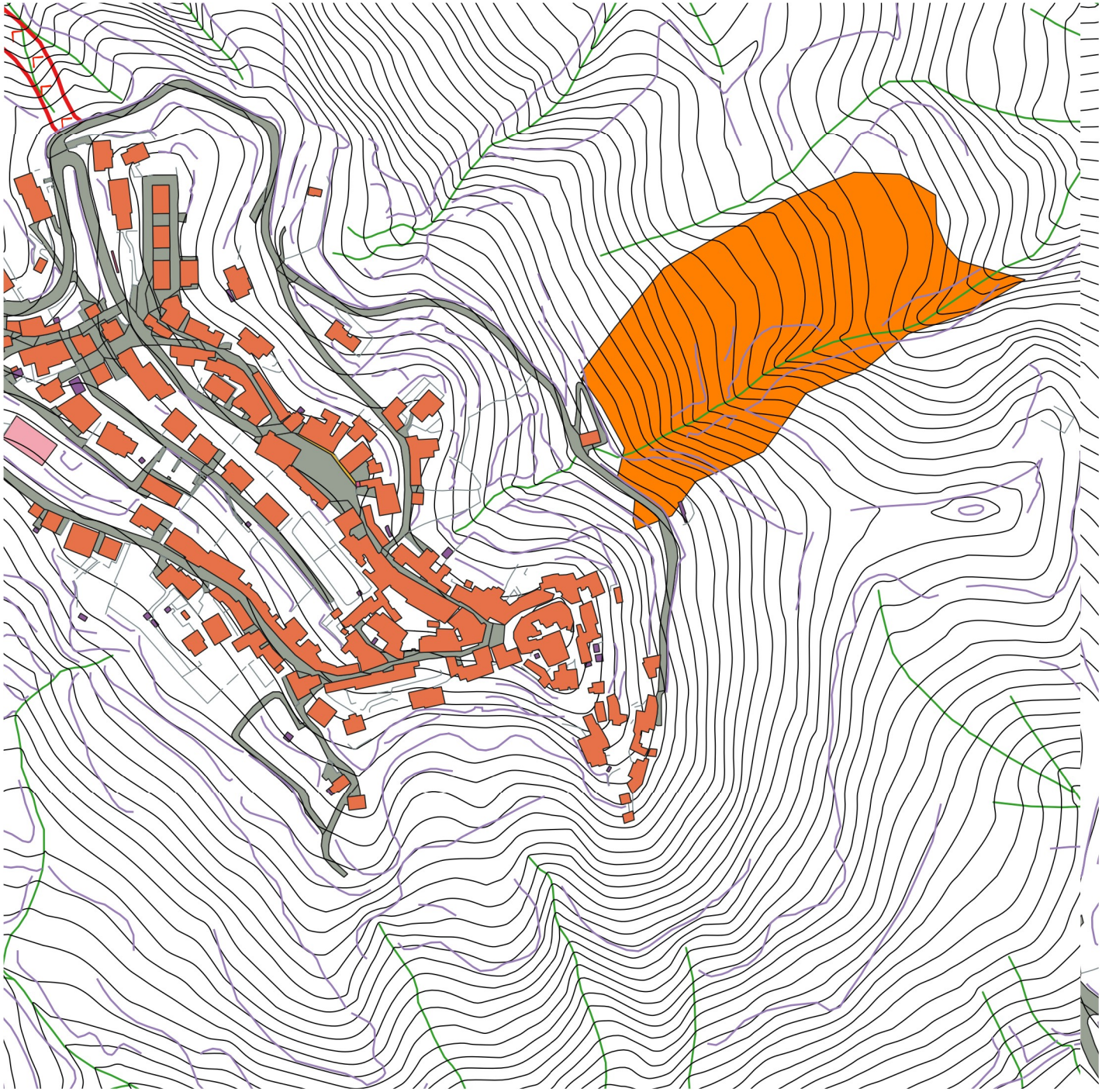
CARTA DELLA PERICOLOSITA'/RISCHIO

DOTT. GEOL. FABIO GALLI

SCALA 1:1500

SOLIFLUSSO

AREA A RISCHIO ANTE OPERAM AREA2



COMUNE DI CANISTRO (AQ)

PROGETTO PER LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DISSESTO IDROGEOLOGICO IN LOCALITA FONTICELLA-AREA2

CARTA DELLA PERICOLOSITA'/RISCHIO

DOTT. GEOL. FABIO GALLI

SCALA 1:1500

SOLIFLUSSO

AREA A RISCHIO POST OPERAM AREA2