

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



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

**U.O. INFRASTRUTTURE SUD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA**

**TOMBINI IDRAULICI**

IN33A e IN33B-Tombino alla pk 15+917

Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

SCALA:

-

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

RS3E 50 D 78 CL IN3300 001 A

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

File:RS3E50D78CLIN3300001A

n. Elab.: 663

ITALFERR S.p.A.  
Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane  
Direzione Generale  
UO Infrastrutture Sud  
Dott. Ing. Daniele Tiberti  
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10778



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 TOMBINI IDRAULICI

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	2 di 85

## 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>19</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

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	3 di 85

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

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	4 di 85

## 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".

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 IN33 previsto lungo l'asse principale di progetto in corrispondenza della pk 15+917.

## 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)	S <sub>P</sub> (m)	S <sub>T</sub> (m)	S <sub>F</sub> (m)	r (m)
IN33	Tombino scatolare	15+917	B - B	Linea Esistente	4.00	2.95	0.60	0.60	0.70	0.80
			D - D	Viabilità NI04	4.00	2.50	0.60	0.60	0.70	0.34

Dove si è indicato con:

B : Larghezza netta interna dell'opera

H : Altezza netta interna dell'opera

S<sub>P</sub>, S<sub>T</sub>, S<sub>F</sub> : Spessore piedritti, trasverso, fondazione

\*r : Spessore ricoprimento (da estradosso trasverso 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.

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	5 di 85

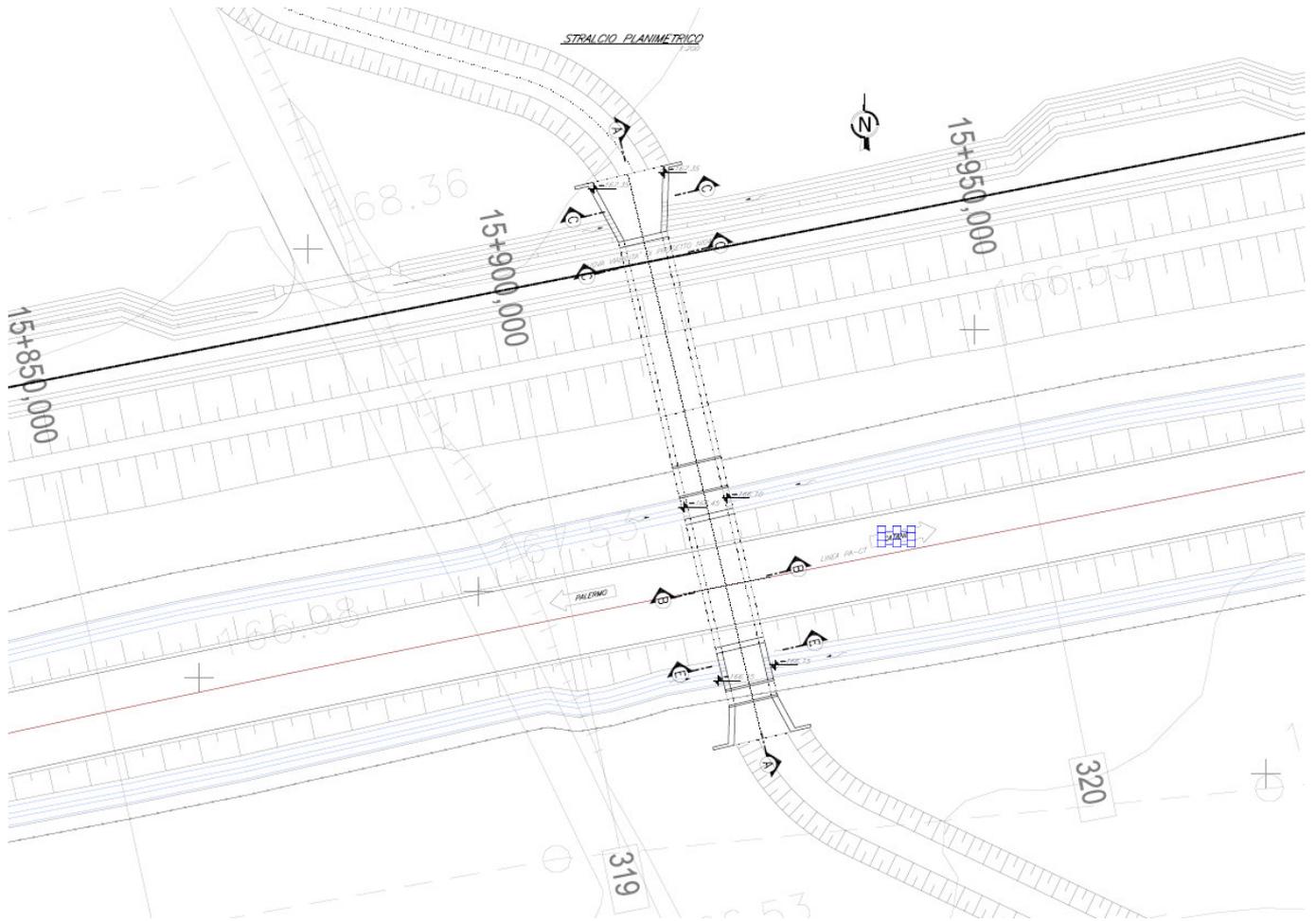


Figura 1 – Inquadramento planimetrico

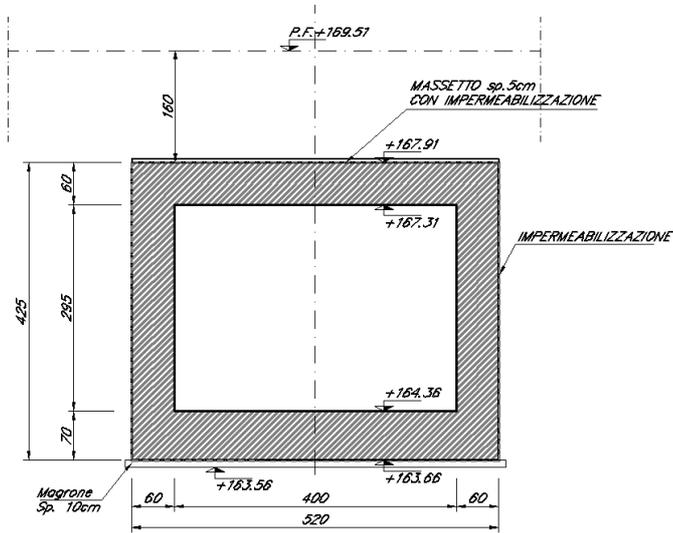


Figura 2 – Sezione trasversale B-B

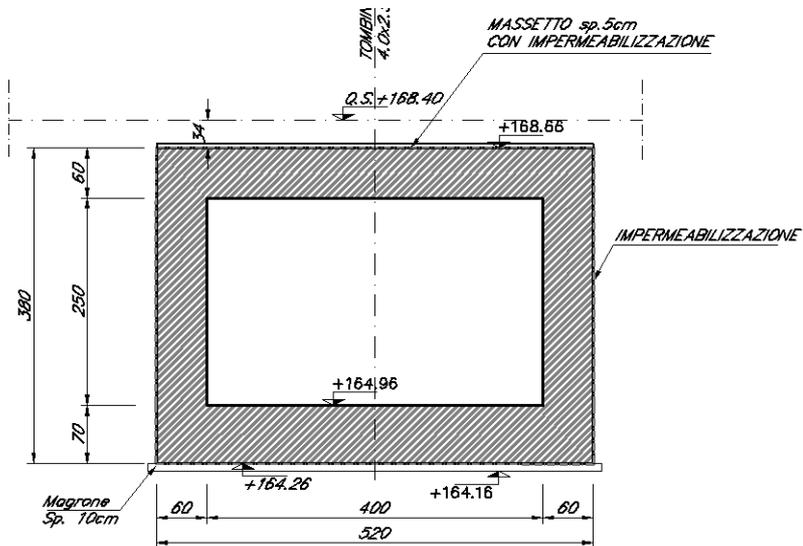


Figura 3 – Sezione trasversale D-D

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO TOMBINI IDRAULICI												
IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3E</td> <td>50</td> <td>D 26 CL</td> <td>IN3300 001</td> <td>A</td> <td>7 di 85</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	7 di 85
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	7 di 85								

## 4. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 4.1 Documenti Referenziati

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

#### Normative e Documenti tecnici generali

Rif. [1] Ministero delle Infrastrutture dei Trasporti, DM 14 gennaio 2008 – «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni»

Rif. [2] Circolare Applicativa n 617 del 2 Febbraio 2009 - «Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008»

Rif. [3] UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

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

Rif. [4] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE I / Aspetti Generali (RFI DTC SI MA IFS 001 B– rev 22/12/2017)

Rif. [5] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 2 / Ponti e Strutture ( RFI DTC SI PS MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)

Rif. [6] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 3 / Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)

Rif. [7] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 4 / Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)

Rif. [8] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 5 / Prescrizioni per i Marciapiedi e le Pensiline delle Stazioni Ferroviarie a servizio dei Viaggiatori (RFI DTC SI CS MA IFS 002 A – rev 30/12/2016)

Rif. [9] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 6 / Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 B– rev 22/12/2017)

Rif. [10] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 7 / Geologia (RFI DTC SI CS GE IFS 001 A – rev 22/12/2017)

Rif. [11] Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;

Rif. [12] Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SI CS SP IFS 005 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 5-6 m dal piano campagna locale.

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	11686

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  $E = E_0 / (3 \div 5)$ .

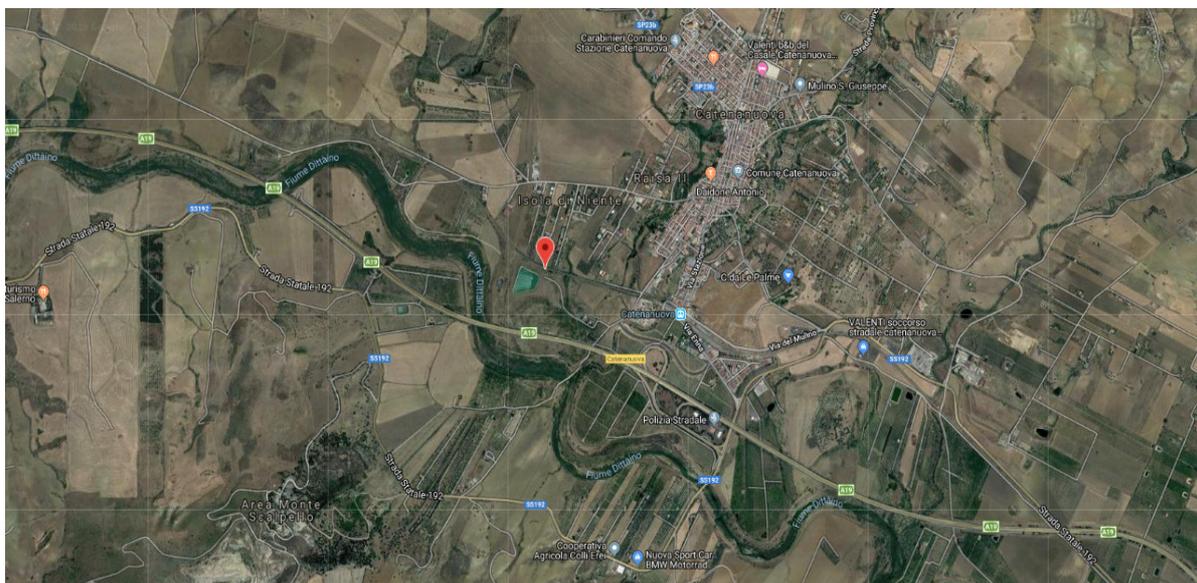
Di seguito si riportano, in forma tabellare, i risultati delle valutazioni effettuate per il caso in esame, sulla scorta del valore di progetto di  $E$  attribuito allo strato di Fondazione, avendo considerato una dimensione longitudinale della fondazione ritenuta potenzialmente collaboranti:

$E'(\text{KN/m}^2) =$	80000
$n =$	0.25
$B \text{ (m)} =$	5.20
$L \text{ (m)} =$	14.60
$c_t =$	1.40
$K_w \text{ [kN/m}^3] =$	11686

## 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

37.573

LONGITUDINE

14.63

COMUNE

Regalbuto

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

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	11 di 85

## 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  $V_N = 75$ .

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO TOMBINI IDRAULICI					
	IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO IN3300 001	REV. A

## 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 [CU]
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 CU=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:

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

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>P<sub>V<sub>R</sub></sub></b>	Valori in anni del periodo di ritorno <b>T<sub>R</sub></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
$a_g$	0.159 g
$F_0$	2.526
$T_C^*$	0.536 s
$S_S$	1.200
$C_C$	1.246
$S_T$	1.000
$q$	1.000

### Parametri dipendenti

$S$	1.200
$\eta$	1.000
$T_B$	0.223 s
$T_C$	0.668 s
$T_D$	2.237 s

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



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 TOMBINI IDRAULICI

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	16 di 85

## 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 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.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TOMBINI IDRAULICI

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	18 di 85

## 8. CRITERI DI VERIFICA DELLE OPERE

### 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 11.0” 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 rinfilanco 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 rigidità del singolo elemento,  $K_e$ , si assembla la matrice di rigidità 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)

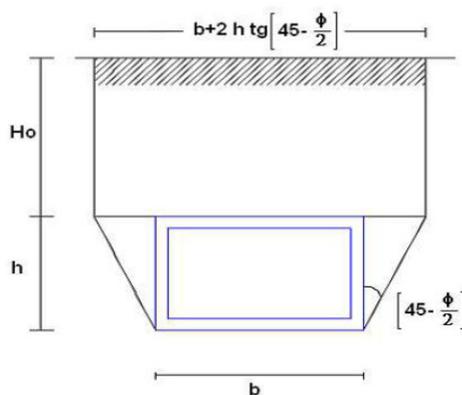
Per quanto riguarda tuttavia le condizioni 5 e 7, proposte di default dal software di calcolo utilizzato, nel caso in esame non assumono significato. Nel seguito si andranno ad esporre in dettaglio, le valutazioni di calcolo effettuate per ciascuna delle condizioni citate.

### 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  $\varphi$  l'angolo di attrito e con  $\gamma$  il peso di volume del terreno di ricoprimento, le due espressioni sono le seguenti:

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

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:

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

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

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

Il coefficiente di spinta a riposo è espresso dalla relazione:

$$K_0 = 1 - \sin \phi$$

Dove  $\phi$  rappresenta l'angolo d'attrito interno del terreno di 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	0.157	1.200	0.191	1.00	0.191

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

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	23 di 85

### 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.

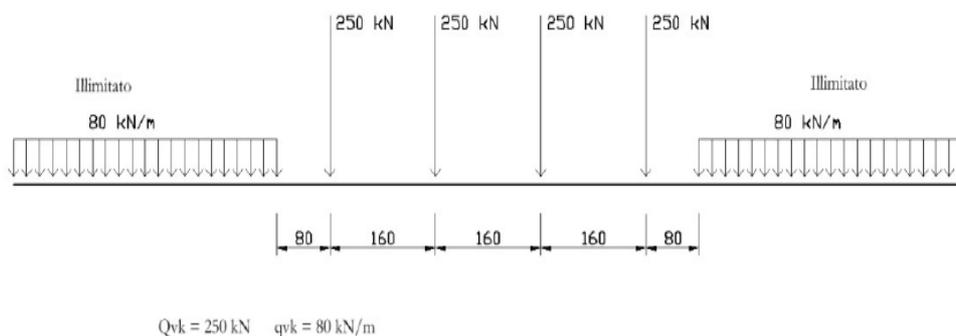


Figura 8 - Treno LM71

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

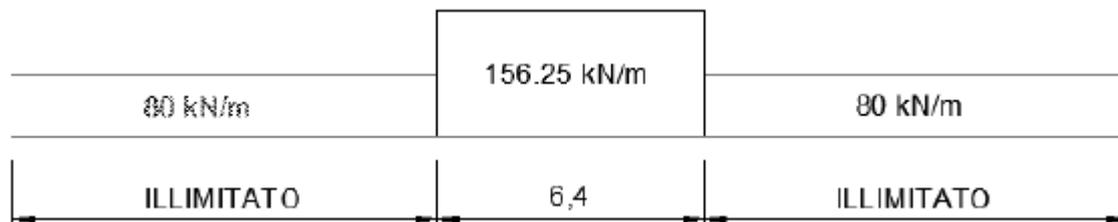
TRENO DI CARICO LM71	
Assi di carico "Q <sub>1k</sub> "	250 kN
n° assi di carico	4
Carico illimitato "q <sub>1k</sub> "	80 kN/m

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"	0.80	m
spessore soletta "hs"	0.60	m
Larghezza traversina	2.4	m
Larghezza diffusione trasv. "b"	4.65	m
Qvk (a livello dell'asse della soletta)	<b>33.6</b>	kPa
qvk (a livello dell'asse della soletta)	<b>17.2</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 alle 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 $\alpha$	1.10	
Coefficiente dinamico $\phi_3$	1.35	
Coefficiente dinamico ridotto $\phi_{3,rid}$	1.29	
<b>Carico Assi Dinamizzato</b> $Q_{vk,din}$	<b>47.7 kPa</b>	$q = q_{equivalente} \times \alpha \times \phi$
<b>Carico Illimitato Dinamizzato</b> $q_{vk,din}$	<b>24.4 kPa</b>	$q = q_{equivalente} \times \alpha \times \phi$

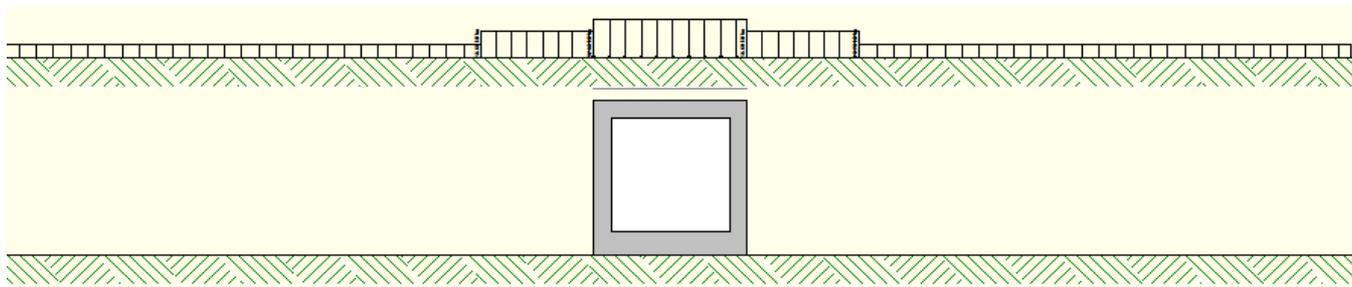
Il carico  $Q_{vk}$  è dunque applicato ad intradosso ballast su una fascia di 6.40m trascurando cautelativamente la diffusione all'interno del ballast. In direzione longitudinale la diffusione all'interno del terreno di ricoprimento, è svolta in automatico dal software di calcolo considerando come angolo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

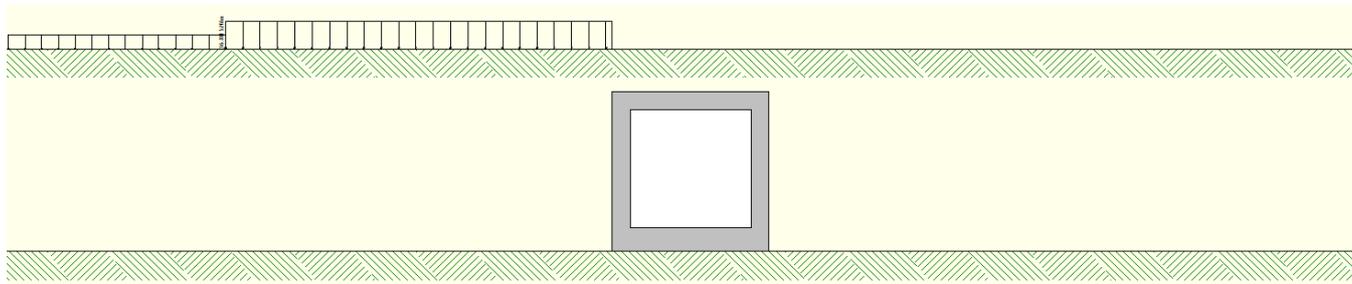
- una prima condizione di carico ( $Q_{CEN}$ ) finalizzata alla massimizzazione degli effetti flessionali su traverso ed a testa piedritti;
- una seconda condizione ( $Q_{LAT}$ ) con finalità di massimizzare gli effetti flessionali in mezzzeria piedritto.

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

Avviamento a quota piattaforma	33.0	KN/m
Coefficiente di adattamento $\alpha$	1.1	
Larghezza diffusione trasv. "b"	4.65	m
<b>Avviamento su traverso superiore</b>	<b>7.8</b>	<b>KN/m</b>

#### Frenatura Treno LM71 su traverso

Avviamento a quota piattaforma	35.0	KN/m
Coefficiente di adattamento $\alpha$	1.1	
Larghezza diffusione trasv. "b"	4.65	m
<b>Frenatura su traverso superiore</b>	<b>8.3</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					
	IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO IN3300 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:

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

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

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

**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 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 inclinazione del carico**

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

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

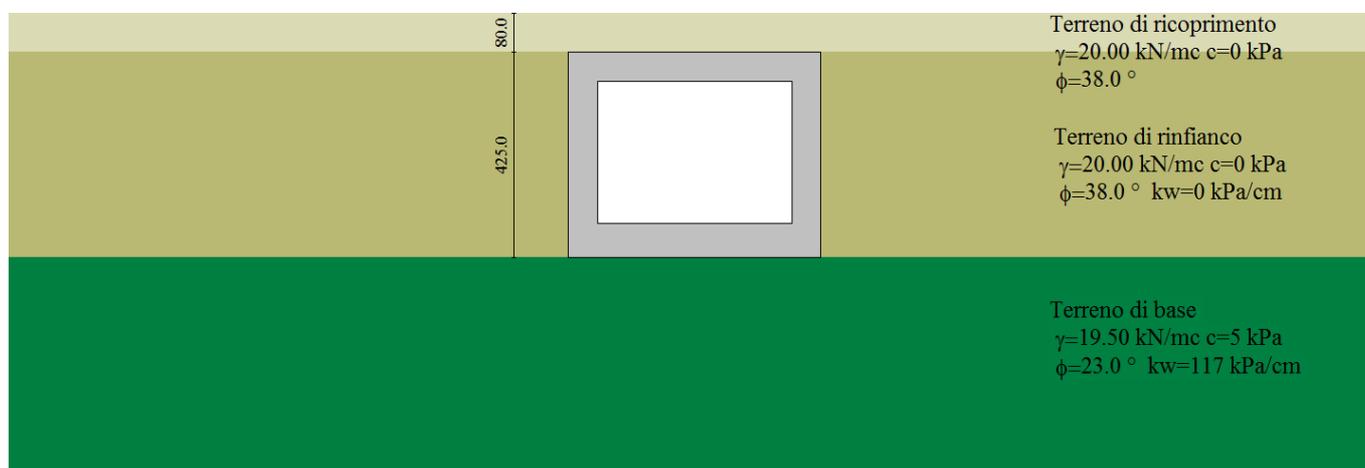
L'espressione di Meyerhof presuppone pertanto l'orizzontalità del piano di posa, condizione verificata per il caso in esame.

## 9. RISULTATI, ANALISI E VERIFICHE

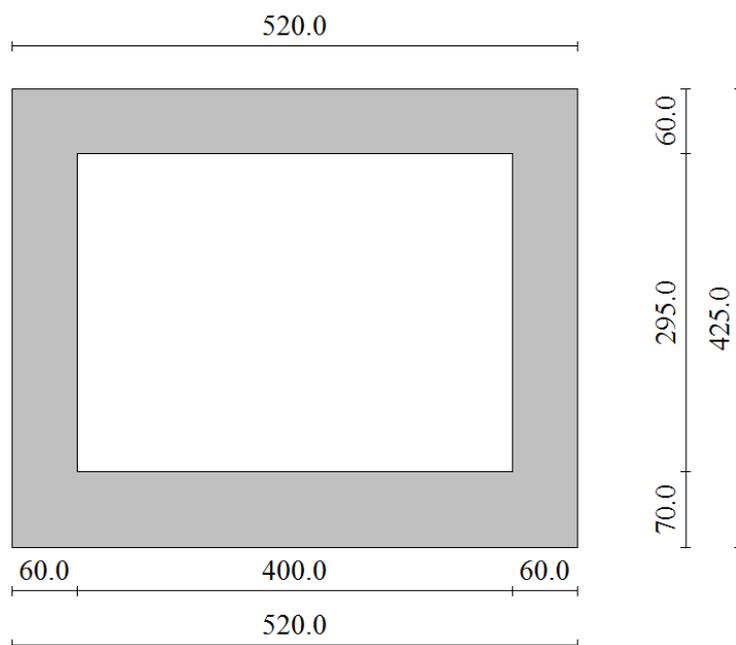
Di seguito di riporta una descrizione della modellazione effettuata mediante ausilio del software di calcolo SCAT v.14 prodotto dalla AZTEC Informativa, con una descrizione del modello strutturale implementato, sollecitazioni di calcolo ottenute e risultati delle verifiche effettuate.

### 9.1 MODELLO DI CALCOLO

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

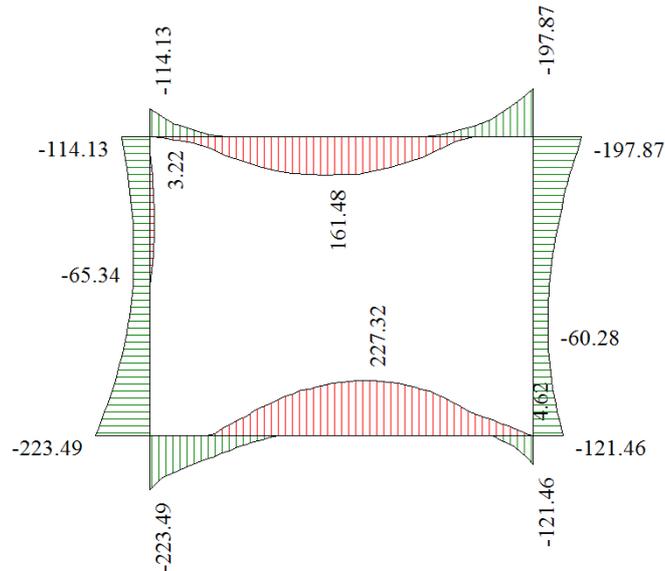


Modello Geometrico Geotecnico di Riferimento – 1/2

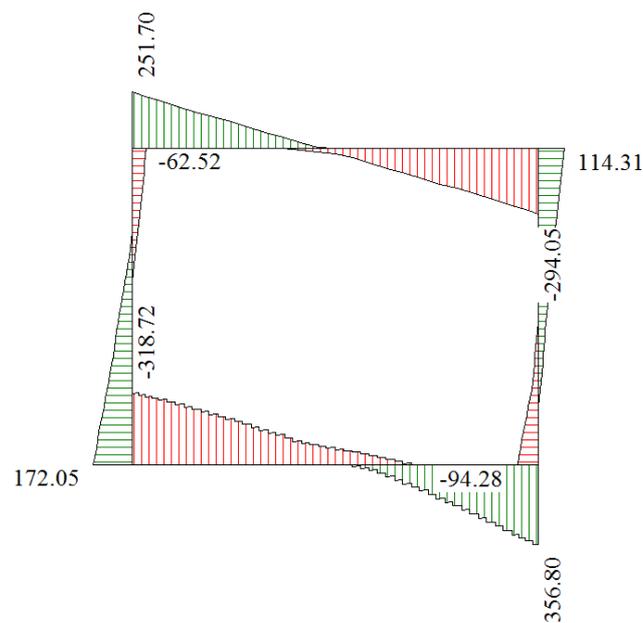


Modello Geometrico Geotecnico di Riferimento – 2/2

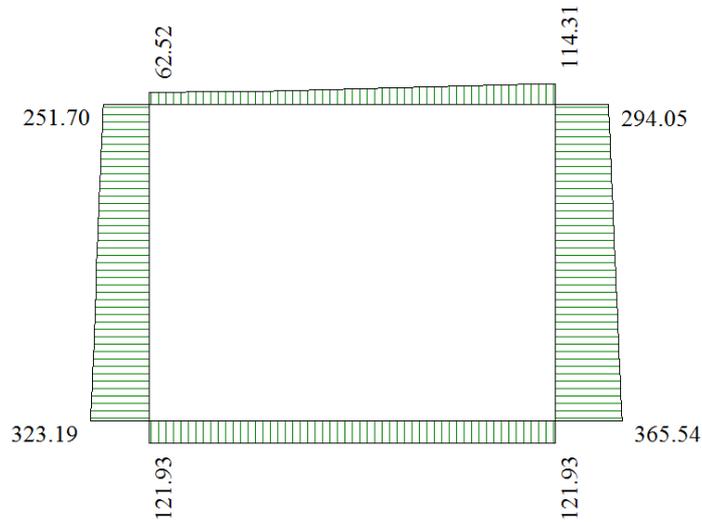
## 9.2 SOLLECITAZIONI DI CALCOLO



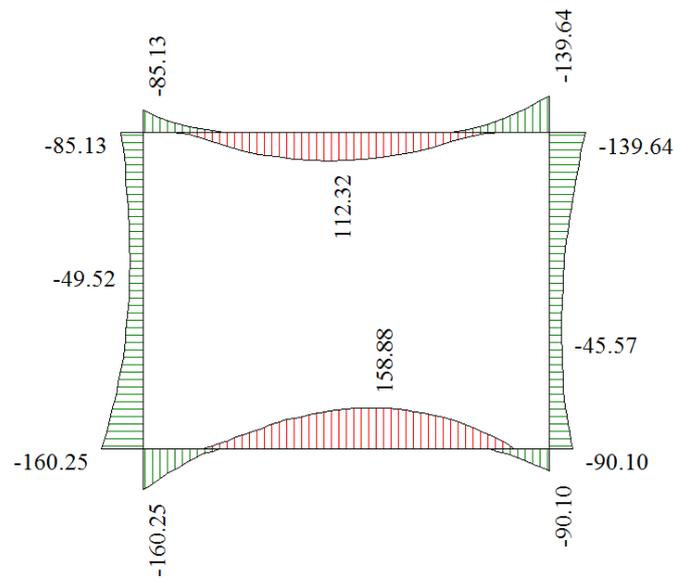
*Inviluppo diagrammi del momento flettente – SLU statico e sismico*



*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	Φ18/10 cm	Φ18/10 cm	Spilli φ 8/40x20cm
PIEDRITTI	Φ18/20 cm	Φ18/20 cm	Spilli 6 φ 8mq
FONDAZIONE	Φ18/10 cm	Φ18/10 cm	Spilli φ 8/40x20cm

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

**Af2 : Armatura lato interno**

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

### 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 involucro tra le sollecitazioni taglianti delle varie combinazioni di calcolo considerate

VERIFICA A TAGLIO						
Sezione	V <sub>Ed</sub>	b	h	V <sub>Rd</sub>	Verificato	Armatura a taglio
[-]	[kN]	[cm]	[cm]	[kN]	[-]	[-]
Traverso	240	100	60	597.4	SI	Spilli φ 8/40x20cm
*Piedritti	160	100	60	192.4	SI	Spilli 6 φ 8mq



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TOMBINI IDRAULICI

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	34 di 85

Fondazione	345	100	70	708.1	SI	Spilli $\phi$ 8/40x20cm
------------	-----	-----	----	-------	----	-------------------------

\*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

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	35 di 85

## 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	4.25	[m]
Larghezza esterna	5.20	[m]
Lunghezza mensola di fondazione sinistra	0.00	[m]
Lunghezza mensola di fondazione destra	0.00	[m]
Spessore piedritto sinistro	0.60	[m]
Spessore piedritto destro	0.60	[m]
Spessore fondazione	0.70	[m]
Spessore traverso	0.60	[m]

## Caratteristiche strati terreno

### Strato di ricoprimento

Descrizione	Terreno di ricoprimento	
Spessore dello strato	0.80	[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	[°]

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	37 di 85

Angolo di attrito terreno struttura	23.00	[°]
Coesione	5	[kPa]
Costante di Winkler	117	[kPa/cm]
Tensione limite	1000	[kPa]

## Caratteristiche materiali utilizzati

### *Materiale calcestruzzo*

R <sub>ck</sub> 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
F <sub>y</sub>	componente Y del carico concentrato
F <sub>x</sub>	componente X del carico concentrato
M	momento

#### *Forze distribuite*

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	38 di 85

$X_i, X_f$  ascisse del punto iniziale e finale per carichi distribuiti verticali  
 $Y_i, Y_f$  ordinate del punto iniziale e finale per carichi distribuiti orizzontali  
 $V_{ni}$  componente normale del carico distribuito nel punto iniziale  
 $V_{nf}$  componente normale del carico distribuito nel punto finale  
 $V_{ii}$  componente tangenziale del carico distribuito nel punto iniziale  
 $V_{if}$  componente tangenziale del carico distribuito nel punto finale  
 $D_{ie}$  variazione termica lembo esterno espressa in gradi centigradi  
 $D_{ii}$  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° 7 (Qcentrale)

Distr	Terreno	$X_i = -0.60$	$X_f = 0.00$	$V_{ni} = 33.60$	$V_{nf} = 33.60$	
Distr	Terreno	$X_i = 0.00$	$X_f = 5.20$	$V_{ni} = 47.70$	$V_{nf} = 47.70$	
Distr	Terreno	$X_i = 5.20$	$X_f = 5.80$	$V_{ni} = 33.60$	$V_{nf} = 33.60$	
Distr	Traverso	$X_i = 0.00$	$X_f = 5.20$	$V_{ni} = 0.00$	$V_{nf} = 0.00$	$V_{ti} = 8.30$ $V_{tf} = 8.30$
Distr	Terreno	$X_i = -10.00$	$X_f = -0.60$	$V_{ni} = 17.20$	$V_{nf} = 17.20$	
Distr	Terreno	$X_i = 5.80$	$X_f = 15.00$	$V_{ni} = 17.20$	$V_{nf} = 17.20$	

Condizione di carico n° 8 (Qlaterale)

Distr	Terreno	$X_i = -10.00$	$X_f = -6.40$	$V_{ni} = 17.20$	$V_{nf} = 17.20$
Distr	Terreno	$X_i = -6.40$	$X_f = 0.00$	$V_{ni} = 33.60$	$V_{nf} = 33.60$

Condizione di carico n° 9 (TERMICO)

Term	Traverso	$D_{ie} = -2.50$	$D_{ii} = 2.50$
Term	Traverso	$D_{ie} = 15.00$	$D_{ii} = 15.00$

Condizione di carico n° 10 (RITIRO)

Term	Traverso	$D_{ie} = -10.00$	$D_{ii} = -10.00$
------	----------	-------------------	-------------------

Condizione di carico n° 11 (BALLAST)

Distr	Terreno	$X_i = -10.00$	$X_f = 15.00$	$V_{ni} = 14.40$	$V_{nf} = 14.40$
-------	---------	----------------	---------------	------------------	------------------

## 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

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

Ambiente moderatamente aggressivo

Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. rare)	0.55 $f_{ck}$
Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. quasi perm.)	0.40 $f_{ck}$
Limite tensioni di trazione nell'acciaio (comb. rare)	0.75 $f_{yk}$



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 TOMBINI IDRAULICI

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	40 di 85

Criteria verifiche a fessurazione:

Armatura poco sensibile

Apertura limite fessure espresse in [mm]

Apertura limite fessure  $w_1=0.20$

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

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	41 di 85

Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qifav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qisfav}$	1.50	1.30
Variabili da traffico	Favorevole	$\gamma_{Qifav}$	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.45	1.25
Termici	Favorevole	$\gamma_{e,fav}$	0.00	0.00
Termici	Sfavorevole	$\gamma_{esfav}$	1.20	1.20

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito		$\gamma_{\tan\phi}$	1.00	1.25
Coesione efficace		$\gamma_{c'}$	1.00	1.25
Resistenza non drenata		$\gamma_{cu}$	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale		$\gamma_{qu}$	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume		$\gamma_{\gamma}$	1.00	1.00

**Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche**

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1fav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G1sfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G2fav}$	0.00	0.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G2sfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qifav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qisfav}$	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	$\gamma_{Qifav}$	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.00	1.00
Termici	Favorevole	$\gamma_{e,fav}$	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

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	42 di 85

Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00

Combinazione n° 1 SLU (Approccio 2)

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.35	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

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	43 di 85

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
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

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	44 di 85

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
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

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	45 di 85

TERMICO	Sfavorevole	1.00	0.50	0.50
RITIRO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 10 SLE (Frequente)

	<b>Effetto</b>	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
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)

	<b>Effetto</b>	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
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)

	<b>Effetto</b>	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
BALLAST	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
TERMICO	Sfavorevole	1.00	0.60	0.60
RITIRO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	46 di 85

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
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
---------	----------	--------	---

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	47 di 85

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]



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TOMBINI IDRAULICI

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	48 di 85

- 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]

#### Sisma

#### Identificazione del sito

Latitudine	37.573000
Longitudine	14.630000
Comune	Regalbuto
Provincia	Enna
Regione	Sicilia
Punti di interpolazione del reticolo	47637 - 47859 - 47860 - 47638

#### 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 $a_g =$	1.54 [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)	$k_h = (a_g / g * \beta_m * St * S_s) = 18.84$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 9.42$

#### Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo $a_g =$	0.64 [m/s <sup>2</sup> ]
--------------------------------	--------------------------

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	49 di 85

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)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*Ss) = 1.42$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.71$
Forma diagramma incremento sismico	Rettangolare
Spinta sismica	Wood
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	0.615
5	0.384	0.000
6	0.384	0.615
7	0.384	0.615
8	0.384	0.615
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	50
Numero elementi trasverso	26

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	50 di 85

Numero elementi piedritto sinistro	38
Numero elementi piedritto destro	38
Numero molle fondazione	51
Numero molle piedritto sinistro	39
Numero molle piedritto destro	39

## Pressioni terreno

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.30	119
2.60	171
4.90	233

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.30	119
2.60	156
4.90	204

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.30	99
2.60	117
4.90	140

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.30	2
2.60	86
4.90	173

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.30	103
2.60	116
4.90	135

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.30	0
2.60	78
4.90	159

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.30	12
2.60	96
4.90	184

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.30	10
2.60	88
4.90	170

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.30	85
2.60	83
4.90	85

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.30	86
2.60	114
4.90	149

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.30	75
2.60	84
4.90	98

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
-------	------------------

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	52 di 85

0.30	85
2.60	83
4.90	85

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.30	87
2.60	122
4.90	165

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.30	72
2.60	85
4.90	101

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.30	86
2.60	114
4.90	149

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.30	75
2.60	84
4.90	98

## 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 cmq
$A_{fs}$	Area armatura superiore, espressa in cmq
$CS$	Coeff. di sicurezza sezione
$V_{rd}$	Aliquota taglio assorbita dal calcestruzzo in elementi senza armature trasversali, espressa in kN
$V_{rd,c}$	Aliquota taglio assorbita dal calcestruzzo in elementi con armature trasversali, espressa in kN
$V_{rd,s}$	Aliquota taglio assorbita armature trasversali, espressa in kN
$A_{sv}$	Area armature trasversali nella sezione, espressa in cmq

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

Base sezione  $B = 100$  cm

Altezza sezione  $H = 70.00$  cm

Verifiche presso-flessione

$N^{\circ}$	$X$	$M$	$N$	$N_u$	$M_u$	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$CS$
1	0.30	223.49 (223.49)	121.93	384.96	705.59	25.45	25.45	3.16
2	2.60	-220.94 (-227.32)	121.93	377.35	-703.46	25.45	25.45	3.09
3	4.90	121.46 (223.49)	121.93	384.96	705.59	25.45	25.45	3.16

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

Base sezione  $B = 100$  cm

Altezza sezione  $H = 60.00$  cm

Verifiche presso-flessione

$N^{\circ}$	$X$	$M$	$N$	$N_u$	$M_u$	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$CS$
1	0.30	-100.46 (-197.87)	58.95	159.96	-536.92	25.45	25.45	2.71
2	2.60	159.57 (161.48)	86.63	306.33	571.01	25.45	25.45	3.54



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 TOMBINI IDRAULICI

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	54 di 85

3	4.90	-197.87 (-197.87)	114.31	333.54	-577.35	25.45	25.45	2.92
---	------	-------------------	--------	--------	---------	-------	-------	------

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.35	-223.49 (-223.49)	323.19	568.75	-393.30	12.72	12.72	1.76
2	2.15	-68.08 (-81.97)	287.45	2762.09	-787.61	12.72	12.72	9.61
3	3.95	-100.46 (-129.11)	251.70	941.44	-482.92	12.72	12.72	3.74

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.35	-121.46 (-167.28)	365.54	1166.14	-533.64	12.72	12.72	3.19
2	2.15	-65.80 (-78.84)	329.80	3523.94	-842.39	12.72	12.72	10.69
3	3.95	-197.87 (-197.87)	294.05	593.24	-399.19	12.72	12.72	2.02

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 70.00 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	0.30	192.80 (192.80)	107.33	394.24	708.19	25.45	25.45	3.67
2	2.60	-200.77 (-204.63)	107.33	367.53	-700.72	25.45	25.45	3.42
3	4.90	116.27 (192.80)	107.33	394.24	708.19	25.45	25.45	3.67

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 cm

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	55 di 85

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	0.30	-114.13 (-187.18)	62.05	179.50	-541.47	25.45	25.45	2.89
2	2.60	121.00 (122.14)	82.81	402.29	593.36	25.45	25.45	4.86
3	4.90	-187.18 (-187.18)	103.57	317.38	-573.58	25.45	25.45	3.06

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.35	-192.80 (-192.80)	295.14	621.50	-405.99	12.72	12.72	2.11
2	2.15	-67.86 (-75.76)	259.39	2666.36	-778.75	12.72	12.72	10.28
3	3.95	-114.13 (-144.28)	223.65	633.96	-408.98	12.72	12.72	2.83

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.35	-116.27 (-158.35)	326.90	1050.12	-508.69	12.72	12.72	3.21
2	2.15	-66.15 (-78.45)	291.16	3007.42	-810.31	12.72	12.72	10.33
3	3.95	-187.18 (-187.18)	255.41	521.01	-381.82	12.72	12.72	2.04

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 70.00 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	0.30	157.23 (157.23)	103.45	482.14	732.78	25.45	25.45	4.66
2	2.60	-124.19 (-126.69)	103.45	632.81	-774.92	25.45	25.45	6.12
3	4.90	92.07 (157.23)	103.45	482.14	732.78	25.45	25.45	4.66



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 TOMBINI IDRAULICI

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	56 di 85

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.30	-67.76 (-104.11)	59.58	329.94	-576.51	25.45	25.45	5.54
2	2.60	75.55 (76.02)	59.58	479.04	611.23	25.45	25.45	8.04
3	4.90	-104.11 (-104.11)	59.58	329.94	-576.51	25.45	25.45	5.54

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.35	-157.23 (-157.23)	215.86	525.77	-382.97	12.72	12.72	2.44
2	2.15	-26.42 (-35.78)	180.11	4237.14	-841.62	12.72	12.72	23.52
3	3.95	-67.76 (-96.72)	144.37	597.31	-400.17	12.72	12.72	4.14

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.35	-92.07 (-104.11)	219.35	1089.72	-517.20	12.72	12.72	4.97
2	2.15	-37.39 (-41.74)	183.61	3730.13	-847.94	12.72	12.72	20.32
3	3.95	-104.11 (-104.11)	147.86	553.31	-389.59	12.72	12.72	3.74

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 70.00 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
----	---	---	---	----------------	----------------	-----------------	-----------------	----

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	57 di 85

1	0.30	192.58 (192.58)	89.97	321.33	687.79	25.45	25.45	3.57
2	2.60	-84.97 (-117.14)	97.41	647.92	-779.15	25.45	25.45	6.65
3	4.90	10.52 (115.57)	104.84	726.90	801.24	25.45	25.45	6.93

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.30	-11.34 (-54.67)	53.60	634.87	-647.53	25.45	25.45	11.84
2	2.60	60.75 (67.35)	63.79	607.19	641.08	25.45	25.45	9.52
3	4.90	-130.35 (-130.35)	73.98	326.80	-575.78	25.45	25.45	4.42

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.35	-192.58 (-192.58)	137.13	220.41	-309.54	12.72	12.72	1.61
2	2.15	-0.94 (-23.39)	113.14	4101.96	-847.88	12.72	12.72	36.25
3	3.95	-11.34 (-37.38)	89.16	1384.97	-580.71	12.72	12.72	15.53

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.35	-10.52 (-22.19)	188.87	5892.60	-692.40	12.72	12.72	31.20
2	2.15	-26.34 (-44.53)	164.89	2996.97	-809.34	12.72	12.72	18.18
3	3.95	-130.35 (-130.35)	140.90	374.73	-346.65	12.72	12.72	2.66

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	58 di 85

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 70.00 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	0.30	143.10 (143.10)	93.47	477.82	731.57	25.45	25.45	5.11
2	2.60	-128.21 (-129.67)	93.47	539.83	-748.91	25.45	25.45	5.78
3	4.90	94.23 (143.10)	93.47	477.82	731.57	25.45	25.45	5.11

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.30	-89.60 (-116.86)	62.52	305.39	-570.79	25.45	25.45	4.88
2	2.60	57.99 (58.05)	62.52	718.43	666.99	25.45	25.45	11.49
3	4.90	-116.86 (-116.86)	62.52	305.39	-570.79	25.45	25.45	4.88

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.35	-143.10 (-143.10)	214.64	601.87	-401.27	12.72	12.72	2.80
2	2.15	-36.62 (-41.12)	178.90	3689.21	-847.94	12.72	12.72	20.62
3	3.95	-89.60 (-119.99)	143.15	429.18	-359.74	12.72	12.72	3.00

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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
----	---	---	---	----------------	----------------	-----------------	-----------------	----

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	59 di 85

1	0.35	-94.23 (-116.86)	217.26	862.53	-463.94	12.72	12.72	3.97
2	2.15	-44.84 (-50.62)	181.51	2854.79	-796.19	12.72	12.72	15.73
3	3.95	-116.86 (-116.86)	145.77	457.10	-366.46	12.72	12.72	3.14

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 70.00 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	0.30	181.89 (181.89)	86.82	329.36	690.04	25.45	25.45	3.79
2	2.60	-71.83 (-103.57)	94.25	729.96	-802.10	25.45	25.45	7.74
3	4.90	7.60 (101.14)	101.69	836.39	831.87	25.45	25.45	8.22

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.30	-7.45 (-43.75)	53.12	845.72	-696.63	25.45	25.45	15.92
2	2.60	49.30 (56.01)	59.49	705.10	663.88	25.45	25.45	11.85
3	4.90	-116.50 (-116.50)	65.86	325.33	-575.44	25.45	25.45	4.94

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.35	-181.89 (-181.89)	122.66	206.49	-306.20	12.72	12.72	1.68
2	2.15	4.21 (20.82)	98.68	4018.78	847.89	12.72	12.72	40.73
3	3.95	-7.45 (-33.27)	74.69	1228.04	-546.96	12.72	12.72	16.44

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

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	60 di 85

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.35	-7.60 (-18.28)	168.37	6117.37	-664.11	12.72	12.72	36.33
2	2.15	-22.52 (-39.24)	144.39	2968.01	-806.66	12.72	12.72	20.56
3	3.95	-116.50 (-116.50)	120.40	352.84	-341.39	12.72	12.72	2.93

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 70.00 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	0.30	198.89 (198.89)	91.13	314.23	685.81	25.45	25.45	3.45
2	2.60	-97.31 (-127.14)	98.56	591.85	-763.47	25.45	25.45	6.00
3	4.90	16.83 (131.06)	106.00	624.96	772.73	25.45	25.45	5.90

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.30	-13.48 (-59.91)	52.44	549.42	-627.63	25.45	25.45	10.48
2	2.60	65.93 (72.06)	62.63	544.53	626.49	25.45	25.45	8.69
3	4.90	-132.49 (-132.49)	72.82	314.97	-573.02	25.45	25.45	4.33

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.35	-198.89 (-198.89)	153.48	243.08	-314.99	12.72	12.72	1.58



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 TOMBINI IDRAULICI

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	61 di 85

2	2.15	-5.16 (-28.17)	124.51	3747.23	-847.93	12.72	12.72	30.10
3	3.95	-13.48 (-38.96)	95.53	1467.17	-598.39	12.72	12.72	15.36

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.35	-16.83 (-29.06)	205.22	5330.12	-754.82	12.72	12.72	25.97
2	2.15	-30.56 (-48.19)	176.25	2941.16	-804.18	12.72	12.72	16.69
3	3.95	-132.49 (-132.49)	147.28	389.22	-350.13	12.72	12.72	2.64

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 70.00 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	0.30	188.20 (188.20)	87.97	321.54	687.85	25.45	25.45	3.65
2	2.60	-84.17 (-113.34)	95.41	658.34	-782.07	25.45	25.45	6.90
3	4.90	13.91 (116.64)	102.85	699.83	793.67	25.45	25.45	6.80

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.30	-9.59 (-48.99)	51.96	703.76	-663.57	25.45	25.45	13.54
2	2.60	54.49 (60.71)	58.33	618.46	643.71	25.45	25.45	10.60
3	4.90	-118.64 (-118.64)	64.71	312.17	-572.37	25.45	25.45	4.82

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

Base sezione B = 100 cm

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	62 di 85

 Altezza sezione  $H = 60.00$  cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	$N_u$	$M_u$	$A_{fi}$	$A_{fs}$	CS
1	0.35	-188.20 (-188.20)	139.01	230.42	-311.95	12.72	12.72	1.66
2	2.15	-0.01 (-22.10)	110.04	4201.46	-844.00	12.72	12.72	38.18
3	3.95	-9.59 (-34.85)	81.07	1316.87	-566.06	12.72	12.72	16.24

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

 Base sezione  $B = 100$  cm

 Altezza sezione  $H = 60.00$  cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	$N_u$	$M_u$	$A_{fi}$	$A_{fs}$	CS
1	0.35	-13.91 (-25.15)	184.72	5452.10	-742.25	12.72	12.72	29.52
2	2.15	-26.75 (-42.90)	155.75	2908.21	-801.13	12.72	12.72	18.67
3	3.95	-118.64 (-118.64)	126.78	368.95	-345.26	12.72	12.72	2.91

## 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, espressa in kPa
$\sigma_{fs}$	Tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore, espressa in kPa
$\sigma_c$	Tensione nel calcestruzzo, espressa in kPa
$\tau_c$	Tensione tangenziale nel calcestruzzo, espressa in kPa
$A_{sv}$	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  $H = 70.00$  cm

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	63 di 85

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	0.30	87.62	65.93	25.45	25.45	15326	47151	1453
2	2.60	-87.09	65.93	25.45	25.45	46795	15243	1444
3	4.90	87.62	65.93	25.45	25.45	15326	47151	1453

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.30	0.00	-149.60	-275
2	2.60	0.00	3.94	7
3	4.90	0.00	149.60	275

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.30	-56.09	31.84	25.45	25.45	39381	11688	1205
2	2.60	58.70	31.84	25.45	25.45	12183	41484	1259
3	4.90	-56.09	31.84	25.45	25.45	39381	11688	1205

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.30	0.00	99.82	217
2	2.60	0.00	0.00	0
3	4.90	0.00	-99.82	-217

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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>
----	---	---	---	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	----------------

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	64 di 85

1	0.35	-87.62	152.78	12.72	12.72	82603	25514	2602
2	2.15	-27.84	126.30	12.72	12.72	6557	9000	730
3	3.95	-56.09	99.82	12.72	12.72	52195	16390	1664

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.35	0.00	65.96	144
2	2.15	0.00	4.61	10
3	3.95	0.00	-31.84	-69

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.35	-87.62	152.78	12.72	12.72	82603	25514	2602
2	2.15	-27.84	126.30	12.72	12.72	6557	9000	730
3	3.95	-56.09	99.82	12.72	12.72	52195	16390	1664

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.35	0.00	-65.96	-144
2	2.15	0.00	-4.61	-10
3	3.95	0.00	31.84	69

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 70.00 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	0.30	146.40	84.51	25.45	25.45	24924	83299	2408
2	2.60	-140.44	84.51	25.45	25.45	79298	24004	2313

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	65 di 85

3	4.90	90.10	84.51	25.45	25.45	16175	45590	1504
---	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.30	0.00	-211.45	-389
2	2.60	0.00	-18.66	-34
3	4.90	0.00	232.46	427

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.30	-66.15	38.66	25.45	25.45	46243	13820	1422
2	2.60	103.61	53.94	25.45	25.45	21428	73625	2221
3	4.90	-119.89	69.21	25.45	25.45	83968	25019	2576

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.30	0.00	161.73	352
2	2.60	0.00	-11.68	-25
3	4.90	0.00	-185.10	-403

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.35	-146.40	214.69	12.72	12.72	151988	41369	4369
2	2.15	-43.94	188.21	12.72	12.72	12077	14165	1163
3	3.95	-66.15	161.73	12.72	12.72	47351	20342	1920

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	66 di 85

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.35	0.00	99.85	218
2	2.15	0.00	18.14	40
3	3.95	0.00	-38.66	-84

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.35	-90.10	238.05	12.72	12.72	59167	28001	2593
2	2.15	-42.68	211.57	12.72	12.72	7714	13883	1106
3	3.95	-119.89	185.10	12.72	12.72	121238	34181	3574

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.35	0.00	-69.26	-151
2	2.15	0.00	12.42	27
3	3.95	0.00	69.21	151

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 70.00 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	0.30	109.84	74.32	25.45	25.45	18995	60570	1815
2	2.60	-87.06	74.32	25.45	25.45	45316	15450	1449
3	4.90	73.89	74.32	25.45	25.45	13381	36527	1236

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
----	---	-----------------	---	----------------

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	67 di 85

1	0.30	0.00	-152.66	-281
2	2.60	0.00	-8.14	-15
3	4.90	0.00	153.72	283

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.30	-48.11	39.01	25.45	25.45	31685	10395	1044
2	2.60	57.25	39.01	25.45	25.45	12140	39028	1236
3	4.90	-68.16	39.01	25.45	25.45	47799	14213	1464

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.30	0.00	102.51	223
2	2.60	0.00	-4.62	-10
3	4.90	0.00	-104.44	-228

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.35	-109.84	155.47	12.72	12.72	115997	30850	3280
2	2.15	-20.96	128.99	12.72	12.72	1626	7053	542
3	3.95	-48.11	102.51	12.72	12.72	39187	14488	1413

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.35	0.00	89.91	196
2	2.15	0.00	13.00	28

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	68 di 85

3	3.95	0.00	-39.01	-85
---	------	------	--------	-----

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.35	-73.89	157.40	12.72	12.72	60199	22250	2170
2	2.15	-27.01	130.92	12.72	12.72	5236	8769	701
3	3.95	-68.16	104.44	12.72	12.72	69203	19408	2032

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.35	0.00	-58.80	-128
2	2.15	0.00	2.56	6
3	3.95	0.00	39.01	85

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 70.00 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	0.30	86.77	64.64	25.45	25.45	15161	46809	1438
2	2.60	-87.92	64.64	25.45	25.45	47579	15340	1457
3	4.90	86.77	64.64	25.45	25.45	15161	46809	1438

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.30	0.00	-149.60	-275
2	2.60	0.00	3.94	7
3	4.90	0.00	149.60	275

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	69 di 85

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.30	-59.89	33.13	25.45	25.45	42202	12450	1285
2	2.60	54.91	33.13	25.45	25.45	11505	38198	1181
3	4.90	-59.89	33.13	25.45	25.45	42202	12450	1285

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.30	0.00	99.82	217
2	2.60	0.00	0.00	0
3	4.90	0.00	-99.82	-217

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.35	-86.77	152.78	12.72	12.72	81305	25309	2576
2	2.15	-29.32	126.30	12.72	12.72	7936	9452	775
3	3.95	-59.89	99.82	12.72	12.72	58024	17303	1781

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.35	0.00	64.67	141
2	2.15	0.00	3.32	7
3	3.95	0.00	-33.13	-72

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

Base sezione B = 100 cm

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	70 di 85

Altezza sezione H = 60.00 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	0.35	-86.77	152.78	12.72	12.72	81305	25309	2576
2	2.15	-29.32	126.30	12.72	12.72	7936	9452	775
3	3.95	-59.89	99.82	12.72	12.72	58024	17303	1781

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.35	0.00	-64.67	-141
2	2.15	0.00	-3.32	-7
3	3.95	0.00	33.13	72

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 70.00 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	0.30	160.25	87.87	25.45	25.45	27153	92003	2632
2	2.60	-154.61	87.87	25.45	25.45	88217	26284	2542
3	4.90	89.88	87.87	25.45	25.45	16218	44864	1502

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.30	0.00	-226.91	-417
2	2.60	0.00	-24.32	-45
3	4.90	0.00	253.18	465

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 cm

Verifiche presso-flessione

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	71 di 85

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	0.30	-72.46	41.66	25.45	25.45	50780	15116	1557
2	2.60	111.04	60.75	25.45	25.45	23062	78372	2383
3	4.90	-139.64	79.84	25.45	25.45	97936	29114	3000

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.30	0.00	177.21	386
2	2.60	0.00	-14.60	-32
3	4.90	0.00	-206.41	-450

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.35	-160.25	230.16	12.72	12.72	168054	45120	4784
2	2.15	-49.44	203.69	12.72	12.72	14978	15911	1318
3	3.95	-72.46	177.21	12.72	12.72	51854	22283	2103

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.35	0.00	107.03	233
2	2.15	0.00	20.23	44
3	3.95	0.00	-41.66	-91

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.35	-89.88	259.37	12.72	12.72	52743	28225	2556

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	72 di 85

2	2.15	-47.87	232.89	12.72	12.72	9174	15546	1242
3	3.95	-139.64	206.41	12.72	12.72	144393	39513	4167

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.35	0.00	-68.80	-150
2	2.15	0.00	17.97	39
3	3.95	0.00	79.84	174

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 70.00 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	0.30	114.55	75.12	25.45	25.45	19746	63586	1891
2	2.60	-87.88	75.12	25.45	25.45	45728	15599	1463
3	4.90	69.61	75.12	25.45	25.45	12723	33543	1167

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.30	0.00	-153.43	-282
2	2.60	0.00	-11.17	-21
3	4.90	0.00	154.75	284

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.30	-49.91	42.09	25.45	25.45	32584	10834	1084
2	2.60	53.09	42.09	25.45	25.45	11443	35139	1151
3	4.90	-74.98	42.09	25.45	25.45	52725	15607	1610

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	73 di 85

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	$\tau_c$
1	0.30	0.00	103.19	225
2	2.60	0.00	-5.77	-13
3	4.90	0.00	-105.59	-230

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_c$
1	0.35	-114.55	156.14	12.72	12.72	123077	31965	3423
2	2.15	-20.71	129.66	12.72	12.72	1473	6999	537
3	3.95	-49.91	103.19	12.72	12.72	41679	14957	1469

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	$\tau_c$
1	0.35	0.00	94.61	206
2	2.15	0.00	13.80	30
3	3.95	0.00	-42.09	-92

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_c$
1	0.35	-69.61	158.55	12.72	12.72	53438	21182	2034
2	2.15	-28.28	132.07	12.72	12.72	6127	9156	738
3	3.95	-74.98	105.59	12.72	12.72	79363	21040	2239

Verifiche taglio

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	74 di 85

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.35	0.00	-55.71	-121
2	2.15	0.00	5.64	12
3	3.95	0.00	42.09	92

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 70.00 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	0.30	142.17	78.07	25.45	25.45	24093	81602	2335
2	2.60	-144.61	78.07	25.45	25.45	83241	24469	2374
3	4.90	85.87	78.07	25.45	25.45	15355	43874	1432

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.30	0.00	-211.45	-389
2	2.60	0.00	-18.67	-34
3	4.90	0.00	232.46	427

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.30	-85.13	45.11	25.45	25.45	60350	17632	1825
2	2.60	84.63	60.38	25.45	25.45	18030	57202	1829
3	4.90	-138.87	75.66	25.45	25.45	98075	28832	2980

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.30	0.00	161.73	352

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	75 di 85

2	2.60	0.00	-11.68	-25
3	4.90	0.00	-185.10	-403

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.35	-142.17	214.69	12.72	12.72	145431	40377	4240
2	2.15	-51.32	188.21	12.72	12.72	20137	16427	1400
3	3.95	-85.13	161.73	12.72	12.72	75788	25155	2518

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.35	0.00	93.40	203
2	2.15	0.00	11.69	25
3	3.95	0.00	-45.11	-98

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.35	-85.87	238.05	12.72	12.72	53144	26844	2456
2	2.15	-50.06	211.57	12.72	12.72	14232	16127	1328
3	3.95	-138.87	185.10	12.72	12.72	150693	38605	4151

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.35	0.00	-62.81	-137
2	2.15	0.00	18.87	41
3	3.95	0.00	75.66	165

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	76 di 85

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 70.00 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	0.30	105.61	67.87	25.45	25.45	18167	58868	1742
2	2.60	-91.23	67.87	25.45	25.45	49226	15937	1512
3	4.90	69.65	67.87	25.45	25.45	12564	34809	1164

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.30	0.00	-152.66	-281
2	2.60	0.00	-8.15	-15
3	4.90	0.00	153.72	283

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.30	-67.09	45.46	25.45	25.45	45779	14217	1448
2	2.60	38.27	45.46	25.45	25.45	8688	22687	841
3	4.90	-87.14	45.46	25.45	25.45	61906	18025	1868

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.30	0.00	102.51	223
2	2.60	0.00	-4.62	-10
3	4.90	0.00	-104.44	-228

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

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	77 di 85

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.35	-105.61	155.47	12.72	12.72	109431	29863	3152
2	2.15	-28.33	128.99	12.72	12.72	6606	9161	742
3	3.95	-67.09	102.51	12.72	12.72	68214	19094	2000

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.35	0.00	83.46	182
2	2.15	0.00	6.55	14
3	3.95	0.00	-45.46	-99

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 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	0.35	-69.65	157.40	12.72	12.72	53873	21171	2037
2	2.15	-34.38	130.92	12.72	12.72	12476	11027	931
3	3.95	-87.14	104.44	12.72	12.72	98725	23797	2607

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.35	0.00	-52.35	-114
2	2.15	0.00	9.01	20
3	3.95	0.00	45.46	99

## 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°	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	0.30	25.45	25.45	241.23	-241.23	160.25	0.00	0.20	0.00	0.000
2	2.60	25.45	25.45	241.23	-241.23	-154.61	0.00	0.20	0.00	0.000
3	4.90	25.45	25.45	241.23	-241.23	89.88	0.00	0.20	0.00	0.000

### Verifica fessurazione traverso [Combinazione n° 13 - 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	0.30	25.45	25.45	179.59	-179.59	-72.46	0.00	0.20	0.00	0.000
2	2.60	25.45	25.45	179.59	-179.59	111.04	0.00	0.20	0.00	0.000
3	4.90	25.45	25.45	179.59	-179.59	-139.64	0.00	0.20	0.00	0.000

### Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione n° 13 - 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	0.35	12.72	12.72	166.02	-166.02	-160.25	0.00	0.20	0.00	0.000
2	2.15	12.72	12.72	166.02	-166.02	-49.44	0.00	0.20	0.00	0.000
3	3.95	12.72	12.72	166.02	-166.02	-72.46	0.00	0.20	0.00	0.000

### Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione n° 13 - 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	0.35	12.72	12.72	166.02	-166.02	-89.88	0.00	0.20	0.00	0.000
2	2.15	12.72	12.72	166.02	-166.02	-47.87	0.00	0.20	0.00	0.000

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	79 di 85

3	3.95	12.72	12.72	166.02	-166.02	-139.64	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	0.30	25.45	25.45	241.23	-241.23	114.55	0.00	0.20	0.00	0.000
2	2.60	25.45	25.45	241.23	-241.23	-87.88	0.00	0.20	0.00	0.000
3	4.90	25.45	25.45	241.23	-241.23	69.61	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	0.30	25.45	25.45	179.59	-179.59	-49.91	0.00	0.20	0.00	0.000
2	2.60	25.45	25.45	179.59	-179.59	53.09	0.00	0.20	0.00	0.000
3	4.90	25.45	25.45	179.59	-179.59	-74.98	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	0.35	12.72	12.72	166.02	-166.02	-114.55	0.00	0.20	0.00	0.000
2	2.15	12.72	12.72	166.02	-166.02	-20.71	0.00	0.20	0.00	0.000
3	3.95	12.72	12.72	166.02	-166.02	-49.91	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	0.35	12.72	12.72	166.02	-166.02	-69.61	0.00	0.20	0.00	0.000
2	2.15	12.72	12.72	166.02	-166.02	-28.28	0.00	0.20	0.00	0.000
3	3.95	12.72	12.72	166.02	-166.02	-74.98	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	0.30	25.45	25.45	241.23	-241.23	142.17	0.00	0.20	0.00	0.000
2	2.60	25.45	25.45	241.23	-241.23	-144.61	0.00	0.20	0.00	0.000
3	4.90	25.45	25.45	241.23	-241.23	85.87	0.00	0.20	0.00	0.000

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	80 di 85

**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	0.30	25.45	25.45	179.59	-179.59	-85.13	0.00	0.20	0.00	0.000
2	2.60	25.45	25.45	179.59	-179.59	84.63	0.00	0.20	0.00	0.000
3	4.90	25.45	25.45	179.59	-179.59	-138.87	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	0.35	12.72	12.72	166.02	-166.02	-142.17	0.00	0.20	0.00	0.000
2	2.15	12.72	12.72	166.02	-166.02	-51.32	0.00	0.20	0.00	0.000
3	3.95	12.72	12.72	166.02	-166.02	-85.13	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	0.35	12.72	12.72	166.02	-166.02	-85.87	0.00	0.20	0.00	0.000
2	2.15	12.72	12.72	166.02	-166.02	-50.06	0.00	0.20	0.00	0.000
3	3.95	12.72	12.72	166.02	-166.02	-138.87	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	0.30	25.45	25.45	241.23	-241.23	105.61	0.00	0.20	0.00	0.000
2	2.60	25.45	25.45	241.23	-241.23	-91.23	0.00	0.20	0.00	0.000
3	4.90	25.45	25.45	241.23	-241.23	69.65	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	0.30	25.45	25.45	179.59	-179.59	-67.09	0.00	0.20	0.00	0.000
2	2.60	25.45	25.45	179.59	-179.59	38.27	0.00	0.20	0.00	0.000
3	4.90	25.45	25.45	179.59	-179.59	-87.14	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>
----	---	-----------------	-----------------	----------------	----------------	---	---	------------------	----------------	-----------------

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	81 di 85

1	0.35	12.72	12.72	166.02	-166.02	-105.61	0.00	0.20	0.00	0.000
2	2.15	12.72	12.72	166.02	-166.02	-28.33	0.00	0.20	0.00	0.000
3	3.95	12.72	12.72	166.02	-166.02	-67.09	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>lim</sub>	s <sub>m</sub>	ε <sub>sm</sub>
1	0.35	12.72	12.72	166.02	-166.02	-69.65	0.00	0.20	0.00	0.000
2	2.15	12.72	12.72	166.02	-166.02	-34.38	0.00	0.20	0.00	0.000
3	3.95	12.72	12.72	166.02	-166.02	-87.14	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]
0.30	-223.49	-86.77	-318.72	-122.66	64.64	121.93
2.60	71.83	220.94	-67.95	3.94	64.64	121.93
4.90	-121.46	-7.60	149.60	356.80	64.64	121.93

**Inviluppo sollecitazioni traverso**

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]
0.30	-114.13	-7.45	74.69	251.70	31.84	62.52
2.60	38.27	159.57	-25.87	0.00	31.84	86.63
4.90	-197.87	-56.09	-294.05	-99.82	31.84	114.31

**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]
0.35	-223.49	-86.77	64.67	172.05	122.66	323.19
2.15	-68.08	4.21	3.32	47.35	98.68	287.45
3.95	-114.13	-7.45	-62.52	-31.84	74.69	251.70

**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]
0.35	-121.46	-7.60	-94.28	-21.97	152.78	365.54
2.15	-66.15	-22.52	-4.61	37.44	126.30	329.80
3.95	-197.87	-56.09	31.84	114.31	99.82	294.05

## Inviluppo pressioni terreno

### Inviluppo pressioni sul terreno di fondazione

X [m]	$\sigma_{\min}$ [kPa]	$\sigma_{\max}$ [kPa]
0.30	0	119
2.60	78	171
4.90	85	233

## Inviluppo verifiche stato limite ultimo (SLU)

### Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 70.00 cm

X	$A_{fl}$	$A_{fs}$	CS
0.30	25.45	25.45	3.16
2.60	25.45	25.45	3.09
4.90	25.45	25.45	3.16

### Verifica sezioni traverso (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 cm

X	$A_{fl}$	$A_{fs}$	CS
0.30	25.45	25.45	2.71
2.60	25.45	25.45	3.54
4.90	25.45	25.45	2.92

### Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 cm

Y	$A_{fl}$	$A_{fs}$	CS
0.35	12.72	12.72	1.58
2.15	12.72	12.72	9.61
3.95	12.72	12.72	2.83

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	83 di 85

#### Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 cm

Y	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
0.35	12.72	12.72	3.19
2.15	12.72	12.72	10.33
3.95	12.72	12.72	2.02

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

##### Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 70.00 cm

X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
0.30	25.45	25.45	2632	92003	27153
2.60	25.45	25.45	2542	26284	88217
4.90	25.45	25.45	1504	47151	16218

X	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
0.30	-417	0.00
2.60	-45	0.00
4.90	465	0.00

##### Verifica sezioni trasverso (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 cm

X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
0.30	25.45	25.45	1825	17632	60350
2.60	25.45	25.45	2383	78372	23062
4.90	25.45	25.45	3000	29114	98075

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	84 di 85

X	$\tau_c$	$A_{sw}$
0.30	386	0.00
2.60	-32	0.00
4.90	-450	0.00

**Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 cm

Y	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
0.35	12.72	12.72	4784	45120	168054
2.15	12.72	12.72	1400	16427	20137
3.95	12.72	12.72	2518	25155	75788

Y	$\tau_c$	$A_{sw}$
0.35	233	0.00
2.15	44	0.00
3.95	-99	0.00

**Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 60.00 cm

Y	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
0.35	12.72	12.72	2602	28225	82603
2.15	12.72	12.72	1328	16127	14232
3.95	12.72	12.72	4167	39513	150693

Y	$\tau_c$	$A_{sw}$
0.35	-151	0.00
2.15	41	0.00
3.95	174	0.00



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TOMBINI IDRAULICI

IN33A e IN33B - Tombino alla pk 15+917: Relazione di calcolo e caratterizzazione sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	IN3300 001	A	85 di 85

## Verifiche geotecniche

### Simbologia adottata

<i>IC</i>	Indice della combinazione
<i>Nc, Nq, Ng</i>	Fattori di capacità portante
<i>Nc, Nq, Ng</i>	Fattori di capacità portante corretti per effetto forma, inclinazione del carico, affondamento, etc.
<i>qu</i>	Portanza ultima del terreno, espressa in [kPa]
<i>Qu</i>	Portanza ultima del terreno, espressa in [kN/m]
<i>Qv</i>	Carico verticale al piano di posa, espressa in [kN/m]
<i>FS</i>	Fattore di sicurezza a carico limite

<b>IC</b>	<b>Nc</b>	<b>Nq</b>	<b>Ng</b>	<b>N'c</b>	<b>N'q</b>	<b>N'g</b>	<b>qu</b>	<b>Qu</b>	<b>Qv</b>	<b>FS</b>
1	18.05	8.66	4.82	21.32	9.07	3.78	1097	5706.24	795.31	7.17
2	18.05	8.66	4.82	21.68	9.22	4.07	1148	5970.20	728.62	8.19
3	18.05	8.66	4.82	20.36	8.66	3.04	1072	5576.25	541.79	10.29
4	18.05	8.66	4.82	13.27	5.65	0.01	451	2347.54	397.51	5.91
5	18.05	8.66	4.82	21.07	8.97	3.58	1146	5957.97	538.47	11.06
6	18.05	8.66	4.82	12.65	5.38	0.01	427	2221.02	362.54	6.13
7	18.05	8.66	4.82	14.13	6.01	0.10	505	2627.00	445.08	5.90
8	18.05	8.66	4.82	13.62	5.79	0.03	483	2513.33	410.11	6.13