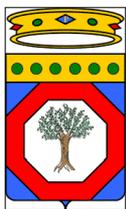


Regione
Puglia



Provincia di Bari



Comune di
Gravina



IMPIANTO AGRIVOLTAICO DI 67MWp SITO NEL COMUNE DI GRAVINA (PU) E RELATIVE OPERE CONNESSE

PROGETTISTA INCARICATO:

Ing. Riccardo Clementi
Pec: riccardo.clementi@ingpec.eu



Scala

Titolo elaborato:

Formato

TECNICI COINVOLTI

CODICE ELABORATO



PROGETTO	CLASSE	TIPO	PROG.
SPFVPU04			

Rev.	Data	Descrizione	Redige	Verifica	Approva
00					
01					
02					
03					
04					
05					
06					

GESTORE RETE ELETTRICA



SOCIETA' PROPONENTE:

OPR SUN 26 SRL
Via Ceresio, 7, Milano
PEC: oprsun26srl@pecimprese.it

SOCIETA' di PROGETTAZIONE:

Renvalue SRL
Via Quattro Novembre, 2 Padova
PEC: cert@pec.renvalue.it

Sommario

1.PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO	2
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	6
3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO GENERALE	8
3.1 EVOLUZIONE GEOLOGICA.....	8
3.2 GEOMORFOLOGIA	10
3.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO AREA IN OGGETTO.....	12
3.4 TETTONICA	14
4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO - IDROMORFOLOGICO	15
4.1 CARATTERISTICHE DI PERMEABILITÀ	17
5.VINCOLISTICA.....	19
5.1 VINCOLI PREVISTI DAL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI).....	19
6. INDAGINE GEOGNOSTICA	22
6.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE	23
6.2 PROVA DI PERMEABILITÀ IN FORO	24
6.3 INDAGINE MASW	27
6.4 INDAGINE HVSR.....	29
6.5 INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE	31
7.CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	34
8.VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE	40
9. VERIFICA DI STABILITÀ DI VERSANTE	41
9.1. VERSANTE SUD.....	49
9.2. VERSANTE NORD.....	52
10. MODELLO GEOTECNICO	55
10.1 RISULTATI DELLE INDAGINI ESEGUITE	55
11.CONCLUSIONI.....	57
ALLEGATI.....	59

1.PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO

La presente relazione illustra i risultati di un'indagine geognostica eseguita al fine di valutare le caratteristiche geotecniche dei terreni per la realizzazione di un "Parco Fotovoltaico" per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile. L'impianto verrà realizzato nel Comune Gravina in Puglia (BA). Gli ambienti adiacenti sono costituiti prevalentemente da aree agricole.

In questa relazione geologico-tecnica si caratterizzano i terreni da un punto di vista geotecnico, al fine di valutare la Capacità Portante ammissibile ed i cedimenti prevedibili secondo quanto prescritto dalle NTC 2018 "Norme tecniche per le Costruzioni" contenute dal D.M. 17.01.2018. e con la Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20 febbraio 2018 – Suppl. Ordinario n. 8: "Aggiornamento delle NTC di cui al D.M. 17 gennaio 2018".

Questa relazione, pertanto, seguendo i dettami della norma vigente e dello stato dell'arte è finalizzata alla costruzione del modello geologico, che è imprescindibile per la redazione del successivo modello geotecnico, facente parte della relazione d'opera geotecnica. Il presente documento si prefigge quindi di essere anche uno strumento tecnico d'ausilio per la definizione progettuale.

Il giorno 23 Maggio 2023 si è effettuata una campagna di indagini mediante l'esecuzione di:

- n°5 prove penetrometriche dinamiche (SPT), denominate da DPSH1 a DPSH5, di cui n°4 spinte fino alla profondità di -10,0 m dal p.c. e n°1 spinte fino alla profondità di -14,0 m dal p.c..
- n°3 indagini geofisiche di sismica attiva multicanale (MASW)
- n°3 indagini geofisiche di sismica a rifrazione.
- n°1 indagine geofisica (HVSR)
- n°1 prova di permeabilità in foro
- acquisizione ed analisi di bibliografia tecnica specifica
- elaborazione del presente documento

La caratteristica specifica di questo tipo di indagini è di essere di tipo preciso, diretto e locale; i dati acquisiti hanno un valore investigativo puntuale e possono essere raffrontati esclusivamente con altre prove analoghe a distanze limitrofe; qualsiasi altra estrapolazione non ha alcun valore geotecnico.



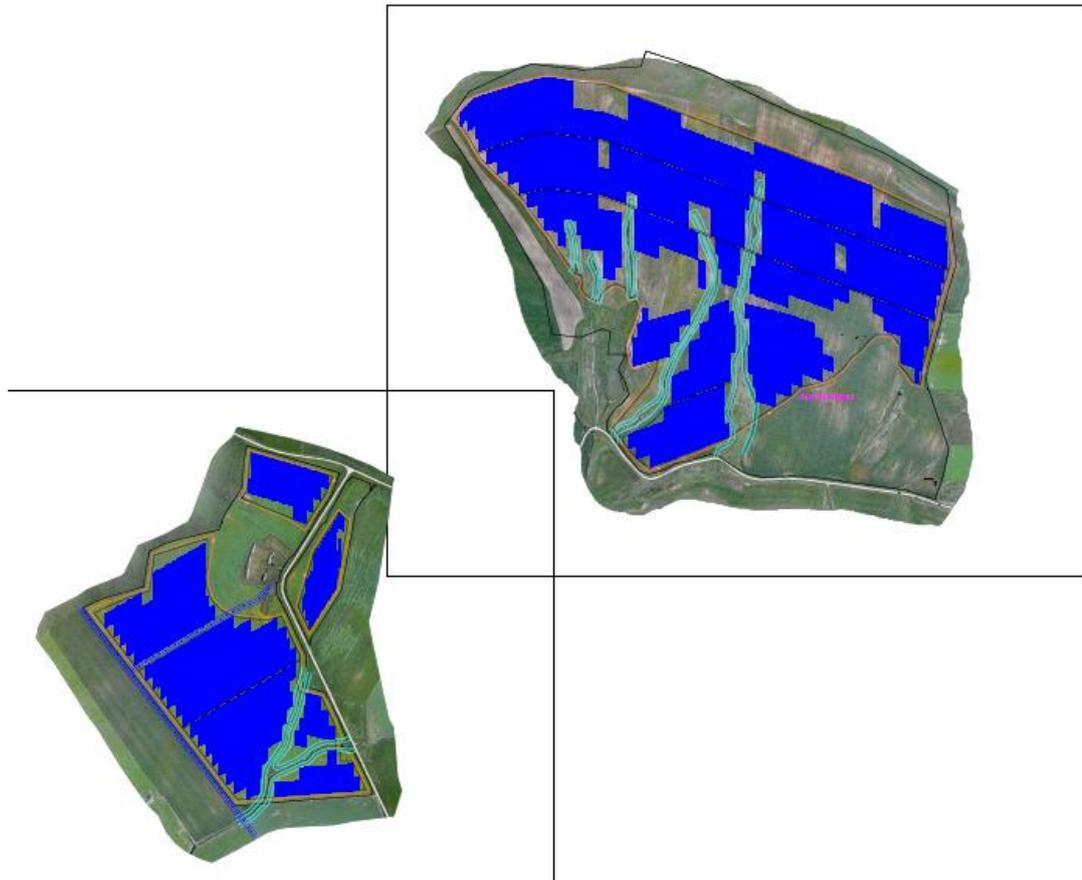
Figura 1: Ubicazione del comune di Gravina in Puglia (BA)

Si riporta in seguito uno schema dell'opera che verrà realizzata.

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>



Schema di realizzazione dell'opera.

*SEDI: (legale e operativa)
(territoriali)*

*via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)*

Tel: +39 329 2289939

www.applisasgeoservizi.com

e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applisas>

Normativa di riferimento

D. Lgs. N. 4 del 16 gennaio 2008 in vigore dal 13 giugno 2008, recante importanti modifiche al D.Lgs 152/2006 in materia ambientale

Decreto Ministeriale 17.01.2018

Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.

Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

Eurocodice 8 (1998)

Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture

Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)

Eurocodice 7.1 (1997)

Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali . - UNI

Eurocodice 7.2 (2002)

Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI

Eurocodice 7.3 (2002)

Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI

Leggi regionali in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico

Ordinanze Autorità di Bacino nazionale, regionale o interregionale

Piani Territoriali di coordinamento (Province)

Piano Strutturale e Regolam. Urbanistico

PRGC comune di Gravina in Puglia (BA)

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio del comune di Gravina in Puglia è collocato a Sud-Ovest della Provincia di Bari.

Gravina ubicata sul banco calcareo della fossa bradanica, al vertice nord del corrugamento carsico che, ne caratterizza la geomorfologia pedemurgiana e appulo-lucana. A sud confina con la Basilicata, ed ha un'estensione territoriale di 384,74 km², che ne fanno il 21° comune italiano per estensione territoriale.

Dal punto di vista orografico, è situata tra il pre-Appennino lucano e la Murgia nelle zone terminali, con altitudine media di 360 m. Parte della città si estende sulle sponde di un crepaccio profondo, molto simile ai canyon, scavato nella roccia calcarea da un fiumiciattolo, il torrente Gravina, affluente del Bradano, da cui prendono il nome le famose gravine della Murgia, in un territorio caratterizzato dalla presenza di numerose cavità carsiche, come il profondo Pulicchio di Gravina e la profondissima Grave di Faraualla. Nelle campagne al confine col territorio di Matera vi è un vulcano di fango di nuova formazione.

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applisas>



Figura 2: Foto satellitare con ubicazione dell'area d'indagine (da Google Earth)

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO GENERALE

3.1 EVOLUZIONE GEOLOGICA

Il territorio pugliese costituisce il più esteso tratto affiorante dell'Avampaese Appenninico-Dinarico. Nel Paleozoico superiore questo territorio rappresentava la porzione settentrionale del Paleocontinente Africano (Placca Adriatica) che per tutto il Mesozoico è stato interessato da un lento sprofondamento. Proprio durante questo periodo, infatti, tale area subì una progressiva sommersione controllata da una tettonica a grande scala connessa con l'apertura dell'Oceano Atlantico e la contemporanea neoformazione del Bacino Ligure-Piemontese.

Dal Paleozoico superiore al Triassico medio il margine settentrionale del Paleocontinente Africano si presentava come un'ampia piana alluvionale percorsa da numerosi corsi d'acqua meandrici, che depositavano materiali detritici continentali (spessore oltre 1000 m) sul basamento cristallino paleozoico. Nel Triassico superiore un incremento della velocità di abbassamento porta ad un progressivo avanzamento del mare e alla formazione di una piana tidale con lagune e stagni costieri, soggetta a ripetute variazioni del livello marino. La coltre detritica continentale viene progressivamente coperta da depositi salini evaporitici e da sedimenti carbonatici (calcarei e dolomie) di colore nerastro per la presenza di abbondante sostanza organica.

Il progressivo sprofondamento del margine africano porta alla formazione, nel Giurassico-Cretaceo, di un mare tropicale con acque poco profonde. I depositi evaporitici triassici vengono soppiantati da una sedimentazione di piattaforma carbonatica epicontinentale (Piattaforma carbonatica Apula). In un arco di tempo compreso tra il Cretaceo superiore ed il Paleogene, il processo di subsidenza del promontorio africano viene interrotto a causa dell'innescamento di movimenti convergenti tra la placca africana e quella eurasiatica. Tale cinematisma conduce alla progressiva chiusura del mare della Tetide e del Bacino Ligure-Piemontese, nonché alla progressiva evoluzione della emergente Catena Appenninico-Dinarica. La diretta conseguenza di tali fasi convergenti si concretizza in un ampio inarcamento della Piattaforma

carbonatica Apula, con conseguente emersione e progressiva configurazione degli attuali lineamenti del territorio pugliese. Quest'ultima avviene attraverso una modellazione derivante da carsismo di tipo subtropicale, mentre la sedimentazione carbonatica di piattaforma continuava a svilupparsi in maniera discontinua durante il Paleogene lungo i margini sommersi.

Gli ulteriori effetti deformativi legati all'evoluzione del sistema appenninico-dinarico si sviluppano durante la recente storia geologica della regione, quando il settore pugliese assume il ruolo di avampaese bordato da avanfosse. Nel Pliocene-Pleistocene inferiore il progressivo avanzamento dell'edificio tettonico appenninico-dinarico porta all'inflessione e subduzione degli opposti margini dell'Avampaese Apulo, con il conseguente rialzo del settore mediano che assume, quindi, l'assetto morfostrutturale di pilastro tettonico (*horst*). Infine, l'ultima fase dell'evoluzione geodinamica del territorio pugliese, ha inizio con la fine del Pleistocene inferiore. Tale fase risulta tuttora in atto ed è contrassegnata da un discontinuo e non uniforme sollevamento dell'intero sistema catena-avanfossa-avampaese, con un progressivo ritiro del mare verso l'attuale linea di costa testimoniato dall'evidente modellamento a terrazzi dei versanti costieri del territorio pugliese.

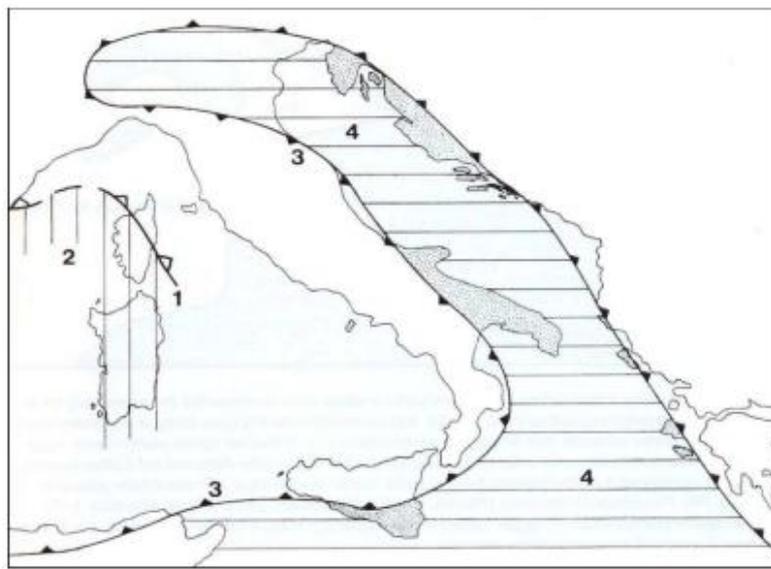


Figura 3: Schema strutturale dei rapporti tra domini di avampaese e di catena nell'area del Mediterraneo centrale (da Ricchetti et al.1998) 1. Fronte di sovrascorrimento della Catena Alpina 2. Avampaese Europeo (rigato verticale) 3. Fronte di sovrascorrimento della Catena Appenninico-Maghrebide e Dinarico-Ellenica 4. Avampaese Padano-Adriatico-Ionico emerso (puntinato) e sommerso (rigato orizzontale).

9

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Appლისas>

3.2 GEOMORFOLOGIA

L'area oggetto di studio è ubicata nel territorio dell'Alta Murgia che occupa la porzione Nord-Occidentale del vasto altopiano delle Murge, e si estende dalla valle dell'Ofanto sino all'insellatura di Gioia del Colle, e tra la Fossa Bradanica e le depressioni vallive che si adagiano verso la costa adriatica. Il paesaggio suggestivo è costituito da lievi ondulazioni e da avvallamenti doliniformi, con fenomeni carsici superficiali rappresentati dai puli e dagli inghiottitoi. La conseguenza più appariscente della fenomenologia carsica dell'area è la scomparsa pressoché totale di un'idrografia superficiale, il cui ricordo è attestato tuttavia nella toponomastica locale, ricca di idronomi che testimoniano l'antica presenza di fontane, laghi, torrenti e pantani, così come i numerosi solchi di erosione (lame) che costituiscono un reticolo abbastanza denso che non di rado arriva fino al mare. L'altopiano murgiano, le cui quote variano da un minimo di 340 metri ad un massimo di 679 metri, è suddiviso in:

- Altopiano Murgiano
- Fossa Bradanica
- La Sella Di Gioia

Altopiano Murgiano

Vasto e poco elevato, l'altopiano (con quote massime sui 350 m) degrada in modo più rapido ad ovest, verso la fossa Bradanica e più dolce ad est, fino a raccordarsi, mediante una successione di spianate, all'attuale linea di costa del mare adriatico. Geologicamente è costituito da un'ossatura calcareo-dolomitica di alcune miglia di metri, coperta in modo rado e discontinuo da sedimenti relativamente recenti di natura calcarenitica, sabbiosa o detritico-alluvionale.

Il paesaggio, coerentemente con la struttura morfologica, varia secondo un gradiente nord-est /sud-ovest, dal gradino pedemurgiano alla fossa bradanica. La prima fascia è costituita da un paesaggio essenzialmente arborato, con prevalenza di oliveti, mandorleti e vigneti che si attesta sul gradino murgiano orientale, elemento morfologico di graduale passaggio dalla trama agraria della piana olivetata verso le macchie di boschi di quercia e steppe cespugliate dell'altopiano.

La seconda fascia è quella dell'Altopiano carsico, caratterizzato da grandi spazi aperti. La matrice ambientale prevalente è costituita da pascoli rocciosi e seminativi: il cosiddetto paesaggio della pseudosteppa, un luogo aspro e brullo, dalla morfologia leggermente ondulata.

10

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applisas>

Verso sud-ovest, l'altopiano precipita con una balconata rocciosa, il costone murgiano, verso la Fossa Bradanica e traguarda visivamente i profili degli Appennini lucani. Il costone rappresenta l'elemento visivo persistente per chi attraversa la Fossa Bradanica ed è caratterizzato da profondi valloni, steppa erbacea con roccia affiorante e un suggestivo e complesso sistema rupicolo. Ai suoi piedi si sviluppa la viabilità principale, che circumnavigano l'altopiano da Canosa a Gioia del Colle e collegano i centri di Spinazzola, Minervino e Altamura, posti a corona sui margini esterni del tavolato calcareo.

Fossa Bradanica

Territorio lievemente ondulato scavato dal Bradano e dai suoi affluenti, caratterizzato da un paesaggio fortemente omogeneo di dolci colline con suoli alluvionali profondi e argillosi.

Al loro interno sono distinguibili, piccoli lembi boscosi che si sviluppano nelle forre più inaccessibili o sulle colline con maggiori pendenze, ricordiamo il bosco Difesa Grande che si estende su una collina nel territorio di gravina.

La Sella di Gioia

La sella di Gioia del Colle è una grande depressione dell'altopiano che scende al di sotto dei 350 m. Essa rappresenta una "terra di transizione" tra il sistema altomurgiano e la murgia dei trulli che sfuma verso la valle d'Itria. Il paesaggio corrispondente è già quello tipico delle Murge di Sud-est, che presenta un aspetto collinare in cui si alternano aree boscate ad aree coltivate.

L'area oggetto di studio è collocata nella Fossa Bradanica, che comprende le spianate di sedimentazione per regressione marina presenti a ovest dell'abitato di Gravina, dove in affioramento si trovano terreni granulari appartenenti ai depositi argillosi e sabbiosi di chiusura del Ciclo Sedimentario dell'Avanfossa Bradanica (Argille subappennine) sovrapposte dalle sabbie di Monte Marano (deposito sedimentario intermedio del ciclo di chiusura dell'Avanfossa Bradanica) e dai depositi continentali di chiusura del ciclo sedimentario, quali: Sabbie dello Staturo e Conglomerati continentali.

L'area a nord dell'impianto è una zona pianeggiante interrotta a a sud-ovest dall'ampia valle del Torrente Basentello che poco più avanti convoglia le sue acque nel Fiume Bradano, mentre la spianata per regressione marina, è interrotta da fossi che costituiscono le testate del Torrente Gravina di Matera che come il Torrente Basentello confluisce nel Fiume Bradano.

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Appლის>

3.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO AREA IN OGGETTO

L'area oggetto di studio è cartografata all'interno del Foglio Geologico n. 188 "Gravina in Puglia" della Carta Geologica d'Italia, alla scala 1:100.000 (Boni et al., 1970) e le relative note illustrative (Boni & Casnedi, 1970) (Fig.4).

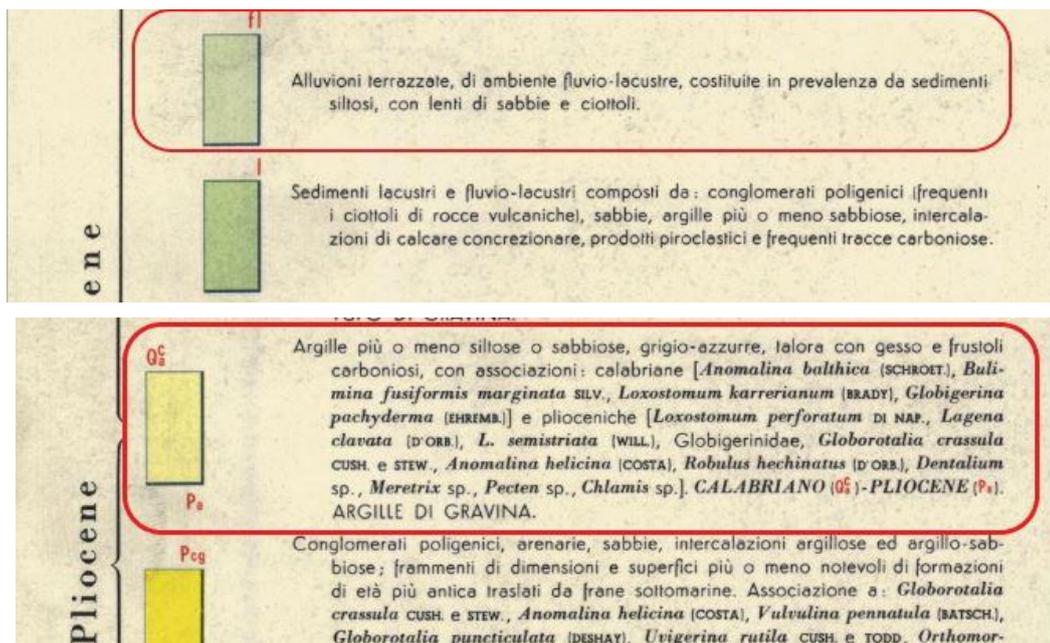
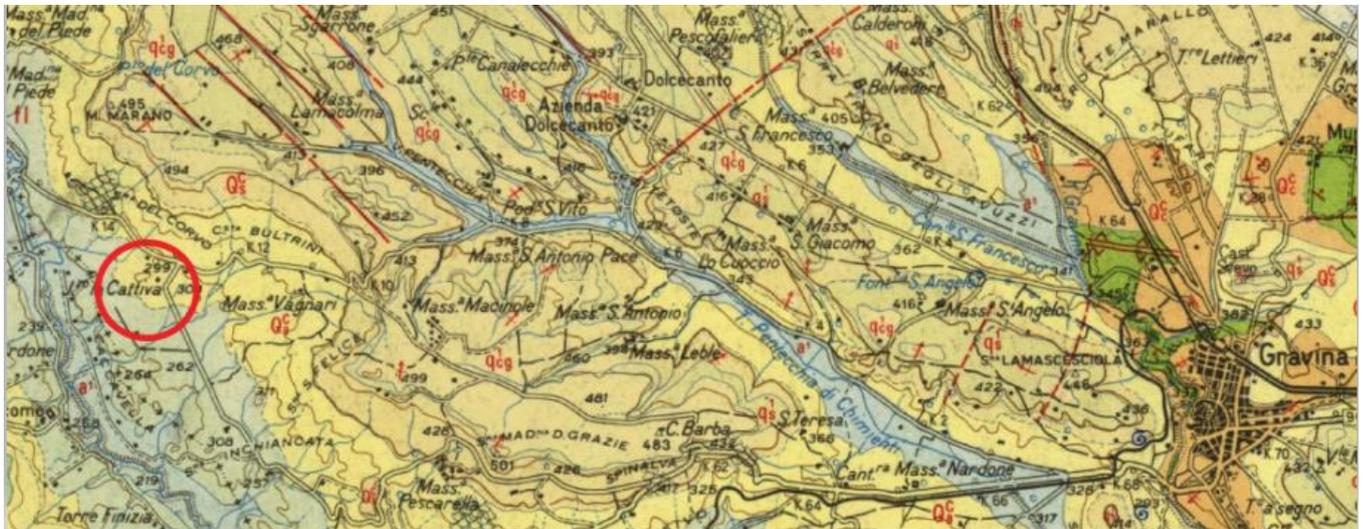


Figura 4: Stralcio carta geologica – scala 1:100.000 - Ispra

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

In base alle caratteristiche riscontrate sulla Carta Geologica d'Italia 1:100.000 si ritiene che i terreni nell'area di progetto siano ascrivibili ad alluvioni terrazzate, di ambiente fluvio-lacustre (fl) e da Argille di Gravina (Q_a^c).

L'unità poggia attraverso una superficie di erosione sia sulle argille subappenniniche che sul sistema di Foggia.

Alluvioni terrazzate, di ambiente fluvio-lacustre (fl): dopo la deposizione di materiale fluvio-lacustre sono state incise le valli del Bradano e del Basentello, e successivamente di nuovo alluvionate. I depositi di questa fase di alluvionamento sono stati chiamati, in un primo tempo "alluvioni della Stingeta", nome derivante da un bosco presso la confluenza del Basentello nel Bradano. Essi sono costituiti da siltiti più o meno argillosi, con lenti conglomeratiche. Questi sedimenti differiscono dalle Argille di Gravina, perché hanno una composizione prevalentemente siltosa, che conferisce alla massa una plasticità molto bassa, inoltre il colore grigio è dovuto alla presenza delle lenti conglomeratiche. La morfologia a terrazze non è molto evidente, perché questi terreni tendono a formare groppe arrotondate. L'età di queste "alluvioni della Stingeta" può essere riferita tentativamente al Pleistocene superiore.

Argille di Gravina (Q_a^c): composta da argille e argille sabbiose, grigie o turchine più o meno siltose, a volte con intercalazioni gessose; tali sedimenti ricoprono circa la metà occidentale del foglio geologico 188 "Gravina in Puglia". L'età della formazione argillosa è compresa fra il Pliocene superiore ed il Calabriano.

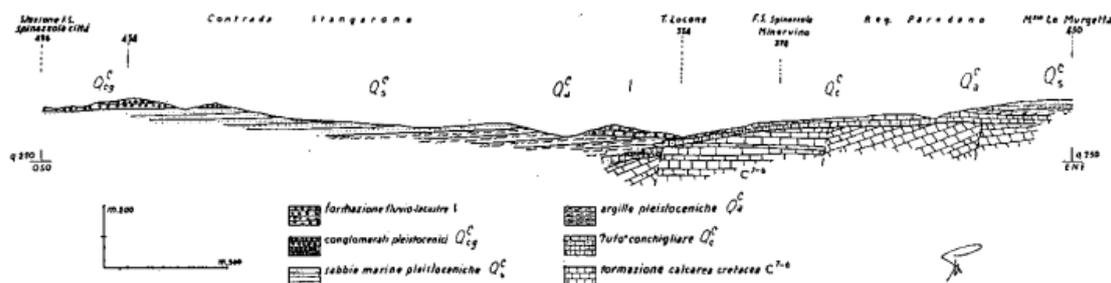


Fig. 4 = (Perno) - Tav. Spinazzola IV/NE - Rapporti fra di loro delle formazioni pleistoceniche alla periferia delle Murge; posizione della formazione fluvio-lacustre (I) che giace indifferentemente sul « tufo conchigliare » Q_c^6 e sulle argille Q_c^5 .

Figura 5: Schema dei rapporti stratigrafici carta geologica 1:100.000 Ispra

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

3.4 TETTONICA

I sollevamenti tettonici che hanno interessato l'Avanfossa Bradanica sono iniziati alla fine del Pleistocene inferiore e proseguiti fino ai giorni nostri; gli elementi che permettono di determinarlo sono due: il primo è che il Conglomerato d'Irsina si è depositato nel Pleistocene inferiore, quindi la sedimentazione nella gran parte dell'Avanfossa Bradanica si è conclusa proprio allora; il secondo elemento è la presenza di una serie di faglie inverse associate anche a pieghe che pongono a contatto terreni della catena Appenninica con quelli dell'Avanfossa Bradanica. Si tratta di faglie compressive che hanno generato un piccolo raccorciamento associato ad un sollevamento; queste faglie sono un indizio dell'ultima fase compressiva avutasi al margine esterno della catena appenninica. Sono comunque faglie che non interessano mai i depositi marini terrazzati del litorale ionico, permettendo la datazione delle stesse al Pleistocene inferiore.

Nella zona della parte occidentale dell'Avanfossa Bradanica, nei terreni di chiusura del ciclo sedimentario dell'Avanfossa Bradanica, non sono presenti indici di grossi movimenti tettonici, quali faglie, pieghe o sovrascorrimenti, ma solo piccole fratture determinate dal sollevamento generale descritto in precedenza.

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Appllisas>

4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO - IDROMORFOLOGICO

Dal punto di vista geologico la Murgia è costituita essenzialmente da rocce carbonatiche di piattaforma, appartenenti alle formazioni geologiche del Calcarea di Bari, di Altamura (Senoniano). Mentre ai bordi del complesso carbonatico murgiano, si rinvencono in trasgressione i depositi plioquaternari (Calcareniti di Gravina, Argille Subappennine e Depositi Marini Terrazzati).

Il territorio di progetto è percorso dal torrente Basentello affluente in sinistra idraulica del fiume Bradano, che scorre sul confine tra Puglia e Basilicata. Esso ha origine poco a nord di Palazzo S. Gervasio, con direzione NW-SE, ha un'andamento piuttosto regolare nel primo tratto e successivamente tortuoso, sfocia nel Bradano.

Il Basentello, lungo circa 56 km, ha un bacino idrografico di circa 425 km², la quota massima è di 679 m.s.l.m., quella minima di 132 m.s.l.m. alla confluenza con il Bradano. A circa 26 km dall'origine, il torrente raccoglie le acque del Canale Roviniero. A parte il Torrente Roviniero, che nasce presso la Masseria Serra Palomba, in agro di Spinazzola e che confluisce nel Basentello in località compresa fra Masseria Gramegna, Monte Marano e Serra del Corso in sinistra idraulica e Tenimento Montecchio in destra idraulica, non ha affluenti di una certa importanza, tuttavia raccoglie lungo il suo percorso, le acque di un notevole numero di fossi e valloni che scorrono profondamente incisi. Negli anni '70 il Basentello è stato sbarrato grazie alla realizzazione della diga di Serra del Corvo, al confine tra la Puglia e la Basilicata. La diga, intercettando le acque di un bacino serve una superficie irrigata di 3.970 ettari lungo le valli del Basentello e del torrente Bradano.

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applisas>



Figura 6: Schema del bacino ed il reticolo del fiume Bradano (in rosso il torrente Basentello)

Le acque di precipitazione che raggiungono il suolo sono ripartite in aliquota di scorrimento superficiale e d'infiltrazione nel sottosuolo, secondo il grado di permeabilità dei terreni affioranti. Nel caso specifico della zona del parco fotovoltaico le caratteristiche granulometriche e litologiche degli strati superficiali permettono l'infiltrazione di acqua di precipitazione meteorica favorendo una circolazione di acqua nel sottosuolo, consentendo in tal modo l'accumulo di acqua di falda.

Tali accumuli si rinvencono solo dove affiorano terreni granulari dei depositi alluvionali i quali poggiano direttamente sulle argille grigio-azzurre impermeabili che fanno da letto alle falde. Dai rilievi di superficie e dai dati di bibliografia è emerso che la falda acquifera che interessa i pianori di stretto interesse, si trova ad una profondità di circa 25 m ed è trattenuta alla base dalla formazione argillosa impermeabile. L'idrologia superficiale dell'area di stretto interesse è rappresentata da fossi poco profondi a con fondo piatto che incidono i terreni della piana di sedimentazione marina di chiusura del ciclo sedimentario dell'Avanfossa Bradanica.

Tali fossi formano un reticolo che termina nel collettore principale. Gran parte dell'anno i fossi sono in secca mentre si riattivano in occasione delle stagioni autunnali ed invernali quando la piovosità della zona aumenta notevolmente.

4.1 CARATTERISTICHE DI PERMEABILITÀ

In relazione alla variabilità sia verticale sia orizzontale dei caratteri litologici delle formazioni affioranti, anche la permeabilità delle stesse appare diversa da luogo a luogo sia nel grado e sia nel tipo. I terreni che affiorano nell'area possono essere classificati come rocce permeabili per porosità. Questi possono essere suddivisi in "terreni porosi, permeabili" e "terreni porosi ma impermeabili".

I terreni "porosi, permeabili", sono permeabili in tutta la loro massa in maniera più o meno uniforme, e offrono alla circolazione dell'acqua un grandissimo numero di cunicoli e di spazi intergranulari sufficientemente larghi da non essere completamente occupati dall'acqua di ritenzione. Vengono considerati tali tutti i sedimenti clastici a grana grossa e media, sciolti, dei depositi alluvionali e marini terrazzati.

I terreni "porosi, ma impermeabili" sono quelli che hanno i pori intergranulari di dimensioni piccolissime per cui l'acqua viene fissata come acqua di ritenzione; ne consegue che la circolazione è nulla o del tutto insignificante. Appartengono a tale classe le argille (Argille Subappennine) e tutti quei terreni nei quali il termine argilloso è presente in maniera rilevante.

Sulla base dei dati raccolti in letteratura si possono distinguere i terreni affioranti in base al grado di permeabilità; si avranno quindi:

A - "Sedimenti mediamente permeabili, a luogo molto permeabili" costituiti da rocce sciolte a grana da grossa a media che hanno permeabilità per porosità; appartengono a tale gruppo i Depositi alluvionali attuali, i Depositi alluvionali recenti, Depositi marini terrazzati e le Sabbie e dune costiere;

B - "Sedimenti praticamente impermeabili" rappresentati dai sedimenti argillosi ed argilloso-marnosi costituenti le Argille subappennine e presenti, in lenti e straterelli, nei depositi marini terrazzati.

Le acque di precipitazione che raggiungono il suolo sono ripartite in aliquota di scorrimento superficiale e d'infiltrazione nel sottosuolo, secondo il grado di permeabilità dei terreni affioranti. Nel caso specifico della zona del parco fotovoltaico le caratteristiche granulometriche e litologiche degli strati superficiali permettono l'infiltrazione di acqua di precipitazione meteorica favorendo una circolazione di acqua nel sottosuolo, consentendo in tal modo l'accumulo di acqua di falda.

Tali accumuli si rinvencono solo dove affiorano terreni granulari dei depositi alluvionali i quali poggiano direttamente sulle argille grigio-azzurre impermeabili che fanno da letto alle falde. Dai rilievi di superficie

e dai dati di bibliografia è emerso che la falda acquifera che interessa i pianori di stretto interesse, si trova ad una profondità di circa 25 m ed è trattenuta alla base dalla formazione argillosa impermeabile. L'idrologia superficiale dell'area di stretto interesse è rappresentata da fossi poco profondi a con fondo piatto che incidono i terreni della piana di sedimentazione marina di chiusura del ciclo sedimentario dell'Avanfossa Bradanica.

Tali fossi formano un reticolo che termina nel collettore principale. Gran parte dell'anno i fossi sono in secca mentre si riattivano in occasione delle stagioni au-tunnali ed invernali quando la piovosità della zona aumenta notevolmente.

Acque superficiali

In corrispondenza degli affioramenti argillosi impermeabili, le acque seguono traiettorie superficiali con produzione di fossi aventi un'asta principale, un ventaglio di testata e profilo del fondo piuttosto pendente in costante arretramento; invece, in corrispondenza di terreni granulari molto permeabili le acque si infiltrano andando ad alimentare le falde.

Nel caso specifico, le caratteristiche granulometriche e litologiche degli strati superficiali permettono l'infiltrazione di acqua di precipitazione meteorica favorendo una circolazione subsuperficiale agevolata dalla presenza alla base di terreni impermeabili come le argille grigio-azzurre.



Figura 7: Rete idrografica superficiale

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

5.VINCOLISTICA

Nel rispetto del regolamento in materia ambientale, è stata eseguita una ricerca di tipo normativo sulla potenziale presenza di vincoli nell'area di interesse. Tale analisi è stata realizzata sia mediante una valutazione di tipo legislativo in senso stretto, sia attraverso la consultazione di mappe tematiche tramite web-gis pubblicate da parte degli organi competenti in materia di tutela del territorio.

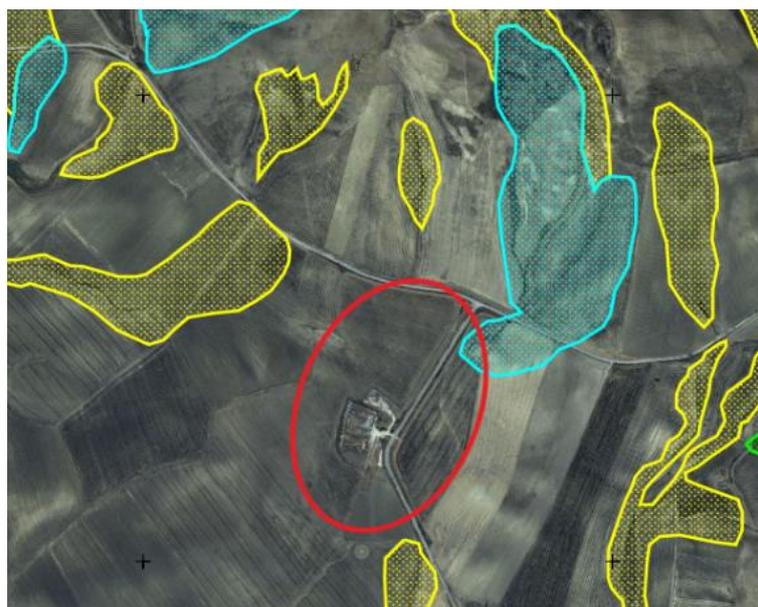
5.1 VINCOLI PREVISTI DAL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

Con riferimento agli aspetti vincolistici legati alla pericolosità idraulica, si è fatto riferimento a quanto stabilito dal Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Puglia. Tale piano è stato adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino il 15 dicembre 2004 ed approvato dallo stesso Comitato Istituzionale in data 31 novembre 2005. Il Piano definisce le aree caratterizzate da un significativo livello di pericolosità idraulica, in funzione della frequenza di accadimento di eventi di piena o di eventi meteorici particolarmente intensi e delle caratteristiche morfologiche del territorio.

Sono individuate le seguenti classi di rischio idraulico e idrogeologico:

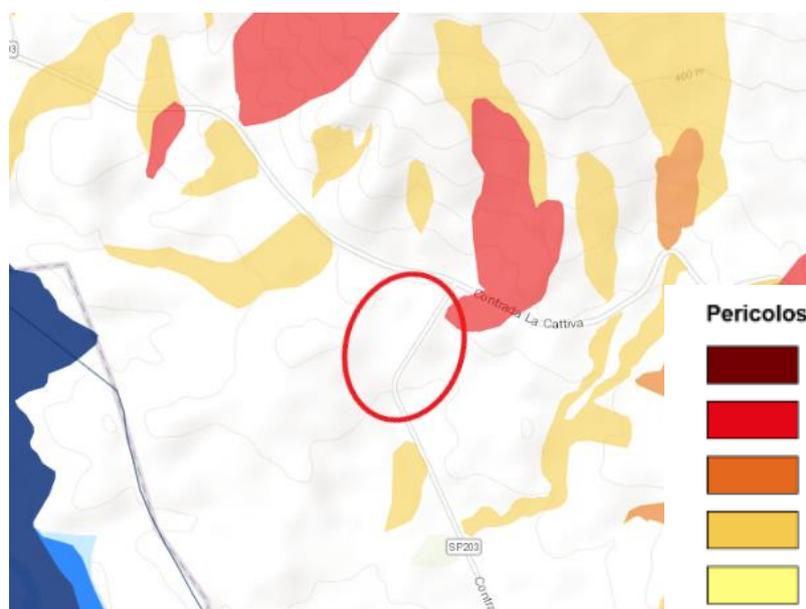
- **R1:** moderato, per il quale sono possibili danni sociali ed economici marginali;
- **R2:** medio, per il quale sono possibili danni minori agli edifici e alle infrastrutture che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e lo svolgimento delle attività socio- economiche;
- **R3:** elevato, per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi e l'interruzione delle attività socio-economiche, danni al patrimonio culturale;
- **R4:** molto elevato, per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici e alle infrastrutture, danni al patrimonio culturale, la distruzione di attività socio-economiche.

L'area oggetto di studio ricade in parte (Lotto 2A) nella classe di rischio R3, con un rischio/pericolosità di frane elevato (P3), come viene illustrato in Figura 9, pertanto non si escludono eventuali problematiche idrogeologiche.



- Legenda**
- limiti amministrativi
 - limiti AdB
- Tipologie di rischio:**
- R4 - molto elevato
 - R3 - elevato
 - R2 - medio
 - R1 - moderato
 - ASV - aree assoggettate a verifica idrogeologica
 - P - aree pericolose

Figura 8: Stralcio PAI -Tavola 453164 – scala 1:10.000



- Pericolosità frane**
- Molto elevata P4
 - Elevata P3
 - Media P2
 - Moderata P1
 - Aree di Attenzione AA

Figura 9: Carta pericolosità e rischio idrogeologico – Ispra (IdroGEO)

L'area oggetto di studio ricade in parte nella classe di rischio R1, con un rischio/pericolosità di frane elevata (P1), come viene illustrato in Figura 9, pertanto non si escludono eventuali problematiche idrogeologiche.

20

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

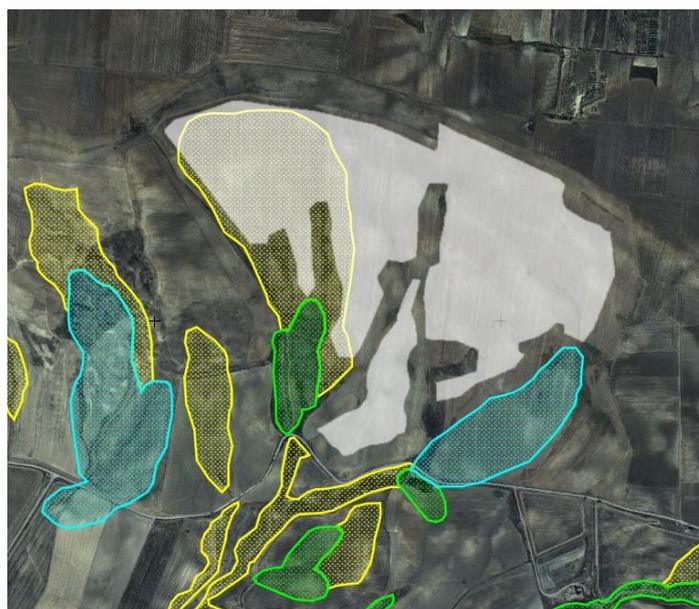


Figura 8.1: Stralcio PAI -Tavola 453164 – scala 1:10.000

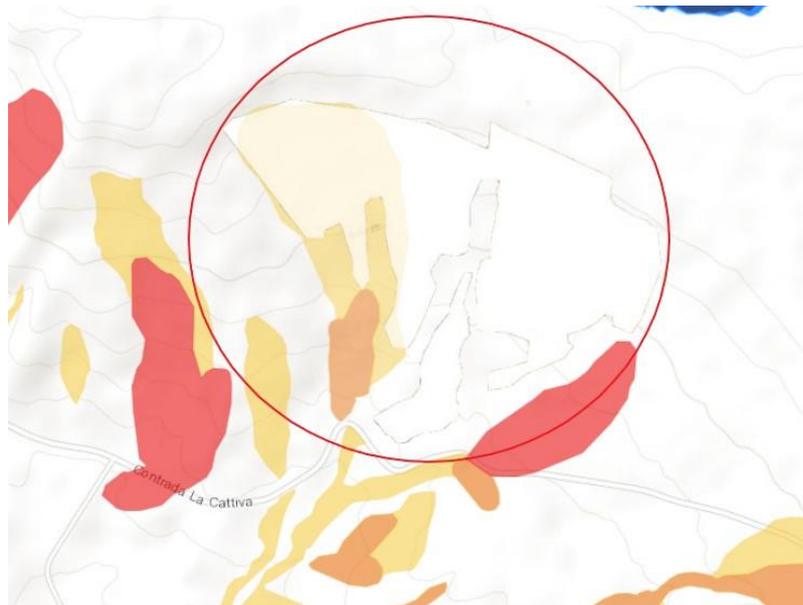


Figura 9.1: Carta pericolosità e rischio idrogeologico – Ispra (IdroGEO)

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

6. INDAGINE GEOGNOSTICA

Per la caratterizzazione del sottosuolo sono state eseguite le seguenti indagini:

- n°5 prove penetrometriche dinamiche (SPT), denominate da DPSH1 a DPSH5, di cui n°4 spinte fino alla profondità di -10,0 m dal p.c. e n°1 spinte fino alla profondità di -14,0 m dal p.c..
- n°3 indagini geofisiche di sismica attiva multicanale (MASW)
- n°3 indagini geofisiche di sismica a rifrazione.
- n°1 indagini geofisiche (HVSr)
- n°1 prova di permeabilità in foro

Le modalità di esecuzione delle indagini sono descritte in seguito, mentre la loro ubicazione è riportata nella planimetria di seguito riportata.



Figura 10 – Planimetria indagini eseguite

6.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

La prova penetrometrica dinamica consiste sostanzialmente nell'infissione nel terreno di una punta conica situata all'estremità di una batteria di aste, energizzata facendo cadere da un'altezza costante un maglio di peso standard. La misurazione del numero di colpi necessario all'avanzamento del sistema di aste di 20 cm, inserita in un programma di calcolo dedicato, fornisce uno degli elementi fondamentali per una corretta interpretazione geotecnica del sottosuolo.

23

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

Le prove vengono normalmente fino all'eventuale rifiuto (N spt maggiore di 35 colpi). In occasione di ogni prova viene verificato il livello di eventuali falde freatiche mediante freatimetro e/o misura diretta sulle aste di perforazione.

Nella tabella di seguito, viene riassunta la profondità massima raggiunta durante la prova:

N° prova	Profondità max da p.c. (m)	Profondità falda da p.c. (m)
DPSH-1	10.0	n.r.
DPSH-2	10.0	n.r.
DPSH-3	14.0	n.r.
DPSH-4	10.0	n.r.
DPSH-5	10.0	n.r.

6.2 PROVA DI PERMEABILITÀ IN FORO

Nel corso dell'esecuzione della prova penetrometrica è stata effettuata una prova di permeabilità in un foro penetrometrico appositamente aperto nelle immediate vicinanze dell'indagine svolta.

Tale prova è stata eseguita a carico variabile in abbassamento.

Nello specifico la prova è stata effettuata nell'intervallo di profondità compreso tra 1,40 m – 1,50 m da p.c. Si tratta sostanzialmente di una prova Lefranc ma eseguita nel foro di una prova penetrometrica, utilizzando una punta a perdere od oggetto simile per tappare la base del foro alla profondità desiderata e utilizzando un rivestimento del foro stesso.

Successivamente il rivestimento viene "alzato" lasciando scoperta quella parte di terreno – a profondità compresa tra -1,40 e 1,50 m da p.c – nella quale viene valutata la permeabilità; tale tratto di prova viene comunemente chiamato tasca.

Viene poi immessa nel foro dell'acqua fino alla completa saturazione e, successivamente, dall'istante in cui si sospende l'immissione dell'acqua (ovvero raggiunta la testa della tubazione di rivestimento del foro), a intervalli regolari si annotano il livello e il tempo di ciascuna abbassamento.

La formula adottata per il calcolo della permeabilità è la seguente:

$$K = \frac{A (h_2 - h_1)}{C \times (t_2 - t_1) h_m}$$

dove:

K = coefficiente di permeabilità

A = area filtrante

$h_1 - h_2$ = livelli idrici misurati

$t_1 - t_2$ = tempi di misurazione livello

C = coefficiente di forma dipendente dalla configurazione geometrica

In generale, $C = L$ se $L > D$; $C = 2\pi D + L$ se $L < D$

h_m = altezza al tempo medio

Di seguito viene riportato il report di calcolo della permeabilità.

PROVA DI PERMEABILITA' A CARICO VARIABILE																				
Condizioni insature																				
COMMITTENTE	Laut																			
CANTIERE	Gravina in Puglia																			
DATA	23/05/2023																			
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dati di campagna</th> <th>m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PROFONDITA'</td> <td></td> <td>1,500</td> </tr> <tr> <td>LUNGHEZZA RIVESTIMENTO</td> <td></td> <td>1,900</td> </tr> <tr> <td>ALTEZZA TASCA FILTRANTE</td> <td></td> <td>0,100</td> </tr> <tr> <td>DIAMETRO RIVESTIMENTO (esterno)</td> <td></td> <td>0,045</td> </tr> </tbody> </table>	Dati di campagna		m	PROFONDITA'		1,500	LUNGHEZZA RIVESTIMENTO		1,900	ALTEZZA TASCA FILTRANTE		0,100	DIAMETRO RIVESTIMENTO (esterno)		0,045			
Dati di campagna		m																		
PROFONDITA'		1,500																		
LUNGHEZZA RIVESTIMENTO		1,900																		
ALTEZZA TASCA FILTRANTE		0,100																		
DIAMETRO RIVESTIMENTO (esterno)		0,045																		
TEMPO	LETTURE	ABBASSAMENTI																		
secondi	m	m																		
0	0,000	1,900																		
30	0,710	1,190																		
60	1,020	0,880																		
90	1,180	0,720																		
120	1,280	0,620																		
150	1,350	0,550																		
180	1,400	0,500																		
210	1,440	0,460																		
240	1,470	0,430																		
270	1,500	0,400																		
300	1,520	0,380																		
330	1,540	0,360																		
360	1,550	0,350																		
390	1,560	0,340																		
420	1,580	0,320																		
450	1,590	0,310																		
480	1,590	0,310																		
510	1,600	0,300																		
540	1,610	0,290																		
570	1,620	0,280																		
600	1,630	0,270																		
<p>Formula adottata per calcolo permeabilità</p> $k = \frac{A (h_2 - h_1)}{C (t_2 - t_1) * h_m}$ <p>dove:</p> <ul style="list-style-type: none"> k=coefficiente di permeabilità A= area filtrante (in m2) t1, t2= tempi misurazione livello h1, h2=livelli idrici hm=altezza al tempo medio C= coefficiente di forma (per L>>D, C=L) <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Area filtrante (A) (mq)</th> <th>0,01413</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>t₁ (sec)</td> <td></td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>t₂ (sec)</td> <td></td> <td>600</td> </tr> <tr> <td>h₁ (m)</td> <td></td> <td>1,19</td> </tr> <tr> <td>h₂ (m)</td> <td></td> <td>0,27</td> </tr> <tr> <td>h_m (m)</td> <td></td> <td>0,38</td> </tr> </tbody> </table>			Area filtrante (A) (mq)		0,01413	t ₁ (sec)		30	t ₂ (sec)		600	h ₁ (m)		1,19	h ₂ (m)		0,27	h _m (m)		0,38
Area filtrante (A) (mq)		0,01413																		
t ₁ (sec)		30																		
t ₂ (sec)		600																		
h ₁ (m)		1,19																		
h ₂ (m)		0,27																		
h _m (m)		0,38																		
<p>COEFFICIENTE DI PERMEABILITA' k= 6,00E-04</p>																				

Figura 11: Prova di permeabilità in foro

Il valore di permeabilità calcolato risulta pari a $6,00 \times 10^{-4}$ m/s.

Tale valore permette di collocare i terreni presi in esame tra le formazioni contraddistinte da un grado di permeabilità media, tipica di limo – argilla limosa.

Con tali valori di permeabilità, si possono attuare interventi di dispersione delle acque nel sottosuolo, quali ad esempio trincee drenanti.

6.3 INDAGINE MASW

Sono state eseguite n.3 indagine geofisica MASW finalizzata:

- alla misura diretta della velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s_{eq}}$ e della relativa classificazione della categoria sismica di appartenenza dei terreni del sottosuolo;
- all'acquisizione di dati che contribuissero ad indagare sull'eventuale presenza di cavità sotterranee che fornissero maggiori informazioni sull'uniformità areale dei depositi presenti in situ.

Come detto nel precedente paragrafo, per la definizione dell'azione sismica di progetto si rende necessaria una valutazione, oltre che dei parametri relativi alla "Pericolosità Sismica di Base", anche degli effetti della "Risposta Sismica Locale", che dipendono, essenzialmente, dalle caratteristiche litostratigrafiche o morfologiche del sito. Queste ultime, infatti, risultano esercitare una diretta influenza sulla propagazione e sull'eventuale amplificazione delle onde sismiche nel sottosuolo. Secondo le procedure prescritte dalla normativa vigente tali effetti sono valutabili, con buona approssimazione, mediante l'individuazione della categoria di sottosuolo e della categoria topografica in cui ricade il sito di interesse.

Da dette categorie deriva poi la definizione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica, "SS" e "ST", stabiliti dalle stesse norme, che concorrono nella ricostruzione degli spettri di risposta elastici tipici del sito.

L'indagine MASW si svolge in tre fasi: acquisizione delle onde superficiali (ground roll), costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s .

Le prove MASW sono indispensabili per ricavare direttamente il parametro $V_{s_{eq}}$, richiesto dalla nuova normativa sismica, in maniera semplice e decisamente affidabile. Tramite questa prova vengono misurate le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze. La variazione di velocità a diverse frequenze (dispersione) è imputabile prevalentemente alla stratificazione delle velocità delle onde S i cui valori sono ricavabili da una procedura di inversione numerica.

27

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, secondo la relazione:

$$V_{s, eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore h(strato) e dalla velocità delle onde S Vs(strato).

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

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio Vs,eq è definita dal parametro Vs30 , ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le onde di superficie sono state generate con una mazza battente (sorgente sismica) da due punti di energizzazione e sono state registrate con 12 geofoni lungo uno stendimento di lunghezza di 56 m.

Il modello sismico monodimensionale (Vs-profondità) che si è ricavato costituisce l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche sulla pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica).

La prova è stata condotta utilizzando 12 canali di acquisizione lungo uno stendimento di 44 m con distanza di energizzazione pari a 6 m.

I risultati dell'indagine MASW sono riportati per esteso nel pertinente allegato.

6.4 INDAGINE HVSR

La metodologia sismica HVSR (Horizontal to Vertical Spectrum Ratio) misura il rumore sismico ambientale che è presente ovunque sulla superficie terrestre, ed è prodotto dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, microterremoti, vento) e dall'attività antropica.

Il rumore sismico ambientale viene anche chiamato microtremore in quanto costituito da oscillazioni di piccolissima ampiezza se confrontate con quelle associate ai terremoti.

La denominazione di sismica passiva dipende dal fatto che il rumore non viene generato artificialmente, come nelle energizzazioni della sismica attiva, ma è presente naturalmente.

In qualsiasi luogo pianeggiante sono sempre presenti delle vibrazioni associate alle onde oceaniche con dei picchi a 0,14 e 0,07 Hz. A questo comportamento spettrale di "fondo", sempre presente in varia forma, e soggetto a scarsissima attenuazione, si sovrappongono le sorgenti locali dovute alle attività antropiche (traffico, macchinari ecc..) e naturali.

L'effetto di queste sorgenti locali è soggetto ad attenuazioni quanto maggiori all'aumentare della frequenza e dovute all'assorbimento anelastico associato all'attrito interno delle rocce e dei terreni.

La metodologia HVSR è stata introdotta da Nakamura (1989) per la determinazione delle frequenze di risonanza dei terreni e la stima dell'amplificazione sismica locale, elementi di grande utilità per l'ingegneria sismica.

La frequenza fondamentale di risonanza (F) dello strato di terreno N è data dalla formula:

$$F = \frac{V_s}{4h}$$

in cui V_s è la velocità media delle onde S nello strato N ed h è lo spessore.

I risultati (grafici) visibili in allegato, sono stati ottenuti mediante impiego di un geofono triassiale Pasi integrato con sismografo GEA24 ed elaborati con software GeopsyLand: il segnale dei velocimetri (3) è acquisito in sito per un tempo pari a 20 minuti.

Per ciascuna delle 3 componenti del moto, il software esegue le seguenti elaborazioni:

- divide il tracciato acquisito in finestre di lunghezza L;
- elimina il trend da ciascuna finestra;
- fa il “pad” di ciascuna finestra con degli zero;
- calcola la trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra;
- calcola lo spettro di ampiezza per ciascuna finestra;
- liscia lo spettro di ogni finestra secondo opportuno smoothing;
- calcola il rapporto spettrale HVSR ad ogni frequenza, per ciascuna finestra.

La figura seguente riporta le caratteristiche dell’acquisizione effettuata *in situ*.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y	
1	13	2023-04-18_10-31_0506.dat	Vertical	2023-04-18 10:31:48.000000	2023-04-18 10:51:48.000000	125	0.008	150000	20m	0	0
2	14	2023-04-18_10-31_0506.dat	East	2023-04-18 10:31:48.000000	2023-04-18 10:51:48.000000	125	0.008	150000	20m	0	0
3	15	2023-04-18_10-31_0506.dat	North	2023-04-18 10:31:48.000000	2023-04-18 10:51:48.000000	125	0.008	150000	20m	0	0

Il risultato dell’elaborazione della prova permette di esprimere il rapporto H/V in funzione della frequenza ottenendo, così, la frequenza di risonanza del sito.

Quest’ultima dipende dallo spessore H del sedimento e dalla velocità “media” (Vs) delle onde S nel sedimento.

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

Conoscendo lo spessore H del sedimento è quindi possibile avere informazioni sulla velocità “media” delle Onde S. Alternativamente, conoscendo quest’ultima è possibile definire lo spessore H dello strato sedimentario.

Nel caso in esame la discreta conoscenza delle caratteristiche stratigrafiche del sito (Profilo stratigrafico da indagine MASW – cfr. allegati) consente, attraverso una procedura di inversione, di procedere all’interpretazione della stratigrafia del sito utilizzando le seguenti formule:

$$V_S = 4hV_S$$

30

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

Da cui

$$h = \frac{V_S}{4F}$$

Si riportano, in seguito, i risultati della prova rimandando, nella apposita sezione degli allegati per l'esito dettagliato della prova.

6.5 INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE

L'indagine geosismica a rifrazione, finalizzata alla ricostruzione dell'andamento del bedrock (substrato roccioso), consente la determinazione della velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P) e talvolta trasversali (onde S) nel sottosuolo. L'indagine consiste nella misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche generate in un punto in superficie (punto di sparo), in corrispondenza di una molteplicità di punti disposti allineati sulla superficie topografica (geofoni). Lo studio della propagazione delle onde sismiche consente di valutare le proprietà meccaniche e fisiche dei terreni e la compattezza dei materiali da queste attraversati.

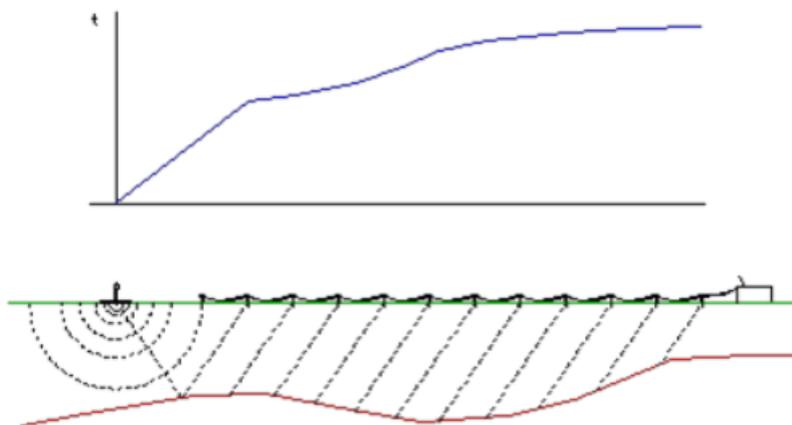


Figura 12: Schema di funzionamento della metodologia sismica a rifrazione

Mediante questo tipo di indagine si può risalire quindi alla probabile composizione litologica di massima dei terreni, al loro grado di fratturazione, alla geometria delle prime unità sottostanti la coltre superficiale, alla profondità in cui si trova la roccia di fondo ("bedrock"), alla sua forma e, talora, in terreni alluvionali, alla profondità della falda freatica. L'elaborazione dei dati sismici con un completo modello matematico bidimensionale appoggiato da procedure iterative, consente di massimizzare la risoluzione e il dettaglio di ricostruzione del modello di velocità attribuito al terreno in esame. Utilizzando quindi le distanze tra il punto di scoppio e quello di ricezione e i tempi di primo arrivo dei segnali sismici, sono state ricavate le dromocrone (curve tempi-distanze), dalle quali si risale, tramite opportuno programma di calcolo, alle velocità reali nei singoli strati, al loro spessore, profondità, forma ed inclinazione. Questa procedura di tipo "classico" è stata seguita per fornire un modello di velocità iniziale alla procedura d'iterazione topografica. Per questa parte di procedura interpretativa l'algoritmo utilizzato dal programma di calcolo è stato pubblicato nel 1986 da Dereck Palmer in un articolo dal titolo "The Generalized Reciprocal Method of Seismic Refraction Interpretation" (Society of Exploration Geophysicists). Per registrare simultaneamente gli impulsi sismici rilevati dai geofoni è necessario l'utilizzo di una strumentazione elettronica multicanale, a bassissimo rumore interno, ad alta velocità di campionamento, dotata di supporto magnetico per la registrazione dei dati ottenuti dopo opportuna amplificazione filtraggio e conversione analogico/digitale. A questo scopo è stato utilizzato un sismografo PASI Mod. 1624S-U.

Apparato di ricezione

Per registrare le vibrazioni del terreno sono stati utilizzati 24 geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile con frequenza caratteristica di 4,5 Hz, che consentono di convertire in segnali elettrici gli spostamenti che si verificano nel terreno. Questi ricevitori sono collegati al sismografo tramite degli appositi cavi multipolari. Per generare le onde sismiche è stato utilizzato una mazza da 8 kg e una apposita piastra energizzante. Le sezioni sismiche sono costituite da 24 geofoni allineati a passo costante, e vengono energizzate in cinque, sette o nove punti in linea interni ed esterni alle stese.

Elaborazione dei dati

32

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

La procedura elaborativa è sinteticamente descrivibile nei passi seguenti:

- Trasferimento dei sismogrammi al programma di prelevamento dei tempi di primo arrivo.
- Emissione delle dromocrone misurate sia in forma grafica che in forma leggibile dal programma di elaborazione tradizionale basato su l'algoritmo GRM (Generalized Reciprocal Method).
- Immissione dei valori delle quote dei geofoni e degli spari nel programma di interpretazione GRM e lettura delle dromocrone misurate.
- Elaborazione dei dati e interpretazione tradizionale.
- Emissione delle sezioni interpretate riportanti le interfacce fra strati di diversa velocità sismica e i valori stessi di velocità. Si noti che le velocità sismiche attribuite a ciascun strato sono caratterizzate da un gradiente nullo in direzione verticale (sono costanti in verticale per ciascuno strato). Vi è una utile possibilità di modellizzare con la procedura GRM delle variazioni orizzontali di velocità che comunque risultano discrete e non continue.
- Emissione di un file riportante l'ubicazione e la quota di ciascun punto di sparo e di ciascun geofono, leggibile dal programma di iterazione tomografica e di ray-tracing (tracciamento dei percorsi dei raggi sismici).
- Emissione del modello bidimensionale del terreno ricavato dalla procedura GRM sotto forma di una matrice a celle di dimensione definibile (inferiori al metro), adatta ad essere letta dal programma di ray-tracing e di elaborazione tomografica. L'interpretazione GRM viene quindi a fornire il modello iniziale delle velocità del terreno, necessario ad attivare le iterazioni del completo modello matematico bidimensionale (modellizzazione tomografica). Il terreno viene quindi suddiviso in celle di dimensione minima, ciascuna dotata di una diversa velocità sismica e ciascuna pronta a venir modificata dalla procedura di iterazione tomografica allo scopo di ridurre al minimo l'errore fra le dromocrone calcolate in base al modello di terreno e quelle effettivamente misurate durante la prospezione.

I risultati dell'indagine sismica a rifrazione sono riportati per esteso nel pertinente allegato.

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applisas>

7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

La classificazione sismica del territorio nazionale e le normative tecniche per le costruzioni in zona sismica sono regolate dalle norme contenute nella O.P.C.M. n. 3274/2003 del 23.03.2003, pubblicata sulla G.U. n. 105 dell'8 Maggio 2003.

In tale quadro il comune di Gravina in Puglia ricade in zona sismica 3:

Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica alta . Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica media , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0,15 \leq a_g < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica bassa , che può essere soggetta a scuotimenti modesti.	$0,05 \leq a_g < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa . È la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g < 0,05g$

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

L'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche è la pericolosità sismica di base" del sito. La sismicità di base del sito è definibile in funzione del valore assunto dall'accelerazione massima attesa a_g su suolo rigido con superficie topografica orizzontale per eventi con tempo di ritorno di 475 anni e probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Ai fini delle Nuove Norme Tecniche (NTC) le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

34

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

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

Sulla base dei dati direttamente acquisiti in campagna tramite indagine geofisica con metodologia MASW il sito in esame ricade, per riscontro diretto, nella categoria di sottosuolo B, secondo la tab. 3.2.II delle NTC 2018, con caratteristiche di superficie topografica T1, secondo la tab. 3.2.IV delle NTC 2018.

MASW1: $V_s = 259\text{m/s}$

MASW1: $V_s = 251\text{ m/s}$

MASW1: $V_s = 285\text{ m/s}$

HVSR: $V_s = 518\text{ m/s}$

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

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>

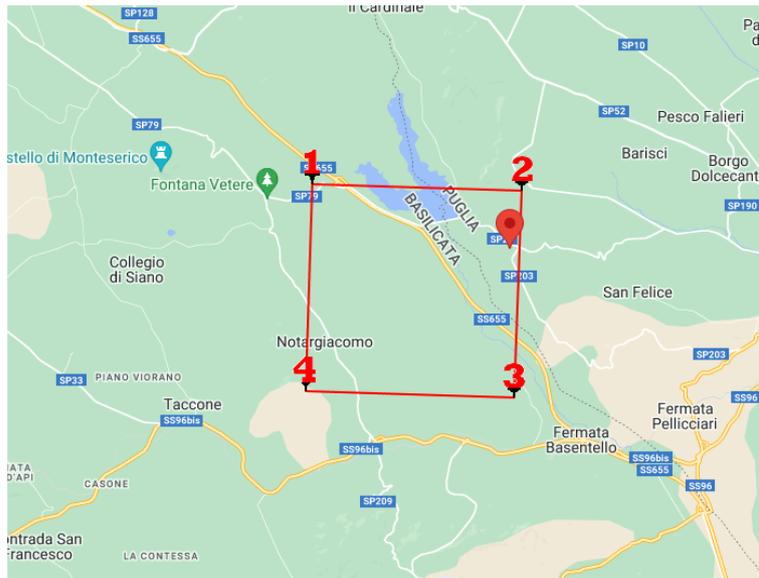
Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

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

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_S e di C_C

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

La V_n (Vita nominale) attesa da uneventuale edificio: $V_n = 50$ anni (informazione standard di Legge in assenza altre indicazioni). I dati sono stati processati con il software Geostru dedicato per la determinazione dei parametri sismici corretti. Vengono di seguito riportati i valori calcolati.



Stati limite



Classe Edificio

IV. Funzioni pubbliche o strategiche importanti...



Vita Nominale

50



Interpolazione

Media ponderata

CU = 2

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	60	0.052	2.546	0.326
Danno (SLD)	101	0.065	2.587	0.350
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.150	2.634	0.516
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.191	2.636	0.523
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			

SEDI: (legale e operativa)
(territoriali)

via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939

www.applisasgeoservizi.com

e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

Coefficienti sismici

 Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni -

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) us (m)

 1  0.1

 Cat. Sottosuolo C -

 Cat. Topografica T2 -

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,46
CC Coeff. funz categoria	1,61	1,53	1,37	1,30
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]  0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.012	0.016	0.051	0.064
kv	0.006	0.008	0.026	0.032
Amax [m/s ²]	0.680	0.858	2.090	2.599
Beta	0.180	0.180	0.240	0.240

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

8.VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

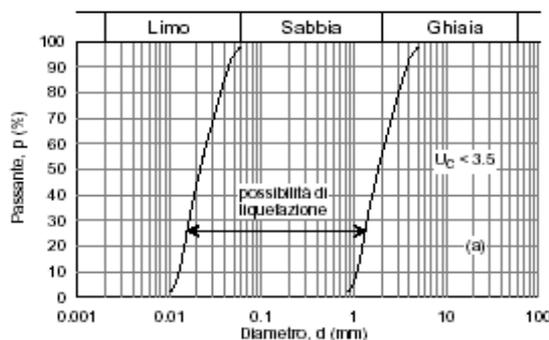
Le caratteristiche granulometriche dei terreni investigati escludono questa ipotesi in quanto gli stessi mostrano granulometrie di limi e argille, e comunque non riferibili a fusi granulometrici critici, escludendo quindi a priori ogni criticità: pertanto le caratteristiche dell'area rispetto a questa problematica rientrano nelle circostanze espresse ai punti 4 (non sono sabbie pulite) e 5 (non ricadono nel fuso granulometrico critico) delle NTC, capitolo 7.11.3.4.2 "Esclusione della verifica a liquefazione". In ottemperanza alle NTC i terreni interessati non rientrano in quelli soggetti a liquefazione, pertanto è lecito omettere tale verifica.

Vengono di seguito riportate le condizioni di Legge previste:

7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



9. VERIFICA DI STABILITÀ DI VERSANTE

Viste le criticità evidenziate dalle cartografie tematiche del PAI per alcune zone dell'area in oggetto sono state eseguite due analisi di stabilità di pendio in condizioni *ante e post operam*. Il carico dato dai pannelli fotovoltaici e le strutture di supporto risultano di modesta intensità e, come verrà dimostrato in seguito con i relativi calcoli, non alterano lo stato del pendio. Nella modellazione del calcolo è stato considerato, con sufficiente grado di approssimazione, un carico uniformemente distribuito. Ciò a favore di sicurezza in quanto si trascura l'effetto stabilizzante offerto dall'infissione dei pali di sostegno nel terreno.

Le verifiche sono state realizzate mediante il software HYRCAN 2.0 mediante i seguenti approcci di calcolo:

- **Bishop semplificato**
- **Morgenstern- Price**
- **Janbu semplificato**
- **Spenser**

Dei modelli di calcolo sopra citati ri riporta in seguito un estratto della metodologia di calcolo utilizzata.

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

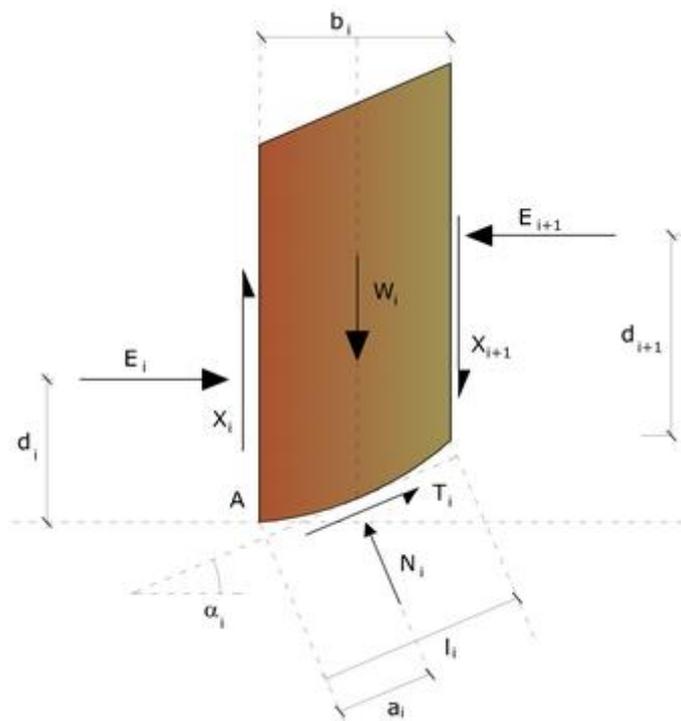
dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

- 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.
- In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

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:

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



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 %.

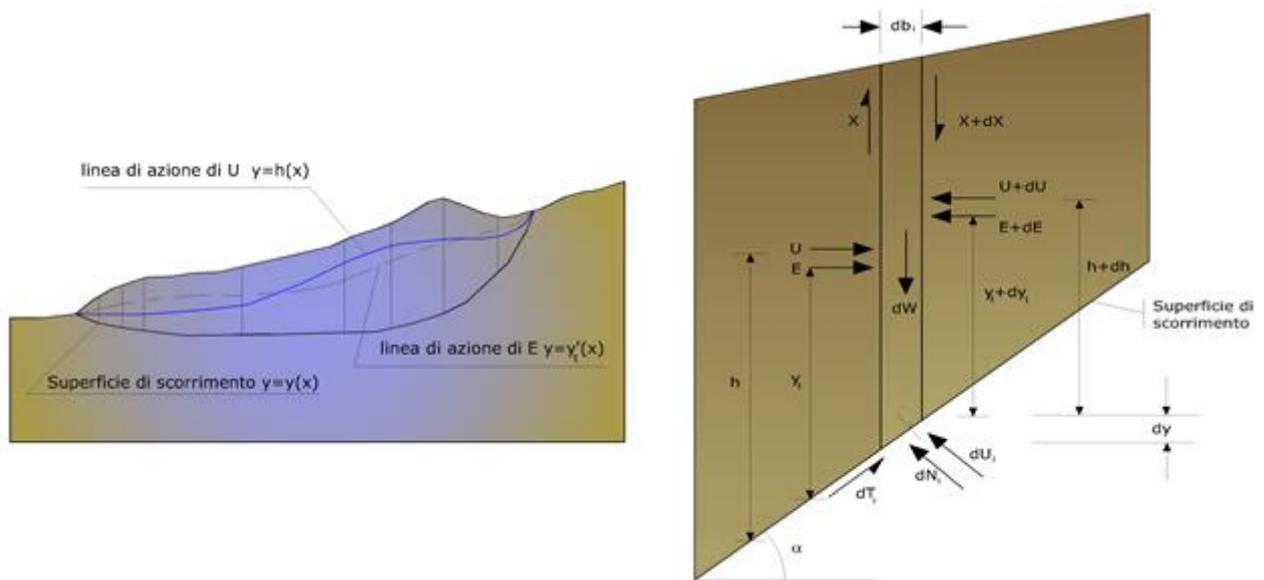
Metodo di Morgenstern e Price (1965)

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, sinusoidale, semisinusoidale, 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":

$$c' \cdot (\alpha/F_s) + \tan\varphi' \cdot [(dW/dx) - (dX/dx) - \tan\alpha(dE/dx) - \sec\alpha \cdot (dU/dx)] = (dE/dx) - \tan\alpha \cdot [(dX/dx) - (dW/dx)]$$



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

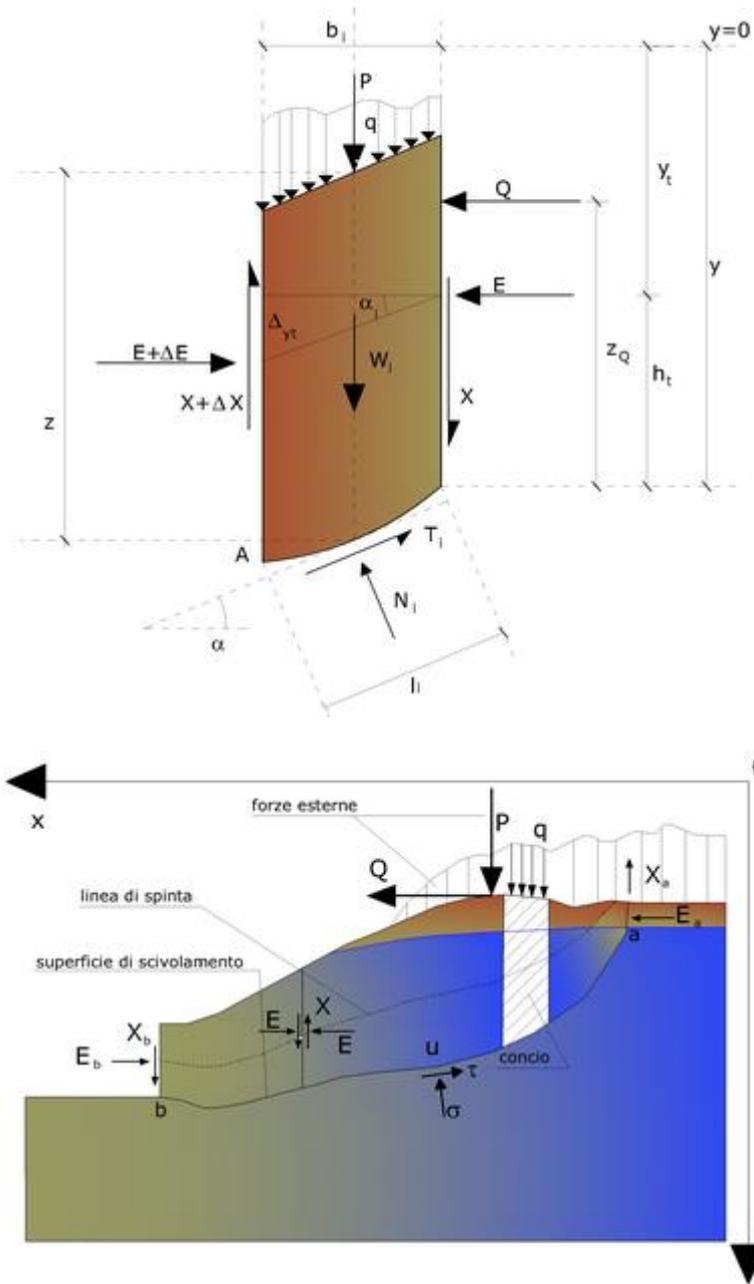
$$X = d(E \cdot y) / dx - y \cdot dE / dx$$

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 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.

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



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:

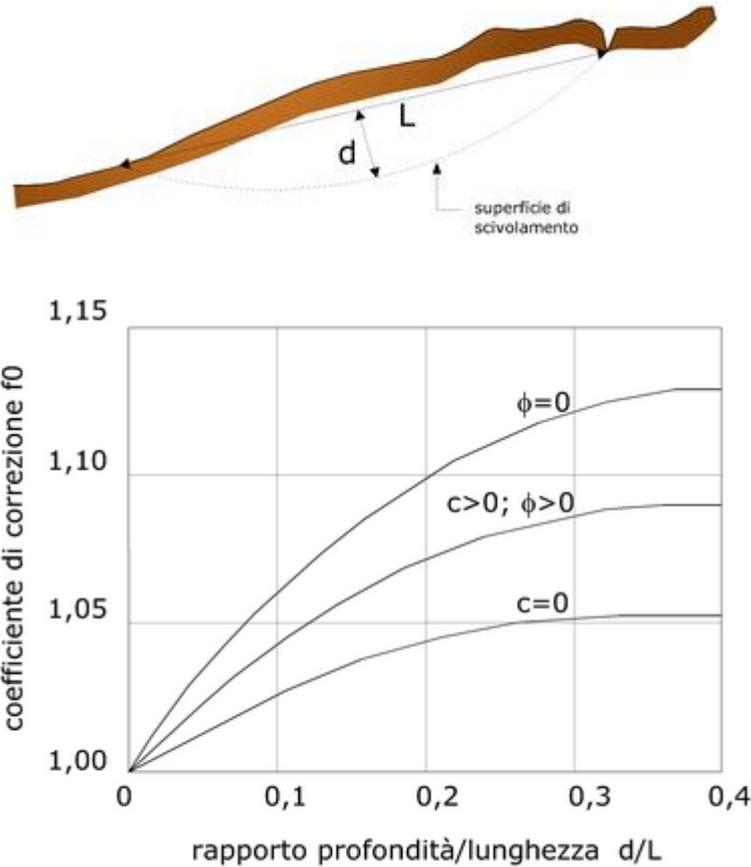
SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
 (territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

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

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



Metodo di Spencer (1967)

Il metodo è basato sull'assunzione:

- le forze d'interfaccia lungo le superfici di divisione dei singoli conci sono orientate parallelamente fra loro ed inclinate rispetto all'orizzontale di un angolo q ;
- 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:

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

dove:

$$Q_i = 0$$

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:

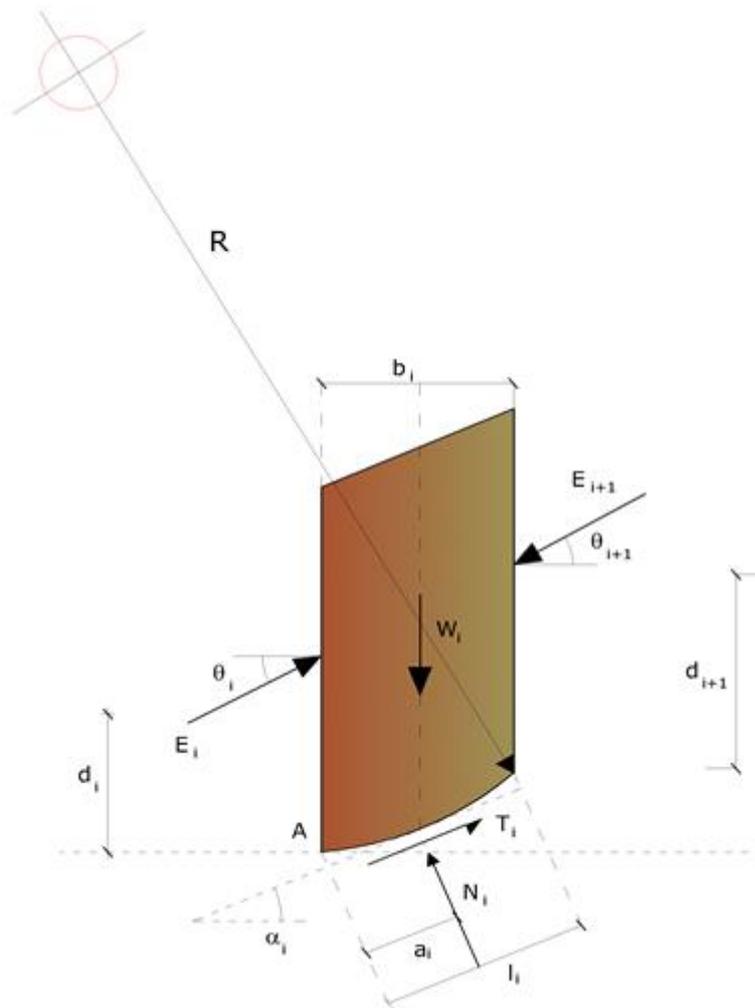
$$\sum (Q_i \cdot \cos \theta) = 0$$

$$\sum (Q_i \cdot \sin \theta) = 0$$

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

$$2) \sum Q_i = 0$$

$$Q_i = \{c/F_s \cdot (W \cdot \cos \alpha - \gamma_w \cdot h \cdot \sec \alpha) \cdot \tan \alpha / F_s - W \cdot \sin \alpha\} / \{\cos(\alpha - \theta) \cdot [(F_s + \tan \varphi \cdot \tan(\alpha - \theta)) / F_s]\}$$



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:

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

9.1. VERSANTE SUD

Si riporta in seguito la carta dei vincoli PAI per la zona interessata sovrapposta ad una ortofoto con rilievo altimetrico.

Si riporta in rosso la sezione indagata.



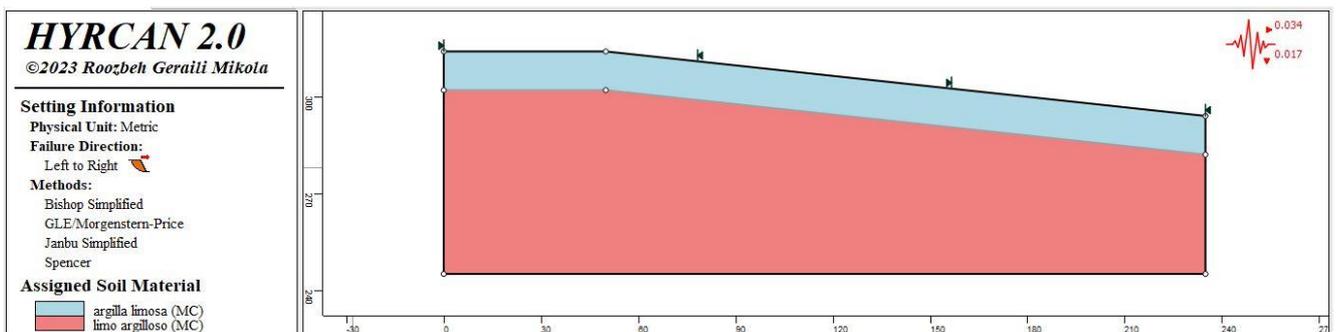
Rilievo altimetrico, zone PAI e sezione verificata

Al fine di poter indagare il pendio in oggetto è stato svolto un rilievo per determinare il profilo altimetrico della sezione. Il risultato di tale studio è riportato nell'immagine seguente.



Rilievo altimetrico della sezione oggetto di studio.

Considerati l'andamento della pendenza ed i risultati delle indagini svolte è stato possibile, mediante il software HYRCAN 2.0 realizzare un modello digitale bidimensionale del terreno. Il risultato della modellazione è riportato nella seguente immagine.



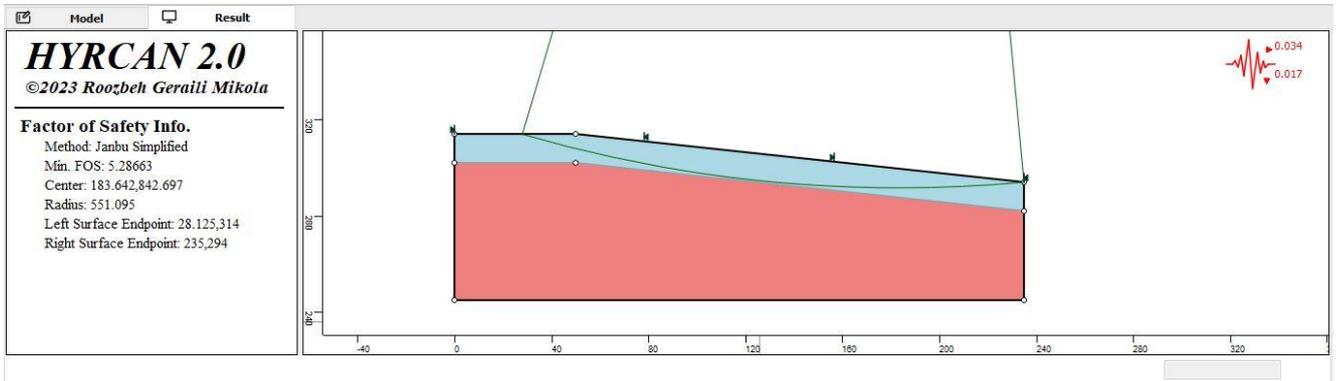
Modello bidimensionale del versante studiato.

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

La verifica è stata condotta sia *ante* che *post operam* in condizioni statiche e sismiche.

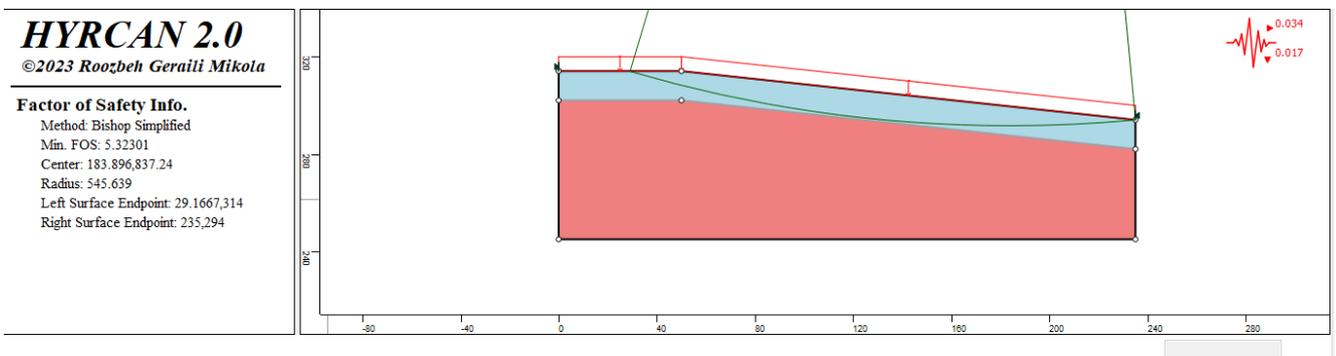


Minimo Fs in condizione ante operam.

Le analisi condotte ante operam evidenziano come il fattore di sicurezza minore ottenuto (mediante il metodo di Janbu) sia pari a 5.28. Si può così affermare che il pendio si trova, allo stato attuale, in condizioni di ampia stabilità.

Inserendo il carico uniformemente distribuito dei pannelli e delle strutture accessorie alla loro installazione il risultato resta praticamente inalterato. Questo dovuto al modesto carico dei pannelli. Si sottolinea in oltre come, con questa semplificazione, si è inoltre trascurato l'effetto, favorevole alla sicurezza offerto dall'infissione dei pali di sostegno dei pannelli.

Si ottiene (metodo di Bishop) un fattore di sicurezza pari a 5.3, ovvero un ampio margine di stabilità per il versante.

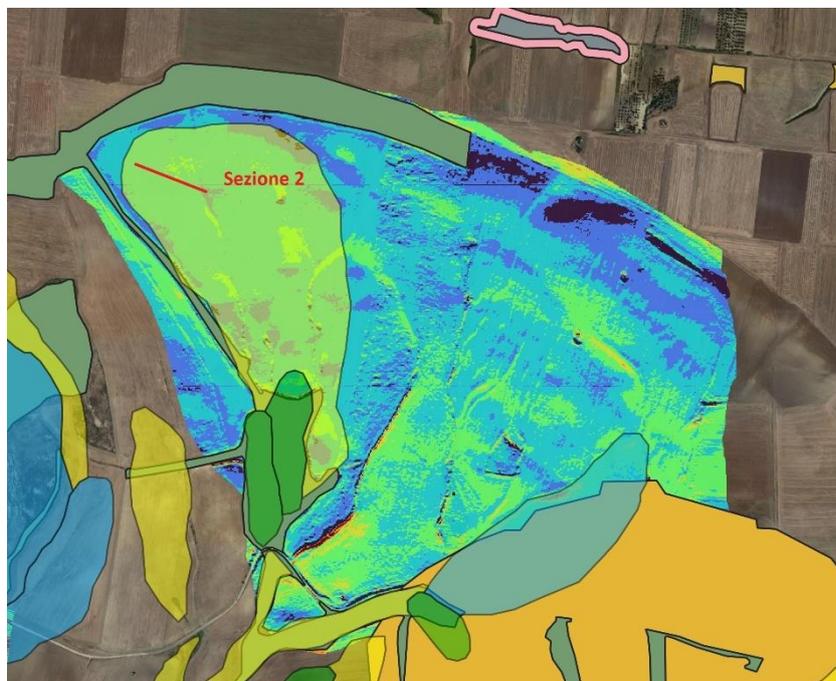


Minimo Fs in condizione post operam

9.2. VERSANTE NORD

Si riporta in seguito la carta dei vincoli PAI per la zona interessata sovrapposta ad una ortofoto con rilievo altimetrico.

Si riporta in rosso la sezione indagata.



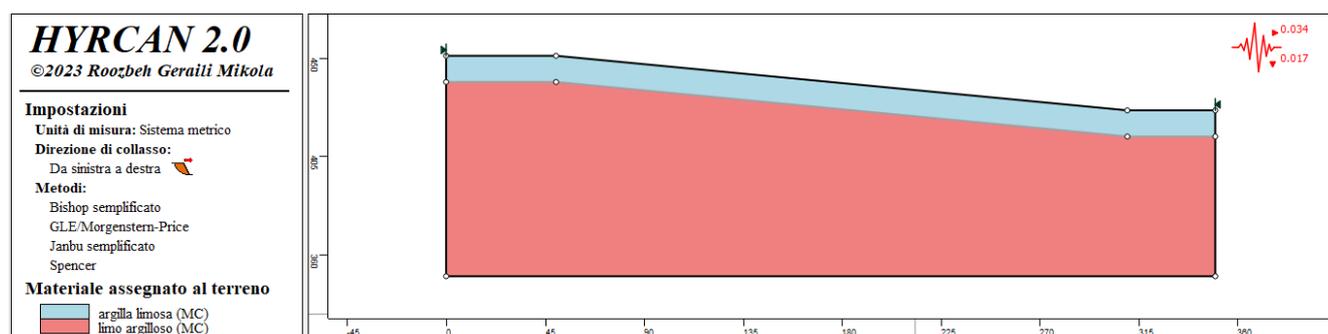
Rilievo altimetrico, zone PAI e sezione verificata

Al fine di poter indagare il pendio in oggetto è stato svolto un rilievo per determinare il profilo altimetrico della sezione. Il risultato di tale studio è riportato nell'immagine seguente.



Rilievo altimetrico della sezione oggetto di studio.

Considerati l'andamento della pendenza ed i risultati delle indagini svolte è stato possibile, mediante il software HYRCAN 2.0 realizzare un modello digitale bidimensionale del terreno. Il risultato della modellazione è riportato nella seguente immagine.



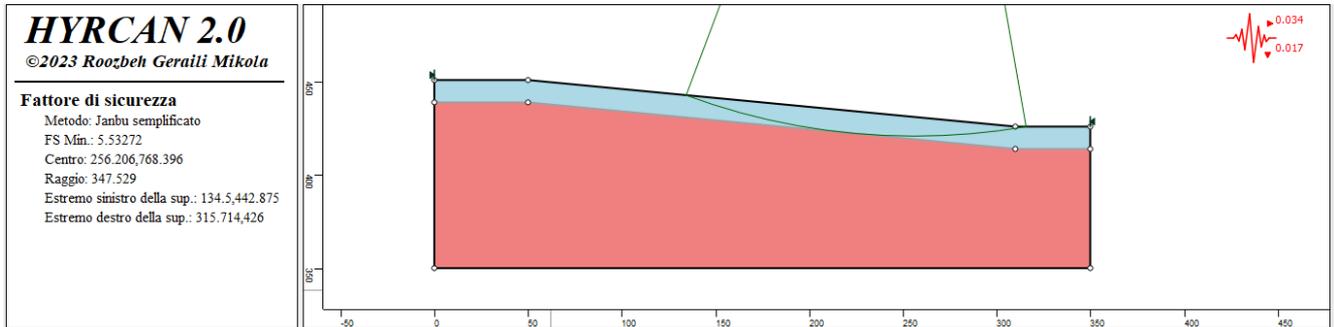
Modello bidimensionale del versante studiato.

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
 (territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

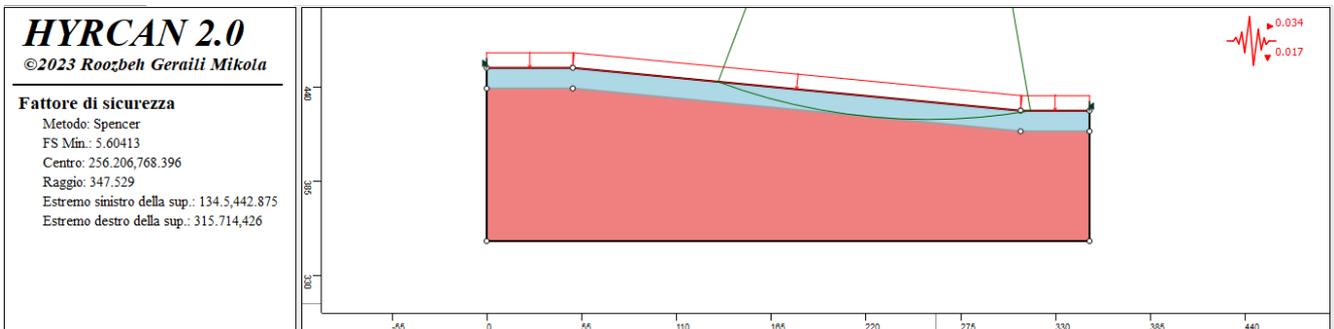
La verifica è stata condotta sia *ante* che *post operam* in condizioni statiche e sismiche.



Minimo Fs in condizione ante operam.

Le analisi condotte ante operam evidenziano come il fattore di sicurezza minore ottenuto (mediante il metodo di Janbu) sia pari a 5.53. Si può così affermare che il pendio si trova, allo stato attuale, in condizioni di ampia stabilità.

Inserendo il carico uniformemente distribuito dei pannelli e delle strutture accessorie alla loro installazione il risultato resta praticamente inalterato. Questo dovuto al modesto carico dei pannelli. Si sottolinea inoltre come, con questa semplificazione, si è inoltre trascurato l'effetto, favorevole alla sicurezza offerto dall'infissione dei pali di sostegno dei pannelli. Si ottiene (metodo di Spencer) un fattore di sicurezza pari a 5.6, ovvero un ampio margine di stabilità per il versante.



Minimo Fs in condizione post operam

10. MODELLO GEOTECNICO

I dati acquisiti sono stati elaborati con l'ausilio del software di calcolo dedicato Fondazio per Windows (versione 6.55 del 2012) al fine di caratterizzare e parametrizzare gli aspetti geotecnici del sottosuolo investigato.

Si rinvia alle tabelle allegate per la ricostruzione di dettaglio del modello geotecnico del sottosuolo stesso.

Per modello geotecnico si intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisicomeccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo, finalizzato all'analisi quantitativa di uno specifico problema geotecnico (da NTC – D.M. 17/01/2018).

Sulla base dei dati ottenuti dalle prove geognostiche, il terreno investigato può essere schematicamente suddiviso (NB: riferimento piano campagna), dal punto di vista geotecnico, in tre livelli stratigrafici aventi le caratteristiche geotecniche principali di seguito indicate.

Secondo quanto disposto dalle Norme Tecniche, tali parametri meccanici devono essere trattati in maniera statistica, adottando valori a cui sia associata una probabilità di superamento non superiore a 5% (2.3 – NTC2018), ottenendo parametri definiti "caratteristici".

Esempio: Φ_{nominale} (da prove) = Φ_{k} (caratteristico)

10.1 RISULTATI DELLE INDAGINI ESEGUITE

In base all'interpretazione dei dati di terreno, è possibile ricostruire una probabile successione stratigrafica. In generale è possibile affermare che i terreni presenti in loco sono composti da argille e limi.

55

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

Al fine di rendere più chiara la situazione geologica-geotecnica e per riassumere quanto è stato scritto nei capitoli precedenti si è provveduto ad una ricostruzione, di massima, della probabile situazione stratigrafica usando come riferimento i dati raccolti attraverso le indagini dirette ed indirette effettuate in sito.

Ipotesi stratigrafica	Profondità (m)	Nspt di riferim. (*)	DR (%) (*)	∅ (°) (*)	Ys (T/m3) (*)	Y (T/m3) (*)	Cu (kPa) (*)	Descrizione
Strato A	Da 0.0 m a 7.4 m circa	7	-	-	-	-	43.12	Argilla limosa
Strato B	Da 7.4 m circa a 10.0 m circa	10	35	30	1.93	1.50	61.74	Limo argilloso

11.CONCLUSIONI

Nello svolgimento dell'incarico, il cui prodotto finale è la seguente relazione, si sono accertate le condizioni geologiche, geotecniche e sismiche del sito indagato.

Le risultanze principali sono le seguenti:

- Sono presenti due livelli costituito da argilla limosa e limo argilloso;
- Secondo la classificazione sismica corrente, il comune di Gravina in Puglia ricade in zona 3, caratterizzata da pericolosità sismica bassa;
- Il terreno indagato ricade dal punto di vista sismico nella categoria di sottosuolo 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.).
- Le indagini sismiche hanno suffragato e contribuito a ricostruire in maniera univoca il modello geotecnico di cui sopra;
- Si ritiene che in fase esecutiva, particolare attenzione dovrà essere recepita dal progettista al fine di garantire costantemente la protezione dell'opera dai corsi d'acqua superficiali e garantire costantemente lo smaltimento delle acque meteoriche attraverso l'adozione di tutti i provvedimenti comunemente adottati (fossi di guardia, regimentazione a mezzo tubazioni ecc.); analoga cura dovrà essere posta nel confinamento dei lavori di scavo necessari.
- L'area di valle secondo lo stralcio per la difesa del rischio idrogeologico (PAI) ricade per il Lotto 1 nella classe di rischio R3;
- L'area di monte ricade in parte nella classe di rischio R1, con un rischio/pericolosità di frane elevato (P1)
- Le informazioni di questo elaborato hanno valore puntuale e caratterizzano il terreno limitatamente alla profondità indagata.

57

*SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)*

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applisas>

- Limitatamente alle aree caratterizzate da rischio R3 e R1 è stata condotta un'analisi di stabilità di versante ante e post operam, allegata alla presente relazione, che ha evidenziato come le condizioni dei pendii oggetto di indagine risultino stabili, con ampi margini di sicurezza, in entrambe le configurazioni analizzate.

Sulla base delle indagini effettuate e dei risultati analitici interpretativi, nel rispetto dei dati di caratterizzazione sopra riportati, da un punto di vista strettamente geologico, geomorfologico, geotecnico e idrologico, l'ipotesi strutturale del Lotto 2 del progetto appare congruente ed idonea alle condizioni del sito, mentre il Lotto 2A del progetto ricade nella classe di rischio R3, pertanto non si escludono eventuali problematiche idrogeologiche che potrebbero creare problemi alle strutture di progetto.

Seriate, 05 Luglio 2023

Dott. Alberto Velicogna



SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

BIBLIOGRAFIA

- Brinch-Hansen, J. [1970] "A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity" The Danish Geotechnical Institute, Bull. n.28, Copenhagen.
- Burland, J.B. e Burbidge, M.C. (1984) "Settlement of Foundations on Sand and Gravel", Glasgow and West of Schotland Association, Centenary Literature
- Per la cartografia: <http://www.isprambiente.gov.it> (cartografia geologica)
- PAI comune DI Gravina in Puglia (BA)

ALLEGATI

- Caratteristiche penetrometro
- Resistenze all'avanzamento riscontrate
- Parametri geotecnici terreno
- Risultati indagine MASW
- Risultati sismica a rifrazione

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

LEGENDA SPECIFICHE TECNICHE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti :

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

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

DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici

Tipo	Sigla di riferimento	massa battente	prof.max indagine
Leggero	DPL (Light)	$M \div 10$	8 m
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25 m
Pesante	DPH (Heavy)	$40 < M < 60$	25 m
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M > 60$	> 25 m

Per la visione delle caratteristiche tecniche dei penetrometri, si rimanda alla sezione EDITOR PENETROMETRI.

I PENETROMETRI dinamici in uso in Italia risultano essere i seguenti (non rientranti però nello Standard ISSMFE) :

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

massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento $\delta \approx 10$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60-90^\circ$), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

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

massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento $\delta \approx 10$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60-90^\circ$), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SCPT) (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H = 0.75 m, avanzamento $\delta \approx 30$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60^\circ$), diametro D = 50.8 mm, area base cono A = 20.27 cm² rivestimento : previsto secondo precise indicazioni

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente M = 63.5 kg, altezza caduta H = 0.75 m, avanzamento $\delta \approx 20-30$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60^\circ$), diametro D = 50.5 mm , area base cono A = 20 cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto .

PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE / ELETTRICHE SCHEDA PENETROMETRO		
	riferimento	075-2023

Committente: LAUT ENGINEERING SRL		
Cantiere: Campo Eolico pala 5 zona blu est		
Località: Gravina in Puglia (BA)		

DPSH (S. Heavy)		DPSH (S. Heavy)
Sigla	DPSH (S. Heavy)	Minimativo o sigla dello strumento
Beta eff.	1,80	Coefficiente Effettivo suggerito dal costruttore del penetrometro
M(massa)	64 kg	Massa del Maglio Battente agente sulla batteria di aste
H(maglio)	0,75 m	Altezza di caduta o corsa del maglio (toll. da 0.01m a 0.02m)
L(aste)	1,00 m	Lunghezza delle aste utilizzabili, variabile da 1.00m a 2.00m (toll. da 0.1% a 0.2%)
M(aste)	8,00 kg	Peso al metro lineare delle aste (N.B. indipendente dalla lunghezza delle aste)
M(sistema)	30 kg	Massa del complesso asta di guida - testa di battuta
A(punta)	20,00 cm²	Area della superficie laterale del cono della punta
Alfa(punta)	90 °	Angolo di apertura della punta conica variabile tra 60° e 90°
Prf.(1°asta)	0,80 m	Profondità di giunzione della prima asta infissa
N	0,20 m	Penetrazione standard, tratto di penetrazione per quale sono necessari Nx colpi
Rivest.	Sì	Previsto uso di rivestimento delle aste o uso di fanghi
ø(punta)	50,50 mm	Diametro della punta conica integra, cioè non soggetta ad usura (toll. da 0.3 a 0.5mm)
MaxCE%	50,00 %	Massima compressione elastica consentita rispetto alla penetrazione
L/DM	2,00	Rapporto tra la lunghezza e il diametro del maglio di battuta
D(tb)	100,00 mm	Diametro della testa di battuta.
DEV(a)[<5m]	2,00 °	Deviazione massima delle aste dalla verticale nei primi 5.00 metri
DEV(a)[>5m]	1,00 °	Deviazione massima delle aste dalla verticale oltre i 5.00 metri
ECCmax(a)	0,02 mm	Massima eccentricità consentita alle aste
Dest(aste)	32,00 mm	Diametro esterno delle aste (toll. max 0.2mm)
Dint(aste)		Diametro interno delle aste cave (toll. da 0.2mm a 0.3mm)
Dmin(punta)	49,00 mm	Minimo diametro consentito per la punta conica usurata
hcl(punta)	50,50 mm	Altezza del cilindro alla base del cono della punta (toll. da 1.00mm a 2.00mm)
Ras(punta)	11,00 mm	Rastremazione del cono nella parte alta
Hc(punta)		Altezza della parte conica della punta non soggetta ad usura (toll. da 0.1mm a 0.4mm)
RangeCP	5 - 100	Massimo numero di colpi utile
Spinta	t	Spinta nominale strumento

	Lo sperimentatore: Il direttore laboratorio: xxxxxx
--	--

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	1
	riferimento	075-2023

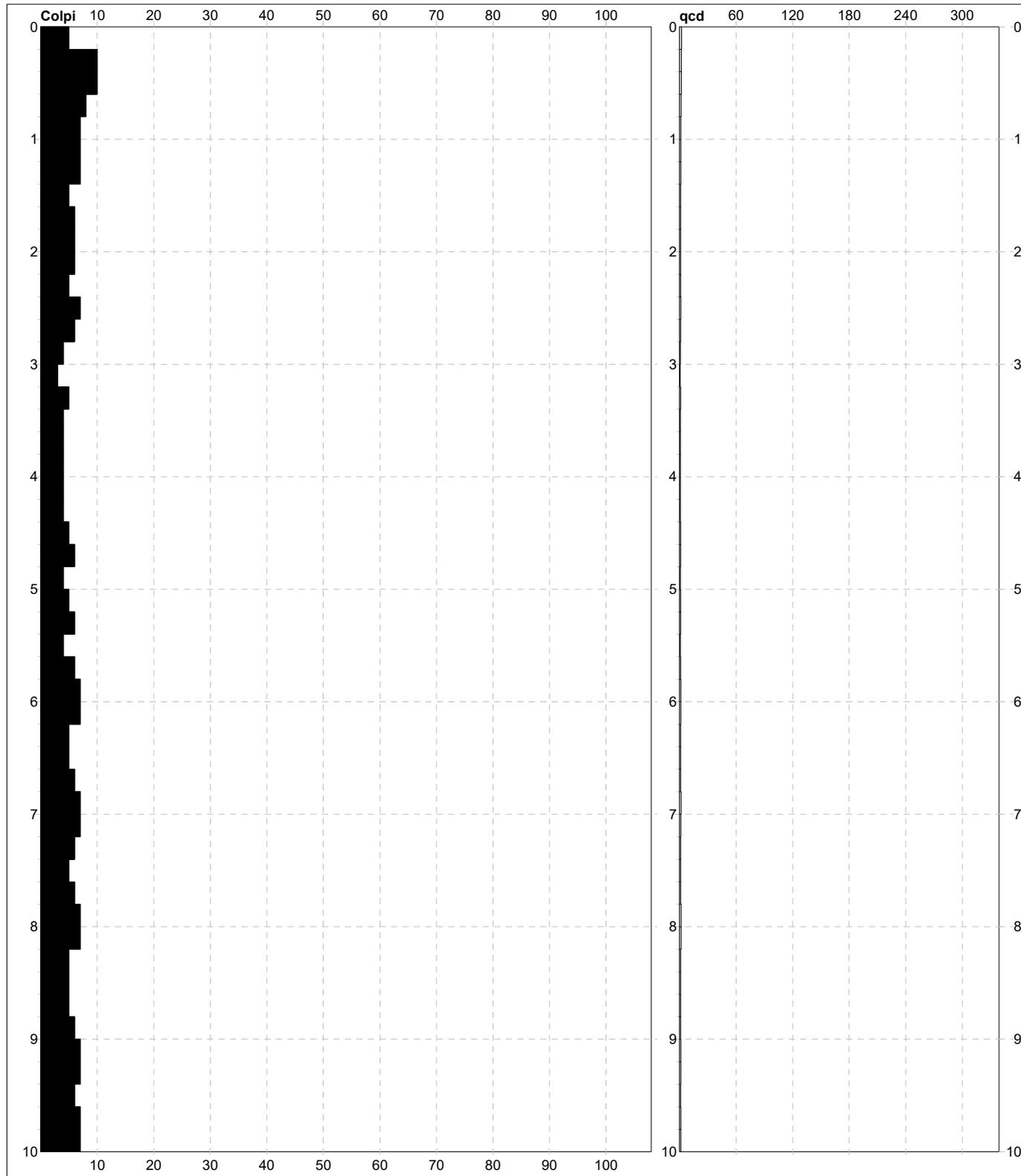
Committente: LAUT ENGINEERING SRL	U.M.: MPa	Data esec.: 23/05/2023
Cantiere: Campo Eolico pala 5 zona blu est	Pagina: 1	Falda: Assente
Località: Gravina in Puglia (BA)	Elaborato:	

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m ²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m ²
0,20	1	5		2,0					
0,40	1	10		1,9					
0,60	2	10		1,9					
0,80	2	8		1,5					
1,00	2	7		1,4					
1,20	2	7		1,4					
1,40	2	7		1,4					
1,60	3	5		1,0					
1,80	3	6		1,2					
2,00	3	6		1,2					
2,20	3	6		1,2					
2,40	3	5		1,0					
2,60	4	7		1,4					
2,80	4	6		1,2					
3,00	4	4		0,8					
3,20	4	3		0,6					
3,40	4	5		1,0					
3,60	5	4		0,8					
3,80	5	4		0,8					
4,00	5	4		0,8					
4,20	5	4		0,8					
4,40	5	4		0,8					
4,60	6	5		1,0					
4,80	6	6		1,2					
5,00	6	4		0,8					
5,20	6	5		1,0					
5,40	6	6		1,2					
5,60	7	4		0,8					
5,80	7	6		1,2					
6,00	7	7		1,4					
6,20	7	7		1,4					
6,40	7	5		1,0					
6,60	8	5		1,0					
6,80	8	6		1,2					
7,00	8	7		1,6					
7,20	8	7		1,4					
7,40	8	6		1,2					
7,60	9	5		1,1					
7,80	9	6		1,2					
8,00	9	7		1,5					
8,20	9	7		1,5					
8,40	9	5		1,1					
8,60	10	5		1,1					
8,80	10	5		1,0					
9,00	10	6		1,2					
9,20	10	7		1,4					
9,40	10	7		1,4					
9,60	11	6		1,2					
9,80	11	7		1,4					
10,00	11	7		1,4					

H = profondità L1 = prima lettura (colpi punta) L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)	qcd = resistenza dinamica punta Asta = numero di asta impiegata	Lo sperimentatore: Il direttore laboratorio: XXXXXX
---	--	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA	DIN	1
	riferimento	075-2023

Committente: LAUT ENGINEERING SRL	Quota ass.: Piano Campagna	U.M.: MPa	Data exec.: 23/05/2023
Cantiere: Campo Eolico pala 5 zona blu est		Scala: 1:50	
Località: Gravina in Puglia (BA)		Pagina: 1	Falda: Assente
		Elaborato:	



Responsabile: dr. Alberto Velicogna	Corr.astine: kN/ml	Preforo: m
Assistente:	Cod.ISTAT: 0	Lo sperimentatore:
		Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	1
	riferimento	075-2023

Committente: LAUT ENGINEERING SRL	U.M.: MPa	Data esec.: 23/05/2023
Cantiere: Campo Eolico pala 5 zona blu est	Pagina: 1	Falda: Assente
Località: Gravina in Puglia (BA)	Elaborato:	

PARAMETRI GENERALI														
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rpd MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione		
1	0,00 : 10,00	Media	6	1,92	9	0,1,22	0,2,88	149	70	0,60	Coes./Gran.	Limo argiloso, con calcinelli		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> NATURA COESIVA NATURA GRANULARE </div>														
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	ϕ °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 10,00	9	54,88	1,89	34,00	0,92	0,45	32	30	2,66	1,92	1,48	1,77	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	2
	riferimento	075-2023

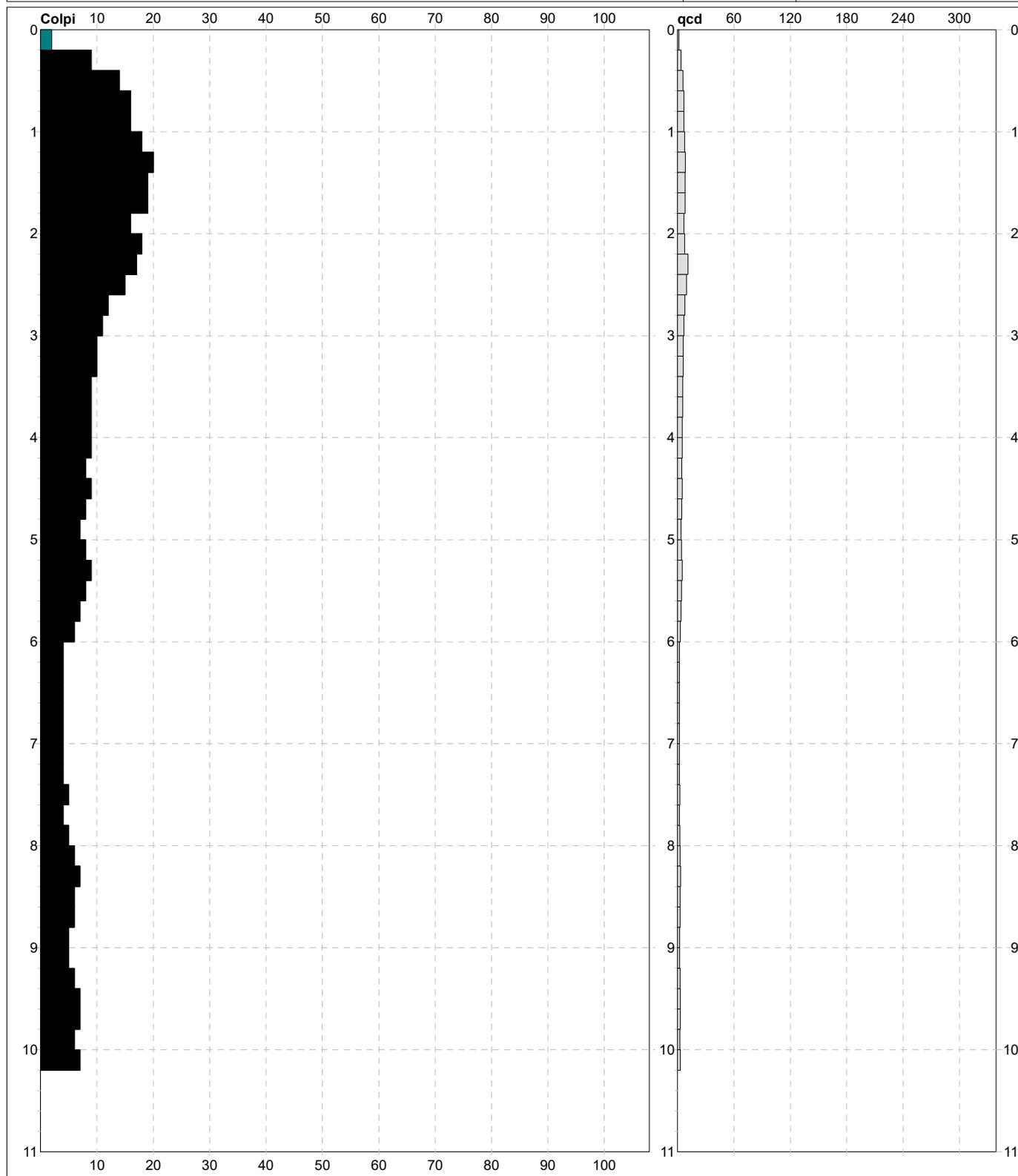
Committente: LAUT ENGINEERING SRL	U.M.: MPa	Data esec.: 23/05/2023
Cantiere: Campo Eolico pala 5 zona blu centrale	Pagina: 1	Falda:
Località: Gravina in Puglia (BA)	Elaborato:	

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m ²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m ²
0,20	1	2		1,5					
0,40	1	9		3,7					
0,60	2	14		5,7					
0,80	2	16		6,5					
1,00	2	16		6,5					
1,20	2	18		7,4					
1,40	2	20		8,2					
1,60	3	19		7,8					
1,80	3	19		7,8					
2,00	3	16		6,5					
2,20	3	18		7,4					
2,40	3	17		10,7					
2,60	4	15		9,5					
2,80	4	12		7,6					
3,00	4	11		6,5					
3,20	4	10		5,9					
3,40	4	10		5,9					
3,60	5	9		5,3					
3,80	5	9		5,3					
4,00	5	9		5,0					
4,20	5	9		5,0					
4,40	5	8		4,4					
4,60	6	9		5,0					
4,80	6	8		4,4					
5,00	6	7		3,7					
5,20	6	8		4,2					
5,40	6	9		4,7					
5,60	7	8		4,2					
5,80	7	7		3,7					
6,00	7	6		3,0					
6,20	7	4		2,0					
6,40	7	4		2,0					
6,60	8	4		2,0					
6,80	8	4		2,0					
7,00	8	4		1,9					
7,20	8	4		1,9					
7,40	8	4		1,9					
7,60	9	5		2,4					
7,80	9	4		1,9					
8,00	9	5		2,2					
8,20	9	6		2,7					
8,40	9	7		3,1					
8,60	10	6		2,7					
8,80	10	6		2,7					
9,00	10	5		2,1					
9,20	10	5		2,1					
9,40	10	6		2,6					
9,60	11	7		3,0					
9,80	11	7		3,0					
10,00	11	6		2,5					
10,20	11	7		2,9					

H = profondità	qcd = resistenza dinamica punta	Lo sperimentatore:
L1 = prima lettura (colpi punta)	Asta = numero di asta impiegata	
L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)		
		Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA	DIN	2
	riferimento	075-2023

Committente: LAUT ENGINEERING SRL	Quota ass.: Piano Campagna	U.M.: MPa	Data eseg.: 23/05/2023
Cantiere: Campo Eolico pala 5 zona blu centrale		Scala: 1:55	
Località: Gravina in Puglia (BA)		Pagina: 1	Falda:
		Elaborato:	



Responsabile: dr. Alberto Velicogna	Corr.astine: kN/ml	Preforo: m
Assistente:	Cod.ISTAT: 0	Lo sperimentatore:
		Il direttore laboratorio: XXXXXX

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	2
	riferimento	075-2023

Committente: LAUT ENGINEERING SRL	U.M.: MPa	Data esec.: 23/05/2023
Cantiere: Campo Eolico pala 5 zona blu centrale	Pagina: 1	Falda:
Località: Gravina in Puglia (BA)	Elaborato:	

PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione
1	0,00 : 0,20	Media	2	1,52	3	0,152	0,106	30	53	0,75	Coesiva	Argilla debolmente limosa
2	0,20 : 6,20	Media	11	1,52	17	0,587	0,629	152	116	2,88	Coes./Gran.	Limo argilloso, con calcinelli
3	6,22 : 14,22	Media	3	1,52	4	0,123	0,079	37	136	0,60	Coesiva	Argilla limosa

NATURA COESIVA							NATURA GRANULARE							
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	φ °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 0,20	3	18,62	1,78	44,21	1,19	0,29	---	---	---	---	---	---	---
2	0,20 : 6,20	17	103,88	1,98	26,99	0,73	0,64	46	32	3,29	1,97	1,56	2,69	---
3	6,22 : 14,22	4	24,50	1,80	41,67	1,13	0,31	---	---	---	---	---	---	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	3
	riferimento	075-2023

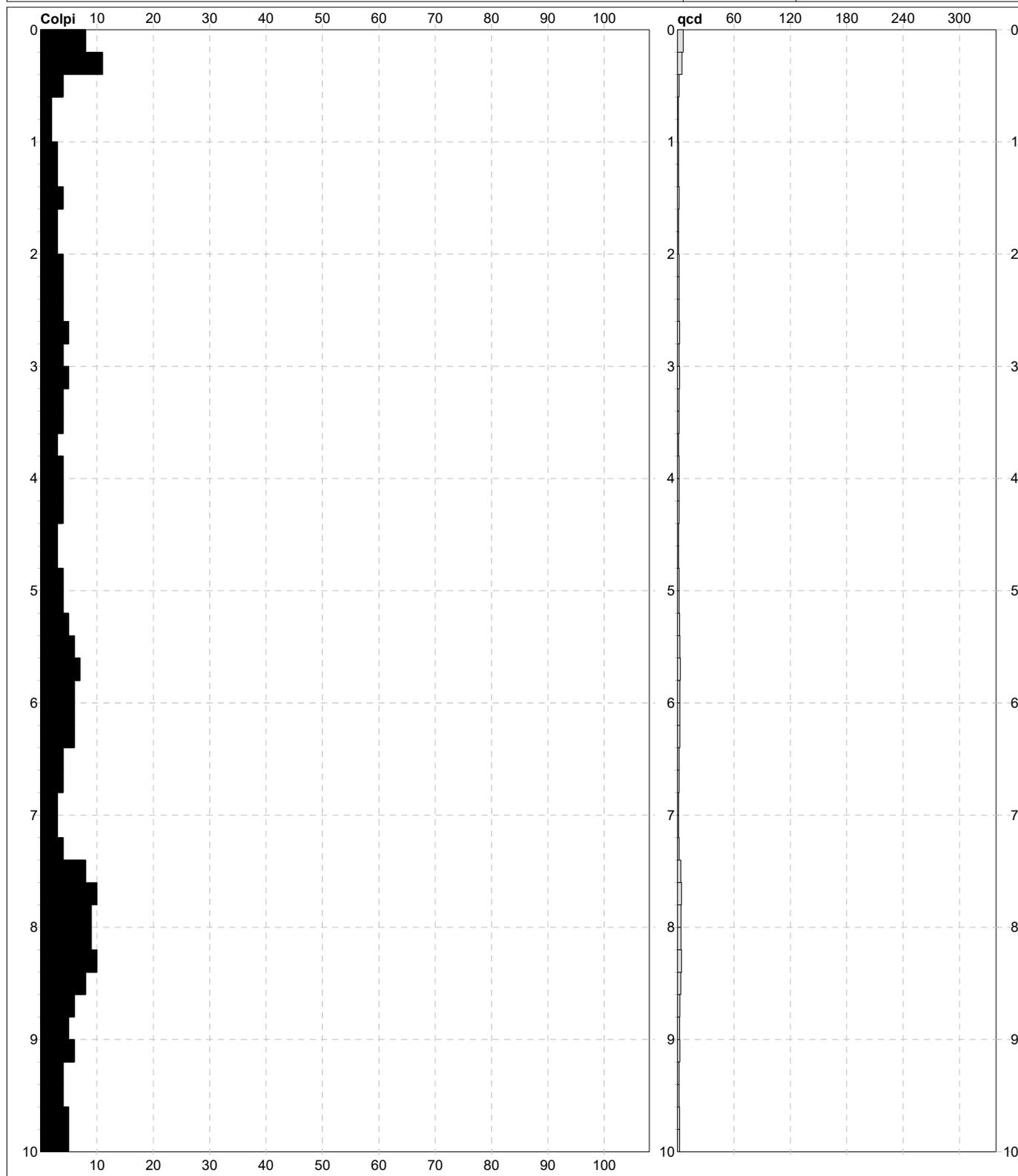
Committente: LAUT ENGINEERING SRL	U.M.: MPa	Data esec.: 23/05/2023
Cantiere: Campo Eolico pala 5 zona blu ovest	Pagina: 1	Falda: Assente
Località: Gravina in Puglia (BA)	Elaborato:	

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m ²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m ²
0,20	1	8		5,8					
0,40	1	11		4,5					
0,60	2	4		1,6					
0,80	2	2		0,8					
1,00	2	2		0,8					
1,20	2	3		1,2					
1,40	2	3		1,2					
1,60	3	4		1,6					
1,80	3	3		1,2					
2,00	3	3		1,2					
2,20	3	4		1,6					
2,40	3	4		1,6					
2,60	4	4		1,6					
2,80	4	5		2,0					
3,00	4	4		1,6					
3,20	4	5		2,0					
3,40	4	4		1,6					
3,60	5	4		1,6					
3,80	5	3		1,2					
4,00	5	4		1,6					
4,20	5	4		1,6					
4,40	5	4		1,6					
4,60	6	3		1,2					
4,80	6	3		1,2					
5,00	6	4		1,6					
5,20	6	4		1,6					
5,40	6	5		2,0					
5,60	7	6		2,5					
5,80	7	7		2,9					
6,00	7	6		2,5					
6,20	7	6		2,5					
6,40	7	6		2,5					
6,60	8	4		1,6					
6,80	8	4		1,6					
7,00	8	3		1,2					
7,20	8	3		1,2					
7,40	8	4		1,6					
7,60	9	8		3,3					
7,80	9	10		4,1					
8,00	9	9		3,7					
8,20	9	9		3,7					
8,40	9	10		4,1					
8,60	10	8		3,3					
8,80	10	6		2,5					
9,00	10	5		2,0					
9,20	10	6		2,5					
9,40	10	4		1,6					
9,60	11	4		1,6					
9,80	11	5		2,0					
10,00	11	5		2,0					

H = profondità L1 = prima lettura (colpi punta) L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)	qcd = resistenza dinamica punta Asta = numero di asta impiegata	Lo sperimentatore: Il direttore laboratorio: xxxxxx
---	--	--

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA	DIN	3
	riferimento	075-2023

Committente: LAUT ENGINEERING SRL	Quota ass.: Piano Campagna	U.M.: MPa	Data exec.: 23/05/2023
Cantiere: Campo Eolico pala 5 zona blu ovest		Scala: 1:50	
Località: Gravina in Puglia (BA)		Pagina: 1	Falda: Assente
		Elaborato:	



Responsabile: dr. Alberto Velicogna	Corr.astine: kN/ml	Preforo: m
Assistente:	Cod.ISTAT: 0	Lo sperimentatore:
		Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	3
	riferimento	075-2023

Committente: LAUT ENGINEERING SRL	U.M.: MPa	Data esec.: 23/05/2023
Cantiere: Campo Eolico pala 5 zona blu ovest	Pagina: 1	Falda: Assente
Località: Gravina in Puglia (BA)	Elaborato:	

PARAMETRI GENERALI													
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione	
1	0,00 : 7,40	Media	4	1,52	7	0,1,91	0,1,86	54	123	0,94	Coesiva	Argilla limosa	
2	7,40 : 10,00	Media	7	1,52	10	0,2,91	0,2,87	169	76	1,43	Coes./Gran.	Limo argilloso, con calcinelli	

NATURA COESIVA							NATURA GRANULARE							
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	ϕ °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 7,40	7	43,12	1,86	36,00	0,97	0,40	---	---	---	---	---	---	---
2	7,40 : 10,00	10	61,74	1,90	33,04	0,89	0,48	35	30	2,73	1,93	1,50	1,88	---

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

VALUTAZIONI STATISTICHE - CORRELAZIONI N / Nspt

Il sottosuolo indagato viene suddiviso in strati .

Prima definizione della profondità di ciascuno strato , il programma effettua (con riferimento al numero di colpi N) una serie di elaborazioni statistiche dei dati in memoria, valutando :

valore minimo m , massimo Max , media M, scarto quadratico medio s, valore medio/minimo $(M+m)^{1/2}$

media-scarto quadratico medio (M-s)

Ciò considerato , si potrà adottare il valore caratteristico VCA per N più adatto , a seconda delle esigenze, impostando uno dei valori elaborati sopracitati o un valore a scelta.

Successivamente , con riferimento al valore caratteristico assunto per il numero di colpi N , si potrà avviare un tentativo di correlazione con il numero di colpi Nspt della prova SPT : $Nspt = \beta N$ [ove per il coefficiente β si potrà introdurre un valore sperimentale a piacere (vedi note illustrative), ovvero il coefficiente teorico di energia β fornito dal programma] .

VALUTAZIONE RESISTENZA DINAMICA E COEFFICIENTE DI ENERGIA

La resistenza alla punta dinamica Rpd viene comunemente valutata in base alla formula Olandese :

$$Rpd = (M^2 H) / [A e (M + P)] \text{ ove :}$$

N = n. colpi per avanzamento δ Rpd = resist.dinam.punta [area A] M = massa battente [altezza caduta H]

e = avanzamento per colpo = δ/N P = peso tot. sistema battuta e aste ,

ovvero in base alla formula semplificata :

$$Rpd' = (M H) / (A e) = (M H) N / (A \delta) = Q N ,$$

ove : $Q = (M H) / (A \delta)$ = energia specifica teorica per colpo .

Ciò considerato, volendo riferire la prova in esame (N,Q) alla prova SPT (Nspt,Qspt),

dall'uguaglianza dei valori di resistenza dinamica relativi alle due prove, si ricava teoricamente :

$$Rpd' = Q N = Qspt Nspt \Rightarrow Nspt = N [Q/Qspt] = \beta N ,$$

ove il rapporto $\beta = Q/Qspt$ viene definito coefficiente teorico di energia della prova in esame , relativamente alla prova SPT ($Qspt = 7.83 \text{ kg/cm}^2 = 0.768 \text{ MPa}$) per $M = 63.5 \text{ kg}$, $H = 0.75 \text{ m}$, $D = 50.8 \text{ mm}$, $A = 20.27 \text{ cm}^2$, $d = 0.30 \text{ m}$) .

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al valore del numero dei colpi SPT equivalente prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

Nspt -> Dr DENSITA' RELATIVA (Terreni granulari) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

Nspt -> θ' ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE (Terreni granulari) - PECK-HANSON-THORBURN (1953-1974)

Nspt -> E' MODULO DI DEFORMAZIONE DRENATO (Terreni granulari) - D'APPOLONIA e altri (1970)

Nspt -> Cu COESIONE NON DRENATA (Terreni coesivi) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

Nspt -> Y PESO DI VOLUME

TERRENI GRANULARI (Terzaghi-Peck 1948/1967) [e.max = 1 e.min = 1/3 G = 2.65]

TERRENI COESIVI (Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967) [p.specifico G = 2.70]

Rpd -> Qd CAPACITA' PORTANTE DINAMICA Herminier, Tchong & Lebegue(1965)

F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)

(g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (Amax/g)]

Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)

LEGENDA SPECIFICHE TECNICHE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti :

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

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

DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici

Tipo	Sigla di riferimento	massa battente	prof.max indagine
Leggero	DPL (Light)	$M \div 10$	8 m
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25 m
Pesante	DPH (Heavy)	$40 < M < 60$	25 m
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M > 60$	> 25 m

Per la visione delle caratteristiche tecniche dei penetrometri, si rimanda alla sezione EDITOR PENETROMETRI.

I PENETROMETRI dinamici in uso in Italia risultano essere i seguenti (non rientranti però nello Standard ISSMFE) :

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

massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento $\delta \approx 10$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60-90^\circ$), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

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

massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento $\delta \approx 10$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60-90^\circ$), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SCPT) (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H = 0.75 m, avanzamento $\delta \approx 30$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60^\circ$), diametro D = 50.8 mm, area base cono A = 20.27 cm² rivestimento : previsto secondo precise indicazioni

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente M = 63.5 kg, altezza caduta H = 0.75 m, avanzamento $\delta \approx 20-30$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60^\circ$), diametro D = 50.5 mm , area base cono A = 20 cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto .

PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE / ELETTRICHE SCHEDA PENETROMETRO		
	riferimento	076-2023

Committente: LAUT ENGINEERING SRL		
Cantiere: Campo Eolico pala 5 zona blu est		
Località: Gravina in Puglia (BA)		

DPSH (S. Heavy)		DPSH (S. Heavy)
Sigla	DPSH (S. Heavy)	Minimativo o sigla dello strumento
Beta eff.	1,80	Coefficiente Effettivo suggerito dal costruttore del penetrometro
M(massa)	64 kg	Massa del Maglio Battente agente sulla batteria di aste
H(maglio)	0,75 m	Altezza di caduta o corsa del maglio (toll. da 0.01m a 0.02m)
L(aste)	1,00 m	Lunghezza delle aste utilizzabili, variabile da 1.00m a 2.00m (toll. da 0.1% a 0.2%)
M(aste)	8,00 kg	Peso al metro lineare delle aste (N.B. indipendente dalla lunghezza delle aste)
M(sistema)	30 kg	Massa del complesso asta di guida - testa di battuta
A(punta)	20,00 cm²	Area della superficie laterale del cono della punta
Alfa(punta)	90 °	Angolo di apertura della punta conica variabile tra 60° e 90°
Prf.(1°asta)	0,80 m	Profondità di giunzione della prima asta infissa
N	0,20 m	Penetrazione standard, tratto di penetrazione per quale sono necessari Nx colpi
Rivest.	Sì	Previsto uso di rivestimento delle aste o uso di fanghi
ø(punta)	50,50 mm	Diametro della punta conica integra, cioè non soggetta ad usura (toll. da 0.3 a 0.5mm)
MaxCE%	50,00 %	Massima compressione elastica consentita rispetto alla penetrazione
L/DM	2,00	Rapporto tra la lunghezza e il diametro del maglio di battuta
D(tb)	100,00 mm	Diametro della testa di battuta.
DEV(a)[<5m]	2,00 °	Deviazione massima delle aste dalla verticale nei primi 5.00 metri
DEV(a)[>5m]	1,00 °	Deviazione massima delle aste dalla verticale oltre i 5.00 metri
ECCmax(a)	0,02 mm	Massima eccentricità consentita alle aste
Dest(aste)	32,00 mm	Diametro esterno delle aste (toll. max 0.2mm)
Dint(aste)		Diametro interno delle aste cave (toll. da 0.2mm a 0.3mm)
Dmin(punta)	49,00 mm	Minimo diametro consentito per la punta conica usurata
hcl(punta)	50,50 mm	Altezza del cilindro alla base del cono della punta (toll. da 1.00mm a 2.00mm)
Ras(punta)	11,00 mm	Rastremazione del cono nella parte alta
Hc(punta)		Altezza della parte conica della punta non soggetta ad usura (toll. da 0.1mm a 0.4mm)
RangeCP	5 - 100	Massimo numero di colpi utile
Spinta	t	Spinta nominale strumento

	Lo sperimentatore:
	Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	1
	riferimento	076-2023

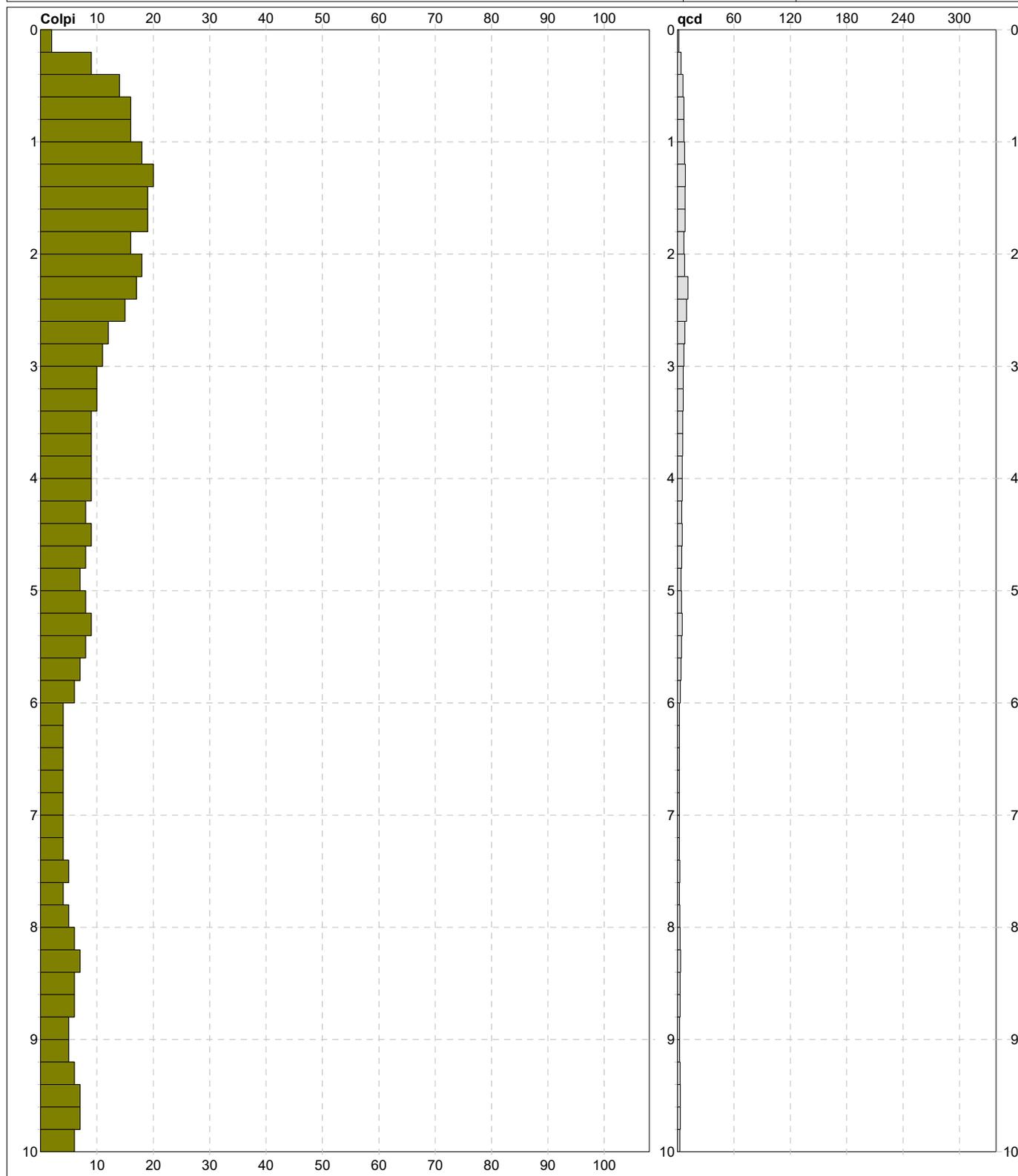
Committente: LAUT ENGINEERING SRL	U.M.: MPa	Data esec.: 23/05/2023
Cantiere: Campo Fotovoltaico Sud (rosso)	Pagina: 1	Falda:
Località: Gravina in Puglia (BA)	Elaborato: 	

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m ²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m ²
0,20	1	2		1,5					
0,40	1	9		3,7					
0,60	2	14		5,7					
0,80	2	16		6,5					
1,00	2	16		6,5					
1,20	2	18		7,4					
1,40	2	20		8,2					
1,60	3	19		7,8					
1,80	3	19		7,8					
2,00	3	16		6,5					
2,20	3	18		7,4					
2,40	3	17		10,7					
2,60	4	15		9,5					
2,80	4	12		7,6					
3,00	4	11		6,5					
3,20	4	10		5,9					
3,40	4	10		5,9					
3,60	5	9		5,3					
3,80	5	9		5,3					
4,00	5	9		5,0					
4,20	5	9		5,0					
4,40	5	8		4,4					
4,60	6	9		5,0					
4,80	6	8		4,4					
5,00	6	7		3,7					
5,20	6	8		4,2					
5,40	6	9		4,7					
5,60	7	8		4,2					
5,80	7	7		3,7					
6,00	7	6		3,0					
6,20	7	4		2,0					
6,40	7	4		2,0					
6,60	8	4		2,0					
6,80	8	4		2,0					
7,00	8	4		1,9					
7,20	8	4		1,9					
7,40	8	4		1,9					
7,60	9	5		2,4					
7,80	9	4		1,9					
8,00	9	5		2,2					
8,20	9	6		2,7					
8,40	9	7		3,1					
8,60	10	6		2,7					
8,80	10	6		2,7					
9,00	10	5		2,1					
9,20	10	5		2,1					
9,40	10	6		2,6					
9,60	11	7		3,0					
9,80	11	7		3,0					
10,00	11	6		2,5					

H = profondità L1 = prima lettura (colpi punta) L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)	qcd = resistenza dinamica punta Asta = numero di asta impiegata	Lo sperimentatore: Il direttore laboratorio: xxxxxx
---	--	--

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA	DIN	1
	riferimento	076-2023

Committente: LAUT ENGINEERING SRL	Quota ass.: Piano Campagna	U.M.: MPa	Data exec.: 23/05/2023
Cantiere: Campo Fotovoltaico Sud (rosso)		Scala: 1:50	
Località: Gravina in Puglia (BA)		Pagina: 1	Falda:
		Elaborato:	



Responsabile: dr. Alberto Velicogna	Corr.astine: kN/ml	Preforo: m
Assistente:	Cod.ISTAT: 0	Lo sperimentatore:
		Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	1
	riferimento	076-2023

Committente: LAUT ENGINEERING SRL	U.M.: MPa	Data esec.: 23/05/2023
Cantiere: Campo Fotovoltaico Sud (rosso)	Pagina: 1	Falda:
Località: Gravina in Puglia (BA)	Elaborato:	

PARAMETRI GENERALI														
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rpd MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione		
1	0,00 : 10,00	Media	9					161	99	2,24		NATURA COESIVA / NATURA GRANULARE <small>Coes. Gran. Limo argiloso</small>		
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	ϕ °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 10,00	14	86,24	1,95	29,45	0,80	0,58	41	31	3,05	1,96	1,53	2,35	- - -

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

VALUTAZIONI STATISTICHE - CORRELAZIONI N / N_{spt}

Il sottosuolo indagato viene suddiviso in strati .

Prima definizione della profondità di ciascuno strato , il programma effettua (con riferimento al numero di colpi N) una serie di elaborazioni statistiche dei dati in memoria, valutando :

valore minimo m , massimo Max , media M, scarto quadratico medio s, valore medio/minimo $(M+m)^{1/2}$

media-scarto quadratico medio (M-s)

Ciò considerato , si potrà adottare il valore caratteristico VCA per N più adatto , a seconda delle esigenze, impostando uno dei valori elaborati sopracitati o un valore a scelta.

Successivamente , con riferimento al valore caratteristico assunto per il numero di colpi N , si potrà avviare un tentativo di correlazione con il numero di colpi N_{spt} della prova SPT : $N_{spt} = \beta N$ [ove per il coefficiente β si potrà introdurre un valore sperimentale a piacere (vedi note illustrative), ovvero il coefficiente teorico di energia β fornito dal programma] .

VALUTAZIONE RESISTENZA DINAMICA E COEFFICIENTE DI ENERGIA

La resistenza alla punta dinamica R_{pd} viene comunemente valutata in base alla formula Olandese :

$$R_{pd} = (M^2 H) / [A e (M + P)] \text{ ove :}$$

N = n. colpi per avanzamento δ R_{pd} = resist.dinam.punta [area A] M = massa battente [altezza caduta H]

e = avanzamento per colpo = δ/N P = peso tot. sistema battuta e aste ,

ovvero in base alla formula semplificata :

$$R_{pd}' = (M H) / (A e) = (M H) N / (A \delta) = Q N ,$$

ove : $Q = (M H) / (A \delta)$ = energia specifica teorica per colpo .

Ciò considerato, volendo riferire la prova in esame (N,Q) alla prova SPT (N_{spt},Q_{spt}),

dall'uguaglianza dei valori di resistenza dinamica relativi alle due prove, si ricava teoricamente :

$$R_{pd}' = Q N = Q_{spt} N_{spt} \Rightarrow N_{spt} = N [Q/Q_{spt}] = \beta N ,$$

ove il rapporto $\beta = Q/Q_{spt}$ viene definito coefficiente teorico di energia della prova in esame , relativamente alla prova SPT (Q_{spt} = 7.83 kg/cm² = 0.768 MPa) per M = 63.5 kg, H = 0.75 m, D = 50.8 mm, A = 20.27 cm², d = 0.30 m) .

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al valore del numero dei colpi SPT equivalente prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

N_{spt} -> Dr DENSITA' RELATIVA (Terreni granulari) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

N_{spt} -> θ' ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE (Terreni granulari) - PECK-HANSON-THORBURN (1953-1974)

N_{spt} -> E' MODULO DI DEFORMAZIONE DRENATO (Terreni granulari) - D'APPOLONIA e altri (1970)

N_{spt} -> Cu COESIONE NON DRENATA (Terreni coesivi) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

N_{spt} -> Y PESO DI VOLUME

TERRENI GRANULARI (Terzaghi-Peck 1948/1967) [e.max = 1 e.min = 1/3 G = 2.65]

TERRENI COESIVI (Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967) [p.specifico G = 2.70]

R_{pd} -> Qd CAPACITA' PORTANTE DINAMICA Herminier, Tchong & Lebegue(1965)

F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)

(g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (Amax/g)]

Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)

LEGENDA SPECIFICHE TECNICHE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti :

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

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

DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici

Tipo	Sigla di riferimento	massa battente	prof.max indagine
Leggero	DPL (Light)	$M \div 10$	8 m
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25 m
Pesante	DPH (Heavy)	$40 < M < 60$	25 m
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M > 60$	> 25 m

Per la visione delle caratteristiche tecniche dei penetrometri, si rimanda alla sezione EDITOR PENETROMETRI.

I PENETROMETRI dinamici in uso in Italia risultano essere i seguenti (non rientranti però nello Standard ISSMFE) :

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

massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento $\delta \approx 10$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60-90^\circ$), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

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

massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento $\delta \approx 10$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60-90^\circ$), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SCPT) (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H = 0.75 m, avanzamento $\delta \approx 30$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60^\circ$), diametro D = 50.8 mm, area base cono A = 20.27 cm² rivestimento : previsto secondo precise indicazioni

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente M = 63.5 kg, altezza caduta H = 0.75 m, avanzamento $\delta \approx 20-30$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60^\circ$), diametro D = 50.5 mm , area base cono A = 20 cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto .

PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE / ELETTRICHE SCHEDA PENETROMETRO		
	riferimento	077-2023

Committente: LAUT ENGINEERING SRL		
Cantiere: Campo Fotovoltaico nord (bianco)		
Località: Gravina in Puglia (BA)		

DPSH (S. Heavy)		DPSH (S. Heavy)
Sigla	DPSH (S. Heavy)	Minimativo o sigla dello strumento
Beta eff.	1,80	Coefficiente Effettivo suggerito dal costruttore del penetrometro
M(massa)	64 kg	Massa del Maglio Battente agente sulla batteria di aste
H(maglio)	0,75 m	Altezza di caduta o corsa del maglio (toll. da 0.01m a 0.02m)
L(aste)	1,00 m	Lunghezza delle aste utilizzabili, variabile da 1.00m a 2.00m (toll. da 0.1% a 0.2%)
M(aste)	8,00 kg	Peso al metro lineare delle aste (N.B. indipendente dalla lunghezza delle aste)
M(sistema)	30 kg	Massa del complesso asta di guida - testa di battuta
A(punta)	20,00 cm²	Area della superficie laterale del cono della punta
Alfa(punta)	90 °	Angolo di apertura della punta conica variabile tra 60° e 90°
Prf.(1°asta)	0,80 m	Profondità di giunzione della prima asta infissa
N	0,20 m	Penetrazione standard, tratto di penetrazione per quale sono necessari Nx colpi
Rivest.	Sì	Previsto uso di rivestimento delle aste o uso di fanghi
ø(punta)	50,50 mm	Diametro della punta conica integra, cioè non soggetta ad usura (toll. da 0.3 a 0.5mm)
MaxCE%	50,00 %	Massima compressione elastica consentita rispetto alla penetrazione
L/DM	2,00	Rapporto tra la lunghezza e il diametro del maglio di battuta
D(tb)	100,00 mm	Diametro della testa di battuta.
DEV(a)[<5m]	2,00 °	Deviazione massima delle aste dalla verticale nei primi 5.00 metri
DEV(a)[>5m]	1,00 °	Deviazione massima delle aste dalla verticale oltre i 5.00 metri
ECCmax(a)	0,02 mm	Massima eccentricità consentita alle aste
Dest(aste)	32,00 mm	Diametro esterno delle aste (toll. max 0.2mm)
Dint(aste)		Diametro interno delle aste cave (toll. da 0.2mm a 0.3mm)
Dmin(punta)	49,00 mm	Minimo diametro consentito per la punta conica usurata
hcl(punta)	50,50 mm	Altezza del cilindro alla base del cono della punta (toll. da 1.00mm a 2.00mm)
Ras(punta)	11,00 mm	Rastremazione del cono nella parte alta
Hc(punta)		Altezza della parte conica della punta non soggetta ad usura (toll. da 0.1mm a 0.4mm)
RangeCP	5 - 100	Massimo numero di colpi utile
Spinta	t	Spinta nominale strumento

	Lo sperimentatore: Il direttore laboratorio: xxxxxx
--	--

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	1
	riferimento	077-2023

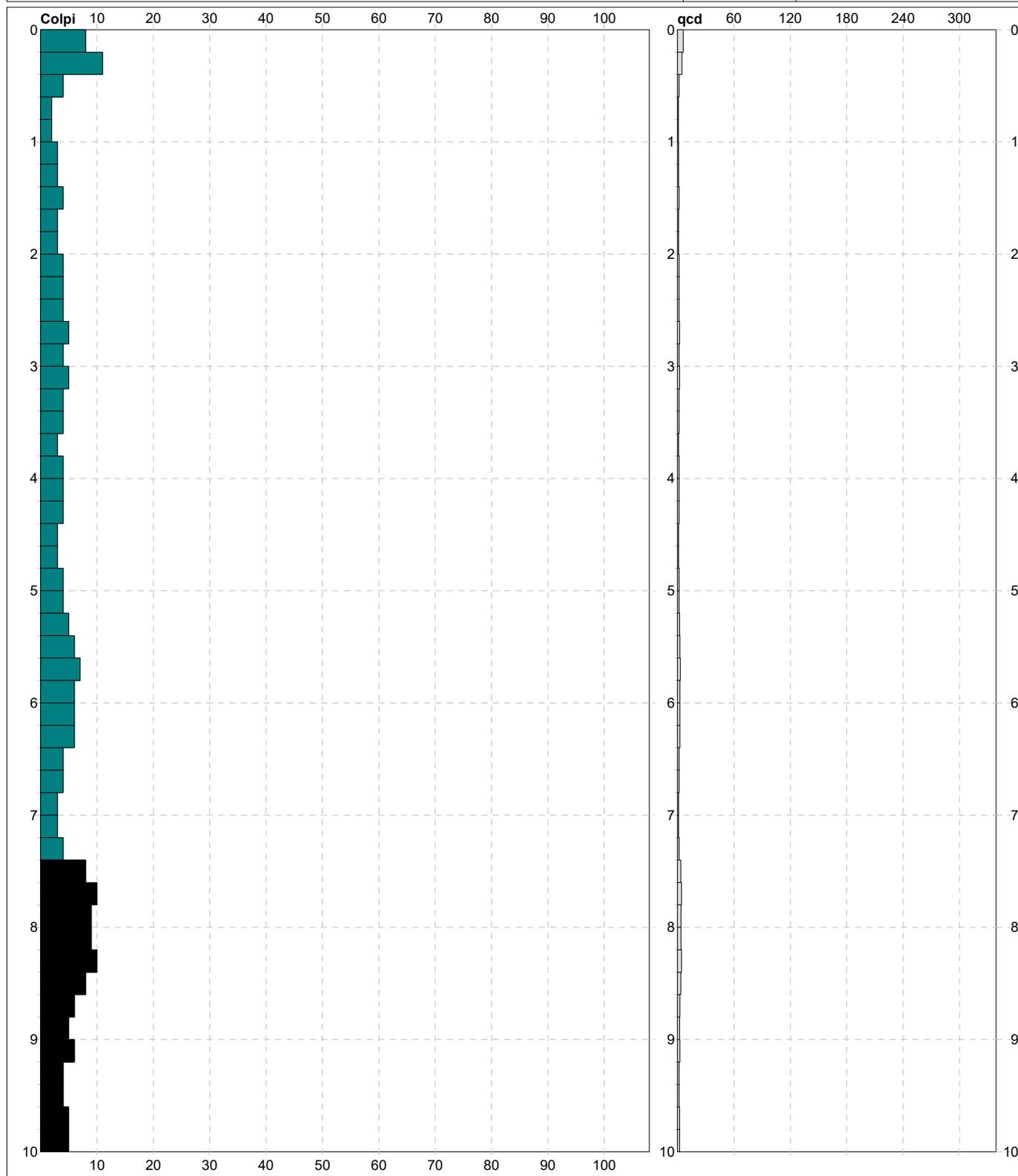
Committente: LAUT ENGINEERING SRL	U.M.: MPa	Data esec.: 23/05/2023
Cantiere: Campo Fotovoltaico nord (bianco)	Pagina: 1	Falda: Assente
Località: Gravina in Puglia (BA)	Elaborato:	

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m ²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m ²
0,20	1	8		5,8					
0,40	1	11		4,5					
0,60	2	4		1,6					
0,80	2	2		0,8					
1,00	2	2		0,8					
1,20	2	3		1,2					
1,40	2	3		1,2					
1,60	3	4		1,6					
1,80	3	3		1,2					
2,00	3	3		1,2					
2,20	3	4		1,6					
2,40	3	4		1,6					
2,60	4	4		1,6					
2,80	4	5		2,0					
3,00	4	4		1,6					
3,20	4	5		2,0					
3,40	4	4		1,6					
3,60	5	4		1,6					
3,80	5	3		1,2					
4,00	5	4		1,6					
4,20	5	4		1,6					
4,40	5	4		1,6					
4,60	6	3		1,2					
4,80	6	3		1,2					
5,00	6	4		1,6					
5,20	6	4		1,6					
5,40	6	5		2,0					
5,60	7	6		2,5					
5,80	7	7		2,9					
6,00	7	6		2,5					
6,20	7	6		2,5					
6,40	7	6		2,5					
6,60	8	4		1,6					
6,80	8	4		1,6					
7,00	8	3		1,2					
7,20	8	3		1,2					
7,40	8	4		1,6					
7,60	9	8		3,3					
7,80	9	10		4,1					
8,00	9	9		3,7					
8,20	9	9		3,7					
8,40	9	10		4,1					
8,60	10	8		3,3					
8,80	10	6		2,5					
9,00	10	5		2,0					
9,20	10	6		2,5					
9,40	10	4		1,6					
9,60	11	4		1,6					
9,80	11	5		2,0					
10,00	11	5		2,0					

H = profondità L1 = prima lettura (colpi punta) L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)	qcd = resistenza dinamica punta Asta = numero di asta impiegata	Lo sperimentatore:
		Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA	DIN	1
	riferimento	077-2023

Committente: LAUT ENGINEERING SRL	Quota ass.: Piano Campagna	U.M.: MPa	Data exec.: 23/05/2023
Cantiere: Campo Fotovoltaico nord (bianco)		Scala: 1:50	
Località: Gravina in Puglia (BA)		Pagina: 1	Falda: Assente
		Elaborato:	



Responsabile: dr. Alberto Velicogna	Corr.astine: kN/ml	Preforo: m
Assistente:	Cod.ISTAT: 0	Lo sperimentatore:
		Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	1
	riferimento	077-2023

Committente: LAUT ENGINEERING SRL	U.M.: MPa	Data esec.: 23/05/2023
Cantiere: Campo Fotovoltaico nord (bianco)	Pagina: 1	Falda: Assente
Località: Gravina in Puglia (BA)	Elaborato:	

PARAMETRI GENERALI													
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rpd MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione	
1	0,00 : 7,40	Media	4	1,52	7	0,1,91	0,1,86	54	123	0,94	Coesiva	Argilla limosa	
2	7,40 : 10,00	Media	7	1,52	10	0,2,91	0,2,87	169	76	1,43	Coes./Gran.	Limo argilloso, con calcinelli	

NATURA COESIVA							NATURA GRANULARE							
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	ϕ °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 7,40	7	43,12	1,86	36,00	0,97	0,40	---	---	---	---	---	---	---
2	7,40 : 10,00	10	61,74	1,90	33,04	0,89	0,48	35	30	2,73	1,93	1,50	1,88	---

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

VALUTAZIONI STATISTICHE - CORRELAZIONI N / N_{spt}

Il sottosuolo indagato viene suddiviso in strati .

Prima definizione della profondità di ciascuno strato , il programma effettua (con riferimento al numero di colpi N) una serie di elaborazioni statistiche dei dati in memoria, valutando :

valore minimo m , massimo Max , media M, scarto quadratico medio s, valore medio/minimo $(M+m)^{1/2}$

media-scarto quadratico medio (M-s)

Ciò considerato , si potrà adottare il valore caratteristico VCA per N più adatto , a seconda delle esigenze, impostando uno dei valori elaborati sopracitati o un valore a scelta.

Successivamente , con riferimento al valore caratteristico assunto per il numero di colpi N , si potrà avviare un tentativo di correlazione con il numero di colpi N_{spt} della prova SPT : $N_{spt} = \beta N$ [ove per il coefficiente β si potrà introdurre un valore sperimentale a piacere (vedi note illustrative), ovvero il coefficiente teorico di energia β fornito dal programma] .

VALUTAZIONE RESISTENZA DINAMICA E COEFFICIENTE DI ENERGIA

La resistenza alla punta dinamica R_{pd} viene comunemente valutata in base alla formula Olandese :

$$R_{pd} = (M^2 H) / [A e (M + P)] \text{ ove :}$$

N = n. colpi per avanzamento δ R_{pd} = resist.dinam.punta [area A] M = massa battente [altezza caduta H]

e = avanzamento per colpo = δ/N P = peso tot. sistema battuta e aste ,

ovvero in base alla formula semplificata :

$$R_{pd}' = (M H) / (A e) = (M H) N / (A \delta) = Q N ,$$

ove : $Q = (M H) / (A \delta)$ = energia specifica teorica per colpo .

Ciò considerato, volendo riferire la prova in esame (N,Q) alla prova SPT (N_{spt},Q_{spt}),

dall'uguaglianza dei valori di resistenza dinamica relativi alle due prove, si ricava teoricamente :

$$R_{pd}' = Q N = Q_{spt} N_{spt} \Rightarrow N_{spt} = N [Q/Q_{spt}] = \beta N ,$$

ove il rapporto $\beta = Q/Q_{spt}$ viene definito coefficiente teorico di energia della prova in esame , relativamente alla prova SPT (Q_{spt} = 7.83 kg/cm² = 0.768 MPa) per M = 63.5 kg, H = 0.75 m, D = 50.8 mm, A = 20.27 cm², d = 0.30 m) .

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al valore del numero dei colpi SPT equivalente prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

N_{spt} -> Dr DENSITA' RELATIVA (Terreni granulari) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

N_{spt} -> θ' ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE (Terreni granulari) - PECK-HANSON-THORBURN (1953-1974)

N_{spt} -> E' MODULO DI DEFORMAZIONE DRENATO (Terreni granulari) - D'APPOLONIA e altri (1970)

N_{spt} -> Cu COESIONE NON DRENATA (Terreni coesivi) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

N_{spt} -> Y PESO DI VOLUME

TERRENI GRANULARI (Terzaghi-Peck 1948/1967) [e.max = 1 e.min = 1/3 G = 2.65]

TERRENI COESIVI (Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967) [p.specifico G = 2.70]

R_{pd} -> Qd CAPACITA' PORTANTE DINAMICA Herminier, Tchong & Lebegue(1965)

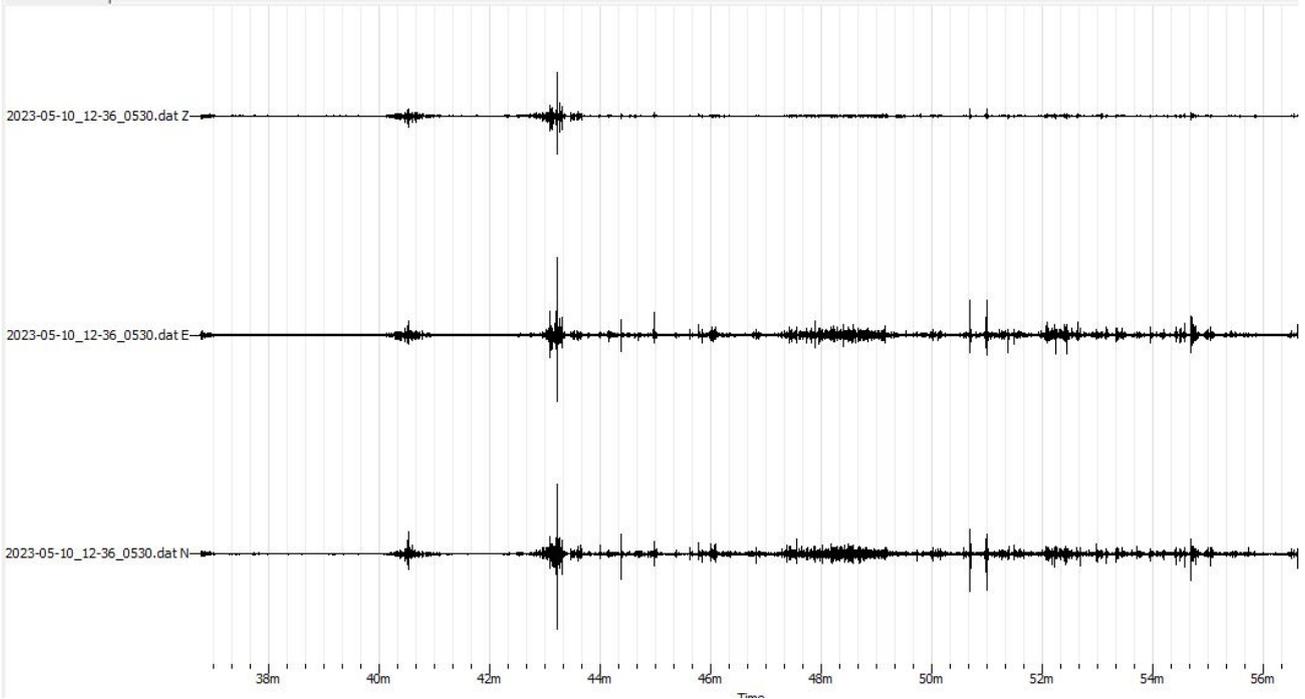
F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)

(g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (Amax/g)]

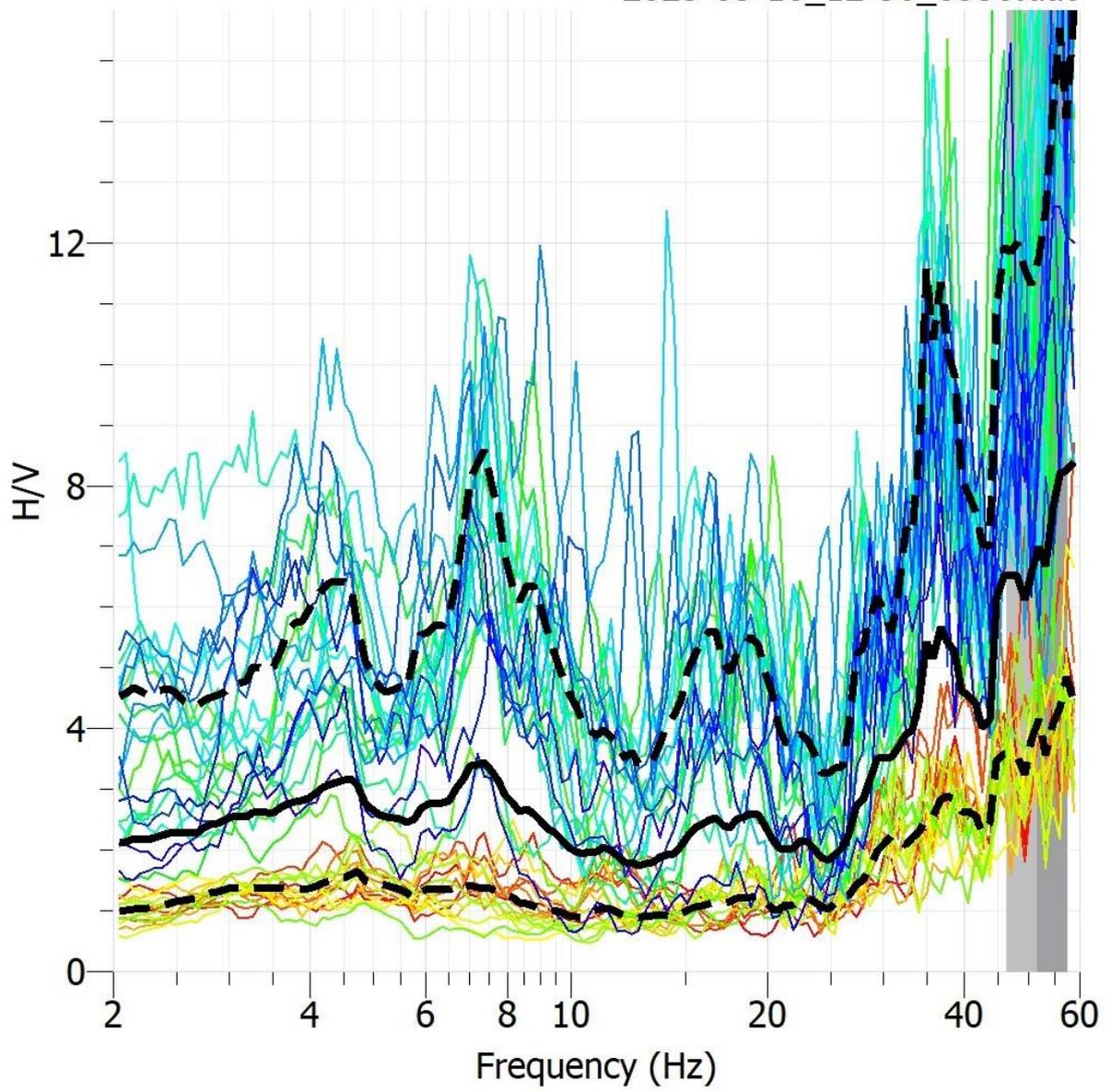
Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)

Calcolo HVSR

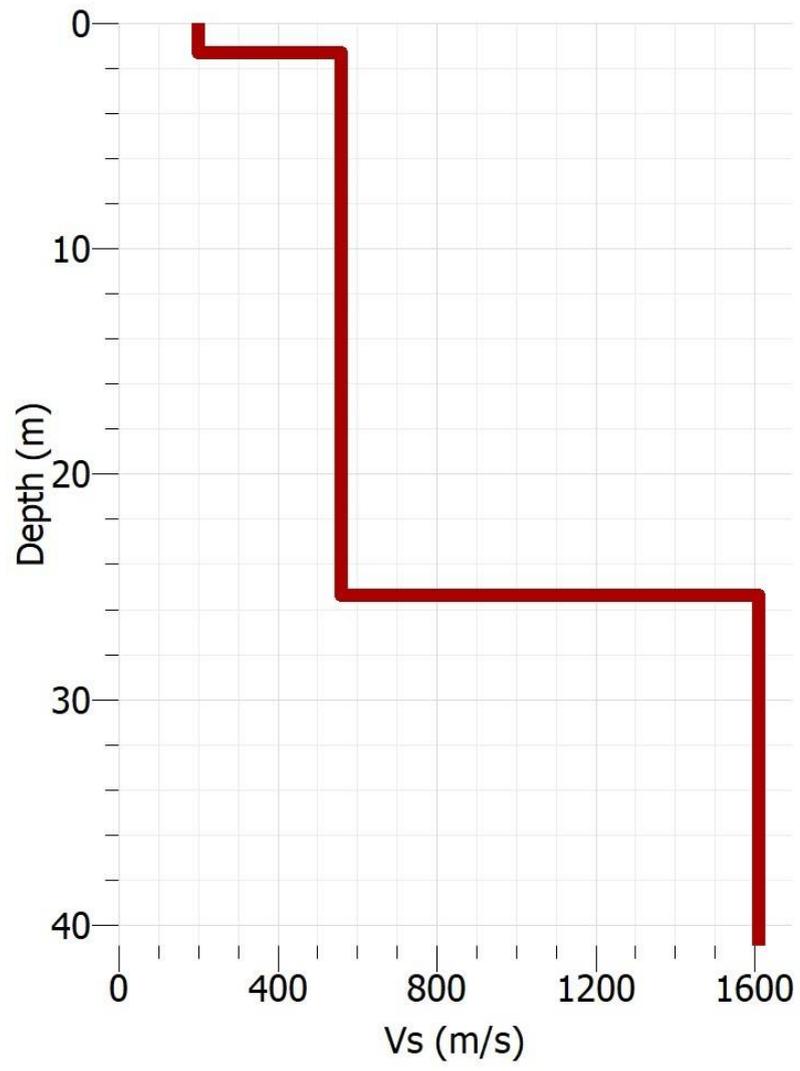
ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec. x	Rec. y
1	2023-05-10_12-36_0530.dat	Vertical	2023-05-10 12:36:46.000000	2023-05-10 12:56:46.000000	125	0.008	150000	20m	0	0
2	2023-05-10_12-36_0530.dat	East	2023-05-10 12:36:46.000000	2023-05-10 12:56:46.000000	125	0.008	150000	20m	0	0
3	2023-05-10_12-36_0530.dat	North	2023-05-10 12:36:46.000000	2023-05-10 12:56:46.000000	125	0.008	150000	20m	0	0



2023-05-10_12-36_0530.dat



2023-05-10_12-36_0530.dat
f0=51.742 [46.4667, 57.6162]
A0=6.90548 [4.08447, 11.6757]
Category: Default

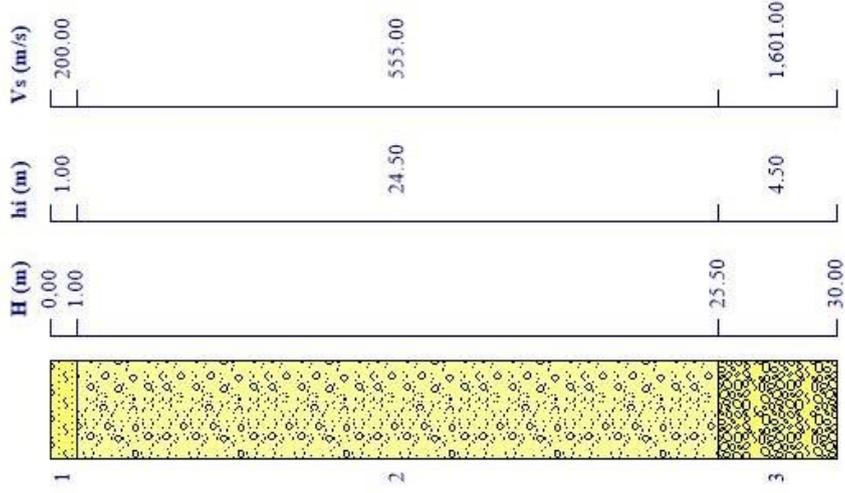
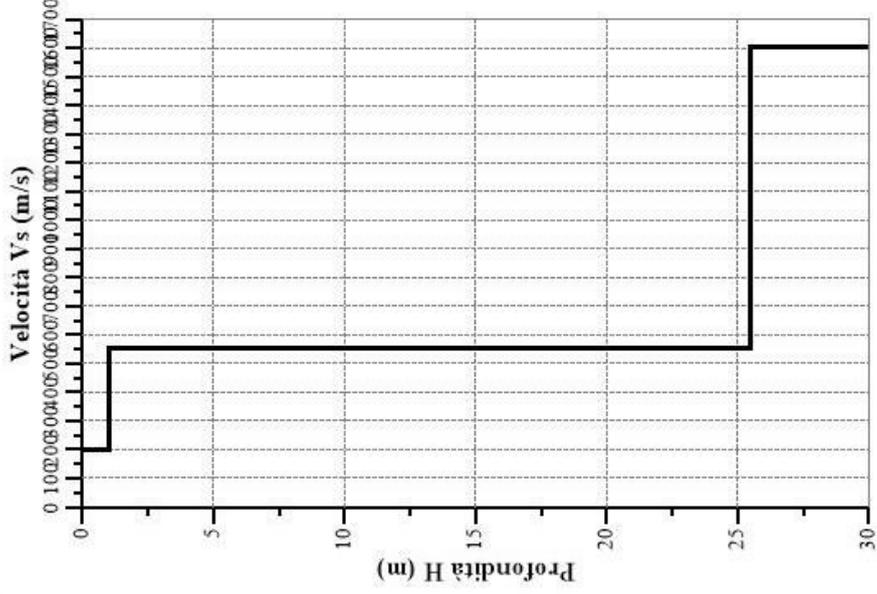


Sismostrati: Intervalli di Vs

Nr.	Z (m)	H (m)	Vs (m/s)	Retino
1	1.00	1.00	200.00	11
2	25.50	24.50	555.00	8
3	30.00	4.50	1.601.00	17

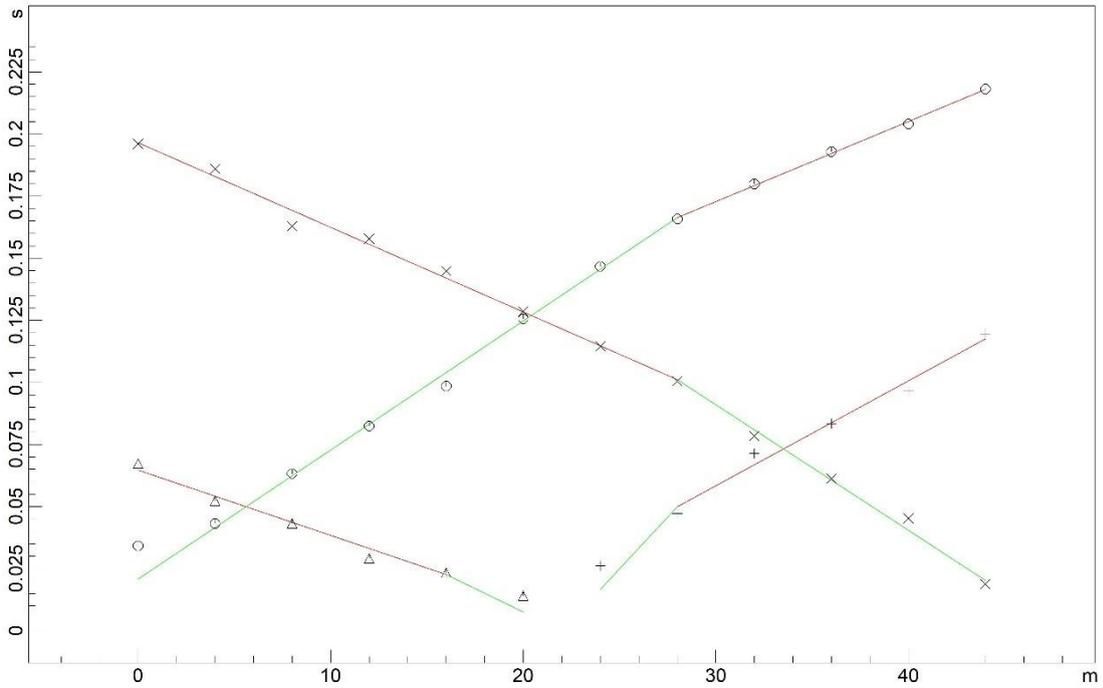
Livelli di riferimento: Livelli pf Categoria

Nr.	Zpf (m)	Vseq (m/s)	Categoria
1	0.00	518.88	B

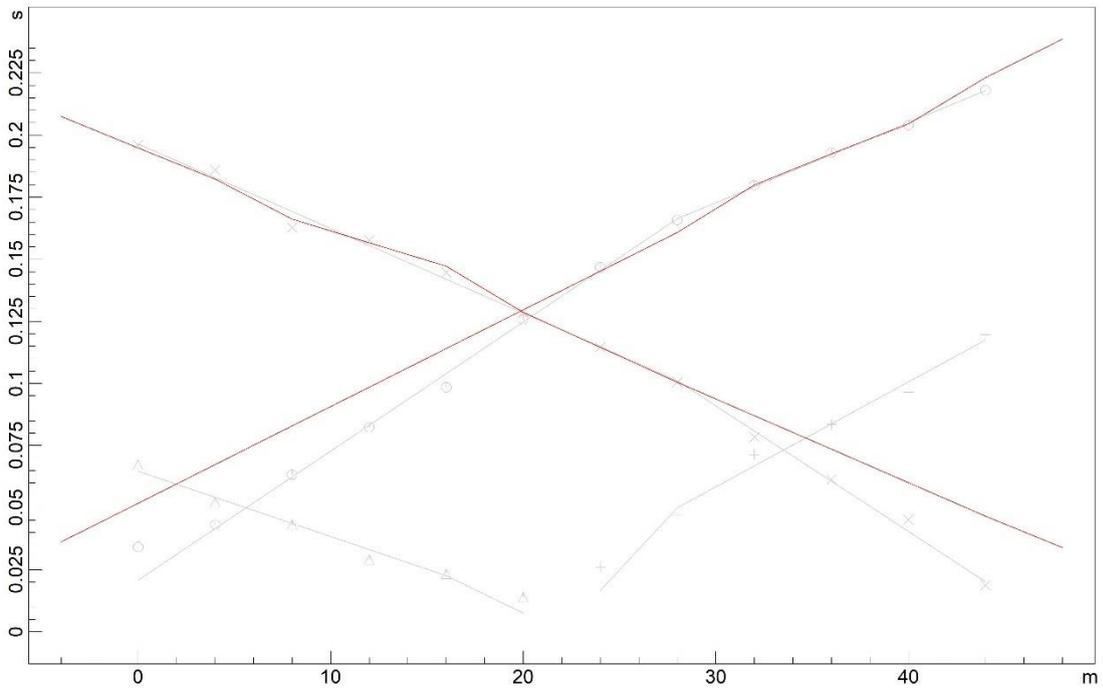


Gravina in Puglia (BA)
Stendimento sismico 1 – MASW e Rifrazione

DROMOCRONE ORIGINALI

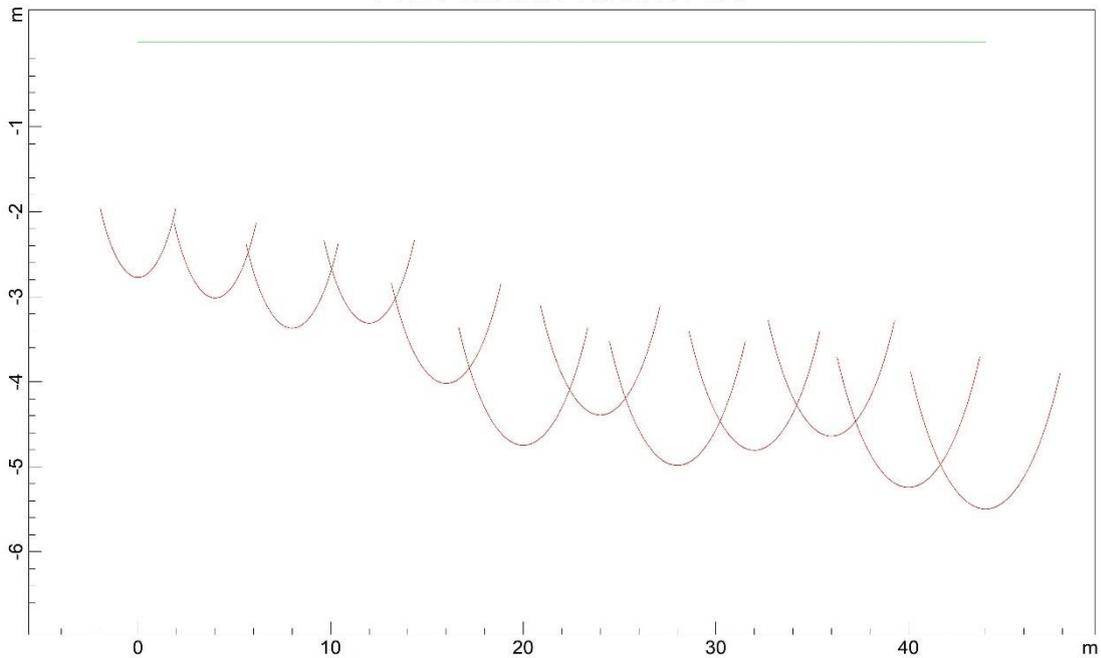


DROMOCRONE TRASLATE



Gravina in Puglia (BA)
Stendimento sismico 1 – MASW e Rifrazione

PROFONDITA' RIFRATTORI



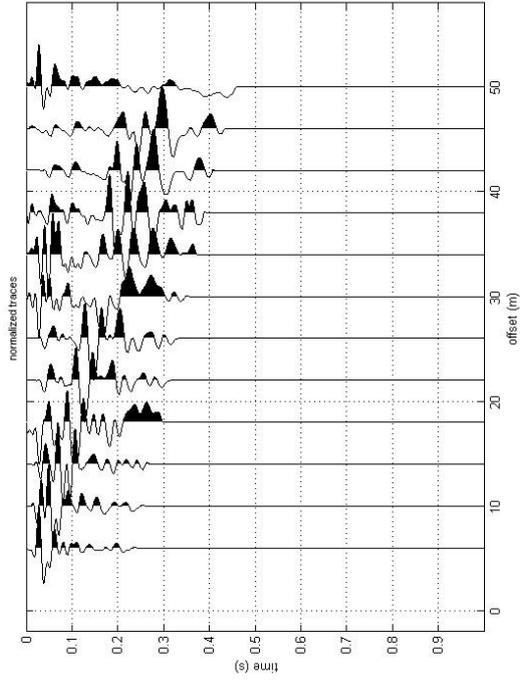
SEZIONE VERTICALE



 179.0 m/s  274.8 m/s

#1: uploading & processing (MASW analysis)

dataset: palatimp1010\valierfinal.dat
 sampling: 0.125 ms
 minimum offset: 6 m
 geophone spacing: 4 m



resampling:

data selection:

filtering & spectra:

0.50HZ

refraction:

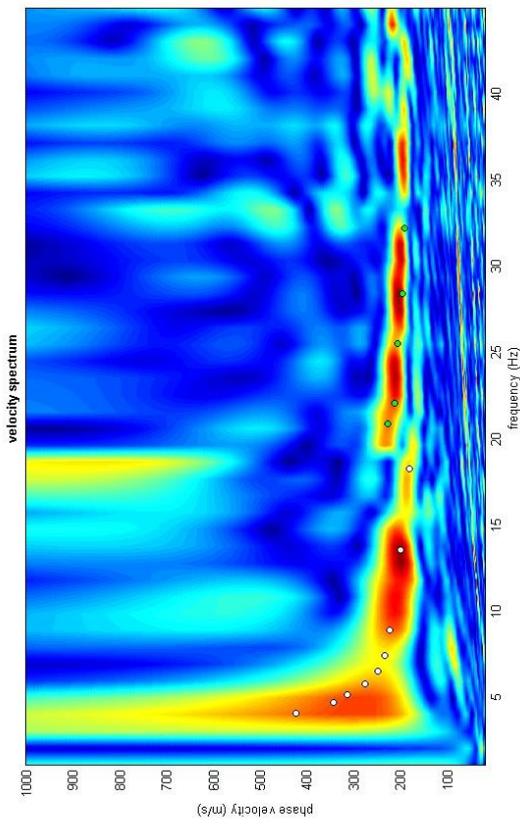
other tools & settings:

Time length to visualize (s)

#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & RefM analyses)

MASW: compute velocity spectrum F-k F-k

phase velocity F-k



visualize curves:

picking:

to select the last point of the picked mode click the right button

Gravina campo FV sud (rossa):

modelling:

synthetics: elastic shows DC

general setting: HVSR HV modes

Rayleigh: phase vel Refraction

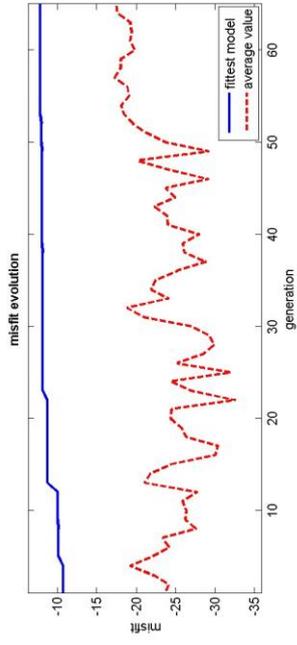
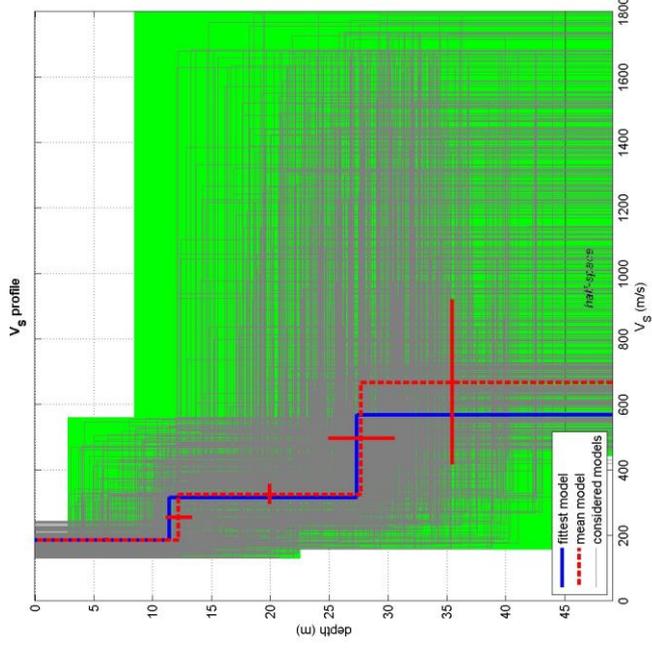
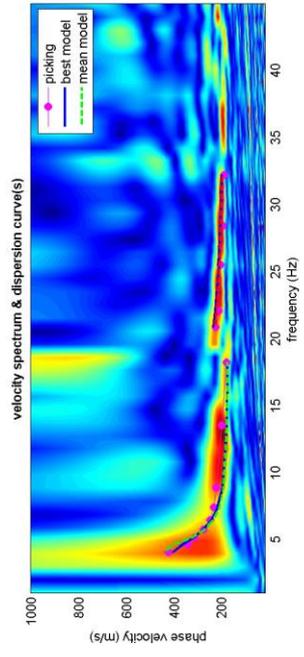
Reference depth: Refraction

Vs (m/s):

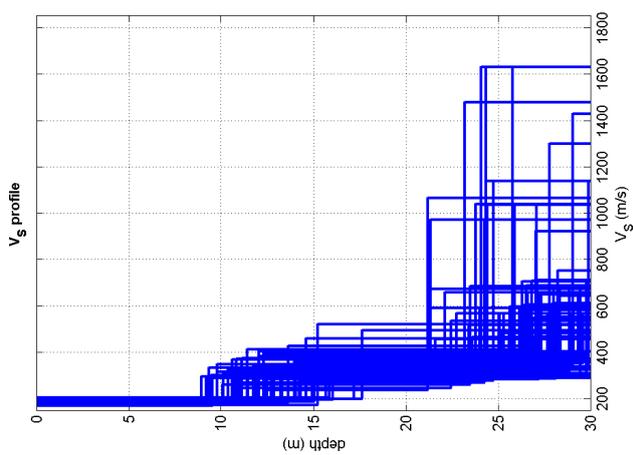
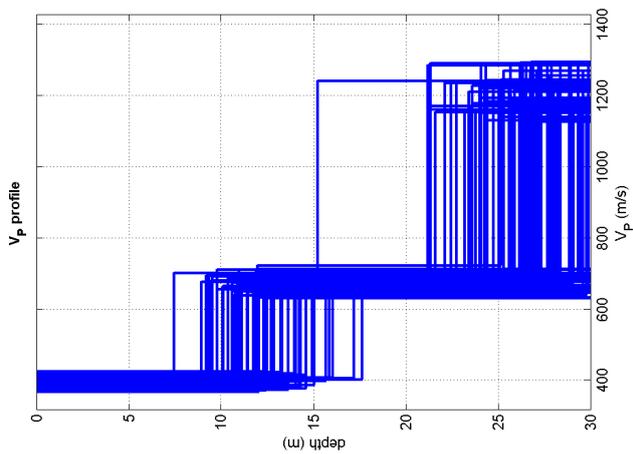
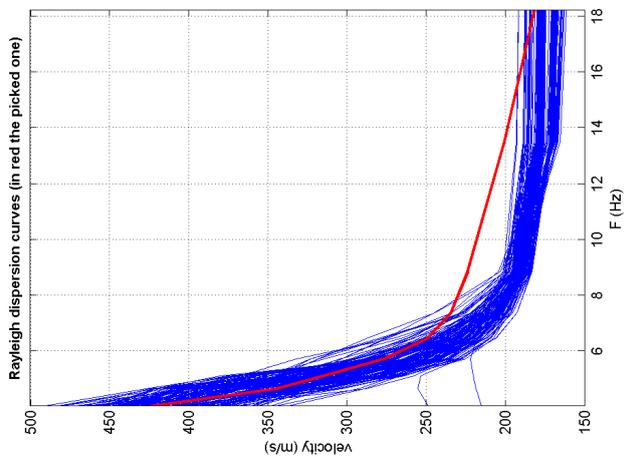
Poisson:

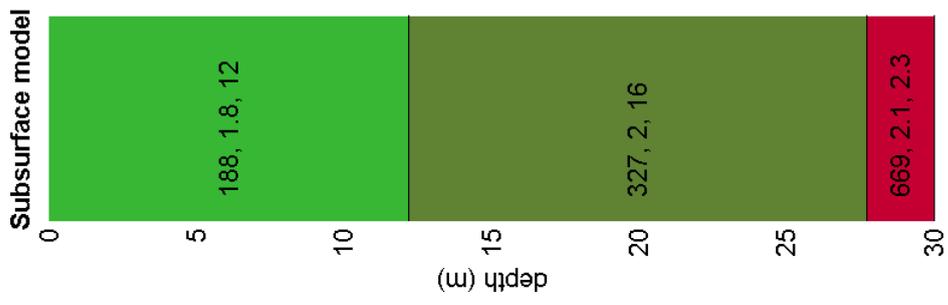
thickness (m):





dataset: paladimpulvovallefnale.dat
 dispersion curve: Gravina campo FV sud (rosso).cdp
 Vs30 (best model): 259 m/s
 Vs30 (mean model): 259 m/s

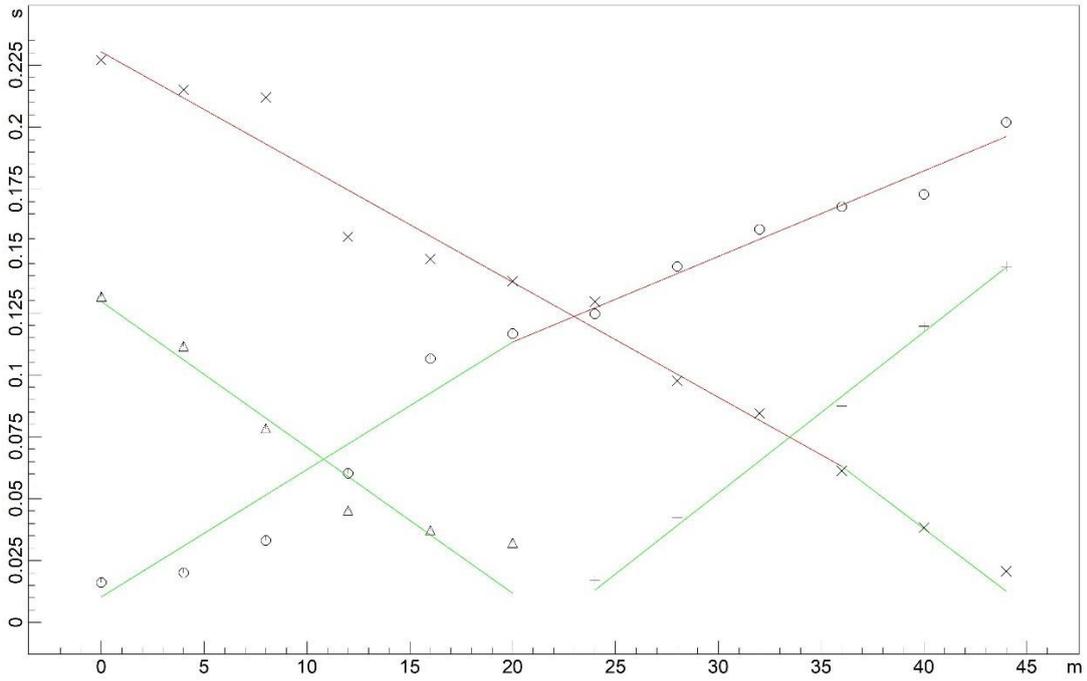




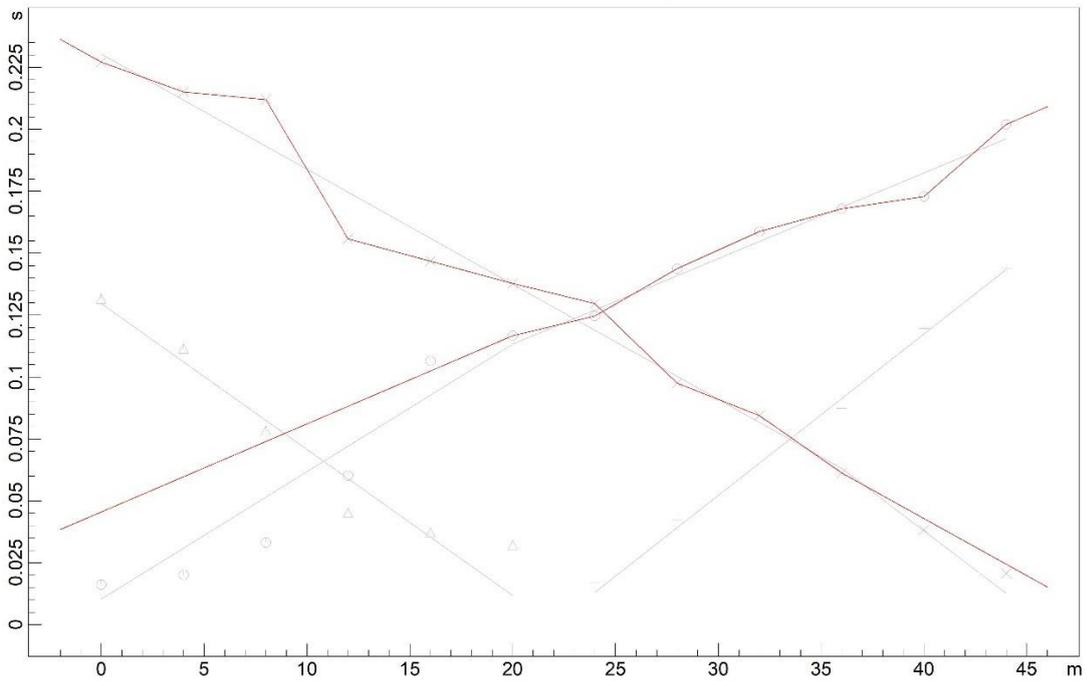
V_s density thickness
(m/s) (gr/cm³) (m)

Stendimento sismico – MASW e Rifrazione

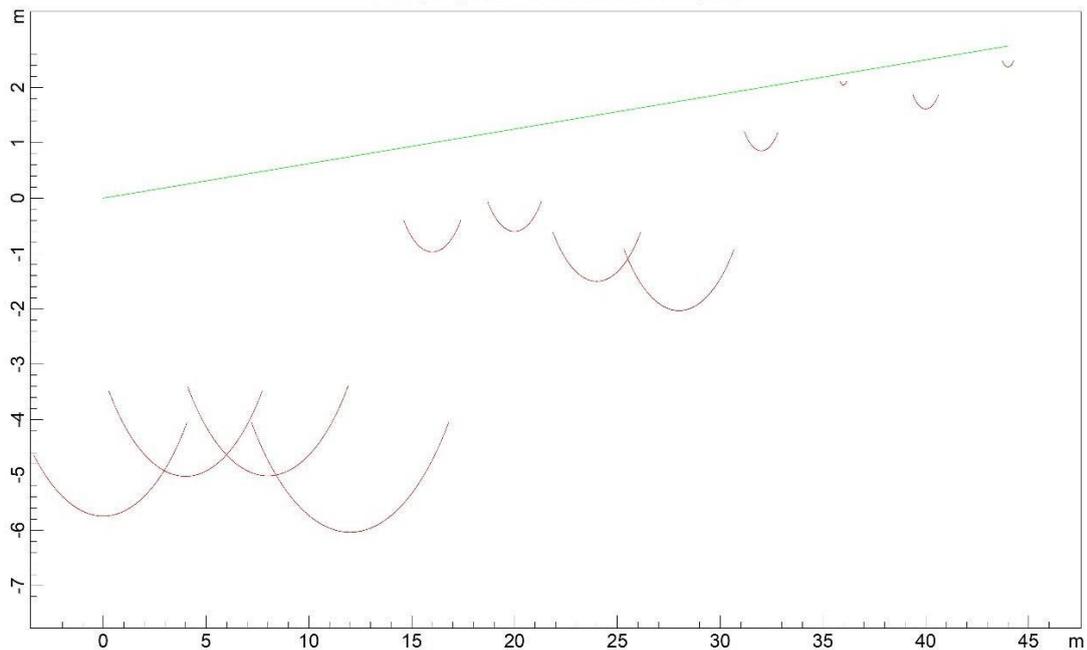
DROMOCRONE ORIGINALI



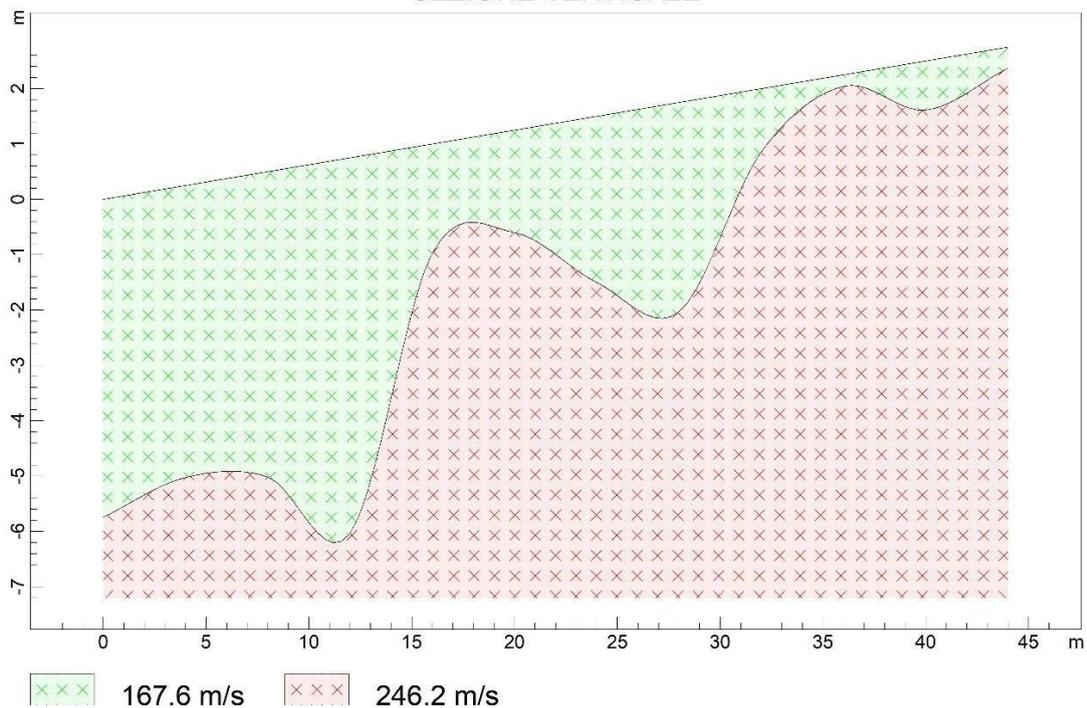
DROMOCRONE TRASLATE



PROFONDITA' RIFRATTORI

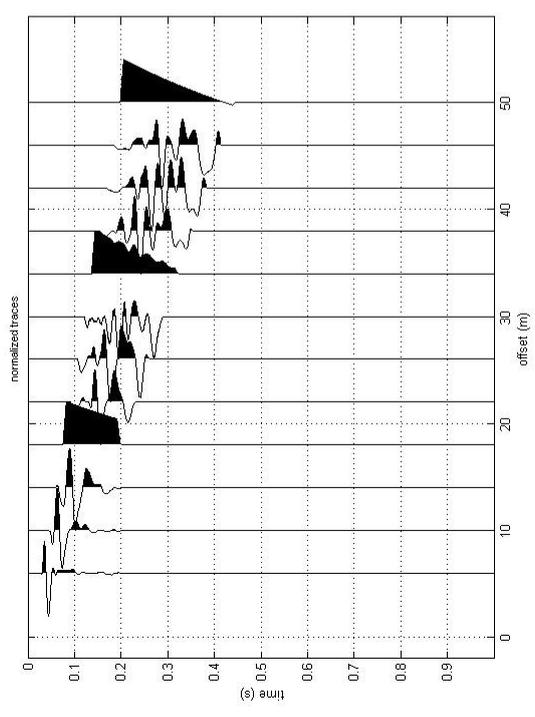


SEZIONE VERTICALE



#1: uploading & processing (MASW analyses)

dataset: palaciprimopuntostendimto.dat
 sampling: 0.125 ms
 minimum offset: 6 m
 geophone spacing: 4 m



resampling: 1
 activate
 select: 60
 cancel
 resample
 accept
 save

data selection: activate, select, cancel, save

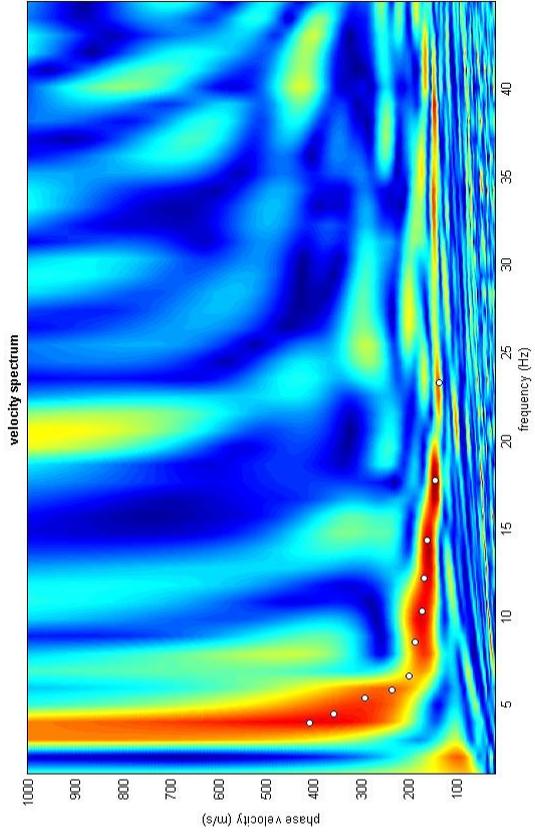
filtering & spectra: filter, cancel, spectrum, spectrogram

refraction: refraction: 100, upload, save, clear refraction

other tools & settings: 0.999975, Time length to visualize (s), flip traces, zero padding, done

#2: velocity spectrum, modeling & picking (MASW & RefM analyses)

MASW: compute velocity spectrum
 phase velocity f-k
 handling the spectra: save, upload, merge, group velocity, explore spectrum, mode separation



general setting: about Poisson, phase vel, Rayleigh: 3, Reference depth, HVSR, HV modes

modeling: Vs (ms), Poisson, thickness (m), synthetics, ZVF, elastic, shows DC, synthetics

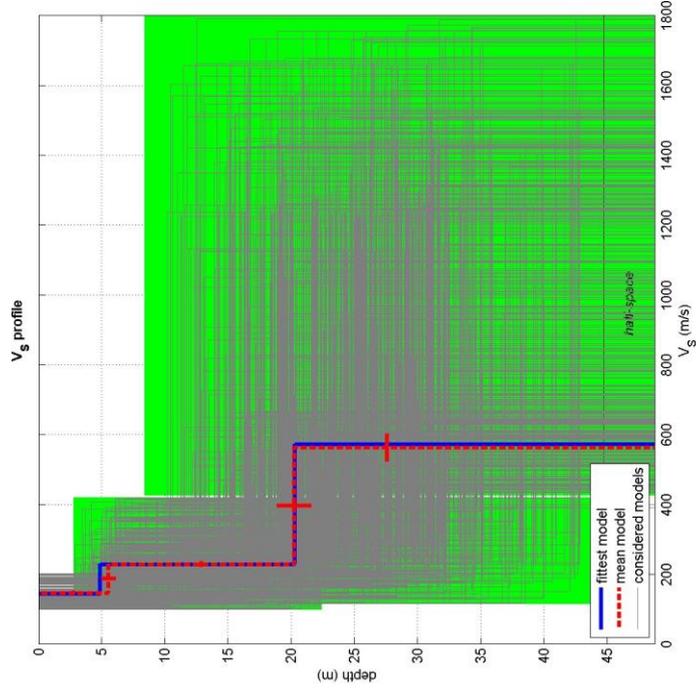
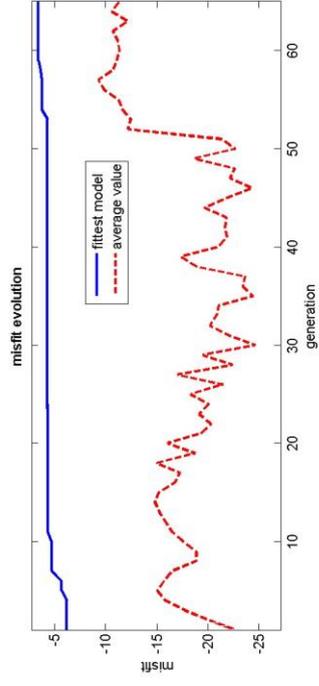
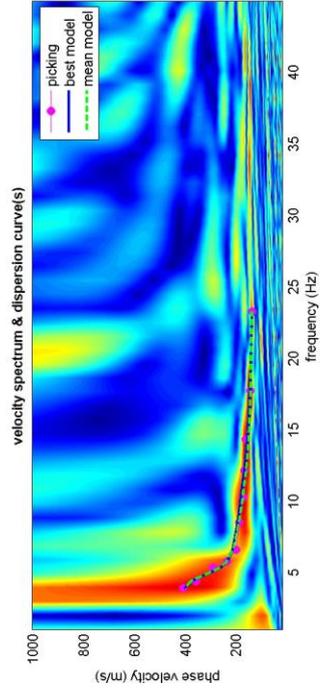
90	0.35	1
180	0.35	2
160	0.35	5
200	0.35	7
300	0.35	20
900	0.35	0
0	0.35	0

calculate, upload mod., save model, refresh, md models, report

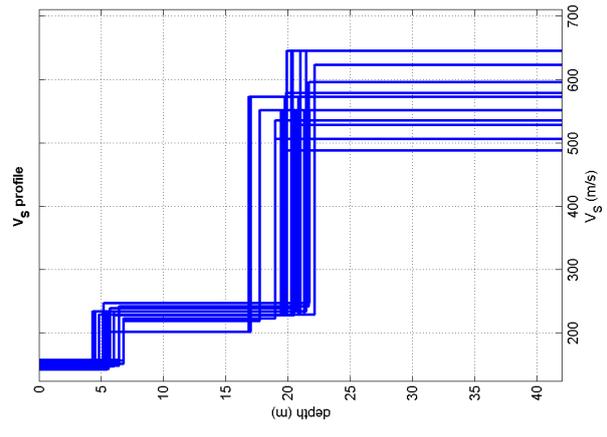
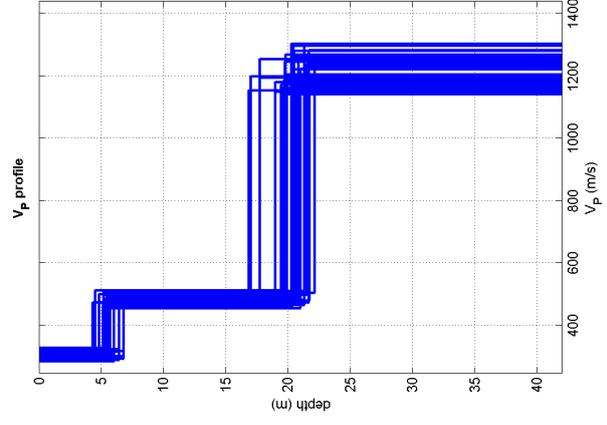
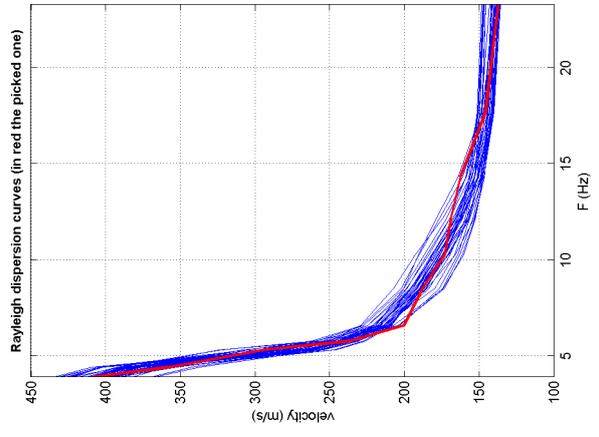
visualize curves: input curve, ?

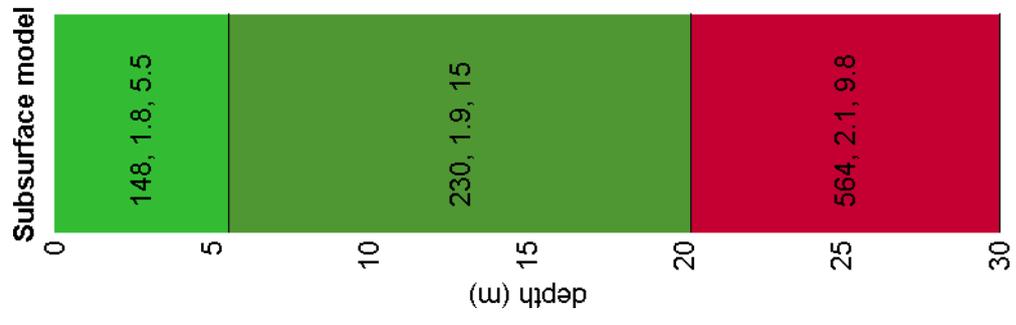
picking: show f-k, ?
 Fundamental
 to select the fundamental mode click the mode click the right button
 save picking, ?
 Grewina Pala 5.0dp
 cancel picking

inversion: inversion, Joint DC-HV Inv.



dataset: pala5primopuntostendimento.dat
 dispersion curve: Gravina Pala 5.cdp
 V_{s30} (best model): 255 m/s
 V_{s30} (mean model): 253 m/s

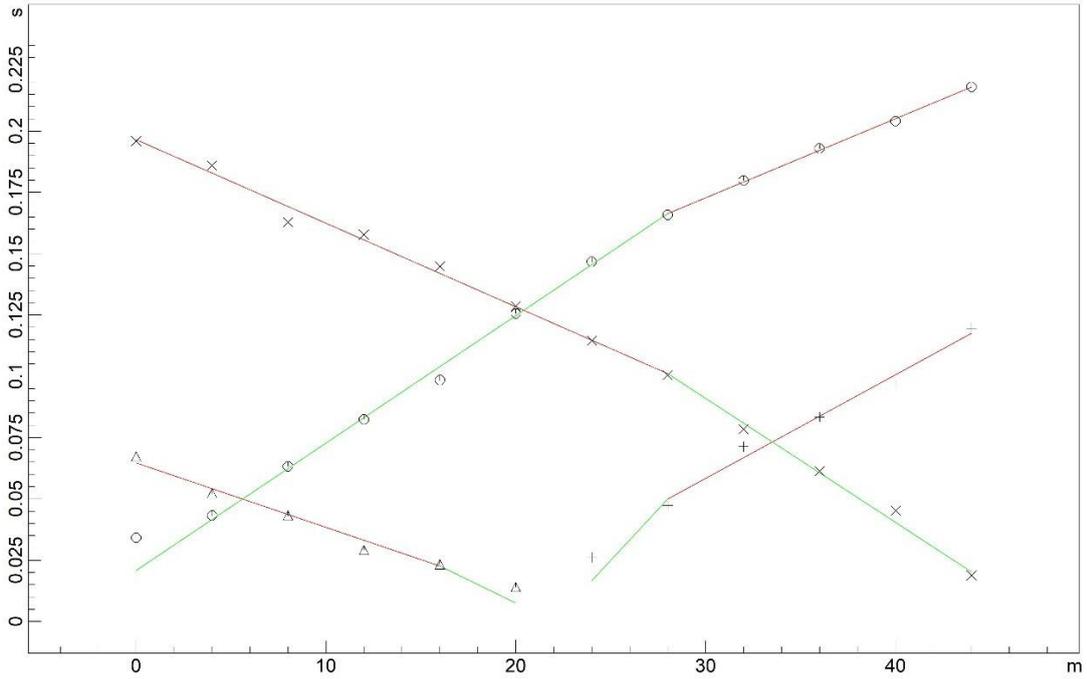




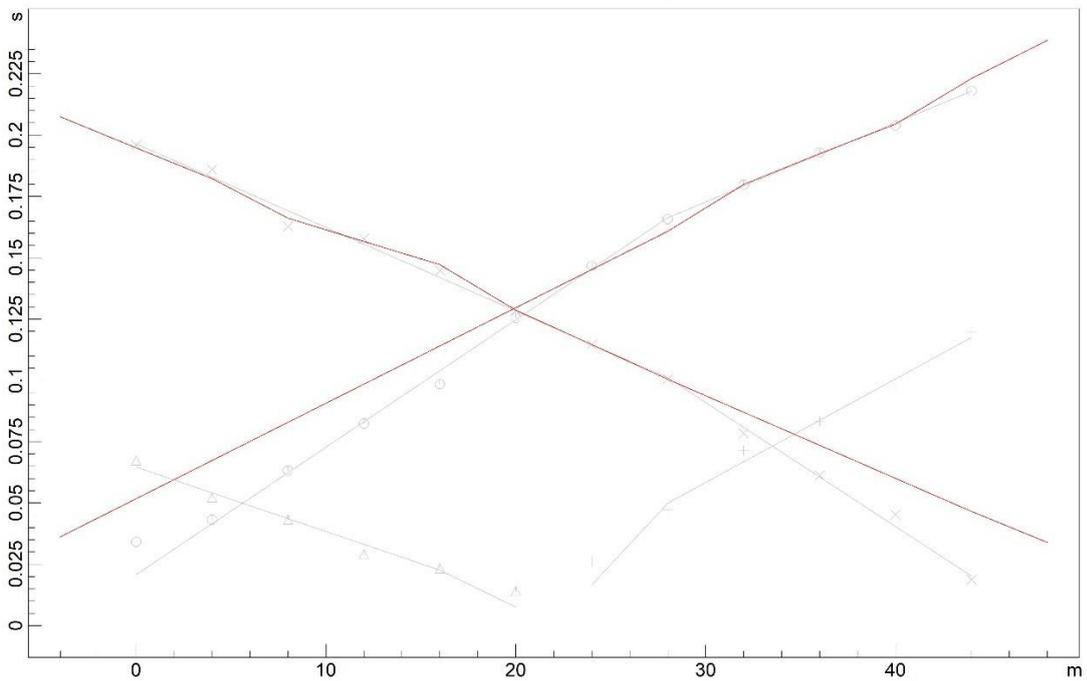
V_s density thickness
(m/s) (gr/cm³) (m)

Stendimento sismico 3 – MASW e Rifrazione

DROMOCRONE ORIGINALI

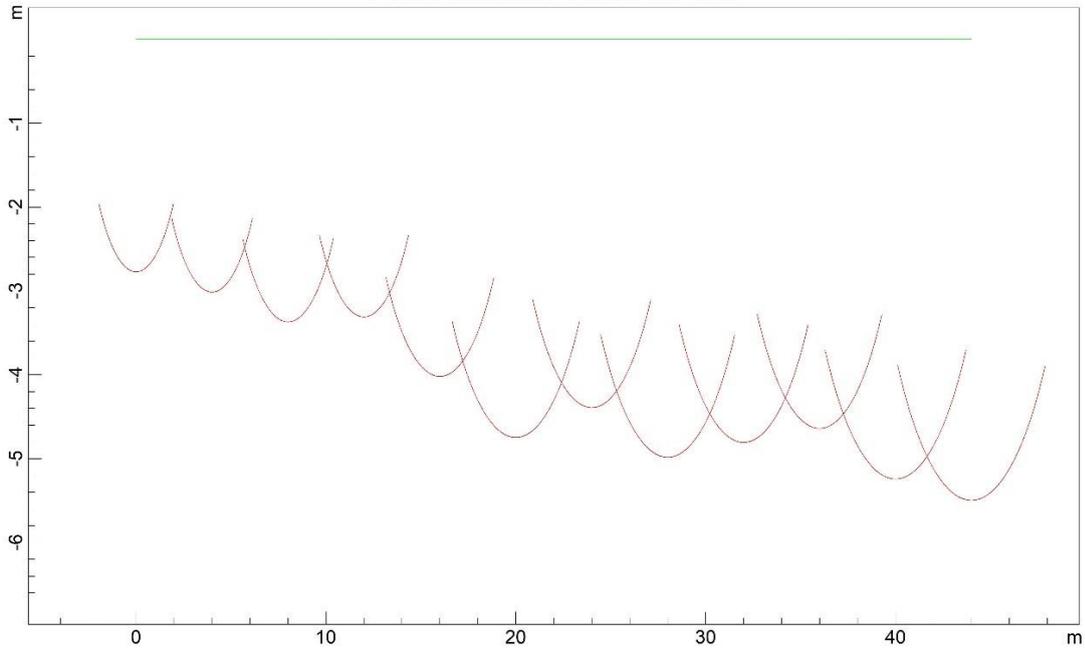


DROMOCRONE TRASLATE

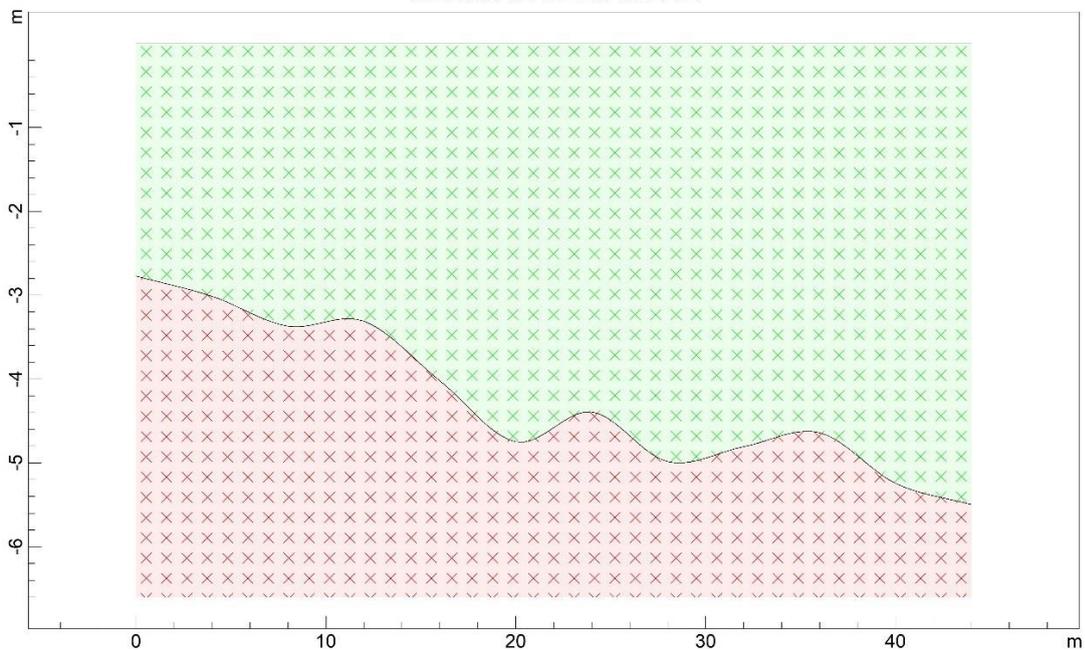


Gravina in Puglia (BA)
Stendimento sismico a rifrazione campo eolico
sezione impluvio a valle pala 4

PROFONDITA' RIFRATTORI



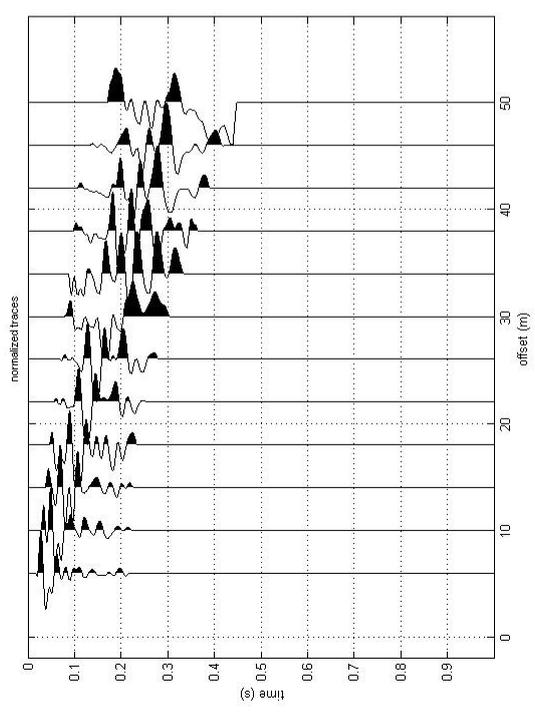
SEZIONE VERTICALE



xxx 179.0 m/s xxx 274.8 m/s

#1: uploading & processing (MASW analyses)

dataset: palax4imp1uiovallefinale.dat
 sampling: 0.125 ms
 minimum offset: 6 m
 geophone spacing: 4 m

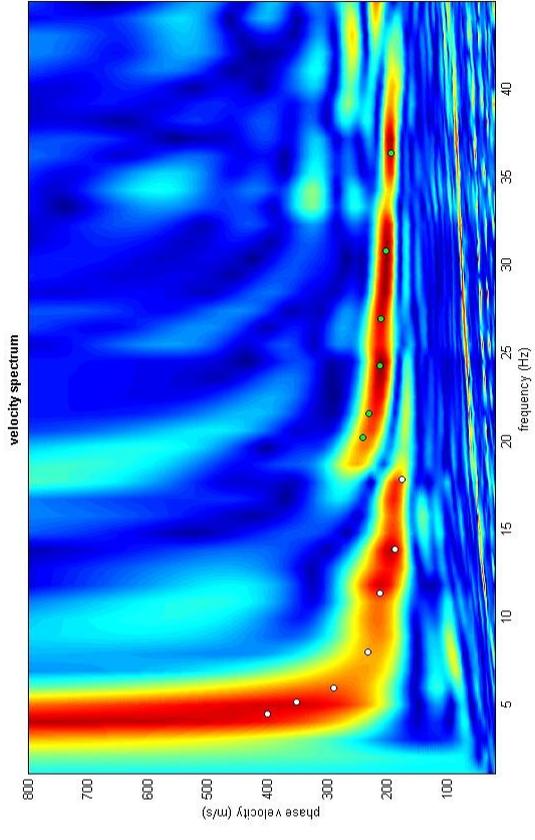


resampling: 1
 resample: accept
 data selection: activate, select, cancel, save
 0-50Hz: spectrum, spectrogram
 filtering & spectra: filter, cancel, refraction, upload, save, clear refraction, refraction: 100

other tools & settings: 0.999975, Time length to visualize (s): done, flip traces, zero padding

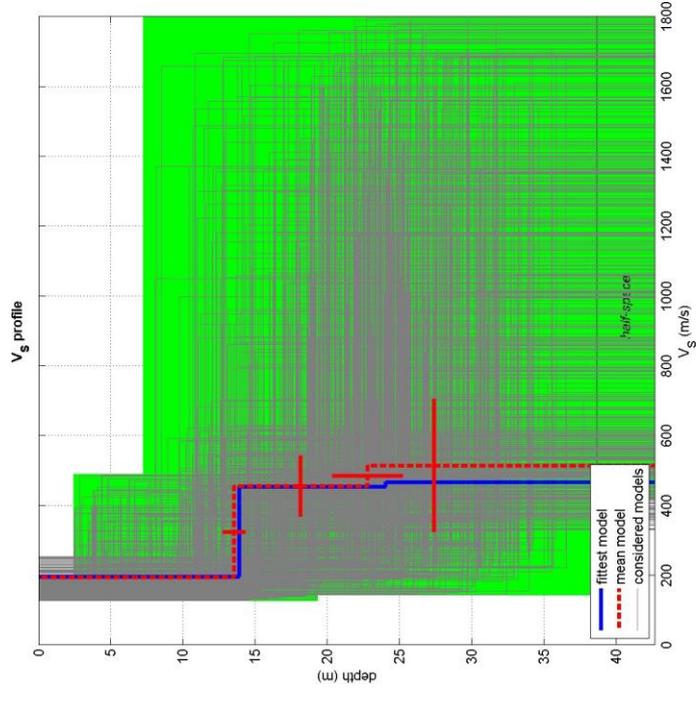
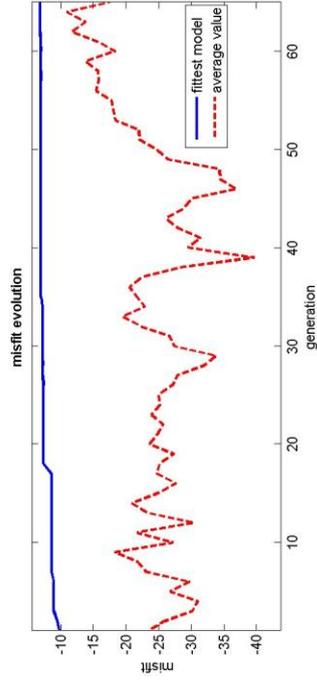
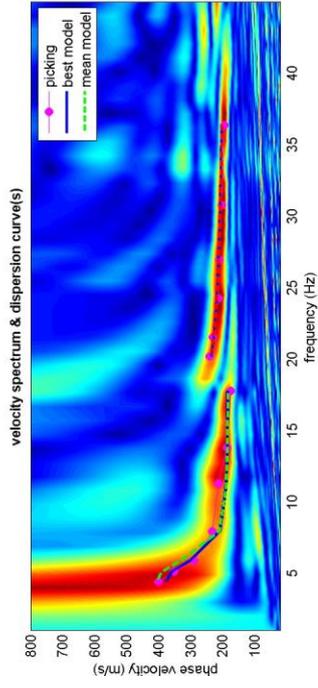
#2: velocity spectrum, modeling & picking (MASW & RefM analyses)

MASW: compute velocity spectrum
 phase velocity: f-k
 handling the spectra: save, upload, merge, group velocity, explore spectrum, mode separation

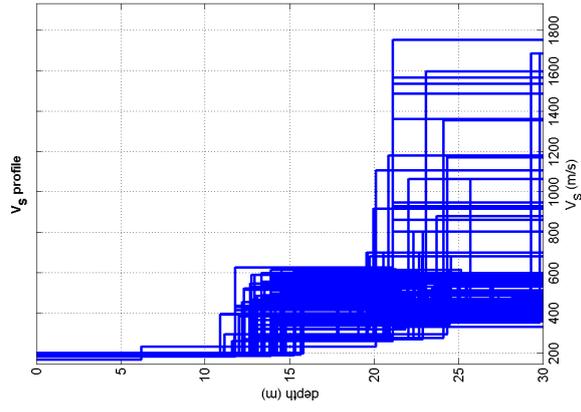
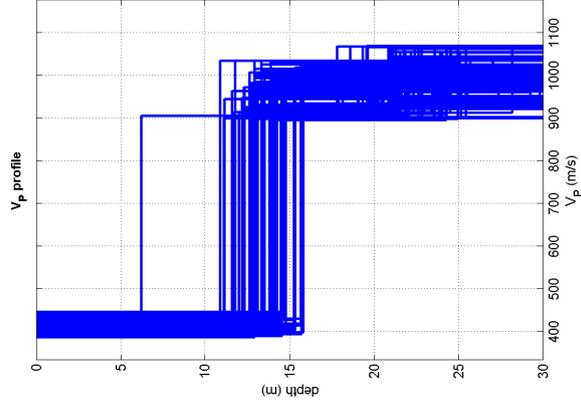
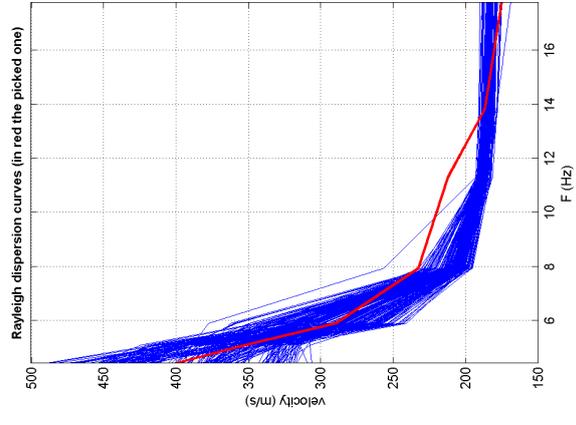


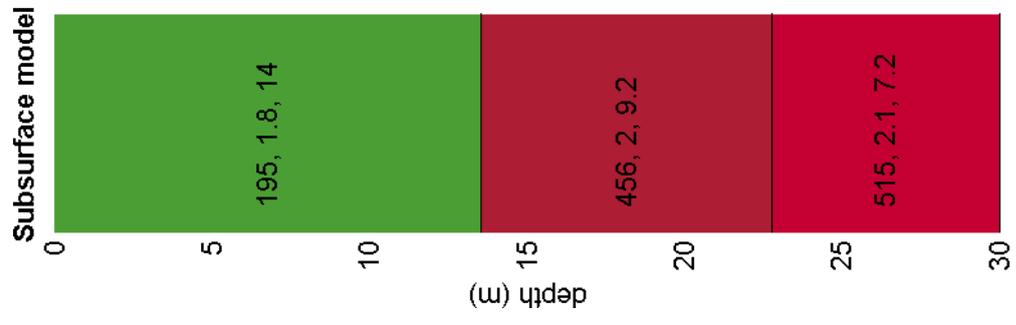
visualize curves: input curve, ?
 picking: show f-k, first higher, to select the first higher mode click the analyzed mode click the right button, save picking, ?
 Growing polo 4-cdp, cancel picking
 inversion: inversion, Joint DC-HV Inv.

modeling: synthetics, ZVF, elastic, shows DC, synthetics
 calculate, upload mod., save model, refresh, md models, report
 Vs (m/s): 90, 180, 160, 200, 300, 900, 0
 Poisson: 0.35, 0.35, 0.35, 0.35, 0.35, 0.35, 0.35
 thickness (m): 1, 2, 5, 7, 20, 0
 general setting: about Poisson, phase vel, Refraction, Reference depth, HVSR, HV modes



dataset: paladimpluviovallefinale.dat
 dispersion curve: Gravina palo 4.cdp
 V_{s30} (best model): 283 m/s
 V_{s30} (mean model): 289 m/s





V_S density thickness
(m/s) (gr/cm³) (m)