



Comune NEVIANO DEGLI ARDUINI


Provincia PARMA

Committente SEB Società Elettrica Bertonico S.r.l.

Oggetto Domanda di Autorizzazione Unica alla
realizzazione e all'esercizio di un impianto
idroelettrico sul T. Enza denominato
"Cedogno" in Comune di Neviano degli
Arduini, località Cedogno (PR): STUDIO
GEOLOGICO, GEOTECNICO E SISMICO

Data 29 novembre 2022

Responsabile Dott.ssa Geol. Carol Marceca

Direttore Tecnico Dott. Ing. Laura Pezzoni

PREMESSA

In seno al progetto di un impianto idroelettrico sul T. Enza in Comune di Neviano degli Arduini (PR), la Società S.E.B S.r.l. ha affidato alla scrivente Società il compito di verificare le caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dell'area allo scopo di definire la compatibilità delle opere e progettare correttamente le strutture ai sensi delle NTC2018.

L'intervento sfrutterà il salto di alcuni metri prodotto da una briglia esistente in alveo immediatamente a valle del ponte che collega la SP 513R con la località Cedogno: l'opera di presa sarà costituita da un canale di derivazione in sponda sinistra che convoglierà l'acqua all'interno delle turbine e la scaricherà 270 m a valle della briglia. Il progetto, inoltre, prevede la realizzazione di una cabina Enel nella piazzola presente in prossimità del ponte che conduce alla località Cedogno, in sponda sinistra del torrente Enza.



La briglia a valle del ponte nel punto di derivazione in sponda sinistra

La derivazione idroelettrica non prevede particolari alterazioni dell'assetto geomorfologico, limitando gli scavi al solo canale di derivazione e al locale che ospiterà la turbina; allo scopo di non perdere il salto idraulico, il canale di derivazione verrà scavato su un ripiano terrazzato naturale.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il progetto di derivazione interessa un limitato tratto del T. Enza (derivazione puntuale), in cui il corso d'acqua è caratterizzato da una modesta pendenza, compensata (a scopi antierosivi) da una briglia.

L'alveo incide la morfologia delle colline parmensi, il cui substrato locale è modellato nel Flysch di Monte Caio, tipico flysch terziario delle Unità Liguri Esterne, costituito da alternanze tra livelli lapidei (arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti ecc.) e livelli pelitici con rapporto tra livelli lapidei e livelli pelitici generalmente compreso $3 > L/P > 1/3$.

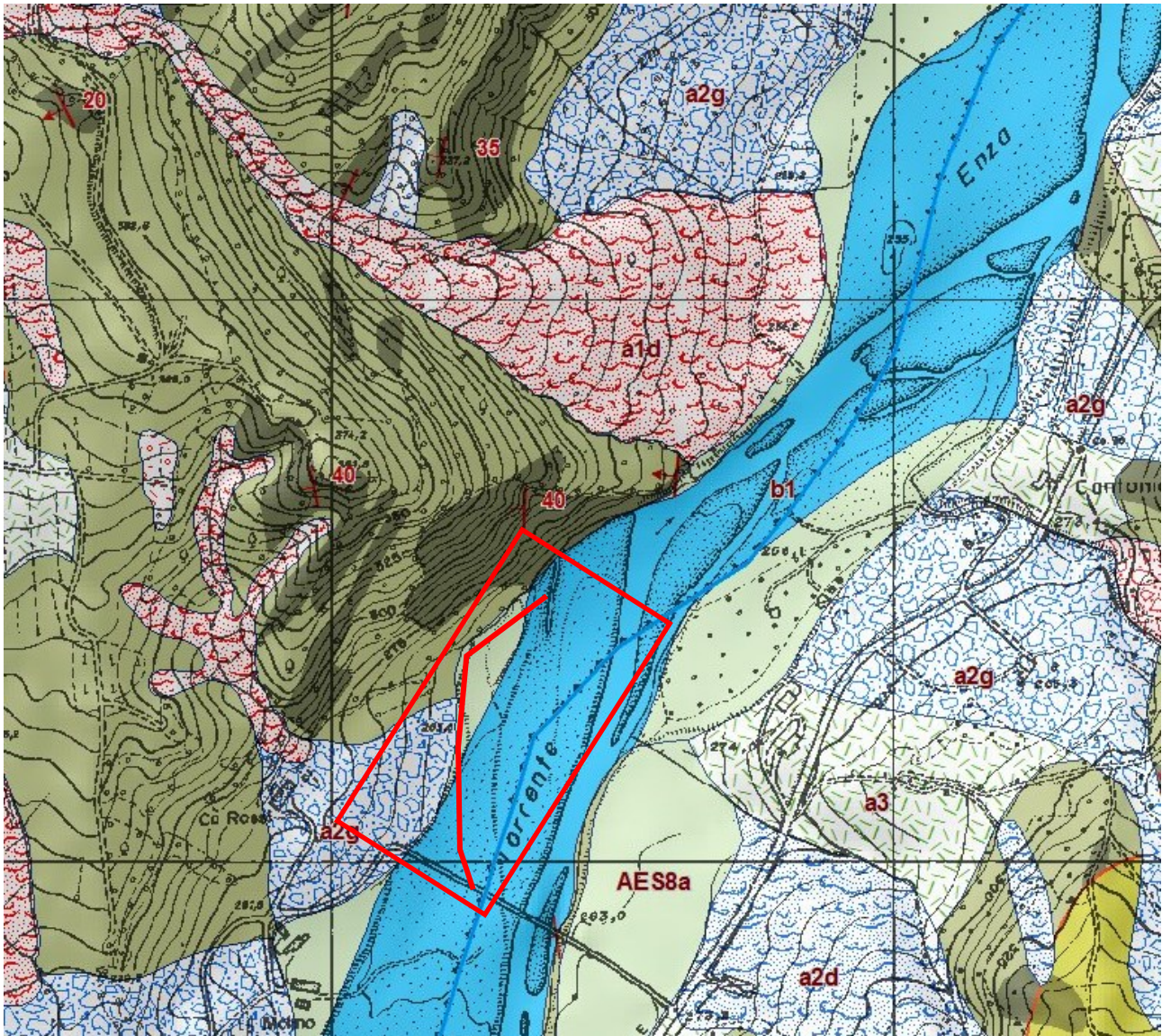
L'alveo del T. Enza presenta, nel tratto di interesse, una configurazione a "*braided stream*" (o canali intrecciati) la cui morfologia di fondo (canali e barre di deposito) è in rapida e continua evoluzione all'interno dell'alveo inciso. Le alluvioni attuali sono costituiti in prevalenza da depositi ciottolosi di dimensioni decimetriche.

In sponda sinistra, sospeso alcuni metri sull'alveo attivo (planimetria di rilievo) è presente un ripiano terrazzato più antico (AES8a – Unità di Modena) (sul quale si svilupperanno le opere di derivazione), colonizzato da vegetazione arbustiva ed arborea e caratterizzato da un orizzonte pedogenizzato non alterato né asportato localmente da fenomeni erosivi. Quest'ultima osservazione conferma l'assenza di qualsiasi coinvolgimento recente nei fenomeni alluvionali più recenti del T. Enza. Informazioni di letteratura indicano per i depositi di substrato del terrazzo una tessitura ghiaioso-sabbiosa, parzialmente confermata dalle osservazioni in corrispondenza della scarpata d'erosione (sponda sinistra del T. Enza).

A monte del terrazzo, ai margini dei rilievi collinari, si segnala un deposito di frana quiescente senza evidenze di movimenti in atto o recenti (confermato anche da osservazioni dirette in sito), individuato nella cartografia della Regione Emilia-Romagna come depositi di frana quiescente complessa (a2g): "...*si presenta con profili regolari, vegetazione con grado di sviluppo analogo a quello delle aree circostanti non in frana, assenza di terreno smosso e assenza di lesioni recenti a manufatti, quali edifici o strade*".

In tale contesto, il sedime interessato dall'opera idroelettrica si sviluppa sul ripiano alluvionale stabile, sub-orizzontale e non soggetto a fenomeni gravitativi.

Lo sviluppo delle unità sopra descritte è bene rappresentato nella seguente carta geologica, tratta in stralcio dal sito della Regione Emilia-Romagna.



(Carta Geologica estratta dalla Regione Emilia-Romagna, modificata - Fonte: (https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp?service=geologia) – nel riquadro rosso l'area della derivazione

Legenda

Province



Comuni



Griglia 10.000



Punti di osservaz. e misura (10K)



stratificazione a polarità
sconosciuta



stratificazione dritta



stratificazione rovesciata

Coperture quaternarie (10K)



AES8a - Unità di Modena



a1b - Deposito di frana attiva per
scivolamento



a1d - Deposito di frana attiva per
colamento di fango



a1g - Deposito di frana attiva
complessa



a2b - Deposito di frana quiescente per
scivolamento



a2d - Deposito di frana quiescente per
colamento di fango



a2g - Deposito di frana quiescente
complessa



a3 - Deposito di versante s.l.



b1 - Deposito alluvionale in evoluzione

Limiti di unità geologiche (10K)

— —contatto stratigrafico o litologico incerto

— —faglia certa

— —faglia incerta

— —faglia sepolta

— —limite di natura incerta

Affioramenti (aree) (10K)



Unità geologiche (10K)



ACC - Argille e calcari di Canetolo



AVS - Argille Varicolori della Val
Samoggia



AVSc - Argille Varicolori della Val
Samoggia - litofacies calcarea



CAO - Flysch di Monte Caio

SISMICITA' DELL'AREA E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO

Di seguito si considerano gli aspetti sismici dell'area in esame, ubicata in località Cedogno nel comune di Neviano degli Arduini: per questa porzione di territorio non è stata redatta la carta delle MOPS nello studio di microzonazione sismica comunale (anno 2015).

L'obiettivo dello studio è quello di definire la categoria di sottosuolo ai sensi delle NTC18 per determinare le caratteristiche geologiche proprie del sito in grado di alterare il moto sismico in superficie (modifiche della pericolosità sismica di base PSB – amplificazioni locali).

La categoria di sottosuolo consente di determinare gli spettri di risposta elastici che permettono una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni sito-specifiche, garantendo un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; D.M. 17.01.2018).

Per il raggiungimento dell'obiettivo, è stato eseguito un profilo sismico con la metodologia MASW, attraverso il quale si è ricostruito l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (onde S) con la profondità.

Il modello sismico monodimensionale (V_s -profondità) costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni lito-stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (PSB).

INDAGINE GEOFISICA CON LA METODOLOGIA MASW: DESCRIZIONE DEL METODO E DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del *Kansas Geological Survey* (Park C.B. et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh.

Il metodo di indagine MASW si distingue in "attivo" e "passivo" (Zywicki D.J., 1999; Park C.B., Miller R.D., 2006; Roma V., 2006):

1) Nel "metodo attivo" le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

2) Nel "metodo passivo" lo stendimento presenta le stesse caratteristiche geometriche del metodo attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (detto anche "microtremori") prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali).

Le due tecniche indagano bande spettrali differenti: mentre il metodo attivo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo), il metodo passivo consente di determinare una curva di dispersione nella banda di frequenza tra 4 e 20 Hz e fornisce informazioni sugli strati più profondi (generalmente al di sotto dei 30 m).

La combinazione delle due tecniche consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 4 e 40 Hz e permette una dettagliata ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 30-40 m di profondità (sempre in funzione della rigidità degli strati).

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare da 24 geofoni con spaziatura pari a 1.5 m (la configurazione geometrica adottata è stata dettata sia dalle condizioni logistiche che dalla necessità di ricostruire al meglio lo spettro di velocità delle onde superficiali di Rayleigh).

Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni da 4.5 Hz, è stato utilizzato un sismografo a 24 bit.

Nell'esecuzione della prova MASW attiva è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di *stacking*).

La sorgente è stata posta ad una distanza compresa tra 6 e 12 m dal primo geofono effettuando più energizzazioni in punti differenti ("*Optimum Field Parameters of an MASW Survey*", Park C.B. et al., 2005; Dal Moro G., 2008; Dal Moro G., 2012).

Terminata l'indagine attiva, con la stessa configurazione geometrica si è passati alla registrazione dei microtremori (MASW passiva o ReMi) acquisendo in totale 10 registrazioni di rumore, ciascuna della lunghezza di 30 s.



Figura 1: Vista dello stendimento MASW effettuato.

Elaborazione dati

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile (KGS format file) per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (*SurfSeis 6.0* della Kansas University, Park C. B., 2019).

Tale programma permette di elaborare i dati acquisiti sia con il metodo attivo che con quello passivo. L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "*phase velocity-frequency (c-f)*" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica.

Gli spettri bidimensionali ottenuti dalle registrazioni con il metodo attivo e con quello passivo, elaborati in fasi separate, vengono successivamente combinati in modo da ottenere uno spettro unico.

In questo grafico è possibile distinguere il "modo fondamentale" delle onde di superficie, in quanto le onde di Rayleigh presentano un carattere marcatamente dispersivo che le differenzia da altri tipi di onde (onde riflesse, onde rifratte, onde multiple).

Inoltre, la combinazione dei due metodi MASW consente di individuare il "modo fondamentale" delle onde di superficie nel campo di frequenze compreso tra i 4 e i 40 Hz e di ottenere informazioni sia "superficiali" che "profonde".

Sullo spettro di frequenza viene eseguito un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze (si veda la curva di dispersione riportata in *figura 2*).

Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello interpretativo.

Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon "fitting" con i valori sperimentali.

L'analisi dello spettro bidimensionale c-f consente in questo modo di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità.

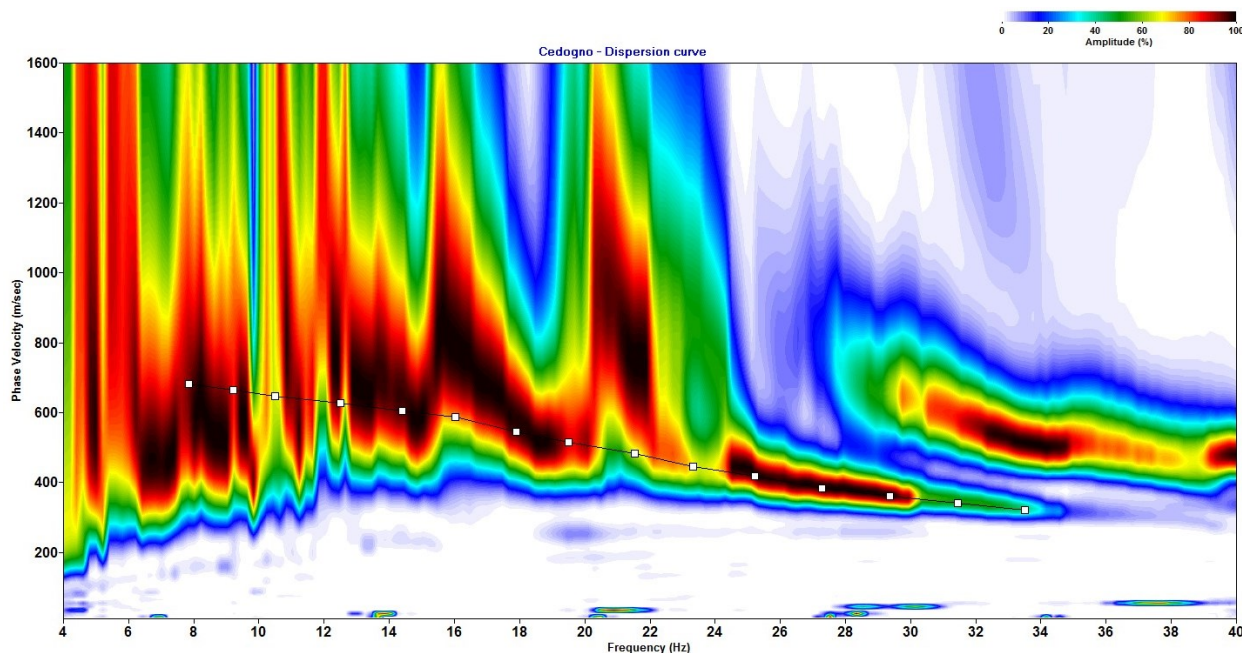
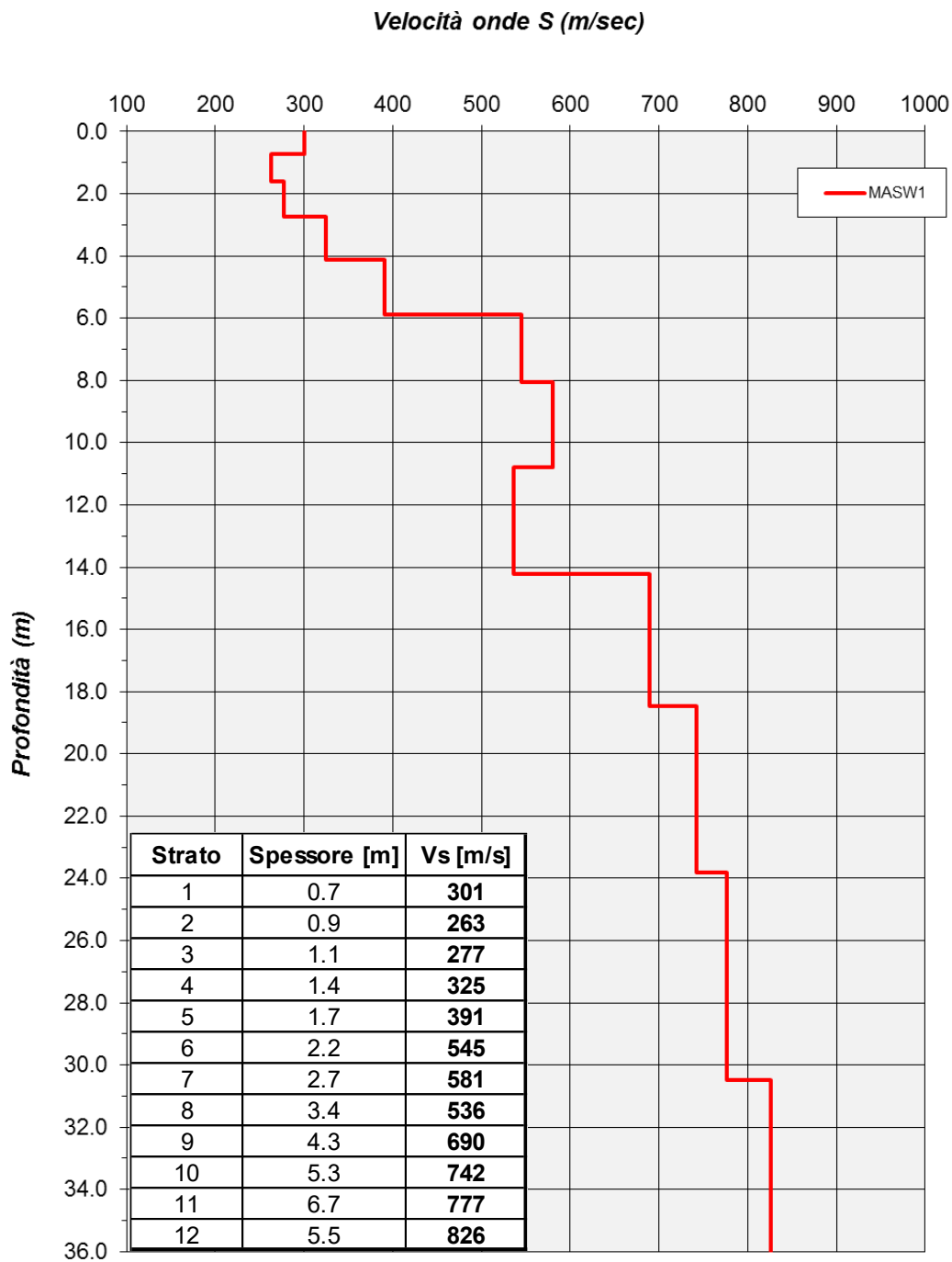


Figura 2: Spettro bidimensionale c-f e picking della curva di dispersione utilizzata per la procedura di inversione.

Dall'inversione della curva di dispersione (relativa al "modo fondamentale" delle onde superficiali di Rayleigh) si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata:



Profilo Vs-profondità.

DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO AI SENSI DELLE NTC18

A partire dal modello sismico monodimensionale ricostruito attraverso l'indagine geofisica effettuata, è possibile calcolare il valore della $V_{S,eq}$, che rappresenta la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio fino alla profondità del bedrock sismico H (substrato con $V_S > 800$ m/s). Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio è definita dal parametro $V_{S,30}$ ottenuto ponendo $H=30$ m nella seguente equazione (D.M. 17.01.2018 "Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni")

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

dove h_i e $V_{S,i}$ indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo (fino al bedrock sismico o a 30 m dalla quota di imposta delle fondazioni), N il numero di strati e H la profondità del substrato con $V_S > 800$ m/s.

Utilizzando la formula sopra riportata si ottengono i seguenti valori (si è assunta come quota di calcolo [q.r.] il piano di esecuzione dello stendimento sismico):

| Profondità di posa delle fondazioni da q.r. | $V_{S,eq}$ [m/s] | Categoria sottosuolo |
|---|------------------|----------------------|
| 0.0 m | 545 | B |
| 1.0 m | 565 | B |
| 2.0 m | 588 | B |
| 3.0 m | 611 | B |
| > 3.0 m | > 611 | B |

| 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 | <u>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.</u> |
| C | <u>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.</u> |
| D | <u>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.</u> |
| E | <u>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.</u> |

Tabella 1: Categorie di sottosuolo (D.M. 17.01.2018).

SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO SECONDO LA NORMATIVA ANTISISMICA

Nel presente capitolo si definiscono gli spettri di risposta elastici previsti dalla normativa antisismica vigente. La quantificazione della risposta sismica locale avviene mediante l'utilizzo di categorie di sottosuolo che consentono una stima dell'amplificazione stratigrafica, generata dalle particolari condizioni lito-meccaniche dei terreni che costituiscono l'area in esame (approccio semplificato - Cap. 3.2.2 *Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche*).

Nel calcolo dell'azione sismica si è fatto riferimento a quanto contenuto nel D.M. 17.01.2018, in particolare ai capitoli 2 e 3.

Le ipotesi assunte nella definizione degli spettri di risposta elastici in accelerazione risultano:

- Zona sismica = **3** (DGR 1164-2018);
- Vita nominale della struttura: **V_N = 50 anni**;
- **Classe d'uso = II**;
- Periodo di riferimento per l'azione sismica **V_R = 50 anni** (C_U=1.0);

- Valori di accelerazione massima orizzontale e dei parametri spettrali per i diversi stati limite (valori interpolati ottenuti dalla media pesata con i 4 punti della griglia di accelerazioni che comprendono il sito in esame [ED50: Lat 44.533987 - Long 10.354434] così come definito nell'Allegato A e B del D.M. 14.01.2008):

| | P_{VR} | T_R | a_g | F₀ | T_C* |
|------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| | | [anni] | [g/10] | | [s] |
| SLO | 81% | 30 | 0.550 | 2.481 | 0.2400 |
| SLD | 63% | 50 | 0.686 | 2.480 | 0.2600 |
| SLV | 10% | 475 | 1.586 | 2.513 | 0.2900 |
| SLC | 5% | 975 | 1.996 | 2.523 | 0.3000 |

- Categoria di sottosuolo = B, categoria topografica = T1** ($S_T=1.0$) e coefficiente di smorzamento viscoso $\xi=5\%$ a cui corrispondono i seguenti valori:

| | S_s | C_C | S | T_B | T_C | T_D |
|------------|----------------------|----------------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | | | [s] | [s] | [s] |
| SLO | 1.20 | 1.46 | 1.20 | 0.12 | 0.35 | 1.82 |
| SLD | 1.20 | 1.44 | 1.20 | 0.12 | 0.37 | 1.87 |
| SLV | 1.20 | 1.41 | 1.20 | 0.14 | 0.41 | 2.23 |
| SLC | 1.20 | 1.40 | 1.20 | 0.14 | 0.42 | 2.40 |

In *figura 3* si riportano gli spettri di risposta elastici previsti dalla normativa antisismica per lo stato limite di salvaguardia della vita SLV e per lo stato limite di prevenzione del collasso SLC (formule riportate nel paragrafo 3.2.3.2.1).

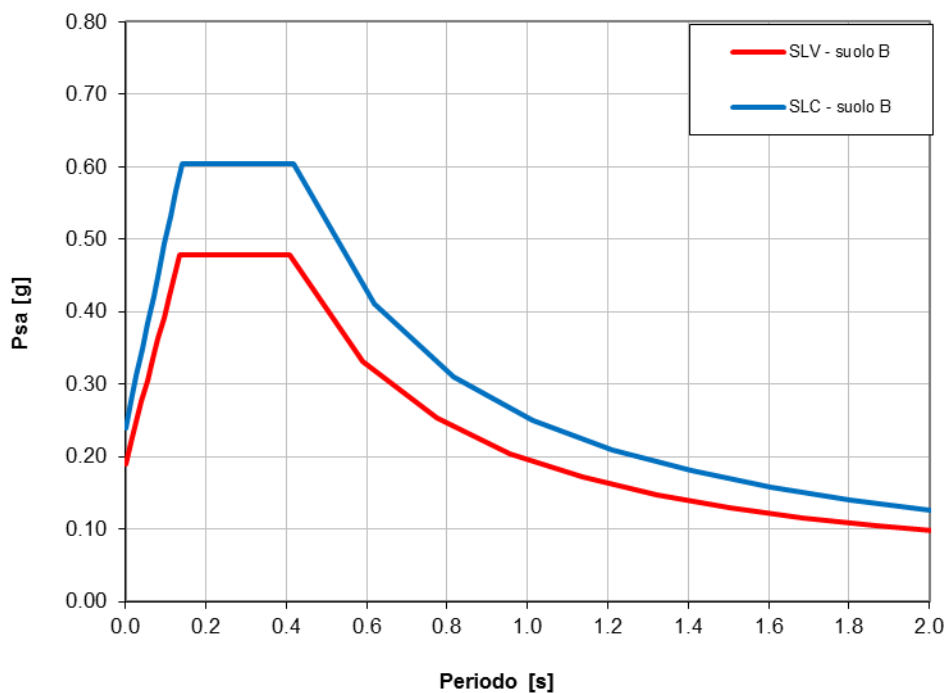


Figura 3: Spettri di risposta elastici previsti dalla normativa antisismica per gli stati limite (SLV e SLC) - Categoria sottosuolo B.

ANALISI DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

La liquefazione è un fenomeno associato alla perdita di resistenza al taglio o a un accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni dinamiche (terremoti) che agiscono in condizioni non drenate.

L'analisi della suscettibilità alla liquefazione di un dato sito dipende da:

- caratteristiche dell'azione sismica (intensità e durata);
- proprietà geotecniche dei terreni;
- caratteristiche litologiche dei terreni e profondità della falda.

La liquefazione di un deposito è dunque il risultato dell'effetto combinato di due principali categorie di fattori: le condizioni del terreno (fattore predisponente) e la sismicità (fattore scatenante).

Secondo le NTC18 (Cap. 7.11.3.4.2) la verifica della liquefazione può essere omessa qualora si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizione di campo libero) $<0.10g$;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{cln} > 180$;
- 4.

Per l'area risulta:

- ✓ Accelerazione massima orizzontale $a_{max}=0.190g$ ($a_{max}=a_g \cdot S_s$ condizione SLV);
- ✓ Magnitudo di riferimento $M_w=6.14$ (zona sismogenetica 913 "Appennino Emiliano-Romagnolo");
- ✓ Terreni che costituiscono il sottosuolo: depositi alluvionali prevalentemente grossolani (ghiaie e sabbie con ciottoli).

Sulla base delle caratteristiche litologiche (fattore di esclusione ai sensi delle NTC18), si può assumere che i terreni di sottosuolo non sono soggetti a fenomeni di liquefazione in condizioni sismiche.

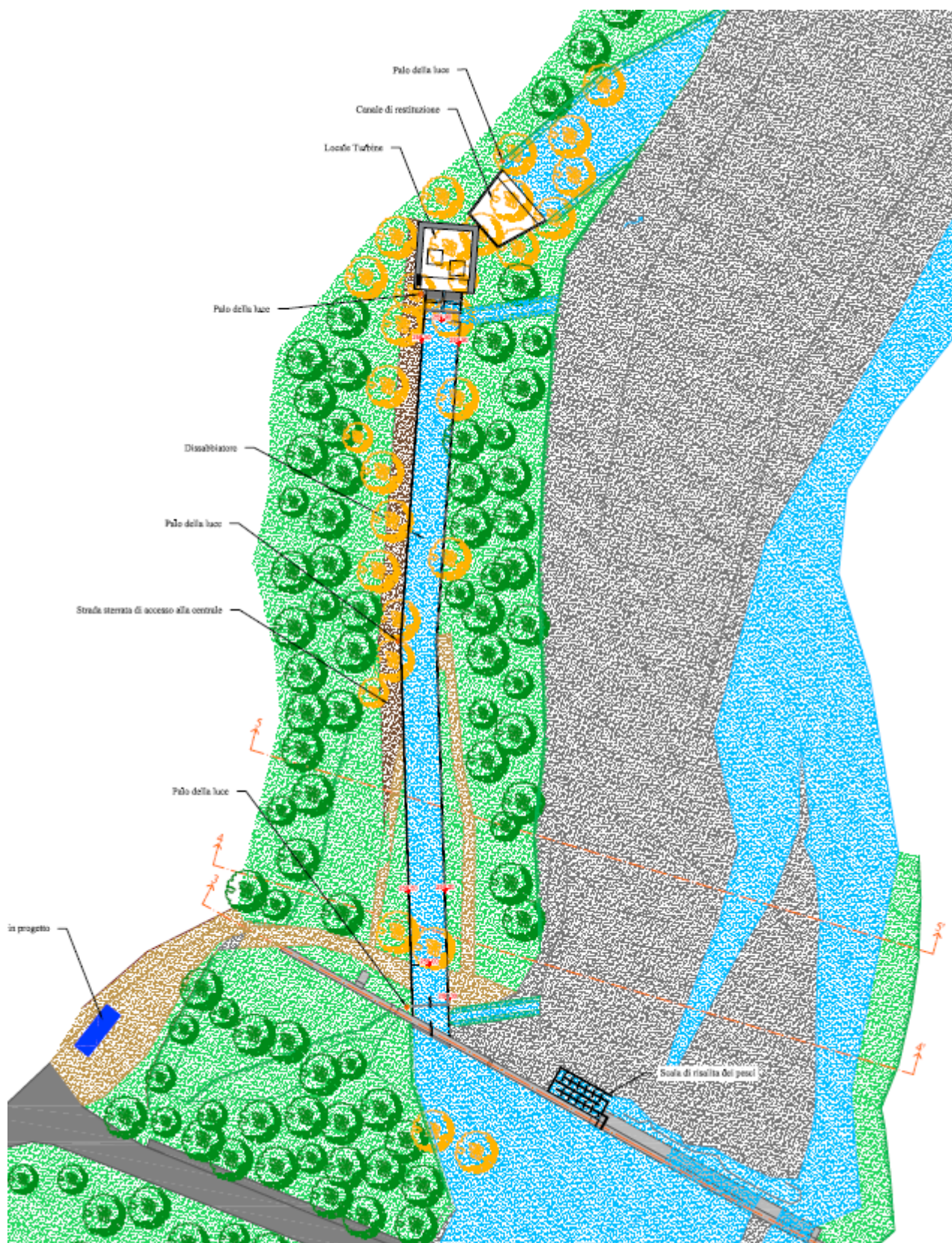
Ubicazione indagine MASW



VALUTAZIONI GEOTECNICHE

Rimandando agli elaborati progettuali per ogni dettaglio, il progetto prevede, nelle linee essenziali, i seguenti interventi strutturali (immagine seguente):

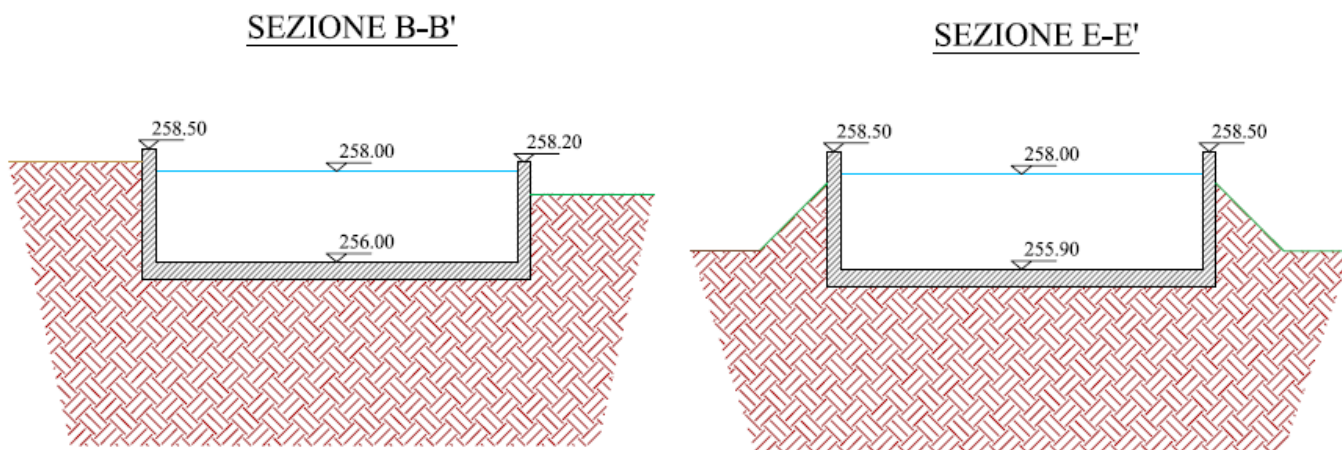
1. La formazione di un canale di derivazione in calcestruzzo inciso sulla superficie terrazzata;
2. La realizzazione del locale tecnico (turbine, generatori, quadro elettrico ecc.), il quale risulterà parzialmente interrato, con fondazioni alla quota minima di 251 m s.l.m. (ovvero circa 5,2 m sotto l'attuale piano campagna e circa 3 m sotto l'alveo inciso del T. Enza);
3. La realizzazione di una cabina Enel poggiante su una fondazione a platea alla quota minima di 262 m s.l.m. (ovvero a ca. -0.7 m dall'attuale piano campagna della piazzola posta in prossimità del ponte per Cedogno).



Planimetria dello stato di progetto

IL CANALE DI DERIVAZIONE

Il canale di derivazione in calcestruzzo verrà scavato sul ripiano morfologico terrazzato a W dell'alveo inciso e sarà completamente impermeabile al fine di non dar luogo a perdite per infiltrazione.

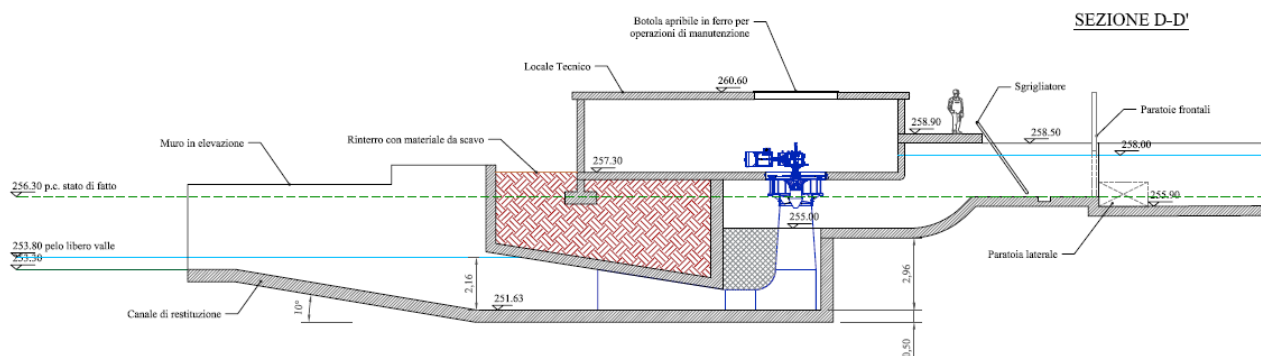


Sezione tipo del canale di derivazione

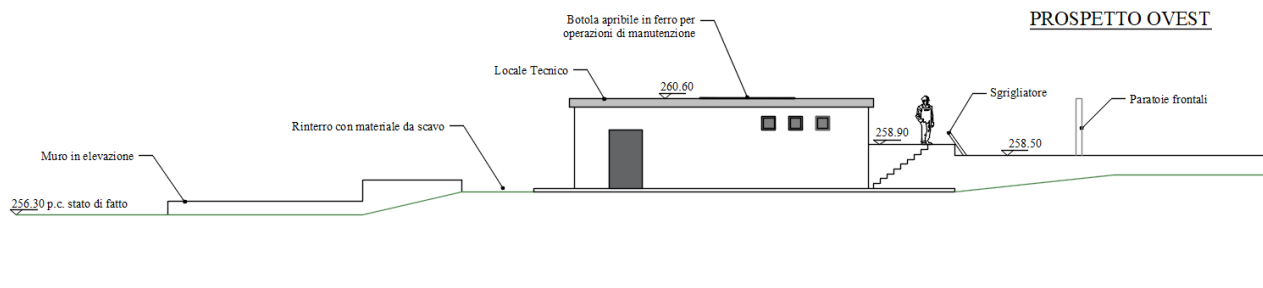
IL LOCALE TECNICO E CABINA ENEL

Come innanzi premesso, il locale tecnico verrà realizzato con un piano di posa delle strutture di fondazione a quota minima di 251 m s.l.m. (ovvero circa 5.2 m sotto l'attuale piano campagna (ripiano terrazzato)).

Il progetto, inoltre, comprende una cabina Enel poggiante su una fondazione a platea alla quota minima di 262 m s.l.m., incastrata di 0.7 m rispetto al piano campagna della piazzola posta in prossimità del ponte per Cedogno).



Sezione del locale tecnico



Prospetto del locale tecnico

Informazioni di letteratura descrivono il sottosuolo come costituito da depositi ghiaioso-sabbiosi (fonte: Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna), confermato dall'osservazione diretta dei terreni in corrispondenza delle scarpate, dalla quale si evince la presenza di depositi granulari anche grossolani immersi, almeno nei primi metri, in una matrice terrosa (suolo vegetale / depositi eluvio-colluviali).

Il profilo sismo-stratigrafico evidenzia una velocità media delle onde S nei primi metri di profondità compresa tra 300 m/s e 400 m/s, con un netto incremento a ca. 6 m (profondità prossima al previsto piano di posa del locale turbina), con valori medi che – a quella quota – si attestano a 550 m/s.

Secondo correlazioni empiriche, a dette velocità corrispondono depositi di terreni a grana grossa da addensati (in superficie) a molto addensati (in profondità), con caratteristiche geotecniche verosimilmente e cautelativamente pari a un angolo di attrito $\phi=30-32^\circ$ (terreni incoerenti).

Considerato quindi le tipologie di fondazioni in progetto (platee), la profondità del piano di posa (D) e le geometrie della struttura nella condizione più sfavorevole (lato fiume), la resistenza dei terreni (in termini di SLU GEO - approccio 2, combinazione 2) è ampiamente compatibile con azioni strutturali in misura di 0.3-0.5 kg/cm² (cabina enel) e 1-1.5 kg/cm² (locale turbina).

Per quanto concerne i cedimenti (e conseguenti SLE), si rammenta come i carichi irrilevanti della cabina Enel produrranno cedimenti inferiori a 25-30 mm (limite suggerito dalla geotecnica tradizionale); l'interramento della struttura per oltre 5 m rispetto all'attuale piano campagna, invece, produrrà una notevole compensazione dei carichi di progetto: associando un peso di volume di almeno 1.8 t/m³, si ridurrà l'azione strutturale responsabile dei cedimenti in misura di 0.18 kg/cm² per ogni metro di interrimento (effetto "galleggiamento" o "flottazione").

Va tuttavia ricordato come per la determinazione degli SLU e SLE geotecnici sia necessaria una interazione tra valutazioni geotecniche ed esigenze strutturali/progettuali: i risultati, infatti, sono

funzione sia della geometria della fondazione che dei carichi applicati (azioni progettuali) mentre la massima deformazione accettabile dalla sovrastruttura non può che essere definita nel progetto strutturale.

Si rammenta inoltre che:

1. La quota di imposta delle strutture di fondazione e la natura dei depositi di substrato sono tali da lasciar presumere l'interferenza con una struttura acquifera satura (falda), le cui oscillazioni piezometriche sono correlabili con quelle idrometriche del Torrente. Conseguentemente sarà necessario considerare, tra le azioni progettuali, anche la spinta idrostatica generata dalle acque sotterranee. Per la stessa ragione, si raccomanda un'adeguata impermeabilizzazione di tutte le strutture interrate.
2. In fase esecutiva sarà necessario adottare idonei profili di sicurezza degli scavi necessari all'esecuzione delle opere interrate e/o adottare specifiche opere provvisorie di sostegno degli stessi.
3. La scarpata morfologica (riva) che terrazza il ripiano sul quale si svilupperà la centrale idroelettrica dovrà essere adeguatamente protetta contro i fenomeni erosivi generati dalle acque del T. Enza, particolarmente importanti in occasione degli eventi di piena.
4. In fase esecutiva, infine, sarà indispensabile una verifica degli scavi e delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, definite in questa fase di studio in modo indiretto.

Codogno, 29.11.2022

GEOLAMBDA Engineering S.r.l.

dott.ssa geologo Carol Marceca

