

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



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

**U.O. INFRASTRUTTURE SUD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA**

**TOMBINI IDRAULICI**

**IN51A - Tombino alla pk 22+570**

**Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica**

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

RS3E 50 D 78 CL IN5100 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	M.Piscitelli	Dicembre 2019	A. Iorio L. Fanello	Dicembre 2019	F. Spagnuolo	Dicembre 2019	D. Tiberti Dicembre 2019

File:RS3E50D78CLIN5100001A

n. Elab.: 699

Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10796

ITALFERR S.p.A.  
Gruppo Ferrovie dello Stato  
Direzione Generale  
UO Infrastrutture Sud  
Dott. Ing. Dante Tiberti

## INDICE

1.	GENERALITA' .....	4
2.	SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO .....	4
3.	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	4
4.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	7
4.1	DOCUMENTI REFERENZIATI .....	7
5.	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA .....	8
5.1	INTERAZIONE TERRENO-FONDAZIONE .....	9
6.	CARATTERISTICHE DEL SITO E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA .....	10
6.1	VITA NOMINALE .....	11
6.2	CLASSE D'USO .....	12
6.3	PERIODO DI RIFERIMENTO .....	13
6.4	VALUTAZIONE DEI PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA .....	13
6.5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRENO .....	14
6.6	PARAMETRI SISMICI DI CALCOLO .....	15
7.	MATERIALI .....	16
8.	CRITERI DI VERIFICA DELLE OPERE .....	18
8.1	METODOLOGIA DI CALCOLO .....	18
8.2	AZIONI .....	19
8.2.1	<i>Peso proprio (cond. di carico 1) .....</i>	<i>20</i>
8.2.2	<i>Permanenti (cond. di carico 2).....</i>	<i>20</i>
8.2.3	<i>Spinta del terreno (cond. di carico 3/4) .....</i>	<i>21</i>
8.2.4	<i>Spinta in presenza di falda (cond. di carico 5).....</i>	<i>21</i>
8.2.5	<i>Azioni Sismiche (cond. di carico 6/7).....</i>	<i>22</i>
8.2.6	<i>Ritiro e viscosità (cond. di carico 8).....</i>	<i>23</i>
8.2.7	<i>Variazioni termiche della struttura (cond. di carico 9).....</i>	<i>23</i>
8.2.8	<i>Azioni variabili da traffico (cond. di carico 10/11).....</i>	<i>24</i>
8.2.9	<i>Azioni di avviamento/frenatura associati al passaggio dei treni sul traverso (cond. 10/11).....</i>	<i>27</i>
8.3	APPROCCI PROGETTUALI E METODI DI VERIFICA .....	28
8.4	COMBINAZIONI DI CARICO .....	28



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TOMBINI IDRAULICI  
Tombini ferroviari e stradali

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	3 di 106

8.5	CARICO LIMITE DI FONDAZIONI DIRETTE .....	28
9.	RISULTATI, ANALISI E VERIFICHE .....	30
9.1	MODELLO DI CALCOLO.....	30
9.2	SOLLECITAZIONI DI CALCOLO.....	31
9.3	ARMATURE DI PROGETTO.....	33
9.4	VERIFICHE DI RESISTENZA E FESSURAZIONE.....	33
9.5	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	34
10.	TABULATI DI CALCOLO .....	35



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TOMBINI IDRAULICI  
Tombini ferroviari e stradali

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	4 di 106

## 1. GENERALITA'

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 "TOMBINI IDRAULICI – Tombini ferroviari e stradali".

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.

## 2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Le Analisi e Verifiche nel seguito esposte fanno in particolare riferimento al tombino idraulico IN51 previsto lungo l'asse principale di progetto in corrispondenza della pk. 22+570.

## 3. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Di seguito si riportano in tabella le principali informazioni geometriche delle sezioni di calcolo presenti lungo lo sviluppo dell'opera, ed a seguire alcune immagini rappresentative. Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di riferimento:

WBS	OPERA	pk. [m]	Sez. di calcolo	Risoluzione Interferenza	B (m)	H (m)	Sp (m)	St (m)	Sf (m)	r (m)
IN51	Tombino scatolare	22+570	B - B G - G	Linea PA-CT Viabilità NI14	2.00 2.00	2.00 2.00	0.40 0.40	0.40 0.40	0.50 0.50	1.55 1.70

Dove si è indicato con:

B : Larghezza netta interna dell'opera

H : Altezza netta interna dell'opera

Sp, St, Sf : Spessore piedritti, traverso, fondazione

\*r : Spessore ricoprimento (da estradosso traverso a intradosso ballast/sede stradale).

\* Il ricoprimento dato dal Ballast è invece considerato come un carico applicato al p.c. valutato come definito al par. 8.2.2 considerando uno spessore convenzionale aggiuntivo di 0.8m.

La sezione di calcolo analizzata nel seguito è la sez. B-B, che risulta essere la più gravosa per condizioni di carico tra quelle presenti lungo lo sviluppo dell'opera.

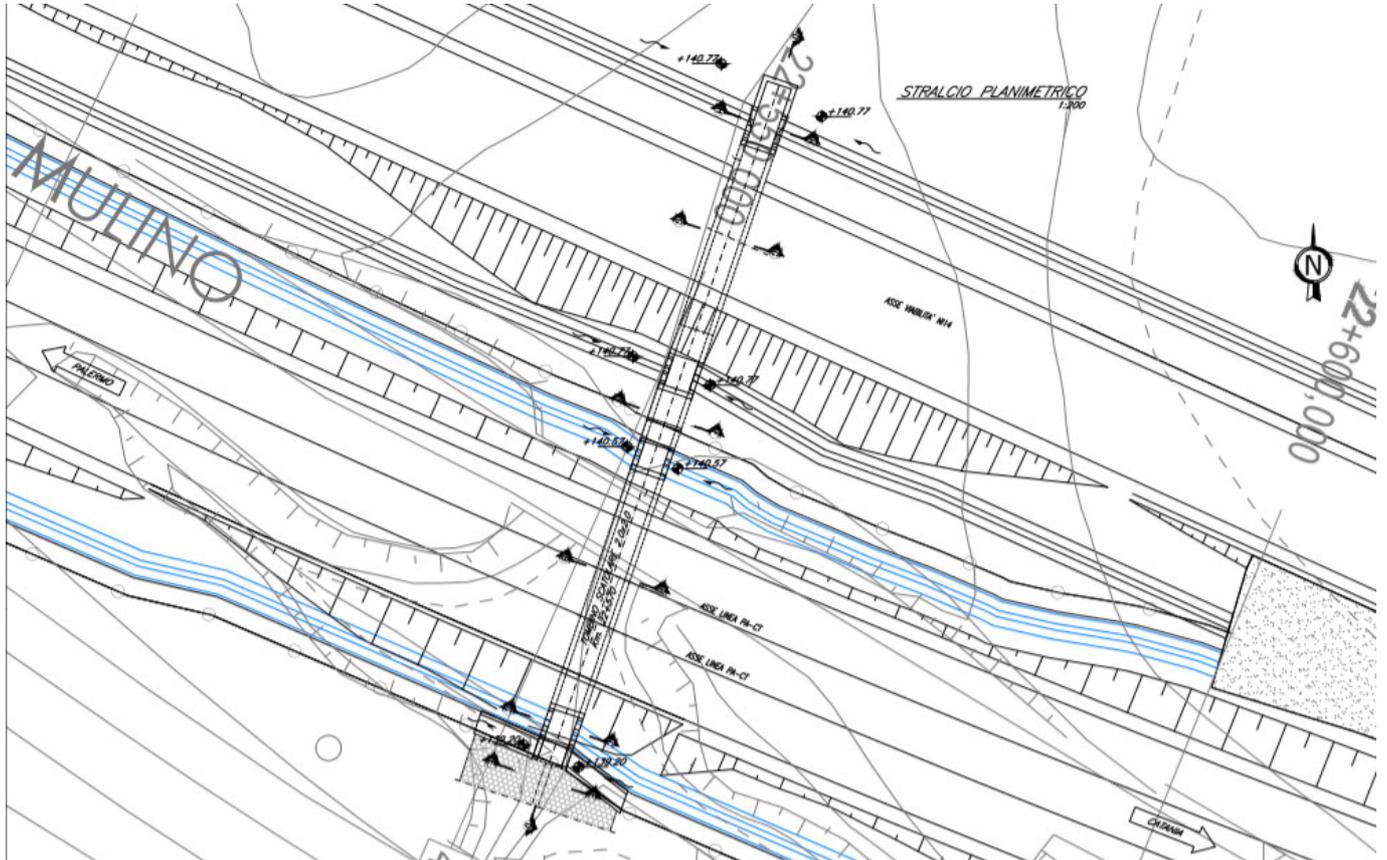


Figura 1 – Inquadramento planimetrico

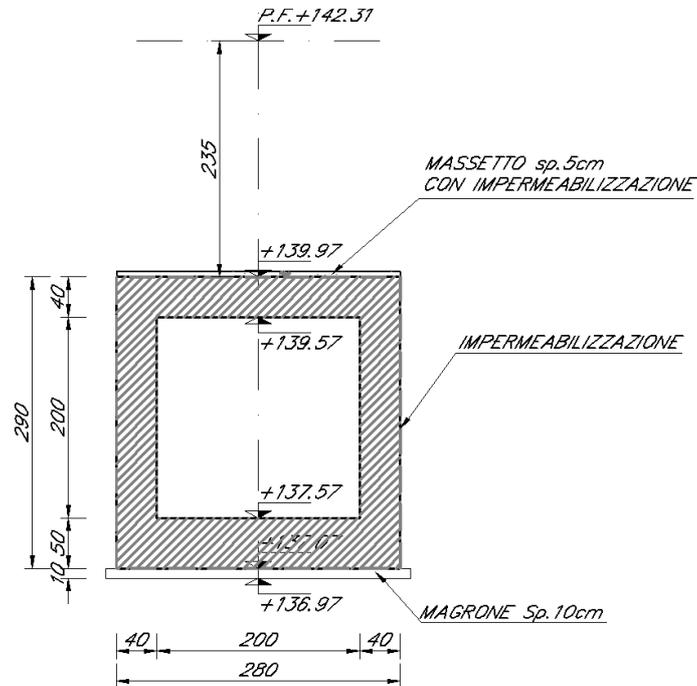


Figura 2 – Sezione trasversale B-B

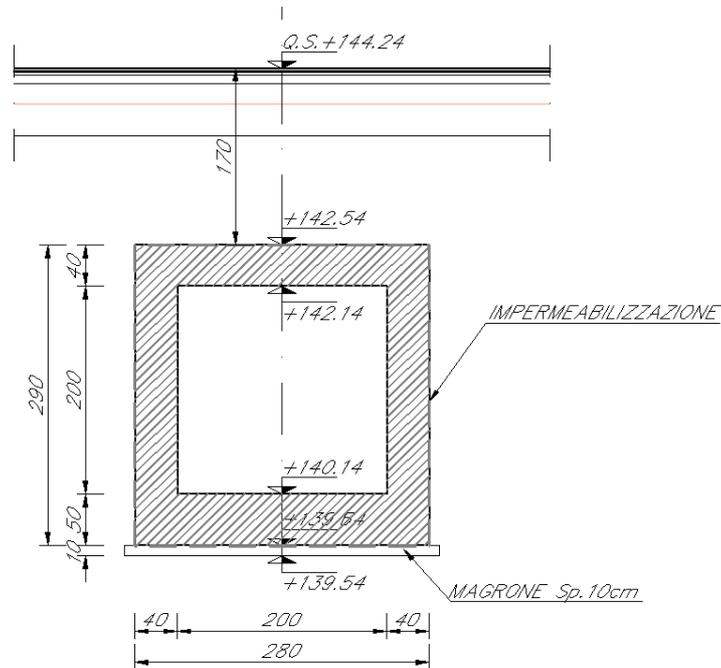


Figura 3 – Sezione trasversale G-G



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TOMBINI IDRAULICI  
Tombini ferroviari e stradali

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	7 di 106

## 4. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 4.1 Documenti Referenziati

Di seguito si riporta l'elenco generale delle Normative Nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento, quale riferimento per la redazione degli elaborati tecnici e/o di calcolo dell'intero progetto nell'ambito della quale si inserisce l'opera oggetto della presente relazione:

#### 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 (RFIDTCSICSSPIFS005 B - rev 22/12/2017)

## 5. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

Dall'esame di quanto riportato nella relazione geotecnica di riferimento e in relazione alle progressive in esame, emerge che il volume di terreno direttamente interagente con l'opera presenta le seguenti proprietà:

### Unità bbc – Depositi alluvionali recenti coesivi (limoso argilloso)

$\gamma_{\text{nat}} = 19.0 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \div 10 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 19 \div 25^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 40 \div 250 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$k = 5 \cdot 10^{-8} \div 4 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$	coefficiente di permeabilità
$G_0 = 25 \div 150 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_0 = 70 \div 350 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

I moduli di deformabilità “operativi” ( $E'$ ) da adottare per le opere di sostegno e per le fondazioni, saranno assunti pari a  $1/3 \div 1/5$  di quello iniziale ( $E_0$ ).

Per il terreno di ricoprimento e rinfianco, salvo più accurate determinazioni, in via cautelativa, per le caratteristiche dei rilevati ferroviari si possono assumere i seguenti valori dei parametri geotecnici caratteristici:

peso di volume  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ ;

angolo di attrito  $\varphi' = 38^\circ$ ;

Il livello di falda locale è posto a circa 6.0 m dal piano campagna locale. Cautelativamente si assume un livello di falda a quota piano di posa fondazioni.

In fase di analisi è stato dunque considerato il seguente modello geotecnico:

Terreno	Litotipo	$\gamma$	$\varphi'$	$c'$	$E'$	$k_w$
		( $\text{kN/m}^3$ )	( $^\circ$ )	( $\text{kPa}$ )	( $\text{MPa}$ )	( $\text{kPa/m}$ )
<b>Terreno di Ricoprimento</b>	Terreno da rilevato ferroviario	20	38	0	50	-
<b>Terreno di Rinfianco</b>	Terreno da rilevato ferroviario	20	38	0	50	0
<b>Terreno di Fondazione</b>	bbc	19.5	23	5	80	14263

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

## 5.1 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;

$\nu$  = coefficiente di Poisson = 0.3;

$B$  = larghezza della fondazione.

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

Fondazione Rigida	$c_t$
- rettangolare con $L/B \leq 10$	$c_t = 0.853 + 0.534 \ln(L/B)$
- rettangolare con $L/B > 10$	$c_t = 2 + 0.0089 (L/B)$
dove $L$ è il lato maggiore della fondazione.	

Sulla base della geometria della fondazione e delle condizioni geotecniche locali verrà valutato il modulo di deformazione elastico per il calcolo dei coefficienti di sottofondo.

In particolare il modulo di deformazione elastico potrà essere determinato dal modulo di deformazione elastico iniziale ( $E_0$ ) come  $E = E_0 / (3 \div 5)$ .

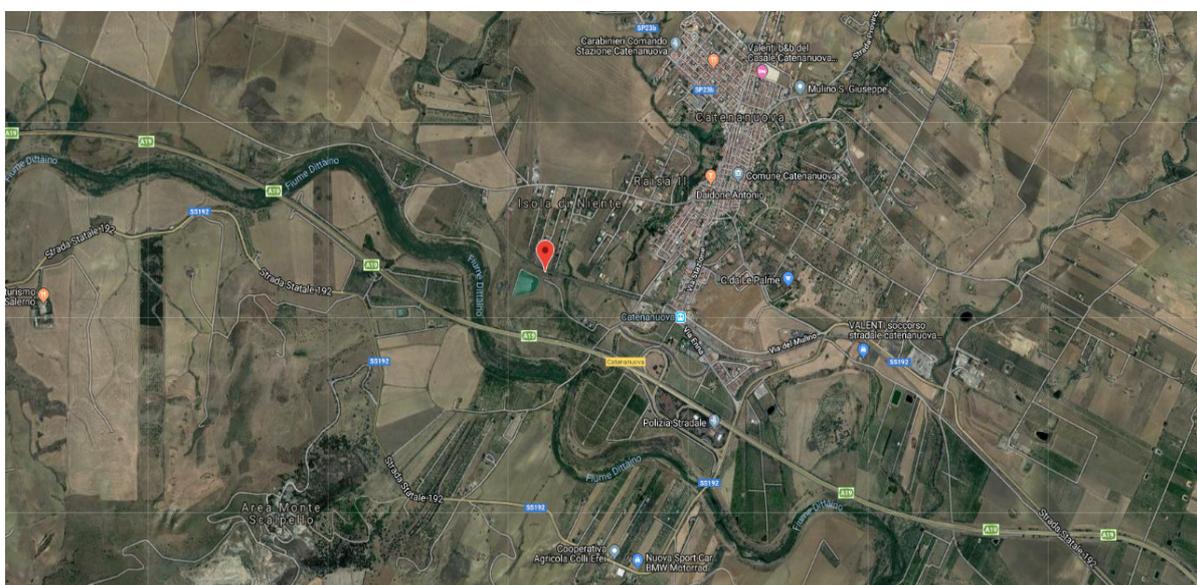
Di seguito si riportano, in forma tabellare, i risultati delle valutazioni effettuate per il caso in esame, sulla scorta del valore di progetto di  $E$  attribuito allo strato di Fondazione, avendo considerato una dimensione longitudinale della fondazione ritenuta potenzialmente collaboranti:

$E'(\text{KN/m}^2) =$	80000
$n =$	0.25
$B \text{ (m)} =$	2.8
$L \text{ (m)} =$	43.0
$c_t =$	2.14
$K_w \text{ [kN/m}^3] =$	14263

## 6. CARATTERISTICHE DEL SITO E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nel seguente paragrafo si riporta la descrizione e la valutazione dell'azione sismica secondo le specifiche del D.M. 14 gennaio 2008.

L'opera oggetto della presente relazione presenta le seguenti coordinate geografiche:



LATITUDINE

37.563

LONGITUDINE

14.687

COMUNE

Catenanuova

PROVINCIA

ENNA

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei paragrafi seguenti è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica per la zona sismica di riferimento in cui ricade l'opera.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 TOMBINI IDRAULICI  
 Tombini ferroviari e stradali

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	11 di 106

## 6.1 Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. Per la definizione della Vita Nominale da assegnare ad ogni singolo manufatto facente parte di una infrastruttura ferroviaria si rimanda al “*MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI*” - RFI DTC SI PS MA IFS 001 B.

Tabella 1 Vita Nominale in funzione del tipo di costruzione

TIPO DI COSTRUZIONE <sup>(1)</sup>	Vita Nominale [ $V_N$ ] <sup>(1)</sup>
OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE ESISTENTI OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE PROGETTATE CON LE NORME VIGENTI PRIMA DEL DM 14/01/2008 A VELOCITA' CONVENZIONALE ( $V < 250$ Km/h)	50
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITA' ( $V < 250$ km/h)	75
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITA' ( $V \geq 250$ Km/h)	100
OPERE DI GRANDI DIMENSIONI: PONTI E VIADOTTI CON CAMPATE DI LUCE MAGGIORE DI 150 m	$\geq 100$ <sup>(2)</sup>
(1) - La medesima $V_N$ si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprigiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere.	
(2) - Da definirsi per il singolo progetto a cura di RFI.	

Tenendo conto delle indicazioni precedenti le strutture di progetto avranno vita nominale  $V_N = 75$ .

## 6.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

- **Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- **Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- **Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- **Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Per la definizione della Classe di uso da assegnare ad ogni singolo manufatto facente parte di una infrastruttura ferroviaria esistente si rimanda al "MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI" - RFI DTC SI PS MA IFS 001 B.

Tabella 2 Classe d'uso Coeff. d'uso in funzione del tipo di costruzione per l'infrastruttura ferroviaria

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 VIABILITÀ FERROVIARIA	C III	1,5
ALTRE OPERE D'ARTE	C II	1,0

Facendo riferimento all'Allegato 5 della specifica alla pagina 151 del "MANUALE DI PROGETTAZIONE DI PONTI E STRUTTURE" - RFI DTC SICS MA IFS 001 B si ricade in classe d'uso tipo **Classe III con coefficiente d'uso C<sub>U</sub>=1,5**.

### 6.3 Periodo di riferimento

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ :

$$V_R = V_N \cdot C_U = 75 \cdot 1.50 = 112.5 \text{ anni (periodo di riferimento).}$$

### 6.4 Valutazione dei parametri di pericolosità sismica

Fissata la vita di riferimento  $V_R$ , i due parametri  $T_R$  e  $P_{V_R}$  sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})} = - \frac{C_U \cdot V_S}{\ln(1 - P_{V_S})}$$

da cui si ottiene la seguente Tabella:

Tabella 3 Probabilità di superamento  $P_{V_R}$  al variare dello stato limite considerato

	STATO LIMITE	probabilità di superamento <b>PVR</b>	Valori in anni del periodo di ritorno <b>TR</b>
<b>SLE</b>	SLO - Stato Limite di Operatività	81%	68
	SLD - Stato Limite di Danno	63%	113
<b>SLU</b>	SLV - Stato Limite di salvaguardia della Vita	10%	1068
	SLC - Stato Limite di prevenzione del Collasso	5%	2193

Per il sito in esame, in base ai parametri precedentemente adottati si ha:

STATO LIMITE	SLV
VITA NOMINALE $V_N$	75
CLASSE D'USO	C III
COEFFICIENTE D'USO $C_U$	1.5
VITA DI RIFERIMENTO $V_R$	112.5

## 6.5 Caratterizzazione sismica del terreno

### Categorie di Sottosuolo

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

Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel § 3.2.2 delle NTC2008.

### Amplificazione Stratigrafica e Topografica

In riferimento a quanto indicato nel §3.2.3.2.1 delle NTC2008 per la definizione dello spettro elastico in accelerazione è necessario valutare il valore del coefficiente  $S = S_S \cdot S_T$  e di  $C_C$  in base alla categoria di sottosuolo e alle condizioni topografiche; si fa riferimento nella valutazione dei coefficienti alle Tab.18 e 19 che sono riportate di seguito:

Tabella 4 Tabella delle espressioni per  $S_S$  e  $C_C$

Tabella 3.2.V – Espressioni di  $S_S$  e di  $C_C$

Categoria sottosuolo	$S_S$	$C_C$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 5 Valori massimi del coeff. di amplificazione topografica  $S_T$

Tabella 3.2.VI – 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 del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Nel caso in esame:

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

B

CATEGORIA TOPOGRAFICA

T1

## 6.6 Parametri sismici di calcolo

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.175 g
$F_o$	2.503
$T_C$	0.526 s
$S_S$	1.200
$C_C$	1.251
$S_T$	1.000
$q$	1.000

### Parametri dipendenti

$S$	1.200
$\eta$	1.000
$T_B$	0.219 s
$T_C$	0.658 s
$T_D$	2.300 s

Tabella 1 – Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 TOMBINI IDRAULICI  
 Tombini ferroviari e stradali

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	16 di 106

## 7. MATERIALI

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei diversi materiali impiegati nelle opere in progetto, con l'indicazione dei valori di resistenza e deformabilità adottati nelle verifiche, nel rispetto delle indicazioni del DM 14/01/2008 e del "Manuale di progettazione delle opere civili" RFI DTC SI MA IFS 001 B.

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)	$\sigma_{lim} = 0.80 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$

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 **w1=0,20 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.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO TOMBINI IDRAULICI Tombini ferroviari e stradali					
	IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN51000 001	REV. A

## 8. CRITERI DI VERIFICA DELLE OPERE

Le verifiche sono state condotte in accordo con le prescrizioni e le indicazioni del DM 14/01/2008 e della Circolare n.617/09.

### 8.1 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 rinfianco 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

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.

## 8.2 Azioni

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

CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI	
1	Peso Proprio
2	Permanenti
3	Spinta terreno sinistra
4	Spinta terreno destra
5	Spinta Falda
6	Sisma sinistra
7	Sisma destra
8	Ritiro e Viscosità
9	Termica
10	QCEN (+Azioni da avviamento/frenatura)
11	QLAT (+Azioni da avviamento/frenatura)

Per quanto riguarda tuttavia le condizioni 5 e 7, proposte di default dal software di calcolo utilizzato, nel caso in esame non assumono significato.

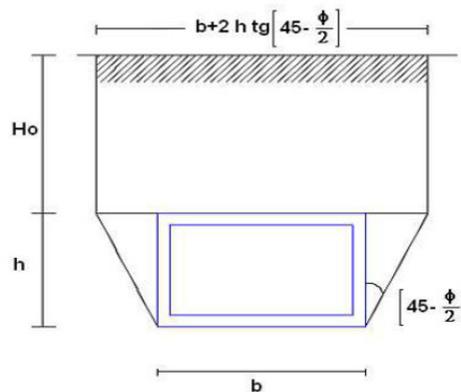
Nel seguito si andranno ad esporre in dettaglio, le valutazioni di calcolo effettuate per ciascuna delle condizioni citate.

### 8.2.1 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.  $\gamma_{cls} = 25 \text{ KN/m}^3$ .

### 8.2.2 Permanenti (cond. di carico 2)

Peso proprio del terreno di ricoprimento. Per la valutazione del carico permanente in copertura, si è fatto riferimento al metodo di Terzaghi secondo il quale, il carico sul traverso si manifesta come semplice peso di una massa parabolica o ellittica di distacco.



Più in dettaglio Terzaghi fornisce due espressioni differenti della pressione a seconda della maggiore o minore altezza del ricoprimento,  $H_0$ .

Facendo riferimento ai simboli della figura precedente, ed indicando con  $C$  la coesione, con  $\phi$  l'angolo di attrito e con  $\gamma$  il peso di volume del terreno di ricoprimento, le due espressioni sono le seguenti:

$$p_v = \frac{\gamma B_1 - C}{K \operatorname{tg} \phi} \left( 1 - e^{-K \frac{H_0}{B_1} \operatorname{tg} \phi} \right)$$

nella quale  $K$  è un coefficiente sperimentale, che, secondo misure eseguite dallo stesso Terzaghi è circa uguale ad 1, mentre il coefficiente  $B_1$ , si ricava attraverso la seguente espressione:

$$B_1 = \frac{b}{2} + h \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

nella quale  $\phi$  è l'angolo di attrito dello strato di rinfianco.

Il ricoprimento dato dal Ballast è invece considerato come peso permanente non strutturale  $G_2$  sulla base del peso specifico del ballast ( $18 \text{ kN/m}^2$ ) valutato con uno spessore convenzionale di 0.8m:  $G_2 = 18 \text{ kN/m}^2 \times 0.8\text{m} = 14.4 \text{ kN/m}^2$ .

### 8.2.3 Spinta del terreno (cond. di carico 3/4)

Per la valutazione delle Spinte del terreno sui piedritti, in considerazione della ridotta capacità deformativa 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 rinfianco.

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

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

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

dove  $p_v$  è la pressione verticale agente in corrispondenza della calotta.

### 8.2.4 Spinta in presenza di falda (cond. di carico 5)

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.

Nel caso in esame, in relazione a quanto specificato al paragrafo 5, il regime di spinta non è influenzato dalla presenza della falda.

### 8.2.5 Azioni Sismiche (cond. di carico 6/7)

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  $F_h = k_h * W$

Forza sismica verticale  $F_v = k_v * W$

I valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = a_{max} / g$$

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

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione:

$$a_{max} = S * a = S_s * S_t * a_g$$

Nel caso specifico, in accordo a quanto già riportato al paragrafo 6 risulta:

Condizione	Categoria sottosuolo	$a_g/g$	$S=S_s S_t$	$a_{max}/g$	$\beta_m$ (-)	$K_h$ (-)
SLV	B	0.175	1.20	0.210	1.00	0.210

dove:

- $a_{max}$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito,
- $\beta$  è il coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 14/01/2008).

Nel caso in esame si assume  $\beta=1$  in accordo alla teoria di Wood.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TOMBINI IDRAULICI  
Tombini ferroviari e stradali

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	23 di 106

### 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. Si trascurano gli effetti inerziali sulle masse che costituiscono la struttura di sostegno (DM 14/01/2008).

Le spinte del terreno in fase sismica, sono state determinate con la **teoria di Wood**, secondo la quale la risultante dell'incremento di spinta per effetto del sisma su una parete di altezza H viene determinata con la seguente espressione:  $\Delta S_E = K_h \cdot \gamma \cdot H^2$

L'effetto del sisma è ottenuto applicando un incremento di spinta del terreno valutato secondo la teoria di Wood, agente direttamente sulla paratia secondo una distribuzione uniforme sull'intera altezza dell'opera. Utilizzando la formulazione seguente:

$$\Delta P_d = \frac{a_g}{g} \cdot S \gamma \cdot H^2 = E$$

Dove  $\gamma$  rappresenta il peso del volume di terreno che interagisce con l'opera, **H** rappresenta l'altezza totale dell'opera (comprensiva del tratto infisso), S è il coeff. di amplificazione locale mentre  $a_g$  è la PGA.

### **8.2.6 Ritiro e viscosità (cond. di carico 8)**

Gli effetti del ritiro del calcestruzzo e della viscosità sono assimilati ad una variazione termica uniforme della soletta superiore.

Nello specifico, si è assunto di modellare la deformazione da ritiro totale comprensiva anche degli effetti da deformazione viscosa, attraverso l'introduzione di un carico termico uniforme nella soletta superiore di -10°C

### **8.2.7 Variazioni termiche della struttura (cond. di carico 9)**

La variazione termica applicata sulla struttura è pari a  $\Delta T = \pm 15^\circ\text{C}$ , con una variazione termica aggiuntiva a farfalla pari a  $\Delta T = \pm 5^\circ\text{C}$  (variabile linearmente da - 2.5°C all'estradosso della soletta superiore, a + 2.5°C) all'intradosso della soletta superiore applicata sulla soletta di copertura.

### 8.2.8 Azioni variabili da traffico (cond. di carico 10/11)

Il carico accidentale più sfavorevole per l'opera in esame è quello rappresentato dal treno LM71.

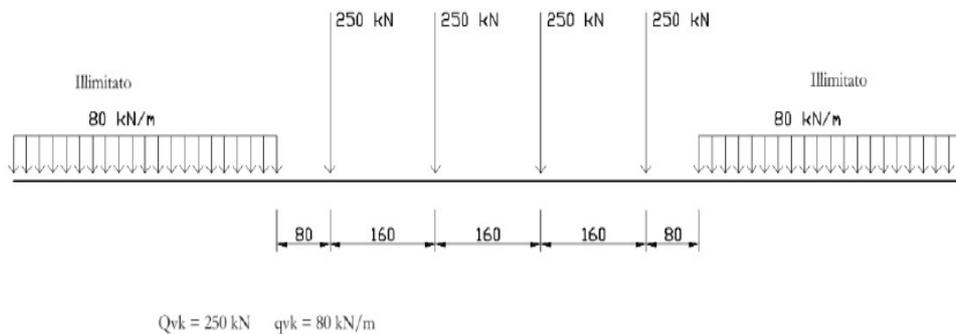


Figura 8 - Treno LM71

Il sovraccarico ferroviario (LM71) come evidente dallo schema di figura, è costituito da un totale di 4 assi del peso di 250 kN ciascuno distribuiti su una lunghezza complessiva 6.40m, nonché da carichi uniformi di 80kN/m

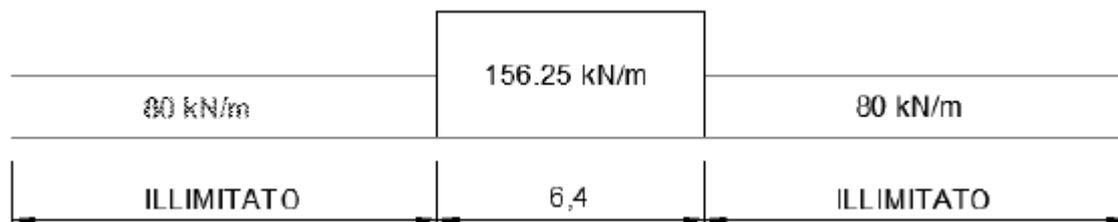
TRENO DI CARICO LM71	
Assi di carico "Q <sub>1k</sub> "	250 kN
n° assi di carico	4
Carico illimitato "q <sub>1k</sub> "	80 kN/m

Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

#### Determinazione delle larghezze di diffusione dei carichi mobili:

Considerando i 4 carichi assiali da 250 kN e la relativa distribuzione longitudinale, il carico verticale equivalente a metro lineare agente alla quota della piattaforma ferroviaria (convenzionalmente a 70 cm dal piano del ferro) risulta pari a:

$$p = \frac{4 \times 250}{4 \times 1.60} = 156.25 \text{ kPa}$$



Mentre in direzione trasversale la diffusione dei carichi attraverso Ballast avviene con pendenza 1:4, attraverso il ricoprimento con angolo di attrito mentre, nella soletta in cls con pendenza 1:1. Quindi il carico equivalente a livello dell'asse della soletta risulta pari a:

spessore Ballast+Armamento	0.80	m
spessore ricoprimento "hr"	1.55	m
spessore soletta "hs"	0.40	m
Larghezza traversina	2.4	m
Larghezza diffusione trasv. "b"	5.62	m
Qvk (a livello dell'asse della soletta)	<b>27.8</b>	kPa
qvk (a livello dell'asse della soletta)	<b>14.2</b>	kPa

I carichi effettivi di progetto vanno tuttavia valutati portando in conto anche gli eventuali effetti dinamici; attraverso la determinazioni dei coefficienti  $\Phi 2$  o  $\Phi 3$  e del coefficiente di adattamento ( $\alpha$ ), secondo quanto specificato a riguardo nel documento RFIDTCINCPOSPIFS001B.

Per la valutazione del coefficiente  $\alpha$  si fa riferimento in particolare a quanto specificato in Tab 1.4.1.1-1 del suddetto documento, da cui risulta:

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE " $\alpha$ "
LM71	1.1
SW/0	1.1
SW/2	1.0

Tab 1.4.1.1-1 Coefficiente " $\alpha$ "

Per il calcolo del coefficiente dinamico, si fa riferimento invece alle indicazioni di cui al par. 1.4.2.5, considerando il caso di Linee con "Normale Standar Manutentivo" ovvero al coefficiente  $\Phi 3$ .

Per il caso delle solette di scatolare, dalla Tab 1.4.5.3-1, punto 5.4 (per sottovia di altezza libera minore o uguale di 5m) risulta:  $\Phi 3 = 1.35$ .

In ottemperanza al punto 2.5.1.4.2.5.2 delle norme RFI tale coefficiente viene ridotto in quanto l'altezza di ricoprimento è superiore ad 1m:

$$\phi_{(2,3),rid} = \phi_{(2,3)} - \frac{h-1,00}{10} \geq 1,00$$

Dove h, in metri, è l'altezza della copertura, incluso il ballast, dall'estradosso della struttura alla faccia superiore delle traverse.

Pertanto i carichi di progetto dinamizzati, da considerare su una fascia longitudinale di calcolo di 1m risultano i seguenti:

Coefficiente di adattamento $\alpha$	1.1	
Coefficiente dinamico $\phi_3$	1.35	
Coefficiente dinamico ridotto $\phi_{3,rid}$	1.215	
<b>Carico Assi Dinamizzato</b> $Q_{vk,din}$	<b>37.1 kPa</b>	$q = q_{equivalente} \times \alpha \times \phi$
<b>Carico Illimitato Dinamizzato</b> $q_{vk,din}$	<b>19.0 kPa</b>	$q = q_{equivalente} \times \alpha \times \phi$

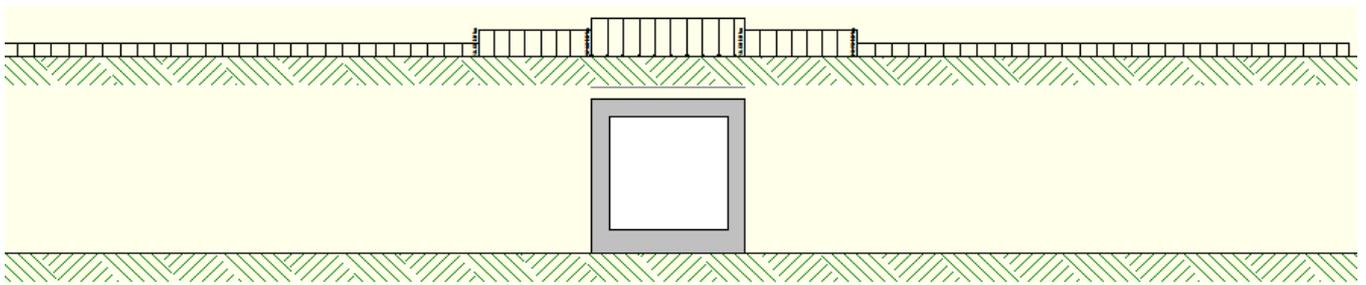
Il carico  $Q_{vk}$  è dunque applicato ad intradosso ballast su una fascia di 6.40m trascurando cautelativamente la diffusione all'interno del ballast. In direzione longitudinale la diffusione all'interno del terreno di ricoprimento, è svolta in automatico dal software di calcolo considerando come angolo di diffusione l'angolo d'attrito del terreno di rilevato ferroviario.

Si fa notare inoltre che per il carico sono state considerate due condizioni di carico:

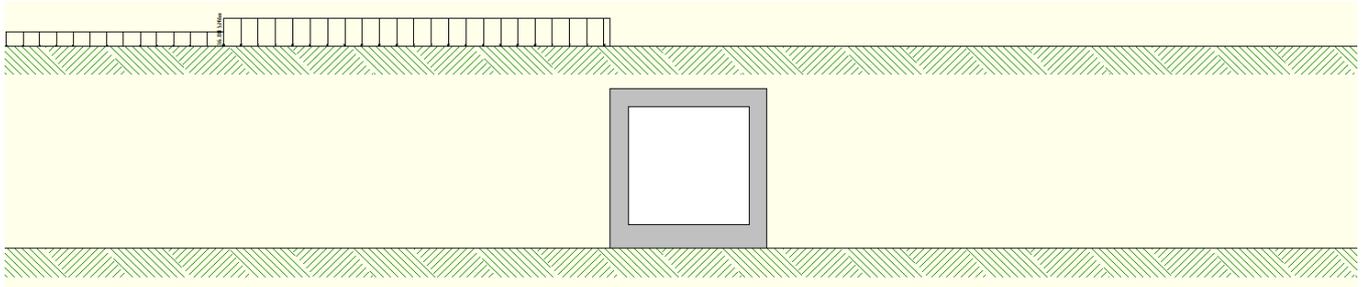
- una prima condizione di carico ( $Q_{CEN}$ ) finalizzata alla massimizzazione degli effetti flessionali su traverso ed a testa piedritti;
- una seconda condizione ( $Q_{LAT}$ ) con finalità di massimizzare gli effetti flessionali in mezzera piedritto.

In virtù degli schemi di carico considerati, per la parte di carico che ricade al di fuori dell'ingombro della struttura scatolare, non si è considerato l'effetto dinamico.

Di seguito si riportano gli schemi grafici riferiti alle due condizioni di carico citate:



**Condizione di Carico QCEN**



Condizione di Carico Q LAT

### 8.2.9 Azioni di avviamento/frenatura associati al passaggio dei treni sul traverso (cond. 10/11)

I valori caratteristici da considerare, da moltiplicare per i coefficienti di adattamento  $\alpha$ , sono:

*Avviamento:*

$$Q_{1a,k} = 33 \text{ [kN/m]} \times L \text{ [m]} \leq 1000 \text{ KN} \quad \text{per modelli di carico LM71, SW/0, SW/2}$$

*Frenatura:*

$$Q_{1b,k} = 20 \text{ [kN/m]} \times L \text{ [m]} \leq 6000 \text{ KN} \quad \text{per modelli di carico LM71, SW/0}$$

$$Q_{1b,k} = 35 \text{ [kN/m]} \times L \text{ [m]} \quad \text{per modelli di carico SW/2}$$

Nel caso in esame:

#### Avviamento Treno LM71 su traverso

<i>Avviamento a quota piattaforma</i>	33.0	<b>KN/m</b>
Coefficiente di adattamento $\alpha$	1.10	
Larghezza diffusione trasv. "b"	5.62	m
<b><i>Avviamento su traverso superiore</i></b>	<b>6.5</b>	<b>KN/m</b>

#### Frenatura Treno LM71 su traverso

<i>Avviamento a quota piattaforma</i>	35.0	<b>KN/m</b>
Coefficiente di adattamento $\alpha$	1.10	
Larghezza diffusione trasv. "b"	5.62	m
<b><i>Frenatura su traverso superiore</i></b>	<b>6.8</b>	<b>KN/m</b>

In fase progettuale, dovendo considerare una fascia di un metro in direzione trasversale, si considera nel modello unicamente l'azione massima tra quelle di avviamento e frenatura. Queste azioni tangenziali al traverso sono incluse nelle condizioni di carico 10/11.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO TOMBINI IDRAULICI Tombini ferroviari e stradali					
	IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN51000 001	REV. A

### 8.3 Approcci progettuali e metodi di verifica

Come prescritto dal DM 14/01/2008 per le verifiche dell'opera 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.

### 8.4 Combinazioni di carico

Sulla base della definizione dei carichi di cui sopra, in accordo a quanto prescritto dal DM 14/01/2008, sono state individuate le combinazioni di carico per le verifiche di stati limite ultimi e di esercizio in condizioni statiche e in condizioni sismiche.

- combinazione fondamentale (SLU)
- combinazione sismica (SLV): il coefficiente di combinazione per il carico variabile  $Q_1$  è pari a 0
- coefficienti di partecipazione  $\Psi$  per carichi di tipo variabile :

Variabili da traffico:  $\Psi_0 = 0.80$   $\Psi_1 = 0.80$   $\Psi_2 = 0.00$  ( $\Psi_2 = 0.20$  in combinazioni sismiche)

Azioni Termiche :  $\Psi_0 = 0.60$   $\Psi_1 = 0.60$   $\Psi_2 = 0.50$

Per un riepilogo delle Combinazioni di Calcolo considerate nelle analisi si rimanda ai tabulati di calcolo in allegato.

### 8.5 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
qult	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:

$$N_q = e^{\pi \cdot \text{tg} \phi} K_p$$

$$N_c = (N_q - 1) \text{ctg} \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \text{tg} (1.4\phi)$$

### Fattori di profondità

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

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 di forma

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

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

### Fattori inclinazione del carico

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

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$i_\gamma = 0$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{\phi}{90}\right)^2$

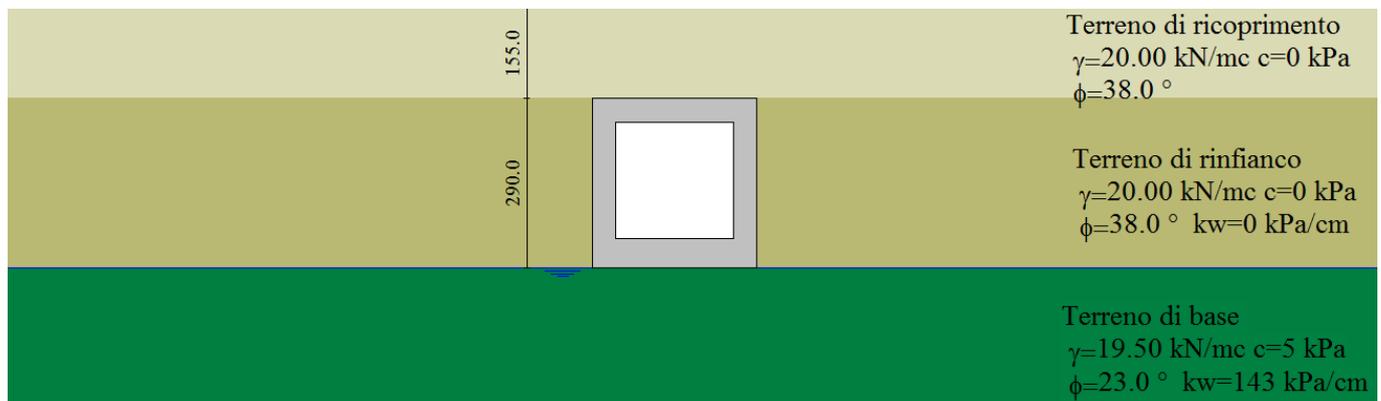
L'espressione di Meyerhof presuppone pertanto l'orizzontalità del piano di posa, condizione verificata per il caso in esame.

## 9. RISULTATI, ANALISI E VERIFICHE

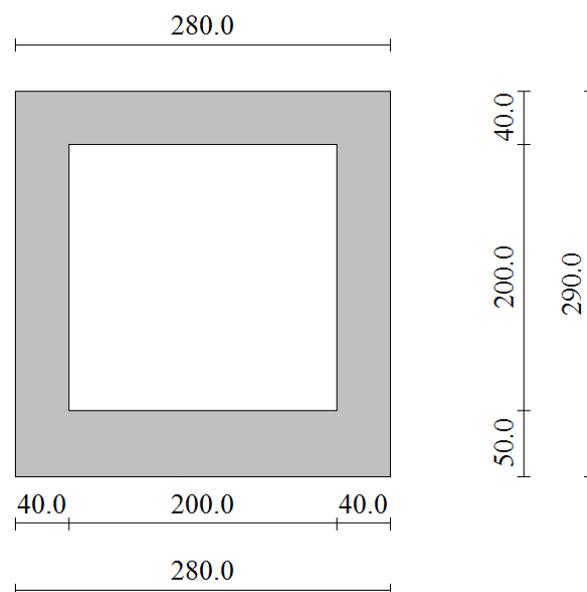
Di seguito di riporta una descrizione della modellazione effettuata mediante ausilio del software di calcolo SCAT v.14 prodotto dalla AZTEC Informativa, con una descrizione del modello strutturale implementato, sollecitazioni di calcolo ottenute e risultati delle verifiche effettuate.

### 9.1 MODELLO DI CALCOLO

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

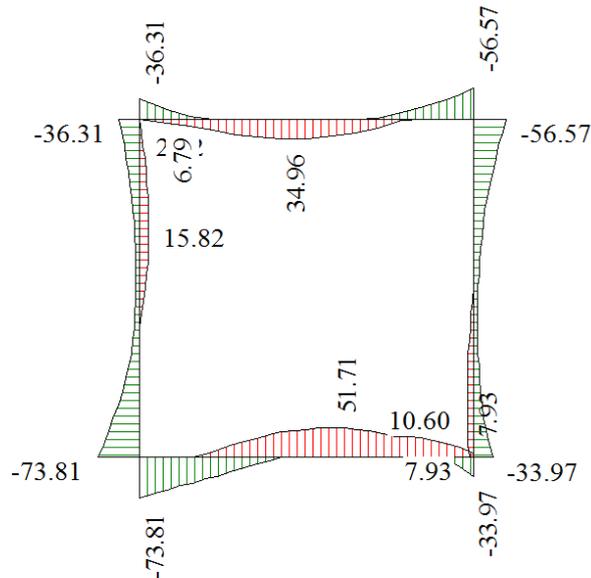


Modello Geometrico Geotecnico di Riferimento – 1/2

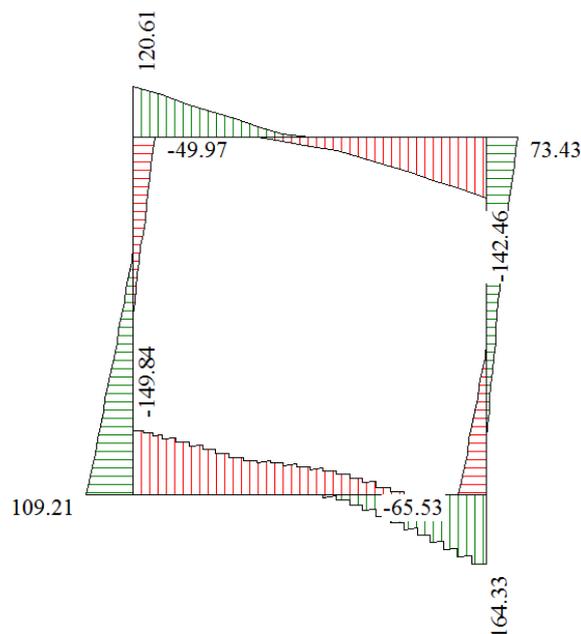


Modello Geometrico Geotecnico di Riferimento – 2/2

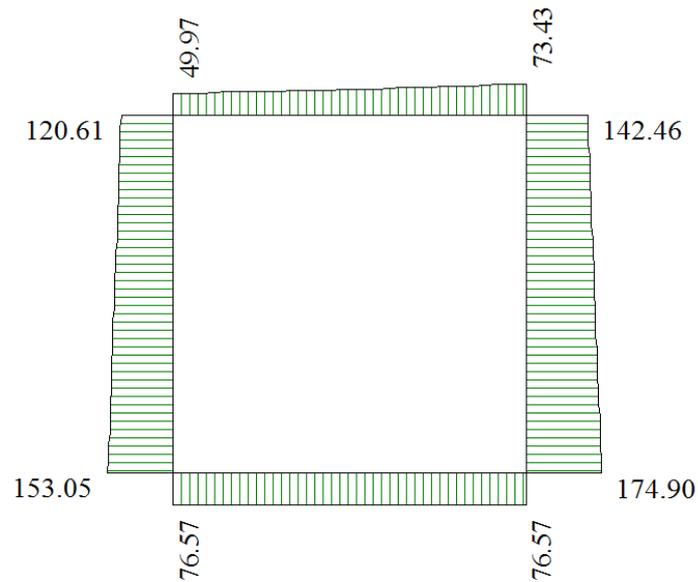
## 9.2 SOLLECITAZIONI DI CALCOLO



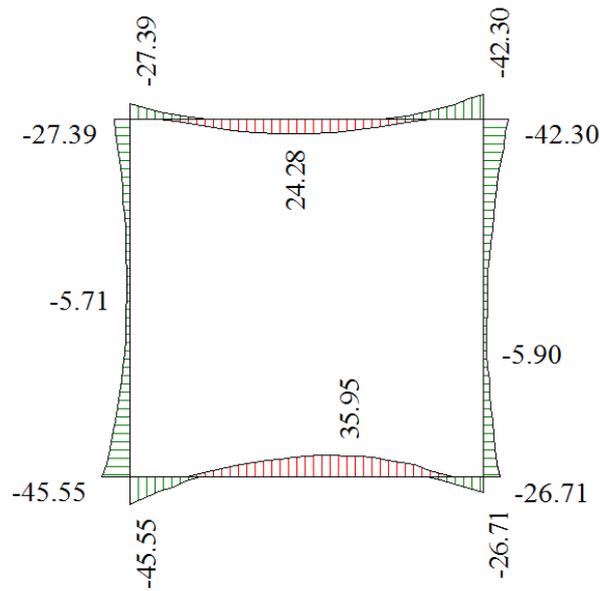
*Inviluppo diagrammi del momento flettente – SLU statico e sismico*



*Inviluppo diagrammi del taglio – SLU statico e sismico*



Inviluppo diagrammi dello sforzo normale – SLU statico e sismico



Inviluppo diagrammi del momento flettente – SLE

### 9.3 ARMATURE DI PROGETTO

Nella tabella seguente si riportano le armature di progetto previste per la sezione di calcolo in questione, come desumibili dagli elaborati grafici di armatura delle opere relative:

Elemento	Armatura a flessione		Armatura a taglio
	Af 1	Af 2	Af t
TRAVERSO	Φ16/10 cm	Φ16/10 cm	Spilli 6 φ 8mq
PIEDRITTI	Φ16/10 cm	Φ16/10 cm	Spilli 6 φ 8mq
FONDAZIONE	Φ16/10 cm	Φ16/10 cm	Spilli 6 φ 8mq

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

**Af2** : Armatura lato interno

L'armatura longitudinale disposta è maggiore rispetto a quella necessaria per garantire il soddisfacimento delle verifiche a pressoflessione. Tuttavia si necessita di tale armatura per garantire il soddisfacimento delle verifiche a taglio in assenza di armature a taglio.

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

Per ulteriori dettagli circa i risultati delle verifiche si rimanda ai tabulati di calcolo specifici per l'opera in oggetto

### 9.4 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. I criteri generali di verifica adottati dal Software, sono quelli esposti al paragrafo 8.1. Per quanto riguarda il taglio il programma prevede sia la verifica per elementi non armati a taglio e sia quella per elementi dotati di apposita armatura a taglio, disponendo tuttavia ferri sagomati resistenti a taglio e non staffe o tiranti. Per questo motivo le verifiche a taglio vengono eseguite manualmente attraverso l'ausilio di fogli di calcolo strutturati ad hoc sulla base del DM2008. Le sollecitazioni taglianti sono valutate a filo elementi e sono intese come involuppo tra le sollecitazioni taglianti delle varie combinazioni di calcolo considerate

Verifica a taglio						
Sezione	$V_{Ed}$	b	h	$V_{Rd}$	Verificato	Armatura a taglio
[-]	[kN]	[cm]	[cm]	[kN]	[-]	[-]
*Traverso	110	100	40	189.3	SI	Spilli 6 $\phi$ 8mq
*Piedritti	100	100	40	189.3	SI	Spilli 6 $\phi$ 8mq
*Fondazione	155	100	50	213	SI	Spilli 6 $\phi$ 8mq

\*è stato verificato come un elemento in c.a. non armato a taglio ( $V_{Ed} < V_{Rct}$ ). Tuttavia si considera un minimo di armatura a taglio costituito da Spilli 6  $\phi$  8mq.

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 pari rispettivamente a 14,9 MPa (per calcestruzzo di classe C25/30 combinazioni rare) e di 360 MPa (per acciaio B 450 C), nonché di verificare che l'apertura delle fessure sia inferiore al valore limite di  $w_1=0,2\text{mm}$  (Classe di esposizione XC2 ed armature poco sensibili).

Come si evince dai tabulati le verifiche risultano soddisfatte.

## 9.5 VERIFICHE GEOTECNICHE

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  
TOMBINI IDRAULICI  
Tombini ferroviari e stradali

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	35 di 106

## 10. TABULATI DI CALCOLO

### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo dei software impiegati ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore dei software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. Le stesse società produttrici hanno verificato l'affidabilità e la robustezza dei codici di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati sono contenuti in apposita documentazione fornita a corredo dell'acquisto del prodotto, che per brevità espositiva si omette di allegare al presente documento.

### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni esposte nel documento sono state inoltre sottoposte a controlli dal sottoscritto utente del software.

Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali, che per brevità espositiva si omette dall'allegare al presente documento.

Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, Il Progettista dichiara pertanto che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, validando conseguentemente i risultati dei calcoli esposti nella presente.

## Geometria scatolare

Descrizione:	Scatolare semplice	
Altezza esterna	2.90	[m]
Larghezza esterna	2.80	[m]
Lunghezza mensola di fondazione sinistra	0.00	[m]
Lunghezza mensola di fondazione destra	0.00	[m]
Spessore piedritto sinistro	0.40	[m]
Spessore piedritto destro	0.40	[m]
Spessore fondazione	0.50	[m]
Spessore traverso	0.40	[m]

## Caratteristiche strati terreno

### Strato di ricoprimento

Descrizione	Terreno di ricoprimento	
Spessore dello strato	1.55	[m]
Peso di volume	20.0000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	20.0000	[kN/mc]
Angolo di attrito	38.00	[°]
Coesione	0	[kPa]

### Strato di rinfianco

Descrizione	Terreno di rinfianco	
Peso di volume	20.0000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	20.0000	[kN/mc]
Angolo di attrito	38.00	[°]
Angolo di attrito terreno struttura	25.33	[°]
Coesione	0	[kPa]
Costante di Winkler	0	[kPa/cm]

### Strato di base

Descrizione	Terreno di base	
Peso di volume	19.5000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	19.5000	[kN/mc]
Angolo di attrito	23.00	[°]

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	37 di 106

Angolo di attrito terreno struttura	23.00	[°]
Coesione	5	[kPa]
Costante di Winkler	143	[kPa/cm]
Tensione limite	1000	[kPa]

## Falda

Quota falda (rispetto al piano di posa)	0.00	[m]
---	------	-----

## Caratteristiche materiali utilizzati

### Materiale calcestruzzo

$R_{ck}$ calcestruzzo	37000	[kPa]
Peso specifico calcestruzzo	24.5170	[kN/mc]
Modulo elastico E	32836450	[kPa]
Tensione di snervamento acciaio	450000	[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

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	38 di 106

F<sub>y</sub> componente Y del carico concentrato

F<sub>x</sub> componente X del carico concentrato

M momento

*Forze distribuite*

X<sub>i</sub>, X<sub>f</sub> ascisse del punto iniziale e finale per carichi distribuiti verticali

Y<sub>i</sub>, Y<sub>f</sub> ordinate del punto iniziale e finale per carichi distribuiti orizzontali

V<sub>ni</sub> componente normale del carico distribuito nel punto iniziale

V<sub>nf</sub> componente normale del carico distribuito nel punto finale

V<sub>ni</sub> componente tangenziale del carico distribuito nel punto iniziale

V<sub>nf</sub> componente tangenziale del carico distribuito nel punto finale

D<sub>te</sub> variazione termica lembo esterno espressa in gradi centigradi

D<sub>ti</sub> 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 (Qcentrale)

Distr	Terreno	X <sub>i</sub> = -1.80	X <sub>f</sub> = 0.00	V <sub>ni</sub> = 27.80	V <sub>nf</sub> = 27.80	
Distr	Terreno	X <sub>i</sub> = 0.00	X <sub>f</sub> = 2.80	V <sub>ni</sub> = 37.10	V <sub>nf</sub> = 37.10	
Distr	Terreno	X <sub>i</sub> = 2.80	X <sub>f</sub> = 4.40	V <sub>ni</sub> = 27.80	V <sub>nf</sub> = 27.80	
Distr	Traverso	X <sub>i</sub> = 0.00	X <sub>f</sub> = 2.80	V <sub>ni</sub> = 0.00	V <sub>nf</sub> = 0.00	V <sub>ti</sub> = 6.80 V <sub>tf</sub> = 6.80
Distr	Terreno	X <sub>i</sub> = -10.00	X <sub>f</sub> = -1.80	V <sub>ni</sub> = 14.20	V <sub>nf</sub> = 14.20	
Distr	Terreno	X <sub>i</sub> = 4.40	X <sub>f</sub> = 12.80	V <sub>ni</sub> = 14.20	V <sub>nf</sub> = 14.20	

Condizione di carico n° 8 (Qlaterale)

Distr	Terreno	X <sub>i</sub> = -10.00	X <sub>f</sub> = -6.40	V <sub>ni</sub> = 14.20	V <sub>nf</sub> = 14.20
Distr	Terreno	X <sub>i</sub> = -6.40	X <sub>f</sub> = 0.00	V <sub>ni</sub> = 27.80	V <sub>nf</sub> = 27.80

Condizione di carico n° 9 (TERMICO)

Term	Traverso	D <sub>te</sub> = -2.50	D <sub>ti</sub> = 2.50
Term	Traverso	D <sub>te</sub> = -15.0	D <sub>ti</sub> = -15.0

Condizione di carico n° 10 (RITIRO)

Term	Traverso	D <sub>te</sub> = -10.00	D <sub>ti</sub> = -10.00
------	----------	--------------------------	--------------------------

Condizione di carico n° 11 (BALLAST)

Distr          Terreno           $X_i = -10.00$            $X_i = 12.80$            $V_{ni} = 14.40$            $V_{ni} = 14.40$

## 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

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

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

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

con:

d	altezza utile sezione [mm]
$b_w$	larghezza minima sezione [mm]
$\sigma_{cp}$	tensione media di compressione [N/mmq]
$\rho_l$	rapporto geometrico di armatura
$A_{sw}$	area armatura trasversale [mmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
$\alpha_c$	coefficiente maggiorativo, funzione di fcd 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 moderatamente aggressivo

Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. rare)

0.55  $f_{ck}$



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TOMBINI IDRAULICI  
Tombini ferroviari e stradali

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	40 di 106

Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. quasi perm.)

$0.40 f_{ck}$

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  $w1=0.10$   $w2=0.15$   $w3=0.20$

Verifiche secondo :

Norme Tecniche 2008 - Approccio 2

Copriferro sezioni 6.00 [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	$\gamma_{G1sfav}$	1.35	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevole	$\gamma_{G2fav}$	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevole	$\gamma_{G2sfav}$	1.50	1.30
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qifav}$	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	$\gamma_{Qsfav}$	1.45	1.25
Termici	Favorevole	$\gamma_{\epsilon fav}$	0.00	0.00
Termici	Sfavorevole	$\gamma_{\epsilon sfav}$	1.20	1.20

### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	M1	M2
-----------	----	----

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	42 di 106

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	$\gamma_{Q1fav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Q1sfav}$	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	$\gamma_{Q1fav}$	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Q1sfav}$	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>
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**

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	43 di 106

Peso Proprio	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Qcentrale	Sfavorevole	1.45	1.00	1.45
TERMICO	Sfavorevole	1.20	0.60	0.72
RITIRO	Sfavorevole	1.20	1.00	1.20
BALLAST	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 2 SLU (Approccio 2)

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Qcentrale	Sfavorevole	1.45	0.75	1.09
TERMICO	Sfavorevole	1.20	1.00	1.20
RITIRO	Sfavorevole	1.20	1.00	1.20
BALLAST	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 3 SLU (Approccio 2)

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Qlaterale	Sfavorevole	1.45	1.00	1.45
TERMICO	Sfavorevole	1.20	0.60	0.72
RITIRO	Sfavorevole	1.20	1.00	1.20
BALLAST	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 4 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

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	44 di 106

Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Qcentrale	Sfavorevole	1.00	0.20	0.20
TERMICO	Sfavorevole	1.00	0.50	0.50
RITIRO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
BALLAST	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 5 SLU (Approccio 2)

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Qlaterale	Sfavorevole	1.45	0.75	1.09
TERMICO	Sfavorevole	1.20	1.00	1.20
RITIRO	Sfavorevole	1.20	1.00	1.20
BALLAST	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 6 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
Qlaterale	Sfavorevole	1.00	0.20	0.20
TERMICO	Sfavorevole	1.00	0.50	0.50
RITIRO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
BALLAST	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 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

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	45 di 106

Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Qcentrale	Sfavorevole	1.00	0.20	0.20
TERMICO	Sfavorevole	1.00	0.50	0.50
RITIRO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
BALLAST	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 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
Qlaterale	Sfavorevole	1.00	0.20	0.20
TERMICO	Sfavorevole	1.00	0.50	0.50
RITIRO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
BALLAST	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 9 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
BALLAST	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
TERMICO	Sfavorevole	1.00	0.50	0.50
RITIRO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 10 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

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	46 di 106

BALLAST	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Qcentrale	Sfavorevole	1.00	0.80	0.80
TERMICO	Sfavorevole	1.00	0.50	0.50
RITIRO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 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
BALLAST	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Qlaterale	Sfavorevole	1.00	0.80	0.80
TERMICO	Sfavorevole	1.00	0.50	0.50
RITIRO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 12 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
BALLAST	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
TERMICO	Sfavorevole	1.00	0.60	0.60
RITIRO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 13 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
BALLAST	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Qcentrale	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
TERMICO	Sfavorevole	1.00	0.60	0.60

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	47 di 106

RITIRO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
--------	-------------	------	------	------

Combinazione n° 14 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
BALLAST	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Qlaterale	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
TERMICO	Sfavorevole	1.00	0.60	0.60
RITIRO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 15 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
BALLAST	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
TERMICO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Qcentrale	Sfavorevole	1.00	0.80	0.80
RITIRO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 16 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
BALLAST	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
TERMICO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Qlaterale	Sfavorevole	1.00	0.80	0.80
RITIRO	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

Teoria di Terzaghi

I carichi applicati sul terreno sono stati diffusi secondo **valore 38.00**

Metodo di calcolo della portanza

Meyerhof

### Spinta sui piedritti

a Riposo [combinazione 1]  
a Riposo [combinazione 2]  
a Riposo [combinazione 3]  
a Riposo [combinazione 4]  
a Riposo [combinazione 5]  
a Riposo [combinazione 6]  
a Riposo [combinazione 7]  
a Riposo [combinazione 8]  
a Riposo [combinazione 9]  
a Riposo [combinazione 10]  
a Riposo [combinazione 11]  
a Riposo [combinazione 12]  
a Riposo [combinazione 13]  
a Riposo [combinazione 14]  
a Riposo [combinazione 15]  
a Riposo [combinazione 16]



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TOMBINI IDRAULICI  
Tombini ferroviari e stradali

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	49 di 106

Sisma

#### Identificazione del sito

Latitudine	37.563000
Longitudine	14.687000
Comune	Catenanuova
Provincia	Enna
Regione	Sicilia
Punti di interpolazione del reticolo	47638 - 47860 - 47861 - 47639

#### Tipo di opera

Tipo di costruzione	Opera ordinaria
Vita nominale	75 anni
Classe d'uso	III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose
Vita di riferimento	113 anni

#### Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo $a_g =$	1.72 [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)	$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * Ss) = 20.99$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 10.50$

#### Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo $a_g =$	0.70 [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)	$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * Ss) = 1.54$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 0.77$
Forma diagramma incremento sismico	Rettangolare
Spinta sismica	Wood



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TOMBINI IDRAULICI  
Tombini ferroviari e stradali

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	50 di 106

Angolo diffusione sovraccarico

38.00 [°]

Coefficienti di spinta

N°combinazione	Statico	Sismico
1	0.384	0.000
2	0.384	0.000
3	0.384	0.000
4	0.384	0.658
5	0.384	0.000
6	0.384	0.658
7	0.384	0.658
8	0.384	0.658
9	0.384	0.000
10	0.384	0.000
11	0.384	0.000
12	0.384	0.000
13	0.384	0.000
14	0.384	0.000
15	0.384	0.000
16	0.384	0.000

Discretizzazione strutturale

Numero elementi fondazione	27
Numero elementi trasverso	15
Numero elementi piedritto sinistro	26
Numero elementi piedritto destro	26
Numero molle fondazione	28
Numero molle piedritto sinistro	27
Numero molle piedritto destro	27

## Sollecitazioni

### Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 1)

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-63.0569	-149.8406	76.5708
1.40	49.7228	-16.5812	76.5708
2.60	-33.9742	164.3271	76.5708

### Sollecitazioni traverso (Combinazione n° 1)

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-29.3286	120.6145	49.7610
1.40	34.4960	-11.5036	61.5930
2.60	-56.3496	-142.4592	73.4250

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	-63.0569	87.6634	153.0505
1.48	-4.1051	11.1651	136.8325
2.70	-29.3286	-49.7610	120.6145

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	-33.9742	-65.5285	174.8952
1.48	-2.6060	11.7344	158.6772
2.70	-56.3496	73.4250	142.4592

### Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 2)

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-53.9647	-139.5977	66.4345
1.40	47.4745	-11.1861	66.4345
2.60	-32.1523	150.0000	66.4345

### Sollecitazioni traverso (Combinazione n° 2)

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-36.3061	110.4936	49.9726

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	52 di 106

1.40	23.5820	-8.6275	58.8466
2.60	-56.5715	-126.8768	67.7206

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	-53.9647	74.7569	142.9296
1.48	-6.9356	4.6060	126.7116
2.70	-36.3061	-49.9726	110.4936

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	-32.1523	-58.1558	159.3128
1.48	-5.8109	12.5685	143.0948
2.70	-56.5715	67.7206	126.8768

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

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-50.3010	-127.7292	58.4002
1.40	37.4336	-6.6825	58.4002
2.60	-27.4378	116.4763	58.4002

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

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-26.0157	98.9390	41.9937
1.40	24.1003	-10.7557	41.9937
2.60	-36.8846	-90.8857	41.9937

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	-50.3010	72.1876	131.3750
1.48	-3.1889	7.3108	115.1570
2.70	-26.0157	-41.9937	98.9390

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
-------	---------	--------	--------

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	53 di 106

0.25	-27.4378	-44.6512	123.3217
1.48	-5.6248	6.4573	107.1037
2.70	-36.8846	41.9937	90.8857

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

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-71.9857	-65.7159	58.0155
1.40	12.2974	-59.9257	61.1033
2.60	7.9256	92.5203	64.1910

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

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-1.2061	44.2108	43.0947
1.40	13.4871	-19.3447	47.1970
2.60	-47.5524	-82.7400	51.2992

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	-71.9857	108.5549	65.7158
1.48	9.8478	26.9626	54.9633
2.70	-1.2061	-43.0947	44.2108

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	7.9256	-13.6919	104.2449
1.48	0.0911	24.5711	93.4925
2.70	-47.5524	51.2992	82.7400

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

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-44.3978	-123.0141	52.8065
1.40	38.2577	-3.7621	52.8065
2.60	-27.2501	114.1119	52.8065

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

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	54 di 106

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-33.8214	94.2369	44.1472
1.40	15.7852	-8.0666	44.1472
2.60	-41.9727	-88.1966	44.1472

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	-44.3978	63.1501	126.6729
1.48	-6.2485	1.7154	110.4549
2.70	-33.8214	-44.1472	94.2369

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	-27.2501	-42.4978	120.6326
1.48	-8.0750	8.6108	104.4146
2.70	-41.9727	44.1472	88.1966

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

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-68.8909	-63.3476	54.7534
1.40	11.9329	-55.7633	57.8412
2.60	7.3641	85.7622	60.9290

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

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-1.2660	41.8425	41.0285
1.40	12.2820	-18.6202	43.4987
2.60	-43.8931	-75.0050	45.9689

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	-68.8909	103.9133	63.3475
1.48	9.3110	25.6749	52.5950
2.70	-1.2660	-41.0285	41.8425

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	55 di 106

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	7.3641	-11.8072	96.5100
1.48	-0.5695	22.8484	85.7575
2.70	-43.8931	45.9689	75.0050

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

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-73.8143	-73.2367	58.6670
1.40	17.7579	-58.0499	61.7548
2.60	6.1142	100.0627	64.8426

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

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-1.4380	46.6883	42.4430
1.40	14.7460	-19.3376	46.5453
2.60	-47.7670	-85.2030	50.6475

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	-73.8143	109.2066	73.2366
1.48	8.8176	27.6143	59.9624
2.70	-1.4380	-42.4430	46.6883

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	6.1142	-14.3436	111.7514
1.48	-0.9218	23.9194	98.4772
2.70	-47.7670	50.6475	85.2030

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

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-70.6539	-70.8710	55.3713
1.40	17.1015	-53.9437	58.4590

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	56 di 106

2.60                      5.6247                      93.2263                      61.5468

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

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-1.5148	44.3226	40.4104
1.40	13.5272	-18.6103	42.8806
2.60	-44.1182	-77.4654	45.3509

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	-70.6539	104.5313	70.8710
1.48	8.3051	26.2930	57.5968
2.70	-1.5148	-40.4104	44.3226

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	5.6247	-12.4252	104.0137
1.48	-1.5518	22.2303	90.7396
2.70	-44.1182	45.3509	77.4654

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 9)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-26.7134	-78.9617	38.5955
1.40	22.2148	3.6411	38.5955
2.60	-26.7123	77.6181	38.5955

**Sollecitazioni trasverso (Combinazione n° 9)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-18.4862	57.6204	24.2113
1.40	16.0864	0.0005	24.2113
2.60	-18.4850	-57.6194	24.2113

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 9)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	-26.7134	38.6082	81.6471

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	57 di 106

1.48	-3.3603	1.4310	69.6337
2.70	-18.4862	-24.2113	57.6204

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 9)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	-26.7123	-38.6082	81.6461
1.48	-3.3592	-1.4310	69.6328
2.70	-18.4850	24.2113	57.6194

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 10)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-42.1346	-101.5635	52.3335
1.40	31.8028	-8.2675	52.3335
2.60	-26.0887	109.2315	52.3335

**Sollecitazioni traverso (Combinazione n° 10)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-19.5981	79.9563	32.3789
1.40	23.6618	-6.3467	38.9069
2.60	-34.5060	-92.0084	45.4349

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 10)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	-42.1346	58.4569	103.9830
1.48	-3.0469	7.2715	91.9697
2.70	-19.5981	-32.3789	79.9563

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 10)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	-26.0887	-46.2445	116.0350
1.48	-2.2195	5.3627	104.0217
2.70	-34.5060	45.4349	92.0084

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 11)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
-------	---------	--------	--------

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	58 di 106

0.20	-35.0969	-89.3641	42.3083
1.40	25.0226	-2.8062	42.3083
2.60	-22.4824	82.8311	42.3083

**Sollecitazioni trasverso (Combinazione n° 11)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-17.7703	67.9974	28.0935
1.40	17.9262	-5.9341	28.0935
2.60	-23.7666	-63.5540	28.0935

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 11)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	-35.0969	49.9185	92.0241
1.48	-2.5414	5.1450	80.0108
2.70	-17.7703	-28.0935	67.9974

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 11)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	-22.4824	-34.7260	87.5807
1.48	-3.8850	2.4512	75.5673
2.70	-23.7666	28.0935	63.5540

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 12)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-26.2750	-78.9614	37.7807
1.40	22.6515	3.6409	37.7807
2.60	-26.2739	77.6176	37.7807

**Sollecitazioni trasverso (Combinazione n° 12)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-20.0448	57.6204	25.0264
1.40	14.5277	0.0005	25.0264
2.60	-20.0436	-57.6194	25.0264

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 12)**

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	59 di 106

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	-26.2750	37.7931	81.6471
1.48	-3.9204	0.6159	69.6337
2.70	-20.0448	-25.0264	57.6204

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 12)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	-26.2739	-37.7931	81.6461
1.48	-3.9193	-0.6159	69.6328
2.70	-20.0436	25.0264	57.6194

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 13)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-45.5514	-107.2137	54.9531
1.40	34.6365	-11.2449	54.9531
2.60	-25.4944	117.1344	54.9531

**Sollecitazioni traverso (Combinazione n° 13)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-21.4347	85.5403	35.2360
1.40	23.9970	-7.9335	43.3960
2.60	-40.0698	-100.6056	51.5560

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 13)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	-45.5514	62.6039	109.5670
1.48	-3.5286	7.9165	97.5537
2.70	-21.4347	-35.2360	85.5403

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 13)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	-25.4944	-47.3384	124.6323
1.48	-2.4947	7.8762	112.6189
2.70	-40.0698	51.5560	100.6056

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 14)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-36.7543	-91.9644	42.4217
1.40	26.1612	-4.4182	42.4217
2.60	-20.9865	84.1339	42.4217

**Sollecitazioni traverso (Combinazione n° 14)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-19.1500	70.5917	29.8792
1.40	16.8275	-7.4177	29.8792
2.60	-26.6457	-65.0376	29.8792

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 14)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	-36.7543	51.9309	94.6184
1.48	-2.8968	5.2584	82.6050
2.70	-19.1500	-29.8792	70.5917

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 14)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	-20.9865	-32.9403	89.0643
1.48	-4.5766	4.2369	77.0510
2.70	-26.6457	29.8792	65.0376

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 15)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-39.9425	-101.5620	48.2592
1.40	33.9864	-8.2686	48.2592
2.60	-23.8966	109.2292	48.2592

**Sollecitazioni traverso (Combinazione n° 15)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-27.3912	79.9563	36.4545
1.40	15.8686	-6.3467	42.9825
2.60	-42.2991	-92.0084	49.5105

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	61 di 106

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 15)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	-39.9425	54.3813	103.9830
1.48	-5.8474	3.1959	91.9697
2.70	-27.3912	-36.4545	79.9563

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 15)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	-23.8966	-42.1689	116.0350
1.48	-5.0200	9.4383	104.0217
2.70	-42.2991	49.5105	92.0084

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 16)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-32.9047	-89.3625	38.2341
1.40	27.2062	-2.8072	38.2341
2.60	-20.2903	82.8288	38.2341

**Sollecitazioni traverso (Combinazione n° 16)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-25.5634	67.9974	32.1691
1.40	10.1331	-5.9341	32.1691
2.60	-31.5597	-63.5540	32.1691

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 16)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	-32.9047	45.8429	92.0241
1.48	-5.3419	1.0694	80.0108
2.70	-25.5634	-32.1691	67.9974

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 16)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.25	-20.2903	-30.6504	87.5807
1.48	-6.6855	6.5268	75.5673



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TOMBINI IDRAULICI  
Tombini ferroviari e stradali

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	62 di 106

2.70

-31.5597

32.1691

63.5540

## Pressioni terreno

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.20	96
1.40	153
2.60	211

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.20	100
1.40	142
2.60	186

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.20	109
1.40	122
2.60	137

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.20	0
1.40	66
2.60	234

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.20	110
1.40	119
2.60	130

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.20	0
1.40	66
2.60	215

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

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	64 di 106

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.20	0
1.40	83
2.60	234

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.20	0
1.40	81
2.60	216

**Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 9)**

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.20	81
1.40	80
2.60	81

**Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 10)**

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.20	73
1.40	104
2.60	136

**Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 11)**

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.20	80
1.40	87
2.60	95

**Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 12)**

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.20	81
1.40	80
2.60	81

**Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 13)**

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.20	71



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TOMBINI IDRAULICI  
Tombini ferroviari e stradali

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	65 di 106

1.40 110

2.60 150

**Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 14)**

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.20	80
1.40	89
2.60	99

**Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 15)**

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.20	73
1.40	104
2.60	136

**Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 16)**

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.20	80
1.40	87
2.60	95

## 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
$V$	Taglio, espresso in kN
$N$	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
$V_{Rd}$	Aliquota taglio assorbita dal calcestruzzo in elementi senza armature trasversali, espressa in kN
$V_{Rcd}$	Aliquota taglio assorbita dal calcestruzzo in elementi con armature trasversali, espressa in kN
$V_{Rsd}$	Aliquota taglio assorbita armature trasversali, espressa in kN
$A_{sw}$	Area armature trasversali nella sezione, espressa in cm <sup>2</sup>

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

Base sezione  $B = 100$  cm

Altezza sezione  $H = 50.00$  cm

#### Verifiche presso-flessione

$N^{\circ}$	$X$	$M$	$N$	$N_u$	$M_u$	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$CS$
1	0.20	63.06 (63.06)	76.57	504.78	415.69	20.11	20.11	6.59
2	1.40	-49.72 (-51.71)	76.57	658.10	-444.45	20.11	20.11	8.59
3	2.60	33.97 (63.06)	76.57	504.78	415.69	20.11	20.11	6.59

#### Verifiche taglio

$N^{\circ}$	$X$	$V$	$V_{Rd}$	$V_{Rsd}$	$V_{Red}$	$A_{sw}$
1	0.20	-149.84	210.37	0.00	0.00	0.00
2	1.40	-16.58	210.37	0.00	0.00	0.00
3	2.60	164.33	210.37	0.00	0.00	0.00

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

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	67 di 106

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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	0.20	-29.33 (-56.35)	49.76	245.19	-277.66	20.11	20.11	4.93
2	1.40	34.50 (34.96)	61.59	568.21	322.54	20.11	20.11	9.23
3	2.60	-56.35 (-56.35)	73.43	387.57	-297.44	20.11	20.11	5.28

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.20	120.61	184.32	0.00	0.00	0.00
2	1.40	-11.50	185.83	0.00	0.00	0.00
3	2.60	-142.46	187.34	0.00	0.00	0.00

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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	0.25	-63.06 (-63.06)	153.05	887.96	-365.84	20.11	20.11	5.80
2	1.48	-4.11 (-7.52)	136.83	5164.54	-283.89	20.11	20.11	37.74
3	2.70	-29.33 (-44.56)	120.61	1042.23	-385.00	20.11	20.11	8.64

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.25	87.66	197.49	0.00	0.00	0.00
2	1.48	11.17	195.42	0.00	0.00	0.00
3	2.70	-49.76	193.36	0.00	0.00	0.00

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 cm

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	68 di 106

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	0.25	-33.97 (-54.03)	174.90	1367.27	-422.36	20.11	20.11	7.82
2	1.48	-2.61 (-6.20)	158.68	5662.60	-221.14	20.11	20.11	35.69
3	2.70	-56.35 (-56.35)	142.46	941.80	-372.53	20.11	20.11	6.61

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.25	-65.53	200.28	0.00	0.00	0.00
2	1.48	11.73	198.21	0.00	0.00	0.00
3	2.70	73.43	196.14	0.00	0.00	0.00

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 50.00 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	0.20	53.96 (53.96)	66.43	513.84	417.39	20.11	20.11	7.73
2	1.40	-47.47 (-48.58)	66.43	590.43	-431.76	20.11	20.11	8.89
3	2.60	32.15 (53.96)	66.43	513.84	417.39	20.11	20.11	7.73

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.20	-139.60	209.03	0.00	0.00	0.00
2	1.40	-11.19	209.03	0.00	0.00	0.00
3	2.60	150.00	209.03	0.00	0.00	0.00

Verifica sezioni traverso [Combinazione n° 2 - SLU (Approccio 2)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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
----	---	---	---	----------------	----------------	-----------------	-----------------	----

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	69 di 106

1	0.20	-36.31 (-56.57)	49.97	245.28	-277.67	20.11	20.11	4.91
2	1.40	23.58 (23.63)	58.85	921.22	369.97	20.11	20.11	15.65
3	2.60	-56.57 (-56.57)	67.72	349.77	-292.19	20.11	20.11	5.16

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.20	110.49	184.35	0.00	0.00	0.00
2	1.40	-8.63	185.48	0.00	0.00	0.00
3	2.60	-126.88	186.61	0.00	0.00	0.00

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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	0.25	-53.96 (-53.96)	142.93	1008.67	-380.83	20.11	20.11	7.06
2	1.48	-6.94 (-8.35)	126.71	4848.90	-319.34	20.11	20.11	38.27
3	2.70	-36.31 (-51.60)	110.49	742.57	-346.76	20.11	20.11	6.72

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.25	74.76	196.20	0.00	0.00	0.00
2	1.48	4.61	194.13	0.00	0.00	0.00
3	2.70	-49.97	192.06	0.00	0.00	0.00

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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	0.25	-32.15 (-49.95)	159.31	1337.14	-419.22	20.11	20.11	8.39
2	1.48	-5.81 (-9.66)	143.09	4801.34	-324.02	20.11	20.11	33.55



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 TOMBINI IDRAULICI  
 Tombini ferroviari e stradali

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	70 di 106

3	2.70	-56.57 (-56.57)	126.88	793.61	-353.85	20.11	20.11	6.25
---	------	-----------------	--------	--------	---------	-------	-------	------

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.25	-58.16	198.29	0.00	0.00	0.00
2	1.48	12.57	196.22	0.00	0.00	0.00
3	2.70	67.72	194.15	0.00	0.00	0.00

Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 3 - SLU (Approccio 2)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 50.00 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	0.20	50.30 (50.30)	58.40	476.45	410.38	20.11	20.11	8.16
2	1.40	-37.43 (-38.11)	58.40	690.36	-450.50	20.11	20.11	11.82
3	2.60	27.44 (50.30)	58.40	476.45	410.38	20.11	20.11	8.16

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.20	-127.73	207.97	0.00	0.00	0.00
2	1.40	-6.68	207.97	0.00	0.00	0.00
3	2.60	116.48	207.97	0.00	0.00	0.00

Verifica sezioni traverso [Combinazione n° 3 - SLU (Approccio 2)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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	0.20	-26.02 (-36.88)	41.99	329.45	-289.36	20.11	20.11	7.85
2	1.40	24.10 (24.94)	41.99	535.40	317.98	20.11	20.11	12.75
3	2.60	-36.88 (-36.88)	41.99	329.45	-289.36	20.11	20.11	7.85

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	71 di 106

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.20	98.94	183.33	0.00	0.00	0.00
2	1.40	-10.76	183.33	0.00	0.00	0.00
3	2.60	-90.89	183.33	0.00	0.00	0.00

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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	0.25	-50.30 (-50.30)	131.38	987.93	-378.26	20.11	20.11	7.52
2	1.48	-3.19 (-5.43)	115.16	5404.25	-254.64	20.11	20.11	46.93
3	2.70	-26.02 (-38.87)	98.94	951.35	-373.71	20.11	20.11	9.62

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.25	72.19	194.73	0.00	0.00	0.00
2	1.48	7.31	192.66	0.00	0.00	0.00
3	2.70	-41.99	190.59	0.00	0.00	0.00

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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	0.25	-27.44 (-36.88)	123.32	1436.04	-429.51	20.11	20.11	11.64
2	1.48	-5.62 (-7.60)	107.10	4702.67	-333.73	20.11	20.11	43.91
3	2.70	-36.88 (-36.88)	90.89	907.40	-368.26	20.11	20.11	9.98

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
----	---	---	-----------------	------------------	------------------	-----------------

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	72 di 106

1	0.25	-44.65	193.70	0.00	0.00	0.00
2	1.48	6.46	191.63	0.00	0.00	0.00
3	2.70	41.99	189.56	0.00	0.00	0.00

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 50.00 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	0.20	71.99 (71.99)	58.02	304.78	378.17	20.11	20.11	5.25
2	1.40	-12.30 (-35.26)	61.10	824.28	-475.62	20.11	20.11	13.49
3	2.60	-7.93 (-35.26)	64.19	887.54	-487.49	20.11	20.11	13.83

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.20	-65.72	207.92	0.00	0.00	0.00
2	1.40	-59.93	208.32	0.00	0.00	0.00
3	2.60	92.52	208.73	0.00	0.00	0.00

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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	0.20	-1.21 (-14.73)	43.09	1173.85	-401.35	20.11	20.11	27.24
2	1.40	13.49 (17.11)	47.20	1072.64	388.78	20.11	20.11	22.73
3	2.60	-47.55 (-47.55)	51.30	309.12	-286.54	20.11	20.11	6.03

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.20	44.21	183.47	0.00	0.00	0.00
2	1.40	-19.34	183.99	0.00	0.00	0.00



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 TOMBINI IDRAULICI  
 Tombini ferroviari e stradali

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	73 di 106

3      2.60      -82.74      184.52      0.00      0.00      0.00

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

Base sezione      B = 100 cm

Altezza sezione      H = 40.00 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	0.25	-71.99 (-71.99)	65.72	254.68	-278.98	20.11	20.11	3.88
2	1.48	9.85 (15.82)	54.96	1524.50	438.71	20.11	20.11	27.74
3	2.70	-1.21 (-14.39)	44.21	1264.52	-411.67	20.11	20.11	28.60

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.25	108.55	186.36	0.00	0.00	0.00
2	1.48	26.96	184.98	0.00	0.00	0.00
3	2.70	-43.09	183.61	0.00	0.00	0.00

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

Base sezione      B = 100 cm

Altezza sezione      H = 40.00 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	0.25	7.93 (10.60)	104.24	3940.09	400.76	20.11	20.11	37.80
2	1.48	0.09 (7.61)	93.49	4427.15	360.35	20.11	20.11	47.35
3	2.70	-47.55 (-47.55)	82.74	558.97	-321.25	20.11	20.11	6.76

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.25	-13.69	191.27	0.00	0.00	0.00
2	1.48	24.57	189.90	0.00	0.00	0.00
3	2.70	51.30	188.53	0.00	0.00	0.00

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	74 di 106

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 50.00 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	0.20	44.40 (44.40)	52.81	491.44	413.19	20.11	20.11	9.31
2	1.40	-38.26 (-38.67)	52.81	589.34	-431.55	20.11	20.11	11.16
3	2.60	27.25 (44.40)	52.81	491.44	413.19	20.11	20.11	9.31

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.20	-123.01	207.23	0.00	0.00	0.00
2	1.40	-3.76	207.23	0.00	0.00	0.00
3	2.60	114.11	207.23	0.00	0.00	0.00

**Verifica sezioni traverso [Combinazione n° 5 - SLU (Approccio 2)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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	0.20	-33.82 (-41.97)	44.15	300.06	-285.28	20.11	20.11	6.80
2	1.40	15.79 (16.12)	44.15	1060.95	387.33	20.11	20.11	24.03
3	2.60	-41.97 (-41.97)	44.15	300.06	-285.28	20.11	20.11	6.80

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.20	94.24	183.61	0.00	0.00	0.00
2	1.40	-8.07	183.61	0.00	0.00	0.00
3	2.60	-88.20	183.61	0.00	0.00	0.00

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

Base sezione B = 100 cm

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	75 di 106

Altezza sezione H = 40.00 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	0.25	-44.40 (-44.40)	126.67	1129.34	-395.82	20.11	20.11	8.92
2	1.48	-6.25 (-6.77)	110.45	4976.71	-305.18	20.11	20.11	45.06
3	2.70	-33.82 (-44.40)	94.24	733.28	-345.47	20.11	20.11	7.78

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.25	63.15	194.13	0.00	0.00	0.00
2	1.48	1.72	192.06	0.00	0.00	0.00
3	2.70	-44.15	189.99	0.00	0.00	0.00

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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	0.25	-27.25 (-40.25)	120.63	1219.71	-407.01	20.11	20.11	10.11
2	1.48	-8.07 (-10.71)	104.41	3921.09	-402.19	20.11	20.11	37.55
3	2.70	-41.97 (-41.97)	88.20	722.90	-344.03	20.11	20.11	8.20

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.25	-42.50	193.36	0.00	0.00	0.00
2	1.48	8.61	191.29	0.00	0.00	0.00
3	2.70	44.15	189.22	0.00	0.00	0.00

**Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 6 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 50.00 cm

Verifiche presso-flessione



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 TOMBINI IDRAULICI  
 Tombini ferroviari e stradali

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	76 di 106

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.20	68.89 (68.89)	54.75	299.83	377.24	20.11	20.11	5.48
2	1.40	-11.93 (-32.97)	57.84	839.21	-478.42	20.11	20.11	14.51
3	2.60	-7.36 (-32.97)	60.93	907.78	-491.29	20.11	20.11	14.90

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.20	-63.35	207.49	0.00	0.00	0.00
2	1.40	-55.76	207.89	0.00	0.00	0.00
3	2.60	85.76	208.30	0.00	0.00	0.00

**Verifica sezioni trasverso [Combinazione n° 6 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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	0.20	-1.27 (-14.07)	41.03	1168.40	-400.68	20.11	20.11	28.48
2	1.40	12.28 (15.87)	43.50	1061.94	387.45	20.11	20.11	24.41
3	2.60	-43.89 (-43.89)	45.97	298.55	-285.07	20.11	20.11	6.49

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.20	41.84	183.21	0.00	0.00	0.00
2	1.40	-18.62	183.52	0.00	0.00	0.00
3	2.60	-75.00	183.84	0.00	0.00	0.00

**Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 6 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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	0.25	-68.89 (-68.89)	63.35	256.80	-279.27	20.11	20.11	4.05



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 TOMBINI IDRAULICI  
 Tombini ferroviari e stradali

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	77 di 106

2	1.48	9.31 (14.98)	52.59	1549.84	441.34	20.11	20.11	29.47
3	2.70	-1.27 (-13.82)	41.84	1237.99	-408.91	20.11	20.11	29.59

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.25	103.91	186.05	0.00	0.00	0.00
2	1.48	25.67	184.68	0.00	0.00	0.00
3	2.70	-41.03	183.31	0.00	0.00	0.00

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 6 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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	0.25	7.36 (9.54)	96.51	4004.89	395.90	20.11	20.11	41.50
2	1.48	-0.57 (-7.56)	85.76	4254.55	-375.12	20.11	20.11	49.61
3	2.70	-43.89 (-43.89)	75.00	545.84	-319.43	20.11	20.11	7.28

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.25	-11.81	190.28	0.00	0.00	0.00
2	1.48	22.85	188.91	0.00	0.00	0.00
3	2.70	45.97	187.54	0.00	0.00	0.00

**Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 7 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 50.00 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	0.20	73.81 (73.81)	58.67	299.83	377.24	20.11	20.11	5.11
2	1.40	-17.76 (-37.87)	61.75	754.26	-462.49	20.11	20.11	12.21
3	2.60	-6.11 (-37.87)	64.84	809.82	-472.91	20.11	20.11	12.49

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	78 di 106

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.20	-73.24	208.00	0.00	0.00	0.00
2	1.40	-58.05	208.41	0.00	0.00	0.00
3	2.60	100.06	208.82	0.00	0.00	0.00

**Verifica sezioni traverso [Combinazione n° 7 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo ]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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	0.20	-1.44 (-15.72)	42.44	1037.65	-384.43	20.11	20.11	24.45
2	1.40	14.75 (18.24)	46.55	955.02	374.17	20.11	20.11	20.52
3	2.60	-47.77 (-47.77)	50.65	302.90	-285.68	20.11	20.11	5.98

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.20	46.69	183.39	0.00	0.00	0.00
2	1.40	-19.34	183.91	0.00	0.00	0.00
3	2.60	-85.20	184.43	0.00	0.00	0.00

**Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 7 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo ]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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	0.25	-73.81 (-73.81)	73.24	280.33	-282.54	20.11	20.11	3.83
2	1.48	8.82 (15.09)	59.96	1841.85	463.63	20.11	20.11	30.72
3	2.70	-1.44 (-14.43)	46.69	1366.80	-422.31	20.11	20.11	29.28

Verifiche taglio

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	79 di 106

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.25	109.21	187.31	0.00	0.00	0.00
2	1.48	27.61	185.62	0.00	0.00	0.00
3	2.70	-42.44	183.93	0.00	0.00	0.00

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 7 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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	0.25	6.11 (9.04)	111.75	4441.11	359.16	20.11	20.11	39.74
2	1.48	-0.92 (-8.24)	98.48	4367.24	-365.48	20.11	20.11	44.35
3	2.70	-47.77 (-47.77)	85.20	577.66	-323.85	20.11	20.11	6.78

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.25	-14.34	192.23	0.00	0.00	0.00
2	1.48	23.92	190.53	0.00	0.00	0.00
3	2.70	50.65	188.84	0.00	0.00	0.00

**Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 8 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 50.00 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	0.20	70.65 (70.65)	55.37	294.92	376.32	20.11	20.11	5.33
2	1.40	-17.10 (-35.56)	58.46	763.15	-464.16	20.11	20.11	13.05
3	2.60	-5.62 (-35.56)	61.55	822.84	-475.35	20.11	20.11	13.37

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.20	-70.87	207.57	0.00	0.00	0.00

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	80 di 106

2	1.40	-53.94	207.98	0.00	0.00	0.00
3	2.60	93.23	208.38	0.00	0.00	0.00

**Verifica sezioni trasverso [Combinazione n° 8 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo ]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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	0.20	-1.51 (-15.08)	40.41	1026.71	-383.08	20.11	20.11	25.41
2	1.40	13.53 (16.99)	42.88	939.86	372.29	20.11	20.11	21.92
3	2.60	-44.12 (-44.12)	45.35	292.12	-284.18	20.11	20.11	6.44

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.20	44.32	183.13	0.00	0.00	0.00
2	1.40	-18.61	183.44	0.00	0.00	0.00
3	2.60	-77.47	183.76	0.00	0.00	0.00

**Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 8 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo ]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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	0.25	-70.65 (-70.65)	70.87	283.91	-283.04	20.11	20.11	4.01
2	1.48	8.31 (14.26)	57.60	1883.57	466.43	20.11	20.11	32.70
3	2.70	-1.51 (-13.88)	44.32	1339.41	-419.46	20.11	20.11	30.22

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.25	104.53	187.01	0.00	0.00	0.00
2	1.48	26.29	185.32	0.00	0.00	0.00
3	2.70	-40.41	183.63	0.00	0.00	0.00



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 TOMBINI IDRAULICI  
 Tombini ferroviari e stradali

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	81 di 106

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 8 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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	0.25	5.62 (8.03)	104.01	4534.68	350.26	20.11	20.11	43.60
2	1.48	-1.55 (-8.35)	90.74	4161.14	-383.11	20.11	20.11	45.86
3	2.70	-44.12 (-44.12)	77.47	565.72	-322.19	20.11	20.11	7.30

Verifiche taglio

N°	X	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Red</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.25	-12.43	191.24	0.00	0.00	0.00
2	1.48	22.23	189.55	0.00	0.00	0.00
3	2.70	45.35	187.85	0.00	0.00	0.00

## 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
$A_{fi}$	Area armatura inferiore, espressa in cm <sup>2</sup>
$A_{fs}$	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
$A_{sw}$	Area armature trasversali nella sezione, espressa in cm <sup>2</sup>

### Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 9 - SLE (Quasi Permanente)]

Base sezione  $B = 100$  cm

Altezza sezione  $H = 50.00$  cm

#### Verifiche presso-flessione

$N^{\circ}$	$X$	$M$	$N$	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_c$
1	0.20	26.71	38.60	20.11	20.11	8414	24642	909
2	1.40	-22.21	38.60	20.11	20.11	19056	7227	758
3	2.60	26.71	38.60	20.11	20.11	8414	24641	909

#### Verifiche taglio

$N^{\circ}$	$X$	$V$	$\tau_c$	$A_{sw}$
1	0.20	-78.96	-211	0.00
2	1.40	3.64	10	0.00
3	2.60	77.62	208	0.00

### Verifica sezioni traverso [Combinazione n° 9 - SLE (Quasi Permanente)]

Base sezione  $B = 100$  cm

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	83 di 106

Altezza sezione H = 40.00 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	0.20	-18.49	24.21	20.11	20.11	24859	7404	955
2	1.40	16.09	24.21	20.11	20.11	6599	20897	833
3	2.60	-18.49	24.21	20.11	20.11	24857	7404	954

Verifiche taglio

N°	X	V	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.20	57.62	199	0.00
2	1.40	0.00	0	0.00
3	2.60	-57.62	-199	0.00

**Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 9 - SLE (Quasi Permanente)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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	0.25	-26.71	81.65	20.11	20.11	25463	12761	1397
2	1.48	-3.36	69.63	20.11	20.11	1186	3352	254
3	2.70	-18.49	57.62	20.11	20.11	17385	8873	967

Verifiche taglio

N°	X	V	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.25	38.61	134	0.00
2	1.48	1.43	5	0.00
3	2.70	-24.21	-84	0.00

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 9 - SLE (Quasi Permanente)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 cm

Verifiche presso-flessione

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	84 di 106

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	0.25	-26.71	81.65	20.11	20.11	25462	12760	1397
2	1.48	-3.36	69.63	20.11	20.11	1186	3352	254
3	2.70	-18.49	57.62	20.11	20.11	17383	8873	967

Verifiche taglio

N°	X	V	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.25	-38.61	-134	0.00
2	1.48	-1.43	-5	0.00
3	2.70	24.21	84	0.00

**Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 10 - SLE (Frequente)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 50.00 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	0.20	42.13	52.33	20.11	20.11	12951	40790	1429
2	1.40	-31.80	52.33	20.11	20.11	27921	10245	1085
3	2.60	26.09	52.33	20.11	20.11	8718	20863	893

Verifiche taglio

N°	X	V	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.20	-101.56	-272	0.00
2	1.40	-8.27	-22	0.00
3	2.60	109.23	292	0.00

**Verifica sezioni traverso [Combinazione n° 10 - SLE (Frequente)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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	0.20	-19.60	32.38	20.11	20.11	24791	8179	1016

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	85 di 106

2	1.40	23.66	38.91	20.11	20.11	9866	29975	1227
3	2.60	-34.51	45.43	20.11	20.11	46344	13833	1782

Verifiche taglio

N°	X	V	$\tau_c$	$A_{sw}$
1	0.20	79.96	277	0.00
2	1.40	-6.35	-22	0.00
3	2.60	-92.01	-318	0.00

Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 10 - SLE (Frequente)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_c$
1	0.25	-42.13	103.98	20.11	20.11	45529	19130	2199
2	1.48	-3.05	91.97	20.11	20.11	2015	3979	293
3	2.70	-19.60	79.96	20.11	20.11	14620	10063	1023

Verifiche taglio

N°	X	V	$\tau_c$	$A_{sw}$
1	0.25	58.46	202	0.00
2	1.48	7.27	25	0.00
3	2.70	-32.38	-112	0.00

Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 10 - SLE (Frequente)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_c$
1	0.25	-26.09	116.04	20.11	20.11	17654	13690	1360
2	1.48	-2.22	104.02	20.11	20.11	2674	4105	294
3	2.70	-34.51	92.01	20.11	20.11	35783	15951	1802

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	86 di 106

Verifiche taglio

N°	X	V	$\tau_c$	$A_{sw}$
1	0.25	-46.24	-160	0.00
2	1.48	5.36	19	0.00
3	2.70	45.43	157	0.00

**Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 11 - SLE (Frequente)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 50.00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_c$
1	0.20	35.10	42.31	20.11	20.11	10738	34268	1190
2	1.40	-25.02	42.31	20.11	20.11	21719	8100	854
3	2.60	22.48	42.31	20.11	20.11	7423	18579	769

Verifiche taglio

N°	X	V	$\tau_c$	$A_{sw}$
1	0.20	-89.36	-239	0.00
2	1.40	-2.81	-8	0.00
3	2.60	82.83	221	0.00

**Verifica sezioni traverso [Combinazione n° 11 - SLE (Frequente)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_c$
1	0.20	-17.77	28.09	20.11	20.11	22772	7355	921
2	1.40	17.93	28.09	20.11	20.11	7408	23029	929
3	2.60	-23.77	28.09	20.11	20.11	32673	9366	1225

Verifiche taglio

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	87 di 106

N°	X	V	$\tau_c$	$A_{sw}$
1	0.20	68.00	235	0.00
2	1.40	-5.93	-21	0.00
3	2.60	-63.55	-220	0.00

**Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 11 - SLE (Frequente)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_c$
1	0.25	-35.10	92.02	20.11	20.11	36736	16161	1833
2	1.48	-2.54	80.01	20.11	20.11	1788	3426	252
3	2.70	-17.77	68.00	20.11	20.11	14134	8978	929

Verifiche taglio

N°	X	V	$\tau_c$	$A_{sw}$
1	0.25	49.92	173	0.00
2	1.48	5.14	18	0.00
3	2.70	-28.09	-97	0.00

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 11 - SLE (Frequente)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_c$
1	0.25	-22.48	87.58	20.11	20.11	17576	11410	1175
2	1.48	-3.89	75.57	20.11	20.11	1210	3715	283
3	2.70	-23.77	63.55	20.11	20.11	24607	10994	1242

Verifiche taglio

N°	X	V	$\tau_c$	$A_{sw}$
1	0.25	-34.73	-120	0.00

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	88 di 106

2	1.48	2.45	8	0.00
3	2.70	28.09	97	0.00

**Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 12 - SLE (Frequente)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 50.00 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	0.20	26.28	37.78	20.11	20.11	8269	24279	894
2	1.40	-22.65	37.78	20.11	20.11	19775	7315	773
3	2.60	26.27	37.78	20.11	20.11	8269	24277	894

Verifiche taglio

N°	X	V	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.20	-78.96	-211	0.00
2	1.40	3.64	10	0.00
3	2.60	77.62	208	0.00

**Verifica sezioni traverso [Combinazione n° 12 - SLE (Frequente)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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	0.20	-20.04	25.03	20.11	20.11	27242	7967	1034
2	1.40	14.53	25.03	20.11	20.11	6111	18141	754
3	2.60	-20.04	25.03	20.11	20.11	27241	7967	1034

Verifiche taglio

N°	X	V	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.20	57.62	199	0.00
2	1.40	0.00	0	0.00
3	2.60	-57.62	-199	0.00

**Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 12 - SLE (Frequente)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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	0.25	-26.28	81.65	20.11	20.11	24762	12602	1374
2	1.48	-3.92	69.63	20.11	20.11	1006	3533	272
3	2.70	-20.04	57.62	20.11	20.11	19884	9434	1048

Verifiche taglio

N°	X	V	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.25	37.79	131	0.00
2	1.48	0.62	2	0.00
3	2.70	-25.03	-87	0.00

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 12 - SLE (Frequente)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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	0.25	-26.27	81.65	20.11	20.11	24761	12602	1374
2	1.48	-3.92	69.63	20.11	20.11	1006	3532	272
3	2.70	-20.04	57.62	20.11	20.11	19882	9433	1048

Verifiche taglio

N°	X	V	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.25	-37.79	-131	0.00
2	1.48	-0.62	-2	0.00
3	2.70	25.03	87	0.00

**Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 13 - SLE (Rara)]**

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	90 di 106

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 50.00 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	0.20	45.55	54.95	20.11	20.11	13938	44466	1544
2	1.40	-34.64	54.95	20.11	20.11	30860	11087	1181
3	2.60	25.49	54.95	20.11	20.11	8638	19579	873

Verifiche taglio

N°	X	V	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.20	-107.21	-287	0.00
2	1.40	-11.24	-30	0.00
3	2.60	117.13	313	0.00

**Verifica sezioni trasverso [Combinazione n° 13 - SLE (Rara)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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	0.20	-21.43	35.24	20.11	20.11	27156	8937	1111
2	1.40	24.00	43.40	20.11	20.11	10192	29493	1246
3	2.60	-40.07	51.56	20.11	20.11	54099	16003	2068

Verifiche taglio

N°	X	V	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.20	85.54	296	0.00
2	1.40	-7.93	-27	0.00
3	2.60	-100.61	-348	0.00

**Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 13 - SLE (Rara)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 cm

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	91 di 106

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	0.25	-45.55	109.57	20.11	20.11	49851	20561	2377
2	1.48	-3.53	97.55	20.11	20.11	2042	4316	320
3	2.70	-21.43	85.54	20.11	20.11	16359	10945	1120

Verifiche taglio

N°	X	V	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.25	62.60	217	0.00
2	1.48	7.92	27	0.00
3	2.70	-35.24	-122	0.00

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 13 - SLE (Rara)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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	0.25	-25.49	124.63	20.11	20.11	15241	13700	1327
2	1.48	-2.49	112.62	20.11	20.11	2866	4474	321
3	2.70	-40.07	100.61	20.11	20.11	42919	18265	2092

Verifiche taglio

N°	X	V	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.25	-47.34	-164	0.00
2	1.48	7.88	27	0.00
3	2.70	51.56	178	0.00

**Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 14 - SLE (Rara)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 50.00 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>
----	---	---	---	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	----------------

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	92 di 106

1	0.20	36.75	42.42	20.11	20.11	11172	36315	1245
2	1.40	-26.16	42.42	20.11	20.11	23106	8406	892
3	2.60	20.99	42.42	20.11	20.11	7023	16714	718

Verifiche taglio

N°	X	V	$\tau_c$	$A_{sw}$
1	0.20	-91.96	-246	0.00
2	1.40	-4.42	-12	0.00
3	2.60	84.13	225	0.00

Verifica sezioni trasverso [Combinazione n° 14 - SLE (Rara)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_c$
1	0.20	-19.15	29.88	20.11	20.11	24632	7907	992
2	1.40	16.83	29.88	20.11	20.11	7121	20808	874
3	2.60	-26.65	29.88	20.11	20.11	37013	10417	1372

Verifiche taglio

N°	X	V	$\tau_c$	$A_{sw}$
1	0.20	70.59	244	0.00
2	1.40	-7.42	-26	0.00
3	2.60	-65.04	-225	0.00

Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 14 - SLE (Rara)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_c$
1	0.25	-36.75	94.62	20.11	20.11	38854	16851	1919
2	1.48	-2.90	82.61	20.11	20.11	1758	3625	268

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	93 di 106

3	2.70	-19.15	70.59	20.11	20.11	15766	9584	1001
---	------	--------	-------	-------	-------	-------	------	------

Verifiche taglio

N°	X	V	$\tau_c$	$A_{sw}$
1	0.25	51.93	180	0.00
2	1.48	5.26	18	0.00
3	2.70	-29.88	-103	0.00

Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 14 - SLE (Rara)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_c$
1	0.25	-20.99	89.06	20.11	20.11	14999	10883	1095
2	1.48	-4.58	77.05	20.11	20.11	1036	3986	308
3	2.70	-26.65	65.04	20.11	20.11	28952	12068	1390

Verifiche taglio

N°	X	V	$\tau_c$	$A_{sw}$
1	0.25	-32.94	-114	0.00
2	1.48	4.24	15	0.00
3	2.70	29.88	103	0.00

Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 15 - SLE (Rara)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 50.00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_c$
1	0.20	39.94	48.26	20.11	20.11	12225	38974	1354
2	1.40	-33.99	48.26	20.11	20.11	31540	10674	1156
3	2.60	23.90	48.26	20.11	20.11	7995	19041	818

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	94 di 106

Verifiche taglio

N°	X	V	$\tau_c$	$A_{sw}$
1	0.20	-101.56	-272	0.00
2	1.40	-8.27	-22	0.00
3	2.60	109.23	292	0.00

Verifica sezioni trasverso [Combinazione n° 15 - SLE (Rara)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_c$
1	0.20	-27.39	36.45	20.11	20.11	36697	11000	1415
2	1.40	15.87	42.98	20.11	20.11	7363	16310	829
3	2.60	-42.30	49.51	20.11	20.11	58266	16644	2180

Verifiche taglio

N°	X	V	$\tau_c$	$A_{sw}$
1	0.20	79.96	277	0.00
2	1.40	-6.35	-22	0.00
3	2.60	-92.01	-318	0.00

Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 15 - SLE (Rara)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_c$
1	0.25	-39.94	103.98	20.11	20.11	41971	18361	2086
2	1.48	-5.85	91.97	20.11	20.11	1112	4882	379
3	2.70	-27.39	79.96	20.11	20.11	26910	12939	1432

Verifiche taglio

N°	X	V	$\tau_c$	$A_{sw}$
----	---	---	----------	----------

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	95 di 106

1	0.25	54.38	188	0.00
2	1.48	3.20	11	0.00
3	2.70	-36.45	-126	0.00

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 15 - SLE (Rara)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 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	0.25	-23.90	116.04	20.11	20.11	14422	12819	1244
2	1.48	-5.02	104.02	20.11	20.11	1772	5008	380
3	2.70	-42.30	92.01	20.11	20.11	48465	18670	2204

Verifiche taglio

N°	X	V	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.25	-42.17	-146	0.00
2	1.48	9.44	33	0.00
3	2.70	49.51	171	0.00

**Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 16 - SLE (Rara)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 50.00 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	0.20	32.90	38.23	20.11	20.11	10012	32453	1114
2	1.40	-27.21	38.23	20.11	20.11	25337	8530	925
3	2.60	20.29	38.23	20.11	20.11	6700	16757	694

Verifiche taglio

N°	X	V	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.20	-89.36	-239	0.00
2	1.40	-2.81	-8	0.00



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 TOMBINI IDRAULICI  
 Tombini ferroviari e stradali

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	96 di 106

3      2.60      82.83      221      0.00

**Verifica sezioni traverso [Combinazione n° 16 - SLE (Rara)]**

Base sezione      B = 100 cm

Altezza sezione      H = 40.00 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	0.20	-25.56	32.17	20.11	20.11	34683	10173	1319
2	1.40	10.13	32.17	20.11	20.11	4886	9406	530
3	2.60	-31.56	32.17	20.11	20.11	44602	12172	1622

Verifiche taglio

N°	X	V	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.20	68.00	235	0.00
2	1.40	-5.93	-21	0.00
3	2.60	-63.55	-220	0.00

**Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 16 - SLE (Rara)]**

Base sezione      B = 100 cm

Altezza sezione      H = 40.00 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	0.25	-32.90	92.02	20.11	20.11	33193	15384	1720
2	1.48	-5.34	80.01	20.11	20.11	886	4329	338
3	2.70	-25.56	68.00	20.11	20.11	26546	11811	1335

Verifiche taglio

N°	X	V	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.25	45.84	159	0.00
2	1.48	1.07	4	0.00
3	2.70	-32.17	-111	0.00



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 TOMBINI IDRAULICI  
 Tombini ferroviari e stradali

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	97 di 106

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 16 - SLE (Rara)]**

Base sezione      B = 100 cm

Altezza sezione    H = 40.00 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	0.25	-20.29	87.58	20.11	20.11	14225	10567	1059
2	1.48	-6.69	75.57	20.11	20.11	197	4649	374
3	2.70	-31.56	63.55	20.11	20.11	37310	13702	1642

Verifiche taglio

N°	X	V	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
1	0.25	-30.65	-106	0.00
2	1.48	6.53	23	0.00
3	2.70	32.17	111	0.00

## Verifiche fessurazione

Simbologia adottata ed unità di misura

$N^{\circ}$	Indice sezione
$X_i$	Ascissa/Ordinata sezione, espresso in m
$M_p$	Momento, espresse in kNm
$M_n$	Momento, espresse in kNm
$w_i$	Ampiezza fessure, espresse in mm
$w_{lim}$	Apertura limite fessure, espresse in mm
$s$	Distanza media tra le fessure, espresse in mm
$\epsilon_{sm}$	Deformazione nelle fessure, espresse in [%]

### Verifica fessurazione fondazione [Combinazione n° 13 - SLE (Rara)]

$N^{\circ}$	X	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$M_p$	$M_n$	M	w	$w_{lim}$	$s_m$	$\epsilon_{sm}$
1	0.20	20.11	20.11	122.17	-122.17	45.55	0.00	0.20	0.00	0.000
2	1.40	20.11	20.11	122.17	-122.17	-34.64	0.00	0.20	0.00	0.000
3	2.60	20.11	20.11	122.17	-122.17	25.49	0.00	0.20	0.00	0.000

### Verifica fessurazione traverso [Combinazione n° 13 - SLE (Rara)]

$N^{\circ}$	X	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$M_p$	$M_n$	M	w	$w_{lim}$	$s_m$	$\epsilon_{sm}$
1	0.20	20.11	20.11	79.04	-79.04	-21.43	0.00	0.20	0.00	0.000
2	1.40	20.11	20.11	79.04	-79.04	24.00	0.00	0.20	0.00	0.000
3	2.60	20.11	20.11	79.04	-79.04	-40.07	0.00	0.20	0.00	0.000

### Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione n° 13 - SLE (Rara)]

$N^{\circ}$	X	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$M_p$	$M_n$	M	w	$w_{lim}$	$s_m$	$\epsilon_{sm}$
1	0.25	20.11	20.11	79.04	-79.04	-45.55	0.00	0.20	0.00	0.000
2	1.48	20.11	20.11	79.04	-79.04	-3.53	0.00	0.20	0.00	0.000
3	2.70	20.11	20.11	79.04	-79.04	-21.43	0.00	0.20	0.00	0.000

### Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione n° 13 - SLE (Rara)]

$N^{\circ}$	X	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$M_p$	$M_n$	M	w	$w_{lim}$	$s_m$	$\epsilon_{sm}$
1	0.25	20.11	20.11	79.04	-79.04	-25.49	0.00	0.20	0.00	0.000

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	99 di 106

2	1.48	20.11	20.11	79.04	-79.04	-2.49	0.00	0.20	0.00	0.000
3	2.70	20.11	20.11	79.04	-79.04	-40.07	0.00	0.20	0.00	0.000

**Verifica fessurazione fondazione [Combinazione n° 14 - 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	0.20	20.11	20.11	122.17	-122.17	36.75	0.00	0.20	0.00	0.000
2	1.40	20.11	20.11	122.17	-122.17	-26.16	0.00	0.20	0.00	0.000
3	2.60	20.11	20.11	122.17	-122.17	20.99	0.00	0.20	0.00	0.000

**Verifica fessurazione traverso [Combinazione n° 14 - 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	0.20	20.11	20.11	79.04	-79.04	-19.15	0.00	0.20	0.00	0.000
2	1.40	20.11	20.11	79.04	-79.04	16.83	0.00	0.20	0.00	0.000
3	2.60	20.11	20.11	79.04	-79.04	-26.65	0.00	0.20	0.00	0.000

**Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione n° 14 - 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	0.25	20.11	20.11	79.04	-79.04	-36.75	0.00	0.20	0.00	0.000
2	1.48	20.11	20.11	79.04	-79.04	-2.90	0.00	0.20	0.00	0.000
3	2.70	20.11	20.11	79.04	-79.04	-19.15	0.00	0.20	0.00	0.000

**Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione n° 14 - 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	0.25	20.11	20.11	79.04	-79.04	-20.99	0.00	0.20	0.00	0.000
2	1.48	20.11	20.11	79.04	-79.04	-4.58	0.00	0.20	0.00	0.000
3	2.70	20.11	20.11	79.04	-79.04	-26.65	0.00	0.20	0.00	0.000

**Verifica fessurazione fondazione [Combinazione n° 15 - 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	0.20	20.11	20.11	122.17	-122.17	39.94	0.00	0.20	0.00	0.000
2	1.40	20.11	20.11	122.17	-122.17	-33.99	0.00	0.20	0.00	0.000
3	2.60	20.11	20.11	122.17	-122.17	23.90	0.00	0.20	0.00	0.000

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	100 di 106

**Verifica fessurazione traverso [Combinazione n° 15 - 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	0.20	20.11	20.11	79.04	-79.04	-27.39	0.00	0.20	0.00	0.000
2	1.40	20.11	20.11	79.04	-79.04	15.87	0.00	0.20	0.00	0.000
3	2.60	20.11	20.11	79.04	-79.04	-42.30	0.00	0.20	0.00	0.000

**Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione n° 15 - 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	0.25	20.11	20.11	79.04	-79.04	-39.94	0.00	0.20	0.00	0.000
2	1.48	20.11	20.11	79.04	-79.04	-5.85	0.00	0.20	0.00	0.000
3	2.70	20.11	20.11	79.04	-79.04	-27.39	0.00	0.20	0.00	0.000

**Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione n° 15 - 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	0.25	20.11	20.11	79.04	-79.04	-23.90	0.00	0.20	0.00	0.000
2	1.48	20.11	20.11	79.04	-79.04	-5.02	0.00	0.20	0.00	0.000
3	2.70	20.11	20.11	79.04	-79.04	-42.30	0.00	0.20	0.00	0.000

**Verifica fessurazione fondazione [Combinazione n° 16 - 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	0.20	20.11	20.11	122.17	-122.17	32.90	0.00	0.20	0.00	0.000
2	1.40	20.11	20.11	122.17	-122.17	-27.21	0.00	0.20	0.00	0.000
3	2.60	20.11	20.11	122.17	-122.17	20.29	0.00	0.20	0.00	0.000

**Verifica fessurazione traverso [Combinazione n° 16 - 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	0.20	20.11	20.11	79.04	-79.04	-25.56	0.00	0.20	0.00	0.000
2	1.40	20.11	20.11	79.04	-79.04	10.13	0.00	0.20	0.00	0.000
3	2.60	20.11	20.11	79.04	-79.04	-31.56	0.00	0.20	0.00	0.000

**Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione n° 16 - 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  
 TOMBINI IDRAULICI  
 Tombini ferroviari e stradali

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	101 di 106

1	0.25	20.11	20.11	79.04	-79.04	-32.90	0.00	0.20	0.00	0.000
2	1.48	20.11	20.11	79.04	-79.04	-5.34	0.00	0.20	0.00	0.000
3	2.70	20.11	20.11	79.04	-79.04	-25.56	0.00	0.20	0.00	0.000

**Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione n° 16 - SLE (Rara)]**

N°	X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M <sub>p</sub>	M <sub>n</sub>	M	w	w <sub>iim</sub>	S <sub>m</sub>	ε <sub>sm</sub>
1	0.25	20.11	20.11	79.04	-79.04	-20.29	0.00	0.20	0.00	0.000
2	1.48	20.11	20.11	79.04	-79.04	-6.69	0.00	0.20	0.00	0.000
3	2.70	20.11	20.11	79.04	-79.04	-31.56	0.00	0.20	0.00	0.000

## 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]
0.20	-73.81	-26.28	-149.84	-63.35	37.78	76.57
1.40	11.93	49.72	-59.93	3.64	37.78	76.57
2.60	-33.97	7.93	77.62	164.33	37.78	76.57

### Inviluppo sollecitazioni trasverso

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]
0.20	-36.31	-1.21	41.84	120.61	24.21	49.97
1.40	10.13	34.50	-19.34	0.00	24.21	61.59
2.60	-56.57	-18.49	-142.46	-57.62	24.21	73.43

### 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]
0.25	-73.81	-26.28	37.79	109.21	63.35	153.05
1.48	-6.94	9.85	0.62	27.61	52.59	136.83
2.70	-36.31	-1.21	-49.97	-24.21	41.84	120.61

### 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]
0.25	-33.97	7.93	-65.53	-11.81	81.65	174.90
1.48	-8.07	0.09	-1.43	24.57	69.63	158.68
2.70	-56.57	-18.49	24.21	73.43	57.62	142.46

## Inviluppo pressioni terreno

### Inviluppo pressioni sul terreno di fondazione

X [m]	$\sigma_{\min}$ [kPa]	$\sigma_{\max}$ [kPa]
0.20	0	110
1.40	66	153
2.60	81	234

## Inviluppo verifiche stato limite ultimo (SLU)

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	103 di 106

**Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 50.00 cm

X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
0.20	20.11	20.11	5.11
1.40	20.11	20.11	8.59
2.60	20.11	20.11	6.59

X	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	A <sub>sw</sub>
0.20	210.37	0.00	0.00	0.00
1.40	210.37	0.00	0.00	0.00
2.60	210.37	0.00	0.00	0.00

**Verifica sezioni traverso (Inviluppo)**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 cm

X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
0.20	20.11	20.11	4.91
1.40	20.11	20.11	9.23
2.60	20.11	20.11	5.16

X	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	A <sub>sw</sub>
0.20	184.32	0.00	0.00	0.00
1.40	185.83	0.00	0.00	0.00
2.60	187.34	0.00	0.00	0.00

**Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 cm

Y	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
0.25	20.11	20.11	3.83
1.48	20.11	20.11	27.74

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	104 di 106

2.70                      20.11                      20.11                      6.72

Y	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	A <sub>sw</sub>
0.25	197.49	0.00	0.00	0.00
1.48	195.42	0.00	0.00	0.00
2.70	193.36	0.00	0.00	0.00

**Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)**

Base sezione            B = 100 cm

Altezza sezione        H = 40.00 cm

Y	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
0.25	20.11	20.11	7.82
1.48	20.11	20.11	33.55
2.70	20.11	20.11	6.25

Y	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	A <sub>sw</sub>
0.25	200.28	0.00	0.00	0.00
1.48	198.21	0.00	0.00	0.00
2.70	196.14	0.00	0.00	0.00

**Inviluppo verifiche stato limite esercizio (SLE)**

**Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)**

Base sezione            B = 100 cm

Altezza sezione        H = 50.00 cm

X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
0.20	20.11	20.11	1544	44466	13938
1.40	20.11	20.11	1181	11087	31540
2.60	20.11	20.11	909	24641	8718

X	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
0.20	-287	0.00



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 TOMBINI IDRAULICI  
 Tombini ferroviari e stradali

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	105 di 106

1.40	-30	0.00
2.60	313	0.00

#### Verifica sezioni trasverso (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 cm

X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
0.20	20.11	20.11	1415	11000	36697
1.40	20.11	20.11	1246	29975	10192
2.60	20.11	20.11	2180	16644	58266

X	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
0.20	296	0.00
1.40	-27	0.00
2.60	-348	0.00

#### Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 cm

Y	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
0.25	20.11	20.11	2377	20561	49851
1.48	20.11	20.11	379	4882	2042
2.70	20.11	20.11	1432	12939	26910

Y	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
0.25	217	0.00
1.48	27	0.00
2.70	-126	0.00

#### Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40.00 cm

IN51A - Tombino alla pk 22+570: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IN51000 001	A	106 di 106

Y	A <sub>ri</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>ri</sub>	σ <sub>fs</sub>
0.25	20.11	20.11	1397	13700	25462
1.48	20.11	20.11	380	5008	2866
2.70	20.11	20.11	2204	18670	48465

Y	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
0.25	-164	0.00
1.48	33	0.00
2.70	178	0.00

## Verifiche geotecniche

### Simbologia adottata

IC	Indice della combinazione
N <sub>c</sub> , N <sub>q</sub> , N <sub>γ</sub>	Fattori di capacità portante
N <sub>c</sub> , N <sub>q</sub> , N <sub>γ</sub>	Fattori di capacità portante corretti per effetto forma, inclinazione del carico, affondamento, etc.
qu	Portanza ultima del terreno, espressa in [kPa]
Q <sub>U</sub>	Portanza ultima del terreno, espressa in [kN]/m
Q <sub>Y</sub>	Carico verticale al piano di posa, espressa in [kN]/m
FS	Fattore di sicurezza a carico limite

IC	N <sub>c</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>γ</sub>	N' <sub>c</sub>	N' <sub>q</sub>	N' <sub>γ</sub>	qu	Q <sub>U</sub>	Q <sub>Y</sub>	FS
1	18.05	8.66	4.82	24.71	9.93	4.32	993	2779.63	367.66	7.56
2	18.05	8.66	4.82	25.09	10.09	4.62	1040	2911.90	341.96	8.52
3	18.05	8.66	4.82	23.64	9.50	3.53	1009	2824.05	294.41	9.59
4	18.05	8.66	4.82	12.99	5.22	0.20	240	673.19	196.29	3.43
5	18.05	8.66	4.82	24.33	9.78	4.03	1061	2970.65	287.02	10.35
6	18.05	8.66	4.82	12.75	5.13	0.26	243	679.73	186.19	3.65
7	18.05	8.66	4.82	13.97	5.62	0.04	287	803.65	217.50	3.69
8	18.05	8.66	4.82	13.78	5.54	0.06	291	814.09	207.39	3.93