

RICHIESTA DI VARIANTE SOSTANZIALE DELLA CONCESSIONE ALLA DERIVAZIONE IDRICA DAL FIUME TARO A RAMIOLA E PROGETTO DEL NUOVO IMPIANTO IDROELETTRICO DI MEDESANO

PROGETTO DEFINITIVO



TITOLO ELABORATO

PROGETTO DELL'IMPIANTO IDROELETTRICO

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA E SISMICA

ELABORATO

RE06

SCALA

-

CODICE PROGETTO	2020-022	LIV. PROG.	02	CODICE ELAB.	2020-022-02-RE06	REVISIONE	-
--------------------	----------	---------------	----	-----------------	------------------	-----------	---

PROGETTISTI:

Ing. Alberto Bizzarri

Arch. Gian Domenico Pedretti

Arch. Paola Cavallini

A+C_ARCHITETTURA E CITTA' studio associato

GEOLOGIA:

Geol. Carlo Caleffi

Geol. Francesco Cerutti

ENGEO s.r.l.

IMPATTO ACUSTICO:

Dott. Matteo Melli

SYRIOS s.r.l.

RESPONSABILE STUDIO D'IMPATTO AMBIENTALE:

Ing. Nicola Mammi

COORDINATORE PER LA SICUREZZA:

Ing. Angelo M. Zanotti

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:

Ing. Daniele Scaffi

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDAZIONE	VERIFICA	AUTORIZZAZIONE
-	LUG 2020	Progetto Definitivo	Geologi C. Caleffi & F. Cerutti	Ing. N. Mammi	Ing. D. Scaffi

Comune di Medesano
Provincia di Parma

Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

I Geologi:

Dott. Carlo Caleffi
Dott. Francesco Cerutti




EN GEO S.r.l.
ENGINEERING GEOLOGY
www.engeo.it

Sede legale e uffici : via Adorni, 2 - 43121 Parma
Tel 0521 233999 - Fax 0521 200181
Sede locale: via Ferrari 5/G 46045 Marmirolo MN
Tel 0376 467967
email info@engeo.it - www.engeo.it

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

INDICE

1.	Premesse	2
1.1	Normativa di riferimento	2
1.2	Caratteristiche dell'intervento	3
2.	Inquadramento territoriale	4
2.1	Geologia	4
2.2	Geomorfologia	7
2.3	Idrogeologia	10
3.	Indagini eseguite	14
3.1	Prova penetrometrica statica a punta meccanica (CPT)	14
3.2	Prova penetrometrica dinamica (SCPT)	15
3.3	Rilievo sismico mediante tomografo	17
4.	Caratteri litostratigrafici	19
5.	Aspetti sismici	21
5.1	Sismicità storica del territorio	21
5.2	Classificazione sismica	23
5.3	Categoria di sottosuolo e coefficienti sismici di progetto	26
5.4	Vulnerabilità sismica dell'opera	28
5.5	Magnitudo di riferimento	29
5.6	Rischio di liquefazione	30
5.6.1	Calcolo di CSR	31
5.6.2	Calcolo di CRR	32
5.6.3	Rischio di liquefazione secondo Iwasaki	33
5.6.4	Analisi dei risultati	34
6.	Elaborazione dei dati forniti dalle indagini in situ	35
6.1	Angolo di resistenza al taglio	35
6.2	Modulo elastico	35
7.	Modello geotecnico	36
8.	Conclusioni	39

 ENGEO Srl ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	1 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

1. PREMESSE

La presente relazione, commissionata dal Prof. Ing. Alberto Bizzarri, descrive lo studio geologico, geotecnico e sismico effettuato a supporto di un impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR).

Detto studio è stato realizzato nel rispetto della normativa vigente, richiamata nel successivo paragrafo 1.1 e in particolare del D.M. 17/01/2018, Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni.

Inizialmente, sono state svolte una serie di analisi tematiche relative alle caratteristiche fisiche del territorio oggetto d'intervento basandosi, oltre che su rilevamenti diretti di campagna, sui risultati di una ricerca di informazioni pregresse.

Successivamente, per verificare le condizioni litostratigrafiche e geotecniche dei terreni che saranno interessati dalla nuova costruzione, è stata svolta una campagna di indagini geognostiche che ha comportato la realizzazione di n° 2 prove penetrometriche (la prima statica e dinamica, la seconda solo dinamica).


Ai fini della verifica delle caratteristiche sismiche del sottosuolo è stata, inoltre, effettuata una prova HVSR, mediante tromografo digitale.

I report delle indagini sopraindicate sono riportati, in calce alla relazione, nei seguenti allegati:

- *All. 1 – Prove penetrometriche*
- *All. 2 – Prova tromografica*
- *All. 3 – Verifiche a liquefazione*

1.1 Normativa di riferimento

- Circolare 21.01.2019 n° 7 C.S.LL.PP. – Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni” di cui al DM 17.01.2018
- D.G.R. 1164 del 23.07.2018 – Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei Comuni dell'Emilia Romagna
- Decreto ministeriale 17.01.2018 – Testo unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Istruzioni per l'applicazione delle “Norme Tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14.01.2008, Circolare 2 febbraio 2009
- L.R. n. 19 del 30.10.2008 “Norme per la riduzione del rischio sismico”
- Decreto ministeriale 14.01.2008 – Testo unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni – Allegato A

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	2 di 40


PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

- 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
- O.P.C.M. n° 3274 (2003) - "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"
- Eurocodice 7.3 (2002) – Progettazione geotecnica –Parte II: Progettazione assistita da prove in sito - UNI
- Eurocodice 7.2 (2002) – Progettazione geotecnica –Parte I: Progettazione assistita da prove di laboratorio - UNI
- 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

1.2 Caratteristiche dell'intervento

Coerentemente con quanto disposto delle NTC 2018 (Cap. 2.4), su indicazione del progettista, Prof. Ing. Alberto Bizzarri, sono stati assunti i seguenti parametri di progetto:

- VITA NOMINALE: “Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari” la cui vita nominale è $V_n \geq 50$ anni (come definito dalla Tab. 2.4.I delle N.T.C. 01/2018);
- CLASSE D'USO: *Classe II: “Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti”* (come definito dal paragrafo 2.4.2 delle N.T.C. 01/2018). Con conseguente coefficiente d'uso $C_u=1.0$ (cfr. Tab. 2.4.II delle N.T.C. 01/2018).
- PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA: Considerata la classe d'uso II, il coefficiente d'uso risulta $C_u=1.0$ (cfr. Tab. 2.4.II delle N.T.C. 01/2018), e di conseguenza la Vita di riferimento del fabbricato è $V_R=V_N \cdot C_u= 50$ anni.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	3 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

2.1 Geologia

L'area in esame ricade nella Pianura dell'Emilia-Romagna la quale costituisce il settore meridionale della Pianura Padana, la più grande pianura alluvionale d'Italia, formata dai depositi del fiume Po e dei suoi affluenti.

La Pianura dell'Emilia-Romagna ha cominciato a formarsi nel Pleistocene medio, circa 500.000 anni fa, quando, a seguito dei sollevamenti in atto, il mare si è spostato dal margine appenninico, via via sempre più verso est, sino alla sua attuale posizione.

Il sottosuolo è contraddistinto da un forte accumulo di sedimenti alluvionali quaternari che appoggiano, con discontinuità a discordanza semplice, sul substrato di sedimenti marini del pliocene superiore e del pleistocene inferiore.

L'assetto di tale corpo sedimentario è il risultato dell'evoluzione deposizionale dei corsi d'acqua, legata sia alle variazioni climatiche pleistoceniche sia ai recenti movimenti tettonici della zona di margine, vale a dire di quella fascia interposta tra la Pianura s.l. in abbassamento e l'Appennino in sollevamento.


E' possibile riconoscere nella Pianura dell'Emilia-Romagna alcuni ambienti deposizionali: le conoidi alluvionali sono tipiche della zona pedeappenninica, ad esse fa seguito la piana alluvionale, che passa verso costa alla piana deltizia del fiume Po e alla piana costiera.

I sedimenti di questi ambienti deposizionali sono costituiti prevalentemente da: ghiaie nelle conoidi alluvionali; sabbie, limi e argille nella piana alluvionale; sabbie nella piana deltizia e costiera.

Nel sottosuolo i depositi della pianura costituiscono un cuneo che si allarga velocemente procedendo dal margine appenninico verso nord; lo spessore massimo di questi depositi arriva ad oltre 600 metri.

L'assetto geostrutturale delle formazioni prequaternarie è caratterizzato da una successione plicativa ad anticlinali e sinclinali spesso fagliate e sovrascorse, con assi a vergenze appenniniche (cfr. Fig. 1).

In tale schema la pianura parmense è compresa nell'arco delle pieghe emiliane caratterizzate da due distinti fasci di *thrust*: il primo, più meridionale, detto fronte di accavallamento appenninico (P.T.F.), definisce il limite della catena appenninica affiorante; il secondo, detto fronte di accavallamento esterno (E.T.F), definisce il limite dell'appennino sepolto, rappresentato, nell'area in questione, dalla struttura di Collecchio.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	4 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

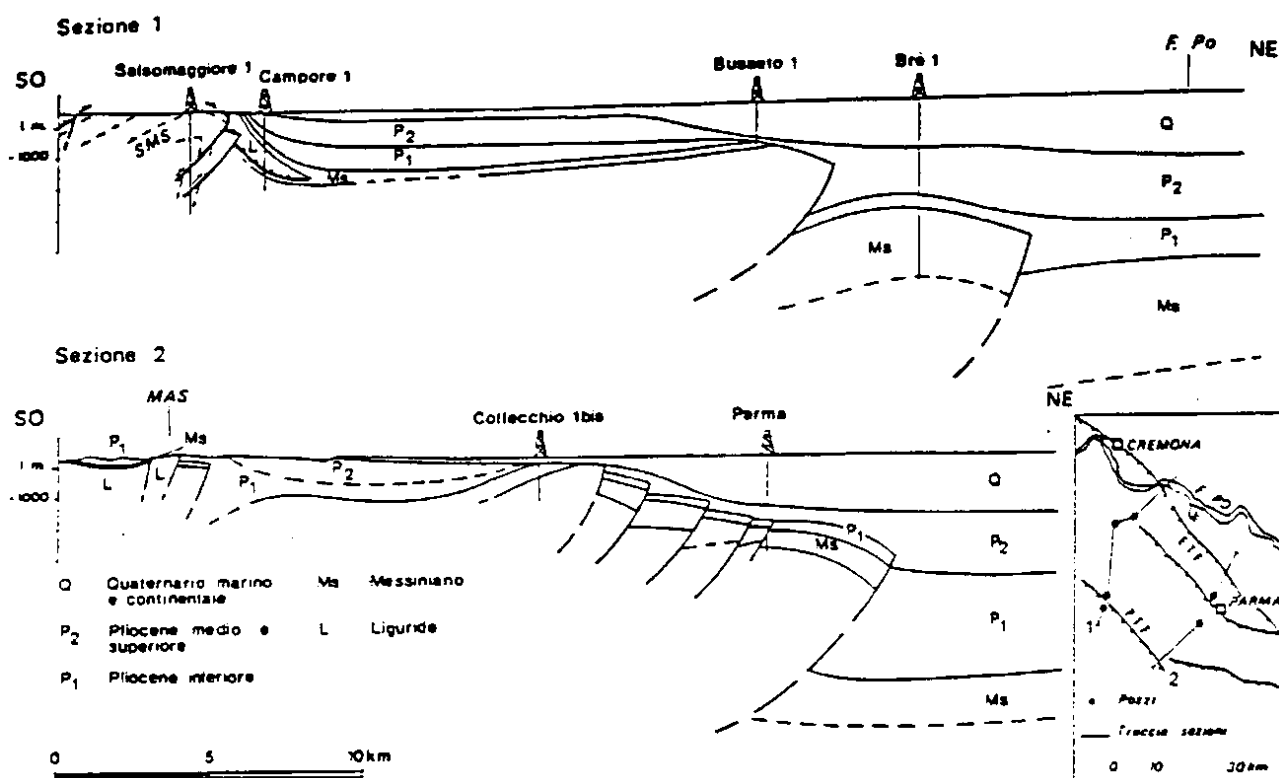



FIG. 1 - SEZIONI GEOLOGICHE DAL FRONTE DI ACCAVALLAMENTO PEDEAPPENNINICO (PTF) AL FRONTE DI ACCAVALLAMENTO ESTERNO (ETF) (DA BERNINI E PAPANI, 1987)

L'andamento strutturale dell'Appennino sepolto può essere interpretato come effetto di una compressione e di un raccorciamento crostale che, secondo i moderni schemi geodinamici, risulta legato ad un doppio fenomeno di subduzione e/o ispessimento della crosta. In tale quadro d'insieme si giustifica lo sviluppo della rete idrografica maggiore che risulta conforme ai principali assi di sinclinali sepolte.

I depositi, nel territorio in esame sono contraddistinti da una potente successione terrigena del quaternario.

A scala padana la successione quaternaria ha un forte carattere regressivo con sabbie e peliti torbiditiche alla base, seguite da un prisma sedimentario fluvio-deltizio, progradante, ricoperto al tetto da depositi continentali.

In conformità con quanto assunto dal Servizio Geologico e cartografico della Regione Emilia-Romagna, le unità stratigrafiche definite ed utilizzate nel presente studio rientrano nella classe delle Sequenze Deposizionali *sensu Mitchum et Al.* (1977).

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	5 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

Dal punto di vista gerarchico si distinguono due Sequenze Principali (Supersintemi secondo la terminologia delle U.B.S.U.) denominate come segue:

- Supersintema del Quaternario Marino, costituito da terreni paralici e marini depositi tra il Pliocene superiore e il Pleistocene inferiore.
- Supersintema Emiliano-Romagnolo, costituito da depositi di ambiente continentale depositi a partire da 800.000 anni BP.

Nel complesso i depositi affioranti nel territorio in esame sono relativi al Supersintema Emiliano-Romagnolo.

L'Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore è caratterizzata da due direzioni di progredizione: la prima, assiale, est-vergente, originata dal fiume Po; la seconda, trasversale, nordest-vergente, originata dai sistemi di alimentazione appenninica.

Sulla base delle direzioni di progredizione possono essere individuate le seguenti classi di sistemi deposizionali:

- Pianura pedemontana ad alimentazione appenninica
- Pianura alluvionale ad alimentazione appenninica
- Pianura alluvionale di alimentazione assiale (Paleo Po)


L'intera area in esame ricade all'interno del sistema deposizionale di pianura pedemontana ad alimentazione appenninica che, lungo l'asse del torrente Taro, si estende dal margine morfologico dell'Appennino fino ad oltre la via Emilia, a livello del Subsintema di Ravenna.

Il sistema deposizionale della Pianura pedemontana è caratterizzato da depositi prevalentemente ghiaiosi nelle aree attigue e contigue dei corsi d'acqua principali e limi e/o argille prevalenti o, comunque, più abbondanti nelle aree perifluviali d'interconoide.

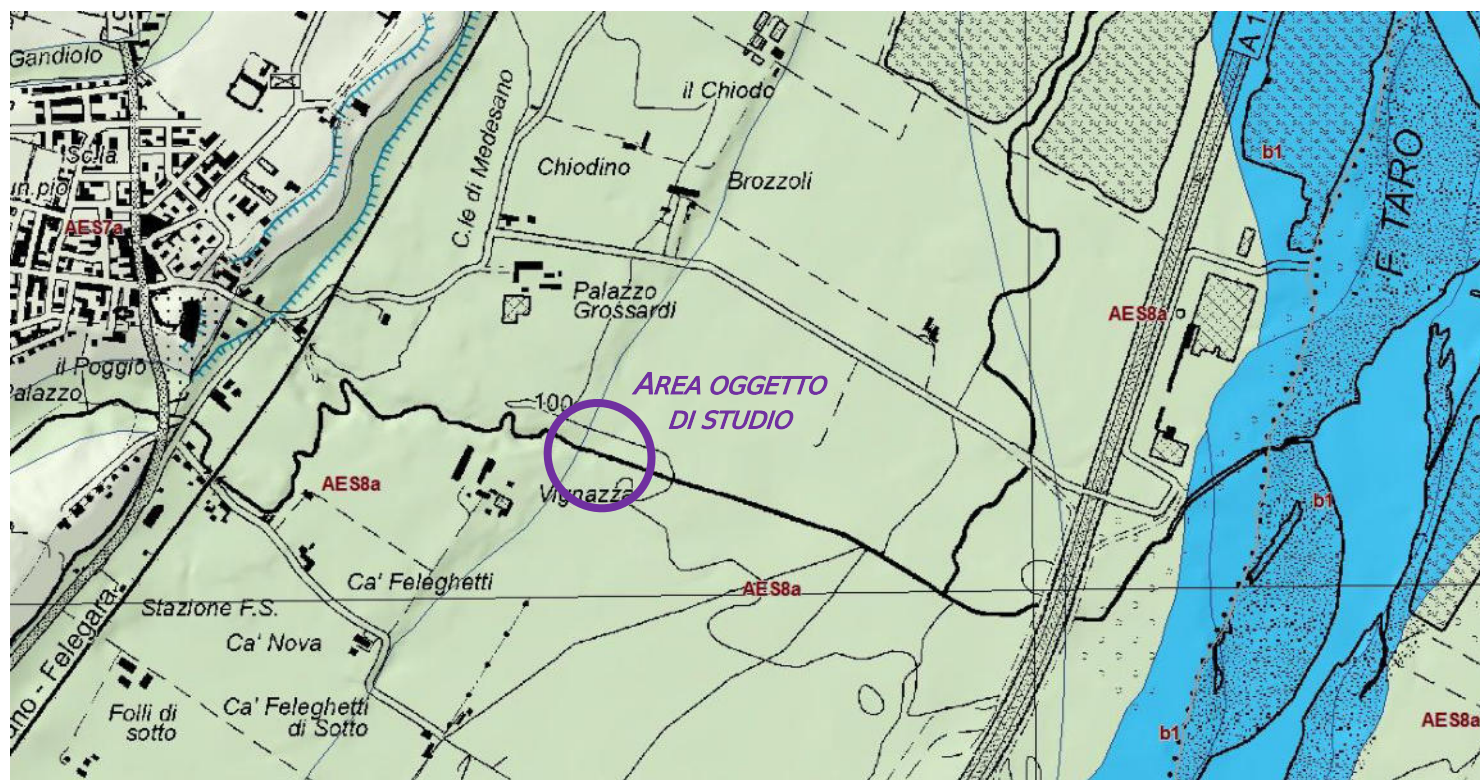
Il rapporto tra materiali grossolani e fini, elevato nella zona di alta pianura, decresce linearmente procedendo verso valle e verso le zone più interne delle aree perifluviali (zone d'interconoide), fino a valori medi, generalmente superiori all'unità.

I sedimenti sono organizzati in livelli lentiformi, dove le litologie grossolane (ghiaie e sabbie) costituiscono estesi corpi tabulari, interdigitati da cunei di materiali essenzialmente fini (limi e argille).

Come indicato nella Carta geologica consultabile sul sito del Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna e di cui si riporta uno stralcio in Fig. 2; l'area oggetto d'intervento ricade in un settore di territorio, dove affiora una sottounità dell'Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore, definita in letteratura geologica Unità di Modena (AES8 a), appartenente al Subsintema di Ravenna.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	6 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo



LEGENDA: **b1** Deposito alluvionale in evoluzione, **AES8a** Unità di Modena, **AES7a** Unità di Niviano

FIG. 2 - STRALCIO DELLA CARTOGRAFIA GEOLOGICA SCARICATA DAL SITO DEL SERVIZIO GEOLOGICO SISMICO E DEI SUOLI DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA


Trattasi di ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi sabbiosi, la cui deposizione è inquadrabile nell'ambito degli eventi alluvionali del fiume Taro che hanno caratterizzato gli ultimi 1.500 anni.

Allontanandosi dal corso d'acqua, a quote più elevate, sono invece presenti depositi più antichi, appartenenti unità di Niviano (Subsistema di Villa Verucchio), a ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati e profilo di alterazione molto evoluto che raggiunge i 4÷5 m di profondità.

2.2 Geomorfologia

L'area in esame è ubicata in sinistra Taro, in corrispondenza della pianura pedemontana parmense (alta pianura) che comprende quella fascia di territorio che borda il margine appenninico estendendosi in direzione nord fino alla Via Emilia e poco oltre.

Questo ambiente è formato dalla coalescenza delle conoidi fluviali e dei terrazzi alluvionali intravallivi raccordandosi alla bassa pianura con un passaggio graduale ed eteropico.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	7 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

Le caratteristiche stratigrafico-sedimentologiche sono tipiche dei corsi d'acqua con canali intrecciati a bassa sinuosità e ad alta energia, dove la sedimentazione all'interno dell'alveo è prevalentemente grossolana (ghiaie), mentre nelle aree perifluviali terrazzate dominano i depositi fini (argille, limi).

Allontanandosi dai corsi d'acqua verso le porzioni più interne delle zone perifluviali si possono, infatti, individuare vari ordini di terrazzi, impostati a quote progressivamente superiori e caratterizzati da superfici pianeggianti, degradanti verso N-NE, interrotte lateralmente da scarpate di altezza variabile (orli di terrazzi fluviali).

Gli eventi morfogenetici, responsabili dell'attuale assetto del territorio, sono riconducibili essenzialmente all'attività tettonica e alla dinamica fluviale manifestatasi nel periodo pleistocenico e olocenico. Nel periodo storico si è sovrapposta anche l'attività antropica mirata alla stabilizzazione e alla modellazione delle superfici del suolo compatibilmente alle esigenze economiche, produttive e insediative.

Le interazioni tra i vari fattori dinamici hanno condizionato un paesaggio relativamente omogeneo, contraddistinto da superfici pressoché piane debolmente degradanti verso nord-est con gradiente topografico, dell'ordine dello 0,5%.


Gli alvei dei corsi d'acqua (in particolare, quello del fiume Taro) sono rimaste le uniche zone che mantengono ancora, nonostante i massicci interventi di regimazione (arginature, pennelli, traverse, ecc.), un alto grado di naturalità con frequenti emergenze morfologiche.

Al contrario le aree perifluviali esprimono il congelamento di una situazione originatasi antecedentemente alla limitazione degli alvei fluviali entro percorsi prefissati, in cui le opere di bonifica agraria, infrastrutturazione e insediamento hanno conferito al rilievo un assetto costante e uniforme livellando tutte le asperità del terreno.

Le superfici del suolo conservano, tuttavia, in forma relittuale, ancora le tipiche geometrie dell'ambiente alluvionale, quali, ad esempio, le sopraccitate scarpate d'erosione, seppure addolcite; raffigurate anche in Fig. 2, dove si osserva che una di queste è posta a circa 700 m a NN-W dall'area d'intervento.

Più in dettaglio, il nuovo edificio idroelettrico, andrà realizzato, subito a valle di una condotta interrata in vetroresina ($\varnothing=1500$ mm), dove è presente una vasca con scarpate rivestite in massi calcarei (cfr. Foto 1 e Foto 2).

Al contorno la superficie topografica è sub-pianeggiante e stabile con quote del piano campagna di circa 100 m s.l.m. Fa eccezione la zona a est della suddetta vasca, più elevata di circa 1,5 m, con ogni probabilità, a seguito del riporto dei terreni di scavo.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	8 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo




FOTO 1 – AREA D’INTERVENTO RIPRESA DA OVEST



FOTO 2 – VASCA ALLO SBOCCO DELLA CONDOTTA INTERRATA ESISTENTE

Relativamente all'idrografia locale si evidenzia che, a sud dell'area d'intervento scorre, con direzione WNW-WSE, il rio Campanara, affluente del fiume Taro, dal quale verrà mantenuta una distanza di rispetto di 5 m; mentre, verso occidente, pochi metri a nord dello stesso rio e ad esso parallelo, è presente una canaletta di adduzione in cls (cfr. Foto 3).

 ENGEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	9 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo



FOTO 3 – CANALETTA IN CLS PARALLELA AL RIO CANALAZZO, RIPRESA DALL'AREA D'INTERVENTO


Infine, va segnalato che in zona non sono state rilevate forme di pregio che potrebbero essere danneggiate dagli interventi in progetto.

2.3 Idrogeologia

Le caratteristiche degli acquiferi del territorio in esame vanno inquadrare nel modello evolutivo tridimensionale, sia idrogeologico che stratigrafico, dell'intera Pianura Padana emiliano-romagnola.

Facendo riferimento gli studi della Regione Emilia-Romagna, Eni-Agip, del 1998, si distinguono, sia in superficie che nel sottosuolo 3 Unità Idrostratigrafiche di rango superiore, denominate Gruppi Acquiferi. Esse affiorano sul margine meridionale del Bacino Idrogeologico della Pianura per poi immergersi verso nord al di sotto dei sedimenti depositati dal fiume Po e dai suoi affluenti negli ultimi 20.000 anni, contenenti acquiferi di scarsa estensione e potenzialità (Acquifero Superficiale).

Ciascun Gruppo Acquifero risulta idraulicamente separato, almeno per gran parte della sua estensione, da quelli sovrastanti e sottostanti, grazie a livelli argillosi di spessore plurimetrico sviluppati a scala regionale.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	10 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

Al suo interno ogni Gruppo è composto da serbatoi acquiferi sovrapposti e giustapposti, parzialmente o totalmente isolati tra loro, suddivisi, in senso orizzontale, in Complessi Acquiferi, da barriere di permeabilità costituite da corpi geologici decametrici, a prevalente granulometria fine.


PRINCIPALI UNITA' STRATIGRAFICHE					ETA' (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE																				
AFFIORANTI			SEPOLTE				GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO																			
QUATERNARIO CONTINENTALE	TERRE ROSSE, DILUVIUM, ALLUVIUM, TERRAZZI E ALLUVIONI	DILUVIUM p.p.	FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	FORMAZIONE DI OLIVATELLO	UNITA' DI VILLA DEL BOSCO	UNITA' DI CA' DI SOLA	SUPERSISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	UNITA' DI BORGO PANIGALE	CRIZZONTE DI FOSSOLO	ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI	~0.12	~0.35-0.45	~0.65	~0.8	~1.0	~2.2	~3.3-3.6	~3.9	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	PLEISTOCENE MEDIO	PLEIOCENE MEDIO - SUPERIORE	PLIOCENE INFERIORE MIOCENE	A	B	C	A1
																											A2
																											A3
																											A4
QUATERNARIO MARINO	MILAZZANO SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.	MILAZZANO e CALABRIANO p.p. SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.	CALABRIANO p.p. SABBIE di MONTERICCO FORMAZIONE di TERRA del SOLE p.p.	CALABRIANO p.p. FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	SUBSISTEMA QUATERNARIO MARINO 3	SUBSISTEMA QUATERNARIO MARINO 3	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 3	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 2	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 1	SUPERSISTEMA DEL QUATERNARIO MARINO	ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI	~0.12	~0.35-0.45	~0.65	~0.8	~1.0	~2.2	~3.3-3.6	~3.9	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	PLEISTOCENE MEDIO	PLEIOCENE MEDIO - SUPERIORE	PLIOCENE INFERIORE MIOCENE	A	B	C	B1
																											B2
																											B3
																											B4
P ₂	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	SUPERSISTEMA MIO-SUPERIORE	PLIOCENE MEDIO SUPERIORE	PLIOCENE MEDIO SUPERIORE	PLIOCENE MEDIO SUPERIORE	PLIOCENE MEDIO SUPERIORE	PLIOCENE MEDIO SUPERIORE	PLIOCENE MEDIO SUPERIORE	PLIOCENE MEDIO SUPERIORE	PLIOCENE MEDIO SUPERIORE	ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI	~0.12	~0.35-0.45	~0.65	~0.8	~1.0	~2.2	~3.3-3.6	~3.9	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	PLEISTOCENE MEDIO	PLEIOCENE MEDIO - SUPERIORE	PLIOCENE INFERIORE MIOCENE	A	B	C	C1
																											C2
																											C3
																											C4
P ₂	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	SUPERSISTEMA MIO-SUPERIORE	PLIOCENE MEDIO SUPERIORE	PLIOCENE MEDIO SUPERIORE	PLIOCENE MEDIO SUPERIORE	PLIOCENE MEDIO SUPERIORE	PLIOCENE MEDIO SUPERIORE	PLIOCENE MEDIO SUPERIORE	PLIOCENE MEDIO SUPERIORE	PLIOCENE MEDIO SUPERIORE	ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI	~0.12	~0.35-0.45	~0.65	~0.8	~1.0	~2.2	~3.3-3.6	~3.9	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	PLEISTOCENE MEDIO	PLEIOCENE MEDIO - SUPERIORE	PLIOCENE INFERIORE MIOCENE	A	B	C	C5
																											C5
																											C5
																											C5

FIG. 3 – SCHEMA IDROSTRATIGRAFICO DELLA PIANURA EMILIANO-ROMAGNOLA

Secondo l'attuale quadro delle conoscenze, i serbatoi acquiferi della Pianura Padana Parmense si sono formati, a partire da circa 1 milione di anni fa, dapprima all'interno di un sistema deposizionale di delta-conoide attribuibili ad un Paleo-Fiume Taro (Gruppo Acquifero C3), e poi, nel Pleistocene Medio e Superiore, all'interno delle Piane e delle Conoidi Alluvionali dei fiumi Po, Taro, Collecchio, Enza, Baganza e Stirone, elencati in ordine di importanza per dimensione dei serbatoi (Gruppi Acquiferi B e A).

La ricostruzione geometrica dei corpi acquiferi ha consentito di distinguere nella Pianura Parmense tre aree di ricarica diretta:

- un'area pedecollinare, relativamente ristretta, di ricarica dell'intero serbatoio acquifero ed in particolare del Gruppo Acquifero C;

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	11 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

- un'area intermedia, corrispondente all'incirca all'alta pianura dove avviene la ricarica degli acquiferi superficiali e dell'acquifero cosiddetto "principale" (Gruppi di Acquiferi A-B), attualmente sfruttato ad uso idropotabile;
- un'area più settentrionale di possibile alimentazione dei soli acquiferi più superficiali.

L'area in esame ricade nell'area intermedia ed è caratterizzata dalla presenza da un acquifero che ha sede nei depositi pleistocenici e olocenici della zona apicale della conoide quaternaria del fiume Taro, dello spessore di pochi metri, sovrastante l'acquitrando costituito dal substrato marino argilloso.

Il contatto tra queste 2 unità presenta inclinazioni e morfologie varieguate, in ragione della posizione e dei differenti fenomeni tettonici ed erosivi che hanno interessato tutto il margine appenninico-padano.


All'interno del sottosuolo in esame le barriere di permeabilità, si presentano discontinue e di scarsa potenza. Di conseguenza, l'acquifero superficiale si configura come un serbatoio idrico monostrato, con livelli di ghiaia e sabbia amalgamati tra di loro, sede di una falda a pelo libero.

Per la ricostruzione della dinamica delle acque sotterranee, nel settore di conoide in esame, si è fatto riferimento alle seguenti fonti (riprese dalla Relazione geologico-sismica facente parte del progetto esecutivo della "Condotta di alimentazione e scarico dell'acqua dell'invaso irriguo di Medesano n. 4", a firma del Dott. Geol. Fabio Piccinotti):

- cartografia storica e dati piezometrici rilevati a supporto del Progetto Definitivo denominato "Piano degli interventi urgenti per fronteggiare la crisi idrica - Bacini idrici ad uso plurimo in Medesano D.P.G.R. 245/2007 O.P.C. 3598 15/06/2007", redatto da Ambiter srl (anno 2009), di cui, in Fig. 4 è riportato uno stralcio della Carta piezometrica relativa al rilievo 2008 (quello durante il quale si sono misurati i livelli idrici più alti);
- dati provenienti da n. 8 piezometri installati per il monitoraggio delle acque di falda interessate dalla realizzazione dei bacini;
- "Studio della conoide alluvionale del Fiume Taro per la realizzazione di un modello idrogeologico per la gestione sostenibile delle risorse idriche" a cura del Dott. Ing. Gianmarco Di Dio (Servizio Tecnico dei Bacini degli Affluenti del Po).

Alla luce di tali dati, si osserva che la porzione di territorio oggetto di studio presenta caratteristiche in sostanziale accordo con quelle generali dell'unità idrogeologica cui appartiene.

La direzione del flusso della falda sotterraneo presenta direzione prevalentemente verso nord, col fiume Taro che esercita, in questo tratto, un'azione alimentante.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	12 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

Il gradiente della superficie freatica segue, seppur in maniera attenuata (i valori sono compresi tra 0,3% e 0,5%), quello topografico.

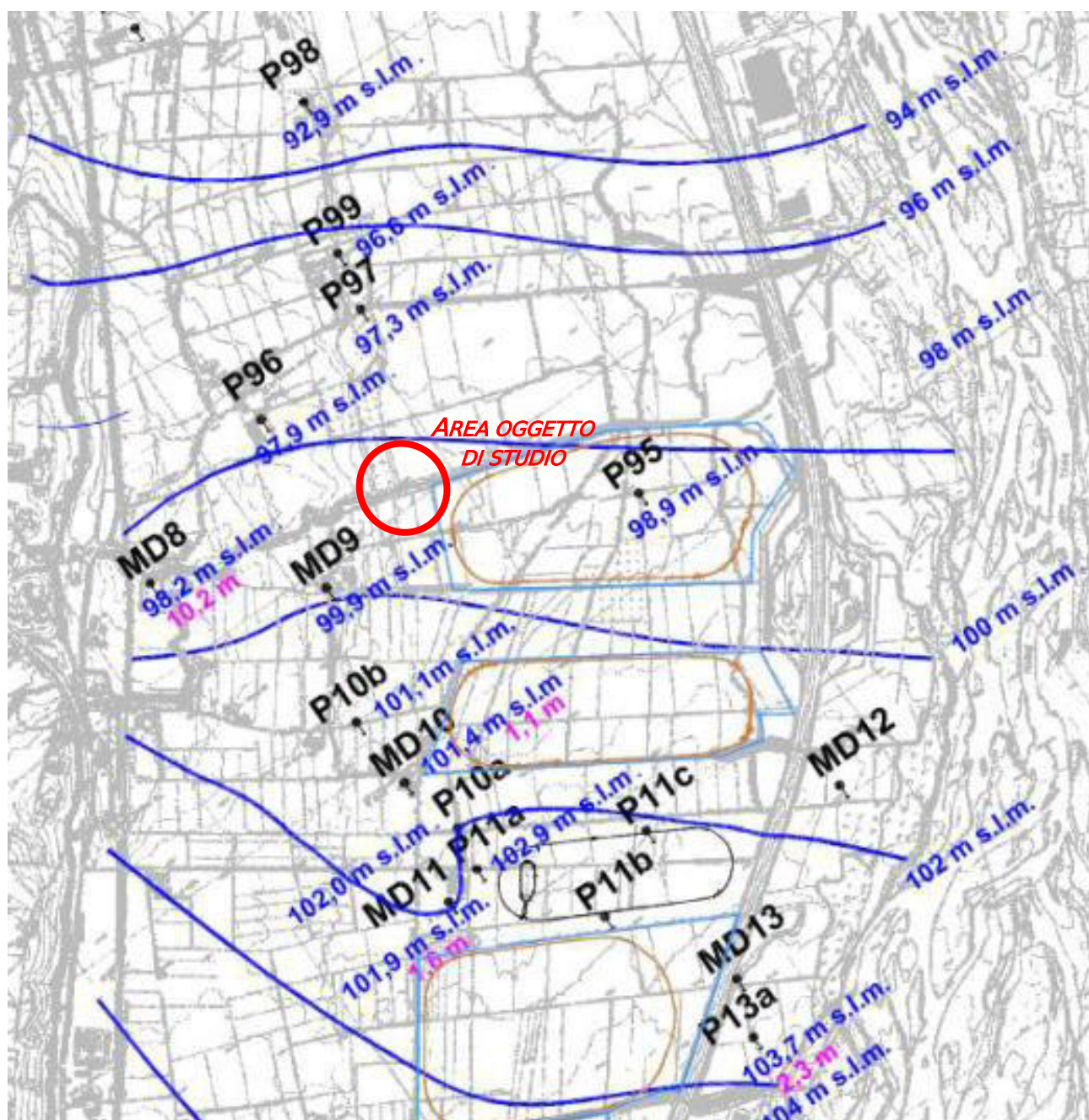



FIG. 4 – STRALCIO DELLA CARTA PIEZOMETRICA RELATIVA AL RILIEVO 2008 (DA “PIANO DEGLI INTERVENTI URGENTI PER FRONTEGGIARE LA CRISI IDRICA - BACINI IDRICI AD USO PLURIMO IN MEDESANO D.P.G.R. 245/2007 O.P.C. 3598 15/06/2007”, AMBITER SRL 2009)

Il livello della falda in corrispondenza dell’area oggetto d’intervento sembrerebbe oscillare indicativamente tra i 97 e i 99 m s.l.m., cui corrispondono soggiacenze di 1÷3 m dall’attuale piano campagna.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	13 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

3. INDAGINI ESEGUITE

Come indicato nelle premesse, per determinare le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei terreni che saranno interessati dall'intervento in esame sono state eseguite n° 2 prove penetrometriche (la prima statica e dinamica, la seconda solo dinamica).

Per la verifica delle caratteristiche sismiche del sottosuolo è stata, invece, effettuata un'indagine geofisica, attraverso una prova HVSR con tromografo digitale.

L'ubicazione delle indagini è riportata in Fig. 5.

I risultati delle prove penetrometriche eseguite sono riportati nell'All. 1, mentre quelli della prova HVSR sono consultabili in All. 2.

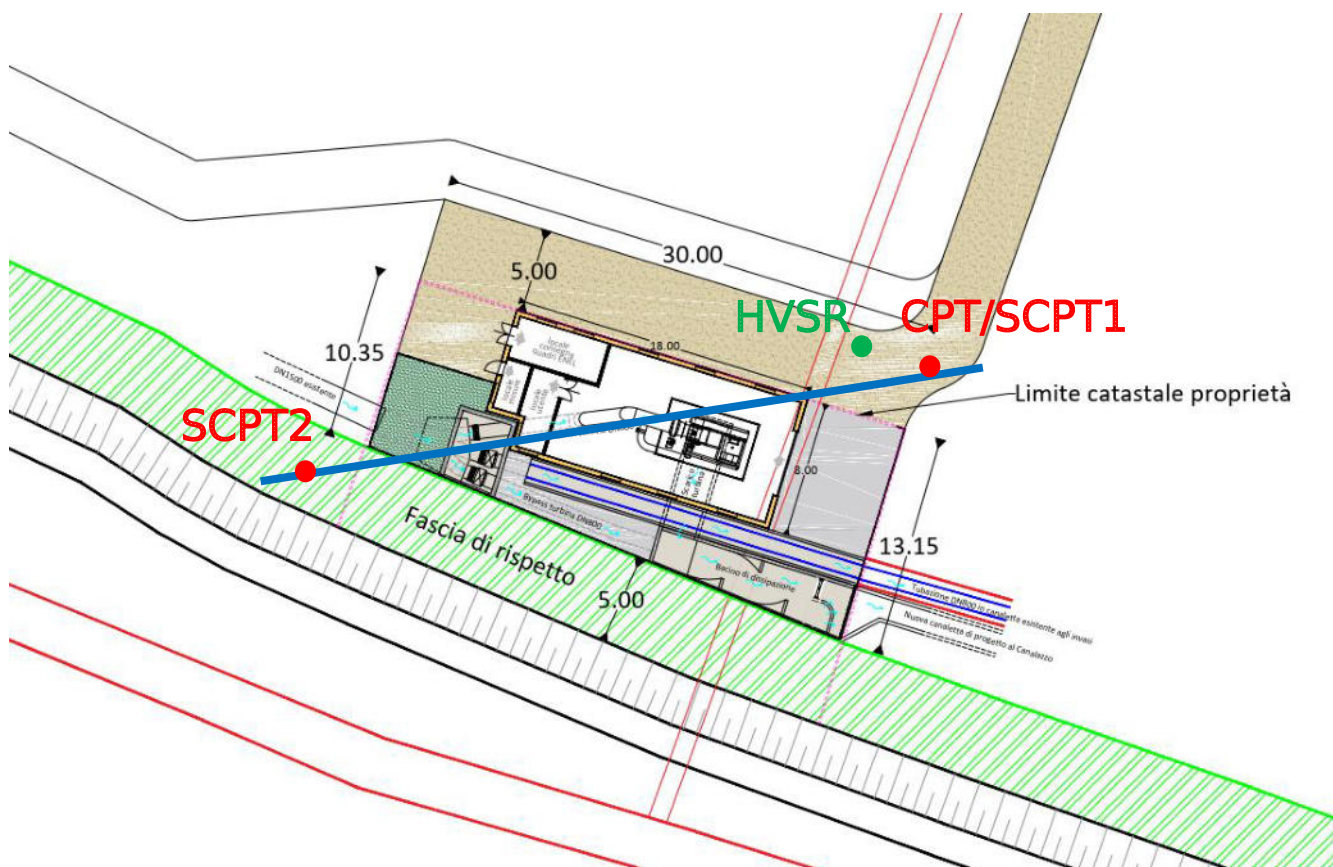



FIG. 5 – UBICAZIONE DELLE INDAGINI EFFETTUATE A SUPPORTO DEL PRESENTE STUDIO

3.1 Prova penetrometrica statica a punta meccanica (CPT)

La prima prova penetrometrica è stata effettuata inizialmente con metodo statico, fino alla profondità di 2.20 m dall'attuale p.c., dove si è avuto rifiuto.

Questa tipologia di prova consiste nella misurazione della resistenza alla punta e dell'attrito laterale (ogni 20 cm), durante l'infissione nel terreno, (a velocità costante pari a 2

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	14 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

cm/s), di una punta conica di dimensioni standardizzate tramite una serie di aste collegate fra loro; l'avanzamento è applicato staticamente mediante dispositivi meccanici o idraulici.

Come già indicato, i risultati misurati in campagna sono riportati in All. 1.

3.2 Prova penetrometrica dinamica (SCPT)

Nel corso del presente studio sono state eseguite 2 prove penetrometriche dinamiche: la prima (SCPT1) all'interno del foro di sondaggio della prova statica, dunque, con inizio a 2.20 m da p.c.; la seconda (SCPT2), all'estremità orientale dell'area da indagare, dove la superficie topografica è rialzata di circa 1.5 m. della

Tali prove consistono nell'infissione nel terreno di una punta conica tramite battitura con un maglio di massa pari a 63.5 Kg e con altezza di caduta di 75 cm e la conseguente determinazione del numero di colpi necessari ad infiggere la punta conica (area della punta 20.43 cm²) e le aste ad essa collegate, per una profondità di 20 cm.

Sulla base delle caratteristiche sopra elencate il penetrometro utilizzato è classificato come superpesante DPSH.

Questa tipologia di prova, sebbene meno significativa nei terreni coesivi superficiali, rispetto alla prova CPT, consente un avanzamento anche nei depositi ghiaiosi dove l.

Per la trasformazione dal numero di colpi misurati in campagna N_{20} al numero di colpi N_{SPT} , valore utilizzato per l'elaborazione delle prove in situ, si è utilizzata la formulazione che segue:

$$N_{SPT} = C_f \cdot N_{SCPT}$$

in cui il fattore correttivo C_f dato dalla seguente espressione:


$$C_f = \frac{M_1 \cdot H_1 \cdot P_{l1} \cdot A_{p1}}{M_2 \cdot H_2 \cdot P_{l2} \cdot A_{p2}}$$

dove: M_2 peso del maglio SPT, H_2 volata del maglio SPT (75 cm), P_{l2} passo di lettura SPT (15 cm), A_{p2} area della punta SPT (20.4 cm²), mentre i medesimi termini con pedice 1 si riferiscono alle caratteristiche del penetrometro dinamico utilizzato.

Il valore di C_f così calcolato risulta pari a 1.3.

A causa del rischio di non recuperare le aste, con la prova SCPT1 si è raggiunta una profondità massima di 8.4 m; mentre la SCPT2 si è dovuta interrompere a 8,2 m.

Il diagramma dell'avanzamento della punta in funzione della profondità è riportato nella seguente Fig. 6.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	15 di 40

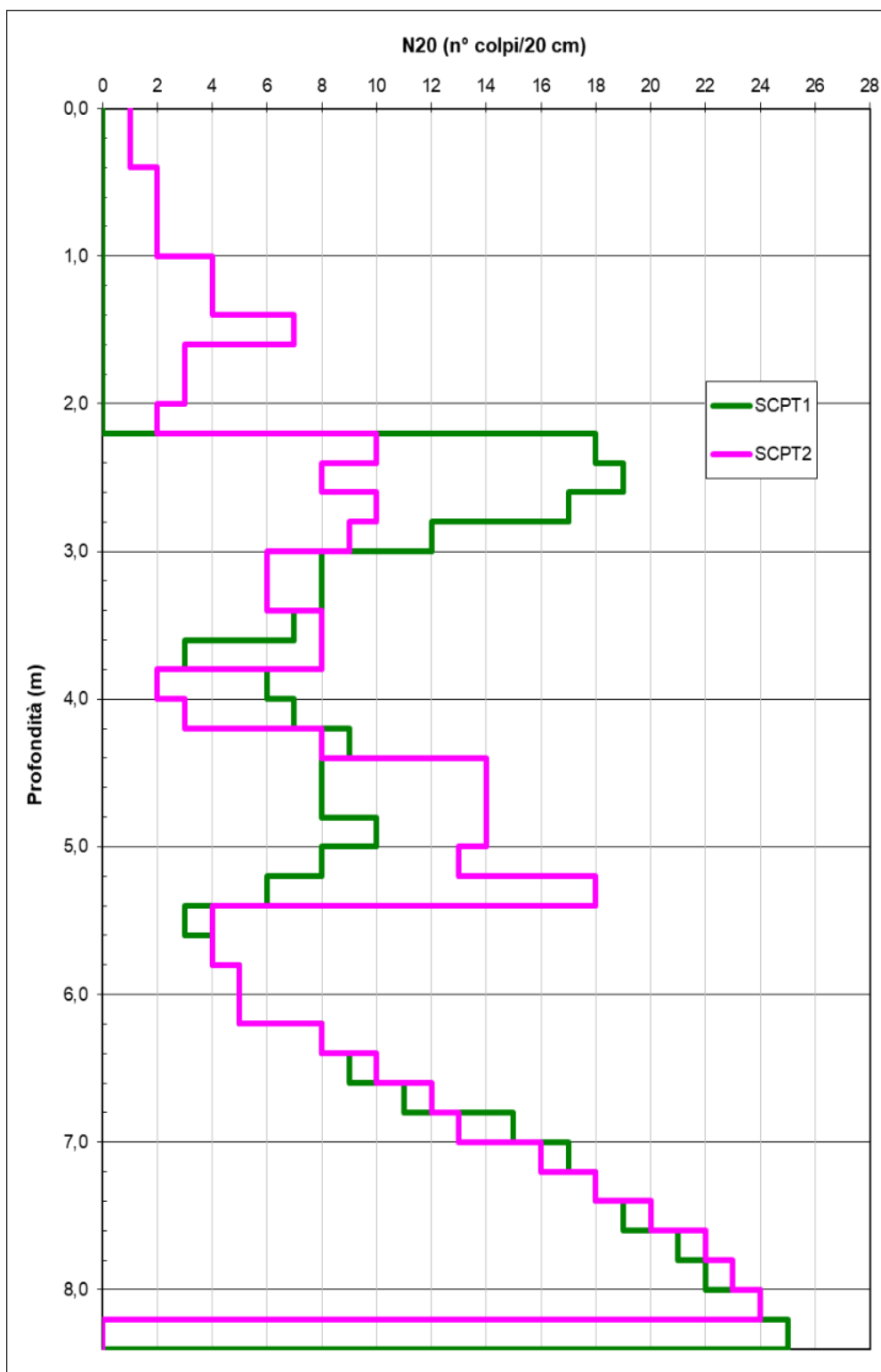


FIG. 6 – RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEGLI N_{20} MISURATI NEL CORSO DELLE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

3.3 Rilievo sismico mediante tromografo

Ai fini della caratterizzazione sismica dei suoli di fondazione e in ottemperanza alle indicazioni contenute nel testo unitario “Norme Tecniche per le Costruzioni” (D.M. 17-01-2018), è stata condotta un’indagine geofisica in sito tramite la tecnica sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali) o HVSr (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) sulla base dei segnali registrati mediante un tromografo digitale.

I risultati del rilievo sismico mediante tromografo sono riportati in All. 2.

La prova è stata condotta utilizzando un sismometro a stazione singola (tromografo digitale) in grado di registrare i microtremori lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z), di un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (mediamente 20 minuti).

Il moto indotto nel terreno è stato misurato dallo strumento in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z).

Le misure registrate sono state poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza) e spettri delle singole componenti (componente del moto in funzione della frequenza per ognuna delle tre direzioni, Fig. 7).

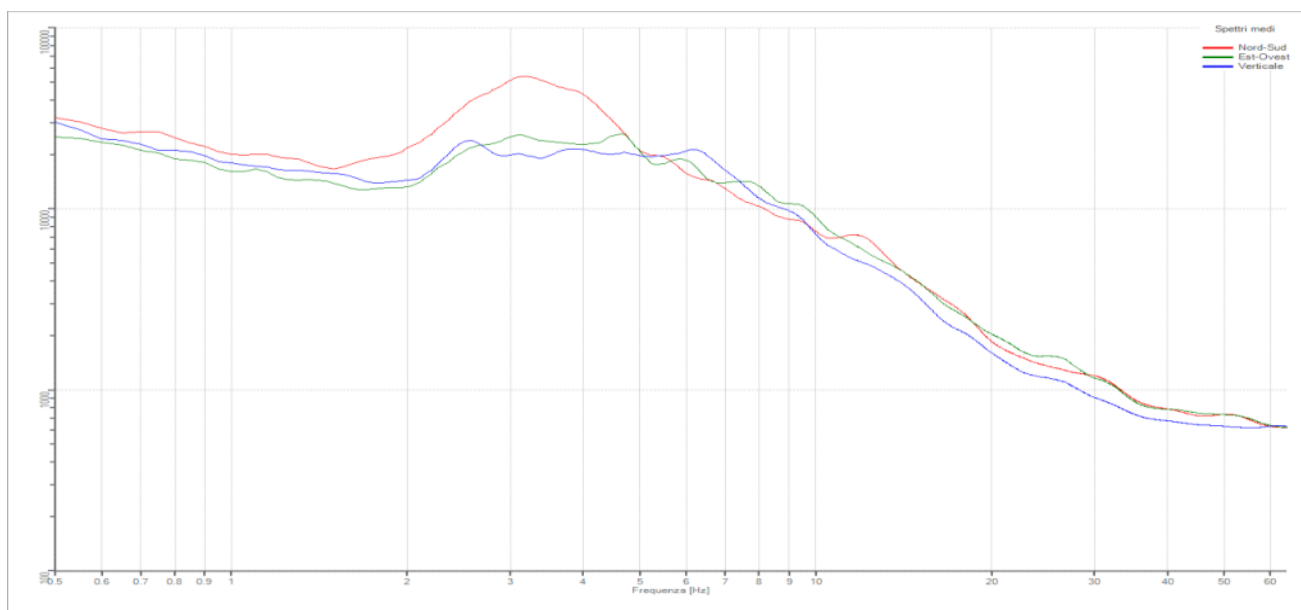



FIG. 7 – GRAFICO CON SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

I risultati ottenuti, riportati nell'All. 2, sono:

1. La curva H/V sperimentale vs la curva H/V sintetica;
2. La velocità media delle onde di taglio V_s

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	17 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

Per determinare la velocità delle onde di taglio V_s è stata utilizzata l'inversione vincolata dello spettro H/V ricavato attraverso il rilievo tromografico.

La relazione seguente lega tra di loro parametri quali la frequenza di risonanza del terreno (f), la velocità delle onde S (V_s) e la profondità della base dello strato (H):

$$f(Hz) = \frac{V_s}{4H}$$

Nota la profondità di un singolo livello stratigrafico, ottenuta attraverso l'elaborazione dei dati ricavati da prova penetrometrica, è possibile procedere all'inversione dello spettro H/V, modellando la curva sintetica in modo da ottenere la sovrapposizione con quella misurata (Fig. 8), per poi ricavare la V_s media di ogni singolo strato.

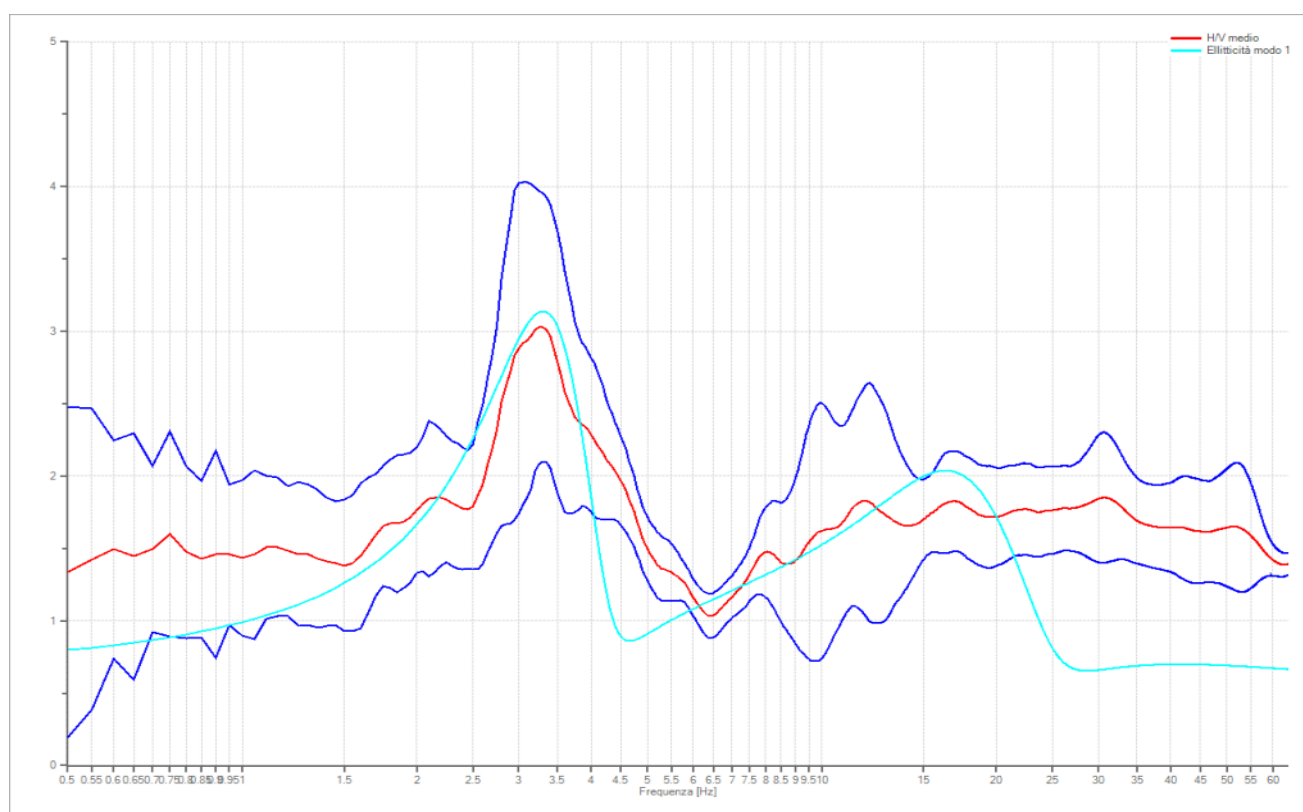



FIG. 8 – RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE CON CURVA SINTETICA

Sulla base di tali elaborazioni è stata ottenuta la curva della V_s con la profondità, riportata nelle seguente Fig. 9.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	18 di 40

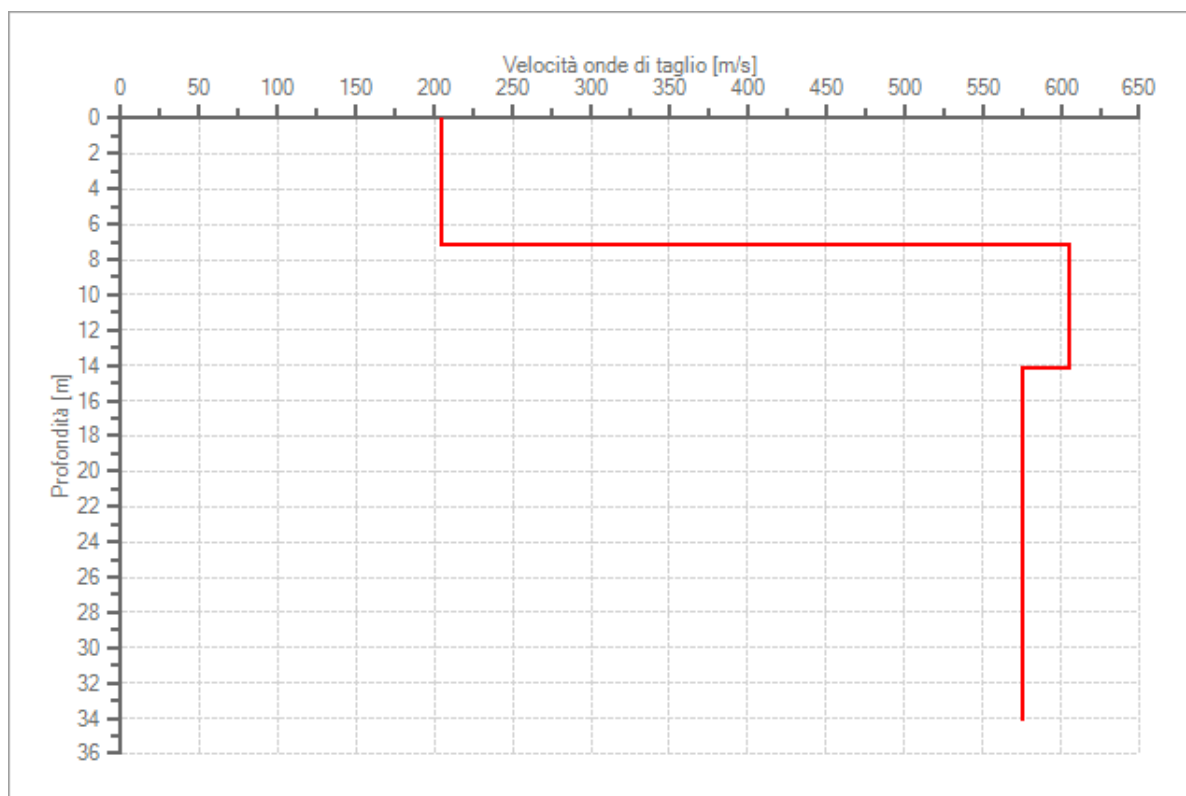


FIG. 9 – GRAFICO DELLA VS IN FUNZIONE DELLA PROFONDITÀ


In conclusione, la velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m sotto il piano di posa della fondazione ($V_{s,eq}$), definita come:

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

risulta, pari a 382 m/s, da tale valore consegue che il sottosuolo in esame è classificabile in Categoria B: *“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.”*

4. CARATTERI LITOSTRATIMETRICI

Le indagini eseguite hanno consentito di ricostruire l'assetto litostратimetrico dell'area d'intervento, rappresentato graficamente nella sezione di Fig. 9, la cui traccia è riportata nella precedente Fig. 5.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	19 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

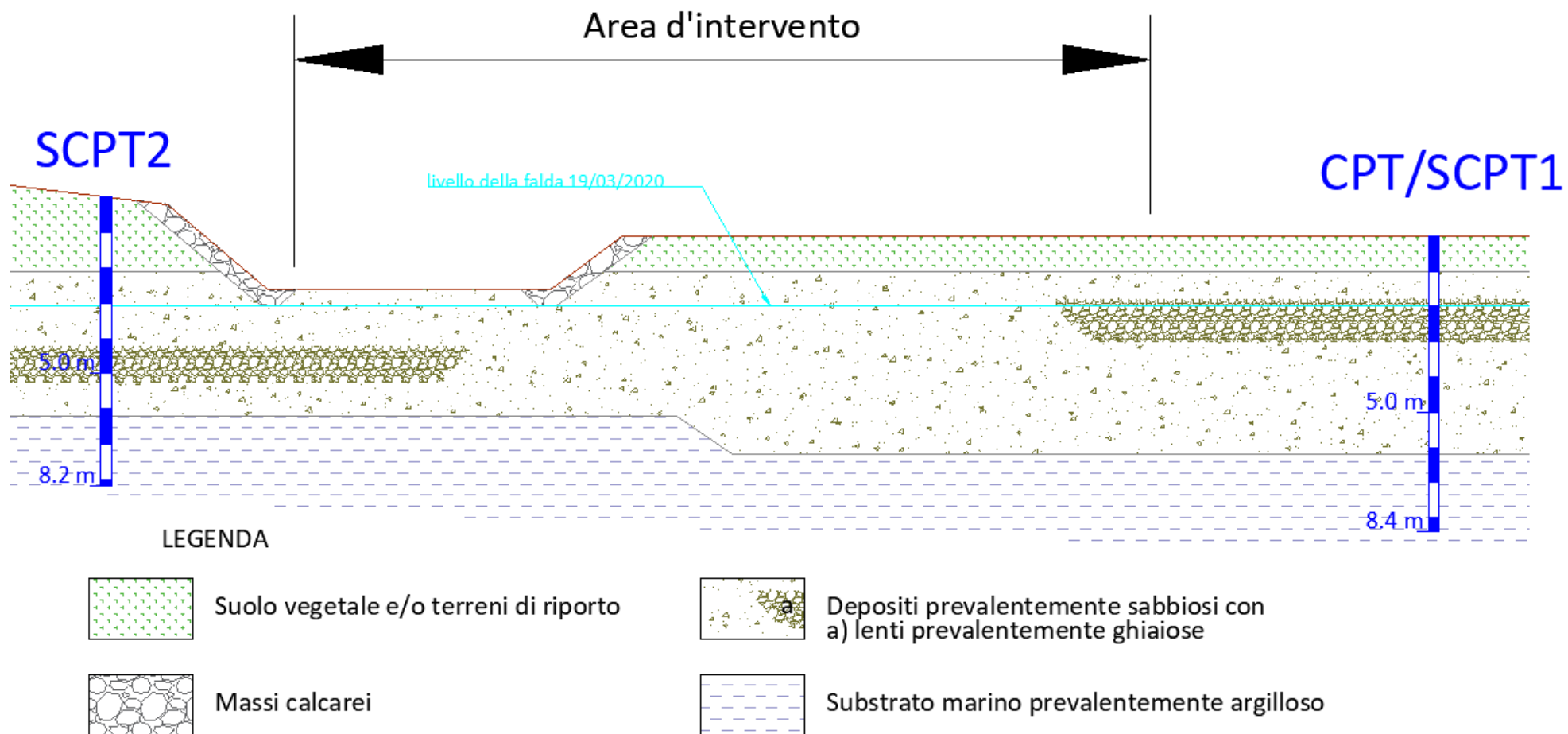



FIG. 10 – SEZIONE LITOSTRATIMETRICA DELL'AREA D'INTERVENTO (LA CUI TRACCIA È RAPPRESENTATA IN FIG. 5)

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	20 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

Come si osserva nella sezione, la successione stratigrafica locale può essere sinteticamente schematizzata nei livelli di seguito descritti.

- da p.c. a -1.00÷2.20 m da p.c.: copertura costituita da suolo vegetale e/o terreni di riporto;
- da -1.00÷2.20 m a -6.20 m da p.c.: depositi alluvionali a tessitura prevalentemente sabbiosa con intercalazione di lenti ghiaiose di spessore metrico;
- oltre -6.20 m da p.c.: substrato marino costituito prevalentemente da argille e argille limose, consistenti, al cui interno si rinvencono resti conchiglie di dimensioni massime pari a 2 mm.

A parte sono state rappresentate le massicciate calcaree posizionate a protezione della vasca allo sbocco della condotta interrata esistente.

Come livello della falda è stato rappresentato quello rilevato durante la campagna indagini, effettuata in data 19/03/2020, dopo un periodo di scarse precipitazioni; rispetto a tale livello è corretto prevedere possibili innalzamenti e abbassamenti di 1÷1.5 m.

5. ASPETTI SISMICI


5.1 Sismicità storica del territorio

La storia sismica del comune di Medesano è stata desunta da "*DBMI15, database macrosismico italiano*"¹, database realizzato dal Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti che contiene i dati macrosismici provenienti da studi dello stesso GNDT e di altri enti.

Secondo quanto indicato in DBMI15, la storia sismica a Medesano è riassunta graficamente nel diagramma riportato in Fig. 11, mentre in Tab. 1 sono elencati gli eventi di maggior intensità al sito espressi, quando possibile, mediante la scala MCS, oppure, con codici descrittivi, quali NF = Not Felt = Non percepito.

Anno	Mese	Giorno	Area epicentrale	Intensità di sito MCS	Intensità epicentrale MCS	Magnitudo momento Mw
1886	10	15	Collecchio	5	6	4.7
1920	9	7	Garfagnana	6-7	10	6.53

¹ Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). *DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	21 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

Anno	Mese	Giorno	Area epicentrale	Intensità di sito MCS	Intensità epicentrale MCS	Magnitudo momento Mw
1955	3	12	Parmense	5	5	4.15
1961	8	13	Parmense	5	5-6	4.37
1961	8	14	Parmense	5	5-6	4.47
1971	7	15	Parmense	6-7	8	5.51
1983	11	9	Parmense	6	6-7	5.04
1986	12	6	Ferrarese	NF	6	4.43
1988	3	15	Reggiano	4	6	4.57
1989	10	3	Appennino parmense	3	4	4.04
1995	10	10	Lunigiana	3	7	4.82
2000	6	18	Pianura emiliana	NF	5-6	4.4
2002	11	13	Franciacorta	NF	5	4.21
2008	12	23	Parmense	5-6	6-7	5.36

TAB. 1 – EVENTI SISMICI I CUI EFFETTI SI SONO RISENTITI NEL TERRITORIO DI MEDESANO

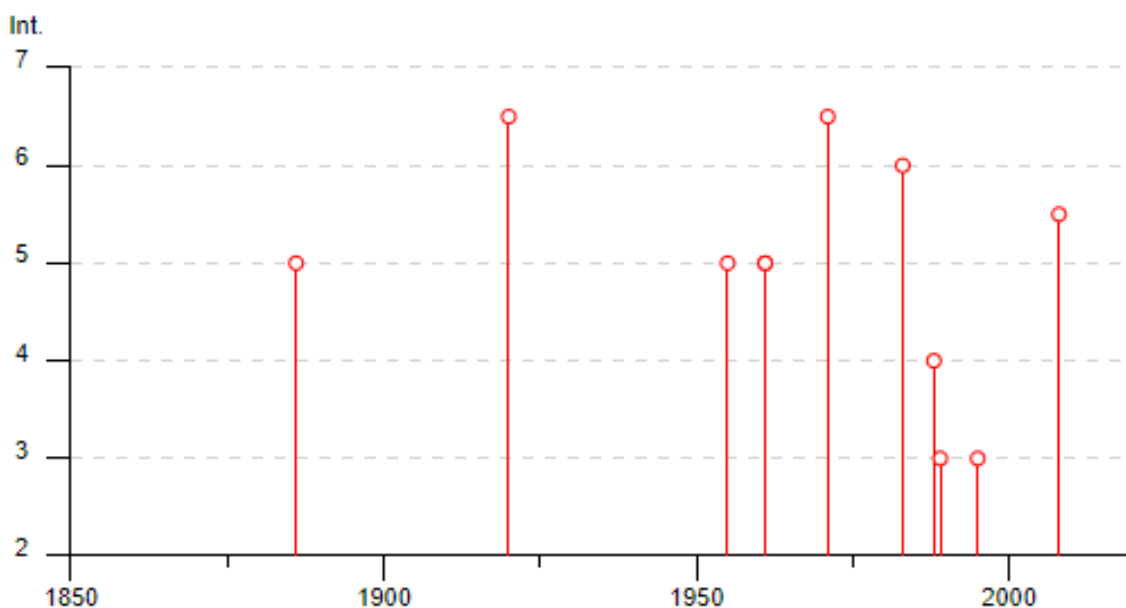



FIG. 11 - GRAFICO RAPPRESENTANTE LA STORIA SISMICA DEL COMUNE DI MEDESANO

Dalla lettura di Tab. 1 si evidenzia che i massimi eventi sismici censiti a Medesano si sono verificati il 7 settembre 1920 e il 15 luglio 1971, in entrambi i casi, con un'intensità del VI-VII grado della scala MCS. Gli epicentri sono indicati genericamente in Garfagnana e nel Parmense, mentre i terremoti sono stati caratterizzati da una magnitudo calcolata sulle onde di superficie (Mw) rispettivamente pari a 6.53 e 5.51.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	22 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

5.2 Classificazione sismica

L'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003, suddivide il territorio italiano in 4 zone sismiche con diversi livelli di accelerazione sismica di progetto. La delibera della giunta regionale 23 luglio 2018 n.1164 aggiorna la classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia Romagna, riclassificando il territorio. Secondo tale aggiornamento, come indicato in Fig. 21, il territorio di Medesano, è identificato in zona 3 (a sismicità bassa), cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, compresi tra $0,05 \cdot g$ e $0,15 \cdot g$ (dove g è l'accelerazione di gravità).

Tale classificazione ha tuttavia esclusivo valore amministrativo; infatti alle Norme Tecniche per le costruzioni del D.M. 14-01-2008, è allegato un documento sulla pericolosità sismica (Allegato A), in cui l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base, più semplicemente chiamata pericolosità sismica che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

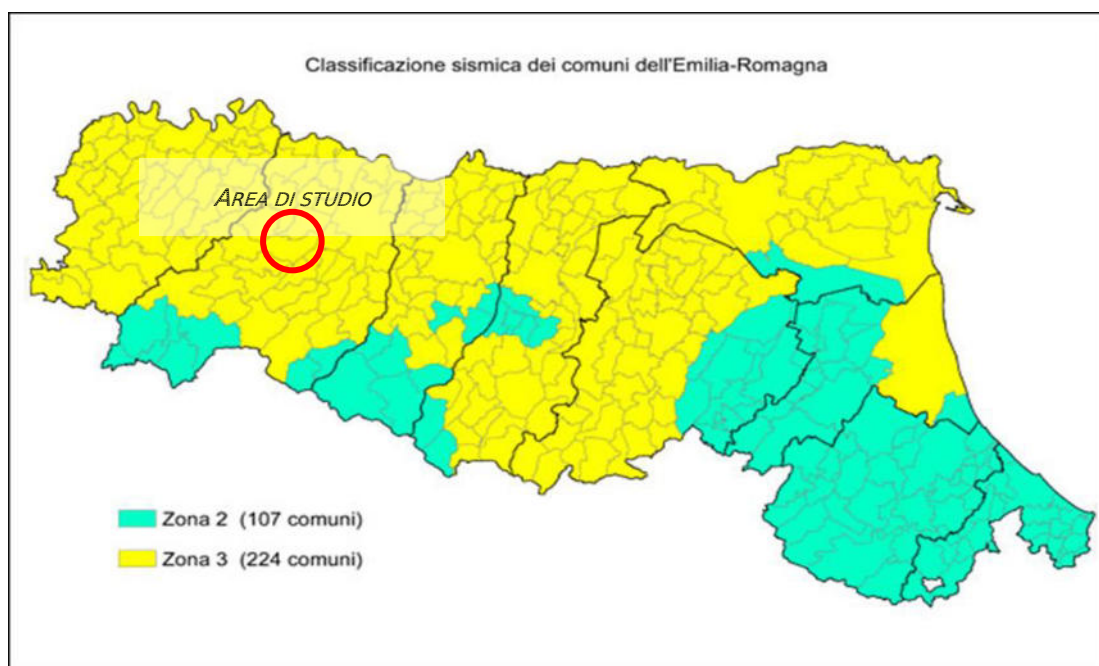



FIG. 12 - CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI COMUNI DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle N.T.C., dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	23 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

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

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento; cfr. Fig. 13), i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno

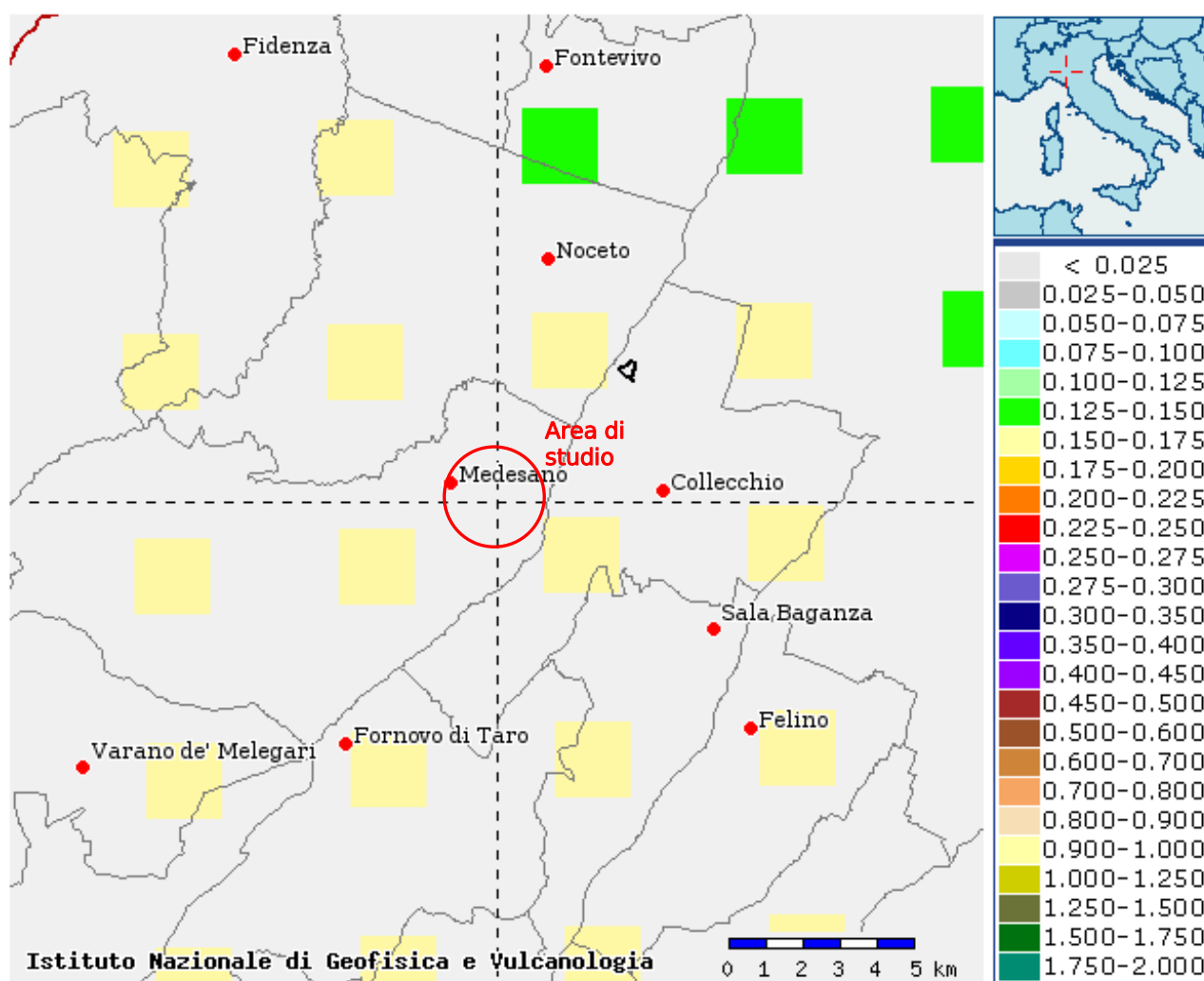



FIG. 13- MAPPATURA DELL'ACCELERAZIONE ORIZZONTALE MASSIMA DEL TERRENO (AG) CON TEMPI DI RITORNO DI 475 ANNI

Per determinare il tempo di ritorno (T_R) si utilizza l'espressione:

$$T_R = \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	24 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

dove V_R è il periodo di riferimento della costruzione, mentre P_{VR} è la probabilità di superamento nel periodo di riferimento.

Per determinare il tempo di ritorno sono stati assunti i parametri dell'opera in progetto già anticipati nel paragrafo 1.2, quali:

- VITA NOMINALE: *“Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari”* la cui vita nominale è $V_n \geq 50$ anni (come definito dalla Tab. 2.4.I delle N.T.C. 01/2008);
- CLASSE D'USO: *Classe II: “Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti”* (come definito dal paragrafo 2.4.2 delle N.T.C. 01/2018). Con conseguente coefficiente d'uso $C_u=0.7$ (cfr. Tab. 2.4.II delle N.T.C. 01/2018).

Da questi due parametri si ottiene il periodo di riferimento della costruzione che è dato da:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1.0 = 50 \text{ anni.}$$


Inoltre, sono stati definiti gli stati limite che forniscono le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} (vedi Tab. 3.2.I del Paragrafo 3.2.1 delle NTC 01/2018), per lo stato limite ultimo di Salvaguardia della Vita (SLV) con probabilità pari al 10% e per lo stato limite di esercizio di Danno (SLD) con probabilità pari al 63%.

Dato che il sito in esame (lon. 10.154896, lat. 44.752909) non ricade nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* possono essere ricavati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

Alla luce di quanto sopradescritto i valori dei tre parametri necessari per la determinazione delle azioni sismiche sono riportati nella seguente Tab. 2.

Stato Limite	Tempo di ritorno T_R (anni)	a_g (g)	F_0	T_c^* (s)
SLO	30	0.050	2.446	0.239
SLD	50	0.063	2.469	0.255
SLV	475	0.155	2.464	0.279
SLC	975	0.196	2.479	0.287

TAB. 2 – VALORI DEI PARAMETRI a_g , F_0 E T_c^* PER I TEMPI DI RITORNO ASSOCIATI A CIASCUN STATO LIMITE

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	25 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

5.3 Categoria di sottosuolo e coefficienti sismici di progetto

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, il D.M. 17-01-2018 definisce 5 categorie in cui suddividere i terreni d'imposta in base ai valori di velocità equivalente delle onde sismiche trasversali fino al substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s.

La velocità equivalente delle onde sismiche di taglio, sotto il piano di posa della fondazione e fino al substrato, ($V_{s,eq}$), è definita come:

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


dove h_i e V_i sono lo spessore e la velocità delle onde dello strato i -esimo, N il numero degli strati e H la profondità del substrato.

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

Categoria	Descrizione
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>

TAB. 3 - CATEGORIE SISMICHE DEI TERRENI

Sulla base della prova MASW e della prova HVSr eseguite in sito (cfr. paragrafo 3.3), si è constatato che i terreni in esame appartengono alla **categoria sismica B**.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	26 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

Sulla base della categoria di appartenenza del terreno il D.M. 17-01-2018 introduce i coefficienti S_s (coefficiente di amplificazione stratigrafica) e C_c (coefficiente funzione della categoria di sottosuolo) per tener conto dell'amplificazione stratigrafica del valore dell'azione sismica di progetto. Per le categorie B, C, D e E, questi due parametri possono essere calcolati attraverso le espressioni riportate in Tab. 4, dove i valori di F_0 e T_c^* sono relativi al sottosuolo di categoria A, g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.


Categoria	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	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_c^*)^{-0.40}$

TAB. 4 - VALORI DEI PARAMETRI S_s E C_c

Con i valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* riportati in Tab. 2 per gli stati limite ultimi di Salvaguardia della Vita (SLV), si ottengono i parametri di amplificazione per l'area oggetto di studio, riportati in Tab. 5.

	S_s	C_c	A_{max} (m/s ²)
SLO	1.200	1.460	0.585
SLD	1.200	1.450	0.737
SLV	1.200	1.420	1.828
SLC	1.200	1.410	2.308

TAB. 5 – COEFFICIENTI SISMICI DI PROGETTO

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	27 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

L'analisi della superficie topografica ha, invece, consentito di escludere la presenza di effetti locali legati ad elementi morfologici, per questo si può adottare un coefficiente di amplificazione topografica (S_T) pari a 1.

5.4 Vulnerabilità sismica dell'opera

Per vulnerabilità sismica si intende la suscettibilità di un'opera a subire lesioni in seguito alle sollecitazioni indotte dal sisma.

E' noto che la vulnerabilità agli eventi sismici di un fabbricato è collegabile, oltre che alle modalità costruttive, all'effetto dell'amplificazione sismica locale, che tende ad aumentare in maniera importante l'intensità delle forze sismiche agenti sul fabbricato stesso.

In particolare, amplificazioni parossistiche possono essere dovute a fenomeni di risonanza, come può capitare se la frequenza di vibrazione della struttura coincide con quella dei terreni di fondazione (fenomeno della risonanza accoppiata).

Al fine di valutare tale rischio è, pertanto, necessario considerare se la frequenza di risonanza fondamentale dell'opera in progetto corrisponde con uno dei picchi di risonanza del terreno di fondazione evidenziati con l'indagine mediante tromografo.

A riguardo, si segnala che, l'indagine sismica effettuata ha evidenziato un picco principale di amplificazione intorno a 3.30 Hz (cfr. Fig. 14), a cui corrisponde un periodo di 0.30 s.

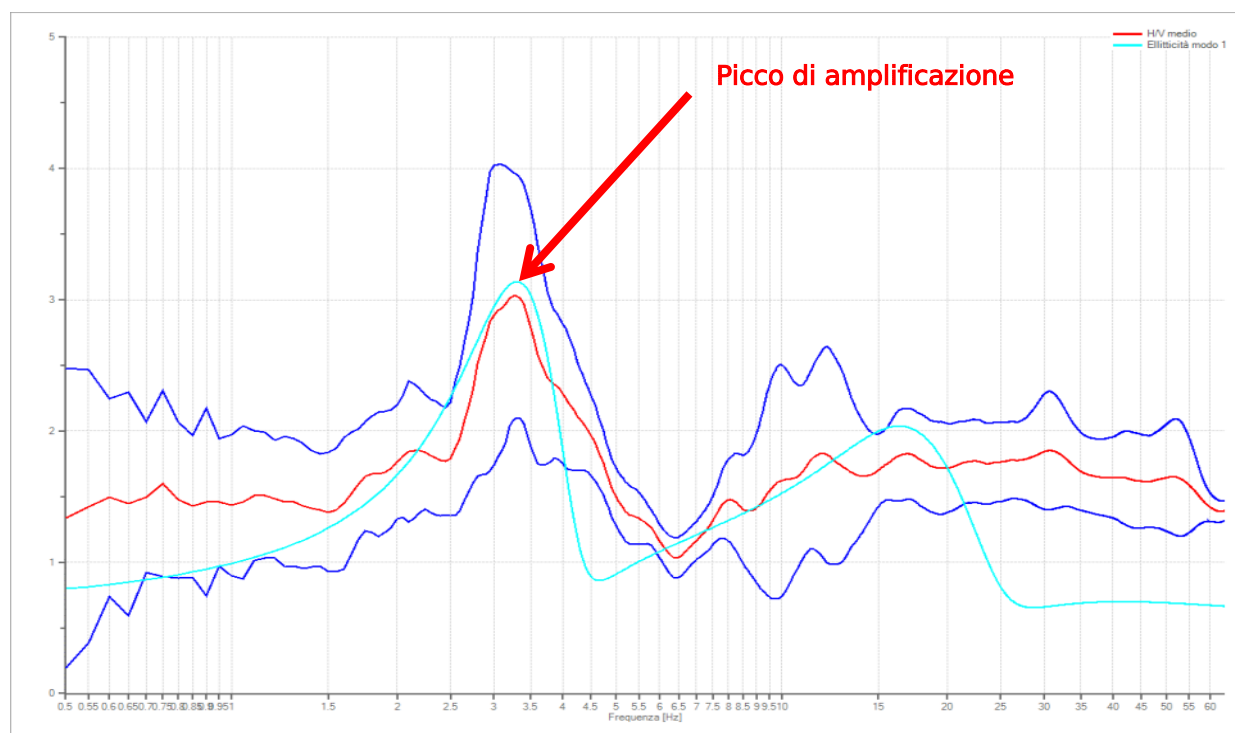



FIG. 14 – CURVA H/V DELLA PROVA TROMOGRAFICA

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	28 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

5.5 Magnitudo di riferimento

Per la valutazione del rischio di liquefazione è necessario valutare anche la magnitudo attesa, sempre in relazione al “periodo di riferimento per l’azione sismica”, definito nel paragrafo 1.2.

A tale scopo, l’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) fornisce i valori disaggregati magnitudo-distanza con riferimento ai nodi del reticolo (reticolo di riferimento; cfr. paragrafo 5.2), individuato dall’Allegato A delle NTC.

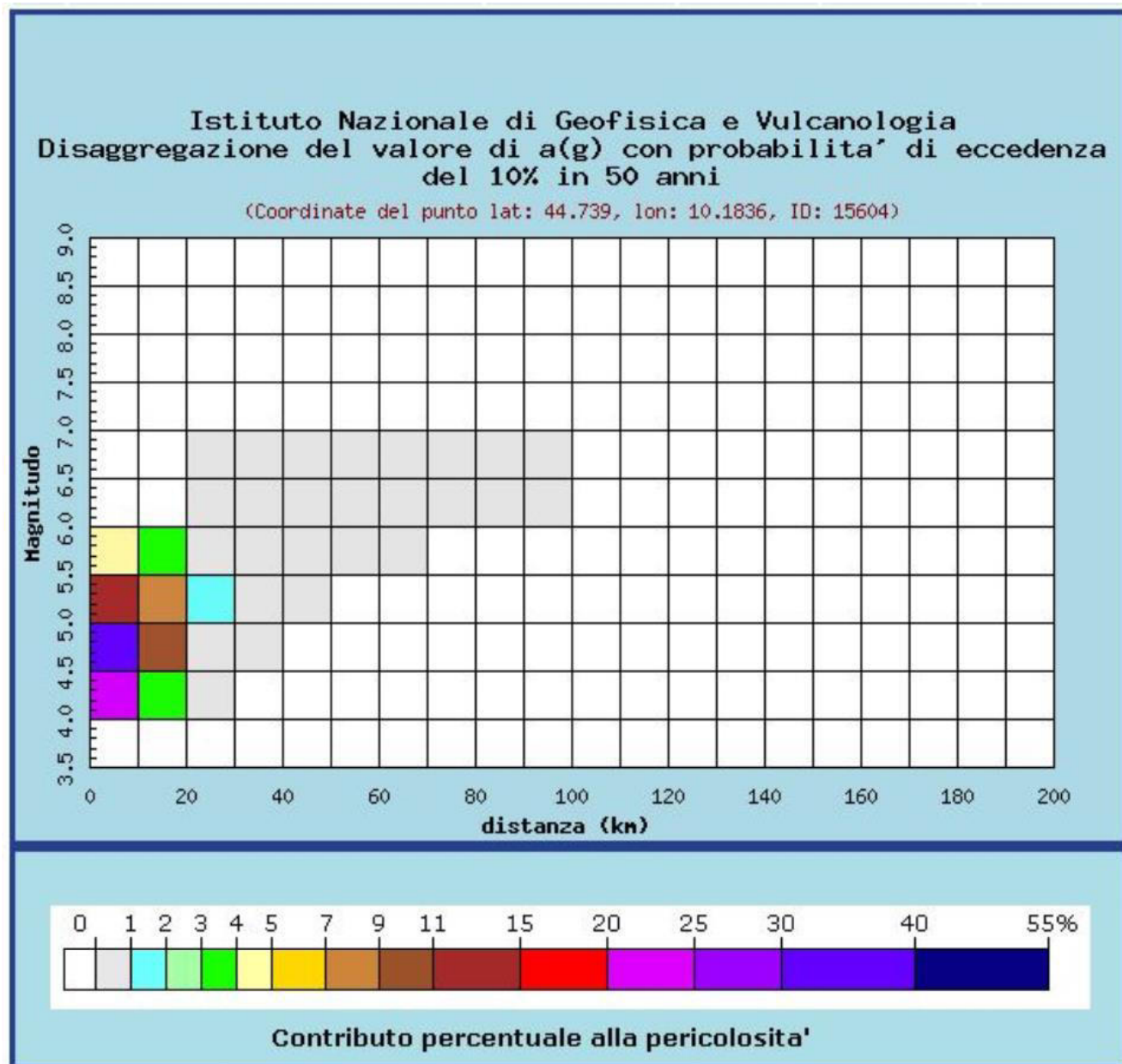



FIG. 15 – DISAGGREGAZIONE MAGNITUDO-DISTANZA PER IL NODO 15604

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	29 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

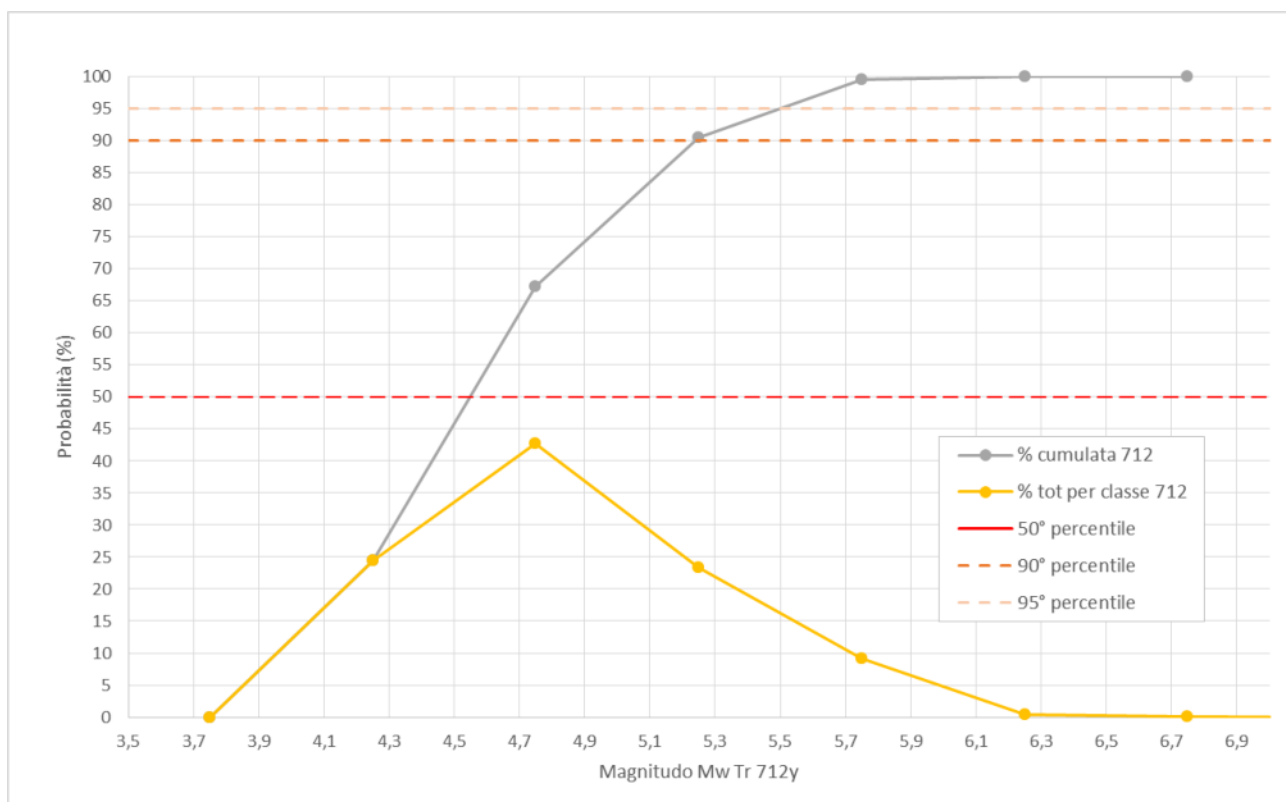


FIG. 16 – CALCOLO DELLA MAGNITUDO DI RIFERIMENTO SULLA BASE DEI DATI DI FIG. 15


Per il nodo più prossimo all'intervento in progetto, mediante la costruzione della curva cumulata della disaggregazione magnitudo-distanza, si ricava la magnitudo $M_w = 5,5$, corrispondente al 95° percentile della curva.

5.6 Rischio di liquefazione

Vista la presenza di orizzonti granulari fini sotto falda nel primo sottosuolo, si è ritenuto necessario valutarne il rischio di liquefazione, prendendo in considerazione le 2 prove penetrometriche dinamiche (SCPT) effettuate.

Per liquefazione si intende un processo di incremento della pressione del fluido interstiziale che causa, in un terreno non coesivo saturo (sabbia, limo non plastico), la diminuzione della resistenza a taglio a seguito dello scuotimento sismico, dando luogo a deformazioni permanenti significative.

La liquefazione consiste quindi in una diminuzione della resistenza del terreno, a seguito del raggiungimento della condizione di fluidità. La perdita totale della resistenza viene raggiunta quando la pressione dell'acqua che riempie gli interstizi arriva a uguagliare la pressione di confinamento, rendendo nulle le tensioni efficaci trasmesse attraverso le particelle

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	30 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

solide. Una volta che il terremoto ha innescato il processo di liquefazione, la massa del suolo resta in movimento fino a che non raggiunge una nuova condizione di stabilità.

La verifica è stata effettuata mediante il metodo deterministico proposto nell'*NCEER* che fa parte dei metodi "semplificati", utilizzando il programma *LiqIT* della *Geologismiki*. Questo metodo permette di correlare la resistenza al taglio mobilitata nel terreno con i risultati delle prove penetrometriche dinamiche. Un'ulteriore analisi è stata effettuata valutando l'Indice di Liquefazione secondo il metodo proposto da *Iwasaki (1978, 1984)*.

Il fattore di sicurezza, F_s nella verifica di resistenza alla liquefazione di un livello di terreno è, per definizione, il rapporto tra la capacità di resistenza alla liquefazione, espressa in termini di rapporto di resistenza ciclica *CRR (Cyclic Resistance Ratio)*, e la domanda di resistenza alla liquefazione, espressa in termini di rapporto di tensione ciclica *CSR*.

Si ha dunque:

$$F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

Il metodo di *NCEER* è un metodo semplificato che richiede solo la conoscenza di pochi parametri geotecnici: la granulometria, il numero dei colpi nella prova *SPT*, e il peso di volume.

5.6.1 Calcolo di CSR

Lo sforzo ciclico di taglio *CSR* viene stimato con l'espressione semplificata:

$$CSR = 0,65 \frac{a_g}{g} S \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \frac{r_d}{MSF}$$


dove *S* è il coefficiente di profilo stratigrafico, definito come segue (cfr. Tab. 6):

Categoria Suolo	Spettri di Tipo 1 S (M > 5,5)	Spettri di Tipo 2 S (M ≤ 5,5)
A	1,00	1,00
B	1,20	1,35
C	1,15	1,50
D	1,35	1,80
E	1,40	1,60

TAB. 6 COEFFICIENTE DEL PROFILO STRATIGRAFICO

il fattore correttivo *MSF* viene definito mediante la Tab. 7 in funzione della magnitudo.

Nel caso in esame l'accelerazione sismica massima attesa al sito per l'area in studio è stata considerata pari ad $a_{max} = 0,18 \cdot g$, mentre come magnitudo del sisma è stata assunta la magnitudo (*Mw*) corrispondente al 90° percentile pari a 5.5.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	31 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

Magnitudo	Seed H. B. & Idriss I. M. (1982)
5.2	1.75
5.5	1.43
6.0	1.32
6.5	1.19
7.0	1.08
7.5	1.00
8.0	0.94
8.5	0.89

TAB. 7 - FATTORE CORRETTIVO MSF SECONDO SEED E IDRIS

Per determinare il valore del coefficiente riduttivo r_d viene utilizzata la formula empirica proposta da *Iwasaki et al.* (1978):

$$r_d = 1 - 0,015z$$

5.6.2 Calcolo di CRR

Nel seguente caso vengano utilizzati dati provenienti da prove SCPT; la resistenza alla liquefazione viene calcolata mediante la seguente relazione di Blake, 1997:

$$CRR = \frac{0,04844 - 0,004721(N_{1,60})_{cs} + 0,0006136[(N_{1,60})_{cs}]^2 - 0,00001673[(N_{1,60})_{cs}]^3}{1 - 0,1248(N_{1,60})_{cs} + 0,009578[(N_{1,60})_{cs}]^2 - 0,0003285[(N_{1,60})_{cs}]^3 + 0,000003714[(N_{1,60})_{cs}]^4}$$

dove $(N_{1,60})_{cs}$ viene valutato con il metodo proposto da *Youd e Idriss* (1997) e raccomandato dal NCEER:

$$(N_{1,60})_{cs} = \alpha + \beta N_{1,60}$$


dove $N_{1,60}$ è la normalizzazione dei valori misurati dell'indice Nm (ridotti del 25% per profondità < 3 m) nella prova SPT rispetto ad una pressione efficace di confinamento di 100 KPa ed a un valore del rapporto tra l'energia di impatto e l'energia teorica di caduta libera pari al 60%, cioè:

$$N_{1,60} = C_N C_E N_m \quad C_N = \left(\frac{100}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,5} \quad C_E = \frac{ER}{60}$$

dove ER è pari al rapporto dell'energia misurato rispetto al valore teorico x 100 e dipende dal tipo di strumento utilizzato (Tab. 8).

Attrezzatura	C _E
Safety Hammer	0,7 – 1,2
Donut Hammer (USA)	0,5 – 1,0
Donut Hammer (Giappone)	1,1 – 1,4
Automatic-Trip Hammer (Tipo Donut o Safety)	0,8 – 1,4

TAB. 8 – VALORI DI ER PER DIVERSE TIPOLOGIE DI STRUMENTI

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	32 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

I parametri α e β , invece, dipendono dalla frazione fine FC:

$$\begin{aligned}
 \alpha &= 0 && \text{per } FC \leq 5\% \\
 \alpha &= \exp[1,76 - (190 / FC^2)] && \text{per } 5\% < FC \leq 35\% \\
 \alpha &= 5 && \text{per } FC > 35\% \\
 \\
 \beta &= 1,0 && \text{per } FC \leq 5\% \\
 \beta &= [0,99 + (FC^{1,5} / 1000)] && \text{per } 5\% < FC \leq 35\% \\
 \beta &= 1,2 && \text{per } FC > 35\%
 \end{aligned}$$

5.6.3 Rischio di liquefazione secondo Iwasaki

Il 'metodo di *Iwasaki et al.*' (1978, 1984) è stato proposto basandosi sulla osservazione che la severità dei danni prodotti dalla liquefazione ai manufatti è legata al volume di terreno liquefatto all'interno del deposito.

In sostanza il rischio di liquefazione tiene conto del fattore di sicurezza calcolato strato per strato, ma ne valuta la significatività su tutto lo spessore del deposito.

Il metodo si basa su due quantità: il fattore di resistenza (F_S) e l'indice di liquefazione (I_L). F_S si ottiene mediante le formule già proposte e quando $F_S \leq 1$ lo strato di terreno è liquefacibile; mentre I_L , indicativo dell'estensione che il fenomeno della liquefazione può avere nel deposito, è ottenuto dalla espressione

$$I_L = \int_0^{20} F W(z) dz$$

dove

$$F = 1 - F_S \quad \text{per } F_S \leq 1$$

$$F = 0 \quad \text{per } F_S > 1$$


$$W(z) = 10 - 0,5z$$

Per poter valutare la severità degli effetti viene proposta la scala della (Tab. 9).

Valori di I_L	Rischio di liquefazione
$I_L = 0$	Molto basso
$0 < I_L \leq 5$	Basso
$5 < I_L \leq 15$	Alto
$15 < I_L$	Molto alto

TAB. 9 – VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE SECONDI IWASAKI

Valutazioni più recenti riportate da Sonmez (2003), basate su sismi di magnitudo inferiore a quelli utilizzati da *Iwasaki* consigliano tuttavia di rimodulare le classi di pericolosità come riportato in Tab. 10.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	33 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

LPI
LPI = 0.00 - Liquefaction risk nul
LPI between 0.00 and 2.00 - Liquefaction risk low
LPI between 2.00 and 5.00 - Liquefaction risk moderate
LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high
LPI > 15.00 - Liquefaction risk very high

TAB. 10 – VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE SECONDO SONMEZ

5.6.4 Analisi dei risultati

Come si può osservare in *All. 3 – Verifiche a liquefazione* i terreni in esame risultano a moderato rischio di liquefazione, in quanto gli indici LPI sono risultati pari, rispettivamente a 2.38, con i dati della prova SCPT1 e a 2.84, con quelli della SCPT2.

Considerato, inoltre che, in entrambi i casi, si è calcolato un cedimento atteso nullo, in occasione della liquefazione, non si prevedono effetti significativi sulle opere in progetto.

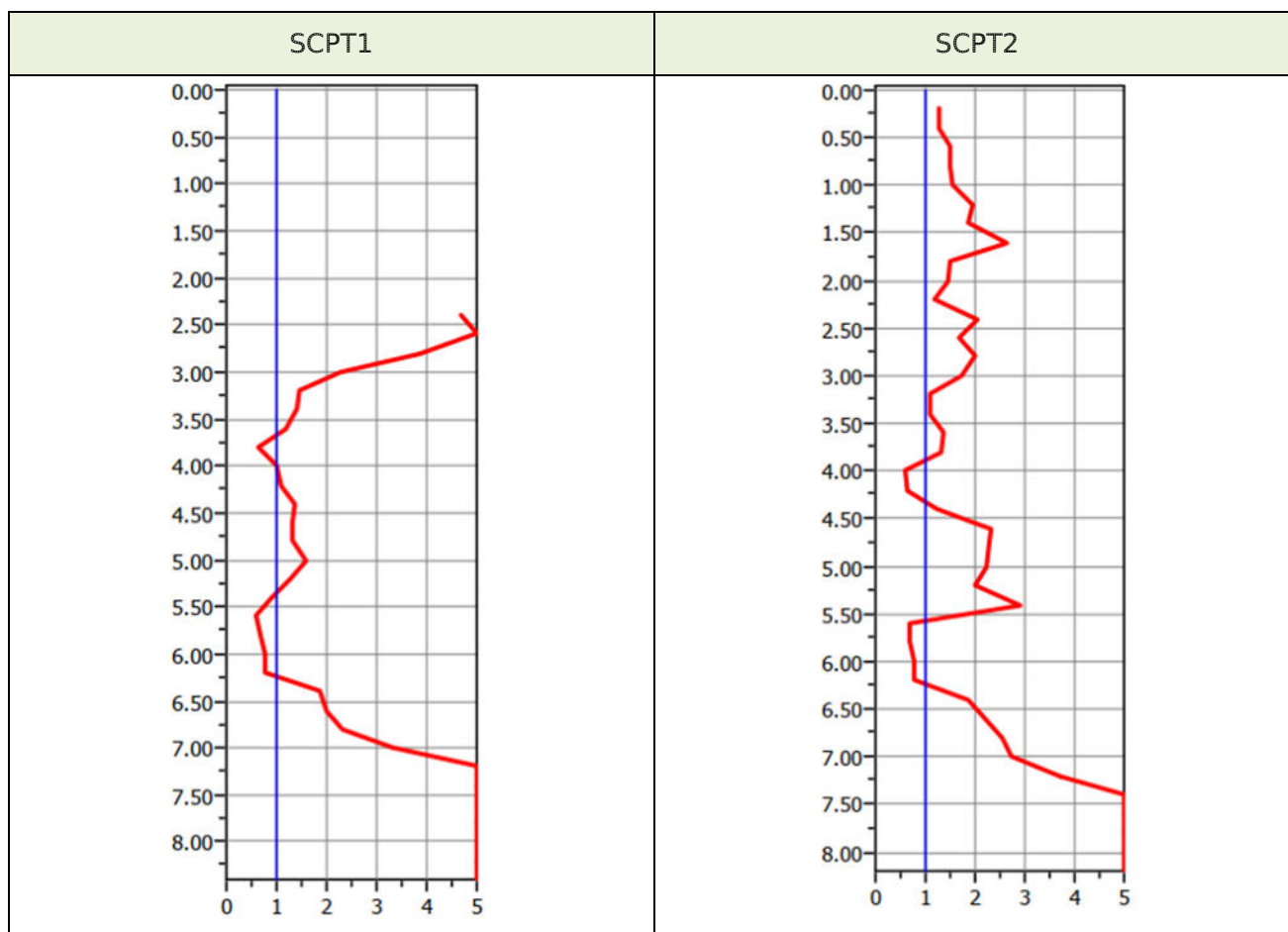



FIG. 17 – VARIAZIONE DEL FATTORE DI SICUREZZA CON LA PROFONDITÀ PER LA 2 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	34 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

6. ELABORAZIONE DEI DATI FORNITI DALLE INDAGINI IN SITU

Le indagini effettuate hanno evidenziato che i terreni di fondazione del fabbricato in progetto sono costituiti da un orizzonte di depositi alluvionali, prevalentemente sabbiosi, a comportamento granulare, poggiante su un substrato argilloso, coesivo, molto consistente.

Nei successivi paragrafi viene indicato come sono stati ricavati i differenti parametri geotecnici del livello più superficiale partendo dai risultati delle prove penetrometriche dinamiche e utilizzando correlazioni empiriche note in letteratura.

Differentemente, per la parametrizzazione dei sedimenti marini, si è preferito fare riferimento a dati di indagini pregresse, più raffinate, quali i sondaggi a carotaggio continuo, con relative prove di laboratorio, effettuati nelle vicinanze dell'area di studio (cfr. Relazione geologico-sismica facente parte del progetto esecutivo della "Condotta di alimentazione e scarico dell'acqua dell'invaso irriguo di Medesano n. 4", a firma del Dott. Geol. Fabio Piccinotti).

6.1 Angolo di resistenza al taglio

L'angolo di resistenza al taglio (ϕ') è stato stimato a partire dai valori dei colpi N_{SPT} (ricavati come indicato nel paragrafo 3.2) mediante la formula proposta da *Shioi e Fukuni* (1982):


$$\Phi' = \sqrt{15 \cdot N_{SPT}} + 15$$

6.2 Modulo elastico

Il valore del modulo elastico E (di *Young*) è stato ricavato mediante la seguente relazione (*D'Apollonia et al.*):

$$E = 7.71N_{spt} + 191$$

con il modulo elastico espresso in Kg/cm^2 e i valori di N_{SPT} ricavati sempre come indicato nel paragrafo 3.2.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	35 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

7. MODELLO GEOTECNICO

L'individuazione del modello geotecnico del terreno di fondazione, è stato basato sull'interpretazione della stratigrafia dei terreni, effettuata nel capitolo 4, e sulle correlazioni alle loro caratteristiche geotecniche, determinate con i metodi descritti nel capitolo 6.

Nel modello geotecnico i parametri di resistenza al taglio e deformabilità, relativi a ciascun orizzonte, vengono espressi indicandone i valori caratteristici (da utilizzare per valutazioni semiprobabilistiche, in ottemperanza alle N.T.C. 2018).

Limitatamente al livello 1, sono state effettuate delle elaborazioni statistiche: infatti, il valore caratteristico di deformabilità, è stato assunto uguale al 5° percentile della distribuzione della media, utilizzando una distribuzione lognormale; mentre, per l'angolo di attrito interno, si è fatto riferimento sempre al 5° percentile della distribuzione della media, utilizzando però una distribuzione gaussiana (normale).

Di seguito viene proposta la caratterizzazione dei singoli orizzonti, rappresentati graficamente in Fig. 18.

LIVELLO DI COPERTURA

- Profondità: da p.c. a -1.00÷2.20 m da p.c.
- Litologia: suolo vegetale e/o terreni di riporto
- Parametri geotecnici²:
 - peso specifico $\gamma = 17.0 \text{ kN/m}^3$


LIVELLO 1

- Profondità: da 1.00÷2.20 m da p.c. a -6.20 m da p.c.
- Litologia: depositi prevalentemente sabbiosi a comportamento granulare
- Parametri geotecnici:

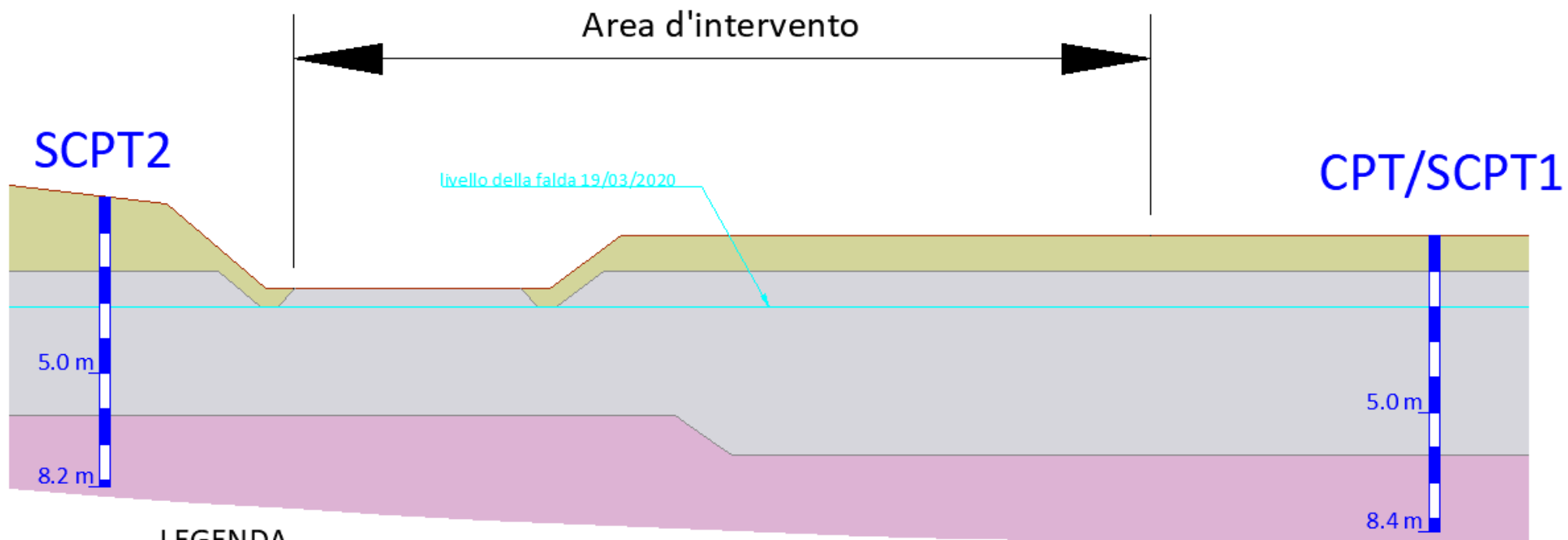
	$\phi' (^{\circ})$	$E_y \text{ (MPa)}$
Valore caratteristico	28.4	24.3

- peso specifico $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$

² Trattasi di parametri scadenti ma influenti per la stabilità del complesso manufatto-terreno, dato che le fondazioni andranno sempre intestate al di sotto di questo strato. Conseguentemente, per le verifiche geotecniche l'unico dato utile è il peso specifico

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	36 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo



LEGENDA



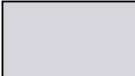

	LIVELLO DI COPERTURA Suolo vegetale e/o terreni di riporto		LIVELLO 2 Depositi prevalentemente argillosi a comportamento coesivo
	LIVELLO 1 Depositi prevalentemente sabbiosi a comportamento granulare		

FIG. 18 – MODELLO GEOTECNICO DELL'AREA D'INTERVENTO (LA CUI TRACCIA È RAPPRESENTATA IN FIG. 5)

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	37 di 40


<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

LIVELLO 2

- Profondità: da -6.20 m da p.c.
- Litologia: substrato marino costituito da depositi prevalentemente argillosi a comportamento coesivo
- Parametri geotecnici:

	ϕ' (°)	C' (kPa)	C_u (kPa)	E_y (MPa)
Valore caratteristico	26.0	30.0	150.0	25.0

- peso specifico $\gamma = 21.0 \text{ kN/m}^3$


 ENGEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	38 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

8. CONCLUSIONI

Gli studi effettuati e le indagini svolte consentono di formulare le seguenti considerazioni conclusive:


- 1. L'area oggetto d'intervento non presenta particolari problematiche di carattere geomorfologico né forme di pregio che potrebbero essere danneggiate dall'opera in progetto.*
- 2. Le caratteristiche litostratigrafiche sono state indagate mediante una campagna geognostica che ha previsto l'esecuzione di due prove penetrometriche.*
- 3. Dalle indagini effettuate emerge la presenza, sotto una copertura costituita da suolo vegetale e/o terreni di riporto, di depositi alluvionali prevalentemente sabbiosi, con intercalazioni ghiaiose, poggianti, a una profondità di circa 6 m, sul substrato marino argilloso.*
- 4. Nel modello geotecnico è stata effettuata la schematizzazione del sottosuolo indagato in 3 differenti tipologie di orizzonti a ciascuna delle quali, nel capitolo 7, sono stati attribuiti dei parametri caratteristici da utilizzare per le verifiche di legge.*
- 5. Lo studio idrogeologico ha evidenziato che la falda che ha sede nel primo acquifero ha delle oscillazioni stagionali dell'ordine dei 2÷3 metri e può raggiungere quote prossime all'attuale piano campagna (corrispondenti a soggiacenze anche inferiori al metro).*
- 6. Secondo la classificazione sismica di cui all'O.P.C.M. n° 3274 del 20.03.2003 il Comune di Medesano, è stato identificato in zona 3 (a sismicità bassa).*
- 7. L'area in esame risulta a rischio di amplificazione stratigrafica e i terreni d'impasto si possono considerare appartenenti alla categoria B: "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s".*
- 8. Per valutare la vulnerabilità sismica delle opere in progetto andrà considerato se le frequenze di risonanza fondamentali dell'edificio corrispondono con il picco di risonanza del terreno di fondazione evidenziato con l'indagine mediante tromografo (cfr. spettro H/V del terreno di Fig. 14 a pag. 28).*

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	39 di 40

PROGETTO	LIVELLO
Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)	Progetto definitivo ed esecutivo

9. *Lo studio ha evidenziato che, in zona, il rischio di liquefazione dei terreni è da considerarsi moderato (cfr. paragrafo 5.6).*
10. *Alla luce delle caratteristiche geotecniche, idrogeologiche e sismiche della zona non si evidenziano particolari problematiche connesse alla realizzazione dell'intervento in esame.*
11. *La validità delle ipotesi effettuate dovrà essere controllata durante la costruzione considerando, oltre ai dati raccolti in fase di progetto, anche quelli ottenuti con misure e osservazioni nel corso dei lavori per adeguare, eventualmente, l'opera alle situazioni riscontrate.*

Considerato quanto sopra esposto si esprime parere geologico, geotecnico e sismico favorevole al presente progetto di costruzione, purché si operi tenendo conto delle prescrizioni indicate.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Marzo 2020	0	40 di 40

Marzo
2020

STUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO E SISMICO

Comune di Medesano
Provincia di Parma

Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano

ALLEGATO 1 PROVE PENETROMETRICHE

I Geologi:

Dott. Carlo Caleffi
Dott. Francesco Cerutti



Sede legale e uffici : via Adorni, 2 - 43121 Parma
Tel 0521 233999 - Fax 0521 200181
Sede locale: via Ferrari 5/G 46045 Marmirolo MN
Tel 0376 467967
email info@engeo.it - www.engeo.it

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-083

- committente : ENGEO srl
- lavoro : realizzazione impianto idroellettico
- località : Strada Brozzoli - Medesano (PR)
- note :

- data : 19/03/2020
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,00 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	----	----	--	1,00	----	1,40	86,0	121,0	86,0	1,47	59,0
0,40	54,0	69,0	54,0	2,40	22,0	1,60	35,0	57,0	35,0	0,80	44,0
0,60	22,0	58,0	22,0	1,73	13,0	1,80	109,0	121,0	109,0	2,27	48,0
0,80	19,0	45,0	19,0	0,67	28,0	2,00	123,0	157,0	123,0	2,00	62,0
1,00	10,0	20,0	10,0	1,40	7,0	2,20	320,0	350,0	320,0	-----	----
1,20	124,0	145,0	124,0	2,33	53,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann \varnothing = 35.7 mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

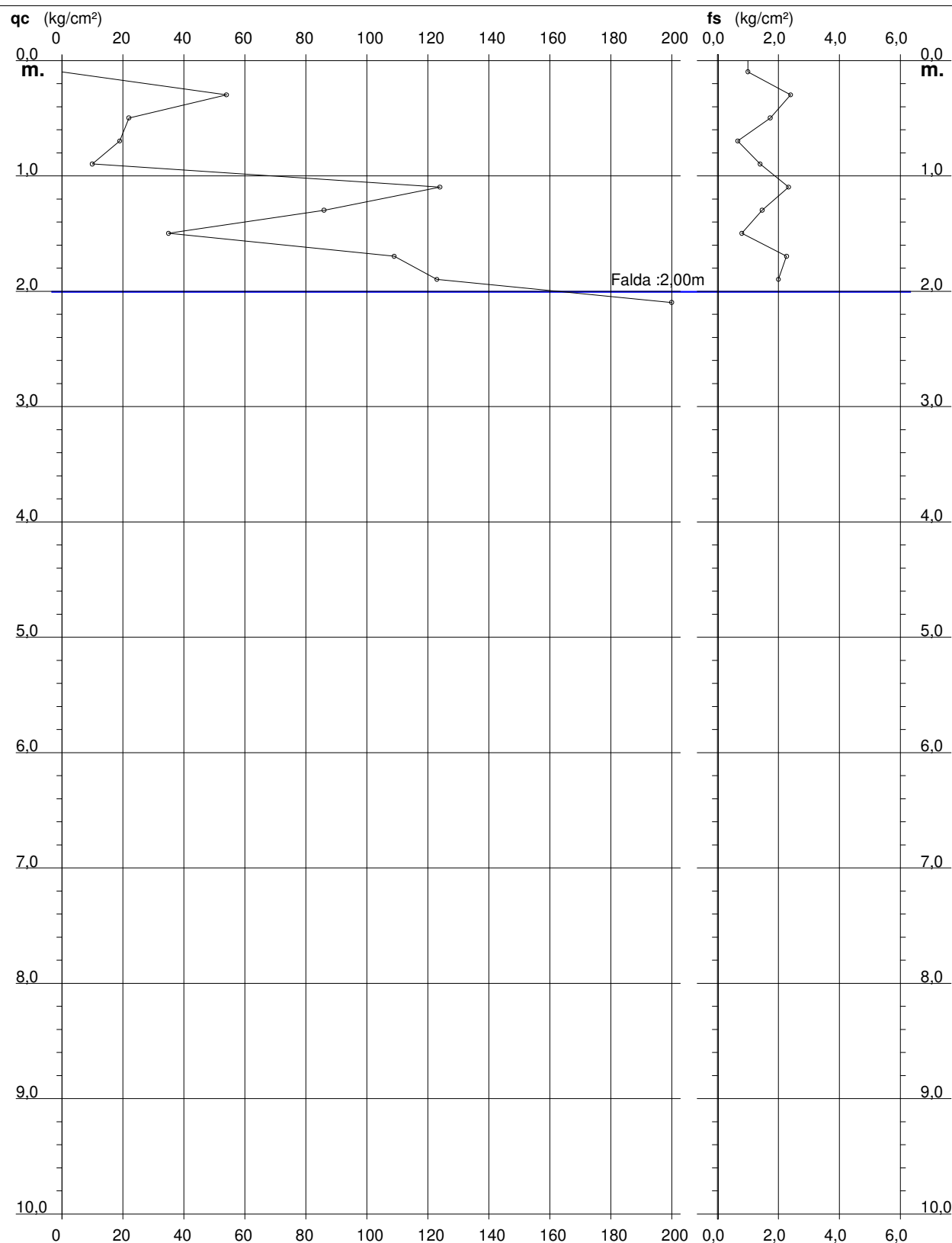
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-083

- committente : ENGEO srl
- lavoro : realizzazione impianto idroellettico
- località : Strada Brozzoli - Medesano (PR)

- data : 19/03/2020
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,00 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 50



PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.01PG05-083

- committente : ENGEO srl

- lavoro : realizzazione impianto idroelettrico

- località : Strada Brozzoli - Medesano (PR)

- note :

- data : 19/03/2020

- quota inizio : Piano Campagna

- prof. falda : 2,00 m da quota inizio

- pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	d'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	54	22	4/./:	1,85	0,07	1,80	99,9	306	459	162	100	42	43	45	46	45	31	0,258	90	135	162
0,60	22	13	4/./:	1,85	0,11	0,85	79,5	144	216	66	74	38	40	42	44	40	28	0,170	37	55	66
0,80	19	28	2////	1,85	0,15	0,78	49,8	132	198	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	10	7	2////	1,85	0,19	0,50	21,8	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	124	53	3:::	1,85	0,22	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	44	35	0,258	207	310	372
1,40	86	59	3:::	1,85	0,26	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	42	33	0,258	143	215	258
1,60	35	44	3:::	1,85	0,30	--	--	--	--	--	66	37	39	41	43	38	29	0,146	58	88	105
1,80	109	48	3:::	1,85	0,33	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	42	34	0,258	182	273	327
2,00	123	62	3:::	1,03	0,35	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	42	35	0,258	205	308	369
2,20	320	--	3:::	1,15	0,38	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	40	0,258	533	800	960

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **DPSH (S. Heavy)**

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : **DPSH (S. Heavy)**

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 30,00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50,50 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,00 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 8,00 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 11,91 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²)
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,521$ (teoricamente : Nspt = β_t N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

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

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm² = 0.098067 MPa
1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm²
1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : ENGEO srl
 - lavoro : realizzazione impianto idroellettico
 - località : Strada Brozzoli - Medesano (PR)
 - note : prova CPT fino a 2.2 m

- data : 19/03/2020
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : 2,00 m da quota inizio
 - pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	----	----	----	1	4,20 - 4,40	9	51,0	----	5
0,20 - 0,40	----	----	----	1	4,40 - 4,60	8	45,3	----	5
0,40 - 0,60	----	----	----	1	4,60 - 4,80	8	45,3	----	5
0,60 - 0,80	----	----	----	1	4,80 - 5,00	10	53,4	----	6
0,80 - 1,00	----	----	----	2	5,00 - 5,20	8	42,7	----	6
1,00 - 1,20	----	----	----	2	5,20 - 5,40	6	32,1	----	6
1,20 - 1,40	----	----	----	2	5,40 - 5,60	3	16,0	----	6
1,40 - 1,60	----	----	----	2	5,60 - 5,80	4	21,4	----	6
1,60 - 1,80	----	----	----	2	5,80 - 6,00	5	25,3	----	7
1,80 - 2,00	----	----	----	3	6,00 - 6,20	5	25,3	----	7
2,00 - 2,20	----	----	----	3	6,20 - 6,40	8	40,5	----	7
2,20 - 2,40	18	115,8	----	3	6,40 - 6,60	9	45,5	----	7
2,40 - 2,60	19	122,3	----	3	6,60 - 6,80	11	55,6	----	7
2,60 - 2,80	17	109,4	----	3	6,80 - 7,00	15	72,0	----	8
2,80 - 3,00	12	72,3	----	4	7,00 - 7,20	17	81,6	----	8
3,00 - 3,20	8	48,2	----	4	7,20 - 7,40	18	86,4	----	8
3,20 - 3,40	8	48,2	----	4	7,40 - 7,60	19	91,2	----	8
3,40 - 3,60	7	42,2	----	4	7,60 - 7,80	21	100,8	----	8
3,60 - 3,80	3	18,1	----	4	7,80 - 8,00	22	100,5	----	9
3,80 - 4,00	6	34,0	----	5	8,00 - 8,20	24	109,6	----	9
4,00 - 4,20	7	39,6	----	5	8,20 - 8,40	25	114,2	----	9

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm² - D(diam. punta)= **50,50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

- committente : ENGEO srl
 - lavoro : realizzazione impianto idroellettico
 - località : Strada Brozzoli - Medesano (PR)
 - note :

- data : 19/03/2020
 - quota inizio : + 1.5 m da p.c.
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	1	7,4	----	1	4,20 - 4,40	8	45,3	----	5
0,20 - 0,40	1	7,4	----	1	4,40 - 4,60	14	79,3	----	5
0,40 - 0,60	2	14,9	----	1	4,60 - 4,80	14	79,3	----	5
0,60 - 0,80	2	14,9	----	1	4,80 - 5,00	14	74,8	----	6
0,80 - 1,00	2	13,8	----	2	5,00 - 5,20	13	69,5	----	6
1,00 - 1,20	4	27,6	----	2	5,20 - 5,40	18	96,2	----	6
1,20 - 1,40	4	27,6	----	2	5,40 - 5,60	4	21,4	----	6
1,40 - 1,60	7	48,3	----	2	5,60 - 5,80	4	21,4	----	6
1,60 - 1,80	3	20,7	----	2	5,80 - 6,00	5	25,3	----	7
1,80 - 2,00	3	19,3	----	3	6,00 - 6,20	5	25,3	----	7
2,00 - 2,20	2	12,9	----	3	6,20 - 6,40	8	40,5	----	7
2,20 - 2,40	10	64,3	----	3	6,40 - 6,60	10	50,6	----	7
2,40 - 2,60	8	51,5	----	3	6,60 - 6,80	12	60,7	----	7
2,60 - 2,80	10	64,3	----	3	6,80 - 7,00	13	62,4	----	8
2,80 - 3,00	9	54,2	----	4	7,00 - 7,20	16	76,8	----	8
3,00 - 3,20	6	36,1	----	4	7,20 - 7,40	18	86,4	----	8
3,20 - 3,40	6	36,1	----	4	7,40 - 7,60	20	96,0	----	8
3,40 - 3,60	8	48,2	----	4	7,60 - 7,80	22	105,6	----	8
3,60 - 3,80	8	48,2	----	4	7,80 - 8,00	23	105,1	----	9
3,80 - 4,00	2	11,3	----	5	8,00 - 8,20	24	109,6	----	9
4,00 - 4,20	3	17,0	----	5					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm² - D(diam. punta)= **50,50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

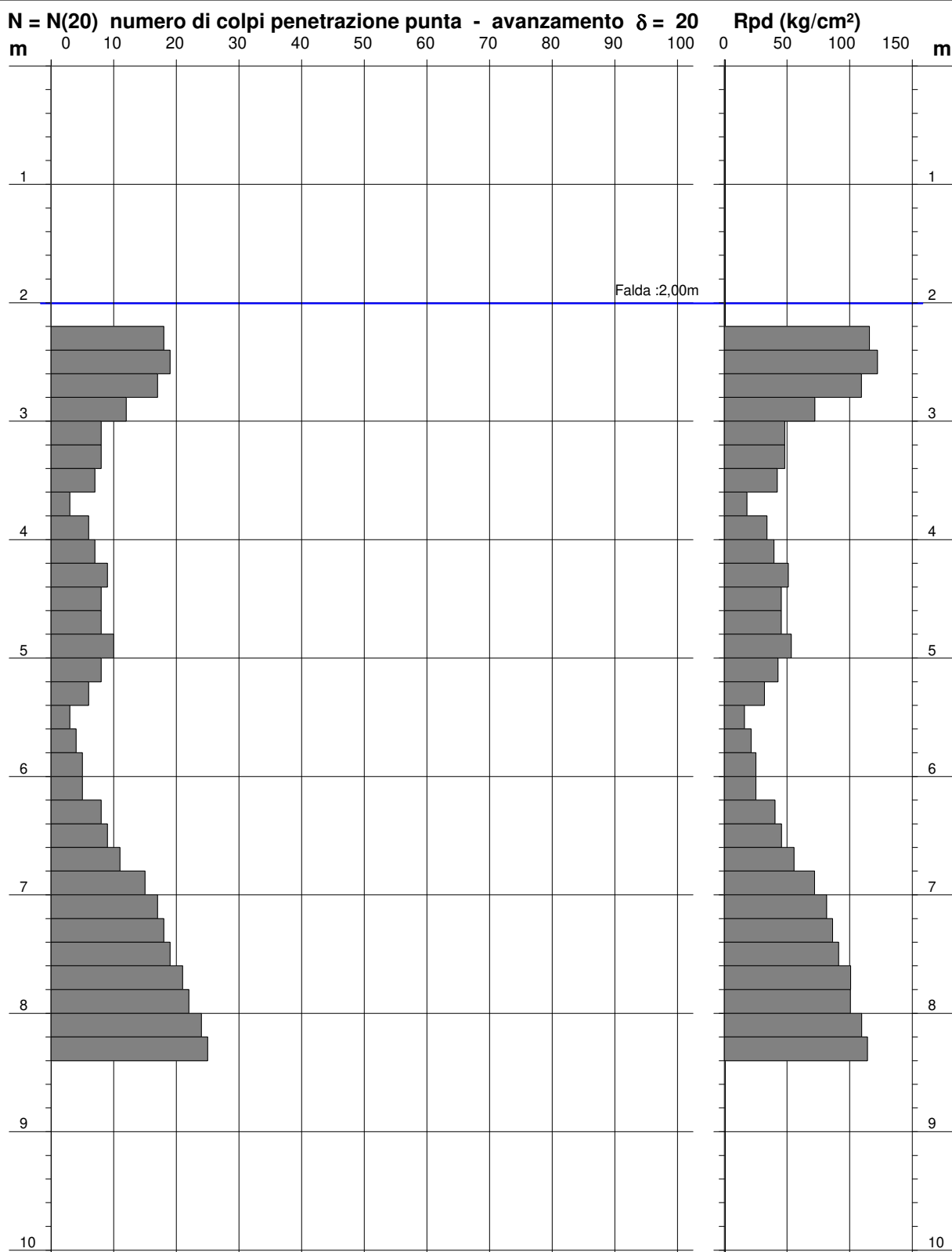
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

Scala 1: 50

- committente : ENGEO srl
- lavoro : realizzazione impianto idroellettico
- località : Strada Brozzoli - Medesano (PR)
- note : prova CPT fino a 2.2 m

- data : 19/03/2020
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : 2,00 m da quota inizio
- pagina : 1



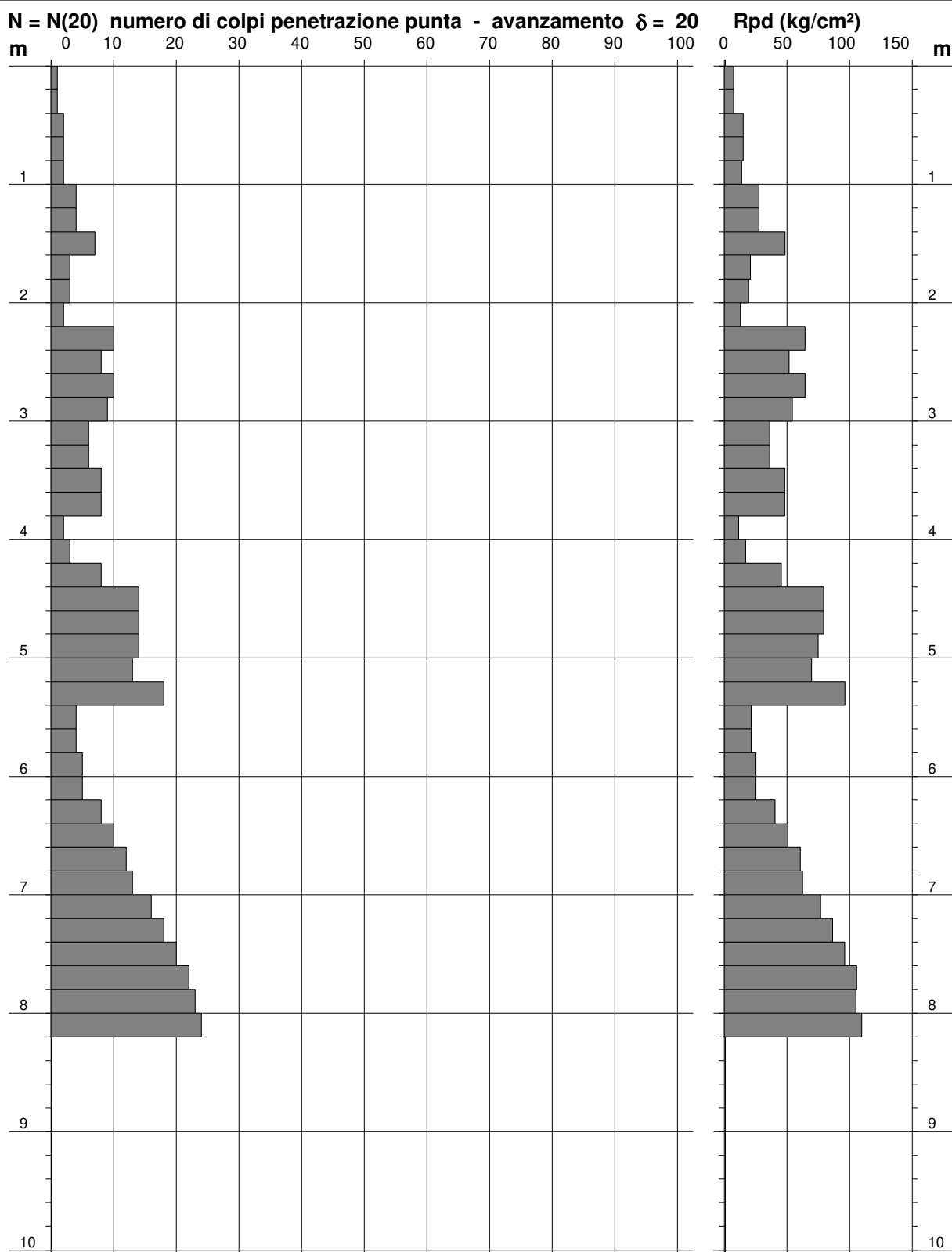
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

Scala 1: 50

- committente : ENGEO srl
- lavoro : realizzazione impianto idroellettico
- località : Strada Brozzoli - Medesano (PR)
- note :

- data : 19/03/2020
- quota inizio : + 1.5 m da p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1



Marzo
2020

STUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO E SISMICO

Comune di Medesano
Provincia di Parma

Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano

ALLEGATO 2 PROVA TROMOGRAFICA

I Geologi:

Dott. Carlo Caleffi
Dott. Francesco Cerutti



Sede legale e uffici : via Adorni, 2 - 43121 Parma
Tel 0521 233999 - Fax 0521 200181
Sede locale: via Ferrari 5/G 46045 Marmirolo MN
Tel 0376 467967
email info@engeo.it - www.engeo.it

PROGETTO:	Studio geologico, geotecnico e sismico per la progettazione definitiva ed esecutiva di un impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)
LOCALITA':	Via Brozzoli - Medesano (PR)

PROVA HVSR

Comune Medesano	Località Parma	
Cantiere Impianto idroelettrico	Data 19/03/2020	Ora 15.00
Codice lavoro PDRT.02.2020		
Codice Prova PDRT_A	File	Durata (min) 20
Strumento Echo Tromo HVSR3	Freq.camp. 155 Hz	F. sensore 2.0 Hz
Operatore Dott. Francesco Cerutti		

CONDIZIONI ATMOSFERICHE

Vento	<input type="checkbox"/> assente	<input checked="" type="checkbox"/> debole (<5m/s)	<input type="checkbox"/> medio (5>v>30 m/s)	<input type="checkbox"/> forte (>30 m/s)
Pioggia	<input checked="" type="checkbox"/> assente	<input type="checkbox"/> debole	<input type="checkbox"/> media	<input type="checkbox"/> forte

TERRENO DI PROVA

Suolo	<input checked="" type="checkbox"/> argilloso-limoso soffice	<input type="checkbox"/> argilloso-limoso duro	<input checked="" type="checkbox"/> con erba	<input type="checkbox"/> senza erba
	<input type="checkbox"/> ghiaia (ciottoli)	<input type="checkbox"/> sabbia	<input type="checkbox"/> roccia	
	<input type="checkbox"/> suolo asciutto	<input checked="" type="checkbox"/> suolo umido	<input type="checkbox"/> suolo saturo	
Pavimentazione artificiale	<input type="checkbox"/> rilevato in ghiaia	<input type="checkbox"/> cemento/cls	<input type="checkbox"/> asfalto	<input type="checkbox"/> ceramica
	<input type="checkbox"/> altro:			
Accoppiamento sensore	<input checked="" type="checkbox"/> piedini infissi	<input type="checkbox"/> piedini da pavimento	<input type="checkbox"/> accoppiamento artificiale	<input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> altro

STRUTTURE CIRCOSTANTI

Abitazioni	<input checked="" type="checkbox"/> assenti	<input type="checkbox"/> sparse	<input type="checkbox"/> fitte	<input type="checkbox"/> molto fitte
Fabbriche	<input checked="" type="checkbox"/> assenti	<input type="checkbox"/> sparse	<input type="checkbox"/> fitte	<input type="checkbox"/> molto fitte
Ponti	<input checked="" type="checkbox"/> assenti	<input type="checkbox"/> presenti		
Strutt. sotterranee	<input checked="" type="checkbox"/> assenti	<input type="checkbox"/> presenti:		
Piante	<input type="checkbox"/> assenti	<input type="checkbox"/> sparse	<input type="checkbox"/> fitte	<input type="checkbox"/> molto fitte

SORGENTI RUMORE

Disturbo discontinuo		assente	raro	moderato	forte	molto forte	Distanza (m)
	auto	✓					
	camion	✓					
	passanti			✓			5
	altro	✓					
Disturbo cont.	<input checked="" type="checkbox"/> assente	<input type="checkbox"/> presente:					

OSSERVAZIONI:

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Report indagine HVSR	Marzo 2020	0	1 di 6

PROGETTO:	Studio geologico, geotecnico e sismico per la progettazione definitiva ed esecutiva di un impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)
LOCALITA':	Via Brozzoli - Medesano (PR)

Tracce in input

Dati riepilogativi:

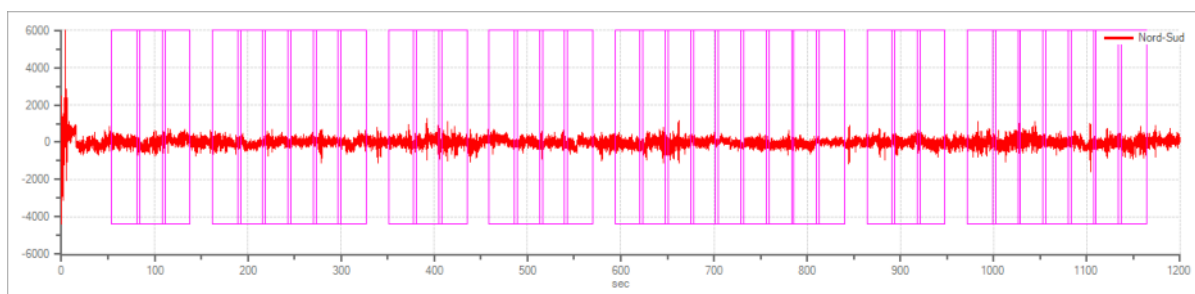
Numero tracce: 3
 Durata registrazione: 1200 s
 Frequenza di campionamento: 155.00Hz
 Numero campioni: 186000
 Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

Finestre selezionate

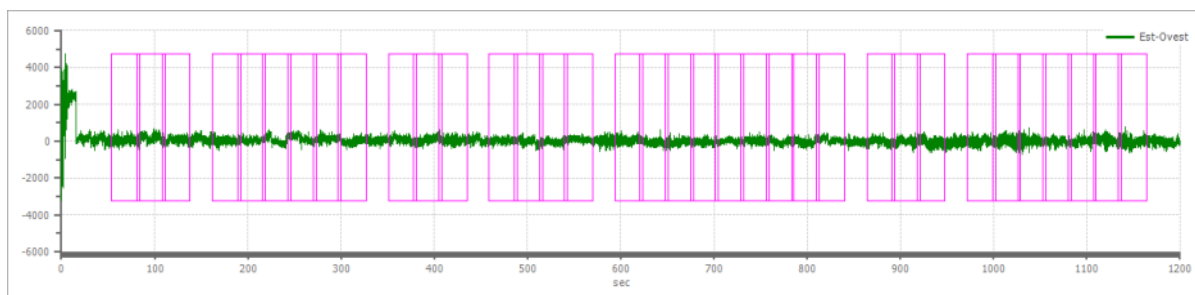
Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 35
 Numero finestre incluse nel calcolo: 35
 Dimensione temporale finestre: 30.00 s
 Tipo di lisciamento: Triangolare proporzionale
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %

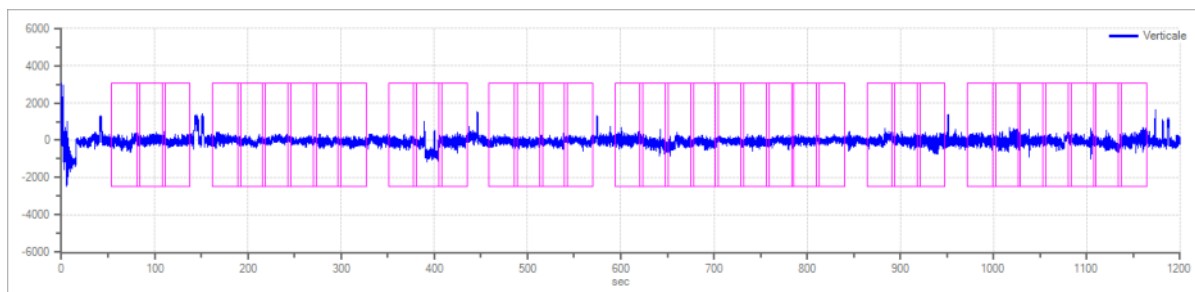
Grafici tracce con finestre selezionate:




Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud



Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

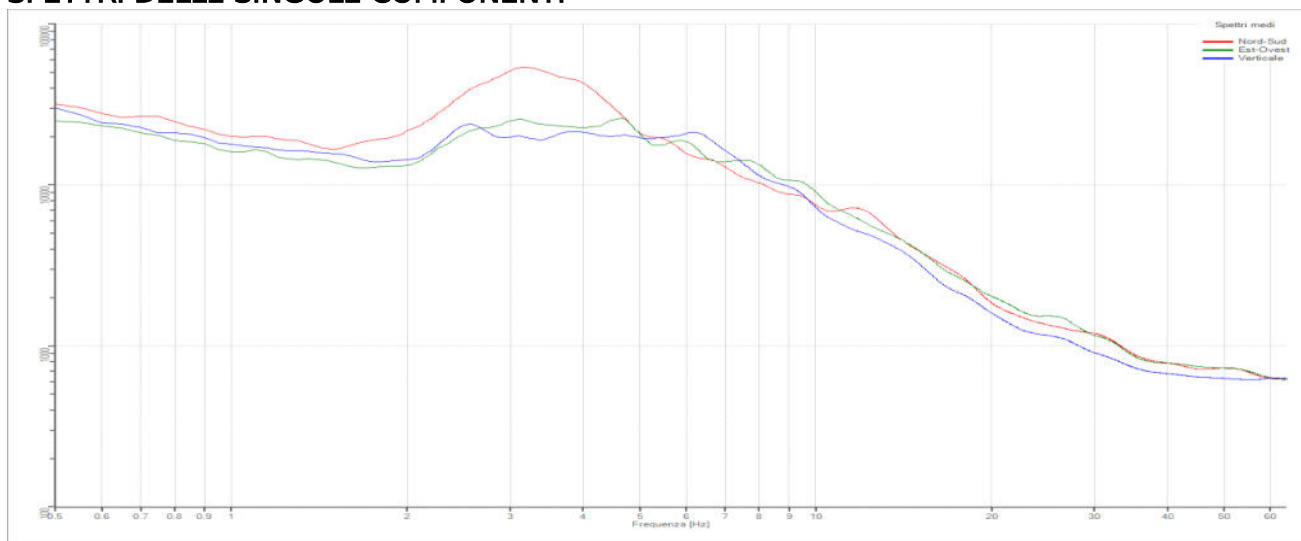


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Report indagine HVSR	Marzo 2020	0	2 di 6

PROGETTO:	Studio geologico, geotecnico e sismico per la progettazione definitiva ed esecutiva di un impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)
LOCALITA':	Via Brozzoli - Medesano (PR)

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Rapporto spettrale H/V

Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 64.00 Hz

Frequenza minima: 0.50 Hz

Passo frequenze: 0.05 Hz

Tipo lisciamento: Triangolare proporzionale

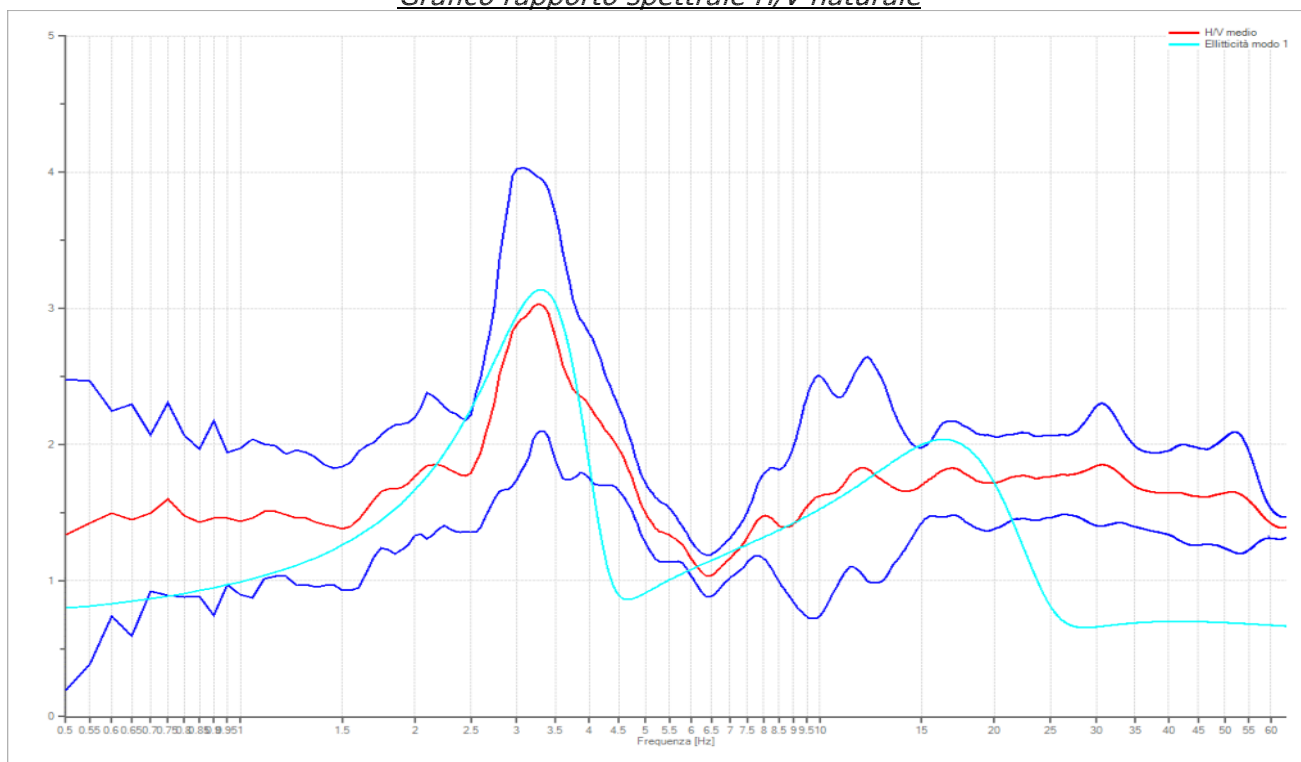
Percentuale di lisciamento: 10.00 %


Tipo di somma direzionale: Media geometrica

Risultati:

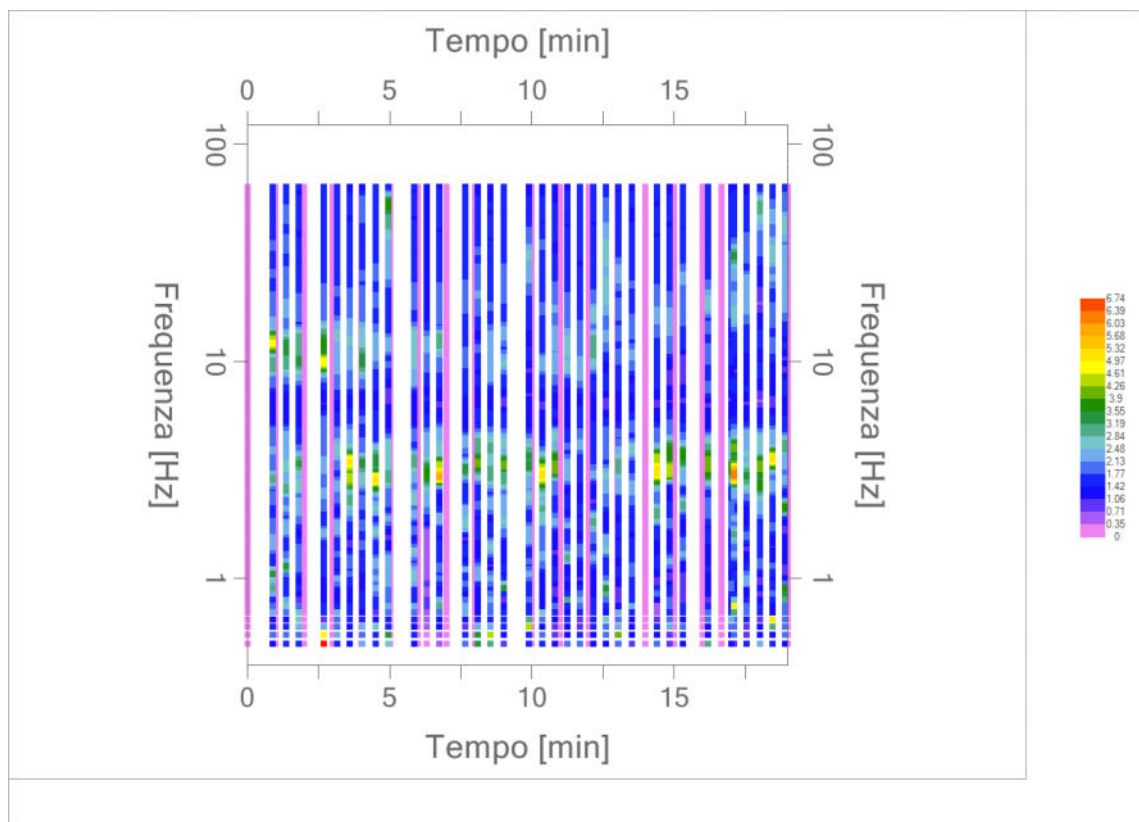
Frequenza del picco del rapporto H/V: $3.30 \text{ Hz} \pm 0.31 \text{ Hz}$

Grafico rapporto spettrale H/V naturale

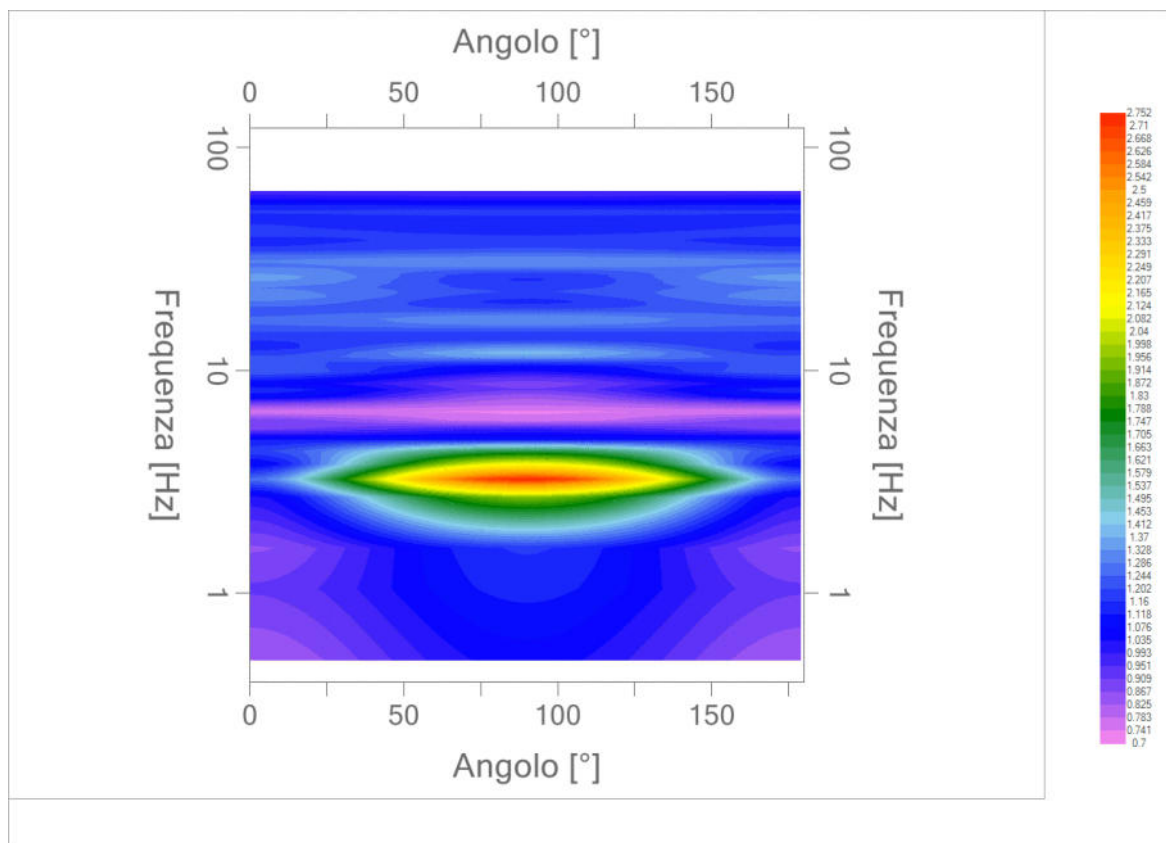


 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Report indagine HVSR	Marzo 2020	0	3 di 6


PROGETTO:	Studio geologico, geotecnico e sismico per la progettazione definitiva ed esecutiva di un impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)
LOCALITA':	Via Brozzoli - Medesano (PR)



Mappa della stazionarietà degli spettri



DIREZIONALITA' H/V

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Report indagine HVSR	Marzo 2020	0	4 di 6

PROGETTO:	Studio geologico, geotecnico e sismico per la progettazione definitiva ed esecutiva di un impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)
LOCALITA':	Via Brozzoli - Medesano (PR)

Modello stratigrafico

Dati riepilogativi:

Numero strati: 4

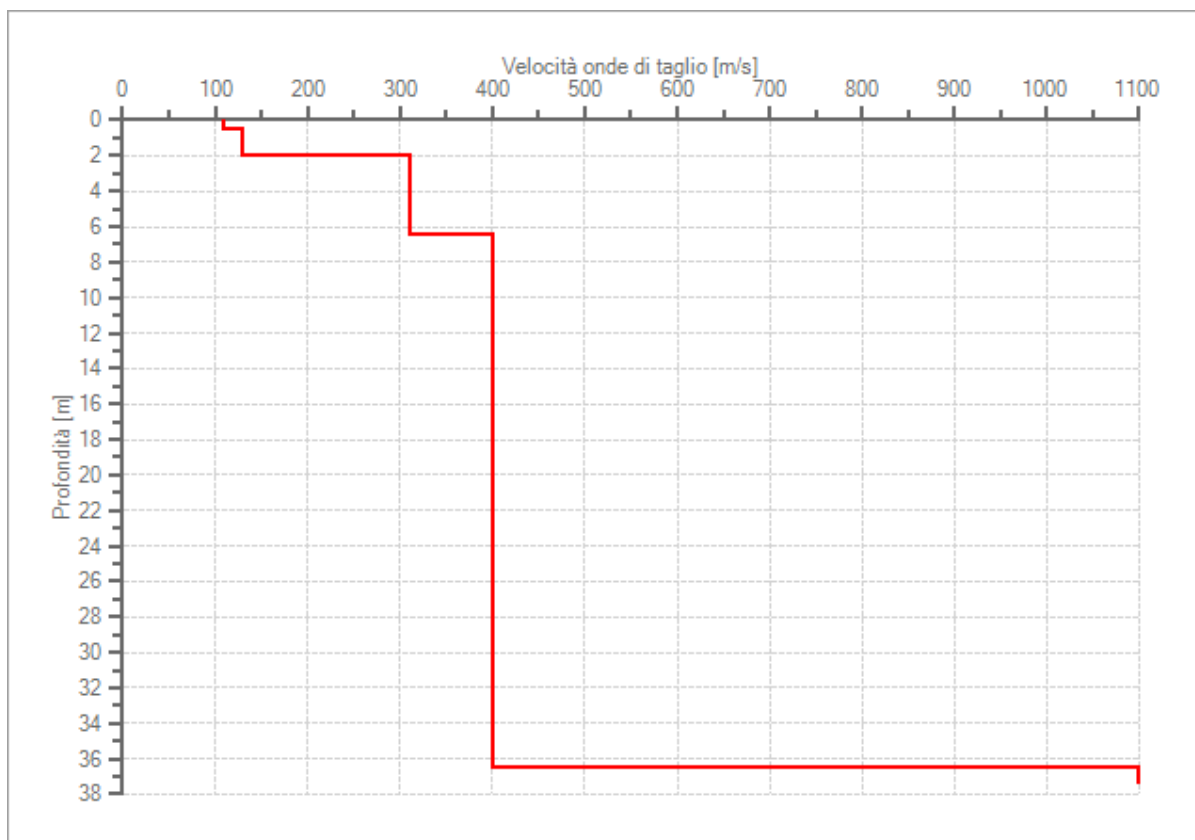
Frequenza del picco dell'ellitticità: 3.30 Hz

Valore di disadattamento: -1.00

Valore Vs30 (alla profondità di 2.50 m da pc): **382 m/s**

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m ³]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	0.5	18	0.3	110
2	0.5	1.5	20	0.3	130
3	2	4.5	20	0.3	310
4	6.5	30	20	0.3	400
5	36.5	1	21	0.3	1100



PROFILO DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO

PROGETTO:	Studio geologico, geotecnico e sismico per la progettazione definitiva ed esecutiva di un impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano (PR)
LOCALITA':	Via Brozzoli - Medesano (PR)

Verifica secondo le linee guida SESAME, 2005

Picco H/V a 48.25 ± 0.07 Hz (nell'intervallo 0.50– 64.0 Hz).
--

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10 / L_w$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	OK	
$A_0 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	OK	

L_w n_w $n_c = L_w n_w f_0$ f f_0 σ_f $\varepsilon(f_0)$ A_0 $A_{H/V}(f)$ f^- f^+ $\sigma_A(f)$ $\sigma_{\log H/V}(f)$ $\theta(f_0)$	lunghezza della finestra numero di finestre usate nell'analisi numero di cicli significativi frequenza attuale frequenza del picco H/V deviazione standard della frequenza del picco H/V valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0 ampiezza della curva H/V alla frequenza f frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$ valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$
--	---

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Marzo
2020

STUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO E SISMICO

Comune di Medesano
Provincia di Parma

Impianto idroelettrico da realizzarsi in Comune di Medesano

ALLEGATO 3 VERIFICHE A LIQUEFAZIONE

I Geologi:

Dott. Carlo Caleffi
Dott. Francesco Cerutti



Sede legale e uffici : via Adorni, 2 - 43121 Parma
Tel 0521 233999 - Fax 0521 200181
Sede locale: via Ferrari 5/G 46045 Marmirolo MN
Tel 0376 467967
email info@engeo.it - www.engeo.it

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

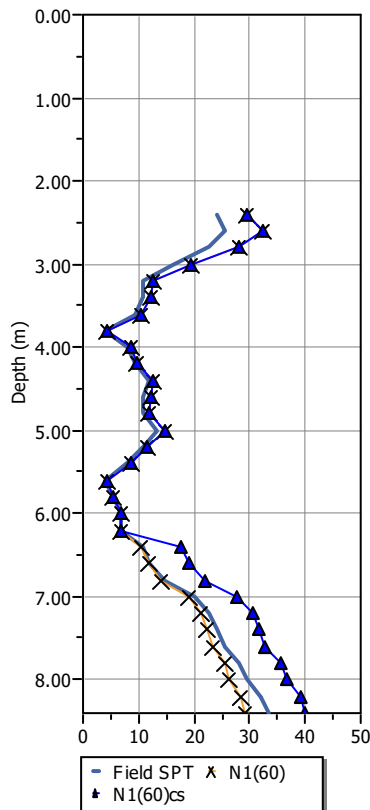
Project title : Centralina Medesano

Project subtitle : SCPT1

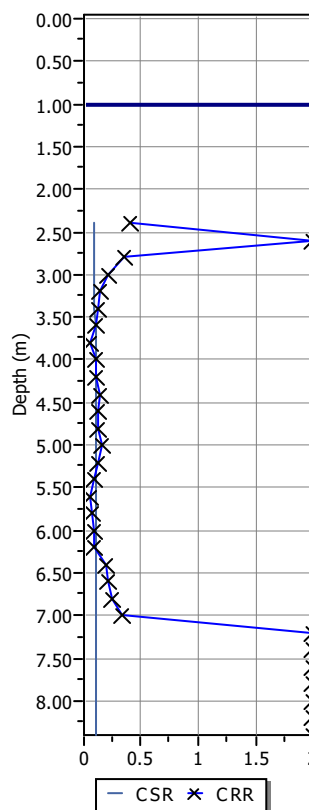
Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Standard Penetration Test	Depth to water table:	1.00 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w :	5.50
Analysis method:	NCEER 1998	Peak ground acceleration:	0.18 g
Fines correction method:	Idriss & Seed	User defined F.S.:	1.20

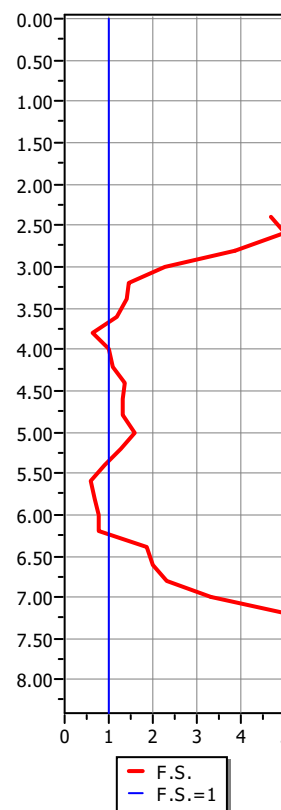
SPT data graph



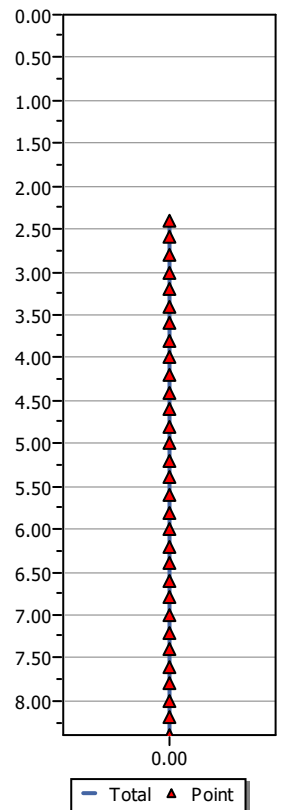
Shear stress ratio



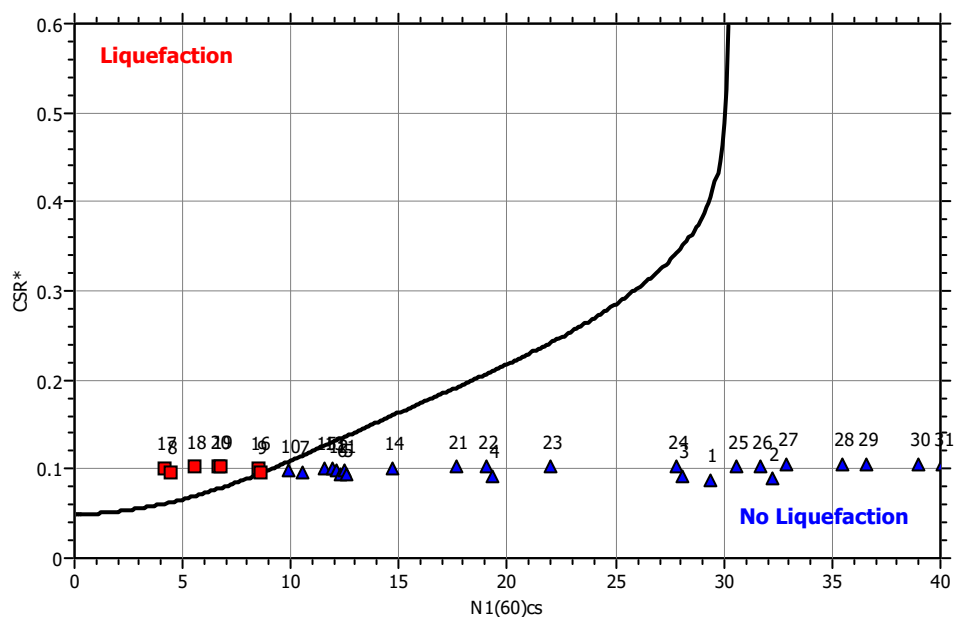
Factor of safety



Settlements (cm)



$M_w=7^{1/2}$, $\sigma'_a=1$ atm base curve



:: Field input data ::

Point ID	Depth (m)	Field N_{SPT} (blows/30 cm)	Unit weight (kN/m ³)	Fines content (%)
1	2.40	24.04	20.00	0.00
2	2.60	25.37	20.00	0.00
3	2.80	22.70	20.00	0.00
4	3.00	16.02	20.00	0.00
5	3.20	10.68	20.00	0.00
6	3.40	10.68	20.00	0.00
7	3.60	9.35	20.00	0.00
8	3.80	4.01	20.00	0.00
9	4.00	8.01	20.00	0.00
10	4.20	9.35	20.00	0.00
11	4.40	12.02	20.00	0.00
12	4.60	10.68	20.00	0.00
13	4.80	10.68	20.00	0.00
14	5.00	13.35	20.00	0.00
15	5.20	10.68	20.00	0.00
16	5.40	8.01	20.00	0.00
17	5.60	4.01	20.00	0.00
18	5.80	5.34	20.00	0.00
19	6.00	6.68	20.00	0.00
20	6.20	6.68	20.00	0.00
21	6.40	10.68	20.00	80.00
22	6.60	12.02	20.00	80.00
23	6.80	14.69	20.00	80.00
24	7.00	20.03	20.00	80.00
25	7.20	22.70	20.00	80.00
26	7.40	24.04	20.00	80.00
27	7.60	25.37	20.00	80.00
28	7.80	28.04	20.00	80.00
29	8.00	29.38	20.00	80.00
30	8.20	32.05	20.00	80.00
31	8.40	33.38	20.00	80.00

Depth : Depth from free surface, at which SPT was performed (m)
 Field SPT : SPT blows measured at field (blows/30 cm)
 Unit weight : Bulk unit weight of soil at test depth (kN/m³)
 Fines content : Percentage of fines in soil (%)

:: Settlements calculation for saturated sands ::

Point ID	$N_{1(60)}$	N_1	FS_L	e_v (%)	Settle. (cm)
1	29.42	24.52	4.67	0.00	0.00
2	32.21	26.84	5.00	0.00	0.00
3	28.04	23.37	3.85	0.00	0.00
4	19.29	16.08	2.27	0.00	0.00
5	12.55	10.46	1.47	0.13	0.00
6	12.26	10.21	1.41	0.16	0.00
7	10.49	8.74	1.20	0.48	0.00
8	4.40	3.67	0.65	5.26	0.00
9	8.62	7.18	0.98	3.27	0.00
10	9.86	8.22	1.10	0.89	0.00
11	12.44	10.36	1.37	0.19	0.00
12	12.13	10.11	1.33	0.24	0.00
13	11.92	9.93	1.30	0.27	0.00
14	14.65	12.21	1.59	0.07	0.00
15	11.53	9.60	1.25	0.36	0.00
16	8.51	7.09	0.93	3.95	0.00

:: Settlements calculation for saturated sands ::

Point ID	$N_{1(60)}$	N_1	FS_L	e_v (%)	Settle. (cm)
17	4.19	3.49	0.60	5.32	0.00
18	5.50	4.58	0.68	4.92	0.00
19	6.78	5.65	0.77	4.51	0.00
20	6.68	5.57	0.76	4.54	0.00
21	17.65	14.71	1.86	0.02	0.00
22	19.05	15.87	2.00	0.00	0.00
23	21.94	18.29	2.33	0.00	0.00
24	27.81	23.18	3.31	0.00	0.00
25	30.54	25.45	5.00	0.00	0.00
26	31.71	26.43	5.00	0.00	0.00
27	32.87	27.39	5.00	0.00	0.00
28	35.45	29.54	5.00	0.00	0.00
29	36.54	30.45	5.00	0.00	0.00
30	39.03	32.52	5.00	0.00	0.00
31	40.07	33.39	5.00	0.00	0.00

Total settlement : 0.00

$N_{1(60)}$: Stress normalized and corrected SPT blow count
 N_1 : Japanese equivalent corrected value
 FS_L : Calculated factor of safety
 e_v : Post-liquefaction volumetric strain (%)
Settle.: Calculated settlement (cm)

:: Liquefaction potential according to Iwasaki ::

Point ID	F	w_z	I_L
1	0.00	8.80	0.00
2	0.00	8.70	0.00
3	0.00	8.60	0.00
4	0.00	8.50	0.00
5	0.00	8.40	0.00
6	0.00	8.30	0.00
7	0.00	8.20	0.00
8	0.35	8.10	0.57
9	0.02	8.00	0.03
10	0.00	7.90	0.00
11	0.00	7.80	0.00
12	0.00	7.70	0.00
13	0.00	7.60	0.00
14	0.00	7.50	0.00
15	0.00	7.40	0.00
16	0.07	7.30	0.10
17	0.40	7.20	0.57
18	0.32	7.10	0.46
19	0.23	7.00	0.32
20	0.24	6.90	0.33
21	0.00	6.80	0.00
22	0.00	6.70	0.00
23	0.00	6.60	0.00
24	0.00	6.50	0.00
25	0.00	6.40	0.00
26	0.00	6.30	0.00
27	0.00	6.20	0.00

:: Liquefaction potential according to Iwasaki ::

Point ID	F	w _z	I _L
28	0.00	6.10	0.00
29	0.00	6.00	0.00
30	0.00	5.90	0.00
31	0.00	5.80	0.00

Overall potential I_L : 2.38

I_L = 0.00 - No liquefaction
I_L between 0.00 and 5 - Liquefaction not probable
I_L between 5 and 15 - Liquefaction probable
I_L > 15 - Liquefaction certain

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

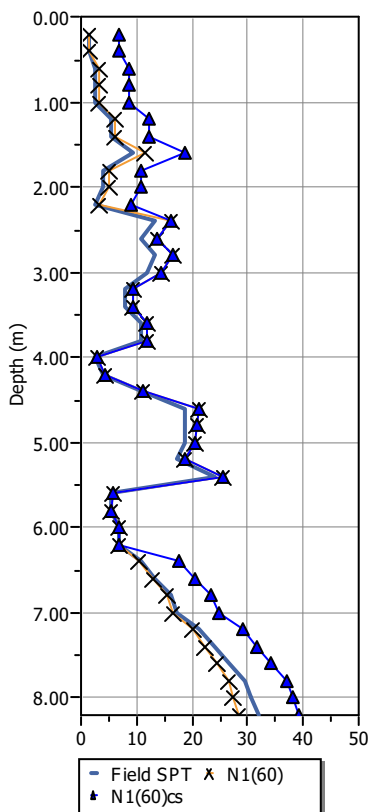
Project title : Centralina Medesano

Project subtitle : SCPT2

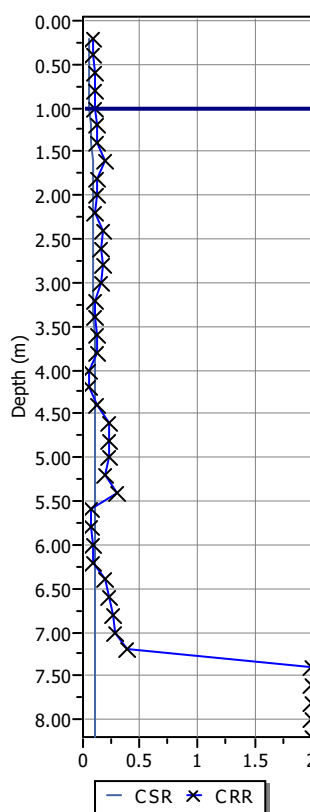
Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Standard Penetration Test	Depth to water table:	1.00 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w :	5.50
Analysis method:	NCEER 1998	Peak ground acceleration:	0.18 g
Fines correction method:	Idriss & Seed	User defined F.S.:	1.20

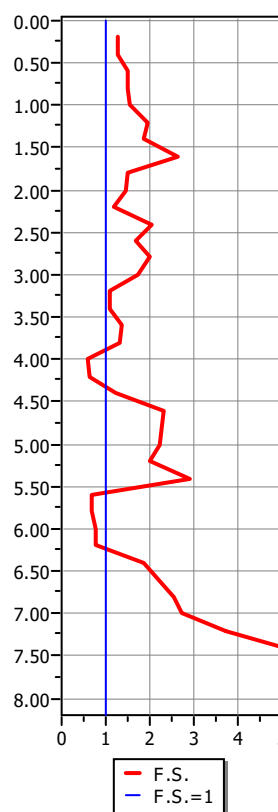
SPT data graph



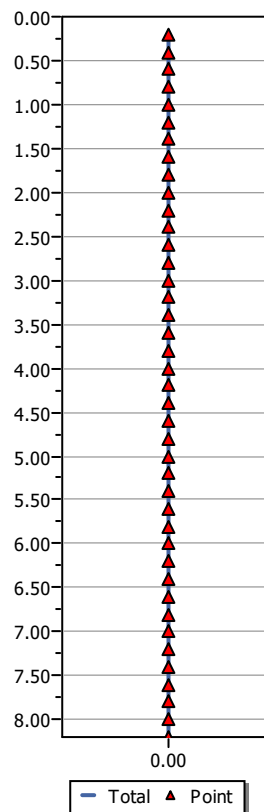
Shear stress ratio



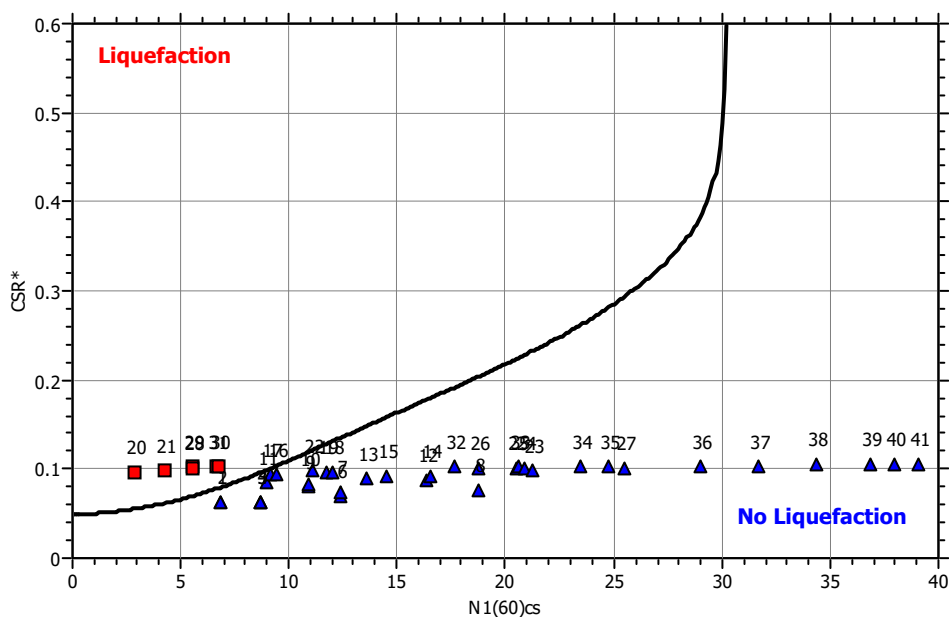
Factor of safety



Settlements (cm)



$M_w=7^{1/2}$, $\sigma'_v=1$ atm base curve



:: Field input data ::

Point ID	Depth (m)	Field N_{SPT} (blows/30 cm)	Unit weight (kN/m ³)	Fines content (%)
1	0.20	1.34	20.00	50.00
2	0.40	1.34	20.00	50.00
3	0.60	2.67	20.00	50.00
4	0.80	2.67	20.00	50.00
5	1.00	2.67	20.00	50.00
6	1.20	5.34	20.00	50.00
7	1.40	5.34	20.00	50.00
8	1.60	9.35	20.00	50.00
9	1.80	4.01	20.00	50.00
10	2.00	4.01	20.00	50.00
11	2.20	2.67	20.00	50.00
12	2.40	13.35	20.00	0.00
13	2.60	10.68	20.00	0.00
14	2.80	13.35	20.00	0.00
15	3.00	12.02	20.00	0.00
16	3.20	8.01	20.00	0.00
17	3.40	8.01	20.00	0.00
18	3.60	10.68	20.00	0.00
19	3.80	10.68	20.00	0.00
20	4.00	2.67	20.00	0.00
21	4.20	4.01	20.00	0.00
22	4.40	10.68	20.00	0.00
23	4.60	18.69	20.00	0.00
24	4.80	18.69	20.00	0.00
25	5.00	18.69	20.00	0.00
26	5.20	17.36	20.00	0.00
27	5.40	24.04	20.00	0.00
28	5.60	5.34	20.00	0.00
29	5.80	5.34	20.00	0.00
30	6.00	6.68	20.00	0.00
31	6.20	6.68	20.00	0.00
32	6.40	10.68	20.00	80.00
33	6.60	13.35	20.00	80.00
34	6.80	16.02	20.00	80.00
35	7.00	17.36	20.00	80.00
36	7.20	21.36	20.00	80.00
37	7.40	24.04	20.00	80.00
38	7.60	26.71	20.00	80.00
39	7.80	29.38	20.00	80.00
40	8.00	30.71	20.00	80.00
41	8.20	32.05	20.00	80.00

Depth : Depth from free surface, at which SPT was performed (m)
Field SPT : SPT blows measured at field (blows/30 cm)
Unit weight : Bulk unit weight of soil at test depth (kN/m³)
Fines content : Percentage of fines in soil (%)

:: Settlements calculation for saturated sands ::

Point ID	$N_{1(60)}$	N_1	FS_L	e_v (%)	Settle. (cm)
1	6.85	5.70	1.25	0.44	0.00
2	6.85	5.70	1.26	0.43	0.00
3	8.68	7.23	1.52	0.13	0.00
4	8.68	7.23	1.52	0.13	0.00
5	8.68	7.23	1.53	0.13	0.00
6	12.35	10.29	1.97	0.01	0.00

:: Settlements calculation for saturated sands ::

Point ID	$N_{1(60)}$	N_1	FS_L	e_v (%)	Settle. (cm)
7	12.35	10.29	1.85	0.03	0.00
8	18.73	15.61	2.65	0.00	0.00
9	10.89	9.07	1.49	0.13	0.00
10	10.89	9.07	1.44	0.16	0.00
11	8.92	7.43	1.16	0.66	0.00
12	16.34	13.62	2.04	0.00	0.00
13	13.56	11.30	1.66	0.06	0.00
14	16.49	13.74	1.98	0.01	0.00
15	14.47	12.06	1.71	0.05	0.00
16	9.41	7.84	1.11	0.87	0.00
17	9.19	7.66	1.07	1.16	0.00
18	11.98	9.99	1.37	0.20	0.00
19	11.73	9.77	1.33	0.25	0.00
20	2.87	2.39	0.57	5.50	0.00
21	4.23	3.52	0.63	5.31	0.00
22	11.05	9.21	1.22	0.41	0.00
23	21.22	17.69	2.33	0.00	0.00
24	20.85	17.38	2.28	0.00	0.00
25	20.50	17.08	2.22	0.00	0.00
26	18.73	15.61	2.02	0.00	0.00
27	25.53	21.27	2.90	0.00	0.00
28	5.58	4.65	0.69	4.89	0.00
29	5.50	4.58	0.68	4.92	0.00
30	6.78	5.65	0.77	4.51	0.00
31	6.69	5.57	0.76	4.54	0.00
32	17.65	14.71	1.86	0.02	0.00
33	20.60	17.17	2.18	0.00	0.00
34	23.48	19.57	2.53	0.00	0.00
35	24.77	20.64	2.71	0.00	0.00
36	29.03	24.19	3.71	0.00	0.00
37	31.72	26.43	5.00	0.00	0.00
38	34.34	28.61	5.00	0.00	0.00
39	36.90	30.75	5.00	0.00	0.00
40	37.97	31.64	5.00	0.00	0.00
41	39.03	32.53	5.00	0.00	0.00

Total settlement : 0.00

$N_{1(60)}$: Stress normalized and corrected SPT blow count
 N_1 : Japanese equivalent corrected value
 FS_L : Calculated factor of safety
 e_v : Post-liquefaction volumetric strain (%)
Settle.: Calculated settlement (cm)

:: Liquefaction potential according to Iwasaki ::

Point ID	F	w_z	I_L
1	0.00	9.90	0.00
2	0.00	9.80	0.00
3	0.00	9.70	0.00
4	0.00	9.60	0.00
5	0.00	9.50	0.00
6	0.00	9.40	0.00
7	0.00	9.30	0.00
8	0.00	9.20	0.00
9	0.00	9.10	0.00

:: Liquefaction potential according to Iwasaki ::

Point ID	F	w _z	I _L
10	0.00	9.00	0.00
11	0.00	8.90	0.00
12	0.00	8.80	0.00
13	0.00	8.70	0.00
14	0.00	8.60	0.00
15	0.00	8.50	0.00
16	0.00	8.40	0.00
17	0.00	8.30	0.00
18	0.00	8.20	0.00
19	0.00	8.10	0.00
20	0.43	8.00	0.69
21	0.37	7.90	0.59
22	0.00	7.80	0.00
23	0.00	7.70	0.00
24	0.00	7.60	0.00
25	0.00	7.50	0.00
26	0.00	7.40	0.00
27	0.00	7.30	0.00
28	0.31	7.20	0.45
29	0.32	7.10	0.46
30	0.23	7.00	0.32
31	0.24	6.90	0.33
32	0.00	6.80	0.00
33	0.00	6.70	0.00
34	0.00	6.60	0.00
35	0.00	6.50	0.00
36	0.00	6.40	0.00
37	0.00	6.30	0.00
38	0.00	6.20	0.00
39	0.00	6.10	0.00
40	0.00	6.00	0.00
41	0.00	5.90	0.00

Overall potential I_L : 2.84I_L = 0.00 - No liquefactionI_L between 0.00 and 5 - Liquefaction not probableI_L between 5 and 15 - Liquefaction probableI_L > 15 - Liquefaction certain