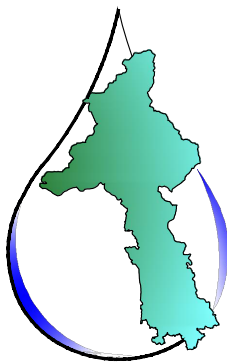


# CITTA' DI VERBANIA



**ACQUA  
NOVARA.VCO  
S.p.A.**

Via Triggiani, 9 - 28100 NOVARA (NO)  
Tel. 0321 413111 - Fax. 0321 458729  
@mail: info@acquanovaravco.eu  
@pec: segreteria@pec.acquanovaravco.eu

TITOLO COMMESSA:

**Approvvigionamento idrico Comune di Verbania  
realizzazione nuova presa a lago "Villa Taranto" in Comune di Verbania**

OGGETTO:

**Relazione geotecnica e sulle fondazioni**

SCALA:

AVANZAMENTO PROGETTO:

**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA**

Data Rev. N° 0:

**GIUGNO 2024**

Rev. N°	Modifiche	Data
1	Integrazioni post verifica	FEBBRAIO 2025
2	—	-/-/-
3	—	-/-/-
4	—	-/-/-

Rif. N° Commessa:

**X07N-10042772**

CUP:

**D52E23000180005**

RUP:

**GIUSEPPE CARANTI**

Il Progettista



**ISOLA BOASSO**  
STUDIO DI INGEGNERIA

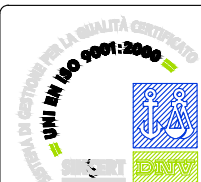
Dott. Ing. Riccardo ISOLA  
Dott. Ing. Paolo BOASSO  
Dott. Ing. Fabrizio RABAGLIO

STUDIO IDROGEO  
Dott. Geol. Marco Carmine

STUDIO DI ARCHITETTURA  
FERRARI&FERRARIS  
Arch. Lucia Ferraris

Elaborato N°:

**ST.01.002**



**PROPRIETA' RISERVATA**

**QUESTO DISEGNO NON PUO' ESSERE RIPRODOTTO NE' COMUNICATO A TERZI SENZA  
AUTORIZZAZIONE DI ACQUA NOVARA.VCO s.p.a.**

## Sommario

1	Oggetto della relazione e criteri di progettazione .....	2
1.1	Opere strutturali .....	3
1.2	Inquadramento normativo .....	4
2	Inquadramento geologico e geotecnico .....	5
2.1	Inquadramento geologico e geomorfologico .....	5
2.2	Inquadramento idrogeologico e idrografico .....	11
2.3	Inquadramento sismico locale .....	13
2.4	Indagini sviluppate in sito .....	16
2.5	Risultati delle indagini .....	17
2.5.1	Tracciato della tubazione .....	17
2.5.2	Impianto di potabilizzazione .....	19
2.5.3	Impianto di presa a lago .....	24
	STRATIGRAFIA .....	24
	GRANULOMETRIE .....	25
	SINTESI DEI RISULTATI .....	25
	PERMEABILITA' DEL TERRENO .....	25
	ELABORAZIONE PROVE SPT .....	26
	SPT SB 26 .....	
2.6	Modello geotecnico del terreno .....	27
2.6.1	Impianto di potabilizzazione .....	27
2.6.2	Impianto di presa a lago .....	29
3	Classificazione sismica .....	32
4	Dimensionamento opere di sostegno .....	33
4.1	Diaframmi sito presa a lago .....	33
4.1.1	FASE DI SCAVO .....	34
4.1.2	FASE DI ESERCIZIO .....	64
4.2	Diaframmi sito potabilizzatore .....	83
4.2.1	Modello di calcolo .....	84
4.2.2	Deformazioni .....	84
4.2.3	Spinte .....	85
4.2.4	Sollecitazioni .....	87
4.2.5	Verifiche geotecniche e strutturali .....	88
5	Verifiche di galleggiamento .....	91
5.1	Dimensionamento del tappo di fondo .....	91
5.2	Verifica di galleggiamento del manufatto di pompaggio .....	92

## 1 Oggetto della relazione e criteri di progettazione

Il presente rapporto costituisce la relazione geotecnica e sulle fondazioni del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica dell'intervento denominato **"Approvvigionamento idrico del Comune di Verbania per la realizzazione nuova presa lago "villa Taranto" in Comune di Verbania"**.

Mediante ordine N. 1361 del 29/06/2023 Acqua Novara VCO S.p.A. conferì allo scrivente *"Studio di ingegneria Isola Boasso & Associati s.r.l."* con sede in C.so Prestinari 86, 13100 Vercelli l'incarico professionale per progettazione definitiva relativo alle opere denominate **"Approvvigionamento idrico del Comune di Verbania per la realizzazione nuova presa lago "villa Taranto" in Comune di Verbania"** – CUP: D52E23000180005.

Tale incarico è stato affidato nell'ambito dell'Accordo Quadro CIG padre: 932449832C, CIG figlio: Z9E3BBDAF4.

Il progetto è stato sviluppato in conformità delle indicazioni ricevute dal Committente. In particolare ANVCO ha redatto con dei consulenti esterni uno studio di fattibilità, i cui contenuti sono ripresi nella presente relazione. Si specifica che nel presente PFTE si è sviluppato lo studio di fattibilità apportando varianti sostanziali allo schema funzionale. Dello studio di fattibilità si sono sostanzialmente recepite le scelte di collocazione delle opere di derivazione da lago ed i criteri di dimensionamento. Nella presente relazione, si riportano le valutazioni presenti nello studio di fattibilità finalizzate all'individuazione dell'ubicazione delle opere di captazione.



Figura 1 inquadramento planimetrico degli interventi

Il presente progetto va inquadrato nell'ambito degli interventi di riassetto della rete di approvvigionamento idrico del Comune di Verbania che Acqua Novara VCO intende effettuare nell'ambito della propria attività di gestione della rete acquedottistica, con l'obiettivo potenziarne l'approvvigionamento idrico. Il presente progetto è la naturale conseguenza e attuazione di un'ampia pianificazione di ammodernamento ed adeguamento della rete acquedottistica del Comune di Verbania messo in atto dalla società di gestione della

rete che prevede oltre alla definizione di nuove fonti di approvvigionamento anche la revisione delle reti di distribuzione e di stoccaggio. La presente relazione analizza, ovviamente, le sole attività relative alla definizione di nuova sorgente di approvvigionamento da acque superficiali.

In estrema sintesi le opere in progetto sono costituite dalle seguenti unità:

- 1) Presa a lago su struttura metallica;
- 2) Condotta sub lacuale, nel tratto iniziale eseguito con la tecnica del microtunnelling e nel tratto finale ancorato sul fondale roccioso mediante supporti metallici;
- 3) Impianto di sollevamento totalmente interrato, ubicato nel parcheggio di Villa Taranto. Tale opera è realizzata mediante diaframmi perimetrali e tappo di fondo in jet grouting;
- 4) Edificio fuori terra, in prossimità del parcheggio di Villa Taranto, per l'installazione Impianto di pre disinfezione con ipoclorito, installazione dei quadri elettrici ed accesso alle scale che conducono al sollevamento interrato;
- 5) Condotta di adduzione per il collegamento dell'impianto di sollevamento all'impianto di potabilizzazione. Si tratta di una condotta in polietilene DN 365 e PN 6 di lunghezza pari a circa 1 km.;
- 6) Impianto di potabilizzazione costituito da filtri con zeolite, impianto di disinfezione ad UV ed impianto di disinfezione con ipoclorito;
- 7) Canale di contatto, in cemento armato, totalmente interrato realizzato mediante diaframmi
- 8) Serbatoio da 520 m<sup>3</sup>, costituito da due vasche di compenso da 260 m<sup>3</sup> ciascuna in calcestruzzo armato, completamente interrate e realizzato mediante l'ausilio di diaframmi;
- 9) Vasca per stoccaggio acque dei contro lavaggio dei filtri da 220 m<sup>3</sup>, in calcestruzzo armato, totalmente interrata, realizzata mediante l'ausilio di diaframmi;
- 10) Edificio di manovra, semi interrato, all'interno del quale sono posizionati tre gruppi di pompaggio, le valvole di regolazione ed accessi a tutte le vasche;
- 11) Edificio elettrico fuori terra entro cui sono posizionati quadri elettrici, trasformatori e gruppo elettrogeno;
- 12) Cabina di consegna ENEL;
- 13) Piazzali per futuri ampliamenti dell'impianto

## 1.1 Opere strutturali

Nel dettaglio le opere strutturali previste nel progetto progetto sono le seguenti:

- Impianto di sollevamento totalmente interrato, ubicato nel parcheggio di Villa Taranto. Tale opera è realizzata mediante una prima fase di opere di sostegno costituite da diaframmi perimetrali di spessore 80 cm e lunghezza 16 m, con tappo di fondo in jet grouting di spessore 4m. Il manufatto ha un ingombro complessivo in pianta pari a 8.10 m x 10.60 m e profondità 10.25 m. I diaframmi prevedono un cordolo sommitale di dimensioni B=110 x H=140 che svolge funzione di vincolo. La platea del sollevamento avrà spessore 50 cm e le pareti interne contro ai diaframmi saranno di spessore 30 cm. Il solaio sarà previsto in elementi alveolari prefabbricati tipo RAP con getto di completamento (H=36+4 cm). Il manufatto di pompaggio dovrà essere collegato ai diaframmi mediante diffuse spinottature a taglio, al fine di resistere alla sottospinta di galleggiamento a lungo termine, anche nelle condizioni di lago ai livelli massimi storici.

- Edificio fuori terra, in prossimità del parcheggio di Villa Taranto, per l'installazione Impianto di pre disinfezione con ipoclorito, installazione dei quadri elettrici ed accesso alle scale che conducono al sollevamento interrato. L'edificio è interamente previsto in c.a., con pareti di spessore 30 cm e platea di spessore 40 cm, e presenta un ingombro complessivo in pianta pari a 3.10 m x 10.55 m, con altezza fuori terra pari a 3.85 m;
- Impianto di potabilizzazione, con serbatoio di accumulo di 520 mc, ubicato a Pallanza in viale Giuseppe Azari. Il manufatto, interamente in c.a. gettato in opera di forma in pianta trapezoidale, presenta un ingombro massimo pari a circa 33x25 m con altezza massima 10,90 m, di cui 5,10 m interrati. Il manufatto comprende le seguenti parti:
  - Diaframmi provvisori perimetrali, in c.a. di spessore 60 cm e lunghezza 12 m
  - Serbatoio di accumulo, completamente interrato in c.a. gettato in opera, avente platea di spessore 50 cm, pareti esterne di spessore 40 cm ed interne di spessore 30 cm. La soletta è prevista in lastre predalles con blocchi di alleggerimento.
  - Camera valvole, in parte interrata ed in parte fuori terra, in c.a. gettato in opera, avente platea di spessore 50 cm, pareti esterne di spessore 40 cm e soletta alleggerita in predalles.
  - Locale quadri elettrici e locale ipoclorito, completamente fuori terra in c.a. gettato in opera, di dimensioni 7.60x8.60 m e altezza 4,80 m. La platea ha spessore 40 cm e le pareti 30 cm;
  - Platea gruppo elettrogeno, dimensioni 4.40x4.70 m e spessore 30 cm;
  - Cabina trasformatori in c.a. prefabbricata, dimensioni 2.5x5.2 m e altezza 3 m
  - Cabina consegna ENEL MT in c.a. prefabbricata, dimensioni 2.5x6.7 m e altezza 3m.

## 1.2 Inquadramento normativo

Il calcolo delle strutture viene eseguito con riferimento al metodo degli stati limite, nel rispetto delle norme vigenti, in particolare il D.Min. Infrastrutture del 17/1/2018 "Aggiornamento delle norme Tecniche per le Costruzioni".

Come tipo di intervento si tratterà di "Nuove costruzioni", rientranti nelle tipologie del cap. 4 "Costruzioni civili ed industriali", cap. 4.1 "Costruzioni in calcestruzzo" e 4.2 "Costruzioni in acciaio".

Le opere citate sono tutte comprese nel Tipo di costruzione 2 "Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari", con Vita Nominale  $V_n \geq 50$  anni; la Classe d'Uso è la IV, comprendente "Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti ...".

Viene quindi adottato, secondo la tabella 2.4. della norma, un coefficiente d'uso  $C_u$  pari a 2, che porta ad una vita di riferimento  $V_R = V_n * C_u = 100$  anni.

Le altre normative di riferimento a cui ci si attiene nella realizzazione delle opere sono le seguenti:

- Legge 1086 del 05 Novembre 1971;
- Circolare C.S.LL.PP. n°7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 17/01/2018;
- UNI EN 1992-1-1:2015, UNI EN 1998-1:2013



## 2 Inquadramento geologico e geotecnico

L'inquadramento geologico e geotecnico fa parte della relazione geologica redatta dal dott. Marco Carmine, contenente anche i risultati delle prove geognostiche eseguite e della caratterizzazione sismica. Per i dettagli si rimanda a tale documento e nel presente paragrafo vengono riassunti i parametri, le stratigrafie e gli altri dati assunti per il dimensionamento strutturale.

## 2.1 Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area in esame è ubicata nel territorio comunale di Verbania (VB), ad una quota compresa tra 193 e 214 m s.l.m., ed è rappresentata nel Foglio 31 della Carta Geologica d'Italia (VARESE), allegata di seguito in stralcio non in scala.

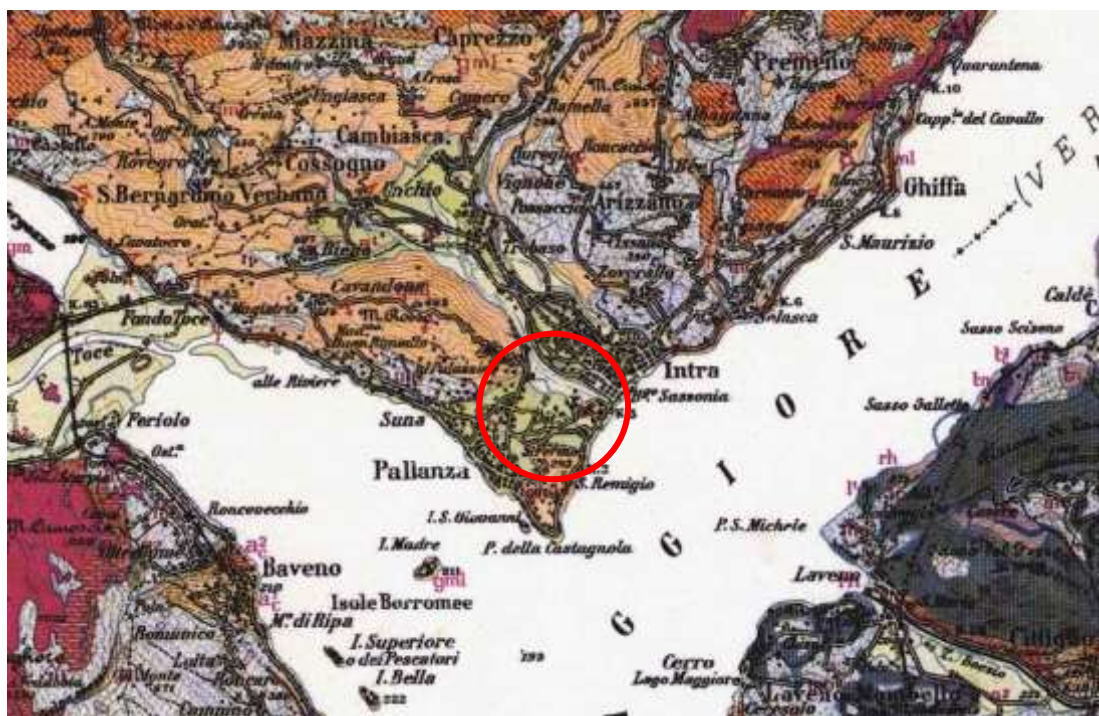
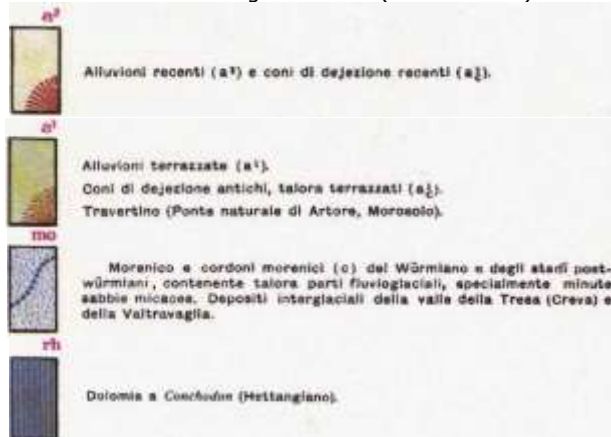
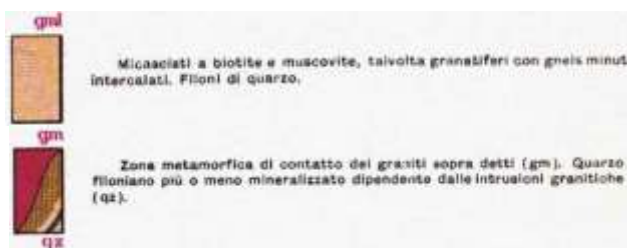


Figura 2: Stralcio della Carta Geologica d'Italia (F. 31 Varese) con relativa legenda





L'assetto attuale della porzione di territorio analizzata, è dovuto in gran parte all'azione dei ghiacciai quaternari; in particolare si assiste alla messa in posto del Ghiacciaio del Verbano e del Ghiacciaio dell'Ossola, che confluivano proprio in questo punto.

Il modellamento del territorio avviene in gran parte nel Pleistocene, mediante l'azione combinata di due fenomeni entrambi collegati alle meccaniche deposizionali di natura glaciale: da un lato l'azione d'accumulo esercitata dal ghiacciaio stesso che, mettendo in gioco enormi quantità di materiale proveniente dal proprio bacino d'alimentazione, dà luogo alla formazione di creste moreniche assai ben evidenti; dall'altro l'azione erosiva dei torrenti proglaciali, che rimodellano la superficie topografica durante la fase di ritiro dei ghiacciai, formando morfologie depresse dalla tipica forma di valloni a fondo debolmente concavo. Connessa a queste dinamiche erosive è la genesi dei numerosi terrazzi che, insieme con le morene e le aree a morfologia depressa, caratterizzano il paesaggio di origine glaciale.

Il paesaggio periglaciale viene sovente spazzato da forti correnti eoliche, che determinano l'accumulo di coltri di sedimenti fini e ben classati nelle zone riparate dal vento. Tali depositi detti loess, sono caratterizzati dalla quasi totale presenza nella composizione tessiturale di limi, dal tipico colore giallastro ed assumono talora spessori intorno al metro. Il diverso grado di alterazione dei loess è spesso un buon indice dell'età dei depositi glaciali s. l. cui sono correlati, favorendo così la ricostruzione della cronologia degli eventi susseguiti nell'area.

L'intervento in progetto si colloca, così come buona parte della Città di Verbania, sugli antichi conoidi alluvionali dei Torrenti San Bernardino e San Giovanni. I terreni caratterizzanti l'area in esame sono costituiti superficialmente da depositi alluvionali ghiaioso sabbiosi e ciottolosi, passanti in profondità a terreni progressivamente più fini, con lenti di sabbie e limi. Al di sotto dei terreni alluvionali si trovano depositi fini sabbioso limosi o anche torbosi, deposti in ambiente lacustre.

Per quanto riguarda il substrato roccioso, la zona in esame appartiene all'unità strutturale nota come "Serie dei Laghi". La "Serie dei Laghi" è suddivisa a sua volta in due subunità, gli "Scisti dei Laghi" e la "Zona Strona-Ceneri", separate dalla Zona Marginale della Strona Ceneri costituita da anfiboliti e paragneiss anfibolici; tutta l'unità è poi attraversata da corpi di ortogneiss di forma, estensione e composizione variabile. Nell'area in esame sono presenti solo gli "Scisti dei Laghi", che affiorano a monte della Città di Verbania ed in corrispondenza dell'altura su cui sorge Villa Taranto. Si tratta di alternanze di paragneiss e micascisti, con sporadiche intercalazioni di filoni aplitici (talvolta anche metrici) e più raramente pegmatitici. Per la caratterizzazione geologica di dettaglio dell'area in questione si allega di seguito uno stralcio della Carta Geologica allegata alla Proposta Tecnica del Progetto Preliminare di Variante Generale del PRGC di Verbania.

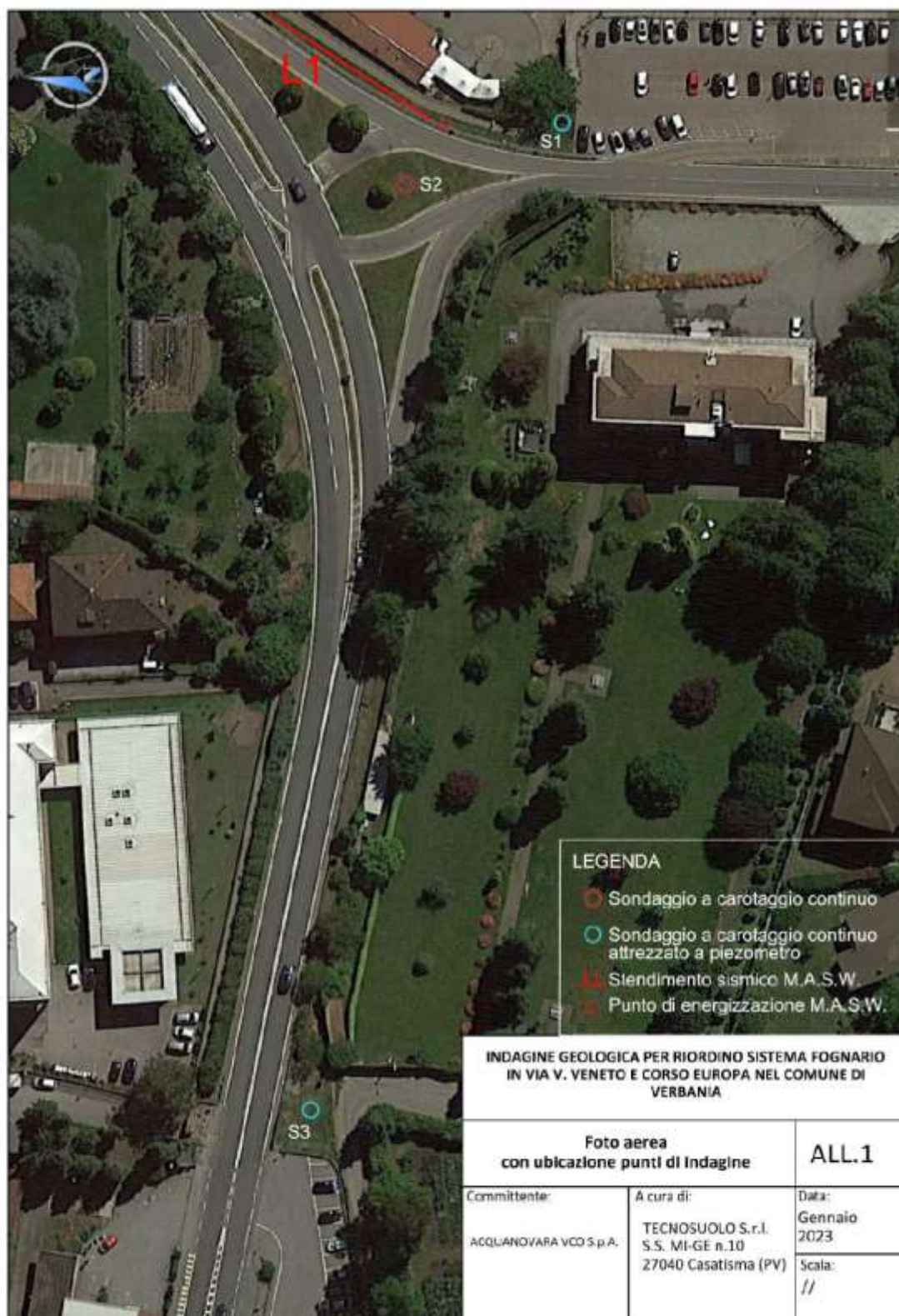









Figura 3: Stralcio della Carta Geologica allegata alla proposta Tecnica di Variante di PRGC di Verbania

Dalle tavole geologiche di PRGC del Comune di Verbania, non sono segnalati dissesti per l'area di progetto, ad eccezione delle escursioni lacustri sulla sponda.

Per la caratterizzazione dei terreni presenti in sito si fa riferimento, in termini generali, anche ai sondaggi geognostici effettuati nel gennaio 2023 da Tecnosuolo nei pressi del parcheggio di Villa Taranto, per il progetto di riordino del sistema fognario di Via V. Veneto e Corso Europa:





Tecnosuolo s.r.l. 27040 Casatisma (Pv) S.S MI-Ge n° 10 Tel. (0383) 891852					COMMITTENTE: ACQUA NOVARA VCO					SONDACCIO							
INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE					LOCALITA': VERBANIA					N° S1							
					QUOTA INIZIO: p.c.					DATA 11.01.2023							
profondità m	spessore m	stratigrafia	CAMPIONI	h <sub>2</sub> O	DESCRIZIONE LITOLOGICA					K cm/s	p.p. Kg/cm <sup>3</sup>	schema piezometro	S.P.T.			NOTE	
0.00			tipo	prof. m													
0.70						Sabbia media e fine limosa con rara ghiaia, colore marrone											
1.40						Ciottoli, blocchi											
						Sabbia limosa con ghiaia eterometrica, locali ciottoli colore grigiastro e con rari frammenti di laterizi e plastica								m 2.00-2.45 9 12 15			
4.00														m 4.00-4.45 6 9 10			
														m 6.00-6.45 17 22 27			
						Sabbia da debolmente a limosa con ghiaia eterometrica e ciottoli, colore nocciola-grigiastro								m 8.00-8.45 8 9 9			
10.00														m 10.00-10.45 6 8 7			

<b>Tecnosuolo s.r.l.</b> 27040 Cesatima (Pv) S.S. Mi-Ge n° 10 Tel. (0383) 891852				COMMITTENTE: ACQUA NOVARA VCO			SONDAGGIO N° S2		
INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE				LOCALITA': VERBANIA			DATA 12.01.2023		
				QUOTA INIZIO: p.c.					
profondità m	stratigrafia	CAMPIONI	DESCRIZIONE LITOLOGICA	K cm/s	p.p. Kg/cmq	schema piezometro	S.P.T.		
0.00		spe prof. m							NOTE
1.90			Sabbia media e fine limosa con ghiaia eterometrica e locali ciottoli				m 2.00-2.45		
2.50			Ciottoli e blocchi				Rif. 11cm		
3.00			Sabbia limosa con ghiaia eterometrica e con rari frammenti di laterizi, colore marrone				m 4.00-4.45		
							18 23 29		
							m 6.00-6.45		
			Sabbia da debolmente a limosa con ghiaia eterometrica, colore nocciola-grigiastro				15 28 35		
							m 8.00-8.45		
							7 8 9		
10.00							m 10.00-10.45		
							5 9 7		

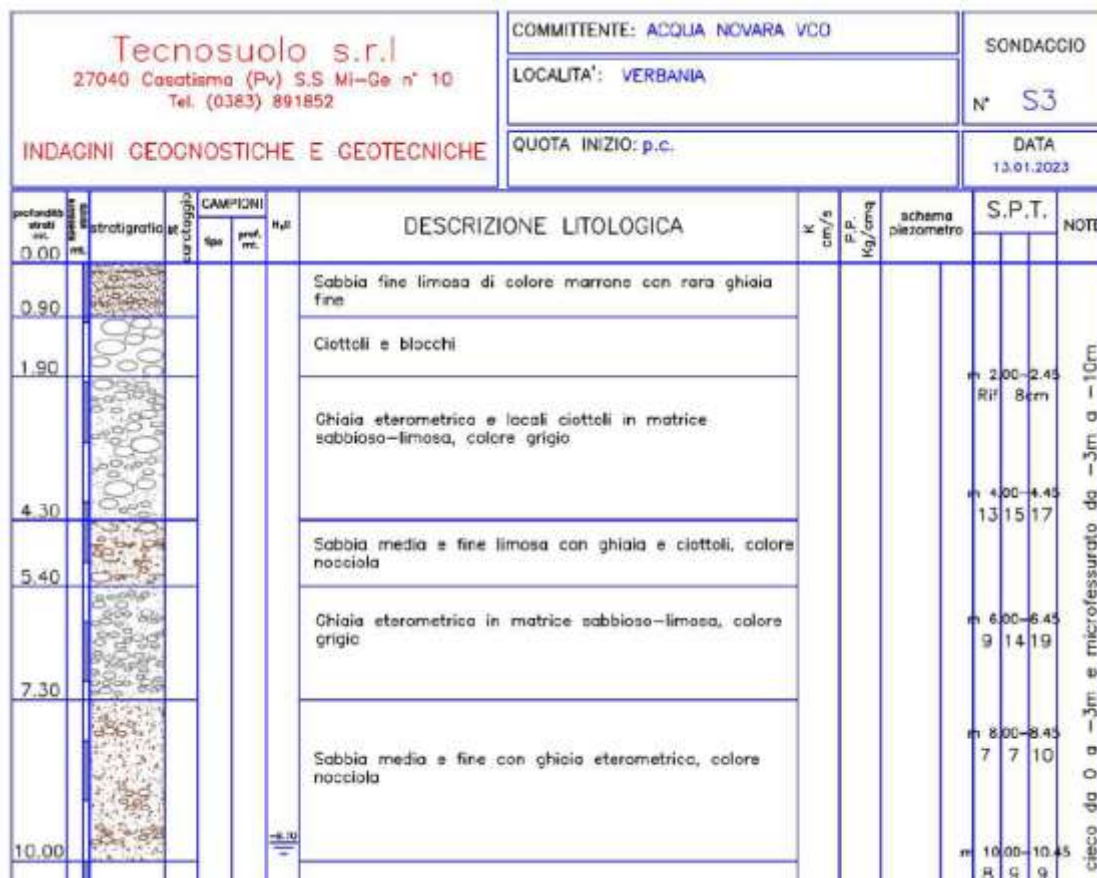


Figura 4 Stratigrafie dei sondaggi effettuati presso via Veneto e Corso Europa a Verbania

## 2.2 Inquadramento idrogeologico e idrografico

Dal punto di vista idrogeologico, l'area in esame è caratterizzata dalla presenza di terreni alluvionali appartenenti ai conoidi dei torrenti San Bernardino e San Giovanni, costituiti da ghiaie e sabbie con livelli sabbiosi – argillosi. La falda freatica è contenuta nei depositi ghiaioso sabbiosi, poggianti su sedimenti fini impermeabili o su roccia, costituenti il letto di tale falda. L'oscillazione della falda è dovuta essenzialmente alla variazione del livello del Lago Maggiore e dal regime di portata dei Torrenti San Bernardino e San Giovanni, che alimentano la falda attraverso perdite di sub-alveo. La direzione di deflusso è prevalentemente NW-SE, con superficie piezometrica sub-parallela alla morfologia del conoide. La quota della falda è di circa 200 m s.l.m. sul lato ovest dell'intervento in progetto, mentre è prossima al livello del lago in corrispondenza del lato est dell'intervento. La permeabilità è assai variabile e fortemente condizionata dalla granulometria dei depositi, ma è comunque generalmente media o elevata.





Figura 5: Stralcio della Carta Geoidrologica allegata alla proposta Tecnica di Variante di PRGC di Verbania

Dal punto di vista idrografico, nell'area interessata dall'intervento, non sono presenti corsi d'acqua naturali o artificiali, fatto salvo il Torrente San Bernardino che scorre circa 700 metri a nord dell'intervento, senza alcun tipo di interferenza con il progetto in esame. Parte dell'opera è invece direttamente interferente col Lago Maggiore, con modalità descritte negli elaborati progettuali.

Il livello lacustre medio si attesta tra circa 193 e 194 m s.l.m., con massimi nei mesi autunnali e primaverili in occasione delle precipitazioni più abbondanti. La quota minima raggiungibile dal Lago è di circa 192.20 metri s.l.m., corrispondenti alla quota della soglia della diga di Miorina, posta presso Castelletto Sopra Ticino. Per quanto riguarda invece i livelli di massima, si cita il massimo livello raggiunto negli ultimi decenni pari a 197.94 m s.l.m. nell'ottobre del 2000.

Dalla Relazione geologica della Proposta Tecnica del Progetto Preliminare del PRG è stata estratta la seguente tabella con relativo commento.

#### Valutazione statistico-probabilistica dei livelli lacustri

La disponibilità dei dati per il periodo dal 1952 al 2000 (comprensivi quindi anche dei valori raggiunti nell'ultimo evento alluvionale) ha permesso di eseguire su di essi delle elaborazioni per definire le possibilità di piene a vari tempi di ritorno; la tabella risultante è la seguente:

ESTRAPOLAZIONE CON CORRELAZIONE DI GUMBELL SU DATI LIVELLI MASSIMI ANNUALI LAGO MAGGIORE									
TEMPO RITORNO (anni)	2.33	10	20	50	100	200	300	400	500
LIVELLI MASSIMI (m s.l.m.)	195.55	196.67	197.15	197.78	198.25	198.71	198.99	199.18	199.30

Secondo tale elaborazione il livello di 197.61 m s.l.m. avutosi nel 1993 deve considerarsi a tempo di ritorno quarantennale, mentre il livello di 197.94 dell'ottobre 2000 risulta riferibile ad un tempo di ritorno di circa 75 anni.

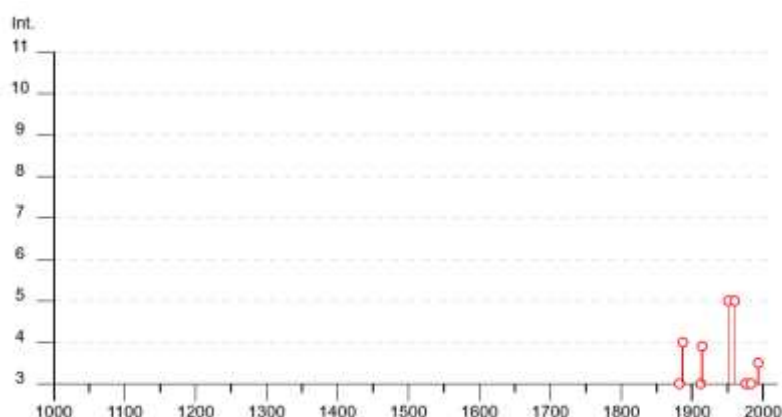
Figura 10: Stralcio della valutazione statistica-probabilistica dei livelli lacustri allegata alla proposta Tecnica di Variante di PRGC di Verbania

## 2.3 Inquadramento sismico locale

La consultazione del catalogo DBMI15, dal sito INGV, 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., Antonucci A. (2019). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.2> ha fornito i seguenti dati per il Comune di Verbania:

#### Verbania (Pallanza)

PlaceID IT\_04782  
Coordinate (lat, lon) 45.924, 8.552  
Comune (ISTAT 2015) Verbania  
Provincia Verbano-Cusio-Ossola  
Regione Piemonte  
Numero di eventi riportati 11



Effetti									
In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Mo	Mi	Se	Area epicentrale	MMOP	Io Mw
3	1882	02	27	06	30		Valle Seriana	37	6-7 4.31
4	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9 6.27
3	1912	05	31	21	40		Canaveese	51	5-6 4.71
F	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7 5.63
2	1920	09	07	05	15	4	Garfagnana	750	10 6.53
5	1951	05	15	22	54		Lodigiano	179	6-7 5.17
5	1960	03	23	23	10		Vallese	178	7 5.00
3	1976	05	06	20	00	1	Friuli	770	9-10 6.45
3	1976	05	15	09	21	1	Friuli	54	8-9 5.95
3	1983	11	09	16	29	5	Parmentese	850	6-7 5.04
3-4	1997	06	14	12	28	3	Val d'Aosta	129	5-6 4.34

Figura 6: Grafico e tabella delle intensità massime registrate in occasione degli eventi sismici accaduti nei dintorni di Verbania

Località	EQs	Distanza (km)
Intra	4	2
Baveno	3	4
Ariuzzo	1	4
San Bernardino Verbano (Santino)	1	5
Stresa	4	5
Laveno-Mombello (Laveno)	6	6
Miazzina	1	6
Caprezzo	1	6
Montello	1	6
Premana	2	7
Leggiano	1	8
Gignese	1	8
Sangiano	1	8
Aurano	1	9
Mergozzo	1	9
Caravate	2	9
Brovello	1	9
Gravellona Toce	1	9
Castelveccana (Pessina)	1	10

Figura 7: Tabella degli eventi sismici accaduti nei dintorni di Verbania

Il quadro delle zone sismogenetiche, tratto dal sito del Gruppo Nazionale per la Difesa dei terremoti, è rappresentato nella seguente carta, in riferimento alla quale l'area in esame si colloca nella zona background, con  $M_s < 5.0$ .

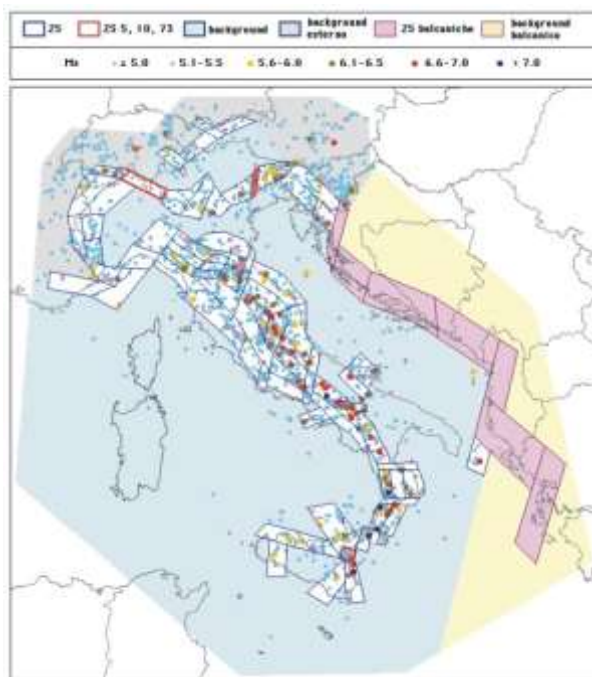


Figura 8: Zone sismogenetiche

Nel catalogo DISS dell'INGV (*Basili R., G. Valensise, P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, M.M. Tiberti, E. Boschi (2008), The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology, Tectonophysics; doi:10.1016/j.tecto.2007.04.014*) sono riportati i seguenti elementi relativi alle sorgenti potenziali di terremoti con magnitudo maggiore di 5.5.

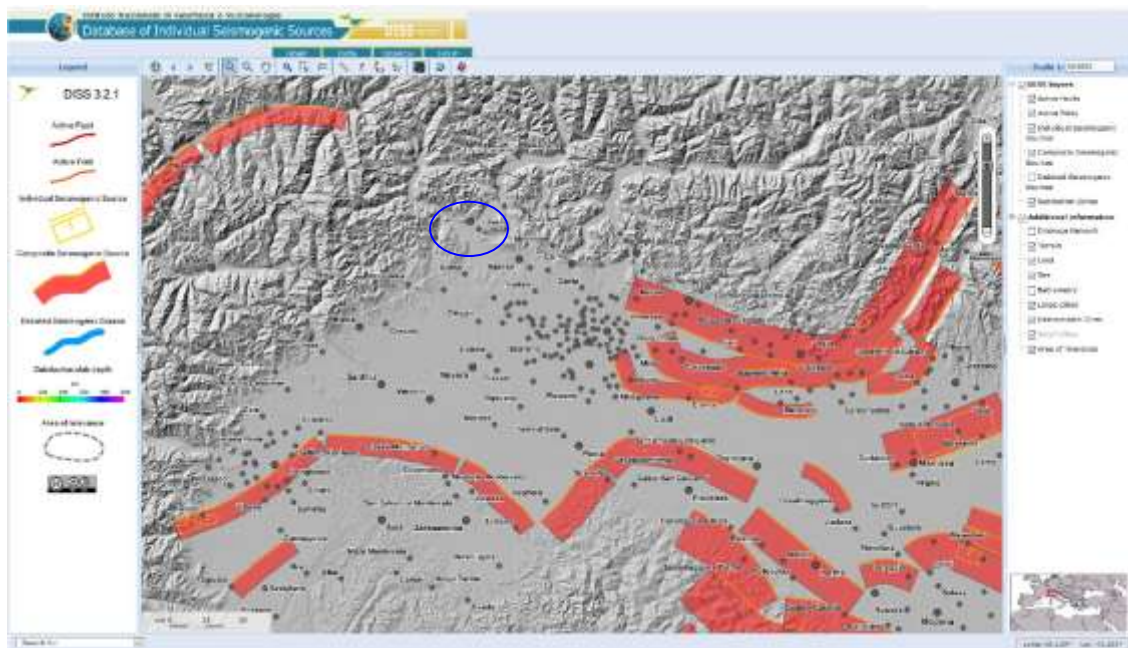


Figura 9: Principali sorgenti potenziali di terremoti



## 2.4 Indagini sviluppate in sito

Le indagini eseguite in sito, effettuate dalla ditta Tecnosuolo sono consistite in 2 sondaggi a carotaggio continuo e 2 stendimenti MASW, oltre che 4 pozzetti stratigrafici lungo il percorso per i campionamenti ambientali.

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state eseguite 12 prove SPT e sono stati prelevati: n.1 campione indisturbato di terreno tramite fustella Shelby in acciaio inox nel sondaggio SA, nell'unico livello di materiali fini riscontrato, e n. 10 campioni rimaneggiati nei terreni granulari, da sottoporre a prove geotecniche di laboratorio (SA: peso di volume, limiti di *Atterberg*, resistenza al taglio "di picco", prova di consolidazione edometrica; SB: granulometria per setacciatura e sedimentazione).

Sono state inoltre effettuate anche 2 prove di permeabilità *Lefranc* nei sondaggi SA e SB.



Figura 10: Planimetria delle indagini effettuate

## 2.5 Risultati delle indagini

### 2.5.1 Tracciato della tubazione

Lungo il tracciato della tubazione in progetto sono state scavate 4 trincee esplorative che hanno restituito le seguenti stratigrafie:

<p><b>Tecnosuolo s.r.l.</b> 27040 Casatisma (Pv) S.S. Me-Ge n° 10 Tel. (0383) 891852</p> <p>INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE</p>		<p>COMMITTENTE: Acqua Novara VCO S.p.A.</p> <p>LOCALITA': Verbania - presa lago "Villa Taranto"</p> <p>QUOTA INIZIO: p.c.</p>
<p>TRINCEA</p> <p>N° TA</p> <p>DATA 19.03.2024</p>		

profondità strati. mt.	stratigrafia	CAMPIONI	H <sub>2</sub> O	DESCRIZIONE LITOLOGICA	K cm/s	P.P. Kg/cm <sup>2</sup>	NOTE
0.00		tipo	prof. mt.				
		0.00 △ 0.70		Riporto: sabbia media e fine limosa con ghiaia eterometrica e ciottoli e con locali frammenti di mattoni e c.l.s.			
		0.70 △ 1.50					
2.00		1.50 △ 2.00					

Figura 11: Stratigrafia trincea TA

<p>TRINCEA</p> <p>N° TB</p> <p>DATA 19.03.2024</p>
--

profondità strati. mt.	stratigrafia	CAMPIONI	H <sub>2</sub> O	DESCRIZIONE LITOLOGICA	K cm/s	P.P. Kg/cm <sup>2</sup>	NOTE
0.00		tipo	prof. mt.				
0.20				Asfalto,			
		0.20 △ 0.80		Ghiaia, ciottoli e trovanti con sabbia media e fine da debolmente a limosa, rari frammenti di mattoni.			
		0.80 △ 1.30					
1.80		1.30 △ 1.80					

Figura 12: Stratigrafia trincea TB

TRINCEA

N° TC

DATA

19.03.2024

profondità strati mt.	spessore strati mt.	stratigrafia	CAMPIONI carotaggio	H <sub>2</sub> O	DESCRIZIONE LITOLOGICA	K cm/s	P.P. Kg/cm <sup>2</sup>	NOTE
			tipo	prof. mt.				
0.00								
0.50					Ghiaia e ciottoli con sabbia da grossolana a fine, colore grigio.			
				0.00 0.70				
				0.70 1.50	Sabbia media e fine limosa con ghiaia eterometrica e locale presenza materiale biancastro.			
2.00				1.50 2.00				

Figura 13: Stratigrafia trincea TC

TRINCEA

N° TD

DATA

19.03.2024

profondità strati mt.	spessore strati mt.	stratigrafia	CAMPIONI carotaggio	H <sub>2</sub> O	DESCRIZIONE LITOLOGICA	K cm/s	P.P. Kg/cm <sup>2</sup>	NOTE
			tipo	prof. mt.				
0.00								
0.20					Asfalto.			
				0.00 0.50				
				0.50 1.00	Sabbia media e fine di colore nocciola con ghiaia media e fine.			
1.50				1.00 1.50				

Figura 14: Stratigrafia trincea TD

Le trincee scavate in sito, lungo il percorso della tubazione in progetto, con profondità medie comprese tra i 1,5 e i 2 metri da p.c. hanno permesso di caratterizzare i terreni dal punto di vista litologico. Fatta salva la trincea TA, caratterizzata da depositi di riporto, i terreni presenti sono generalmente costituiti da sabbie e ghiaie di colore nocciola localmente limose.

## 2.5.2 Impianto di potabilizzazione

### STRATIGRAFIA

Nel settore coincidente con il nuovo impianto di potabilizzazione delle acque è stato effettuato il sondaggio SA, che ha restituito la seguente stratigrafia:

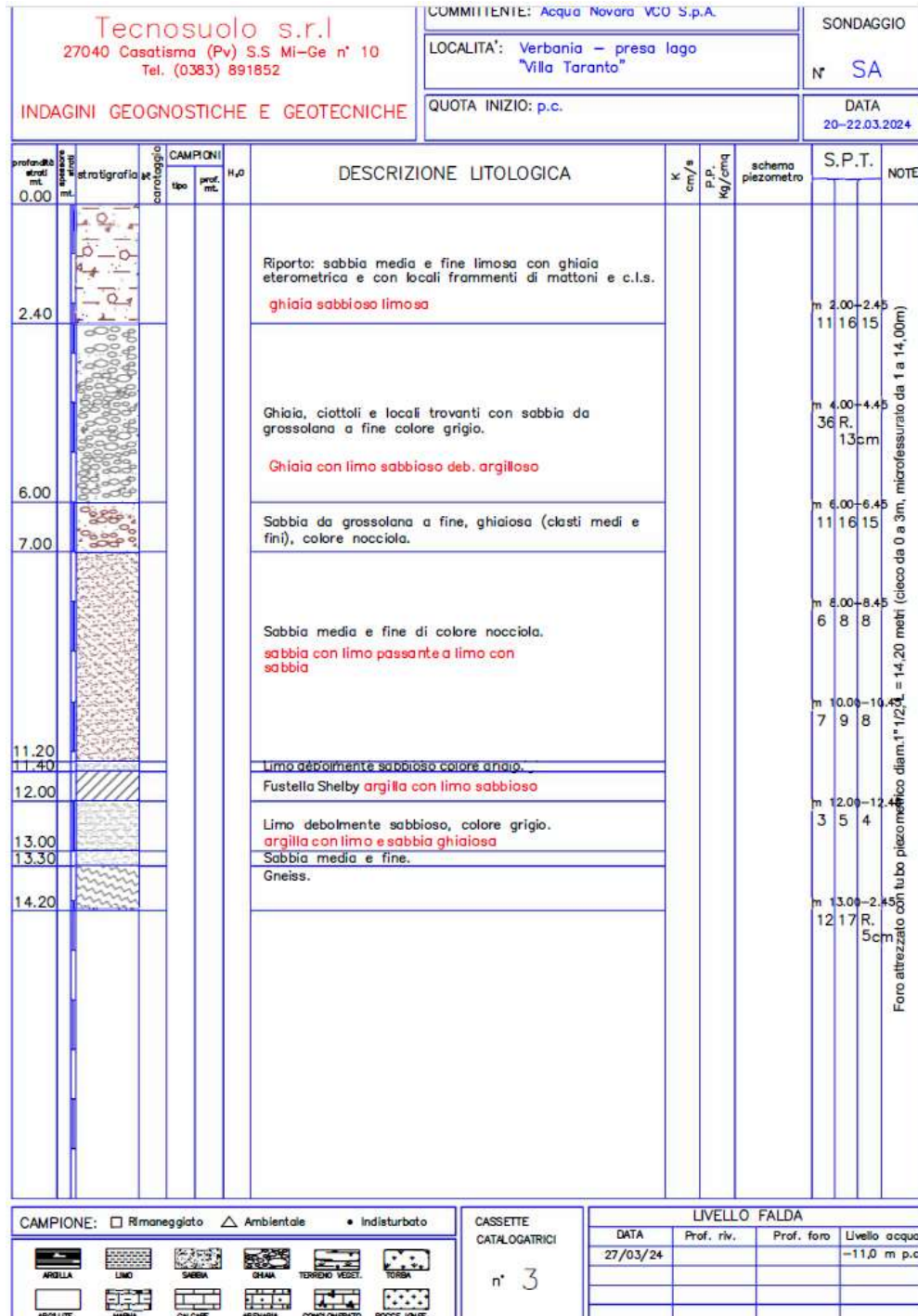


Figura 15: Stratigrafia sondaggio SA – in rosso le descrizioni AGI dalle analisi granulometriche



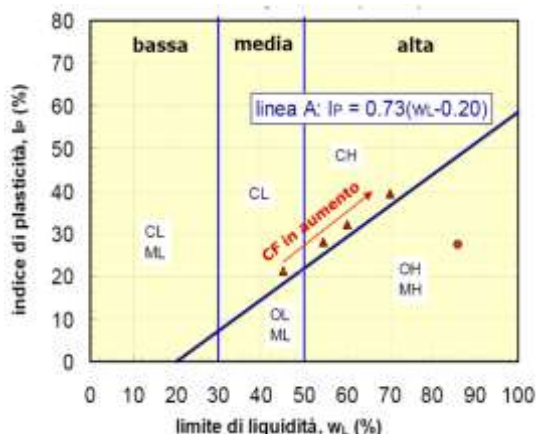
## GRANULOMETRIE

Si riporta una sintesi delle prove granulometriche effettuate in laboratorio

Parametri	Fisici	-- SA da 0 a 2	-- SA da 4 a 5	-- SA da 8 a 9	-- SA da 10 a 11	-- SA da 12 a 13	-- SA da 14 a 15
USCS	Ghiaia (%)	58,35	38,12	0,22	0,00	7,67	0,00
	Sabbia (%)	27,11	18,48	61,56	45,95	28,09	22,77
	Fine (%)	14,54	43,40	38,22	54,05	64,24	77,23
	Nome	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	MH
ONRUNI	Nome	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	A7-5
AG	Qotoli (%)		39,93				
	Ghiaia (%)	63,80	41,75	0,26	0,00	10,25	0,00
	Sabbia (%)	21,74	15,89	63,07	48,15	25,82	22,82
	Limo (%)	13,41	36,45	33,99	50,57	27,43	30,00
	Argilla (%)	1,05	5,91	2,68	1,28	36,50	47,18

Figura 16: Tabella di sintesi delle granulometrie

## LIMITI DI ATTERBERG



M = limi  
C = argille  
O = sostanze organiche

L = bassa plasticità  
H = alta plasticità

ML	Limi inorganici da bassa a media plasticità
CL	Argille inorganiche da bassa a media plasticità
OL	Limi e argille organiche di bassa plasticità
MH	Limi inorganici di alta plasticità
CH	Argille inorganiche di alta plasticità
OH	Argille organiche da media a alta plasticità

Figura 17: Grafico tra indici di plasticità e liquidità

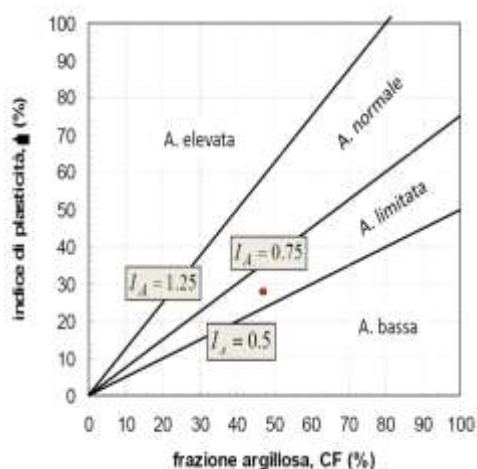


Figura 18: Grafico tra indici di plasticità e frazione argillosa

Dai risultati di laboratorio il terreno si classifica come argilla limosa inorganica ad alta plasticità ed attività limitata.

			0-2 m	4-5 m	8-9 m	10-11 m	12-13 m	11.4 -12 m
			19.04.2024	19.04.2024	19.04.2024	19.04.2024	19.04.2024	19.04.2024
Limite Liquido	(WL)	%	-	-	-	-	-	86
Limite Plastico	(WP)	%	-	-	-	-	-	58
Indice di Plasticità	(IP)	%	-	-	-	-	-	28
Indice di Gruppo	(IG)		-	-	-	-	-	19
AGI			Ghiaia sabbioso limosa	Ghiaia con limo sabbioso debolmente argilloso	Sabbia con limo	Limo con sabbia	Argilla con limo e sabbia ghiaiosa	Argilla con limo sabbioso

Figura 19: Tabella di sintesi delle granulometrie

## PERMEABILITA' DEL TERRENO

Si riportano i risultati della prova *Lefranc* effettuata nel sondaggio SA

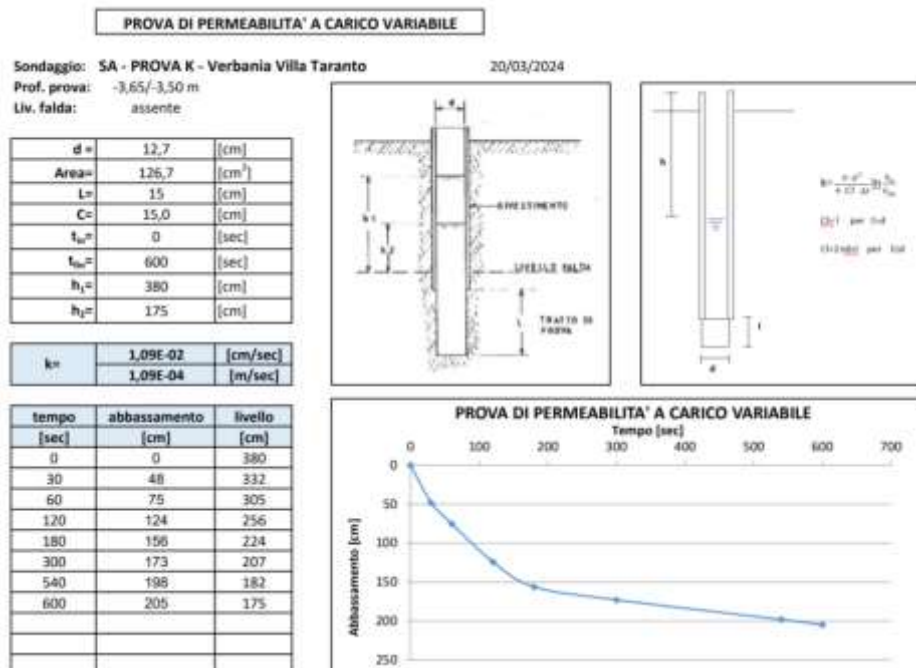


Figura 20: Risultati della Prova Lefranc

Coefficiente di permeabilità K (m/s)		10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-11</sup>	
Granulometria	Omogenea	Ghiaia			Sabbia		Sabbia fine		Silt		Argilla		
	Varia	Ghiaia grossa e media		Ghiaia e sabbia		Sabbia con argilla e limi							
Gradi di permeabilità		ELEVATA			BUONA			BASSA			NULLA		
Tipi di formazioni		PERMEABILI					SEMI-PERMEABILI					IMPERMEABILI	

(G. Castany, 1963)

Figura 21: Tabella dei coefficienti di permeabilità secondo Castany, 1963

I terreni hanno una permeabilità di  $1.09 \cdot 10^{-4}$  m/s, valutabile come BUONA secondo Castany, 1963.

## ELABORAZIONE PROVE SPT

### SPT SA

Litologia	Prof.	N	CB	CS	CR	N <sub>60</sub>	peso terreno	tensione totale	pressione neutra	tensione efficace	CN	N <sub>160</sub>
	m	N	65-115	Mohan			t/mc	t/mq	t/mq	Kg/cm <sup>2</sup>		
Ghiaia sabbioso limosa	2.00	31	1	0.75	0.75	17	1.86	3.72	0.00	0.37	1.26	22
Ghiaia con limo sabbioso	4.00	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sabbia ghiaiosa	6.00	31	1	0.75	0.95	22	1.90	12.70	0.00	1.27	0.92	20
Sabbia con limo	8.00	16	1	0.75	0.95	12	1.75	16.20	0.00	1.62	0.76	9
Limo con sabbia	10.00	17	1	0.75	1.00	13	1.76	19.71	0.00	1.97	0.67	9
Argilla con limo	12.00	9	1	0.75	1.00	7	1.61	22.94	1.00	2.19	0.63	4
Gneiss	13.00	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 22: Tabella risultati prove SPT

n.	Interpretazione Litologica	Prof. m	N <sub>160</sub>	γ KN/m <sup>3</sup>	D <sub>R</sub> %	Φ° De Mello	Φ° Wolff/RBS	E kg/cm <sup>2</sup> Sch. / Mez	E25 kg/cm <sup>2</sup> Stroud	M kg/cm <sup>2</sup> Mezenbach
1	Ghiaia sabbioso limosa	2.00	22	18.6	59	29.1	33.4	209	95	220
2	Ghiaia con limo sabbioso	4.00	R	-	-	-	-	-	-	-
3	Sabbia ghiaiosa	6.00	20	19.0	49	29.1	33.0	265	114	269
4	Sabbia con limo	8.00	9	17.5	35	26.4	26.7	88	71	92
5	Limo con sabbia	10.00	9	17.6	35	26.3	26.3	92	74	95
6	Argilla con limo	12.00	4	16.1	25	23.7	23.0	51	45	68
7	Gneiss	13.00	R	-	-	-	-	-	-	-

Figura 23: Tabella Elaborazioni prove SPT

## PROVE DI LABORATORIO

### PROVA DI TAGLIO

Si riporta di seguito la sintesi dei risultati delle prove di taglio:

Parametri Meccanici		-- SA da 11,4 a 12
TD picco	c (kPa)	24,49
	f (°)	24,60

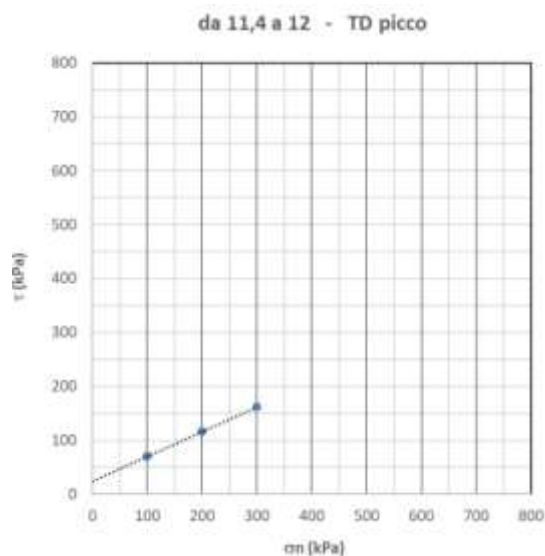


Figura 24: Risultati prova di taglio

#### PROVA EDOMETRICA

Utilizzando il metodo grafico di Casagrande, riportato di seguito, si ottiene il valore della pressione di preconsolidazione, pari a 200 kPa, a fronte di una tensione verticale efficace, alla profondità di 11.5 m pari a 207 kPa.

Il rapporto  $\sigma'_p / \sigma'_{v0}$  risulta pari a 0.97, ad indicare un terreno normalconsolidato.

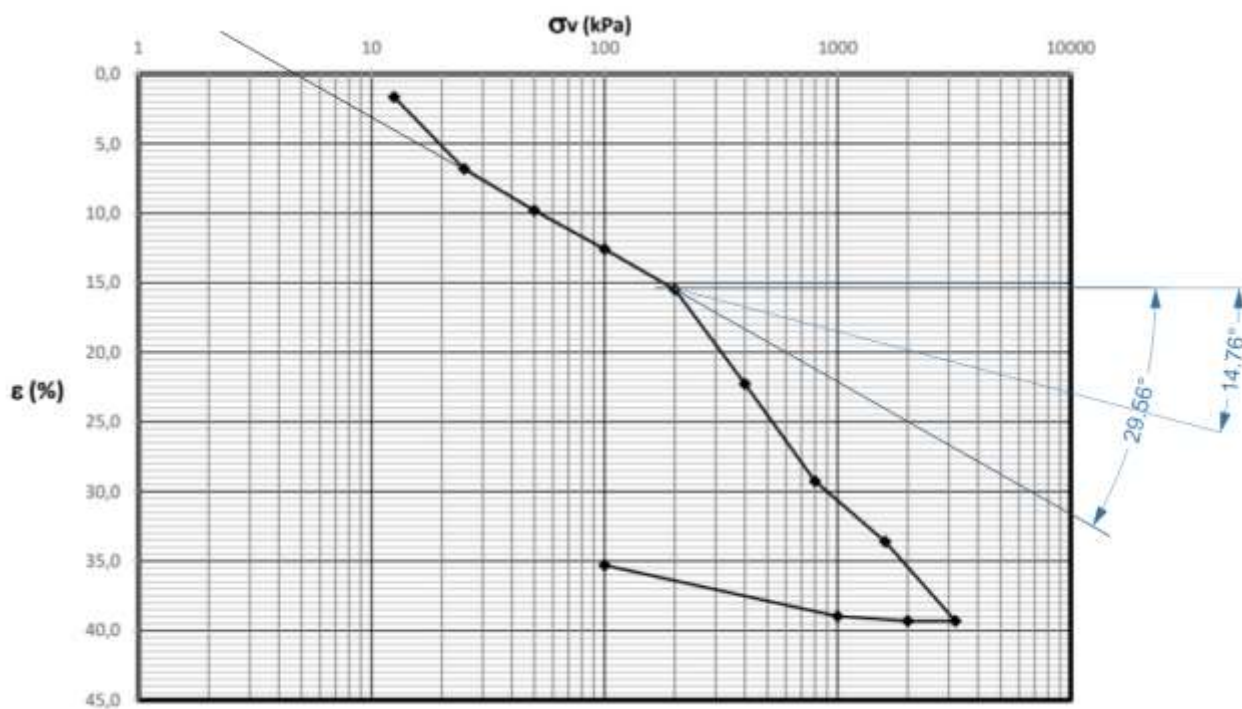


Figura 25: Risultati prova edometrica



### 2.5.3 Impianto di presa a lago STRATIGRAFIA

Nel settore presso il parcheggio di Villa Taranto, sul lungolago dove verrà posta l'opera di captazione delle acque, è stato effettuato il sondaggio SB, che ha restituito la seguente stratigrafia:

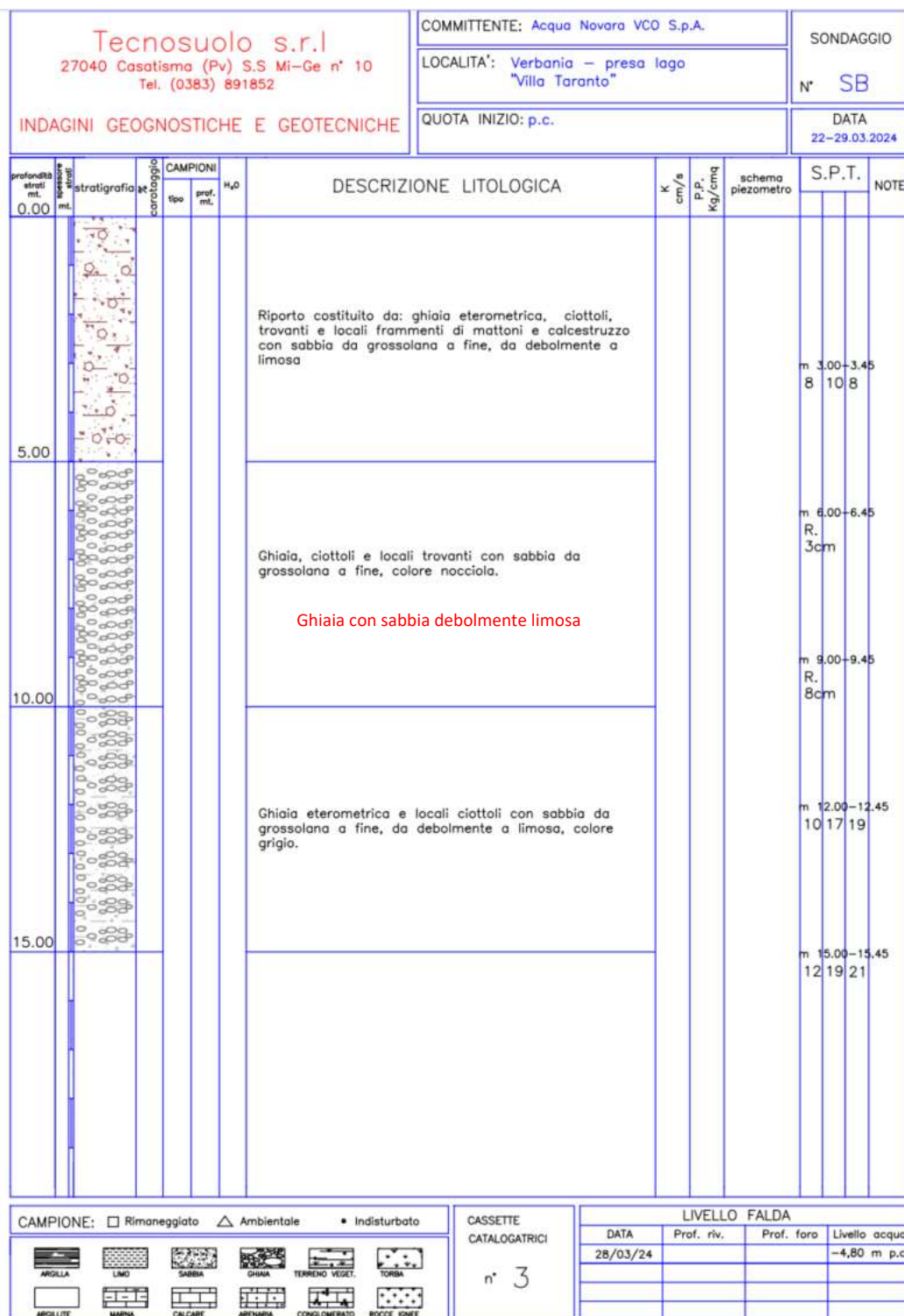


Figura 26: Stratigrafia sondaggio SB

## GRANULOMETRIE

Si riporta una sintesi delle prove granulometriche effettuate in laboratorio

Parametri Fisici		-- SB	-- SB	-- SB	-- SB
		da 0 a 2	da 3 a 5	da 6 a 7	da 12 a 15
USCS	Ghiaia (%)	52,82	48,32	47,90	53,28
	Sabbia (%)	21,13	35,97	46,70	34,61
	Fine (%)	26,05	15,71	5,40	12,11
	Nome	N.E	N.E	N.E	N.E
ONRUNI	Nome	N.E	N.E	N.E	N.E
AGI	Qotoli (%)	29,03			
	Ghiaia (%)	57,18	54,67	52,59	59,20
	Sabbia (%)	16,92	29,74	42,05	28,76
	Limo (%)	23,43	13,30	5,22	10,39
	Argilla (%)	2,47	2,29	0,14	1,65

Figura 27: Tabella di sintesi delle granulometrie

## SINTESI DEI RISULTATI

		0-2 m	3-5 m	6-7 m	12-15 m
		19.04.2024	19.04.2024	19.04.2024	19.04.2024
AGI		Ghiaia limoso sabbiosa con tracce di argilla	Ghiaia con sabbia limosa con tracce di argilla	Ghiaia con sabbia debolmente limosa	Ghiaia con sabbia limosa

Figura 28: Tabella di sintesi delle litologie

## PERMEABILITA' DEL TERRENO

Si riportano i risultati della prova *Lefranc* effettuata nel sondaggio SB.

PROVA DI PERMEABILITA' A CARICO VARIABILE

Sondaggio: SB - PROVA K - Verbania Villa Taranto

22/03/2024

Prof. prova: -3,0/-3,15 m

Liv. falda: assente

d =	12,7	[cm]
Area =	126,7	[cm <sup>2</sup> ]
L =	15	[cm]
C =	15,0	[cm]
t <sub>0</sub> =	0	[sec]
t <sub>60</sub> =	600	[sec]
h <sub>1</sub> =	330	[cm]
h <sub>2</sub> =	223	[cm]

k =	5,52E-03	[cm/sec]
	5,52E-05	[m/sec]

tempo [sec]	abbassamento [cm]	livello [cm]
0	0	330
30	33	297
60	51	279
120	75	255
180	86	244
300	98	232
540	105	225
600	107	223

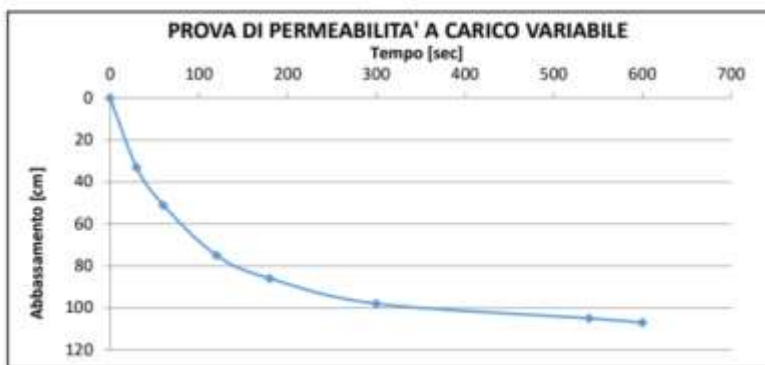
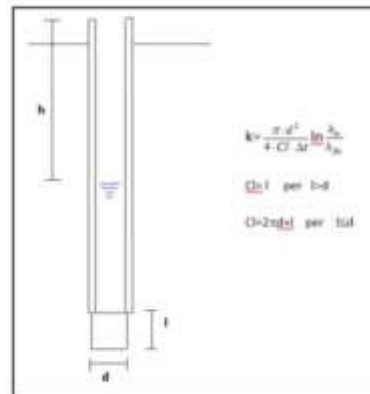
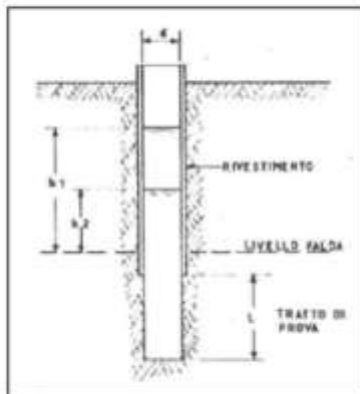


Figura 29: Risultati della Prova Lefranc

Coefficiente di permeabilità K (m/s)		10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>0</sup>	10 <sup>1</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>11</sup>
Granulometria	Omogenea	Ghiaia			Sabbia		Sabbia fine			Silt			Argilla							
	Varia	Ghiaia grossa e media		Ghiaia e sabbia		Sabbia con argilla e limi														
Gradi di permeabilità		ELEVATA			BUONA			BASSA			NULLA									
Tipi di formazioni		PERMEABILI					SÉMI-PERMEABILI					IMPERMEABILI								

(G. Costantini, 1963)

(G. Castany, 1963)

Figura 30: Tabella dei coefficienti di permeabilità secondo Castany, 1963

I terreni hanno una permeabilità di  $5.52 \cdot 10^{-5}$  m/s, tra BUONA e BASSA secondo Castany, 1963

ELABORAZIONE PROVE SPT  
SPT SB

Litologia	Prof.	N	CB	CS	CR	N <sub>60</sub>	peso terreno	tensione totale	pressione neutra	tensione efficace	CN	N1 <sub>60</sub>
	m	N	65-115	Mohan			t/mc	t/mq	t/mq	Kg/cm <sup>2</sup>		
Riporto	3.00	18	1	0.75	0.75	10	1.72	5.17	0.00	0.52	1.19	12
Ghiaia con sabbia	6.00	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R
Ghiaia con sabbia	9.00	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R
Ghiaia con sabbia	12.00	36	1	0.75	1.00	27	1.93	26.43	7.40	1.90	0.77	21
Ghiaia con sabbia	15.00	40	1	0.75	1.00	30	1.95	32.27	10.40	2.19	0.72	22

Figura 31: Tabella risultati prove SPT

n.	Interpretazione Litologica	Prof. m	N <sub>160</sub>	γ KN/m <sup>3</sup>	D <sub>R</sub> %	Φ° De Mello	Φ° Wolff	E Schmertmann kg/cm <sup>2</sup>	E25 Stroud kg/cm <sup>2</sup>	M Mezenbach kg/cm <sup>2</sup>
1	Riporto	2.00	12	17.2	40	26.9	30.6	-	-	-
2	Ghiaia con sabbia	4.00	R	-	-	-	-	-	-	-
3	Ghiaia con sabbia	6.00	R	-	-	-	-	-	-	-
4	Ghiaia con sabbia	8.00	21	19.3	51	29.2	33.1	324	133	358
5	Ghiaia con sabbia	10.00	22	19.5	52	29.3	33.3	360	145	393

Figura 32: Tabella Elaborazioni prove SPT

## 2.6 Modello geotecnico del terreno

Le Norme Tecniche richiedono, per la scelta dei valori caratteristici, un procedimento in due fasi:

Identificazione dei parametri appropriati al progetto: in caso di modesti volumi coinvolti è preferibile ricorrere al  $\phi_{cv}$  mentre con grandi volumi di terreno coinvolti, può essere utilizzato il valore del  $\phi'$ ;

Valutazione dei valori caratteristici: valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con compensazione delle eterogeneità, o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di sufficiente rigidità; valori prossimi ai minimi invece sono giustificati quando sono coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo o in caso di strutture non sufficientemente rigide.

Il calcolo dei valori caratteristici è stato effettuato con la seguente formula, valida con pochi dati (media ignota e variabilità nota o estrapolabile), per grandi volumi di rottura (5° percentile di distribuzione della media -  $\phi'_k$ ):

$$x_k = \bar{x} - 1.645 \left( \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

$\bar{x}$  con barra valore medio del parametro geotecnico;

$\sigma$  deviazione standard;

$n$  numero campioni;

il coefficiente di variazione, ottenuto dal rapporto tra deviazione standard e parametro medio, è stato valutato in base alle indicazioni di bibliografia ed al numero di dati disponibili;

$X = -1.645$ : valore fissato dall'EC7, corrispondente a una probabilità di non superamento del 5% in una distribuzione Gaussiana.

Per la stima dei valori caratteristici E ed M, è stato utilizzato il parametro medio

Per la stima dei valori caratteristici della coesione, per grandi volumi di rottura e pochi dati, si utilizza la formula di Cox, con un COV pari al 30% e media campione uguale al valore del singolo dato o media popolazione:

$$L_{1-\alpha}(\bar{Y}, S^2) = \bar{Y} + \frac{S^2}{2} \pm z_{1-\alpha/2} * \sqrt{\frac{S^2}{n} + \frac{S^4}{2(n-1)}}$$

### 2.6.1 Impianto di potabilizzazione

Il sottosuolo in esame è caratterizzato dalla presenza di sedimenti medio - grossolani (ghiaie e sabbie) con buone caratteristiche geotecniche, fino ad una profondità di circa 6 – 7 metri, al di sotto di uno strato di



terreni di riporto con spessore di circa 2,5 metri. Al di sotto dei sedimenti grossolani troviamo terreni sabbiosi con discrete caratteristiche geotecniche fino a circa 11 metri, seguiti da argille limose con scarse proprietà geotecniche.

La parametrizzazione geotecnica relativa all'impianto di potabilizzazione risulta la seguente:

n.	Interpretazione Litologica	N <sub>160</sub>	$\gamma_{med}$ KN/m <sup>3</sup>	$\Phi'^{o,med}$ De Mello	$\Phi'^{o,med}$ Wolff/RBS	COV	$\Phi'^k$ De Mello	$\Phi'^k$ Wolff/RBS	E <sub>med</sub> kg/cm <sup>2</sup>	E <sub>25 med</sub> kg/cm <sup>2</sup>	M med kg/cm <sup>2</sup>	C <sub>k</sub> (KPa)
1	Ghiaia sabbiosa/ sabbia ghiaiosa	21	18.8	29.1	33.2	6	27	31	237	104	244	-
2	Sabbia con limo/ limo con sabbia	9	17.5	26.3	<u>26.5</u>	7	24	<u>24</u>	90	72	93	-
3	Argilla con limo	4	16.1	24.1	<u>23.8</u>	5	23	<u>23</u>	51	45	68	14

Figura 33: Tabella dei parametri dei terreni

Al fine di ottenere i valori della Vs30 del sito oggetto di intervento è stata effettuata un'indagine sismica MASW, indicata in carta come L1, di cui si riporta i risultati.

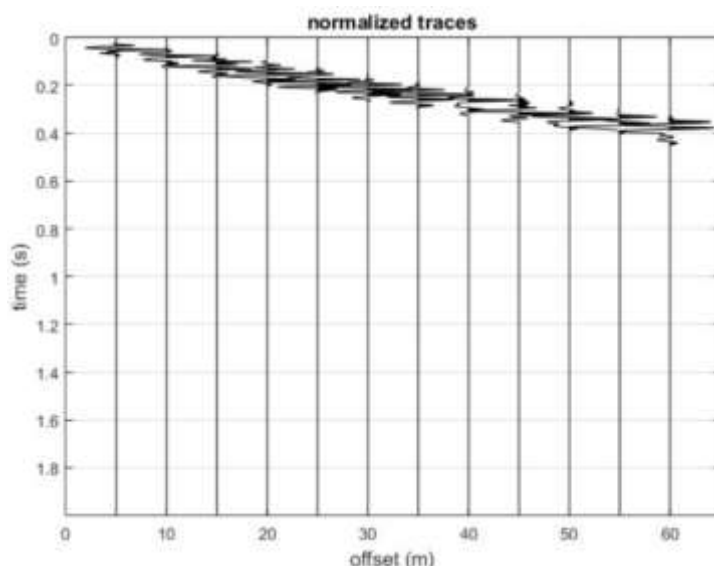


Figura 34: Sismogramma ZVF

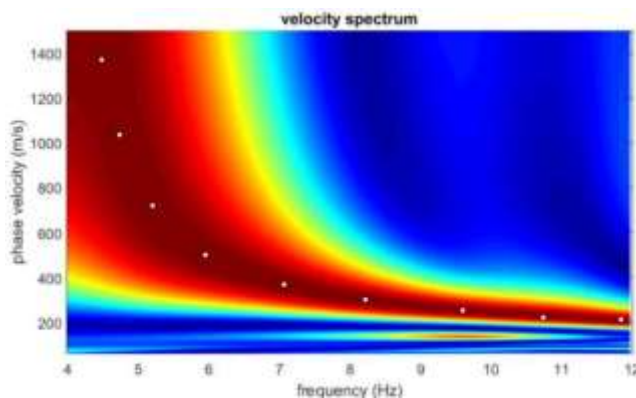


Figura 35: Spettro di velocità

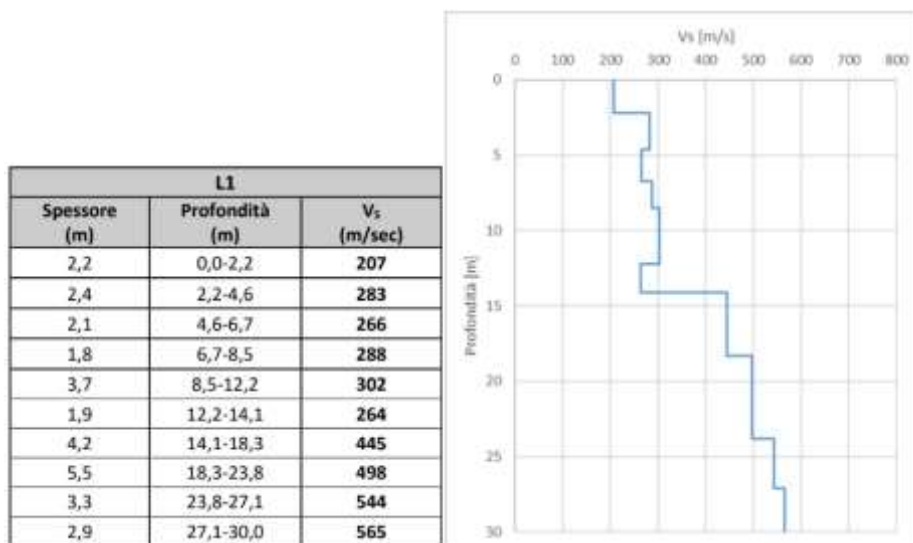


Figura 36: Tabella e diagramma delle velocità

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

Figura 37: Categorie di sottosuolo

Il sottosuolo è formato da un terreno di tipo C con categoria topografica T1.

Nel sondaggio di riferimento per il sito del potabilizzatore non è stata rinvenuta la falda ed essa non risulta quindi interferente con le opere strutturali e geotecniche in progetto.

## 2.6.2 Impianto di presa a lago

Il sottosuolo in esame è caratterizzato dalla presenza di sedimenti medio - grossolani (ghiaie e sabbie) con buone caratteristiche geotecniche, al di sotto di uno strato di terreni di riporto con spessore di circa 5 metri. La parametrizzazione geotecnica risulta la seguente:

n.	Interpretazione Litologica	N <sub>160</sub>	γ <sub>med</sub> KN/m <sup>3</sup>	Φ° <sub>med</sub> De Mello	Φ° <sub>med</sub> Wolff	COV	Φ° <sub>k</sub> De Mello	Φ° <sub>k</sub> Wolff	E <sub>med</sub> Sch kg/cm <sup>2</sup>	E <sub>25</sub> med Str kg/cm <sup>2</sup>	M med Mez kg/cm <sup>2</sup>
1	Riporto	12	17.2	26.9	30.6	8	23	27	-	-	-
2	Ghiaia con sabbia	21	19.4	29.2	33.2	6	27	31	342	139	375

Figura 38: Tabella dei parametri dei terreni

Al fine di ottenere i valori della Vs30 del sito oggetto di intervento è stata effettuata un'indagine sismica MASW, indicata in carta come L2, di cui si riporta i risultati.

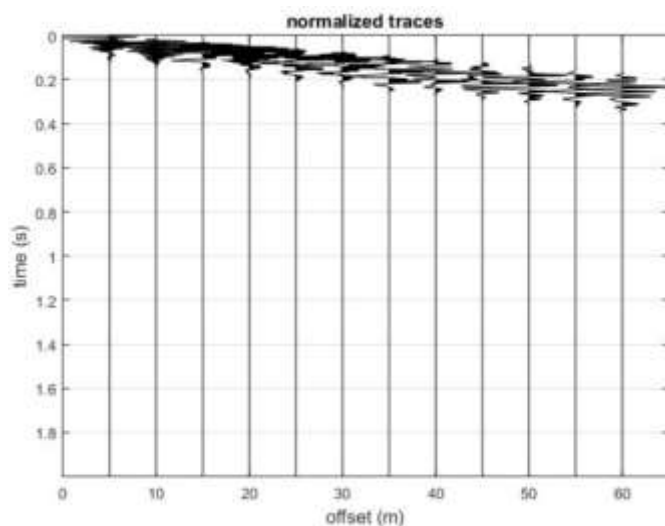


Figura 39: Sismogramma ZVF

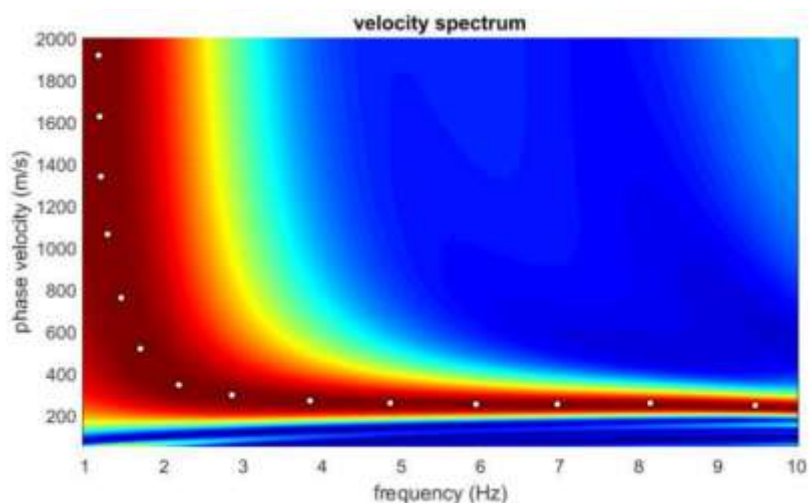


Figura 40: Spettro di velocità

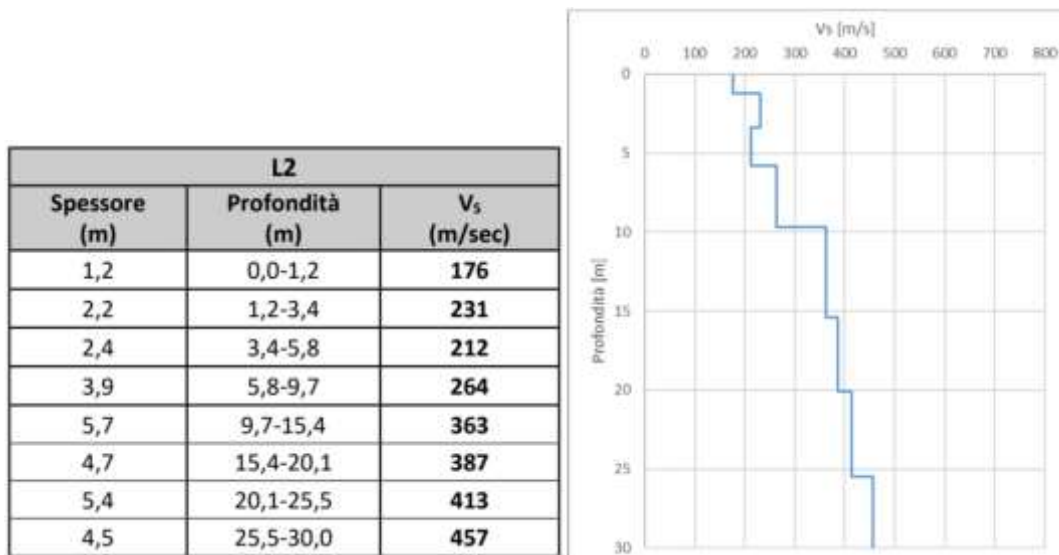


Figura 41: Tabella e diagramma delle velocità

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

Figura 42: Categorie di sottosuolo

Il sottosuolo è formato da un terreno di tipo C con categoria topografica T1.



### 3 Classificazione sismica

Le azioni sismiche di progetto sono definite come pericolosità sismica di base dal paragrafo 3.2 delle NTC 2018, e sono funzione della coordinata geografica del sito e dai parametri relativi a Vita Nominale VN e Classe d'Uso; gli spettri di risposta sono inoltre dipendenti dalle caratteristiche del terreno di fondazione, in questo caso di "Tipo C", e dalle condizioni topografiche, in questo caso relative alla situazione in categoria T1 con coefficiente di amplificazione topografica ST pari a 1.0.

#### Comune di Pallanza (VB):

Longitudine (WGS84) : 8.551974 ° Est  
 Latitudine (WGS84) : 45.926913 ° Nord  
 Vita nominale :  $V_N \geq 50$  anni

Classe d'uso : IV ( $C_u = 2$ )  
 Vita di riferimento :  $V_R \geq 100$  anni

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	60	0.022	2.550	0.185
SLD	101	0.02698	2.5980	0.2093
SLV	949	0.05212	2.7332	0.3015
SLC	1950	0.061	2.829	0.317

## 4 Dimensionamento opere di sostegno

All'interno del progetto sono previste le seguenti opere di sostegno e provvisoria:

- **SITO PRESA LAGO:** sul perimetro dell'impianto di sollevamento, da una profondità di scavo di -1.50 da p.c. è prevista la realizzazione di diaframmi di spessore 80 cm e lunghezza 16 m, per il sostegno dello scavo di altezza complessiva 10.35 m; all'interno dei diaframmi verrà realizzato un tappo di fondo in jet grouting di spessore 4 m. I diaframmi in questo caso sono opere definitive e quindi progettati anche per l'azione sismica e verificati a fessurazione.
- **SITO POTABILIZZATORE:** su tutto il perimetro dell'impianto è prevista la realizzazione di diaframmi di spessore 60 cm e lunghezza 12 m, per il sostegno dello scavo di altezza 5.10 m necessario alla realizzazione delle opere del nuovo impianto di potabilizzazione. I diaframmi in questo caso sono opere provvisoria e quindi non progettate per l'azione sismica e non verificate per la fessurazione.

### 4.1 Diaframmi sito presa a lago

Per il dimensionamento dei diaframmi da realizzarsi presso il sito dell'impianto di potabilizzazione stato predisposto un modello bidimensionale con il software Paratie Plus, che consente di effettuare un'analisi non lineare contemplando le effettive fasi di realizzazione dell'opera.

I diaframmi in questione sono di spessore 80 cm e sono armati con barre longitudinali n.9 $\phi$ 24/m e staffe  $\phi$ 12/15 con n.4 bracci al metro di profondità. Il copriferro è previsto di 50 mm. L'armatura è stata dimensionata nelle condizioni

I diaframmi sono stati dimensionati per sopportare tutti i carichi a cui sono sottoposti, sia in fase di scavo che di esercizio dell'opera. Essi sono opere da considerarsi definitive e quindi risultano sottoposti ai seguenti carichi:

- **Fase di scavo:** spinte delle terre e dell'acqua di falda (posta in condizioni ordinarie a -4.65 m da p.c.), sovraccarichi variabili a tergo dell'opera per passaggio mezzi d'opera (20 kPa). Sugli elementi del lato posteriore è stata applicata la spinta dei martinetti per l'installazione della tubazione con tecnologia del microtunnelling (assunte cautelativamente 600 ton ripartita per mezzo di piastre su una superficie pari a  $B=5 \times H=3$  m per una pressione di 400 kPa). In questa fase viene considerato come vincolo di testa una trave cordolo di sezione  $B=110 \times H=140$
- **Fase di esercizio:** spinte delle terre e dell'acqua di falda (posta in condizioni di livello massimo eccezionale a -0.50 m da p.c.), sovraccarichi variabili a tergo dell'opera per passaggio mezzi d'opera (20 kPa). Anche in questa fase viene considerato come vincolo di testa una trave cordolo di sezione  $B=110 \times H=140$  e in fase finale la soletta di copertura

Sarà onere del progettista dei diaframmi in fase esecutiva, riverificare gli elementi soggetti alla spinta del microtunnelling, in funzione delle reali condizioni di applicazione del carico e delle spinte effettive date dai martinetti.

Nel presente paragrafo vengono riportati i risultati del calcolo, in termini di deformazioni, sollecitazioni, e verifiche di sicurezza GEO e STR.

#### 4.1.1 FASE DI SCAVO

##### 4.1.1.1 Modello di calcolo

Per la fase di scavo sono stati approntati due modelli di calcolo, uno per i diaframmi sul lato usato da contrasto per la spinta del microtunnelling, ed uno per le altre tre pareti. Nelle immagini seguenti, tratte dal modello di calcolo elaborato con il software Paratie Plus 23, vengono rappresentate le fasi di scavo e realizzazioni (stage) del diaframma in fase provvisoria.

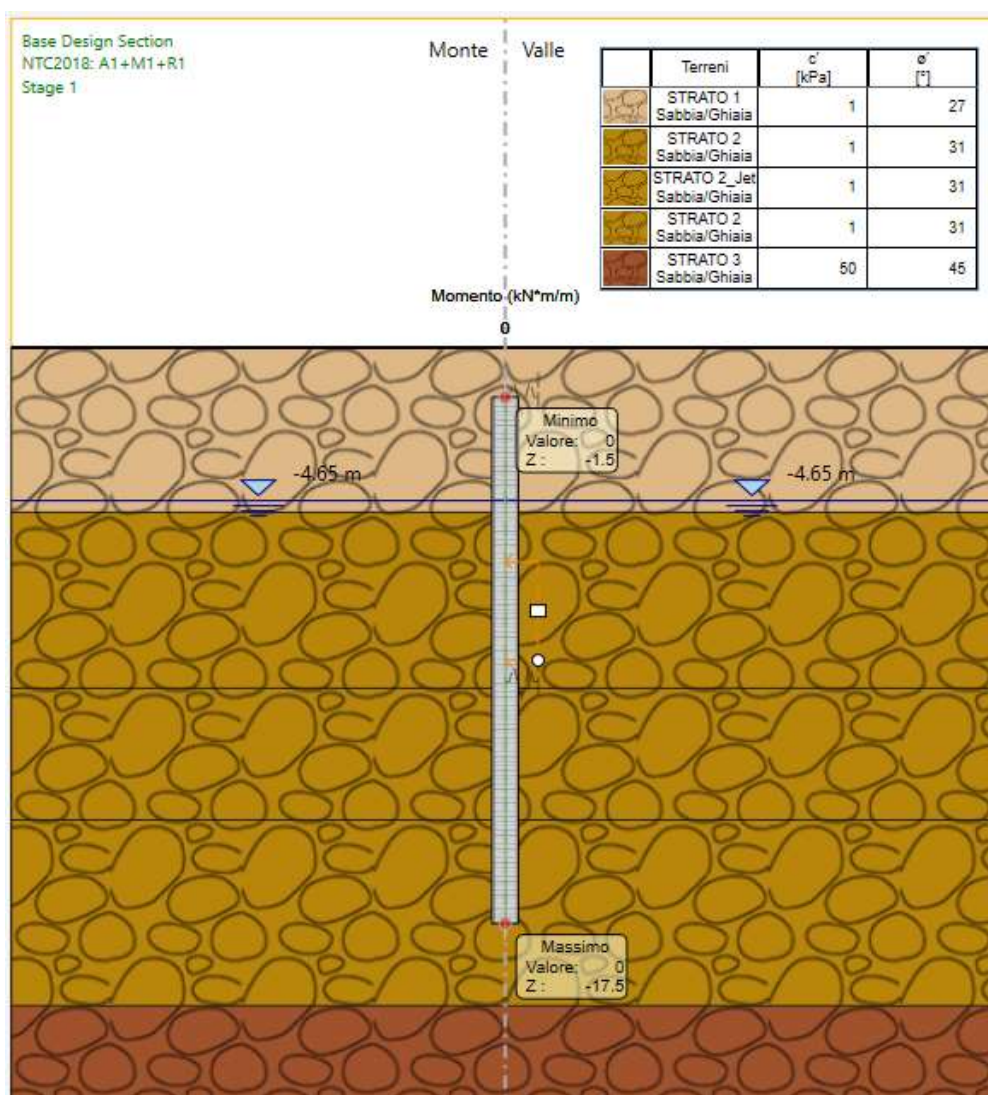


Figura 43: Modello di calcolo Paratie Plus Diaframmi Presa Lago  
FASE SCAVO – STAGE 1 (realizzazione diaframma)

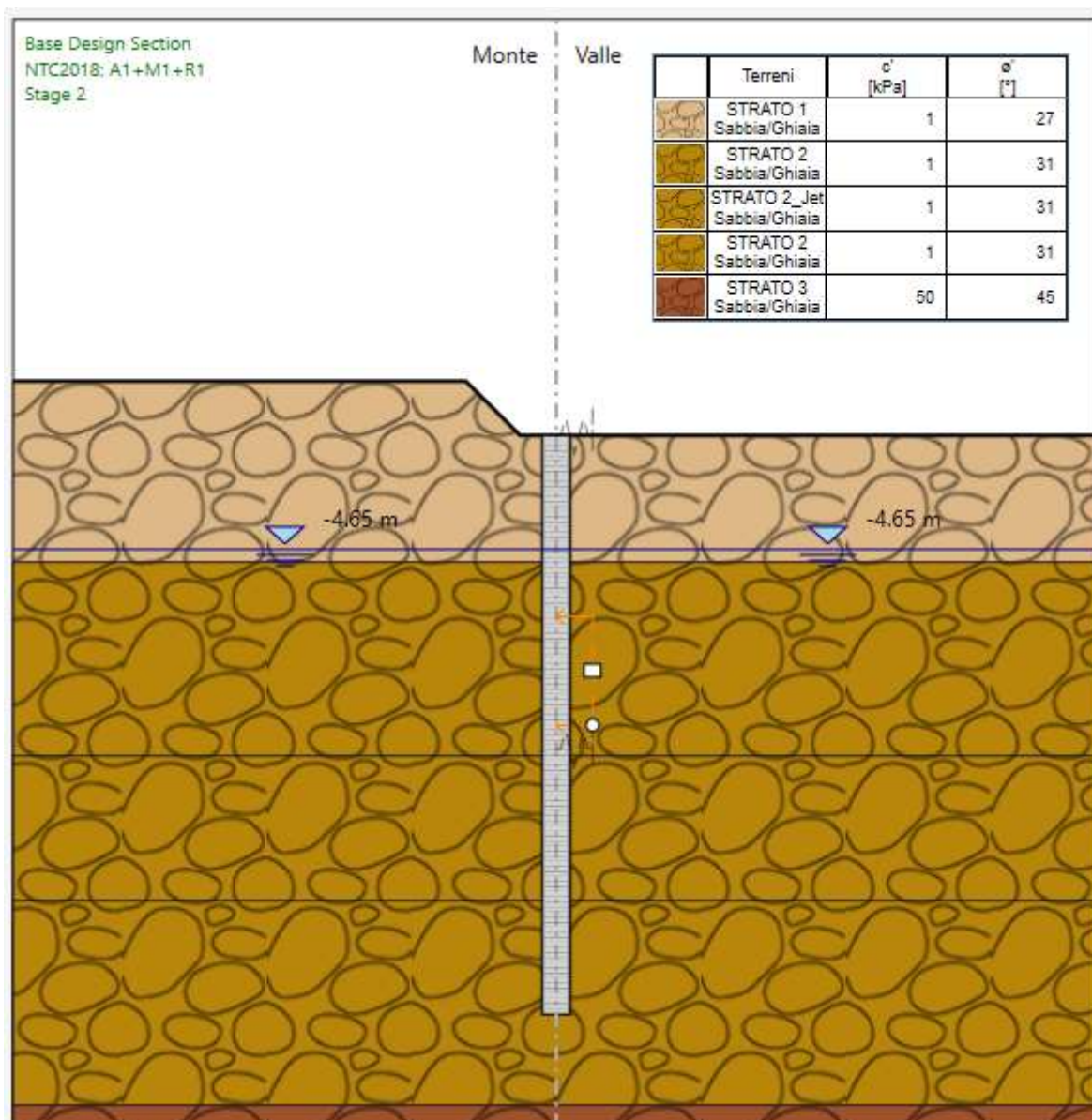


Figura 43: Modello di calcolo Paratie Plus Diaframmi Presa Lago  
FASE SCAVO – STAGE 2 (Scavo fino a quota -1.50)



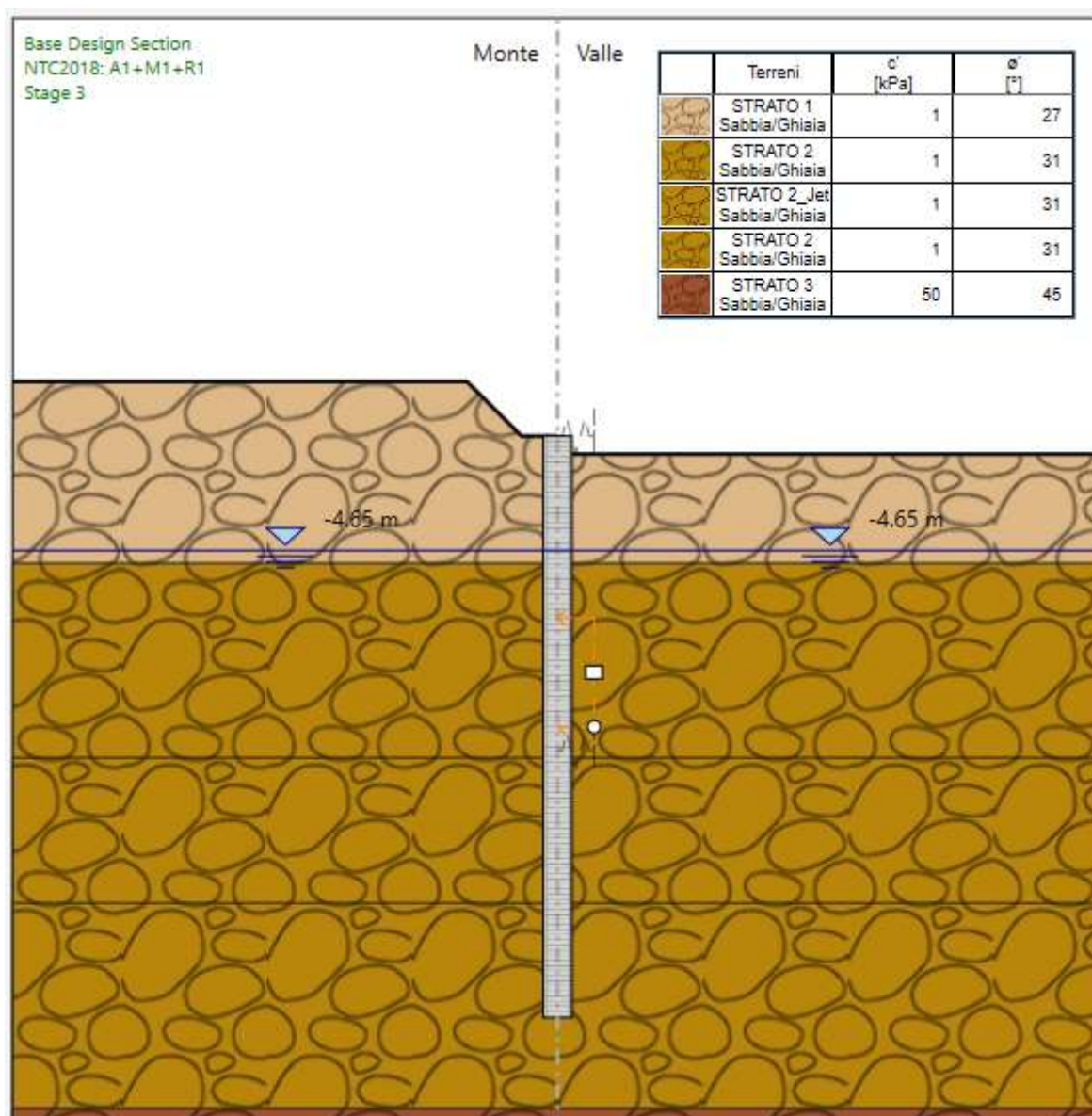


Figura 43: Modello di calcolo Paratie Plus Diaframmi Presa Lago  
FASE SCAVO – STAGE 3 (Scavo fino a quota -2.00)

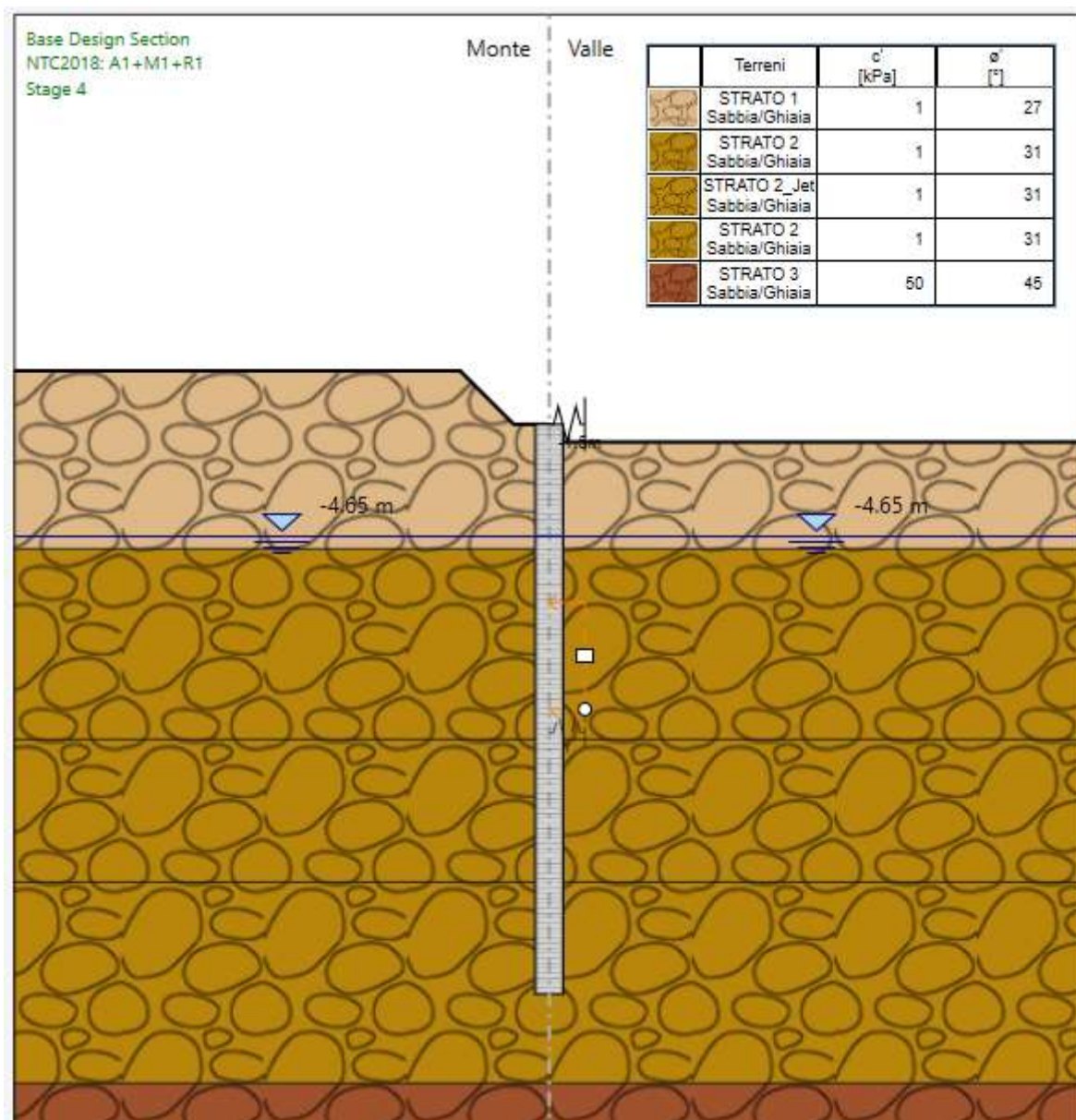


Figura 43: Modello di calcolo Paratie Plus Diaframmi Presa Lago  
FASE SCAVO - STAGE 4 (Realizzazione del cordolo di testa perimetrale)

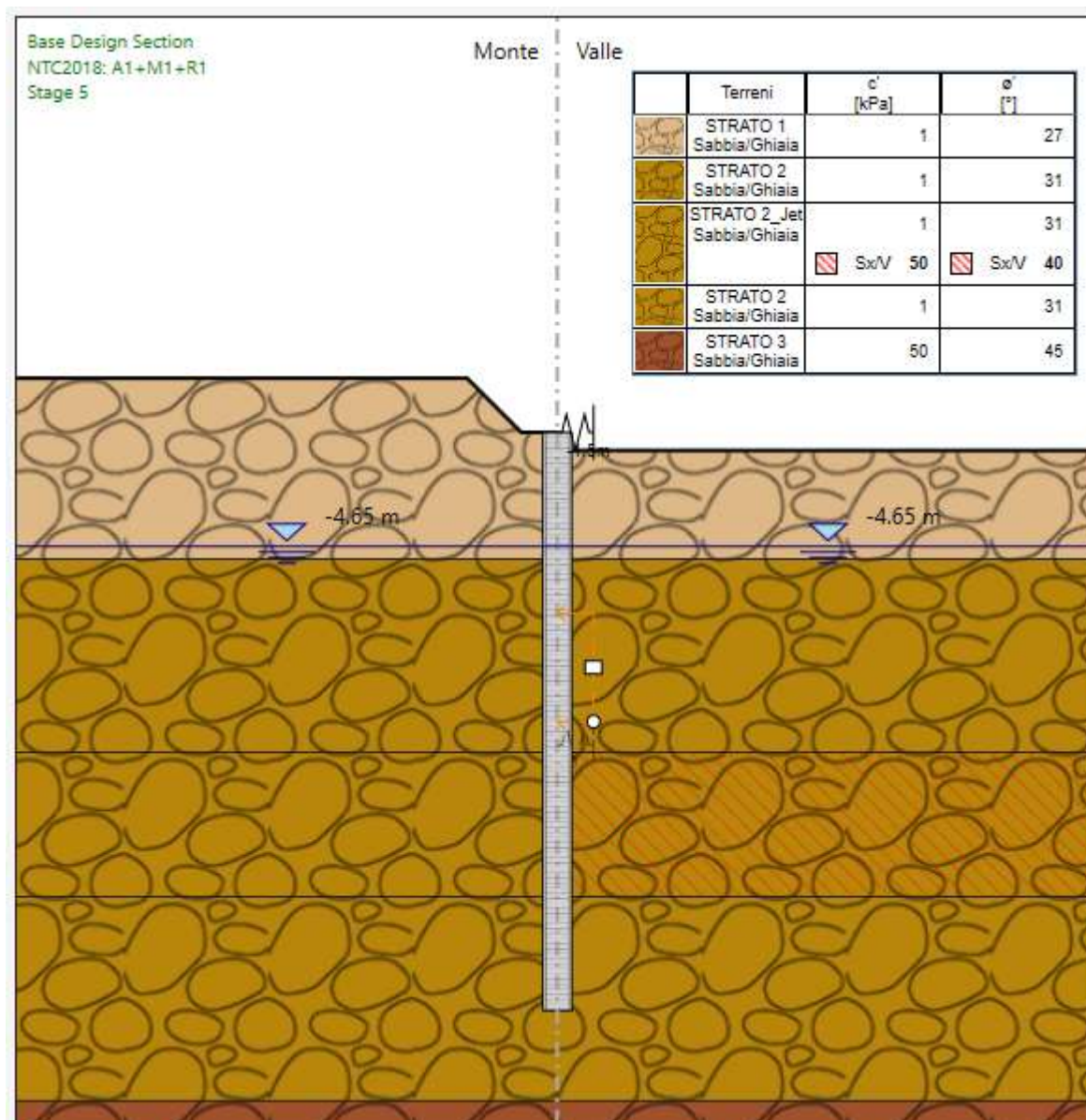


Figura 43: Modello di calcolo Paratie Plus Diaframmi Presa Lago  
FASE SCAVO – STAGE 5 (Realizzazione del tappo di fondo in Jet Grouting)



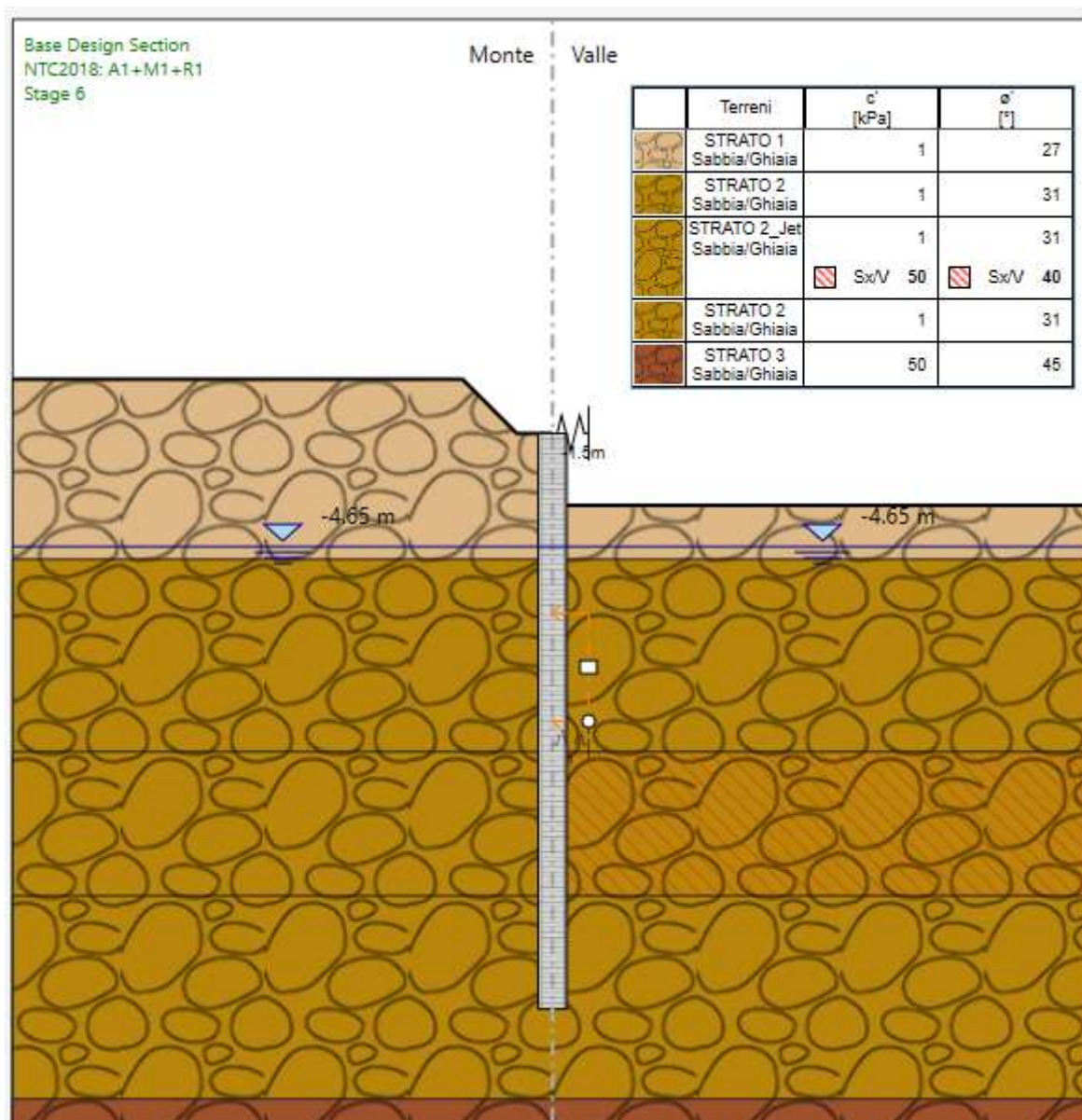


Figura 43: Modello di calcolo Paratie Plus Diaframmi Presa Lago  
FASE SCAVO – STAGE 6 (scavo fino a quota -3.00 da p.c.)



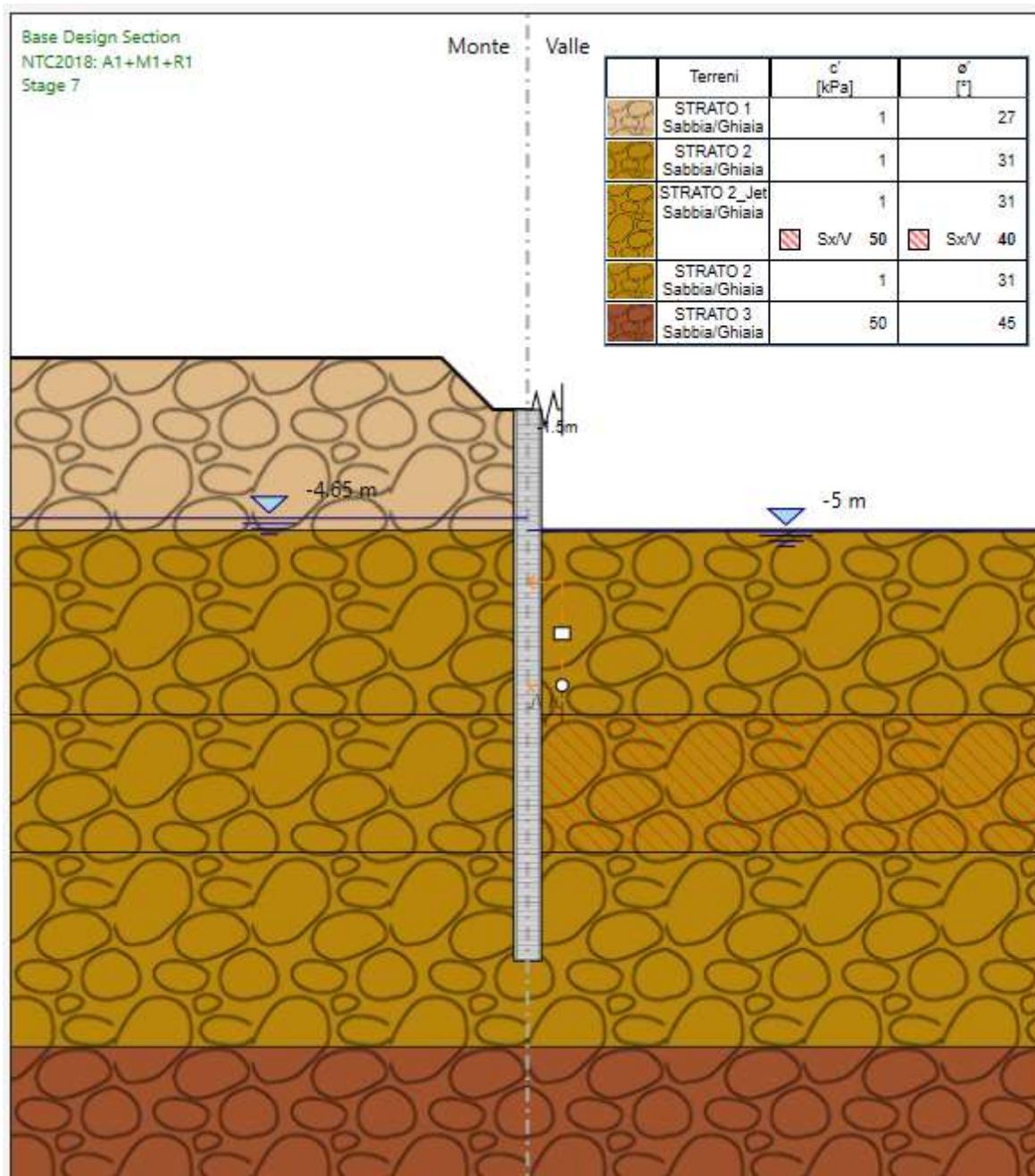


Figura 43: Modello di calcolo Paratie Plus Diaframmi Presa Lago  
FASE SCAVO – STAGE 7 (scavo fino a quota -5.00 da p.c.)

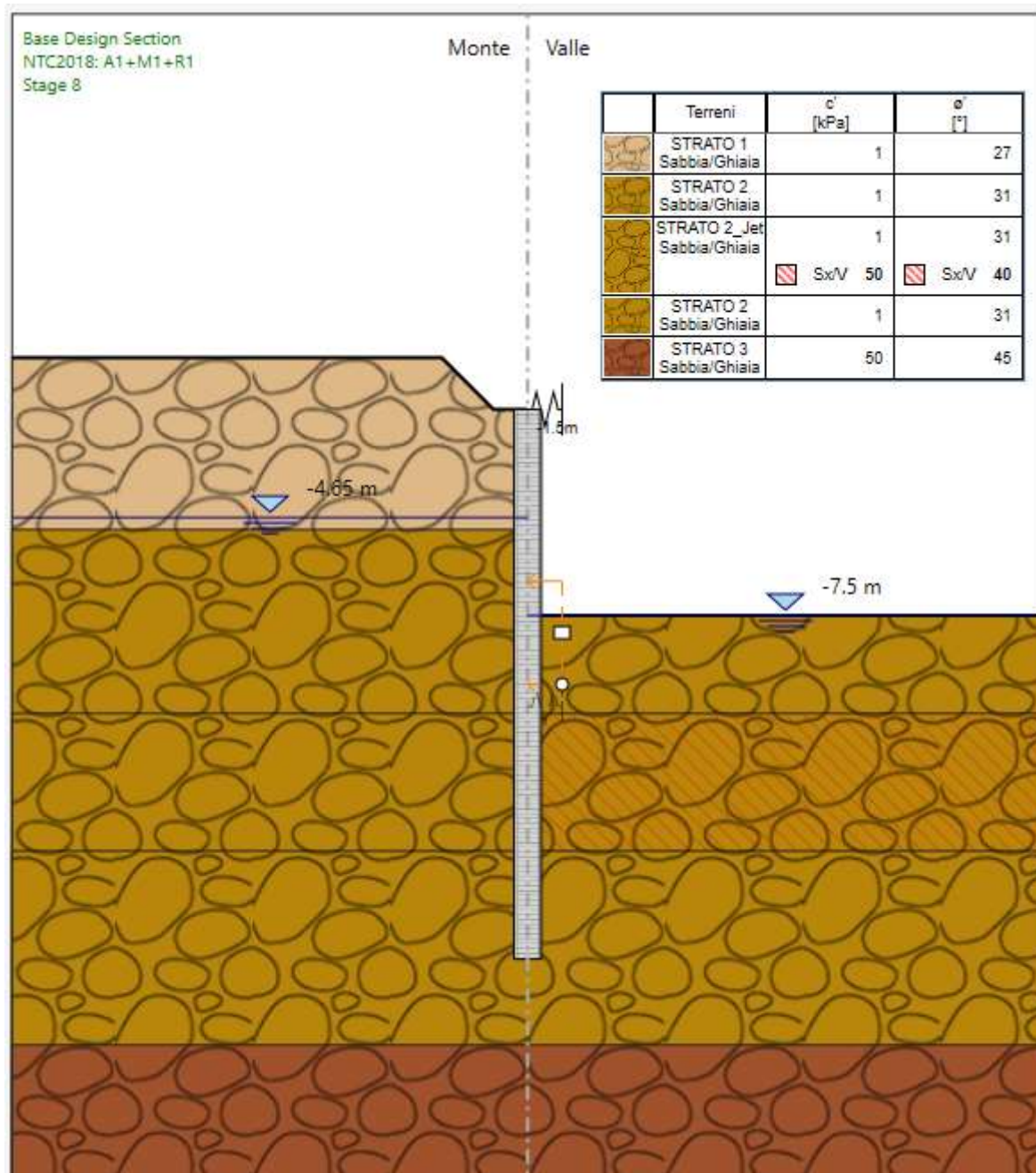


Figura 43: Modello di calcolo Paratie Plus Diaframmi Presa Lago  
FASE SCAVO – STAGE 8 (scavo fino a quota -7.50 da p.c.)



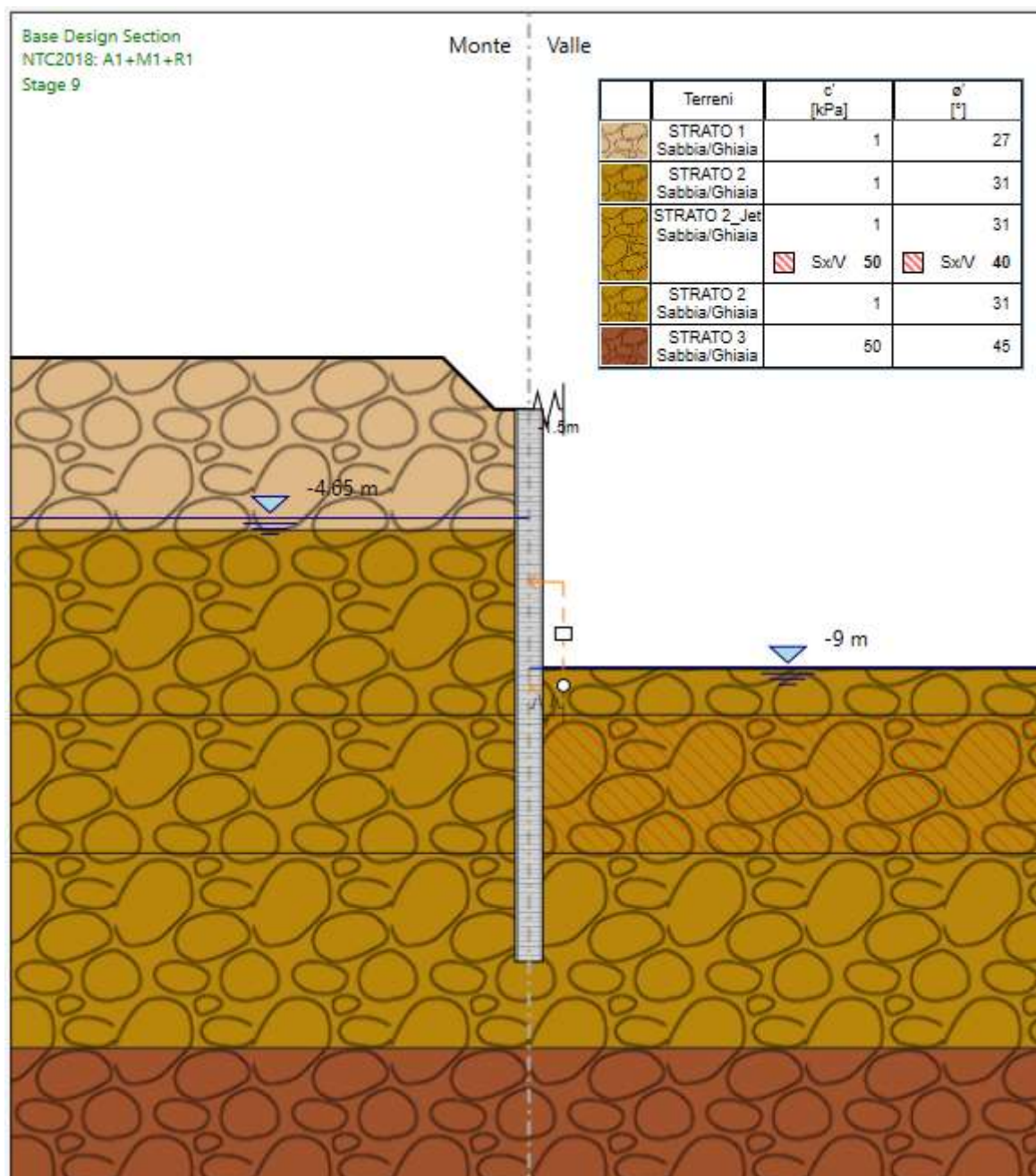


Figura 43: Modello di calcolo Paratie Plus Diaframmi Presa Lago  
FASE SCAVO – STAGE 9 (scavo fino a quota -9.00 da p.c.)

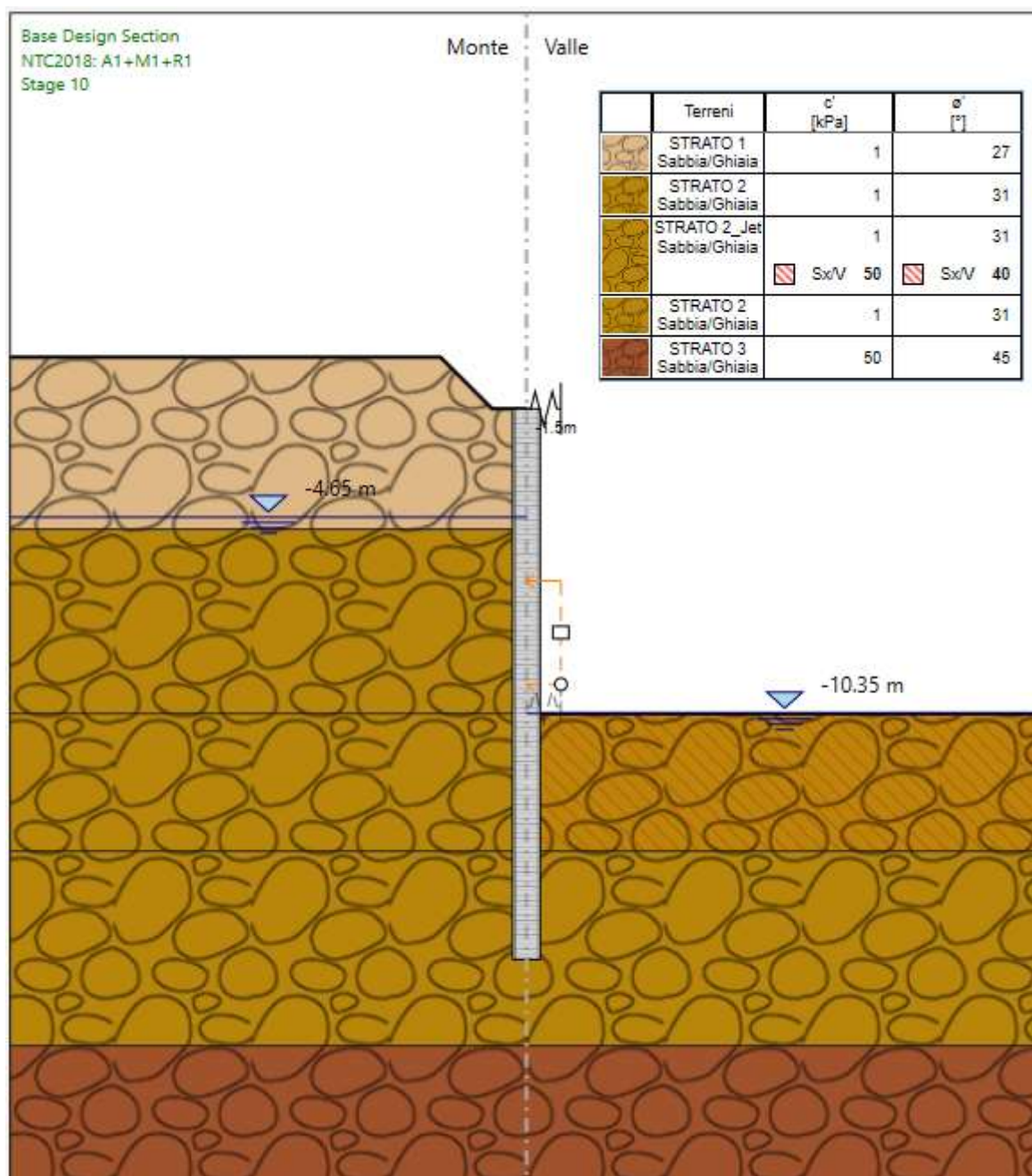


Figura 43: Modello di calcolo Paratie Plus Diaframmi Presa Lago  
FASE SCAVO – STAGE 10 (scavo fino a quota -10.35 da p.c. pari all'estradosso del tappo)



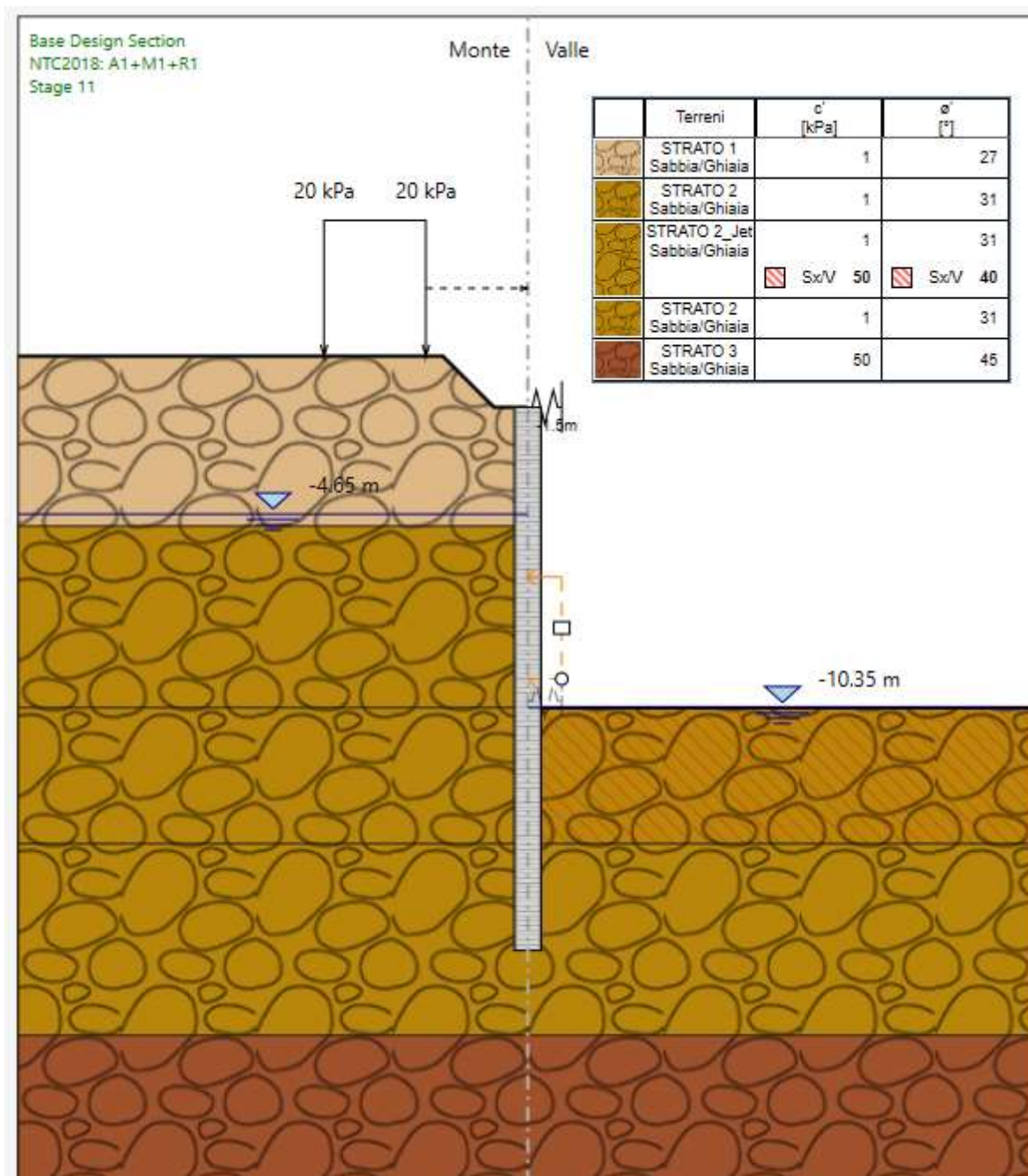


Figura 43: Modello di calcolo Paratie Plus Diaframmi Presa Lago  
FASE SCAVO - STAGE 11 (inserimento carico variabile mezzi d'opera a tergo dell'opera)

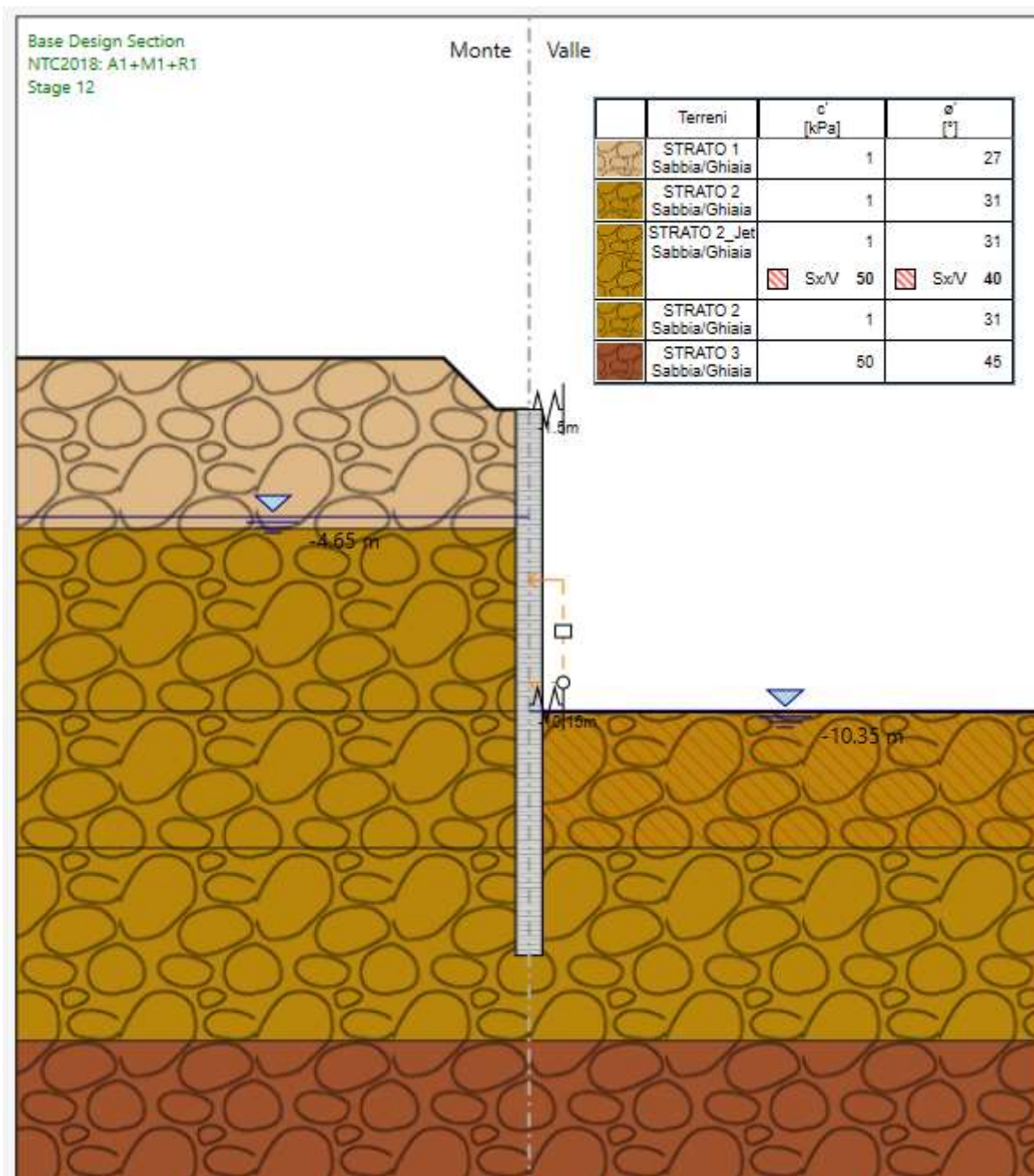


Figura 43: Modello di calcolo Paratie Plus Diaframmi Presa Lago FASE SCAVO  
STAGE 12 – MODELLO CON MICROTUNNELLING (inserimento vincolo platea di base)

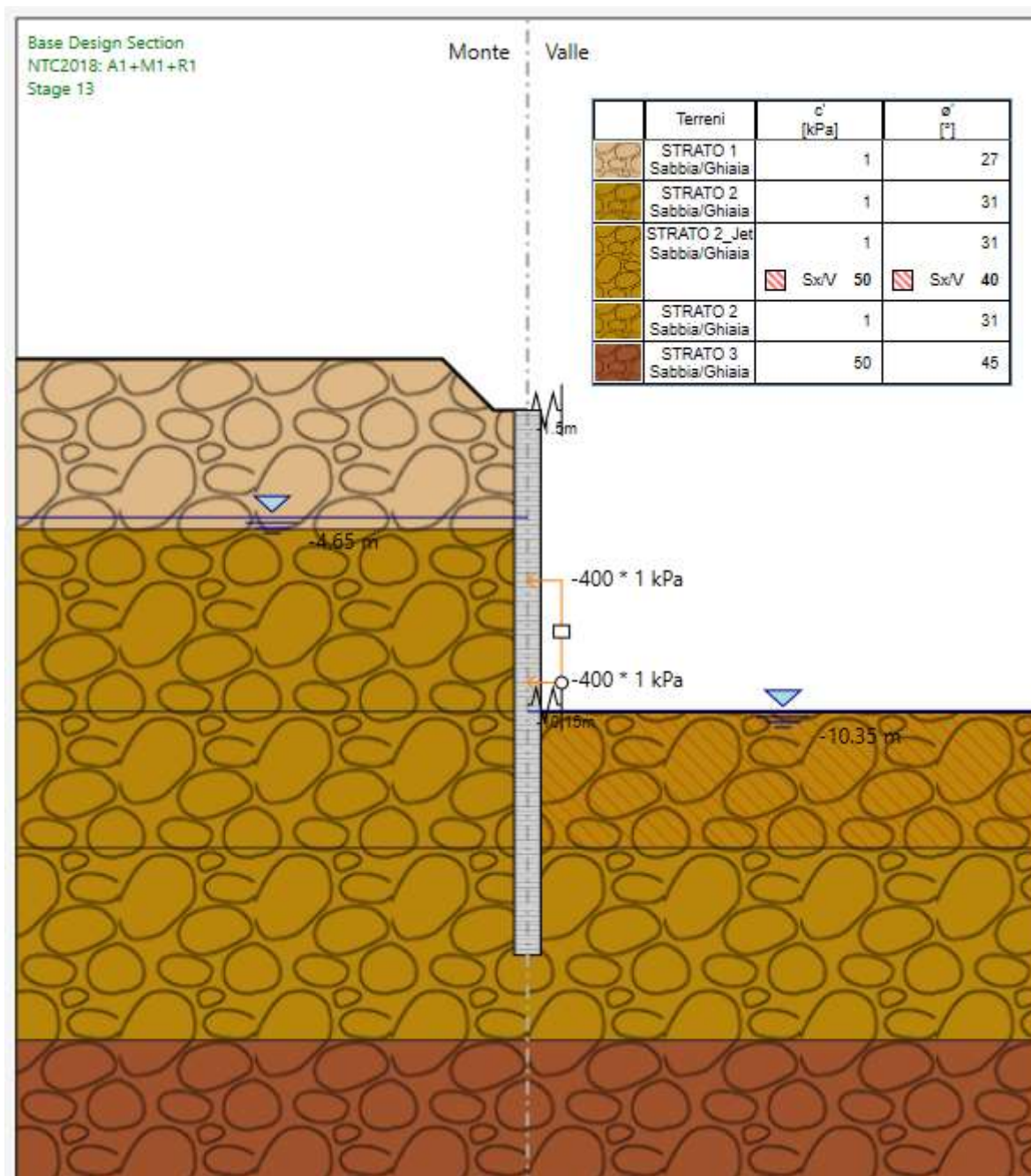


Figura 43: Modello di calcolo Paratie Plus Diaframmi Presa Lago FASE SCAVO  
STAGE 13 – MODELLO CON MICROTUNNELLING (inserimento carico distribuito spinta microtunnelling)



#### 4.1.1.2 Deformazioni

Nel presente paragrafo viene riportata una rappresentazione grafica delle deformazioni previste a SLE nella parte sommitale del diaframma, ottenuta dall'elaborazione eseguita con il software Paratie Plus 23.

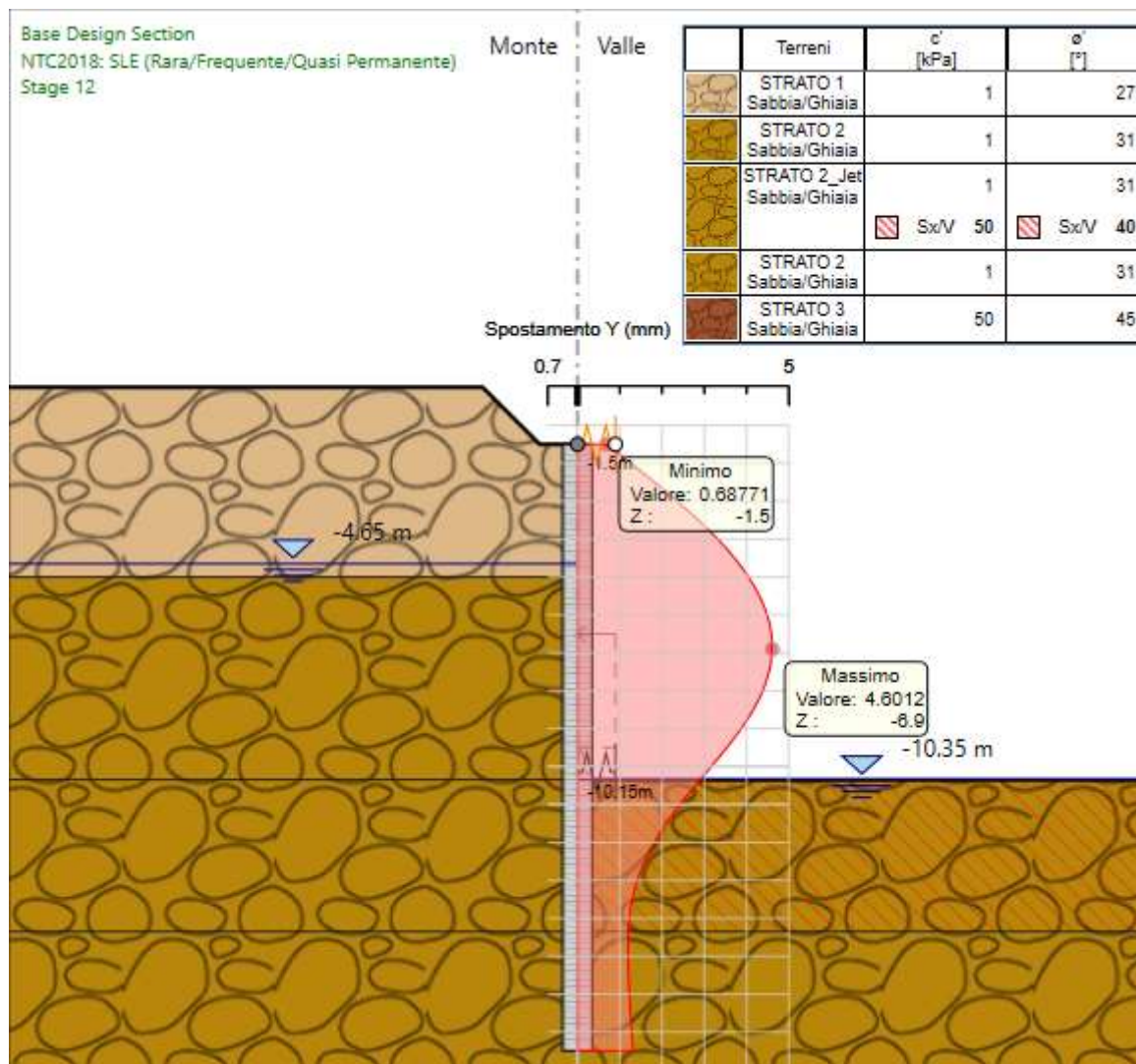


Figura 44: Deformazioni senza spinta Microtunneling - Diaframmi Presa Lago FASE SCAVO



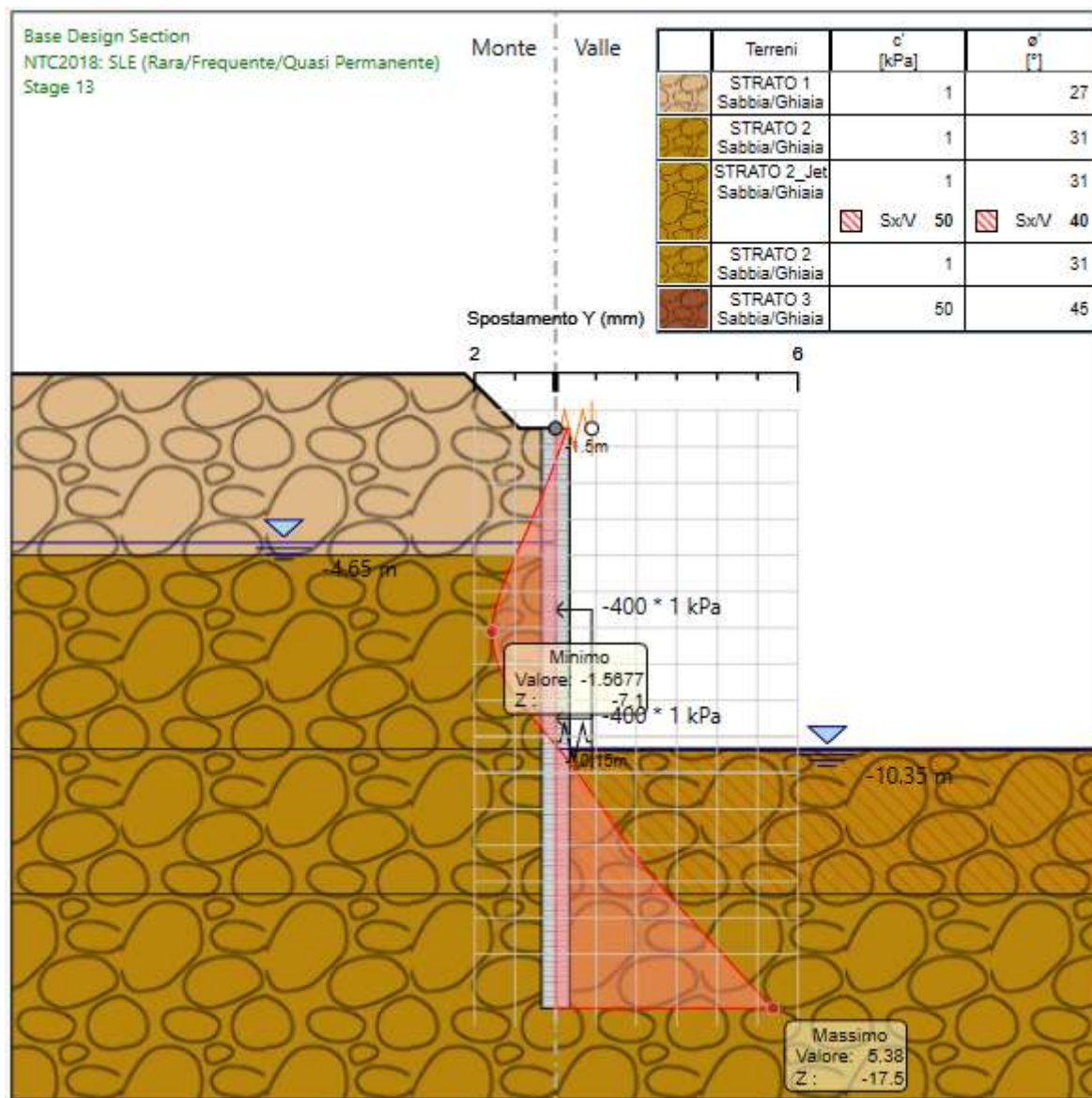


Figura 44: Deformazioni senza spinta Microtunneling - Diaframmi Presa Lago FASE SCAVO

#### 4.1.1.3 Spinte

Di seguito si riporta una rappresentazione grafica degli andamenti delle spinte e delle spinte globali ottenute dal calcolo eseguito con il software Paratie Plus 23.

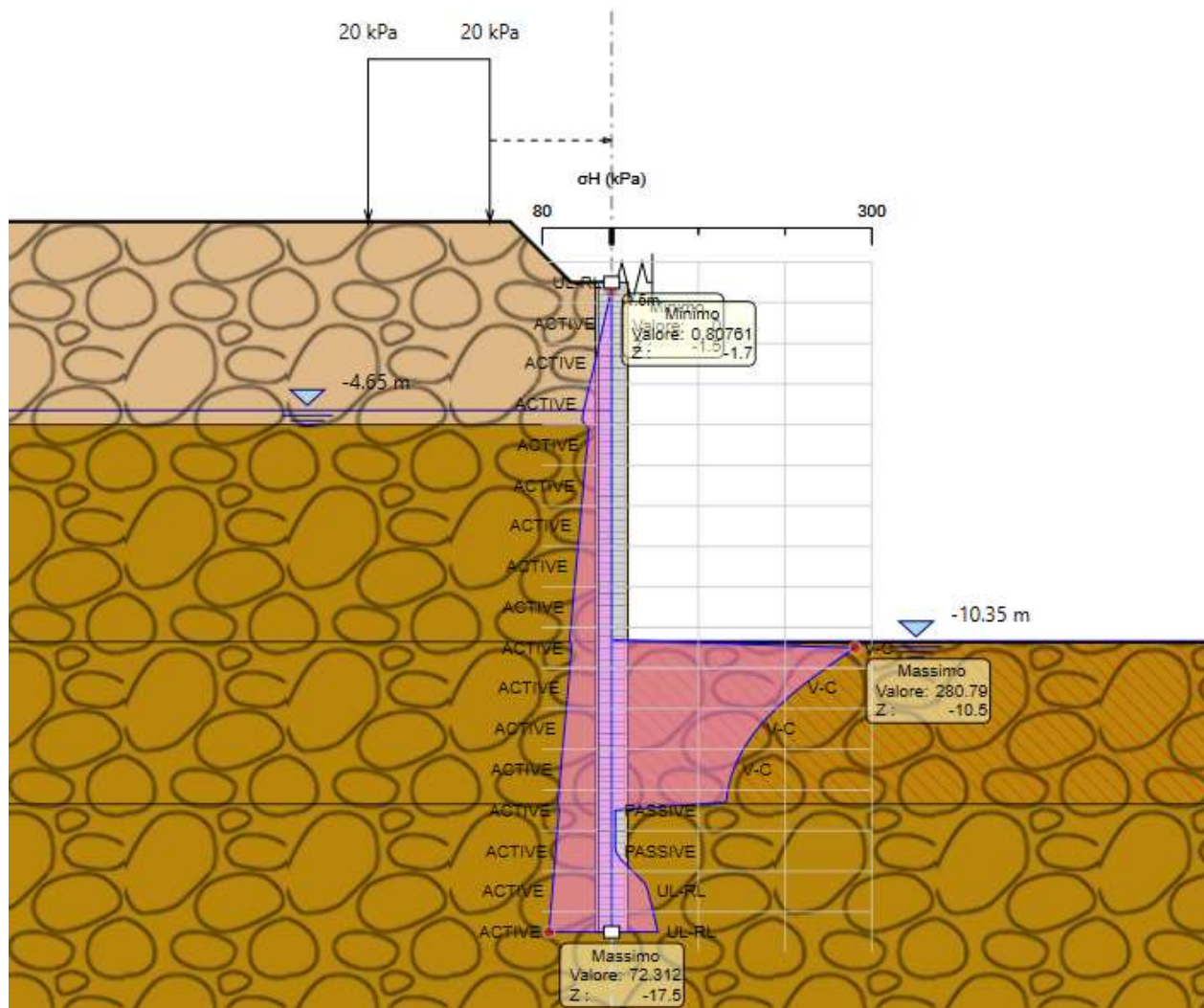


Figura 45: diagrammi di spinta delle terre - Diaframmi Presa Lago senza Microtunneling

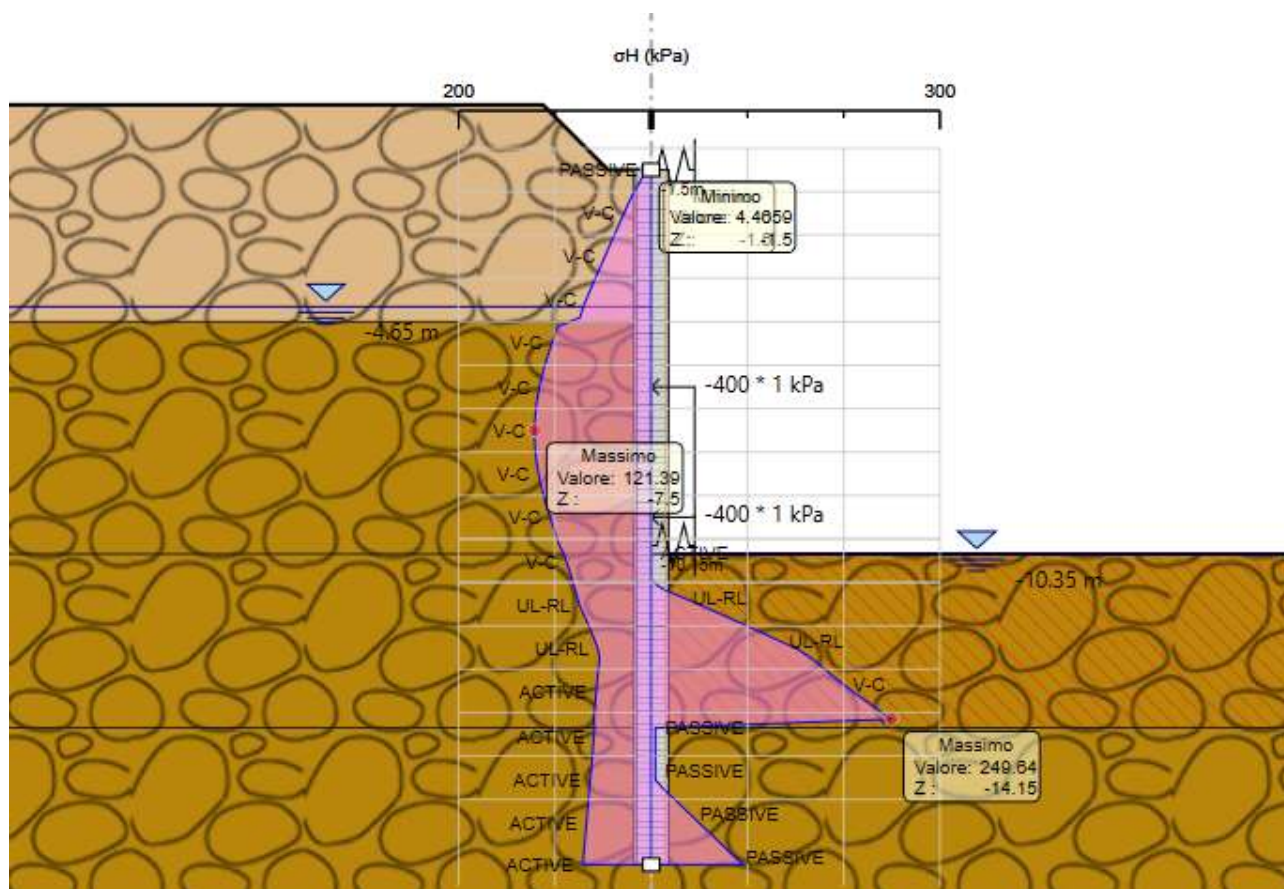


Figura 45: diagrammi di spinta delle terre - Diaframmi Presa Lago con Microtunneling



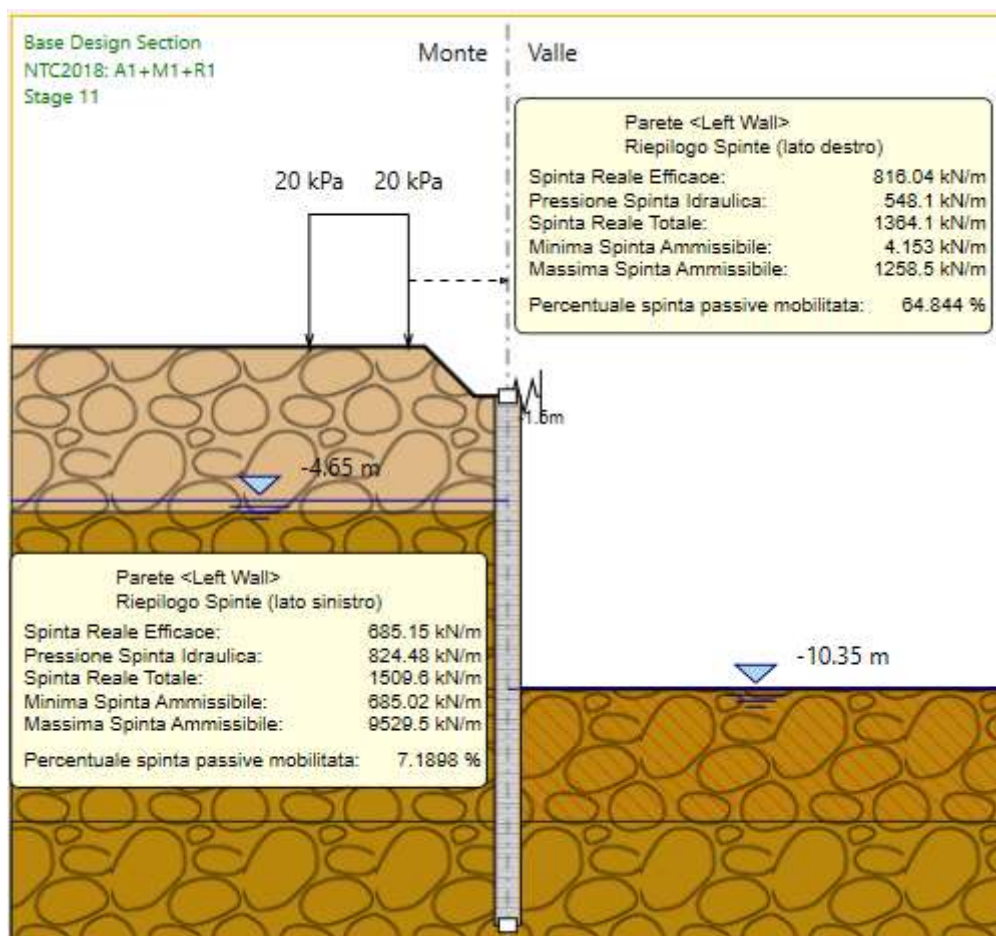


Figura 46: Riepilogo spinte A1+M1+R1- Diaframmi Presa Lago senza Microtunneling



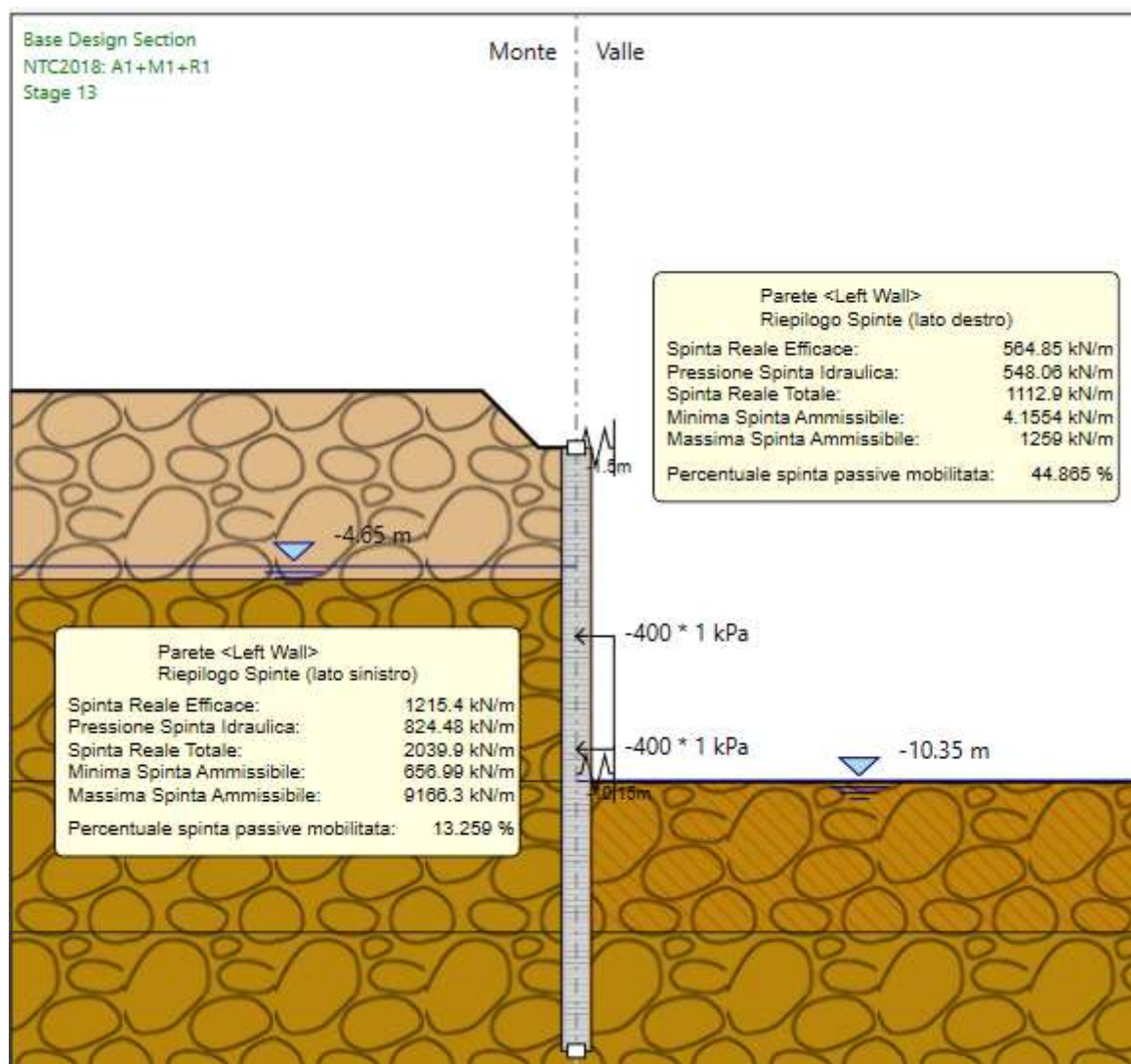


Figura 46: Riepilogo spinte A1+M1+R1- Diaframmi Presa Lago con Microtunneling

#### 4.1.1.4 Sollecitazioni

Di seguito si riportano le sollecitazioni ottenute dal calcolo eseguito con il software Paratie Plus 23.

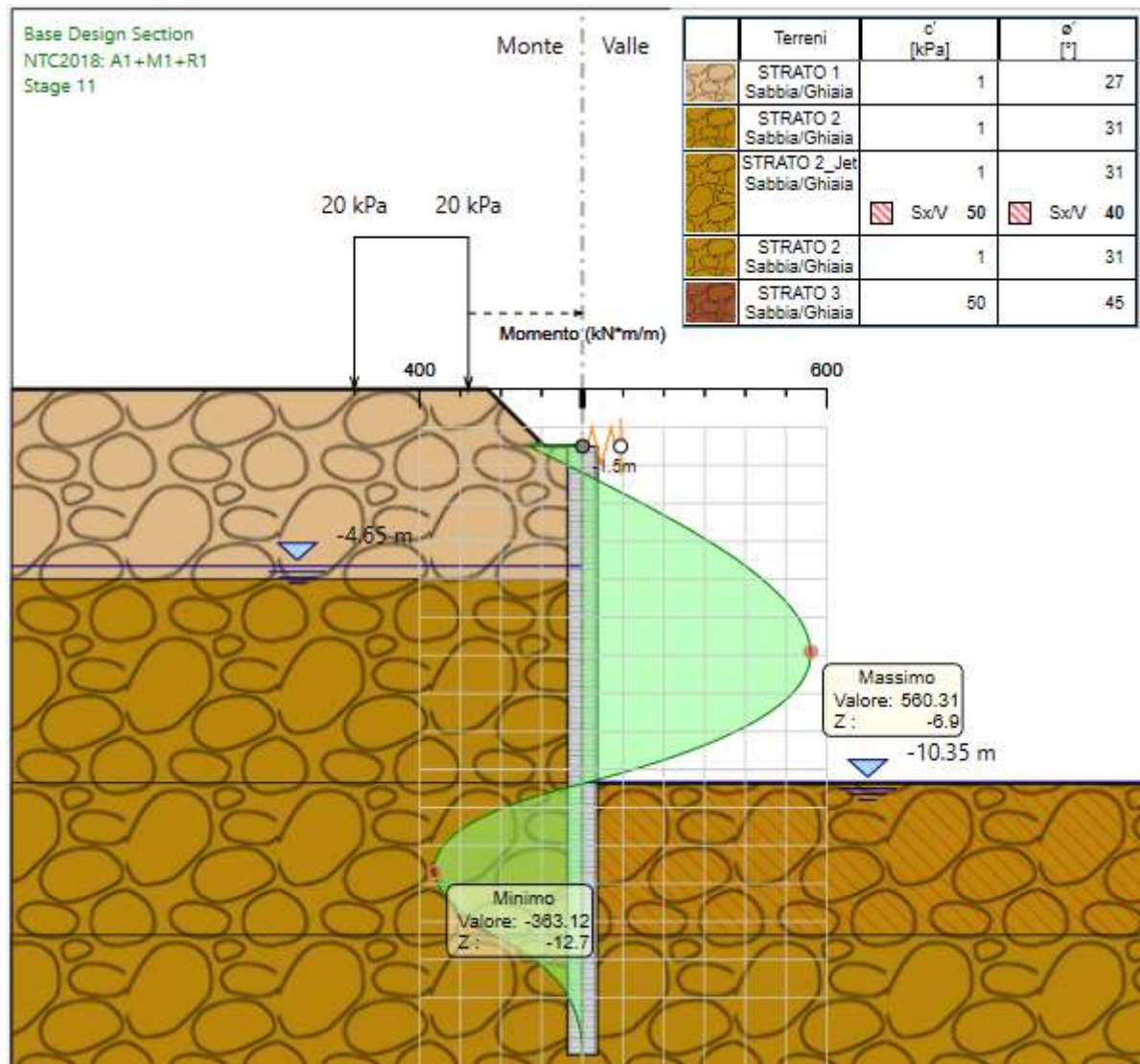


Figura 48: Momento flettente A1+M1+R1 - Diaframmi Presa Lago senza spinta microtunneling

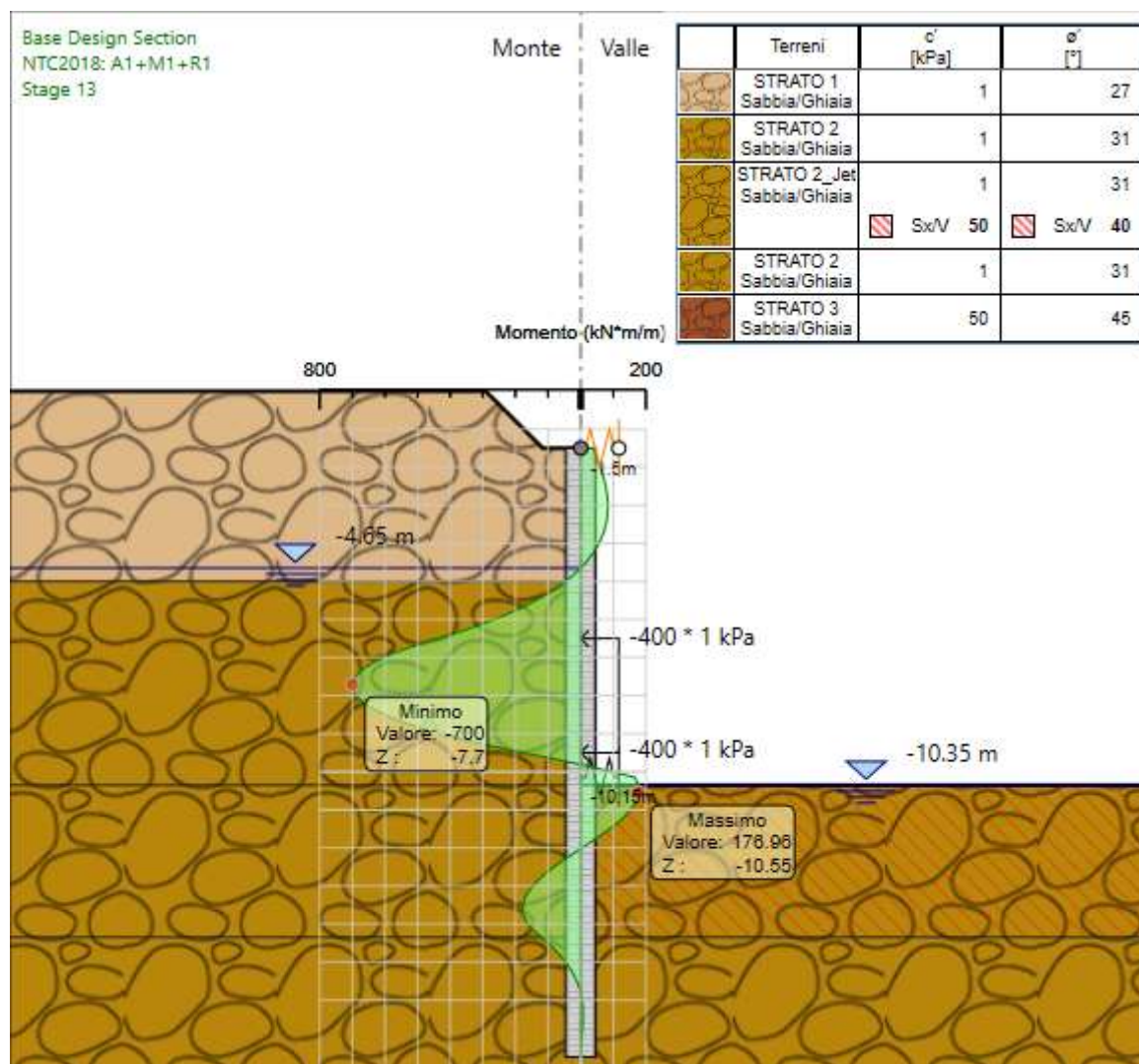


Figura 48: Momento flettente A1+M1+R1 - Diaframmi Presa Lago con spinta microtunneling



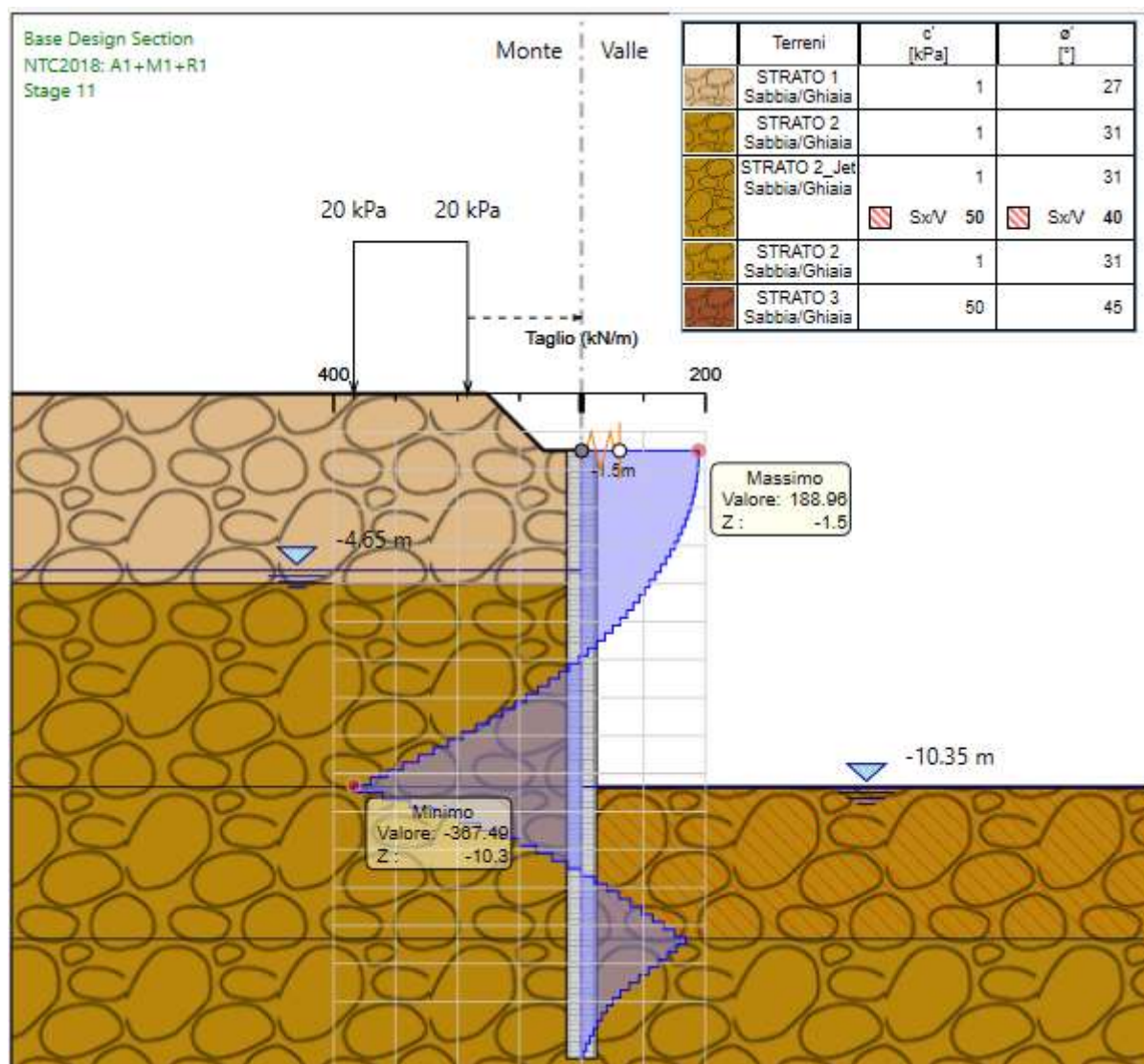


Figura 49: Sollecitazione tagliante A1+M1+R1- Diaframmi Presa Lago senza spinta microtunneling



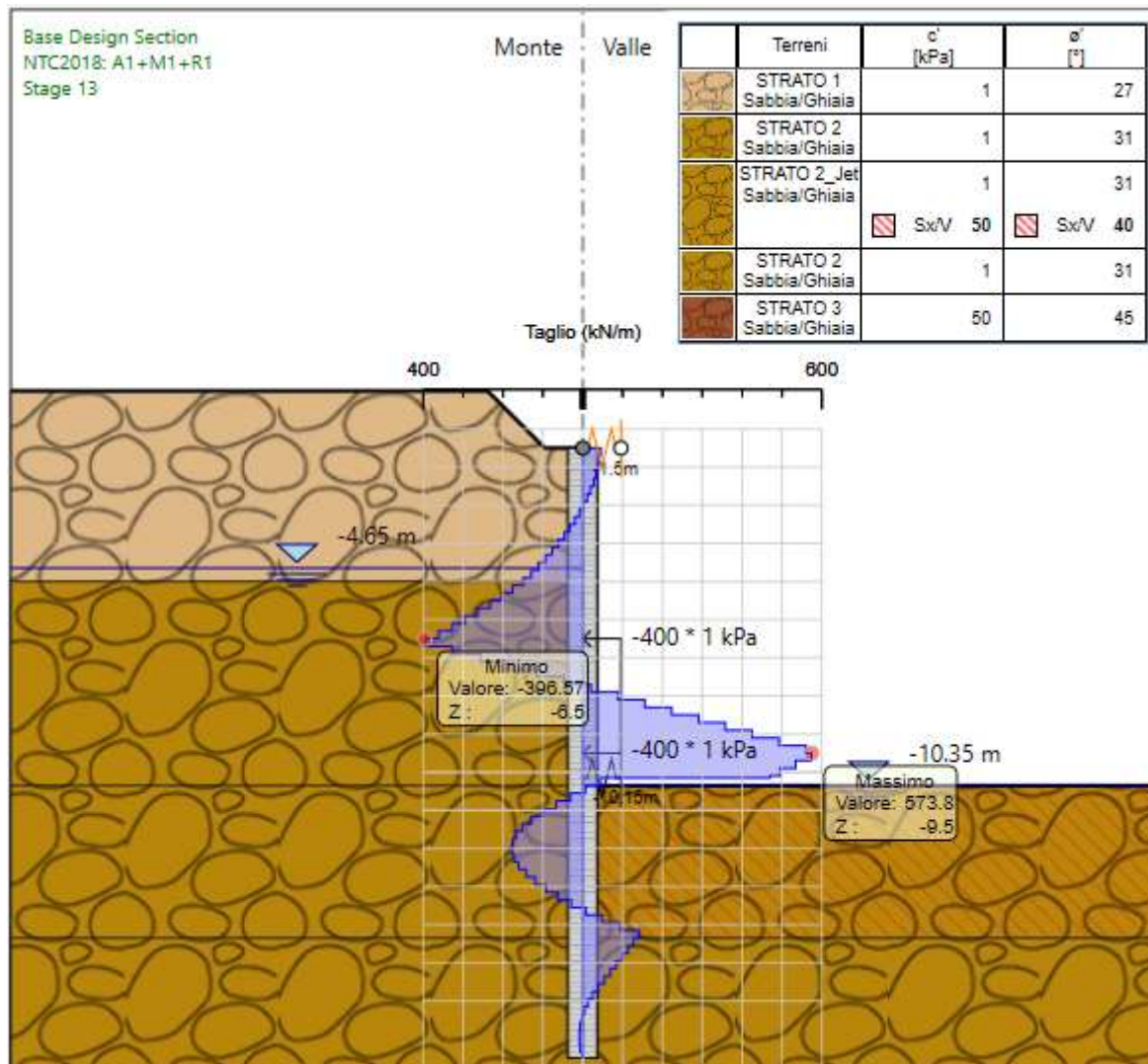


Figura 49: Sollecitazione tagliante A1+M1+R1- Diaframmi Presa Lago con spinta microtunneling

#### 4.1.1.5 Verifiche geotecniche e strutturali diaframmi senza spinta microtunnelling

DESIGN SECTION <Base Design Section>

Summary will be issued for the following Design assumptions

<Nominal>	TYPE: <n.a>
<NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)>	TYPE: <SERVICE>
<NTC2018: A1+M1+R1>	TYPE: <ULTIMATE>
<NTC2018: A1+M1+R3>	TYPE: <ULTIMATE>
<NTC2018: A2+M2+R1>	TYPE: <ULTIMATE>
<NTC2018: A2+M2+R2>	TYPE: <ULTIMATE>

Riepilogo per la DA <Nominal>

Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati

Min. spostamento laterale [mm] 0 Z = -17.5 m D.A. Nominal (Stage 2)

Max. spostamento laterale [mm]	4.61	Z = -6.9 m	D.A. Nominal (Stage 11)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.11		D.A. Nominal (Stage 1)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.65		D.A. Nominal (Stage 11)

**Risultati Elementi parete (Beam)**

WallElement	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	428.57	Z = -6.9 m	D.A. Nominal (Stage 11)
	Max. taglio [kN/m]	281.42	Z = -10.5 m	D.A. Nominal (Stage 11)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring	Max. forza (ass.) [kN/m]	144.49	D.A. Nominal (Stage 11)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	100.54	D.A. Nominal (Stage 11)

**Riepilogo per la DA <NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)>**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Min. spostamento laterale [mm]	0	Z = -17.5 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 2)
Max. spostamento laterale [mm]	4.61	Z = -6.9 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 11)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.11		D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 1)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.65		D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 11)

**Risultati Elementi parete (Beam)**

WallElement	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	428.57	Z = -6.9 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 11)
	Max. taglio [kN/m]	281.42	Z = -10.5 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 11)
Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0	Z = -16.5 m		D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 11)
Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0	Z = -16.5 m		D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 11)
SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0.56	Z = -6.9 m		D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 11)
SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0.437	Z = -6.9 m		D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 11)
Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0.221	Z = -6.9 m		D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 11)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring	Max. forza (ass.) [kN/m]	144.49	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 11)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	100.54	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 11)

**Riepilogo per la DA <NTC2018: A1+M1+R1>**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

	Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.11	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 1)		
	Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.65	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 11)		
	<b>Risultati Elementi parete (Beam)</b>				
11)	WallElement	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	560.31	Z = -6.9 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 11)
		Max. taglio [kN/m]	367.49	Z = -10.5 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 11)

11)	Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU) 0.524	Z = -6.9 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 11)
	Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU) 0.477	Z = -10.5 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 11)
	SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS) 0	Z = -16.5 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 11)
	SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS) 0	Z = -16.5 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 11)
	Caver: massima ampiezza fessure [mm] 0	Z = -16.5 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 11)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring	Max. forza (ass.) [kN/m]	189.14	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 11)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	131.46	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 11)

**Riepilogo per la DA <NTC2018: A1+M1+R3>**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.11	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 1)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.65	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 11)

**Risultati Elementi parete (Beam)**

11)	WallElement	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	560.31	Z = -6.9 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 11)
		Max. taglio [kN/m]	367.49	Z = -10.5 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 11)
11)		Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.524	Z = -6.9 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 11)
		Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.477	Z = -10.5 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 11)
		SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0	Z = -16.5 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 11)
		SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0	Z = -16.5 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 11)
		Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0	Z = -16.5 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 11)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring	Max. forza (ass.) [kN/m]	189.14	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 11)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	131.46	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 11)

**Riepilogo per la DA <NTC2018: A2+M2+R1>**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.15	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 1)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.81	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 11)

**Risultati Elementi parete (Beam)**

11)	WallElement	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	506.68	Z = -6.7 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 11)
		Max. taglio [kN/m]	344.95	Z = -10.5 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 11)
	Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.474		Z = -6.7 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 11)
11)		Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.447	Z = -10.5 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 11)
	SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0		Z = -16.5 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 11)
	SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0		Z = -16.5 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 11)
	Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0		Z = -16.5 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 11)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring	Max. forza (ass.) [kN/m]	187.18	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 11)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	122.26	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 11)

**Riepilogo per la DA <NTC2018: A2+M2+R2>**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.15	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 1)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.81	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 11)

**Risultati Elementi parete (Beam)**

11)	WallElement	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	506.68	Z = -6.7 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 11)
		Max. taglio [kN/m]	344.95	Z = -10.5 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 11)
		Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.474	Z = -6.7 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 11)
11)		Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.447	Z = -10.5 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 11)
		SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0	Z = -16.5 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 11)
		SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0	Z = -16.5 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 11)
		Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0	Z = -16.5 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 11)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring	Max. forza (ass.) [kN/m]	187.18	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 11)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	122.26	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 11)

**Riepilogo per tutte le Design Assumption (DA) attive**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Min. spostamento laterale [mm]	0	Z = -17.5 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 2)
Max. spostamento laterale [mm]	4.61	Z = -6.9 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 11)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.15	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 1)	
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.81	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 11)	

**Risultati Elementi parete (Beam)**

11)	WallElement	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	560.31	Z = -6.9 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 11)
		Max. taglio [kN/m]	367.49	Z = -10.5 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 11)
		Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.524	Z = -6.9 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 11)
11)		Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.477	Z = -10.5 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 11)
		SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0.56	Z = -6.9 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 11)
		SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0.437	Z = -6.9 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 11)
		Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0.221	Z = -6.9 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 11)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring	Max. forza (ass.) [kN/m]	189.14	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 11)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	131.46	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 11)

#### 4.1.1.6 Verifiche geotecniche e strutturali diaframmi con spinta microtunnelling

DESIGN SECTION <Base Design Section>

Summary will be issued for the following Design assumptions

<Nominal>	TYPE: <n.a>
<NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)>	TYPE: <SERVICE>



<NTC2018: A1+M1+R1>	TYPE: <ULTIMATE>
<NTC2018: A1+M1+R3>	TYPE: <ULTIMATE>
<NTC2018: A2+M2+R1>	TYPE: <ULTIMATE>
<NTC2018: A2+M2+R2>	TYPE: <ULTIMATE>

#### Riepilogo per la DA <Nominal>

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Min. spostamento laterale [mm]	-1.72	Z = -7.1 m	D.A. Nominal (Stage 13)
Max. spostamento laterale [mm]	5.52	Z = -17.5 m	D.A. Nominal (Stage 13)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.13		D.A. Nominal (Stage 13)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.65		D.A. Nominal (Stage 13)

#### Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	540.03	Z = -7.7 m	D.A. Nominal (Stage 13)
	Max. taglio [kN/m]	441.7	Z = -9.7 m	D.A. Nominal (Stage 13)

#### Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)

Spring	Max. forza (ass.) [kN/m]	138.81	D.A. Nominal (Stage 11)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	94.39	D.A. Nominal (Stage 11)
Spring_New	Max. forza (ass.) [kN/m]	308.29	D.A. Nominal (Stage 13)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	0	D.A. Nominal (Stage 13)

#### Riepilogo per la DA <NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)>

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Min. spostamento laterale [mm]	-1.72	Z = -7.1 m	D.A.	NTC2018:	SLE	(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 13)
Max. spostamento laterale [mm]	5.52	Z = -17.5 m	D.A.	NTC2018:	SLE	(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 13)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.13		D.A.	NTC2018:	SLE	(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 13)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.65		D.A.	NTC2018:	SLE	(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 11)

#### Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	540.03	Z = -7.7 m	D.A.	NTC2018:	SLE	(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 13)
	Max. taglio [kN/m]	441.7	Z = -9.7 m	D.A.	NTC2018:	SLE	(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 13)
	Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0	Z = -16.55 m	D.A.	NTC2018:	SLE	(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 13)
	Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0	Z = -16.55 m	D.A.	NTC2018:	SLE	(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 13)
	SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0.706	Z = -7.7 m	D.A.	NTC2018:	SLE	(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 13)
	SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0.551	Z = -7.7 m	D.A.	NTC2018:	SLE	(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 13)
	Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0.302	Z = -7.7 m	D.A.	NTC2018:	SLE	(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 13)

#### Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)

Spring	Max. forza (ass.) [kN/m]	138.81	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 11)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	94.39	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 11)

11)

13)	Spring_New	Max. forza (ass.) [kN/m]	308.29	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage
13)		Max. momento (ass.) [kNm/m]	0	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage

**Riepilogo per la DA <NTC2018: A1+M1+R1>**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.13	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 13)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.65	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 11)

**Risultati Elementi parete (Beam)**

13)	WallElement	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	700	Z = -7.7 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage
		Max. taglio [kN/m]	573.8	Z = -9.7 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 13)
13)		Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.654	Z = -7.7 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage
		Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.744	Z = -9.7 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 13)
		SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0	Z = -16.55 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 13)
		SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0	Z = -16.55 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 13)
		Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0	Z = -16.55 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 13)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring	Max. forza (ass.) [kN/m]	181.72	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 11)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	123.44	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 11)
Spring_New	Max. forza (ass.) [kN/m]	401.03	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 13)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	0	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 13)

**Riepilogo per la DA <NTC2018: A1+M1+R3>**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.13	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 13)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.65	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 11)

**Risultati Elementi parete (Beam)**

13)	WallElement	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	700	Z = -7.7 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage
		Max. taglio [kN/m]	573.8	Z = -9.7 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 13)
13)		Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.654	Z = -7.7 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage
		Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.744	Z = -9.7 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 13)
		SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0	Z = -16.55 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 13)
		SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0	Z = -16.55 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 13)
		Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0	Z = -16.55 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 13)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring	Max. forza (ass.) [kN/m]	181.72	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 11)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	123.44	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 11)
Spring_New	Max. forza (ass.) [kN/m]	401.03	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 13)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	0	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 13)

**Riepilogo per la DA <NTC2018: A2+M2+R1>**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.21	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 13)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.82	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 11)

#### Risultati Elementi parete (Beam)

13)	WallElement	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	567.75	Z = -7.9 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 13)
		Max. taglio [kN/m]	402.05	Z = -9.7 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 13)
13)		Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.531	Z = -7.9 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 13)
		Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.521	Z = -9.7 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 13)
		SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0	Z = -16.55 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 13)
		SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0	Z = -16.55 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 13)
		Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0	Z = -16.55 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 13)

#### Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)

Spring	Max. forza (ass.) [kN/m]	177.32	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 11)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	111.77	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 11)
Spring_New	Max. forza (ass.) [kN/m]	334.03	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 13)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	0	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 13)

#### Riepilogo per la DA <NTC2018: A2+M2+R2>

#### Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.21	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 13)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.82	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 11)

#### Risultati Elementi parete (Beam)

13)	WallElement	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	567.75	Z = -7.9 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 13)
		Max. taglio [kN/m]	402.05	Z = -9.7 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 13)
13)		Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.531	Z = -7.9 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 13)
		Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.521	Z = -9.7 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 13)
		SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0	Z = -16.55 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 13)
		SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0	Z = -16.55 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 13)
		Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0	Z = -16.55 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 13)

#### Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)

Spring	Max. forza (ass.) [kN/m]	177.32	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 11)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	111.77	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 11)
Spring_New	Max. forza (ass.) [kN/m]	334.03	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 13)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	0	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 13)

#### Riepilogo per tutte le Design Assumption (DA) attive

#### Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati

Min. spostamento laterale [mm]	-1.72	Z = -7.1 m	D.A.	NTC2018:	SLE	(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 13)
Max. spostamento laterale [mm]	5.52	Z = -17.5 m	D.A.	NTC2018:	SLE	(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 13)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.21		D.A.	NTC2018:	A2+M2+R2	(Stage 13)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.82		D.A.	NTC2018:	A2+M2+R2	(Stage 11)

#### Risultati Elementi parete (Beam)

13)	WallElement	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	700	Z = -7.7 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 13)
		Max. taglio [kN/m]	573.8	Z = -9.7 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 13)
		Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.654	Z = -7.7 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 13)
13)		Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.744	Z = -9.7 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 13)
		SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0.706	Z = -7.7 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 13)
		SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0.551	Z = -7.7 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 13)
		Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0.302	Z = -7.7 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 13)

#### Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)

Spring	Max. forza (ass.) [kN/m]	181.72	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 11)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	123.44	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 11)
Spring_New	Max. forza (ass.) [kN/m]	401.03	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 13)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	0	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 13)

#### 4.1.1.7 Verifiche trave di cordolo sommitale

Si riporta di seguito il dimensionamento e la verifica della trave di cordolo, che contempla sia il caso con spinta microtunnelling che senza di essa.

##### 4.1.1.7.1 Sollecitazioni e deformazioni

Il cordolo di testa è sottoposto ad un carico massimo a metro lineare a SLU pari a circa 173 kN/m e a SLE pari a 132 kN/m. Queste azioni sono relative alla condizione senza spinta microtunneling, la quale riduce il valore di sollecitazione del cordolo rispetto a quella ottenuta in assenza di questa sointa.

La luce del cordolo di testa, nella porzione cdi maggiore lunghezza, è pari a circa 10 m.

Con questi dati, assumendo una condizione di vincolo di doppio incastro, sono state ricavate le massime sollecitazioni di momento flettente e taglio a SLU, che sono le seguenti:

$$M_{MAX, SLU} = q \cdot L^2 / 24 = 173 \cdot 10^2 / 24 = 720 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{MIN, SLU} = - q \cdot L^2 / 12 = - 173 \cdot 10^2 / 12 = - 1440 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{MAX, SLU} = q \cdot L / 2 = 173 \cdot 10 / 2 = 865 \text{ kN}$$

$$V_{MIN, SLU} = - q \cdot L / 2 = - 173 \cdot 10 / 2 = - 865 \text{ kN}$$

La massima deformazione SLE invece risulta essere la seguente:

$$f = 1/384 \cdot q \cdot l^4 / (EI) = 1/384 \cdot 132 \text{ kg/cm} \cdot 1000^4 \text{ cm}^4 / [300000 \text{ kg/cm}^2 \cdot (140 \cdot 110^3 / 12)] = 0,073 \text{ cm} = 0,73 \text{ mm}$$

Dai risultati sopra esposti del modello in Paratie Plus si ottiene la stessa deformazione in testa al diaframma, il che valida le assunzioni fatte.

##### 4.1.1.7.2 Armature previste

Il cordolo di testa è previsto armato nella maniera seguente:

- Armatura longitudinale: 10+10  $\phi$ 24 sulle pareti verticali (lungo i lati da 140 cm di lunghezza e 5+5 aggiuntivi in orizzontale (lungo i lati da 110 cm di lunghezza) per un totale di 28 barre;



- Armatura trasversale: staffe  $\phi 20/15$

#### 4.1.1.7.3 Verifica a flessione

Essendo il momento flettente massimo in fase di scavo, pari a 1440 kN\*m, inferiore a quello massimo in fase di esercizio, pari a 2116 kN\*m, le verifiche più gravose sono quelle della seconda condizione; pertanto si rimanda ad esse per la consultazione dei risultati.

#### 4.1.1.7.4 Verifica a taglio

Essendo il taglio massimo in fase di scavo, pari a 865 kN, inferiore a quello massimo in fase di esercizio, pari a 1270 kN, le verifiche più gravose sono quelle della seconda condizione; pertanto si rimanda ad esse per la consultazione dei risultati.

### 4.1.2 FASE DI ESERCIZIO

#### 4.1.2.1 Modello di calcolo

Per la fase di esercizio sono stato approntato un modello di calcolo con il software Paratie Plus 23; di seguito vengono rappresentate le fasi aggiuntive (stage) del diaframma in fase esercizio.

Sono validi gli stage fino a 11 del modello relativo alla fase di scavo.

I diaframmi sono stati verificati anche per l'azione sismica ed è stata calcolata l'ampiezza di apertura delle fessure che è inferiore a 0,3 mm in combinazione SLE (limite per condizioni non aggressive come di competenza del diaframma).

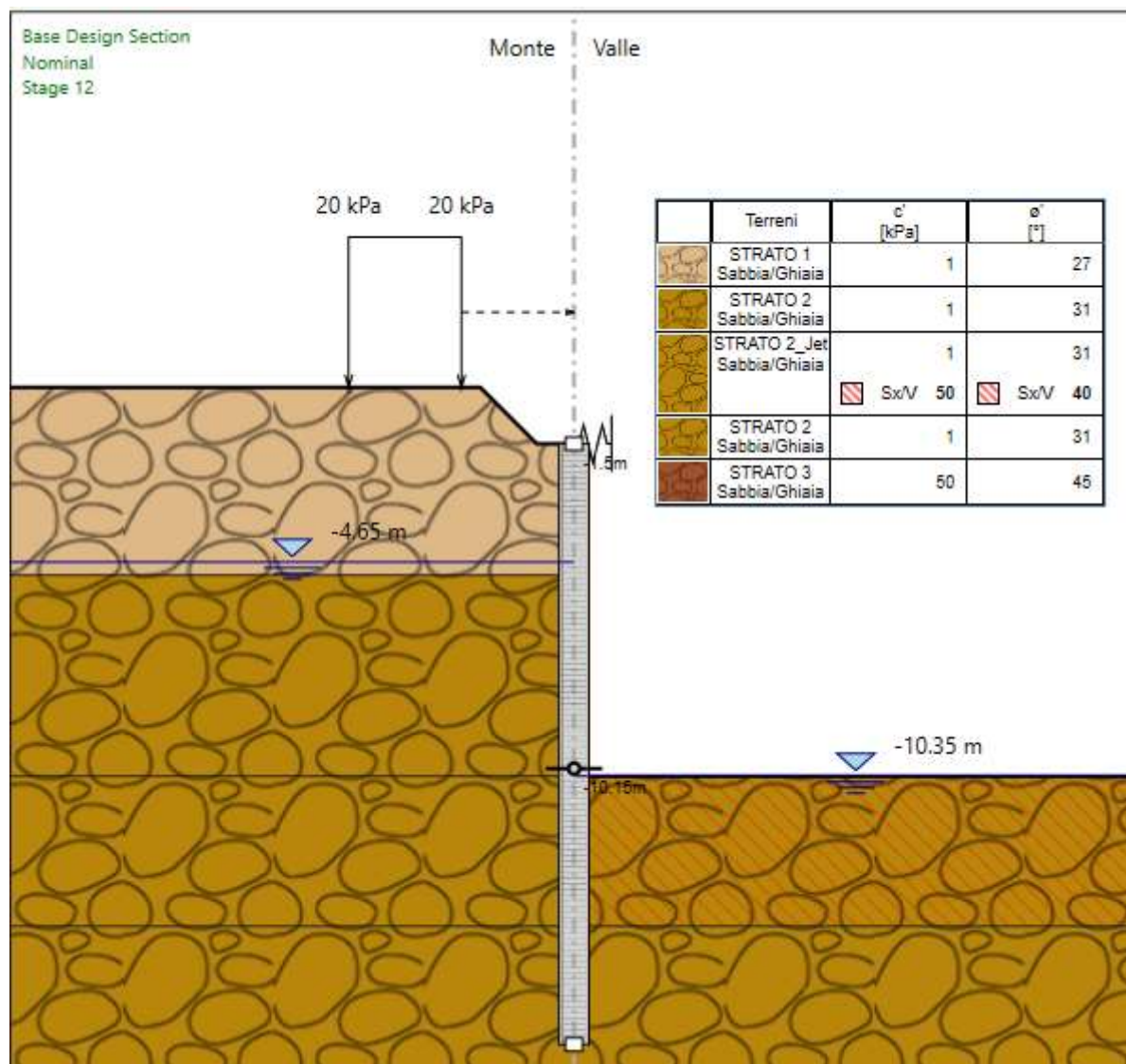


Figura 43: Modello di calcolo Paratie Plus Diaframmi Presa Lago – FASE ESERCIZIO – STAGE 12 (realizzazione platea)

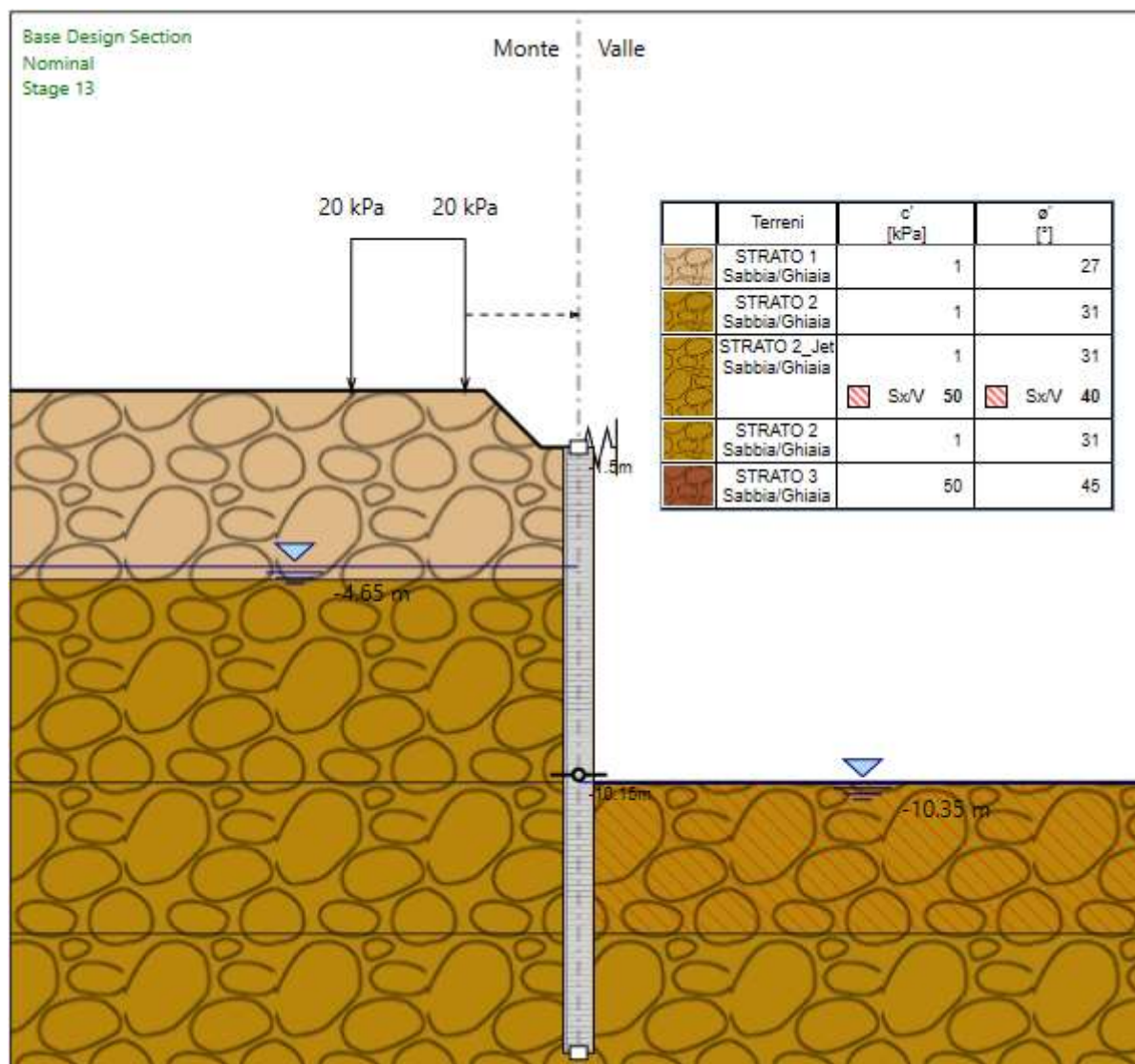


Figura 43: Modello di calcolo Paratie Plus Diaframmi Presa Lago – FASE ESERCIZIO – STAGE 13 (Posa soletta)

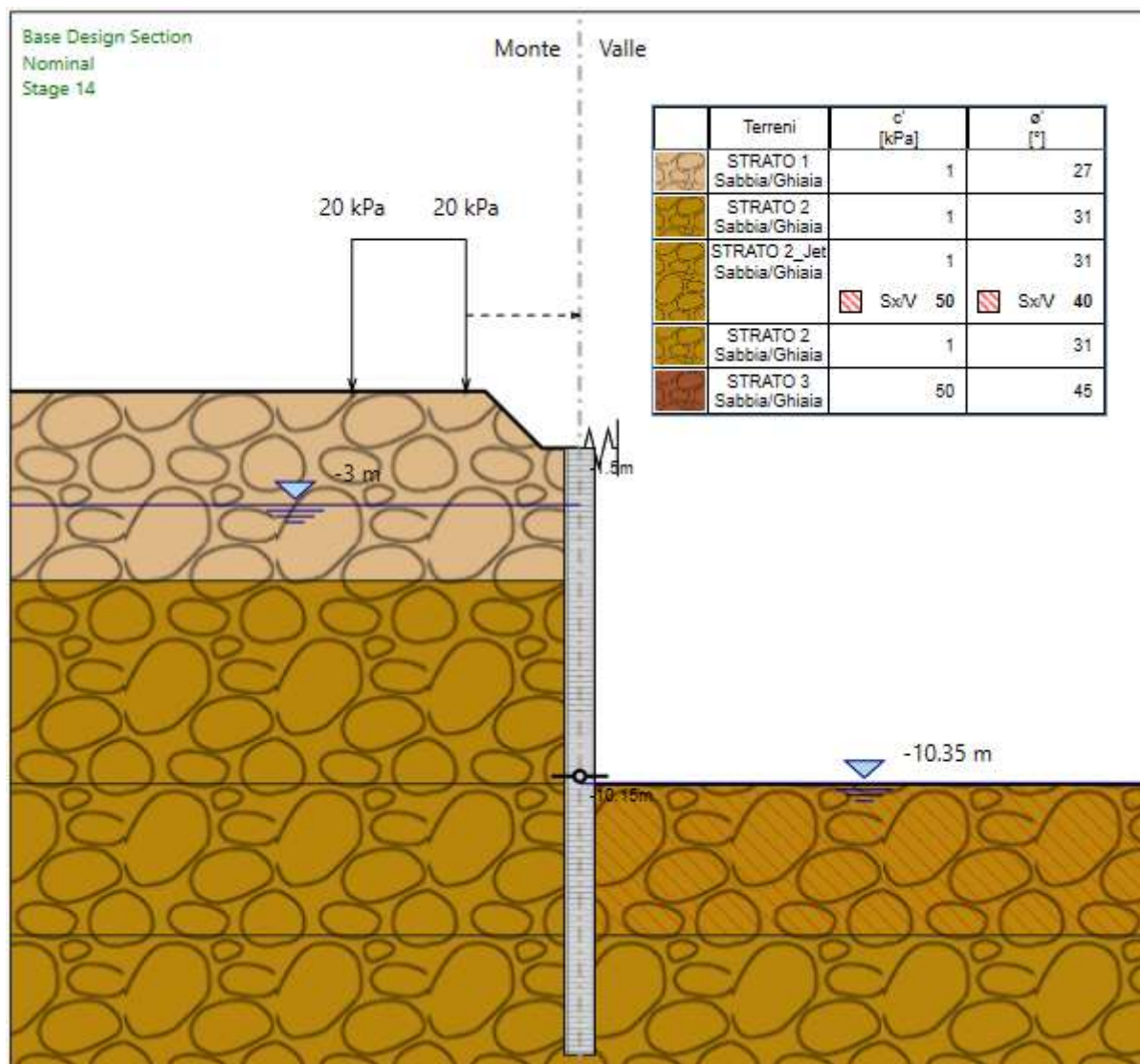


Figura 43: Modello di calcolo Paratie Plus Diaframmi Presa Lago – FASE ESERCIZIO – STAGE 14 (innalzamento falda fino a -3 m da piano campagna)



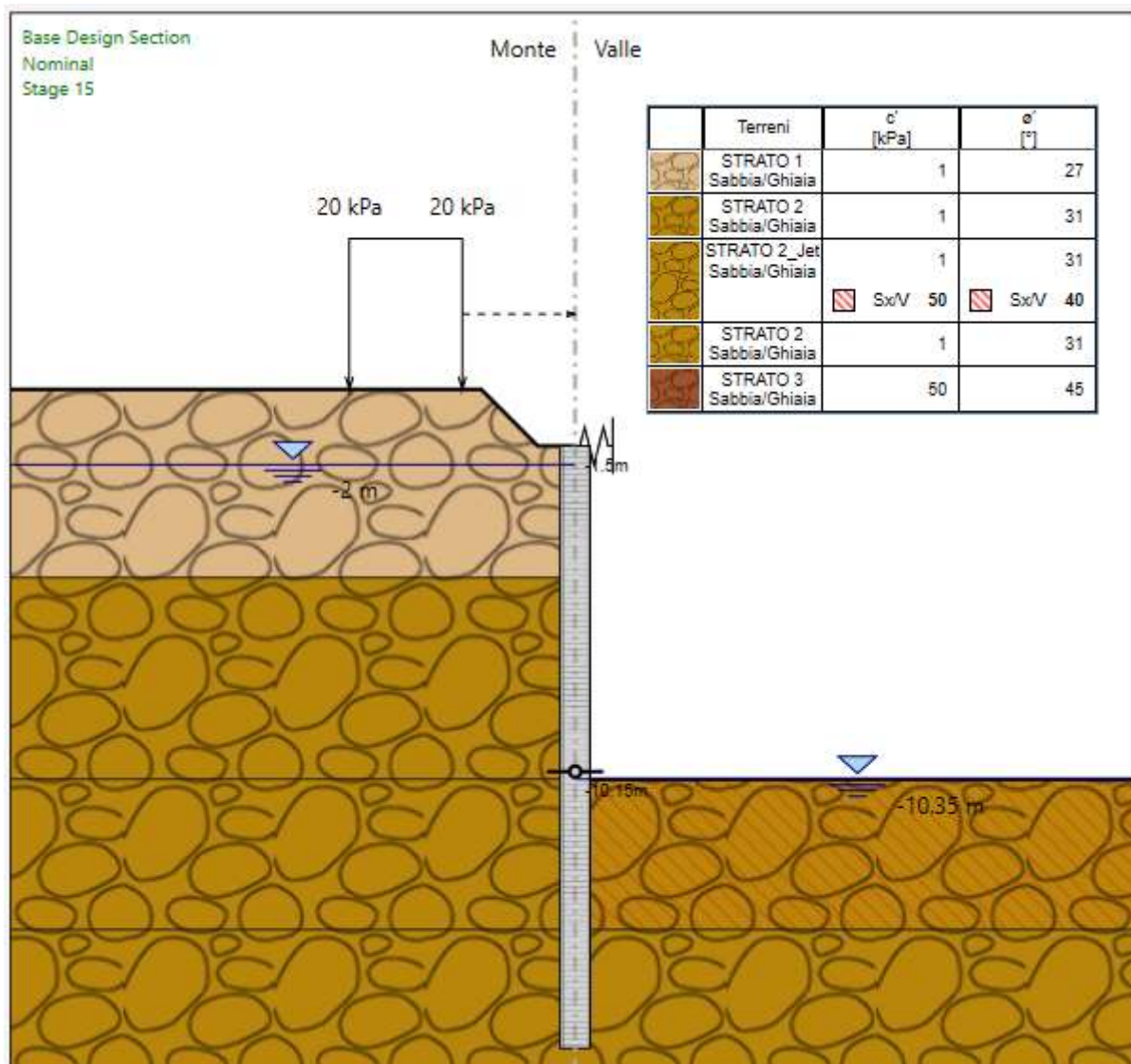


Figura 43: Modello di calcolo Paratie Plus Diaframmi Presa Lago – FASE ESERCIZIO – STAGE 15 (innalzamento falda fino a -2 m da piano campagna)

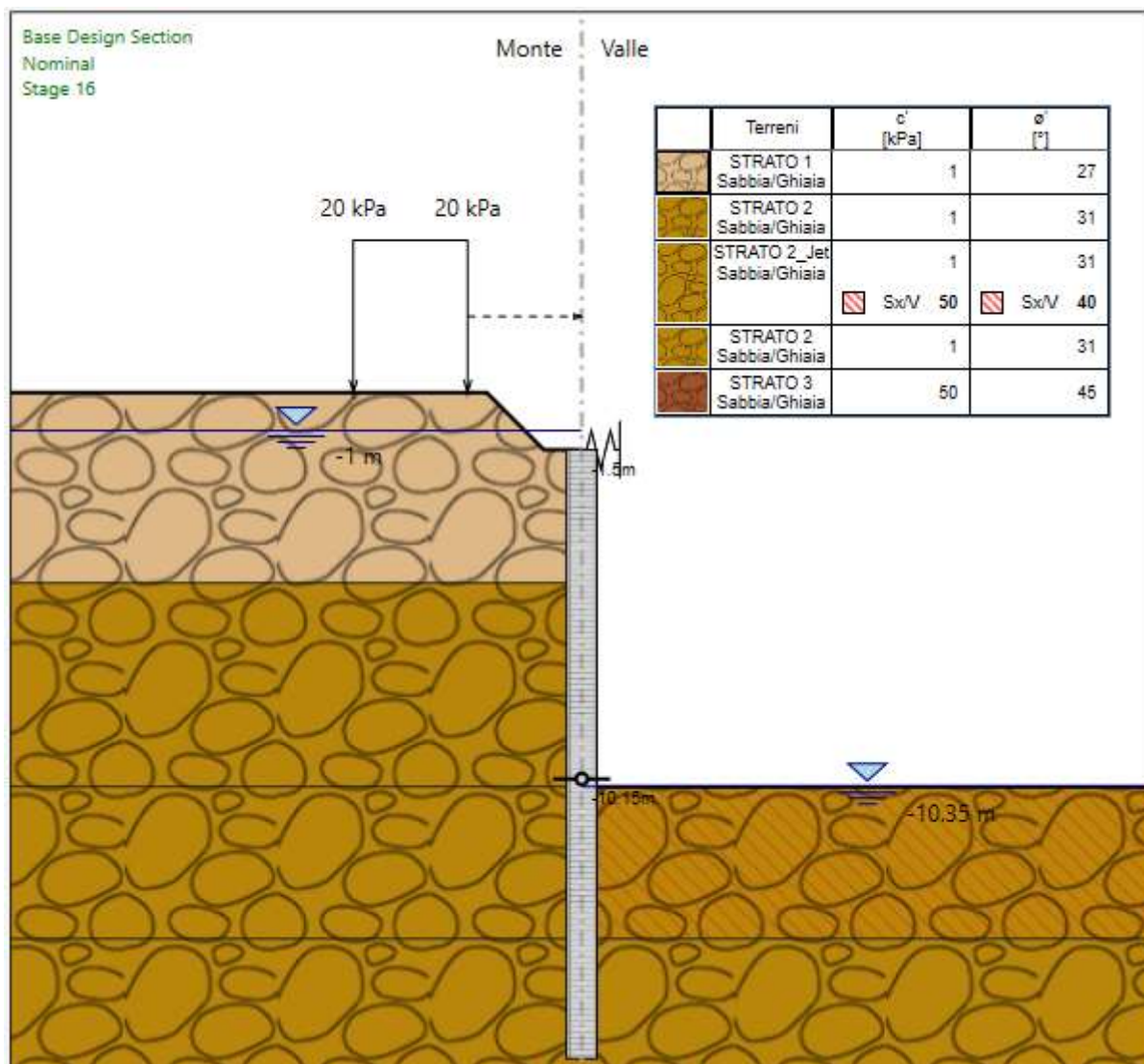


Figura 43: Modello di calcolo Paratie Plus Diaframmi Presa Lago – FASE ESERCIZIO – STAGE 16 (innalzamento falda fino a -1 m da piano campagna)

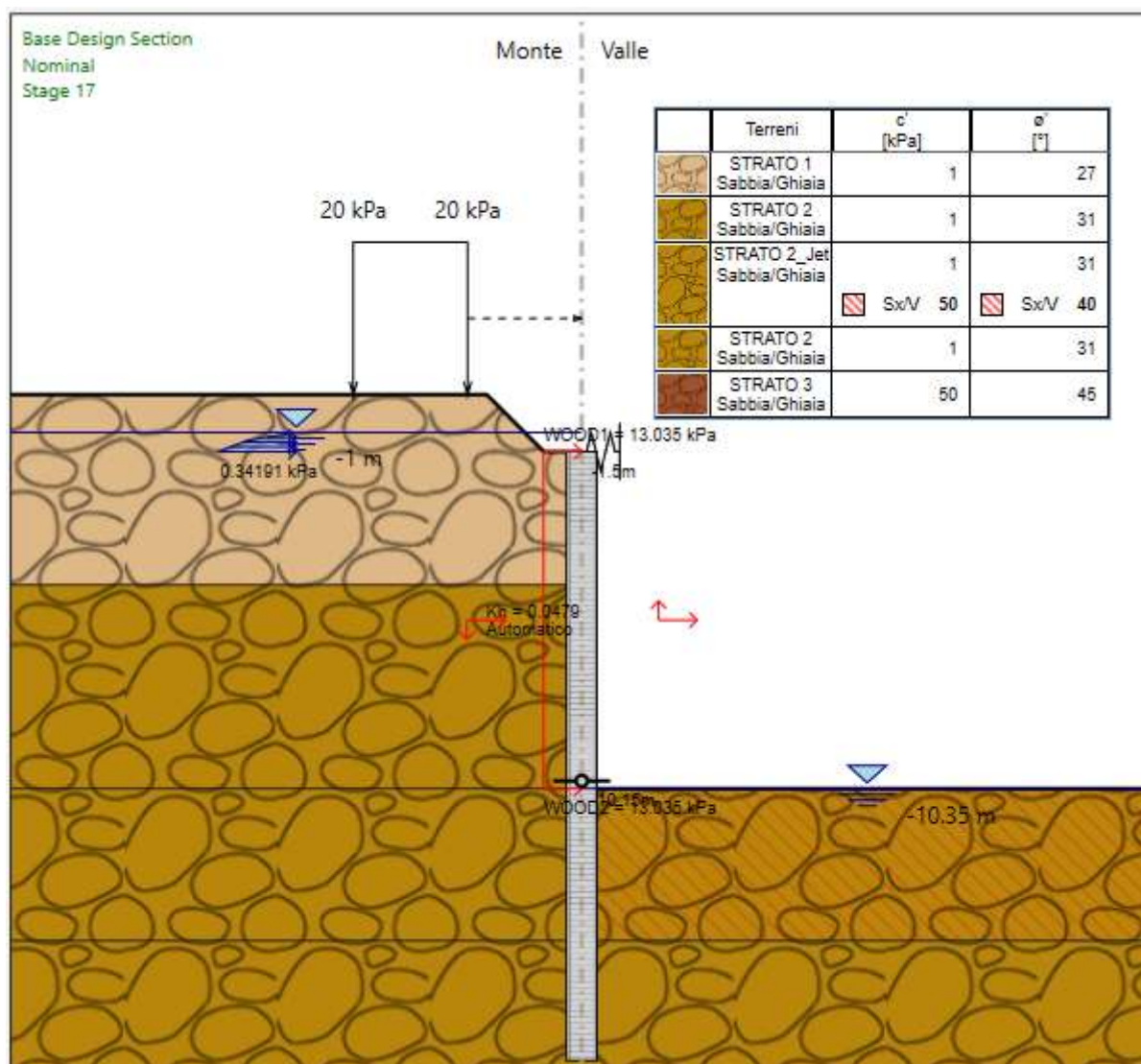


Figura 43: Modello di calcolo Paratie Plus Diaframmi Presa Lago – FASE ESERCIZIO – STAGE 17 (applicazione dell'azione sismica)



#### 4.1.2.2 Deformazioni

Nel presente paragrafo viene riportata una rappresentazione grafica delle deformazioni previste a SLE nella parte sommitale del diaframma, ottenuta dall'elaborazione eseguita con il software Paratie Plus 23.

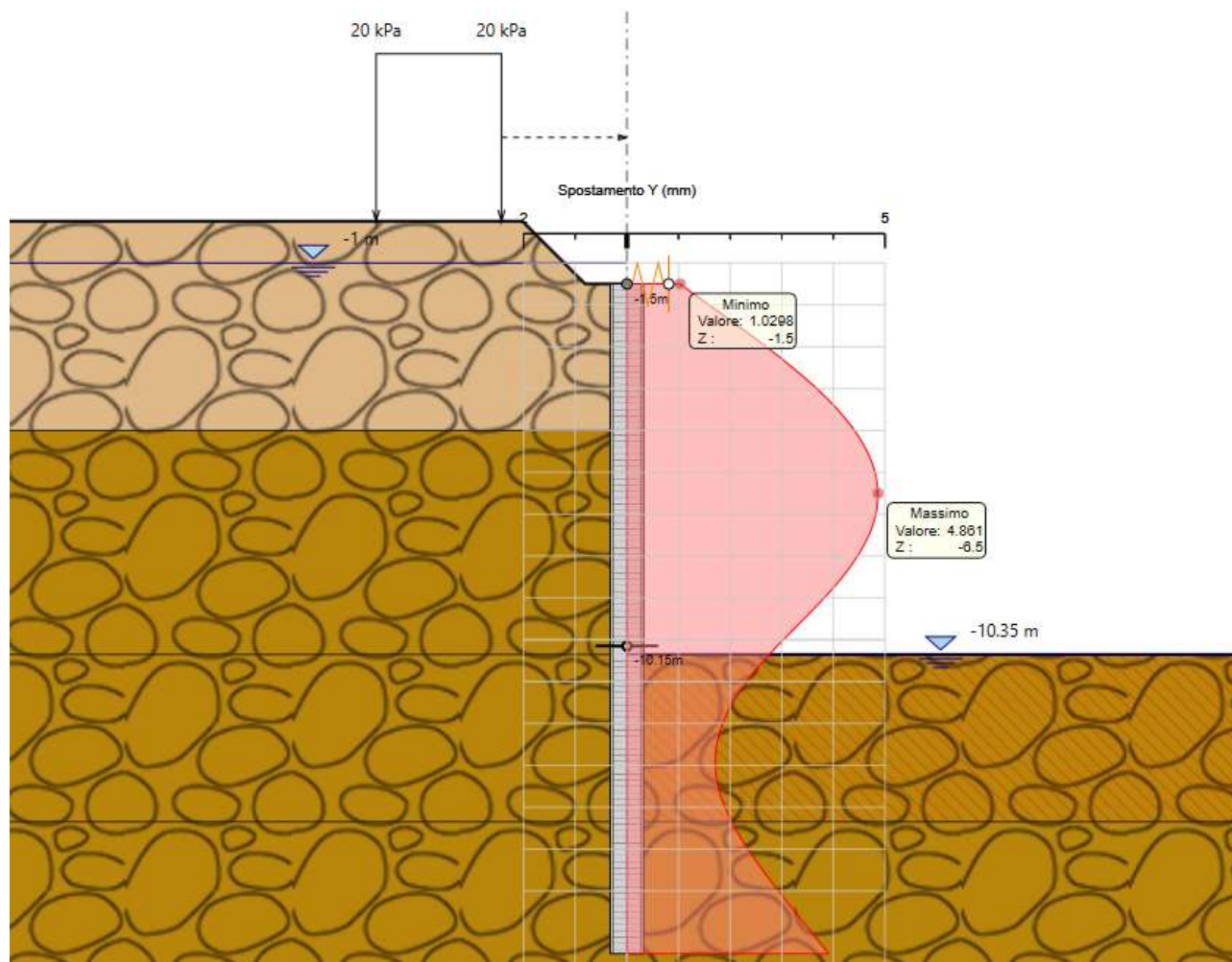


Figura 44: Deformazioni senza spinta Microtunneling - Diaframmi Presa Lago FASE DI ESERCIZIO



#### 4.1.2.3 Spinte

Di seguito si riporta una rappresentazione grafica degli andamenti delle spinte e delle spinte globali ottenute dal calcolo eseguito con il software Paratie Plus 23.

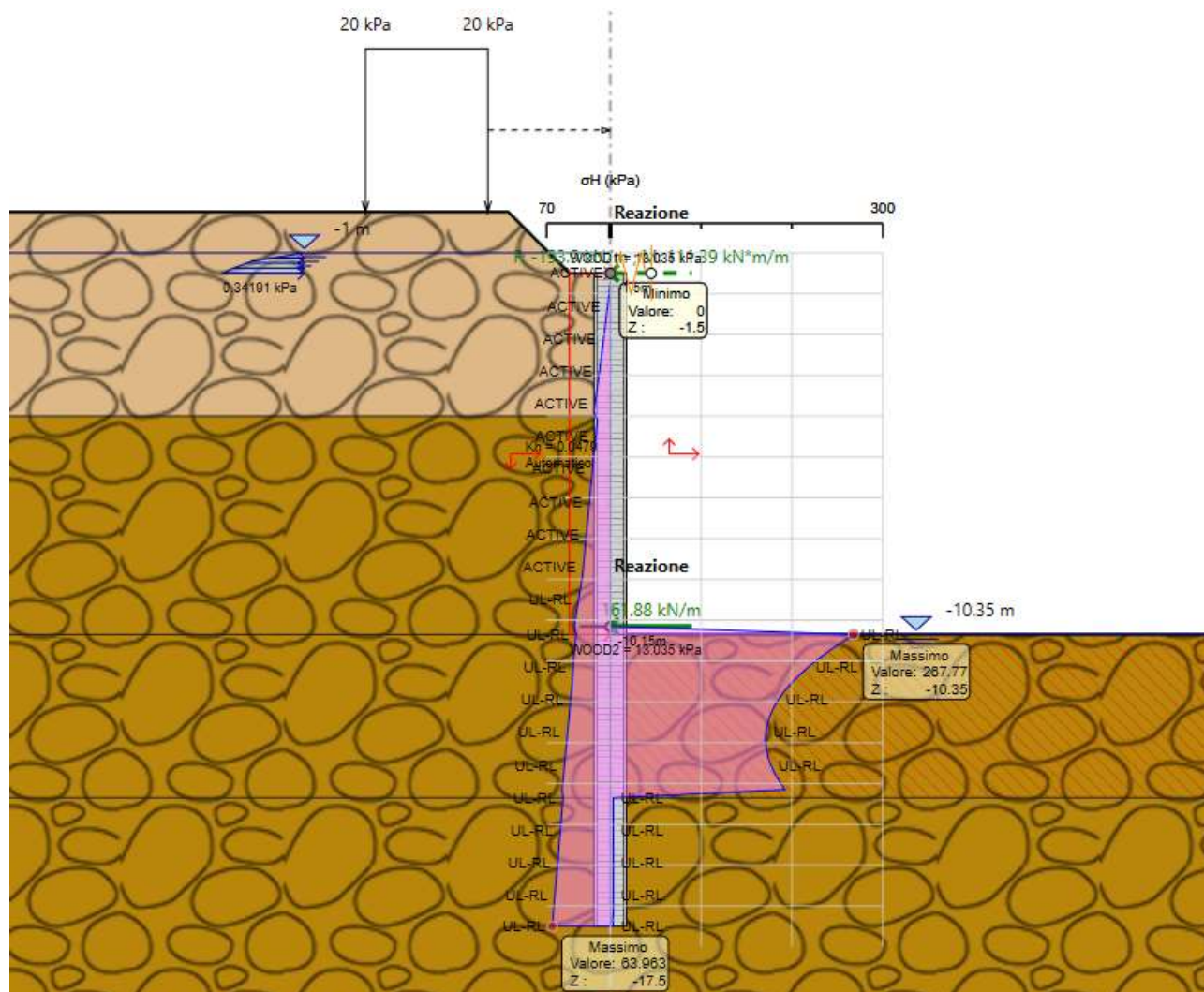


Figura 45: diagrammi di spinta delle terre A1+M1+R1 - Diaframmi Presa Lago FASE DI ESERCIZIO

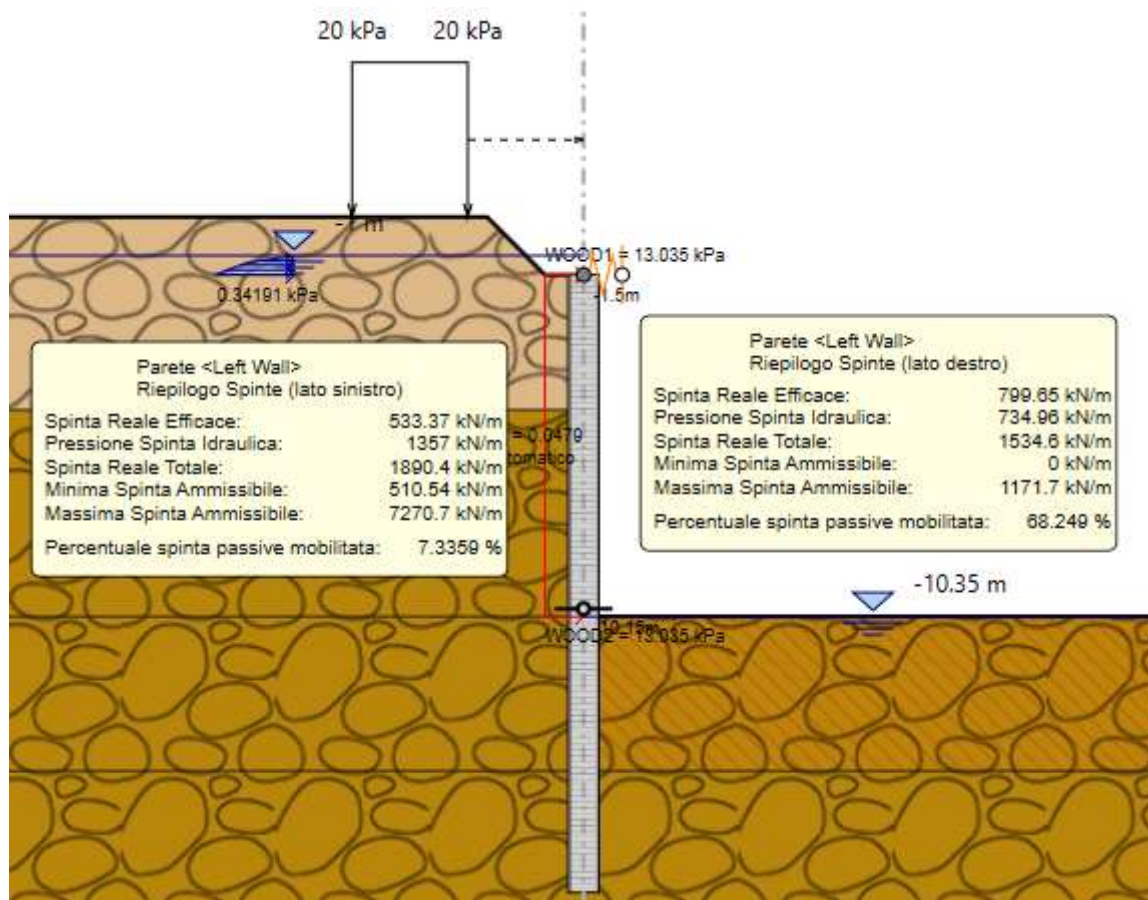


Figura 45: Riepilogo spinte A1+M1+R1 - Diaframmi Presa Lago FASE DI ESERCIZIO

#### 4.1.2.4 Sollecitazioni

Di seguito si riportano le sollecitazioni ottenute dal calcolo eseguito con il software Paratie Plus 23.

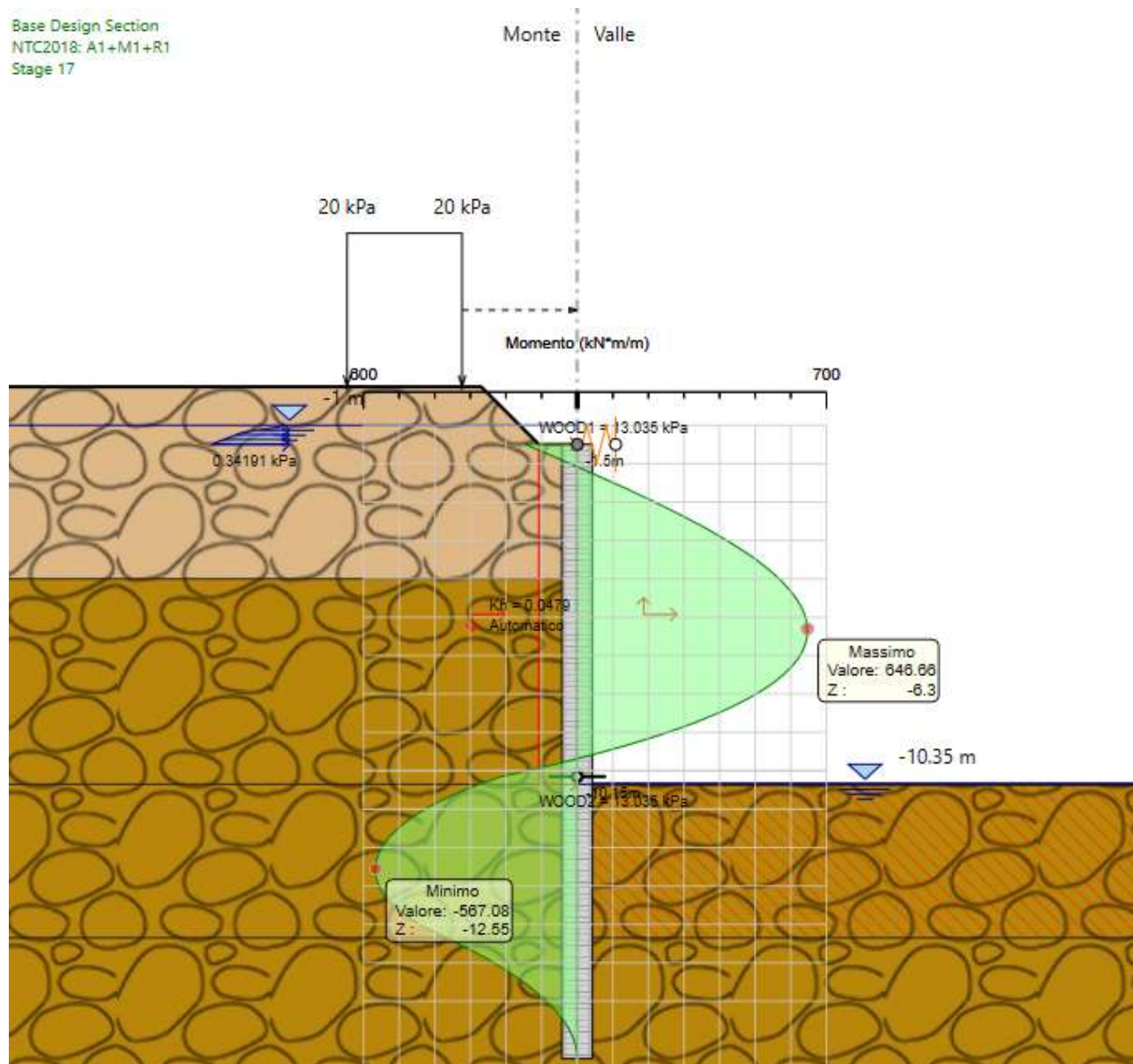


Figura 48: Momento flettente A1+M1+R1 - Diaframmi Presa Lago FASE DI ESERCIZIO



Base Design Section  
NTC2018: A1+M1+R1  
Stage 17

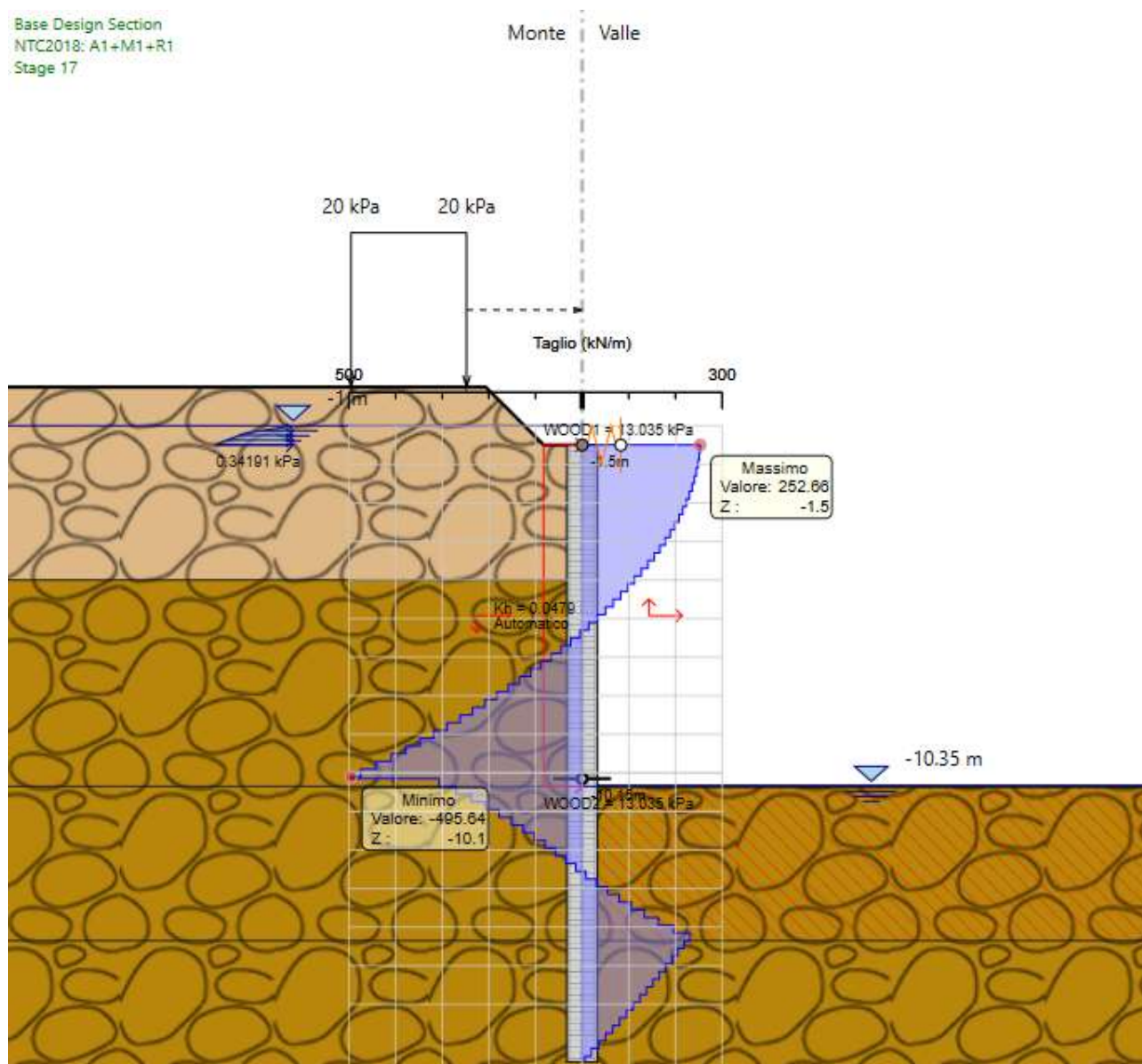


Figura 49: Sollecitazione tagliante A1+M1+R1- Diaframmi Presa Lago FASE DI ESERCIZIO

#### 4.1.2.5 Verifiche geotecniche e strutturali diaframmi

DESIGN SECTION <Base Design Section>

Summary will be issued for the following Design assumptions

<Nominal>	TYPE: <n.a>
<NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)>	TYPE: <SERVICE>
<NTC2018: A1+M1+R1>	TYPE: <ULTIMATE>
<NTC2018: A1+M1+R3>	TYPE: <ULTIMATE>
<NTC2018: A2+M2+R1>	TYPE: <ULTIMATE>
<NTC2018: A2+M2+R2>	TYPE: <ULTIMATE>



<NTC2018: SISMICA STR>  
<NTC2018: SISMICA GEO>

TYPE: <ULTIMATE>  
TYPE: <ULTIMATE>

**Riepilogo per la DA <Nominal>**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Min. spostamento laterale [mm]	0	Z = -17.5 m	D.A. Nominal (Stage 2)
Max. spostamento laterale [mm]	5.39	Z = -17.5 m	D.A. Nominal (Stage 17)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.11		D.A. Nominal (Stage 1)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.76		D.A. Nominal (Stage 17)

**Risultati Elementi parete (Beam)**

WallElement	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	531.71	Z = -6.1 m	D.A. Nominal (Stage 17)
	Max. taglio [kN/m]	437.47	Z = -10.15 m	D.A. Nominal (Stage 17)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring	Max. forza (ass.) [kN/m]	228.19	D.A. Nominal (Stage 17)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	118.45	D.A. Nominal (Stage 17)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Fixed Support)**

FixedSupport	Max. forza (ass.) [kN/m]	229.66	D.A. Nominal (Stage 17)
--------------	--------------------------	--------	-------------------------

**Riepilogo per la DA <NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)>**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Min. spostamento laterale [mm]	0	Z = -17.5 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 2)
Max. spostamento laterale [mm]	4.86	Z = -6.5 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 17)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.11		D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 1)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.71		D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 14)

**Risultati Elementi parete (Beam)**

WallElement			
Max. momento (assoluto) [kNm/m]	495.01	Z = -6.3 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 17)
Max. taglio [kN/m]	380.02	Z = -10.15 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 17)
Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0	Z = -16.55 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 17)
Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0	Z = -16.55 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 17)
SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0.647	Z = -6.3 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 17)
SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0.505	Z = -6.3 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 17)
Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0.269	Z = -6.3 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 17)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring	Max. forza (ass.) [kN/m]	193.9	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 17)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	111.39	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 17)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Fixed Support)**

FixedSupport	Max. forza (ass.) [kN/m]	161.88	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 17)
--------------	--------------------------	--------	--

**Riepilogo per la DA <NTC2018: A1+M1+R1>**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.11	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 1)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.71	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 14)

**Risultati Elementi parete (Beam)**

WallElement

Max. momento (assoluto) [kNm/m]	646.66	Z = -6.3 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 17)
Max. taglio [kN/m]	495.64	Z = -10.15 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 17)
Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.605	Z = -6.3 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 17)
Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.643	Z = -10.15 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 17)
SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0	Z = -16.55 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 17)
SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0	Z = -16.55 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 17)
Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0	Z = -16.55 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 17)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring	Max. forza (ass.) [kN/m]	253.31	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 17)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	145.53	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 17)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Fixed Support)**

FixedSupport	Max. forza (ass.) [kN/m]	210.45	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 17)
--------------	--------------------------	--------	-----------------------------------

**Riepilogo per la DA <NTC2018: A1+M1+R3>**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.11	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 1)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.71	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 14)

**Risultati Elementi parete (Beam)**

WallElement

Max. momento (assoluto) [kNm/m]	646.66	Z = -6.3 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 17)
Max. taglio [kN/m]	495.64	Z = -10.15 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 17)
Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.605	Z = -6.3 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 17)
Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.643	Z = -10.15 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 17)
SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0	Z = -16.55 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 17)
SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0	Z = -16.55 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 17)
Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0	Z = -16.55 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 17)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring	Max. forza (ass.) [kN/m]	253.31	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 17)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	145.53	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 17)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Fixed Support)**

FixedSupport	Max. forza (ass.) [kN/m]	210.45	D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 17)
--------------	--------------------------	--------	-----------------------------------

**Riepilogo per la DA <NTC2018: A2+M2+R1>**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.15	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 1)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.86	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 14)

**Risultati Elementi parete (Beam)**

WallElement	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	577.81	Z = -12.55 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 17)
	Max. taglio [kN/m]	432.85	Z = -10.15 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 17)
	Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.54	Z = -12.55 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 17)
	Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.561	Z = -10.15 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 17)
	SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0	Z = -16.55 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 17)
	SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0	Z = -16.55 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 17)
	Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0	Z = -16.55 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 17)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring	Max. forza (ass.) [kN/m]	224.93	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 17)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	126.81	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 17)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Fixed Support)**

FixedSupport	Max. forza (ass.) [kN/m]	150.92	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 17)
--------------	--------------------------	--------	-----------------------------------

**Riepilogo per la DA <NTC2018: A2+M2+R2>**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.15	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 1)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.86	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 14)

**Risultati Elementi parete (Beam)**

WallElement	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	577.81	Z = -12.55 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 17)
	Max. taglio [kN/m]	432.85	Z = -10.15 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 17)
	Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.54	Z = -12.55 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 17)
	Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.561	Z = -10.15 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 17)
	SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0	Z = -16.55 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 17)
	SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0	Z = -16.55 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 17)
	Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0	Z = -16.55 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 17)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring	Max. forza (ass.) [kN/m]	224.93	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 17)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	126.81	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 17)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Fixed Support)**

FixedSupport	Max. forza (ass.) [kN/m]	150.92	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 17)
--------------	--------------------------	--------	-----------------------------------

**Riepilogo per la DA <NTC2018: SISMICA STR>**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.11	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 1)
---	------	-------------------------------------

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.76 D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 17)

#### Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement

Max. momento (assoluto) [kNm/m] 531.71 Z = -6.1 m D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 17)

Max. taglio [kN/m] 437.47 Z = -10.15 m D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 17)

Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU) 0.497 Z = -6.1 m D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 17)

Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU) 0.567 Z = -10.15 m D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 17)

SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS) 0 Z = -16.55 m D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 17)

SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS) 0 Z = -16.55 m D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 17)

Caver: massima ampiezza fessure [mm] 0 Z = -16.55 m D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 17)

#### Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)

Spring Max. forza (ass.) [kN/m] 228.19 D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 17)

Max. momento (ass.) [kNm/m] 118.45 D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 17)

#### Risultati elementi mono-dimensionali (Fixed Support)

FixedSupport Max. forza (ass.) [kN/m] 229.66 D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 17)

#### Riepilogo per la DA <NTC2018: SISMICA GEO>

Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.11 D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 1)

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.76 D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 17)

#### Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement

Max. momento (assoluto) [kNm/m] 531.71 Z = -6.1 m D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 17)

Max. taglio [kN/m] 437.47 Z = -10.15 m D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 17)

Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU) 0.497 Z = -6.1 m D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 17)

Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU) 0.567 Z = -10.15 m D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 17)

SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS) 0 Z = -16.55 m D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 17)

SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS) 0 Z = -16.55 m D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 17)

Caver: massima ampiezza fessure [mm] 0 Z = -16.55 m D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 17)

#### Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)

Spring Max. forza (ass.) [kN/m] 228.19 D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 17)

Max. momento (ass.) [kNm/m] 118.45 D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 17)

#### Risultati elementi mono-dimensionali (Fixed Support)

FixedSupport Max. forza (ass.) [kN/m] 229.66 D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 17)

#### Riepilogo per tutte le Design Assumption (DA) attive

Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati

Min. spostamento laterale [mm] 0 Z = -17.5 m D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 2)

Max. spostamento laterale [mm] 5.39 Z = -17.5 m D.A. Nominal (Stage 17)

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.15 D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 1)



Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.86 D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 14)

#### Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement

Max. momento (assoluto) [kNm/m] 646.66 Z = -6.3 m D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 17)

Max. taglio [kN/m] 495.64 Z = -10.15 m D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 17)

Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU) 0.605 Z = -6.3 m D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 17)

Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU) 0.643 Z = -10.15 m D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 17)

SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS) 0.647 Z = -6.3 m D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 17)

SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS) 0.505 Z = -6.3 m D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 17)

Caver: massima ampiezza fessure [mm] 0.269 Z = -6.3 m D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 17)

#### Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)

Spring Max. forza (ass.) [kN/m] 253.31 D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 17)

Max. momento (ass.) [kNm/m] 145.53 D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 17)

#### Risultati elementi mono-dimensionali (Fixed Support)

FixedSupport Max. forza (ass.) [kN/m] 229.66 D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 17)

### 4.1.2.6 Verifiche trave di cordolo sommitale

Si riporta di seguito il dimensionamento e la verifica della trave di cordolo, in condizioni di esercizio e falda alla massima escursione in condizioni eccezionali.

#### 4.1.2.6.1 Sollecitazioni e deformazioni

Il cordolo di testa è sottoposto ad un carico massimo a metro lineare a SLU pari a circa 254 kN/m e a SLE pari a 194 kN/m, in condizioni eccezionali di massima altezza della falda fino a -0.50 da p.c.

La luce del cordolo di testa, nella porzione cdi maggiore lunghezza, è pari a circa 10 m.

Con questi dati, assumendo una condizione di vincolo di doppio incastro, sono state ricavate le massime sollecitazioni di momento flettente e taglio a SLU, che sono le seguenti:

$$M_{MAX, SLU} = q \cdot L^2 / 24 = 254 \cdot 10^2 / 24 = 1058 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{MIN, SLU} = - q \cdot L^2 / 12 = - 254 \cdot 10^2 / 12 = - 2116 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{MAX, SLU} = q \cdot L / 2 = 254 \cdot 10 / 2 = 1270 \text{ kN}$$

$$V_{MIN, SLU} = - q \cdot L / 2 = - 254 \cdot 10 / 2 = - 1270 \text{ kN}$$

La massima deformazione SLE invece risulta essere la seguente:

$$f = 1/384 \cdot q \cdot l^4 / (EI) = 1/384 \cdot 194 \text{ kg/cm} \cdot 1000^4 \text{ cm}^4 / [300000 \text{ kg/cm}^2 \cdot (140 \cdot 110^3 / 12)] = 0,107 \text{ cm} = 1,07 \text{ mm}$$

Dai risultati sopra esposti del modello in Paratie Plus si ottiene la stessa deformazione in testa al diaframma, il che valida le assunzioni fatte.

#### 4.1.2.6.2 Armature previste

Il cordolo di testa è previsto armato nella maniera seguente:

- Armatura longitudinale: 10+10  $\phi 24$  sulle pareti verticali (lungo i lati da 140 cm di lunghezza e 5+5 aggiuntivi in orizzontale (lungo i lati da 110 cm di lunghezza) per un totale di 28 barre;
- Armatura trasversale: staffe  $\phi 20/15$

#### 4.1.2.6.3 Verifica a flessione

Si analizza la risposta a un'azione parallela al piano campagna, la sezione resistente da considerare è quella nel piano orizzontale: la trave risulta quindi di base 140 cm e altezza 110 cm.

Di seguito la verifica a flessione; il momento resistente è pari a 2492 kN\*m, superiore al massimo valore del momento sollecitante, pari a 2116 kN\*m

**Titolo :** Trave Cordolo Diaframma Pompaggio

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	140	110

N°	As [cm²]	d [cm]
1	45.24	5
2	9.05	25
3	9.05	45
4	9.05	65
5	9.05	85
6	45.24	105

**Tipo Sezione**  
☒ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.  
☐ DXF

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. ☒ Metodo n ☐

N<sub>Ed</sub>  kN  
 M<sub>xEd</sub>  kNm  
 M<sub>yEd</sub>  kNm

**P.to applicazione N**  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN  yN

**Tipo rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
 B450C C25/30  
 E<sub>su</sub>  ‰ E<sub>c2</sub>  ‰  
 f<sub>yd</sub>  N/mm² E<sub>cu</sub>  ‰  
 E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  ‰  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
 E<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  ‰  
 σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>  ‰  
 τ<sub>c1</sub>  ‰

M<sub>xRd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm²  
 σ<sub>s</sub>  N/mm²  
 ε<sub>c</sub>  ‰  
 ε<sub>s</sub>  ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 δ

**Metodo di calcolo**  
☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☐ Metodo n

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub>  cm Col. modello  
 M-curvatura  
☐ Precompresso

Figura 44: Verifica a flessione cordolo di testa - Diaframmi Presa Lago FASE ESERCIZIO

#### 4.1.2.6.4 Verifica a taglio

Si analizza la risposta a un'azione parallela al piano campagna, la sezione resistente da considerare è quella nel piano orizzontale: la trave risulta quindi di base 140 cm e altezza 110 cm.

Di seguito la verifica a taglio; il taglio resistente della sola sezione in c.a. senza contributo delle staffe, pari a 443 kN non è sufficiente ma quello della sezione considerata armata con le staffe  $\phi 20/15$  sopra è pari a 1547 kN, superiore al massimo valore del taglio sollecitante, pari a 1270 kN

#### Dati

$b_w$ [mm] =	1400
$d$ [mm] =	1050
$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	25
$f_{yd}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	391
Armatura tesa $A_{sl}$ [mm <sup>2</sup> ] =	3140
$\gamma_c$ =	1.6
$\alpha_c$ =	1
$v$ =	0.5
Taglio Sollecitante $V_{ED}$ [kN] =	1270

#### Parametri

$k = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.4364
$v_{min} = 0,035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} =$	0.3013
$\rho_l = A_{sl} / (b_w * d) =$	0.0021

#### Taglio resistente (senza armatura a taglio)

$V_{rcd1} = [0,18 * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{1/3} / \gamma_c] * b_w * d =$	415.22	kN	
$V_{rcd2} = v_{min} * b_w * d =$	442.88	kN	
$V_{rd} = \max (V_{rcd1}; V_{rcd2}) =$	442.88	kN	NON VERIFICATO

#### Taglio resistente (con armatura a taglio)

Numero bracci staffe =	2
Area di un braccio [mm <sup>2</sup> ] =	314
Passo staffe [mm] =	150
Inclinazione puntoni cls [ctg $\theta$ ] =	1
Inclinazione staffe [ctg $\alpha$ ] =	0
Inclinazione staffe [sin $\alpha$ ] =	1

$V_{rsd} = 0,9 * d * (A_{sw}/s) * f_{yd} * (ctg\alpha + ctg\theta) * sin\alpha =$	1546.95	kN	
$V_{rcd} = 0,9 * d * b_w * \alpha_c * v * f_{cd} * (ctg\alpha + ctg\theta) / (1+ctg^2\theta) =$	10335.94	kN	
$V_{rd} = \min (V_{rcd}; V_{rsd}) =$	1546.95	kN	VERIFICATO

## 4.2 Diaframmi sito potabilizzatore

Per il dimensionamento dei diaframmi da realizzarsi presso il sito dell'impianto di potabilizzazione stato predisposto un modello bidimensionale con il software Paratie Plus, che consente di effettuare un'analisi non lineare contemplando le effettive fasi di realizzazione dell'opera.

I diaframmi in questione sono di spessore 60 cm e sono armati con barre longitudinali  $\phi 24/20$  e staffe  $\phi 12/20$  con n.2 bracci al metro di profondità. Il copriferro è previsto di 50 mm.

Nel presente paragrafo vengono riportati i risultati del calcolo, in termini di deformazioni, sollecitazioni, e verifiche di sicurezza GEO e STR.

Per quanto riguarda la possibile interazione dello scavo con gli edifici adiacenti, sono state fatte le seguenti considerazioni relative all'edificio situato ad Ovest: dalle verifiche fatte l'edificio presenta un piano seminterrato ed è situato a circa 6m dal confine, ragione per cui anche eventuali deformate in testa ai diaframmi non vanno a pregiudicare la stabilità dell'edificio, che ha un bulbo di pressione delle fonazioni non interessato dagli scavi

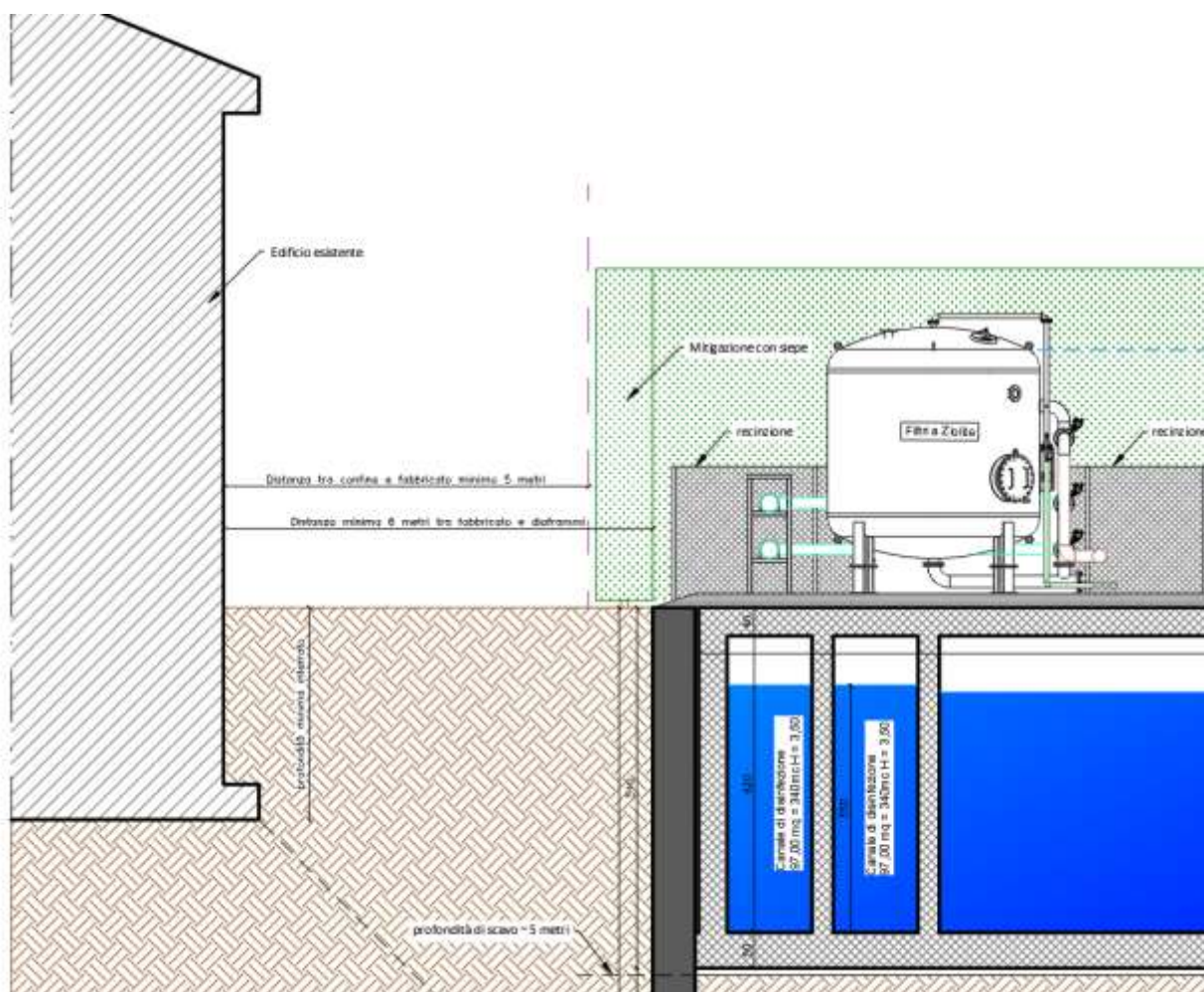


Figura 50: Sezione del potabilizzatore e dell'edificio presente sul lato Ovest



#### 4.2.1 Modello di calcolo

Nell'immagine seguente viene riportato il modello di calcolo elaborato con il software Paratie Plus 23.

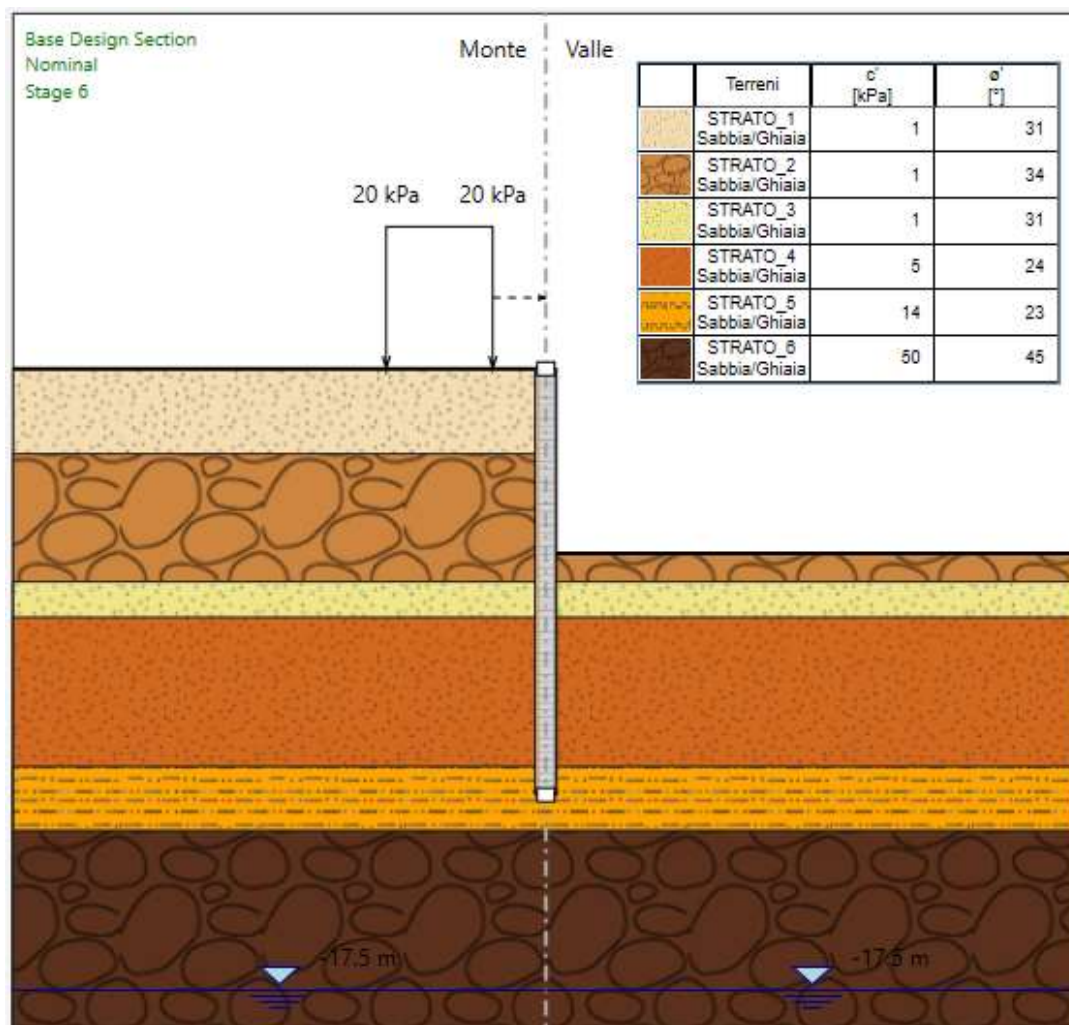


Figura 50: Modello di calcolo Paratie Plus Diaframmi Potabilizzatore

#### 4.2.2 Deformazioni

Nel presente paragrafo viene riportata una rappresentazione grafica delle deformazioni previste a SLE nella parte sommitale del diaframma, ottenuta dall'elaborazione eseguita con il software Paratie Plus 23.

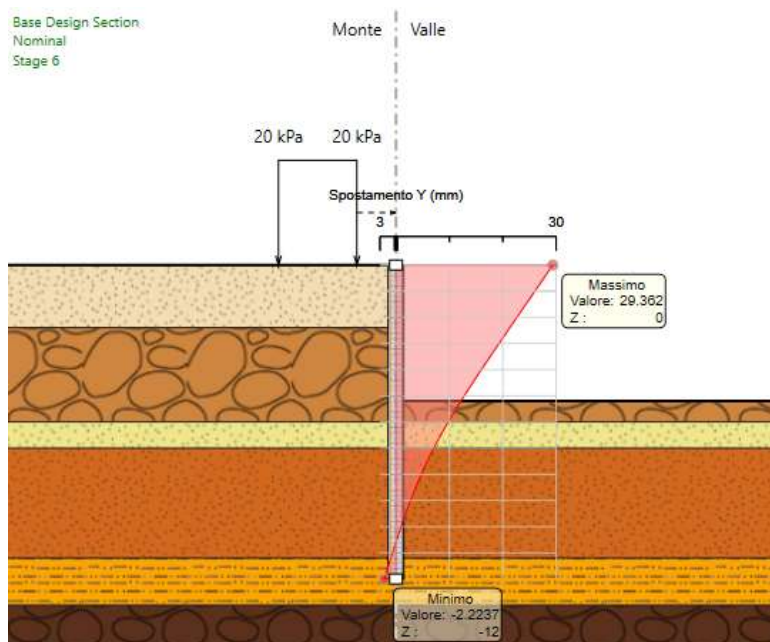


Figura 51: Deformazioni in testa - Diaframmi Potabilizzatore

### 4.2.3 Spinte

Di seguito si riporta una rappresentazione grafica degli andamenti delle spinte e delle spinte globali ottenute dal calcolo eseguito con il software Paratie Plus 23.

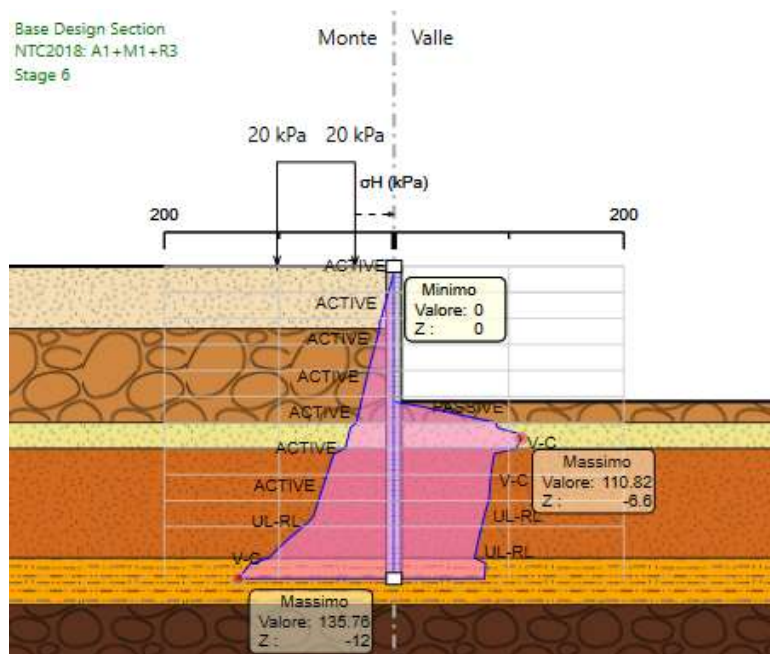


Figura 52: diagrammi di spinta delle terre - Diaframmi Potabilizzatore

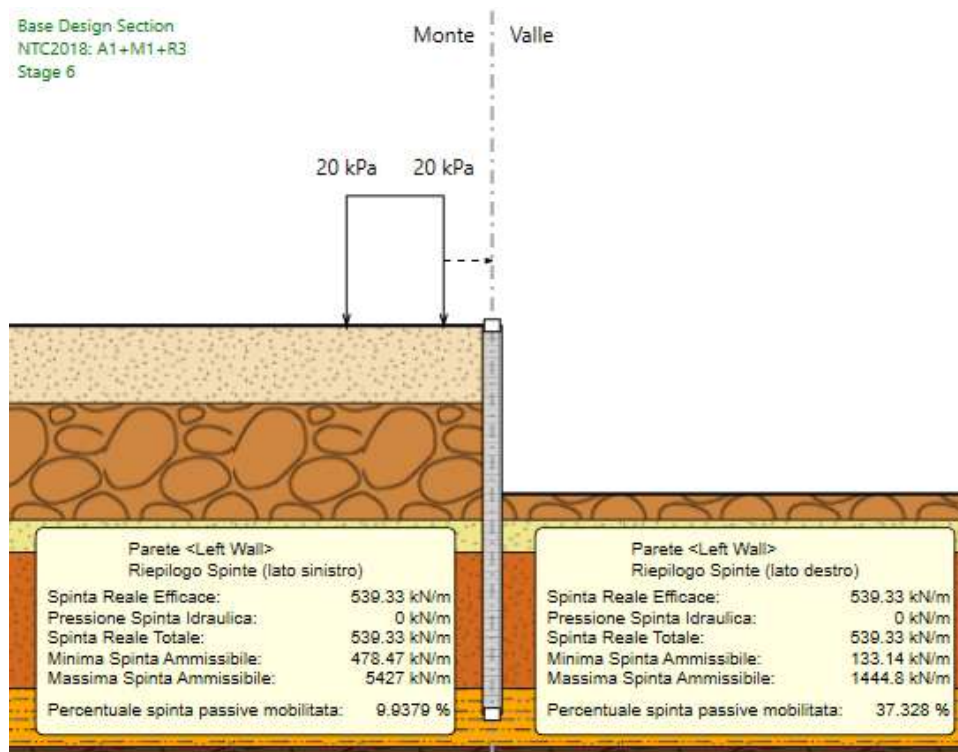


Figura 53: Riepilogo spinte A1+M1+R1- Diaframmi Potabilizzatore

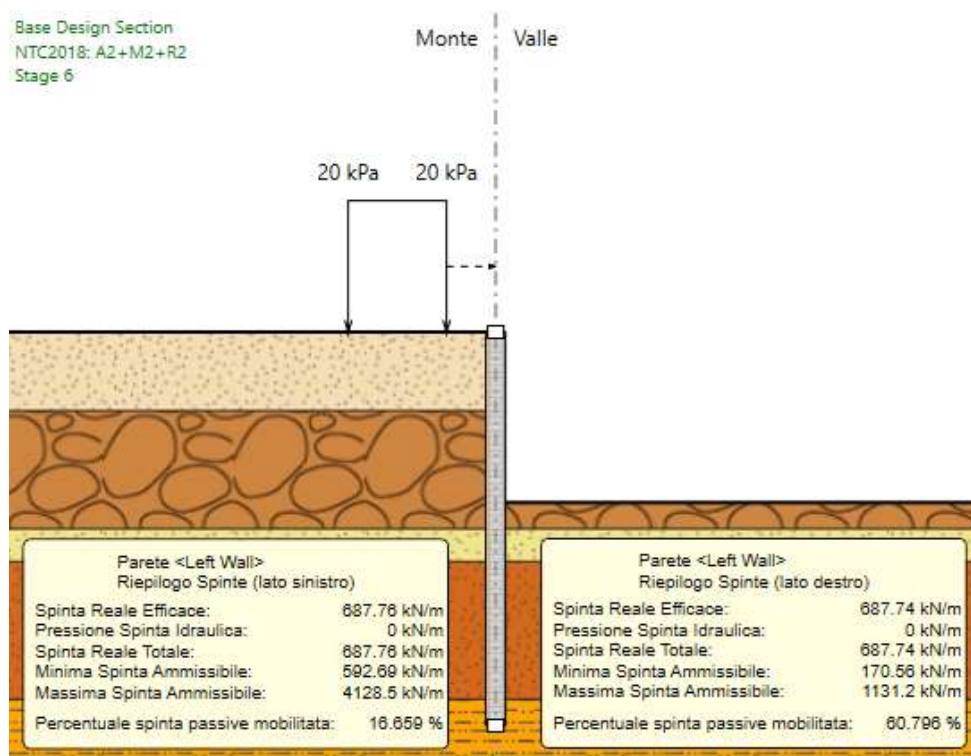


Figura 54: Riepilogo spinte A2+M2+R2- Diaframmi Potabilizzatore



#### 4.2.4 Sollecitazioni

Di seguito si riportano le sollecitazioni ottenute dal calcolo eseguito con il software Paratie Plus 23.

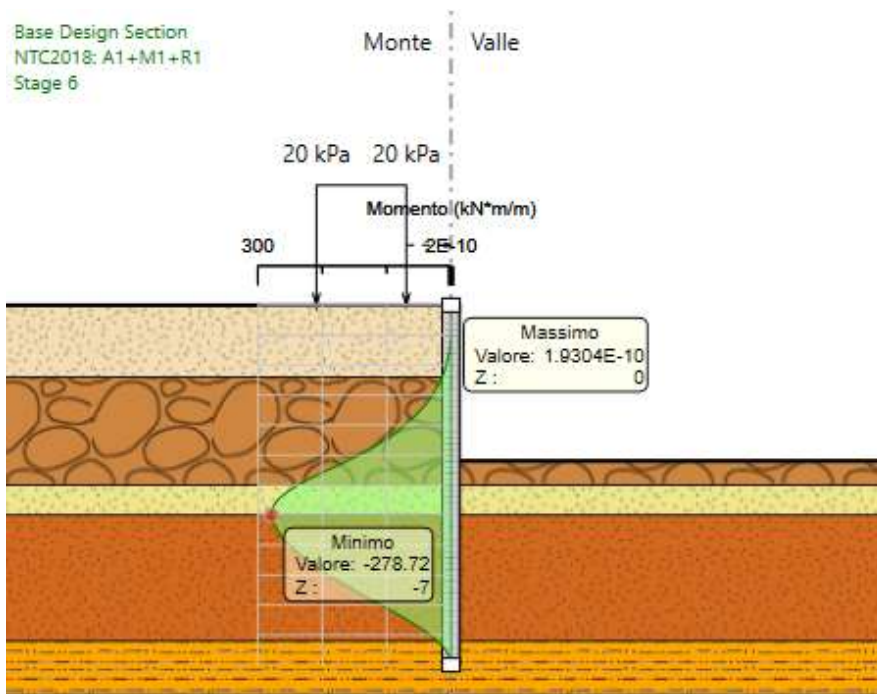


Figura 55: Momento flettente A1+M1+R1 - Diaframmi Potabilizzatore

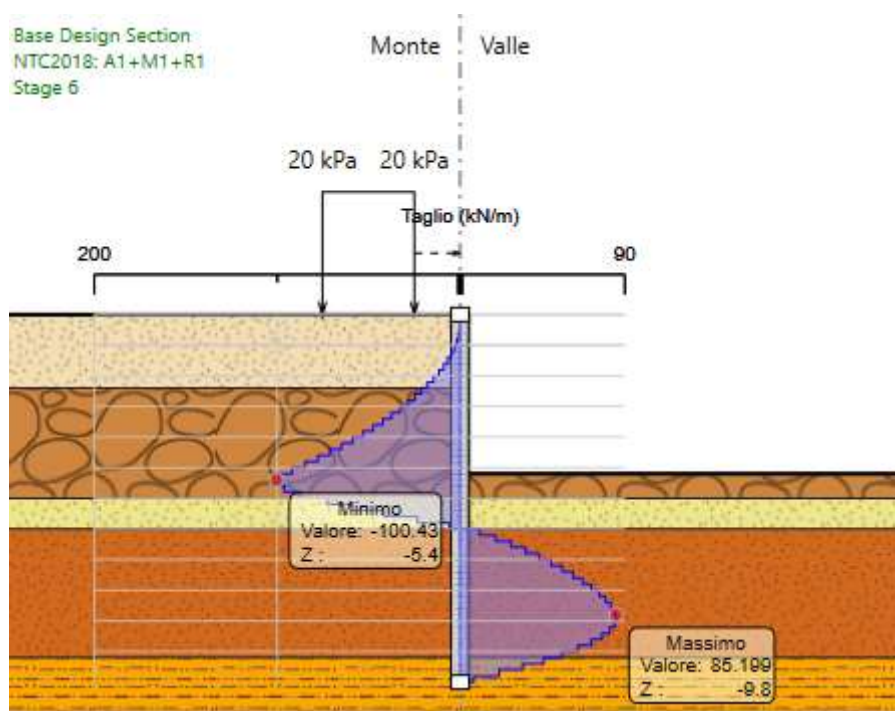


Figura 56: Sollecitazione tagliente A1+M1+R1- Diaframmi Potabilizzatore



## 4.2.5 Verifiche geotecniche e strutturali

### Summary for all Active Design assumptions

DESIGN SECTION <Base Design Section>

Summary will be issued for the following Design assumptions

<Nominal>	TYPE: <n.a>
<NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)>	TYPE: <SERVICE>
<NTC2018: A1+M1+R1>	TYPE: <ULTIMATE>
<NTC2018: A1+M1+R3>	TYPE: <ULTIMATE>
<NTC2018: A2+M2+R1>	TYPE: <ULTIMATE>
<NTC2018: A2+M2+R2>	TYPE: <ULTIMATE>

### Riepilogo per la DA <Nominal>

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Min. spostamento laterale [mm]	-2.22	Z = -12 m	D.A. Nominal (Stage 6)
Max. spostamento laterale [mm]	29.36	Z = 0 m	D.A. Nominal (Stage 6)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.13		D.A. Nominal (Stage 1)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.37		D.A. Nominal (Stage 6)

### Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	210.78	Z = -7 m	D.A. Nominal (Stage 6)
	Max. taglio [kN/m]	76.17	Z = -5.6 m	D.A. Nominal (Stage 6)

### Riepilogo per la DA <NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)>

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Min. spostamento laterale [mm]	-2.22	Z = -12 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 6)			
Max. spostamento laterale [mm]	29.36	Z = 0 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 6)			
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.13		D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 1)			
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.37		D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 6)			

### Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	210.78	Z = -7 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 6)				
	Max. taglio [kN/m]	76.17	Z = -5.6 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 6)				
	Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0	Z = -11 m	D.A.
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 6)				
	Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0	Z = -11 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 6)				
	SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0.527	Z = -7 m	D.A.
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 6)				
	SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0.541	Z = -7 m	D.A.
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 6)				
	Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0.317	Z = -7 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 6)				

### Riepilogo per la DA <NTC2018: A1+M1+R1>

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.13	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 1)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.37	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 6)

### Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement				
Max. momento (assoluto) [kNm/m]	278.72	Z = -7 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 6)	
Max. taglio [kN/m]	100.43	Z = -5.6 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 6)	
Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.648	Z = -7 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 6)	

Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU) 0.489 Z = -5.6 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 6)  
SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS) 0 Z = -11 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 6)  
SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS) 0 Z = -11 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 6)  
Caver: massima ampiezza fessure [mm] 0 Z = -11 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 6)

#### Riepilogo per la DA <NTC2018: A1+M1+R3>

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.13 D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 1)  
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.37 D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 6)

#### Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement

Max. momento (assoluto) [kNm/m] 278.72 Z = -7 m D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 6)  
Max. taglio [kN/m] 100.43 Z = -5.6 m D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 6)  
Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU) 0.648 Z = -7 m D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 6)  
Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU) 0.489 Z = -5.6 m D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 6)  
SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS) 0 Z = -11 m D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 6)  
SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS) 0 Z = -11 m D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 6)  
Caver: massima ampiezza fessure [mm] 0 Z = -11 m D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 6)

#### Riepilogo per la DA <NTC2018: A2+M2+R1>

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.17 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 6)  
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.61 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 6)

#### Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement

Max. momento (assoluto) [kNm/m] 375.19 Z = -8.2 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 6)  
Max. taglio [kN/m] 164 Z = -10.6 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 6)  
Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU) 0.873 Z = -8.2 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 6)  
Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU) 0.798 Z = -10.6 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 6)  
SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS) 0 Z = -11 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 6)  
SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS) 0 Z = -11 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 6)  
Caver: massima ampiezza fessure [mm] 0 Z = -11 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 6)

#### Riepilogo per la DA <NTC2018: A2+M2+R2>

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.17 D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 6)  
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.61 D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 6)

#### Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement

Max. momento (assoluto) [kNm/m] 375.19 Z = -8.2 m D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 6)  
Max. taglio [kN/m] 164 Z = -10.6 m D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 6)  
Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU) 0.873 Z = -8.2 m D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 6)  
Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU) 0.798 Z = -10.6 m D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 6)  
SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS) 0 Z = -11 m D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 6)  
SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS) 0 Z = -11 m D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 6)  
Caver: massima ampiezza fessure [mm] 0 Z = -11 m D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 6)

#### Riepilogo per tutte le Design Assumption (DA) attive

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Min. spostamento laterale [mm] -2.22 Z = -12 m D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 6)  
Max. spostamento laterale [mm] 29.36 Z = 0 m D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 6)  
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.17 D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 6)  
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.61 D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 6)

#### Risultati Elementi parete (Beam)

Wallelement

Max. momento (assoluto) [kNm/m] 375.19 Z = -8.2 m D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 6)

Max. taglio [kN/m] 164 Z = -10.6 m D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 6)

Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU) 0.873 Z = -8.2 m D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 6)

Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU) 0.798 Z = -10.6 m D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 6)

SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS) 0.527 Z = -7 m D.A. NTC2018: SLE

(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 6)

SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS) 0.541 Z = -7 m D.A. NTC2018: SLE

(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 6)

Caver: massima ampiezza fessure [mm] 0.317 Z = -7 m D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 6)

## 5 Verifiche di galleggiamento

Le verifiche di galleggiamento sono state condotte solamente per il manufatto di presa lago, in quanto presso il sito del potabilizzatore la falda non è interagente con gli scavi.

Le verifiche sono state eseguite per lo stato limite di equilibrio come corpo rigido EQU, adottando i coefficienti  $\gamma_{G,stab}$  pari a 0,9 per i carichi stabilizzanti (Peso terreno e terreno di zavorra) e  $\gamma_{G,instab}$  pari a 1,1 per i carichi instabilizzanti (Spinta del volume di liquido spostato).

Dalle tabelle seguenti si può vedere come le verifiche siano in tutti i casi superati in quanto i fattori di sicurezza sono superiori a 1.

### 5.1 Dimensionamento del tappo di fondo

Per il dimensionamento del tappo di fondo sono state condotte delle verifiche a breve termine, con falda spingente all'intradosso del tappo e quota della falda corrispondente alla quota di medio invaso del lago maggiore pari a +194,10 m slm, a fronte di un piano campagna posto a quota +198,75 m slm.

Nella verifica di equilibrio del tappo di fondo è stato considerato anche l'apporto della forza di coesione tra il perimetro del tappo di fondo in jet grouting e la superficie interna del diaframma. Tra i due elementi l'attrito è notevole, anche grazie al profilo scabro della superficie del diaframma. Il valore di coesione assunto è pari a 20 kPa, che risulta comunque cautelativo.

Di seguito si riporta la verifica di equilibrio al galleggiamento del tappo di fondo.

Il valore del fattore di sicurezza è superiore a 1 e quindi la verifica risulta soddisfatta.

Quota Falda		-4.65	m				
Quota Estradosso tappo		-10.35	m				
Lunghezza scavo manufatto		6.90	m				
Larghezza scavo manufatto		9.40	m				
Lunghezza ingombro diaframmi		8.10	m				
Larghezza ingombro diaframmi		10.60	m				
Stazione di pompaggio Presa Lago - Verifica Tappo di fondo breve termine							
Termine instabilizzante: Spinta dell'acqua							
$\gamma_w$ [kN/mc]	A w [mq]	Hw [m]	$\gamma_{g,instab}$		F <sub>instab.</sub>		
9.81	64.86	9.70	1.1		6789.07		
Termine stabilizzante: Forza tangenziale tra paratia e tappo JET							
p [mq]	c [kN/mq]		$\gamma_{g,stab}$		F <sub>stab,1</sub>		
130.40	20.00		0.9		2347.2		
Termine stabilizzante: Peso del tappo di fondo JET							
$\gamma_{jet}$	A jet	Hjet	$\gamma_{g,stab}$		F <sub>stab,2</sub>		FS
21	64.86	4	0.9		4903.416		1.07

Figura 57: Presa a Lago - dimensionamento tappo di fondo – verifica a galleggiamento breve termine



Essendo stato considerato anche il contributo del diaframma perimetrale per l'equilibrio a galleggiamento del tappo di fondo, è necessario verificare a galleggiamento anche l'insieme diaframmi + tappo di fondo, considerando la sottospinta idraulica alle relative quote di base inferiore per ciascuna delle due tipologie di opere. Il valore del fattore di sicurezza è superiore a 1 e quindi la verifica risulta soddisfatta.

Stazione di pompaggio Presa Lago - Verifica Tappo di fondo + diaframmi breve termine						
Termine instabilizzante: Spinta dell'acqua sotto il tappo						
$\gamma_w$ [kN/mc]	A w [mq]	Hw [m]	$\gamma_{g,instab}$		F <sub>instab.1</sub>	
9.81	64.86	9.70	1.1		6789.07	
Termine instabilizzante: Spinta dell'acqua sotto ai diaframmi						
$\gamma_w$ [kN/mc]	A w [mq]	Hw [m]	$\gamma_{g,instab}$		F <sub>instab.2</sub>	
9.81	21.00	17.50	1.1		3965.69	
Termine stabilizzante: Peso del tappo di fondo JET						
$\gamma_{jet}$	A jet	Hjet	$\gamma_{g,stab}$		F <sub>stab,1</sub>	
21	64.86	4	0.9		4903.416	
Termine stabilizzante: Peso diaframmi						
$\gamma_{cls}$ [kN/mc]	A cls [mq]	Hcls [m]	$\gamma_{g,stab}$		F <sub>stab,2</sub>	FS
25.00	21.00	17.50	0.9		8268.75	1.22

Figura 58: Presa a Lago – verifica a galleggiamento tappo di fondo + diaframmi a breve termine

## 5.2 Verifica di galleggiamento del manufatto di pompaggio

Per soddisfare la verifica di galleggiamento del manufatto di pompaggio a lungo termine, quando la falda avrà attraversato il tappo di fondo in jet grouting ed eserciterà la sua spinta direttamente sull'intradosso della platea, risulta necessario avere anche il contributo garantito dal peso dei diaframmi. Si prevede quindi di collegare strutturalmente il manufatto con i diaframmi, i quali sono dimensionati per le azioni statiche e sismiche.

Il collegamento tra i diaframmi e il manufatto di pompaggio dovrà avvenire mediante la realizzazione di un sistema diffuso di ancoraggi costituito da spezzoni di acciaio, inseriti nei diaframmi mediante ancoraggi chimici, che funzioneranno come connettori a taglio. Il numero e la spaziatura dei connettori dovranno essere identificati in sede di progettazione esecutiva.

Viene di seguito riportata la verifica a galleggiamento del complesso manufatto+diaframmi, considerando la sottospinta idraulica alle relative quote di base inferiore per diaframmi e platea.

Quota Falda		-0.50	m				
Quota Estradosso tappo		-10.35	m				
Lunghezza ingombro tappo		6.90	m				
Larghezza ingombro tappo		9.40	m				
Lunghezza ingombro diaframmi		8.10	m				
Larghezza ingombro diaframmi		10.60	m				
Stazione di pompaggio Presa Lago - Verifica a Galleggiamento a lungo termine							
Termine instabilizzante: Spinta dell'acqua sotto manufatto							
$\gamma_w$ [kN/mc]	A w [mq]	Hw [m]	$\gamma_{g,instab}$		F <sub>instab.1</sub>		
9.81	64.86	9.85	1.1		6894.06		
Termine instabilizzante: Spinta dell'acqua sotto ai diaframmi							
$\gamma_w$ [kN/mc]	A w [mq]	Hw [m]	$\gamma_{g,instab}$		F <sub>instab.1</sub>		
9.81	21.00	17.50	1.1		3965.69		
Termine stabilizzante: Peso diaframmi							
$\gamma_{cls}$ [kN/mc]	Lungh. tot [m]	Altezza [m]	Spess. [m]	$\gamma_{g,stab}$	F <sub>stab,1</sub>		
25.00	37.40	17.50	0.60	0.9	9817.5		
Termine stabilizzante: Peso pareti interne stazione di pompaggio							
$\gamma_{cls}$ [kN/mc]	Lungh. tot [m]	Altezza [m]	Spess. [m]	$\gamma_{g,stab}$	F <sub>stab,2</sub>		
25.00	32.60	9.25	0.20	0.9	1507.75		
Termine stabilizzante: Peso soletta stazione di pompaggio							
$\gamma_{cls}$ [kN/mc]	Lungh. tot [m]	Largh. [m]	Spess. [m]	$\gamma_{g,stab}$	F <sub>stab,3</sub>		
25.00	6.90	9.40	0.40	0.9	648.6		
Termine stabilizzante: Peso platea stazione di pompaggio							
$\gamma_{cls}$ [kN/mc]	Lungh. tot [m]	Largh. [m]	Spess. [m]	$\gamma_{g,stab}$	F <sub>stab,4</sub>		FS
25.00	6.90	9.40	0.50	0.9	810.75		1.18

Figura 59: Presa a Lago – verifica a galleggiamento a lungo termine Manufatto + diaframmi