Società Intercomunale Servizi Idrici S.r.l.
Piazza Risorgimento, 1 – Alba (CN) – Tel. 0173440366 – Fax. 0173293467 – sisiacque@pec.sisiacque.it

RISANAMENTO DEL COLLETTORE CONSORTILE AFFERENTE ALL'IMPIANTO DI GOVONE NEL TRATTO DI C.SO LANGHE NEL COMUNE DI ALBA IN FUNZIONE DEGLI OBIETTIVI DI QUALITA' DI CUI ALLA DIRETTIVA 2060/CE

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo strutture

CODICE DOCUMENTO	ELABORATO
3507-02-02100.DOC	1.7

REV.	DATA	REDAZIONE	VERIFICA	AUTORIZZAZIONE	MODIFICHE
00	MAGGIO 2021	S. GRIVA	A. DENINA	R. BERTERO	

SERVIZI DI INGEGNERIA

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI OPERATORI ECONOMICI

HYDRODATA INGEGNERIA DELLE RISORSE IDRICHE
HYDRODATA S.p.A.
via Pomba 23 - 10123 TORINO tel. 011 55 92 811, fax 011 56 20 620
e-mail: hydrodata@hydrodata.it sito web: www.hydrodata.it

HY.M. STUDIO Ingegneria idraulica
HY.M. STUDIO associazione professionale
via Pomba 23 - 10123 TORINO tel. 011 56 13 103, fax 011 55 92 891
e-mail: hym@hymstudio.it sito web: www.hymstudio.it

ARCHEOLOGA

ANNA LORENZATTO

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI TORINO
Dott. Ing. ROBERTO BERTERO n. 7570 L

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CUNEO
613 Dott. Ing. Aldo Denina

RIPRODUZIONE O CONSEGNA A TERZI SOLO DIETRO SPECIFICA AUTORIZZAZIONE

INDICE

1. GENERALITÀ 1

2. NORMATIVA VIGENTE 1

3. MATERIALI PREVISTI 2
   3.1 Calcestruzzo cordolo di testata 2
   3.2 Acciaio per c.a. 3
   3.3 Acciaio per paratia micropali 4

4. PRESTAZIONI DI PROGETTO – CLASSE DELLE STRUTTURE – VITA UTILE 5

5. STATI LIMITE 5

6. PARAMETRI GEOTECNICI 6

7. PARAMETRI SISMICI 7

8. METODO DI CALCOLO PARATIE DI MICROPALI 7

ALLEGATO 1 - ANALISI E VERIFICHE PARATIE DI MICROPALI - CAMERA DI SPINTA 11

ALLEGATO 2 - ANALISI E VERIFICHE PARATIE DI MICROPALI - CAMERA DI ESTRAZIONE 38

1. GENERALITÀ

Oggetto della presente relazione è il calcolo dei manufatti previsti nel Progetto Definitivo relativo agli "**Interventi di risanamento del collettore consortile afferente all'impianto di Govone nel tratto di C.so Langhe nel Comune di Alba in funzione degli obiettivi di qualità di cui alla direttiva 2060/CE**", siti nel comune di Alba (CN).

Nello specifico gli interventi in progetto, maggiormente significativi sono i seguenti:

- Paratia di micropali - camera di spinta disposta in pianta con geometria circolare con diametro in asse di 7.20 m, realizzate al fine di effettuare gli scavi per la realizzazione della camera di spinta, di altezza di scavo massima di 7.56 m, mediante micropali di lunghezza 13.0 m, posti in opera con interasse 50 cm, con diametro di perforazione di 250 mm e armatura tubolare in acciaio Φ193.7 mm e spessore 11 mm, vincolate in testate da cordoli in c.a di sezione 100x80 cm. (Allegato 1);

- Paratia di micropali - camera di estrazione avente dimensioni in pianta di 3.70 x 5.70 m, realizzate al fine di effettuare gli scavi per la realizzazione della camera di spinta, di altezza di scavo massima di 7.10 m, mediante micropali di lunghezza 13.0 m, posti in opera con interasse 50 cm, con diametro di perforazione di 250 mm e armatura tubolare in acciaio Φ193.7 mm e spessore 11 mm, vincolate in testate da cordoli di contrasto in c.a di sezione 100x80 cm il cui tratto di luce maggiore è di 5.10 m. (Allegato 2);

Internamente alle paratie di micropali verranno realizzate delle camerette in c.a. con pareti laterali di spessore variabile da un minimo di 60 cm (Camera di estrazione) sino ad un massiom di 100 cm (camera di spinta).

Si riportano nel seguito le analisi e le verifiche strutturali, in condizioni statiche e sismiche, ai sensi delle normative vigenti, dei manufatti maggiormente significativi. I manufatti non riportati in relazione sono stati analizzati e verificati in maniera analoga.
Il comune dove vengono realizzate le opere in progetto è quello di Alba (CN), sito in zona sismica 4, a bassa sismicità.

2. NORMATIVA VIGENTE

- D.M. 17 gennaio 2018 – "Nuove Norma Tecniche per le costruzioni"
- Circolare 11 febbraio 2019, "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2018".

3. MATERIALI PREVISTI

3.1 Calcestruzzo cordolo di testata

- Calcestruzzo con Classe di resistenza C 25/30
- R_{ck} = resistenza cubica del calcestruzzo = 30 N/mm^2
- f_{ck} = resistenza cilindrica a compressione = 0.83 R_{ck} = 24.90 N/mm^2
- f_{cm} = valore medio della resistenza cilindrica = f_{ck} + 8 = 32.8 N/mm^2
- f_{ctm} = resistenza media a trazione semplice assiale = 0.30 $f_{ck}^{2/3}$ = 2.558 N/mm^2
- f_{cfm} = resistenza a trazione per flessione = 1.2 f_{ctm} = 3.07 N/mm^2
- E_{cm} = modulo elastico = 22000 $(f_{cm}/10)^{0.3}$ = 31418 N/mm^2
- v = coefficiente di Poisson = 0.20
- Classe di consistenza: S4
- Classe d'esposizione ambientale: XC2
- Copriferro ≥ 50 mm

Dosatura dei materiali

La dosatura dei materiali per ottenere un cls C25/30 è orientativamente la seguente (per m^3 d'impasto).

sabbia	0.4 m^3
ghiaia	0.8 m^3
acqua	150 litri
cemento tipo 425	350 kg/m^3

Qualità dei componenti

La sabbia deve essere viva, con grani assortiti in grossezza da 0 a 3 mm, non proveniente da rocce in decomposizione, scricchiolante alla mano, pulita, priva di materie organiche, melmose, terrose e di salsedine.
La ghiaia deve contenere elementi assortiti, di dimensioni fino a 16 mm, resistenti e non gelivi, non friabili, scevri di sostanze estranee, terra e salsedine. Le ghiaie sporche vanno accuratamente lavate.
Anche il pietrisco proveniente da rocce compatte, non gessose né gelive, dovrà essere privo di impurità od elementi in decomposizione.
In definitiva gli inerti dovranno essere lavati ed esenti da corpi terrosi ed organici. Non sarà consentito assolutamente il misto di fiume. L'acqua da utilizzare per gli impasti dovrà essere potabile, priva di sali (cloruri e solfuri).
Potranno essere impiegati additivi fluidificanti o superfluidificanti per contenere il rapporto acqua/cemento mantenendo la lavorabilità necessaria.

Prescrizione per inerti

Sabbia viva 0-7 mm, pulita, priva di materie organiche e terrose; sabbia fino a 30 mm (70mm per fondazioni), non geliva, lavata;pietrisco di roccia compatta.
Assortimento granulometrico in composizione compresa tra le curve granulometriche sperimentali:

- passante al vaglio di mm 16 = 100%
- passante al vaglio di mm 8 = 88-60%
- passante al vaglio di mm 4 = 78-36%
- passante al vaglio di mm 2 = 62-21%

- passante al vaglio di mm 1 = 49-12%
- passante al vaglio di mm 0.25 = 18-3%

Prescrizione per il disarmo
Indicativamente: pilastri 3-4 giorni; solette modeste 10-12 giorni; travi, archi 24-25 giorni, mensole 28 giorni.
Per ogni porzione di struttura, il disarmo non può essere eseguito se non previa autorizzazione della Direzione Lavori.

Controlli di accettazione: provini da prelevarsi in cantiere (Punto 11.2.5 del D.M. 14/01/08)

Prelievo = n° 2 cubetti di lato 15 cm;
Controllo tipo A
Il controllo è riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 m^3.
Ogni controllo di accettazione di tipo A è rappresentato da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m^3 di getto di miscela omogenea. Risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 m^2 massimo di getto. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo.
Nelle costruzioni con meno di 100 m^3 di getto di miscela omogenea, fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi e del rispetto delle limitazioni di cui sopra, è consentito derogare all'obbligo del prelievo giornaliero.
Controllo di accettazione di tipo A (quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 m^3), positivo se:

$$R_i \geq R_{ck} - 3.5$$

Controllo tipo B
Nella realizzazione di opere strutturali che richiedano l'impiego di più di 1500 m^3 di miscela omogenea è obbligatorio il controllo di accettazione di tipo statistico (B).
Il controllo è riferito ad una definita miscela omogenea e va eseguito con frequenza non minore di un controllo ogni 1500 m^3 di calcestruzzo.
Per ogni giorno di getto di miscela omogenea va effettuato un prelievo e complessivamente almeno 15 prelievi sui 1500 m^3.

Il prelievo dei provini per il controllo di accettazione va eseguito alla presenza del Direttore dei Lavori o di un Tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di un apposito verbale di prelievo e dispone l'identificazione dei provini mediante sigle.
La domanda di prove al Laboratorio deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo.

3.2 Acciaio per c.a.

- Tipo B450C
- f_{yk} = tensione caratteristica di snervamento = 450 N/mm^2
- f_{yt} = tensione caratteristica di rottura = 540 N/mm^2
- $(f_t/f_y)_k \geq 1.15$ e < 1.35
- $(f_t/f_{ynom})_k \leq 1.25$
- Allungamento $(A_{gt})_k \geq 7.5\%$
- γ_s = coefficiente di sicurezza dell'acciaio per c.a. = 1.15
- f_{yd} = resistenza di calcolo = 450 : 1.15 = 391.30 N/mm^2
- f_{bd} = resistenza tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo = $f_{bk} : \gamma_c$ = 5.755 : 1.5 = 3.837 N/mm^2
- f_{bk} = resistenza tangenziale caratteristica = $2.25 \times \eta \times f_{ctk}$ = 2.25 x 1.0 x 2.558 = 5.755 N/mm^2

3.3 Acciaio per paratia micropali

- Acciaio tipo S355
- f_{yk} = tensione caratteristica di snervamento ≥ 355 N/mm^2
- f_{tk} tensione caratteristica a rottura ≥ 510 N/mm^2

4. PRESTAZIONI DI PROGETTO – CLASSE DELLE STRUTTURE – VITA UTILE

Le opere in progetto risultano essere di classe d'uso II

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

ed è di tipo 2 *(opere ordinarie)*

	TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva[1]	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

con vita nominale ≥ 50 anni, C_U = coefficiente d'uso = 1.0, V_R = vita di riferimento = C_U x V_N = 50 anni.

5. STATI LIMITE

La sicurezza e le prestazioni dei manufatti sono state valutate in relazione agli Stati Limite che si possono verificare durante la loro vita nominale. In particolare le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

- *sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU), sia di tipo geotecnico (GEO e di equilibrio di corpo rigido (EQU,) che di tipo strutturale (STR)*
- *sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE)*

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di resistenza si effettua con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dall'equazione formale:

$$R_d \geq E_d$$

dove:

R_d è la resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali ed ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate;

E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato in base ai valori di progetto $F_{dj} = F_{kj} \cdot \gamma_{Fj}$ delle azioni o direttamente $E_{dj} = E_{kj} \cdot \gamma_{Ej}$

Inoltre si è considerata:

V_N = vita nominale dell'opera ≥ 50 anni

Classe d'uso di tipo II con coefficiente $C_U = 1.0$

V_R = periodo di riferimento = $V_N \cdot C_U$ = 50 anni

6. PARAMETRI GEOTECNICI

Le condotte saranno posate nelle da alluvioni ghiaioso sabbiose debolmente limose, con locale presenza di ciottoli, e nel substrato marnoso. Allo stato attuale non è possibile definire in che misura saranno interessato coperture e substrato, tuttavia la probabilità che gli scavi interessino esclusivamente quest'ultimo aumentano via via che ci si allontana dall'asse vallivo del Cherasca.

Viste le caratteristiche dei sedimenti alluvionali grossolani, in via cautelativa in attesa degli esiti delle indagini geognostiche, possono essere ipotizzati i seguenti parametri geotecnici:

- $\phi'_P = 33°$;
- c- $c_u = 0$;
- $\gamma = 18$ kN/m^3.

Per quanto riguarda i limi che costituiscono la coltre superficiale e le alluvioni fini, possono essere ipotizzati i seguenti parametri geotecnici:

- $\phi'_P = 22°$;
- $c_u = 10$ kPa (0,1 kg/cm^2);
- $\gamma = 18$ kN/m^3.

Infine, per le marne, che verosimilmente al contatto con le alluvioni sono parzialmente alterate, si ipotizzano i seguenti parametri geotecnici:

- $\phi'_P = 20°$;
- $c_u = 200$ kPa (2 kg/cm^2);
- $c = 40$ kPa (0,5 kg/cm^2);
- $\gamma = 18$ kN/m^3.

Gli scavi verranno pertanto condotti nelle alluvioni recenti, costituite sia, soprattutto in superficie, da livelli limoso sabbioso della potenza massima di 5-7 m, sia, talora, soprattutto alla base da alluvioni grossolane potenti 2-3 m e nel sottostante substrato marnoso riconducibile alla Formazione delle Marne di Sant'Agata Fossili. Tale formazione, infatti, affiora su entrambi i versanti che delimitano il fondovalle del Tanaro in corrispondenza dell'area di intervento. Sulla base delle informazioni finora raccolte si desume che le tubazioni saranno posate in prossimità del contatto tra substrato marnoso e coltri superficiale, con maggiori possibilità di uno scavo interamente nel substrato via via che ci si sposta dall'asse vallivo del Cherasca.

7. PARAMETRI SISMICI

L'azione dell'azione sismica di progetto è effettuata in funzione della "pericolosità sismica di base" del sito mediante opportune formule spettrali variabili in relazione alla probabilità di superamento, nel periodo di riferimento adottato e, pertanto, in relazione al particolare stato limite considerato (SLV = Stato limite di Salvaguardia della Vita e SLD = Stato Limite di Danno).

I valori base dei parametri utili che consentono di definire le suddette azioni sismiche, per sito di riferimento rigido orizzontale sono quelli della "*Accelerazione orizzontale massima al sito"* (a_g), del *"Fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione"* (F_o) e del *"Periodo di inizio del tratto costante dello spettro in accelerazione"* (T_C) che, come detto sono variabili a seconda dello stato limite considerato.

Tali valori sono definiti interpolando tra i valori forniti per i vertici del reticolo di riferimento più prossimi al sito.
L'azione sismica non è tenuta in conto nella valutazione delle sollecitazioni relative ai manufatti "provvisori" come le camere di spinta.

Il Comune dove saranno realizzate le opere in progetto è quello di Alba (CN) ed è posizionato secondo i seguenti valori:

Latitudine: 44.693
Longitudine: 8.028
Si hanno i seguenti parametri sismici:

In particolare, per lo SLV si sono adottati i seguenti parametri sismici:
P_r = periodo di ritorno = 475 anni
a_g = accelerazione massima del sito = 0.048 g
F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale = 2.683
T^*_C = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale = 0.29
Ai fini della definizione sismica di progetto, il terreno interessato dall'intervento può essere classificato di categoria "E"

E	*Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m,* posti sul substrato di riferimento (con V_s > 800 m/s).

8. METODO DI CALCOLO PARATIE DI MICROPALI

PARATIE è un codice agli elementi finiti che simula il problema di uno scavo sostenuto da diaframmi flessibili e permette di valutare il comportamento della parete di sostegno durante tutte le fasi intermedie e nella configurazione finale.

Il problema è visto ad un problema piano in cui viene analizzata una "fetta" di parete di larghezza unitaria, come mostrato nella Figura A. PARATIE non è quindi idoneo a studiare problemi in cui vi siano importanti effetti tridimensionali.

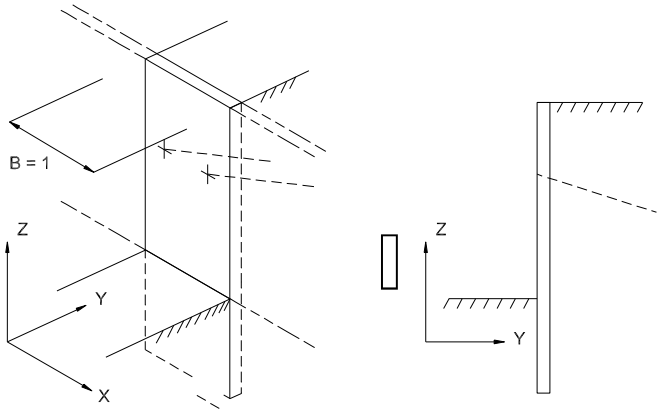


Figura A

La modellazione numerica dell'interazione terreno-struttura è del tipo "TRAVE SU SUOLO ELASTICO": le pareti di sostegno vengono rappresentate con elementi finiti trave il cui comportamento è definito dalla rigidezza flessionale EJ, mentre il terreno viene simulato attraverso elementi elastoplastici monodimensionali (molle) connessi ai nodi delle paratie: ad ogni nodo convergono uno o al massimo due elementi terreno.

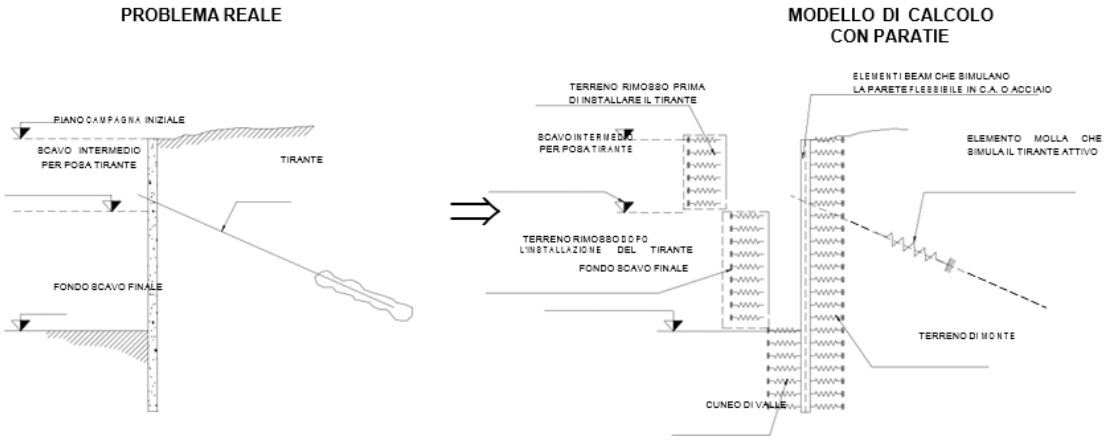


Figura B

Il limite di questo schema sta nell'ammettere che ogni porzione di terreno, schematizzata da una "molla", abbia comportamento del tutto indipendente dalle porzioni adiacenti; l'interazione fra le varie regioni di terreno è affidata alla rigidezza flessionale della parete.

La realizzazione dello scavo sostenuto da una o due paratie, eventualmente tirantate, viene seguita in tutte le varie fasi attraverso un'analisi STATICA INCREMENTALE: ogni passo di carico coincide con una ben precisa configurazione caratterizzata da una certa quota di scavo, da un certo insieme di tiranti applicati, da una ben precisa disposizione di carichi applicati. Poiché il comportamento degli elementi finiti è di tipo elasto-plastico, ogni configurazione dipende in generale dalle configurazioni precedenti e lo sviluppo di deformazioni plastiche ad un certo passo condiziona la risposta della struttura nei passi successivi. La soluzione ad ogni nuova configurazione (step) viene raggiunta attraverso un calcolo iterativo alla Newton-Raphson (Bathe (1996))

L'analisi ha lo scopo di indagare la risposta strutturale in termini di deformazioni laterali subite dalla parete durante le varie fasi di scavo e di conseguenza la variazione delle pressioni orizzontali nel terreno. Per far

questo, in corrispondenza di ogni nodo è necessario definire due soli gradi di libertà, cioè lo spostamento orizzontale e la rotazione attorno all'asse X ortogonale al piano della struttura (positiva se antioraria)
L'analisi sismica è affrontata con il metodo pseudostatico di Mononobe-Okabe.
Si riportano le analisi e verifiche in condizioni statiche e sismiche delle paratia di pali come previsto in normativa.

ALLEGATO 1 - Analisi e verifiche paratie di micropali - camera di spinta

Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : HORIZONTAL
Quota : 0 m
OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL
Quota : -6 m
OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL
Quota : -8 m
OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	γ dry	γ sat	ø'	øcv	øp	c'	Su	Modulo Elastico	Eu	Evc	Eur	Ah	Av	exp	Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur
		kN/m³	kN/m³	°	°	°	kPa	kPa			kPa	kPa				kPa		kPa	kN/m³	kN/m³	kN/m³
1	Limi superficiali	18	18	22			10		Constant		10000	16000									
2	Alluvioni ghiaoso sabbiose	18	18	33			0		Constant		30000	48000									
3	Substrato marnoso	18	18	20			40		Constant		60000	96000									

Descrizione Pareti

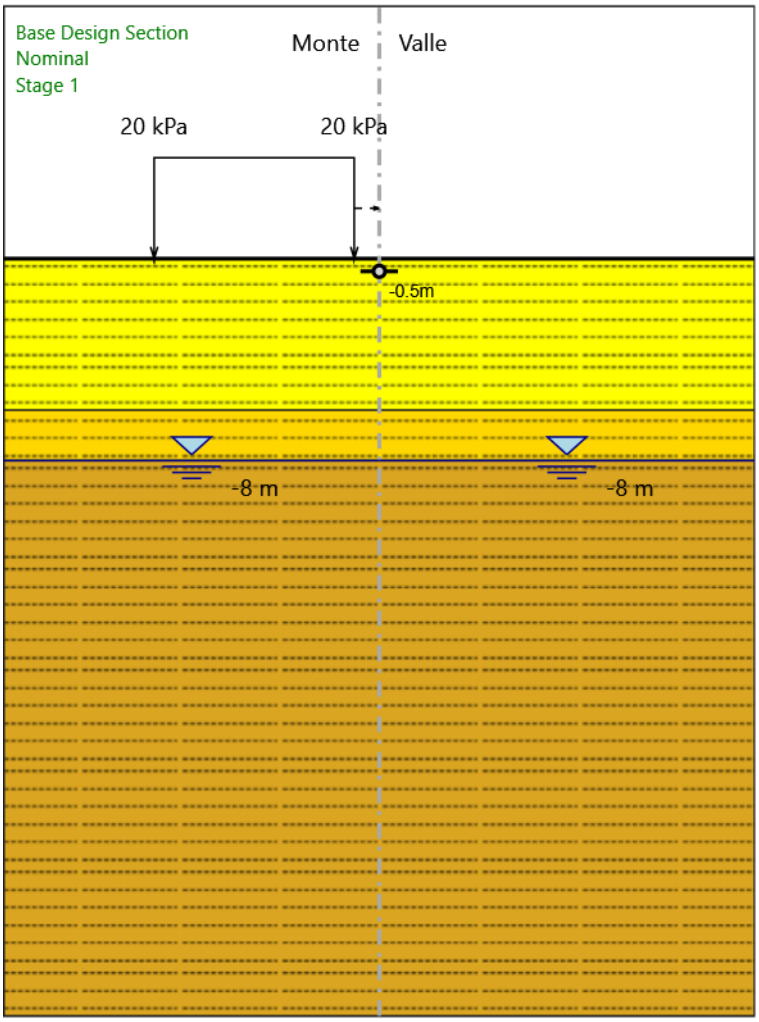
X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -13 m
Muro di sinistra

Sezione : Default Section
Area equivalente : 0.0248329021983844 m
Inerzia equivalente : 0.0001 m^4/m
Materiale calcestruzzo : C20/25
Tipo sezione : Tangent
Spaziatura : 0.5 m
Diametro : 0.25 m
Efficacia : 1
Materiale acciaio : S355
Sezione : 0.1937x0.011
Tipo sezione : O
Spaziatura : 0.5 m

Spessore : 0.011 m
Diametro : 0.1937 m

Fasi di Calcolo

Stage 1



Stage 1

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m
Lato valle : 0 m

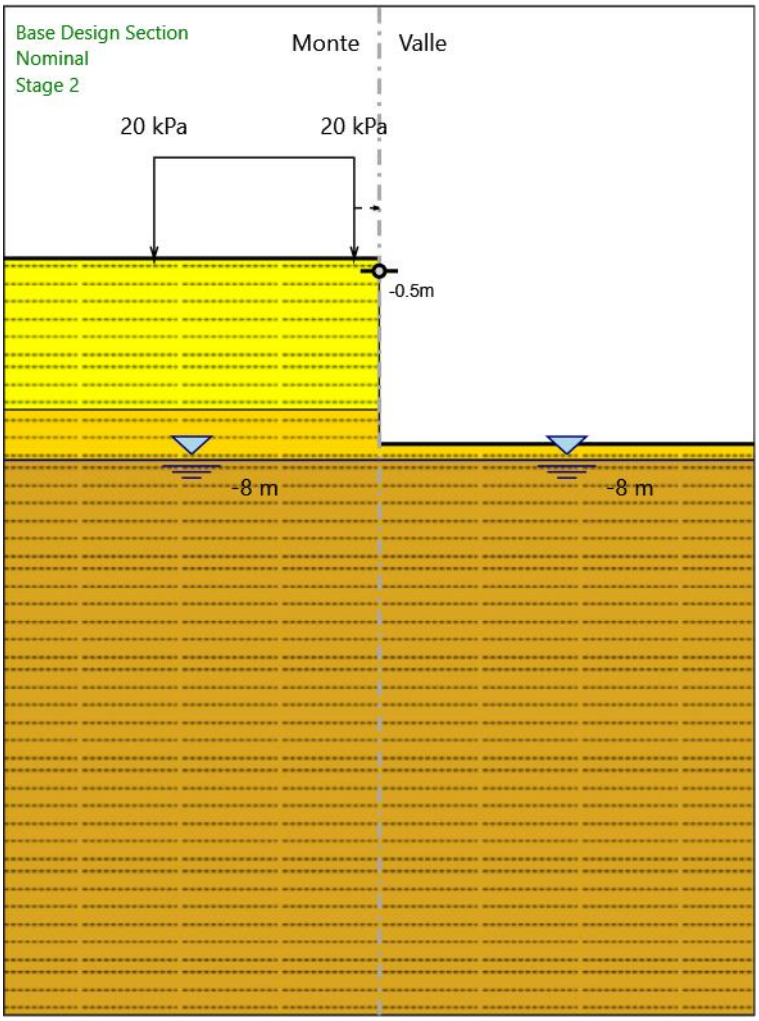
Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)
0 m
Linea di scavo di destra (Orizzontale)
0 m

Falda acquifera
Falda di sinistra : -8 m
Falda di destra : -8 m

Carichi
Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge
X iniziale : -9 m
X finale : -1 m
Pressione iniziale : 20 kPa
Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali
Paratia : WallElement
X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -13 m
Sezione : Default Section
Vincolo fisso : FixedSupport
X : 0 m
Z : -0.5 m
Angolo : 0 °

Stage 2



Stage 2

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7.36 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-7.36 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -8 m

Falda di destra : -8 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -9 m

X finale : -1 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -13 m

Sezione : Default Section

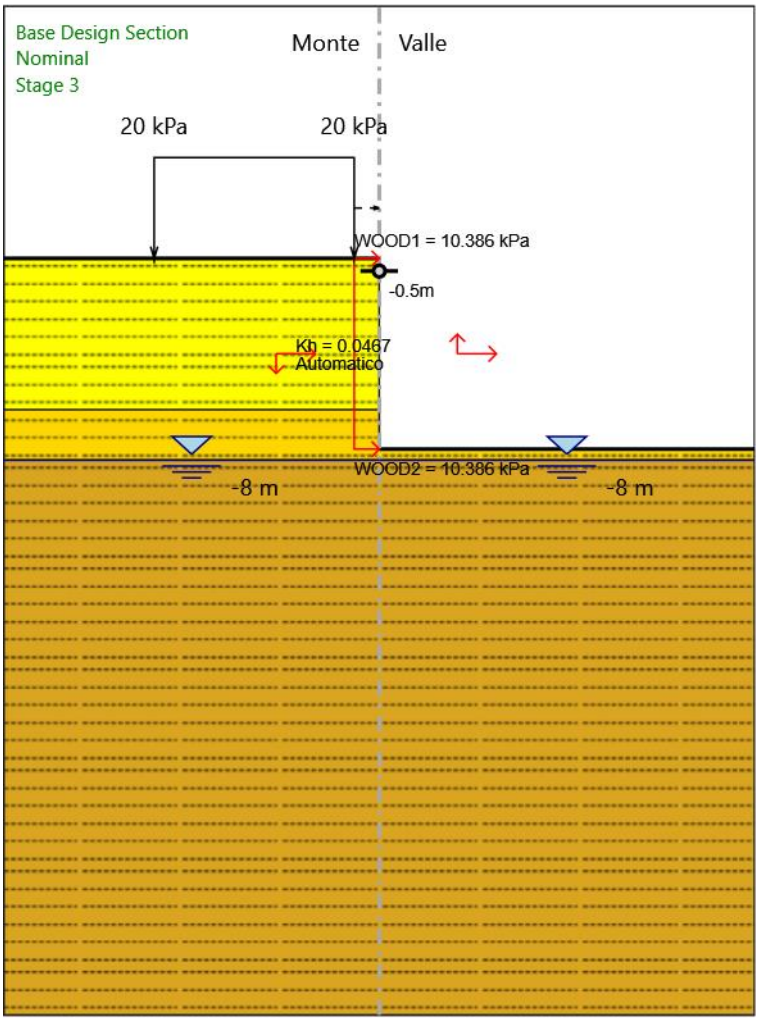
Vincolo fisso : FixedSupport

X : 0 m

Z : -0.5 m

Angolo : 0 °

Stage 3



Stage 3

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7.56 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-7.56 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -8 m

Falda di destra : -8 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -9 m

X finale : -1 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -13 m

Sezione : Default Section

Vincolo fisso : FixedSupport

X : 0 m

Z : -0.5 m

Angolo : 0 °

Descrizione Coefficienti Design Assumption

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favour)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load_unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_favour)	Carico Sismico (F_seism_load)	Pressioni Acqua Lato Monte (F_WaterDR)	Pressioni Acqua Lato Valle (F_WaterRes)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_UPL_GDStab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_UPL_GStab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_UPL_QDStab)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_HYD_GDStab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_HYD_GStab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_HYD_QDStab)
Simbolo	**γG**	**γG**	**γQ**	**γQ**	**γQE**	**γG**	**γG**	**γGdst**	**γGstb**	**γQdst**	**γGdst**	**γGstb**	**γQdst**
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1

Nome	Parziale su tan(ø') (F_Fr)	Parziale su c' (F_eff_cohe)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su qu (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	**γϕ**	**γc**	**γcu**	**γqu**	**γγ**
Nominal	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1

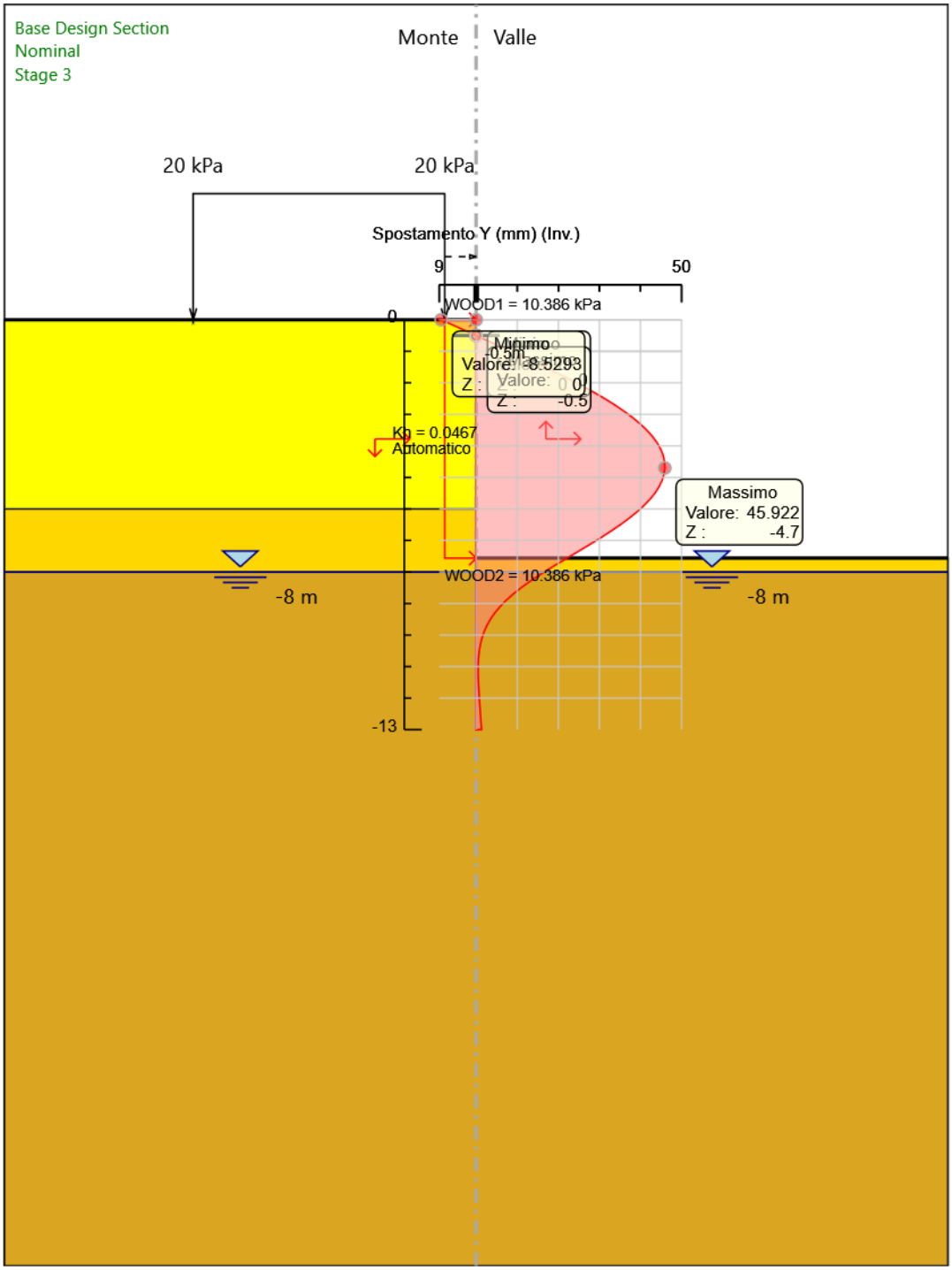
Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	**γRe**	**γap**	**γat**	
Nominal	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1.2	1.1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1.2	1.1	1

Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	Stage 1	Stage 2	Stage 3
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1	V	V	V
NTC2018: SISMICA STR	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO	V	V	V

Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

Grafico Inviluppi Spostamento



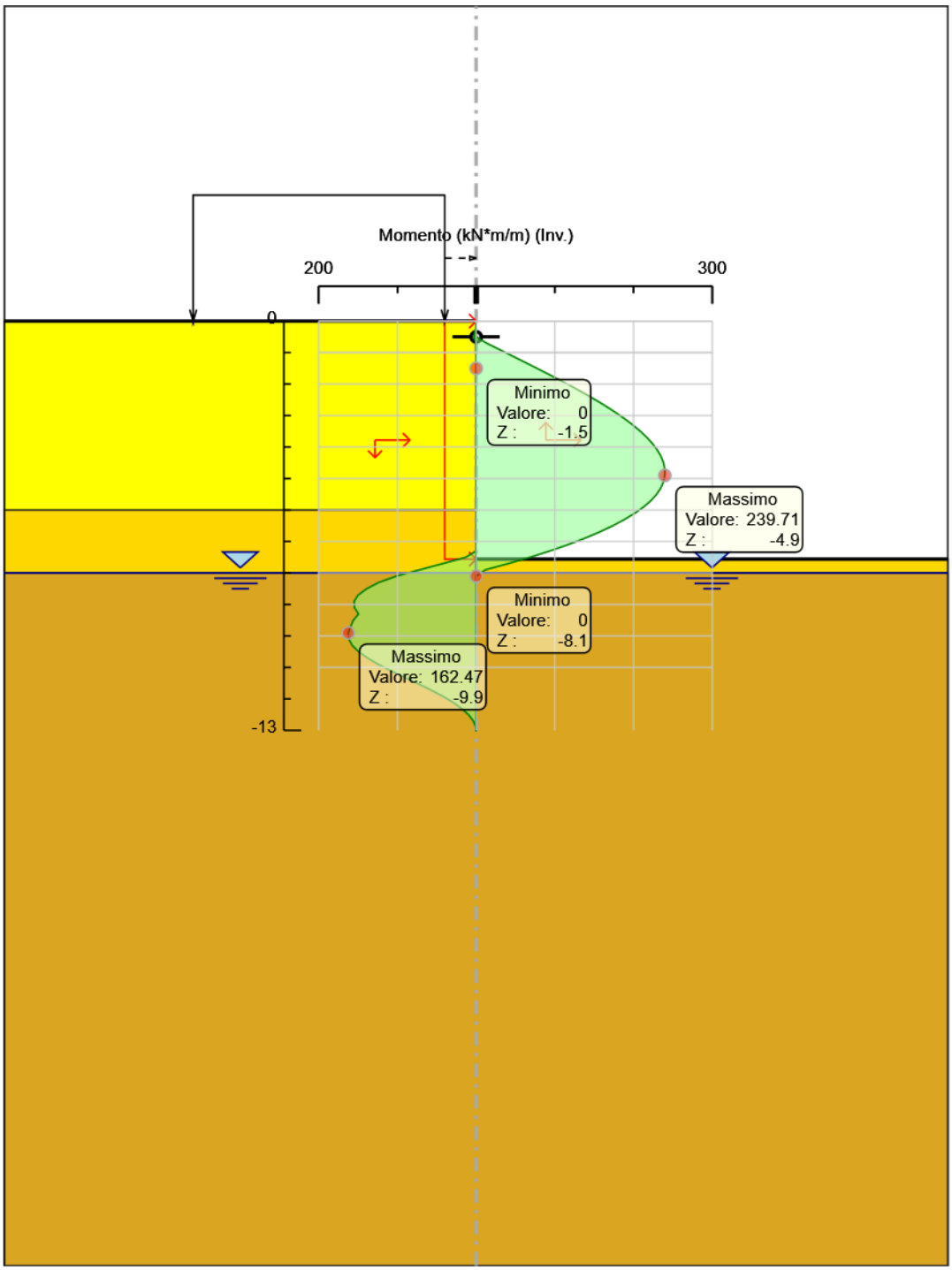
Spostamento

Tabella Inviluppi Momento WallElement

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.2	0.558	0
-0.4	2.113	0
-0.5	3.214	0
-0.7	0	13.41
-0.9	0	29.416
-1.1	0	45.422
-1.3	0	61.415
-1.5	0	77.303
-1.7	0	92.975
-1.9	0	108.335
-2.1	0	123.28
-2.3	0	137.722
-2.5	0	151.564
-2.7	0	164.72
-2.9	0	177.1
-3.1	0	188.62
-3.3	0	199.192
-3.5	0	208.734
-3.7	0	217.161
-3.9	0	224.391
-4.1	0	230.34
-4.3	0	234.929
-4.5	0	238.074
-4.7	0	239.697
-4.9	0	239.714
-5.1	0	238.048
-5.3	0	234.617
-5.5	0	229.343
-5.7	0	222.144
-5.9	0	212.944
-6.1	0	201.661
-6.3	0	188.55
-6.5	0	173.554
-6.7	0	156.621
-6.9	0	137.694
-7.1	0	116.72
-7.3	0	93.644
-7.5	13.328	68.412
-7.7	42.306	40.969
-7.9	71.97	11.633
-8.1	101.412	0
-8.3	123.835	0
-8.5	139.078	0
-8.7	149.953	0
-8.9	155.012	0
-9.1	154.561	0
-9.3	149.486	0
-9.5	156.056	0
-9.7	159.562	0
-9.9	162.466	0
-10.1	161.782	0
-10.3	157.409	0
-10.5	149.248	0
-10.7	137.967	0
-10.9	124.304	0
-11.1	108.87	0
-11.3	92.161	0

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-11.5	75.118	0
-11.7	58.622	0
-11.9	43.374	0
-12.1	29.899	0
-12.3	18.589	0
-12.5	9.74	0
-12.7	3.603	0
-12.9	0.41	0.003
-13	0	0

Grafico Inviluppi Momento



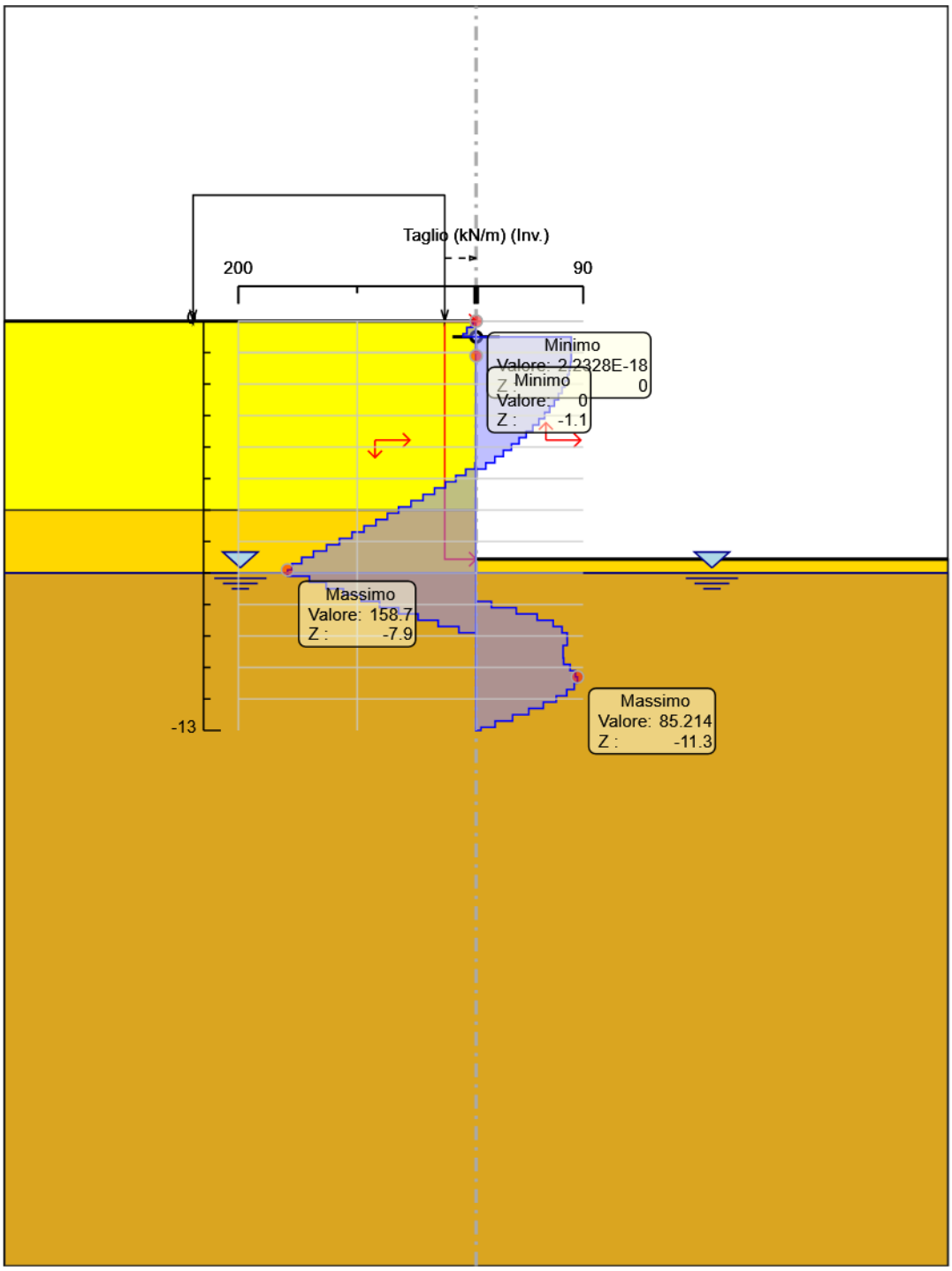
Momento

Tabella Inviluppi Taglio WallElement

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	2.789	0
-0.2	7.774	0
-0.4	11.016	0
-0.5	11.016	80.029
-0.7	0	80.029
-0.9	0	80.029
-1.1	0	80.029
-1.3	0	79.967
-1.5	0	79.439
-1.7	0	78.358
-1.9	0	76.801
-2.1	0	74.726
-2.3	0	72.209
-2.5	0	69.208
-2.7	0	65.784
-2.9	0	61.899
-3.1	0	57.601
-3.3	0	52.859
-3.5	0	47.712
-3.7	0	42.131
-3.9	0	36.151
-4.1	0	29.746
-4.3	0	22.945
-4.5	0.89	15.725
-4.7	8.766	8.113
-4.9	17.076	0.087
-5.1	25.841	0
-5.3	35.037	0
-5.5	44.686	0
-5.7	54.765	0
-5.9	65.293	0
-6.1	74.671	0
-6.3	84.339	0
-6.5	94.286	0
-6.7	104.52	0
-6.9	115.032	0
-7.1	125.832	0
-7.3	136.909	0
-7.5	146.729	0
-7.7	154.988	0
-7.9	158.704	0
-8.1	158.704	0
-8.3	140.196	0
-8.5	126.174	0
-8.7	111.674	0
-8.9	96.71	12.84
-9.1	81.268	33.751
-9.3	65.335	51.332
-9.5	48.899	64.829
-9.7	31.961	72.229
-9.9	14.521	76.597
-10.1	0	76.637
-10.3	0	76.637
-10.5	0	73.232
-10.7	0	73.629
-10.9	0	79.038
-11.1	0	83.547
-11.3	0	85.214

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-11.5	0	85.214
-11.7	0	82.479
-11.9	0	76.242
-12.1	0	67.375
-12.3	0	56.546
-12.5	0	44.247
-12.7	0	30.685
-12.9	0.027	15.967
-13	0.027	4.095

Grafico Inviluppi Taglio



Taglio

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva %
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 1	Left Wall	LEFT	17.51
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 3	Left Wall	RIGHT	63.01

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva %
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 3	Left Wall	LEFT	112.81
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 1	Left Wall	RIGHT	178.23

Inviluppo Risultati Elementi Strutturali

Elemento strutturale	Design Assumption	Stage	FixedSupport Sollecitazione kN/m
FixedSupport	NTC2018: A2+M2+R1	Stage 3	90.09

Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali

Normative Verifiche	
Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

Coefficienti per Verifica Tiranti	
GEO FS	1
ξa3	1.8
γs	1.15

Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	Stage 1	Stage 2	Stage 3
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V

Design Assumption	Stage 1	Stage 2	Stage 3
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1	V	V	V
NTC2018: SISMICA STR	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO	V	V	V

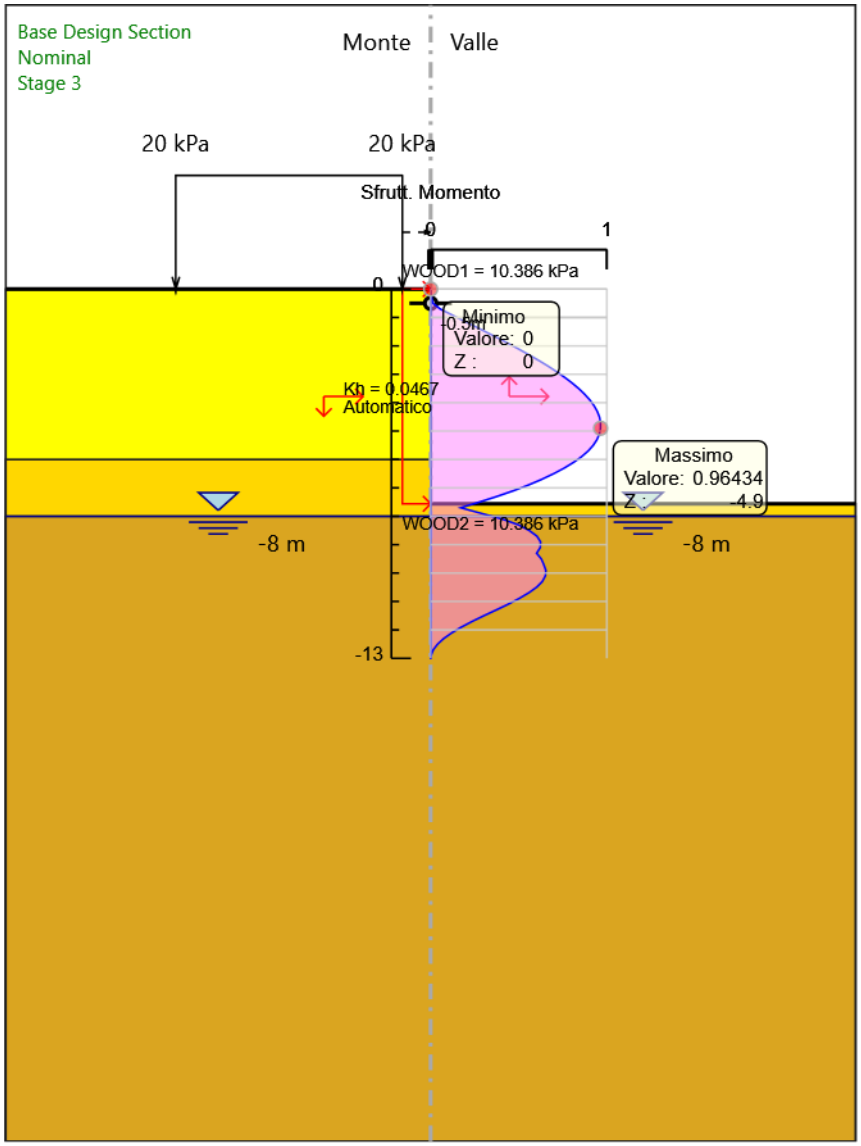
Risultati SteelWorld

Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld
0	0
-0.2	0.002
-0.4	0.008
-0.5	0.013
-0.7	0.054
-0.9	0.118
-1.1	0.183
-1.3	0.247
-1.5	0.311
-1.7	0.374
-1.9	0.436
-2.1	0.496
-2.3	0.554
-2.5	0.61
-2.7	0.663
-2.9	0.712
-3.1	0.759
-3.3	0.801
-3.5	0.84
-3.7	0.874
-3.9	0.903
-4.1	0.927
-4.3	0.945
-4.5	0.958
-4.7	0.964
-4.9	0.964
-5.1	0.958
-5.3	0.944
-5.5	0.923
-5.7	0.894
-5.9	0.857
-6.1	0.811
-6.3	0.759
-6.5	0.698
-6.7	0.63
-6.9	0.554
-7.1	0.47
-7.3	0.377
-7.5	0.275
-7.7	0.17
-7.9	0.29
-8.1	0.408
-8.3	0.498
-8.5	0.559
-8.7	0.603
-8.9	0.624
-9.1	0.622
-9.3	0.601
-9.5	0.628
-9.7	0.642
-9.9	0.654
-10.1	0.651
-10.3	0.633
-10.5	0.6
-10.7	0.555
-10.9	0.5

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld
-11.1	0.438
-11.3	0.371
-11.5	0.302
-11.7	0.236
-11.9	0.174
-12.1	0.12
-12.3	0.075
-12.5	0.039
-12.7	0.014
-12.9	0.002
-13	0

Grafico Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld



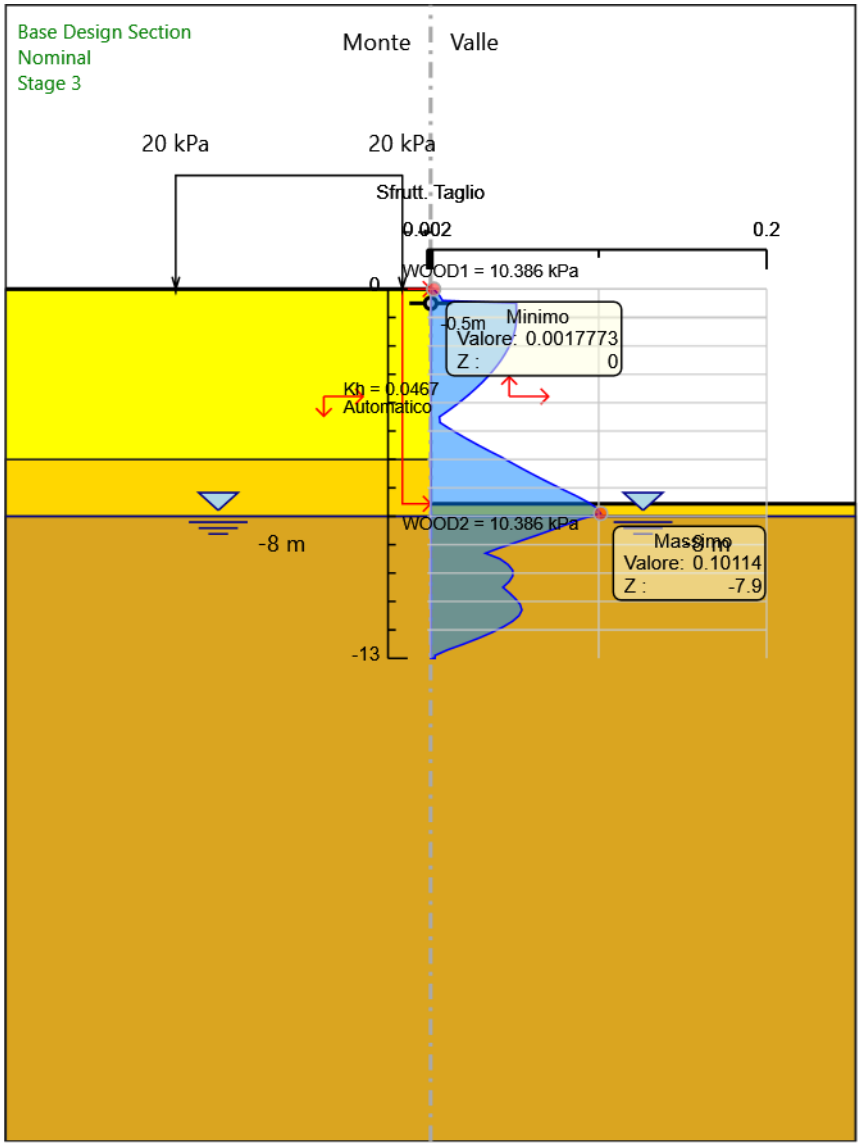
Inviluppi
Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld

Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld
0	0.002
-0.2	0.005
-0.4	0.007
-0.5	0.051
-0.7	0.051
-0.9	0.051
-1.1	0.051
-1.3	0.051
-1.5	0.05
-1.7	0.049
-1.9	0.048
-2.1	0.046
-2.3	0.044
-2.5	0.042
-2.7	0.039
-2.9	0.037
-3.1	0.034
-3.3	0.03
-3.5	0.027
-3.7	0.023
-3.9	0.019
-4.1	0.015
-4.3	0.01
-4.5	0.005
-4.7	0.006
-4.9	0.011
-5.1	0.016
-5.3	0.022
-5.5	0.028
-5.7	0.035
-5.9	0.042
-6.1	0.048
-6.3	0.054
-6.5	0.06
-6.7	0.067
-6.9	0.073
-7.1	0.08
-7.3	0.087
-7.5	0.094
-7.7	0.099
-7.9	0.101
-8.1	0.089
-8.3	0.08
-8.5	0.071
-8.7	0.062
-8.9	0.052
-9.1	0.042
-9.3	0.033
-9.5	0.041
-9.7	0.046
-9.9	0.049
-10.1	0.049
-10.3	0.047
-10.5	0.043
-10.7	0.047
-10.9	0.05
-11.1	0.053
-11.3	0.054
-11.5	0.053

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	LEFT
Z (m)	**Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld**
-11.7	0.049
-11.9	0.043
-12.1	0.036
-12.3	0.028
-12.5	0.02
-12.7	0.01
-12.9	0.003
-13	0.003

Grafico Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld



Inviluppi
Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld

ALLEGATO 2 - Analisi e verifiche paratie di micropali - camera di estrazione

Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : HORIZONTAL
Quota : 0 m
OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL
Quota : -6 m
OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL
Quota : -8 m
OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	γ dry	γ sat	ø'	øcv	øp	c'	Su	Modulo Elastico	Eu	Evc	Eur	Ah	Av	exp	Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur
		kN/m³	kN/m³	°	°	°	kPa	kPa			kPa	kPa				kPa		kPa	kN/m³	kN/m³	kN/m³
1	Limi superficiali	18	18	22			10		Constant		10000	16000									
2	Alluvioni ghiaoso sabbiose	18	18	33			0		Constant		30000	48000									
3	Substrato marnoso	18	18	20			40		Constant		60000	96000									

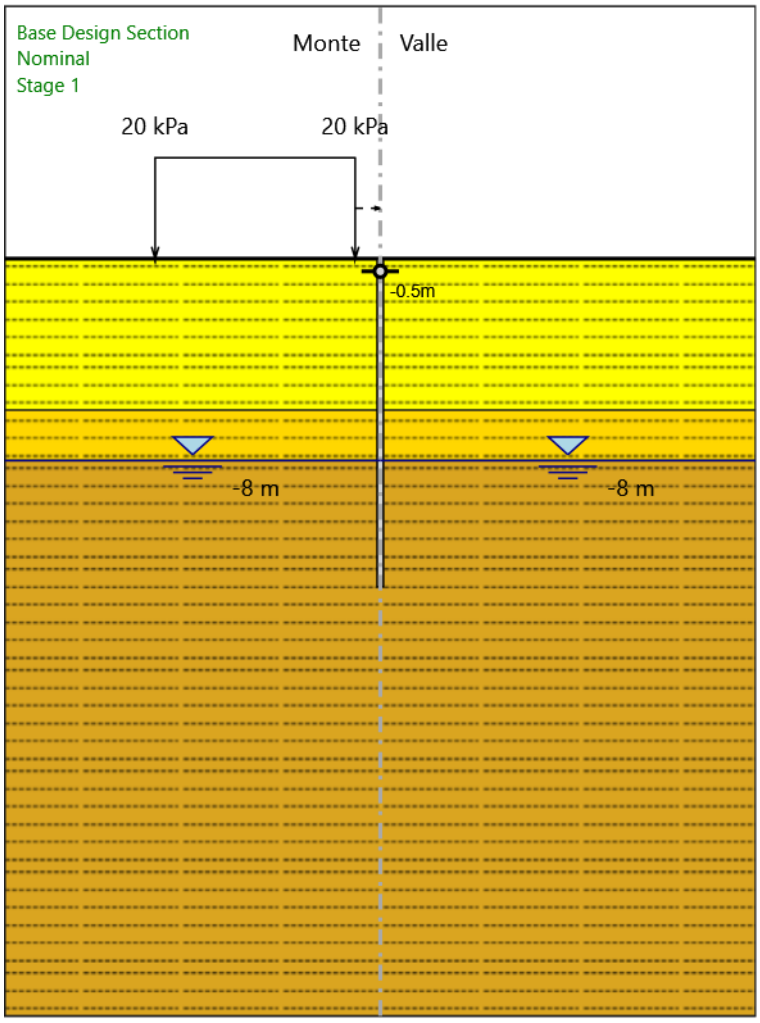
Descrizione Pareti

X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -13 m
Muro di sinistra

Sezione : Default Section
Area equivalente : 0.0248329021983844 m
Inerzia equivalente : 0.0001 m^4/m
Materiale calcestruzzo : C20/25
Tipo sezione : Tangent
Spaziatura : 0.5 m
Diametro : 0.25 m
Efficacia : 1
Materiale acciaio : S355
Sezione : 0.1937x0.011
Tipo sezione : O
Spaziatura : 0.5 m
Spessore : 0.011 m
Diametro : 0.1937 m

Fasi di Calcolo

Stage 1



Stage 1

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -8 m

Falda di destra : -8 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -9 m

X finale : -1 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -13 m

Sezione : Default Section

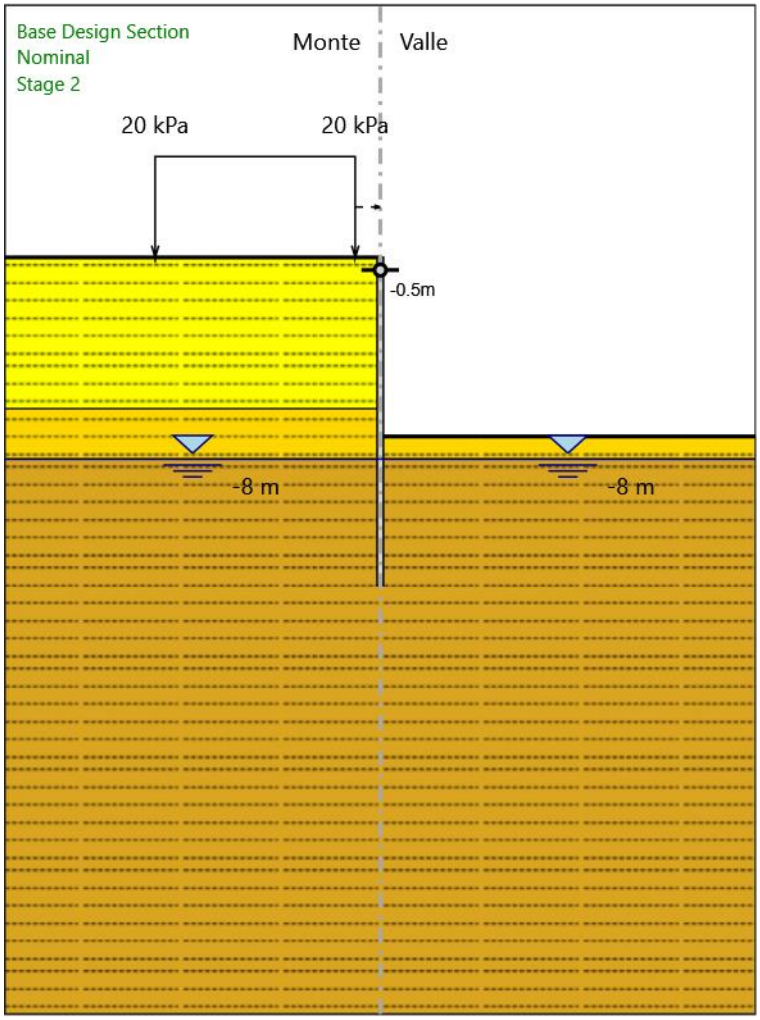
Vincolo fisso : FixedSupport

X : 0 m

Z : -0.5 m

Angolo : 0 °

Stage 2



Stage 2

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7.1 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-7.1 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -8 m

Falda di destra : -8 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -9 m

X finale : -1 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -13 m

Sezione : Default Section

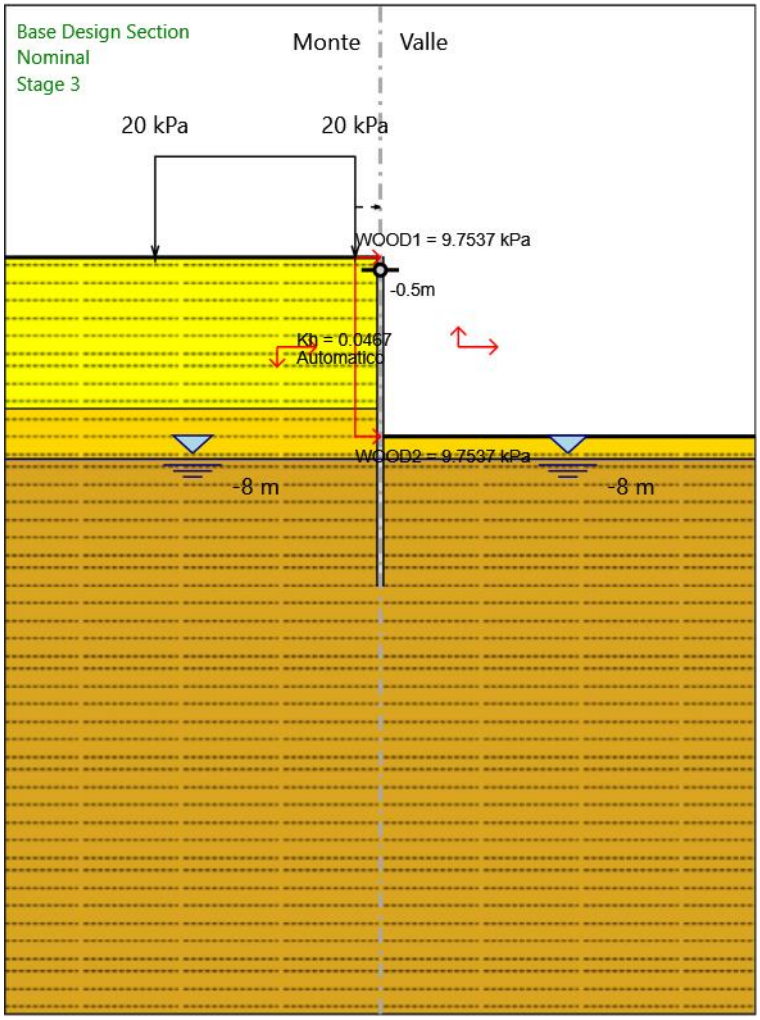
Vincolo fisso : FixedSupport

X : 0 m

Z : -0.5 m

Angolo : 0 °

Stage 3



Stage 3

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7.1 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-7.1 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -8 m

Falda di destra : -8 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -9 m

X finale : -1 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -13 m

Sezione : Default Section

Vincolo fisso : FixedSupport

X : 0 m

Z : -0.5 m

Angolo : 0 °

Descrizione Coefficienti Design Assumption

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favour)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load_unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_favour)	Carico Sismico (F_seism_load)	Pressioni Acqua Lato Monte (F_WaterDR)	Pressioni Acqua Lato Valle (F_WaterRes)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_UPL_GDStab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_UPL_GStab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_UPL_QDStab)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_HYD_GDStab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_HYD_GStab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_HYD_QDStab)
Simbolo	**γG**	**γG**	**γQ**	**γQ**	**γQE**	**γG**	**γG**	**γGdst**	**γGstb**	**γQdst**	**γGdst**	**γGstb**	**γQdst**
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1

Nome	Parziale su tan(ø') (F_Fr)	Parziale su c' (F_eff_cohe)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su qu (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	**γϕ**	**γc**	**γcu**	**γqu**	**γγ**
Nominal	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1

Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	**γRe**	**γap**	**γat**	
Nominal	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1.2	1.1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1.2	1.1	1

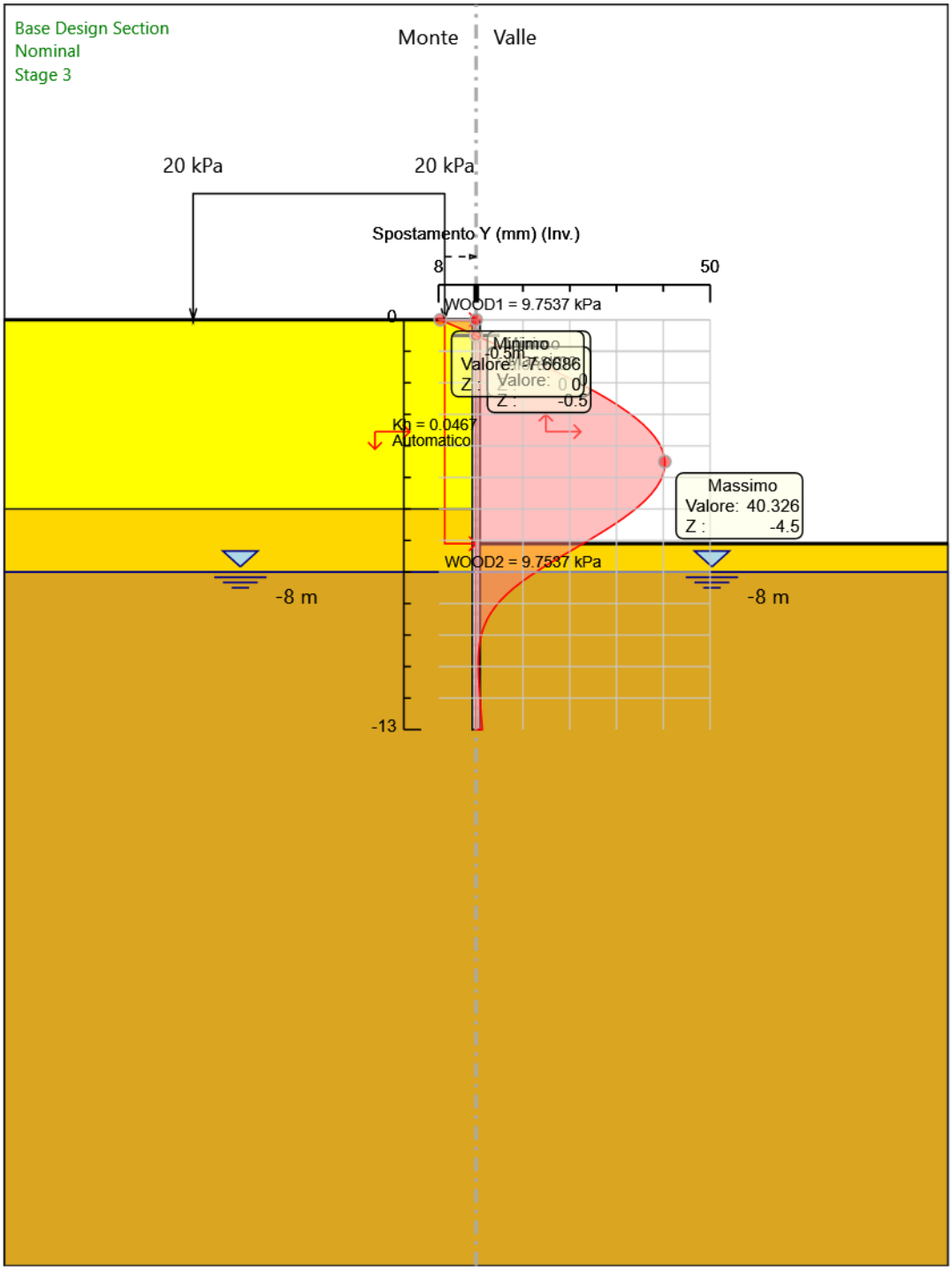
Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	Stage 1	Stage 2	Stage 3

Design Assumption	Stage 1	Stage 2	Stage 3
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1	V	V	V
NTC2018: SISMICA STR	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO	V	V	V

Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

Grafico Inviluppi Spostamento

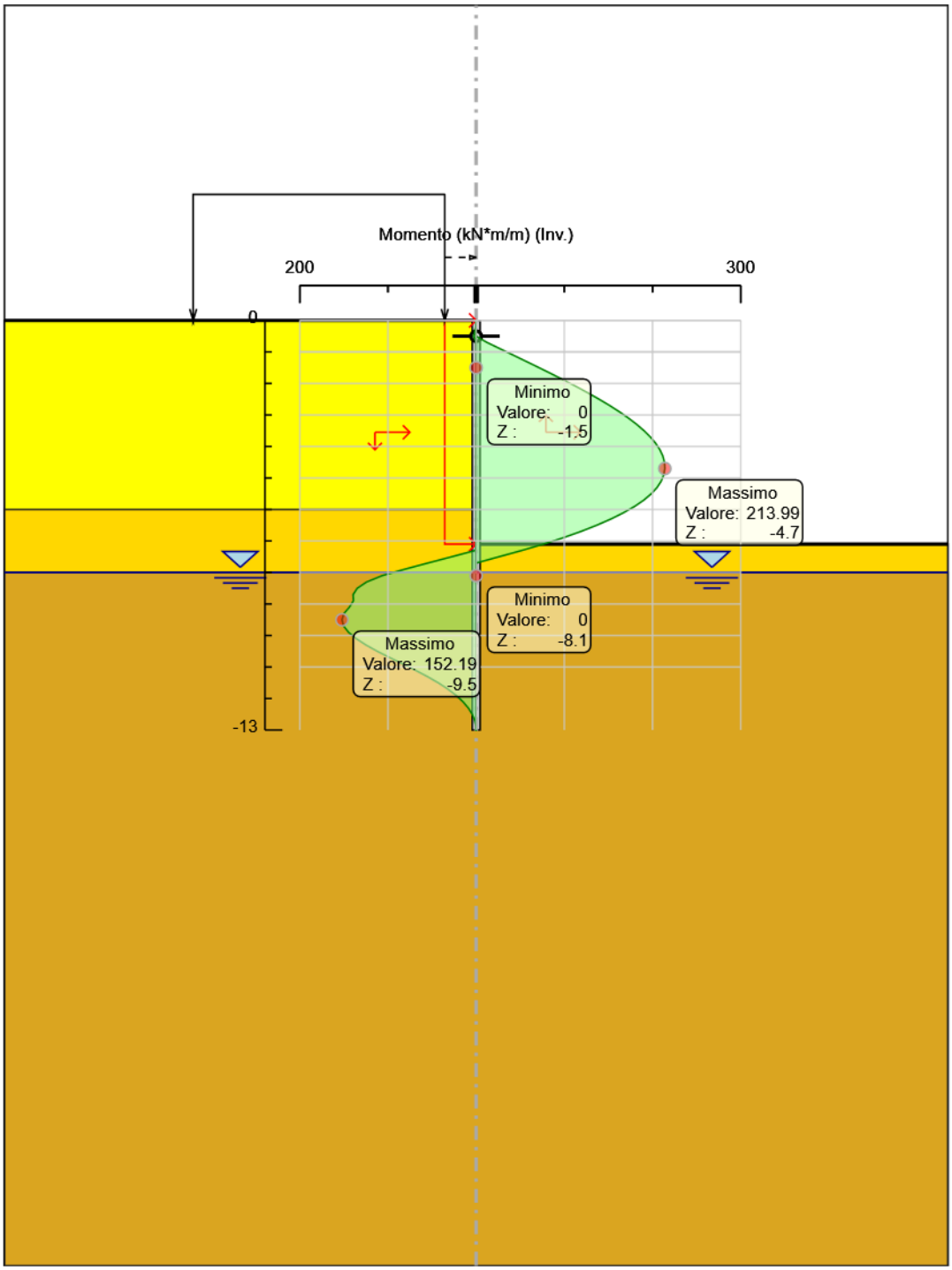


Spostamento

Tabella Inviluppi Momento WallElement

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.2	0.509	0
-0.4	1.946	0
-0.5	2.974	0
-0.7	0	12.441
-0.9	0	27.21
-1.1	0	41.978
-1.3	0	56.735
-1.5	0	71.386
-1.7	0	85.82
-1.9	0	99.943
-2.1	0	113.652
-2.3	0	126.856
-2.5	0	139.461
-2.7	0	151.381
-2.9	0	162.524
-3.1	0	172.807
-3.3	0	182.142
-3.5	0	190.447
-3.7	0	197.636
-3.9	0	203.63
-4.1	0	208.342
-4.3	0	211.694
-4.5	0	213.602
-4.7	0	213.988
-4.9	0	212.768
-5.1	0	209.865
-5.3	0	205.197
-5.5	0	198.686
-5.7	0	190.25
-5.9	0	179.813
-6.1	0	167.293
-6.3	0	152.944
-6.5	0	136.712
-6.7	0	118.542
-6.9	0	98.378
-7.1	0	76.167
-7.3	1.135	51.854
-7.5	27.746	25.917
-7.7	54.946	0
-7.9	81.576	0
-8.1	106.727	0
-8.3	124.258	0
-8.5	134.891	0
-8.7	139.609	0
-8.9	139.29	0
-9.1	143.815	0
-9.3	149.988	0
-9.5	152.192	0
-9.7	150.327	0
-9.9	144.652	0
-10.1	135.97	0
-10.3	124.957	0
-10.5	112.17	0
-10.7	98.062	0
-10.9	83.42	0
-11.1	69.02	0
-11.3	55.425	0
-11.5	43.025	0
-11.7	32.071	0
-11.9	22.705	0
-12.1	14.987	0
-12.3	8.92	0
-12.5	4.47	0
-12.7	1.577	0.038
-12.9	0.172	0.012
-13	0	0

Grafico Inviluppi Momento

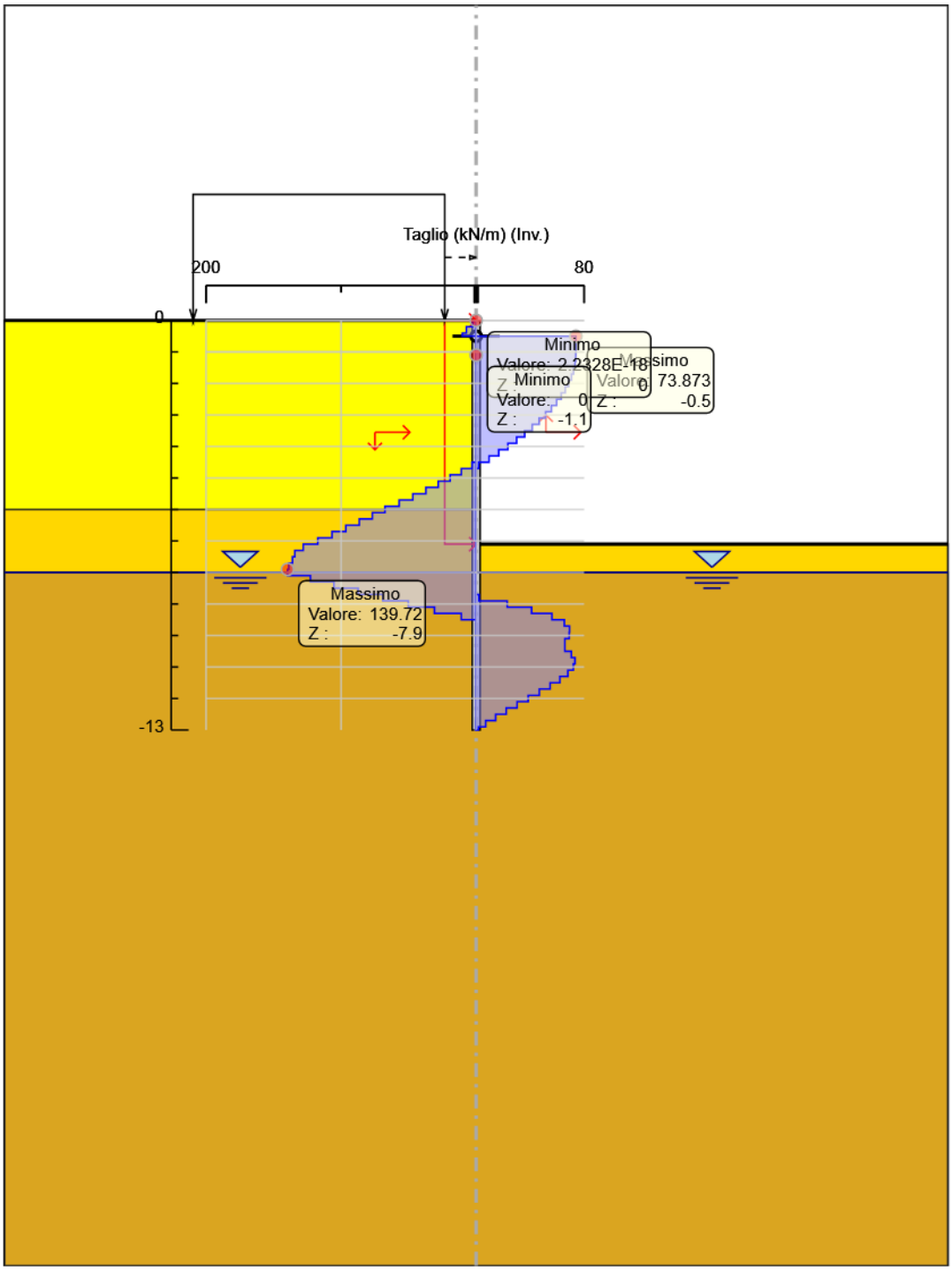


Momento

Tabella Inviluppi Taglio WallElement

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	2.544	0
-0.2	7.185	0
-0.4	10.278	0
-0.5	10.278	73.873
-0.7	0	73.873
-0.9	0	73.844
-1.1	0	73.844
-1.3	0	73.782
-1.5	0	73.254
-1.7	0	72.173
-1.9	0	70.616
-2.1	0	68.542
-2.3	0	66.024
-2.5	0	63.024
-2.7	0	59.599
-2.9	0	55.714
-3.1	0	51.416
-3.3	0	46.674
-3.5	0	41.527
-3.7	0	35.946
-3.9	0	29.966
-4.1	0	23.561
-4.3	0	16.76
-4.5	3.106	9.54
-4.7	10.982	1.929
-4.9	19.292	0
-5.1	28.057	0
-5.3	37.254	0
-5.5	46.902	0
-5.7	56.981	0
-5.9	67.509	0
-6.1	76.888	0
-6.3	86.556	0
-6.5	96.502	0
-6.7	106.737	0
-6.9	117.249	0
-7.1	128.049	0
-7.3	134.296	0
-7.5	135.999	0
-7.7	138.763	0
-7.9	139.721	0
-8.1	139.721	0
-8.3	122.756	0
-8.5	105.327	0
-8.7	87.421	2.152
-8.9	69.051	22.976
-9.1	50.202	41.117
-9.3	30.863	56.126
-9.5	11.02	65.335
-9.7	0	69.179
-9.9	0	69.179
-10.1	0	68.932
-10.3	0	65.697
-10.5	0	70.544
-10.7	0	73.207
-10.9	0	73.207
-11.1	0	72.002
-11.3	0	67.976
-11.5	0	61.999
-11.7	0	54.769
-11.9	0	46.831
-12.1	0	38.59
-12.3	0	30.334
-12.5	0	22.254
-12.7	0.14	14.464
-12.9	0.14	7.023
-13	0.117	1.721

Grafico Inviluppi Taglio



Taglio

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva %
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 1	Left Wall	LEFT	17.51
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 2	Left Wall	RIGHT	56.88

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva %
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 2	Left Wall	LEFT	114.16
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 1	Left Wall	RIGHT	178.23

Inviluppo Risultati Elementi Strutturali

Elemento strutturale	Design Assumption	Stage	FixedSupport Sollecitazione kN/m
FixedSupport	NTC2018: A2+M2+R1	Stage 3	83.14

Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali

Normative Verifiche	
Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

Coefficienti per Verifica Tiranti	
GEO FS	1
ξa3	1.8
γs	1.15

Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	Stage 1	Stage 2	Stage 3
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1	V	V	V
NTC2018: SISMICA STR	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO	V	V	V

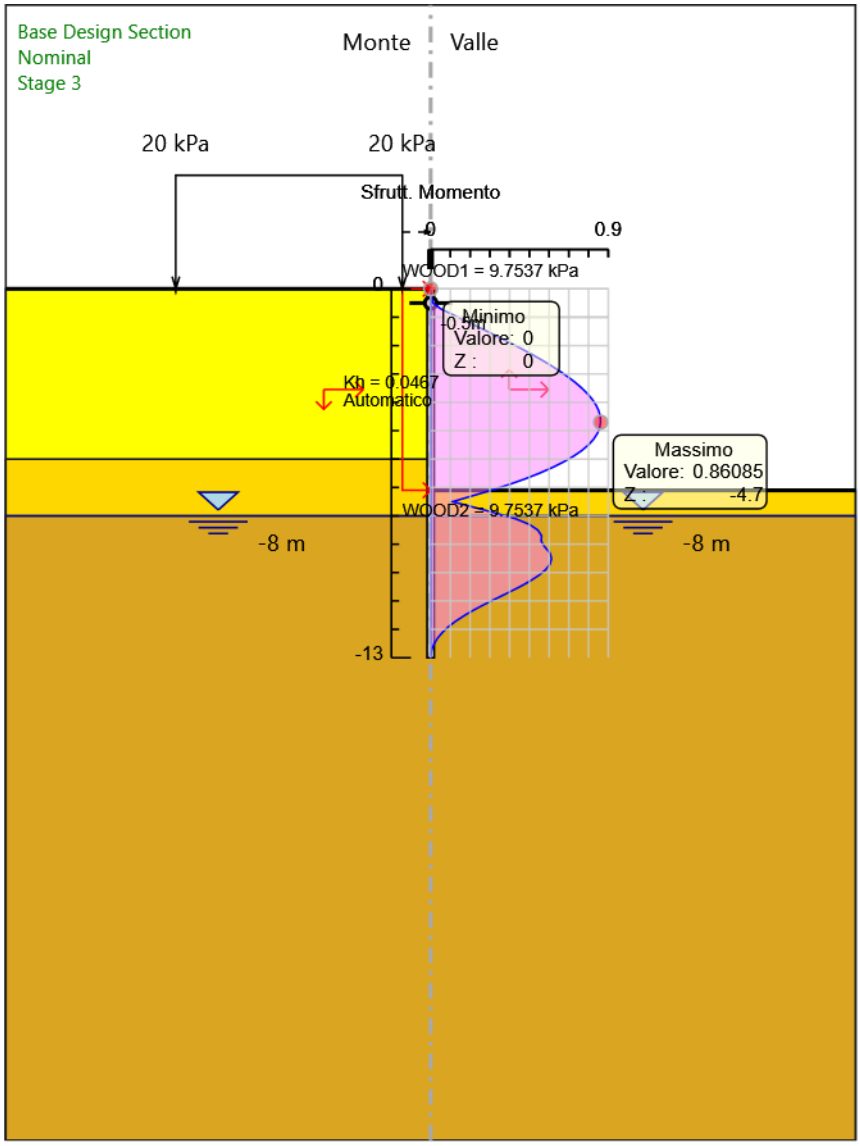
Risultati SteelWorld

Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld
0	0
-0.2	0.002
-0.4	0.008
-0.5	0.012
-0.7	0.05
-0.9	0.109
-1.1	0.169
-1.3	0.228
-1.5	0.287
-1.7	0.345
-1.9	0.402
-2.1	0.457
-2.3	0.51
-2.5	0.561
-2.7	0.609
-2.9	0.654
-3.1	0.695
-3.3	0.733
-3.5	0.766
-3.7	0.795
-3.9	0.819
-4.1	0.838
-4.3	0.852
-4.5	0.859
-4.7	0.861
-4.9	0.856
-5.1	0.844
-5.3	0.825
-5.5	0.799
-5.7	0.765
-5.9	0.723
-6.1	0.673
-6.3	0.615
-6.5	0.55
-6.7	0.477
-6.9	0.396
-7.1	0.306
-7.3	0.209
-7.5	0.112
-7.7	0.221
-7.9	0.328
-8.1	0.429
-8.3	0.5
-8.5	0.543
-8.7	0.562
-8.9	0.56
-9.1	0.579
-9.3	0.603
-9.5	0.612
-9.7	0.605
-9.9	0.582
-10.1	0.547
-10.3	0.503
-10.5	0.451
-10.7	0.394
-10.9	0.336
-11.1	0.278
-11.3	0.223
-11.5	0.173
-11.7	0.129
-11.9	0.091
-12.1	0.06
-12.3	0.036
-12.5	0.018

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld
-12.7	0.006
-12.9	0.001
-13	0

Grafico Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld

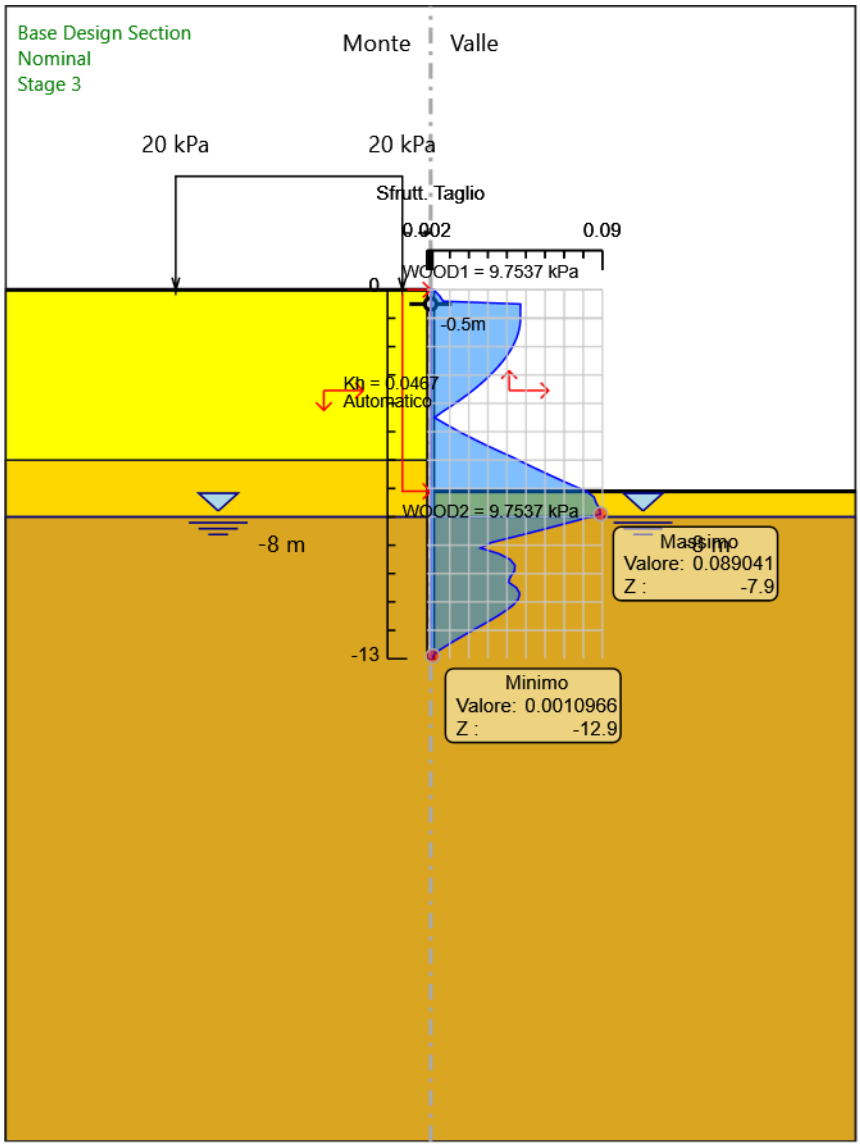


Inviluppi
Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld

Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld
0	0.002
-0.2	0.005
-0.4	0.007
-0.5	0.047
-0.7	0.047
-0.9	0.047
-1.1	0.047
-1.3	0.047
-1.5	0.046
-1.7	0.045
-1.9	0.044
-2.1	0.042
-2.3	0.04
-2.5	0.038
-2.7	0.036
-2.9	0.033
-3.1	0.03
-3.3	0.026
-3.5	0.023
-3.7	0.019
-3.9	0.015
-4.1	0.011
-4.3	0.006
-4.5	0.002
-4.7	0.007
-4.9	0.012
-5.1	0.018
-5.3	0.024
-5.5	0.03
-5.7	0.036
-5.9	0.043
-6.1	0.049
-6.3	0.055
-6.5	0.061
-6.7	0.068
-6.9	0.075
-7.1	0.082
-7.3	0.086
-7.5	0.087
-7.7	0.088
-7.9	0.089
-8.1	0.078
-8.3	0.067
-8.5	0.056
-8.7	0.044
-8.9	0.032
-9.1	0.026
-9.3	0.036
-9.5	0.042
-9.7	0.044
-9.9	0.044
-10.1	0.042
-10.3	0.041
-10.5	0.045
-10.7	0.047
-10.9	0.046
-11.1	0.043
-11.3	0.04
-11.5	0.035
-11.7	0.03
-11.9	0.025
-12.1	0.019
-12.3	0.014
-12.5	0.009
-12.7	0.004
-12.9	0.001
-13	0.001

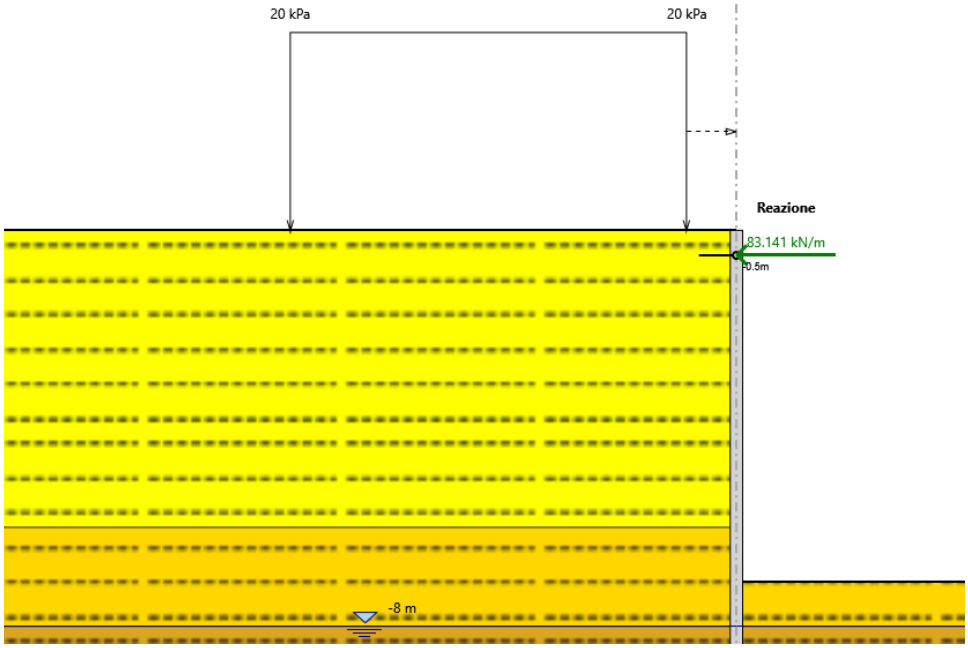
Grafico Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld



Inviluppi
Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld

Verifica cordolo di contrasto di sommità:

	Terreni	c' [kPa]	ø' [°]
	Limi superficiali Sabbia / Ghiaia	10	22
	Alluvioni ghiaoso sabbiose Sabbia / Ghiaia	0	33
	Substrato marnoso Sabbia / Ghiaia	40	20



Il cordolo di sommità risulta sollecitato da una spinta orizzontale massima di 83.14 kN, le sollecitazion che ne derivano sono:

M_{Ed} = 1/10 x 83.14 x 5.10^2 = 216.25 kNm

V_{Ed} = 1/2 x 83.14 x 5.10 = 212 kN

Essendo armato con 4+4Φ18 lungo le pareti laterali e con staffe Φ12/20 a 4 bracci, le sollecitazioni resistenti risultano:

DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA			
SEZIONE TRASVERSALE			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	1000	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	800	[mm]
Copriferro	d'	50	[mm]
Altezza utile della sezione	d	950	[mm]
ARMATURA TESA			
Diametro dei ferri correnti	ϕ_1	18	[mm]
Numero dei ferri correnti	n_1	4	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	ϕ_2		[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n_2		[-]
Area dell'armatura tesa	A_s	1018	[mm^2]
ARMATURA COMPRESSA			
Diametro dei ferri correnti	ϕ'_1	18	[mm]
Numero dei ferri correnti	n'_1	4	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	ϕ'_2		[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n'_2		[-]
Area dell'armatura compressa	A'_s	1018	[mm^2]

DETERMINAZIONE DEL MOMENTO RESISTENTE

Determinazione della percentuale meccanica di armatura tesa	ω_s	[-]
Rapporto tra copriferro e altezza utile	δ	[-]
Rapporto tra armatura compressa e armatura tesa	ρ	[-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 2a	ξ_{2a}	[-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 2b	ξ_{2b}	[-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 3	ξ'_3	[-]
Coefficiente di riempimento per il Campo 2a	β_{2a}	[-]
Coefficiente di riempimento per il Campo 2b	β_{2b}	[-]
Coefficiente α'_s per il Campo 2a	$\alpha'_{s(a)}$	[-]
Coefficiente α'_s per il Campo 2b	$\alpha'_{s(b)}$	[-]
Coefficiente α'_s per il Campo 3	$\alpha'_{s(3)}$	[-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 2a	ω_{2a}	[-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 2b	ω_{2b}	[-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 3	ω_3	[-]
	ω'_3	[-]

Armatura simmetrica

Posizione adimensionale dell'asse neutro	ξ		[-]
Posizione dell'asse neutro	x		[mm]
Deformazione massima nel calcestruzzo	$\varepsilon_{c,max}$		[-]
Deformazione massima dell'acciaio	$\varepsilon_{s,max}$		[-]
Coefficiente di riempimento	β		[-]
Coefficiente di baricentro	κ		[-]
Coefficiente $\alpha'_s = \sigma'_s/f_{yd}$	α'_s		[-]
Tensione nell'armatura compressa	σ'_s		[MPa]
Deformazione dell'armatura compressa	ε'_s		[-]
Momento resistente della sezione	M_{Rd}	**358,47**	**[kNm]**
Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto	M_{Ed}	**216,3**	**[kNm]**

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE

§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	212	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0,12	[-]
Coefficiente k	k	1,46	[-]
		1,46	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di l_{bd} + d	ρ_l	0,0013393	[-]
		0,0013393	[-]

§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO			
Diametro delle staffe	ϕ_{sw}	12	[mm]
Numero di braccia	n_b	4	[-]
Passo delle staffe	s	200	[mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	θ	45	[°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α	90	[°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	A_{sw}	452	[mm^2]
Braccio della coppia interna	z	855	[mm]
Cotangente di θ	$\cot\theta$	1,00	[-]
		1,00	[-]
Cotangente di α	$\cot\alpha$	0,00	[-]
Seno di α	$\sin\alpha$	1,00	[-]
Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)	V_{Rsd}	**756,77**	**[kN]**
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima	f'_{cd}	7,08	[MPa]
Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)	V_{Rcd}	**2422,50**	**[kN]**
Massima area efficace di armatura a taglio per $\cot\theta = 1$	$A_{sw,max}$	1737,78	[mm]
Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente	V_{Rd}	**756,77**	**[kN]**