

## ASSE VIARIO MARCHE-UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA MAXI LOTTO 2

LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLA DIRETTRICE PERUGIA ANCONA:  
SS. 318 DI "VALFABBRICA", TRATTO PIANELLO -VALFABBRICA  
SS. 76 "VAL D'ESINO", TRATTI FOSSATO VICO - CANCELLI E ALBACINA - SERRA SAN QUIRICO  
"PEDEMONTANA DELLE MARCHE", TRATTO FABRIANO-MUCCIA-SFERCIA.

### PERIZIA DI VARIANTE

CONTRAENTE GENERALE:	Il Responsabile del Contraente Generale:
 <p><b>DIRPA 2</b> s.c.a.r.l.</p>	

PROGETTAZIONE:	ASSISTENZA ALLA PROGETTAZIONE:
<p><b>Partecipazioni Italia S.p.A.</b></p> <p>IL PROGETTISTA: Dott. Ing. Salvatore Lieto Ordine degli Ingegneri Prov. di Mantova n.1147</p> <p>IL GEOLOGO: Geol. Amedeo Babbini Ordine dei Geologi Regione Toscana n.1032</p>	 <p><b>TECNOSTRUTTURE S.r.l.</b> SEDE LEGALE: Piazza Regina Margherita n.27 - 00198 ROMA SEDE OPERATIVA: Via delle Querciole n. 13 - 00037 Segni (RM)</p>

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:	
Ing. Iginio Farotti	

<p><b>2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> 3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud 4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia</p> <p>OPERE D'ARTE MINORI - OPERE DI SOSTEGNO E DRENI Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+026.93 al km 0+170.78 (Rotatoria) Relazione di calcolo</p>	<p>SCALA: ---</p> <p>DATA: 28.07.2022</p>
--	---

Codice Unico di Progetto (CUP) F12C03000050021 (assegnato CIPE 20.04.2015)

CODICE ELABORATO:	Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	n° progr	Rev.
	L O 7 0 3	2 1 3	E	1 6	O S 0 0 1 5	R E L	0 1	E

Rev.	Data	Descrizione	Redatto		Controllato	Approvato
C	Ottobre 2020	Emissione a seguito validazione RINA	PROGIN	M. Tartaglia	S. Lieto	A. Grimaldi
D	22.12.2021	Modificata geometria paratia	Tecnostutture	Tecnostutture	A.Tosiani	S. Lieto
E	28.07.2022	Riscontro istruttoria ANAS	Tecnostutture	Tecnostutture	A.Tosiani	S. Lieto

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. E	Pag. di Pag. 1 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

## INDICE

<b>1. INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
1.1 PREMESSA .....	3
1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
1.2.1 NORMATIVE DI CARATTERE GENERALE.....	4
1.2.2 NORMATIVE SPECIFICHE PER LE STRUTTURE .....	4
1.3 MATERIALI IMPIEGATI.....	4
<b>2. DESCRIZIONE DELLE OPERE.....</b>	<b>6</b>
<b>3. DEFINIZIONE DEGLI STATI LIMITE DI PROGETTO .....</b>	<b>7</b>
<b>4. ANALISI DI INTERAZIONE DELLE PARATIE .....</b>	<b>8</b>
4.1 METODOLOGIA DI CALCOLO .....	8
4.1.1 PRESSIONE E RESISTENZA STATICA DELLE TERRE E DELL'ACQUA .....	10
4.1.2 AZIONE SISMICA .....	12
<b>5. CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE E VERIFICA AI SENSI DEL D.M. 14-01-2008 17</b>	
5.1 METODO AGLI STATI LIMITE ED APPROCCI DI PROGETTO .....	17
5.2 VERIFICHE ALLO SLU .....	21
5.2.1 PRESSOFLESSIONE.....	21
5.2.2 TAGLIO .....	22
<b>6. SEZIONI DI VERIFICA .....</b>	<b>24</b>
<b>7. ANALISI PARATIA DI PALI: SEZ. A .....</b>	<b>26</b>
7.1 CARATTERISTICHE DI PROGETTO.....	26
7.2 CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	28
7.3 INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....	28
7.4 MODELLO GEOTECNICO .....	29
7.5 FASI DI CALCOLO.....	29
7.6 RISULTATI E VERIFICHE: FASE STATICA .....	31
7.6.1 RISULTATI (COMBINAZIONE SLE) .....	31
7.6.2 RISULTATI E VERIFICHE SLU STR (COMBINAZIONE A1+M1+R1) .....	32
7.6.3 RISULTATI E VERIFICHE SLE (COMBINAZIONE SLE) .....	35
7.6.4 RISULTATI E VERIFICHE SLU GEO (COMBINAZIONE A2+M2+R1) .....	37
7.7 RISULTATI E VERIFICHE: FASE SISMICA .....	38
7.7.1 RISULTATI E VERIFICHE SISMA STR (COMBINAZIONE A1+M1+R1).....	38
7.7.2 RISULTATI E VERIFICHE SISMA GEO (COMBINAZIONE A2+M2+R1) .....	40
<b>8. ANALISI PARATIA DI PALI: SEZ. B .....</b>	<b>41</b>
8.1 CARATTERISTICHE DI PROGETTO.....	41
8.2 CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	43
8.3 INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....	43
8.4 MODELLO GEOTECNICO .....	44
8.5 FASI DI CALCOLO.....	45
8.6 RISULTATI E VERIFICHE: FASE STATICA .....	47
8.6.1 RISULTATI (COMBINAZIONE SLE) .....	47
8.6.2 RISULTATI E VERIFICHE SLU STR (COMBINAZIONE A1+M1+R1) .....	49
8.6.3 RISULTATI E VERIFICHE SLE (COMBINAZIONE SLE) .....	51
8.6.4 RISULTATI E VERIFICHE SLU GEO (COMBINAZIONE A2+M2+R1) .....	52

**2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 2 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

8.7	RISULTATI E VERIFICHE: FASE SISMICA .....	53
8.7.1	RISULTATI E VERIFICHE SISMA STR (COMBINAZIONE A1+M1+R1).....	53
8.7.2	RISULTATI E VERIFICHE SISMA GEO (COMBINAZIONE A2+M2+R1) .....	55
<b>9.</b>	<b>VERIFICA CORDOLO DI CORONAMENTO .....</b>	<b>56</b>
<b>10.</b>	<b>VERIFICA DEL MURO DI RIVESTIMENTO DEI PALI .....</b>	<b>57</b>
<b>11.</b>	<b>STABILITÀ GLOBALE DELLA SCARPATA IN CORRISPONDENZA DELLA PARATIA</b>	
	<b>62</b>	
11.1	VERIFICHE IN FASE STATICA.....	63
11.2	VERIFICHE IN FASE SISMICA .....	63
<b>12.</b>	<b>STABILITÀ GLOBALE DELLA SCARPATA ALL'APERTO .....</b>	<b>66</b>
12.1	VERIFICHE IN FASE STATICA.....	68
12.2	VERIFICHE IN FASE SISMICA .....	68
<b>13.</b>	<b>ALLEGATO A – TABULATI DI CALCOLO.....</b>	<b>71</b>
13.1	TABULATI DI CALCOLO DELLA PARATIA SEZ. A.....	72
13.2	TABULATI DI CALCOLO DELLA PARATIA SEZ. B.....	103

	<b>2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud</b> <b>4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia</b> Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169 Relazione di calcolo							
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D

## 1. INTRODUZIONE

### 1.1 PREMESSA

Il presente documento rientra nell'ambito della redazione degli Elaborati tecnici di Progetto Esecutivo della strada Pedemontana Marchigiana, che costituisce l'elemento di completamento tra le due direttrici "S.S.76" Valnerina e "S.S.77" Val di Chienti, relativamente agli stralci funzionali n°3 (Svincolo di Castelraimondo nord – Svincolo di Castelraimondo sud) e n°4 (Svincolo di Castelraimondo sud - innesto con la S.S. 77 a Muccia)

Nella presente relazione si riporta il dimensionamento, il calcolo e la verifica dell'opera di sostegno ubicata nei pressi dello Svincolo Camerino-Muccia, in SX dal km 0+076 al km 0+169 del ramo di svincolo stesso.

Si tratta di una paratia di pali (D=1500 mm, interasse 3.0 m).

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

Per la caratterizzazione geotecnica e stratigrafica dei terreni si fa invece riferimento a quanto riportato nella relazione geotecnica generale e nel profilo longitudinale generale. Il terreno di fondazione è costituito superficialmente da depositi alluvionali (Unità Ala) con spessori variabili, al di sotto di questi si riscontra un substrato alterato argilloso limoso (Unità Salt). Più in profondità, si riscontra la presenza della formazione dello Schlier (Unità Sch).

Secondo la normativa tecnica di riferimento ai fini della zonazione sismica del territorio italiano, l'area in oggetto ricade in zona sismica 2, pertanto, e le strutture sono assunte di Classe III (vita utile 75 anni).

Nel seguito si espongono le analisi necessarie al dimensionamento e le verifiche di stabilità geotecnica e dei principali elementi strutturali, in conformità alla normativa vigente.

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 4 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

## 1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si è fatto riferimento ai seguenti documenti normativi.

### 1.2.1 NORMATIVE DI CARATTERE GENERALE

- L. 05/11/1971 n. 1086:** "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica";
- L. 02/02/1974 n. 64:** "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".

### 1.2.2 NORMATIVE SPECIFICHE PER LE STRUTTURE

**Decreto Ministeriale 14/01/2008**  
**OPCM 3274 d.d. 20/03/2003:**

"Norme Tecniche per le Costruzioni".

"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modifiche ed integrazioni  
 "Costruzioni di acciaio "Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione".

**CNR-UNI 10011:**

"Travi composte di acciaio e calcestruzzo - Istruzioni per l'impiego nelle costruzioni".

**CNR-UNI 10016:**

"Progettazione delle strutture di calcestruzzo".

**UNI EN 1992-2005:**

"Progettazione delle strutture di acciaio".

**UNI EN 1993-2005:**

"Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo".

**UNI EN 1994-2005:**

"Progettazione geotecnica".

**UNI EN 1997-2005:**

"Progettazione delle strutture per la resistenza sismica".

**UNI EN 1998-2005:**

Calcestruzzo, "Specificazione, prestazione, produzione e conformità".

## 1.3 MATERIALI IMPIEGATI

PARATIE

### *PALI E CORDOLI*

		Classe di esposizione
		XA2
Classe di resistenza minima:	$C_{min}$	C32/40
Rapporto massimo acqua/cemento	$a_{max}$	0.5
Contenuto minimo di cemento ( $kg/m^3$ )	$cem_{min}$	360



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 5 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

### *CALCESTRUZZO PER MAGRONE*

Classe di resistenza minima:	$C_{min}$	C12/15
------------------------------	-----------	--------

### *ACCIAIO ARMATURA ORDINARIA*

*Acciaio in barre ad aderenza migliorata tipo B450C controllato in stabilimento:*

Tensione caratteristica di snervamento:  $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$

Tensione caratteristica di rottura:  $f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$



### 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 6 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

## 2. DESCRIZIONE DELLE OPERE

L'altezza massima di scavo è di 6.5 m circa. Si prevede una paratia di pali (D=1500 mm, interasse 3.0 m).

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 7 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

### 3. DEFINIZIONE DEGLI STATI LIMITE DI PROGETTO

Ai fini del progetto di un'opera geotecnica, la normativa vigente (cfr. Paragrafo 1.2), impone di considerare quattro differenti stati limite di progetto:

- stato limite di esercizio (SLE): le analisi sono condotte considerando come valori di progetto delle azioni esterne e dei parametri geotecnici i loro valori caratteristici  $A_k$  e  $M_k$ , le verifiche di resistenza sono condotte considerando come valori di progetto delle resistenze i loro valori caratteristici  $R_k$ ;
- stato limite ultimo combinazione  $A_1+M_1$  (SLU COMB1): le analisi sono condotte considerando i valori di progetto delle azioni esterne  $A_1$  ottenuti amplificando con opportuni fattori i valori caratteristici  $A_k$ , i valori di progetto dei parametri geotecnici  $M_1$  sono pari ai valori caratteristici  $M_k$ . Le verifiche di resistenza sono condotte considerando come valori di progetto delle resistenze  $R$  i valori caratteristici  $R_k$  ridotti con opportuni fattori; Quindi i risultati dell'analisi STRU ( $A_1+M_1$ ), possono essere cautelativamente ottenuti moltiplicando quelli dell'analisi SLE x 1.4.
- stato limite ultimo combinazione  $A_2+M_2$  (SLU COMB2): le analisi sono condotte considerando i valori di progetto delle azioni esterne  $A_2$  ottenuti amplificando con opportuni fattori i valori caratteristici  $A_k$ , i valori di progetto dei parametri geotecnici  $M_1$  sono ottenuti riducendo con opportuni fattori i valori caratteristici  $M_k$ . Le verifiche di resistenza sono condotte considerando come valori di progetto delle resistenze  $R$  i valori caratteristici  $R_k$  ridotti con opportuni fattori;

In generale, per le opere geotecniche, lo stato limite di esercizio è utile per investigare gli spostamenti dell'opera e procedere alle verifiche di resistenza con il metodo delle tensioni ammissibili degli elementi strutturali. Inoltre, lo stato limite ultimo COMB1 e lo stato limite ultimo sismico sono i più gravosi ai fini delle verifiche di resistenza degli elementi strutturali con il metodo degli stati limite infine, lo stato limite ultimo COMB2 permette di controllare la stabilità dell'opera in condizioni ultime. Nelle tabelle di seguito riportate (cfr. Tabella a, Tabella b, Tabella c), sono riassunti, per ciascuno stato limite considerato, i fattori amplificativi o riduttivi (coefficienti parziali) da applicare. Considerando inoltre che la normativa tecnica non fornisce indicazioni esplicite sull'obbligatorietà di fattorizzare i valori caratteristici  $M_k$ , nello SLU sismico non si è proceduto alla riduzione dei valori dei parametri geotecnici. Infatti, le azioni sismiche di progetto  $a_g$  sono valutate sulla base delle accelerazioni massime al suolo causate da sismi con probabilità del 90% di non essere superati nella vita utile dell'opera ovvero sono già azioni esterne allo stato limite ultimo. Inoltre, visto che lo SLU sismico costituisce uno stato limite distinto dalla normativa stessa rispetto alla COMB2 e tenendo conto che riducendo i parametri geotecnici del terreno congiuntamente all'applicazione del sisma si arriverebbero a determinare condizioni certamente più gravose della COMB2, è ragionevole concludere che nello SLUS non si debba procedere all'applicazione di nessun coefficiente parziale ai valori  $M_k$ .

**Tabella a – Coefficienti parziali a stato limite COMB1 ( $A_1+M_1$ )**

Azioni ( $A_1$ )				Proprietà del terreno ( $M_1$ )		
Permanenti		Temporanee variabili		$\tan\phi'$	$c'$	$c_u$
Sfavorevoli	Favorevoli	Sfavorevoli	Favorevoli			
1.40	1.00	1.50	0.00	1.00	1.00	1.00

**Tabella b – Coefficienti parziali a stato limite COMB2 ( $A_2+M_2$ )**

Azioni ( $A_2$ )				Proprietà del terreno ( $M_2$ )		
Permanenti		Temporanee variabili		$\tan\phi'$	$c'$	$c_u$
Sfavorevoli	Favorevoli	Sfavorevoli	Favorevoli			
1.00	1.00	1.30	0.00	1.25	1.25	1.40

**Tabella c – Coefficienti parziali a stato limite sismico**

Azioni ( $A_1$ )				Proprietà del terreno ( $M_1$ )		
Permanenti		Temporanee variabili		$\tan\phi'$	$c'$	$c_u$
Sfavorevoli	Favorevoli	Sfavorevoli	Favorevoli			
1.00	1.00	0.30	0.30	1.00	1.00	1.00

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 8 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

## 4. ANALISI DI INTERAZIONE DELLE PARATIE

### 4.1 METODOLOGIA DI CALCOLO

Al fine di rappresentare il comportamento delle paratie durante le varie fasi di lavoro (scavi e/o eventuale inserimento degli elementi di contrasto), è necessario l'impiego di un metodo di calcolo iterativo atto a simulare l'interazione in fase elasto-plastica terreno-paratia.

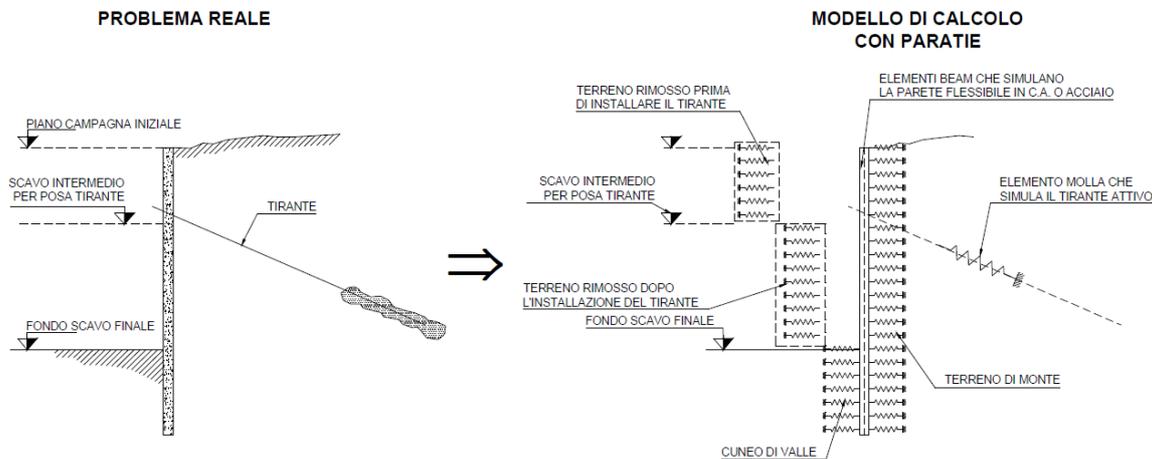
Le analisi finalizzate al dimensionamento delle paratie trattate nell'ambito del presente documento, sono state condotte con il programma di calcolo "Paratie Plus" della HarpaCeas s.r.l. di Milano Version 22

Lo studio del comportamento di un elemento di paratia inserito nel terreno viene effettuato tenendo conto della deformabilità dell'elemento stesso, considerato in regime elastico, e soggetto alle azioni derivanti dalla spinta dei terreni, dalle eventuali differenze di pressione idrostatiche, dalle spinte dovute ai sovraccarichi esterni e dalla presenza degli elementi di contrasto.

La paratia viene discretizzata con elementi finiti monodimensionali a due gradi di libertà per nodo (spostamento orizzontale e rotazione).

Il terreno viene schematizzato con delle molle secondo un modello elasto-plastico; esso reagisce elasticamente sino a valori limite dello spostamento, raggiunti i quali la reazione corrisponde, a seconda del segno dello stesso spostamento, ai valori limite della pressione attiva o passiva.

Gli spostamenti vengono computati a partire dalla situazione di spinta "a riposo".



Al fine di ottenere informazioni attendibili sull'entità delle sollecitazioni e delle deformazioni nelle paratie è necessario poterne seguire il comportamento durante le principali fasi esecutive.

A tal riguardo, l'interazione fra la paratia e il terreno, è simulata modellando la prima con elementi finiti caratterizzati da una rigidità flessionale ed il secondo con molle elasto-plastiche connesse ai nodi della paratia di rigidità proporzionale al modulo di rigidità del terreno. Inoltre, è possibile modellare eventuali elementi di sostegno della paratia (tiranti, puntoni) con molle dotate di opportuna rigidità.

In particolare, la paratia è schematizzata attraverso un diaframma di spessore equivalente ricavato attraverso la seguente

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 9 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

espressione:

$$s_{eq} = \sqrt[3]{12E_m J_p}$$

dove:

$E_m$  modulo elastico del materiale costituente la paratia

$J_p$  inerzia della sezione della paratia

Il terreno si comporta come un mezzo elastico sino a che il rapporto tra la tensione orizzontale efficace ( $\sigma'_{h}$ ) e la tensione verticale efficace ( $\sigma'_{v}$ ) risulta compreso tra il coefficiente di spinta attivo ( $k_a$ ) e passivo ( $k_p$ ), mentre quando il rapporto è pari a  $k_a$  o a  $k_p$  il terreno si comporta come un mezzo elasto-plastico.

Questo modello, nella sua semplicità concettuale, derivato direttamente dal modello di Winkler, consente una simulazione del comportamento del terreno adeguata agli scopi progettuali. In particolare, vengono superate le limitazioni dei più tradizionali metodi dell'equilibrio limite, non idonei a seguire il comportamento della struttura al variare delle fasi esecutive.

I parametri di deformabilità del terreno compaiono nella definizione della rigidità delle molle. Per un letto di molle distribuite la rigidità di ciascuna di esse,  $k$ , è data da:

$$k = E / L$$

ove  $E$  è un modulo di rigidità del terreno mentre  $L$  è una grandezza geometrica caratteristica. Poiché nel programma PARATIE le molle sono posizionate a distanze finite  $\Delta$ , la rigidità di ogni molla è:

$$K = \frac{E\Delta}{L}$$

Il valore di  $\Delta$  è fornito dalla schematizzazione ad elementi finiti.

Il valore di  $L$  è fissato automaticamente dal programma. Esso rappresenta una grandezza caratteristica che è diversa a valle e a monte della paratia perché diversa è la zona di terreno coinvolta dal movimento in zona attiva e passiva.

Si è scelto, in zona attiva (uphill):

$$L_A = \frac{2}{3} \ell_A \tan(45^\circ - \phi' / 2)$$

e in zona passiva (downhill):

$$L_P = \frac{2}{3} \ell_P \tan(45^\circ + \phi' / 2)$$

dove  $\ell_A$  ed  $\ell_P$  sono rispettivamente:

$$\ell_A = \min\{l, 2H\};$$

$$\ell_P = \min\{l - H, H\}$$

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 10 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

con

$l$  = altezza totale della paratia

$H$  = altezza corrente dello scavo.

La logica di questa scelta è illustrata nella pubblicazione di Becci e Nova (1987). Si assume in ogni caso un valore di  $H$  non minore di 1/10 dell'altezza totale della parete.

Il programma consente di seguire le fasi evolutive degli scavi a valle dell'opera, determinando, per ciascuna fase di scavo prevista, la deformata dell'opera e le sollecitazioni e gli stati tensionali nel terreno con essa interagente.

#### 4.1.1 PRESSIONE E RESISTENZA STATICA DELLE TERRE E DELL'ACQUA

In generale, la pressione  $\sigma'_h$  che lo scheletro solido del terreno esercita su una struttura di sostegno dipende dagli spostamenti che essa subisce per effetto di  $\sigma'_h$  stessa ovvero dipende dall'interazione fra la struttura ed il terreno a tergo dell'opera. Nel caso in cui la struttura subisca uno spostamento verso valle (diminuzione della tensione orizzontale efficace rispetto alle condizioni geostatiche), la  $\sigma'_h$  sul paramento di monte può essere calcolata come:

$$\sigma'_h = k_a \sigma'_v - 2c' \sqrt{k_a} \quad \text{pressione attiva}$$

dove:

$k_a$  è il coefficiente di spinta attiva

$\sigma'_v$  è la tensione verticale efficace

$c'$  è la coesione efficace

In condizioni statiche,  $k_a$  è funzione dell'angolo di attrito efficace dello scheletro solido  $\varphi'$ , dell'angolo di attrito  $\delta$  fra struttura e terreno (nelle analisi  $\delta = 0.50 \varphi'$ ) dell'inclinazione  $\psi$  rispetto all'orizzontale del paramento di monte della struttura di sostegno (nelle analisi  $\psi = 90^\circ$ ) e dell'inclinazione  $\beta$  rispetto all'orizzontale del versante a tergo dell'opera. Fra le varie formulazioni proposte per il calcolo di  $k_a$ , nel caso di condizioni stratigrafiche omogenee e di cunei di spinta non influenzati dall'andamento della falda lungo il pendio, poiché formulazioni più complesse come ad esempio il modello a spirale logaritmica (cfr. Figura 1) non portano a risultati più accurati, si farà riferimento a quella di [Coulomb, 1776] che considera una superficie di rottura piana:

$$k_a = \frac{[\sin(\psi + \varphi')]^2}{(\sin \psi)^2 \sin(\psi - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi' + \delta) \sin(\varphi' - \beta)}{\sin(\psi - \delta) \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

Nel caso in cui la struttura subisca uno spostamento verso monte (aumento della tensione orizzontale efficace rispetto alle condizioni geostatiche), la  $\sigma'_h$  sul paramento di monte può essere calcolata come:

$$\sigma'_h = k_p \sigma'_v - 2c' \sqrt{k_p} \quad \text{pressione passiva}$$

dove:

$k_p$  è il coefficiente di spinta passiva

$\sigma'_v$  è la tensione verticale efficace

## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 11 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

$c'$  è la coesione efficace

Analogamente al coefficiente di spinta attiva, in condizioni statiche si può porre  $k_p = k_p(\varphi', \psi, \beta, \delta)$ . Fra le varie formulazioni proposte per il calcolo di  $k_p$ , di seguito, si farà riferimento a quella di [Caquot-Kerisel, 1948]. La superficie potenziale di scorrimento del terreno è assimilabile in questo caso ad un arco di spirale logaritmica e non più ad una superficie piana. Tale coefficiente viene determinato dall'interpolazione polinomiale delle spirali logaritmiche fornite sperimentalmente da [Caquot-Kerisel, 1948], riportate in Figura 1.

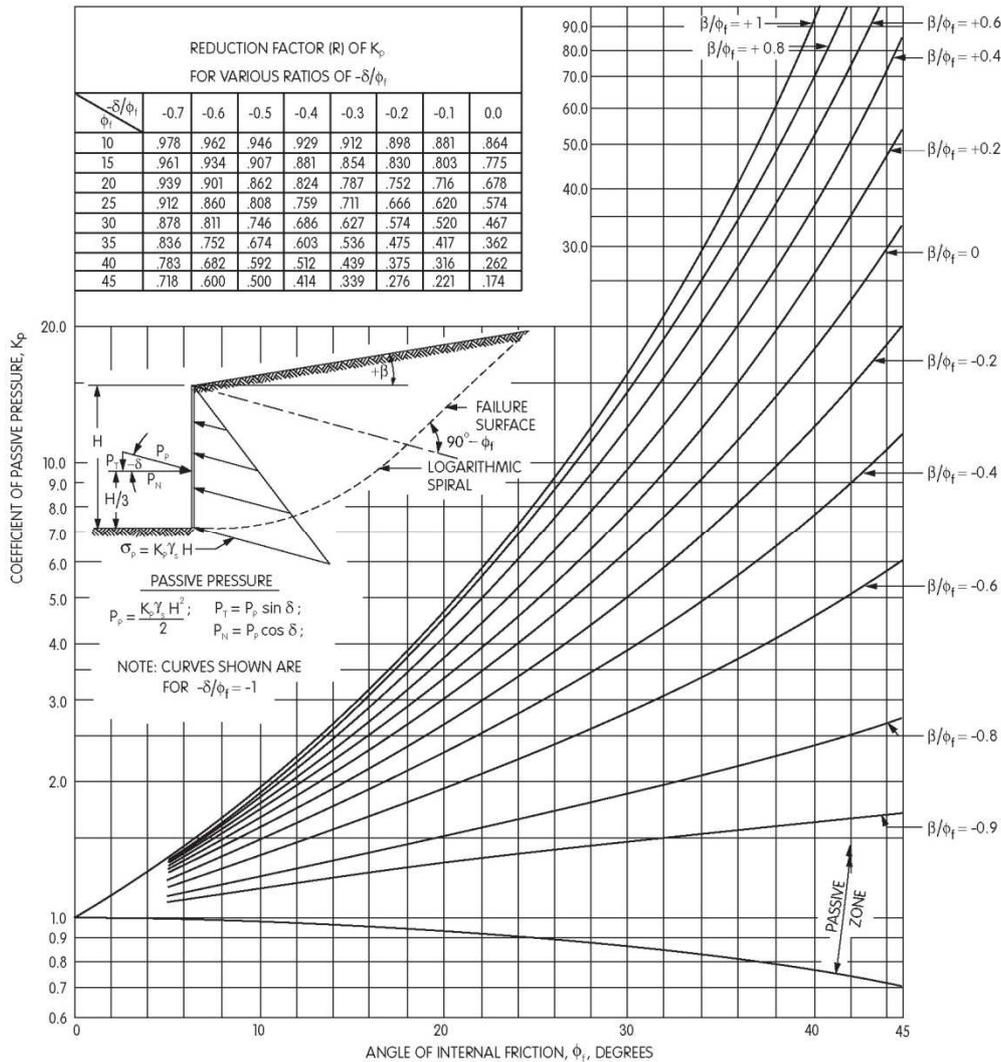


Figura 1– modello a spirale logaritmica per il calcolo dei coefficienti di spinta

Pertanto, in generale, nel caso di strutture di sostegno flessibili, eventualmente contrastate da elementi strutturali attivi o passivi messi in opera in fasi successive, sul paramento di monte agirà la pressione attiva e su quello di valle la pressione passiva.

Nel caso di strutture molto rigide, incapaci di subire spostamenti sufficienti a mobilitare la pressione attiva o quella passiva, la pressione  $\sigma'_h$  esercitata dallo scheletro solido sull'opera di sostegno può essere calcolata come la pressione in condizioni geostatiche:

**2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 12 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

$$\sigma'_h = k_0 \sigma'_v$$

pressione a riposo

dove:

 $k_0$  è il coefficiente di spinta a riposo;

 $\sigma'_v$  è la tensione verticale efficace.

 Secondo la relazione di [Kulhawy et al., 1989]  $k_0$  dipende dalla resistenza del terreno e dal rapporto di sovraconsolidazione del terreno O.C.R.:

$$k_0 = k_0^{nc} (OCR)^m$$

dove:

 $k_0^{nc}$  è il coefficiente di spinta a riposo per terreni normal consolidati che secondo [Jaky, 1936] può essere posto pari a  $(1 - \sin \varphi')$ ;

 $m$  è un parametro empirico, di solito compreso tra 0.4 e 0.7.

#### 4.1.2 AZIONE SISMICA

 Le strutture, ai sensi della normativa di riferimento, sono assunte di Classe *III* (vita utile 75 anni).

 Tutte le azioni sono calcolate considerando un periodo di ritorno per i fenomeni naturali pari a 712 anni, pertanto nella valutazione della accelerazione orizzontale massima  $a_g$  si è fatto riferimento alle mappe di pericolosità sismica dell'I.N.G.V. (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) andando a considerare il parametro  $a_g/g$  riferito a una probabilità di superamento non maggiore del 5% in 75 anni, come previsto dal paragrafo 3.2.2.3 del *D.M.14/01/08*.

Con riferimento alla relazione sismica L0703-213-E-04-000000-REL-01-C, sono stati assunti per tutte all'interno della pk 12+000.

Si riportano di seguito le immagini relative alla pericolosità sismica.

**2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 13 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

Latitudine (WGS84)	Longitudine (WGS84)			
43.12580148	13.05568645			
Latitudine (ED50)	Longitudine (ED50)			
43.127533	13.056504			
Altitudine (mt) .....	0			
Classe dell'edificio	III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti signific			
Vita Nominale Struttura .....	50			
Periodo di Riferimento per l'azione sismica .....	75			
Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	$T_r$ [anni]	$a_g/g$ [-]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
Operatività	45	0.081	2.423	0.287
Danno	75	0.101	2.419	0.291
Salvaguardia Vita	712	0.232	2.489	0.331
Prevenzione Collasso	1462	0.292	2.525	0.341

La tabella sottostante riassume i valori considerati per la zona in esame:

Zona sismica	2
Categoria suolo di fondazione	C
Classe della struttura	III
Accelerazione orizzontale massima convenzionale per zona 1 e struttura di classe III (vedi par. 3.2.2.3)	0.232
Fattore S che tiene conto della categoria del suolo di fondazione = C	1.36

In definitiva l'accelerazione orizzontale massima convenzionale per zona 2, struttura di classe III e suolo di categoria C:  
 $a_{max,SLV} = 0.232 \text{ g} \times 1.36 = 0.316 \text{ g}$ .

In generale, il metodo pseudo-statico modella l'azione sismica considerando in luogo delle azioni dinamiche azioni statiche equivalenti ovvero forze statiche orizzontali  $f_h$  e verticali  $f_v$  per unità di volume.

Nel caso di caso di realizzazione di paratie la NTC prevede:

**2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 14 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

**7.11.6.3.1 Metodi pseudostatici**

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è definita mediante un'accelerazione equivalente costante nello spazio e nel tempo.

Le componenti orizzontale e verticale  $a_h$  e  $a_v$  dell'accelerazione equivalente devono essere ricavate in funzione delle proprietà del moto sismico atteso nel volume di terreno significativo per l'opera e della capacità dell'opera di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

In mancanza di studi specifici,  $a_h$  può essere legata all'accelerazione di picco  $a_{max}$  attesa nel volume di terreno significativo per l'opera mediante la relazione:

$$a_h = k_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max} \quad (7.11.9)$$

dove  $g$  è l'accelerazione di gravità,  $k_h$  è il coefficiente sismico in direzione orizzontale,  $\alpha \leq 1$  è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera e  $\beta \leq 1$  è un coefficiente funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti senza cadute di resistenza.

Per le paratie si può porre  $a_v = 0$ .

L'accelerazione di picco  $a_{max}$  è valutata mediante un'analisi di risposta sismica locale, ovvero come

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (7.11.10)$$

dove  $S_S$  è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_S$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ ), di cui al § 3.2.3.2, ed  $a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Il valore del coefficiente  $\alpha$  può essere ricavato a partire dall'altezza complessiva  $H$  della paratia e dalla categoria di sottosuolo mediante il diagramma di Figura 7.11.2.

Per la valutazione della spinta nelle condizioni di equilibrio limite passivo deve porsi  $\alpha = 1$ .

Il valore del coefficiente  $\beta$  può essere ricavato dal diagramma di Figura 7.11.3, in funzione del massimo spostamento  $u_s$  che l'opera può tollerare senza riduzioni di resistenza.

Per  $u_s = 0$  è  $\beta = 1$ . Deve comunque risultare:

$$u_s \leq 0,005 \cdot H. \quad (7.11.11)$$

Se  $\alpha \cdot \beta \leq 0,2$  deve assumersi  $k_h = 0,2 \cdot a_{max}/g$ .

Possono inoltre essere trascurati gli effetti inerziali sulle masse che costituiscono la paratia.

È necessario verificare che il sito, per effetto del terremoto di progetto, non sia suscettibile di liquefazione. In caso contrario occorre predisporre le misure necessarie perché non si verifichi tale fenomeno.

Per valori dell'angolo d'attrito tra terreno e parete  $\delta > \phi'/2$ , ai fini della valutazione della resistenza passiva è necessario tener conto della non planarità delle superfici di scorrimento.

Si riportano i grafici relativi al calcolo di  $\alpha$  e  $\beta$  come dal paragrafo 7.11.6.3.2 della NTC 08

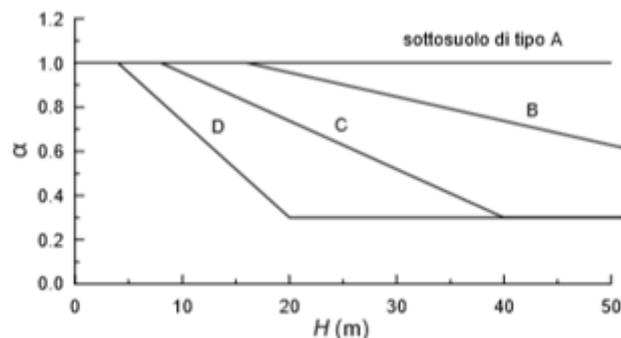


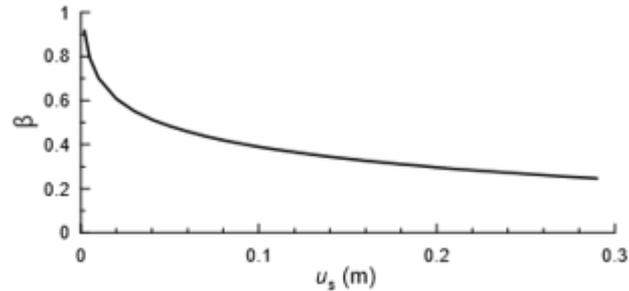
Figura 7.11.2 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità  $\alpha$

**2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 15 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------


 Figura 7.11.3 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento  $\beta$ .

 Si riportano i valori di  $u_s$ ,  $\beta$  e  $k_h$  per il caso in esame:

Sezione di calcolo	L paratia+hcordolo	ag	Ss	St	us	$\alpha$	$\beta$	kh
	[m]	[g]	[-]	[-]	[m]	[-]	[-]	[g]
<b>A</b>	21.5	0.232	1.36	1	0.1075	0.97	0.382	0.116
<b>B</b>	23.5	0.232	1.36	1	0.1175	0.97	0.369	0.113

E' possibile ricorrere alla formulazione proposta da [Mononobe e Matsuo, 1929] e [Okabe, 1926] che è una estensione del metodo di Coulomb al caso dell'equilibrio limite del terreno a tergo dell'opera di sostegno, ottenuta considerando le forze di inerzia prodotte dai coefficienti sismici orizzontale e verticale. Tale metodo consiste nel determinare il coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche:

$$\beta \leq \varphi' - \theta: \quad k_{a,e} = \frac{[\sin(\psi + \varphi' - \theta)]^2}{\cos \theta [\sin(\psi)]^2 \sin(\psi - \theta - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi' + \delta) \sin(\varphi' - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

$$\beta > \varphi' - \theta: \quad k_{a,e} = \frac{[\sin(\psi + \varphi' - \theta)]^2}{\cos \theta [\sin(\psi)]^2 \sin(\psi - \theta - \delta)}$$

dove:

$$\tan \theta = \chi \frac{k_h}{1 \pm k_v}$$

$\chi$  è un coefficiente che nel caso di terreno asciutto vale 1, nel caso di terreno sismicamente permeabile ( $k \geq 5 \times 10^{-4}$  m/s) vale  $\gamma_d / \gamma$  (rapporto fra il peso a secco dell'unità di volume ed il peso immerso), nel caso di terreni sismicamente impermeabili ( $k < 5 \times 10^{-4}$  m/s) si pone  $\gamma_{sat} / \gamma$  (rapporto fra il peso saturo dell'unità di volume ed il peso immerso)

Trascurando sia nella spinta statica sia nella spinta sismica la coesione efficace, l'incremento di pressione  $\Delta\sigma_h$  esercitato dal terreno per effetto del sisma è:

**2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 16 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

$$\Delta\sigma_h = (1 \pm k_v) k_{ae} \sigma'_v - k_a \sigma'_v = [(1 \pm k_v) k_{ae} - k_a] \sigma'_v = \delta k_a \sigma'_v$$

Alla pressione  $\Delta\sigma_h$ , per terreni sotto falda con permeabilità  $k \geq$  di  $5 \times 10^{-4}$  m/s (terreni sismicamente permeabili), occorre aggiungere anche la pressione idrodinamica  $\Delta p$  che può essere tenuta in conto con la seguente espressione:

$$\Delta p = 7 \gamma_w k_h (H_w z_w)^{0.5} / 8$$

dove:

$H_w$  è l'altezza del livello di falda rispetto a fondo scavo

$z_w$  è la profondità del punto considerato dalla superficie libera della falda

Analogamente è possibile valutare, con una analoga formulazione proposta da [Mononobe e Matsuo, 1929] e [Okabe, 1926], il coefficiente di resistenza passiva in condizioni sismiche:

$$k_{p,e} = \frac{[\sin(\psi - \varphi')]^2}{\cos \theta [\sin(\psi + \theta)]^2 \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi') \sin(\varphi' - \theta)}{\sin(\psi) \sin(\psi + \theta)}} \right]^2}$$

	<b>2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud</b> <b>4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia</b> Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169 Relazione di calcolo							
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D

## 5. CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE E VERIFICA AI SENSI DEL D.M. 14-01-2008

Nel presente paragrafo sono riportate alcune indicazioni salienti della Normativa riguardanti criteri generali di progettazione e verifica delle opere strutturali e geotecniche, oltre a specifiche da adottare per il caso delle Paratie di Sostegno.

### 5.1 METODO AGLI STATI LIMITE ED APPROCCI DI PROGETTO

Il progetto di opere strutturali e geotecniche va effettuato, come prescritto dal DM 14/01/08, con i criteri del metodo **semiprobabilistico agli stati limite** basati sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza. Nel metodo semiprobabilistico agli stati limite, la sicurezza strutturale è verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni. La normativa distingue inoltre tra **Stati Limite Ultimi** e **Stati Limite di Esercizio**.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli **stati limite ultimi** di resistenza è stata effettuata con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dalla equazione formale:  $R_d \geq E_d$ . Dove:

$R_d$  è la resistenza di progetto

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[ \gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

$E_d$  è il valore di progetto dell'effetto delle azioni,

$$E_d = E \left[ \gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right] \quad \text{oppure} \quad E_d = \gamma_E \cdot E \left[ F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

Il coefficiente  $\gamma_R$  opera direttamente sulla resistenza del sistema.

I coefficienti parziali di sicurezza,  $\gamma_{Mi}$  e  $\gamma_{Fj} = \gamma_{Ej}$ , associati rispettivamente al materiale i-esimo e all'azione j-esima, tengono in conto la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e all'affidabilità del modello di calcolo.

In accordo a quanto stabilito al §2.6.1 del DM 14.01.08, la verifica della condizione  $R_d \geq E_d$  deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo Approccio progettuale (**Approccio 1**) le verifiche si eseguono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti ognuna delle quali può essere critica per differenti aspetti dello stesso progetto, convenzionalmente indicate come di seguito:

**A1+M1+R1**

**A2+M2+R2**

Nel secondo approccio progettuale (**Approccio 2**) le verifiche si eseguono con un'unica combinazione di gruppi di coefficienti.

Gli stati limite di verifica si distinguono in genere in:

**EQU** perdita di equilibrio della struttura fuori terra, considerata come corpo rigido.

**STR** raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali.

**GEO** raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura;

**UPL** perdita di equilibrio della struttura o del terreno, dovuta alla spinta dell'acqua (sollevamento per galleggiamento).

**HYD** erosione e sifonamento del terreno dovuta ai gradienti idraulici.

I coefficienti parziali da applicare alle azioni sono quelli definiti alla Tab 2.6.I del DM 14.01.08 di seguito riportata per

**2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 18 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

chiarezza espositiva:

Tab. 2.6.1 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente $\gamma_f$	EQU	A1	A2
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

 $\gamma_{G1}$  coefficiente parziale dei carichi permanenti  $G_1$ ;

 $\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali  $G_2$ ;

 $\gamma_Q$  coefficiente parziale delle azioni variabili Q.

Nel caso in cui l'azione sia costituita dalla spinta del terreno, per la scelta dei coefficienti parziali di sicurezza valgono le indicazioni riportate nel Capitolo 6.

I valori dei coefficienti parziali da applicare ai materiali e/o alle caratteristiche dei terreni (M) sono definiti nelle specifiche sezioni della norma, ed in particolare al Cap. 4 per ciò che concerne i coefficienti parziali da applicare ai materiali strutturali, mentre al Cap.6 sono indicati quelli da applicare alle caratteristiche meccaniche dei terreni.

I coefficienti parziali da applicare alle resistenze (R) sono infine unitari sulle capacità resistenti degli elementi strutturali, mentre assumono in genere valore diverso da 1 per ciò che concerne verifiche che attengono il controllo di meccanismi di stabilità locale o globale; i valori da adottare per ciascun meccanismo di verifica, sono definiti nelle specifiche sezioni di normativa dedicate al calcolo delle diverse opere geotecniche.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli **stati limite di esercizio** viene effettuata invece controllando gli aspetti di funzionalità e lo stato tensionale e/o deformativo delle opere, con riferimento ad una combinazione di verifica caratterizzata da coefficienti parziali sulle azioni e sui materiali tutti unitari.

Al § 2.5.3 del DM 14.01.08, sono infine definiti i criteri con cui le diverse azioni presenti vanno combinate per ciascuno stato limite di verifica previsto dalla Normativa, di seguito riportati per completezza:

**2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id.doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 19 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	-----------------	-----------	---------------------------

**2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI**

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

 Nelle combinazioni si intende che vengano omessi i carichi  $Q_{kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_j$ .

Nell'ambito della progettazione geotecnica, la normativa definisce inoltre nella Tab 6.2.II, i valori dei coefficienti parziali M1/M2 da applicare ai parametri caratteristici dei terreni nell'ambito delle diverse combinazioni contemplate dai due approcci di progetto come già illustrati al paragrafo precedente:

**Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

Tali valori agiscono sulle proprietà dei terreni, condizionando sia le azioni (spinte ed incrementi di spinta), sia le resistenze nei riguardi delle verifiche di stabilità dell'insieme opere-terreno con esse interagenti da effettuare caso per caso in funzione del tipo di opera.(Paratie, Muri, Pali di Fondazione ecc..)

Inoltre, ribadisce i valori dei coefficienti da applicare alle azioni nella Tab 6.2.II di seguito riportata:

**2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 20 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_E$ (o $\gamma_{E'}$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$ 

Nell'ambito delle Analisi di seguito esposte, si è fatto riferimento nella fattispecie all'**APPROCCIO 1**, andando ad esaminare tutti gli stati limite ritenuti significativi per il caso delle opere in progetto, secondo quanto specificato al già citato prg "6.5.3.1.2 Paratie" del DM 14.01.08, ovvero:

SLU di tipo geotecnica (GEO) e di tipo idraulico (UPL e HYD)

- collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido);
- collasso per carico limite verticale;
- sfilamento di uno o più ancoraggi;
- instabilità del fondo scavo in terreni a grana fine in condizioni non drenate;
- instabilità del fondo scavo per sollevamento;
- sifonamento del fondo scavo;
- instabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;

SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi;
- raggiungimento della resistenza in uno o più puntoni o di sistemi di contrasto;
- raggiungimento della resistenza strutturale della paratia.

Si è infine proceduto con una verifica nei riguardi degli Stati Limite di Esercizio (SLE), effettuando una stima delle deformazioni dell'opera e dei cedimenti del piano limite a tergo.

Per le paratie, i calcoli di progetto devono comprendere la verifica degli eventuali ancoraggi, puntoni o strutture di controventamento.

In aggiunta a quanto sopra, al § C6.5.3.1.2 della Circolare Applicativa n 617/2009 viene inoltre specificato quanto segue:

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. progr.	REV.	Pag. di Pag.
L0703	211	E	16	OS0015	REL	01	D	21 di 132

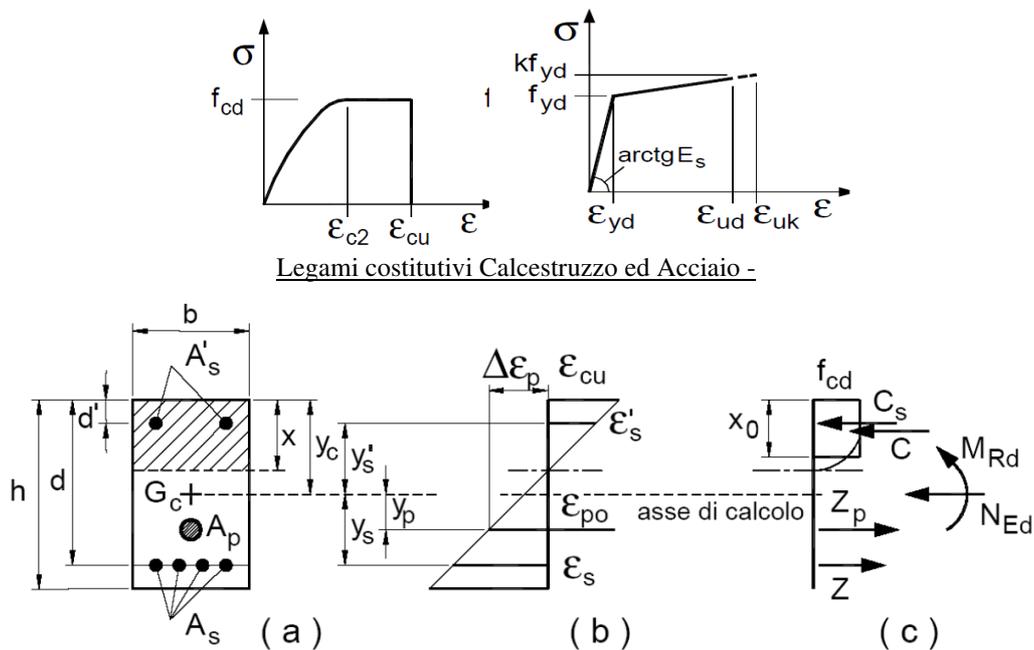
Per il dimensionamento geotecnico delle paratie, le analisi possono essere condotte con la Combinazione 2 (A2+M2+RI).

Per la verifica degli elementi strutturali (STR), le analisi può essere condotta con riferimento alla Combinazione 1 (A1+M1+RI).

## 5.2 VERIFICHE ALLO SLU

### 5.2.1 PRESSOFLESSIONE

La determinazione della capacità resistente a flessione/pressoflessione della generica sezione, viene effettuata con i criteri di cui al punto 4.1.2.1.2.4 delle NTC08, secondo quanto riportato schematicamente nelle figure seguito, tenendo conto dei valori delle resistenze e deformazioni di calcolo riportate al paragrafo dedicato alle caratteristiche dei materiali:



Schema di riferimento per la valutazione della capacità resistente a pressoflessione generica sezione -

La verifica consisterà nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove

$M_{Rd}$  è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a  $N_{Ed}$ ;

$N_{Ed}$  è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;

$M_{Ed}$  è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 22 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

## 5.2.2 TAGLIO

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  della membratura priva di armatura specifica risulta pari a:

$$V_{Rd} = \left\{ 0.18 \cdot k \cdot \frac{(100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \cdot b_w \cdot d$$

Dove:

- $v_{\min} = 0.035 k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ ;
- $k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$ ;
- $\rho_1 = A_{sw}/(b_w \cdot d)$
- $d$  = altezza utile per piedritti soletta superiore ed inferiore;
- $b_w = 1000$  mm larghezza utile della sezione ai fini del taglio.

In presenza di armatura, invece, la resistenza a taglio  $V_{Rd}$  è il minimo tra la resistenza a taglio trazione  $V_{Rsd}$  e la resistenza a taglio compressione  $V_{Rcd}$

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{(\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta)}{(1 + \text{ctg}^2 \theta)}$$

Essendo:

$$1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2,5$$

Per quanto riguarda in particolare le verifiche a taglio per elementi armati a taglio, si è fatto riferimento al metodo del traliccio ad inclinazione variabile, in accordo a quanto prescritto al punto 4.1.2.1.3 delle NTC08, considerando ai fini delle verifiche, un angolo  $\theta$  di inclinazione delle bielle compresse del traliccio resistente tale da rispettare la condizione.

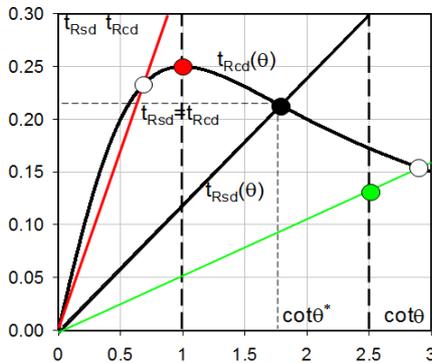
$$1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2,5 \quad 45^\circ \geq \theta \geq 21.8^\circ$$

**2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 23 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------



- Se la  $\cot\theta^*$  è compresa nell'intervallo (1,0-2,5) è possibile valutare il taglio resistente  $V_{Rd}(=V_{Rcd}=V_{Rsd})$
- Se la  $\cot\theta^*$  è maggiore di 2,5 la crisi è da attribuirsi all'armatura trasversale e il taglio resistente  $V_{Rd}(=V_{Rsd})$  coincide con il massimo taglio sopportato dalle armature trasversali valutabile per una  $\cot\theta=2,5$ .
- Se la  $\cot\theta^*$  è minore di 1,0 la crisi è da attribuirsi alle bielle compresse e il taglio resistente  $V_{Rd}(=V_{Rcd})$  coincide con il massimo taglio sopportato dalle bielle di calcestruzzo valutabile per una  $\cot\theta=1,0$ .

L'angolo effettivo di inclinazione delle bielle ( $\theta$ ) assunto nelle verifiche è stato in particolare valutato, nell'ambito di un problema di verifica, tenendo conto di quanto di seguito indicato:

$$\cot\theta^* = \sqrt{\frac{v \cdot \alpha_c}{\omega_{sw}} - 1}$$

( $\theta^*$  angolo di inclinazione delle bielle cui corrisponde la crisi contemporanea di bielle compresse ed armature)

dove

$$v = f'_{cd} / f_{cd} = 0.5$$

$f'_{cd}$  = resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima

$f_{cd}$  = resistenza a compressione di calcolo del calcestruzzo d'anima

$\alpha_c$	coefficiente maggiorativo pari a	1	per membrature non compresse
		$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$
		1,25	per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$
		$2,5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

$\omega_{sw}$  : Percentuale meccanica di armatura trasversale.

$$\omega_{sw} = \frac{A_{sw} f_{yd}}{b s f_{cd}}$$

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 24 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

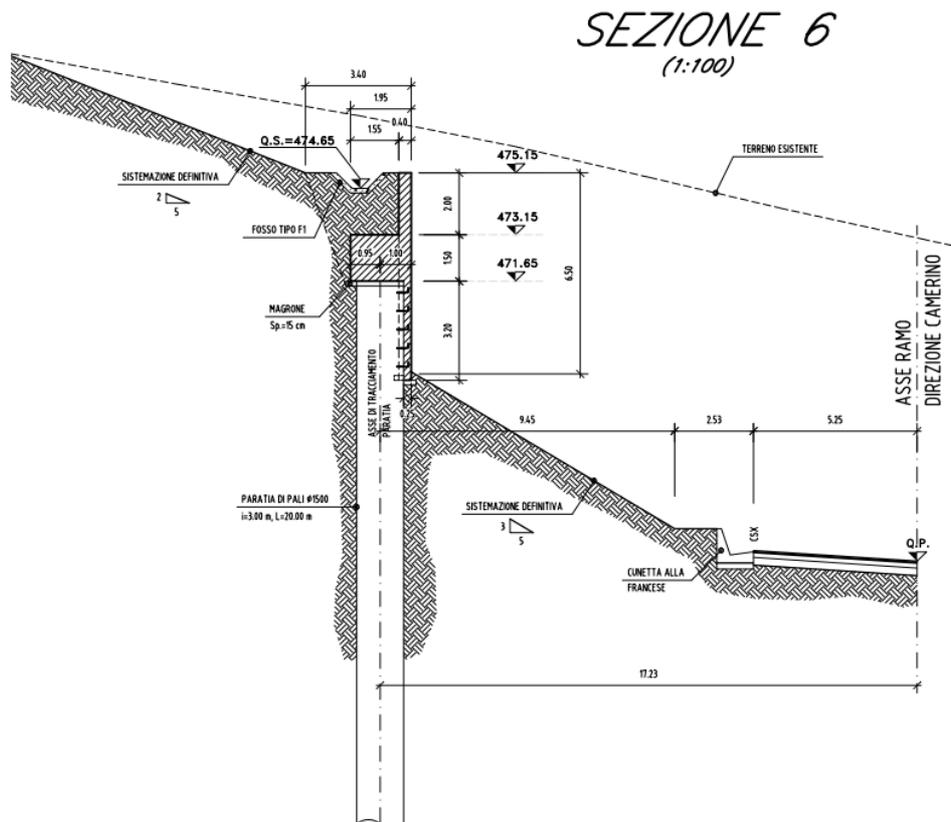
## 6. SEZIONI DI VERIFICA

Nel seguito si riportano i risultati delle analisi e verifiche condotte per le paratie di pali, costituite da Pali  $\phi$  1500/3.00 m collegati in testa da un cordolo di coronamento di dimensione 1.95x1.50m in corrispondenza delle seguenti sezioni di calcolo:

- 1) Sezione A: palo di lunghezza pari a 18 m con soprastante cordolo + muro si spessore pari a 0.40m, per un totale di altezza della paratia di 21.5 m ( $H_{palo}=18.00m+H_{cordolo}=1.5m+H_{muro}=2.00$  m)
- 2) Sezione B: palo di lunghezza pari a 20 m con soprastante cordolo + muro si spessore pari a 0.40m, per un totale di altezza della paratia di 23.5 m ( $H_{palo}=20.00m+H_{cordolo}=1.5m+H_{muro}=2.00$  m);

La sezioni analizzate, quali situazioni maggiormente gravose, sono quelle relative ai tratti di paratie ubicate in corrispondenza rispettivamente delle sezioni 6 e 7 caratterizzate da un'altezza libera della paratia a valle pari rispettivamente a 6.5m e 5m:

Sezione di calcolo A corrispondente alla Sezione n. 6





**2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 26 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

## 7. ANALISI PARATIA DI PALI: SEZ. A

### 7.1 CARATTERISTICHE DI PROGETTO

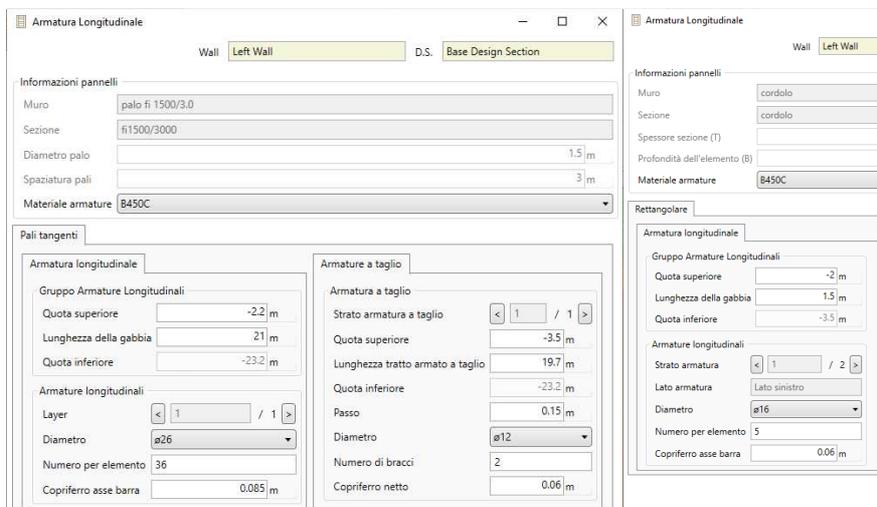
Nella Tabella d, si riportano le caratteristiche geometriche di progetto relative alla sezione di calcolo. Si riporta nella figura seguente uno schema della sezione in oggetto. Si specifica che nel modello si è considerata una lunghezza di calcolo pari alla somma tra lunghezza dei pali e altezza del cordolo+muro di testa pali. Il terreno a tergo della paratia viene schematizzato con un carico equivalente alla scarpata con pendenza 2/5. Si riporta nella figura seguente uno schema della sezione in oggetto. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

**Tabella d – Caratteristiche di progetto**

Geometria		
sezione	7 (di svincolo)	-
progressiva	0+160 (pk 12+240 della Pedemontana)	-
altezza max di scavo, $H_{max}$	5.00	m
Carico equivalente al terreno con inclinazione a monte della paratia	Variabile (13° – 22°)	°
Pali		
diametro pali	1500	mm
Lunghezza pali	18.0	m
Altezza cordolo	1.5	m
Altezza muro	2.0	m
Lunghezza modello di calcolo (pali + cordolo+muro)	21.5	m
caratteristiche armatura	36 $\Phi$ 26	-
interasse Pali, i	3.0	m

**Tabella e – Armature**

ELEMENTI	Dimensioni [mm]	Armatura	Staffe
PALI	$\Phi$ 1500	36 $\Phi$ 26	$\Phi$ 12/15
CORDOLO	1000x1950	(1+1) $\Phi$ 16/20	$\Phi$ 12/40x40
MURO	1000x40	1 $\Phi$ 16/20(controtterra)+ 1 $\Phi$ 12/20 (esterno)	$\Phi$ 8/40x40



The screenshot displays a software interface for longitudinal reinforcement design, titled "Armatura Longitudinale". It is divided into several sections:

- Informazioni pannelli:**
  - Muro: palo fi 1500/3.0
  - Sezione: fi1500/3000
  - Diametro palo: 1.5 m
  - Spaziatura pali: 3 m
  - Materiale armature: B450C
- Pali tangenti:**
  - Armatura longitudinale:**
    - Gruppo Armature Longitudinali:
      - Quota superiore: -2.2 m
      - Lunghezza della gabbia: 2.1 m
      - Quota inferiore: -23.2 m
    - Armature longitudinali:
      - Layer: 1 / 1
      - Diametro:  $\Phi$ 26
      - Numero per elemento: 36
      - Copriferro asse barra: 0.085 m
  - Armatura a taglio:**
    - Strato armatura a taglio: 1 / 1
    - Quota superiore: -3.5 m
    - Lunghezza tratto armato a taglio: 19.7 m
    - Quota inferiore: -23.2 m
    - Passo: 0.15 m
    - Diametro:  $\Phi$ 12
    - Numero di bracci: 2
    - Copriferro netto: 0.06 m
- Armatura Longitudinale (Right Panel):**
  - Muro: cordolo
  - Sezione: cordolo
  - Spessore sezione (T):
  - Profondità dell'elemento (B):
  - Materiale armature: B450C
  - Rettagolare:
  - Armatura longitudinale:**
    - Gruppo Armature Longitudinali:
      - Quota superiore: -2 m
      - Lunghezza della gabbia: 1.5 m
      - Quota inferiore: -3.5 m
    - Armature longitudinali:
      - Strato armatura: 1 / 2
      - Lato armatura: Lato sinistro
      - Diametro:  $\Phi$ 16
      - Numero per elemento: 5
      - Copriferro asse barra: 0.06 m

## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 27 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

### Armature nei pali

**Armatura Longitudinale**

Wall: Left Wall D.S.: Base Design Section

Informazioni pannelli

Muro: cordolo

Sezione: cordolo

Spessore sezione (T): 1.8 m

Profondità dell'elemento (B): 1 m

Materiale armature: B450C

Rettagolare

Armatura longitudinale

Gruppo Armature Longitudinali

Quota superiore: -2 m

Lunghezza della gabbia: 1.5 m

Quota inferiore: -3.5 m

Armature longitudinali

Strato armatura: 1 / 2

Lato armatura: Lato sinistro

Diametro: ø16

Numero per elemento: 5

Copriferro asse barra: 0.06 m

Armature a taglio

Strato armatura a taglio: 1 / 1

Quota superiore: -2 m

Lunghezza tratto armato a taglio: 1.5 m

Quota inferiore: -3.5 m

Passo: 0.4 m

Diametro: ø16

Numero di bracci: 2.5

Copriferro netto: 0.04 m

**Armatura Longitudinale**

Wall: Left Wall D.S.: Base Design Section

Informazioni pannelli

Muro: muro

Sezione: cordolo\_1

Spessore sezione (T): 0.4 m

Profondità dell'elemento (B): 1 m

Materiale armature: B450C

Rettagolare

Armatura longitudinale

Gruppo Armature Longitudinali

Quota superiore: 0 m

Lunghezza della gabbia: 2.6 m

Quota inferiore: -2.6 m

Armature longitudinali

Strato armatura: 1 / 2

Lato armatura: Lato sinistro

Diametro: ø12

Numero per elemento: 5

Copriferro asse barra: 0.058 m

Armature a taglio

Strato armatura a taglio: 1 / 1

Quota superiore: 0 m

Lunghezza tratto armato a taglio: 2 m

Quota inferiore: -2 m

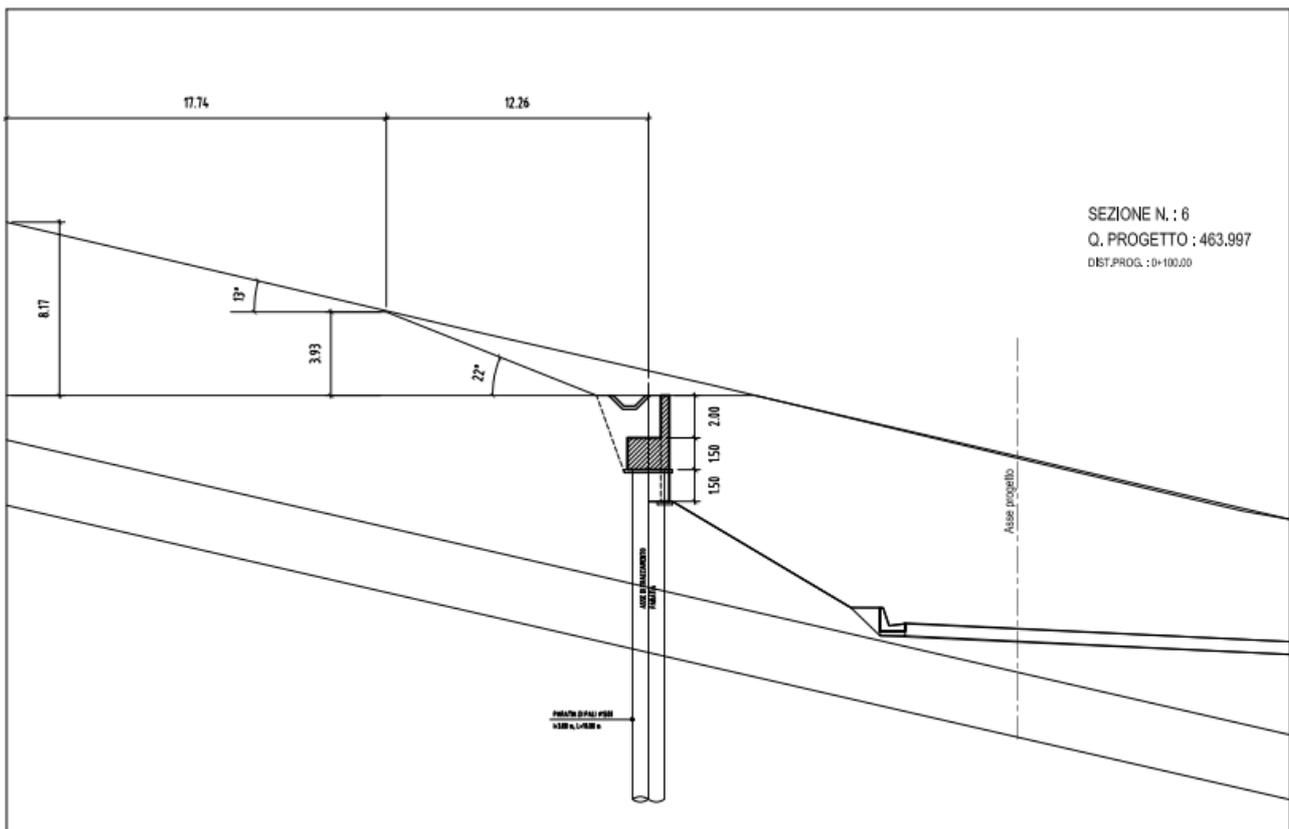
Passo: 0.4 m

Diametro: ø8

Numero di bracci: 2.5

Copriferro netto: 0.04 m

### Armatura cordolo e muro



### Schema sezione di calcolo

	<b>2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud</b> <b>4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia</b> Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169 Relazione di calcolo							
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D

## 7.2 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

L'azione sismica di progetto è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base del sito su cui l'opera insiste, descritta in termini geografici e temporali:

- attraverso i valori di accelerazione orizzontale di picco  $a_g$  (attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale) e le espressioni che definiscono le ordinate del relativo spettro di risposta elastico in accelerazione  $S_c(T)$ ;
- in corrispondenza del punto del reticolo che individua la posizione geografica dell'opera;
- con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR.

In particolare, la forma spettrale prevista dalla normativa è definita, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

- $a_g$ , accelerazione orizzontale massima del terreno
- $F_0$ , valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- $T_C^*$ , periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I suddetti parametri sono calcolati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il punto caratterizzante la posizione dell'opera, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

In particolare, si può notare come  $F_0$  descriva la pericolosità sismica locale del sito su cui l'opera insiste. Infatti, da quest'ultimo, attraverso le espressioni fornite dalla normativa, sono valutati i valori d'amplificazione stratigrafica e topografica.

Di seguito sono riassunti i valori dei parametri assunti per l'opera in oggetto.

- Vita nominale  $V_N$  = 50 anni;
- Classe d'uso = III;
- Coefficiente d'uso  $C_u$  = 1.5;
- Periodo di riferimento  $V_R$  = 75 anni;
- $T_{R,SLV}$  = 712 anni;
- $a_{g,SLV}$  = 0.232 g;
- $F_{0,SLV}$  = 2.544;
- $T_{c,SLV}^*$  = 0.333 sec.

La categoria del suolo di fondazione assunta per il sito in esame è la C, cui corrisponde un fattore S pari a 1.36.

In definitiva, l'accelerazione orizzontale massima convenzionale:  $a_{max,SLV} = 0.232g \times 1.36 = 0.316 g$ .

## 7.3 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Dall'esame della suddetta documentazione, è stato possibile riscontrare che lungo il tratto interessato dalla realizzazione delle opere in oggetto, si rinvenivano nella zona più superficiale e fino a 10m di profondità circa un substrato alluvionale (Unità Ala) mentre al di sotto di questi si riscontra un substrato alterato argilloso limoso (Unità Salt) di spessore 3 m. Più in profondità, si riscontra la presenza della formazione dello Schlier (Unità Sch). Per maggiori dettagli ed approfondimenti a quanto riportato in merito nella Relazione Geotecnica Generale.

Si riportano le caratteristiche fisico-meccaniche di tali terreni relative ai valori medi delle caratteristiche indicate nel §5.1.2 della relazione geotecnica):

### Unità Ala - Depositi alluvionali limoso argillosi

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3 \quad \text{peso dell'unità di volume}$$

**2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 29 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

$\phi' = 25^\circ$                       angolo di resistenza al taglio  
 $c' = 0 \text{ kPa}$                       coesione drenata  
 $E_{op}' = 32 \text{ MPa}$                       modulo di deformazione elastico operativo ( $E_{0,medio}/5$ )

**Unità Salt – Substrato alterato argilloso limoso**

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$                       peso dell'unità di volume  
 $\phi' = 26^\circ$                       angolo di resistenza al taglio  
 $c' = 10 \text{ kPa}$                       coesione drenata  
 $E_{op}' = 130 \text{ MPa}$                       modulo di deformazione elastico operativo ( $E_{0,medio}/5$ )

**Unità Sch – Formazione dello Schlier**

$\gamma = 23 \text{ kN/m}^3$                       peso dell'unità di volume  
 $\phi' = 29^\circ$                       angolo di resistenza al taglio  
 $c' = 55 \text{ kPa}$                       coesione drenata  
 $E_{op}' = 130 \text{ MPa}$                       modulo di deformazione elastico operativo (per  $z=20 \text{ m}$ )

## 7.4 MODELLO GEOTECNICO

La quota del piano campagna è di 476m s.l.m.m.

Nei dimensionamenti delle opere si è considerata dunque la seguente stratigrafia:

Litotipo	POTENZA	$\gamma$	$c'$	$\phi'$	$E_{vc}$	$E_{ur}$
<b>Unità Ala - Depositi alluvionali limoso argillosi</b> Ala	10	19	2.5	25	32	48
<b>Unità Salt – Substrato alterato argilloso limoso</b> Salt	3	20	10	26	130	195
<b>Unità Sch – Formazione dello Schlier</b> Sch	-	23	55	29	130	195

La falda è posta, cautelativamente, ad una quota di circa 2.0 m dalla testa della paratia.

## 7.5 FASI DI CALCOLO

L'analisi ha lo scopo di calcolare le sollecitazioni e gli spostamenti della paratia considerando l'interazione terreno-struttura al procedere dello scavo pertanto, si sono riprodotte in successione le principali fasi previste in progetto riportate in Tabella f seguente. La quota 0.0 di calcolo è stata posta convenzionalmente a quota testa paratia.

**Tabella f – Principali fasi esecutive modellate nell'analisi**

Fase n.	Lavorazioni previste
Fase 0	Generazione stato tensionale iniziale con sovraccarico equivalente al terreno a tergo
Fase 1	Realizzazione paratia
Fase 2	Scavo a quota -5.0 m da testa paratia (massima quota di scavo)

## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

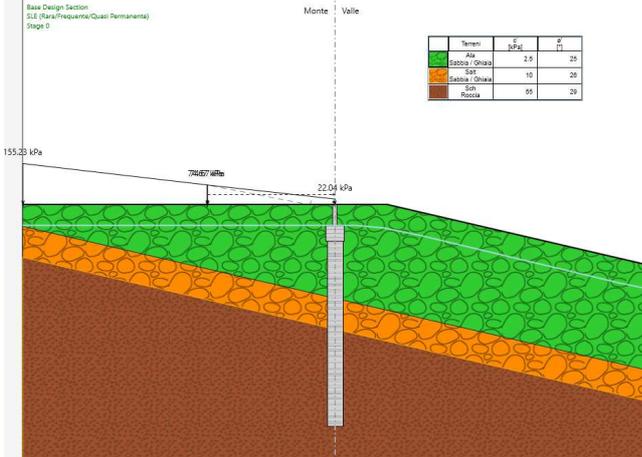
Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

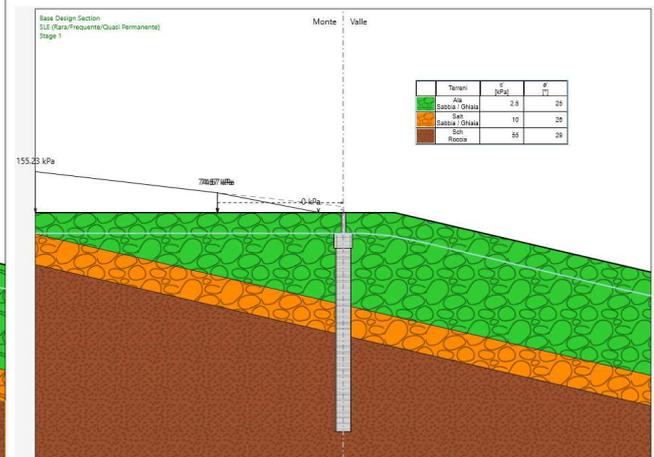
Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 30 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

Fase 3	Realizzazione della piattaforma stradale a valle
Fase 4	Applicazione della spinta sismica

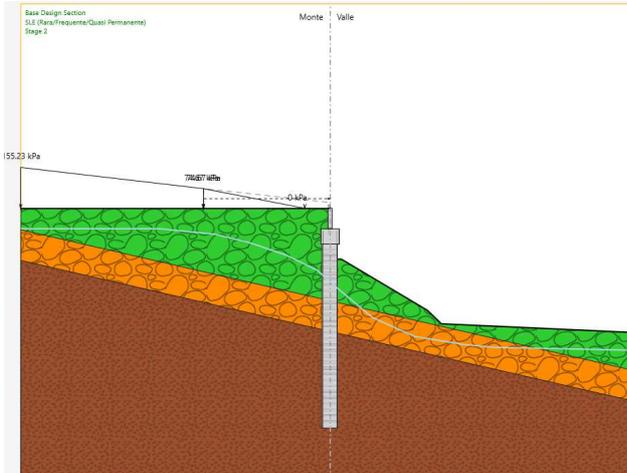
Fase 0



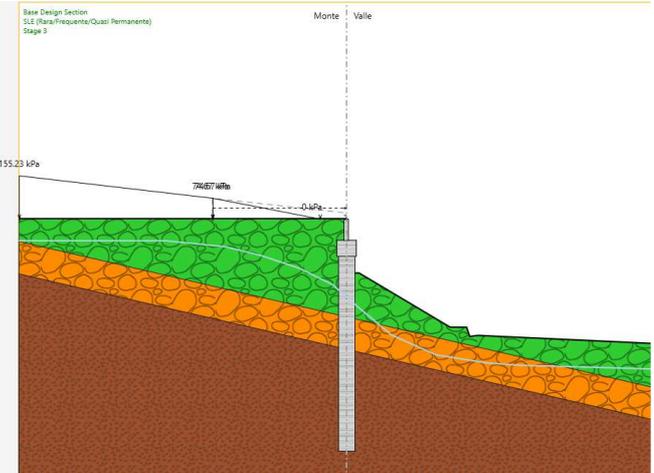
Fase 1



Fase 2



Fase 3



Fase 4

## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

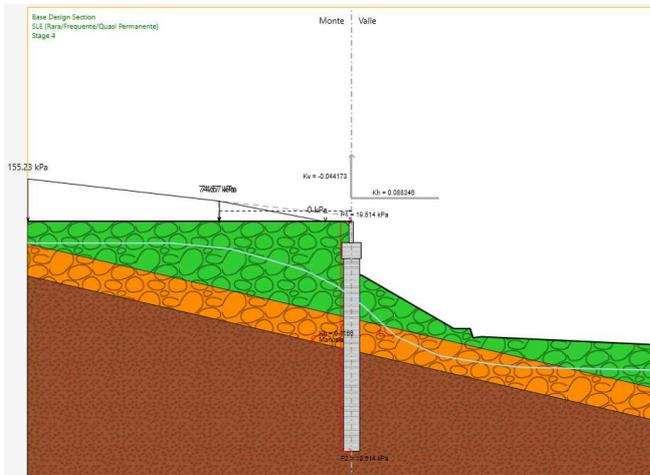
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 31 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

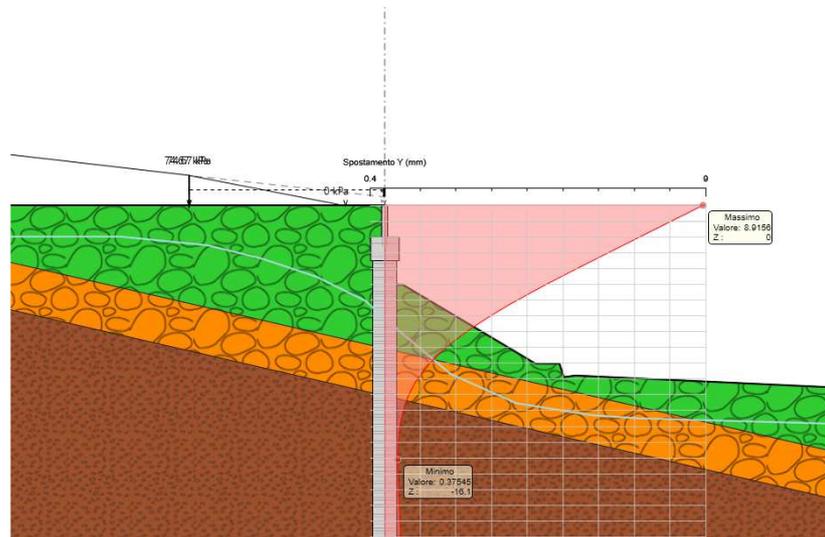


## 7.6 RISULTATI E VERIFICHE: FASE STATICA

Nel seguito si espongono, in sintesi, i principali risultati di interesse progettuale.

### 7.6.1 RISULTATI (COMBINAZIONE SLE)

Dall'involuppo degli spostamenti in combinazione SLE si osserva che lo spostamento massimo orizzontale della paratia vale 0.89 cm:



Dall'involuppo degli spostamenti in combinazione SISMA-GEO si osserva che lo spostamento massimo orizzontale della paratia vale  $4.67 \text{ cm} < 0.005 \cdot H_{\text{paratia}} = 0.005 \cdot 21.5 = 10.75 \text{ cm}$  (NTC08 - §7.11.6.3)

**2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

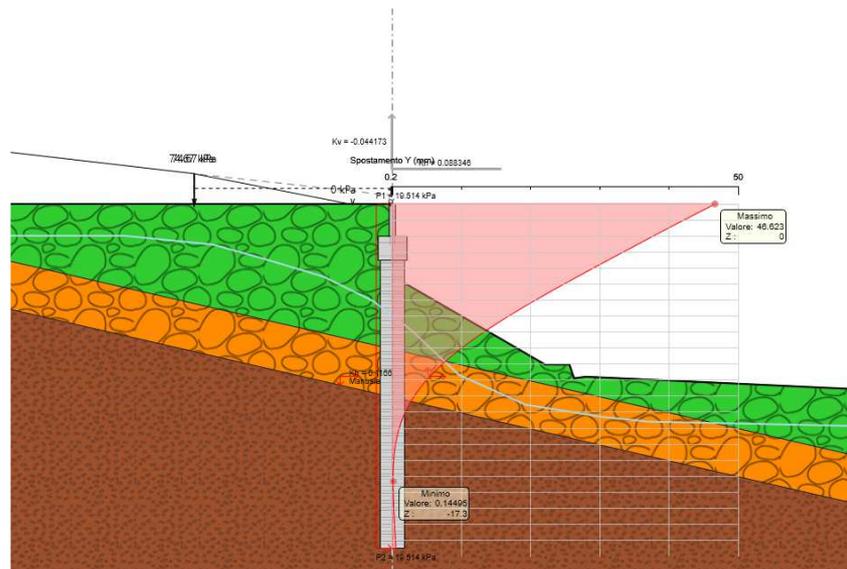
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**

**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

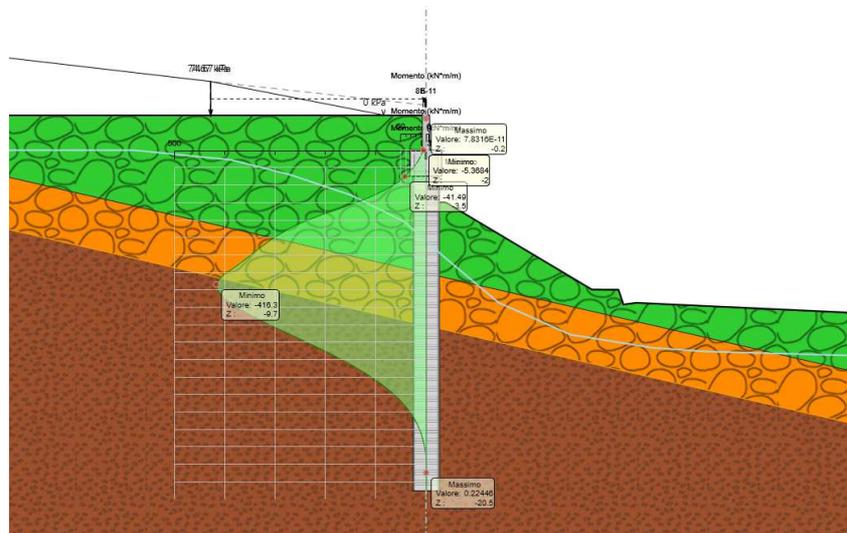
Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 32 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------



**7.6.2 RISULTATI E VERIFICHE SLU STR (COMBINAZIONE A1+M1+R1)**

Nel seguito vengono riportati i risultati delle analisi per 1 metro di sviluppo longitudinale dell'opera.

Dall'involuppo del momento flettente in combinazione A1+M1+R1 si osserva che il massimo valore si ha ad una quota di 9.7 m da testa paratia e risulta pari a 416.3 kNm/m.



Dall'involuppo del taglio in combinazione A1+M1+R1 si osserva che il massimo valore si ha ad una quota di 5.3m da testa paratia e risulta pari 99.09 kN/m:

## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

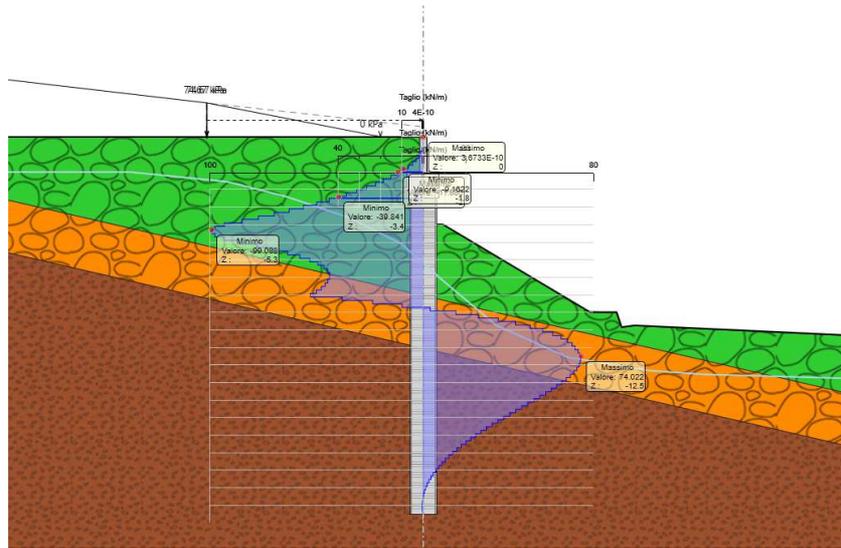
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

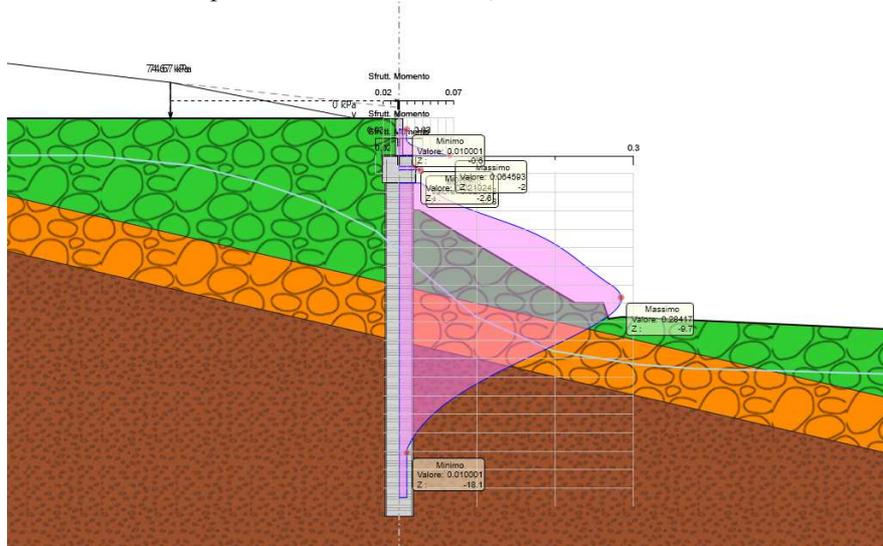
Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. progr.	REV.	Pag. di Pag.
L0703	211	E	16	OS0015	REL	01	D	33 di 132



Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali della paratia di pali a flessione condotta mediante l'ausilio di Paratie plus e a taglio, condotta seguendo quanto riportato nel paragrafo 5.2.2. In Particolare, si riportano i diagrammi dei tassi di sfruttamento nei pali nel cordolo e nel muro, ottenuti come rapporto tra sollecitazione presente e resistenza disponibile in ogni sezione.

Tasso di sfruttamento a momento nei pali in comb. A1-M1-R1 (T.S.F.<sub>max</sub> = 0.285 < 1 – VERIFICA SODDISFATTA)



Tasso di sfruttamento a taglio in comb. A1-M1-R1 (T.S.F.<sub>max</sub> = 0.19 < 1 – VERIFICA SODDISFATTA)

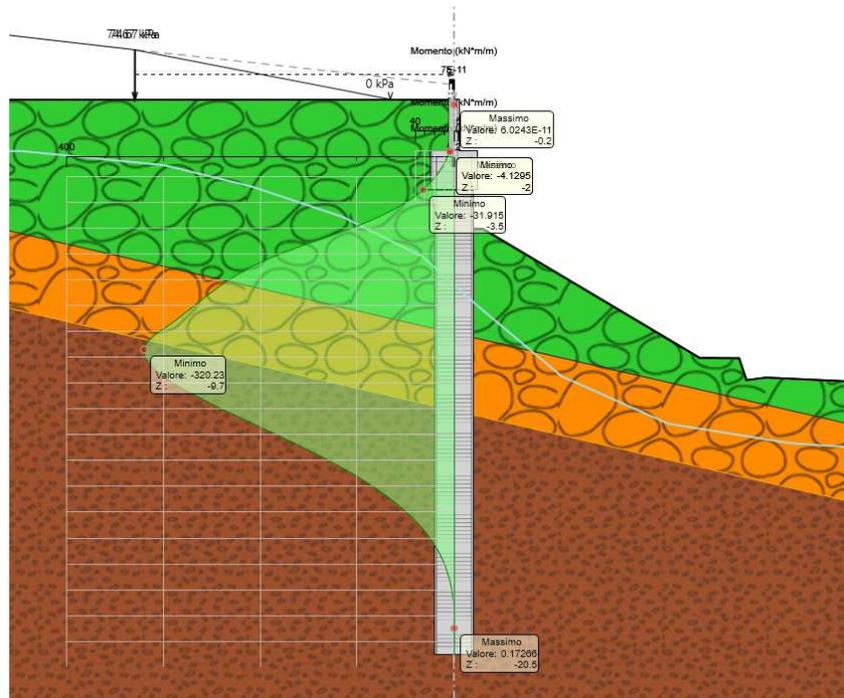


Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 35 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

### 7.6.3 RISULTATI E VERIFICHE SLE (COMBINAZIONE SLE)

Nel seguito vengono riportati i risultati delle analisi per 1 metro di sviluppo longitudinale dell'opera.

Dall'involuppo del momento flettente in combinazione SLE si osserva che il massimo valore si ha ad una quota di 9.7 m da testa paratia e risulta pari a 320.23 kNm/m.



Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali della paratia di pali a flessione condotte mediante l'ausilio di Paratie plus e a taglio, condotta seguendo quanto riportato nel paragrafo 5.2.2. In Particolare, si riportano i diagrammi di apertura delle fessure nei pali nel cordolo e nel muro in ogni sezione.

Apertura fessure comb. SLE ( $w_{max} = 0.178 \text{ mm} < 0.2 \text{ mm}$  – VERIFICA SODDISFATTA)



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

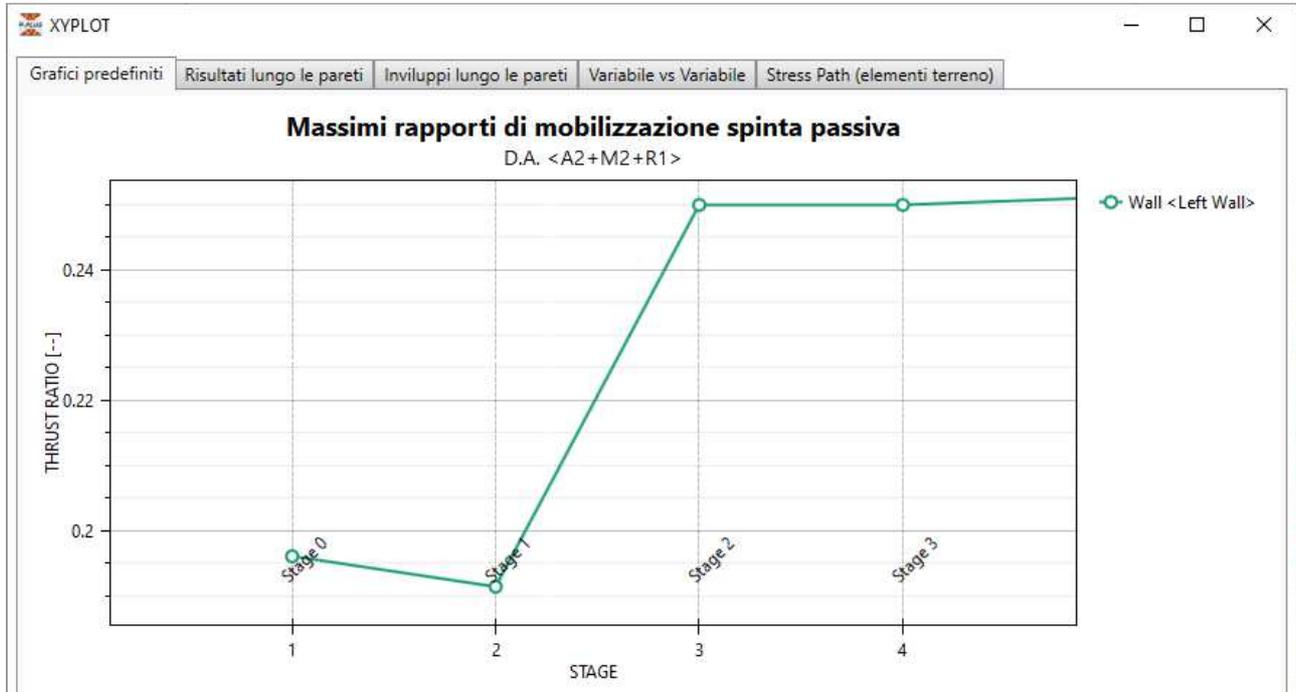
Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 37 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

### 7.6.4 RISULTATI E VERIFICHE SLU GEO (COMBINAZIONE A2+M2+R1)

Il massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva è circa il 25 % sulla paratia

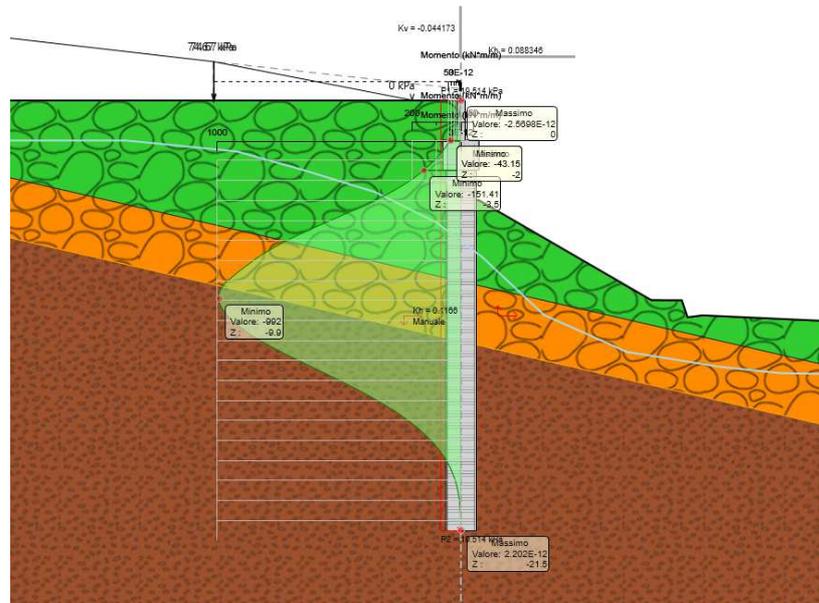


Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. progr.	REV.	Pag. di Pag.
L0703	211	E	16	OS0015	REL	01	D	38 di 132

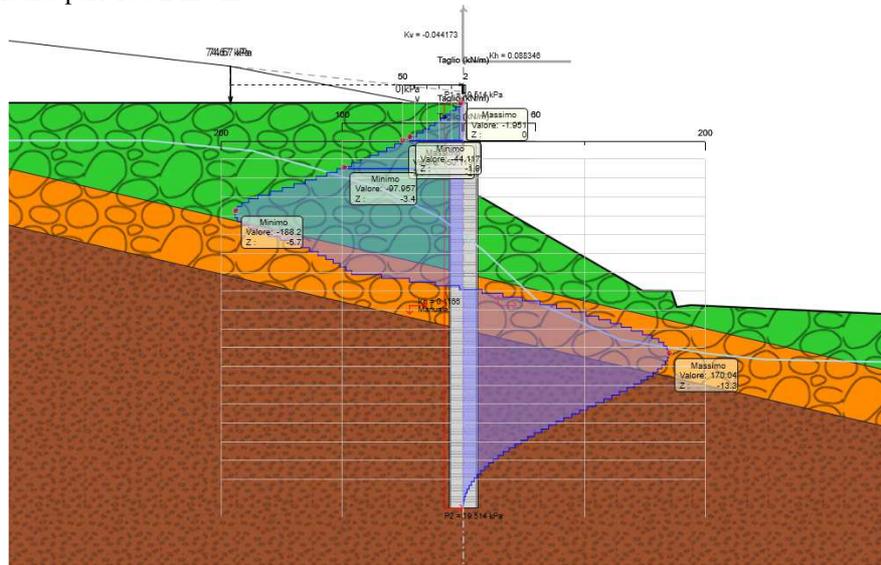
## 7.7 RISULTATI E VERIFICHE: FASE SISMICA

### 7.7.1 RISULTATI E VERIFICHE SISMA STR (COMBINAZIONE A1+M1+R1)

Dall'involuppo del momento flettente in combinazione SISMA+M1+R1 si osserva che il massimo valore si ha ad una quota di 9.9 m da testa paratia e risulta pari a 992.0 kNm/m.



Dall'involuppo del taglio in combinazione SISMA+M1+R1 si osserva che il massimo valore si ha ad una quota di 5.7 m da testa paratia e risulta pari 188.2 kN/m:



Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali della paratia di pali a flessione condotte mediante l'ausilio di Paratie plus e a taglio, condotta seguendo quanto riportato nel paragrafo 5.2.2.

In particolare, si riportano i diagrammi dei tassi di sfruttamento nei pali, nel cordolo e nel muro ottenuti come rapporto

## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

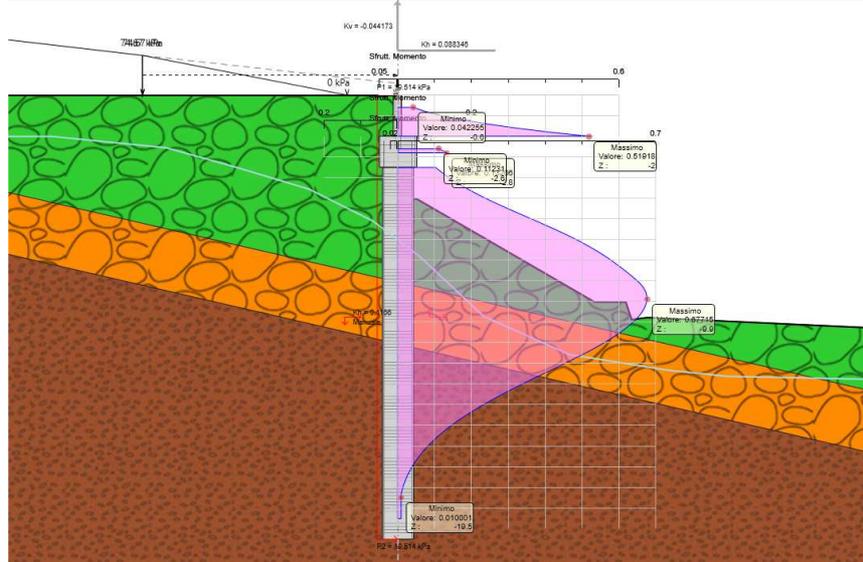
Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

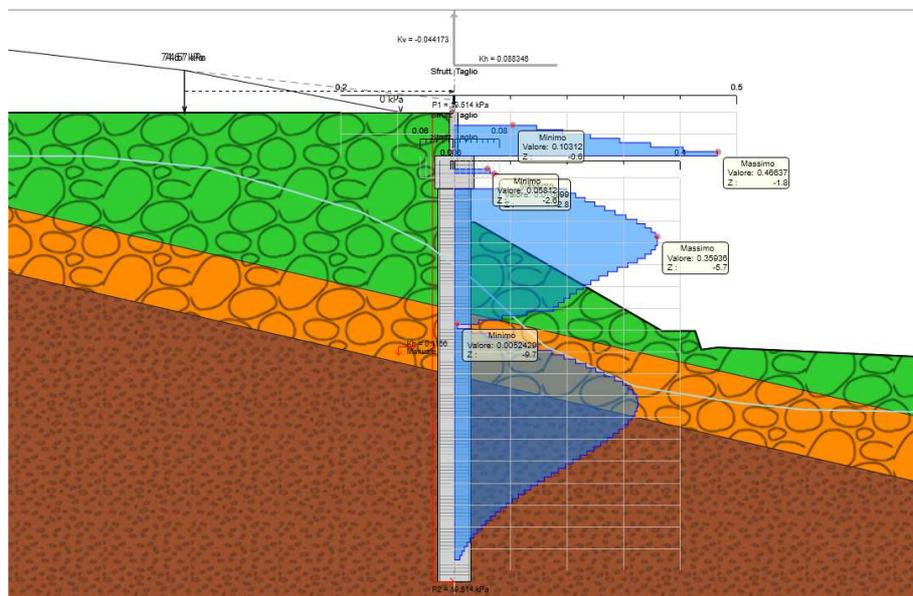
Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. progr.	REV.	Pag. di Pag.
L0703	211	E	16	OS0015	REL	01	D	39 di 132

tra sollecitazione presente e resistenza disponibile in ogni sezione.

Tasso di sfruttamento a momento nei pali in comb. SISMA-M1-R1 ( $T.S.F._{max} = 0.68 < 1$  – VERIFICA SODDISFATTA)



Tasso di sfruttamento a taglio in comb. SISMA-M1-R1 ( $T.S.F._{max} = 0.47 < 1$  – VERIFICA SODDISFATTA)



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

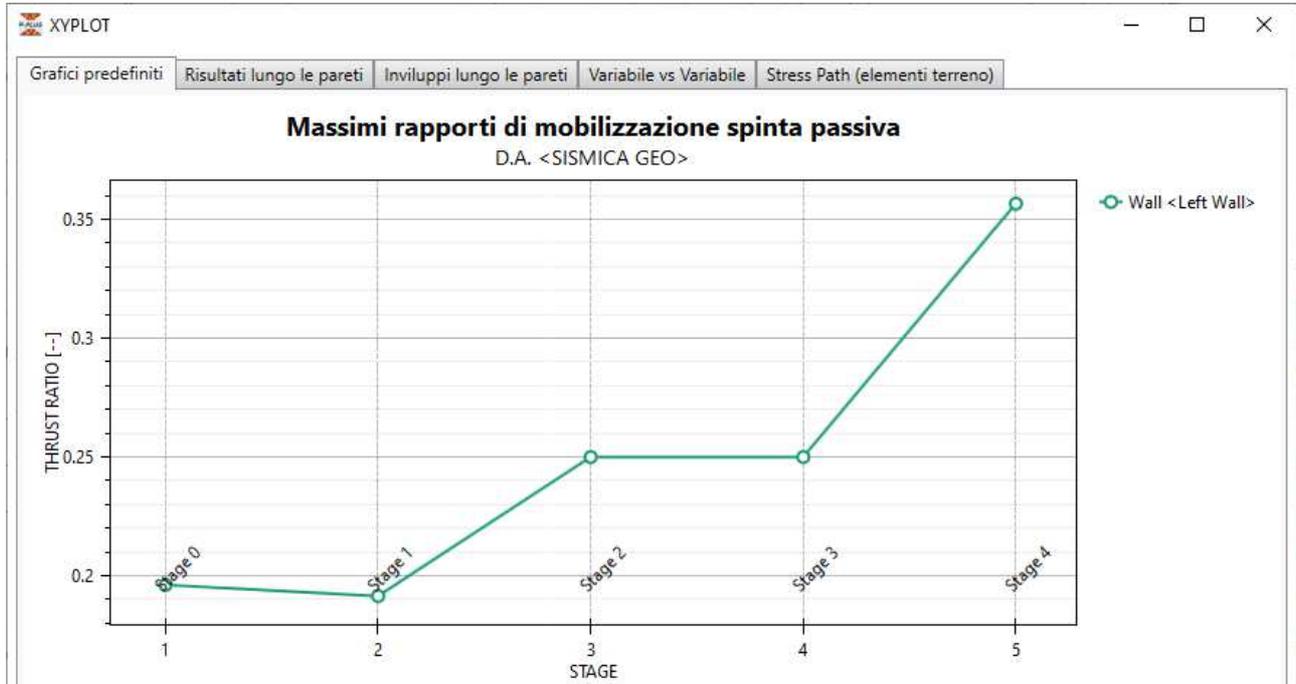
Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 40 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

### 7.7.2 RISULTATI E VERIFICHE SISMA GEO (COMBINAZIONE A2+M2+R1)

Il massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva è circa il 36% sulla paratia



**2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 41 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

## 8. ANALISI PARATIA DI PALI: SEZ. B

### 8.1 CARATTERISTICHE DI PROGETTO

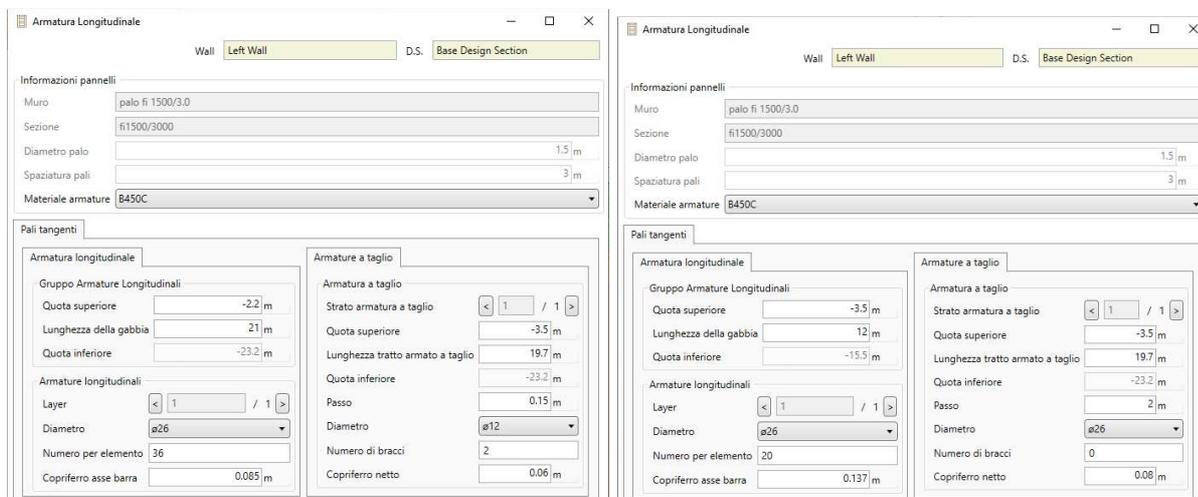
Nella Tabella d, si riportano le caratteristiche geometriche di progetto relative alla sezione di calcolo. Si riporta nella figura seguente uno schema della sezione in oggetto. Si specifica che nel modello si è considerata una lunghezza di calcolo pari alla somma tra lunghezza dei pali e altezza del cordolo+muro di testa pali. Il terreno a tergo della paratia viene schematizzato con un carico equivalente alla scarpata con pendenza 2/5. Si riporta nella figura seguente uno schema della sezione in oggetto. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

**Tabella g – Caratteristiche di progetto**

Geometria	
sezione	6 (di svincolo) -
progressiva	0+160 (pk 12+240 della Pedemontana) -
altezza max di scavo, $H_{max}$	6.50 m
Carico equivalente al terreno con inclinazione a monte della paratia	Variabile ( $11^{\circ}$ - $22^{\circ}$ ) -
Pali	
diametro pali	1500 mm
Lunghezza pali	20.0 m
Altezza cordolo	1.5 m
Altezza muro	2.0 m
Lunghezza modello di calcolo (pali + cordolo)	23.5 m
caratteristiche armatura	36 $\Phi 26$ +20 $\Phi 26$ -
interasse Pali, i	3.0 m

**Tabella h – Armature**

ELEMENTI	Dimensioni [mm]	Armatura	Staffe
PALI	$\Phi 1500$	36 $\Phi 26$ +20 $\Phi 26$ (2° strato)	$\Phi 12/15$
CORDOLO	1000x1950	(1+1) $\Phi 16/20$	$\Phi 12/40$ x40
MURO	1000x40	1 $\Phi 16/20$ (controterra)+ 1 $\Phi 12/20$ (esterno)	$\Phi 8/40$ x40



The image shows two screenshots of a software interface for longitudinal reinforcement design. Both screenshots are titled 'Armatura Longitudinale' and show settings for a wall ('Left Wall') in a 'Base Design Section'.

**Left Screenshot:**

- Informazioni pannelli: Muro (palo fi 1500/3.0), Sezione (fi1500/3000), Diametro palo (1.5 m), Spaziatura pali (3 m), Materiale armature (B450C).
- Pali tangenti:
  - Armatura longitudinale: Gruppo Armature Longitudinali (Quota superiore: -2.2 m, Lunghezza della gabbia: 21 m, Quota inferiore: -23.2 m), Armature longitudinali (Layer: 1, Diametro:  $\Phi 26$ , Numero per elemento: 36, Copriferro asse barra: 0.085 m).
  - Armature a taglio: Strato armatura a taglio (1 / 1), Quota superiore: -3.5 m, Lunghezza tratto armato a taglio: 19.7 m, Quota inferiore: -23.2 m, Passo: 0.15 m, Diametro:  $\Phi 12$ , Numero di bracci: 2, Copriferro netto: 0.06 m.

**Right Screenshot:**

- Informazioni pannelli: Muro (palo fi 1500/3.0), Sezione (fi1500/3000), Diametro palo (1.5 m), Spaziatura pali (3 m), Materiale armature (B450C).
- Pali tangenti:
  - Armatura longitudinale: Gruppo Armature Longitudinali (Quota superiore: -3.5 m, Lunghezza della gabbia: 12 m, Quota inferiore: -15.5 m), Armature longitudinali (Layer: 1, Diametro:  $\Phi 26$ , Numero per elemento: 20, Copriferro asse barra: 0.137 m).
  - Armature a taglio: Strato armatura a taglio (1 / 1), Quota superiore: -3.5 m, Lunghezza tratto armato a taglio: 19.7 m, Quota inferiore: -23.2 m, Passo: 2 m, Diametro:  $\Phi 26$ , Numero di bracci: 0, Copriferro netto: 0.08 m.

**Armature nei pali**

## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 42 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

**Armatura Longitudinale**

Wall: Left Wall | D.S.: Base Design Section

Informazioni pannelli

Muro: palo fi 1500/3.0

Sezione: fi1500/3000

Diametro palo: 1.5 m

Spaziatura pali: 3 m

Materiale armature: B450C

Pali tangenti:

**Armatura longitudinale**

Gruppo Armature Longitudinali

Quota superiore: -2.2 m

Lunghezza della gabbia: 21 m

Quota inferiore: -23.2 m

Armature longitudinali

Layer: 1 / 1

Diametro:  $\phi 26$

Numero per elemento: 36

Copriferro asse barra: 0.085 m

**Armatura a taglio**

Strato armatura a taglio: 1 / 1

Quota superiore: -3.5 m

Lunghezza tratto armato a taglio: 19.7 m

Quota inferiore: -23.2 m

Passo: 0.15 m

Diametro:  $\phi 12$

Numero di bracci: 2

Copriferro netto: 0.06 m

**Armatura Longitudinale**

Wall: Left Wall

Informazioni pannelli

Muro: cordolo

Sezione: cordolo

Spessore sezione (T):

Profondità dell'elemento (B):

Materiale armature: B450C

Rettagonolare

**Armatura longitudinale**

Gruppo Armature Longitudinali

Quota superiore: -2 m

Lunghezza della gabbia: 1.3 m

Quota inferiore: -3.5 m

Armature longitudinali

Strato armatura: 1 / 2

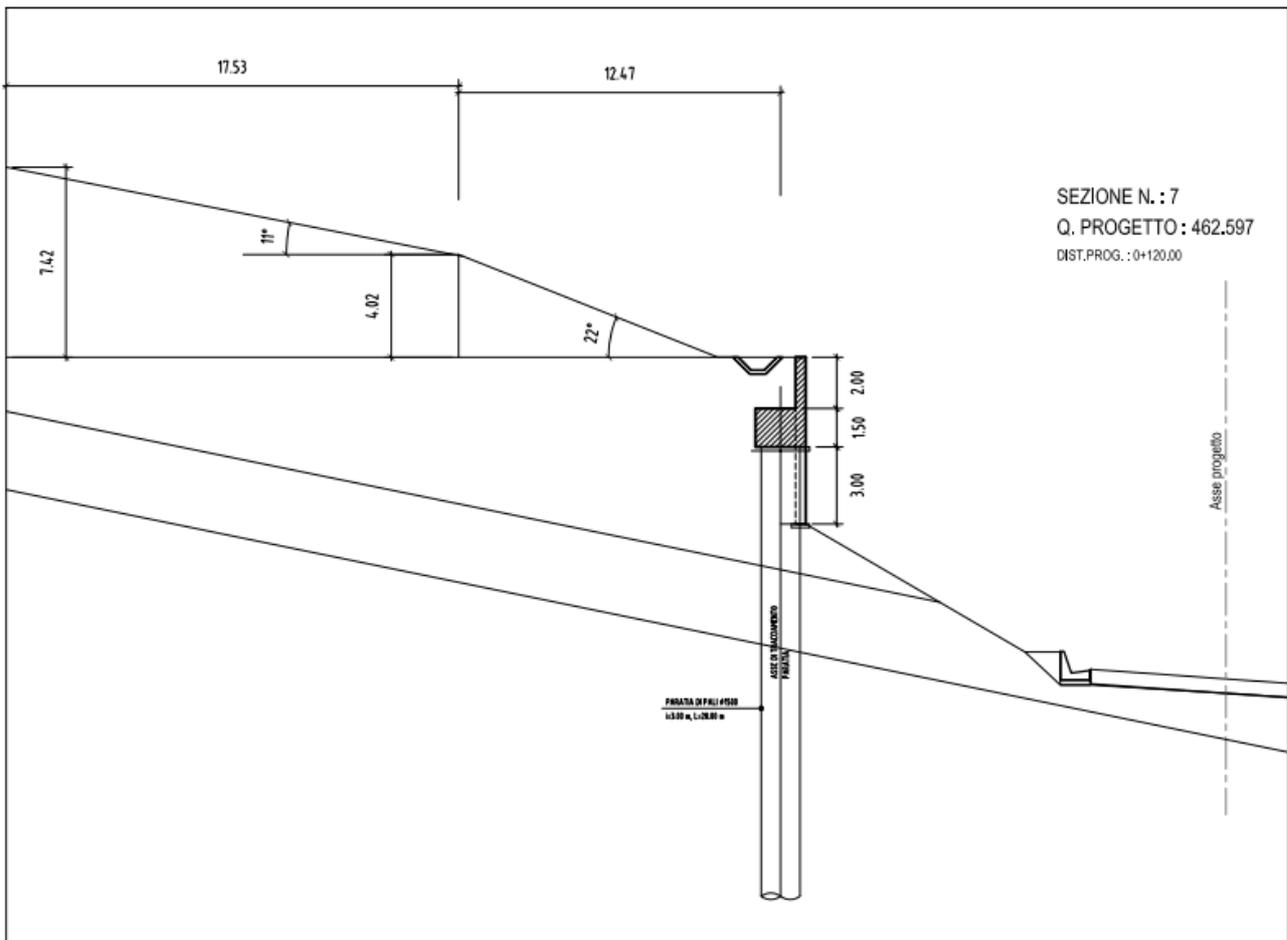
Lato armatura: Lato sinistro

Diametro:  $\phi 16$

Numero per elemento: 5

Copriferro asse barra: 0.06 m

Armatura cordolo e muro



Schema sezione di calcolo

	<b>2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud</b> <b>4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia</b> Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169 Relazione di calcolo							
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D

## 8.2 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

L'azione sismica di progetto è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base del sito su cui l'opera insiste, descritta in termini geografici e temporali:

- attraverso i valori di accelerazione orizzontale di picco  $a_g$  (attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale) e le espressioni che definiscono le ordinate del relativo spettro di risposta elastico in accelerazione  $S_c(T)$ ;
- in corrispondenza del punto del reticolo che individua la posizione geografica dell'opera;
- con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR.

In particolare, la forma spettrale prevista dalla normativa è definita, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

- $a_g$ , accelerazione orizzontale massima del terreno
- $F_0$ , valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- $T_C^*$ , periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I suddetti parametri sono calcolati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il punto caratterizzante la posizione dell'opera, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

In particolare, si può notare come  $F_0$  descriva la pericolosità sismica locale del sito su cui l'opera insiste. Infatti, da quest'ultimo, attraverso le espressioni fornite dalla normativa, sono valutati i valori d'amplificazione stratigrafica e topografica.

Di seguito sono riassunti i valori dei parametri assunti per l'opera in oggetto.

- Vita nominale  $V_N$  = 50 anni;
- Classe d'uso = III;
- Coefficiente d'uso  $C_u$  = 1.5;
- Periodo di riferimento  $V_R$  = 75 anni;
- $T_{R,SLV}$  = 712 anni;
- $a_{g,SLV}$  = 0.232 g;
- $F_{0,SLV}$  = 2.544;
- $T_{c,SLV}^*$  = 0.333 sec.

La categoria del suolo di fondazione assunta per il sito in esame è la C, cui corrisponde un fattore S pari a 1.36.

In definitiva, l'accelerazione orizzontale massima convenzionale:  $a_{max,SLV} = 0.232g \times 1.36 = 0.316 g$ .

## 8.3 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Dall'esame della suddetta documentazione, è stato possibile riscontrare che lungo il tratto interessato dalla realizzazione delle opere in oggetto, si rinvennero nella zona più superficiale e fino a 10m di profondità circa un substrato alluvionale (Unità Ala) mentre al di sotto di questi si riscontra un substrato alterato argilloso limoso (Unità Salt) di spessore 3 m. Più in profondità, si riscontra la presenza della formazione dello Schlier (Unità Sch). Per maggiori dettagli ed approfondimenti a quanto riportato in merito nella Relazione Geotecnica Generale.

Si riportano le caratteristiche fisico-meccaniche di tali terreni relative ai valori medi delle caratteristiche indicate nel §5.1.2 della relazione geotecnica):

### Unità Ala - Depositi alluvionali limoso argillosi

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3 \quad \text{peso dell'unità di volume}$$

**2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 44 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

$\phi' = 25^\circ$                       angolo di resistenza al taglio  
 $c' = 0 \text{ kPa}$                     coesione drenata  
 $E_{op}' = 32 \text{ MPa}$                 modulo di deformazione elastico operativo

**Unità Salt – Substrato alterato argilloso limoso**

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$                 peso dell'unità di volume  
 $\phi' = 26^\circ$                         angolo di resistenza al taglio  
 $c' = 10 \text{ kPa}$                     coesione drenata  
 $E_{op}' = 130 \text{ MPa}$                 modulo di deformazione elastico operativo

**Unità Sch – Formazione dello Schlier**

$\gamma = 23 \text{ kN/m}^3$                 peso dell'unità di volume  
 $\phi' = 29^\circ$                         angolo di resistenza al taglio  
 $c' = 55 \text{ kPa}$                     coesione drenata  
 $E_{op}' = 130 \text{ MPa}$                 modulo di deformazione elastico operativo

## 8.4 MODELLO GEOTECNICO

La quota del piano campagna è di 476m s.l.m.m.

Nei dimensionamenti delle opere si è considerata dunque la seguente stratigrafia:

Litotipo		POTENZA	$\gamma$	$c'$	$\phi'$	$E_{vc}$	$E_{ur}$
		m	kN/m <sup>3</sup>	kPa	°	MPa	MPa
<b>Unità Ala - Depositi alluvionali limoso argillosi</b>	<b>Ala</b>	10	19	2.5	25	32	48
<b>Unità Salt – Substrato alterato argilloso limoso</b>	<b>Salt</b>	3	20	10	26	130	195
<b>Unità Sch – Formazione dello Schlier</b>	<b>Sch</b>	-	23	55	29	130	195

La falda è posta, cautelativamente, ad una quota di circa 2.0 m dalla testa della paratia.

## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 45 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

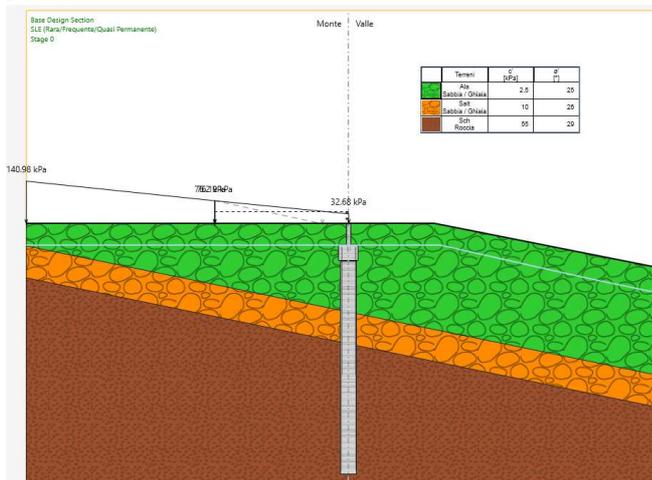
## 8.5 FASI DI CALCOLO

L'analisi ha lo scopo di calcolare le sollecitazioni e gli spostamenti della paratia considerando l'interazione terreno-struttura al procedere dello scavo pertanto, si sono riprodotte in successione le principali fasi previste in progetto riportate in Tabella f seguente. La quota 0.0 di calcolo è stata posta convenzionalmente a quota testa paratia.

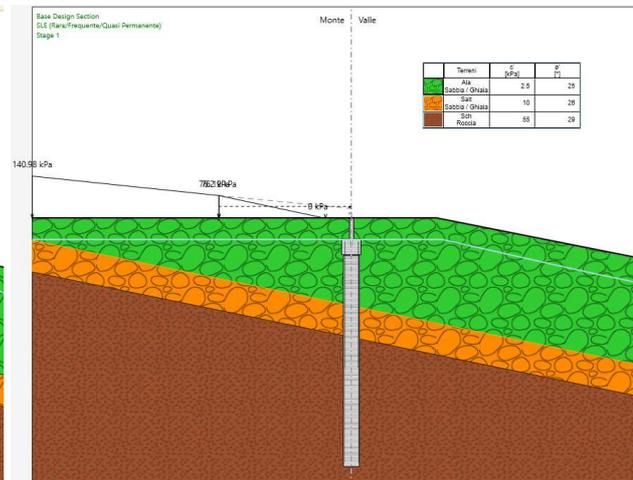
**Tabella i – Principali fasi esecutive modellate nell'analisi**

Fase n.	Lavorazioni previste
Fase 0	Generazione stato tensionale iniziale con sovraccarico equivalente al terreno a tergo
Fase 1	Realizzazione paratia
Fase 2	Scavo a quota -6.5 m da testa paratia (massima quota di scavo)
Fase 3	Realizzazione della piattaforma stradale a valle
Fase 4	Applicazione della spinta sismica

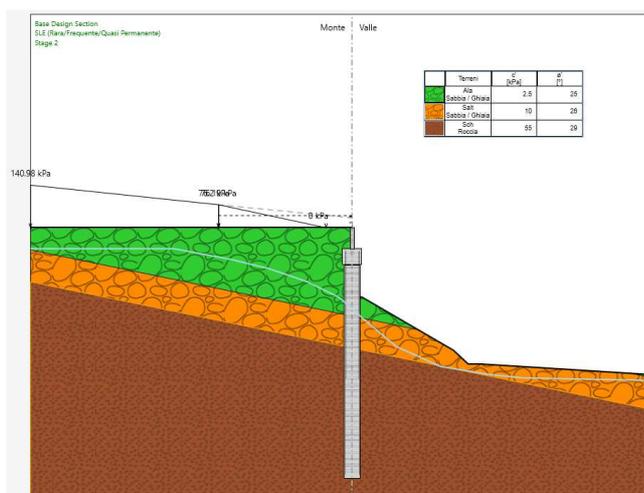
Fase 0



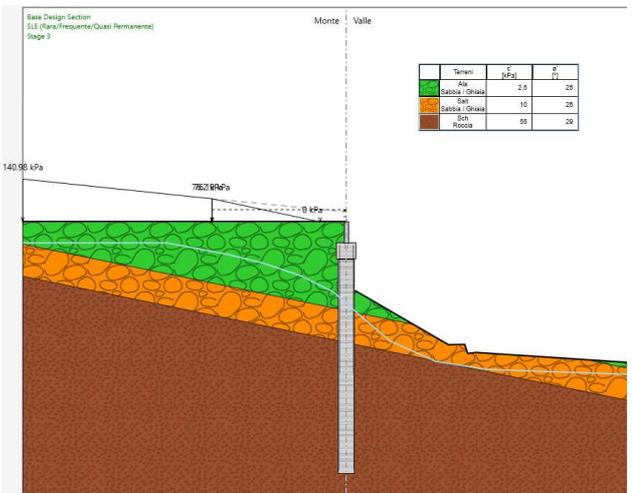
Fase 1



Fase 2



Fase 3



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

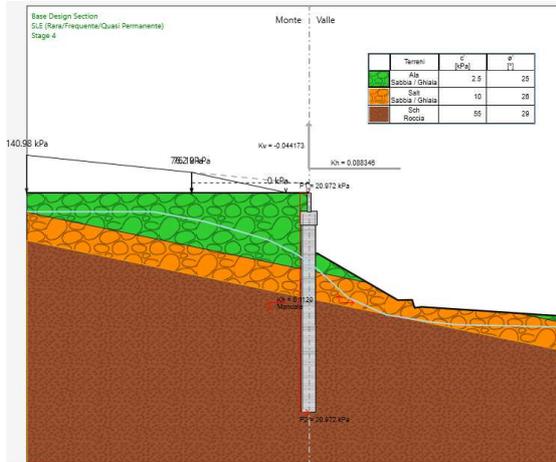
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 46 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

### Fase 4



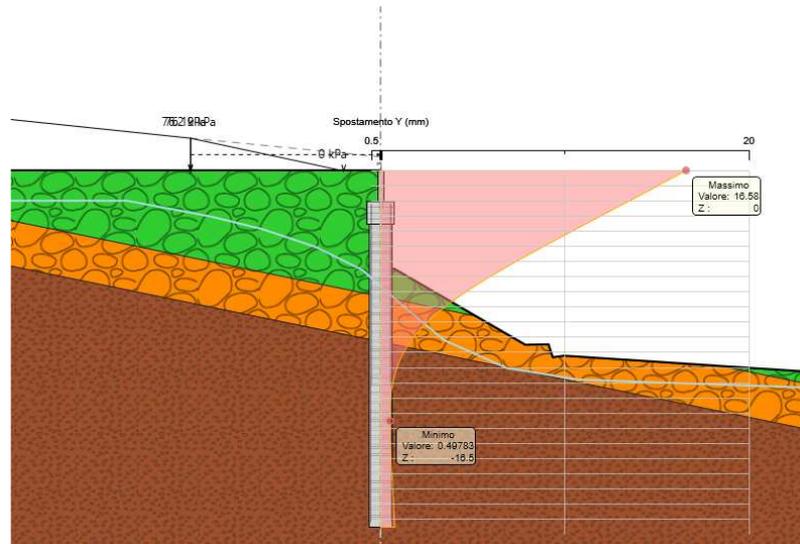
Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. progr.	REV.	Pag. di Pag.
L0703	211	E	16	OS0015	REL	01	D	47 di 132

## 8.6 RISULTATI E VERIFICHE: FASE STATICA

Nel seguito si espongono, in sintesi, i principali risultati di interesse progettuale.

### 8.6.1 RISULTATI (COMBINAZIONE SLE)

Dall'involuppo degli spostamenti in combinazione SLE si osserva che lo spostamento massimo orizzontale della paratia vale 1.66 cm:



Dall'involuppo degli spostamenti in combinazione SISMA-GEO si osserva che lo spostamento massimo orizzontale della paratia vale 9.7 cm  $< 0.005 \cdot H_{\text{paratia}} = 0.005 \cdot 23.5 = 11.75$  cm (NTC08 - §7.11.6.3)

## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

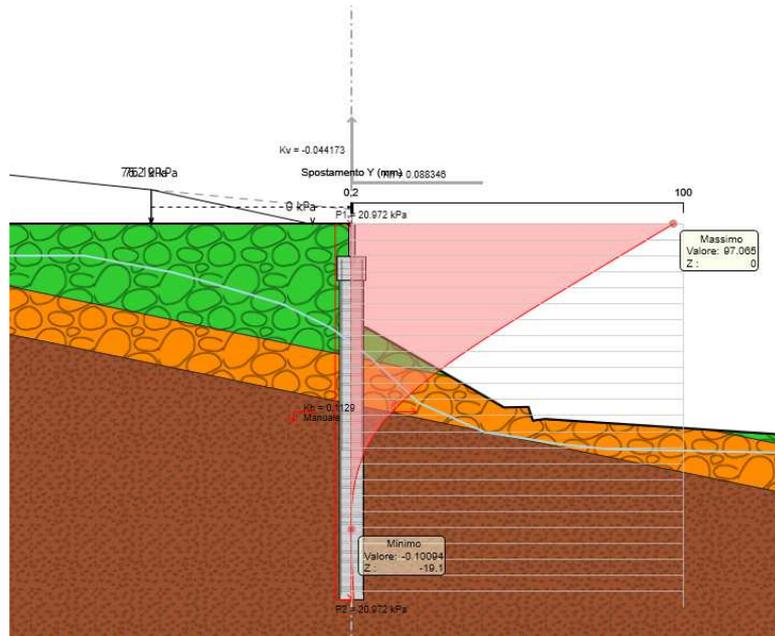
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. progr.	REV.	Pag. di Pag.
L0703	211	E	16	OS0015	REL	01	D	48 di 132



### 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

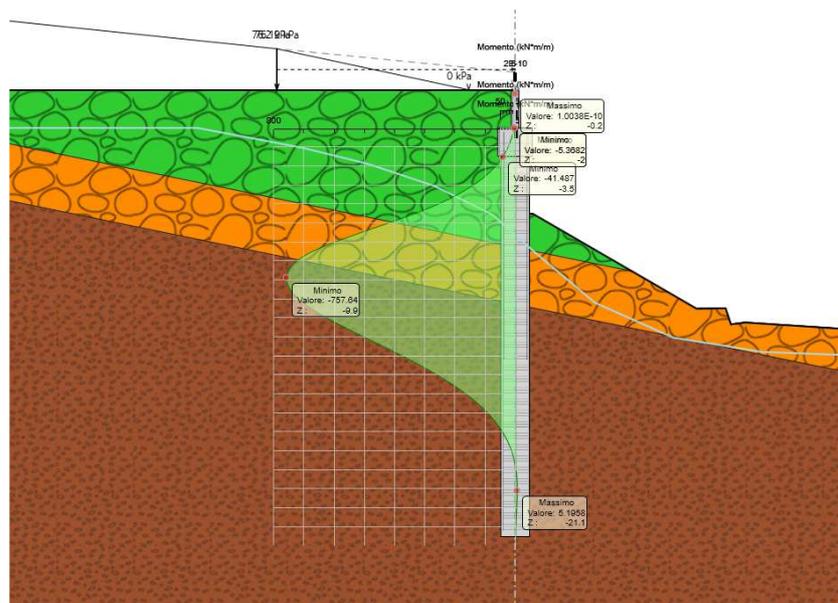
Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 49 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

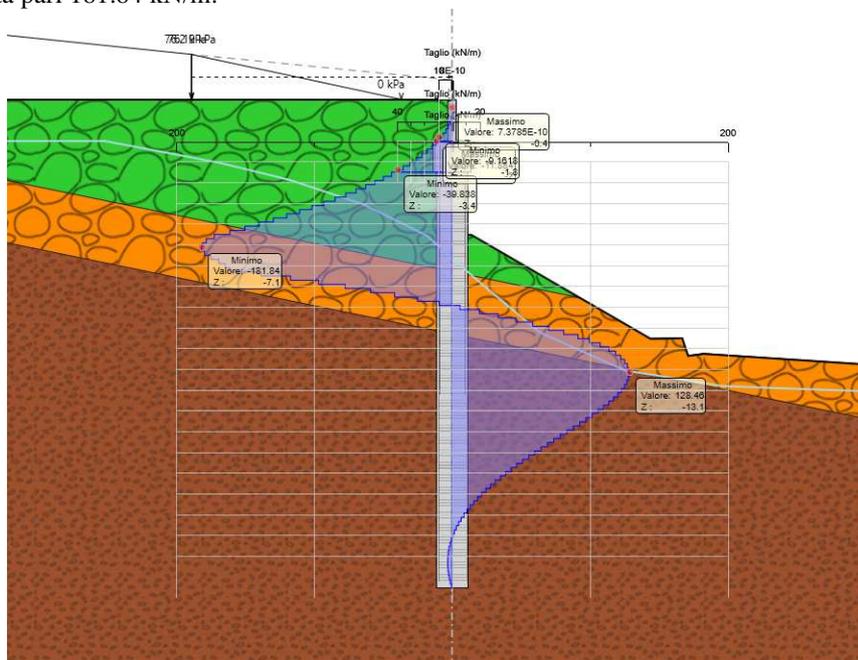
#### 8.6.2 RISULTATI E VERIFICHE SLU STR (COMBINAZIONE A1+M1+R1)

Nel seguito vengono riportati i risultati delle analisi per 1 metro di sviluppo longitudinale dell'opera.

Dall'involuppo del momento flettente in combinazione A1+M1+R1 si osserva che il massimo valore si ha ad una quota di 9.9 m da testa paratia e risulta pari a 757.64 kNm/m.



Dall'involuppo del taglio in combinazione A1+M1+R1 si osserva che il massimo valore si ha ad una quota di 7.1m da testa paratia e risulta pari 181.84 kN/m:



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

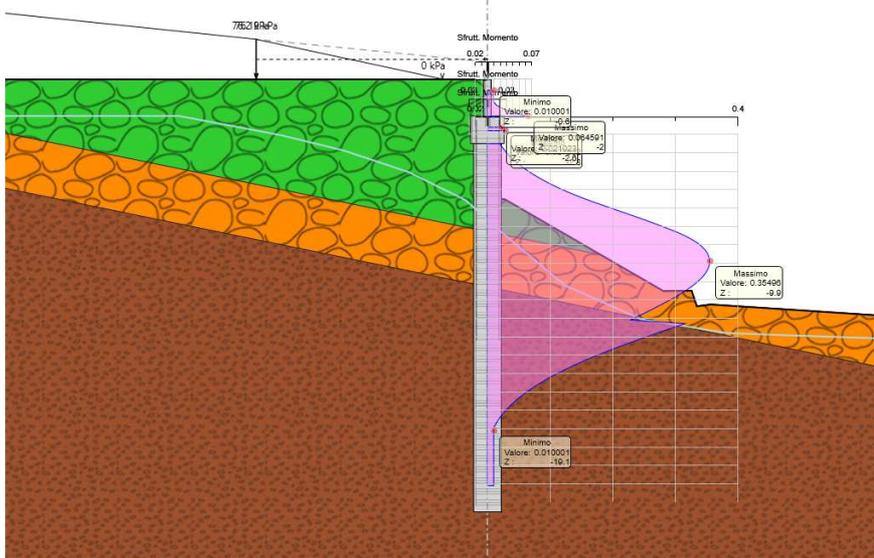
Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

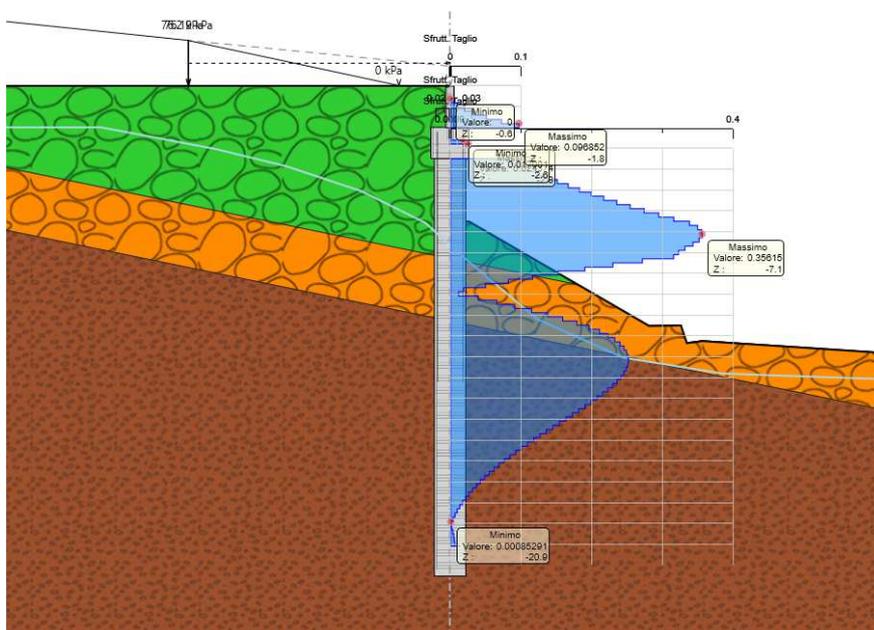
Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. progr.	REV.	Pag. di Pag.
L0703	211	E	16	OS0015	REL	01	D	50 di 132

Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali della paratia di pali a flessione condotte mediante l'ausilio di Paratie plus e a taglio, condotta seguendo quanto riportato nel paragrafo 5.2.2. In Particolare, si riportano i diagrammi dei tassi di sfruttamento nei pali nel cordolo e nel muro, ottenuti come rapporto tra sollecitazione presente e resistenza disponibile in ogni sezione.

Tasso di sfruttamento a momento in comb. A1-M1-R1 ( $T.S.F_{max} = 0.36 < 1$  – VERIFICA SODDISFATTA)



Tasso di sfruttamento a taglio in comb. A1-M1-R1 ( $T.S.F_{max} = 0.36 < 1$  – VERIFICA SODDISFATTA)



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

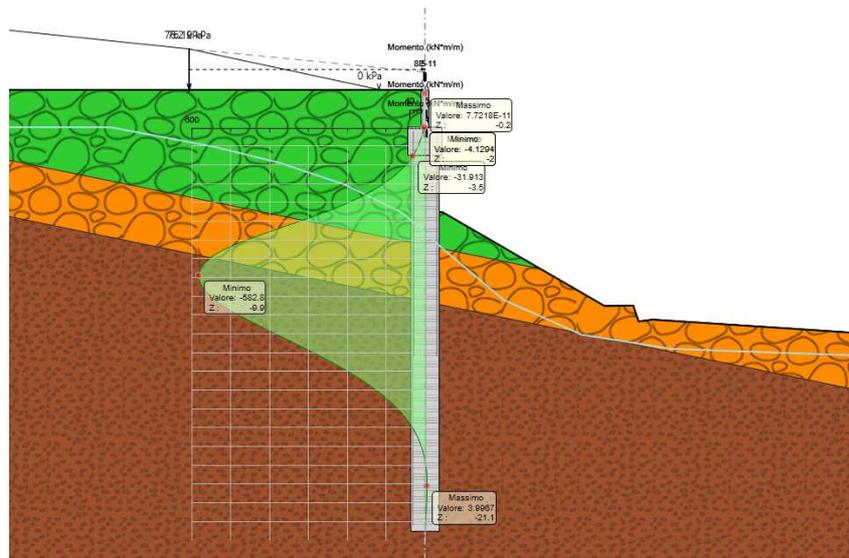
Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 51 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

### 8.6.3 RISULTATI E VERIFICHE SLE (COMBINAZIONE SLE)

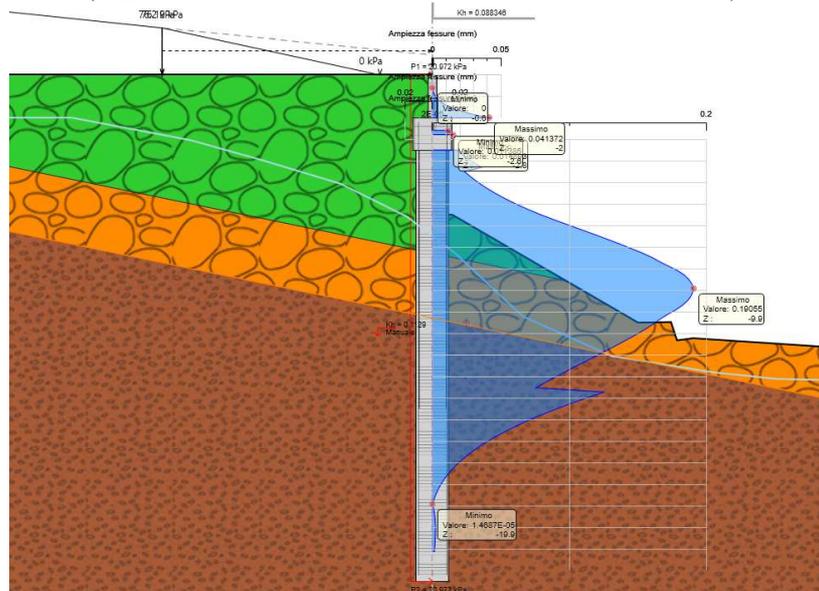
Nel seguito vengono riportati i risultati delle analisi per 1 metro di sviluppo longitudinale dell'opera.

Dall'involuppo del momento flettente in combinazione SLE si osserva che il massimo valore si ha ad una quota di 9.9 m da testa paratia e risulta pari a 582.8 kNm/m.



Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali della paratia di pali a flessione condotte mediante l'ausilio di Paratie plus e a taglio, condotta seguendo quanto riportato nel paragrafo 5.2.2. In Particolare, si riportano i diagrammi di apertura delle fessure nei pali nel cordolo e nel muro in ogni sezione.

Apertura fessure comb. SLE ( $w_{max} = 0.190 \text{ mm} < 0.2 \text{ mm}$  – VERIFICA SODDISFATTA)



### 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

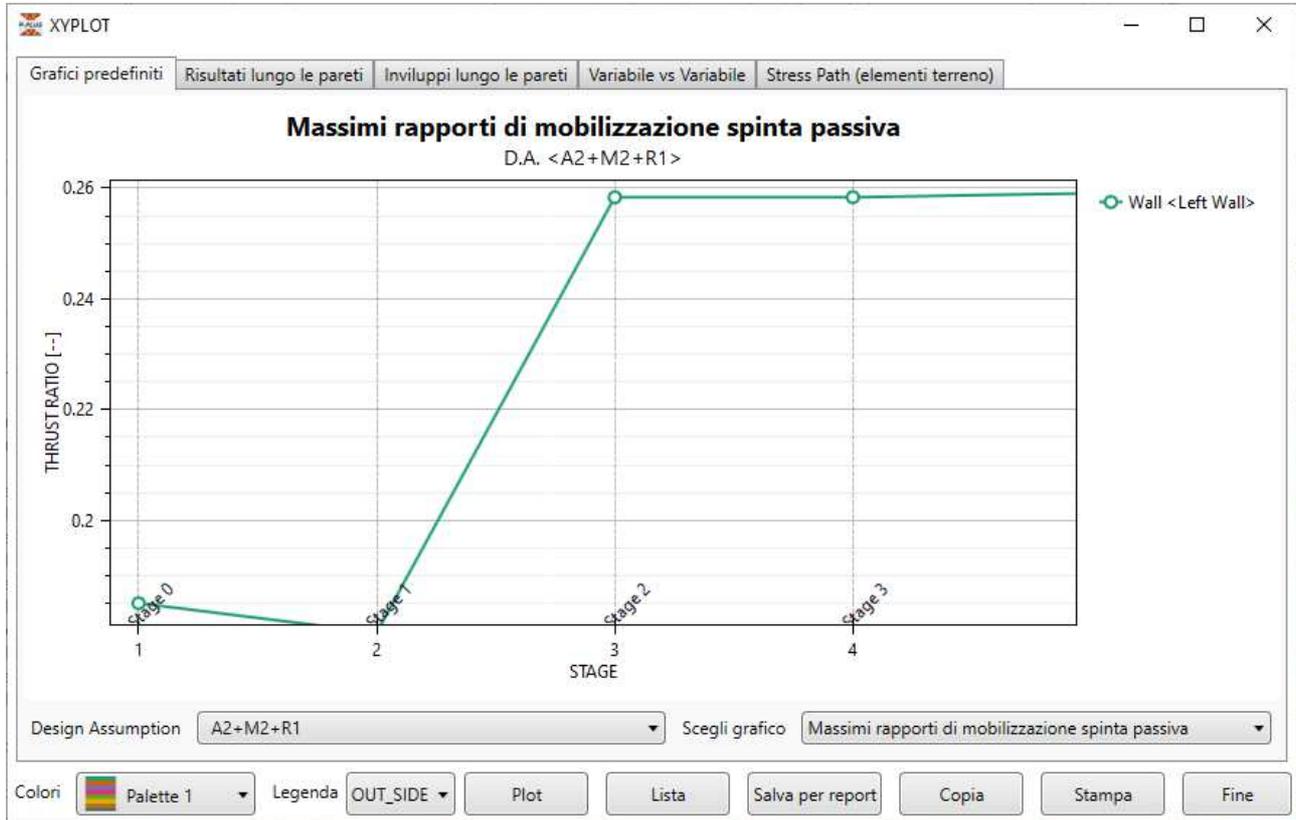
Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 52 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

#### 8.6.4 RISULTATI E VERIFICHE SLU GEO (COMBINAZIONE A2+M2+R1)

Il massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva è circa il 26 % sulla paratia

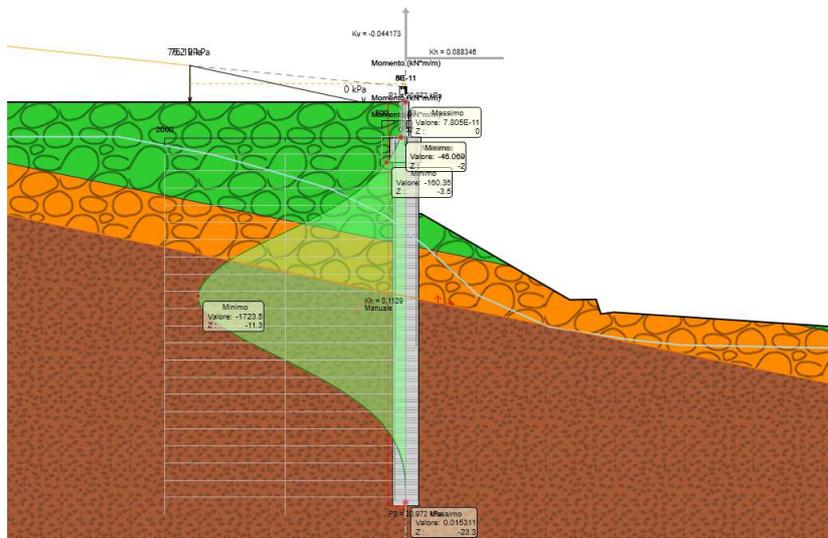


Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 53 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

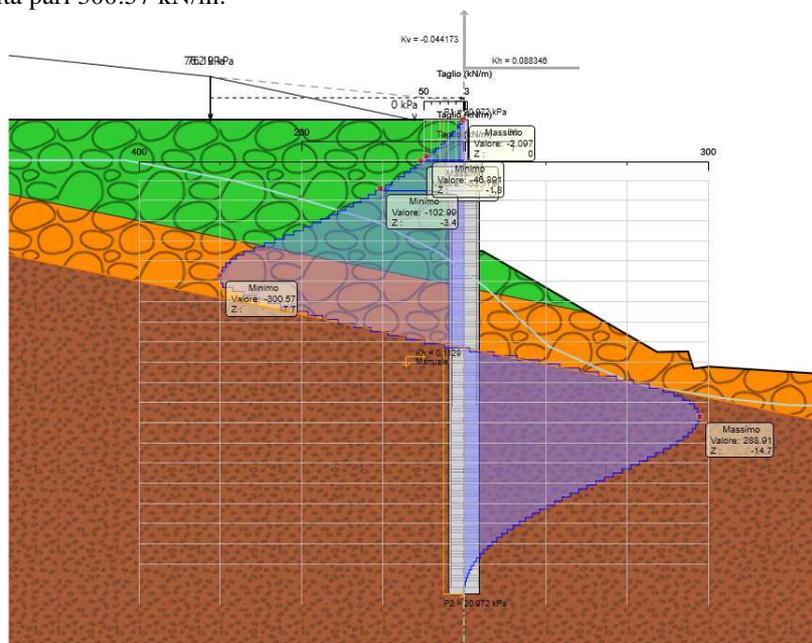
## 8.7 RISULTATI E VERIFICHE: FASE SISMICA

### 8.7.1 RISULTATI E VERIFICHE SISMA STR (COMBINAZIONE A1+M1+R1)

Dall'involuppo del momento flettente in combinazione SISMA+M1+R1 si osserva che il massimo valore si ha ad una quota di 11.3 m da testa paratia e risulta pari a 1712.5 kNm/m.



Dall'involuppo del taglio in combinazione SISMA+M1+R1 si osserva che il massimo valore si ha ad una quota di 7.7 m da testa paratia e risulta pari 300.57 kN/m:



Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali della paratia di pali a flessione condotte mediante l'ausilio di Paratie plus e a taglio, condotta seguendo quanto riportato nel paragrafo 5.2.2.

In particolare, si riportano i diagrammi dei tassi di sfruttamento nei pali, nel cordolo e nel muro ottenuti come rapporto

## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

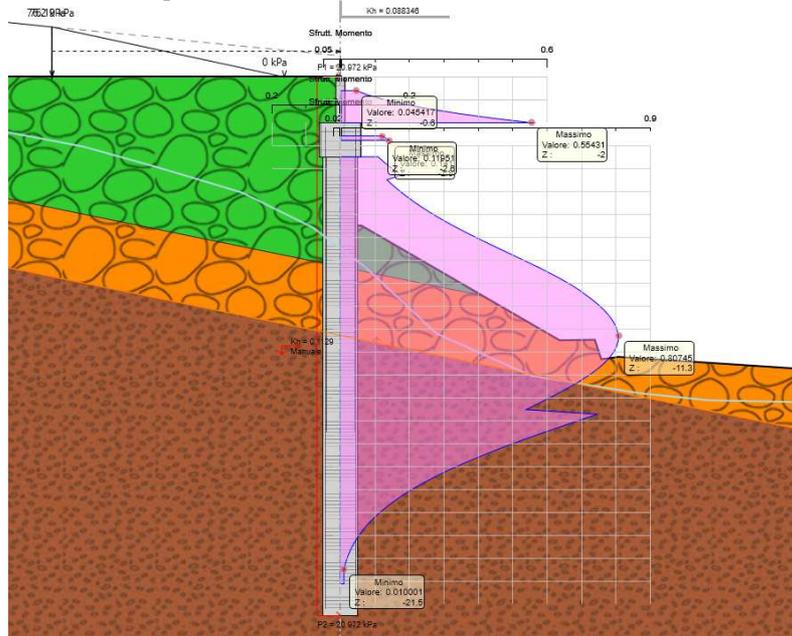
Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

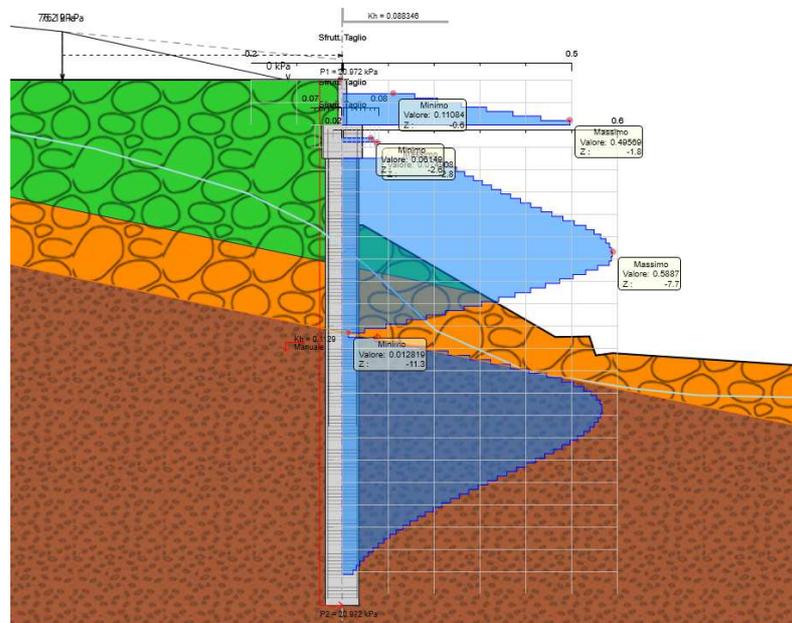
Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. progr.	REV.	Pag. di Pag.
L0703	211	E	16	OS0015	REL	01	D	54 di 132

tra sollecitazione presente e resistenza disponibile in ogni sezione.

Tasso di sfruttamento a momento nei pali in comb. SISMA-M1-R1 ( $T.S.F._{max} = 0.81 < 1$  – VERIFICA SODDISFATTA)



Tasso di sfruttamento a taglio in comb. SISMA-M1-R1 ( $T.S.F._{max} = 0.59 < 1$  – VERIFICA SODDISFATTA)



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

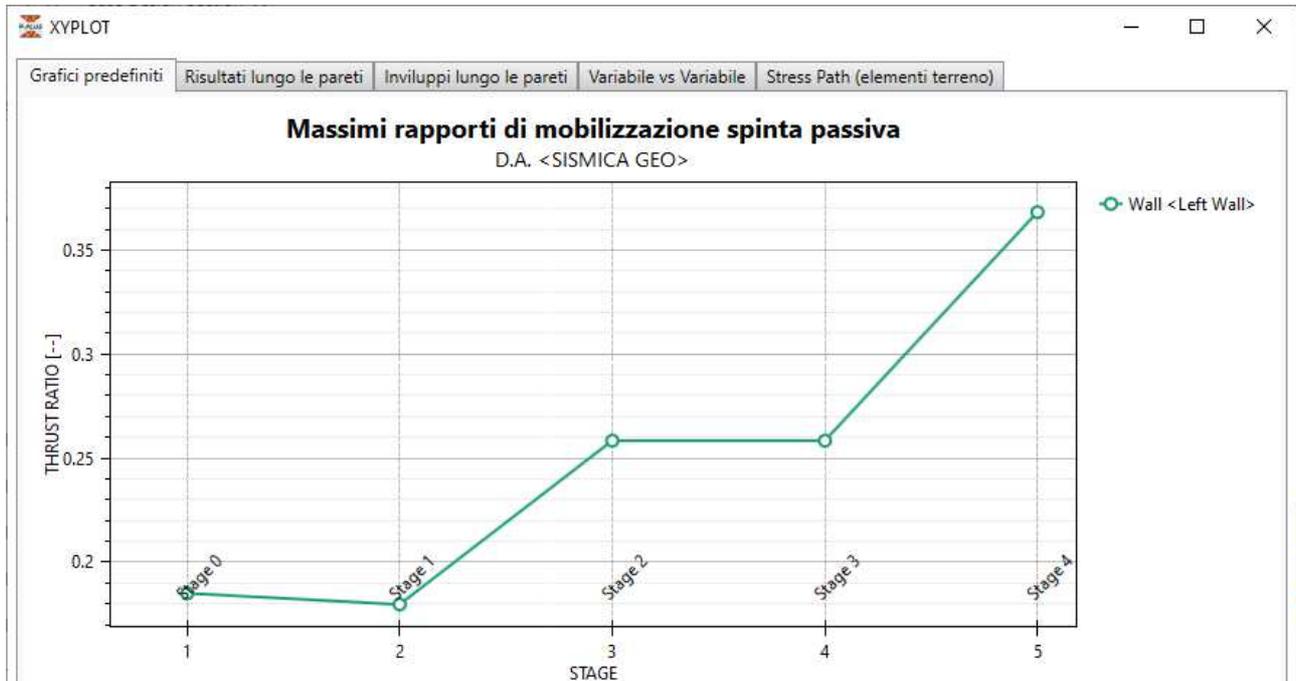
Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 55 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

### 8.7.2 RISULTATI E VERIFICHE SISMA GEO (COMBINAZIONE A2+M2+R1)

Il massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva è circa il 37% sulla paratia



Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 56 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

## 9. VERIFICA CORDOLO DI CORONAMENTO

Per la valutazione delle sollecitazioni di verifica del cordolo di coronamento in c.a. in direzione longitudinale si ipotizza uno schema di calcolo secondo il quale il taglio massimo agente sui pali (Sez. B; SLU:V= 301 kN/m – SLE: V=182 kN/m) venga assorbito interamente dal cordolo che funziona come trave continua con una luce pari all'interasse dei pali (L=3.0 m).

In questa ipotesi risulta:

$$q = 301 \text{ kN/m} \text{ -SLU}$$

$$q = 182 \text{ kN/m} \text{ -SLE}$$

$$M = qL^2/12 \text{ (massimo momento flettente di verifica)}$$

$$V = 0.5 \cdot q \cdot L \text{ (massimo taglio di verifica)}$$

$$B = 150 \text{ cm}$$

$$H = 195 \text{ cm}$$

Il quantitativo di armatura longitudinale è stato verificato nei rispetti dei requisiti minimi e massimi da normativa UNI EN 1536:2003 e NTC08.

In particolare:

$$A_{s,tesa} = 16\phi 20 = 0.00502 \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d = 0.0050 \text{ m}^2 \text{ [4.1.6.1.1 NTC2008]}$$

$$A_{s,min} = 0.0013 \cdot b_t \cdot d = 0.0036 \text{ m}^2 \text{ [4.1.6.1.1 NTC2008]}$$

Con

$$b = 1.5 \text{ m}; d = 1.884 \text{ m}$$

Il quantitativo di armatura trasversale è stato verificato nei rispetti dei requisiti minimi da normativa NTC08.

$$A_{sw} = 4 \text{ bracci } \frac{\phi 16}{20} + 2.5 \text{ spille } \frac{\phi 12}{40} = (4020 + 706) = 4726 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}; \quad A_{sw,min} = 1.5 b = 2250 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche eseguite:

COMBINAZIONE	ARMATURA DI CALCOLO		Sollecitazioni di calcolo e fettori di sicurezza				
	Af long	Af tras	q (kN/m)	M (kNm)	V (kN/m)	C.F. Flessione	C.S. Taglio
SLU	(6+6) $\phi$ 20	Staffe $\phi$ 16/20+ Spilli $\phi$ 12/40	301	271	452	6.68	5.92
	Af long	Af tras	q (kN/m)	M (kNm)	$\sigma_c$ (MPa)	$\sigma_f$ (MPa)	w (mm)
SLE	(6+6) $\phi$ 20	Staffe $\phi$ 16/20+ Spilli $\phi$ 12/40	182	164	0.44	35.79	0.072

**2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

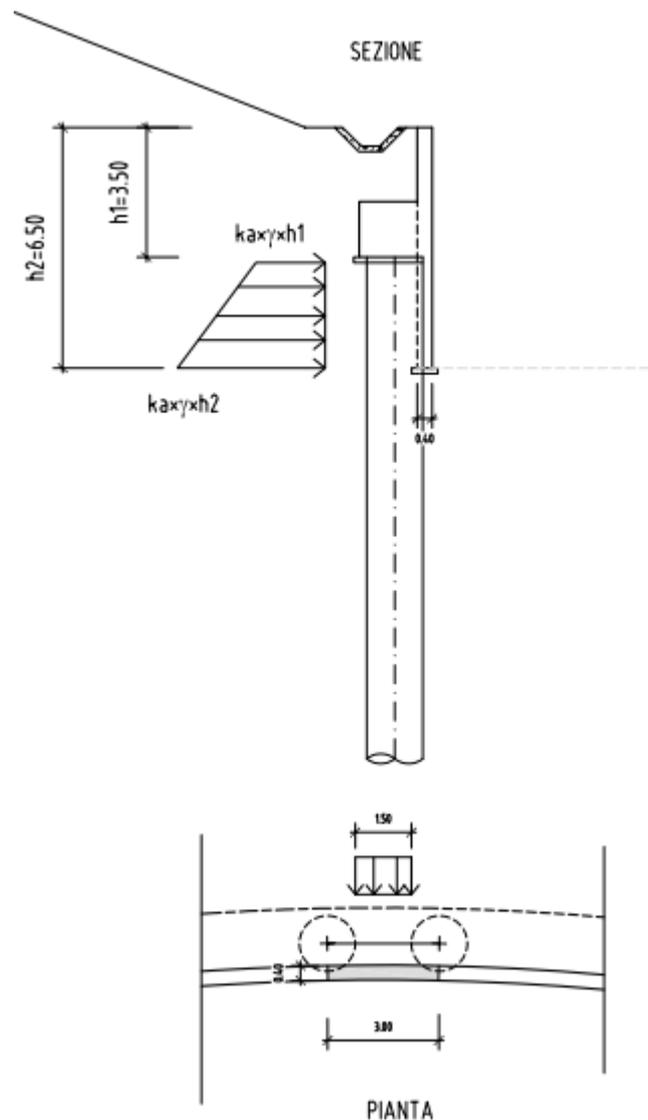
Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 57 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

**10. VERIFICA DEL MURO DI RIVESTIMENTO DEI PALI**

A rivestimento dei viene realizzato un muro di spessore pari a 40 cm, superiormente ancorato al cordolo di coronamento dei pali e lateralmente è vincolati ai pali stessi mediante spinotti  $\phi 20/60$  cm.

L'altezza di questo rivestimento è variabile da 50 cm a 320 cm, nel calcolo si adotta un'altezza di 300 cm, mentre la luce tra le spinottature è pari all'interasse dei pali e cioè 300 cm. Sulla parete agiscono la spinta attiva del terreno in sito ( $\gamma=19$   $\text{kN/m}^3$ ;  $\phi'=25^\circ$ ):



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

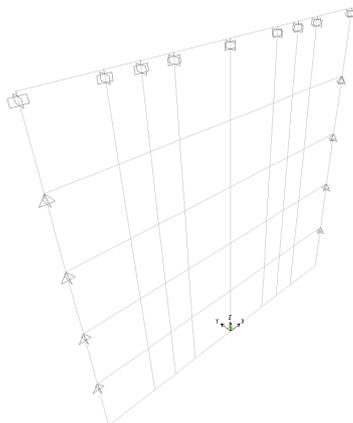
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. progr.	REV.	Pag. di Pag.
L0703	211	E	16	OS0015	REL	01	D	58 di 132

Tale muro di rivestimento viene analizzato mediante un programma agli elementi finiti (SAP2000) in cui il muro viene schematizzato con elementi "shell" di dimensioni 60x50cm massimo, vincolato superiormente con incastrati, a simulare la continuità con il cordolo di coronamento dei pali, lateralmente con vincoli di appoggi, a simulare la presenza di spinottature e infine alla base è libero:



*Schema statico*

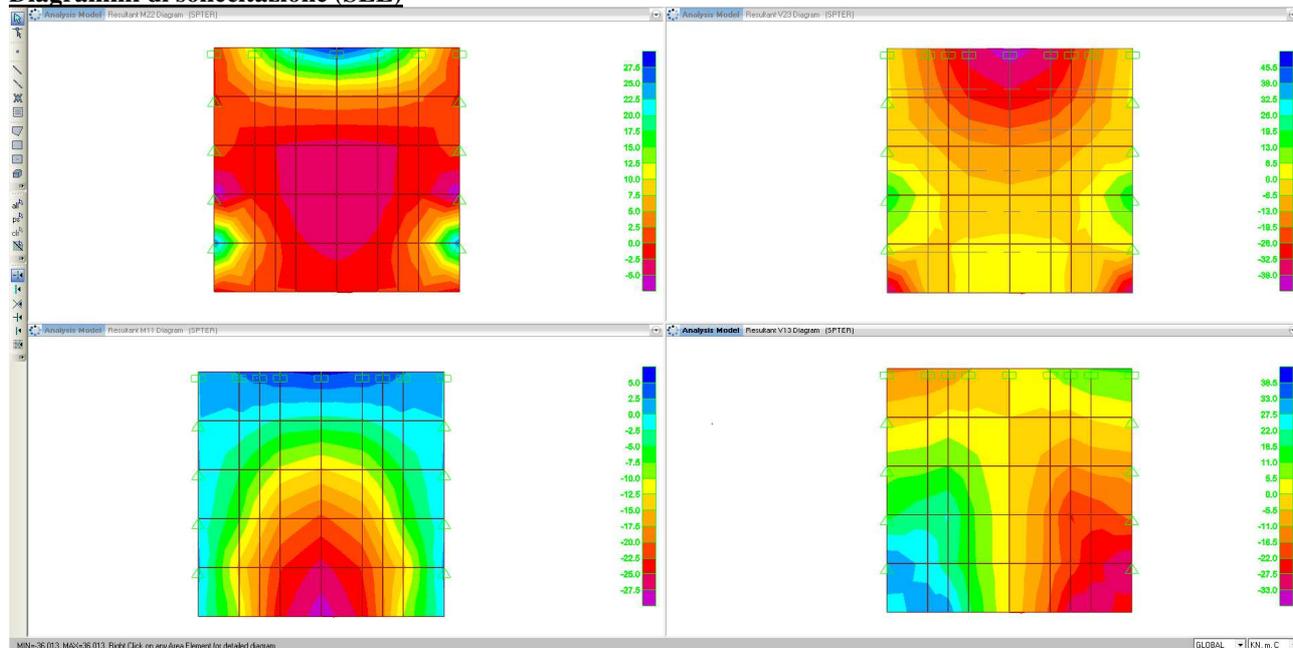
### Analisi dei carichi

Come detto sopra, le azioni che agiscono sul muro sono le spinte del terreno in condizione di spinta attiva:

$$\text{Ster,t} = k_a \cdot \gamma \cdot h_1 = 0.405 \cdot 19 \cdot 3.5 = 26.93 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Ster,p} = k_a \cdot \gamma \cdot h_2 = 0.405 \cdot 19 \cdot 6.5 = 50.02 \text{ kN/m}^2$$

### Diagrammi di sollecitazione (SLE)



I momenti "M22" e tagli "V23" tendono le fibre verticali, i momenti "M11" e "V13" tendono le fibre orizzontali.

**2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 59 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

Le sollecitazioni allo SLU si ottengono dai diagrammi precedenti moltiplicando per il coefficiente di normativa pari a 1.35:

**Riepilogo sollecitazioni massime e minime**

Sollecitazione che tendono le fibre verticali:

M22= 29 kNm/m -SLE

V23= 43 kN/m -SLE

M22= 1.35\*29 =39.15 kNm/m -SLU

V23 = 1.35\*43 = 58.05 kN/m -SLU

Sollecitazione che tendono le fibre orizzontali:

M11= 30 kNm/m -SLE

V13= 33 kN/m -SLE

M11= 1.35\*30 =40.5 kNm/m -SLU

V13 = 1.35\*33 = 44.55 kN/m -SLU

**Verfiche**

B= 100 cm

H=40 cm

Il quantitativo di armatura verticale e orizzontale è stato verificato nei rispetti dei requisiti minimi e massimi da normativa NTC08 §7.4.6.2.4.

In particolare:

$$A_{a,vert} = 5\phi 16 + 5\phi 12 = 0.00157 \text{ m}^2$$

$$A_{a,oriz} = (5+5) \phi 12 = 0.00113 \text{ m}^2$$

$$A_{min} = 0.002 \cdot A_c = 0.0007 \text{ m}^2$$

Con:

$$A_c = 1.0 \text{ m} \cdot 0.35 \text{ m}$$

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche eseguite (ARMATURA VERTICALE):

COMBINAZIONE	ARMATURA DI CALCOLO	Sollecitazioni di calcolo e fattori di sicurezza			
		M22 (kNm)	V23 (kN/m)	C.F. Flessione	C.S. Taglio
SLU	Af vert	M22 (kNm)	V23 (kN/m)	C.F. Flessione	C.S. Taglio
	(5φ 16; controterra) (5φ 12; esterna)	39.15	58.05	3.25	2.88
SLE	Af vert	M22 (kNm)	σc (MPa)	σf (MPa)	w (mm)
	(5φ 16; controterra) (5φ 12; esterna)	29	1.93	89.64	0.109

**2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

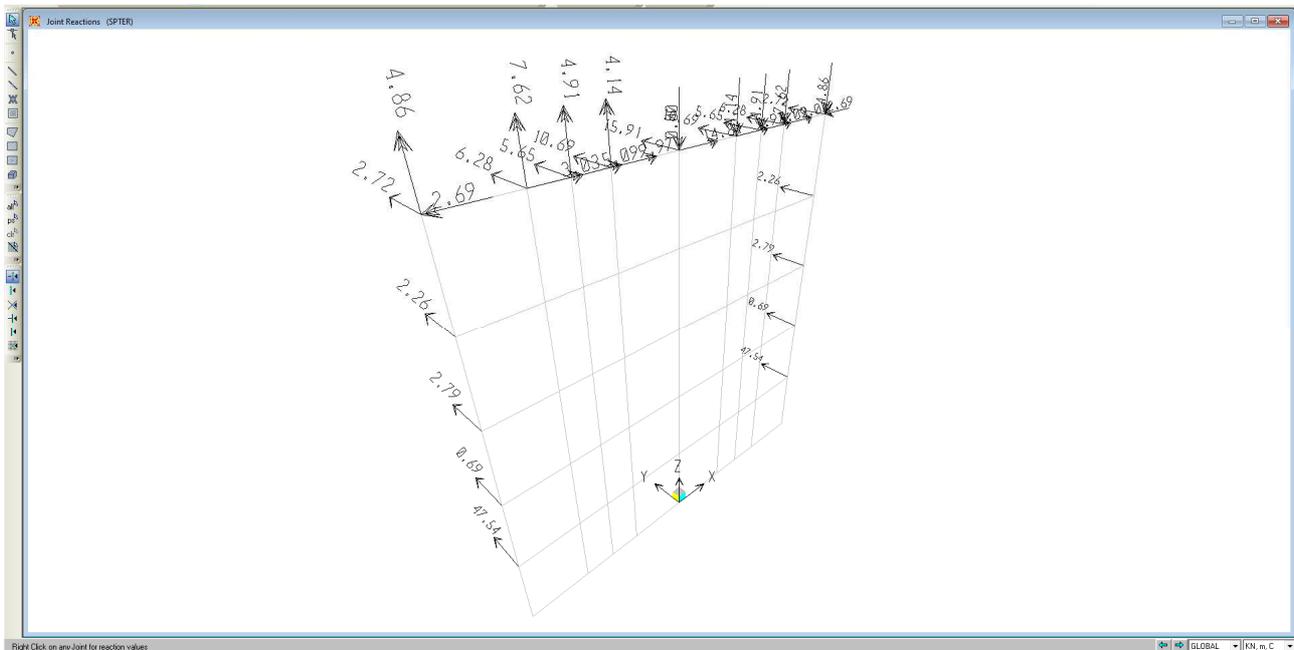
Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 60 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche eseguite (ARMATURA ORIZZONTALE):

COMBINAZIONE	ARMATURA DI CALCOLO	Sollecitazioni di calcolo e fettori di sicurezza			
		M11 (kNm)	V13 (kN/m)	C.F. Flessione	C.S. Taglio
SLU	Af orizz	M11 (kNm)	V13 (kN/m)	C.F. Flessione	C.S. Taglio
	(5+5)f12	40.5	44.55	1.73	3.75
SLE	Af orizz	M11 (kNm)	$\sigma$ (MPa)	$\sigma_f$ (MPa)	w (mm)
	(5+5)f12	30	2.78	168.49	0.157

**Verifiche delle spinottature**

 Si adottano spinotti  $\phi 20/60$  cm sul palo con un foro di diametro pari a 24 mm, resina HIT-RE-500-V3 e lunghezza di ancoraggio pari a 200 mm, le cui sollecitazioni sono le seguenti:

 $F = 48 \text{ kN}$  - SLE

 $F = 1.35 * 48 = 64.8 \text{ kN}$  - SLU

La verifica viene condotta con il programma della HILTI, I cui risultati vengono indicati di seguito:

## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

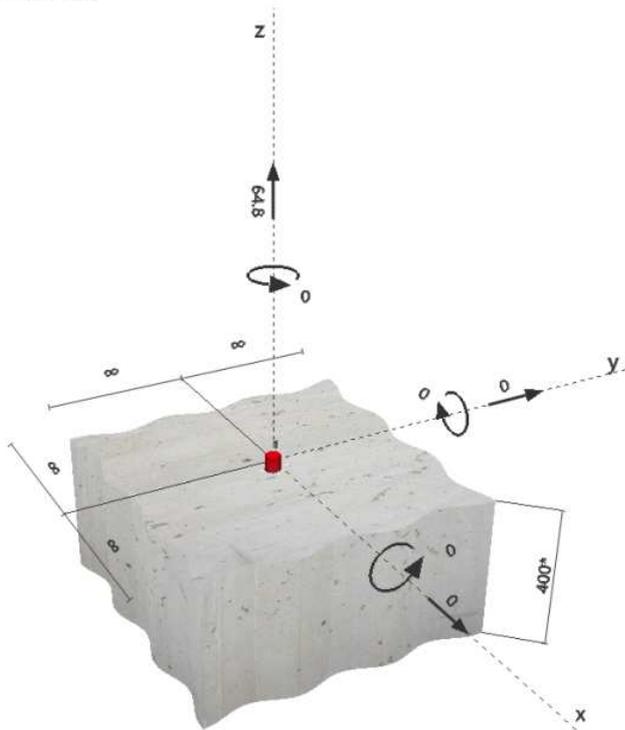
Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 61 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

### 1 Dati da inserire

Tipo e dimensione dell'ancorante:	HIT-RE 500 V3 + Rebar B450C 20mm	
Return period (service life in years):	50	
Profondità di posa effettiva:	$h_{ef,act} = 200 \text{ mm}$ ( $h_{ef,limit} = - \text{mm}$ )	
Materiale:	B450C	
Certificazione No.:	Dati Tecnici Hilti	
Emesso l Valido:	-   -	
Prova:	metodo di calcolo Esteso EN 1992-4, Chimico	
Fissaggio distanziato:	- (Spessore della piastra raccomandato: non calcolato)	
Profilo:		
Materiale base:	non fessurato calcestruzzo, C25/30, $f_{c,cyl} = 25.00 \text{ N/mm}^2$ ; $h = 400 \text{ mm}$ , Temp. Breve/Lungo: 0/0 °C	
Installazione:	<b>Foro eseguito con perforatore, Condizioni di installazione: asciutto</b>	
Armatura:	interasse delle armature $< 150 \text{ mm}$ (qualunque $\emptyset$ ) o $< 100 \text{ mm}$ ( $\emptyset \leq 10 \text{ mm}$ ) con armatura di bordo longitudinale $d \geq 12 + \text{maglia chiusa (staffe)}$ $s \leq 100$	

<sup>R</sup> - Il calcolo dell'ancoraggio presuppone la presenza di una piastra di ancoraggio rigida.

### Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]



#### 1.1 Carichi permanenti

$N_{sus}$ [kN]	$M_{x,sus}$ [kNm]	$M_{y,sus}$ [kNm]
64.800	0.000	0.000

### 2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante (ULS)

Condizione di carico: Carichi di progetto

#### Carichi sull'ancorante [kN]

Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	64.800	0.000	0.000	0.000

Compressione max. nel calcestruzzo: - [%]  
 Max. sforzo di compressione nel calcestruzzo: - [N/mm<sup>2</sup>]  
 risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(0/0): 0.000 [kN]  
 risultante delle forze di compressione (x/y)=(0/0): 0.000 [kN]

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 62 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

## 11. STABILITÀ GLOBALE DELLA SCARPATA IN CORRISPONDENZA DELLA PARATIA

Viene analizzata la sezione più gravosa che è quella relativa alla sezione di calcolo B.

La valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità viene condotta mediante il codice di calcolo Paratia Plus 22.0, in cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. Il coefficiente di sicurezza a rottura lungo la superficie di scorrimento viene definito come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie:

$$FS = \frac{\int_S \tau_{\text{disp}}}{\int_S \tau_{\text{mob}}} \quad \text{coefficiente di sicurezza}$$

La verifica è condotta fornendo parzialmente la superficie di rottura tramite l'imposizione di alcuni vincoli e lasciando al programma la ricerca della superficie più critica nel rispetto dei vincoli forniti: si considerano inclusi, all'interno delle possibili superfici di scorrimento, i 2/3 della lunghezza attiva  $L_a$  dei tiranti ed i 2/3 della lunghezza di infissione  $L_i$  della paratia. Le possibili superfici di scorrimento vengono ricercate per generazione casuale di superfici con inclinazione inclusa fra  $0^\circ$  e  $45^\circ$  dalla verticale all'interno del volume a tergo della paratia, e con inclinazione fra  $0^\circ$  e  $45^\circ$  dall'orizzontale per il volume di terreno a valle della paratia (cfr. figura seguente). Stanti queste ipotesi, il contributo stabilizzante dato dai tiranti è cautelativamente trascurato inoltre, si trascura a favore di sicurezza la resistenza al taglio della paratia e dei tiranti. Pertanto, gli elementi strutturali non sono modellati nelle analisi a stabilità globale.

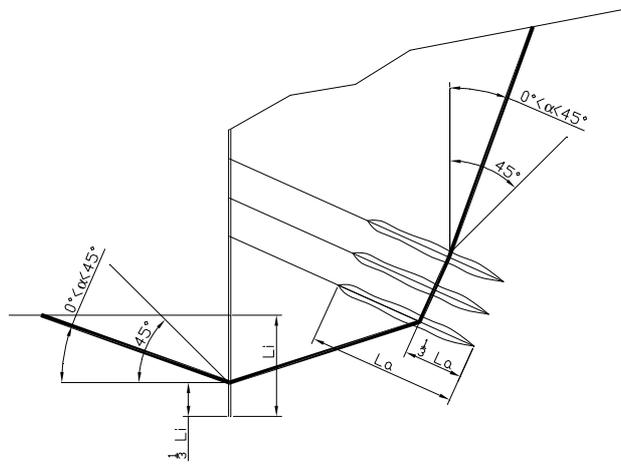


Figura 2– Schema di analisi per le verifiche a stabilità globale delle paratie

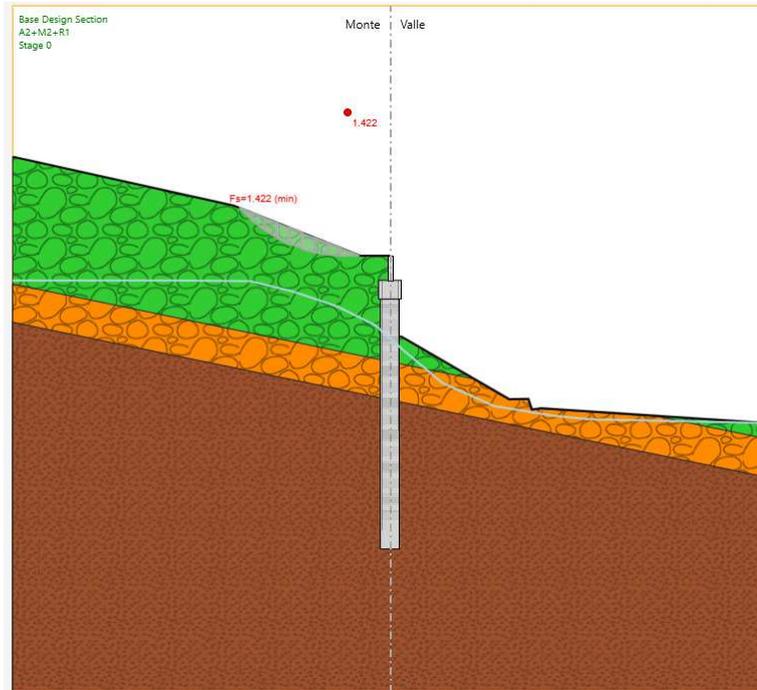
Le verifiche a stabilità globale sono condotte considerando, per ciascuna sezione di calcolo, la fase finale ovvero il raggiungimento della massima profondità di scavo. Le analisi considerate sono:

- agli stati limite ultimi (STATICA:A2+M2+R2, SISMICA:SISMA+M2+R2), condotte applicando ai valori caratteristici delle azioni  $A_k$  ed ai valori caratteristici dei parametri geotecnici  $M_k$  i coefficienti parziali riportati nel Tab. 6.2.I, 6.2.II del NTC08 e verificando che risulti un fattore di sicurezza minimo a stabilità globale  $FS = 1.1$  (NTC08 - §6.8.2) Cautelativamente, nella verifica a stato limite ultimo sismico sono utilizzati i parametri di resistenza efficaci anche per i terreni coesivi.

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 63 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

## 11.1 VERIFICHE IN FASE STATICA

Si riportano i risultati in fase statica. Essendo  $FS=1,422$  la verifica è soddisfatta.



## 11.2 VERIFICHE IN FASE SISMICA

Per ciò che concerne le verifiche in condizioni sismiche, la normativa fornisce al punto 7.11.3.5 indicazioni circa le azioni aggiuntive da considerare nell'ambito delle verifiche di Stabilità di Pendii in occasione di eventi sismici; nella fattispecie, si specifica che L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica.

Nei metodi pseudostatici, di riferimento per le analisi esposte nel seguito del documento, l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso  $W$  del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tali forze possono esprimersi come:

$$F_h = k_h \times W \text{ (azione sismica orizzontale)}$$

$$F_v = k_v \times W \text{ (azione sismica verticale)}$$

risultando:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g} \quad (7.11.3)$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad (7.11.4)$$

con:

## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 64 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

$\beta_s = 0.28$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, come da indicazioni Tab 7.11.1

**Tabella 7.11.I** – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0.2 < a_p(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_p(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_p(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g = 0.3155g$  (accelerazione massima attesa al sito)

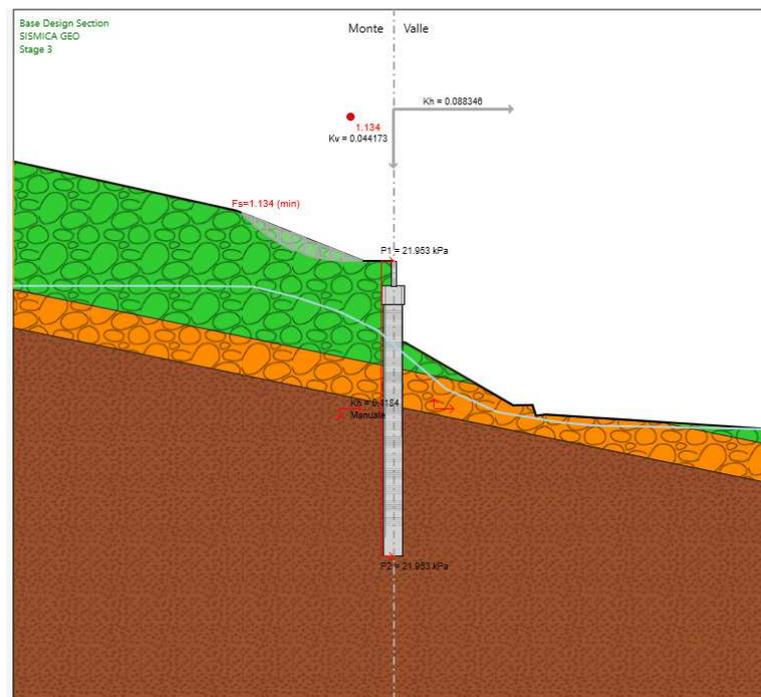
$S_S = 1.36$  coefficiente di amplificazione stratigrafica

$S_T = 1$  coefficiente di amplificazione topografica

$k_h = 0.088$

$k_v = \pm 0.044$

Di seguito, per la sezione di calcolo analizzata, sono riportati i coefficienti di sicurezza calcolati con le analisi di stabilità nel caso in cui  $k_v = + 0.044$ . Essendo  $FS = 1.134$  la verifica è soddisfatta.



Di seguito, per la sezione di calcolo analizzata, sono riportati i coefficienti di sicurezza calcolati con le analisi di stabilità nel caso in cui  $k_v = - 0.044$ . Essendo  $FS = 1.142$  la verifica è soddisfatta.

## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

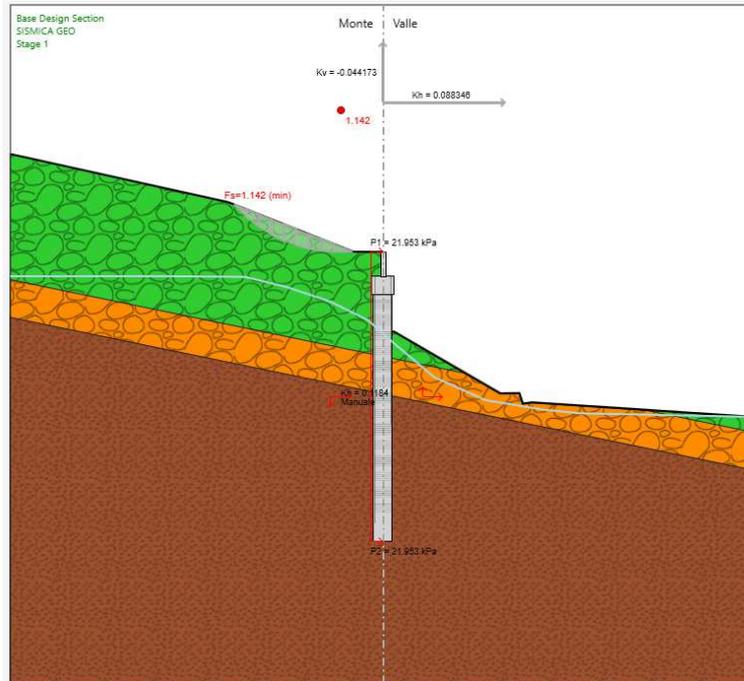
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

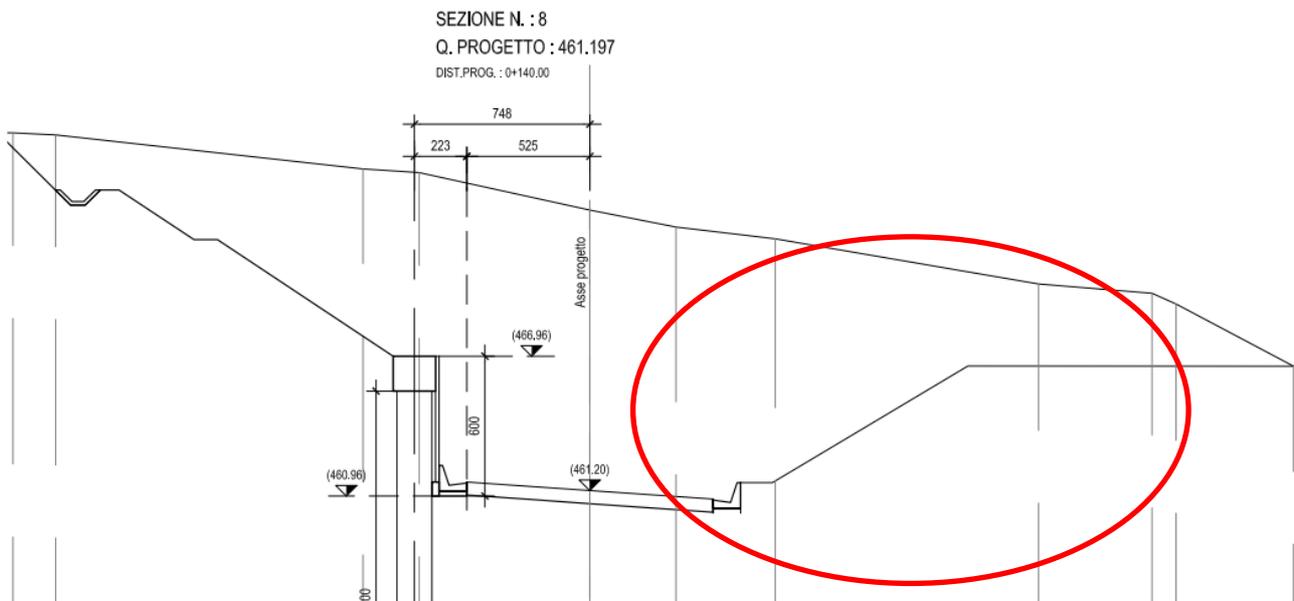
Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 65 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------



Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 66 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

## 12. STABILITÀ GLOBALE DELLA SCARPATA ALL'APERTO

Viene studiata la scarpata lato destro della seguente sezione:



La valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità viene condotta mediante il codice di calcolo Paratia Plus 22.0, in cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. Il coefficiente di sicurezza a rottura lungo la superficie di scorrimento viene definito come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie:

$$FS = \frac{\int_S \tau_{disp}}{\int_S \tau_{mob}} \quad \text{coefficiente di sicurezza}$$

La verifica è condotta fornendo parzialmente la superficie di rottura tramite l'imposizione di alcuni vincoli e lasciando al programma la ricerca della superficie più critica nel rispetto dei vincoli forniti: si considerano inclusi, all'interno delle possibili superfici di scorrimento, i 2/3 della lunghezza attiva  $L_a$  dei tiranti ed i 2/3 della lunghezza di infissione  $L_i$  della paratia. Le possibili superfici di scorrimento vengono ricercate per generazione casuale di superfici con inclinazione inclusa fra  $0^\circ$  e  $45^\circ$  dalla verticale all'interno del volume a tergo della paratia, e con inclinazione fra  $0^\circ$  e  $45^\circ$  dall'orizzontale per il volume di terreno a valle della paratia (cfr. figura seguente). Stanti queste ipotesi, il contributo stabilizzante dato dai tiranti è cautelativamente trascurato inoltre, si trascura a favore di sicurezza la resistenza al taglio della paratia e dei tiranti. Pertanto, gli elementi strutturali non sono modellati nelle analisi a stabilità globale.

## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 67 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

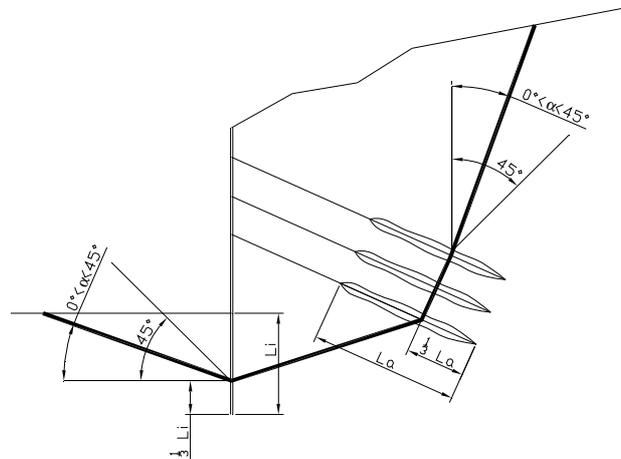


Figura 3– Schema di analisi per le verifiche a stabilità globale delle paratie

Le verifiche a stabilità globale sono condotte considerando, per ciascuna sezione di calcolo, la fase finale ovvero il raggiungimento della massima profondità di scavo. Le analisi considerate sono:

- agli stati limite ultimi (STATICA:A2+M2+R2, SISMICA:SISMA+M2+R2), condotte applicando ai valori caratteristici delle azioni  $A_k$  ed ai valori caratteristici dei parametri geotecnici  $M_k$  i coefficienti parziali riportati nel Tab. 6.2.I, 6.2.II del NTC08 e verificando che risulti un fattore di sicurezza minimo a stabilità globale  $FS = 1.1$  (NTC08 - §6.8.2) Cautelativamente, nella verifica a stato limite ultimo sismico sono utilizzati i parametri di resistenza efficaci anche per i terreni coesivi.

## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

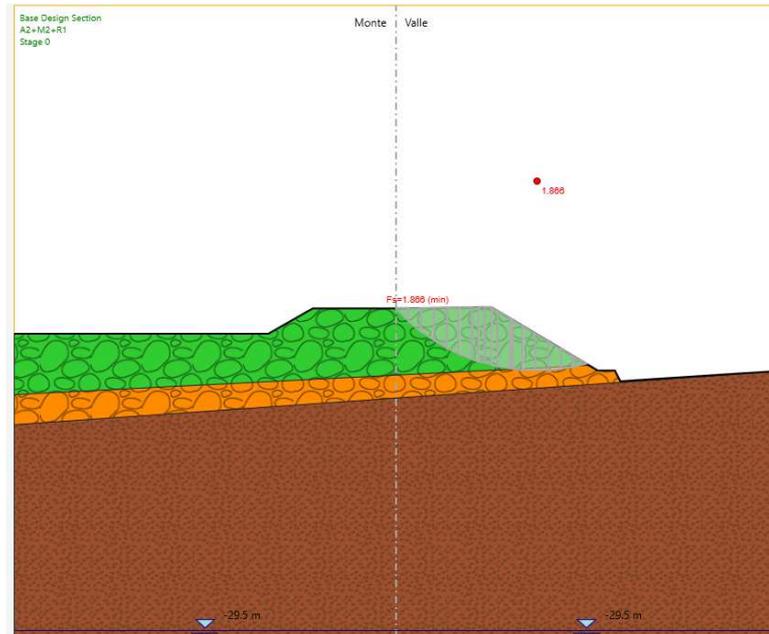
Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 68 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

### 12.1 VERIFICHE IN FASE STATICA

Si riportano i risultati in fase statica. Essendo FS=1.866 la verifica è soddisfatta.



### 12.2 VERIFICHE IN FASE SISMICA

Per ciò che concerne le verifiche in condizioni sismiche, la normativa fornisce al punto 7.11.3.5 indicazioni circa le azioni aggiuntive da considerare nell'ambito delle verifiche di Stabilità di Pendii in occasione di eventi sismici; nella fattispecie, si specifica che L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica.

Nei metodi pseudostatici, di riferimento per le analisi esposte nel seguito del documento, l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tali forze possono esprimersi come:

$$F_h = k_h \times W \text{ (azione sismica orizzontale)}$$

$$F_v = k_v \times W \text{ (azione sismica verticale)}$$

risultando:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g} \quad (7.11.3)$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad (7.11.4)$$

con:

$\beta_s = 0.28$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, come da indicazioni Tab 7.11.1

## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 69 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

**Tabella 7.11.I** – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g = 0.3155g$  (accelerazione massima attesa al sito)

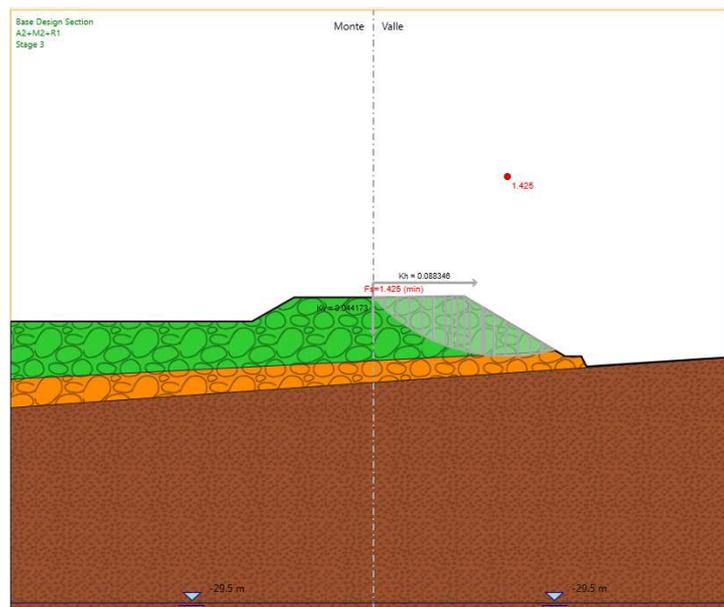
$S_S = 1.36$  coefficiente di amplificazione stratigrafica

$S_T = 1$  coefficiente di amplificazione topografica

$k_h = 0.088$

$k_v = \pm 0.044$

Di seguito, per la sezione di calcolo analizzata, sono riportati i coefficienti di sicurezza calcolati con le analisi di stabilità nel caso in cui  $k_v = + 0.044$ . Essendo  $FS = 1.425$  la verifica è soddisfatta.



Di seguito, per la sezione di calcolo analizzata, sono riportati i coefficienti di sicurezza calcolati con le analisi di stabilità nel caso in cui  $k_v = - 0.044$ . Essendo  $FS = 1.419$  la verifica è soddisfatta.

## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

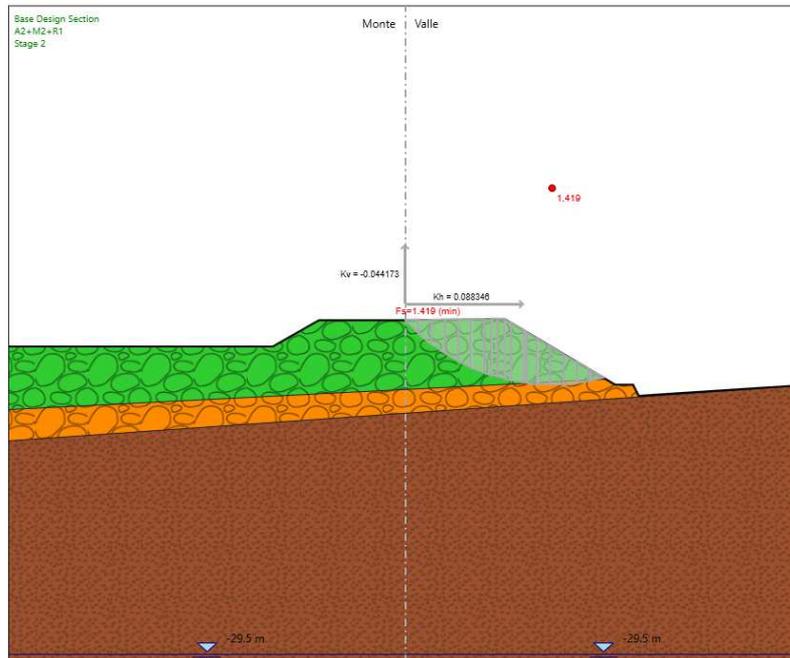
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 70 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------



**2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**

**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 71 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

**13. ALLEGATO A – TABULATI DI CALCOLO**

**PARATIE** plus™

*Report di Calcolo*



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 73 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

### Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : -3.5 m

Quota di fondo : -21.5 m

Muro di sinistra

Armatura Lunghezza segmenti : 1 m

Rinforzo longitudinale 1

Lunghezza : 19.3 m

Materiale : B450C

Quota iniziale : -2.2 m

Barre 1

Numero di barre : 36

Diametro : 0.026 m

Distanza dal bordo : 0.085 m

Staffe 1

Numero di staffe : 2

Copertura : 0.06 m

Diametro : 0.012 m

Lunghezza : 17.7 m

Quota iniziale : -3.5 m

Passo : 0.15 m

Sezione : fi1500/3000

Area equivalente : 0.589048622548086 m

Inerzia equivalente : 0.0828 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C32/40

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 3 m

Diametro : 1.5 m

Efficacia : 1

X : 0 m

Quota in alto : -2 m

Quota di fondo : -3.5 m

Muro di sinistra

Armatura Lunghezza segmenti : 1 m

Rinforzo longitudinale 1

## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 74 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

Lunghezza : 1.5 m

Materiale : B450C

Quota iniziale : -2 m

Barre di sinistra 1

Numero di barre : 5

Diametro : 0.016 m

Distanza dal bordo : 0.06 m

Barre di destra 1

Numero di barre : 5

Diametro : 0.016 m

Distanza dal bordo : 0.06 m

Staffe 1

Numero di staffe : 2.5

Copertura : 0.04 m

Diametro : 0.012 m

Lunghezza : 1.5 m

Quota iniziale : -2 m

Passo : 0.4 m

Sezione : cordolo

Area equivalente : 1.8 m

Inerzia equivalente : 0.486 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C32/40

Tipo sezione : Solid

Spessore : 1.8 m

Efficacia : 1

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -2 m

Muro di sinistra

Armatura Lunghezza segmenti : 1 m

Rinforzo longitudinale 1

Lunghezza : 2.6 m

Materiale : B450C

Quota iniziale : 0 m

Barre di sinistra 1

Numero di barre : 5

Diametro : 0.016 m

Distanza dal bordo : 0.048 m

## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 75 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

### Barre di destra 1

Numero di barre : 5

Diametro : 0.012 m

Distanza dal bordo : 0.048 m

### Staffe 1

Numero di staffe : 2.5

Copertura : 0.04 m

Diametro : 0.008 m

Lunghezza : 2 m

Quota iniziale : 0 m

Passo : 0.4 m

### Sezione : cordolo\_1

Area equivalente : 0.4 m

Inerzia equivalente : 0.0053 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C32/40

Tipo sezione : Solid

Spessore : 0.4 m

Efficacia : 1

**2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 76 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

**Fasi di Calcolo**

Stage 0

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 (Irregolare)

(0;0)

(4.9886;0)

(30;-5.8469)

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -30 m

X finale : -12.26 m

Pressione iniziale : 155.23 kPa

Pressione finale : 74.67 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -12.27 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 74.67 kPa

Pressione finale : 22.04 kPa

Elementi strutturali

Paratia : palo fi 1500/3.0

X : 0 m

Quota in alto : -3.5 m

Quota di fondo : -21.5 m

Sezione : fi1500/3000

Paratia : cordolo

X : 0 m

Quota in alto : -2 m

Quota di fondo : -3.5 m

Sezione : cordolo

Paratia : muro

X : 0 m

Quota in alto : 0 m



**QUADRILATERO**  
Marche Umbria S.p.A.

## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 77 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

Quota di fondo : -2 m

Sezione : cordolo\_1

## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 78 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

### 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 (Irregolare)

(0;0)

(4.9886;0)

(30;-5.8469)

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -30 m

X finale : -12.26 m

Pressione iniziale : 155.23 kPa

Pressione finale : 74.67 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -12.27 m

X finale : -2.425 m

Pressione iniziale : 74.67 kPa

Pressione finale : 0 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : palo fi 1500/3.0

X : 0 m

Quota in alto : -3.5 m

Quota di fondo : -21.5 m

Sezione : fi1500/3000

Paratia : cordolo

X : 0 m

Quota in alto : -2 m

Quota di fondo : -3.5 m

Sezione : cordolo

Paratia : muro

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -2 m



**QUADRILATERO**  
Marche Umbria S.p.A.

### 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 79 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

Sezione : cordolo\_1

## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 80 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

Stage 2

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;-5)

(1.125;-5)

(9.4583;-10)

(10.82;-11.32)

(30;-12.2)

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -30 m

X finale : -12.26 m

Pressione iniziale : 155.23 kPa

Pressione finale : 74.67 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -12.27 m

X finale : -2.425 m

Pressione iniziale : 74.67 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Elementi strutturali

Paratia : palo fi 1500/3.0

X : 0 m

Quota in alto : -3.5 m

Quota di fondo : -21.5 m

Sezione : fi1500/3000

Paratia : cordolo

X : 0 m

Quota in alto : -2 m

Quota di fondo : -3.5 m

Sezione : cordolo

Paratia : muro

X : 0 m



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 81 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -2 m

Sezione : cordolo\_1

## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. progr.	REV.	Pag. di Pag.
L0703	211	E	16	OS0015	REL	01	D	82 di 132

Stage 3

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;-5)

(1.125;-5)

(9.4583;-10)

(10.9772;-10.01)

(11.2572;-10.86)

(12;-10.76)

(30;-11.6)

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -30 m

X finale : -12.26 m

Pressione iniziale : 155.23 kPa

Pressione finale : 74.67 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -12.27 m

X finale : -2.425 m

Pressione iniziale : 74.67 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Elementi strutturali

Paratia : palo fi 1500/3.0

X : 0 m

Quota in alto : -3.5 m

Quota di fondo : -21.5 m

Sezione : fi1500/3000

Paratia : cordolo

X : 0 m

Quota in alto : -2 m

Quota di fondo : -3.5 m

Sezione : cordolo



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 83 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

Paratia : muro

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -2 m

Sezione : cordolo\_1

**2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. progr.	REV.	Pag. di Pag.
L0703	211	E	16	OS0015	REL	01	D	84 di 132

Stage 4

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;-5)

(0.9;-5)

(9.4583;-10)

(10.9772;-10.01)

(11.2572;-10.86)

(12.0072;-10.76)

(30;-11.6)

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -30 m

X finale : -12.26 m

Pressione iniziale : 155.23 kPa

Pressione finale : 74.67 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -12.27 m

X finale : -2.425 m

Pressione iniziale : 74.67 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Elementi strutturali

Paratia : palo fi 1500/3.0

X : 0 m

Quota in alto : -3.5 m

Quota di fondo : -21.5 m

Sezione : fi1500/3000

Paratia : cordolo

X : 0 m

Quota in alto : -2 m

Quota di fondo : -3.5 m

Sezione : cordolo



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 85 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

Paratia : muro

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -2 m

Sezione : cordolo\_1

**2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 86 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

**Descrizione Coefficienti Design Assumption**

## Coefficienti A

Nome	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi	Carico	Pressio	Pressio	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi
	Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_unfavour)	Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favour)	Variabili Sfavorevoli (F_live_load_unfavour)	Variabili Favorevoli (F_live_load_favour)	Sismico (F_seis_m_load)	ni	ni	Permane zanti	Perman zanti	Variabili Destabili (F_UPL_anti)	Permane zanti	Perman zanti	Variabili Destabili (F_HYD_anti)
Simbolo	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\gamma_Q$	$\gamma_{QE}$	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1
SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1

## Coefficienti M

Nome	Parziale su $\tan(\phi')$	Parziale su $c'$	Parziale su Su	Parziale su qu	Parziale su peso specifico
	(F_Fr)	(F_eff_coh)	(F_Su)	(F_qu)	(F_gamma)
Simbolo	$\gamma_\phi$	$\gamma_c$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_{qu}$	$\gamma_\gamma$
Nominal	1	1	1	1	1
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1
A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1
SISMICA STR	1	1	1	1	1
SISMICA GEO	1.25	1.25	1.4	1	1

## Coefficienti R

Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp)	Parziale resistenza Tiranti permanenti	Parziale resistenza Tiranti temporanei	Parziale elementi strutturali
	(F_Soil_Res_walls)	(F_Anch_P)	(F_Anch_T)	(F_wall)
Simbolo	$\gamma_{Re}$	$\gamma_{ap}$	$\gamma_{at}$	
Nominal	1	1	1	1
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1.2	1.1	1
A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1
SISMICA STR	1	1.2	1.1	1
SISMICA GEO	1	1.2	1.1	1

## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

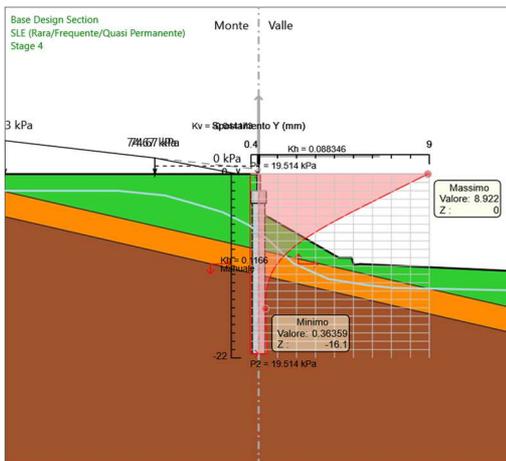
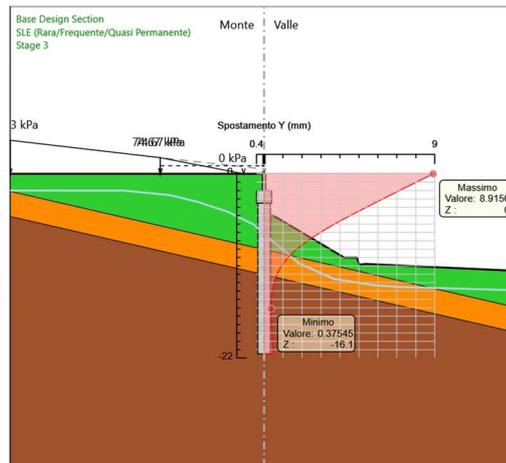
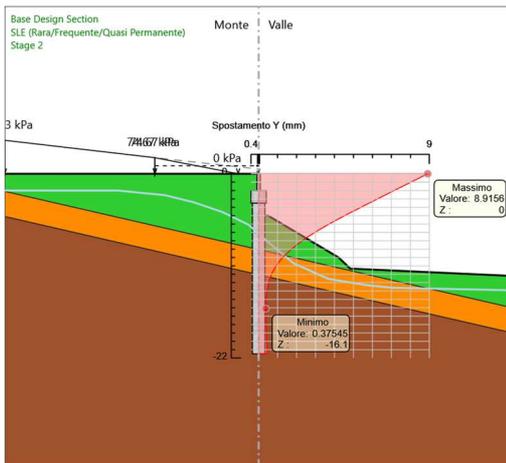
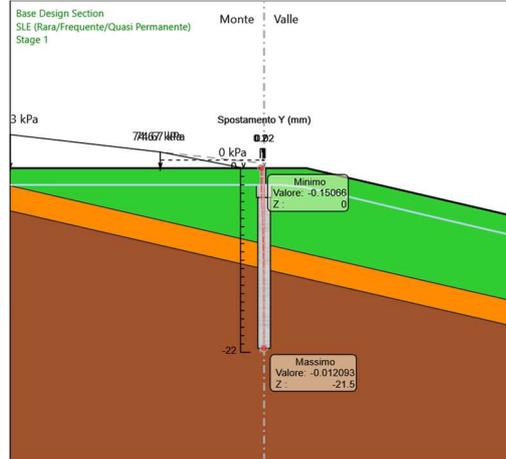
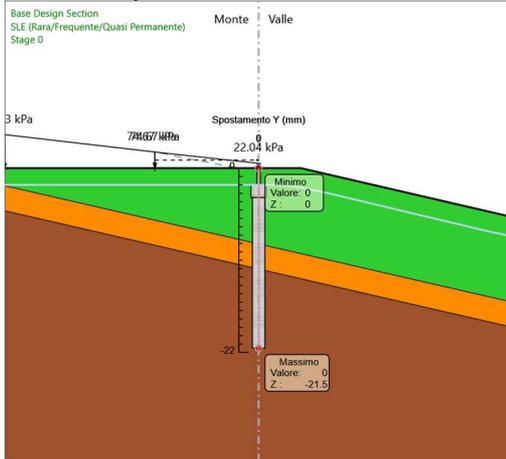
Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 87 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

### Risultati SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

#### Tabella Grafici dei Risultati



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

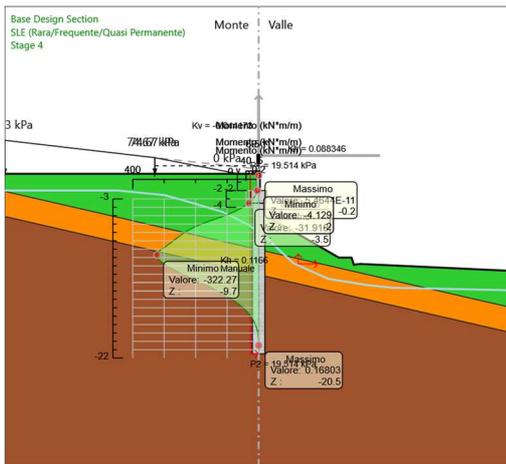
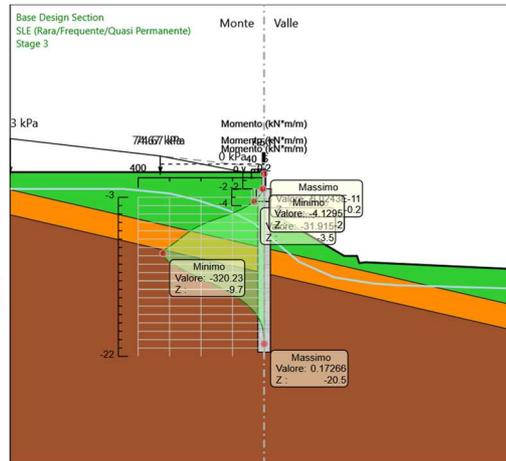
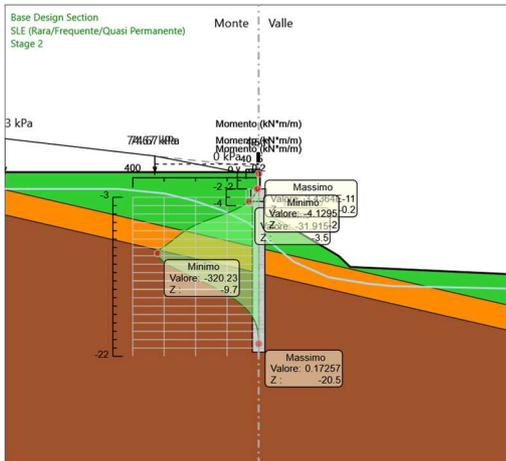
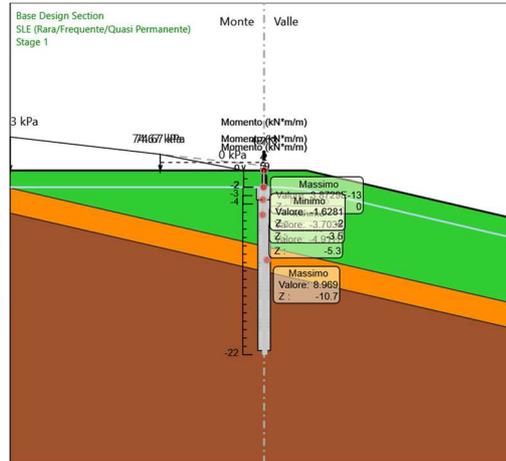
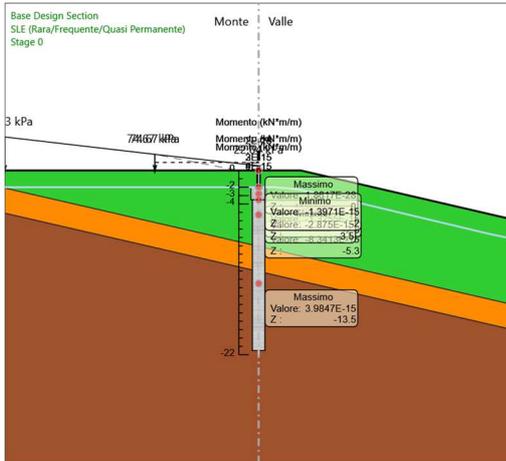
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 88 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

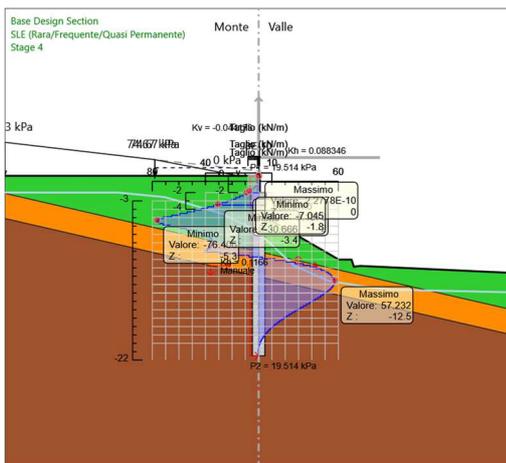
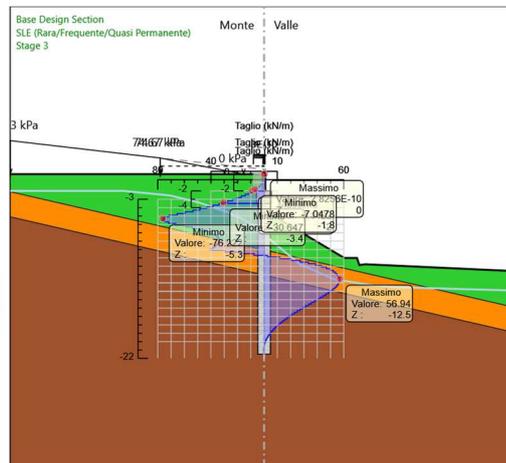
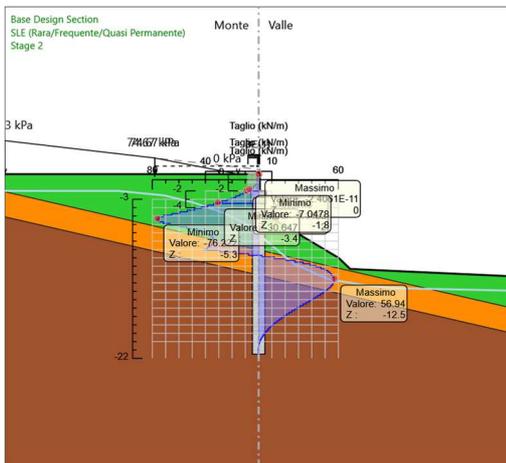
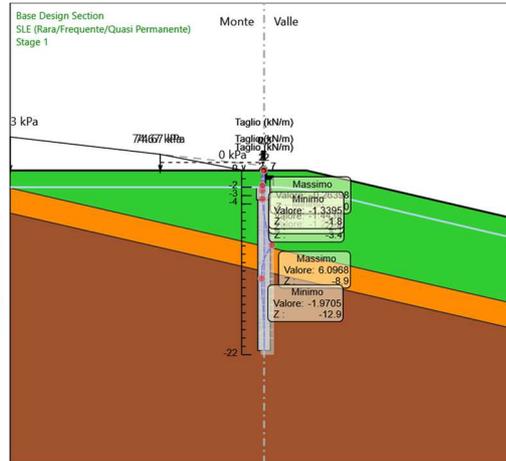
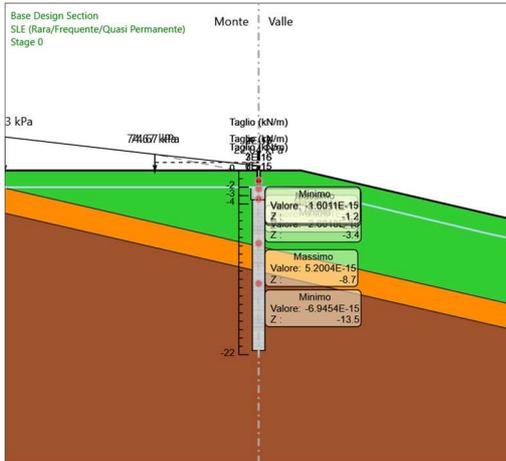
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 89 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

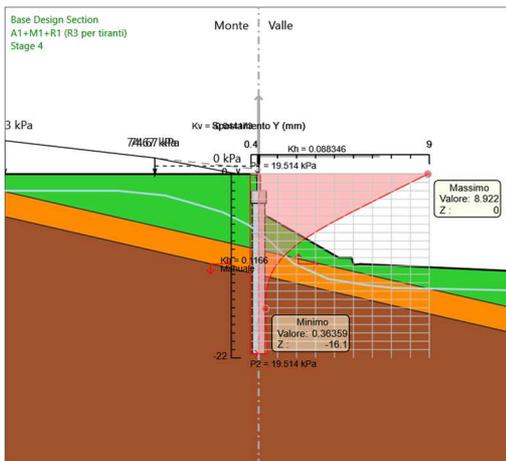
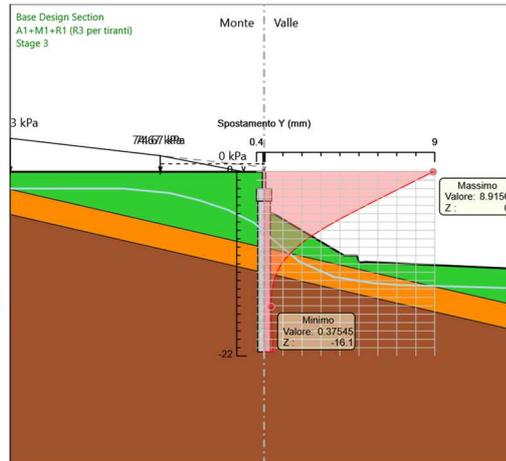
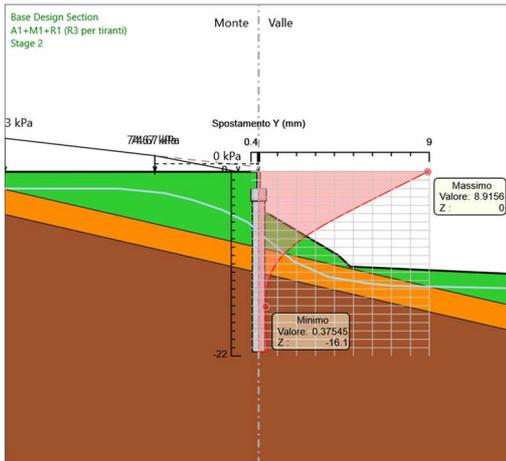
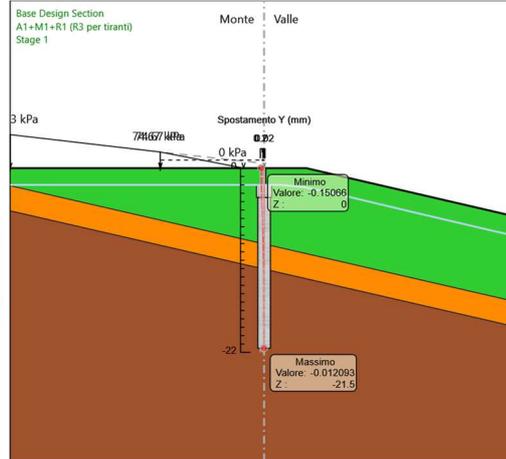
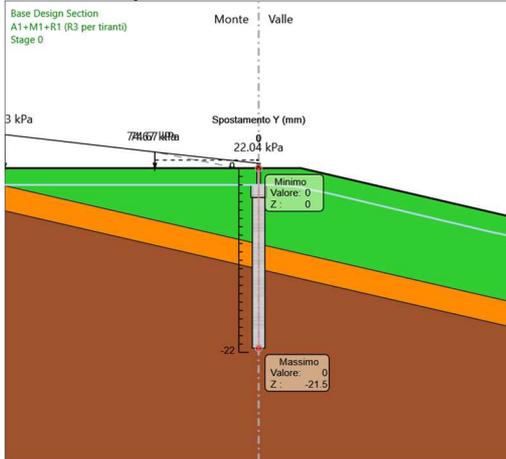
Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 90 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

### Risultati A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

#### Tabella Grafici dei Risultati



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

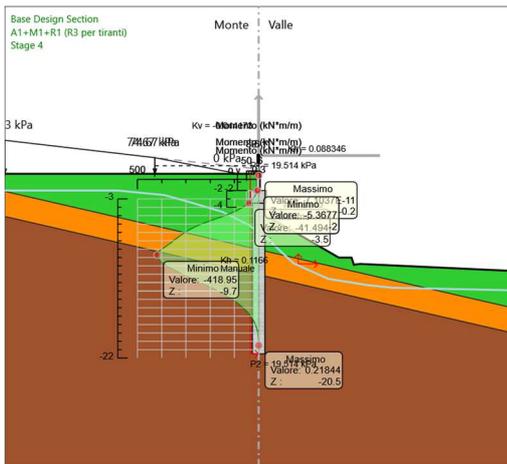
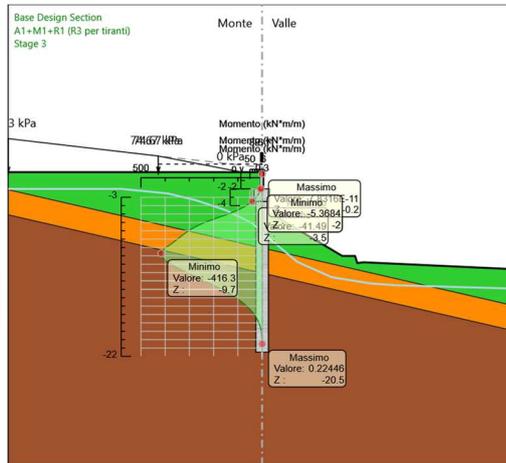
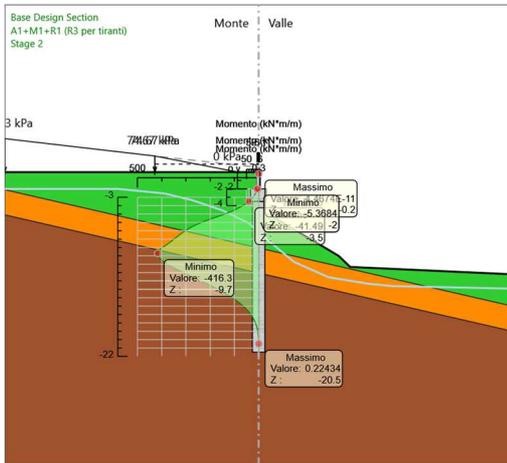
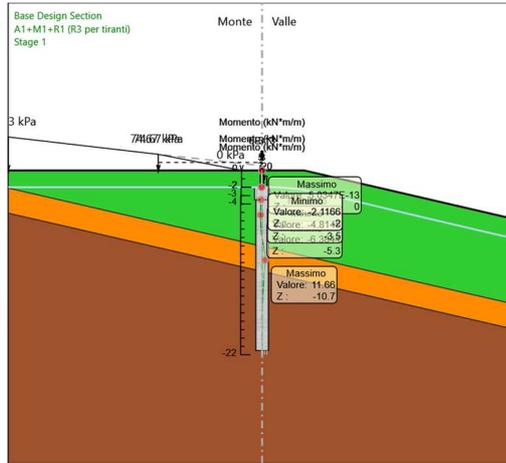
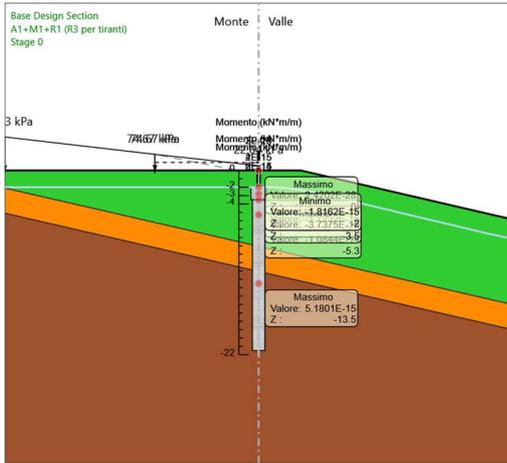
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 91 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

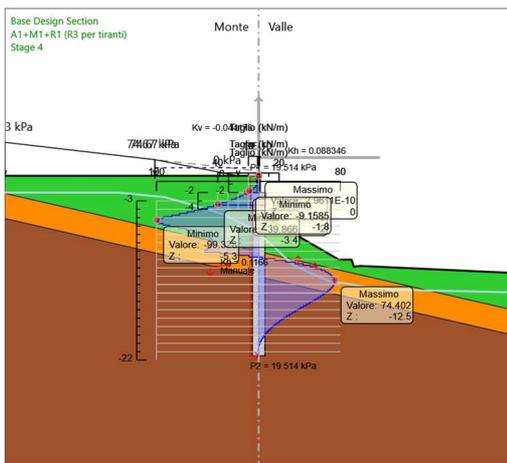
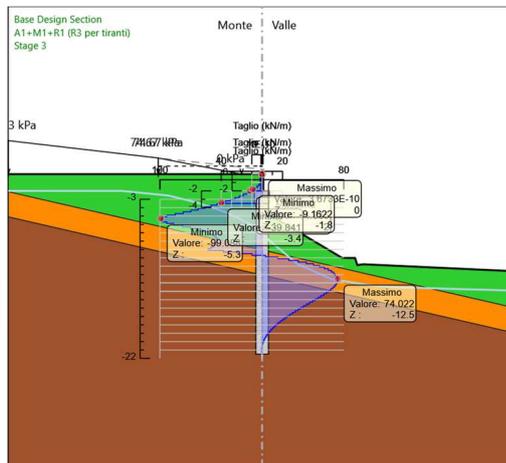
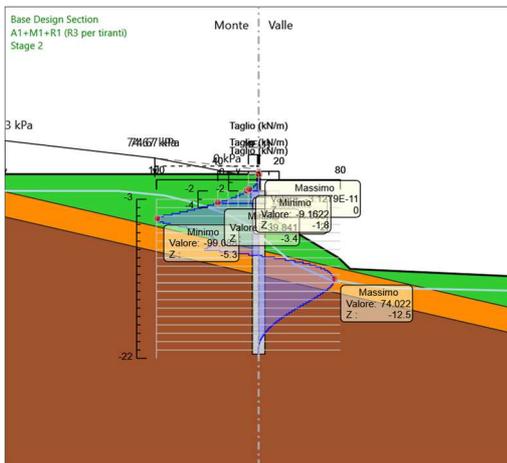
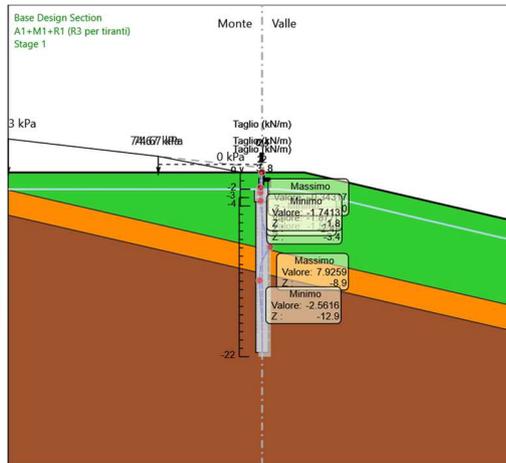
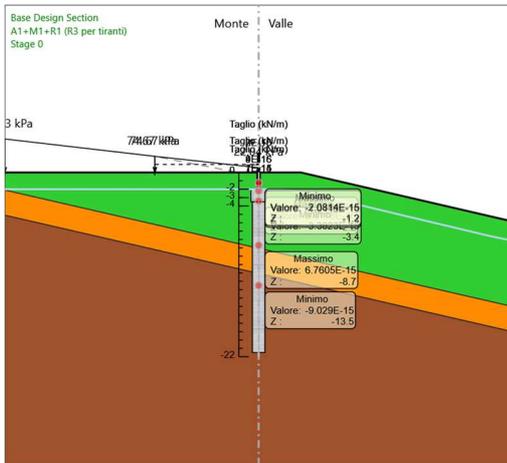
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. progr.	REV.	Pag. di Pag.
L0703	211	E	16	OS0015	REL	01	D	92 di 132



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

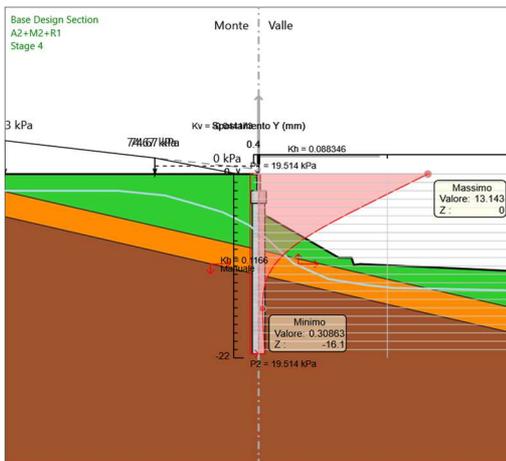
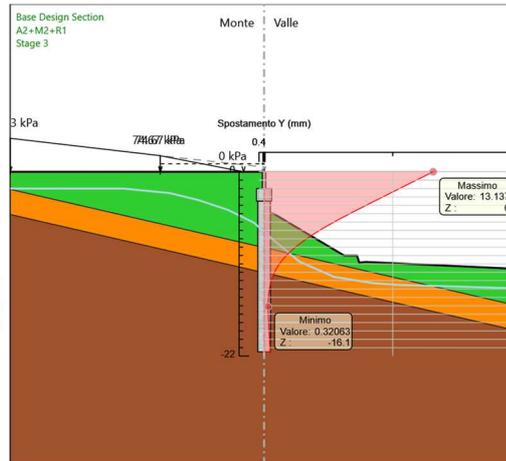
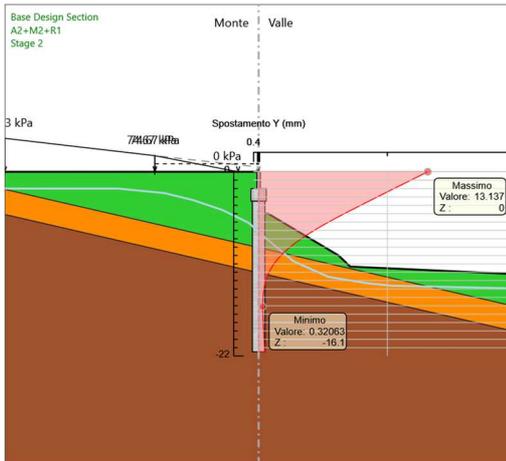
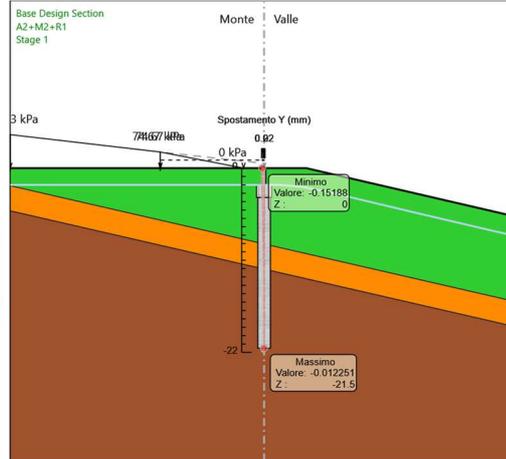
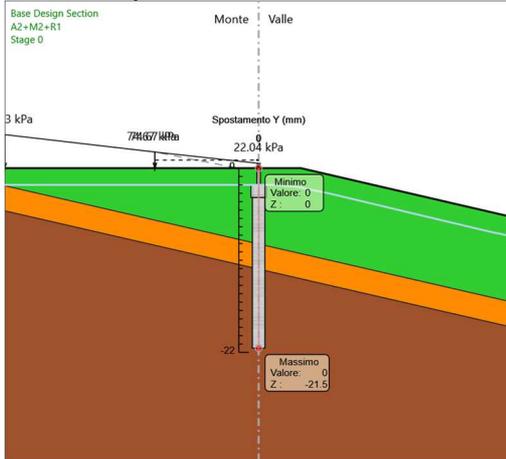
Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 93 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

### Risultati A2+M2+R1

#### Tabella Grafici dei Risultati



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

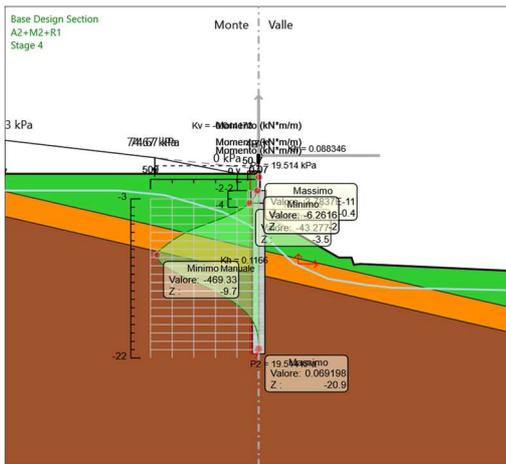
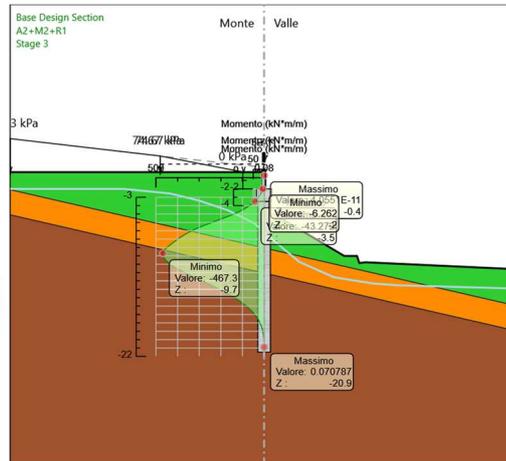
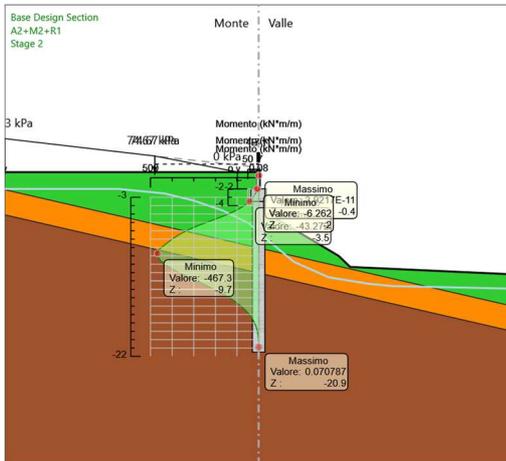
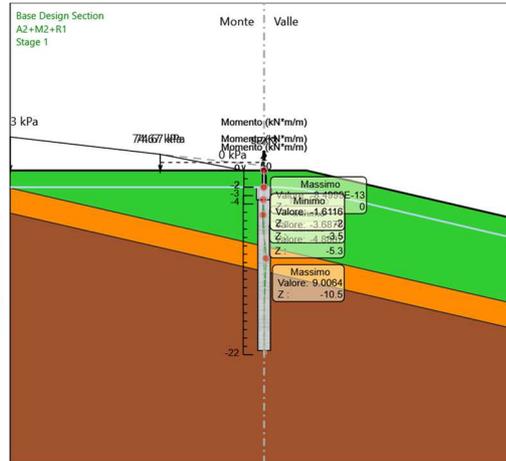
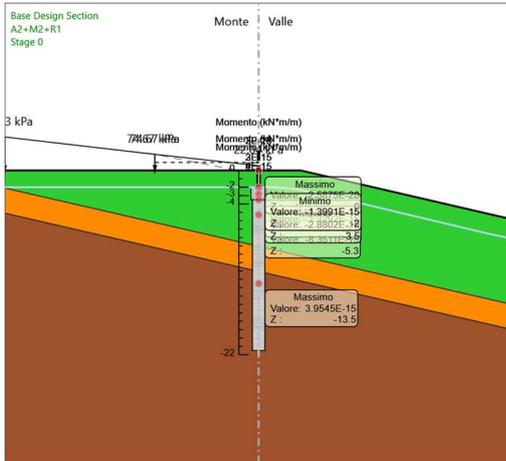
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 94 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------





## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

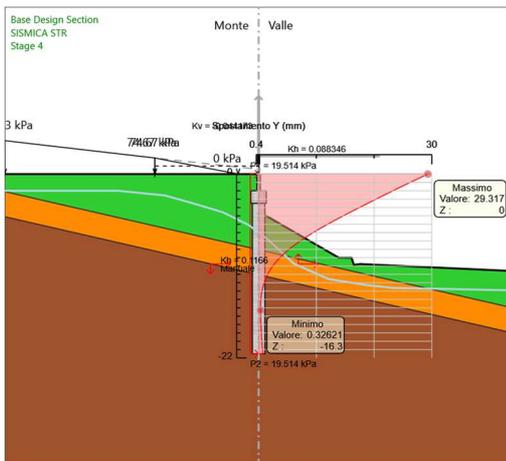
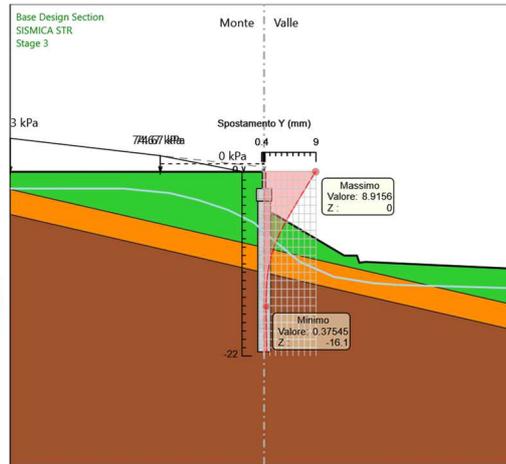
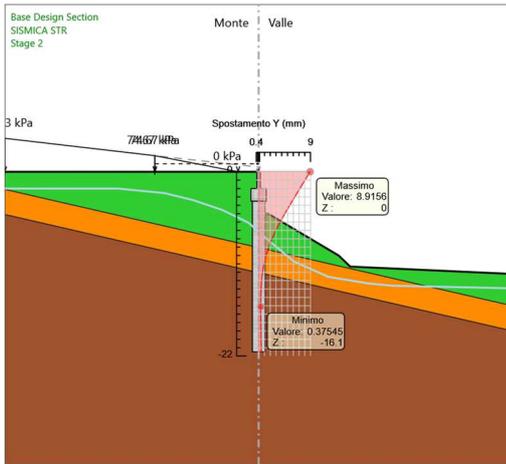
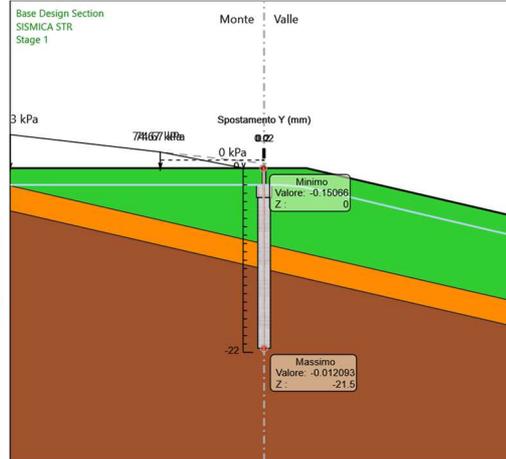
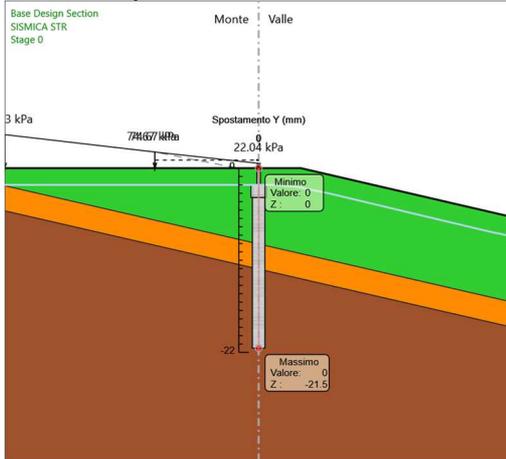
Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 96 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

### Risultati SISMICA STR

#### Tabella Grafici dei Risultati



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

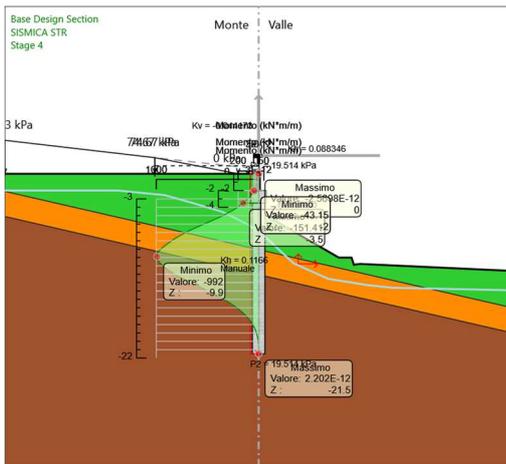
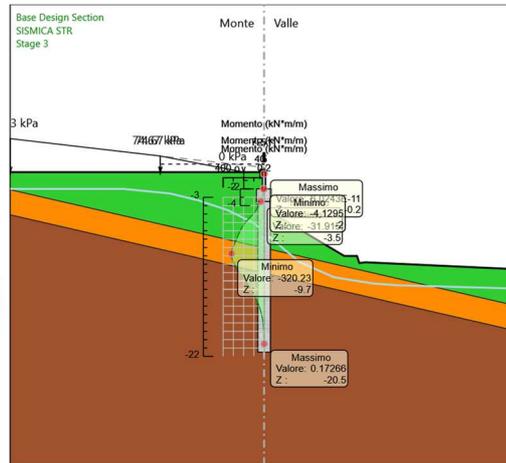
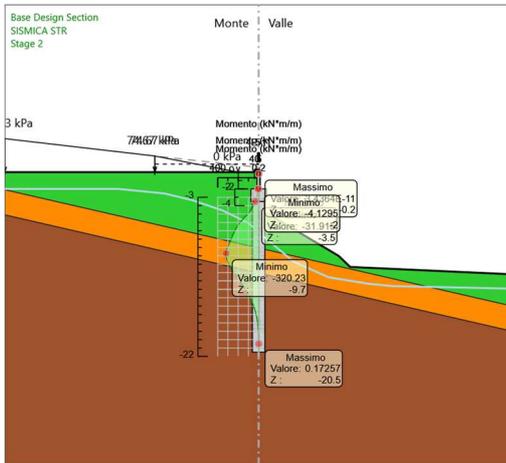
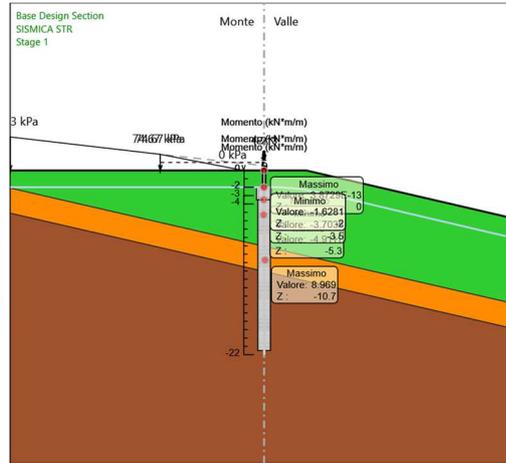
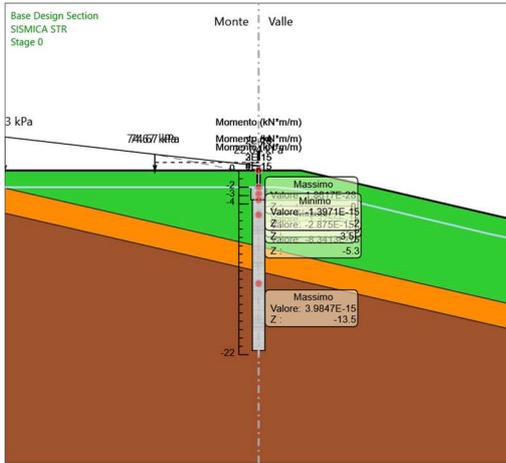
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 97 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------





## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

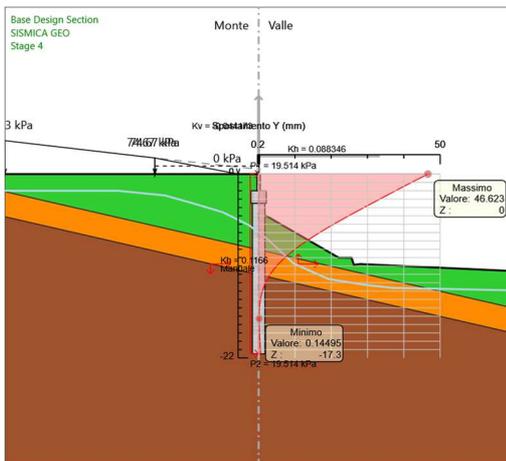
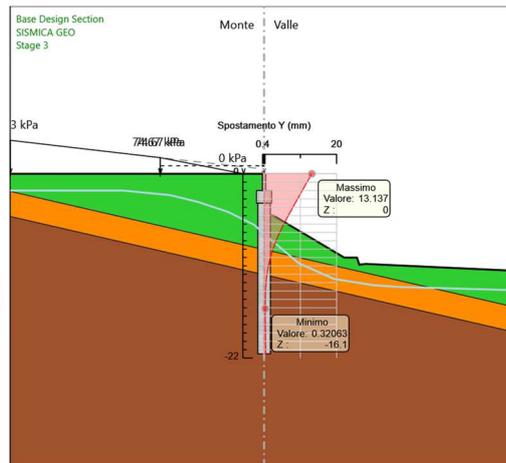
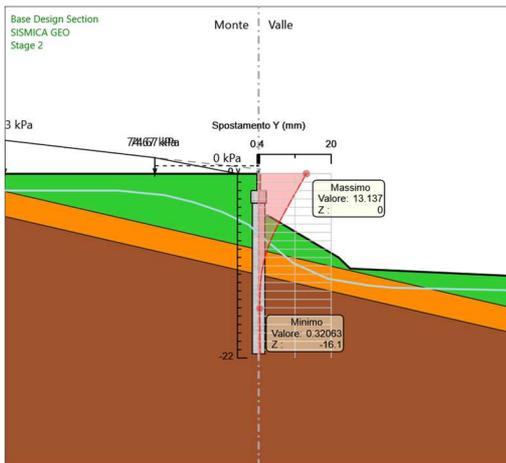
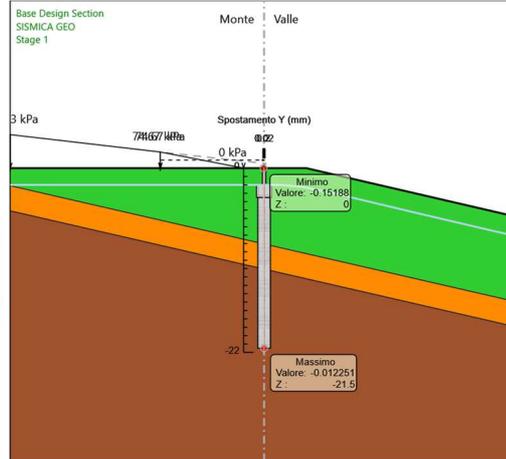
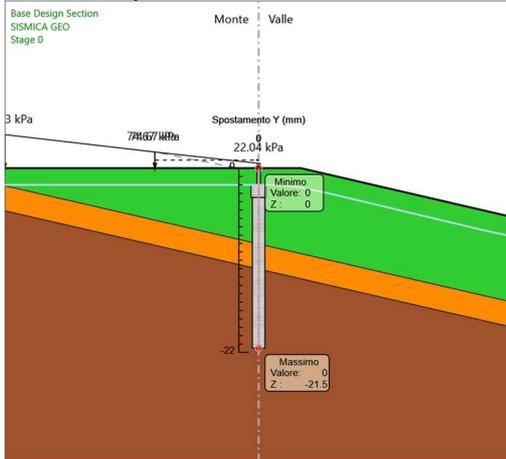
Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 99 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	---------------------------

### Risultati SISMICA GEO

#### Tabella Grafici dei Risultati



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

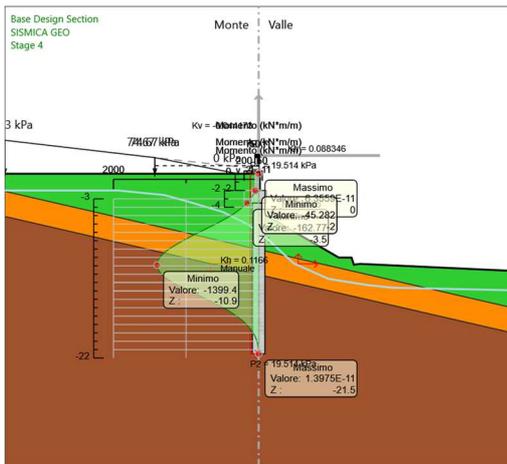
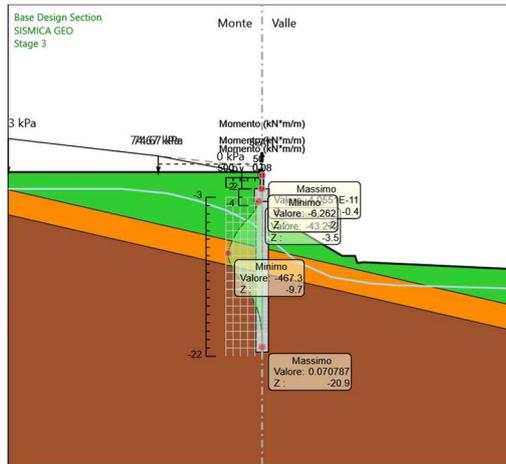
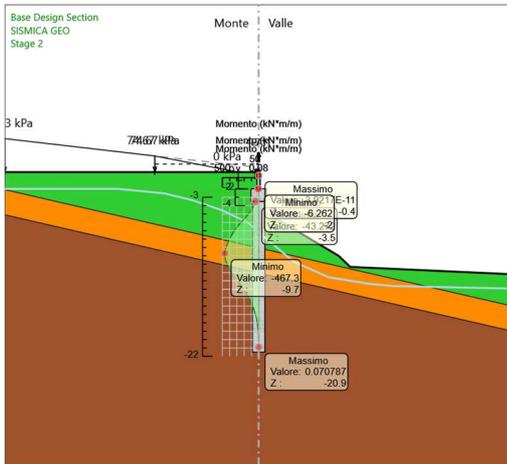
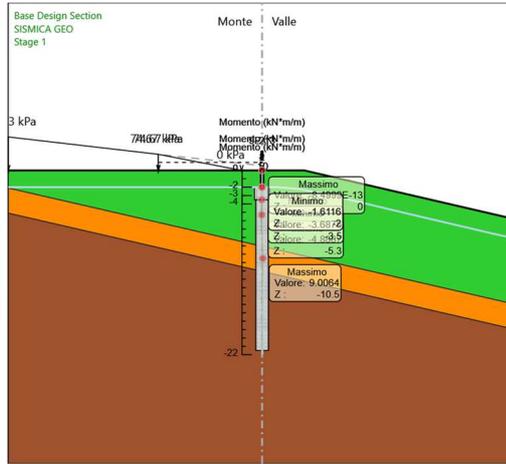
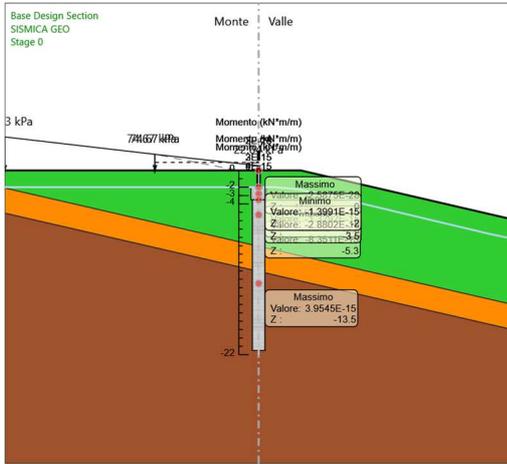
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 100 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------------------







## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 102 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------------

### *Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali*

#### Normative Verifiche

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

#### Coefficienti per Verifica Tiranti

GEO FS	1
$\xi_{a3}$	1.8
$\gamma_s$	1.15





## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 104 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : -3.5 m

Quota di fondo : -23.5 m

Muro di sinistra

Armatura Lunghezza segmenti : 1 m

Rinforzo longitudinale 1

Lunghezza : 21 m

Materiale : B450C

Quota iniziale : -2.2 m

Barre 1

Numero di barre : 36

Diametro : 0.026 m

Distanza dal bordo : 0.085 m

Staffe 1

Numero di staffe : 2

Copertura : 0.06 m

Diametro : 0.012 m

Lunghezza : 19.7 m

Quota iniziale : -3.5 m

Passo : 0.15 m

Rinforzo longitudinale 2

Lunghezza : 12 m

Materiale : B450C

Quota iniziale : -3.5 m

Barre 1

Numero di barre : 20

Diametro : 0.026 m

Distanza dal bordo : 0.137 m

Staffe 1

Numero di staffe : 0

Copertura : 0.08 m

Diametro : 0.026 m

Lunghezza : 19.7 m

Quota iniziale : -3.5 m

Passo : 2 m

Sezione : fi1500/3000

Area equivalente : 0.589048622548086 m



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 105 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------------

Inerzia equivalente : 0.0828 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C32/40

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 3 m

Diametro : 1.5 m

Efficacia : 1

X : 0 m

Quota in alto : -2 m

Quota di fondo : -3.5 m

Muro di sinistra

Armatura Lunghezza segmenti : 1 m

Rinforzo longitudinale 1

Lunghezza : 1.5 m

Materiale : B450C

Quota iniziale : -2 m

Barre di sinistra 1

Numero di barre : 5

Diametro : 0.016 m

Distanza dal bordo : 0.06 m

Barre di destra 1

Numero di barre : 5

Diametro : 0.016 m

Distanza dal bordo : 0.06 m

Staffe 1

Numero di staffe : 2.5

Copertura : 0.04 m

Diametro : 0.012 m

Lunghezza : 1.5 m

Quota iniziale : -2 m

Passo : 0.4 m

Sezione : cordolo

Area equivalente : 1.8 m

Inerzia equivalente : 0.486 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C32/40

Tipo sezione : Solid

Spessore : 1.8 m



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 106 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------------

Efficacia : 1

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -2 m

Muro di sinistra

Armatura Lunghezza segmenti : 1 m

Rinforzo longitudinale 1

Lunghezza : 2.6 m

Materiale : B450C

Quota iniziale : 0 m

Barre di sinistra 1

Numero di barre : 5

Diametro : 0.016 m

Distanza dal bordo : 0.048 m

Barre di destra 1

Numero di barre : 5

Diametro : 0.012 m

Distanza dal bordo : 0.048 m

Staffe 1

Numero di staffe : 2.5

Copertura : 0.04 m

Diametro : 0.008 m

Lunghezza : 2 m

Quota iniziale : 0 m

Passo : 0.4 m

Sezione : cordolo\_1

Area equivalente : 0.4 m

Inerzia equivalente : 0.0053 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C32/40

Tipo sezione : Solid

Spessore : 0.4 m

Efficacia : 1



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id.doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 107 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	-----------------	-----------	-------------------------------

### Fasi di Calcolo

Stage 0

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 (Irregolare)

(0;0)

(7.99;0)

(30;-4.3954)

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -30 m

X finale : -12.46 m

Pressione iniziale : 140.98 kPa

Pressione finale : 76.2 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -12.46 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 76.19 kPa

Pressione finale : 32.68 kPa

Elementi strutturali

Paratia : palo fi 1500/3.0

X : 0 m

Quota in alto : -3.5 m

Quota di fondo : -23.5 m

Sezione : fi1500/3000

Paratia : cordolo

X : 0 m

Quota in alto : -2 m

Quota di fondo : -3.5 m

Sezione : cordolo

Paratia : muro

X : 0 m



**QUADRILATERO**  
Marche Umbria S.p.A.

### 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 108 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------------

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -2 m

Sezione : cordolo\_1



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 109 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------------

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 (Irregolare)

(0;0)

(7.99;0)

(30;-4.3954)

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -30 m

X finale : -12.46 m

Pressione iniziale : 140.98 kPa

Pressione finale : 76.2 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -12.46 m

X finale : -2.425 m

Pressione iniziale : 76.19 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Elementi strutturali

Paratia : palo fi 1500/3.0

X : 0 m

Quota in alto : -3.5 m

Quota di fondo : -23.5 m

Sezione : fi1500/3000

Paratia : cordolo

X : 0 m

Quota in alto : -2 m

Quota di fondo : -3.5 m

Sezione : cordolo

Paratia : muro

X : 0 m

Quota in alto : 0 m



**QUADRILATERO**  
Marche Umbria S.p.A.

### 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 110 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------------

Quota di fondo : -2 m

Sezione : cordolo\_1



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 111 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------------

Stage 2

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -6.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;-6.5)

(0.9;-6.5)

(9.4583;-11.5)

(10.82;-12.78)

(12;-12.78)

(30;-13.91)

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -30 m

X finale : -12.46 m

Pressione iniziale : 140.98 kPa

Pressione finale : 76.2 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -12.46 m

X finale : -2.425 m

Pressione iniziale : 76.19 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Elementi strutturali

Paratia : palo fi 1500/3.0

X : 0 m

Quota in alto : -3.5 m

Quota di fondo : -23.5 m

Sezione : fi1500/3000

Paratia : cordolo

X : 0 m

Quota in alto : -2 m

Quota di fondo : -3.5 m

Sezione : cordolo



**QUADRILATERO**  
Marche Umbria S.p.A.

### 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 112 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------------

Paratia : muro

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -2 m

Sezione : cordolo\_1



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 113 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------------

Stage 3

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -6.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;-6.5)

(0.9;-6.5)

(9.4583;-11.5)

(10.9772;-11.4749)

(11.2572;-12.3249)

(12.0072;-12.2249)

(22.5081;-12.92)

(30;-13.4159)

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -30 m

X finale : -12.46 m

Pressione iniziale : 140.98 kPa

Pressione finale : 76.2 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -12.46 m

X finale : -2.425 m

Pressione iniziale : 76.19 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Elementi strutturali

Paratia : palo fi 1500/3.0

X : 0 m

Quota in alto : -3.5 m

Quota di fondo : -23.5 m

Sezione : fi1500/3000

Paratia : cordolo

X : 0 m

Quota in alto : -2 m



**QUADRILATERO**  
Marche Umbria S.p.A.

## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 114 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------------------

Quota di fondo : -3.5 m

Sezione : cordolo

Paratia : muro

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -2 m

Sezione : cordolo\_1



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 115 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------------

Stage 4

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -6.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;-6.5)

(0.9;-6.5)

(9.4583;-11.5)

(10.9772;-11.4749)

(11.2572;-12.3249)

(12.0072;-12.2249)

(22.5081;-12.92)

(30;-13.4159)

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -30 m

X finale : -12.46 m

Pressione iniziale : 140.98 kPa

Pressione finale : 76.2 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -12.46 m

X finale : -2.425 m

Pressione iniziale : 76.19 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Elementi strutturali

Paratia : palo fi 1500/3.0

X : 0 m

Quota in alto : -3.5 m

Quota di fondo : -23.5 m

Sezione : fi1500/3000

Paratia : cordolo

X : 0 m

Quota in alto : -2 m



**QUADRILATERO**  
Marche Umbria S.p.A.

## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 116 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------------------

Quota di fondo : -3.5 m

Sezione : cordolo

Paratia : muro

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -2 m

Sezione : cordolo\_1



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 117 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Descrizione Coefficienti Design Assumption

#### Coefficienti A

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load _unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_loa d_favour)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load _unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_loa d_favour)	Carico Sismico (F_seis m_load)	Pressio ni Acqua Lato Monte (F_Wa terDR)	Pressio ni Acqua Lato Valle (F_Wat erRes)	Carichi Permane nti Destabili zzanti (F_UPL_ GDStab)	Carichi Permane nti Stabilizz anti (F_UPL_ GStab)	Carichi Variabili Destabili zzanti (F_UPL_ QDStab)	Carichi Permane nti Destabili zzanti (F_HYD_ GDStab)	Carichi Permane nti Stabilizz anti (F_HYD_ GStab)	Carichi Variabili Destabili zzanti (F_HYD_ QDStab)
Simbolo	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\gamma_Q$	$\gamma_{QE}$	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SLE (Rara/Frequ ente/Quasi Permanente )	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1
SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1

#### Coefficienti M

Nome	Parziale su tan( $\phi'$ ) (F_Fr)	Parziale su c' (F_eff_coh)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su qu (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	$\gamma_\phi$	$\gamma_c$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_{qu}$	$\gamma_\gamma$
Nominal	1	1	1	1	1
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1
A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1
SISMICA STR	1	1	1	1	1
SISMICA GEO	1.25	1.25	1.4	1	1

#### Coefficienti R

Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanententi (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	$\gamma_{Re}$	$\gamma_{ap}$	$\gamma_{at}$	
Nominal	1	1	1	1
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1.2	1.1	1
A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1
SISMICA STR	1	1.2	1.1	1
SISMICA GEO	1	1.2	1.1	1

## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

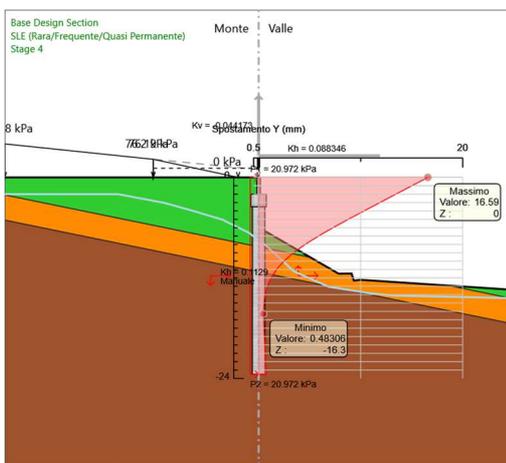
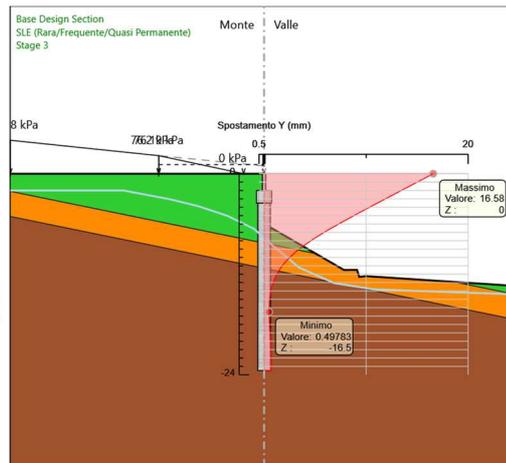
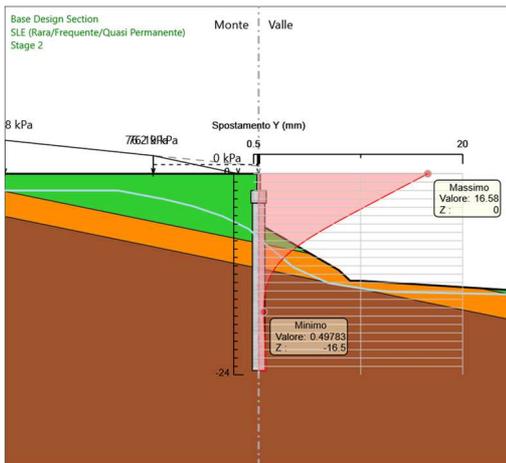
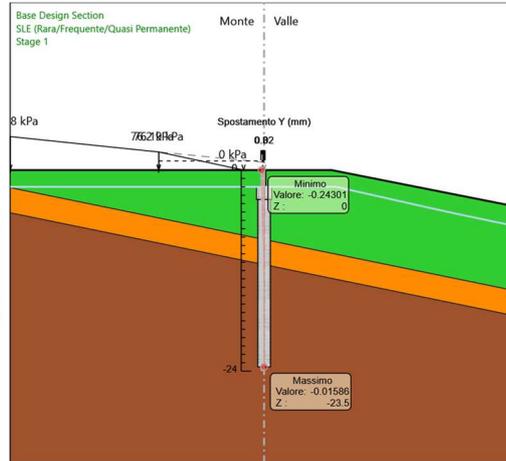
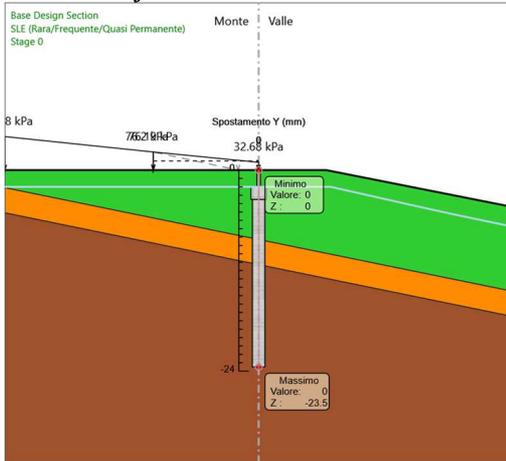
Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 118 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------------------

### Risultati SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

#### Tabella Grafici dei Risultati



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

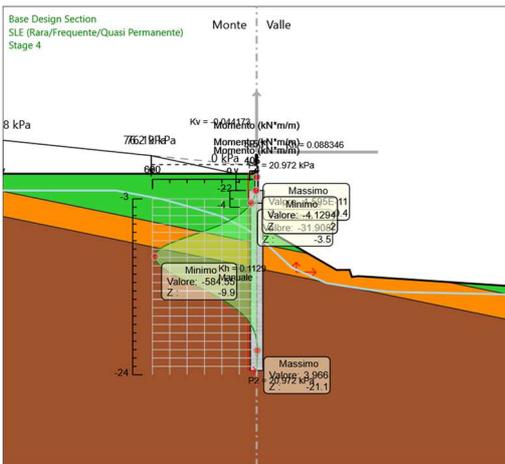
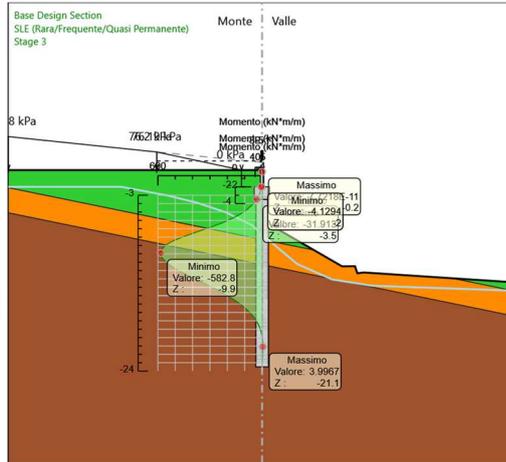
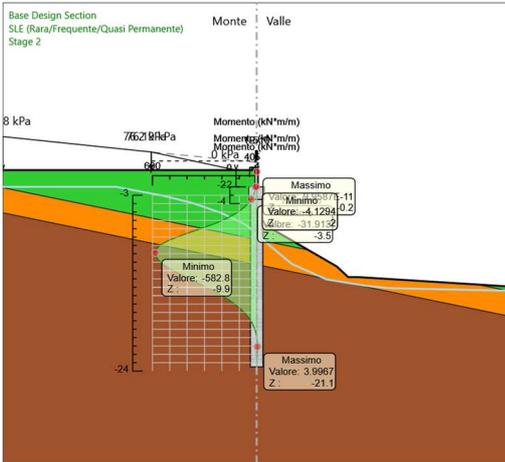
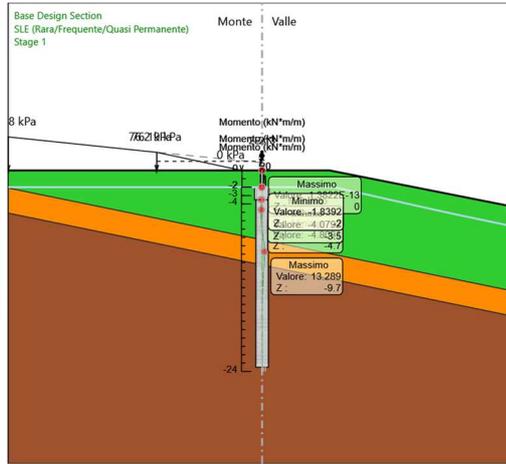
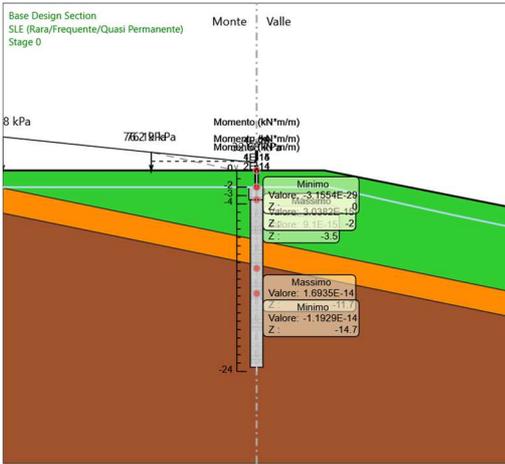
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 119 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------------------



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

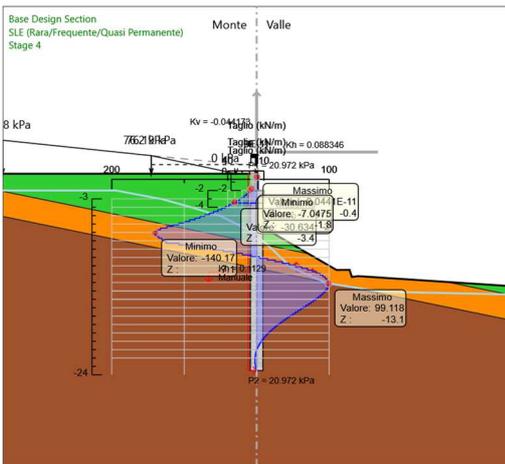
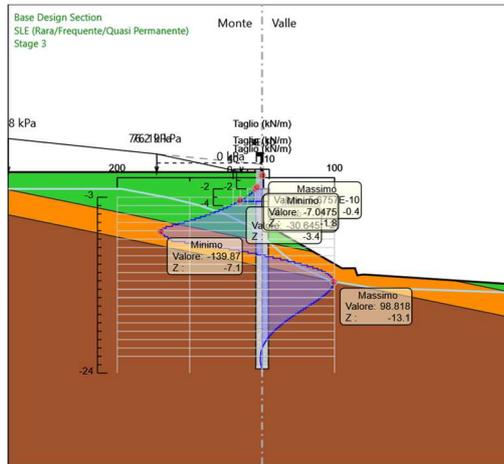
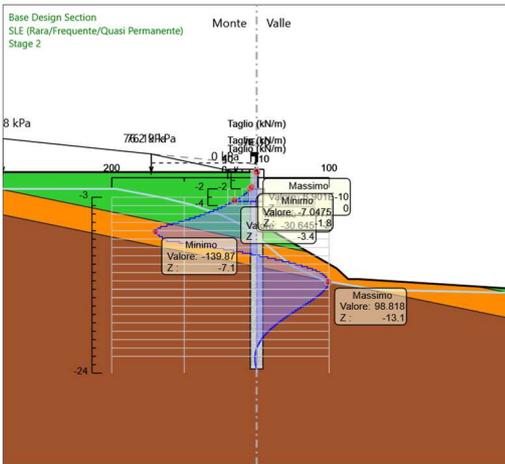
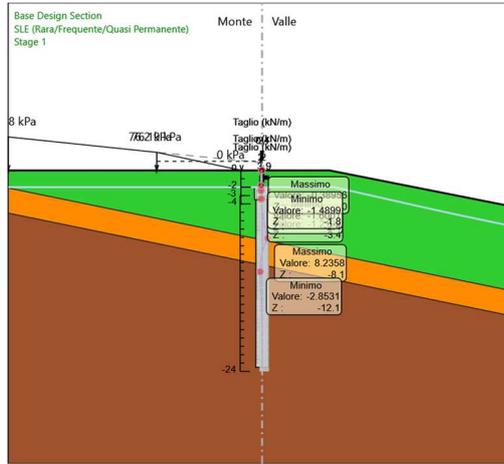
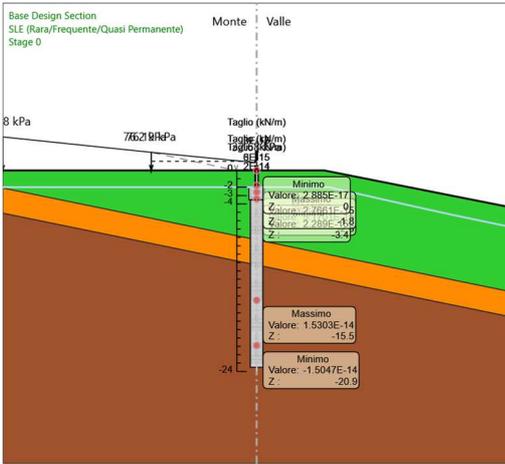
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 120 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------------------



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

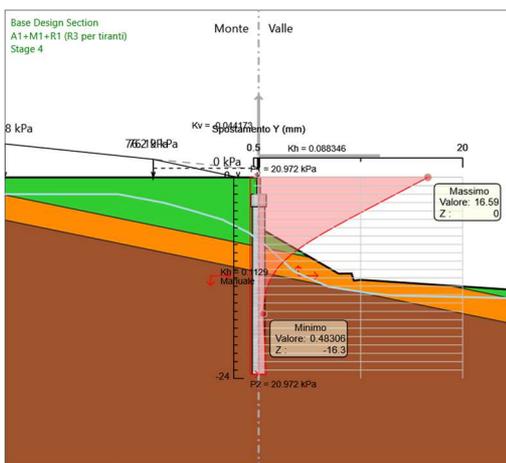
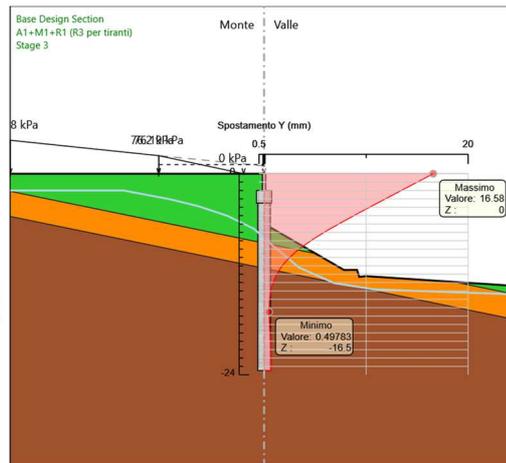
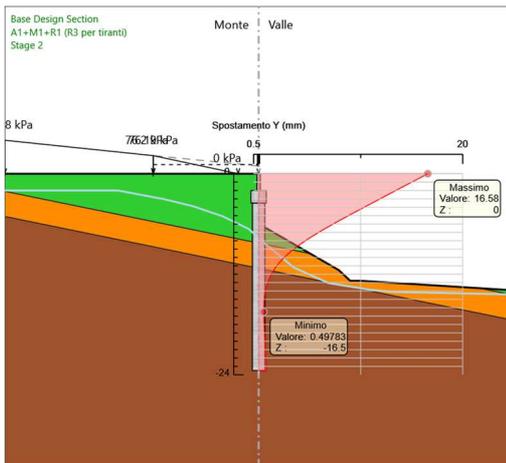
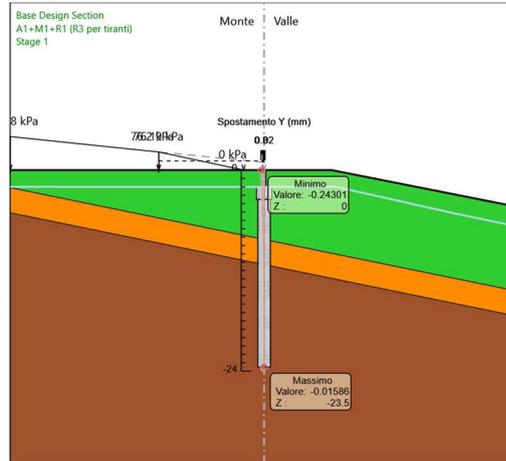
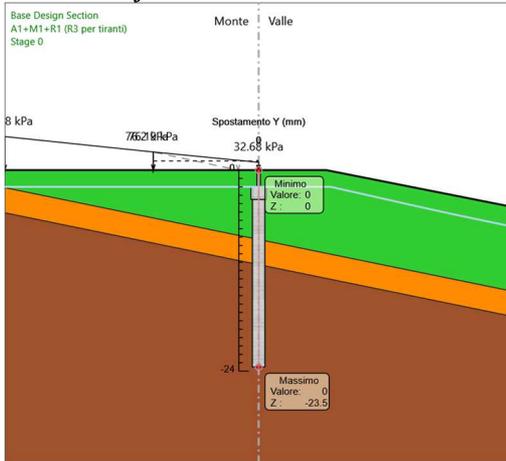
Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 121 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Risultati A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

#### Tabella Grafici dei Risultati



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

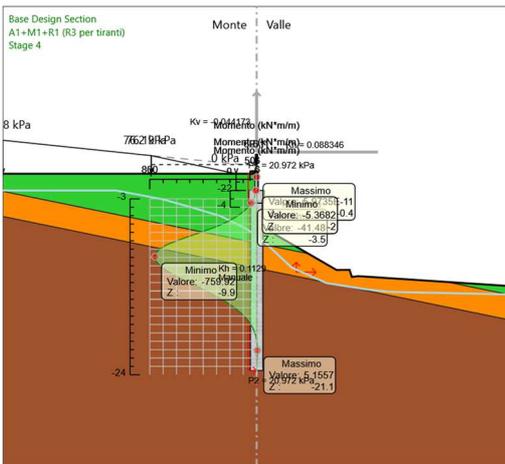
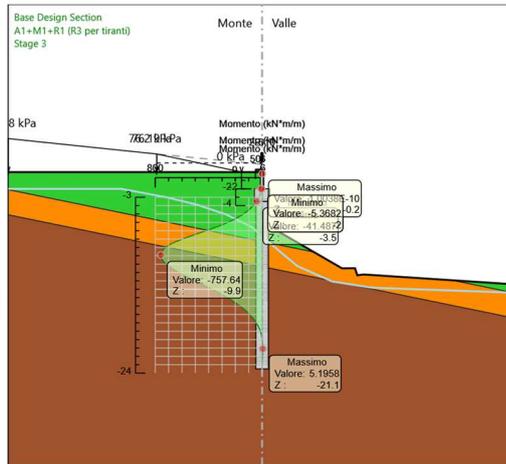
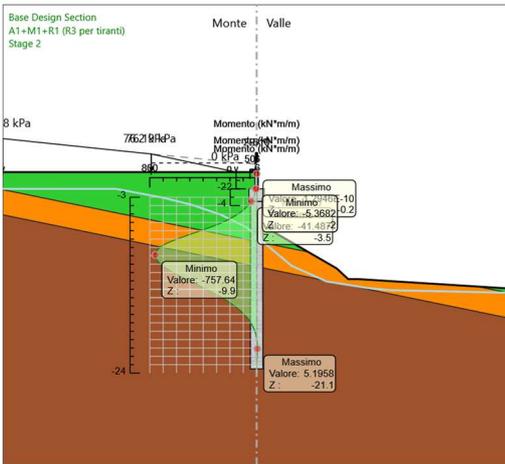
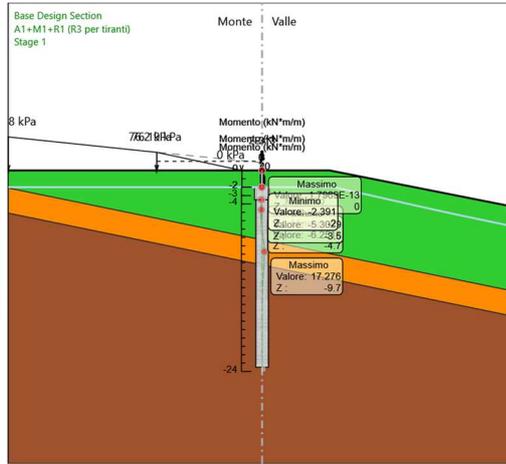
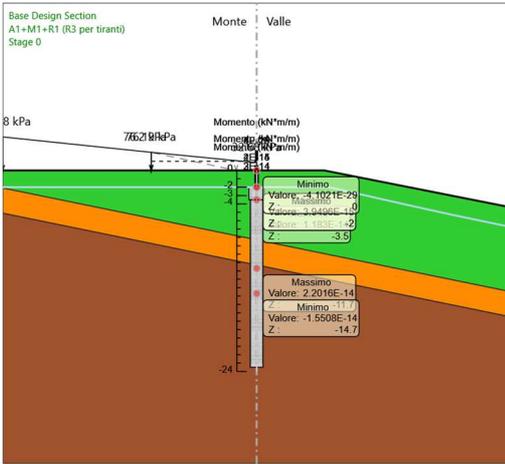
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 122 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------------------



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

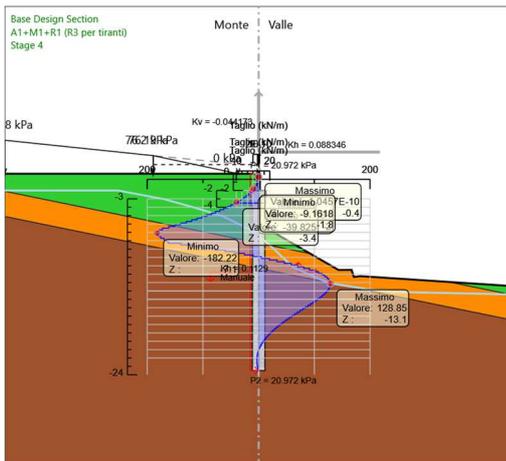
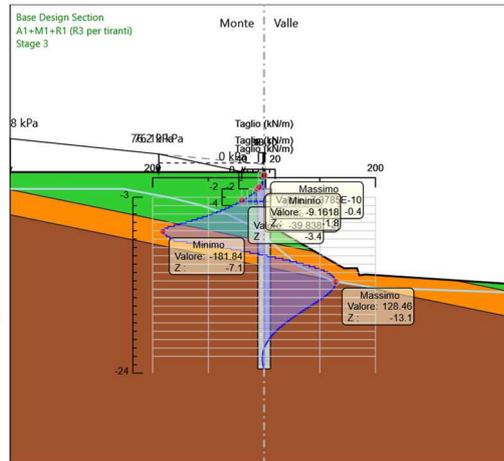
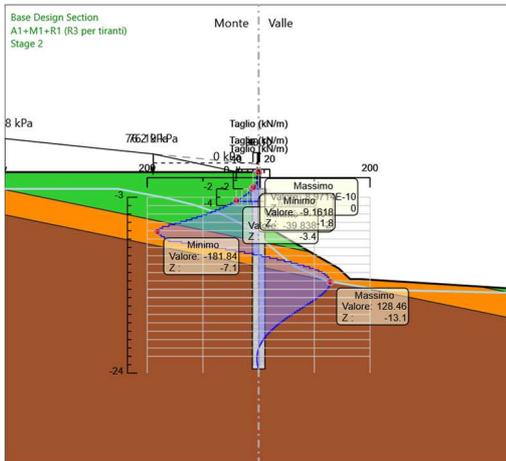
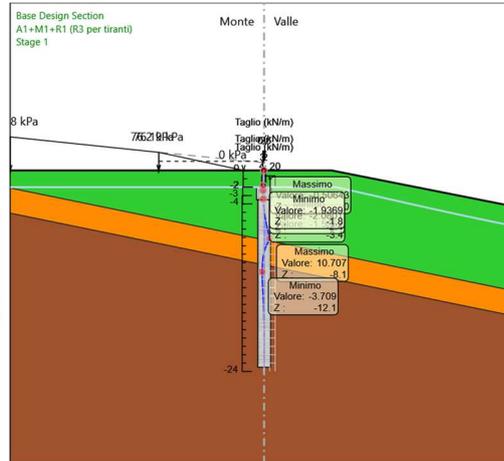
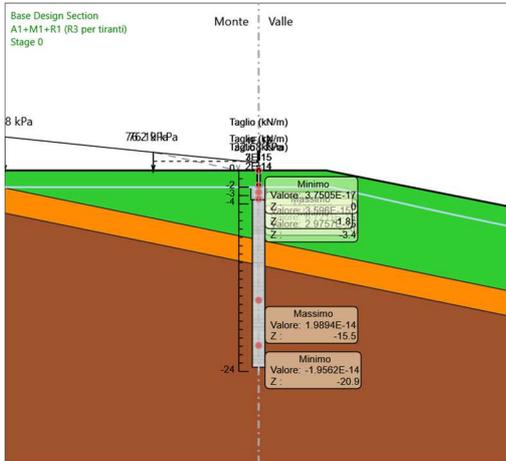
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 123 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------------------



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

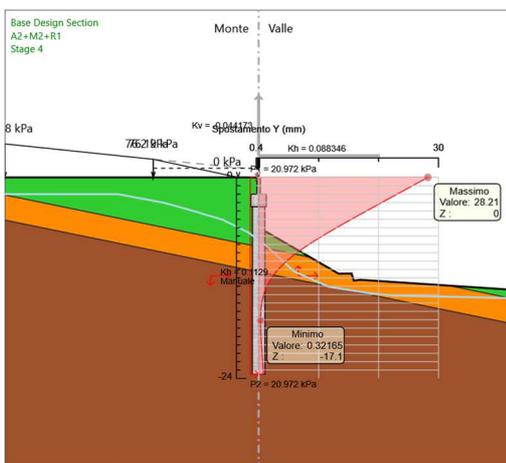
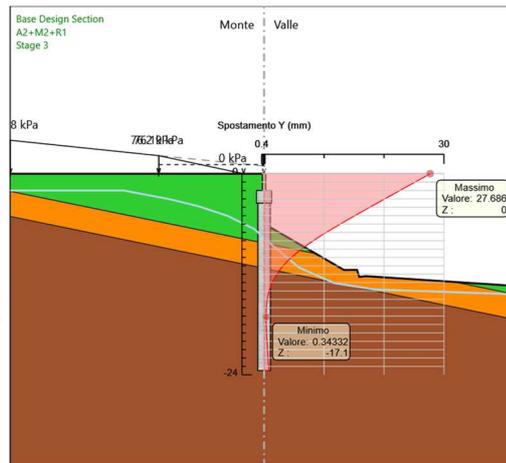
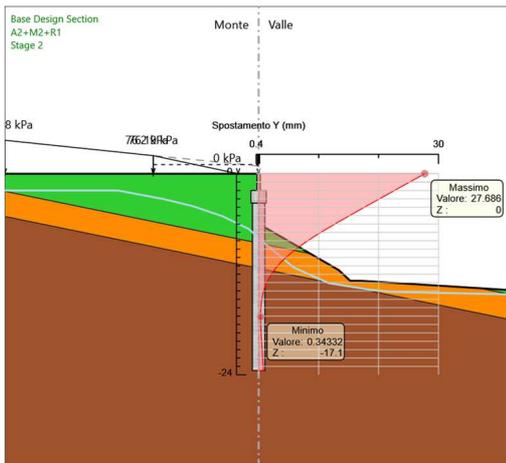
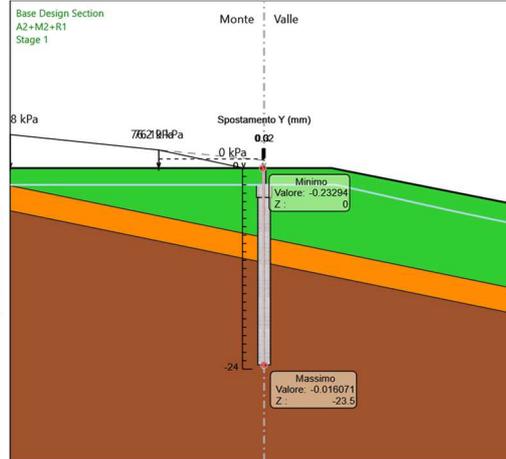
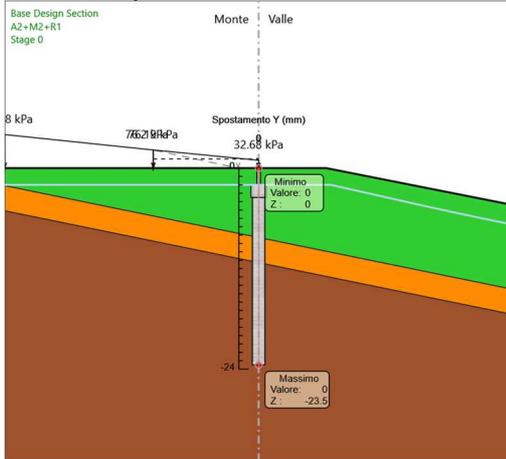
Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 124 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------------------

### Risultati A2+M2+R1

#### Tabella Grafici dei Risultati



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

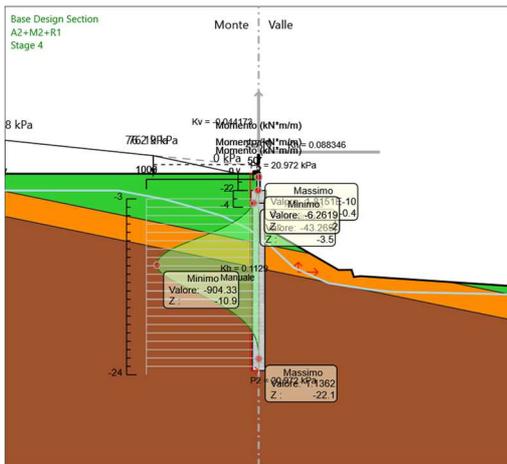
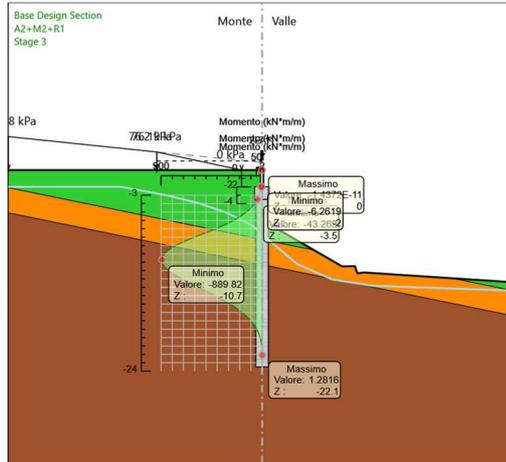
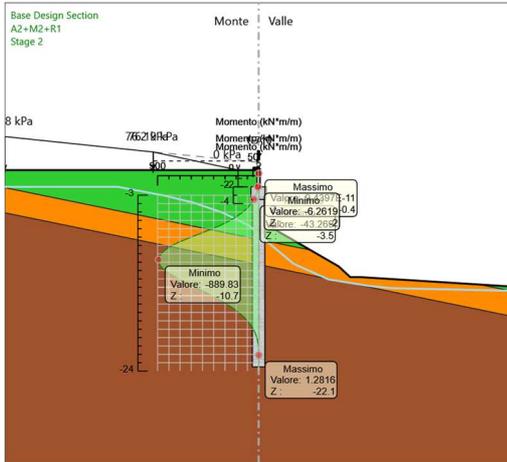
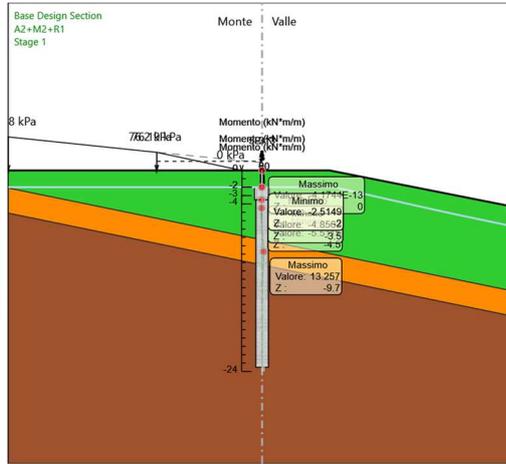
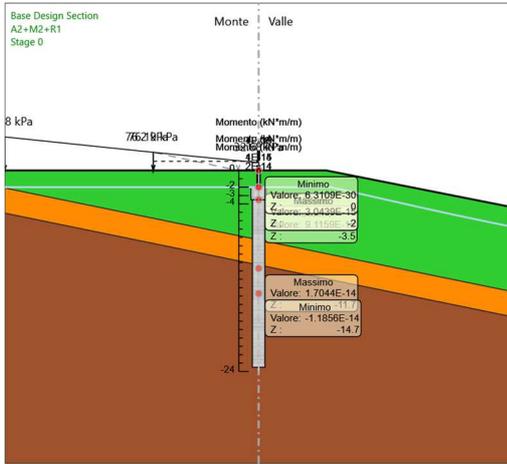
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 125 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------------------



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

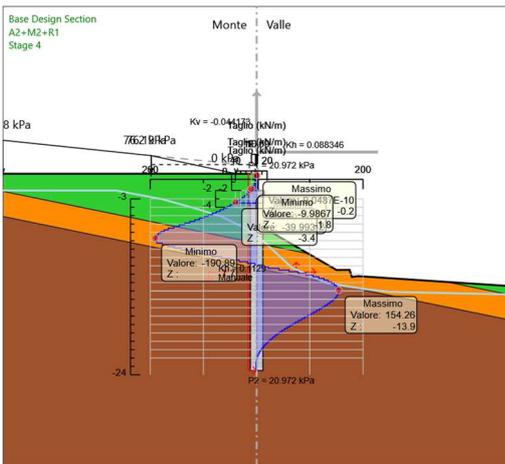
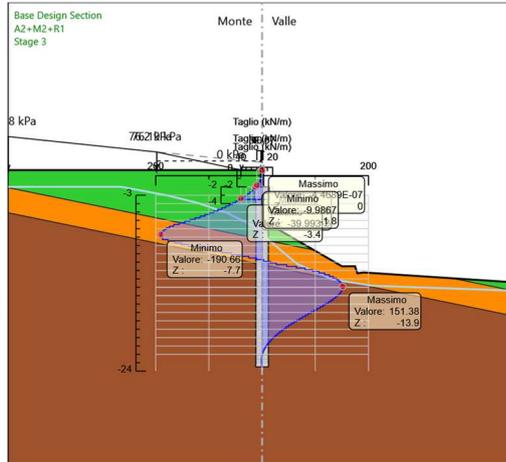
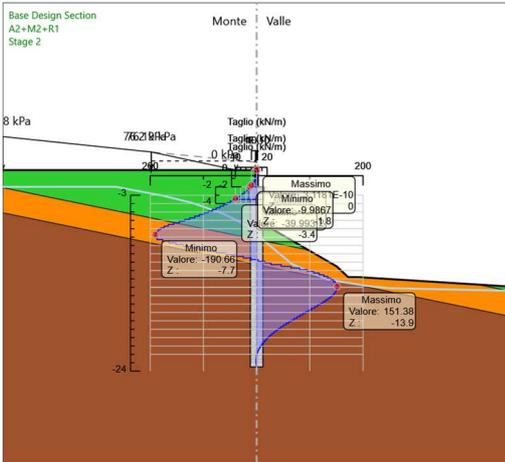
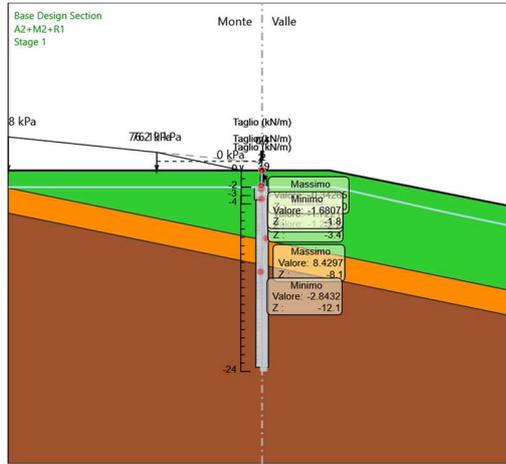
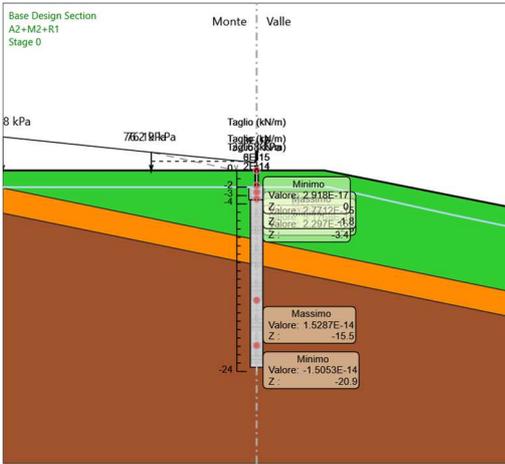
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 126 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------------------



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

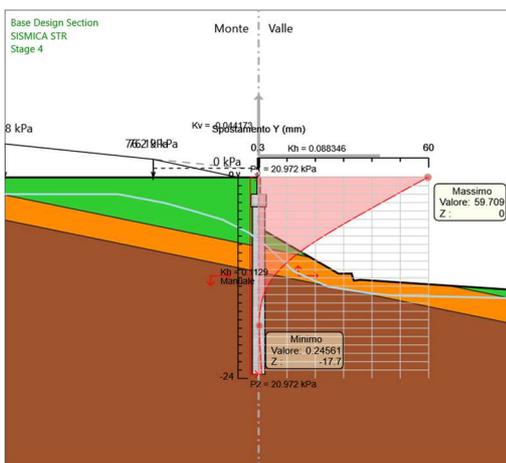
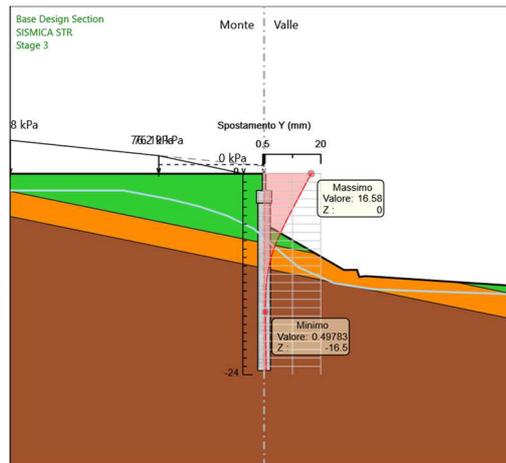
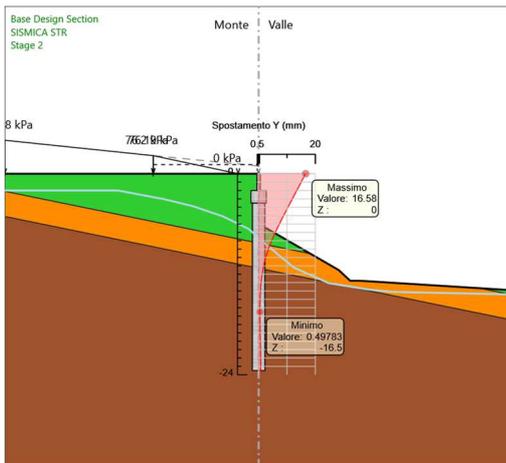
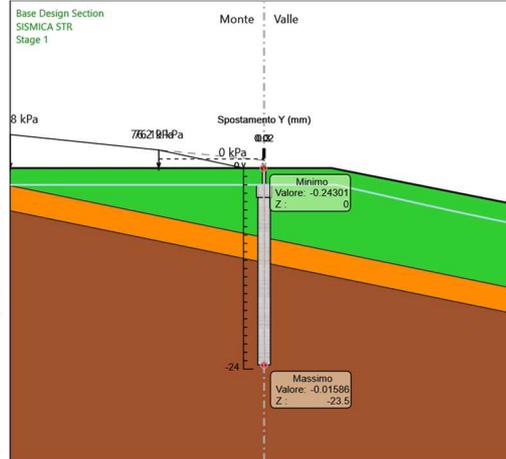
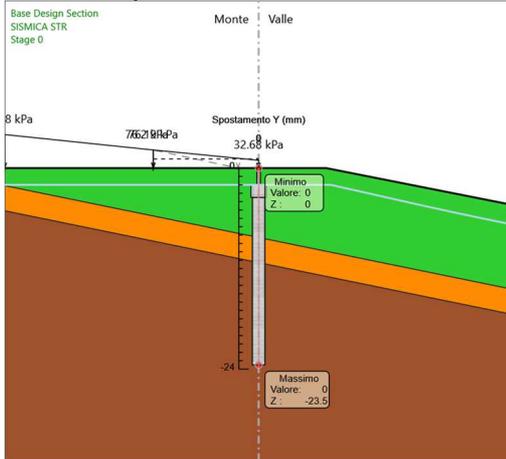
Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 127 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------------------

### Risultati SISMICA STR

#### Tabella Grafici dei Risultati



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

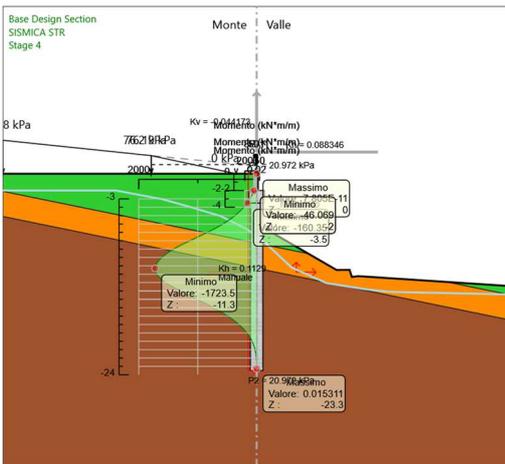
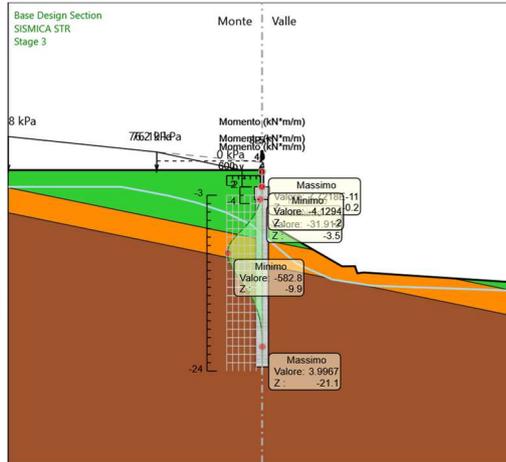
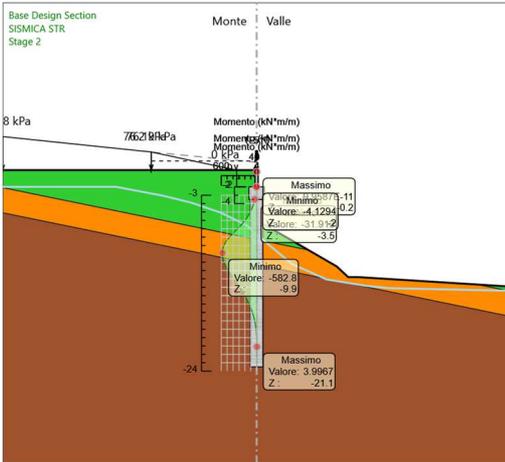
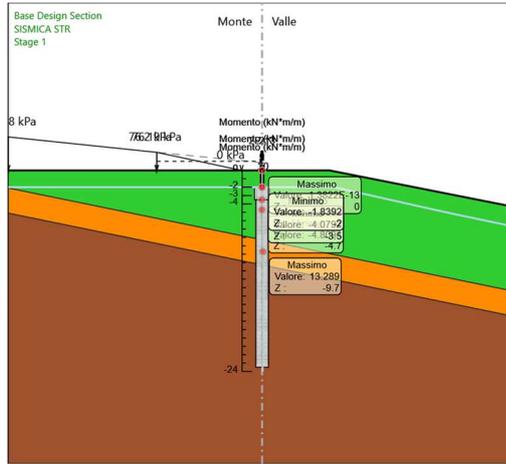
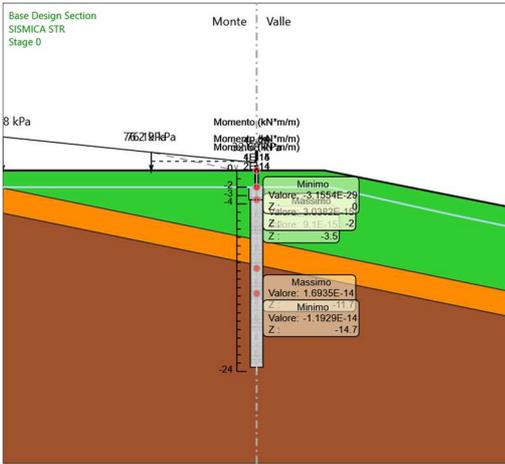
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 128 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------------------



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

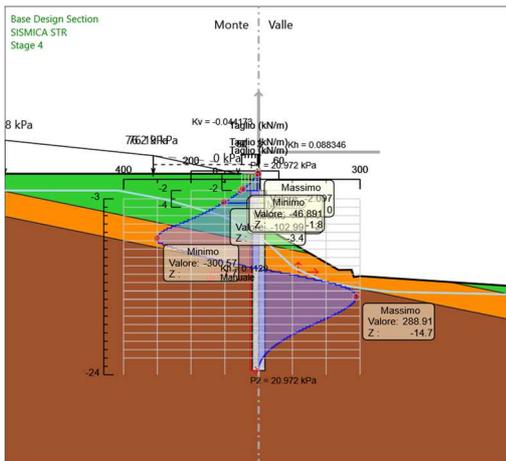
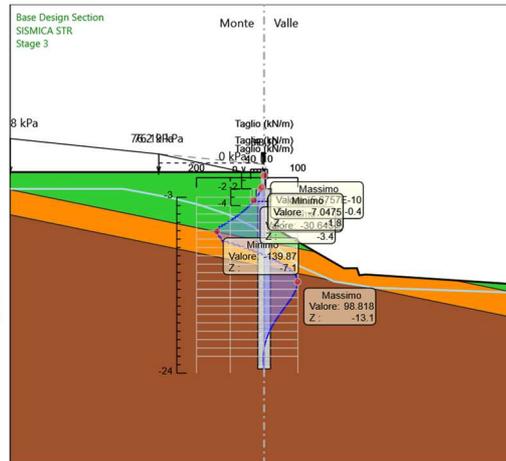
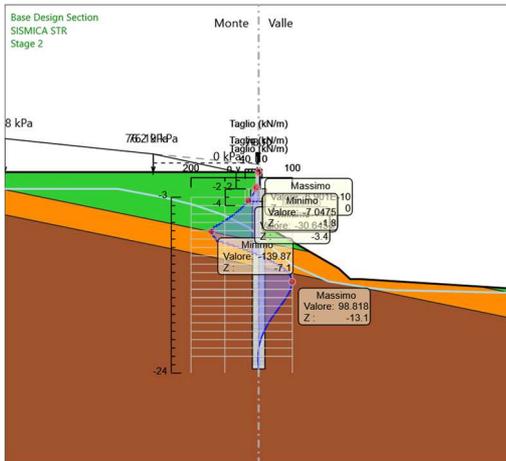
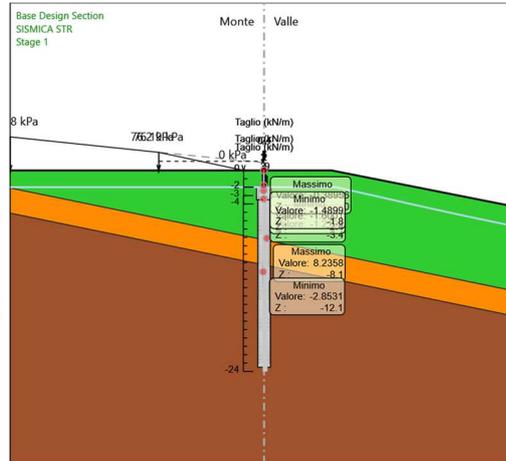
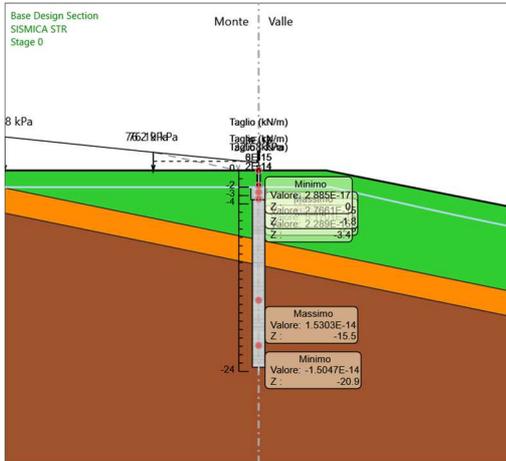
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 129 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------------------



## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

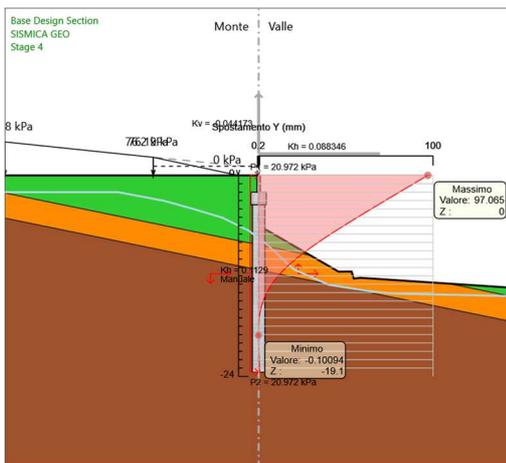
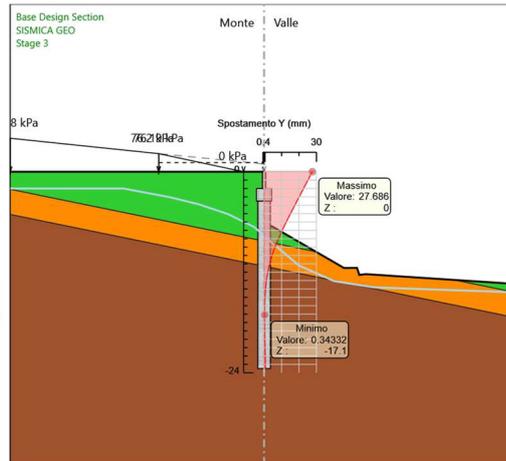
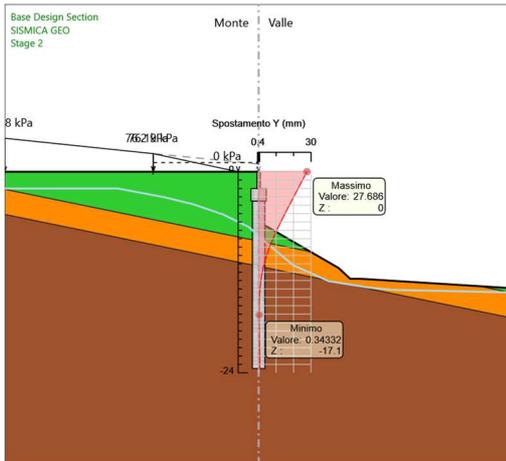
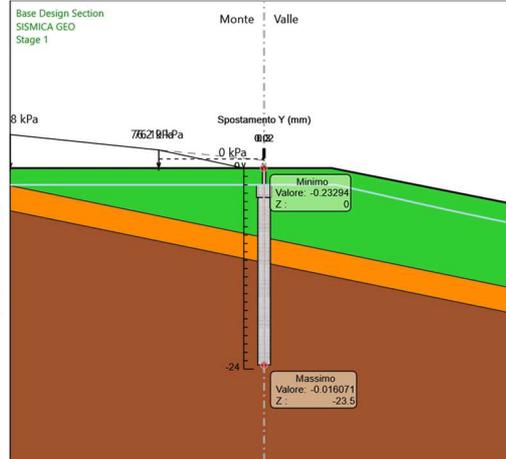
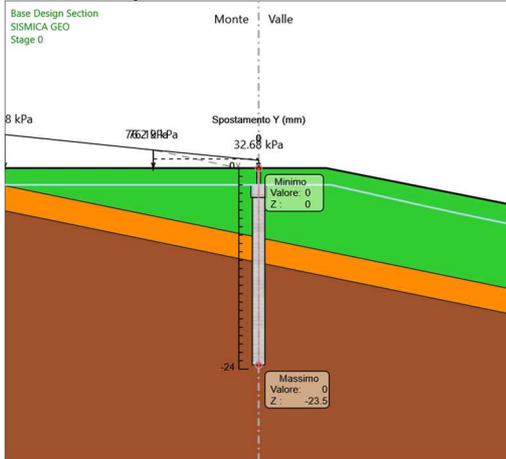
Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 130 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------------------

### Risultati SISMICA GEO

#### Tabella Grafici dei Risultati





## 2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali in SX Svincolo Camerino-Muccia dal km 0+076 al km 0+169

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 16	WBS OS0015	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 132 di 132
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------------------

