

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA**

**U.O. INFRASTRUTTURE SUD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA**

**OPERE DI SOSTEGNO**

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

SCALA:

-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
RS3E	50	D	78	CL	MU6300	001	A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	A.Falace	Dicembre 2019	Danisi/Maccaroni <i>[Signature]</i>	Dicembre 2019	F.Sparacino <i>[Signature]</i>	Dicembre 2019	Tiberti Dicembre 2019

File.: RS3E50D78CLMU6300001A

n. Elab.: 786

ITAFERR S.p.A.  
Gruppo Ferrovie dello Stato  
Direzione Regionale  
UO Infrastrutture Sud  
P.zza Luigi Einaudi 1  
00198 Roma  
Codice degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10878



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	2 di 90

## INDICE

1.	PREMESSA .....	4
2.	DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	7
3.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	8
4.	INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....	10
4.1	STRATIGRAFIE DI PROGETTO.....	12
4.2	MODELLO GEOTECNICO DI CALCOLO.....	14
4.2.1	INTERAZIONE TERRENO - FONDAZIONE.....	15
5.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	16
5.1	PARAMETRI SISMICI DI CALCOLO.....	19
6.	MODELLO GEOMETRICO DELL'OPERA .....	20
7.	CRITERI GENERALI DI ANALISI E VERIFICA.....	21
7.1	METODOLOGIA DI CALCOLO .....	21
7.2	AZIONI.....	22
7.2.1	Peso proprio (cond. di carico 1).....	22
7.2.2	Permanenti (cond. di carico 7).....	23
7.2.3	Spinta del terreno (cond. di carico 2/3).....	23
7.2.4	Spinta in presenza di falda (cond. di carico 6).....	24
7.2.5	Azioni Sismiche (cond. di carico 4/5).....	24
7.2.6	Azioni aggiuntive per dissimmetrie della struttura.....	26
7.3	APPROCCI PROGETTUALI E METODI DI VERIFICA .....	27
7.4	COMBINAZIONI DI CARICO .....	27
7.5	CARICO LIMITE DI FONDAZIONI DIRETTE .....	30
7.6	VERIFICHE A SOLLEVAMENTO .....	31
8.	RISULTATI, ANALISI E VERIFICHE MURI AD U – TIPO A.....	33
8.1	MODELLO DI CALCOLO.....	33
8.2	CARICHI AGGIUNTIVI NEL MODELLO .....	34
8.3	SOLLECITAZIONI DI CALCOLO.....	35
8.4	SCHEMA ARMATURE DI PROGETTO .....	36



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	3 di 90

8.5	VERIFICHE DI RESISTENZA E FESSURAZIONE .....	37
8.6	VERIFICHE A TAGLIO.....	38
8.7	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	39
	8.7.1 Verifiche a scorrimento sul piano di posa .....	39
	8.7.2 Verifiche a sollevamento.....	44
	8.7.3 Verifiche a carico limite.....	46
9.	TABULATI DI CALCOLO .....	47

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	4 di 90

## 1. PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell’ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo relativo alla tratta a semplice binario Dittaino – Catenanuova del Nuovo Collegamento Palermo – Catania. L’intera tratta Dittaino – Catenanuova ha uno sviluppo complessivo di circa 22,8 km.

L’opera oggetto delle analisi riportate nei paragrafi seguenti rientra fra quelle inserite nella categoria denominata “Opere di sostegno”.

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento delle strutture è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza e deformabilità richiesti all’opera.

Le opere della Stazione di Catenanuova, interessano in particolare una zona del tracciato di circa 800m, compresa tra le pk 21+095 – 21+350 circa, ove la sistemazione della sede ferroviaria in progetto prevede una sezione tipo in trincea tra muri ad U, per la cui realizzazione è risultato necessario prevedere la preventiva esecuzione di opere di sostegno provvisorie costituite da paratie di pali in c.a.  $\phi 600$  e  $\phi 1000$  multi-tirantate.

Nel presente documento è affrontato il dimensionamento dei muri ad U con sezione tipologica A.

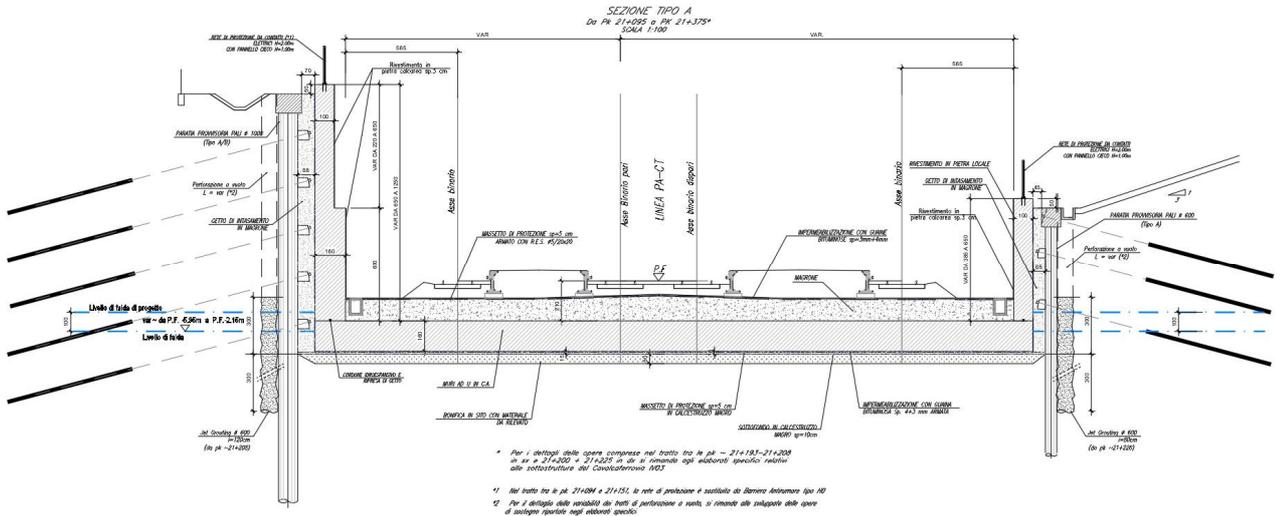
I grafici delle figure seguenti, illustrano una planimetria generale in corrispondenza della Stazione di Catenanuova, e le sezioni tipo di sistemazione della linea nel tratto in questione:



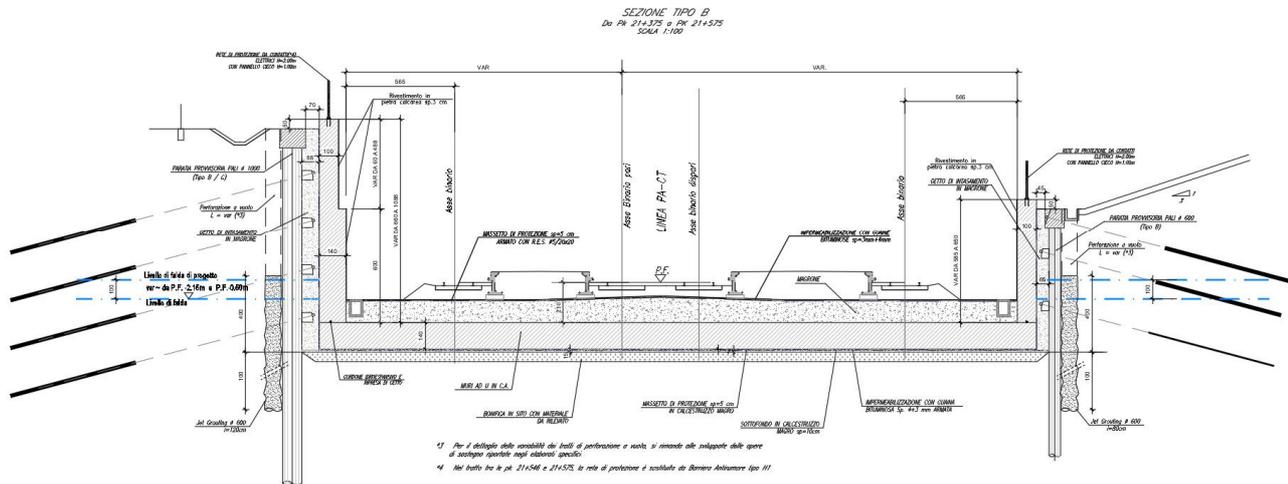
Planimetria Generale Stazione di Catenanuova

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	5 di 90



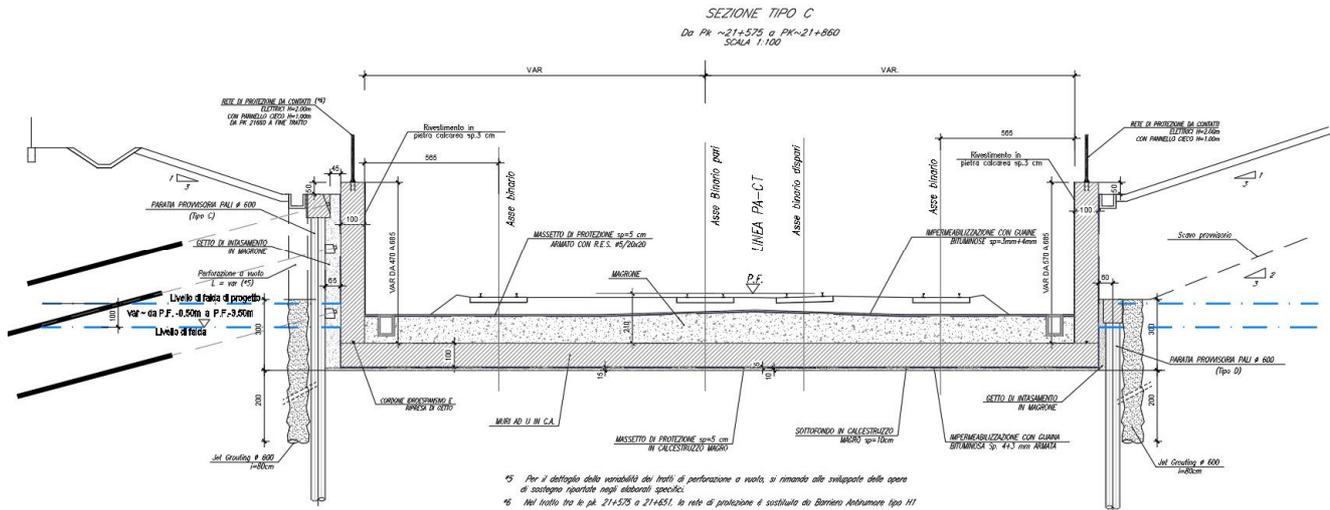
Stazione di Catenanuova - Sezione Tipo A da pk 21+094 a pk 21+350



Stazione di Catenanuova - Sezione Tipo B - da pk 21+350 a pk 21+480

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	6 di 90



Stazione di Catenanuova Sezione Tipo C – da pk21+450 a pk 21+575

Rimandando per ulteriori approfondimenti agli elaborati grafici specifici, si evidenzia che, come già illustrato negli schemi delle figure precedenti, la sistemazione del corpo ferroviario in tutto il tratto della trincea di Stazione di Catenanuova, sarà garantita dalla realizzazione di Muri ad U caratterizzati da tre sezioni tipologiche denominate tipo A, B e C, la cui realizzazione avverrà mediante la preliminare esecuzione di opere provvisorie costituite da paratie di Pali in c.a. a più ordini di tiranti, che costituiscono oggetto di ulteriori documenti di calcolo.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	7 di 90

## 2. DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Di seguito è riportato l'elenco delle Normative e dei Documenti assunti come riferimento per il progetto delle opere trattate nell'ambito del presente documento:

### Normative e Documenti tecnici generali

- Rif. [1] Ministero delle Infrastrutture dei Trasporti, DM 14 gennaio 2008 – «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni»
- Rif. [2] Circolare Applicativa n 617 del 2 Febbraio 2009 - «Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008»
- Rif. [3] UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

### Documenti Tecnici RFI e/o di ambito ferroviario

- Rif. [4] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE I / Aspetti Generali (RFI DTC SI MA IFS 001 B– rev 22/12/2017)
- Rif. [5] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 2 / Ponti e Strutture ( RFI DTC SI PS MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [6] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 3 / Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [7] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 4 / Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [8] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 5 / Prescrizioni per i Marciapiedi e le Pensiline delle Stazioni Ferroviarie a servizio dei Viaggiatori (RFI DTC SI CS MA IFS 002 A – rev 30/12/2016)
- Rif. [9] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 6 / Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 B– rev 22/12/2017)
- Rif. [10] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 7 / Geologia (RFI DTC SI CS GE IFS 001 A – rev 22/12/2017)
- Rif. [11] Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;
- Rif. [12] Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFIDTCSICSSPIFS005B - rev 22/12/2017)



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	8 di 90

### 3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei diversi materiali previsti per la realizzazione delle opere in progetto, con l'indicazione dei valori di resistenza e deformabilità adottati nelle verifiche, secondo quanto stabilito dalla normativa vigente nonché delle specifiche dei documenti tecnici RFI.

Per la completa e puntuale definizione delle caratteristiche dei materiali previsti per la realizzazione dell'opera si rimanda all'elaborato specifico.

Calcestruzzo armato Opere	
Classe di resistenza	C 30/37
Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = 0.85 f_{ck}/1.5 = 17.0 \text{ MPa}$
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000(f_{cm}/10)^{0.3} = 32836 \text{ MPa}$
Tensione massima di compressione in esercizio (RFI DTC SI MA IFS 001 B)	$\sigma_c = 0.55 f_{ck} = 16.5 \text{ MPa}$ combinazione caratteristica (rara)
Tensione massima di compressione in esercizio (NTC 2008)	$\sigma_c = 0.60 f_{ck} = 18.0 \text{ MPa}$ combinazione caratteristica (rara)

Acciaio per barre di armatura	
Tipo	B 450 C
Tensione caratteristica di rottura	$f_{yd} \geq 540 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yd} \geq 450 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 391.3 \text{ MPa}$
Tensione massima di compressione in esercizio (RFI DTC SI MA IFS 001 B)	$\sigma_{lim} = 0.75 f_{yk} = 337.5 \text{ MPa}$
Tensione massima di compressione in esercizio (NTC 2008)	$\sigma_{lim} = 0.80 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	9 di 90

In merito alla verifica a fessurazione, la verifica consiste nel controllo dell'ampiezza massima delle fessure per le combinazioni di carico di esercizio i cui valori limite sono stabiliti, nell'ambito del progetto di opere ferroviarie, nel documento RFI DTC SICS MA IFS 001 B – 2.5.1.8.3.2.4 (*Manuale di progettazione delle opere civili del 22/12/2017*).

In particolare l'apertura convenzionale delle fessure  $\delta_f$  dovrà rispettare i seguenti limiti:

- $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$  per tutte le strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive (così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.01.2008 – Tab 4.1.III), per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;
- $\delta_f \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$  per strutture in condizioni ambientali ordinarie.

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 4.1.III – DM 14.01.2008

In definitiva, nel caso in esame, con riferimento alle indicazioni della tabella di cui in precedenza, si adotta il limite  $w_1=0,20 \text{ mm}$  sia per le parti in elevazione che per quelle in fondazione, in quanto in entrambi i casi trattasi di strutture a permanente contatto col terreno.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	10 di 90

#### 4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Per l'inquadramento Geotecnico dell'area interessata dalla realizzazione delle opere della Stazione di Catenanuova ci si è riferiti a quanto indicato nella seguente documentazione Geotecnica Generale di Progetto:

GEOTECNICA																					
Profilo longitudinale geotecnico - Tav.14 di 15	R	S	3	E	5	0	D	7	8	F	6	G	E	0	0	0	5	0	0	8	A
Profilo longitudinale geotecnico - Tav.15 di 15	R	S	3	E	5	0	D	7	8	F	6	G	E	0	0	0	5	0	0	9	A

Dall'esame della suddetta documentazione, è stato possibile riscontrare che lungo tutto il tratto interessato dalla realizzazione delle opere in oggetto, si rinvennero nella zona, più superficiale, dei Depositi alluvionali Terrazzati (Unità BN) con spessori variabili da circa 2 a 15m, ed al di sotto di questo tipo di formazioni e fino alle massime profondità di interesse, la formazione delle Argille marnose grigie di Catenanuova (Unità AAC), di cui nel seguito è riportata una breve descrizione generale, rimandando per maggiori dettagli ed approfondimenti a quanto riportato in merito nella Relazione Geotecnica Generale :

##### Unità BN – Depositi Alluvionali Terrazzati

L'Unità BN è inquadrata come "Depositi Alluvionali Terrazzati", e presenta lungo l'intero tracciato spessori variabili da 2 a 15 m circa; all'interno di tale unità e si rinvennero sia la facies più coesiva dei depositi alluvionali terrazzati, che quella più incoerente.

La frazione coesiva – **unità bnc**, è costituita da argille limose e limi argillosi di colore bruno e nocciola, con locali passaggi sabbioso-limosi grigiastri, rare ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate e locali livelli di torbe e terreni organici nerastrati.

Le porzioni più incoerenti di tale unità – **unità bni**, a comportamento essenzialmente granulare, è formata prevalentemente da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, talora con blocchi angolosi, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante.

Localmente si rinvennero inoltre sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e giallastro, a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate e rari blocchi angolosi (unità bni-sabbiosa).

Nell'unità incoerente **bni** sono state eseguite prove SPT che hanno dato valori da 20 a 60 con numerosi valori a rifiuto strumentale (dovuti probabilmente alla presenza di abbondanti clasti nella matrice); nella facies coesiva dell'unità (**bnc**) le prove SPT hanno fornito valori di  $N_{SPT}$  mediamente tra 10 e 35 colpi/30 cm

### Unità AAC – Argille marnose grigie di Catenanuova

Tale unità a comportamento prevalentemente coesivo, è rappresentata da argille limose e argille marnose di colore grigio e grigio-verdastro, di colore grigio e grigio-verdastro a struttura scagliosa, con talvolta livelli di sabbie limose grigie, livelli argillitici duri e locali intercalazioni di arenarie medio-fini grigie e giallastre, in strati da sottili a medi.

L'unità è stata intercettata come substrato di base nella parte finale del tracciato dal km 18+200 circa.

I valori di  $N_{SPT}$  eseguiti nell'unità vanno generalmente da 30 a rifiuto ad indicare una elevata consistenza del materiale, con andamento generalmente crescente con la profondità

Il peso di volume naturale è compreso tra 19.5 e 22 kN/m<sup>3</sup> con valore medio 20.5 kN/m<sup>3</sup>.

I valori medi delle caratteristiche fisico meccaniche definiti per ciascuna Unità di cui in riferimento, a seguito dell'interpretazione delle diverse prove in sito e di laboratorio effettuate nell'ambito delle diverse campagne di indagini geotecniche eseguite a supporto della progettazione, sono quelle di seguito riportate:

#### **Unità bnc – Depositi terrazzati coesivi limoso argillosi**

$\gamma_{nat} = 19.0 \div 20.0$ kN/m <sup>3</sup>	peso di volume naturale
$c' = 5 \div 12$ kPa	coesione drenata
$\varphi' = 23 \div 25$ °	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 50 \div 400$ kPa	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$k = 6.5 \cdot 10^{-8} \div 1.5 \cdot 10^{-6}$ m/s	coefficiente di permeabilità
$V_s = 160 \div 190$ m/s	velocità delle onde di taglio
$G_o = 50 \div 70$ MPa	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 130 \div 180$ MPa	modulo di deformazione elastico iniziale

#### **Unità bni – Depositi terrazzati ghiaioso sabbiosi**

$\gamma_{nat} = 19.0 \div 20.0$ kN/m <sup>3</sup>	peso di volume naturale
$c' = 0$ kPa	coesione drenata
$\varphi' = 35 \div 38$ °	angolo di resistenza al taglio
$k = 1.5 \cdot 10^{-6} \div 5 \cdot 10^{-4}$ m/s	coefficiente di permeabilità
$V_s = 200 \div 450$ m/s	velocità delle onde di taglio
$G_o = 80 \div 300$ MPa	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 200 \div 800$ MPa	modulo di deformazione elastico iniziale

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	12 di 90

### Unità AAC – Argille marnose grigie di Catenanuova

$\gamma_{\text{nat}} = 19.5 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 5 \div 23 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi' = 19 \div 24^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 100 \div 500 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$k = 5 \cdot 10^{-9} \div 2 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$	coefficiente di permeabilità
$E_o = 200 \div 900 \text{ MPa}$	Modulo di deformazione elastico iniziale

## 4.1 STRATIGRAFIE DI PROGETTO

Sulla scorta di quanto riportato al precedente paragrafo, l'intero tratto interessato dalla realizzazione delle opere di sostegno della Stazione di Catenanuova è stato suddiviso, dal punto di vista geotecnico, in 5 zone omogenee nei riguardi della modellazione da effettuare, denominate in particolare Stratigrafia 1-2-3-4 e 5, per ciascuna delle quali si riportano in forma tabellare, i relativi dettagli:

STRATIGRAFIA 1					
Pk in (m) :	21090,00	Pk fin (m) :	21300,00	L	210,00
TERRENO	Prof. m	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	c' kPa	$\phi'$ °	E' MPa
BNC	0 ÷ -3.4	19.5	5	24	30
BNI	-3.4 ÷ -7.3	19.5	0	35	80
BNC	-7.3 ÷ -11.4	19.5	5	24	30
BNI	-11.4 ÷ -14.3	19.5	0	35	80
BNC	-14.3 ÷ -15.4	19.5	5	24	30
AAC	> -15.4	20.5	10	24	120

STRATIGRAFIA 2					
Pk in (m) :	21300	Pk fin (m) :	21475,00	L	175,00
TERRENO	Prof. m	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	c' kPa	$\phi'$ °	E' MPa
BNC	0 ÷ -10	19.5	5	24	30
BNI	-10.0 ÷ -12.0	19.5	0	35	80
AAC	> -12.0	20.5	10	24	120

STRATIGRAFIA 3					
Pk in (m) :	21475	Pk fin (m) :	21600	L	125,0
TERRENO	Prof. m	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	c' kPa	$\phi'$ °	E' MPa
BNC	0 ÷ -5	19.5	5	24	30
BNI	-5.0 ÷ -8.0	19.5	0	35	80
AAC	> -8.0	20.5	10	24	120

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	13 di 90

STRATIGRAFIA 4				
Pk in (m) :	21600	21700	L	100,0
TERRENO	Prof.	c'	$\phi'$	E'
	m	kPa	°	MPa
BNC	0 ÷ -1,5	5	24	30
BNI	-1.5 ÷ -5.0	0	35	80
AAC	< -5.0	10	24	120

STRATIGRAFIA 5				
Pk in (m) :	21700	21860	L	160,0
TERRENO	Prof.	c'	$\phi'$	E'
	m	kPa	°	MPa
BNC	0 ÷ -4,5	5	24	30
BNI	-4.5 ÷ -9.0	0	35	80
AAC	< -9.0	10	24	120

A ciascuna unità sono stati attribuiti dei valori dei parametri fisico – meccanici di calcolo utili ai fini delle analisi da effettuare, tenendo conto di quanto specificato per ciascuna di esse dalla caratterizzazione geotecnica generale già riportata al precedente paragrafo. In particolare il modulo di deformazione elastico operativo  $E'$ , è stato stimato cautelativamente pari a circa di  $E_0 / 5$ .

Dall'esame del Profilo Geotecnico Generale di Linea, sono stati definiti inoltre dei livelli di falda lungo l'intero tratto interessato dalle opere di stazione, definendo per ciascuna sezione un livello di falda teorico e di progetto (assunto pari ad almeno +1m rispetto al caso) di riferimento per le analisi da effettuare; i dati di falda di riferimento sono quelli riportati nella tabella seguente:

LIVELLI DI FALDA  
(QUOTE RELATIVE DA PIANO FERRO)

	SEZIONE	Q'	Q*
		m	m
TRATTO TRA MURI U - SEZ TIPO A	260	-5,95	-5
	261	-5,75	-4,8
	262	-5,3	-4,3
	263	-4,6	-3,6
	264	-3,7	-2,7
	265	-2,7	-1,7
TRA MURI U - SEZ TIPO	266	-1,6	-0,6
	267	-0,75	0,25
	268	-0,35	0,65
	269	-0,35	0,65
TRATTO TRA MURI U - SEZ TIPO B	270	-0,7	0,3
	271	-1,2	-0,2
	272	-1,5	-0,5
	273	-1,8	-0,8
	274	-1,9	-0,9
	275	-3,5	-2,5

Q (m) Stima della quota relativa del livello di falda rispetto al piano ferro secondo profilo geotecnico di progetto

Q\* (m) Stima della quota livello di falda di progetto (Q+1)



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	14 di 90

## 4.2 MODELLO GEOTECNICO DI CALCOLO

Il modello di calcolo dei muri ad U oggetto di Analisi e Verifiche nell'ambito del presente documento (Muro tipo A), è relativo ad un tratto della trincea della Stazione di Catenanuova, ove il modello stratigrafico di riferimento, anche in considerazione delle sezioni con altezza massima considerate per le analisi, è quello di "STRATIGRAFIA 1", di cui al precedente § 4.1; in relazione a tale aspetto, è considerando che ad immediato ridosso del piano di posa del solettone di fondo dei muri ad U, è stata previsto un intervento di bonifica con materiale da rilevato, si è ritenuto verosimile considerare il seguente modello Geotecnico equivalente di Calcolo:

Terreno	Litotipo	$\gamma$	$\varphi'$	$c'$	$E'$	$k_w$
		( $kN/m^3$ )	( $^\circ$ )	( $kPa$ )	( $MPa$ )	( $kPa/m$ )
<b>Terreno di Rinfianco</b>	BNC/BNI	19.5	30	0	50	0
<b>Terreno di Fondazione</b>	AAC	20	24	10	100	3000

Dove  $k_w$  è la costante di sottofondo definita al paragrafo seguente.

Si evidenzia che le caratteristiche del terreno di sottofondo inserite nel modello, tengono conto delle caratteristiche medie delle unità presenti al di sotto del piano di fondazione, nei riguardi della valutazione della costante di sottofondo ovvero per il calcolo della capacità portante; ai fini delle verifiche a scorrimento, si è fatto tuttavia riferimento al terreno più a ridosso della fondazione (bonifica) per la quale è lecito considerare dei parametri tipici del terreno da rilevato ( $c'=0$  -  $\varphi' = 38$ )

Per quanto riguarda infine il livello di falda di calcolo, si è fatto riferimento a quello medio tra le due sezioni di riferimento del modello di calcolo utilizzato (sezioni 426-427) posto cautelativamente pari a PF -3.00m , ovvero +0.70 da piano di posa soletta inferiore.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	15 di 90

#### 4.2.1 INTERAZIONE TERRENO - FONDAZIONE

Per le analisi d'interazione struttura-terreno in direzione verticale, il coefficiente di sottofondo alla Winkler può essere determinato con la seguente relazione:

$$k_w = \frac{E}{(1 - \nu^2) \cdot B \cdot c_t}$$

dove:

E' = modulo di deformazione elastico del terreno;

v = coefficiente di Poisson = 0.3;

B = larghezza della fondazione.

ct = fattore di forma, coefficiente adimensionale ottenuto dalla interpolazione dei valori dei coefficienti proposti dal Bowles, 1960 (vedasi tabella seguente).

Fondazione Rigida	ct
- rettangolare con L/B ≤ 10	ct = 0.853 + 0.534 ln(L/B)
- rettangolare con L/B > 10	ct = 2 + 0.0089 (L/B)
dove L é il lato maggiore della fondazione.	

Sulla base della geometria della fondazione e delle condizioni geotecniche locali definite al paragrafo precedente, si riporta di seguito la valutazione delle caratteristiche del modulo di sottofondo assunto nei modelli di analisi:

E(KN/m <sup>2</sup> ) =	<b>100000</b>
v =	<b>0,3</b>
B (m) =	<b>37,0</b>
L (m) =	<b>20,0</b>

ct = **0,52**

Kw = **5663** KN/m<sup>2</sup>/m    ≅    **5000** KN/m<sup>2</sup>/m



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	16 di 90

## 5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Il valore dell'accelerazione orizzontale massima in condizioni sismiche è stato definito in accordo con le norme vigenti [NTC – 2008 - § 3.2]. Secondo tali norme, l'entità dell'azione sismica è innanzitutto funzione della sismicità dell'area in cui viene costruita l'opera e del periodo di ritorno dell'azione sismica.

L'opera viene progettata in funzione di una vita nominale pari a 75 anni relativa a “opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale” e rientra nella classe d'uso III relativa a “reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza”, secondo le indicazioni di cui alle successive tabelle contenute nel Manuale RFI di Progettazione delle Opere Civili ( RFI DTC SI PS MA IFS 001 B) già citato al paragrafo 2.

Moltiplicando la vita nominale per il coefficiente di classe d'uso si valuta il periodo di riferimento per l'azione sismica:

$$V_R = V_N \cdot C_u = 75 \cdot 1.5 = 112.5 \text{anni}$$

TIPO DI COSTRUZIONE <sup>(1)</sup>	Vita Nominale [ V <sub>N</sub> ] <sup>(1)</sup>
OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE ESISTENTI OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE PROGETTATE CON LE NORME VIGENTI PRIMA DEL DM 17/01/2018 A VELOCITA' CONVENZIONALE (V<250 Km/h)	50
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITA' (V<250 km/h)	75
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITA' (V≥250 Km/h)	100
OPERE DI GRANDI DIMENSIONI: PONTI E VIADOTTI CON CAMPATE DI LUCE MAGGIORE DI 150 m	≥ 100 <sup>(2)</sup>

(1) - La medesima V<sub>N</sub> si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprigiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere.  
 (2) - Da definirsi per il singolo progetto a cura di RFI.

TIPO DI COSTRUZIONE	Classe d'uso	Coefficiente d'uso [C <sub>U</sub> ]
GRANDI STAZIONI	C IV	2,0
OPERE D'ARTE DEL SISTEMA DI GRANDE VIABILITA' FERROVIARIA	C III	1,5
ALTRE OPERE D'ARTE	C II	1,0

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	17 di 90

In funzione dello stato limite rispetto al quale viene verificata l'opera si definisce una probabilità di superamento  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento. Per il progetto dell'opera in esame si farà essenzialmente riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), a cui è associata una  $P_{VR}$  pari al 10% [NTC 2008– Tabella 3.2.I]. Nota le probabilità di superamento nel periodo di riferimento è possibile valutare il periodo di ritorno  $T_R$ , come previsto nell'allegato A alle norme tecniche per le costruzioni, secondo la seguente espressione:

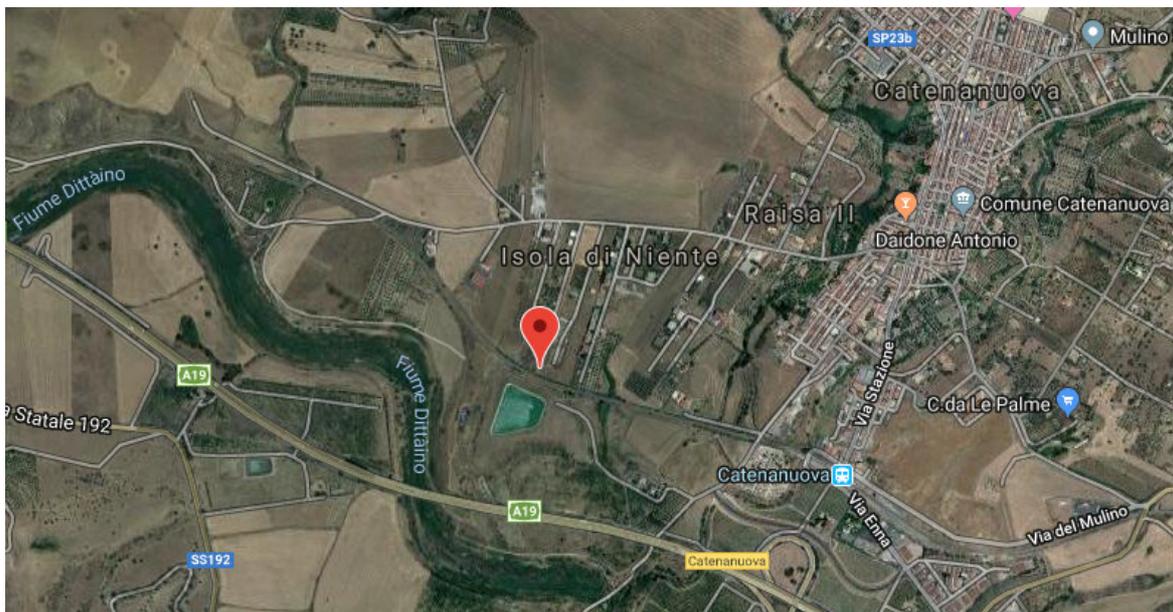
$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = - \frac{112.5}{\ln(1 - 0.10)} = 1068 \text{ anni}$$

Per il calcolo dell'azione sismica si è utilizzato il metodo dell'analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico  $k$ , dipendente dall'accelerazione massima al sito  $a_g$  in condizioni rocciose e topografia orizzontale; tale parametro è uno dei tre indicatori che caratterizza la pericolosità sismica del sito ed è tanto più alto tanto più è ampio il periodo di ritorno al quale si riferisce.

Nello specifico, la Normativa attribuisce al generico sito una pericolosità sismica mediante la definizione dei seguenti tre parametri:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_C$  valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nel caso in esame, per la determinazione dei parametri di pericolosità sismica da utilizzare per le Analisi, si è fatto riferimento ad un punto ubicato in zona pressoché centrale rispetto all'area interessata dalla realizzazione delle opere della Stazione di Catenanuova, di cui nel seguito si riporta il relativo stralcio su mappa satellitare nonché la zona del reticolo della classificazione sismica nazionale nell'ambito del quale lo stesso ricade:



Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: 
 LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: 
 PROVINCIA: 
 COMUNE:

Elaborazioni grafiche

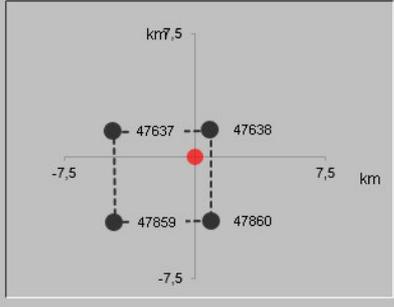
Grafici spettri di risposta ||>

Variabilità dei parametri ||>

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri ||>

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione



La "Ricerca per comune" utilizza le ... coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che ... all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Con riferimento allo stato limite di Verifica SLV, si determinano pertanto per il punto in esame, e per un periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_r = 1068$  anni, i seguenti parametri di pericolosità sismica:

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,172 g
$F_0$	2,506
$T_c^*$	0,528 s

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende infine necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi.

In assenza di tali analisi, si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo e categorie topografiche di riferimento.

Nel caso in esame, la categoria di suolo di fondazione è stata definita sulla base della conoscenza di  $V_{s,30}$ , come previsto dalla normativa vigente, tenendo conto dei risultati delle indagini sismiche tipo MASW e Down-hole eseguite in prossimità dell'area oggetto degli interventi, nell'ambito delle diverse campagne di indagini eseguite nel periodo 2013-2018 a supporto della progettazione; nella fattispecie, come riportato nella Relazione Geotecnica ciascuna delle prove effettuate inquadrano il sottosuolo come di tipo B dal punto di vista sismico, ovvero "Rocce Tenere e Depositi a Grana Grossa molto addensati di terreno a grana grossa mediamente addensati e grana fine molto consistenti -  $V_s$  360 - 800"

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	19 di 90

Ulteriore parametro utile alla definizione della risposta sismica locale, è come detto, la categoria topografica, da individuare nell'ambito della classificazione di cui alla Tab 3.2.V della normativa vigente di seguito riportata per completezza:

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Per il caso in esame, si può ritenere di riferimento la Categoria T1.

In definitiva, noti i parametri di pericolosità sismica del sito, e le categorie di Sottosuolo e Topografiche locali, è possibile determinare gli ulteriori parametri "dipendenti" definiti dalla norma per la determinazione degli spettri di risposta e/o per la determinazione delle azioni sismiche di progetto mediante i metodi pseudostatici:

## 5.1 PARAMETRI SISMICI DI CALCOLO

Tenendo conto di quanto esposto ai precedenti paragrafi, è stato possibile definire i seguenti parametri sismici di calcolo:

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo  info

Categoria topografica  info

### Parametri indipendenti

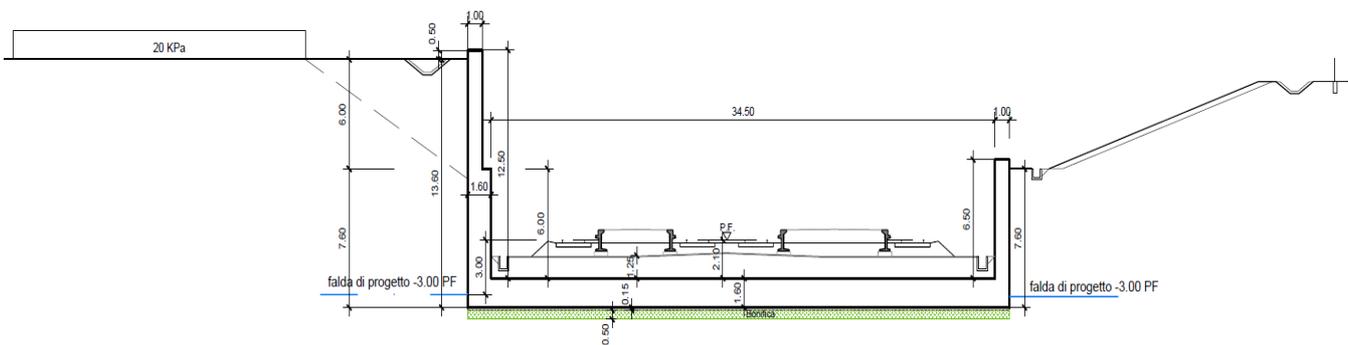
STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,172 g
$F_o$	2,506
$T_C^*$	0,528 s
$S_S$	1,200
$C_C$	1,250
$S_T$	1,000
$q$	1,000

### Parametri dipendenti

$S$	1,200
$\eta$	1,000
$T_B$	0,220 s
$T_C$	0,660 s
$T_D$	2,287 s

## 6. MODELLO GEOMETRICO DELL'OPERA

Come anticipato in premessa, costituisce oggetto del presente documento, il **dimensionamento dei Muri ad U** della stazione di Catenanuova caratterizzati da **sezione tipologica A**, di cui nel seguito si riporta uno schema geometrico considerato ai fini dei dimensionamenti effettuati:



Lo schema di calcolo adottato, fa riferimento alle condizioni di massima altezza del paramento sx/lato binario pari nel tratto di applicazione della sezione tipologica A, individuato dalla zona in prossimità delle sezioni n263/264; con riferimento alle sezioni appena citate, tenendo conto dei livelli di falda di progetto definiti al 4.1, è stata assunta un livello di falda di progetto medio tra le due sezioni in oggetto, stimato pari a circa PF-3.00m, ovvero +70cm dal piano di posa della fondazione

Si specifica infine che nel tratto in esame relativo alle zone di massima altezza del paramento sx, di riferimento per i dimensionamenti, non è prevista l'istallazione di barriera antirumore; peraltro, i dimensionamenti tengono conto di una situazione di sovraccarico permanente a monte del paramento, presente solo localmente nel tratto di riferimento.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	21 di 90

## 7. CRITERI GENERALI DI ANALISI E VERIFICA

Le verifiche sono state condotte in accordo con le prescrizioni e le indicazioni del DM 14/01/2008 e della Circolare applicativa.

### 7.1 Metodologia di calcolo

Le analisi finalizzate al dimensionamento delle strutture sono state condotte con il programma di calcolo "SCAT - Analisi Strutture Scatolari- Versione 14.0" della Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS).

La struttura viene discretizzata in elementi tipo trave. Per simulare il comportamento del terreno di fondazione e di rinfiaccio vengono inserite delle molle alla Winkler non reagenti a trazione.

A partire dal tipo di terreno, dalla geometria e dai sovraccarichi agenti il programma è in grado di conoscere tutti i carichi agenti sulla struttura per ogni combinazione di carico.

La struttura scatolare viene schematizzata come un telaio piano e viene risolta mediante il metodo degli elementi finiti (FEM). Più dettagliatamente il telaio viene discretizzato in una serie di elementi connessi fra di loro nei nodi. Il terreno di fondazione viene schematizzato con una serie di elementi molle non reagenti a trazione (modello di Winkler). L'area della singola molla è direttamente proporzionale alla costante di Winkler del terreno e all'area di influenza della molla stessa. A partire dalla matrice di rigidezza del singolo elemento,  $K_e$ , si assembla la matrice di rigidezza di tutta la struttura  $K$ . Tutti i carichi agenti sulla struttura vengono trasformati in carichi nodali (reazioni di incastro perfetto) ed inseriti nel vettore dei carichi nodali  $p$ . Indicando con  $u$  il vettore degli spostamenti nodali (incogniti), la relazione risolutiva può essere scritta nella forma

$$K u = p$$

Da questa equazione matriciale si ricavano gli spostamenti incogniti  $u$

$$u = K^{-1} p$$

Noti gli spostamenti nodali è possibile risalire alle sollecitazioni nei vari elementi.

La soluzione del sistema viene fatta per ogni combinazione di carico agente sullo scatolare. Il successivo calcolo delle armature nei vari elementi viene condotto tenendo conto delle condizioni più gravose che si possono verificare nelle sezioni fra tutte le combinazioni di carico.

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

L'analisi che viene effettuata è un'analisi al passo per tener conto delle molle che devono essere eliminate (molle in trazione). L'analisi fornisce i risultati in termini di spostamenti. Dagli spostamenti si risale alle sollecitazioni nodali ed alle pressioni sul terreno.

Il calcolo degli scatolari viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo delle pressioni in calotta (per gli scatolari ricoperti da terreno);
- Calcolo della spinta del terreno;
- Calcolo delle sollecitazioni sugli elementi strutturali (fondazione, piedritti e traverso);
- Progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	22 di 90

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

## 7.2 Azioni

Le azioni considerate per la verifica delle strutture di sostegno sono le seguenti:

CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI	
1	Peso Proprio
2	Spinta terreno sinistra
3	Spinta terreno destra
4	Sisma sinistra
5	Sisma destra
6	Spinta Falda
7	Finiture e Altre azioni permanenti
8	Sisma aggiuntivo su piedritto sx

Nel seguito si andranno ad esporre in dettaglio, le valutazioni di calcolo effettuate per ciascuna delle condizioni citate

Si evidenzia che il modello di calcolo adottato, per esigenze legate al software utilizzato, non contempla la differenza di altezza tra i due piedritti sx e dx del modello reale della struttura; per tener conto di tale aspetto si è tuttavia proceduto ad inserire dei carichi statici e sismici aggiuntivi nel modello di calcolo in corrispondenza del piedritto Sx, come dettagliato al successivo paragrafo.

### 7.2.1 Peso proprio (cond. di carico 1)

Il peso proprio delle strutture è determinato automaticamente dal programma di calcolo, avendo considerato un peso dell'unità di volume del c.a.  $\gamma_{cls} = 25 \text{ KN/m}^3$ .



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	23 di 90

### 7.2.2 Permanenti (cond. di carico 7)

I carichi permanenti sono costituiti dal magrone e dalla massicciata ferroviaria previsti sul solettone di fondo dei muri ad U; tali elementi sono stati modellati mediante l'applicazione di sovraccarichi permanenti sul solettone di fondo, valutati in base alle geometrie di progetto, come di seguito indicato:

$$q_m = 1.25 \times 24 = 30 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{carico da magrone})$$

$$q_b = 0.7 \times 18 \cong 12.6 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{carico da ballast})$$

Per tener conto della differente estensione dei due carichi in direzione trasversale, si è proceduto ad applicare sulla soletta un carico uniforme equivalente, pari in particolare a:

<b>q(KPa)</b>
40,2

La presenza del terrapieno a monte della parete lato dx, è stata inoltre simulata attraverso l'applicazione del seguente carico permanente sul piano limite del terrapieno, come meglio specificato al successivo paragrafo 8.2.

Carichi profilo - condizione nr. 7					
		Carico distribuito			
N°	Tipo	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kN/m]	Qf [kN/m]
1	DISTRIBUITO	40,00	55,00	0,0000	93,0000
2	DISTRIBUITO	55,00	70,00	93,0000	93,0000

### 7.2.3 Spinta del terreno (cond. di carico 2/3)

Per la valutazione delle Spinte del terreno sui piedritti, in considerazione della ridotta capacità de formativa dell'opera, si è assunto che sui piedritti agisca la spinta calcolata in condizioni di riposo. L'espressione della spinta esercitata da un terrapieno, di peso di volume  $\gamma$ , su una parete di altezza H, risulta espressa secondo la teoria di Coulomb dalla seguente relazione (per terreno incoerente) :

$$S = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_0$$

Il coefficiente di spinta a riposo è espresso dalla relazione:  $K_0 = 1 - \sin \phi$

Dove  $\phi$  rappresenta l'angolo d'attrito interno del terreno di rinfiacco.

Quindi la pressione laterale, ad una generica profondità z e la spinta totale sulla parete di altezza H valgono:

$$\sigma = \gamma \cdot z \cdot K_0 - p_v \cdot K_0$$

$$S = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_0 - p_v \cdot K_0 \cdot H$$



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	24 di 90

dove  $p_v$  è la eventuale pressione verticale agente sul piano limite

Laddove presente, si è inoltre tenuto conto del contributo della coesione  $c'$ , determinando per le pressioni orizzontali alla generica quota, come di seguito indicato:

- $\sigma_{ha} = \gamma z k - 2 c' k^{0.5}$  (per stati di spinta attiva o a riposo)
- $\sigma_{hp} = \gamma z k + 2 c' k^{0.5}$  (per stati di spinta passiva)

Essendo  $k$  il coefficiente di spinta

#### 7.2.4 Spinta in presenza di falda (cond. di carico 6)

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni sulla parete risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume di galleggiamento:

$$\gamma_a = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

dove  $\gamma_{sat}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso di volume dell'acqua.

Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione idrostatica esercitata dall'acqua.

#### 7.2.5 Azioni Sismiche (cond. di carico 4/5)

Per il calcolo dell'azione sismica si è utilizzato il metodo dell'analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico  $k$ .

##### Forze d'inerzia

Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

Forza sismica orizzontale  $F_h = k_h \cdot W$

Forza sismica verticale  $F_v = k_v \cdot W$

dove

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

con:

$g$  : è l'accelerazione di gravità;

$a_{max} = S_s S_T a_g$  è l'accelerazione massima attesa sul suolo di riferimento, mentre  $a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	25 di 90

$S_S$  e  $S_T$  coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica, come già definiti nell'ambito del precedente paragrafo.

$\beta_m$ : coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito che per muri non liberi di subire spostamenti relativi rispetto al terreno assume valore unitario

Nel caso in esame, risulta pertanto:

Condizione	Categoria sottosuolo	$a_g/g$	$S=S_S S_T$	$a_{max}/g$	$\beta_m$ (-)	$K_h$ (-)
SLV	B	0.172	1.20	0.206	1	0.206

### Spinta sismica terreno

In corrispondenza di un evento sismico è necessario tener conto dell'amplificazione/deamplificazione delle spinte del terreno a monte e a valle dell'opera.

Le spinte del terreno in fase sismica, sono state determinate con la **teoria di Mononobe Okabe**, con  $\beta_m=1$ , tenendo conto della pendenza naturale del terreno e considerando attrito terra-muro  $\delta=0$ :

$$k_a = \frac{\cos^2(\phi - \alpha - \vartheta)}{\cos \vartheta \cdot \cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta + \alpha + \vartheta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta - \vartheta)}{\cos(\delta + \alpha + \vartheta) \cdot \cos(\beta - \alpha)}} \right]^2} \quad \text{se } \beta \leq \phi - \theta$$

$$k_a = \frac{\cos^2(\phi - \alpha - \vartheta)}{\cos \vartheta \cdot \cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta + \alpha + \vartheta)} \quad \text{se } \beta > \phi - \theta$$

dove  $\theta$  = angolo sismico, definito secondo la seguente espressione (in assenza di falda) in funzione dei coefficienti sismici

$k_h$  e  $k_v$ :

$$\tan \theta = \frac{k_h}{1 \mp k_v}$$

In fase di analisi la spinta sismica è dunque valutata e la spinta sismica deve essere valutata come contributo di spinta statica attiva e incremento sismico calcolato con Mononobe Okabe (con  $\beta$  pari a 1).

$$\Delta S_E = \left[ \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot (K_{aE} - K_a) \right] / H$$

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	26 di 90

## 7.2.6 Azioni aggiuntive per dissimmetrie della struttura.

Come già anticipato in precedenza, in considerazione delle dissimmetrie della struttura, non contemplate nel modello strutturale proposto dal software, nell'ambito delle condizioni di carico denominate come n° 7 e n° 8 come già citate all'elenco riportato ad inizio paragrafo, sono state introdotte le seguenti azioni aggiuntive:

### (CARICHI AGGIUNTIVI TESTA PARETE SX)

#### STATICI

Peso proprio parete aggiuntiva s=1

N(KN)	V(KN)	M(KNm)	q(KPa)
150	0	0	0

Spinta a riposo parete sx aggiuntiva

N(KN)	V(KN)	M(KNm)	q(KPa)
0	175,5	351	0

#### SISMICI

(Incremento spinta M.O. metro lineare di parete distrib.rettangolare)

$$\Delta S_w = 26,7 \text{ KN/m}$$

N(KN)	V(KN)	M(KNm)	q(KPa)
0	160,1	480,2	0

(Inerzia parete)

N(KN)	V(KN)	M(KNm)	q(KPa)
-15,48	31,0	92,9	0

### (CARICHI AGGIUNTIVI LUNGO PARETE SX DEL MODELLO)

#### STATICI

carico costante per presenza terreno sopra testa parete

N(KN)	V(KN)	M(KNm)	q(KPa)
0	0	0	58,5

Effetto Sovraccarico su piano limite (20KPa)

N(KN)	V(KN)	M(KNm)	q(KPa)
0	0	0	10

#### SISMICI

(Incremento spinta M.O. metro lineare di parete distrib.rettangolare)

$$\Delta S_w = 11,8 \text{ KN/m}$$

N(KN)	V(KN)	M(KNm)	q(KPa)
0	0	0	11,8

(Incremento spinta sismico sovraccarico perm su piano limite)

$$\Delta k_a = 0,20$$

N(KN)	V(KN)	M(KNm)	q(KPa)
0	0	0	4,0

### (CARICHI AGGIUNTIVI SU SOLETTONE DI FONDO)

#### STATICI

N(KN)	V(KN)	M(KNm)	q(KPa)
0	0	0	40,23

#### SISMICI

N(KN)	V(KN)	M(KNm)	q(KPa)
0	0	0	-4,2

I carichi di tipo statico sono stati introdotti in particolare nella condizione di carico 7, mentre quelli sismici nella condizione di carico 8.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	27 di 90

### 7.3 Approcci progettuali e metodi di verifica

Come prescritto dal DM 14/01/2008 per le verifiche dei muri di sostegno, è stata considerata la combinazione A1-M1-R3 con i coefficienti di combinazione riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I del DM 14/01/2008.

Le verifiche in condizioni sismiche sono state condotte con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV). Per le verifiche in condizioni sismiche i coefficienti parziali sulle azioni sono pari all'unità.

In considerazione della specificità dell'opera, assumono tuttavia significato le sole verifiche di tipo geotecnico a Scorrimento sul piano di posa e carico limite, per le quali la normativa prescrive i seguenti fattori parziali di sicurezza:

**Tabella 6.5.I - Coefficienti parziali  $\gamma_k$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno.**

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_k = 1,0$	$\gamma_k = 1,0$	$\gamma_k = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_k = 1,0$	$\gamma_k = 1,0$	$\gamma_k = 1,1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_k = 1,0$	$\gamma_k = 1,0$	$\gamma_k = 1,4$

- Tabella coefficienti parziali

### 7.4 Combinazioni di carico

Sulla base della definizione dei carichi di cui sopra, in accordo a quanto prescritto dal DM 17/01/2018, sono state individuate le combinazioni di carico per le verifiche di stati limite ultimi e di esercizio in condizioni statiche e in condizioni sismiche.

In definitiva, sono state analizzate complessivamente 8 Combinazioni di Carico, di qui nelle combinazioni di Carico analizzate, sono quelle riportate nel seguito, si riportano i dettagli circa coefficienti parziali sulle azioni e sui materiali considerati.

#### Simbologia adottata

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione  
 $\psi$  Coefficiente di combinazione della condizione  
 $C$  Coefficiente totale di partecipazione della condizione

#### Norme Tecniche 2008

#### Simbologia adottata

$\gamma_{G1sfav}$  Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti  
 $\gamma_{G1fav}$  Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti  
 $\gamma_{G2sfav}$  Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti non strutturali  
 $\gamma_{G2fav}$  Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti non strutturali  
 $\gamma_Q$  Coefficiente parziale sulle azioni variabili  
 $\gamma_{tan\phi}$  Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato  
 $\gamma_c$  Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata  
 $\gamma_{cu}$  Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata  
 $\gamma_{qu}$  Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	28 di 90

**Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1fav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G1sfav}$	1,30	1,00
Permanenti non strutturali	Favorevole	$\gamma_{G2fav}$	0,00	0,00
Permanenti non strutturali	Sfavorevole	$\gamma_{G2sfav}$	1,50	1,30
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Q1fav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Q1sfav}$	1,50	1,30
Variabili da traffico	Favorevole	$\gamma_{Q2fav}$	0,00	0,00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Q2sfav}$	1,35	1,15
Termici	Favorevole	$\gamma_{efav}$	0,00	0,00
Termici	Sfavorevole	$\gamma_{esfav}$	1,20	1,20

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_c$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1,00	1,00

**Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1fav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G1sfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G2fav}$	0,00	0,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G2sfav}$	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Q1fav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Q1sfav}$	1,00	1,00
Variabili da traffico	Favorevole	$\gamma_{Q2fav}$	0,00	0,00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Q2sfav}$	1,00	1,00
Termici	Favorevole	$\gamma_{efav}$	0,00	0,00
Termici	Sfavorevole	$\gamma_{esfav}$	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_c$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1,00	1,00

Combinazione n° 1 SLU (Approccio 2)

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta falda	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 2 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma aggiuntivo PD_SX	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	29 di 90

Combinazione n° 3 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma aggiuntivo PD_SX	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 4 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 5 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 SLE (Quasi Permanente)

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 SLE (Frequente)

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 SLE (Rara)

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Si evidenzia che è stato necessario introdurre una condizione di carico aggiuntiva a quelle proposte in automatico dal software, denominata “ Sisma aggiuntivo PD\_SX”, in cui sono stati introdotti gli effetti sismici aggiuntivi legati alla maggior altezza effettiva del piedritto Sx rispetto a quello del modello, così come la condizioni di carico “Pesi propri e finiture”, contempla, oltre ai carichi presenti sul solettone inferiore, i pesi propri e le spinte del terreno della parte di piedritto sx aggiuntiva non inserita nel modello



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	30 di 90

## 7.5 Carico limite di fondazioni dirette

Per la valutazione del carico limite delle fondazioni dirette si utilizza il criterio di **Meyerhof**, di cui nel seguito si riporta la relativa trattazione teorica:

Dette:

- c Coesione
- ca Adesione lungo la base della fondazione ( $ca \leq c$ )
- $\theta$  Angolo che la retta d'azione del carico forma con la verticale
- $\varphi$  Angolo d'attrito
- $\delta$  Angolo di attrito terreno fondazione
- $\gamma$  Peso specifico del terreno
- $K_p$  Coefficiente di spinta passiva espresso da  $K_p = \tan^2(45^\circ + \varphi/2)$
- B Larghezza della fondazione
- L Lunghezza della fondazione
- D Profondità del piano di posa della fondazione
- $\eta$  inclinazione piano posa della fondazione
- P Pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione
- $q_{ult}$  Carico ultimo della fondazione

Meyerhof propone per la valutazione di  $q_{ult}$ , le seguenti espressioni generali:

### Carico verticale

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q + 0.5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma$$

### Carico inclinato

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot i_c \cdot d_c + q \cdot N_q \cdot i_q \cdot d_q + 0.5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma$$

in cui  $d_c$ ,  $d_q$  e  $d_\gamma$  sono i fattori di profondità,  $s_c$ ,  $s_q$  e  $s_\gamma$  sono i fattori di forma,  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_\gamma$  sono i fattori di inclinazione del carico,

In particolare risulta:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} K_p$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$$

### Fattori di profondità

### Fattori di forma

$$s_c = 1 + 0.2 K_p \frac{B}{L}$$

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$s_q = s_\gamma = 1$	$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1 K_p \frac{B}{L}$

$$d_c = 1 + 0.2 \sqrt{K_p} \frac{D}{B}$$

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$d_q = d_\gamma = 1$	$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \sqrt{K_p} \frac{D}{B}$

#### Fattori inclinazione del carico

$$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\rho}{90}\right)^2$$

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$i_\gamma = 0$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{\rho}{\phi}\right)^2$

L'espressione di Meyerhof presuppone pertanto l'orizzontalità del piano di posa, condizione verificata per il caso in esame.

## 7.6 Verifiche a Sollevamento

Il § 6.2.3.2. del DM 14.01.2008 specifica che le opere geotecniche devono essere verificate, ove ricorrano le condizioni, anche che nei riguardi di possibili stati limite di sollevamento o di sifonamento.

In presenza di scavi a valle di opere di sostegno di terreni in falda, quando il piano finale di scavo da progetto è inferiore al livello della falda in sito, si possono avere risalite d'acqua nel corpo ferroviario. Per bloccare le risalite è prevista la realizzazione di un solettone di fondo in c.a. in tal caso si configura il problema del *sollevamento del manufatto per effetto della sottospinta idraulica agente all'intradosso del solettone di fondo*. La verifica consiste in un equilibrio tra le azioni Instabilizzanti, costituite dalle pressioni alla quota intradosso solettone di fondazione, e le azioni stabilizzanti, costituite invece dal peso proprio della soletta strutturali e dai carichi permanenti agenti su di essa.

A tal fine, nella valutazione delle pressioni interstiziali e delle quote piezometriche caratteristiche, si devono assumere le condizioni più sfavorevoli, considerando i possibili effetti delle condizioni stratigrafiche.

Per la **stabilità al sollevamento** deve risultare che il valore di progetto dell'azione instabilizzante ( $V_{inst,d}$ ) ovvero sia della risultante delle pressioni idrauliche ottenuta considerando separatamente la parte permanente ( $G_{inst,d}$ ) e quella variabile ( $Q_{inst,d}$ ), sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti ( $G_{stb,d}$ ) e delle resistenze ( $R_d$ ), ovvero:

$$V_{inst,d} \leq G_{stb,d} + R_d \quad [6.2.4]$$

$$V_{inst,d} = G_{inst,d} + Q_{inst,d} \quad [6.2.5]$$

Per le verifiche di stabilità al sollevamento, i relativi coefficienti parziali sulle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.III.

**Tabella 6.2.III – Coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti di stati limite di sollevamento.**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	SOLLEVAMENTO (UPL)
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9
	Sfavorevole		1,1
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0
	Sfavorevole		1,5
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0
	Sfavorevole		1,5

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Al fine del calcolo della resistenza di progetto  $R_d$ , tali coefficienti devono essere combinati in modo opportuno con quelli relativi ai parametri geotecnici (M2).

Ove necessario, il calcolo della resistenza va eseguito in accordo a quanto indicato negli specifici paragrafi della normativa dedicata alle fondazioni su pali e per gli ancoraggi.

Le verifiche descritte nel presente paragrafo, sono state eseguite, mediante impiego di fogli di calcolo excel autoprodotti.

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

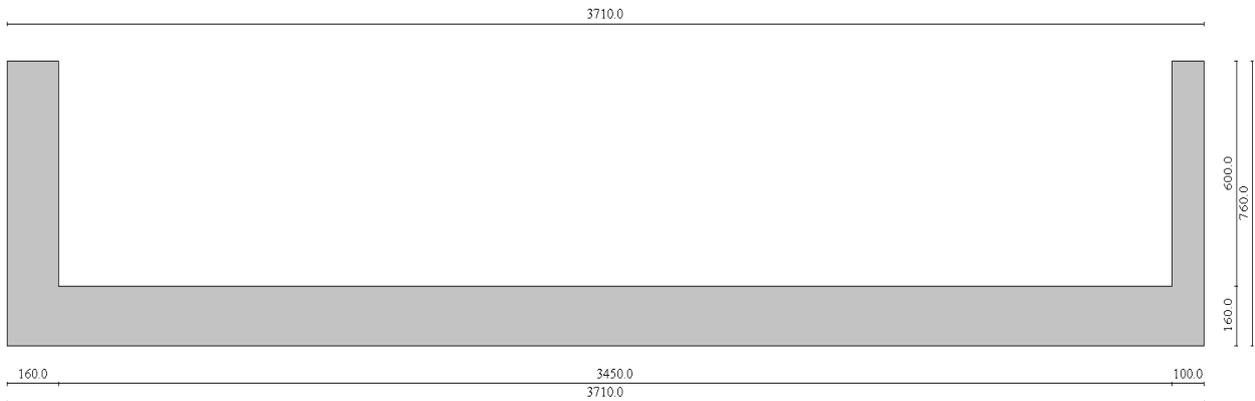
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	33 di 90

## 8. RISULTATI, ANALISI E VERIFICHE MURI AD U – TIPO A

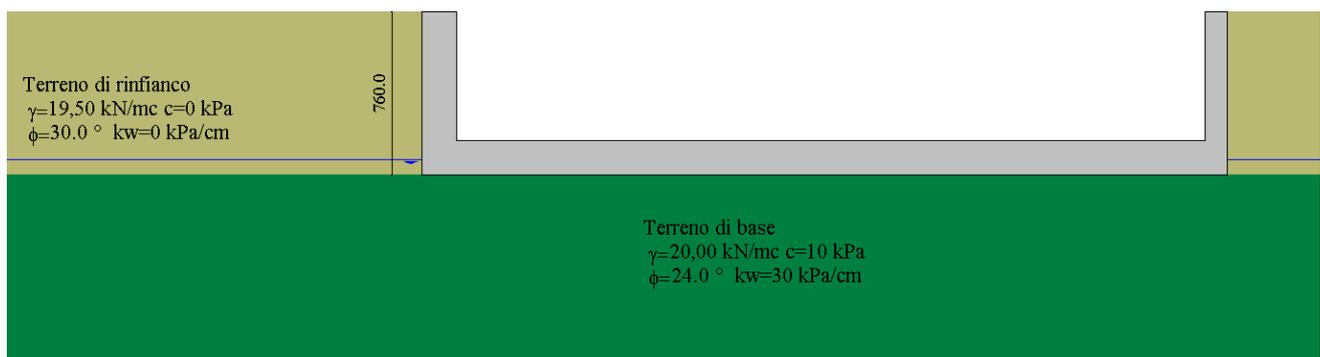
Di seguito di riporta una descrizione della modellazione effettuata mediante ausilio del software di calcolo SCAT v.14 prodotto dalla AZTEC Informativa oltre che con fogli di calcolo autoprodotti, con una descrizione del modello strutturale implementato, sollecitazioni di calcolo ottenute e risultati delle verifiche effettuate

### 8.1 MODELLO DI CALCOLO

Di seguito di riporta una descrizione del modello geometrico/geotecnico considerato ai fini del dimensionamento:



*Modello Geometrico Geotecnico di Riferimento (quote in cm)*



*Modello Geometrico Geotecnico di Riferimento*

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	34 di 90

## 8.2 CARICHI AGGIUNTIVI NEL MODELLO

Come già anticipato nella descrizione delle combinazioni di carico, per tener conto delle dissimmetrie della struttura reale rispetto al modello di calcolo utilizzato, sono stati introdotti dei carichi aggiuntivi lato piedritto Sx per tener conto delle azioni statiche e sismiche aggiuntive connesse alla maggior altezza del piedritto Sx.

Le condizioni di carico previste sono le seguenti:

### Condizioni definite

Peso Proprio (PS)  
Spinta terreno sinistra (PS)  
Spinta terreno destra (PS)  
Sisma da sinistra  
Sisma da destra  
Spinta falda  
Pesi propri e finiture (PS)  
Sisma aggiuntivo PD\_SX (PS)

Nello specifico la condizione 7 in ordine di elenco, contempla le azioni statiche aggiuntive su piedritto Sx oltre che i carichi permanenti sul solettone inferiore e sul terrapieno lato piedritto dx, mentre la condizione 8, porta in conto gli effetti sismici aggiuntivi su lato sx dell'opera per effetto della maggior altezza di piedritto rispetto a quella considerata nel modello; di seguito il dettaglio dei carichi aggiuntivi previsti:

N°	Tipo	Carico distribuito				Carico concentrato	
		Xi [m]	Xf [m]	Qi [kN/m]	Qf [kN/m]	X [m]	Fy [kN]
1	DISTRIBUITO	40,00	55,00	0,0000	93,0000		
2	DISTRIBUITO	55,00	70,00	93,0000	93,0000		

N°	Tipo	Destinazione	Descrizione
1	Concentrato	P.Sinistro	Y=7,60 m - Fy=150,00 kN - Fx=0,00 kN - M=0,00 kNm
2	Concentrato	P.Sinistro	Y=7,60 m - Fy=0,00 kN - Fx=175,50 kN - M=-351,00 kNm
3	Distribuito	P.Sinistro	Yi=0,00 m - Yf=7,60 m - Vni=10,00 kN/m - Vnf=10,00 kN/m - Vti=0,00 kN/m - Vtf=0,00 kN/m
4	Distribuito	Fondazione	Xi=1,60 m - Xf=36,10 m - Vni=40,23 kN/m - Vnf=40,23 kN/m - Vti=0,00 kN/m - Vtf=0,00 kN/m
5	Distribuito	P.Sinistro	Yi=0,00 m - Yf=7,60 m - Vni=58,50 kN/m - Vnf=58,50 kN/m - Vti=0,00 kN/m - Vtf=0,00 kN/m

### Carichi struttura - condizione nr. 8

N°	Tipo	Destinazione	Descrizione
1	Concentrato	P.Sinistro	Y=7,60 m - Fy=-15,50 kN - Fx=31,00 kN - M=-92,90 kNm
2	Concentrato	P.Sinistro	Y=7,60 m - Fy=0,00 kN - Fx=160,10 kN - M=-480,20 kNm
3	Distribuito	P.Sinistro	Yi=0,00 m - Yf=7,60 m - Vni=24,10 kN/m - Vnf=24,10 kN/m - Vti=0,00 kN/m - Vtf=0,00 kN/m
4	Distribuito	Fondazione	Xi=1,60 m - Xf=36,10 m - Vni=-4,20 kN/m - Vnf=-4,20 kN/m - Vti=0,00 kN/m - Vtf=0,00 kN/m
5	Distribuito	P.Sinistro	Yi=0,00 m - Yf=7,60 m - Vni=4,00 kN/m - Vnf=4,00 kN/m - Vti=0,00 kN/m - Vtf=0,00 kN/m



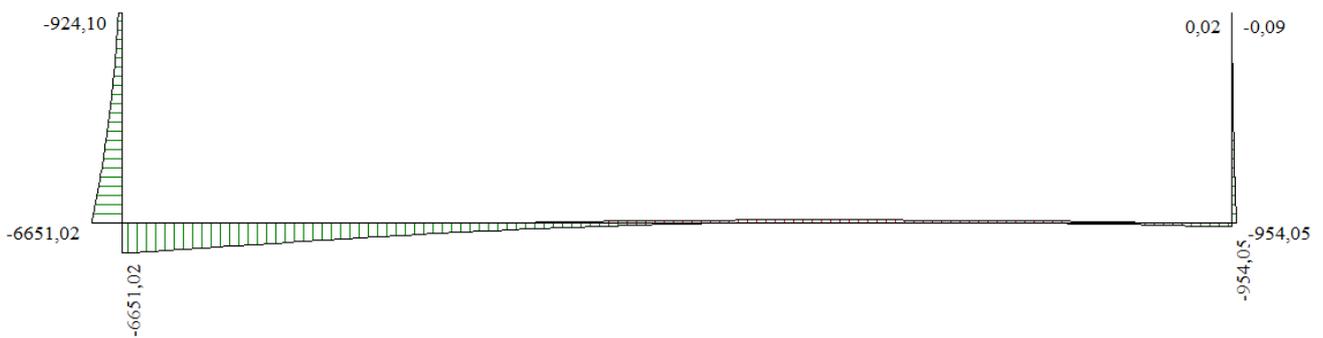
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

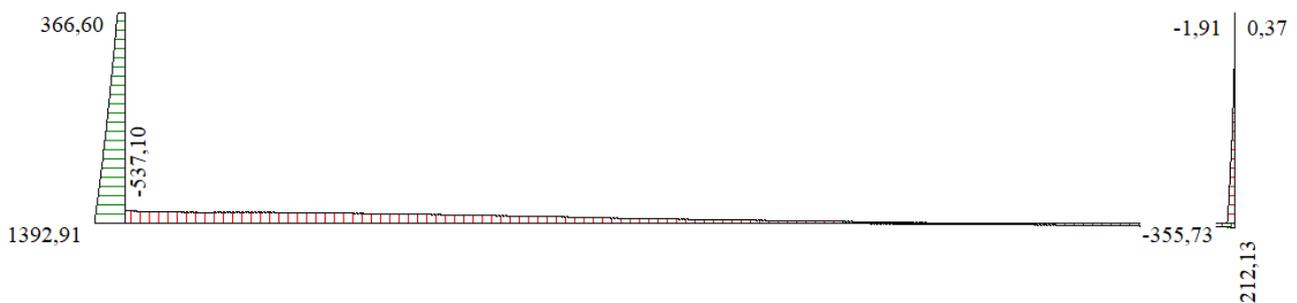
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	35 di 90

### 8.3 SOLLECITAZIONI DI CALCOLO

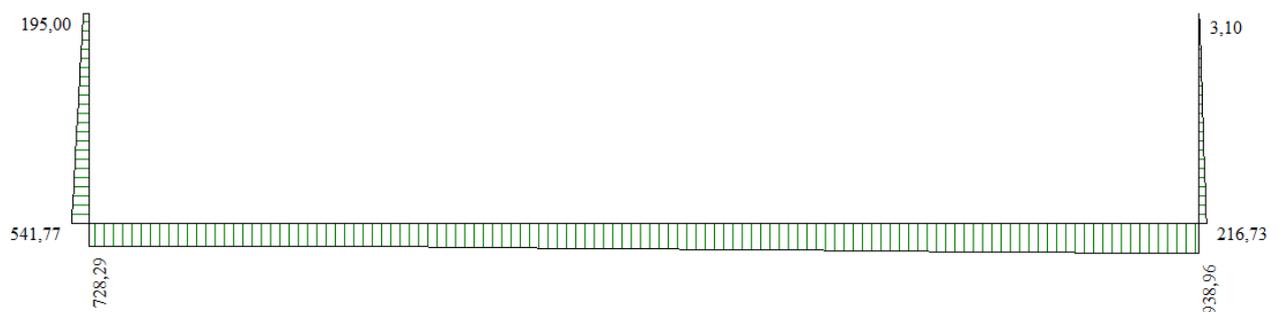
Di seguito si riportano i diagrammi involuppo delle sollecitazioni di progetto ottenute dall'analisi effettuata:



*Inviluppo diagrammi del momento flettente – SLU statico e sismico*



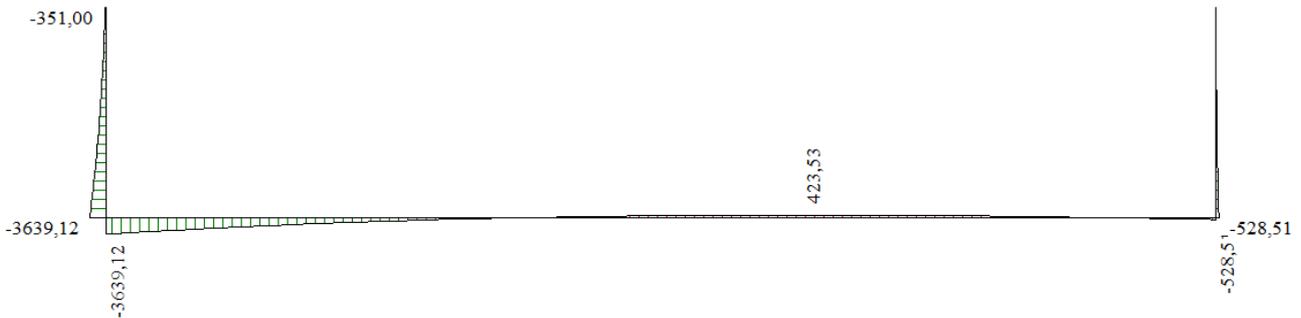
*Inviluppo diagrammi del taglio – SLU statico e sismico*



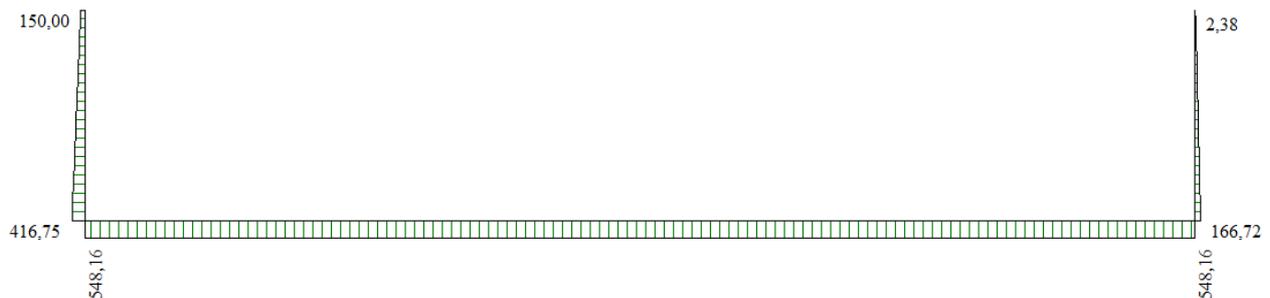
*Inviluppo diagrammi dello sforzo normale – SLU statico e sismico*

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	36 di 90



*Involuppo diagrammi del momento flettente – SLE*



*Involuppo diagrammi dello sforzo normale – SLE*

#### 8.4 SCHEMA ARMATURE DI PROGETTO

Di seguito si riporta uno schema delle armature di progetto previste, con indicazione dei diametri e passi relativi alle sezioni rappresentative di ciascun elemento (lo schema grafico fa riferimento ad uno sviluppo longitudinale di opera pari ad 1m):

Elemento	Armatura a flessione		Armatura a taglio
	Af 1	Af 2	Af t
PIEDRITTO SX/BASE	$\Phi 30/10 \text{ cm} + \Phi 30/10 \text{ cm} + \Phi 28/10 \text{ cm}$	$\Phi 20/10 \text{ cm}$	Spilli $\Phi 14 \text{ } 40 \times 20 \text{ cm}$
PIEDRITTO DX/BASE	$\Phi 26/10 \text{ cm}$	$\Phi 16/10 \text{ cm}$	Spilli $\Phi 12 \text{ } 40 \times 20 \text{ cm}$
FONDAZIONE – Estremità	$\Phi 30/10 \text{ cm} + \Phi 30/10 \text{ cm} + \Phi 28/10 \text{ cm}$	$\Phi 18/10 \text{ cm}$	Spilli $\Phi 10 \text{ } 60 \times 60$
FONDAZIONE – campata	$\Phi 20/10 \text{ cm}$	$\Phi 18/10 \text{ cm}$	Spilli $\Phi 10 \text{ } 60 \times 60$

**Af1** : Armatura lato esterno (terreno)

**Af2** : Armatura lato interno

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	37 di 90

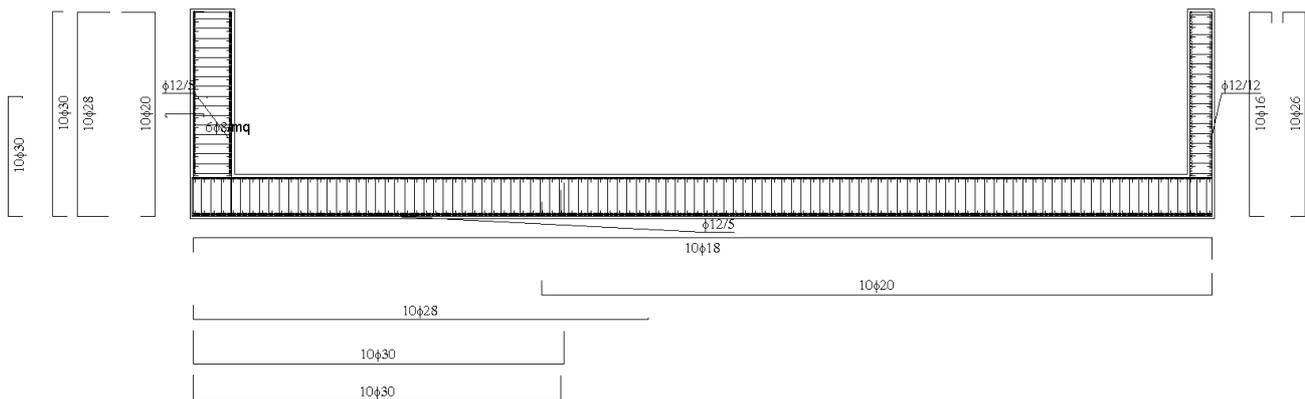


Figura 1: schema armature

Per l'incidenza dell'opera oggetto della presente relazione di calcolo fare riferimento all'elaborato dal titolo: Tabella Incidenza Armature opere civili.

## 8.5 VERIFICHE DI RESISTENZA E FESSURAZIONE

Il software esegue in automatico tutte le verifiche strutturali sia allo stato limite ultimo che allo stato limite di esercizio.

Per i risultati delle verifiche si rimanda ai tabulati di calcolo in allegato.

Ai fini delle verifiche agli stati limite di esercizio si è provveduto a verificare che le tensioni massime nel calcestruzzo e nell'acciaio siano inferiori ai valori massimi a quelli definiti al paragrafo 3, nonché di verificare che l'apertura delle fessure sia inferiore al valore limite di  $w_1=0,2\text{mm}$

Come si evince dai tabulati le verifiche risultano soddisfatte.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	38 di 90

## 8.6 VERIFICHE A TAGLIO

Le verifiche a taglio sono state effettuate mediante ausilio di fogli di calcolo automatici, tenendo conto dei valori massimi di sollecitazioni di progetto, riferite ad una quota prossima a 3/4 dello spessore degli elementi.

Elemento		Geometrie					Caratteristiche Materiali										Sollecitazioni di Calcolo
muro	SEZIONE	b <sub>w</sub> (cm)	H (cm)	c (cm)	d (cm)	Ac(mm <sup>2</sup> )	Calcestruzzo					Acciaio					Vsd (KN)
							R <sub>ck</sub> (Mpa)	f <sub>ck</sub> (Mpa)	F <sub>c</sub>	γ <sub>c</sub>	α <sub>cc</sub>	f <sub>cd</sub> (Mpa)	γ <sub>s</sub>	f <sub>yk</sub> (Mpa)	f <sub>yd</sub> (Mpa)		
MU_A	PIED SX	100	160	8	152,0	1600000	37,0	30,7	1,00	1,50	0,85	17,40	1,15	450,00	391	1392	
	PIED DX	100	100	8	92,0	1000000	37,0	30,7	1,00	1,50	0,85	17,40	1,15	450,00	391	355	
	SOL INF	100	160	8	152,0	1600000	37,0	30,7	1,00	1,50	0,85	17,40	1,15	450,00	391	535	

Elemento		Armature										TAGLIO RESISTENTE ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO							
muro	SEZIONE	Armature trasversali							Armature longitudinali			si/no	σ <sub>cp</sub> (Mpa)	ρ <sub>l</sub>	k	f <sub>ck</sub> (Mpa)	v <sub>min</sub>	V <sub>Rd min</sub> (KN)	V <sub>Rct</sub> (KN)
		n <sub>b</sub>	∅	p(cm)	A <sub>sw</sub> (mm <sup>2</sup> )	α°	α <sup>rad</sup>	ω <sup>sw</sup>	n	∅	mm <sup>2</sup>								
MU_A	PIED SX	2,5	14,0	20	384,85	90	1,57	0,043	10	30	7068,6	NO	0,25	0,00	1,36	30,7	0,31	525,28	0,00
	PIED DX	2,5	12,0	40	282,74	90	1,57	0,016	10	30	7068,6	NO	0,15	0,01	1,47	30,7	0,34	337,52	0,00
	SOL INF	1,6	10,0	60	125,66	90	1,57	0,005	10	30	7068,6	SI	0,00	0,00	1,36	30,7	0,31	469,00	602,53

Elemento		Sollecitazioni di Calcolo	Inclinazione Bielle Compresse					Taglio Compressione				Taglio Trazione			Risultati Verifica a Taglio			
muro	SEZIONE	Vsd (KN)	cotgθ*	θ* °	θ° cal	θ <sup>rad</sup>	ctgθ	σ <sub>cp</sub> (Mpa)	α <sub>c</sub>	f <sub>cd</sub> (Mpa)	V <sub>Rcd</sub> (KN)	Clis Teso		Armatura		V <sub>rd</sub>	c (V <sub>rd</sub> /Vsd)	Esito
												V <sub>Rct</sub> (KN)	V <sub>Rs</sub> (KN)	V <sub>Rsd</sub> (KN)	V <sub>Rsd</sub> (KN)			
MU_A	PIED SX	1392	3,274	16,984	21,80	0,380	2,50	0,25	1,01	8,70	4162,78	0,00	2575,12	2575,12	1,85	Soddisfatta		
	PIED DX	355	5,543	10,226	21,80	0,380	2,50	0,15	1,01	8,70	2505,75	0,00	572,56	572,56	1,61	Soddisfatta		
	SOL INF	535	10,255	5,569	21,80	0,380	2,50	0,00	1,00	8,70	4104,55	602,53	0,00	602,53	1,15	Soddisfatta		

Si precisa che per la soletta inferiore, è stata effettuata una verifica per elementi "non armati" a taglio.

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

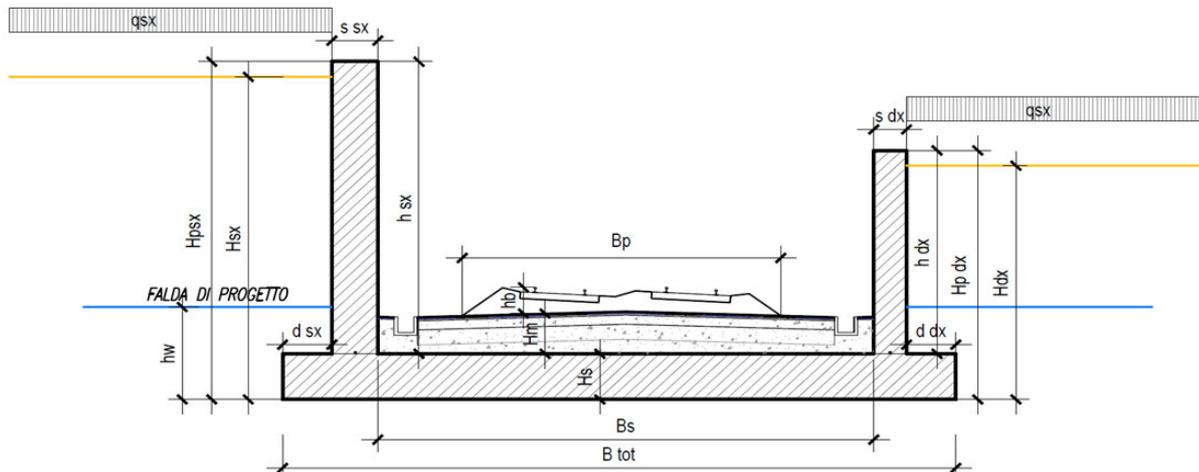
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	39 di 90

## 8.7 VERIFICHE GEOTECNICHE

Nel presente paragrafo, si riportano i risultati delle verifiche geotecniche eseguite

### 8.7.1 Verifiche a scorrimento sul piano di posa

Di seguito si riportano in forma tabellare, i risultati della verifica a scorrimento del manufatto, eseguita in combinazione sismica:



CASO DI CALCOLO :

**MU CAT - SEZ A**

#### Geometria

Hsx =	13,60	m	Bs =	34,50	m	Hdx =	7,6	m
hsx =	12,50	m	Hs =	1,60	m	hdx =	6,5	m
Hpsx =	14,1	m	Btot =	37,10	m	Hpdx =	8,10	m
s sx =	1,29	m	hm =	1,25	m	s dx =	1,00	m
d sx =	0,0	m	hb =	0,7	m	d dx =	0,00	m
			Bp =	28,00	m			

#### Pesi strutturali e permanenti

$\gamma_{ca}$ =	25	KN/m <sup>3</sup>
$\gamma_{mag}$ =	24	KN/m <sup>3</sup>
$\gamma_{ball}$ =	18	KN/m <sup>3</sup>

#### Coefficienti sismici

$K_h$ [–] =	0,206	( $\beta_m = 1,00$ )
$K_v$ [–] =	0,103	

Terrapieno spingente (BNC/BNI)

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	40 di 90

$\gamma =$   KN/m<sup>3</sup>  
 $\varphi^{\circ} =$    
 $\delta^{\circ} =$    $\varphi =$    
 $c' =$   Kpa

**Coefficienti di Spinta STAT**

$K_0 [-] =$

$K_a [-] =$

$K_p [-] =$

**Coefficienti di Spinta SISM**

(valutati con  $\delta=0$ )

$K'a [-] =$

$K'p [-] =$

$\Delta k_a =$

Condizioni di spinta statica (R/A)=

$H_{c'} =$   m

(altezza non spingente per effetto coesione)

**Sovraccarichi**

**Permanenti**

$q_{sx} =$   KPa

$q_{dx} =$   KPa

**Variabili**

$q_{sx} =$   KPa

$q_{dx} =$   KPa

(sovraccarico uniforme medio equivalente al peso del cuneo di terreno su piano limite entro un'estensione pari alla distanza dell'intersezione del piano limite con retta inclinata dell'angolo d'attrito del terreno sull'orizzontale)

**Terreno fondazione**

Bonifica

$\gamma =$   KN/m<sup>3</sup>

$\varphi =$

$c' =$   KPa

**Falda**

$h_w =$   m



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	41 di 90

## VERIFICA A SCORRIMENTO FASE SISMICA (Azioni per metro)

### - AZIONI INSTABILIZZANTI F (Sisma da sx)

$K = 0,299$  (coefficiente di spinta)

#### Terreno di rinfianco (F1)

$H' = 13,6$  m (altezza effettiva di spinta per tener conto  $c' > 0$ )  
 $H = 13,60$  m (altezza complessiva spingente)  
 $\sigma = 79,20$  KN/m<sup>2</sup> (tensione orizzontale a base muro ad U)

$F1 = 538,5$  KN

#### Sovraccarico permanente (F2)

$F2 = 40,61330871$  KN

#### Sovraccarico variabile (F3)

$F3 = 0$  KN

#### Incremento Sismico Terreno (F4)

$F4a = 362,8$  KN (Incremento sismico alla M.O.)  
 $F4b = 0,0$  KN (inerzia terreno su dente sx)  
 $F4c = 0,0$  KN (inerzia terreno su dente dx)

#### Incremento Sismico Sovracc permanente (F5)

$F5 = 27,4$  KN

#### Incremento Sismico Sovracc variabile (F6)

$F6 = 0,0$  KN

#### Sisma su parete sx (F7)

$F7 = 83,2$  KN

#### Sisma su parete dx (F8)

$F8 = 33,5$  KN

#### Sisma su soletta inferiore (F9)

$F9 = 306,3$  KN

#### Sisma su magorne (F10)

$F10 = 213,6$  KN



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	42 di 90

Sisma su ballast (F11)

F11= 72,8 KN

F = 1679 KN (Azione Instabilizzante Complessiva)

**- CARICHI VERTICALI N** (con sisma negativo)

Parete sx (N1)

N1= 361,5 KN

Parete dx (N2)

N1= 145,7 KN

Soletta inferiore (N3)

N3= 1330,9 KN

Magrone (N4)

N4= 928,2 KN

Ballast (N5)

N5= 316,4 KN

Terreno su dente sx (N6)

N6= 0,0 KN

Terreno su dente dx (N7)

N7= 0,0 KN

Sovraccarico perm su dente sx(N8)

N8= 0,0 KN

Sovraccarico perm su dente dx(N9)

N9= 0,0 KN

Sottospinta Idraulica (N10)

N10= -259,7 KN

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	43 di 90

**N = 2823,0** KN (Carico Verticale Totale in fondazione)

### - CALCOLO RESISTENZA PER ATTRITO SU PIANO DI POSA (R1)

$\varphi = 38$   
 $\alpha(\varphi) = 1$   
 $c' = 0$  KPa  
 $\alpha(c') = 0$

$\gamma R1 = 1,1$

**R1 k = 2205,6** KN (resistenza complessiva scorrimento su piano di posa - valore caratteristico)

**R1 d = 2005,1** KN (resistenza complessiva scorrimento su piano di posa - valore di progetto)

### - CALCOLO RESISTENZA PASSIVA LATO VALLE (R2)

$Kp = 2,568$   
 $\alpha Kp = 0,5$  (aliquota di calcolo spinta passiva)  
 $c' = 0$  Kpa  
 $\alpha c' = 0,5$  (aliquota di calcolo spinta passiva)

**R2 a = 723,0** KN (risultante diagramma triangolare)  
**R2 b = 0,0** KN (risultante diagramma costante 1 - contributo coesione )  
**R2 c = 77,0** KN (risultante diagramma costante 2 - contributo sovraccarico perm. )

$\gamma R2 = 1,4$

**R2 k = 800,1** KN (Resistenza passiva complessiva lato valle - valore caratteristico)

**R2 d = 571,5** KN (Resistenza passiva complessiva lato valle - valore di progetto)

**R = 2576,5** KN (Resistenza passiva totale di progetto)

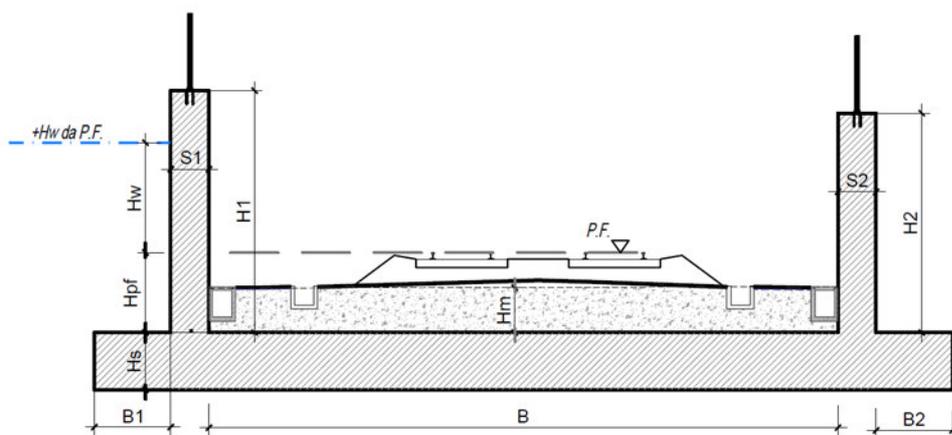
### Coefficiente di Sicurezza allo Scorrimento :

**R / F = 1,53**

Le verifiche effettuate evidenziano la disponibilità di un coefficiente di sicurezza superiore al minimo prescritto dalla normativa.

### 8.7.2 Verifiche a sollevamento

Di seguito si riportano i risultati della verifica a sollevamento dei muri ad U per effetto della sottospinta idraulica, eseguita con riferimento alle condizioni più gravose rispetto al tipo di verifica in questione, relative in particolare alla sezione di fine tratta 265/266, cui si riferisce il livello di falda indicato nella verifica (valore medio).



CASO DI CALCOLO :

**Muro ad U Catenanuova - Sez A**

#### DATI DI INPUT

$\gamma_w$ (KN/m <sup>3</sup> ) =	<b>10,0</b>	Peso unità volume acqua
$\gamma_s$ (KN/m <sup>3</sup> ) =	<b>25,0</b>	Peso unità volume muri ad U
$\gamma_B$ (KN/m <sup>3</sup> ) =	<b>18,0</b>	Peso unità volume ballast
$\gamma_m$ (KN/m <sup>3</sup> ) =	<b>24,0</b>	Peso unità magrone
$\gamma_{SAT}$ (KN/m <sup>3</sup> ) =	<b>20,0</b>	Peso unità di volume del terreno su dente fondazione

#### SOLETTA INFERIORE

Hs (m) =	<b>1,60</b>	spessore soletta
B (m) =	<b>38,00</b>	larghezza netta interna muri ad U
B1 (m) =	<b>0,00</b>	larghezza dente lato sx
B2 (m) =	<b>0,00</b>	larghezza dente lato dx
Hpf (m) =	<b>2,10</b>	distanza estradosso solettone/piano ferro
Hm (m) =	<b>1,25</b>	spessore medio equivalente magrone su soletta
Hb (m) =	<b>0,70</b>	spessore ballast
Lb (m) =	<b>28,00</b>	ingombro trasversale piattaforma ferroviaria
B tot (m) =	<b>40,4</b>	larghezza complessiva soletta di fondo

#### PARETI VERTICALI

S1 (m) =	<b>1,40</b>	spessore medio paramento lato sx
----------	-------------	----------------------------------

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	45 di 90

H1 (m)=	10,00	altezza media paramento lato sx
S2 (m)=	1,00	spessore medio paramento lato dx
H2 (m)=	6,50	altezza media paramento lato dx

**FALDA**

Hw (m) =	-1,00	(distanza falda rispetto al P.F. / negativa se più bassa)
BW(m)=	2,70	Hpf+Hw+Hs (battente idraulico complessivo rispetto al piano di posa soletta)

**CALCOLO DELLE AZIONI STABILIZZANTI**

Il calcolo viene effettuato trascurando cautelativamente in peso delle pareti laterali e gli effetti dell'attrito nonché il peso della massciata ferroviaria; si procede dunque ad un confronto in termini di azioni per unità di superficie riferite al piano di posa della soletta.

$\gamma_{G1}$ =	0,9	coefficiente Parziali azioni permanenti favorevoli
$\gamma_F$ =	0,9	coefficiente Parziali azioni resistenze favorevoli

$R'd$ (KN/m <sup>2</sup> ) =	0,0	Resistenze di progetto caratteristiche
$R_d$ (KN/m <sup>2</sup> ) =	0	$R'd \cdot \gamma_F$

**Peso Elementi**

Soletta fondo =	1616,0	KN/m
Parete sx =	350	KN/m
Parete dx =	162,5	KN/m
Magrone =	1140,0	KN/m
ballast =	352,8	KN/m
Terreno dente sx =	0,0	KN/m
Terreno dente dx =	0,0	KN/m
P tot =	3621,3	KN/m

A stab (KN/m) = 3259,2  $P \times \gamma_{G1}$

**CALCOLO DELLE AZIONI INSTABILIZZANTI**

$\gamma_{G1}$ =	1,1	coefficiente Parziali azioni permanenti Sfavorevoli
-----------------	-----	---

a inst (KN/m <sup>2</sup> ) =	29,7	Azione inStabilizzante complessiva unitaria(Bw x $\gamma_w$ x $\gamma_{G1}$ )
B tot (m) =	40,4	larghezza complessiva soletta di fondo
A inst (KN/m) =	1199,9	Azione inStabilizzante complessiva

Coefficiente di sicurezza = 2,72 (Astab/Ainst)

**Verifica a Sollevamento Soddisfatta**



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	46 di 90

### 8.7.3 Verifiche a carico limite

La verifica a carico limite è stata eseguita in automatico dal software di calcolo attraverso l'utilizzo di della formula di Meyerhof, Per i risultati delle verifiche si rimanda ai tabulati di calcolo in allegato.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	47 di 90

## 9. TABULATI DI CALCOLO

### Geometria scatolare

Descrizione:	Scatolare tipo vasca	
Altezza esterna	7,60	[m]
Larghezza esterna	37,10	[m]
Lunghezza mensola di fondazione sinistra	0,00	[m]
Lunghezza mensola di fondazione destra	0,00	[m]
Spessore piedritto sinistro	1,60	[m]
Spessore piedritto destro	1,00	[m]
Spessore fondazione	1,60	[m]

### Caratteristiche strati terreno

#### Strato di rinfianco

Descrizione	Terreno di rinfianco	
Peso di volume	19,5000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	20,5000	[kN/mc]
Angolo di attrito	30,00	[°]
Angolo di attrito terreno struttura	0,00	[°]
Coesione	0	[kPa]
Costante di Winkler	0	[kPa/cm]

#### Strato di base

Descrizione	Terreno di base	
Peso di volume	20,0000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	21,0000	[kN/mc]
Angolo di attrito	24,00	[°]
Angolo di attrito terreno struttura	0,00	[°]
Coesione	10	[kPa]
Costante di Winkler	30	[kPa/cm]
Tensione limite	1000	[kPa]



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	48 di 90

## Falda

Quota falda (rispetto al piano di posa) 0,70 [m]

## Caratteristiche materiali utilizzati

### Materiali calcestruzzo

R <sub>ck</sub> calcestruzzo	35000	[kPa]
Peso specifico calcestruzzo	24,5170	[kN/mc]
Modulo elastico E	32105823	[kPa]
Tensione di snervamento acciaio	431499	[kPa]
Coeff. omogeneizzazione cls teso/compresso (n')	0,50	
Coeff. omogeneizzazione acciaio/cls (n)	15,00	
Coefficiente dilatazione termica	0,0000120	

## Condizioni di carico

### Convenzioni adottate

Origine in corrispondenza dello spigolo inferiore sinistro della struttura

Carichi verticali positivi se diretti verso il basso

Carichi orizzontali positivi se diretti verso destra

Coppie concentrate positive se antiorarie

Ascisse X (espresse in m) positive verso destra

Ordinate Y (espresse in m) positive verso l'alto

Carichi concentrati espressi in kN

Coppie concentrate espressi in kNm

Carichi distribuiti espressi in kN/m

### Simbologia adottata e unità di misura

#### Forze concentrate

X	ascissa del punto di applicazione dei carichi verticali concentrati
Y	ordinata del punto di applicazione dei carichi orizzontali concentrati
F <sub>y</sub>	componente Y del carico concentrato
F <sub>x</sub>	componente X del carico concentrato
M	momento



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	49 di 90

*Forze distribuite*

$X_i, X_f$	ascisse del punto iniziale e finale per carichi distribuiti verticali
$Y_i, Y_f$	ordinate del punto iniziale e finale per carichi distribuiti orizzontali
$V_{ni}$	componente normale del carico distribuito nel punto iniziale
$V_{nf}$	componente normale del carico distribuito nel punto finale
$V_{i}$	componente tangenziale del carico distribuito nel punto iniziale
$V_{f}$	componente tangenziale del carico distribuito nel punto finale
$D_e$	variazione termica lembo esterno espressa in gradi centigradi
$D_i$	variazione termica lembo interno espressa in gradi centigradi

Condizione di carico n°1 (Peso Proprio)

Condizione di carico n°2 (Spinta terreno sinistra)

Condizione di carico n°3 (Spinta terreno destra)

Condizione di carico n°4 (Sisma da sinistra)

Condizione di carico n°5 (Sisma da destra)

Condizione di carico n°6 (Spinta falda)

Condizione di carico n° 7 (Pesi propri e finiture)

Distr	Terreno	$X_i= 40,00$	$X_f= 55,00$	$V_{ni}= 0,00$	$V_{nf}= 93,00$		
Distr	Terreno	$X_i= 55,00$	$X_f= 70,00$	$V_{ni}= 93,00$	$V_{nf}= 93,00$		
Conc	Pied_S	$Y= 7,60$	$F_y= 150,00$	$F_x= 0,00$	$M= 0,00$		
Conc	Pied_S	$Y= 7,60$	$F_y= 0,00$	$F_x= 175,50$	$M= -351,00$		
Distr	Pied_S	$Y_i= 0,00$	$Y_f= 7,60$	$V_{ni}= 10,00$	$V_{nf}= 10,00$	$V_{ti}= 0,00$	$V_{tf}= 0,00$
Distr	Fondaz.	$X_i= 1,60$	$X_f= 36,10$	$V_{ni}= 40,23$	$V_{nf}= 40,23$	$V_{ti}= 0,00$	$V_{tf}= 0,00$
Distr	Pied_S	$Y_i= 0,00$	$Y_f= 7,60$	$V_{ni}= 58,50$	$V_{nf}= 58,50$	$V_{ti}= 0,00$	$V_{tf}= 0,00$

Condizione di carico n° 8 (Sisma aggiuntivo PD\_SX)

Conc	Pied_S	$Y= 7,60$	$F_y= -15,50$	$F_x= 31,00$	$M= -92,90$		
Conc	Pied_S	$Y= 7,60$	$F_y= 0,00$	$F_x= 160,10$	$M= -480,20$		
Distr	Pied_S	$Y_i= 0,00$	$Y_f= 7,60$	$V_{ni}= 24,10$	$V_{nf}= 24,10$	$V_{ti}= 0,00$	$V_{tf}= 0,00$
Distr	Fondaz.	$X_i= 1,60$	$X_f= 36,10$	$V_{ni}= -4,20$	$V_{nf}= -4,20$	$V_{ti}= 0,00$	$V_{tf}= 0,00$
Distr	Pied_S	$Y_i= 0,00$	$Y_f= 7,60$	$V_{ni}= 4,00$	$V_{nf}= 4,00$	$V_{ti}= 0,00$	$V_{tf}= 0,00$



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	50 di 90

## Impostazioni di progetto

### Verifica materiali:

#### Stato Limite Ultimo

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo $\gamma_c$	1.50
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

### Verifica Taglio - Metodo dell'inclinazione variabile del traliccio

$$V_{Rd} = [0.18 * k * (100.0 * \rho_l * f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 * \sigma_{cp}] * b_w * d > (v_{min} + 0.15 * \sigma_{cp}) * b_w * d$$

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

$$V_{Red} = 0.9 * d * b_w * \alpha_c * f_{cd} * (\text{ctg}(\theta) + \text{ctg}(\alpha) / (1.0 + \text{ctg}^2 \theta))$$

con:

d	altezza utile sezione [mm]
$b_w$	larghezza minima sezione [mm]
$\sigma_{cp}$	tensione media di compressione [N/mm <sup>2</sup> ]
$\rho_l$	rapporto geometrico di armatura
$A_{sw}$	area armatura trasversale [mm <sup>2</sup> ]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
$\alpha_c$	coefficiente maggiorativo, funzione di f <sub>cd</sub> e $\sigma_{cp}$
$f_{cd} = 0.5 * f_{cd}$	
$k = 1 + (200/d)^{1/2}$	
$v_{min} = 0.035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2}$	

#### Stato Limite di Esercizio

##### Criteri di scelta per verifiche tensioni di esercizio:

Ambiente poco aggressivo

Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. rare) 0.55 f<sub>ck</sub>

Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. quasi perm.) 0.40 f<sub>ck</sub>



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	51 di 90

Limite tensioni di trazione nell'acciaio (comb. rare)

0.75  $f_{yk}$

Criteri verifiche a fessurazione:

Armatura poco sensibile

Apertura limite fessure espresse in [mm]

Apertura limite fessure  $w_l=0,20$

Verifiche secondo :

Norme Tecniche 2008 - Approccio 2

Copriferro sezioni 10,00 [cm]

## Descrizione combinazioni di carico

*Simbologia adottata*

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione

$\psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

C Coefficiente totale di partecipazione della condizione

Norme Tecniche 2008

*Simbologia adottata*

$\gamma_{G1sfav}$  Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti

$\gamma_{G1fav}$  Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti

$\gamma_{G2sfav}$  Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti non strutturali

$\gamma_{G2fav}$  Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti non strutturali

$\gamma_Q$  Coefficiente parziale sulle azioni variabili

$\gamma_{tan\phi}$  Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato

$\gamma_c$  Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata

$\gamma_{cu}$  Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata

$\gamma_{qu}$  Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo

### Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1fav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G1sfav}$	1,30	1,00
Permanenti non strutturali	Favorevole	$\gamma_{G2fav}$	0,00	0,00
Permanenti non strutturali	Sfavorevole	$\gamma_{G2sfav}$	1,50	1,30

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	52 di 90

Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qifav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qisfav}$	1,50	1,30
Variabili da traffico	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,35	1,15
Termici	Favorevole	$\gamma_{efav}$	0,00	0,00
Termici	Sfavorevole	$\gamma_{esfav}$	1,20	1,20

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1,00	1,00

**Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1fav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G1sfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G2fav}$	0,00	0,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G2sfav}$	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qifav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qisfav}$	1,00	1,00
Variabili da traffico	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00
Termici	Favorevole	$\gamma_{efav}$	0,00	0,00
Termici	Sfavorevole	$\gamma_{esfav}$	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	53 di 90

Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_c$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1,00	1,00

Combinazione n° 1 SLU (Approccio 2)

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta falda	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 2 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma aggiuntivo PD_SX	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 3 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	54 di 90

Sisma aggiuntivo PD_SX	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 4 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo

	<b>Effetto</b>	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 5 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo

	<b>Effetto</b>	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 SLE (Quasi Permanente)

	<b>Effetto</b>	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 SLE (Frequente)

	<b>Effetto</b>	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	55 di 90

Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 SLE (Rara)

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

## Analisi della spinta e verifiche

*Simbologia adottata ed unità di misura*

Origine in corrispondenza dello spigolo inferiore sinistro della struttura

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti verso destra

Le forze verticali sono considerate positive se agenti verso il basso

$X$  ascisse (espresse in m) positive verso destra

$Y$  ordinate (espresse in m) positive verso l'alto

$M$  momento espresso in kNm

$V$  taglio espresso in kN

$SN$  sforzo normale espresso in kN

$ux$  spostamento direzione X espresso in cm

$uy$  spostamento direzione Y espresso in cm

$\sigma$  pressione sul terreno espressa in kPa

Tipo di analisi

Pressione in calotta

Pressione geostatica

I carichi applicati sul terreno sono stati diffusi secondo **angolo di attrito**

Metodo di calcolo della portanza

Meyerhof

Spinta sui piedritti

a Riposo [combinazione 1]



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	56 di 90

- Attiva [combinazione 2]
- Attiva [combinazione 3]
- Attiva [combinazione 4]
- Attiva [combinazione 5]
- a Riposo [combinazione 6]
- a Riposo [combinazione 7]
- a Riposo [combinazione 8]

Sisma

**Combinazioni SLU**

Accelerazione al suolo $a_g =$	1.69 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	1.00
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * Ss) = 20.67$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 10.34$

**Combinazioni SLE**

Accelerazione al suolo $a_g =$	0.00 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	0.94
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * Ss) = 0.00$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 0.00$
Forma diagramma incremento sismico	Rettangolare
Spinta sismica	Mononobe-Okabe

Angolo diffusione sovraccarico 30,00 [°]

Coefficienti di spinta

N°combinazione	Statico	Sismico
1	0,500	0,000
2	0,299	0,494



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	57 di 90

3	0,299	0,445
4	0,299	0,494
5	0,299	0,445
6	0,500	0,000
7	0,500	0,000
8	0,500	0,000

Discretizzazione strutturale

Numero elementi fondazione	361
Numero elementi piedritto sinistro	70
Numero elementi piedritto destro	70
Numero molle piedritto sinistro	71
Numero molle piedritto destro	71



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	58 di 90

### Analisi della combinazione n° 1

Pressione in calotta(solo peso terreno) 0,0000000 [MPa]

#### Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[MPa]
-13,46	40,00	0,0000000
40,00	43,00	0,0120900
43,00	46,00	0,0362700
46,00	49,00	0,0604500
49,00	52,00	0,0846300
52,00	55,00	0,1088100
55,00	70,00	0,1209000
70,00	80,00	0,0000000

#### Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 0,0000000 [MPa] Pressione inf. 0,0923229 [MPa]

Piedritto destro Pressione sup. 0,0009844 [MPa] Pressione inf. 0,0933073 [MPa]

#### Falda

Spinta 3,12[kN]

Sottospinta 0,00892[MPa]

### Analisi della combinazione n° 2

Pressione in calotta(solo peso terreno) 0,0000000 [MPa]

#### Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[MPa]
-13,46	40,00	0,0000000
40,00	43,00	0,0093000
43,00	46,00	0,0279000
46,00	49,00	0,0465000



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	59 di 90

49,00	52,00	0,0651000
52,00	55,00	0,0837000
55,00	70,00	0,0930000
70,00	80,00	0,0000000

#### Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 0,0000000 [MPa] Pressione inf. 0,0710176 [MPa]

Piedritto destro Pressione sup. 0,0007572 [MPa] Pressione inf. 0,0717748 [MPa]

#### Spinte sismiche sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 0,0130691 [MPa] Pressione inf. 0,0130691 [MPa]

#### Falda

Spinta 2,40[kN]

Sottospinta 0,00686[MPa]

### Analisi della combinazione n° 3

Pressione in calotta(solo peso terreno) 0,0000000 [MPa]

#### Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[MPa]
-13,46	40,00	0,0000000
40,00	43,00	0,0093000
43,00	46,00	0,0279000
46,00	49,00	0,0465000
49,00	52,00	0,0651000
52,00	55,00	0,0837000
55,00	70,00	0,0930000
70,00	80,00	0,0000000

#### Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 0,0000000 [MPa] Pressione inf. 0,0710176 [MPa]

Piedritto destro Pressione sup. 0,0007572 [MPa] Pressione inf. 0,0717748 [MPa]



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	60 di 90

Spinte sismiche sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 0,0084956 [MPa] Pressione inf. 0,0084956 [MPa]

Falda

Spinta 2,40[kN]

Sottospinta 0,00686[MPa]

### Analisi della combinazione n° 4

Pressione in calotta(solo peso terreno) 0,0000000 [MPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[MPa]
-13,46	40,00	0,0000000
40,00	43,00	0,0093000
43,00	46,00	0,0279000
46,00	49,00	0,0465000
49,00	52,00	0,0651000
52,00	55,00	0,0837000
55,00	70,00	0,0930000
70,00	80,00	0,0000000

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 0,0000000 [MPa] Pressione inf. 0,0710176 [MPa]

Piedritto destro Pressione sup. 0,0007572 [MPa] Pressione inf. 0,0717748 [MPa]

Spinte sismiche sui piedritti

Piedritto destro Pressione sup. 0,0133374 [MPa] Pressione inf. 0,0133374 [MPa]

Falda

Spinta 2,40[kN]

Sottospinta 0,00686[MPa]

### Analisi della combinazione n° 5



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	61 di 90

Pressione in calotta(solo peso terreno) 0,0000000 [MPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[MPa]
-13,46	40,00	0,0000000
40,00	43,00	0,0093000
43,00	46,00	0,0279000
46,00	49,00	0,0465000
49,00	52,00	0,0651000
52,00	55,00	0,0837000
55,00	70,00	0,0930000
70,00	80,00	0,0000000

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 0,0000000 [MPa] Pressione inf. 0,0710176 [MPa]

Piedritto destro Pressione sup. 0,0007572 [MPa] Pressione inf. 0,0717748 [MPa]

Spinte sismiche sui piedritti

Piedritto destro Pressione sup. 0,0086700 [MPa] Pressione inf. 0,0086700 [MPa]

Falda

Spinta 2,40[kN]

Sottospinta 0,00686[MPa]

### Analisi della combinazione n° 6

Pressione in calotta(solo peso terreno) 0,0000000 [MPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[MPa]
-13,46	40,00	0,0000000
40,00	43,00	0,0093000
43,00	46,00	0,0279000
46,00	49,00	0,0465000



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	62 di 90

49,00	52,00	0,0651000
52,00	55,00	0,0837000
55,00	70,00	0,0930000
70,00	80,00	0,0000000

#### Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 0,0000000 [MPa] Pressione inf. 0,0710176 [MPa]

Piedritto destro Pressione sup. 0,0007572 [MPa] Pressione inf. 0,0717748 [MPa]

#### Falda

Spinta 2,40[kN]

Sottospinta 0,00686[MPa]

### Analisi della combinazione n° 7

Pressione in calotta(solo peso terreno) 0,0000000 [MPa]

#### Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[MPa]
-13,46	40,00	0,0000000
40,00	43,00	0,0093000
43,00	46,00	0,0279000
46,00	49,00	0,0465000
49,00	52,00	0,0651000
52,00	55,00	0,0837000
55,00	70,00	0,0930000
70,00	80,00	0,0000000

#### Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 0,0000000 [MPa] Pressione inf. 0,0710176 [MPa]

Piedritto destro Pressione sup. 0,0007572 [MPa] Pressione inf. 0,0717748 [MPa]

#### Falda

Spinta 2,40[kN]

Sottospinta 0,00686[MPa]



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	63 di 90

## Analisi della combinazione n° 8

Pressione in calotta(solo peso terreno) 0,0000000 [MPa]

### Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[MPa]
-13,46	40,00	0,0000000
40,00	43,00	0,0093000
43,00	46,00	0,0279000
46,00	49,00	0,0465000
49,00	52,00	0,0651000
52,00	55,00	0,0837000
55,00	70,00	0,0930000
70,00	80,00	0,0000000

### Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 0,0000000 [MPa] Pressione inf. 0,0710176 [MPa]

Piedritto destro Pressione sup. 0,0007572 [MPa] Pressione inf. 0,0717748 [MPa]

### Falda

Spinta 2,40[kN]

Sottospinta 0,00686[MPa]



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	64 di 90

## Spostamenti

### Spostamenti fondazione (Combinazione n° 1)

X [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,80	16,268	3,499
9,78	16,255	4,092
18,75	16,243	3,739
27,62	16,231	3,589
36,60	16,218	3,677

### Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 1)

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,80	16,268	3,499
4,20	17,149	3,502
7,60	18,236	3,504

### Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 1)

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,80	16,218	3,677
4,20	16,130	3,679
7,60	15,985	3,679

### Spostamenti fondazione (Combinazione n° 2)

X [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,80	29,236	1,112
9,78	29,224	3,196
18,75	29,211	3,214
27,62	29,197	2,984
36,60	29,181	2,970

### Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 2)

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,80	29,236	1,112



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	65 di 90

4,20	31,042	1,114
7,60	33,171	1,115

**Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 2)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,80	29,181	2,970
4,20	29,120	2,971
7,60	29,030	2,972

**Spostamenti fondazione (Combinazione n° 3)**

X [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,80	28,625	0,579
9,78	28,613	2,839
18,75	28,600	2,938
27,62	28,586	2,669
36,60	28,570	2,514

**Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 3)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,80	28,625	0,579
4,20	30,495	0,581
7,60	32,685	0,582

**Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 3)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,80	28,570	2,514
4,20	28,446	2,515
7,60	28,293	2,515

**Spostamenti fondazione (Combinazione n° 4)**

X [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,80	3,272	3,086
9,78	3,259	3,351
18,75	3,249	3,036



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	66 di 90

27,62	3,239	2,908
36,60	3,231	2,824

**Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 4)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,80	3,272	3,086
4,20	3,838	3,089
7,60	4,557	3,090

**Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 4)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,80	3,231	2,824
4,20	2,991	2,826
7,60	2,654	2,826

**Spostamenti fondazione (Combinazione n° 5)**

X [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,80	3,894	2,496
9,78	3,883	2,988
18,75	3,872	2,760
27,62	3,863	2,599
36,60	3,855	2,427

**Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 5)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,80	3,894	2,496
4,20	4,562	2,498
7,60	5,383	2,500

**Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 5)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,80	3,855	2,427
4,20	3,602	2,428
7,60	3,266	2,428



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	67 di 90

**Spostamenti fondazione (Combinazione n° 6)**

X [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,80	12,514	2,691
9,78	12,504	3,147
18,75	12,494	2,876
27,62	12,485	2,761
36,60	12,475	2,829

**Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 6)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,80	12,514	2,691
4,20	13,191	2,694
7,60	14,027	2,695

**Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 6)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,80	12,475	2,829
4,20	12,408	2,830
7,60	12,296	2,830

**Spostamenti fondazione (Combinazione n° 7)**

X [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,80	12,514	2,691
9,78	12,504	3,147
18,75	12,494	2,876
27,62	12,485	2,761
36,60	12,475	2,829

**Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 7)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,80	12,514	2,691
4,20	13,191	2,694



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	68 di 90

7,60                      14,027                      2,695

**Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 7)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,80	12,475	2,829
4,20	12,408	2,830
7,60	12,296	2,830

**Spostamenti fondazione (Combinazione n° 8)**

X [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,80	12,514	2,691
9,78	12,504	3,147
18,75	12,494	2,876
27,62	12,485	2,761
36,60	12,475	2,829

**Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 8)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,80	12,514	2,691
4,20	13,191	2,694
7,60	14,027	2,695

**Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 8)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,80	12,475	2,829
4,20	12,408	2,830
7,60	12,296	2,830

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	69 di 90

## Sollecitazioni

### Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 1)

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,80	-4730,8614	-537,1035	712,6058
9,78	-1101,5286	-274,2974	712,6058
18,75	398,4721	-64,9572	712,6058
27,62	419,6919	64,4863	712,6058
36,60	-687,0643	212,1341	712,6058

### Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 1)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,80	-4730,8614	1126,7360	541,7687
4,20	-1829,7826	604,1815	368,3843
7,60	-456,3000	228,1500	195,0000

### Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 1)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,80	-687,0643	-299,7398	216,7304
4,20	-88,7533	-76,6084	108,3652
7,60	0,0000	0,0000	0,0000

### Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 2)

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,80	-6651,0232	-427,3349	648,6474
9,78	-2666,8730	-389,0668	721,4360
18,75	-179,4503	-156,2826	794,2058
27,62	414,1626	21,2596	866,1740
36,60	-411,3307	180,2358	938,9624

### Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 2)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,80	-6651,0232	1392,9138	428,8169

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	70 di 90

4,20	-2915,1948	823,4019	281,6585
7,60	-924,1000	366,6000	134,5000

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 2)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,80	-411,3307	-196,1043	183,9481
4,20	-38,9767	-41,6971	91,9740
7,60	0,0000	0,0000	0,0000

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 3)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,80	-6545,2837	-372,9018	633,1112
9,78	-2813,2696	-380,5595	705,8999
18,75	-346,3924	-157,5071	778,6696
27,62	265,5258	15,7383	850,6379
36,60	-411,3307	146,3411	923,4263

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 3)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,80	-6545,2837	1361,8140	373,6733
4,20	-2888,7599	807,8520	254,0867
7,60	-924,1000	366,6000	134,5000

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 3)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,80	-411,3307	-196,1043	149,4833
4,20	-38,9767	-41,6971	74,7417
7,60	0,0000	0,0000	0,0000

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 4)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,80	-3451,6358	-440,2018	728,2926
9,78	-631,8503	-197,9417	655,5039
18,75	352,8080	-26,6303	582,7342



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	71 di 90

27,62	135,3787	78,9607	510,7659
36,60	-954,0524	180,4179	437,9775

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 4)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,80	-3451,6358	811,5764	444,3169
4,20	-1360,6530	437,1832	297,1585
7,60	-351,0000	175,5000	150,0000

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 4)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,80	-954,0524	-355,7283	183,9481
4,20	-174,6571	-121,5092	91,9740
7,60	0,0000	0,0000	0,0000

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 5)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,80	-3451,6358	-385,8451	712,4375
9,78	-842,3666	-196,4281	639,6489
18,75	186,6479	-35,1255	566,8791
27,62	52,2624	66,3534	494,9109
36,60	-846,1424	146,4501	422,1225

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 5)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,80	-3451,6358	811,5764	389,1733
4,20	-1360,6530	437,1832	269,5867
7,60	-351,0000	175,5000	150,0000

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 5)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,80	-846,1424	-323,9901	149,4833
4,20	-147,6796	-105,6400	74,7417
7,60	0,0000	0,0000	0,0000

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	72 di 90

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 6)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,80	-3639,1241	-413,1565	548,1583
9,78	-847,3297	-210,9980	548,1583
18,75	306,5170	-49,9671	548,1583
27,62	322,8399	49,6049	548,1583
36,60	-528,5110	163,1801	548,1583

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 6)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,80	-3639,1241	866,7200	416,7451
4,20	-1407,5251	464,7550	283,3726
7,60	-351,0000	175,5000	150,0000

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 6)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,80	-528,5110	-230,5691	166,7157
4,20	-68,2718	-58,9295	83,3579
7,60	0,0000	0,0000	0,0000

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 7)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,80	-3639,1241	-413,1565	548,1583
9,78	-847,3297	-210,9980	548,1583
18,75	306,5170	-49,9671	548,1583
27,62	322,8399	49,6049	548,1583
36,60	-528,5110	163,1801	548,1583

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 7)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,80	-3639,1241	866,7200	416,7451
4,20	-1407,5251	464,7550	283,3726



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	73 di 90

7,60                    -351,0000                    175,5000                    150,0000

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 7)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,80	-528,5110	-230,5691	166,7157
4,20	-68,2718	-58,9295	83,3579
7,60	0,0000	0,0000	0,0000

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 8)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,80	-3639,1241	-413,1565	548,1583
9,78	-847,3297	-210,9980	548,1583
18,75	306,5170	-49,9671	548,1583
27,62	322,8399	49,6049	548,1583
36,60	-528,5110	163,1801	548,1583

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 8)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,80	-3639,1241	866,7200	416,7451
4,20	-1407,5251	464,7550	283,3726
7,60	-351,0000	175,5000	150,0000

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 8)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,80	-528,5110	-230,5691	166,7157
4,20	-68,2718	-58,9295	83,3579
7,60	0,0000	0,0000	0,0000

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	74 di 90

## Pressioni terreno

### Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 1)

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0,80	105
9,78	123
18,75	112
27,62	108
36,60	110

### Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 2)

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0,80	33
9,78	96
18,75	96
27,62	90
36,60	89

### Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 3)

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0,80	17
9,78	85
18,75	88
27,62	80
36,60	75

### Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 4)

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0,80	93
9,78	101
18,75	91
27,62	87
36,60	85

### Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 5)

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0,80	75



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	75 di 90

9,78	90
18,75	83
27,62	78
36,60	73

**Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 6)**

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0,80	81
9,78	94
18,75	86
27,62	83
36,60	85

**Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 7)**

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0,80	81
9,78	94
18,75	86
27,62	83
36,60	85

**Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 8)**

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0,80	81
9,78	94
18,75	86
27,62	83
36,60	85

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	76 di 90

## Verifiche combinazioni SLU

Simbologia adottata ed unità di misura

$N^{\circ}$	Indice sezione
$X$	Ascissa/Ordinata sezione, espresso in cm
$M$	Momento flettente, espresso in kNm
$N$	Sforzo normale, espresso in kN
$N_u$	Sforzo normale ultimo, espressa in kN
$M_u$	Momento ultimo, espressa in kNm
$A_{fi}$	Area armatura inferiore, espressa in cm <sup>2</sup>
$A_{fs}$	Area armatura superiore, espressa in cm <sup>2</sup>
$CS$	Coeff. di sicurezza sezione

### Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 1 - SLU (Approccio 2)]

Base sezione  $B = 100$  cm

Altezza sezione  $H = 160,00$  cm

#### Verifiche presso-flessione

$N^{\circ}$	$X$	$M$	$N$	$N_u$	$M_u$	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$CS$
1	0,80	4730,86 (4730,86)	712,61	1558,85	10348,95	202,95	25,45	2,19
2	9,78	1101,53 (1471,83)	712,61	5364,69	11080,33	202,95	25,45	7,53
3	18,75	-398,47 (-486,16)	712,61	8897,36	-6070,09	31,42	25,45	12,49
4	27,62	-419,69 (-506,75)	712,61	8297,30	-5900,38	31,42	25,45	11,64
5	36,60	687,06 (973,45)	712,61	2442,63	3336,73	31,42	25,45	3,43

### Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 1 - SLU (Approccio 2)]

Base sezione  $B = 100$  cm

Altezza sezione  $H = 160,00$  cm

#### Verifiche presso-flessione

$N^{\circ}$	$X$	$M$	$N$	$N_u$	$M_u$	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$CS$
1	0,80	-4730,86 (-4730,86)	541,77	1183,62	-10335,67	31,42	202,95	2,18
2	4,20	-1829,78 (-2645,43)	368,38	1020,17	-7325,98	31,42	132,26	2,77
3	7,60	-456,30 (-764,30)	195,00	999,64	-3918,09	31,42	61,58	5,13



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	77 di 90

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 1 - SLU (Approccio 2)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0,80	-687,06 (-687,06)	216,73	598,33	-1896,79	53,09	53,09	2,76
2	4,20	-88,75 (-150,81)	108,37	1659,36	-2309,24	53,09	53,09	15,31
3	7,60	0,00 (0,00)	0,00	0,00	0,00	53,09	53,09	1000,00

**Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 2 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo ]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 160,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0,80	6651,02 (6651,02)	648,65	994,94	10201,85	202,95	25,45	1,53
2	9,78	2666,87 (3192,11)	721,44	2387,79	10565,18	202,95	25,45	3,31
3	18,75	179,45 (390,43)	794,21	13256,54	6516,92	31,42	25,45	16,69
4	27,62	-414,16 (-422,35)	866,17	13445,51	-6556,13	31,42	25,45	15,52
5	36,60	411,33 (654,65)	938,96	8843,89	6166,00	31,42	25,45	9,42

**Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 2 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo ]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 160,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0,80	-6651,02 (-6651,02)	428,82	657,08	-10191,45	31,42	202,95	1,53
2	4,20	-2915,19 (-4026,79)	281,66	495,72	-7087,12	31,42	132,26	1,76
3	7,60	-924,10 (-1419,01)	134,50	331,42	-3496,53	31,42	61,58	2,46

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 2 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo ]**

Base sezione B = 100 cm



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	78 di 90

Altezza sezione H = 100,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0,80	-411,33 (-411,33)	183,95	900,84	-2014,38	53,09	53,09	4,90
2	4,20	-38,98 (-72,75)	91,97	3852,23	-3047,11	53,09	53,09	41,88
3	7,60	0,00 (0,00)	0,00	0,00	0,00	53,09	53,09	1000,00

**Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 3 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 160,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0,80	6545,28 (6545,28)	633,11	986,59	10199,67	202,95	25,45	1,56
2	9,78	2813,27 (3327,02)	705,90	2233,07	10524,82	202,95	25,45	3,16
3	18,75	346,39 (559,03)	778,67	8448,16	6065,15	31,42	25,45	10,85
4	27,62	-265,53 (-269,85)	850,64	17779,64	-5640,34	31,42	25,45	20,90
5	36,60	411,33 (608,89)	923,43	9595,81	6327,31	31,42	25,45	10,39

**Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 3 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 160,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0,80	-6545,28 (-6545,28)	373,67	580,64	-10170,51	31,42	202,95	1,55
2	4,20	-2888,76 (-3979,36)	254,09	451,23	-7066,86	31,42	132,26	1,78
3	7,60	-924,10 (-1419,01)	134,50	331,42	-3496,53	31,42	61,58	2,46

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 3 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100,00 cm



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	79 di 90

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0,80	-411,33 (-411,33)	149,48	704,29	-1937,98	53,09	53,09	4,71
2	4,20	-38,98 (-72,75)	74,74	2803,19	-2728,55	53,09	53,09	37,51
3	7,60	0,00 (0,00)	0,00	0,00	0,00	53,09	53,09	1000,00

**Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 4 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo ]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 160,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0,80	3451,64 (3451,64)	728,29	2220,01	10521,41	202,95	25,45	3,05
2	9,78	631,85 (899,07)	655,50	7694,67	10553,80	202,95	25,45	11,74
3	18,75	-352,81 (-387,94)	582,73	9281,08	-6178,61	31,42	25,45	15,93
4	27,62	-135,38 (-241,98)	510,77	13803,77	-6539,54	31,42	25,45	27,03
5	36,60	954,05 (1197,62)	437,98	823,84	2252,72	31,42	25,45	1,88

**Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 4 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo ]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 160,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0,80	-3451,64 (-3451,64)	444,32	1335,84	-10377,36	31,42	202,95	3,01
2	4,20	-1360,65 (-1950,85)	297,16	1123,05	-7372,83	31,42	132,26	3,78
3	7,60	-351,00 (-587,93)	150,00	999,64	-3918,09	31,42	61,58	6,66

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 4 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo ]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
----	---	---	---	----------------	----------------	-----------------	-----------------	----



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	80 di 90

1	0,80	-954,05 (-954,05)	183,95	346,87	-1799,04	53,09	53,09	1,89
2	4,20	-174,66 (-273,08)	91,97	644,95	-1914,91	53,09	53,09	7,01
3	7,60	0,00 (0,00)	0,00	0,00	0,00	53,09	53,09	1000,00

**Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 5 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 160,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0,80	3451,64 (3451,64)	712,44	2168,93	10508,09	202,95	25,45	3,04
2	9,78	842,37 (1107,54)	639,65	6346,18	10988,34	202,95	25,45	9,92
3	18,75	-186,65 (-234,07)	566,88	15239,31	-6292,39	31,42	25,45	26,88
4	27,62	-52,26 (-141,84)	494,91	18681,73	-5354,11	31,42	25,45	37,75
5	36,60	846,14 (1043,85)	422,12	943,34	2332,74	31,42	25,45	2,23

**Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 5 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 160,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0,80	-3451,64 (-3451,64)	389,17	1164,77	-10330,51	31,42	202,95	2,99
2	4,20	-1360,65 (-1950,85)	269,59	1011,85	-7322,19	31,42	132,26	3,75
3	7,60	-351,00 (-587,92)	150,00	999,64	-3918,09	31,42	61,58	6,66

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 5 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0,80	-846,14 (-846,14)	149,48	315,68	-1786,91	53,09	53,09	2,11
2	4,20	-147,68 (-233,25)	74,74	609,15	-1900,99	53,09	53,09	8,15



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	81 di 90

3	7,60	0,00 (0,00)	0,00	0,00	0,00	53,09	53,09	1000,00
---	------	-------------	------	------	------	-------	-------	---------

## Verifiche combinazioni SLE

Simbologia adottata ed unità di misura

$N^{\circ}$	Indice sezione
$X$	Ascissa/Ordinata sezione, espresso in m
$M$	Momento flettente, espresso in kNm
$V$	Taglio, espresso in kN
$N$	Sforzo normale, espresso in kN
$A_{\beta}$	Area armatura inferiore, espressa in cm <sup>2</sup>
$A_{\beta_s}$	Area armatura superiore, espressa in cm <sup>2</sup>
$\sigma_{fi}$	Tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore, espresse in kPa
$\sigma_{fs}$	Tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore, espresse in kPa
$\sigma_c$	Tensione nel calcestruzzo, espresse in kPa
$\tau_c$	Tensione tangenziale nel calcestruzzo, espresse in kPa
$A_{sv}$	Area armature trasversali nella sezione, espressa in cm <sup>2</sup>

### Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 6 - SLE (Quasi Permanente)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 160,00 cm

#### Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	$A_{\beta}$	$A_{\beta_s}$	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_c$
1	0,80	3639,12	548,16	202,95	25,45	103681	129008	8020
2	9,78	847,33	548,16	202,95	25,45	28341	22663	2132
3	18,75	-306,52	548,16	31,42	25,45	9939	14987	1118
4	27,62	-322,84	548,16	31,42	25,45	12188	15827	1189
5	36,60	528,51	548,16	31,42	25,45	26242	47240	2099

### Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 6 - SLE (Quasi Permanente)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 160,00 cm



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	82 di 90

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0,80	-3639,12	416,75	31,42	202,95	131014	100472	7800
2	4,20	-1407,53	283,37	31,42	132,26	71824	43849	3474
3	7,60	-351,00	150,00	31,42	61,58	31176	13751	1131

Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 6 - SLE (Quasi Permanente)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0,80	-528,51	166,72	53,09	53,09	108788	36588	3651
2	4,20	-68,27	83,36	53,09	53,09	9075	5648	499
3	7,60	0,00	0,00	53,09	53,09	0	0	0

Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 7 - SLE (Frequente)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 160,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0,80	3639,12	548,16	202,95	25,45	103681	129008	8020
2	9,78	847,33	548,16	202,95	25,45	28341	22663	2132
3	18,75	-306,52	548,16	31,42	25,45	9939	14987	1118
4	27,62	-322,84	548,16	31,42	25,45	12188	15827	1189
5	36,60	528,51	548,16	31,42	25,45	26242	47240	2099

Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 7 - SLE (Frequente)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 160,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0,80	-3639,12	416,75	31,42	202,95	131014	100472	7800



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	83 di 90

2	4,20	-1407,53	283,37	31,42	132,26	71824	43849	3474
3	7,60	-351,00	150,00	31,42	61,58	31176	13751	1131

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 7 - SLE (Frequente)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0,80	-528,51	166,72	53,09	53,09	108788	36588	3651
2	4,20	-68,27	83,36	53,09	53,09	9075	5648	499
3	7,60	0,00	0,00	53,09	53,09	0	0	0

**Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 8 - SLE (Rara)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 160,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0,80	3639,12	548,16	202,95	25,45	103681	129008	8020
2	9,78	847,33	548,16	202,95	25,45	28341	22663	2132
3	18,75	-306,52	548,16	31,42	25,45	9939	14987	1118
4	27,62	-322,84	548,16	31,42	25,45	12188	15827	1189
5	36,60	528,51	548,16	31,42	25,45	26242	47240	2099

**Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 8 - SLE (Rara)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 160,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0,80	-3639,12	416,75	31,42	202,95	131014	100472	7800
2	4,20	-1407,53	283,37	31,42	132,26	71824	43849	3474
3	7,60	-351,00	150,00	31,42	61,58	31176	13751	1131



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	84 di 90

### Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 8 - SLE (Rara)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100,00 cm

#### Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0,80	-528,51	166,72	53,09	53,09	108788	36588	3651
2	4,20	-68,27	83,36	53,09	53,09	9075	5648	499
3	7,60	0,00	0,00	53,09	53,09	0	0	0

## Verifiche fessurazione

Simbologia adottata ed unità di misura

N°	Indice sezione
X <sub>i</sub>	Ascissa/Ordinata sezione, espresso in m
M <sub>p</sub>	Momento, espresse in kNm
M <sub>n</sub>	Momento, espresse in kNm
w <sub>c</sub>	Ampiezza fessure, espresse in mm
w <sub>lim</sub>	Apertura limite fessure, espresse in mm
s	Distanza media tra le fessure, espresse in mm
ε <sub>sm</sub>	Deformazione nelle fessure, espresse in [%]

### Verifica fessurazione fondazione [Combinazione n° 8 - SLE (Rara)]

N°	X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M <sub>p</sub>	M <sub>n</sub>	M	w	w <sub>lim</sub>	s <sub>m</sub>	ε <sub>sm</sub>
1	0,80	202,95	25,45	1782,59	-1381,38	3639,12	0,18	100,00	193,24	0,053
2	9,78	202,95	25,45	1782,59	-1381,38	847,33	0,00	100,00	0,00	0,000
3	18,75	31,42	25,45	1305,55	-1292,33	-306,52	0,00	100,00	0,00	0,000
4	27,62	31,42	25,45	1305,55	-1292,33	-322,84	0,00	100,00	0,00	0,000
5	36,60	31,42	25,45	1305,55	-1292,33	528,51	0,00	100,00	0,00	0,000

### Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione n° 8 - SLE (Rara)]

N°	X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M <sub>p</sub>	M <sub>n</sub>	M	w	w <sub>lim</sub>	s <sub>m</sub>	ε <sub>sm</sub>
----	---	-----------------	-----------------	----------------	----------------	---	---	------------------	----------------	-----------------



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	85 di 90

1	0,80	31,42	202,95	1399,09	-1787,20	-3639,12	0,18	100,00	193,24	0,055
2	4,20	31,42	132,26	1365,14	-1591,70	-1407,53	0,00	100,00	0,00	0,000
3	7,60	31,42	61,58	1326,95	-1394,13	-351,00	0,00	100,00	0,00	0,000

**Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione n° 8 - SLE (Rara)]**

N°	X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M <sub>p</sub>	M <sub>n</sub>	M	w	w <sub>lim</sub>	s <sub>m</sub>	ε <sub>sm</sub>
1	0,80	53,09	53,09	566,16	-566,16	-528,51	0,00	100,00	0,00	0,000
2	4,20	53,09	53,09	566,16	-566,16	-68,27	0,00	100,00	0,00	0,000
3	7,60	53,09	53,09	566,16	-566,16	0,00	0,00	100,00	0,00	0,000

**Inviluppo spostamenti nodali**

**Inviluppo spostamenti fondazione**

X [m]	u <sub>Xmin</sub> [cm]	u <sub>Xmax</sub> [cm]	u <sub>Ymin</sub> [cm]	u <sub>Ymax</sub> [cm]
0,80	3,2715	29,2361	0,5786	3,4989
9,78	3,2594	29,2241	2,8387	4,0917
18,75	3,2486	29,2108	2,7597	3,7388
27,62	3,2392	29,1965	2,5986	3,5892
36,52	3,2309	29,1807	2,4266	3,6771

**Inviluppo spostamenti piedritto sinistro**

Y [m]	u <sub>Xmin</sub> [cm]	u <sub>Xmax</sub> [cm]	u <sub>Ymin</sub> [cm]	u <sub>Ymax</sub> [cm]
0,80	3,2715	29,2361	0,5786	3,4989
4,20	3,8380	31,0421	0,5807	3,5019
7,60	4,5575	33,1711	0,5820	3,5038

**Inviluppo spostamenti piedritto destro**

Y [m]	u <sub>Xmin</sub> [cm]	u <sub>Xmax</sub> [cm]	u <sub>Ymin</sub> [cm]	u <sub>Ymax</sub> [cm]
0,80	3,2309	29,1807	2,4266	3,6771
4,20	2,9911	29,1197	2,4278	3,6788
7,60	2,6540	29,0299	2,4282	3,6794

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	86 di 90

## Inviluppo sollecitazioni nodali

### Inviluppo sollecitazioni fondazione

X [m]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]	V <sub>min</sub> [kN]	V <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]
0,80	-6651,02	-3451,64	-537,10	-372,90	548,16	728,29
9,78	-2813,27	-631,85	-389,07	-196,43	548,16	721,44
18,75	-346,39	398,47	-157,51	-26,63	548,16	794,21
27,62	52,26	419,69	15,74	78,96	494,91	866,17
36,60	-954,05	-411,33	146,34	212,13	422,12	938,96

### Inviluppo sollecitazioni piedritto sinistro

Y [m]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]	V <sub>min</sub> [kN]	V <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]
0,80	-6651,02	-3451,64	811,58	1392,91	373,67	541,77
4,20	-2915,19	-1360,65	437,18	823,40	254,09	368,38
7,60	-924,10	-351,00	175,50	366,60	134,50	195,00

### Inviluppo sollecitazioni piedritto destro

Y [m]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]	V <sub>min</sub> [kN]	V <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]
0,80	-954,05	-411,33	-355,73	-196,10	149,48	216,73
4,20	-174,66	-38,98	-121,51	-41,70	74,74	108,37
7,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

## Inviluppo pressioni terreno

### Inviluppo pressioni sul terreno di fondazione

X [m]	$\sigma_{\min}$ [kPa]	$\sigma_{\max}$ [kPa]
0,80	17	105
9,78	85	123
18,75	83	112
27,62	78	108
36,60	73	110



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	87 di 90

## Inviluppo verifiche stato limite ultimo (SLU)

### Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 160,00 cm

X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
0,80	202,95	25,45	1,53
9,78	202,95	25,45	3,16
18,75	31,42	25,45	10,85
27,62	31,42	25,45	11,64
36,60	31,42	25,45	1,88

X	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
0,80	941,72	0,00	0,00	0,00
9,78	941,72	0,00	0,00	0,00
18,75	556,29	0,00	0,00	0,00
27,62	556,29	0,00	0,00	0,00
36,60	556,29	0,00	0,00	0,00

### Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 160,00 cm

Y	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
0,80	31,42	202,95	1,53
4,20	31,42	132,26	1,76
7,60	31,42	61,58	2,46

Y	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
0,80	917,69	0,00	0,00	0,00
4,20	781,39	0,00	0,00	0,00
7,60	592,88	0,00	0,00	0,00



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	88 di 90

**Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100,00 cm

Y	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
0,80	53,09	53,09	1,89
4,20	53,09	53,09	7,01
7,60	53,09	53,09	1000,00

Y	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	A <sub>sw</sub>
0,80	441,92	0,00	0,00	0,00
4,20	427,29	0,00	0,00	0,00
7,60	412,66	0,00	0,00	0,00

**Inviluppo verifiche stato limite esercizio (SLE)**

**Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 160,00 cm

X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
0,80	202,95	25,45	8020	129008	103681
9,78	202,95	25,45	2132	22663	28341
18,75	31,42	25,45	1118	14987	9939
27,62	31,42	25,45	1189	15827	12188
36,60	31,42	25,45	2099	47240	26242

X	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
0,80	-324	0,00
9,78	-165	0,00
18,75	-39	0,00
27,62	39	0,00
36,60	128	0,00



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	89 di 90

**Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 160,00 cm

Y	A <sub>ri</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>ri</sub>	σ <sub>fs</sub>
0,80	31,42	202,95	7800	100472	131014
4,20	31,42	132,26	3474	43849	71824
7,60	31,42	61,58	1131	13751	31176

Y	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
0,80	680	0,00
4,20	365	0,00
7,60	138	0,00

**Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100,00 cm

Y	A <sub>ri</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>ri</sub>	σ <sub>fs</sub>
0,80	53,09	53,09	3651	36588	108788
4,20	53,09	53,09	499	5648	9075
7,60	53,09	53,09	0	0	0

Y	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
0,80	-301	0,00
4,20	-77	0,00
7,60	0	0,00



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 001	A	90 di 90

## Verifiche geotecniche

### Simbologia adottata

<i>IC</i>	Indice della combinazione
<i>N<sub>c</sub>, N<sub>q</sub>, N<sub>γ</sub></i>	Fattori di capacità portante
<i>N<sub>c</sub>, N<sub>q</sub>, N<sub>γ</sub></i>	Fattori di capacità portante corretti per effetto forma, inclinazione del carico, affondamento, etc.
<i>q<sub>u</sub></i>	Portanza ultima del terreno, espressa in [kPa]
<i>Q<sub>U</sub></i>	Portanza ultima del terreno, espressa in [kN]/m
<i>Q<sub>Y</sub></i>	Carico verticale al piano di posa, espressa in [kN]/m
<i>FS</i>	Fattore di sicurezza a carico limite

<b>IC</b>	<b>N<sub>c</sub></b>	<b>N<sub>q</sub></b>	<b>N<sub>γ</sub></b>	<b>N'<sub>c</sub></b>	<b>N'<sub>q</sub></b>	<b>N'<sub>γ</sub></b>	<b>q<sub>u</sub></b>	<b>Q<sub>U</sub></b>	<b>Q<sub>Y</sub></b>	<b>FS</b>
1	19,32	9,60	5,72	15,63	7,54	1,60	1541	57183,54	4068,96	14,05
2	19,32	9,60	5,72	10,65	5,13	0,01	803	29785,08	3159,53	9,43
3	19,32	9,60	5,72	9,86	4,75	0,14	760	28190,56	2779,61	10,14
4	19,32	9,60	5,72	19,26	9,29	4,58	2404	89186,79	3319,93	26,86
5	19,32	9,60	5,72	18,83	9,08	4,16	2297	85231,60	2940,01	28,99