



PROVINCIA DI BENEVENTO

Settore Tecnico - Servizio viabilità 2 e connesse infrastrutture

piazzale G. Carducci, 1 - Benevento -
Tel 0824/774220 - pec: settore.tecnico@pec.provincia.benevento.it

S.P.n.11 PANNARANO - PIETRASTORNINA LAVORI DI CONSOLIDAMENTO TRATTO STRADALLE BIVIO BORRECA - CAPUTI - PANNARANO

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

Allegato:

RELAZIONE GEOLOGICA

I TECNICI

Responsabile del Procedimento - Responsabile U.O.:

dr.ssa arch. Alessandrina Papa

Responsabile del servizio di viabilità "2":

dr. ing. Michelantonio Panarese

Dirigente Settore Tecnico:

dr. ing. Angelo Carmine Giordano

Progettazione architettonica - Sicurezza - Strutturale:

dr.ing. Carmine Covelli

FASCICOLATI

TAV. N.

Rel. 02

DATA

27/11/2020



DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 1 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

RELAZIONE GEOLOGICA

PROGETTO:

Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)

COMUNE DI: PANNARANO (BN)



1	22/07/2020	Progetto			
N.	Data	Emissione per	Redatto		
		Progettista		Tavola	
		Geologo	Dott. Geol. Giuseppe Solla: Ordine dei Geologi della Campania n° 2490 AP Sezione A	RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA	
		Unità		PROGETTO ESECUTIVO	
		Protocollo	RELI320		
				Relazione Geologico Tecnica	

Il presente elaborato è di proprietà della Provincia di Benevento – tale P.A. tutelerà i propri diritti a termine di legge

DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 2 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

INDICE

INDICE	2
1 PREMESSA	3
1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI.....	4
2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	5
3 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA	9
4 IDROGEOLOGIA	12
2 INDAGINI ESEGUITE.....	14
3 MODELLO GEOLOGICO DI SITO	16
ALLEGATI	32

1. REPORT ANALISI DI STABILITA'
2. SEZIONE STRATIGRAFICA
3. INDAGINI GEOGNOSTICHE E DI LABORATORIO, CERT. N. 285 A 287
4. RAPPORTO DI PROVA PROSPEZIONI SISMICHE MASW & RIFRAZIONI
5. UBICAZIONE AREA D'INDAGINE
6. PERIMETRAZIONE AREA DI FRANA
7. UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 3 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

1 PREMESSA

Nel mese di Luglio 2020, l'Amministrazione Provinciale di Benevento ha conferito allo scrivente Dott. Geol. Giuseppe Solla, iscritto all'Ordine dei Geologi della Campania al n. 2490, l'incarico di integrazione alle NTC 2018 della relazione geologico tecnica a corredo dei lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN), al fine di individuare ed aggiornare le cause del movimento franoso in atto che insiste sull'area d'interesse.

La presente relazione è stata redatta sulla scorta di uno studio geologico preliminare condotto dal sottoscritto nel 2013, da un successivo elaborato definitivo nel 2015 e sulle indagini svolte in sito.

Il presente studio è stato effettuato al fine di fornire indicazioni relative alla situazione attuale del dissesto in atto, per giungere alla comprensione dei fenomeni e conseguentemente all'indicazione delle eventuali procedure di intervento tecnicamente attuabili, finalizzate alla sistemazione della porzione di strada oggetto del fenomeno di instabilità. Le indagini svolte sono state confrontate con quelle in possesso dell'Amministrazione Provinciale, hanno consentito di sviluppare un modello accurato delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, geofisiche e geotecniche dell'area in oggetto. Per l'inquadramento della zona si fa riferimento alla Carta Tecnica Numerica Regionale n°449014 in scala 1: 5000 del Comune di Pannarano ed il foglio Benevento n. 173 della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000.

DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 4 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

Lo studio è stato condotto in osservanza delle norme tecniche dettate da:

Lo studio è stato condotto in osservanza delle norme tecniche dettate da:

Legge del 02.02.1974 n. 64 e successive integrazioni e modifiche “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;

L.R. del 07.01.1983 n. 9 e successive modifiche ed integrazioni “Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico”;

D.M. 11.03.1988 e successive modifiche ed integrazioni “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;

D.G.R. Campania 5447 del 07.11.2002 Aggiornamento della Classificazione Sismica dei Comuni della Campania;

O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003 e successive modifiche ed integrazioni “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”;

Norme attuazione P.A.I. n°384 29/11/2010 e successive modifiche;

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17.01.2018.

DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 5 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La zona d'indagine è situata nel settore settentrionale dei Monti del Partenio, nella porzione Sud occidentale del Comune di Pannarano, a circa 1 Km di distanza dal centro abitato, lungo la S.P. 11 "via Pietrastornina".

Più precisamente il tratto stradale in condizioni di dissesto taglia il versante in una zona collinare a circa 413 m s.l.m. con coordinate N 41° 00' 16,62" e E 14° 42' 53", posto in destra orografica di un impluvio torrentizio anche esso affetto da vari dissesti lungo i suoi versanti, dove convogliano, tramite aste di 4° e 5° ordine, tutte le acque di ruscellamento e di infiltrazione, inoltre, tale impluvio funge da canale preferenziale per processi di mobilitazione di movimenti di massa, come colate detritiche che si generano dai suoi fianchi.

Le pendenze del versante sono mediamente inferiori al 25%; i dissesti avvenuti in passato e l'antropizzazione a fini agricoli ne hanno parzialmente modificato l'assetto morfologico, con creazione di tratti moderatamente inclinati, dove le pendenze sono inferiori ai 10°, comprese tra strette e ripide fasce boscate, con pendenze superiori ai 20°.

Dal punto di vista morfologico, l'area in epigrafe è rappresentata da un tratto di versante con andamento Sud Sud Ovest – Nord Nord Est, dove le quote dei terreni interessati dal movimento gravitativo sono compresi tra i 415 m ed i 375 m s.l.m..

In particolare il movimento recente che interessa l'area d'indagine è situato sulla carreggiata stradale e percorre la stessa per circa 60 m, da quota 413 m fino a quota 405 m, verso l'impluvio torrentizio, con conseguente avvallamento e deformazione generalizzata del massetto stradale con numerose fessure trasversali. Inoltre, si denotano numerose fessure di trazione

DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 6 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

anche nella porzione di manto stradale non deformato e situate a monte del coronamento del movimento in atto, segno di un'ulteriore e possibile espansione del movimento stesso.

Altra componente morfologica caratterizzante l'area è la presenza di un olistolite calcareo, a monte strada, il quale è parzialmente annegato nella matrice argilloso limosa, in alcuni tratti affiora con pareti verticali molto alterate e fratturate; nel tratto a valle della strada provinciale affiora materiale terrigeno di natura argilloso limoso rimaneggiato, mobilizzato da precedenti riattivazioni del movimento gravitativo in questione.

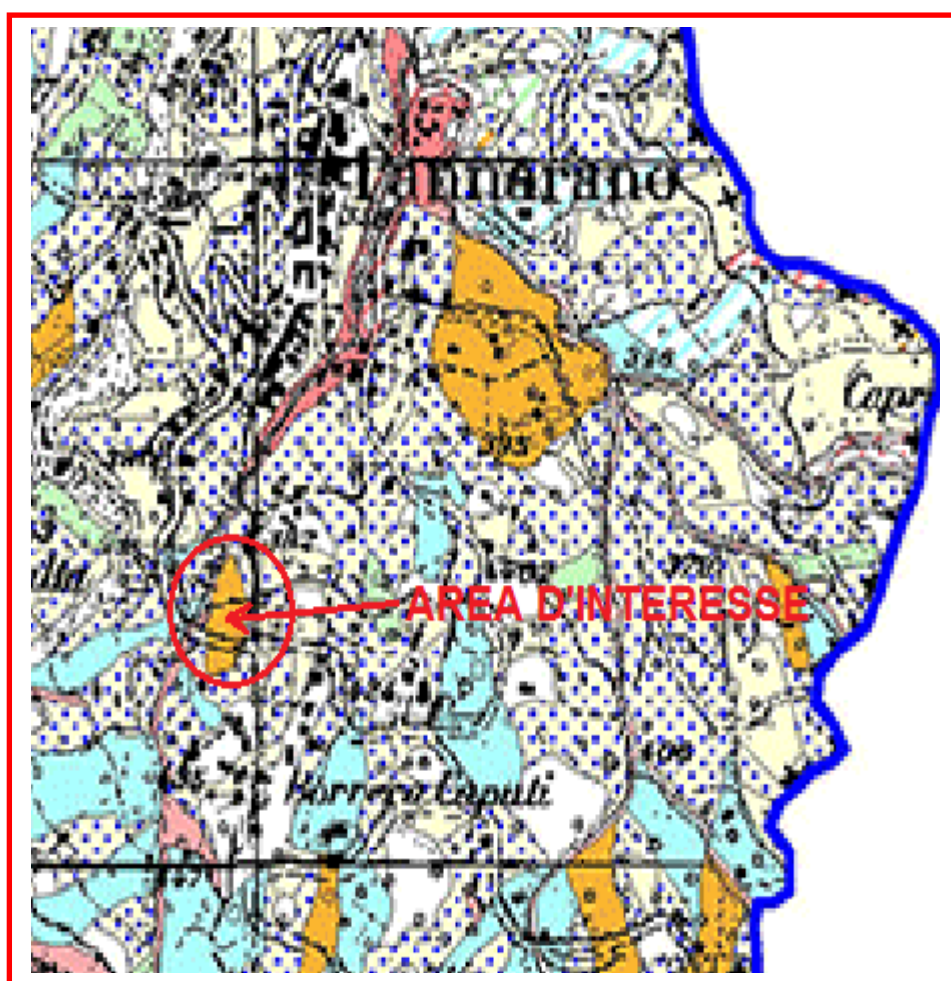
Il movimento franoso che si sviluppa nell'area d'interesse è ascrivibile ad una frana composita, in quanto caratterizzata da uno scoscendimento rotazionale che si evolve verso l'impluvio in colamento; si tratta essenzialmente di un movimento viscoplastico a cinematica lenta.

Il sito d'indagine rientra nella perimetrazione della competente Autorità di Bacino nella cartografia tematica "Carta del rischio da Frana" scala 1:25.000 del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI). Nell'elaborato grafico si evince che l'area è situata in zona **R3 - Area a rischio molto elevato**, 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, l'interruzione della funzionalità delle attività socio-economiche e danni al patrimonio ambientale.

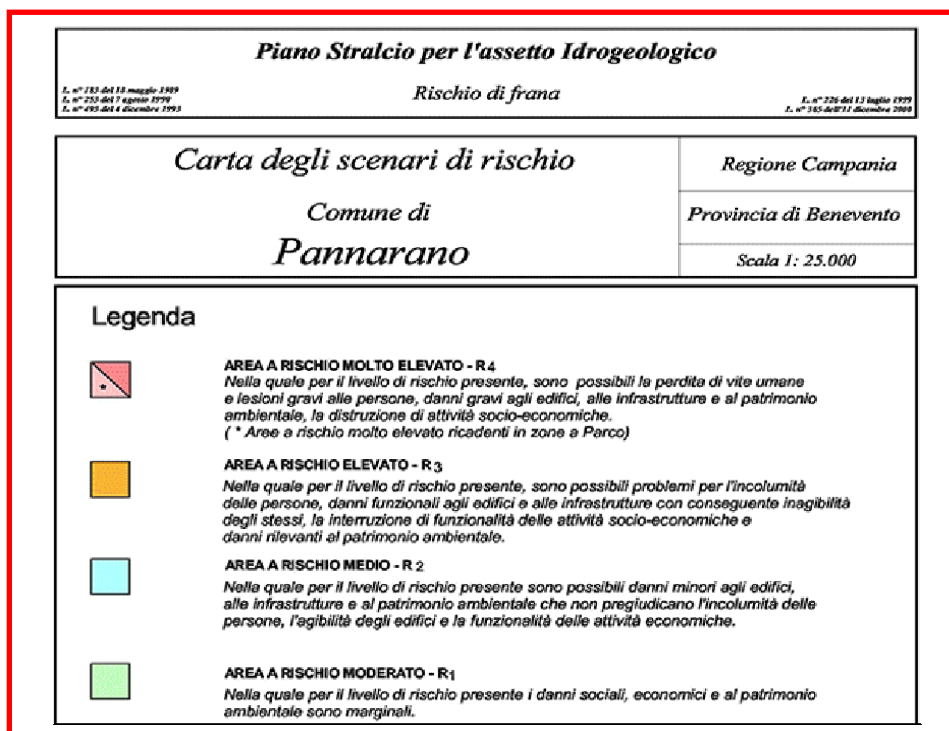
Nel Titolo III dello stesso P.A.I. - Rischio Frana - Capo III – Rischio Elevato – gli artt. 24 e 25 delineano gli interventi consentiti nelle aree a rischio elevato da frana, inoltre l'art. 23 definisce gli interventi consentiti in materia di opere ed infrastrutture a reti pubbliche e di interesse pubblico.

DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 7 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

Dalle norme di attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale e dalla relativa Cartografia degli scenari di rischio del Comune di Pannarano si evidenzia l'area di interesse tramite lo stralcio di tale cartografia, in seguito riportata più nel dettaglio negli allegati.

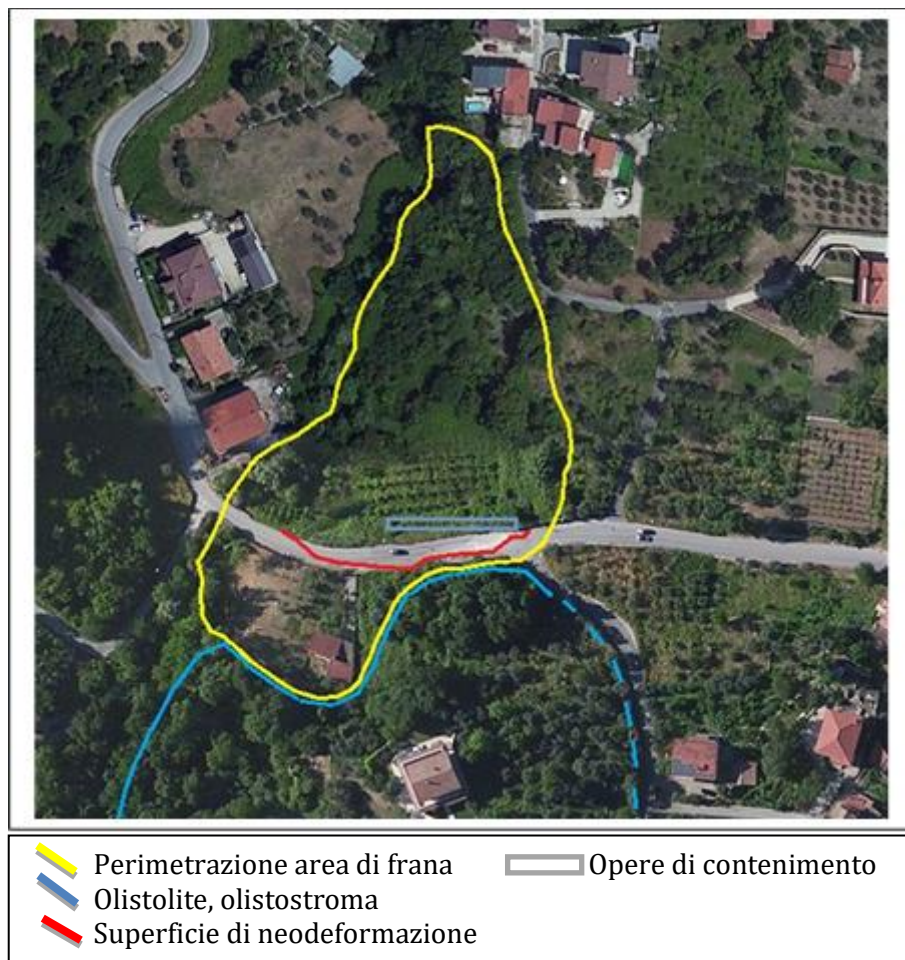


DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 8 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020



Da un'analisi bibliografica si evince che il versante dell'area in epigrafe è affetto da instabilità già prima del 1986, con una possibile attivazione sismoindotta dal terremoto del 1980, ed una riattivazione avvenuta nel 2003; successivamente sono state realizzate delle opere di contenimento e di drenaggio su un fianco a valle della strada e lungo le sponde dell'impluvio torrentizio, arginando solo parzialmente il movimento franoso in atto. Attualmente, dai monitoraggi svolti durante i sopralluoghi dal 2013, 2015 ad oggi si evince un cedimento considerevole, tra il tratto di strada transennato e quello di passaggio dei veicoli, di oltre 85 cm.

DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 9 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020



3 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA

Il rilevamento effettuato, nonché le informazioni relative al territorio in cui ricade il sito in esame in possesso dello scrivente, hanno permesso di delineare un quadro completo della geologia dei luoghi.

L'area d'indagine ricade interamente in una successione di falde embriciate, con presunta Main Fault alla base dei Monti del Partenio e faglie di crescita a Nord, in parte attive, come mostra il tilting delle falde di ricoprimento. In sinistra orografica del Torrente Pannarano vi è la presenza di un glacis d'erosione che raccorda la zona pedemontana con la falda di detrito alla base dei

DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 10 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

Calcari Listati liassico-cretacici dei Monti del Partenio, interdigitandosi alle coltri terrigene. Qui affiorano il Flysch Rosso e Numidico, pedogenizzati e sovrascorsi a quote inferiori, e torbiditi terrigene tortoniano-messiniane delle Unità Irpine, terreni marnoso-arenacei con dendriti di manganese, discordanti sui calcari. Ai potenti banchi si alternano strati decimetrici, raramente metrici, di sabbie gialle, grossolane.

I litotipi presenti nell'area d'indagine possono essere ascritti a quattro complessi litologici principali:

- **Depositi continentali e di versante:** sabbie e limi con piccoli ciottoli in matrice limosa, alterate ed associate a piroclastiti rielaborate, detrito eterometrico e a grossi blocchi di origine calcarea, in matrice limoso-sabbiosa con piroclastiti rielaborate.
- **Membro diasprigno del flysch rosso:** è caratterizzato da depositi torbiditici, con sedimentazione terrigena prevalentemente argillitica, questa facies è costituita da alternanze di argille marnose e siltose e argilliti, calcilutiti grigio-verdastre laminate, marne calcaree, argille silicifere nerastre, diaspri, calcari marnosi diasprigni, stratificazione sottile e piano-parallela.

I termini affioranti sono ascrivibili, per certi aspetti, alle Argille varicolori del Complesso Sicilide di OGNIBEN (1969) ed alla porzione argilloso-marnosa dei tipici multistrato di tipo "Flysch rosso", relativi al Bacino di Lagonegro. Da indagini pregresse e dal rilevamento effettuato si denotano argille di colore grigio-bluastro, che tendono al verdognolo in alcuni punti, probabilmente a causa della presenza di idrossidi di ferro; la stratificazione è ben conservata negli strati meno spessi confinati da due orizzonti marnosi; le marne sono quelle

DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 11 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

tipiche di un ambiente bacinale non troppo profondo, in cui l'apporto torbidity è consistente. La loro composizione è molto variabile, ma tende sempre al termine argilloso; si osservano, difatti, argille, argille marnose e marne argillose, con marne pure in subordine, mentre i termini marnoso-calcarei e calcareo-marnosi sono assenti (in affioramento). Questo indica una sorgente torbidity mista, che in questa fase (Paleogene inferiore e medio) è prevalentemente terrigena.

- **Olistoliti ed Olistostromi:** sono corpi calcarei con dimensioni decametriche attribuibili alle unità cretache di piattaforma carbonatica interna. Essi si rinvennero nella formazione delle argille varicolori. Spesso ai corpi calcarei si associano brecce ad elementi calcarei angolosi in matrice sabbioso-pelitica riconducibili ad olistostromi. La presenza di olistoliti calcarei e di brecce nelle coeve torbidity arenacee sono dovuti ad episodi di frane sottomarine (olistostromi) dal bordo orientale tettonicamente instabile della piattaforma carbonatica. Nella carta geologica d'Italia in scala 1:50.000 sono stati indicati come olistostromi anche i corpi di argilliti varicolori intercalati nell'unità di Tufo-Altavilla e nella Formazione della Baronia.
- **Successione carbonatico-dolomitica di piattaforma:** calcari dolomitici biancastri, calcari detritici compatti, grigiastri o avana, con forti spessori di brecce poligeniche a cemento calcareo o marnoso, verdognolo o ceruleo-grigiastro, verso l'alto marnosi.

DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 12 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

4 IDROGEOLOGIA

Lo schema della circolazione idrica sotterranea dell'area d'indagine è circoscritta, nel complesso, dai depositi continentali superficiali e di versante, costituiti da ghiaie e limi sabbioso argillosi di spessori esigui, dove le caratteristiche strutturali e litologiche, nonché l'andamento piano altimetrico della cintura impermeabile che circonda tali depositi, determinano un'idrodinamica stagionale. Infatti, l'intera potenzialità idrica dell'idrostruttura superficiale finisce per circoscriversi nella coltre detritica, dove la falda episuperficiale è di tipo stagionale e circoscritta negli strati più permeabili ed alterati. Quindi l'estrema variabilità del grado di permeabilità nell'ambito delle litologie di origine continentale della copertura quaternaria determina una sostanziale, anche se superficiale, temporalmente e arealmente limitata circolazione idrica sotterranea, che come recapito finale ha gli alvei delle aste fluviali che solcano la superficie topografica.

I depositi superficiali sono caratterizzati da una permeabilità per porosità variabile, a seconda degli assortimenti granulometrici, dello stato di addensamento e/o di cementazione del deposito.

Per quanto riguarda l'idrostruttura dei depositi argilloso marnosi, che si ritrovano sottoposti ai depositi limoso argillosi, sono caratterizzati da permeabilità praticamente assente, sono definiti come impermeabile relativo, sostenendo la circolazione idrica nelle coltri che poggiano su di essi per limite di permeabilità definito.

Inoltre l'olistolite calcareo presente a monte strada va ad influenzare ulteriormente la circolazione idrica sotterranea, avendo un elevato coefficiente d'infiltrazione potenziale

DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 13 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

dovuto all'elevata permeabilità per fratturazione, essendo molto alterato e fratturato, provoca il travaso dalla struttura calcarea, più permeabile, a quella limosa, sicuramente meno permeabile; le argille fungono da tamponante tra i due complessi idrogeologici adiacenti.

È opportuno menzionare la presenza della falda di base del complesso calcareo, essa è molto profonda e riemerge con modeste scaturigini nelle zone pedemontane, dove sono tamponate dai terreni Miocenici, dotati di minore permeabilità relativa.

DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 14 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

2 INDAGINI ESEGUITE

Per la definizione del modello geologico, della stratigrafia e per la determinazione dei parametri geotecnici medi, lo scrivente ha utilizzato i risultati delle indagini geognostiche che ha programmato, progettato e concordato con la Committenza ed il responsabile di settore; eseguite dalla Geo-In srl. L'ubicazione delle indagini è riportata nella planimetria allegata e per i risultati di dettaglio delle singole indagini o prove eseguite si rimanda agli elaborati tecnici alle citate società. Dette indagini sono contenute nell'elaborato tecnico redatto dalla Geo-In srl cod. n. 548 certificati dal n. 285 al n. 287 che qui si intende integralmente riportato.

Sinteticamente le indagini eseguite possono essere riassunte come segue:

- n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinto alla profondità di 20 m dal p.c.;
- n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinto alla profondità di 15 m dal p.c.;
- n. 3 prove penetrometriche dinamiche SPT;
- prelievo ed analisi di laboratorio terre di n. 3 campioni indisturbati;
- n. 2 prospezioni sismiche MASW ai fini della caratterizzazione sismica del sito;
- n. 2 prospezioni sismiche a rifrazione per definire un quadro generale dell'assetto sismostratigrafico e definire una possibile superficie di scorrimento.

Il prelievo dei campioni indisturbati sono stati effettuati mediante campionatore a pressione di tipo shelby, alla profondità di m – 5,30 per S1C1 e m – 8,30 per S1C2 dal p.c. (con n. 2 SPT alla profondità di - 5,8 m e – 8,8 m per il sondaggio S1), alla profondità di – 7 m e per S2C2 (con n. 1 SPT alla profondità di – 12 m per il sondaggio S2) , eseguito dal Laboratorio Geotecnico Geo In S.r.l. in possesso di autorizzazione Ministeriale per l'esecuzione e

DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 15 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

certificazione di prove su terre e materiali, di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, con sede in Benevento, Zona Industriale Ponte Valentino. Tale laboratorio, avvalendosi delle facoltà conferitegli al punto 5, ultimo capoverso, della Circolare 08.09.2010, n. 7618/STC, (classe Q5 - metodo di categoria A – parag. 12.2.1 Norme UNI ENV 1997-3 2002) tramite infissione per pressione continua (campionamento a infissione tramite propulsione statica – parag. 12.2.3 Norme UNIENV 1997-3 2002) di una fustella metallica a pareti sottili e bordi taglienti di dimensioni di mm 85 di diametro interno e di mm 500 di lunghezza, successivamente sigillato al fine di conservare le condizioni di umidità naturali del campione.

I campioni sono stati analizzati presso il medesimo laboratorio autorizzato dal Min. delle Infrastrutture, come da direttive contenute nella vigente norma D.M. Infrastrutture 17.01.2018 in materia di N.T.C., del paragrafo 6.2.2. “Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica” i cui risultati si riportano nei certificati allegati al presente rapporto.

Inoltre nel sito in esame sono state condotte 2 prospezioni sismiche con metodologia M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) che, rilevando la forma di attenuazione delle onde superficiali di tipo Rayleigh, attraverso un processo di trasformazione e successiva inversione, ricostruisce il locale spettro di velocità, risalendo al profilo verticale delle velocità delle onde seconde per una profondità di almeno 30 m dal p.c.. Tale indagine ha reso possibile il calcolo del parametro VsE utile alla definizione della Categoria di suolo del sito, necessaria alla determinazione del comportamento sismico del complesso fondazione terreni di sedime, ai sensi della vigente norma tecnica in materia di costruzioni edili D.M. 17.01.2018 in zona sismica.

DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 16 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

Sono infine state eseguite n. 2 prospezioni sismiche a rifrazione per il rilevamento delle onde P, metodo più comunemente utilizzato, il quale consente la ricostruzione della sezione sismostratigrafica del sito e la determinazione delle velocità di ogni singolo strato riconosciuto sono, infatti, eseguibili stendimenti ugualmente rettilinei ma con rilevamento dei tempi sia delle onde P che S mediante l'utilizzo di ricettori specifici. Tale tecnica di rilevamento consente la determinazione dei parametri necessari per il calcolo dei principali moduli elastici dinamici secondo le relazioni successivamente riportate. Oltre alle indagini eseguite ad hoc e coordinate dallo scrivente, si è preso in esame un nutrito numero di studi geologici eseguiti in zona ed i risultati sono stati confrontati con i rapporti stratigrafici delle indagini disponibili per il PRG di Pannarano.

3 MODELLO GEOLOGICO DI SITO

Le indagini ed i rilevamenti effettuati, nonché le informazioni relative al territorio in cui ricade il sito in esame in possesso dello scrivente, hanno permesso di delineare un quadro completo della geologia dei luoghi. In particolare si è fatto riferimento alle indagini condotte sotto la supervisione dello scrivente, alle prospezioni sismiche, ai risultati delle indagini fornite dal committente ed alla bibliografia disponibile. I litotipi individuati possono venire ascritti a quattro principali complessi litologici.

Le indagini eseguite in loco hanno restituito una colonna stratigrafica, interpretabile come appresso sintetizzato, fino alla profondità di - 30 m dal p.c..

DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 17 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

Strato	Profondità m	Spessore m	Descrizione Litostratigrafica
1	0.00-5.00	5.00	Massicciata stradale e materiale di riporto eterogenei da limo argilloso a ghiaia eterogenea ed etero dimensionali
2	5.00 - 7.00	2.00	limo argilloso grigiastro-verdastro molto umido, a consistenza molle e plastica con consistenza debolmente crescente con la profondità
3	7.00 - 23.00	16.00	limo argilloso di colore scuro, umido, addensato con sporadici detriti lapidei eterometrici poligenici a spigoli arrotondati
4	23.00 - 30,00	7.00	limo argilloso grigiastro-verdastro, compatto, asciutto, frammisto nell'insieme a sporadici livelli centimetrici di sabbie limose e rari livelli di argille marnose scagliose

4 MODELLO GEOTECNICO MEDIO

Le caratteristiche dei terreni dell'area investigata sono state ottenute dalle indagini geognostiche eseguite ad hoc e riportate nell'elaborato, dagli studi geologici e geotecnici a disposizione dello scrivente e riguardanti un'area più vasta della zona in questione. In particolare si può desumere che tutta l'opera insiste prevalentemente su terreni limoso argillosi costituiti quindi da materiale eterogeneo, moderatamente addensato e addensato, con caratteristiche geotecniche variabili a seconda degli assortimenti granulometrici

I principali parametri medi capaci di sintetizzare il comportamento fisico meccanico dei predetti terreni che interessano l'opera sono riassumibili come mostrato nel seguito:

DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 18 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

Strato	Descrizione	Profondità (m)	γ_n (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	Φ (°) <i>residuo</i>	C (kN/m ²)	C Nd (kPa)	Vs (m/s)
1	Massicciata stradale	0.00 – 5.00	20	21	27			290
2	limi argillosi grigiastro-verdastri molli a tratti umidi	5.00 – 7.00	18.4 -19.2	19.45	18.4-18.6	26.3-27.2	82.2	213
3	limi argillosi grigiastro-verdastri mediamente consistenti con intercalazioni marnose	7.00 – 23.00	19.2-19.4	19.68	18.3-19.2	28.3-31	90.7	432
4	limo argilloso grigiastro-verdastro, compatto, asciutto	23.00 – 30.00	20,2		23	40	125.5	620

5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DI SITO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità VS per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2. I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata

DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 19 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

h_i spessore dell'i-esimo strato;

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

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente

DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 20 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>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.</i>
E	<i>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.</i>

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

La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Pertanto, il sito in esame è stato parametrizzato partendo dalla ricostruzione litostratigrafia effettuata a mezzo sismica di superficie tipo MASW.

Sulla base dei valori ottenuti dall'indagine MASW, è possibile calcolare il parametro $V_{s,eq}$, il cui valore consentirà di classificare il sottosuolo sismicamente significativo dell'area in studio nell'ambito della scala di cui al punto 3.2 del D.M. 17.01.2018. La classificazione ottenuta condurrà, quindi, alla individuazione del fattore di amplificazione S, che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo e delle condizioni topografiche, secondo quanto disposto alle tabelle

DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 21 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

3.2.III, 3.2.IV e 3.2.VI.

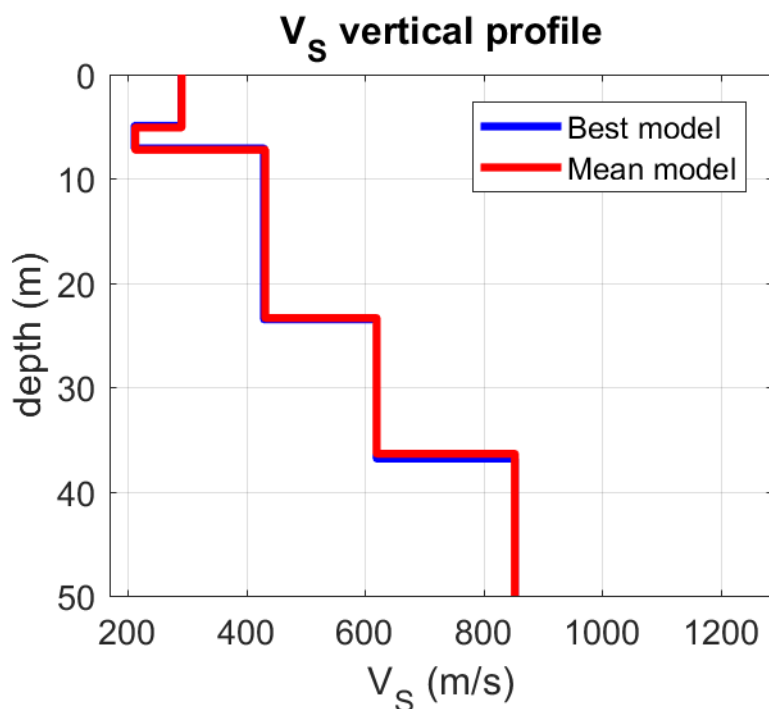
Per i valori ricavati dalle prospezioni sismiche di superficie eseguite per il sito d'interesse, si ottengono i seguenti valori del VsE e di Vs30:

MASW1 (ciglio strada)

2020-08-05_I I-38maswI rely.seg2 VsE & Vs30= 397 m/s

Per la MASW1 il valore del parametro Vs,eq così ottenuto ricade nella Classe di profilo stratigrafico di suolo di tipo **"B"**, così come definito nel paragrafo 3.2 del D.M. 17.01.2018 citato:

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del Vs equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

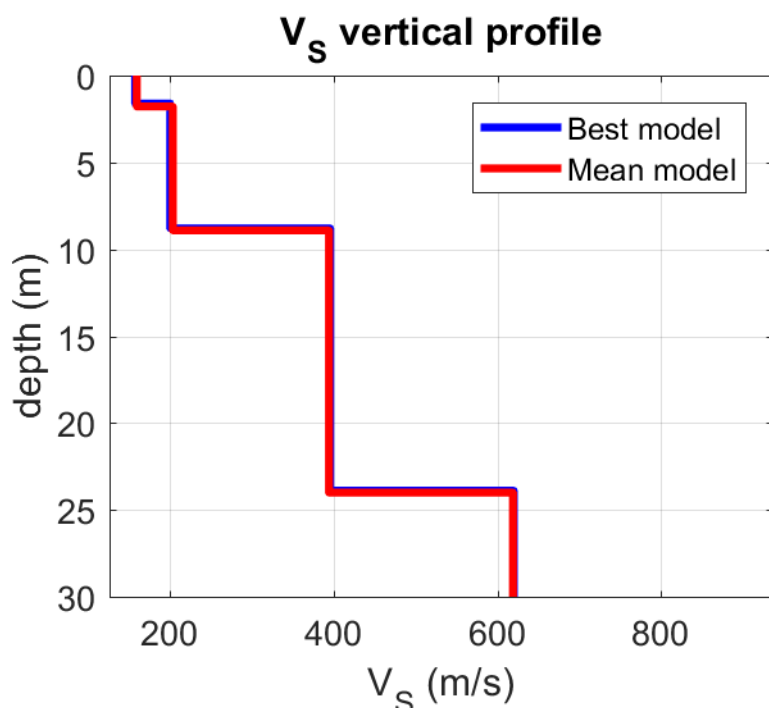


DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 22 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

MASW2 (a valle della strada)

2020-08-05_12-18masw2.seg2 VsE &Vs30= 318 m/s

Per la MASW2 il valore del parametro VsE così ottenuto ricade nella classe di profilo stratigrafico di suolo di tipo “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.



Pertanto, il sito in esame è stato parametrizzato, partendo dalla ricostruzione litostratigrafia effettuata a mezzo della campagna di indagini geognostiche eseguite, cui si è fatto riferimento,

DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 23 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

in base ai risultati delle prospezioni sismiche per la rilevazione della velocità delle onde di taglio (Vs) eseguite con metodologia M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) nell’ambito dell’area d’indagine. Rimandando, per i dettagli, all’allegato relativo alle indagini sismiche eseguite, per l’area indagata sono risultate le schematizzazioni suesposte.

Dai risultati della MASW2 e della rifrazione2 si denota un consistente aumento degli spessori verso valle del 2° strato, ossia il piano di scivolamento, il quale ha caratteristiche geotecniche scadenti, classificando il suolo in categoria C ad una distanza di pochi metri dall’area d’interesse. Tale assetto denuncia caratteristiche complesse e di instabilità dell’intero versante affetto dal fenomeno franoso e non solo riguardanti il tratto stradale in epigrafe, aumentando notevolmente le condizioni di rischio per le infrastrutture presenti a valle.

Sulla base di tali valori, è possibile calcolare il parametro $V_{s,eq}$ la cui espressione di calcolo è quella sopra descritta ed il cui valore consentirà di classificare il sottosuolo sismicamente significativo dell’area in studio nell’ambito della scala di cui al punto 3.1 del D.M. Il modello sismo-stratigrafico riportato precedentemente ripropone la successione dei litotipi attualmente rinvenibili a partire dal piano campagna dove è stato eseguito l’allineamento sismico. Esso corrisponde al modello geologico precedentemente proposto.

La categoria Topografica distingue 4 condizioni topografiche e come appresso esplicitato:

DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 24 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

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

A tali categorie topografiche corrispondono altrettanti Fattori di amplificazione ST che si rifanno ad altrettante condizioni morfologiche. Il parametro ST viene definito in base alla seguente tabella che, oltre alla categoria topografica, considera anche l'ubicazione dell'opera:

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica ST

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,3
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Le condizioni topografiche riscontrate nell'ambito del sito in esame vedono condizioni di pendenza media inferiori a 15° facendo ricadere il sito nella **categoria topografica T1 e assegna un coefficiente di amplificazione topografica pari a 1,0.**

Il fattore di amplificazione S_T che viene utilizzato nel calcolo dello spettro di risposta elastico, come indicato al punto 3.2.3. del D.M., combina anche una componente dipendente dalla classe di suolo presente nel sito in esame (S_s). La stessa Classe di suolo condiziona anche il calcolo del Periodo TC corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante nello spettro di

DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 25 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

risposta sismica, che in uno con il fattore SS viene così computato:

Tabella 3.2.V – Espressioni di Ss e di Cc

Categoria sottosuolo	SS	CC
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 F_{0ag} / g \leq 1,20$	$1,10*(TC) - 0,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_{0ag} / g \leq 1,50$	$1,05*(TC) - 0,33$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_{0ag} / g \leq 1,80$	$1,25*(TC) - 0,50$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_{0ag} / g \leq 1,60$	$1,15*(TC) - 0,40$

Sulla base delle coordinate geografiche del sito sono di seguito riportati i valori assunti dai parametri caratteristici degli spettri di risposta elastica, al variare del tempo di ritorno (TR) dell'evento sismico di intensità massima atteso nell'area d'interesse, funzione della Vita nominale del manufatto e dello stato limite utilizzato nella progettazione. Per gli stessi valori di TR sono altresì riportati gli spettri di risposta sismica verticale utilizzabili.

Sarà cura dei progettisti incaricati, una volta definiti:

- la vita nominale dell'opera;
- la sua classe d'uso;
- lo stato limite di progetto,

definire il tempo di ritorno TR del terremoto di progetto e sulla base dei valori precedentemente riportati della categoria di suolo, di quella topografica, del relativo coefficiente di amplificazione

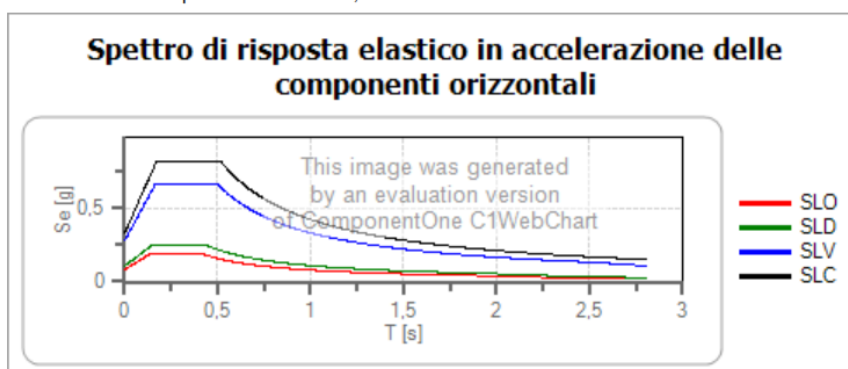
DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 26 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

ST definire, in base ai parametri a_g , F_0 e T^*C e alle espressioni precedentemente riportate (tab3.2V), i valori dei parametri SS (Fattore di amplificazione relativo alla classe di suolo) CC e S (fattore di amplificazione totale).

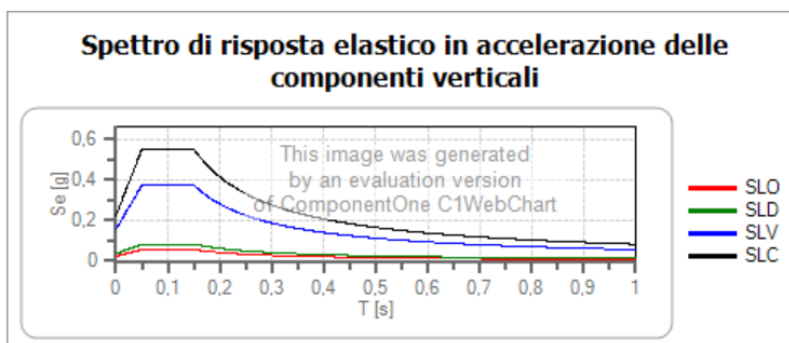
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %

Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000



	cu	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,068	2,317	0,297	1,200	1,400	1,000	1,200	1,000	0,138	0,415	1,873
SLD	2	0,089	2,312	0,320	1,200	1,380	1,000	1,200	1,000	0,147	0,441	1,956
SLV	2	0,237	2,395	0,372	1,170	1,340	1,000	1,170	1,000	0,166	0,498	2,549
SLC	2	0,301	2,462	0,388	1,100	1,330	1,000	1,100	1,000	0,172	0,516	2,806



	cu	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,068	2,317	0,297	1,000	1,400	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	2	0,089	2,312	0,320	1,000	1,380	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	2	0,237	2,395	0,372	1,000	1,340	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	2	0,301	2,462	0,388	1,000	1,330	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

Spettro di progetto

Coefficiente di struttura q per lo spettro orizzontale = 1.5

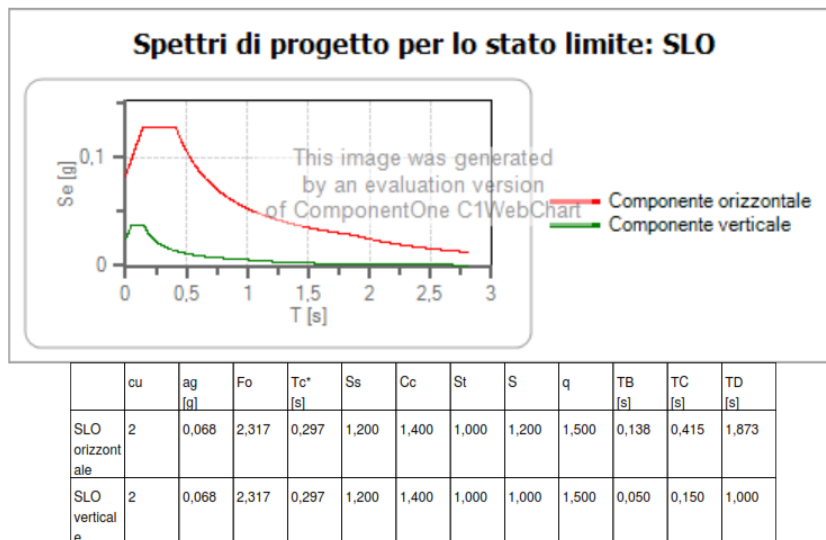
DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 27 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

per lo spettro orizzontale = 0,667

Coefficiente di struttura q per lo spettro verticale = 1.5

per lo spettro verticale = 0,667

Stato limite: SLO



Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,400	1,000	0,012	0,006	0,600	0,200
SLD	1,200	1,380	1,000	0,012	0,006	0,600	0,200
SLV	1,170	1,340	1,000	0,017	0,009	0,600	0,280
SLC	1,100	1,330	1,000	0,017	0,009	0,600	0,280

Si esclude il rischio di liquefazione dei terreni sciolti presenti nella successione stratigrafica locale, in quanto, l'assortimento granulometrico dei litotipi presenti sulla verticale del sito non si dispone nell'ambito di quei fusi riconosciuti in letteratura come sensibili a potenziali fenomeni quali quelli in parola, allo stesso modo il grado di addensamento degli stessi, generalmente medio alto, non rende possibile il verificarsi di fenomeni di addensamento conseguenti ad eventi sismici.

DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 28 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

6 ANALISI DI STABILITÀ DI VERSANTE

Il movimento franoso in atto che coinvolge la carreggiata stradale, per circa 60 m di lunghezza, ha tendenza ad un progressivo aumento degli spessori del corpo in frana da monte verso valle, evidenziato dalle indagini geofisiche a rifrazione svolte dallo scrivente. Come lo dimostra anche la morfologia superficiale, si tratta di una superficie di rottura che si adatta alla presenza di zone più o meno resistenti.

L'innescò del movimento appare, alla luce dei dati raccolti, riconducibile alla soprassaturazione dell'ammasso coesivo più superficiale.

Inoltre il rilievo a monte dell'area d'interesse ha evidenziato la presenza di un olistolite calcareo sub superficiale, con scarsa o assente copertura argillosa, superficialmente fratturato e degradato, funzionante da serbatoio temporaneo delle acque meteoriche, le quali si infiltrano nella massicciata stradale e ristagnano nella conca argillosa sottostante, formatasi con il susseguirsi delle deformazioni che hanno interessato l'area in oggetto.

Tra le cause aggravanti la situazione a contorno, ritroviamo la presenza di un vespaio di oltre 5 m per poi trovare, come detto in precedenza, il substrato argilloso, molto umido, geotecnicamente scadente, per almeno 5/8 m. Oltre al carico eccessivo della massicciata stradale si aggiunge il carico delle opere di contenimento realizzate in passato, che hanno comunque arginato parzialmente il dissesto, ma non sono state risolutive per eliminarlo definitivamente.

Nella verifica di stabilità è stata utilizzata come base la sezione evidenziata negli allegati, passante per la mediana della nicchia di distacco al disopra della carreggiata.

DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 29 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

Dal punto di vista metodologico sono stati utilizzati svariati e tra i più comuni metodi di calcolo, che si rifanno tutti alla teoria dell'equilibrio limite, che consiste nella stima di un coefficiente di sicurezza alla traslazione e/o rotazione del volume mobilizzato compreso tra la superficie del versante ed una superficie di taglio potenziale imposta. All'equilibrio il fattore di sicurezza deve essere uguale a 1, anche se il D.M. 11/03/88 pone il raggiungimento della stabilità solo nel caso in cui il F.S. sia maggiore di 1.3.

Nel caso specifico è stato utilizzato il software Slope 2021 della GeoStru, utilizzando svariati metodi di calcolo, tra cui Bishop, il quale ha fornito un F.S. inferiore a 0.56, questo ha evidenziato l'instabilità dell'intero versante. Si rimanda al report di calcolo e le relative tavole prodotte in allegato per il dettaglio.

7 CONCLUSIONI

La presente relazione geologica è propedeutica al progetto esecutivo per i lavori di consolidamento stradale della SP11 bivio Borreca Caputi nel Comune di Pannarano. La definizione dell'assetto geolitologico e geotecnico dei terreni investigati è stata ricostruita tramite l'interpretazione delle indagini geognostiche, di laboratorio e sismiche eseguite ad hoc e da dati provenienti da diverse altre campagne d'indagine in possesso dello scrivente.

Il rilevamento geomorfologico ha individuato segni di instabilità attivi e condizioni predisponenti il verificarsi ad ulteriori mobilizzazioni. L'esame della cartografia del rischio redatto dalla competente autorità di bacino riporta che l'area in esame ricade in zona **R3 - Area a rischio molto elevato**, nella quale per il livello di rischio presente, sono possibili problemi per

DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 30 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, l'interruzione della funzionalità delle attività socio-economiche e danni al patrimonio ambientale.

La successione stratigrafica ricostruita in base al rilevamento geologico di superficie, alle indagini geognostiche e geotecniche precedentemente descritte, eseguite in sito nonché a conoscenze e dati precedentemente acquisiti dallo scrivente sul comprensorio in esame, presenta terreni con una elevata variabilità dei termini litologici con un profondo stato di tettonizzazione a scapito della stabilità del pendio.

L'articolato assetto stratigrafico va a determinare una complessa circolazione idrica sotterranea, condizionata dal diverso grado di permeabilità dei termini litologici ed una conseguente diminuzione delle forze resistenti del pendio andando a deprimere ulteriormente il fattore di sicurezza del versante.

Per la stabilizzazione della carreggiata si prevedono delle opere di stabilizzazione profonde, le quali lavorino su un substrato il più compatto possibile e verificato in corso d'opera delle condizioni e dell'idoneità dello stesso. A tale punto si dovranno definire le adeguate scelte ingegneristiche accompagnate alle opportune metodologie operative e logistiche, per la fase esecutiva dell'intervento.

Andranno adottati tutti gli accorgimenti tecnici atti all'intercettazione, allontanamento, e smaltimento delle acque di infiltrazione e di **ristagno**, nell'area d'interesse.

Le inclinazioni delle pareti di scavo (se previste) dovranno essere realizzate e mantenute secondo pendenze stabili, in funzione delle caratteristiche proprie dei materiali rinvenuti durante

DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 31 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

le operazioni di scavo.

Necessarie saranno le opere di allontanamento delle acque intercettate, come la messa in opera di fori o barbacani, nel paramento della struttura di contenimento, al fine di ridurre al minimo le spinte. Come da D.M. 17/01/2018 al cap. 6.5.1, andranno valutati gli effetti derivanti dalla loro parziale perdita di efficacia ed eventualmente predisposto un dettagliato piano di controllo e monitoraggio nei casi in cui la perdita di efficacia configuri scenari di rischio.

Si consiglia di eseguire, in fase esecutiva, una attenta verifica delle caratteristiche e delle valutazioni fatte in questo elaborato, al fine di avvalorare quanto dettagliato. Eventuali situazioni che si discostino da quanto descritto e previsto, dovranno essere affrontate, in corso d'opera, per scegliere la miglior tipologia di intervento ed adattare l'opera di stabilizzazione alla realtà riscontrata durante i lavori di consolidamento.

Tanto per incarico ricevuto.

Benevento, luglio 2020

DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO CELL. 3201473117	Comune di Pannarano (BN) Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P.11 bivio Borreca-Caputi – Pannarano (BN)	Pagina 32 di 32
PROVINCIA DI BENEVENTO	Relazione Geologico Tecnica	Data 22/07/2020

COMUNE DI PANNARANO

Provincia di Benevento

Lavori di consolidamento stradale lungo la SP11 Bivio Borreca Caputi – Pannarano (BN)

ALLEGATI

1. REPORT ANALISI DI STABILITA'
2. SEZIONE STRATIGRAFICA
3. INDAGINI GEOGNOSTICHE E DI LABORATORIO, CERT. N. 285 A 287
4. RAPPORTO DI PROVA PROSPEZIONI SISMICHE MASW & RIFRAZIONI
5. UBICAZIONE AREA D'INDAGINE
6. PERIMETRAZIONE AREA DI FRANA
7. UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Relazione di calcolo

Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

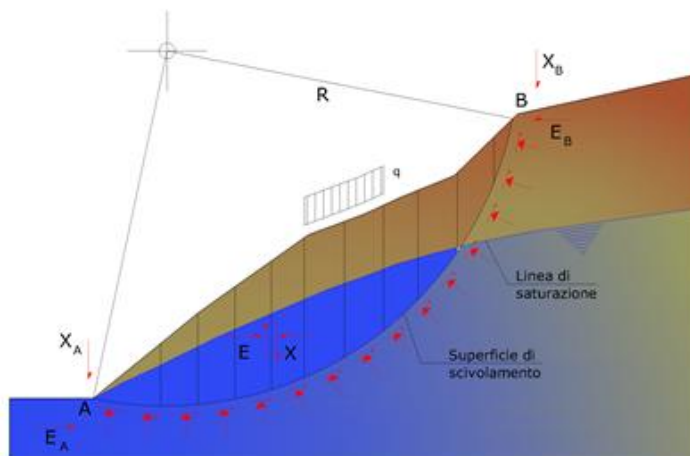
1. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
2. In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.). Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.



Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

- n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i ;
- $(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- $(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;
- $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n ;
- equazioni relative al criterio di rottura n .

Totale numero di equazioni $4n$.

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quanto si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite. I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

Metodo di Fellenius (1927)

Con questo metodo (valido solo per superfici di scorrimento di forma circolare) vengono trascurate le forze di interstriscia pertanto le incognite si riducono a:

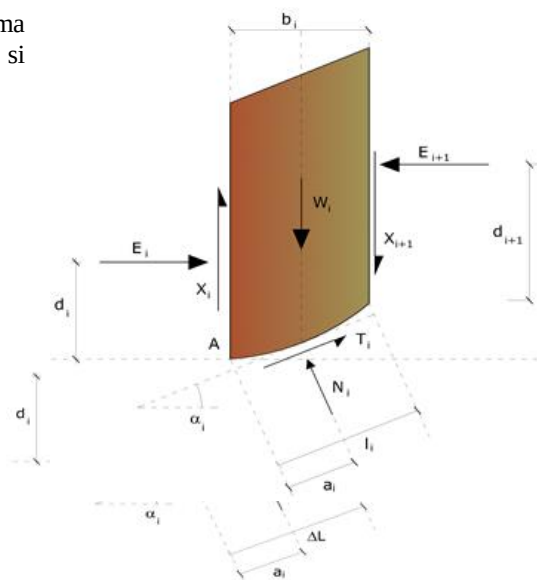
- n valori delle forze normali N_i ;
- n valori delle forze da taglio T_i ;
- 1 fattore di sicurezza.

Incognite $(2n+1)$.

Le equazioni a disposizione sono:

- n equazioni di equilibrio alla traslazione verticale;
- n equazioni relative al criterio di rottura;
- equazione di equilibrio dei momenti globale.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos \alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan \phi_i \}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$



Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.

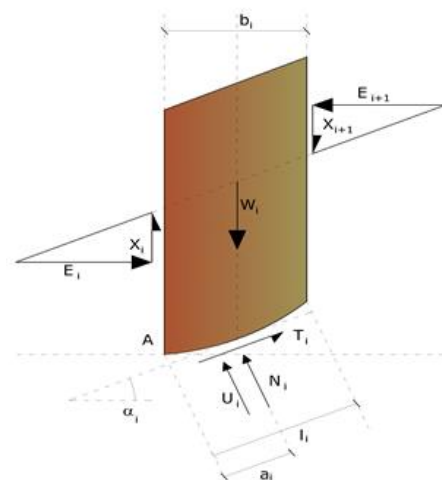
Metodo di Bishop (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali. Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \quad \text{Criterio di rottura}$$

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $\Delta X = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

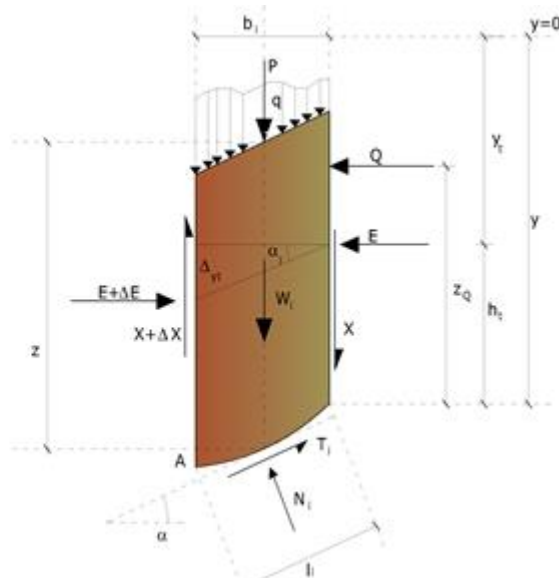
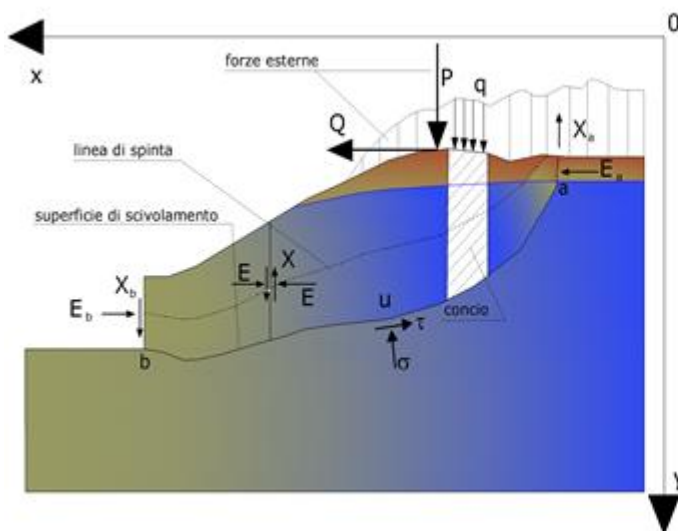


Metodo di Janbu (1967)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio). A tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$

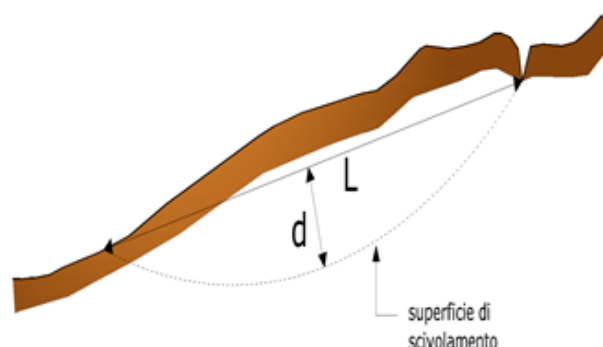
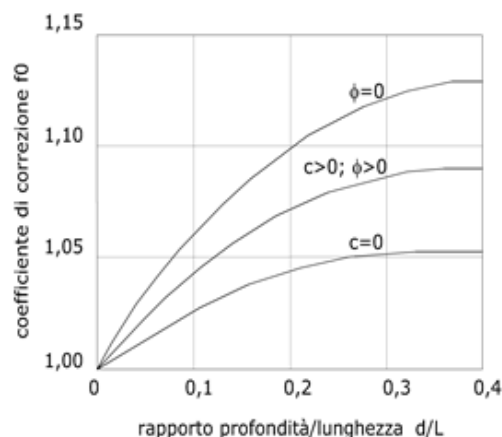


Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario. Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_0 \cdot F$$

dove f_0 è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici. Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.



Metodo di Bell (1968)

Le forze agenti sul corpo che scivola includono il peso effettivo del terreno, W , le forze sismiche pseudostatiche orizzontali e verticali $K_X W$ e $K_Z W$, le forze orizzontali e verticali X e Z applicate esternamente al profilo del pendio, infine, la risultante degli sforzi totali normali e di taglio σ e τ agenti sulla superficie potenziale di scivolamento.

Lo sforzo totale normale può includere un eccesso di pressione dei pori u che deve essere specificata con l'introduzione dei parametri di forza efficace.

In pratica questo metodo può essere considerato come un'estensione del metodo del cerchio di attrito per sezioni omogenee precedentemente descritto da Taylor.

In accordo con la legge della resistenza di Mohr-Coulomb in termini di tensione efficace, la forza di taglio agente sulla base dell' i -esimo concio è data da:

$$T_i = \frac{c_i L_i + (N_i - u_{ci} L_i) \tan \Phi_i}{F}$$

in cui:

F = il fattore di sicurezza;

c_i = la coesione efficace (o totale) alla base dell' i -esimo concio;

Φ_i = l'angolo di attrito efficace (= 0 con la coesione totale) alla base dell' i -esimo concio;

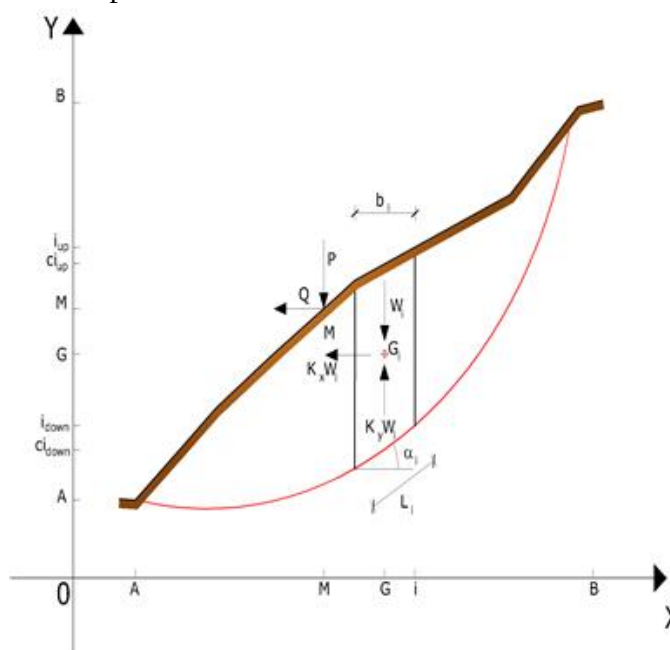
L_i = la lunghezza della base dell' i -esimo concio;

u_{ci} = la pressione dei pori al centro della base dell' i -esimo concio.

L'equilibrio risulta uguagliando a zero la somma delle forze orizzontali, la somma delle forze verticali e la somma dei momenti rispetto all'origine.

Viene adottata la seguente assunzione sulla variazione della tensione normale agente sulla potenziale superficie di scorrimento:

$$\sigma_{ci} = \left[C_1 (1 - K_z) \frac{W_i \cos \alpha_i}{L_i} \right] + C_2 f(x_{ci}, y_{ci}, z_{ci})$$



in cui il primo termine dell'equazione include l'espressione:

$$W_i \cos \alpha_i / L_i = \text{valore dello sforzo normale totale associato con il metodo ordinario dei concii}$$

Il secondo termine dell'equazione include la funzione:

$$f = \sin 2\pi \left(\frac{x_n - x_{ci}}{x_n - x_0} \right)$$

dove x_0 ed x_n sono rispettivamente le ascisse del primo e dell'ultimo punto della superficie di scorrimento, mentre x_{ci} rappresenta l'ascissa del punto medio della base del concio i-esimo.

Una parte sensibile di riduzione del peso associata con una accelerazione verticale del terreno K_z g può essere trasmessa direttamente alla base e ciò è incluso nel fattore $(1 - K_z)$.

Lo sforzo normale totale alla base di un concio è dato da:

$$N_i = \sigma_{ci} L_i$$

La soluzione delle equazioni di equilibrio si ricava risolvendo un sistema lineare di tre equazioni ottenute moltiplicando le equazioni di equilibrio per il fattore di sicurezza F , sostituendo l'espressione di N_i e moltiplicando ciascun termine della coesione per un coefficiente arbitrario C_3 . Qualsiasi coppia di valori del fattore di sicurezza nell'intorno di una stima fisicamente ragionevole può essere usata per iniziare una soluzione iterativa.

Il numero necessario di iterazioni dipende sia dalla stima iniziale sia dalla desiderata precisione della soluzione; normalmente, il processo converge rapidamente.

Metodo di Sarma (1973)

Il metodo di Sarma è un semplice, ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno, delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica K_c) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

Si tratta di un metodo basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in n strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale N_i agisce nel punto medio della base della striscia.

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

- L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio dei momenti.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

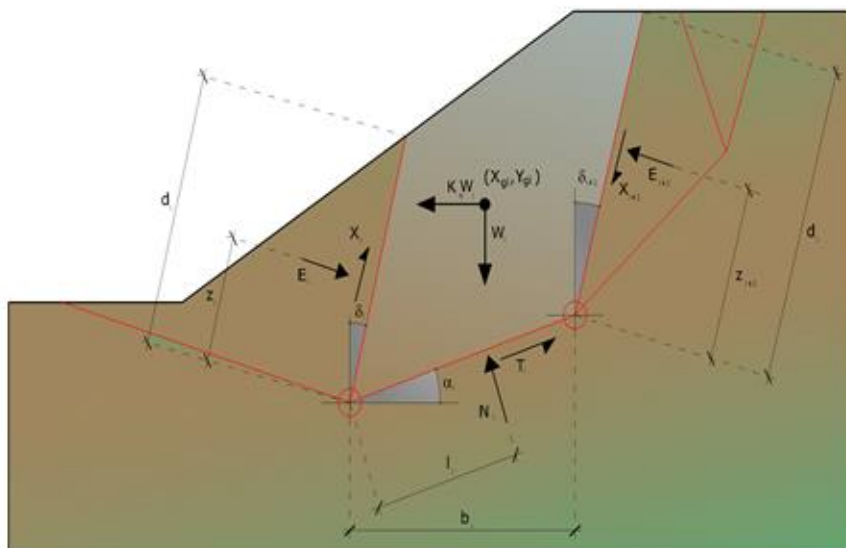
$$\begin{aligned} N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i &= W_i - \Delta X_i \\ T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i &= K W_i + \Delta E_i \end{aligned}$$

Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$\begin{aligned} \sum \Delta E_i &= 0 \\ \sum \Delta X_i &= 0 \end{aligned}$$

dove E_i e X_i rappresentano, rispettivamente, le forze orizzontale e verticale sulla faccia i-esima del concio generico i .

L'equazione di equilibrio dei momenti viene scritta scegliendo come punto di riferimento il baricentro dell'intero ammasso; sicché, dopo aver eseguito una serie di posizioni e trasformazioni trigonometriche ed algebriche, nel **metodo di Sarma** la soluzione del problema passa attraverso la risoluzione di due equazioni:



Azioni sull' i-esimo concio, metodo di Sarma

$$\sum \Delta X_i \cdot \tan(\psi'_i - \alpha_i) + \sum \Delta E_i = \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i$$

$$\sum \Delta X_i \cdot [(y_{mi} - y_G) \cdot \tan(\psi'_i - \alpha'_i) + (x'_i - x_G)] = \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) + \sum \Delta_i \cdot (y_{mi} - y_G)$$

Ma l'approccio risolutivo, in questo caso, è completamente capovolto: il problema infatti impone di trovare un valore di **K** (accelerazione sismica) corrispondente ad un determinato fattore di sicurezza; ed in particolare, trovare il valore dell'accelerazione **K** corrispondente al fattore di sicurezza **F = 1**, ossia l'accelerazione critica.

Si ha pertanto:

$$\begin{aligned} K &= K_c & \text{Accelerazione critica se } F=1 \\ F &= F_s & \text{Fattore di sicurezza in condizioni statiche se } K=0 \end{aligned}$$

La seconda parte del problema del Metodo di Sarma è quella di trovare una distribuzione di forze interne X_i ed E_i tale da verificare l'equilibrio del concio e quello globale dell'intero ammasso, senza violazione del criterio di rottura.

E' stato trovato che una soluzione accettabile del problema si può ottenere assumendo la seguente distribuzione per le forze X_i :

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot (Q_{i+1} - Q_i)$$

dove Q_i è una funzione nota, in cui vengono presi in considerazione i parametri geotecnici medi sulla i -esima faccia del concio i , e λ rappresenta un'incognita.

La soluzione completa del problema si ottiene pertanto, dopo alcune iterazioni, con i valori di K_c , λ e F , che permettono di ottenere anche la distribuzione delle forze di interstriscia.

Metodo di Spencer (1967)

Il metodo è basato sull'assunzione:

1. le forze d'interfaccia lungo le superfici di divisione dei singoli conchi sono orientate parallelamente fra loro ed inclinate rispetto all'orizzontale di un angolo θ ;
2. tutti i momenti sono nulli $M_i = 0$ con $i=1, \dots, n$.

Sostanzialmente il metodo soddisfa tutte le equazioni della statica ed equivale al metodo di Morgenstern e Price quando la funzione $f(x) = 1$. Imponendo l'equilibrio dei momenti rispetto al centro dell'arco descritto dalla superficie di scivolamento si ha:

$$1) \quad \sum Q_i R \cos(\alpha - \theta) = 0$$

dove:

$$Q_i = \frac{\frac{c}{F_s} (W \cos \alpha - \gamma_w h l \sec \alpha) \frac{\tan \alpha}{F_s} - W \sin \alpha}{\cos(\alpha - \theta) \left[\frac{F_s + \tan \phi \tan(\alpha - \theta)}{F_s} \right]}$$

forza d'interazione fra i conci;

R = raggio dell'arco di cerchio;

θ = angolo d'inclinazione della forza Q_i rispetto all'orizzontale.

Imponendo l'equilibrio delle forze orizzontali e verticali si ha rispettivamente:

$$\begin{aligned} \sum (Q_i \cos \theta) &= 0 \\ \sum (Q_i \sin \theta) &= 0 \end{aligned}$$

Con l'assunzione delle forze Q_i parallele fra loro, si può anche scrivere:

$$2) \quad \sum Q_i = 0$$

Il metodo propone di calcolare due coefficienti di sicurezza: il primo (F_{sm}) ottenibile dalla 1), legato all'equilibrio dei momenti; il secondo (F_{sf}) dalla 2) legato all'equilibrio delle forze. In pratica si procede risolvendo la 1) e la 2) per un dato intervallo di valori dell'angolo θ , considerando come valore unico del coefficiente di sicurezza quello per cui si abbia:

$$F_{sm} = F_{sf}$$

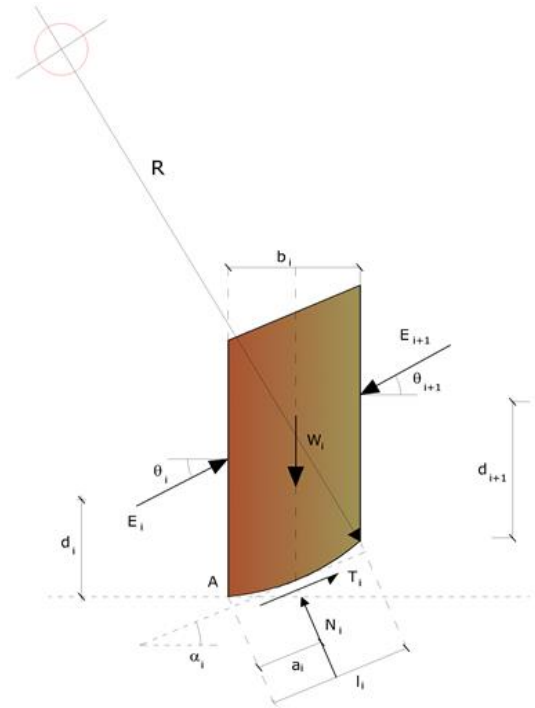
Metodo di Morgenstern e Price (1965)

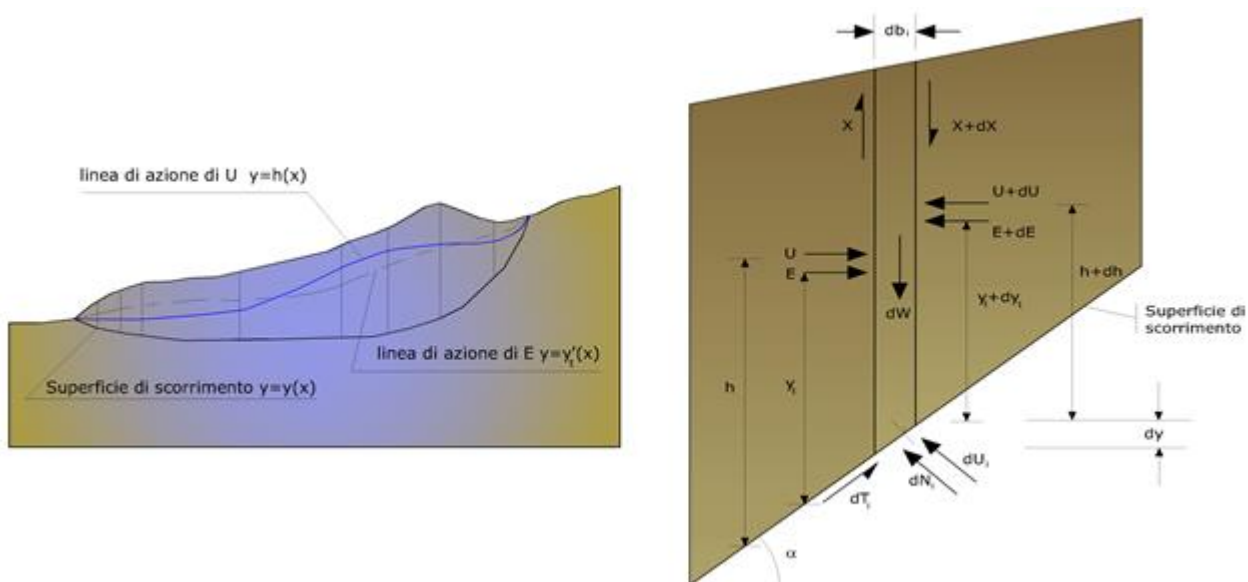
Si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo $X = \lambda f(x)E$, dove λ è un fattore di scala e $f(x)$, funzione della posizione di E e di X , definisce una relazione tra la variazione della forza X e della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione $f(x)$ è scelta arbitrariamente (costante, senoide, semisenoide, trapezia, spezzata...) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili.

La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rottura sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale che lega le forze d'interfaccia incognite E , X , il coefficiente di sicurezza F_s , il peso della striscia infinitesima dW e la risultante delle pressioni neutra alla base dU .

Si ottiene la cosiddetta "equazione delle forze":

$$\begin{aligned} c' \sec^2 \frac{\alpha}{F_s} + \tan \phi' \left(\frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - \tan \alpha \frac{dE}{dx} - \sec \alpha \frac{dU}{dx} \right) = \\ = \frac{dE}{dx} - \tan \alpha \left(\frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx} \right) \end{aligned}$$





Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Morgenster e Price e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Una seconda equazione, detta “**equazione dei momenti**”, viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzeria della base:

$$X = \frac{d(E \gamma)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento.

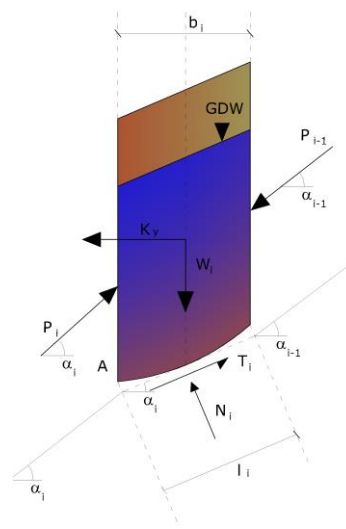
Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma, ma implica necessariamente l'uso di un calcolatore.

Metodo di Zeng e Liang (2002)

Zeng e Liang hanno effettuato una serie di analisi parametriche su un modello bidimensionale sviluppato con codice agli elementi finiti, che riproduce il caso di pali immersi in un terreno in movimento (drilled shafts). Il modello bidimensionale riproduce un striscia di terreno di spessore unitario e ipotizza che il fenomeno avvenga in condizioni di deformazione piana nella direzione parallela all'asse dei pali. Il modello è stato utilizzato per indagare l'influenza sulla formazione dell'effetto arco di alcuni parametri come l'interasse fra i pali, il diametro e la forma dei pali, e le proprietà meccaniche del terreno. Gli autori individuano nel rapporto tra l'interasse e il diametro dei i pali (s/d) il parametro adimensionale determinante per la formazione dell'effetto arco. Il problema risulta essere staticamente indeterminato, con grado di indeterminatezza pari a $(8n-4)$, ma nonostante ciò è possibile ottenere una soluzione riducendo il numero delle incognite e assumendo quindi delle ipotesi semplificative, in modo da rendere determinato il problema.

Le assunzioni che rendono il problema determinato sono:

- K_y sono assunte orizzontali per ridurre il numero totale delle incognite da $(n-1)$ a $(7n-3)$;
- Le forze normali alla base della striscia agiscono nel punto medio, riducendo le incognite da n a $(6n-3)$;
- La posizione delle spinte laterali è ad un terzo dell'altezza media dell'inter-striscia e riduce le incognite da $(n-1)$ a $(5n-2)$;
- Le forze (P_{i-1}) e P_i si assumono parallele all'inclinazione della base della striscia (α_i), riducendo il numero di incognite da $(n-1)$ a $(4n-1)$;
- Si assume un'unica costante di snervamento per tutte le strisce, riducendo le incognite da (n) a $(3n-1)$;



Il numero totale di incognite quindi è ridotto a $(3n)$, da calcolare utilizzando il fattore di trasferimento di carico. Inoltre si deve tener presente che la forza di stabilizzazione trasmessa sul terreno a valle dei pali risulta ridotta di una quantità R , chiamato fattore di riduzione, calcolabile come:

$$R = \frac{1}{s/d} + \left(1 - \frac{1}{s/d}\right) \cdot R_p$$

Il fattore R dipende quindi dal rapporto fra l'interasse presente fra i pali e il diametro dei pali stessi e dal fattore R_p che tiene conto dell'effetto arco.

Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Essendo:

- F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- W peso concio;
- K_x coefficiente sismico orizzontale;
- K_y coefficiente sismico verticale.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Stabilizzazione di pendii con l'utilizzo di pali

La realizzazione di una cortina di pali, su pendio, serve a fare aumentare la resistenza al taglio su determinate superfici di scorrimento. L'intervento può essere conseguente ad una stabilità già accertata, per la quale si conosce la superficie di scorrimento oppure, agendo preventivamente, viene progettato in relazione alle ipotetiche superfici di rottura che responsabilmente possono essere assunte come quelle più probabili. In ogni caso si opera considerando una massa di terreno in movimento su un ammasso stabile sul quale attestare, per una certa lunghezza, l'allineamento di pali.

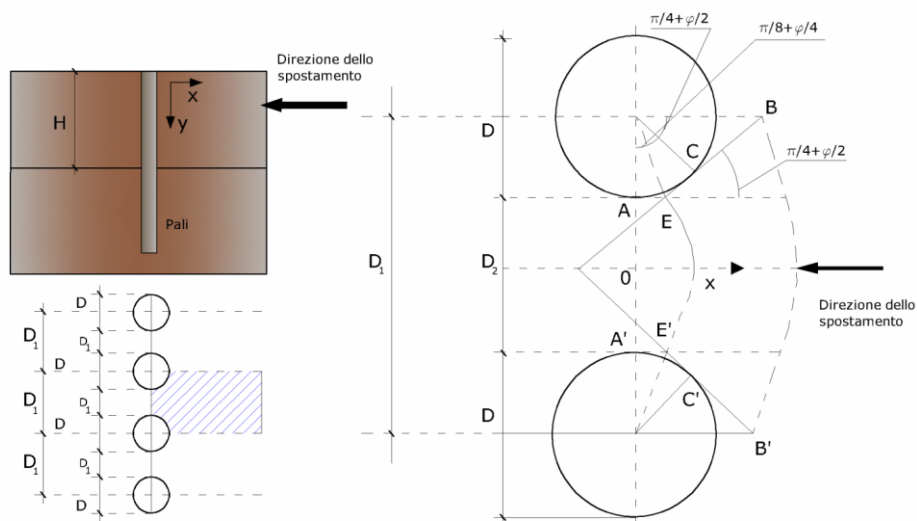
Il terreno, nelle due zone, ha una influenza diversa sull'elemento monoassiale (palo): di tipo sollecitativi nella parte superiore (palo passivo – terreno attivo) e di tipo resistivo nella zona sottostante (palo attivo – terreno passivo). Da questa interferenza, fra “sbarramento” e massa in movimento, scaturiscono le azioni stabilizzanti che devono perseguire le seguenti finalità:

1. conferire al pendio un coefficiente di sicurezza maggiore di quello posseduto;
2. essere assorbite dal manufatto garantendone l'integrità (le tensioni interne, derivanti dalle sollecitazioni massime trasmesse sulle varie sezioni del singolo palo, devono risultare inferiori a quelle ammissibili del materiale) e risultare inferiori al carico limite sopportabile dal terreno, calcolato, lateralmente considerando l'interazione (palo–terreno).

Carico limite relativo all'interazione fra i pali ed il terreno laterale

Nei vari tipi di terreno che non hanno un comportamento omogeneo, le deformazioni in corrispondenza della zona di contatto non sono legate fra di loro. Quindi, non potendo associare al materiale un modello di comportamento perfettamente elastico (ipotesi che potrebbe essere assunta per i materiali lapidei poco fratturati), generalmente si procede imponendo che il movimento di massa sia nello stato iniziale e che il terreno in adiacenza ai pali sia nella fase massima

consentita di plasticizzazione, oltre la quale si potrebbe verificare l'effetto indesiderato che il materiale possa defluire, attraverso la cortina di pali, nello spazio intercorrente fra un elemento e l'altro.



Imponendo inoltre che il carico assorbito dal terreno sia uguale a quello associato alla condizione limite ipotizzata e che fra due pali consecutivi, a seguito della spinta attiva, si instauri una sorta di effetto arco, gli autori T. Ito e T. Matsui (1975) hanno ricavato la relazione che permette di determinare il carico limite. A questa si è pervenuto facendo riferimento allo schema statico, disegnato nella figura precedente e alle ipotesi anzidette, che schematicamente si ribadiscono.

- Sotto l'azione della spinta attiva del terreno si formano due superfici di scorrimento localizzate in corrispondenza delle linee AEB ed A'E'B';
- Le direzioni EB ed E'B' formano con l'asse x rispettivamente angoli $+(45 + \varphi/2)$ e $-(45 + \varphi/2)$;
- Il volume di terreno, compreso nella zona delimitata dai vertici AEBB'E'A' ha un comportamento plastico, e quindi è consentita l'applicazione del criterio di rottura di Mohr-coulomb;
- La pressione attiva del terreno agisce sul piano A-A';
- I pali sono dotati di elevata rigidità a flessione e taglio.

Detta espressione, riferita alla generica profondità Z, relativamente ad un spessore di terreno unitario, è la seguente:

$$P(Z) = C \cdot D_1 (D_1/D_2)^{K_1} \left[1 / (N_\varphi \tan \varphi) \left(e^{K_2} - 2(N_\varphi)^{1/2} \tan \varphi - 1 \right) + K_3 \right] - C \left[D_1 \cdot K_3 - D_2 / (N_\varphi)^{1/2} \right] + \gamma Z / N_\varphi \left[D_1 (D_1/D_2)^{K_1} \cdot e^{K_2} - D_2 \right]$$

dove i simboli utilizzati assumono il significato che segue:

C = coesione terreno;

φ = angolo di attrito terreno;

γ = peso specifico terreno;

D₁ = interasse tra i pali;

D₂ = spazio libero fra due pali consecutivi;

N_φ = $\tan^2(\pi/4 + \varphi/2)$

$$K_1 = (N_\varphi)^{1/2} \tan \varphi + N_\varphi - 1$$

$$K_2 = (D_1 - D_2) / D_2 \cdot N_\varphi \tan(\pi/8 + \varphi/4)$$

$$K_3 = \left[2 \tan \varphi + 2(N_\varphi)^{1/2} + 1 / (N_\varphi)^{1/2} \right] / \left[(N_\varphi)^{1/2} \tan \varphi + N_\varphi - 1 \right]$$

La forza totale, relativamente ad uno strato di terreno in movimento di spessore H, è stata ottenuta integrando l'espressione precedente.

In presenza di terreni granulari (condizione drenata), nei quali si può assumere $c = 0$, l'espressione diventa:

$$P = 1/2 \gamma \cdot H^2 / N_\phi \left[D_1 (D_1/D_2)^{k_1} \cdot e^{k_2} - D_2 \right]$$

Per terreni coesivi (condizioni non drenate), con $\phi = 0$ e $c \neq 0$, si ha:

$$P(z) = C \left[D_1 (3 \ln(D_1/D_2) + (D_1 - D_2)/D_2 \tan \pi/8) - 2(D_1 - D_2) \right] + \gamma \cdot Z(D_1 - D_2)$$

$$P = \int_0^H P(Z) dZ$$

$$P = C \cdot H \left[D_1 (3 \ln(D_1/D_2) + (D_1 - D_2)/D_2 \tan \pi/8) - 2(D_1 - D_2) \right] + 1/2 \gamma H^2 (D_1 - D_2)$$

Il dimensionamento della cortina di pali, che come già detto deve conferire al pendio un incremento del coefficiente di sicurezza e garantire l'integrità del meccanismo palo-terreno, è abbastanza problematica. Infatti tenuto conto della complessità dell'espressione del carico P , influenzata da diversi fattori legati sia alle caratteristiche meccaniche del terreno sia alla geometria del manufatto, non è facile con una sola elaborazione pervenire alla soluzione ottimale. Per raggiungere lo scopo è necessario pertanto eseguire diversi tentativi finalizzati:

- A trovare, sul profilo topografico del pendio, la posizione che garantisca, a parità di altre condizioni, una distribuzione dei coefficienti di sicurezza più confortante;
- A determinare la disposizione planimetrica dei pali, caratterizzata dal rapporto fra interasse e distanza fra i pali (D_2/D_1), che consenta di sfruttare al meglio la resistenza del complesso palo-terreno; sperimentalmente è stato riscontrato che, escludendo i casi limiti ($D_2 = 0 \rightarrow P \rightarrow \infty$ e $D_2 = D_1 \rightarrow$ valore minimo), i valori più idonei allo scopo sono quelli per i quali tale rapporto risulta compreso fra 0,60 e 0,80;
- A valutare la possibilità di inserire più file di pali ed eventualmente, in caso affermativo, valutare, per le file successive, la posizione che dia più garanzie in termini di sicurezza e di spreco di materiali;
- Ad adottare il tipo di vincolo più idoneo che consente di ottenere una distribuzione più regolare delle sollecitazioni; sperimentalmente è stato constatato che quello che assolve, in maniera più soddisfacente, allo scopo è il vincolo che impedisce le rotazioni alla testa del palo.

Metodo del carico limite di Broms

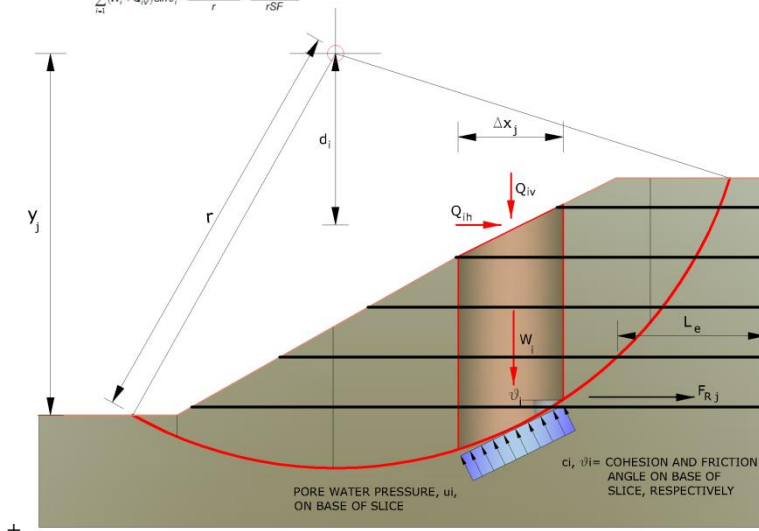
Nel caso in cui il palo sia caricato ortogonalmente all'asse, configurazione di carico presente se un palo inibisce il movimento di una massa in frana, la resistenza può essere affidata al suo carico limite orizzontale.

Il problema di calcolo del carico limite orizzontale è stato affrontato da Broms sia per il mezzo puramente coesivo che per il mezzo incoerente, il metodo di calcolo seguito è basato su alcune ipotesi semplificative per quanto attiene alla reazione esercitata dal terreno per unità di lunghezza di palo in condizioni limite e porta in conto anche la resistenza a rottura del palo (*Momento di plasticizzazione*).

Elemento Rinforzo

I Rinforzi sono degli elementi orizzontali, la loro messa in opera conferisce al terreno un incremento della resistenza allo scorrimento.

Se l'elemento di rinforzo interseca la superficie di scorrimento, la forza resistente sviluppata dall'elemento entra nell'equazione di equilibrio del singolo concio, in caso contrario l'elemento di rinforzo non ne influenza la stabilità.



L'altro parametro è la resistenza a sfilamento (*Pullout*) che viene calcolata attraverso la seguente relazione:

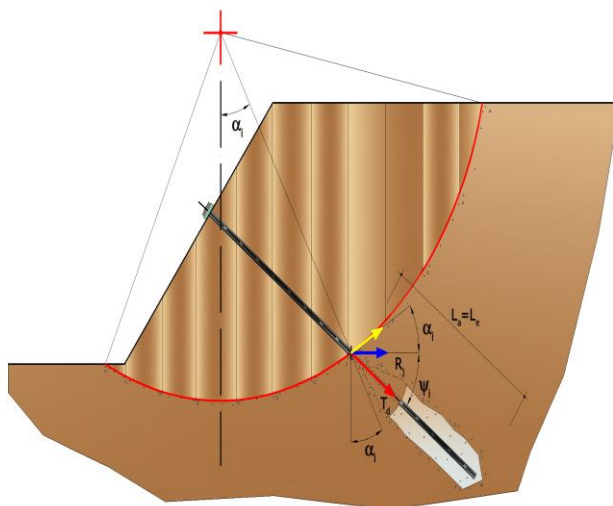
$$T_{\text{Pullout}} = 2 \cdot L_e \cdot \sigma'_v \cdot f_b \cdot \tan(\delta)$$

$$f_b = \frac{\tan(\delta)}{\tan(\varphi)}$$

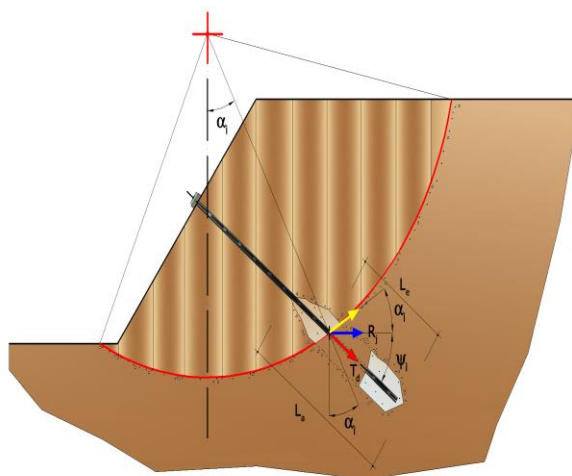
σ'_v Tensione verticale, calcolata alla profondità media del tratto di rinforzo ancorato al terreno.

Il tratto compreso tra la testata e la fondazione prende il nome di parte libera, mentre la fondazione (o bulbo) viene realizzata iniettando nel terreno, per un tratto terminale, tramite valvole a perdere, la malta, in genere cementizia. L'anima dell'ancoraggio è costituita da un'armatura, realizzata con barre, fili o trefoli.

Il tirante interviene nella stabilità in misura maggiore o minore efficacia a seconda se sarà totalmente o parzialmente (caso in cui è intercettato dalla superficie di scorrimento) ancorato alla parte stabile del terreno.



Bulbo completamente ancorato



Bulbo parzialmente ancorato

Le relazioni che esprimono la misura di sicurezza lungo una ipotetica superficie di scorrimento si modificheranno in presenza di ancoraggi (tirante attivo, passivo e chiodi) nel modo seguente:

- per i tiranti di *tipo attivo*, la loro resistenza si detrae dalle azioni (denominatore);

$$F_s = \frac{R_d}{E_d - \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}}$$

- per tiranti di *tipo passivo* e per i *chiodi*, il loro contributo si somma alle resistenze (numeratore)

$$F_s = \frac{R_d + \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}}{E_d}$$

Con R_j si indica la resistenza dell'ancoraggio e viene calcolata dalla seguente espressione:

$$R_j = T_d \cdot \cos \Psi_i \cdot \left(\frac{1}{i} \right) \cdot \left(\frac{L_e}{L_a} \right)$$

dove:

T_d tiro esercizio;
 Ψ_i inclinazione del tirante rispetto all'orizzontale;
 i interasse;
 L_e lunghezza efficace;
 L_a lunghezza d'ancoraggio.

I due indici (i, j) riportati in sommatoria rappresentano rispettivamente l' i -esimo concio e il j -esimo ancoraggio intercettato dalla superficie di scorrimento dell' i -esimo concio.

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Zona	Pannarano
Lat./Long.	41,011403/14,703228
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,2
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Residuo
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore x_i	31,02 m
Ordinata vertice sinistro inferiore y_i	429,39 m
Ascissa vertice destro superiore x_s	67,19 m
Ordinata vertice destro superiore y_s	454,16 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	35,0 [anni]
Vita di riferimento:	70,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
----------------------	---------------------	---------------------------	-----------	--------------

	[anni]			
S.L.O.	42,0	0,67	2,32	0,3
S.L.D.	70,0	0,87	2,31	0,32
S.L.V.	664,0	2,32	2,4	0,37
S.L.C.	1365,0	2,95	2,46	0,39

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,804	0,2	0,0164	0,0082
S.L.D.	1,044	0,2	0,0213	0,0106
S.L.V.	2,7211	0,28	0,0777	0,0388
S.L.C.	3,2567	0,28	0,093	0,0465

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,016
 Coefficiente azione sismica verticale 0,008
 Intensità di Arias 2,260 m/s
 Intensità degli incroci con l'asse dei tempi accelerogramma 0,050 1/s
 Durata accelerogramma Trifunac (1975) 12,960 s

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	390,0
2	25,5	400,0
3	59,65	404,99
4	63,0	404,99
5	63,0	409,99
6	63,0	410,0
7	63,2	410,0
8	63,2	410,0
9	71,0	410,0
10	95,92	415,0
11	110,36	420,0
12	117,17	425,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	389,99
2	25,5	399,99
3	59,7	404,99
4	63,0	409,99
5	71,0	409,99
6	95,92	414,99
7	110,36	419,99
8	117,17	424,99

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	390,0
2	25,5	400,0
3	59,7	405,0
4	63,0	410,0

5	71,0	410,0
6	72,14	410,23
7	76,88	409,2
8	85,17	407,77
9	98,1	407,55
10	109,05	408,98
11	117,17	410,13

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	390,0
2	25,5	400,0
3	58,2	404,78
4	62,84	404,12
5	67,26	404,23
6	70,47	404,78
7	71,79	406,88
8	72,3	410,19
9	76,88	409,2
10	85,17	407,77
11	98,1	407,55
12	109,05	408,98
13	117,17	410,13

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	388,56
2	5,03	389,64
3	11,66	390,85
4	17,63	393,18
5	22,16	394,61
6	26,36	396,27
7	31,56	396,05
8	38,19	396,93
9	47,37	399,25
10	53,22	400,25
11	59,3	401,35
12	65,27	402,13
13	71,46	403,23
14	74,67	406,44
15	82,79	408,18
16	85,17	407,77
17	98,1	407,55
18	109,05	408,98
19	117,17	410,13

Vertici strato4

N	X (m)	y (m)
1	0,0	387,51
2	5,69	388,42
3	11,11	389,09
4	19,4	392,18
5	26,03	393,62
6	37,31	395,28
7	49,13	398,04
8	61,62	400,36
9	71,24	401,35

10	75,0	405,11
11	84,46	407,89
12	85,17	407,77
13	98,1	407,55
14	109,05	408,98
15	117,17	410,13

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0	0	30	2300	2500	Calcari fratturati	
2	0	0	27	2039	2141	ghiaia debolmente sabbiosa	
3	0,27	0,83	18,5	1886	1983	limo argilloso	
4	0,3	0,92	18,8	1968	2006	argilla limosa	
5	0,4		23	2059		argilla marnosa	

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa; OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	0	0	0	1	0
2	167000	125250	60	1	32,5
3	84000	63000	0	1	32,9
4	379000	284250	0	1	32
5					

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (Kg/m ³)
1	61,35	407,51	0	0	0	0	0	0
2	61,05	407,04	0	0	0	0	0	0
3	106,07	408,06	0	0	0	0	0	0
4	63,2	410	0	0	0	0	0	0
5	62,69	409,53	0	0	0	0	0	0
6	62,38	409,06	0	0	0	0	0	0

7	63	404,99	0	0	5	2	5	2400
---	----	--------	---	---	---	---	---	------

Risultati analisi pendio [NTC 2018]

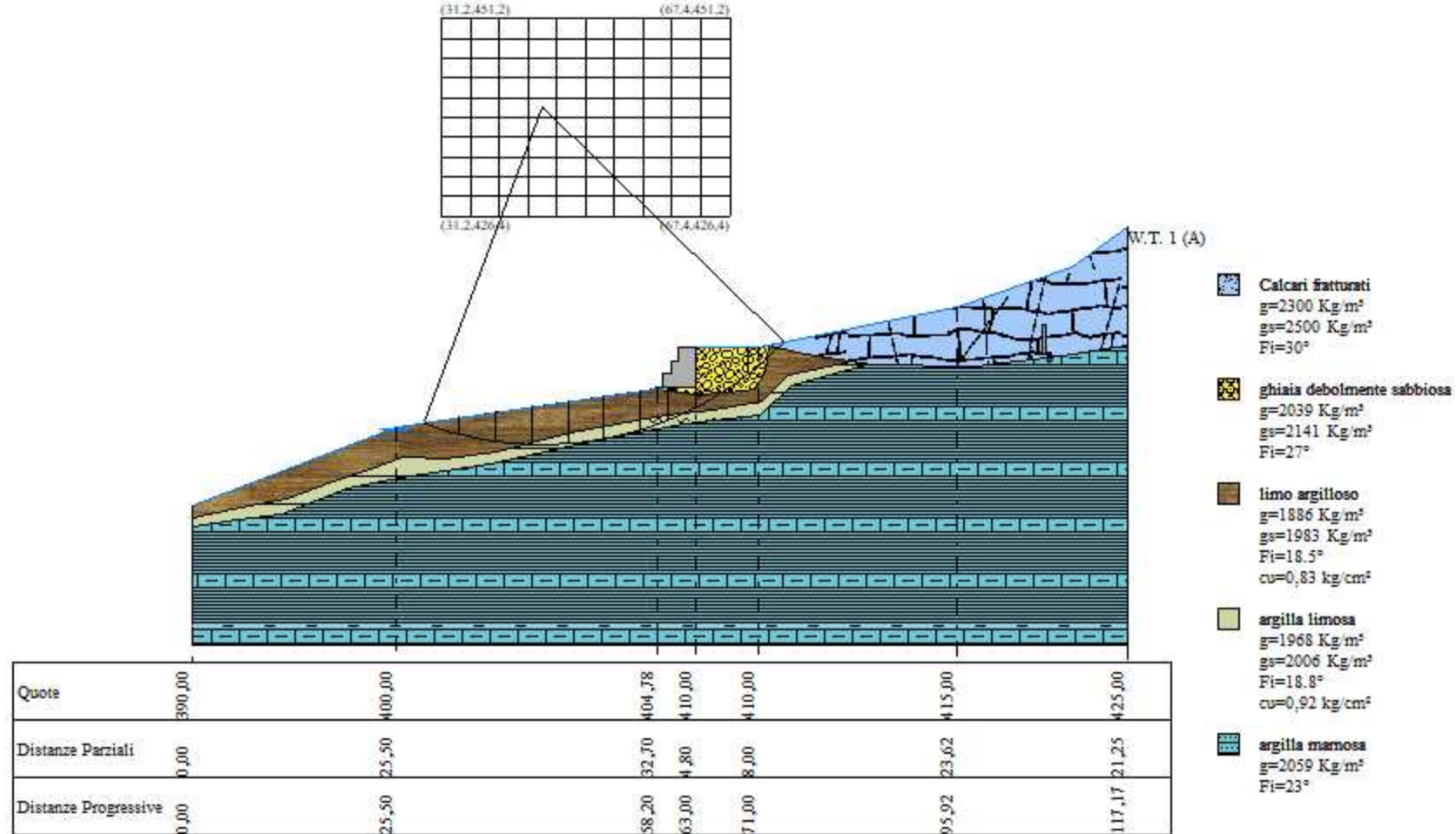
Fs minimo individuato	0,28
Ascissa centro superficie	49,27 m
Ordinata centro superficie	438,79 m
Raggio superficie	33,95 m

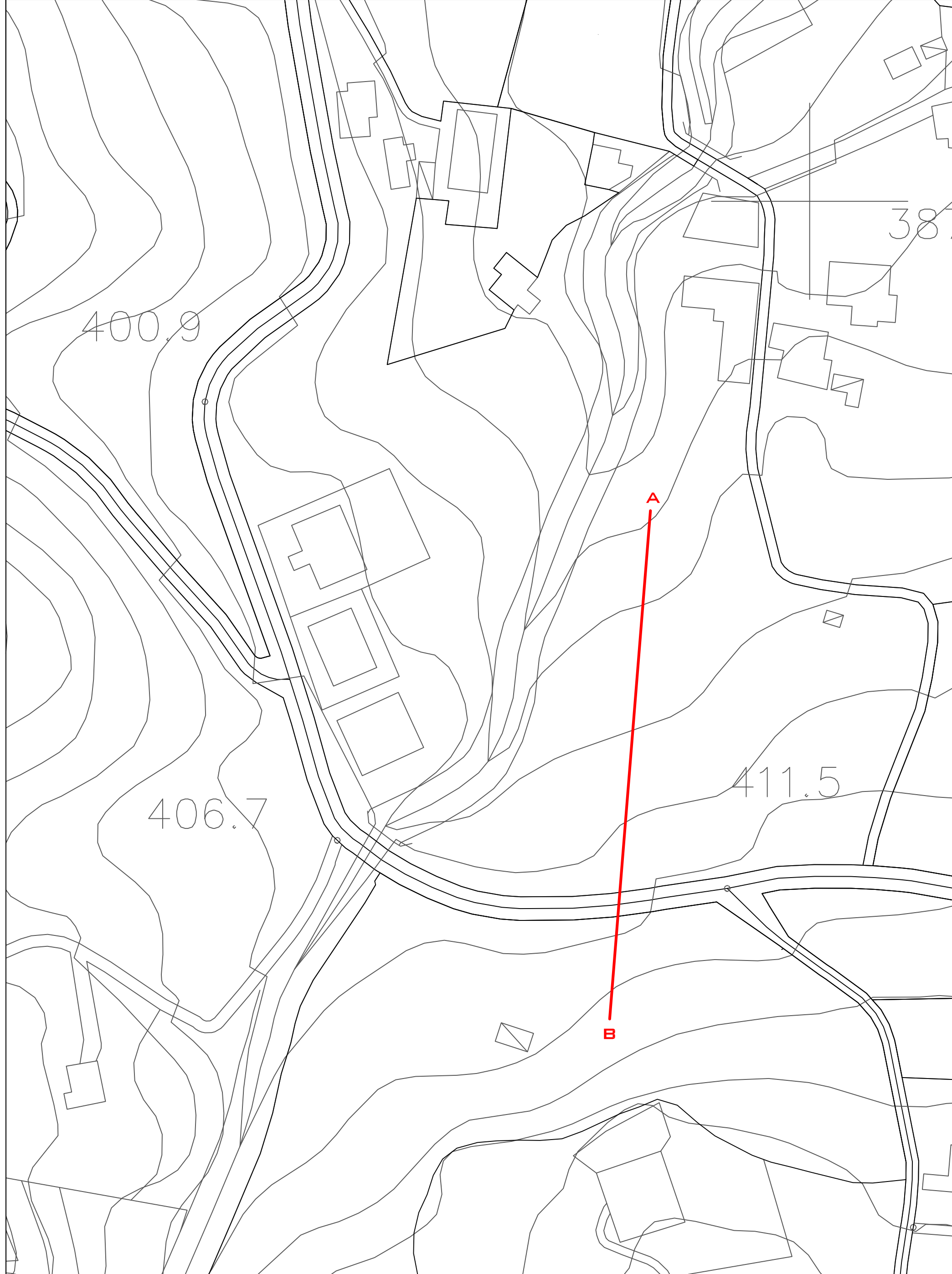
xc = 42,033 yc = 441,267 Rc = 43,795 Fs=0,556

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	4,63	-17,1	4,8510305,75	164,89	82,45	0,0	15,0	5177,7	6124,5	2457,4	
2	4,63	-10,9	4,7127106,33	433,7	216,85	0,0	15,0	13609,0	14893,5	5975,9	
3	4,63	-4,8	4,6539151,52	626,42	313,21	0,0	15,0	19694,8	20198,7	8104,6	
4	4,63	1,3	4,6346715,23	747,44	373,72	0,0	15,2	23484,3	23021,6	9398,3	
5	4,63	7,4	4,6749782,11	796,51	398,26	0,0	15,2	24999,8	23732,4	9688,5	
6	4,63	13,6	4,76 48130,1	770,08	385,04	0,0	15,2	24129,5	22475,1	9175,2	
7	5,04	20,2	5,3744764,99	716,24	358,12	0,0	15,2	22494,4	20631,2	8422,5	
8	4,22	26,8	4,7343463,54	695,42	347,71	0,0	15,0	25094,5	40488,6	16245,9	
9	4,63	33,5	5,5552211,34	835,38	417,69	0,0	22,2	24352,0	23789,1	14535,6	
10	4,63	41,2	6,1517282,12	276,51	138,26	0,0	22,2	8037,5	8005,0	4891,2	

Indice

1.Dati generali	14
2.Vertici profilo	16
3.Falda	16
4.Vertici strato1	16
5.Vertici strato2	16
6.Vertici strato3	17
7.Vertici strato4	17
8.Coefficienti parziali azioni	17
9.Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno	17
10.Stratigrafia	18
11.Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche	18
12.Risultati analisi pendio [NTC 2018]	18
Indice	20





GEOLOGO: GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO N.63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO (BN)	COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI BENEVENTO	COD. EL. RELI320
		SCALA -
	OGGETTO: LAVORI DI CONSOLIDAMENTO STRADALE LUNGO LA S.P.N11- BIVIO BORRECA-CAPUTI, PANNARANO	DATA 7.2020
		TRACCIA DI SEZIONE



Geo-In srl

APPLICAZIONE ALLA GEOLOGIA E INGEGNERIA
Z. I. Ponte Valentino -BENEVENTO telefax: 0824 351344



AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI BENEVENTO



INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE PER IL RIPRISTINO DEL MOVIMENTO FRANOSO SULLA STRADA SP 11

Località Borreca-Caputi SP11 - Comune di Pannarano (BN)



ALLEGATI:

- Sondaggi geognostici a carotaggio continuo
- Prova di laboratorio su campioni in terra



Geo-In srl

APPLICAZIONE ALLA GEOLOGIA E INGEGNERIA
Z. I. Ponte Valentino - BENEVENTO telefax: 0824 351344

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
INDAGINI GEOGNOSTICHE E PROVE IN SITO
Concessione n° 5024 del 25 maggio 2011 DRP 380 art. 59



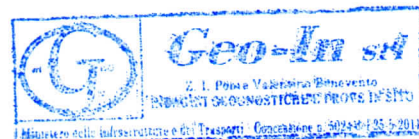
Accettazione indagini geognostiche n°548
del 9 dicembre 2014

Certificati dal n°285 al n° 287 anno 2014

Spett.le
dott. geol. Giuseppe SOLLA

Committente: **AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI BENEVENTO**

RIPRISTINO MOVIMENTO FRANOSO SP 11
Bivio Borreca-Caputi SP11 - Comune di Pannarano (BN)



INDAGINI GEOGNOSTICHE, PRELIEVO DI CAMPIONI E PROVE IN SITO



Geo-In srl

ZONA INDUSTRIALE PONTE VALENTINO - 82100 BENEVENTO
tel e fax 0824-351344 e-mail: info @ geo-in.it

LABORATORIO AUTORIZZATO MINISTERO INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
N° 5024 del 25-5-2011 DPR 380/11 art 59
INDAGINI GEOGNOSTICHE, PRELIEVI DEI CAMPIONI ED INDAGINI IN SITO

Accettazione n° 0548 del 9 dicembre 2014

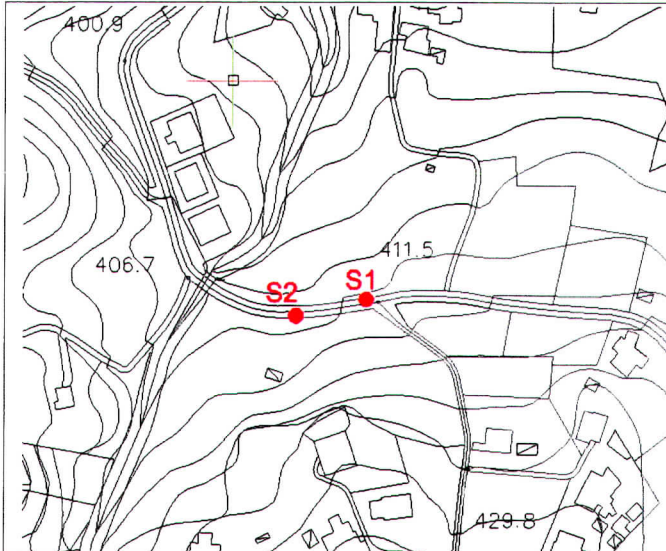
Committente: Amministrazione Provinciale di Benevento
Richiedente: dott. Geol. Giuseppe Solla
Progetto: Ripristino movimento franoso SP11
Località: Biavio Borreca Caputi SP11
Comune: Pannarano (BN)

INDAGINI IN SITO

PROVE ESEGUITE

- Sondaggio geognostico S1 a mt 20,00 cert. 285-2014
- Sondaggio geognostico S2 a mt 15,00 cert. 286-2014
- Prove Spt cert. N° 287-2014

STRALCIO PLANIMETRICO CON UBICAZIONE DELLA PROVA



DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA

CAROTAGGIO CONTINUO

Tutte le indagini eseguite sono state effettuate a carotaggio continuo con il prelievo della carota disposta in apposite cassette catalogatrici. Il carotaggio è stato eseguito a secco, nei terreni più sciolti e con circolazione di fluido in quelli di natura litoide. L'espulsione della carota è stata effettuata o con spinta idraulica (acqua) o in caso di materiale litoide tramite martellamento del carotiere, il tutto raccolto in contenitore adatto e riposto, secondo la profondità, nelle apposite cassette. La strumentazione utilizzata per le indagini è la seguente: **Sonda** perforatrice a rotazione di marca CMV modello MK 600 D, anno di produzione 2004, peso circa 6700 kg, coppia massima di rotazione 600 kgm, velocità di rotazione massima 400 g/min; corsa di 3300 mm, **Aste** lunghezza 1500 mm diametro 76 mm spessore 6,6 mm, **Carotiere** di tipo semplice diametro 101 lunghezza 3000 mm e corona con denti in widia, **Pompa fanghi** del tipo a vite con pressione massima di esercizio 30 bar.

PRELIEVO DEI CAMPIONI INDISTURBATI

Raggiunta la profondità desiderata con la perforazione si è proceduto alla manovra di pulizia del foro mediante lavaggio con acqua pulita tale da rimuovere dal fondo del foro eventuale fango e detriti lasciati dalla manovra precedente. Il prelievo dei campioni è stato eseguito, a seconda del grado di consistenza del terreno, con un campionatore a pressione di tipo shelby con fustella a pareti sottili, nei terreni meno consistenti e con un campionatore rotativo denominato "Drill" nei terreni consistenti, litoidi e semilitoidi. Tale campionatore, che viene usato con circolazione di fluido, è costituito da una parte esterna con corona sottile al widia che esegue il taglio del terreno e da una fustella interna in acciaio collegata tramite una testa libera che permette alla fustella di inserirsi nel terreno senza ruotare. Il campione indisturbato, prelevato nella fustella, è stato regolarmente paraffinato e contrassegnato con i dati relativi al sondaggio, alla profondità e alla data di prelievo.

STANDARD PENETRATION TEST

La prova SPT si esegue durante la perforazione. Consiste nel registrare il numero di colpi necessari per far penetrare di 45 cm nel terreno a fondo foro un tubo campionatore di dimensioni standard, collegato alla superficie mediante batteria di aste in testa sulle quali agisce un maglio del peso di 63,5 kg che cade liberamente da un'altezza di 0,75 m.

Durante la prova si misura:

N1 = numero di colpi di maglio necessari a provocare l'avanzamento del campionatore per i primi 15 cm

N2 = numero di colpi che provoca la penetrazione del campionatore nei successivi 15 cm;

N3 = numero di colpi necessari per gli ultimi 15 cm di avanzamento.

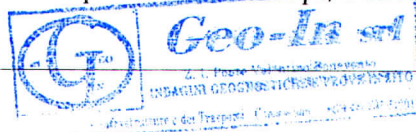
Si assume come resistenza alla penetrazione il valore: $N_{SPT} = N_2 + N_3$

Si utilizzano le seguenti attrezzature standard:

Aste d'infissione del diametro esterno 50 mm e peso di 7 kg/m; Testa di battuta di acciaio avvitata sulle aste; Maglio di acciaio di 63,5 kg; Dispositivo automatico che consente la caduta del maglio da un'altezza di 0,76 m; Centratore di guida per le aste fra la testa di battuta e il piano campagna; Campionatore standard (detto Raymond dalla società che lo ha introdotto per prima). Si tratta di un tubo carotiere avente diametro esterno di 51 mm, spessore 16 mm e lunghezza complessiva comprendente scarpa e raccordo alle aste di 813 mm. Nei terreni ghiaiosi la scarpa del carotiere viene sostituita da una punta conica di diametro 51 mm e angolo 60°. Il campionatore Raymond consta di un tubo diviso longitudinalmente a metà, i due semitubi sono tenuti insieme, durante l'infissione, da una scarpa tagliente avvitata alla base e da un anello in testa. Alla fine della prova si svita la scarpa, il carotiere si apre in due permettendo di estrarre il campione di terreno.

Il direttore del laboratorio

Dott. Geol. Umberto Lonardo





Geo-In srl

Zona industriale Ponte Valentino - 82100 Benevento
tele e fax 0824-351344 e-mail: info@geo-in.it

LABORATORIO AUTORIZZATO MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI

N°5024 del 25-5-2011 DPR 380/01

INDAGINI GEOGNOSTICHE, PRELIEVO DEI CAMPIONI ED INDAGINI IN SITO

Sondaggio geognostico S1

Accettazione n°0548 del 7/12/2014

Certificato n° 285 del 16/12/2014

Committente: Amministrazione provinciale di Benevento

Richiedente: dott. geol. Giuseppe Solla

Progetto: Ripristino movimento franoso lungo la SP11

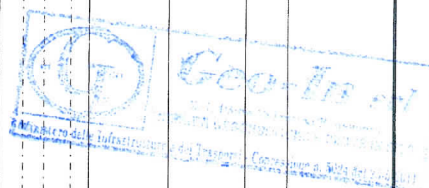
Località: Biavio Borreca Caputi Comune di: Pannarano (BN)

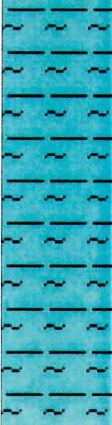
Profondità: 20,00 mt Cassette n°4 quota p.c.: ___ mt data: dal 11/12/2014 al 11/12/2014 Attrezzatura: sonda CMV600 MK

Tipo carotaggio: continuo Ø mm101 Tipo Carotiere: semplice Rivestimento 127 Ø mm 1,5 Operatore: sig. Giglio Giuseppe

Condizionamento foro e note:

Prof. metri	Spes. metri	SIMBOLO	DESCRIZIONE LITOLOGICA	% Carot 25 50 75	Camp. S=Shelby O=Osterberg M=Mazet	Pocket Kg/cmq	H ₂ O	SPT A=Punta Aperta C=Punta Chiusa
1								
2								
3			Massicciata stradale e materiale di riporto eterogenei da limo argilloso a ghiaia eterogenea ed eterodimensionale					
4								
5	5,0	5,0						
6					5,3 C1	S		A SPT mt 5,8 (3-5-6)
7					5,8			
8			Limo argilloso di colore grigiastro-verdastro plastico, umido con consistenza debolmente crescente con la profondità					
9					8,3 C2	S		A SPT mt 8,8 (8-10-13)
10	10,1	5,1			8,8			
11								
12			Limo argilloso di colore grigiastro a tratti marnoso, compatto con venature rossastre tra 13,3÷13,8					
13	15,3	1,8						
14								
15								
16			Limo argilloso di colore grigio verdastro compatto a struttura talvolta scagliosa					
17								
18								
19								
20	20,0	Fine Foro						
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								



 Geo-In srl Zona industriale Ponte Valentino - 82100 Benevento tele e fax 0824-351344 e-mail: info@geo-in.it				Sondaggio geognostico S2 Accettazione n°0548 del 7/12/2014 Certificato n° 286 del 16/12/2014 Committente: Amministrazione provinciale di Benevento Richiedente: dott. geol. Giuseppe Solla Progetto: Ripristino movimento franoso lungo la SP11 Località: Biavio Borreca Caputi Comune di: Pannarano (BN)					
LABORATORIO AUTORIZZATO MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI N°5024 del 25-5-2011 DPR 380/01 INDAGINI GEOGNOSTICHE, PRELIEVO DEI CAMPIONI ED INDAGINI IN SITO				Profondità: 15,00 mt Cassette n°3 quota p.c.: ___ mt data: dal 11/12/2014 al 11/12/ 2014 Attrezzatura: sonda CMV600 MK Tipo carotaggio: continuo Ø mm101 Tipo Carotiere: semplice Rivestimento 127 Ø mm 1,5 Operatore: sig. Giglio Giuseppe Condizionamento foro e note:					
Prof. metri	Spes. metri	SIMBOLO	DESCRIZIONE LITOLOGICA	% Carot 25 50 75	Camp. S=Shelby O=Osterberg A=Mazze	Pocket Kg/cm ²	H₂O	SPT A = Punta Aperta C = Punta Chiusa	
1			Massicciata stradale e materiale di riporto eterogenei da limo argilloso a ghiaia eterogenea ed eterodimensionale						
2									
3									
4									
5	4,7	4,7							
6	5,5	0,8							
7			Limo argilloso di colore grigio verdastro compatto a struttura talvolta scagliosa						
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15	15,0			Fine Foro					
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									

 7,0
 C2
 7,5

S


 SPT mt 12,0
 (11-14-16)




Geo-In srl

ZONA INDUSTRIALE PONTE VALENTINO - 82100 BENEVENTO

tel e fax 0824-351344

e-mail: info@geo-in.it

LABORATORIO AUTORIZZATO MINISTERO INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

N° 5024 del 25-5-2011 Dpr 380/01

INDAGINI GEOGNOSTICHE, PRELIEVO DEI CAMPIONI ED INDAGINI IN SITO

STANDARD PENETRATION TEST

Accettazione n° **0548** del: **9 dic 2014**

Certificato n° **287** del: **16 dic 2014**

SONDAGGIO:

Committente: Amm. Provinciale di Benevento

Richiedente: dott. Geol. Giuseppe Solla

Progetto:

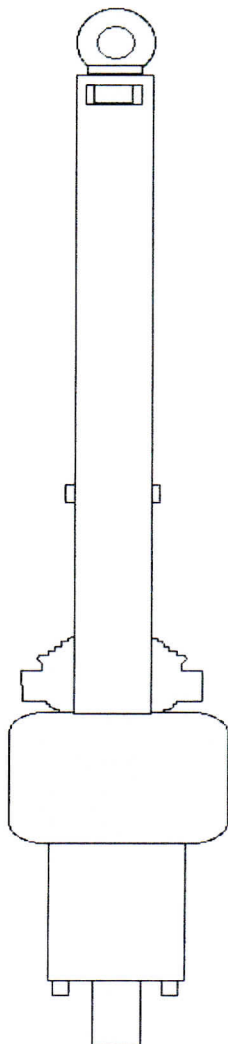
Località:

Comune di:

Ripristino movimento franoso SP11 Pannarano
Pietrastornina

Bivio Borreca Caputi SP11

Pannarano (BN)



Sondaggio S1 del 11/12/2014 Certificato n° 285/2014

SPT N°	PROFONDITA' METRI	PUNTA	N1	N2	N3	NsPT
1	5,80	A	3	5	6	11
2	8,80	A	8	10	13	23

Sondaggio S2 del 11/12/2014 Certificato n° 286/2014

SPT N°	PROFONDITA' METRI	PUNTA	N1	N2	N3	NsPT
1	12,00	A	11	14	16	30

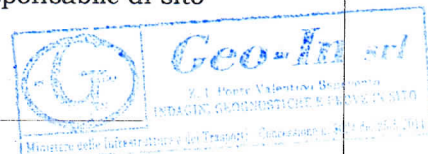
Note:

Punta: A=Punta Aperta C=Punta Chiusa

Rif = rifiuto n° di colpi > 50

Osservazioni:

Il direttore del laboratorio e responsabile di sito
dott. Geol. Umberto Lonardo





Geo-In srl

APPLICAZIONI ALLA GEOLOGIA E INGEGNERIA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti Concessione
n° 901 del 28 Gennaio 2011
D.P.R. n° 380/2001 - art. 59
Laboratorio Prove su Terre



Accettazione Prove Terre n. 916
del 11 dicembre 2014

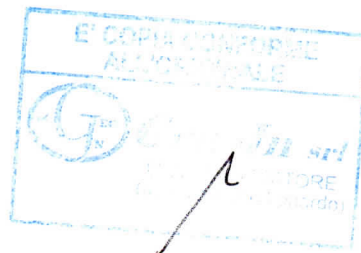
Certificati da n° 1097 a n° 1108

Spett.le
DOTT. GEOL. GIUSEPPE SOLLA

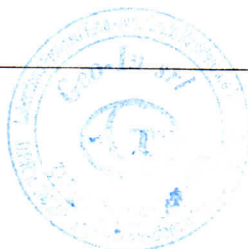
Committente: **AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI BENEVENTO**

LAVORI DI CONSOLIDAMENTO STRADALE LUNGO LA S.P. N°11

bivio Borreca Caputi - Pannarano – Pannarano (BN)



LABORATORIO PROVE SU TERRE





Geo-In srl

APPLICAZIONI ALLA GEOLOGIA E INGEGNERIA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti Concessione
n° 901 del 28 Gennaio 2011
D.P.R. n° 380/2001 - art. 59
Laboratorio Prove su Terre



Questo LABORATORIO PROVE SU TERRE, attrezzato con apparecchiature normalizzate ASTM+AASHTO, ha esaminato i campioni indisturbati di terreno prelevati dalla "Geo-In Srl", con Ns. Acc. n. 916, e inerenti le indagini geognostiche dirette, cui al titolo.

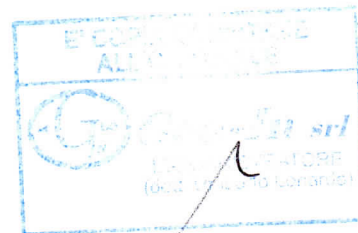
Su di essi sono state eseguite, come richiesto, complessivamente:

- n° 3 Aperture del Campione Indisturbato e relativa Identificazione Visiva;
- n° 3 Determinazioni delle Caratteristiche Fisiche Generali;
- n° 3 Analisi granulometriche con vagli ASTM e Densitometria;
- n° 2 Determinazioni dei Limiti ed Indici di Consistenza;
- n° 2 Prove di Taglio Diretto, tipo Consolidata+Lenta;
- n° 2 Prove di compressione ad Espansione Laterale Libera.

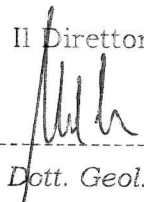
Gli esiti sono riportati nei CERTIFICATI di prova allegati da n° 1097 a n° 1108.

Tanto dovevasi.

Benevento, 18 dicembre 2014.



Il Direttore del Laboratorio:


Dott. Geol. Umberto Lonardo



QUADRO RIEPILOGATIVO PROVE di LABORATORIO

DATI GENERALI	
Committente:	Amministrazione Provinciale di Benevento
Richiedente:	Dott. Geol. Giuseppe Solla
Progetto:	Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P. n° 11
Località:	bivio Borreca Caputi-Pannarano - Pannarano (BN)

Identificativo Campione: **S1C1**

Profondità: **5,30 - 5,80**

• PESO di VOLUME NATURALE (γ_n) kN/m ³	19,17
• CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (W_n), %	26,66
• PESO SPECIFICO dei GRANI kN/m ³	26,63
• INDICE dei VUOTI (e^0)	0,760
• POROSITA' (n), %	43,17
• GRADO di SATURAZIONE (S_r), %	93,45
• PESO di VOLUME SATURO, (γ_{sat}), kN/m ³	19,45

• LIMITE LIQUIDO, %	65,4
• LIMITE PLASTICO, %	32,5
• LIMITE di RITIRO, %	

• GHIAIA, %	0,0	Denominazione: LIMO ARGILLOSO
• SABBIA, %	0,4	
• LIMO, %	80,4	
• ARGILLA, %	19,2	

• ANGOLO di ATTRITO, °DEG	18,8
• COESIONE, kN/m ²	27,2

• MODULO EDOMETRICO, kN/m ²	(Tra 100 e 1000 kPa)
• COESIONE non DRENATA (ELL), kPa	82,0

• COESIONE non DRENATA (Triax UU), kPa

• ANGOLO di ATTRITO (Triax CU), °DEG	
• COESIONE (Triax CU), kPa	

• ANGOLO di ATTRITO (Triax CD), °DEG	
• COESIONE DRENATA (Triax CD), kPa	

QUADRO RIEPILOGATIVO PROVE di LABORATORIO

DATI GENERALI	
Committente:	Amministrazione Provinciale di Benevento
Richiedente:	Dott. Geol. Giuseppe Solla
Progetto:	Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P. n° 11
Località:	bivio Borreca Caputi-Pannarano - Pannarano (BN)

Identificativo Campione: **S1C2**

Profondità: **8,30 - 8,80**

• PESO di VOLUME NATURALE (γ_n) kN/m ³	19,37
• CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (W_n), %	24,94
• PESO SPECIFICO dei GRANI kN/m ³	26,63
• INDICE dei VUOTI (e^o)	0,718
• POROSITA' (n), %	41,78
• GRADO di SATURAZIONE (S_r), %	92,52
• PESO di VOLUME SATURO, (γ_{sat}), kN/m ³	19,68

• LIMITE LIQUIDO, %	64,3
• LIMITE PLASTICO, %	32,9
• LIMITE di RITIRO, %	

• GHIAIA, %	0,0	Denominazione: LIMO ARGILLOSO
• SABBIA, %	1,2	
• LIMO, %	78,1	
• ARGILLA, %	20,7	

• ANGOLO di ATTRITO, °DEG	18,3
• COESIONE, kN/m ²	31,0

• MODULO EDOMETRICO, kN/m ²	(Tra 100 e 1000 kPa)
• COESIONE non DRENATA (ELL), kPa	90,7

• COESIONE non DRENATA (Triax UU), kPa

• ANGOLO di ATTRITO (Triax CU), °DEG	
• COESIONE (Triax CU), kPa	

• ANGOLO di ATTRITO (Triax CD), °DEG	
• COESIONE DRENATA (Triax CD), kPa	

QUADRO RIEPILOGATIVO PROVE di LABORATORIO

DATI GENERALI	
Committente:	Amministrazione Provinciale di Benevento
Richiedente:	Dott. Geol. Giuseppe Solla
Progetto:	Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P. n°11
Località:	bivio Borreca-Caputi-Pannarano - Pannarano (BN)

Identificativo Campione: **S2C1**

Profondità: **7,00 - 7,50**

• PESO di VOLUME NATURALE (γ_n) kN/m ³	19,64
• CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (W_n), %	24,63
• PESO SPECIFICO dei GRANI kN/m ³	26,67
• INDICE dei VUOTI (e)	0,693
• POROSITA' (n), %	40,93
• GRADO di SATURAZIONE (S_r), %	94,83
• PESO di VOLUME SATURO, (γ_{sat}), kN/m ³	19,85

- LIMITE LIQUIDO, %
- LIMITE PLASTICO, %
- LIMITE di RITIRO, %

• GHIAIA, %	0,1
• SABBIA, %	0,5
• LIMO, %	93,3
• ARGILLA, %	6,1

Denominazione:

LIMO DEBOLMENTE ARGILLOSO

- ANGOLO di ATTRITO, °DEG
- COESIONE, kN/m²
- MODULO EDOMETRICO, kN/m² (Tra 100 e 1000 kPa)
- COESIONE non DRENATA (ELL), kPa
- COESIONE non DRENATA (Triax UU), kPa
- ANGOLO di ATTRITO (Triax CU), °DEG
- COESIONE (Triax CU), kPa
- ANGOLO di ATTRITO (Triax CD), °DEG
- COESIONE DRENATA (Triax CD), kPa



Geo-In srl

APPLICAZIONI ALLA GEOLOGIA E INGEGNERIA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti Concessione
n° 901 del 28 Gennaio 2011
D.P.R. n° 380/2001 - art. 59
Laboratorio Prove su Terre



APERTURA CAMPIONE - IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D 2488) E RIEPILOGO PROVE ESEGUITE

ACCETTAZIONE n° 916

del 11-dic-14

pag. 1/1

rev. 1 del 24/02/2014

DATI GENERALI			
Committente: Amministrazione Provinciale di Benevento		Progetto: Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P. n°11	
Richiedente: Dott. Geol. Giuseppe Solla		Località: bivio Borreca Caputi-Pannarano - Pannarano (BN)	
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione: S1C1	indisturbato	Prelievo del: 11-dic-14	Profondità, m: 5,30 - 5,80
Data ricevimento campione: 11-dic-14		Data apertura campione: 12-dic-14	

APERTURA CAMPIONE - IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D 2488)	
Grani:	FINI
(Ø max e min - Forma - Distribuzione %)	Ø < 2,00 mm
Umidità:	MEDIA
Consistenza:	4,10 kg/cm² (pocket penetrometer)*
Colore da tavola di Munsell:	GLE 1 - 5/5G dark greenish gray
Colore:	GRIGIO
Denominazione:	LIMO ARGILLOSO
OSSERVAZIONI:	*valore medio su 10 determinazioni
con: 50+25 %Pass. ...oso: 25-15 %Pass. debolmente ...oso: 15+5 % Pass.	

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE		CERTIFICATO N.
☒	- COSTANTI FISICHE GENERALI	1097
☒	- LIMITI di ATTERBERG	1098
☐	- ANALISI GRANULOMETRICA con SOLI VAGLI ASTM	
☒	- ANALISI GRANULOMETRICA con VAGLI ASTM e DENSITOMETRIA	1099
☒	- TAGLIO DIRETTO, CONSOLIDATO LENTO	1100
☐	- TAGLIO DIRETTO + TAGLIO RESIDUO	
☐	- PROVA EDOMETRICA	
☐	- PROVA EDOMETRICA + PROVA DI PERMEABILITA'	
☒	- PROVA ad ESPANSIONE LATERALE LIBERA	1101
☐	- PROVA di PERMEABILITA' a CARICO COSTANTE	
☐	- PROVA di PERMEABILITA' a CARICO VARIABILE	
☐	- PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA DRENATA (CD)	
☐	- PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA NON DRENATA (CU)	
☐	- PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA (UU)	
☐	- DETERMINAZIONE della DENSITA' RELATIVA	
☐	- DETERMINAZIONE del CONTENUTO di SOSTANZA ORGANICA	
☐	- DETERMINAZIONE del CONTENUTO di SOLFATI	
☐	- DETERMINAZIONE del CONTENUTO di CARBONATI	
☐	- PROVA di COMPATTAZIONE PROCTOR	
☐	- PROVA CBR	

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo



Geo-In srl

APPLICAZIONI ALLA GEOLOGIA E INGEGNERIA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti Concessione
n° 901 del 28 Gennaio 2011
D.P.R. n° 380/2001 - art. 59
Laboratorio Prove su Terre



DETERMINAZIONE delle COSTANTI FISICHE GENERALI

(ASTM D 2216 - BS 1377 T15 - ASTM D 854)

ACCETTAZIONE n° 916

del 11-dic-14

CERTIFICATO n° 1097

del 18-dic-14

pag. 1/1

Mod. G.I - 7.5.1.1.c/d/e C

DATI GENERALI

Committente: Amministrazione Provinciale di Benevento

Progetto: Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P. n°11

Richiedente: Dott. Geol. Giuseppe Solla

Località: bivio Borreca Caputi-Pannarano - Pannarano (BN)

DATI DEL CAMPIONE

Identificativo campione: **S1C1** indisturbato

Prelievo del: **11-dic-14**

Profondità, m: **5,30 - 5,80**

Data ricevimento campione: 11-dic-14

Data apertura campione: 12-dic-14

Data di prova: 12-dic-14

CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (w_n) (ASTM D 2216)

DETERMINAZIONE, N	1	2	3
Contenitore, n	A	H1	X2
Massa Contenitore, g	21,56	20,94	20,66
Massa Cont + Terra Umida, g	67,05	63,02	70,02
Massa Cont + Terra Secca, g	57,49	54,16	59,62
CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (w_n), %	26,61%	26,67%	26,69%

26,66%

PESO di VOLUME NATURALE (γ_n) (BS 1377 T15)

DETERMINAZIONE, N	1	2
Volumometro, n	I	P
Massa Volumometro, g	33,89	64,99
Capacità Volumometro, cm ³	40,22	40,22
Massa Volumometro + Terra Umida, g	110,89	142,19
PESO di VOLUME NATURALE (γ_n), kN/m ³	19,14	19,19

19,17

PESO di VOLUME SECCO (γ_d), kN/m³

15,13

PESO SPECIFICO DEI GRANI (ASTM D 854)

DETERMINAZIONE, N	1	2
Vaglio ASTM #10, % Passante	100	100
Picnometro, n	VII	391
Massa Campione Secco, g	15,09	15,11
Massa Picnometro + Campione + Acqua, g	87,21	90,35
Massa Picnometro + Acqua, g	77,78	80,90
Fattore di Correzione, k	0,9983	0,9983
PESO SPECIFICO dei GRANI a 20°C, kN/m ³	26,62	26,65

Temperatura, °C

19,5

26,63

GRANDEZZE INDICI

• INDICE dei VUOTI (e)	0,760
• POROSITA' (n), %	43,17
• GRADO di SATURAZIONE (S_r)	93,45%
• PESO di VOLUME SATURO, (γ_{sat}), kN/m ³	19,45

OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio.

Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore:

Dott. Ing. Aristide Lupo



Geo-In srl

APPLICAZIONI ALLA GEOLOGIA E INGEGNERIA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti Concessione
n° 901 del 28 Gennaio 2011
D.P.R. n° 380/2001 - art. 59
Laboratorio Prove su Terre



DETERMINAZIONE LIMITI DI ATTERBERG (ASTM D 4318 e ASTM D 427)

ACCETTAZIONE n° 916

del 11-dic-14

CERTIFICATO n° 1098

del 18-dic-14

pag. 1/1

Mod. C.I. - 7.5.1.1.fC - Rev.1 del 16/07/2012

DATI GENERALI			
Committente:	Amministrazione Provinciale di Benevento		Progetto: Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P. n°11
Richiedente:	Dott. Geol. Giuseppe Solla		Località: bivio Borreca Caputi-Pannarano - Pannarano (BN)
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione:	SIC1	indisturbato	Prelievo del: 11-dic-14
Data ricevimento campione:	11-dic-14	Data apertura campione:	12-dic-14
		Profondità, m:	5,30 - 5,80
		Data di prova:	17-dic-14

LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318)					
DETERMINAZIONE, N	1	2	3	4	5
Contenitore, n	A3	L1	H2		
Massa Contenitore, g	8,76	8,85	8,88		
Massa Cont. + Terra Umida, g	16,72	18,76	27,78		
Massa Cont. + Terra Secca, g	13,54	14,84	20,38		
Colpi, n	19	25	31		
CONTENUTO D'ACQUA, %	66,5	65,4	64,3		
				LIMITE LIQUIDO	
				25	
				65,4	

LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318)			
DETERMINAZIONE, N	1	2	3
Contenitore, n	G	M	
Massa Contenitore, g	13,80	13,70	
Massa Cont. + Terra Umida, g	14,78	14,35	
Massa Cont. + Terra Secca, g	14,54	14,19	
CONTENUTO ACQUA, %	32,4	32,7	
			LIMITE PLASTICO
			32,5
			INDICE PLASTICO
			32,9

ELABORAZIONE GRAFICA																			
Contenuto di Umidità (%) N° di Colpi	CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE Indice di Plasticità (%) Limite Liquido (%) <table border="1"> <tr> <th colspan="3">Argille Inorganiche</th> <th colspan="3">Argille organiche e limi inorganici</th> </tr> <tr> <td>Bassa</td> <td>Media</td> <td>Alta</td> <td>Plasticità</td> <td>Media</td> <td>Alta</td> </tr> <tr> <td>CL</td> <td>CI</td> <td>CH</td> <td>MI</td> <td colspan="2">MH</td> </tr> </table> ● = Esito della prova	Argille Inorganiche			Argille organiche e limi inorganici			Bassa	Media	Alta	Plasticità	Media	Alta	CL	CI	CH	MI	MH	
Argille Inorganiche			Argille organiche e limi inorganici																
Bassa	Media	Alta	Plasticità	Media	Alta														
CL	CI	CH	MI	MH															

LIMITE DI RITIRO (ASTM D 427)		UMIDITA' NATURALE %	
Capsula MONEL, n Massa Capsula MONEL, g Volume Capsula MONEL, cm³ Massa Capsula + Terra Umida, g Massa Capsula + Terra Secca, g CONTENUTO ACQUA, % Massa Hg + Terra Secca, g Volume Terra Secca, cm³	LIMITE DI RITIRO W_s, % RAPPORTO DI RITIRO (SR)	INDICE DI CONSISTENZA INDICE DI LIQUIDITA' Fraz. ARGILLOSA (% Passa a 2 µ) ATTIVITA' (SKEMPTON)	26,66 1,2 -0,2 19,2 1,7

OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Leonardo

Lo Sperimentatore:

Dott. Ing. Aristide Lupo



Geo-In srl

APPLICAZIONI ALLA GEOLOGIA E INGEGNERIA

ANALISI GRANULOMETRICA con VAGLI ASTM e DENSITOMETRIA
(ASTM D 422)

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti Concessione
n° 901 del 28 Gennaio 2011
D.P.R. n° 380/2001 - art. 59
Laboratorio Prove su Terre



ACCETTAZIONE n° 916

del 11-dic-14

CERTIFICATO n° 1099

del 18-dic-14

pag. 1/1

Mod. G.I. - 7.5.1.1.b C

DATI GENERALI											
Committente: Amministrazione Provinciale di Benevento					Progetto: Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P. n°11						
Richiedente: Dott. Geol. Giuseppe Solla					Località: bivio Borreca Caputi-Pannarano - Pannarano (BN)						
DATI DEL CAMPIONE											
Identificativo campione: SIC1		indisturbato			Prelievo del: 11-dic-14		Profondità, m: 5,30 - 5,80				
Data ricevimento campione: 11-dic-14					Data apertura campione: 12-dic-14		Data di prova: 16-dic-14				
ANALISI MECCANICA del TRATTENUTO al VAGLIO ASTM # 10 (Ø=2,0 mm)											
DETERMINAZIONI DI PROVA Massa Contenitore, g: 104,88 Massa Cont. + Campione secco, g: 421,14 Massa Campione secco, g: 316,26		VAGLI ASTM		3"	2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10	
		Apertura in mm		75,0	50,0	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00	
		Ritenuto, g		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		% Ritenuto		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
		% Passante		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	
ANALISI DENSITOMETRICA e MECCANICA del PASSANTE al VAGLIO ASTM # 10 (Ø=2,0 mm)											
ANALISI DENSITOMETRICA											
Massa Contenitore, g: 105,30		Tempi, mn		2	5	15	30	60	240	1440	
Massa Cont. + Campione secco, g: 155,11		Lettura Densimetro, R		1,0260	1,0250	1,0230	1,0200	1,0170	1,0145	1,0105	
Massa Campione secco, g: 49,81		Correzione per T°, ΔR		-0,0042							
Peso Specifico del Passante al #10, kN/m³: 26,63		Lettura Corretta, R°		1,0218	1,0208	1,0188	1,0158	1,0128	1,0103	1,0063	
Temperatura di prova T°, C°: 18		Profondità Lettura, L in mm		151,85	153,85	157,85	163,85	169,85	174,85	182,85	
Massa Volumica Acqua a T°, g/ml: 0,9986		Ø equivalente dei grani, mm		0,0310	0,0197	0,0115	0,0083	0,0060	0,0030	0,0013	
Coeff. Viscosità dinamica nel liquido a T°, Poise: 0,0106		% Passante		48,4	46,4	42,2	35,9	29,7	24,5	16,1	
ANALISI MECCANICA											
VAGLI ASTM		# 20		# 40	# 80	# 200	PAN				
Apertura in mm		0,950		0,425	0,175	0,075	=				
Ritenuto, g		0,01		0,02	0,06	0,11	49,61				
Passante, g		49,80		49,78	49,72	49,61	=				
% Passante		100,0		99,9	99,8	99,6	=				
		Fattore riduzione massa campione, FR		1,000							
		Riscontro, g		0,00							
ESITI											
GHIAIE/PIETRISCO %		0,0		SABBIA %		0,4		SILT e LIMI %		80,4	
ARGILLE E COLLOIDI %		19,2		Grossa		Fine		Grossa		Fine	
		0,0		0,0		0,0		0,1		0,3	
DENOMINAZIONE:										LIMO ARGILLOSO	
ELABORAZIONE GRAFICA - Curva Granulometrica											

OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Leonardo

Lo Sperimentatore:

Dott. Ing. Aristide Lupo

PROVA di TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080)

ACCETTAZIONE n° 916

del 11-dic-14

CERTIFICATO n° 1100

del 18-dic-14

pag. 1/2

Mod. G.1 - 7.5.1.2.b C

Mod. G.I - 7.5.1.2.b C			
DATI GENERALI			
Committente: Amministrazione Provinciale di Benevento		Progetto: Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P. n°11	
Richiedente: Dott. Geol. Giuseppe Solla		Località: bivio Borreca Caputi-Pannarano - Pannarano (BN)	
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione: S1C1	indisturbato	Prelievo del: 11-dic-14	Profondità, m: 5,30 - 5,80
Data ricevimento campione: 11-dic-14		Data apertura campione: 12-dic-14	Data inizio prova: 15-dic-14
TIPO DI PROVA: Lenta: SI Consolidata: SI		ATTREZZATURA: Tecnotest T665 N - Anello Dinamometrico 1451 da 3000 N	
			Fattore di conversione: 1.359

DATI DEL CAMPIONE IN PROVA				SCATOLA DI TAGLIO			
Peso Specifico dei Grani (Gt*)	kN/m ³	26,63		Lato Fustella, cm	6,02	Altezza Fustella, cm	1,85
Contenuto Naturale in Acqua (media)	%	26,66%		Velocità di taglio, mm/min	0,01	Sezione Fustella, cm ²	36,24

DETERMINAZIONI				Scheda Tecnica, cm										
PROVINO		n	1				2				3			
		n	A				B				C			
Fustella Portacampione		n												
Massa Fustella		g	95,01				95,19				93,62			
Massa Fustella + Campione		g	223,41				223,39				222,30			
Massa Campione		g	128,40				128,20				128,68			
			PRIMA	DOPO	Δ		PRIMA	DOPO	Δ		PRIMA	DOPO	Δ	
Peso di Volume Naturale		kN/m ³	19,15	19,47	0,32		19,12	19,59	0,47		19,19	20,09	0,90	
Peso di Volume Secco		kN/m ³	15,12	15,37	0,25		15,10	15,46	0,37		15,15	15,87	0,71	
Indice dei Vuoti			0,761	0,733	-0,03		0,764	0,722	-0,04		0,758	0,679	-0,08	
Altezza Solidi		cm	1,327				1,325				1,330			

PROVINO n. 1											SFORZO NORMALE, kN/m²:		50,0
<i>Cedimenti, cm 0,030</i>								Altezza Finale, cm 1,820		Consolidazione, %			1,65
Tempi, mn	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	
Spostamenti Cella, mm	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	
Lettura anello dinamometrico	34	56	72	84	93	99	101	96	86				
Comparatore Vert., mm	0,31	0,33	0,35	0,37	0,37	0,38	0,41	0,41	0,40				
SFORZI di TAGLIO, kN/m ²	12,6	20,7	26,7	31,1	34,4	36,6	37,4	35,5	31,8				

PROVINO n. 2													
Cedimenti, cm	0,044	Altezza Finale, cm							1,806	SFORZO NORMALE, kN/m ² :			100,0
												2,44	
Tempi, mn	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	
Spostamenti Cella, mm	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	
Lettura anello dinamometrico	85	112	136	156	171	182	189	193	190	182			
Comparatore Vert., mm	0,46	0,52	0,56	0,59	0,61	0,62	0,63	0,63	0,63	0,63			
SFORZI di TAGLIO, kN/m ²	31,5	41,5	50,3	57,8	63,3	67,4	70,0	71,4	70,3	67,4			

PROVINO n. 3													
Cedimenti, cm	0,083	Altezza Finale, cm						1,767	SFORZO NORMALE, kN/m ² :				200,0
Tempi, mn	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	
Spostamenti Cella, mm	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	
Lettura anello dinamometrico	162	188	209	225	238	246	248	244	233				
Comparatore Vert., mm	0,85	0,89	0,91	0,93	0,95	0,96	0,97	0,98	0,97				
SFORZI di TAGLIO, kN/m ²	60,0	69,6	77,4	83,3	88,1	91,1	91,8	90,3	86,3				

RIEPILOGO

Provini	SPORZI, kN/m ²	
	Normali	di Taglio
3	200,0	91,8
2	100,0	71,4
1	50,0	37,4

OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

~~Lo Sperimentatore~~

Dott. Ing. Aristide Lupo



Geo-In srl

APPLICAZIONI ALLA GEOLOGIA E INGEGNERIA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti Concessione
n° 901 del 28 Gennaio 2011
D.P.R. n° 380/2001 - art. 59
Laboratorio Prove su Terre



PROVA di TAGLIO DIRETTO (ASTM D 3080)

ACCETTAZIONE n° 916

del 11-dic-14

CERTIFICATO n° 1100

del 18-dic-14

pag. 2/2

Mod. G.I - 7.5.1.2.b C

DATI GENERALI

Committente: Amministrazione Provinciale di Benevento

Progetto: Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P. n°11

Richiedente: Dott. Geol. Giuseppe Solla

Località: bivio Borreca Caputi-Pannarano - Pannarano (BN)

DATI DEL CAMPIONE

Identificativo campione: **S1C1** indisturbato

Prelievo del: 11-dic-14

Profondità, m: **5,30 - 5,80**

Data ricevimento campione 11-dic-14

Data apertura campione: 12-dic-14

Data inizio prova: 15-dic-14

ELABORAZIONE GRAFICA

Diagramma Sforzi di Taglio - Deformazioni

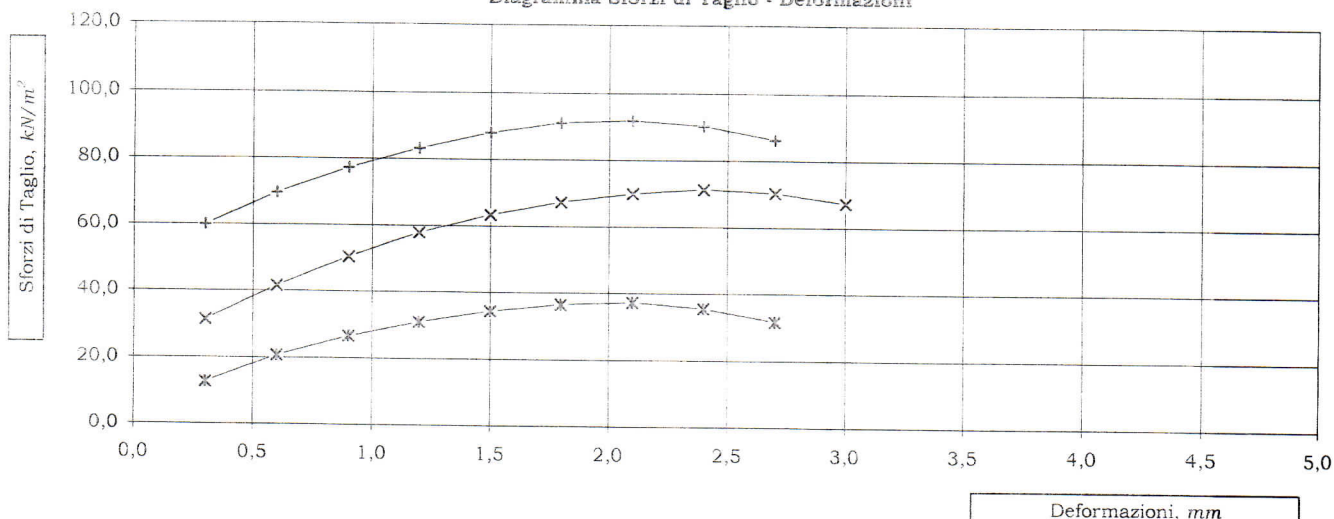
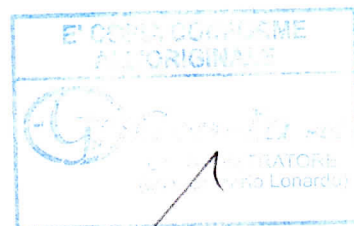
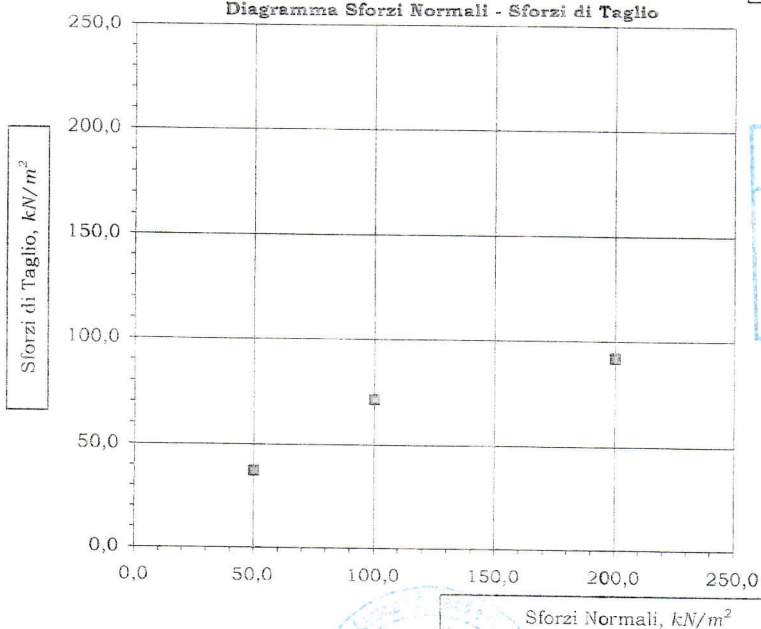


Diagramma Sforzi Normali - Sforzi di Taglio



Lo Sperimentatore

Dott. Ing. Aristide Lupo



Geo-In srl

APPLICAZIONI ALLA GEOLOGIA E INGEGNERIA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti Concessione
n° 901 del 28 Gennaio 2011
D.P.R. n° 380/2001 - art. 59
Laboratorio Prove su Terre



PROVA di COMPRESSIONE ad ESPANSIONE LATERALE LIBERA (ASTM D 2166)

ACCETTAZIONE n° 916

del 11-dic-14

CERTIFICATO n° 1101

del

18-dic-14

pag. 1/1

Mod. G.I-7.5.1.2.d.C

DATI GENERALI			
Committente: Amministrazione Provinciale di Benevento		Progetto: Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P. n°11	
Richiedente: Dott. Geol. Giuseppe Solla		Località: bivio Borreca Caputi-Pannarano - Pannarano (BN)	
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione:	S1C1 indisturbato	Prelievo del:	11-dic-14
Data ricevimento campione:	11-dic-14	Data apertura campione:	12-dic-14
Velocità di prova, mm/min		Profondità, m: 5,30 - 5,80	
1,00		Data di prova: 12-dic-14	

ATTREZZATURA: TECNOSTEST Mod. TR115 - Anello dinamometrico da 3 kN n. 1452

DETERMINAZIONI			
PROVINO, n.	1	2	3
Massa Campione naturale, g	152,39	158,10	
Altezza Campione, cm	6,90	7,09	
Diametro Superiore, cm	3,83	3,85	
Diametro medio, cm	3,82	3,85	
Diametro Inferiore, cm	3,84	3,86	
Sezione Media, cm ²	11,52	11,66	
Volume Campione, cm ³	79,49	82,68	
Peso di Volume Naturale, kN/m ³	19,17	19,12	
Massa Campione Secco, kN/m ³	120,29	124,82	
Umidità naturale, %	26,69	26,66	
Peso di Volume Secco, kN/m ³	15,13	15,10	

VALORI

MEDI

19,15

26,67

15,11

DATI DELLA PROVA									
Letture Anello Dinamometrico	81	112	136	148	154	155	153	149	
Letture Comparatore Deformazioni	50	100	150	200	250	300	350	400	
Sforzi, N	108,30	149,74	181,83	197,88	205,90	207,24	204,56	199,21	
Deformazioni, mm/mm	0,993	0,986	0,978	0,971	0,964	0,957	0,949	0,942	
Area Corretta, cm ²	11,61	11,69	11,78	11,86	11,95	12,04	12,14	12,23	
Sforzi Unitari, kN/m ²	93,32	128,09	154,40	166,78	172,24	172,06	168,55	162,89	

Letture Anello Dinamometrico	51	88	112	131	139	142	140	133	
Letture Comparatore Deformazioni	50	100	150	200	250	300	350	400	
Sforzi, N	68,19	117,66	149,74	175,15	185,84	189,85	187,18	177,82	
Deformazioni, mm/mm	0,993	0,986	0,979	0,972	0,965	0,958	0,951	0,944	
Area Corretta, cm ²	11,74	11,83	11,91	12,00	12,09	12,18	12,27	12,36	
Sforzi Unitari, kN/m ²	58,06	99,47	125,69	145,95	153,74	155,91	152,58	143,88	

PROVINO

n. 1

PROVINO

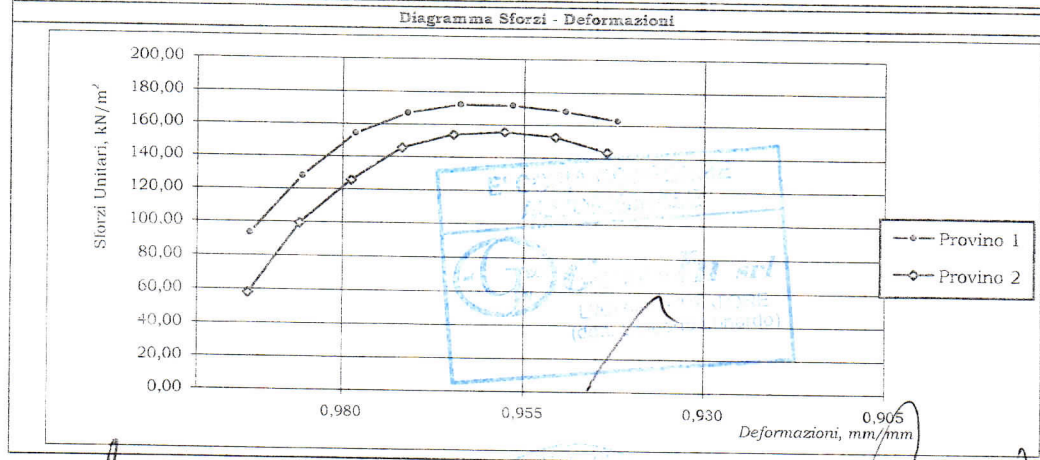
n. 2

PROVINO

n. 3

ELABORAZIONE GRAFICA

Diagramma Sforzi - Deformazioni



OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore:

Dott. Ing. Aristide Lupo



Geo-In srl

APPLICAZIONI ALLA GEOLOGIA E INGEGNERIA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti Concessione
n° 901 del 28 Gennaio 2011
D.P.R. n° 380/2001 - art. 59
Laboratorio Prove su Terre



APERTURA CAMPIONE - IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D 2488) E RIEPILOGO PROVE ESEGUITE

ACCETTAZIONE n° 916

del 11-dic-14

pag. 1/1
rev. 1 del 24/02/2014

DATI GENERALI				
Committente:	Amministrazione Provinciale di Benevento		Progetto:	Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P. n°11
Richiedente:	Dott. Geol. Giuseppe Solia		Località:	bivio Borreca Caputi-Pannarano - Pannarano (BN)
DATI DEL CAMPIONE				
Identificativo campione:	S1C2	indisturbato	Prelievo del:	11-dic-14
Data ricevimento campione:	11-dic-14		Data apertura campione:	12-dic-14
			Profondità, m:	8,30 - 8,80

APERTURA CAMPIONE - IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D 2488)

Grani:	FINI
(Ø max e min - Forma - Distribuzione %)	Ø < 2,00 mm
Umidità:	MEDIA
Consistenza:	5,00 kg/cm ² (pocket penetrometer)*
Colore da tavola di Munsell:	GLE Y 1 - 4/10GY dark greenish gray
Colore:	GRIGIO
Denominazione:	LIMO ARGILLOSO
OSSERVAZIONI:	*valore medio su 10 determinazioni
con: 50÷25 %Pass. ...oso: 25÷15 %Pass. debolmente ...oso: 15÷5 % Pass.	

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE

	CERTIFICATO N.
☒ - COSTANTI FISICHE GENERALI	1102
☒ - LIMITI di ATTERBERG	1103
☐ - ANALISI GRANULOMETRICA con SOLI VAGLI ASTM	
☒ - ANALISI GRANULOMETRICA con VAGLI ASTM e DENSITOMETRIA	1104
☒ - TAGLIO DIRETTO, CONSOLIDATO LENTO	1105
☐ - TAGLIO DIRETTO + TAGLIO RESIDUO	
☐ - PROVA EDOMETRICA	
☐ - PROVA EDOMETRICA + PROVA DI PERMEABILITA'	
☒ - PROVA ad ESPANSIONE LATERALE LIBERA	1106
☐ - PROVA di PERMEABILITA' a CARICO COSTANTE	
☐ - PROVA di PERMEABILITA' a CARICO VARIABILE	
☐ - PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA DRENATA (CD)	
☐ - PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA NON DRENATA (CU)	
☐ - PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA (UU)	
☐ - DETERMINAZIONE della DENSITA' RELATIVA	
☐ - DETERMINAZIONE del CONTENUTO di SOSTANZA ORGANICA	
☐ - DETERMINAZIONE del CONTENUTO di SOLFATI	
☐ - DETERMINAZIONE del CONTENUTO di CARBONATI	
☐ - PROVA di COMPATTAZIONE PROCTOR	
☐ - PROVA CBR	

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo



Geo-In srl

APPLICAZIONI ALLA GEOLOGIA E INGEGNERIA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti Concessione
n° 901 del 28 Gennaio 2011
D.P.R. n° 380/2001 - art. 59
Laboratorio Prove su Terre



DETERMINAZIONE delle COSTANTI FISICHE GENERALI

(ASTM D 2216 - BS 1377 T15 - ASTM D 854)

ACCETTAZIONE n° 916

del 11-dic-14

CERTIFICATO n° 1102

del 18-dic-14

pag. 1/1

Mod. GI-7.5.1.1.c/d/e C

DATI GENERALI			
Committente: Amministrazione Provinciale di Benevento		Progetto: Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P. n°11	
Richiedente: Dott. Geol. Giuseppe Solla		Località: bivio Borreca Caputi-Pannarano - Pannarano (BN)	
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione: S1C2	indisturbato	Prelievo del: 11-dic-14	Profondità, m: 8,30 - 8,80
Data ricevimento campione: 11-dic-14		Data apertura campione: 12-dic-14	Data di prova: 12-dic-14

CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (W_n) (ASTM D 2216)			
DETERMINAZIONE, N	1	2	3
Contenitore, n	L	H	S
Massa Contenitore, g	16,07	17,02	17,87
Massa Cont + Terra Umida, g	59,65	55,74	53,44
Massa Cont + Terra Secca, g	50,94	48,02	46,34
CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (W_n), %	24,98%	24,90%	24,94%
			24,94%

PESO di VOLUME NATURALE (γ_n) (BS 1377 T15)		
DETERMINAZIONE, N	1	2
Volumometro, n	E	F
Massa Volumometro, g	33,53	33,91
Capacità Volumometro, cm ³	40,22	40,22
Massa Volumometro + Terra Umida, g	111,46	111,76
PESO di VOLUME NATURALE (γ_n), kN/m³	19,38	19,36
		19,37
	PESO di VOLUME SECCO (γ_d), kN/m³	
	15,50	

PESO SPECIFICO DEI GRANI (ASTM D 854)		
DETERMINAZIONE, N	1	2
Vaglio ASTM #10, % Passante	100	100
Picnometro, n	408	357
Massa Campione Secco, g	15,02	15,01
Massa Picnometro + Campione + Acqua, g	89,97	90,36
Massa Picnometro + Acqua, g	80,58	80,98
Fattore di Correzione, k	0,9983	0,9983
PESO SPECIFICO dei GRANI a 20°C, kN/m³	26,63	26,62
		26,63
	Temperatura, °C	
	19,5	

GRANDEZZE INDICI	
• INDICE dei VUOTI (e^0)	0,718
• POROSITA' (n), %	41,78
• GRADO di SATURAZIONE (S_r)	92,52%
• PESO di VOLUME SATURO, (γ_{sat}), kN/m ³	19,68
OSSERVAZIONI:	

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore:

Dott. Ing. Aristide Lupo



Geo-In srl

APPLICAZIONI ALLA GEOLOGIA E INGEGNERIA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti Concessione
n° 901 del 28 Gennaio 2011
D.P.R. n° 380/2001 - art. 59
Laboratorio Prove su Terre



DETERMINAZIONE LIMITI DI ATTERBERG

(ASTM D 4318 e ASTM D 427)

ACCETTAZIONE n° 916

del 11-dic-14

CERTIFICATO n° 1103

del 18-dic-14

pag. 1/1

Mod. G1 - 7.5.1.1.fC - Rev.1 del 16/07/2012

DATI GENERALI

Committente: Amministrazione Provinciale di Benevento
Richiedente: Dott. Geol. Giuseppe Solla

Progetto: Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P. n°11
Località: bivio Borreca Caputi-Pannarano - Pannarano (BN)

DATI DEL CAMPIONE

Identificativo campione: **S1C2** indisturbato Prelievo del: 11-dic-14 Profondità, m: **8,30 - 8,80**
Data ricevimento campione: 11-dic-14 Data apertura campione: 12-dic-14 Data di prova: 17-dic-14

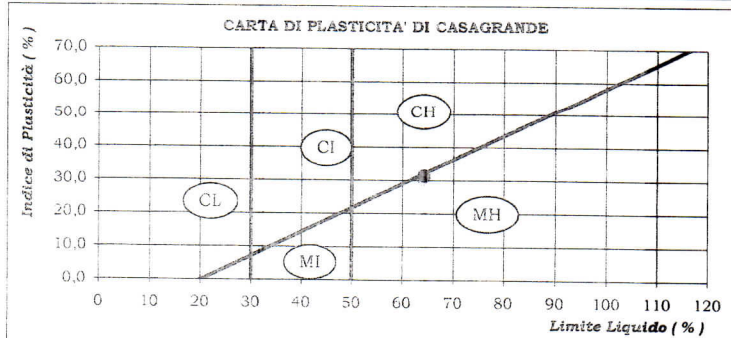
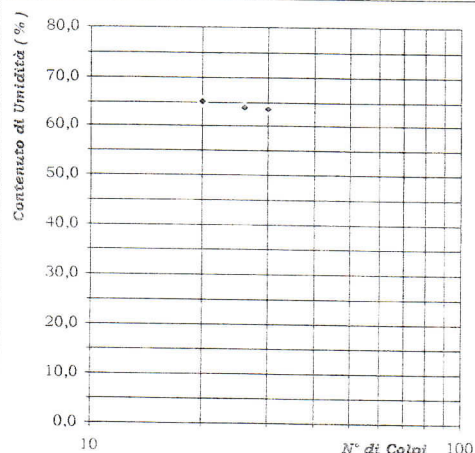
LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318)

DETERMINAZIONE, N	1	2	3	4	5	
Contenitore, n	H1	T1	T2			
Massa Contenitore, g	9,34	8,88	8,95			
Massa Cont. + Terra Umida, g	19,12	17,34	26,89			
Massa Cont. + Terra Secca, g	15,26	14,04	19,92			
Colpi, n	20	26	30			
CONTENUTO D'ACQUA, %	65,2	64,0	63,5			
						LIMITE LIQUIDO
						25
						64,3 65,4

LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318)

DETERMINAZIONE, N	1	2	3	
Contenitore, n	Z1	P1		
Massa Contenitore, g	13,59	13,36		
Massa Cont. + Terra Umida, g	14,31	13,89		
Massa Cont. + Terra Secca, g	14,13	13,76		
CONTENUTO ACQUA, %	33,3	32,5		
				LIMITE PLASTICO
				32,9
				INDICE PLASTICO
				31,4

ELABORAZIONE GRAFICA



Argille inorganiche			Argille organiche e limi inorganici	
Bassa	Media	Alta	Plasticità	Media
CL	CI	CH		MI
				MH

● = Esito della prova

LIMITE DI RITIRO (ASTM D 427)

Capsula MONEL, n
Massa Capsula MONEL, g
Volume Capsula MONEL, cm³
Massa Capsula + Terra Umida, g
Massa Capsula + Terra Secca, g
CONTENUTO ACQUA, %
Massa Hg + Terra Secca, g
Volume Terra Secca, cm³

LIMITE DI RITIRO
W_s, %

RAPPORTO DI RITIRO
(SR)

UMIDITA' NATURALE % 24,94

INDICE DI CONSISTENZA 1,3

INDICE DI LIQUIDITA' -0,3

Fraz. ARGILLOSA (% Pass.a 2 µ) 20,7

ATTIVITA' (SKEMPTON) 1,5

OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore:

Dott. Ing. Aristide Lupo



Geo-In srl

APPLICAZIONI ALLA GEOLOGIA E INGEGNERIA

ANALISI GRANULOMETRICA con VAGLI ASTM e DENSITOMETRIA (ASTM D 422)

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti Concessione
n° 901 del 28 Gennaio 2011
D.P.R. n° 380/2001 - art. 59
Laboratorio Prove su Terre



ACCETTAZIONE n° 916

del 11-dic-14

CERTIFICATO n° 1104

del 18-dic-14

pag. 1/1

Mod. G.I. - 7.5.1.1.b C

DATI GENERALI

Committente: Amministrazione Provinciale di Benevento
Richiedente: Dott. Geol. Giuseppe Solia

Progetto: Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P. n°11
Località: bivio Borreca Caputi-Pannarano - Pannarano (BN)

DATI DEL CAMPIONE

Identificativo campione: **SIC2** indisturbato
Data ricevimento campione 11-dic-14

Prelievo del: 11-dic-14

Profondità, m: **8,30 - 8,80**

Data apertura campione 12-dic-14

Data di prova: 16-dic-14

DETERMINAZIONI DI PROVA

Massa Contenitore, g 101,84
Massa Cont. + Campione secco, g 344,42
Massa Campione secco, g 242,58

ANALISI MECCANICA del TRATTENUTO al VAGLIO ASTM # 10 (Ø=2,0 mm)

VAGLI ASTM	3"	2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10
Apertura in mm	75,0	50,0	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00
Ritenuto, g	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
% Ritenuto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
% Passante	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

ANALISI DENSITOMETRICA e MECCANICA del PASSANTE al VAGLIO ASTM # 10 (Ø=2,0 mm)

ANALISI DENSITOMETRICA

Massa Contenitore, g 106,11
Massa Cont. + Campione secco, g 156,56
Massa Campione secco, g 50,45
Peso Specifico del Passante al #10, kN/m³ 26,63
Temperatura di prova T°, C° 18
Massa Volumica Acqua a T°, g/ml 0,9986
Coeff. Viscosità dinamica nel liquido a T°, Poise 0,0106

Tempi, mn	2	5	15	30	60	240	1440
Lettura Densimetro, R	1,0260	1,0250	1,0235	1,0220	1,0170	1,0150	1,0115
Correzione per T°, ΔR	-0,0042						
Lettura Corretta, R'	1,0218	1,0208	1,0193	1,0178	1,0128	1,0108	1,0073
Profondità Lettura, L in mm	151,85	153,85	156,85	159,85	169,85	173,85	180,85
Ø equivalente dei grani, mm	0,0310	0,0197	0,0115	0,0082	0,0060	0,0030	0,0013
% Passante	47,8	45,8	42,7	39,6	29,3	25,2	18,0

ANALISI MECCANICA

VAGLI ASTM	# 20	# 40	# 80	# 200	PAN
Apertura in mm	0,950	0,425	0,175	0,075	=
Ritenuto, g	0,05	0,11	0,21	0,22	49,86
Passante, g	50,40	50,29	50,08	49,86	=
% Passante	99,9	99,7	99,3	98,8	=

Fattore riduzione
massa campione, FR **1,000**

Riscontro, g **0,00**

ESITI

GHIAIE/PIETRISCO % **0,0**

SABBIA % **1,2**

SILT e LIMI % **78,1**

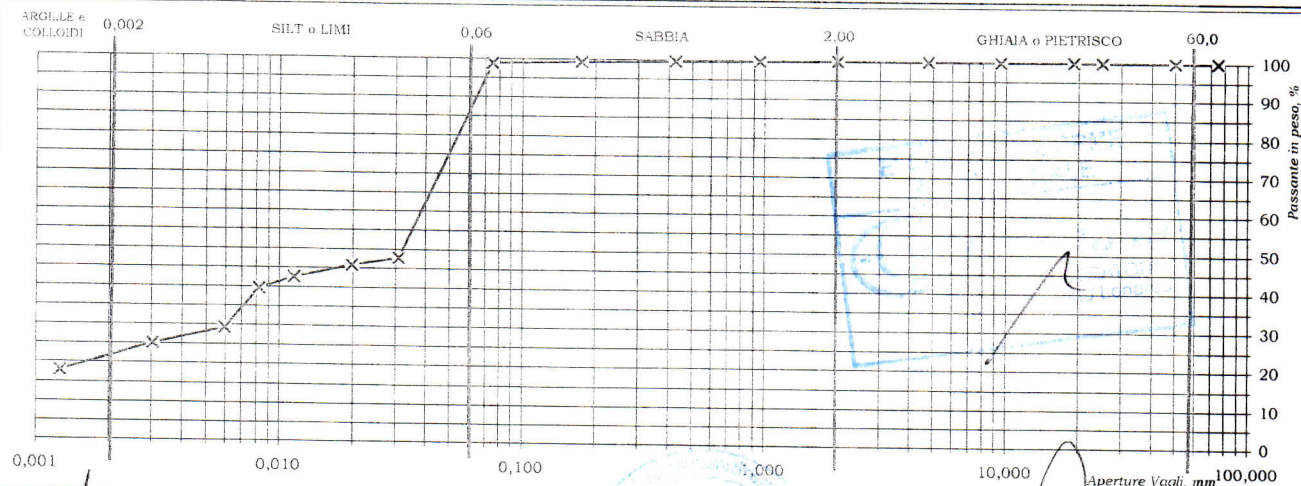
ARGILLE E COLLOIDI % **20,7**

Grossa Media Fine
0,0 0,0 0,0

Grossa Fine
0,3 0,9

DENOMINAZIONE: **LIMO ARGILLOSO**

ELABORAZIONE GRAFICA - Curva Granulometrica



OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore:

Dott. Ing. Aristide Lupo

PROVA di TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080)

ACCETTAZIONE n° 916

del 11-dic-14

CERTIFICATO n° 1105

del 18-dic-14.

paq. 1/2

Mod. G.1 - 7.5.1.2.b C

Mod. G.1 - 7.5.1.2.b

DATI GENERALI

Committente: Amministrazione Provinciale di Benevento

Progetto: Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P. n°11

Richiedente: Dott. Geol. Giuseppe Solia

Località: bivio Borreca Caputi-Pannarano - Pannarano (BN)

DATI DEL CAMPIONE

Identificativo campione: **SIC2** indisturbato

Prelievo del: **11-dic-14**

Profondità, m: **8,30 - 8,80**

Data ricevimento campione: 11-dic-14

Data apertura campione: 12-dic-14

Data inizio prova: **15-dic-14**

TIPO DI PROVA:

Lenta: SI

Consolidata: SI

ATTREZZATURA: Matest - Anello Belladonna 3326 da 2000 N

Fattore di conversione: **2,425**

DATI DEL CAMPIONE IN PROVA

SCATOLA DI TAGLIO

Peso Specifico dei Grani (Gt*) kN/m^3 26,63

Lato Fustella, cm 6,03 Altezza Fustella, cm 2,33

Contenuto Naturale in Acqua (media) % 24,94%

Velocità di taglio, mm/mn **0,015** Sezione Fustella, cm^2 36,36

DETERMINAZIONI

PROVINO

n

1

2

3

Fustella Portacampione

n

E

D

F

Massa Fustella

g

146,12

131,91

146,29

Massa Fustella + Campione

g

223,41

223,39

222,30

Massa Campione

g

77,29

91,48

76,01

PRIMA

DOPO

Δ

PRIMA

DOPO

Δ

PRIMA

DOPO

Δ

Peso di Volume Naturale kN/m^3

9,12

9,21

0,09

10,80

11,09

0,30

8,97

9,29

0,32

Peso di Volume Secco kN/m^3

7,30

7,37

0,07

8,64

8,88

0,24

7,18

7,44

0,26

Indice dei Vuoti

2,646

2,612

-0,03

2,081

1,999

-0,08

2,708

2,580

-0,13

Altezza Solidi

cm

0,796

0,943

0,783

PROVINO n. 1

Cedimenti, cm 0,022

Altezza Finale, cm 2,308

SFORZO NORMALE, kN/m^2 : **100,0**

Consolidazione, % **0,95**

Tempi, mn

30

60

90

120

150

180

210

240

270

300

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore:

Dott. Inq. Aristide Lupo



Geo-In srl

APPLICAZIONI ALLA GEOLOGIA E INGEGNERIA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti Concessione
n° 901 del 28 Gennaio 2011
D.P.R. n° 380/2001 - art. 59
Laboratorio Prove su Terre



PROVA di TAGLIO DIRETTO (ASTM D 3080)

ACCETTAZIONE n° 916

del 11-dic-14

CERTIFICATO n° 1105

del 18-dic-14

pag. 2/2

Mod. G.I - 7.5.1.2.b C

DATI GENERALI

Committente: Amministrazione Provinciale di Benevento

Progetto: Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P. n° 11

Richiedente: Dott. Geol. Giuseppe Solia

Località: bivio Borreca Caputi-Pannarano - Pannarano (BN)

DATI DEL CAMPIONE

Identificativo campione: **S1C2** indisturbato

Prelievo del: 11-dic-14

Profondità, m: **8,30 - 8,80**

Data ricevimento campione 11-dic-14

Data apertura campione: 12-dic-14

Data inizio prova: 15-dic-14

ELABORAZIONE GRAFICA

Diagramma Sforzi di Taglio - Deformazioni

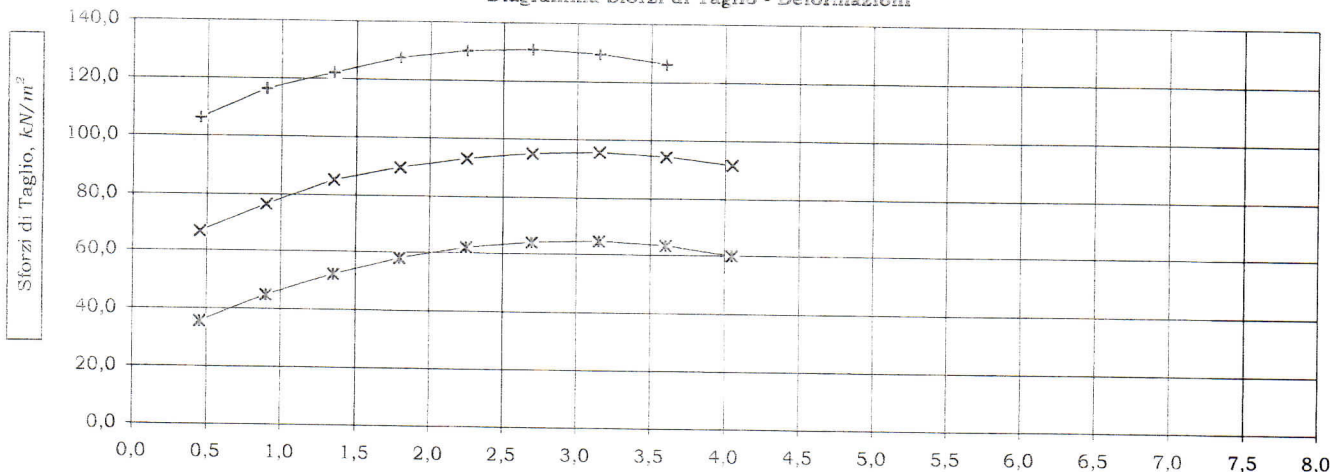
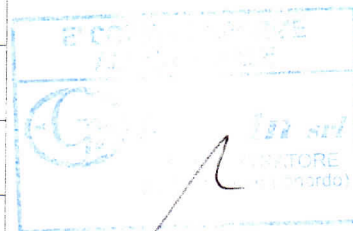
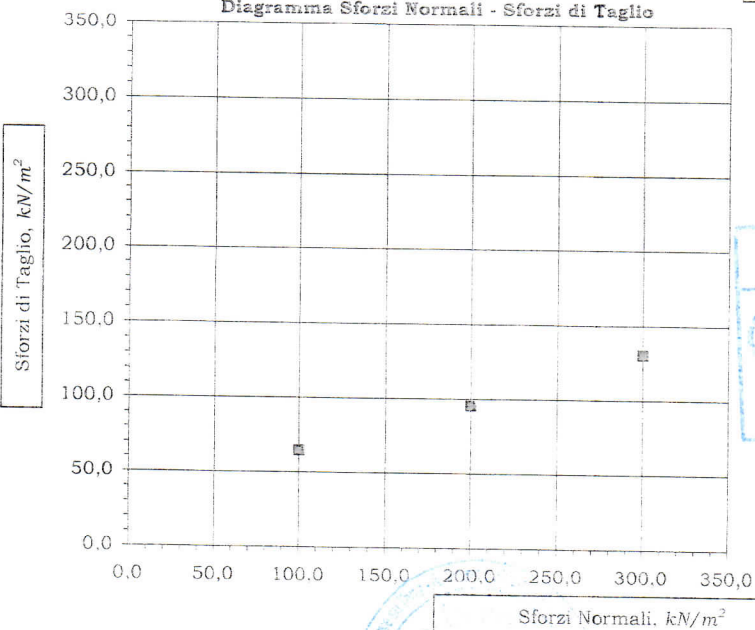


Diagramma Sforzi Normali - Sforzi di Taglio



Lo Sperimentatore:

Dott. Ing. Aristide Lupo



Geo-In srl

APPLICAZIONI ALLA GEOLOGIA E INGEGNERIA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti Concessione
n° 901 del 28 Gennaio 2011
D.P.R. n° 380/2001 - art. 59
Laboratorio Prove su Terre



PROVA di COMPRESSIONE ad ESPANSIONE LATERALE LIBERA

(ASTM D 2166)

ACCETTAZIONE n° 916

del 11-dic-14

CERTIFICATO n° 1106

del

18-dic-14

pag. 1/1

Mod. G.I-7.5.1.2.d.C

DATI GENERALI			
Committente: Amministrazione Provinciale di Benevento		Progetto: Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P. n° 11	
Richiedente: Dott. Geol. Giuseppe Solla		Località: bivio Borreca Caputi-Pannarano - Pannarano (BN)	
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione: SIC2	indisturbato	Prelievo del: 11-dic-14	Profondità, m: 8,30 - 8,80
Data ricevimento campione: 11-dic-14		Data apertura campione: 12-dic-14	Data di prova: 12-dic-14

Velocità di prova, mm/min **1,00**

ATTREZZATURA: TECNOSTEST Mod. TR115 - Anello dinamometrico da 3 kN n. 1452

DETERMINAZIONI				
PROVINO, n.	1	2	3	
Massa Campione naturale, g	161,64	165,12		
Altezza Campione, cm	7,44	7,54		
Diametro Superiore, cm	3,78	3,80		
Diametro medio, cm	3,78	3,79		
Diametro Inferiore, cm	3,79	3,80		
Sezione Media, cm ²	11,24	11,32		
Volume Campione, cm ³	83,64	85,36		
Peso di Volume Naturale, kN/m ³	19,33	19,34		
Massa Campione Secco, kN/m ³	129,36	132,16		
Umidità naturale, %	24,95	24,94		
Peso di Volume Secco, kN/m ³	15,47	15,48		

VALORI

MEDI

19,33

24,95

15,47

DATI DELLA PROVA									
Letture Anello Dinamometrico	111	133	146	155	161	163	161	158	
Letture Comparatore Deformazioni	50	100	150	200	250	300	350	400	
Sforzi, N	148,41	177,82	195,20	207,24	215,26	217,93	215,26	211,25	
Deformazioni, mm/mm	0,993	0,987	0,980	0,973	0,966	0,960	0,953	0,946	
Area Corretta, cm ²	11,32	11,40	11,47	11,55	11,63	11,71	11,80	11,88	
Sforzi Unitari, kN/m ²	131,13	156,05	170,14	179,39	185,04	186,04	182,47	177,81	

PROVINO

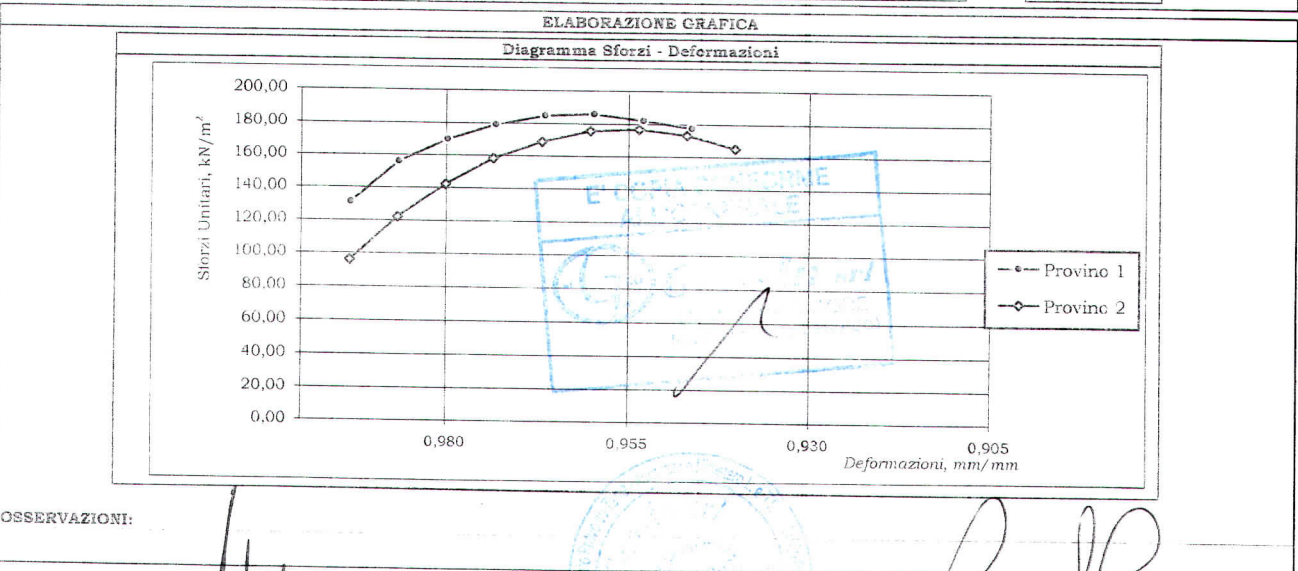
n. 1

PROVINO

n. 2

PROVINO

n. 3



OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore:

Dott. Ing. Aristide Lupo

ANALISI GRANULOMETRICA con VAGLI ASTM e DENSITOMETRIA
(ASTM D 422)

ACCETTAZIONE n° 916

del 11-dic-14

CERTIFICATO n° 1108

del 18-dic-14

pag. 1/1

Mod. G.I. - 7.5.1.1.b C

DATI GENERALI

Committente: Amministrazione Provinciale di Benevento

Progetto: Lavori di consolidamento stradale lungo la S.P. n°11

Richiedente: Dott. Geol. Giuseppe Solla

Località: bivio Borreca-Caputi-Pannarano - Pannarano (BN)

DATI DEL CAMPIONE

Identificativo campione: S2C1 indisturbato

Prelievo del: 11-dic-14

Profondità, m: 7,00 - 7,50

Data ricevimento campione 11-dic-14

Data apertura campione 15-dic-14

Data di prova: 17-dic-14

DETERMINAZIONI DI PROVA

Massa Contenitore, g	105,50
Massa Cont. + Campione secco, g	441,13
Massa Campione secco, g	335,63

ANALISI MECCANICA del TRATTENUTO al VAGLIO ASTM # 10 (Ø=2,0 mm)

VAGLI ASTM	3"	2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10
Apertura in mm	75,0	50,0	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00
Ritenuto, g	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25
% Ritenuto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
% Passante	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9

ANALISI DENSITOMETRICA e MECCANICA del PASSANTE al VAGLIO ASTM # 10 (Ø=2,0 mm)

ANALISI DENSITOMETRICA

Massa Contenitore, g	105,77
Massa Cont. + Campione secco, g	159,85
Massa Campione secco, g	54,08
Peso Specifico del Passante al #10, kN/m³	26,67
Temperatura di prova T°, C°	18
Massa Volumica Acqua a T°, g/ml	0,9986
Coef. Viscosità dinamica nel liquido a T°, Poise	0,0106

Tempi, mn	2	5	15	30	60	240	1440
Lettura Densimetro, R	1,0250	1,0220	1,0160	1,0130	1,0100	1,0085	1,0050
Correzione per T°, ΔR	-0,0042						
Lettura Corretta, R'	1,0208	1,0178	1,0118	1,0088	1,0058	1,0043	1,0008
Profondità Lettura, L in mm	153,85	159,85	171,85	177,85	183,85	186,85	193,85
Ø equivalente dei grani, mm	0,0311	0,0201	0,0120	0,0086	0,0062	0,0031	0,0013
% Passante	42,7	37,0	25,4	19,7	13,9	11,0	4,3

ANALISI MECCANICA

VAGLI ASTM	# 20	# 40	# 80	# 200	PAN
Apertura in mm	0,950	0,425	0,175	0,075	=
Ritenuto, g	0,04	0,04	0,08	0,10	53,82
Passante, g	54,04	54,00	53,92	53,82	=
% Passante	99,9	99,8	99,6	99,4	=

# 20	# 40	# 80	# 200	PAN
0,950	0,425	0,175	0,075	=
0,04	0,04	0,08	0,10	53,82
54,04	54,00	53,92	53,82	=
99,9	99,8	99,6	99,4	=

Fattore riduzione
massa campione, FR **0,999**Riscontro, g **0,00**

ESITI

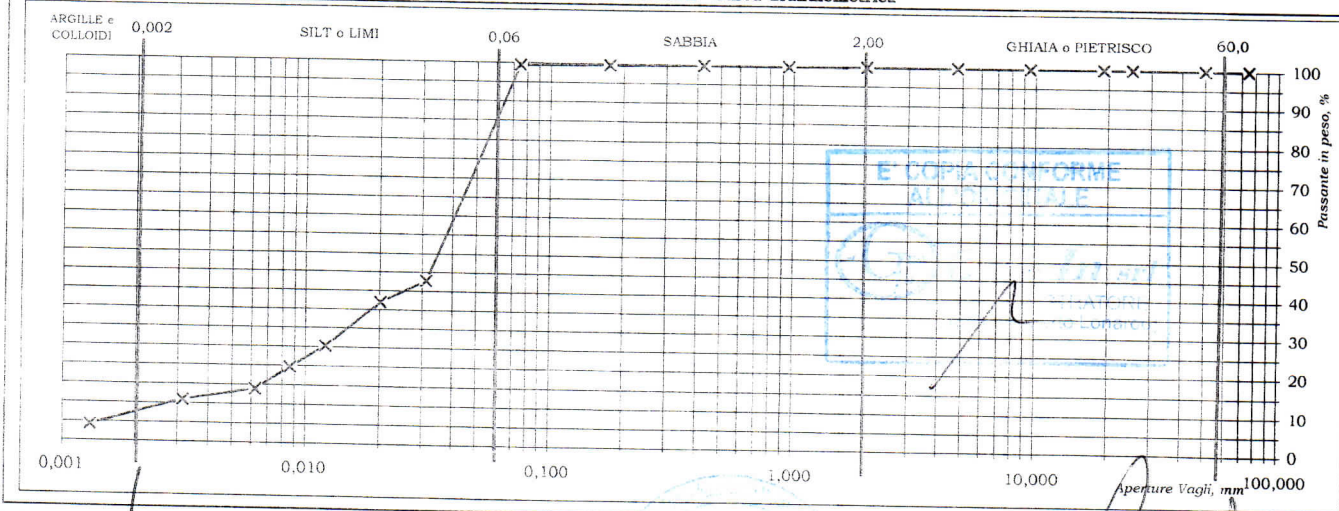
GHIAIE/PIETRISCO % **0,1**SABBIA % **0,5**SILT e LIMI % **93,3**ARGILLE E COLLOIDI % **6,1**

Grossa	Media	Fine
0,0	0,0	0,1

Grossa	Fine
0,1	0,3

DENOMINAZIONE: **LIMO DEBOLMENTE ARGILLOSO**

ELABORAZIONE GRAFICA - Curva Granulometrica



OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore:

Dott. Ing. Aristide Lupo

COMUNE DI PANNARANO

Provincia di Benevento

Lavori di consolidamento stradale lungo la SP11 bivio Borreca Caputi – Pannarano (BN)

Committente: PROVINCIA DI BENEVENTO

REPORT INDAGINI GEOFISICHE - MASW & RIFRAZIONI



San Giorgio del Sannio, agosto 2020

IL GEOLOGO

Dott. Giuseppe Solla



INDICE

PREMESSA.....	3
PARAMETRIZZAZIONE VsEq.....	4
ELABORAZIONE.....	6

PREMESSA

A seguito dell'incarico ricevuto dalla "Amministrazione Provinciale di Benevento sono state eseguite due indagini geofisiche per valutare le variazioni di velocità delle onde "S" nel sottosuolo e determinare quindi il parametro VsE, in ottemperanza alla vigente normativa sismica.

A tale scopo sono state effettuate n. 2 indagini sismiche di superficie di tipo M.A.S.W. (multichannel analysis of surface waves).

Delibera G.R.C. n°49 del 28/01/2010, firmato da professionista geologo abilitato ai sensi del D.P.R. 328/2001.

Protocollo: RELI320

Committente: PROVINCIA DI BENEVENTO

Oggetto:

Lavori di consolidamento stradale lungo la SP11 bivio Borreca Caputi –
Pannarano (BN)

Prospezioni sismiche M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) n° 2

PARAMETRIZZAZIONE VsE

Le categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione riportate al punto 3.2.2 nell'ultimo decreto di riferimento sono definite, preferibilmente, in virtù del parametro $V_{s,eq}$ ovvero della velocità di propagazione delle onde di taglio, calcolata con la seguente espressione :

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

Dove:

- h_i indica lo spessore in metri dello i-esimo strato;
- $V_{s,i}$ la velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo per un totale di N strati;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da rocce o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano d'imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VsE è definita dal parametro V_{s30} ottenuto ponendo $H=30m$ nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Categoria di sottosuolo Tabella 3.2.II:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>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.</i>
E	<i>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.</i>

MASW1 (BORDO STRADA)

Prot.	MASW1	RISULTATI WINMASW 3C
Comune di	PANNARANO	2020-08-05_11-38masw1rely.seg2
Committente:	Provincia Benevento	Ubicazione:
Oggetto:	SP11 MOVIMENTO FRANOSO	Curva analizzata: pnnrn#sll.cdp

ELABORAZIONE

offset minimo (m):	5
distanza intergeofonica (m):	4
campionamento (msec):	0.125

MODELLO MEDIO

VS (m/sec)	291	213	432	620	853
Deviazione standard	2	6	4	27	9
Spessore (m)	5.1	2.1	16	13	
Deviazione standard	0.3	0.2	0.7	1.7	

Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici

Stima della Vp (m/sec):	713	443	900	1290	1775
Stima della densità (gr/cm3):	1.97	1.86	2.03	2.12	2.19
Rapposto VP/VS:	2.45	2.08	2.08	2.08	2.08
Modulo di Poisson:	0.4	0.35	0.35	0.35	0.35

MODELLO MIGLIORE

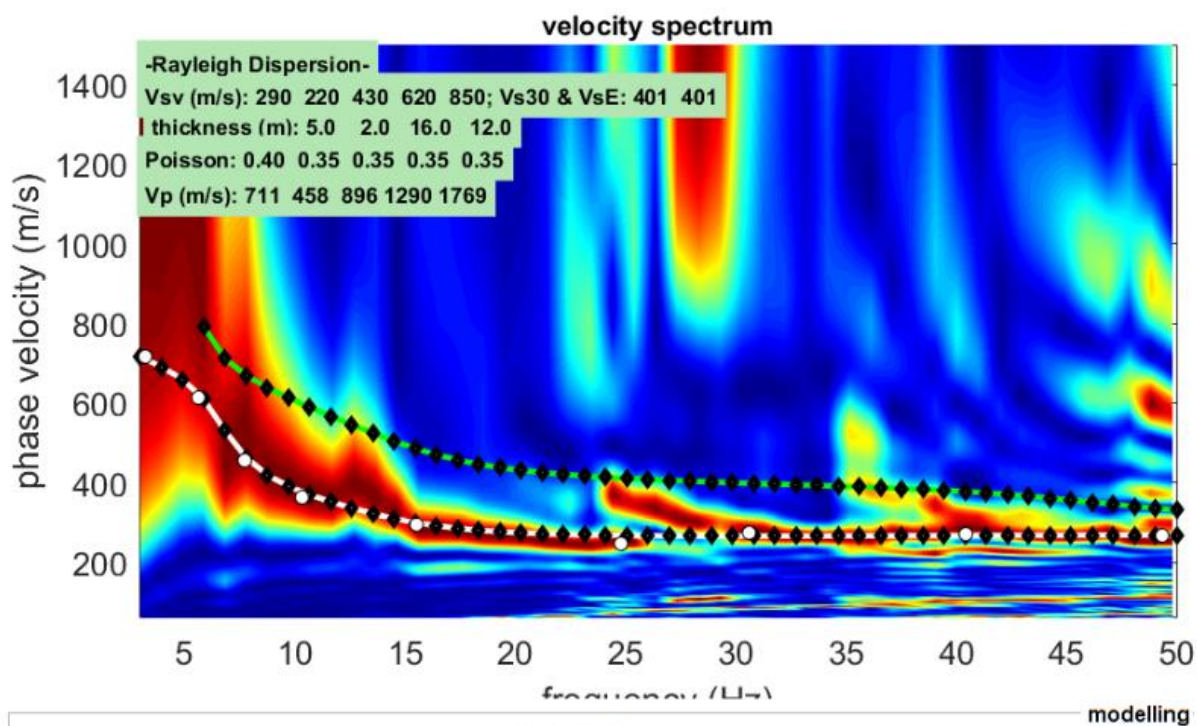
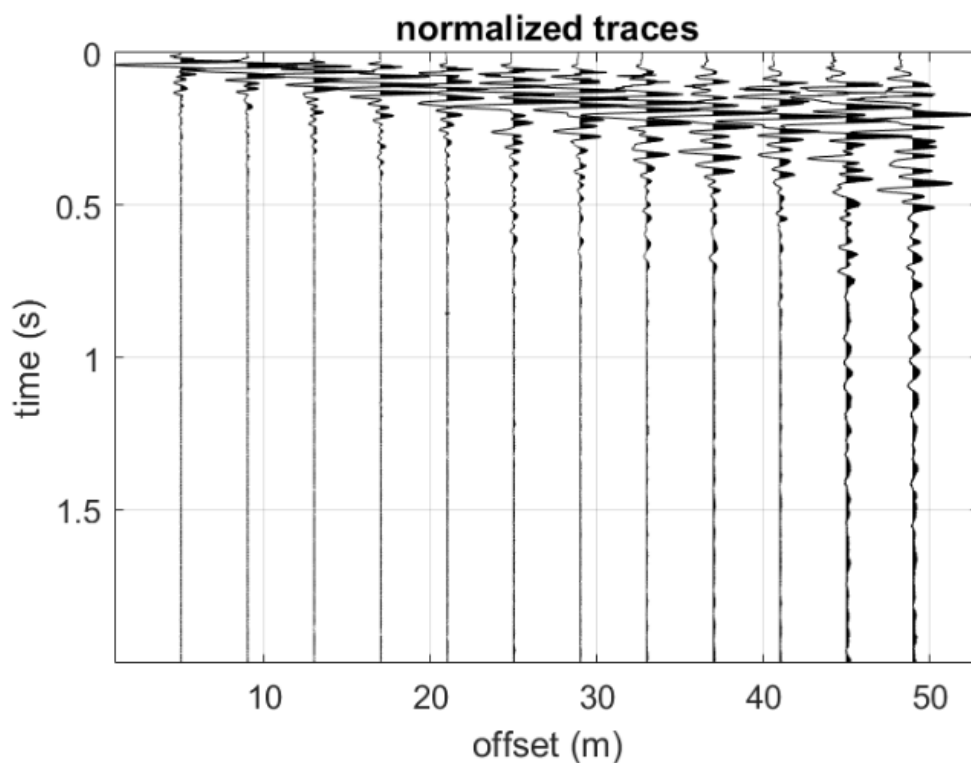
VS (m/sec):	291	212	430	620	853
spessore (m):	5	2	16	13	

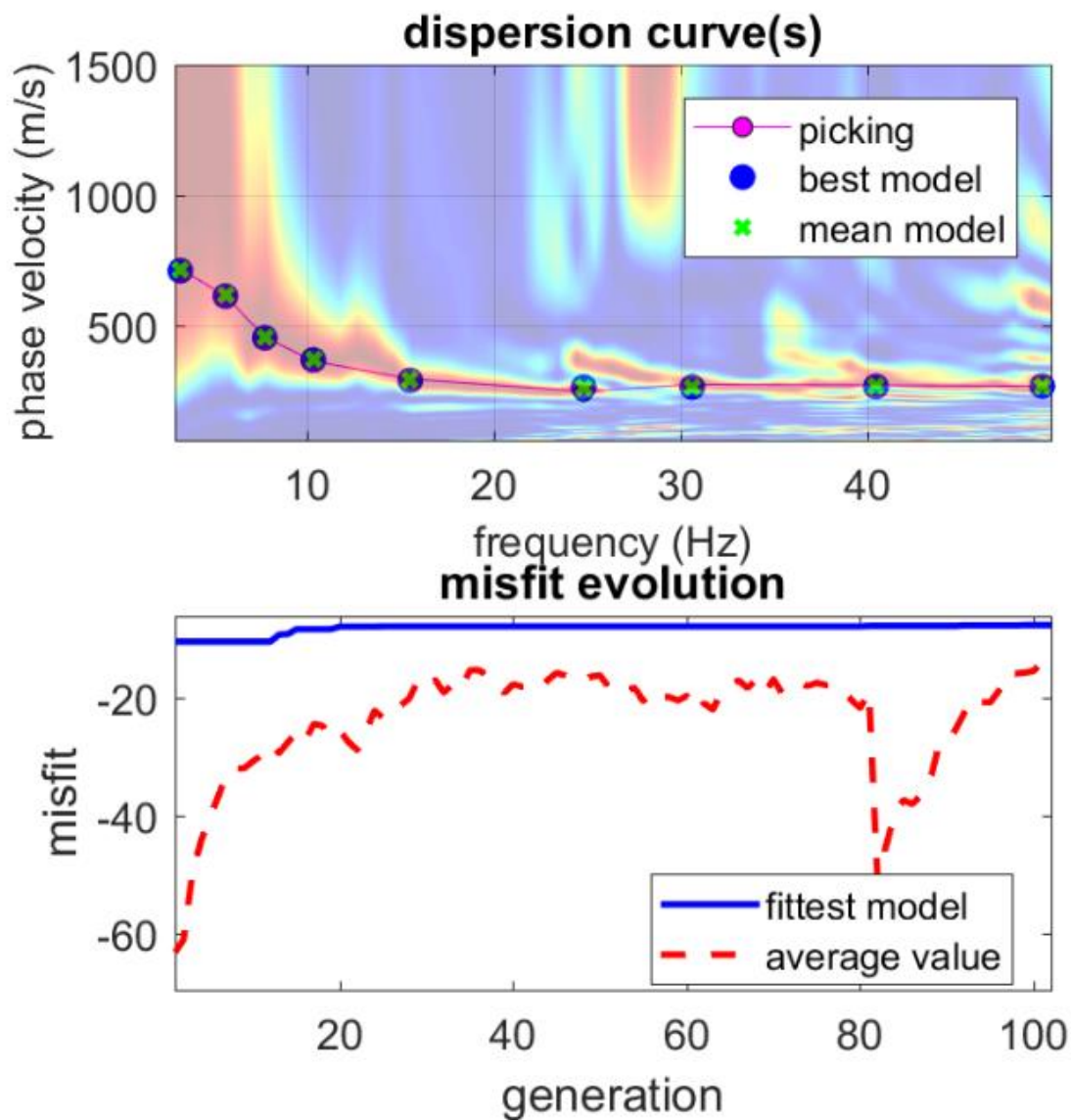
VS30 del modello medio:	396 m/s
VS30 del modello migliore:	397 m/s
VsE del modello medio:	396 m/s
VsE del modello migliore:	397 m/s

Massima Profondità di Penetrazione in Approssimazione "Steady State Rayleigh Method": 89 m

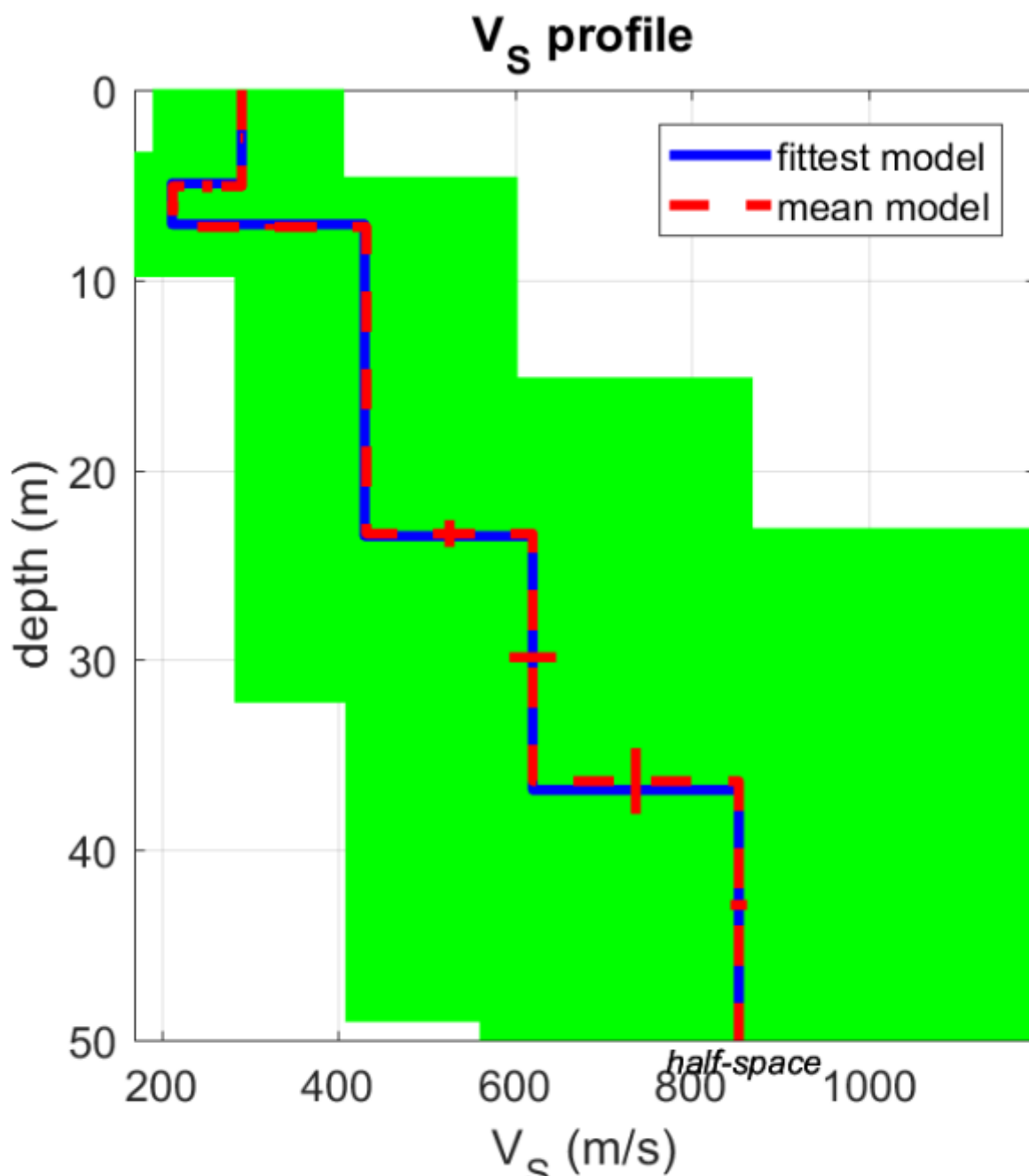
Qualità inversione: molto buona

dataset: 2020-08-05_11-38masw1rely.seg2
 sampling: 0.125 ms
 minimum offset: 5 m
 geophone spacing: 4 m

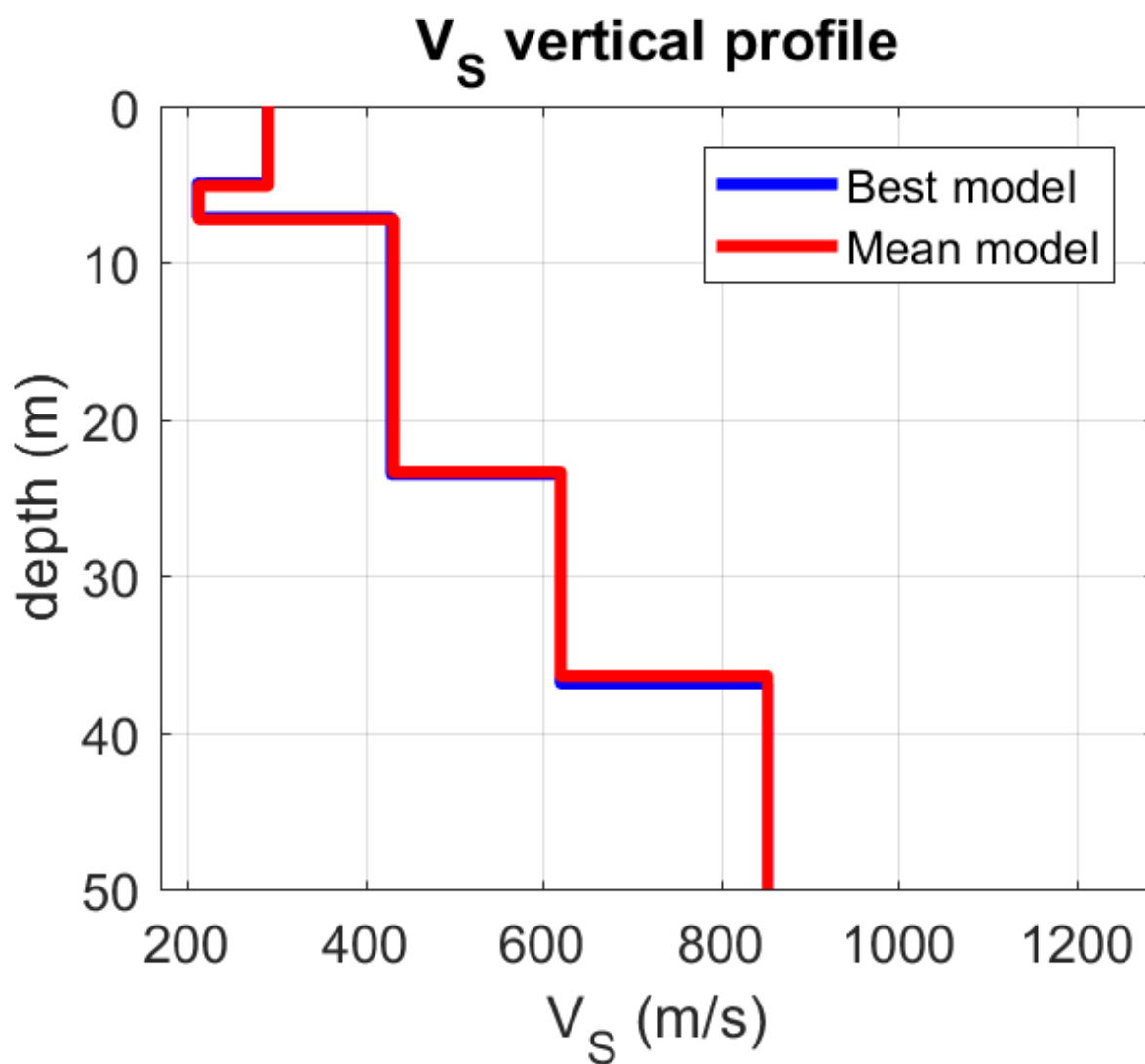




www.winmasw.com

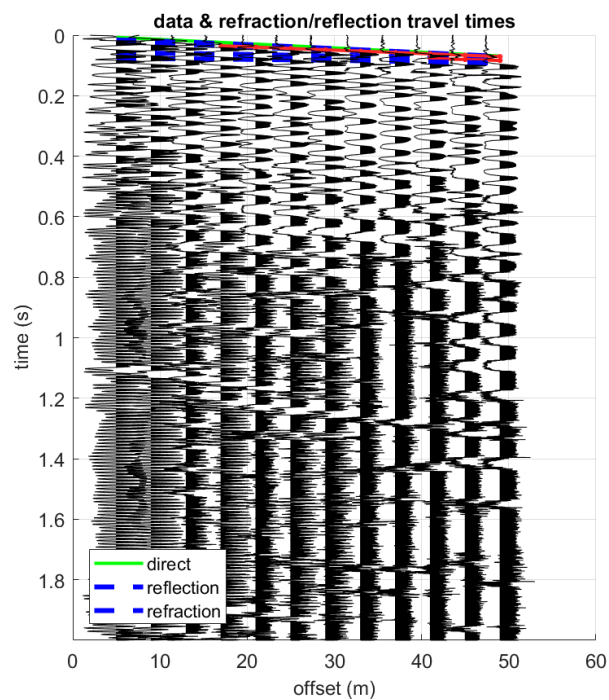
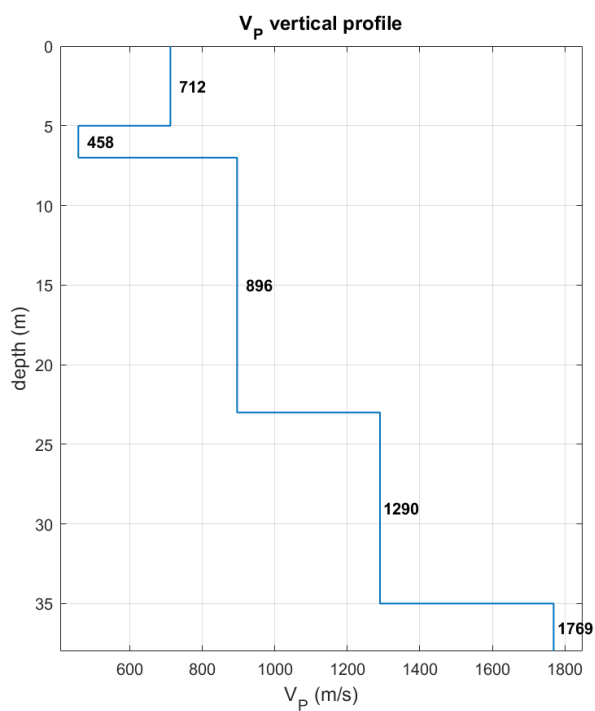


dataset: 2020-08-05_11-38masw1rely.seg2
dispersion curve: pnnrn#sll.cdp
Vs30 & VsE (best model): 396 396 m/s
Vs30 & VsE (mean model): 397 397 m/s



VsE: 397 m/s – categoria sottosuolo “B”

RIFRAZIONE 1



MASW2

Prot.	MASW2	RISULTATI WINMASW 3C
Comune di	PANNARANO	2020-08-05_12-18masw2.seg2
Committente:	Provincia Benevento	Ubicazione:
Oggetto:	SP11 MOVIMENTO FRANOSO	Curva analizzata: pnnrn#sl12.cdp

ELABORAZIONE

offset minimo (m):	5
distanza intergeofonica (m):	4
campionamento (msec):	0.125

MODELLO MEDIO

VS (m/sec)	159	203	394	619	888
Deviazione standard	4	3	3	18	3
Spessore (m)	1.8	7.1	15	13	
Deviazione standard	0.2	0.1	0.4	1.5	

Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici

Stima della Vp (m/sec):	389	422	821	1288	1848
Stima della densità (gr/cm3):	1.83	1.85	2.01	2.12	2.20
Rapposto VP/VS:	2.45	2.08	2.08	2.08	2.08
Modulo di Poisson:	0.4	0.35	0.35	0.35	0.35

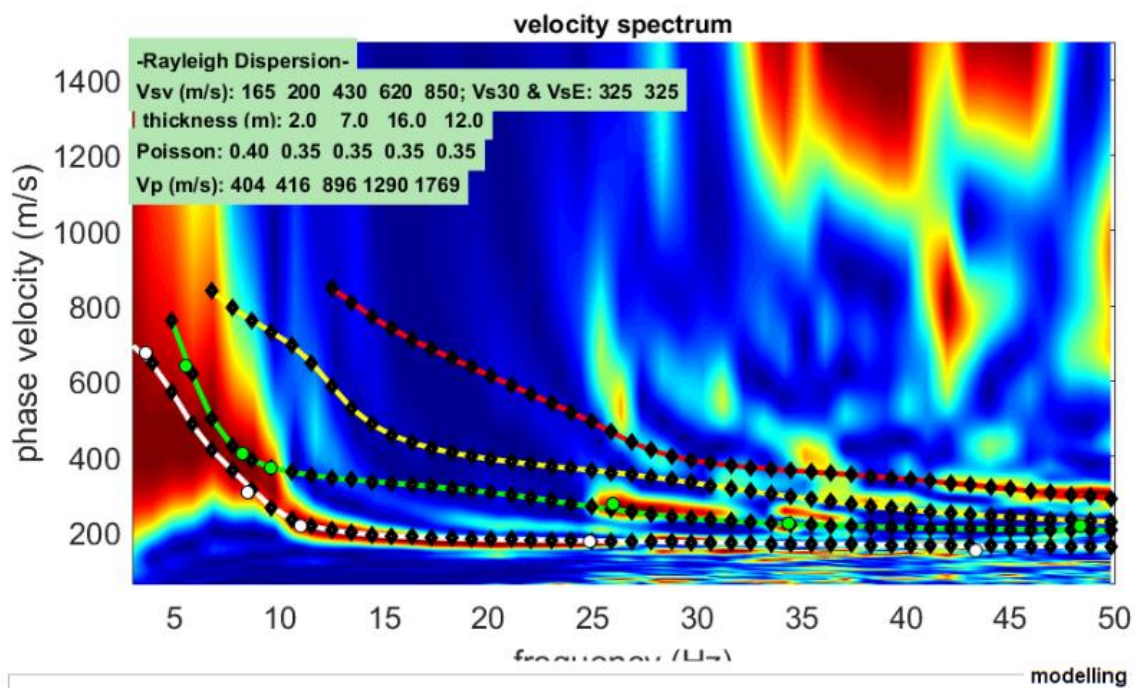
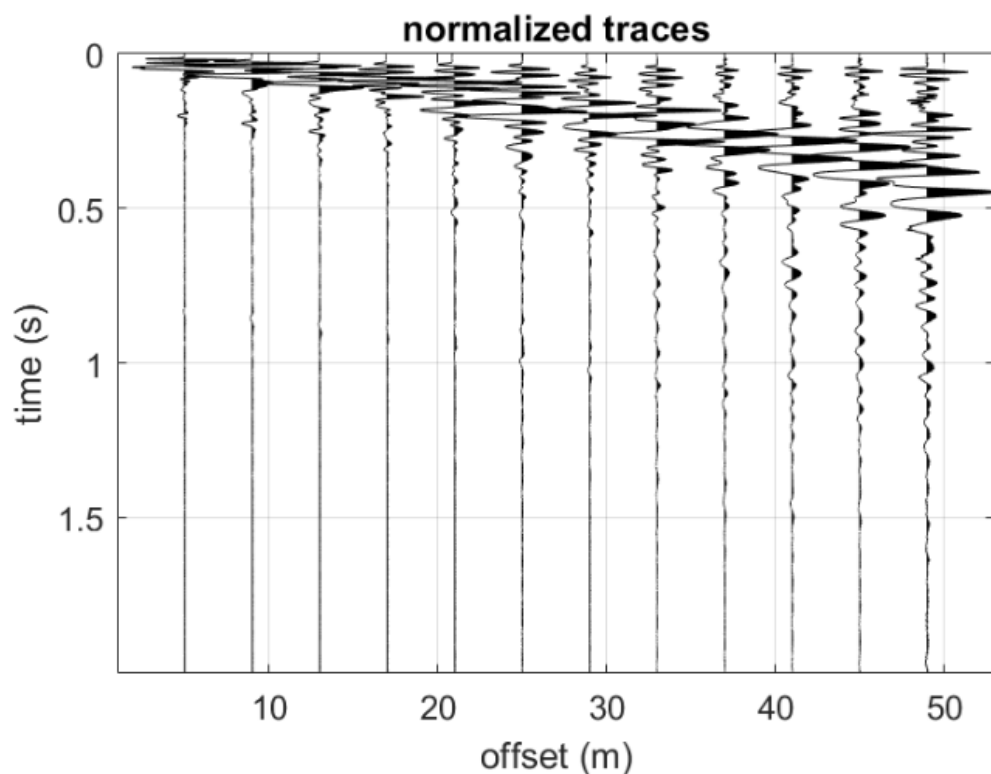
MODELLO MIGLIORE

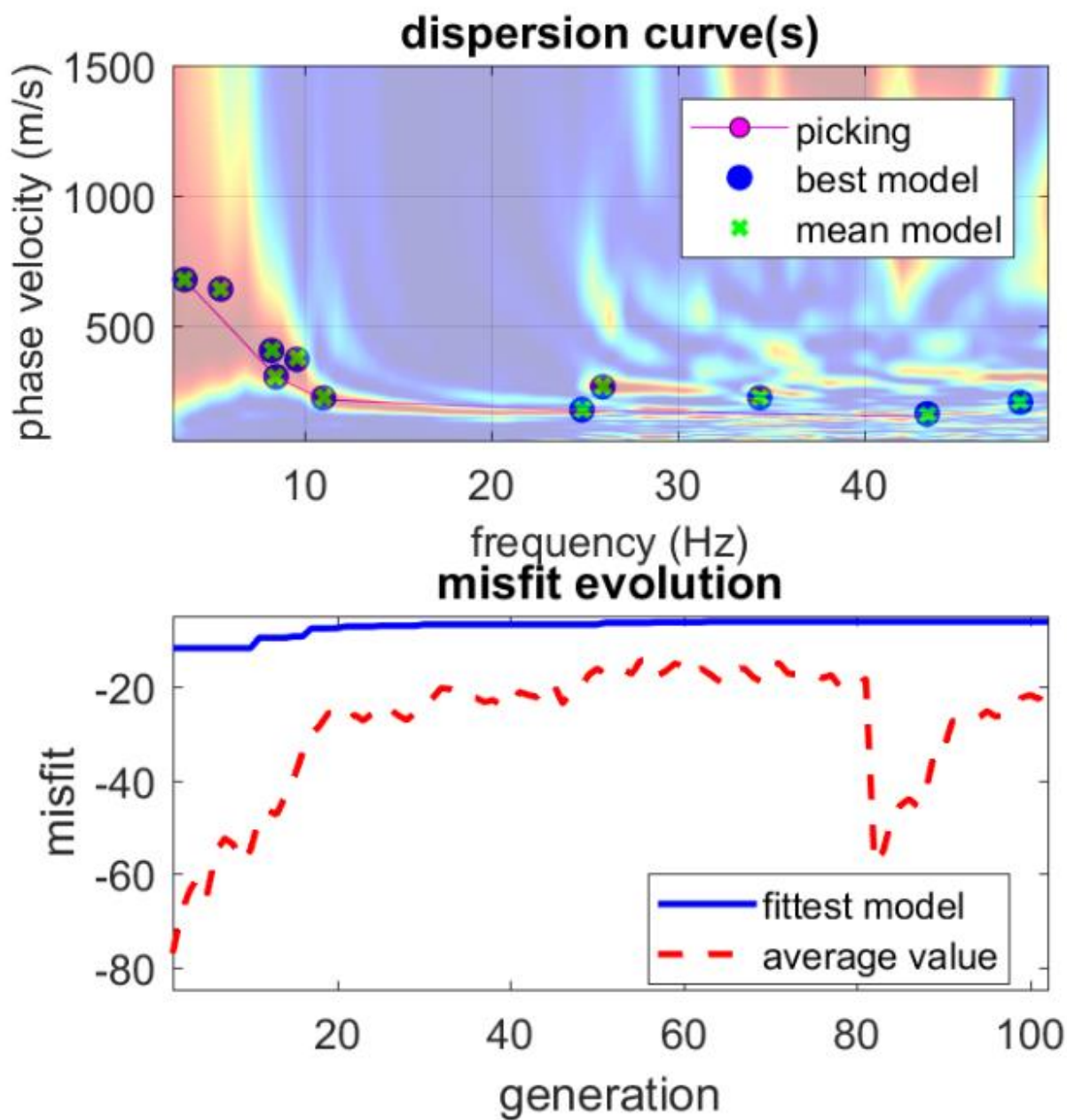
VS (m/sec):	157	200	395	620	888
spessore (m):	1.6	7	15	13.7	

VS30 del modello medio:	318 m/s
VS30 del modello migliore:	318 m/s
VsE del modello medio:	318 m/s
VsE del modello migliore:	318 m/s

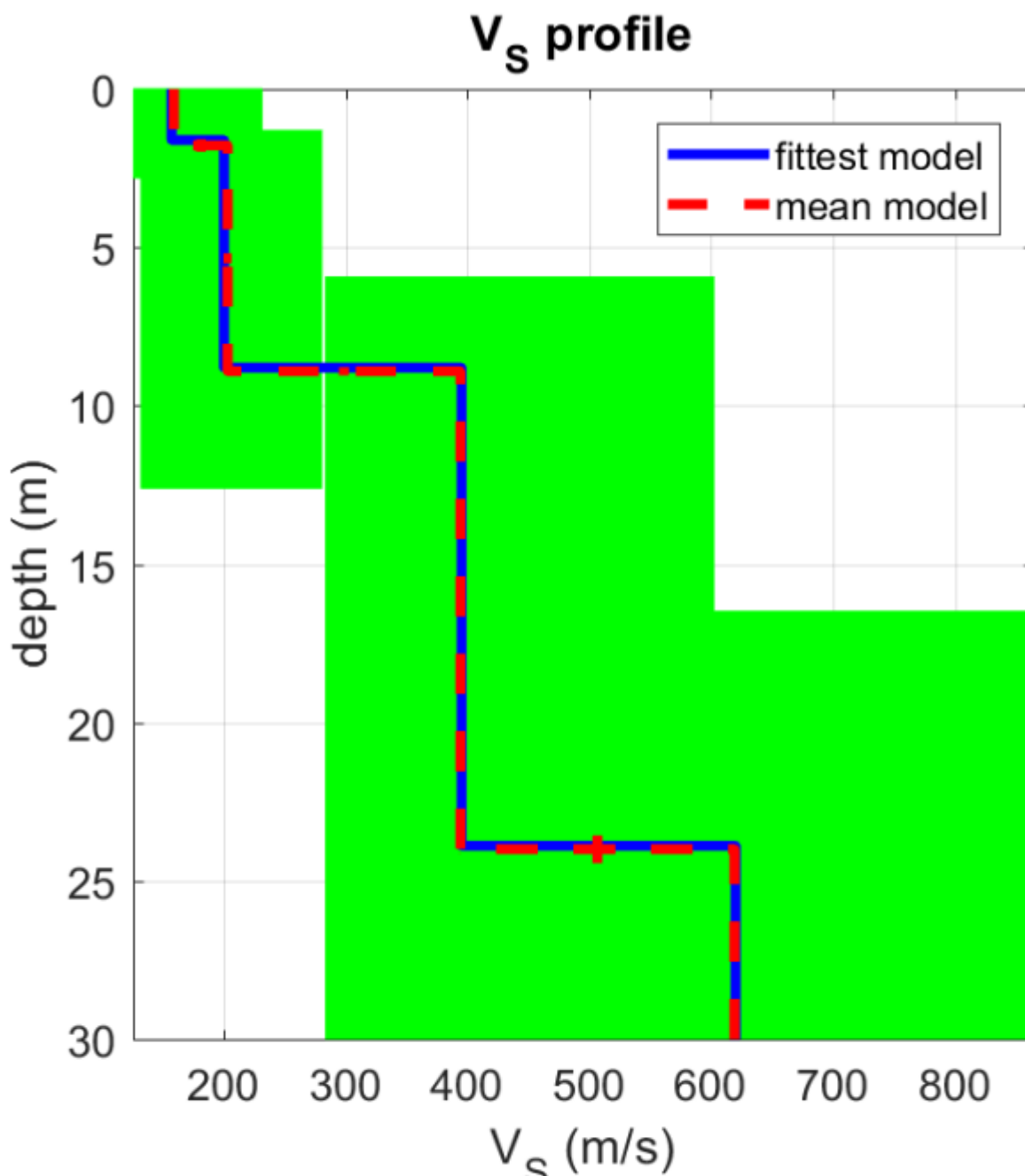
Massima Profondità di Penetrazione in Approssimazione "Steady State Rayleigh Method": 83 m
 Qualità inversione: molto buona

dataset: 2020-08-05_12-18masw2.seg2
 sampling: 0.125 ms
 minimum offset: 5 m
 geophone spacing: 4 m

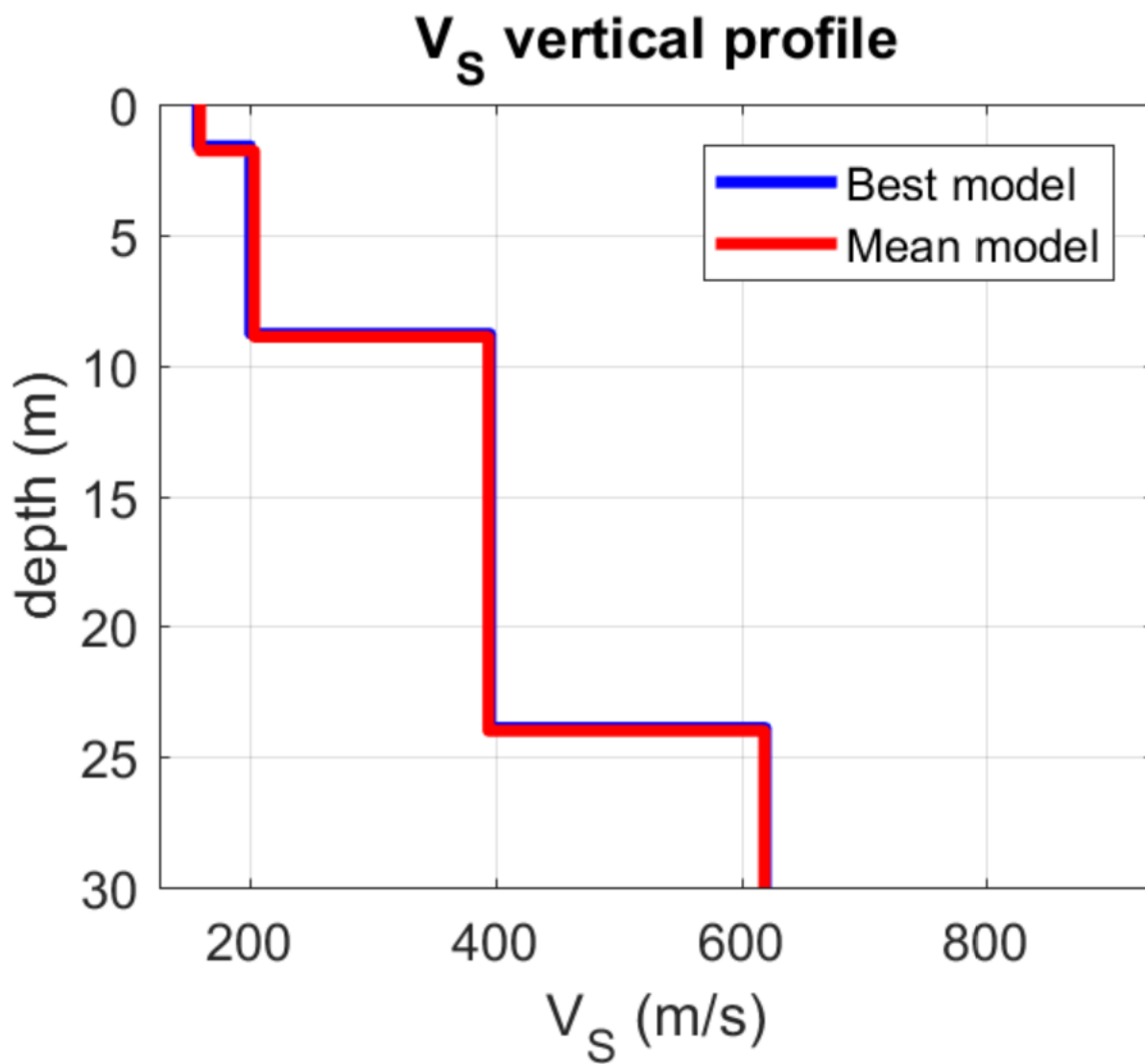




www.winmasw.com

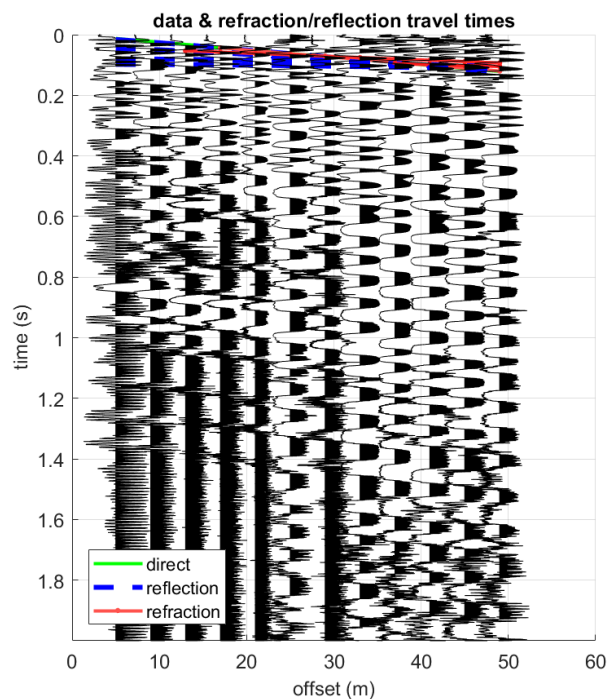
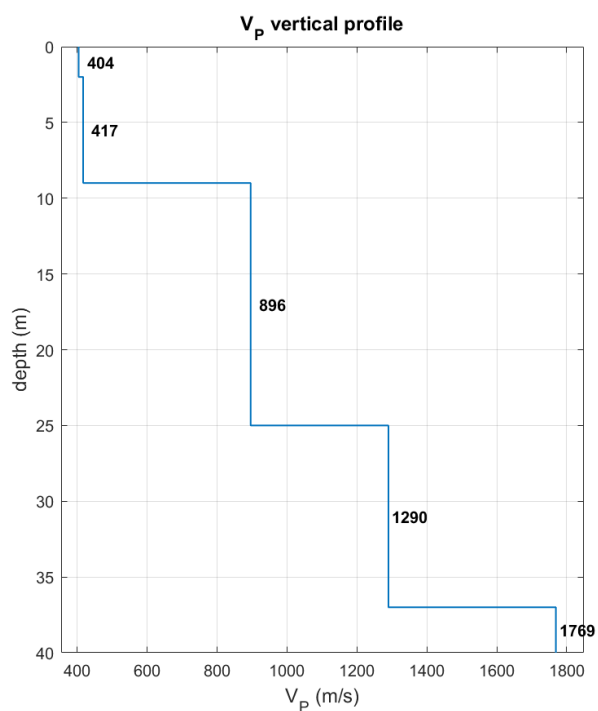


dataset: 2020-08-05_12-18masw2.seg2
 dispersion curve: pnnrn#sll2.cdp
 Vs30 & VsE (best model): 318 318 m/s
 Vs30 & VsE (mean model): 318 318 m/s



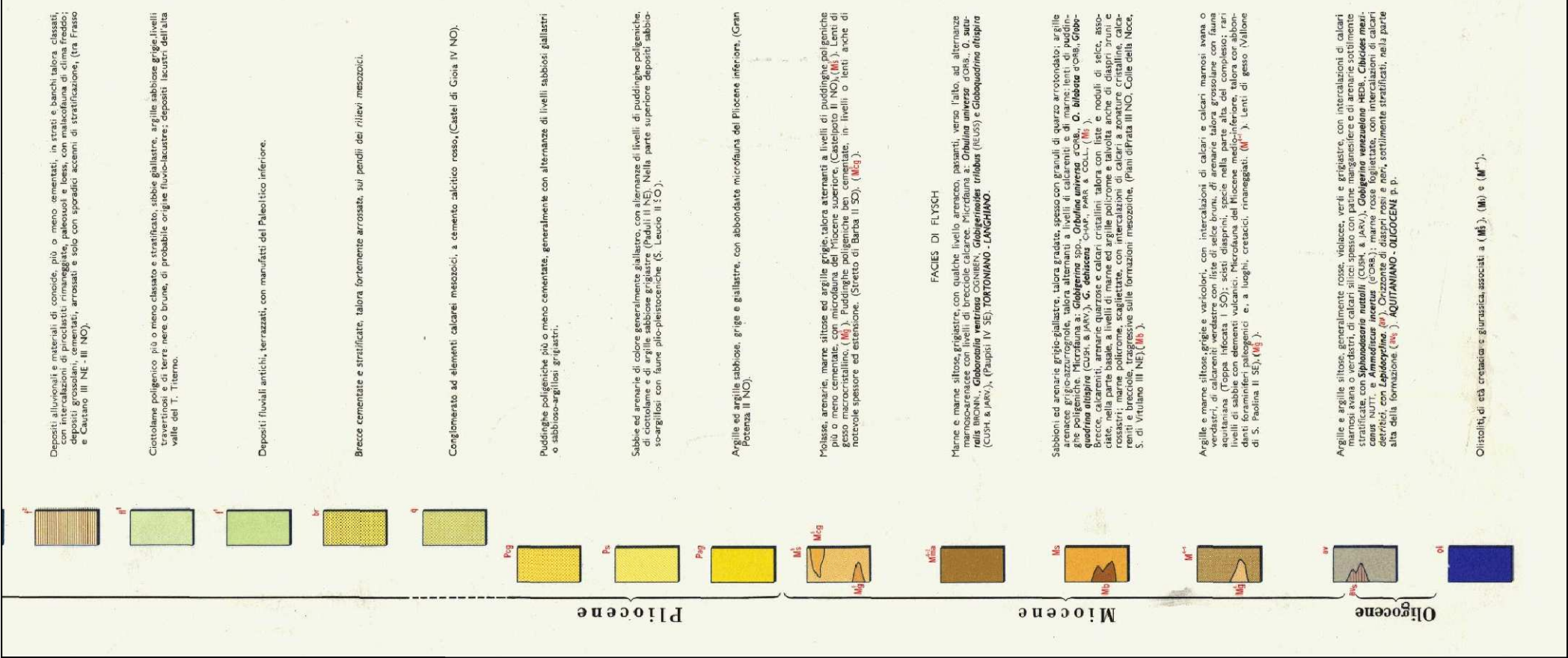
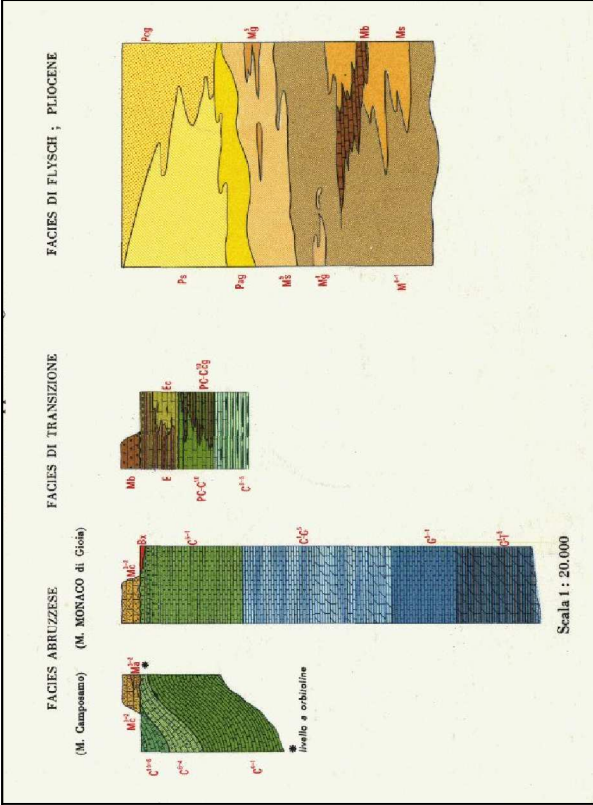
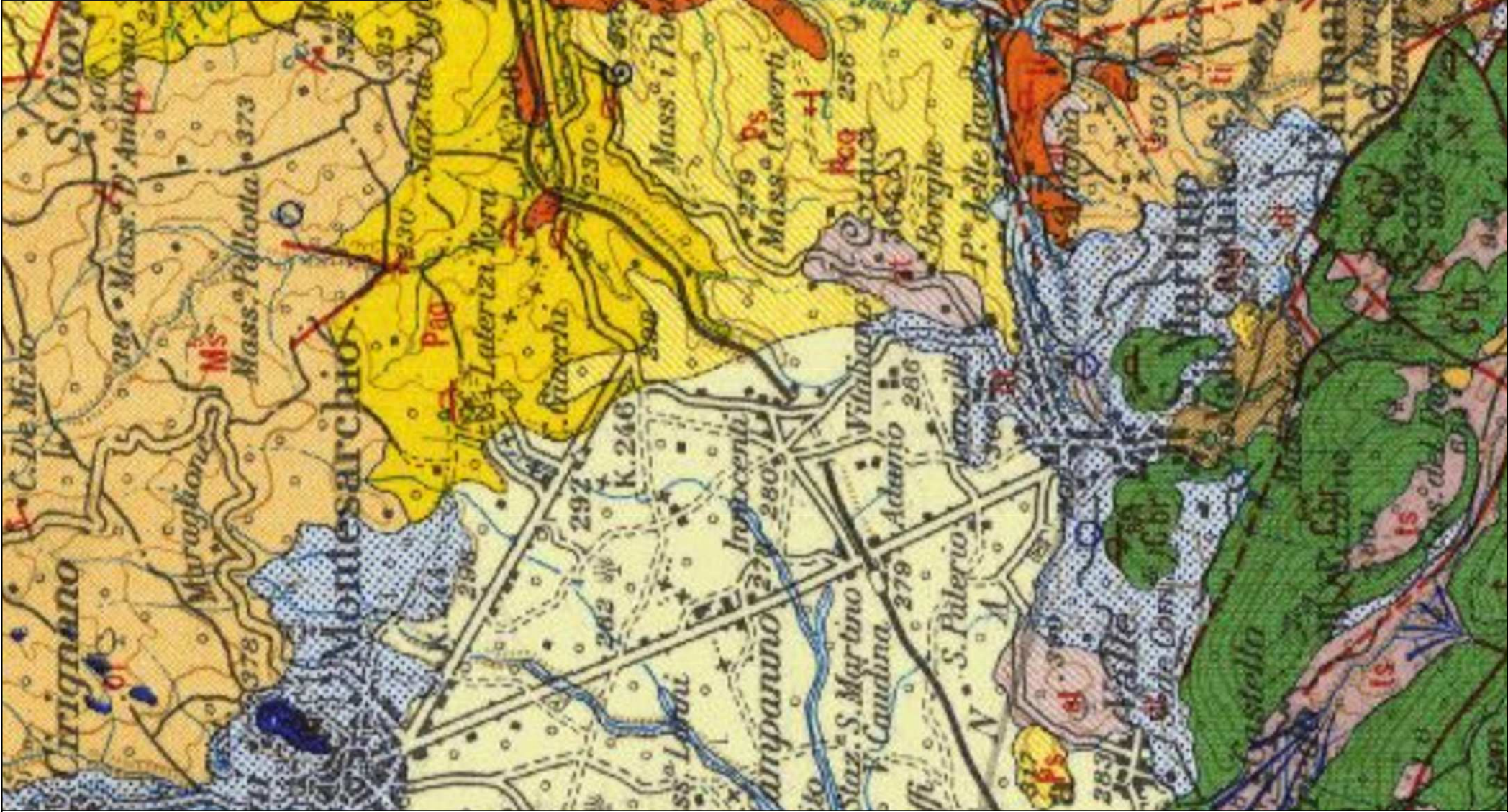
VsE: 318 m/s – categoria sottosuolo “C”

RIFRAZIONE 2

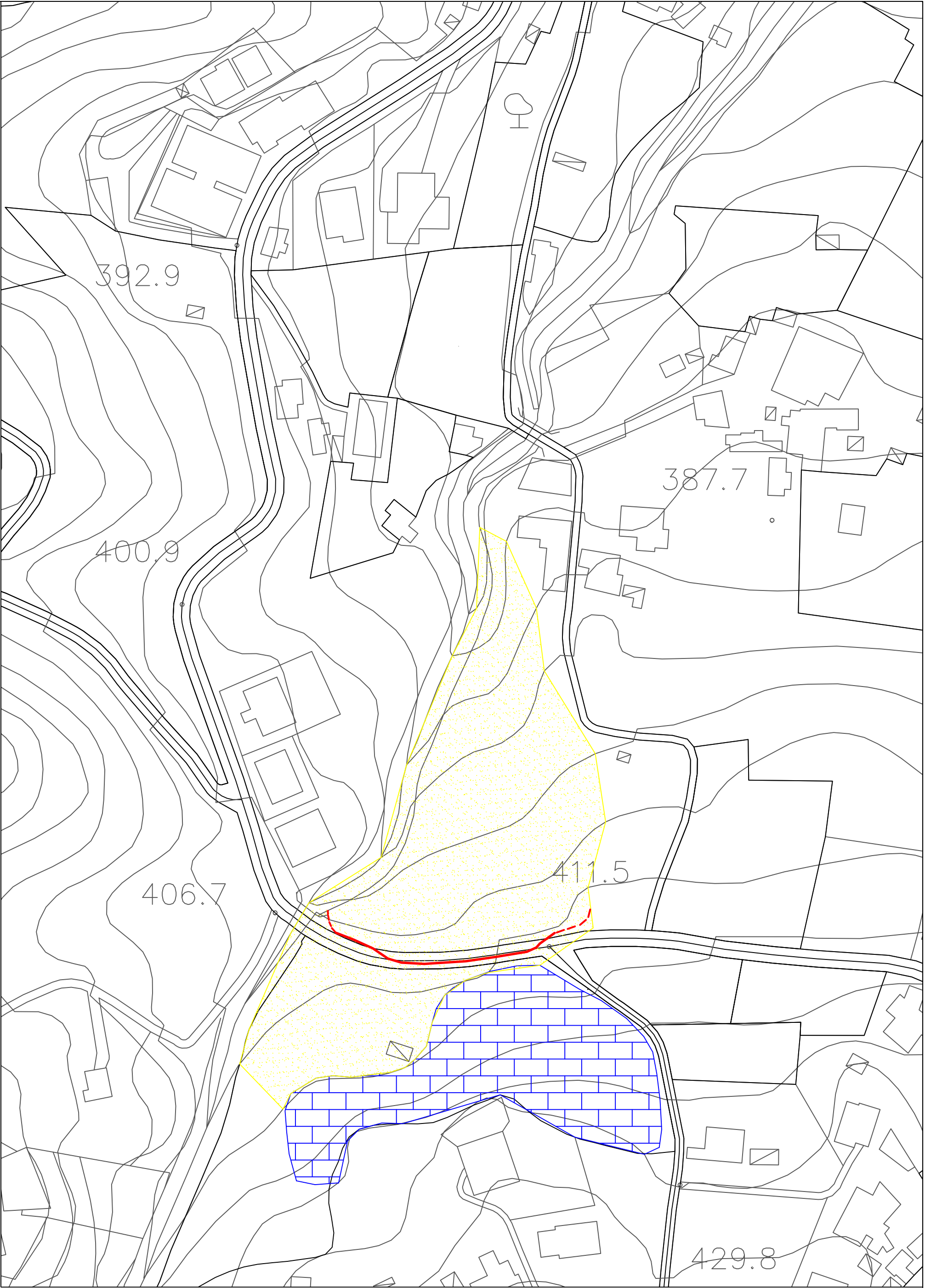


San Giorgio del Sannio, 07.2020

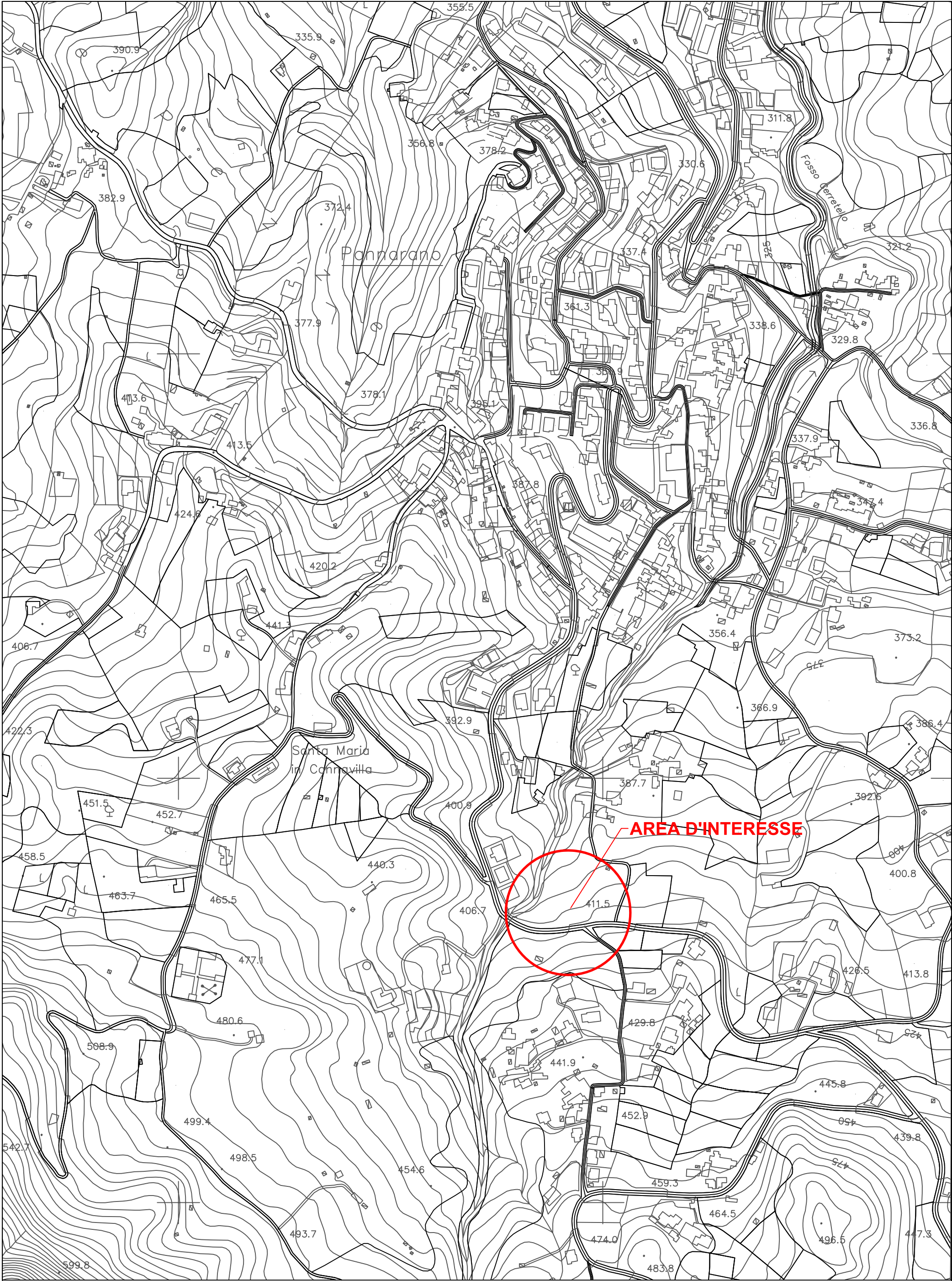
IL GEOLOGO
DOTT. GIUSEPPE SOLLA



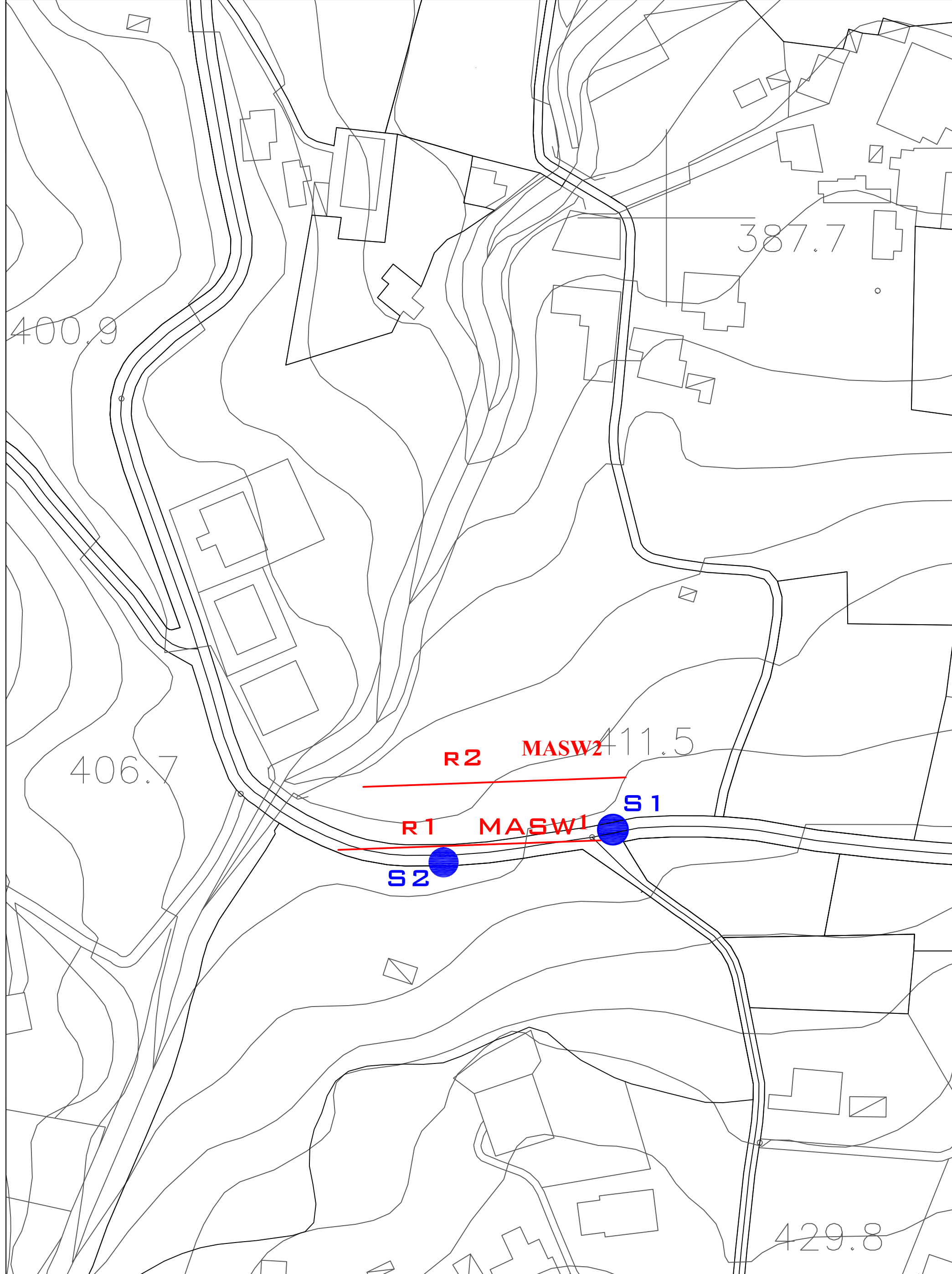
GEOLOGO: GIUSEPPE SOLLA PONTARIELLO N.63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO (BN)	COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI BENEVENTO	COD. EL. RELI320
	OGGETTO: LAVORI DI CONSOLIDAMENTO STRADALE LUNGO LA S.P.N° 11 - BIVIO BORRECA-CAPUTI, PANNARANO.	SCALA -
	STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA IN SCALA 1:100.000	DATA 7.2020
		CARTA GEOLOGICA



LEGENDA  PERIMETRAZIONE DELL'AREA DI FRANA  OLISTOLITE - OLISTOSTROMA IN AFFIORAMENTO  SUPERFICIE DI NEODISTACCO	COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI BENEVENTO		COD. EL. RELI320
	OGGETTO: LAVORI DI CONSOLIDAMENTO STRADALE LUNGO LA S.P.N° 11- BIVIO BORRECA-CAPUTI, PANNARANO.		SCALA -
	GEOLOGO: GIUSEPPE SOLLA - VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO (BN)		DATA 07.2020



GEOLOGO: GIUSEPPE SOLLA VIA PONTARIELLO 63/E SAN GIORGIO DEL SANNIO (BN)	COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI BENEVENTO	COD. EL. RELI320
		SCALA -
	OGGETTO: LAVORI DI CONSOLIDAMENTO STRADALE LUNGO LA S.P.N° 11- BIVIO BORRECA-CAPUTI, PANNARANO	DATA 7.2020
		UBICAZIONE



GEOLOGO: GIUSEPPE SOLLA
VIA PONTARIELLO 63/E
SAN GIORGIO DEL SANNIO (BN)

COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE
PROVINCIALE DI BENEVENTO

OGGETTO: LAVORI DI CONSOLIDAMENTO STRADALE LUNGO
LA S.P.N 11- BIVIO BORRECA-CAPUTI, PANNARANO

LEGENDA

- R1-R2 INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE
- INGAGINE GEOFISICA MASW1/MASW2
- S1 SONDAGGIO GEOGNOSTICO A -20M DAL P.C.
- S2 SONDAGGIO GEOGNOSTICO A -15M DAL P.C.

COD. EL. RELD0215

SCALA -

DATA 7.2020

UBICAZIONE