

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. L. LAGOPO

Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

## PROGETTO ESECUTIVO

**ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO  
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO  
2° E 3° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO**

RELAZIONE

IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA

LINEA DI CONTATTO

Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria  
(comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)

IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA	APPALTATORE	SCALA:  -
IL REVISORE  Ing. A. CARLUCCI	IL DIRETTORE TECNICO  Ing. M. FERRONI	

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

I F 2 R   0 2   E   Z Z   C L   L C 0 0 0 0   0 1 8   A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE	M.BOIARDI	29/10/21	A.GANDOLFI	30/10/21	M.BARILLI	30/10/21	IL PROGETTISTA A. FORCHINO
								 31/10/21

File: IF2R.0.2.E.ZZ.CL.LC.00.0.0.018.A

n. Elab.:

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO LC.00.0.0.018	REV. A	FOGLIO 2 di 51

<b>PREMESSA</b> .....	<b>4</b>
<b>MODELLO NUMERICO</b> .....	<b>4</b>
<b>1 OGGETTO</b> .....	<b>6</b>
<b>2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>7</b>
2.1 SISTEMA CARTESIANO DI RIFERIMENTO .....	<b>7</b>
<b>3 MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA E DELLE AZIONI</b> .....	<b>8</b>
3.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MECCANICHE.....	<b>8</b>
3.2 SEZIONI.....	<b>11</b>
3.3 MATERIALI .....	<b>12</b>
3.4 CASI DI CARICO (§ 6.2 CEI EN 50119) .....	<b>13</b>
3.5 COMBINAZIONI DEI CASI DI CARICO AGLI SLU (STATI LIMITE ULTIMI) .....	<b>14</b>
3.5.1 Azioni applicate .....	<b>15</b>
3.6 AZIONI DI ORIGINE SISMICA .....	<b>15</b>
3.7 AZIONI DOVUTE AI CONDUTTORI .....	<b>16</b>
3.7.1 Diametri equivalenti dei conduttori.....	<b>17</b>
3.7.2. Formulazioni per il calcolo delle azioni radiali.....	<b>18</b>
<b>4 ANALISI STRUTTURALE</b> .....	<b>20</b>
4.1 TABELLA DELLA AZIONI AGENTI IN CONDIZIONE D.....	<b>20</b>
4.2 CARICHI APPLICATI ALLA STRUTTURA NEL MODELLO AD ELEMENTI FINITI IN CONDIZIONE D .....	<b>21</b>
<b>5 VERIFICA STRUTTURALE (RIF. § 6 E SEGG. CEI EN 50119, §4.2 D.M.'08)</b>	<b>22</b>
5.1 PENDULO SCATOLARE 150x250 SP. 6,3 (S355) .....	<b>23</b>

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO LC.00.0.0.018	REV. A	FOGLIO 3 di 51

<b>5.2</b>	<b>VERIFICA TIRAFONDI M33 (ACCIAIO INOX A4-70)</b>	<b>26</b>
<b>5.3</b>	<b>VERIFICA PIASTRA DI BASE DEL PENDULO (S355)</b>	<b>29</b>
<b>5.3.1</b>	<b><i>Resistenza flessionale della piastra</i></b>	<b>29</b>
<b>5.3.2</b>	<b><i>Punzonamento piastra</i></b>	<b>31</b>
<b>5.3.3</b>	<b><i>Resistenza materiale</i></b>	<b>31</b>
<b>5.4</b>	<b>VERIFICA DEL PERNO M24 DEL PENDULO (ACCIAIO CL 8.8)</b>	<b>33</b>
<b>5.4.1</b>	<b><i>Verifica del perno M24 precaricato con serraggio controllato (acciaio cl 8.8)</i></b>	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>VERIFICHE DEI COLLEGAMENTI POST INSTALLATI SULLA VOLTA DELLA GALLERIA</b>	<b>41</b>
<b>6.1</b>	<b>VERIFICA A SFILAMENTO DELL'ANCORANTE CHIMICO</b>	<b>41</b>
<b>6.2</b>	<b>VERIFICA TIRAFONDI POST-INSTALLATI PENDULO</b>	<b>42</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>51</b>

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA</b> Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO LC.00.0.0.018	REV. A	FOGLIO 4 di 51

## RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

### Premessa

La presente relazione di calcolo strutturale, in conformità al §10.1 del DM 14/01/08, è comprensiva di una descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica. Segue inoltre le indicazioni fornite al §10.2 del DM stesso per quanto concerne analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo.

### Modello numerico

In questa parte viene descritto il modello numerico utilizzato (o i modelli numerici utilizzati) per l'analisi della struttura. La presentazione delle informazioni deve essere, coerentemente con le prescrizioni del paragrafo 10.2 e relativi sottoparagrafi delle NTC-08, tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità.

Si è utilizzata l'analisi statica lineare.

Di seguito si indicano l'origine e le caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati riportando titolo, produttore e distributore, versione, estremi della licenza d'uso:

<b>Informazioni sul codice di calcolo</b>	
Titolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione:	\$s154\$
Produttore-Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara
Codice Licenza:	Licenza dsi4344

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione:

<b>Affidabilità dei codici utilizzati</b>
2S.I. ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.
E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link: <a href="https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita/">https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita/</a>

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA</b> Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO LC.00.0.0.018	REV. A	FOGLIO 5 di 51

## DICHIARAZIONE DI AFFIDABILITÀ

Dichiarazione del produttore-distributore di PRO\_SAP PROfessional SAP riguardante l'affidabilità del codice (NTC 2018 - Paragrafo 10.2)

### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

**Titolo:** PRO\_SAP PROfessional Structural Analysis Program

**Autore-Produttore:** 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara

### Affidabilità dei codici

#### - Inquadramento teorico della metodologia

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensiodeformativo indotto da carichi statici.

L'analisi strutturale è condotta con il metodo dell'analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tensiodeformativo indotto da carichi dinamici (tra i quali quelli di tipo sismico).

Gli elementi, lineari e non lineari, utilizzati per la modellazione dello schema statico della struttura sono i seguenti:

**Elemento TRUSS (asta)**

**Elemento BEAM (trave)**

**Elemento MEMBRANE (membrana)**

**Elemento PLATE (piastra-guscio)**

**Elemento BRICK (solido)**

**Elemento CINGHIA**

**Elemento BOUNDARY (molla)**

**Elemento STIFFNESS  
(matrice di rigidezza)**

#### - Casi prova che consentano un riscontro dell'affidabilità

2S.I. ha verificato, in collaborazione con il DISTART dell'Università di Bologna e con il Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Ferrara, l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link: <http://www.2si.it/affidabilita.php>

#### - Filtri di autodiagnostica

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione.

Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni abnormi.

#### Garanzia di qualità

Dal 1 dicembre 1999 2S.I. ha prodotto un manuale di qualità in funzione dei requisiti della norma di riferimento UNI EN ISO 9001.

Tutte le attività dell'azienda sono regolate dalla documentazione e dalle procedure in esso contenute.

In relazione alla attività di validazione dei prodotti software si dichiara inoltre quanto segue:

- la fase di progetto degli algoritmi è preceduta dalla ricerca di risultati di confronto reperibili in bibliografia o riproducibili con calcoli manuali;

- la fase di implementazione degli algoritmi è continuamente validata con strumenti automatici (tools di sviluppo) e attraverso confronti;

- il software che implementa gli algoritmi è testato, confrontato e controllato anche da tecnici qualificati che non sono intervenuti nelle precedenti fasi.

Nella produzione del solutore FEM 2S.I. implementa componenti sviluppati da CM2 - Computing Objects SARL spin-off dell'École Centrale Paris, France. E' disponibile la documentazione di affidabilità di tali componenti all'indirizzo web:

[http://www.2si.it/software/download/manuali/pro\\_sap\\_quaderni/Affidabilita/benchmarks\\_e\\_sap.zip](http://www.2si.it/software/download/manuali/pro_sap_quaderni/Affidabilita/benchmarks_e_sap.zip)

Rev. del 15/03/2018



APPALTATORE:  Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario:      Mandante: <b>SYSTRA S.A.    SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA</b> Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	COMMESSA <b>IF2R</b>	LOTTO <b>0.2.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>LC.00.0.0.018</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>6 di 51</b>

## 1 OGGETTO

La presente relazione tecnica ha lo scopo di verificare le strutture di sostegno della linea di trazione elettrica da utilizzare in galleria. In particolare, ci riferiremo a grappe e penduli per sospensione della linea di contatto in galleria.

Le tipologie di casi presenti sono le seguenti:

- Pendulo in interno curva con mensola compressa
- Pendulo in esterno curva con mensola tesa

A seguito di un'analisi speditiva è stato individuato che il caso maggiormente gravoso risulta essere quello di pendulo in interno curva e di tale caso verrà fornita la verifica strutturale (la quale risulterà valida anche per gli altri casi di impiego meno gravosi).

La parte iniziale della relazione sarà volta alla descrizione dei criteri di calcolo e di determinazione dei carichi agenti sulla struttura. Nelle parti successive si riporterà la descrizione dettagliata e la verifica dei principali elementi strutturali del caso analizzato.

La condizione di tracciato analizzata è caratterizzata da un raggio di curva pari a 1800 m.

Il pendulo in analisi si trova in quegli imbocchi in cui il volto della galleria è a quota 8,75 m dal piano del ferro.

La relazione presente è stata redatta seguendo lo schema di seguito illustrato:

### **Verifica STRUTTURALE:**

1. Modellazione strutturale.
2. Modellazione delle azioni applicate alla struttura (carichi permanenti e variabili e di origine sismica).
3. Determinazione delle azioni maggiormente gravose (approccio progettuale 2 – Coefficienti parziali di sicurezza per i carichi di tipo STR A1).
4. Verifica della sicurezza (ai sensi del DM'08 e circ. esplicativa '19 n°7).

La struttura sarà analizzata mediante un modello agli elementi finiti al quale si applicheranno tutte le azioni concentrate e distribuite.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendolo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO LC.00.0.0.018	REV. A	FOGLIO 7 di 51

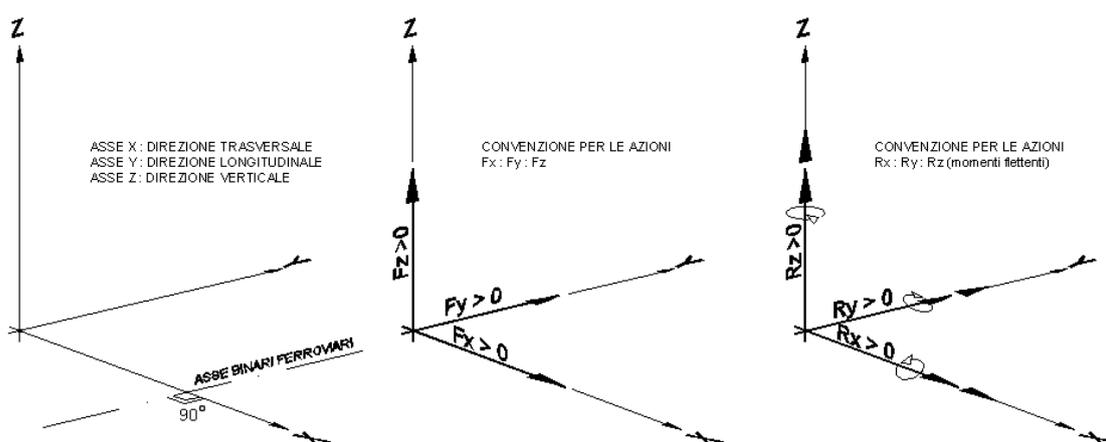
## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si è fatto riferimento alla seguente normativa:

- D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 14 Gennaio 2008 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- Istruzione tecnica RFI DMAIM TE SP IFS 006 A "Procedimento di calcolo di verifica dei pali della linea di contatto in stazione e di piena linea".
- Istruzione tecnica RFI DMAIM TE SP IFS 060 A "Costruzione dei blocchi di fondazione con pilastro ed installazione pali T.E. flangiati".
- Capitolato Tecnico TE RFI EDIZIONE 2014 – Allegato 4 – Capitolato tecnico per la costruzione delle linee aeree di contatto e di alimentazione a 3 kv cc
- CEI EN 50119 ed. 2010-05 "Applicazioni ferroviarie, filoviarie e metropolitane – Impianti fissi – Linee aeree di contatto per trazione elettrica".

### 2.1 SISTEMA CARTESIANO DI RIFERIMENTO

Il sistema di riferimento delle coordinate globali della struttura, degli spostamenti e delle azioni determinate dai carichi è rappresentato dall'asse delle x orientato perpendicolarmente ai binari ferroviari, mentre l'asse y è longitudinale ad essi. L'asse verticale z è positivo diretto verso l'alto. Per quanto riguarda i valori delle azioni assiali  $F_x$ ,  $F_y$  ed  $F_z$  si intendono positivi quando diretti nel verso positivo dei rispettivi assi.



APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC.00.0.0.018</td> <td>A</td> <td>8 di 51</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	8 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	8 di 51								

### 3 MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA E DELLE AZIONI

#### 3.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MECCANICHE

##### Riferimento normativo:

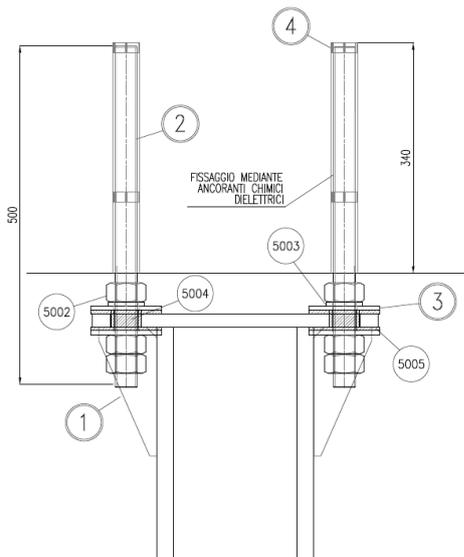
Capitolato Tecnico TE – Allegato 4A – capitolato tecnico per la costruzione delle linee aeree di contatto e di alimentazione A 3 kV cc.

La struttura è stata modellata mediante elementi finiti mono e bidimensionali rispettando le dimensioni geometriche dedotte dagli elaborati di progetto esecutivo. I materiali utilizzati nella modellazione della struttura sono gli stessi dedotti dai documenti di progetto.

- IF2R.0.2.E.ZZ.BZ.LC.00.0.0.002-Disegno costruttivo supporto pendulo scatolare per impiego di linea.

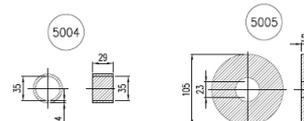
Per i parametri geotecnici e sismici del terreno si fa riferimento alle seguenti relazioni geotecniche:

- IF2R.0.2.E.ZZ.RB.GE.00.0.5.001.A Relazione geotecnica generale di linea delle opere all'aperto
- IF2R.0.2.E.ZZ.RG.GE.00.0.1.001.A Relazione Sismica



MATERIALE NECESSARIO PER L'ANCORAGGIO DI UN SUPPORTO PENDULO PER SOSPENSIONE LINEA DI CONTATTO						
POS.	NUM.	DESCRIZIONE	Lg. (mm)	Peso (kg)	MATERIALE	
2	2	Barra filettata M33	UNI EN 10060	500	13,890	Acc. Inox A4-70
	5002	Dado M33	UNI EN ISO 4033	-	4,484	Acc. Inox A4-70 ISO 898-2:2013
	5003	Rosetta Groover A33	UNI 1751	-	0,281	Acc. Inox A4-70
	5004	Boccola isolante 35 x 4	-	25	-	EP GC 203
	5005	Rosetta isolante 105 x 35	-	-	-	EP GC 203
3	8	Rondella 36x105 sp=6 - 100 HV	ISO 7093 C	-	0,623	Acc. Inox A4-70
4	8	Anelli di centraggio per barra M33	-	-	-	Polipropilene
<b>TOTALE</b>					19,258	

NOTA: L'ancorante chimico impiegato per l'ancoraggio dei penduli di galleria dovrà essere conforme alla specifica RFI DTC STS ENE SP IFS TE 673 A.



APPALTATORE:

**TELESE** S.c.a r.l.

Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata

PROGETTAZIONE:

Mandataria:

Mandante:

SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.

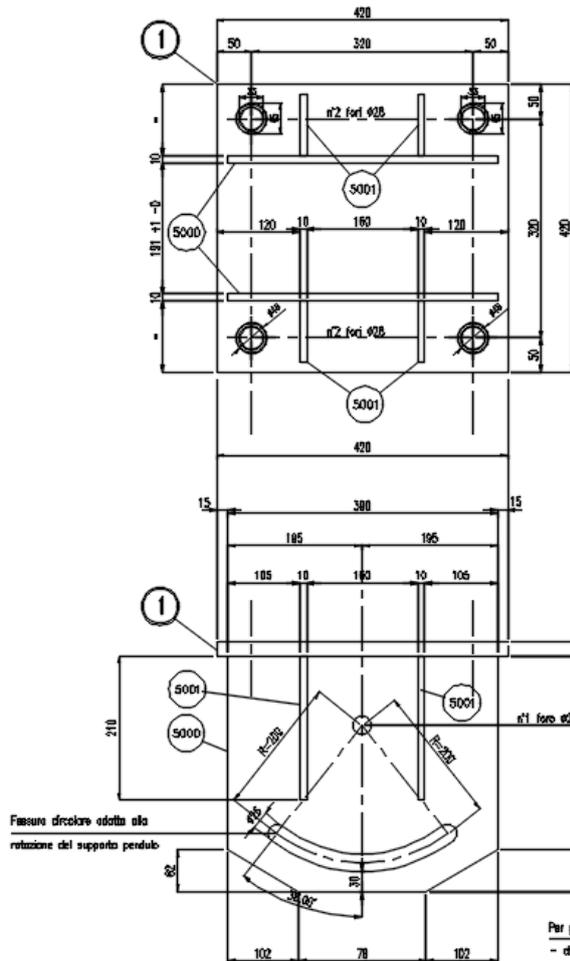
ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO  
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO  
2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO

PROGETTO ESECUTIVO

IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA

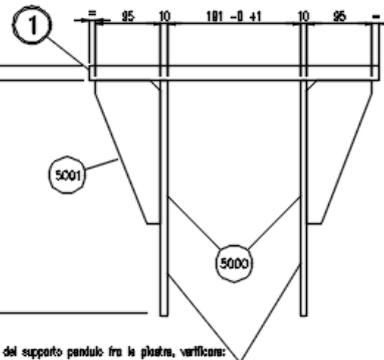
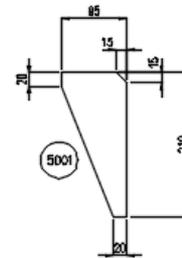
Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	9 di 51



MATERIALE NECESSARIO PER LA PIANTATAZIONE DI UN SUPPORTO PENDULO PER ORMEGGIO CONDUTTORE DI CONTACTO						
P.S.N.	QNTA	DESCRIZIONE	L.E. (mm)	Peso (kg)	MATERIALE	
1	1	Plastra 420x20	UNI EN 10029	420	Arcedis S355 J2 UNI EN 10025	
1	5000	2	Plastra 300x10	UNI EN 10029	340	21,896 Arcedis S355 J2 UNI EN 10025
	5001	4	Plastra 150x10	UNI EN 10029	210	6,272 Arcedis S355 J2 UNI EN 10025
<b>TOTALE</b>				<b>95,899</b>		

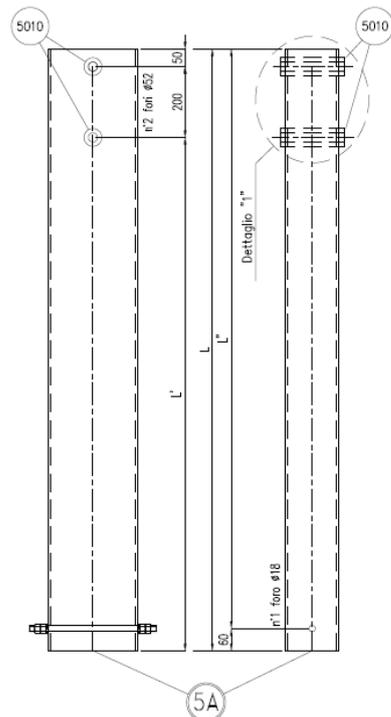
NOTA: Dopo la zincatura, verificare l'accoppiamento e la rotazione con il supporto pendulo



Per permettere la corretta rotazione del supporto pendulo fra le piastre, verificare:

- che le due piastre siano regolati e parallele fra loro,
- che i fori e le fessure circolari delle due piastre siano perfettamente allineati.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA</b> Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC.00.0.0.018</td> <td>A</td> <td>10 di 51</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	10 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	10 di 51								



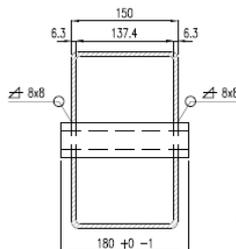
MATERIALE NECESSARIO PER UN SUPPORTO PENDULO PER SOSPENSIONE LINEA DI CONTATTO					
POS.	NUM.	DESCRIZIONE	Lg. (mm)	Peso (kg)	MATERIALE
6	2	Tondo #24 (filettato agli estremi M24) UNI EN 10060	350	2,817	Acc. Inox A4-70 UNI EN 10025
	8	Dado M24 UNI EN ISO 4033	-	1,134	Acc. Inox A4-70 UNI EN ISO 898-2
	4	Rondella 24 - 200 HV UNI EN ISO 7083-1	-	0,108	Acc. Inox A4-70
7	1	Tondo #16 (filettato agli estremi M16) UNI EN 10060	360	0,627	Acc. Inox A4-70 UNI EN 10025
	4	Dado M16 UNI EN ISO 4033	-	0,168	Acc. Inox A4-70 UNI EN ISO 898-2
	2	Rondella 16 - 100 HV UNI EN ISO 7091	-	0,018	Acc. Inox A4-70
<b>TOTALE</b>				<b>4,672</b>	

NOTA: Dopo la zincatura, verificare accoppiamento e rotazione tra supporto pendulo e attacco (pos. 1)

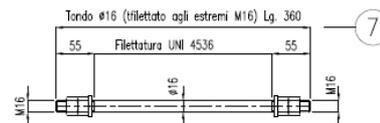
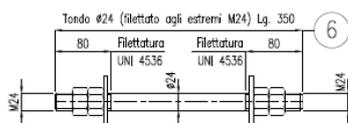
Intradosso galleria 6,80m: L'(mm)= 1050; L''(mm)= 800; L'''(mm)= 990

Intradosso galleria 7,45m: L'(mm)= 1700; L''(mm)= 1450; L'''(mm)= 1640

Intradosso galleria 8,75m: L'(mm)= 3000; L''(mm)= 2750; L'''(mm)= 2940



Dettaglio "1"



MATERIALE NECESSARIO PER UN SUPPORTO PENDULO PER SOSPENSIONE LINEA DI CONTATTO INTRADOSSO GALLERIA 8,75 m					
POS.	NUM.	DESCRIZIONE	Lg. (mm)	Peso (kg)	MATERIALE
5A	5A	1 HFRHS 250x150x6,3 UNI EN 10210	3000	111,6	Acciaio S355 J2 UNI EN 10025
	5010	2 Tubo Ø50 sp. 12 (ottenuto da un tondo Ø50) UNI EN 10060	180	2,346	Acciaio S355 J2 UNI EN 10025
<b>TOTALE</b>				<b>113,946</b>	

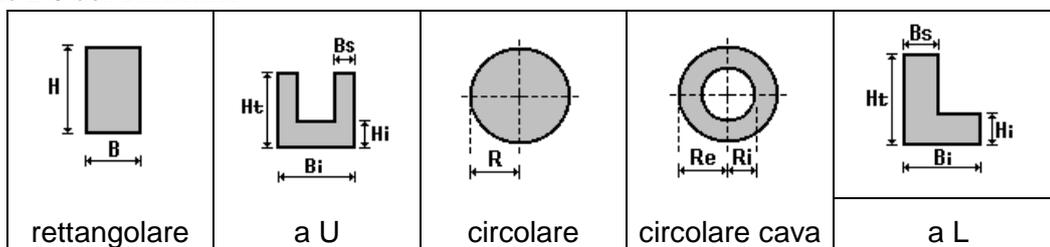
APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO LC.00.0.0.018	REV. A	FOGLIO 11 di 51

### 3.2 SEZIONI

Si sono utilizzati profili semplici e di tipo generico (introdotti dall'utente). Le sezioni sono individuate da una sigla e da un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni sezione vengono riportati i seguenti dati:

<b>Area</b>	area della sezione
<b>A V2</b>	area della sezione/fattore di taglio (per il taglio in direzione 2)
<b>A V3</b>	area della sezione/fattore di taglio (per il taglio in direzione 3)
<b>Jt</b>	fattore torsionale di rigidezza
<b>J2-2</b>	momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 2
<b>J3-3</b>	momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 3
<b>W2-2</b>	modulo di resistenza della sezione riferito all'asse 2
<b>W3-3</b>	modulo di resistenza della sezione riferito all'asse 3
<b>Wp2-2</b>	modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 2
<b>Wp3-3</b>	modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 3

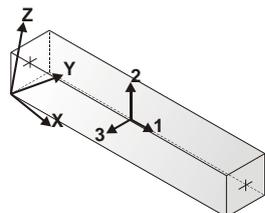
I dati soprariportati vengono utilizzati per la determinazione dei carichi inerziali e per la definizione delle rigidezze degli elementi strutturali; qualora il valore di Area V2 (e/o Area V3) sia nullo la deformabilità per taglio V2 (e/o V3) è trascurata. La valutazione delle caratteristiche inerziali delle sezioni è condotta nel riferimento 2-3 dell'elemento.



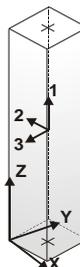
Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
		cm2	cm2	cm2	cm4	cm4	cm4	cm3	cm3	cm3	cm3
7	tirafondi M33	8.55	7.22	7.22	11.64	5.82	5.82	3.53	3.53	5.99	5.99
10	Pendolo	85.29	0.0	0.0	6563.94	3112.77	7047.08	415.04	563.77	483.53	696.76
11	Tirante palo-mensola omnia	5.11	0.0	0.0	10.72	5.68	10.50	4.06	5.00	5.07	6.53
12	mensola omnia	26.00	0.0	0.0	8.70	264.67	260.63	66.17	43.16	79.00	72.50
13	elemento rigido-Circolare: r=1	3.14	2.65	2.65	1.57	0.79	0.79	0.79	0.79	1.33	1.33
131	M24	4.52	3.82	3.82	3.26	1.63	1.63	1.36	1.36	2.30	2.30

Riferimenti locali delle sezioni degli elementi 2D:

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC.00.0.0.018</td> <td>A</td> <td>12 di 51</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	12 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	12 di 51								



Orientamento elementi  
2D non verticali



Orientamento elementi  
2D verticali

### 3.3 MATERIALI

Di seguito le caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati nella modellazione agli elementi finiti:

acciaio			Young	modulo di elasticità normale
	Ft	tensione di rottura a trazione	Poisson	coefficiente di contrazione trasversale
	Fy	tensione di snervamento	G	modulo di elasticità tangenziale
	Fd	resistenza di calcolo	Gamma	peso specifico
			Alfa	coefficiente di dilatazione termica

Il riferimento per il materiale proviene dai documenti di capitolato tecnico RF12014 dove è indicato l'acciaio S355 per profili UPN, tralicciatura, tirafondi, piastra di base ed alette di rinforzo. Riportiamo la tabella delle caratteristiche meccaniche dell'acciaio utilizzato nelle verifiche di seguito descritte:

Id	Tipo / Note	V. caratt.	V. medio	Young	Poisson	G	Gamma	Alfa	Altri
		daN/cm2	daN/cm2	daN/cm2		daN/cm2	daN/cm3		
11	Acciaio A4-70-acciaio Fe700-S450			2.100e+06	0.30	8.077e+05	7.80e-03	1.20e-05	
	Tensione ft	7000.0							
	Resistenza fd	2350.0							
	Resistenza fd (>40)	2100.0							
	Tensione ammissibile	1600.0							
	Tensione ammissibile (>40)	1400.0							
13	Acciaio Fe510 - S355			2.100e+06	0.30	8.077e+05	7.80e-03	1.20e-05	
	Tensione ft	5100.0							
	Resistenza fd	3550.0							
	Resistenza fd (>40)	3150.0							
	Tensione ammissibile	2400.0							
	Tensione ammissibile (>40)	2100.0							
77	acciaio inf. rigi.			2.100e+09	0.30	8.077e+08	7.80e-03	1.00e-05	
	Tensione ft	3600.0							
	Resistenza fd	2350.0							
	Resistenza fd (>40)	2100.0							
	Tensione ammissibile	1600.0							
	Tensione ammissibile (>40)	1400.0							
79	Acciaio 8.8			2.100e+06	0.30	8.077e+05	7.80e-03	1.20e-05	
	Tensione ft	8000.0							
	Resistenza fd	6400.0							
	Resistenza fd (>40)	0.0							
	Tensione ammissibile	0.0							
	Tensione ammissibile (>40)	0.0							

La simulazione dei collegamenti per il trasferimento delle sollecitazioni derivati dai carichi applicati viene seguita mediante link infinitamente rigidi.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA</b> Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO LC.00.0.0.018	REV. A	FOGLIO 13 di 51

Per quanto relativo ai coefficienti parziali e ai criteri di progetto si è fatto riferimento alle seguenti tabelle:

<b>Aste acc.</b>	
<b>Generalità</b>	
Beta assegnato	0.80
Verifica come controvento	Si
Usa condizioni I e II	No
Coefficiente gamma M0	1.05
Coefficiente gamma M1	1.05
Coefficiente gamma M2	1.25

<b>Pilastrici acc.</b>	
<b>Lunghezze libere</b>	
Metodo di calcolo 2-2	Assegnato
2-2 Beta assegnato	2.00
2-2 Beta * L assegnato [ cm ]	0.0
Metodo di calcolo 3-3	Assegnato
3-3 Beta assegnato	2.00
3-3 Beta * L assegnato [ cm ]	0.0
1-1 Beta assegnato	1.00
1-1 Beta * L assegnato [ cm ]	0.0
<b>Generalità</b>	
Coefficiente gamma M0	1.05
Coefficiente gamma M1	1.05
Coefficiente gamma M2	1.25
Effetti del 2 ordine	Si

<b>Travi acc.</b>	
<b>Lunghezze libere</b>	
3-3 Beta * L automatico	Si
3-3 Beta assegnato	1.00
3-3 Beta assegnato [ cm ]	0.0
2-2 Beta * L automatico	Si
2-2 Beta assegnato	1.00
2-2 Beta * L assegnato [ cm ]	0.0
1-1 Beta * L automatico	Si
1-1 Beta assegnato	1.00
1-1 Beta * L assegnato [ cm ]	0.0
<b>Generalità</b>	
Coefficiente gamma M0	1.05
Coefficiente gamma M1	1.05
Coefficiente gamma M2	1.25

### 3.4 CASI DI CARICO (§ 6.2 CEI EN 50119)

I casi di carico che si sono considerati e che danno origine alle azioni applicate alle strutture sono rappresentati dai:

- Pesi propri strutturali.
- Carichi variabili dovuti al peso dei conduttori.
- Carichi variabili dovuti al tiro dei conduttori.
- Carichi di origine sismica (Sismicità di base valutata per Ponte (BN), opere in classe d'uso III, vita nominale 50 anni, tipo di suolo A e categoria topografica T1).

I carichi da vento meteorologico non si sono applicati in quanto le strutture in questione si trovano in galleria.

La quota della base del pendulo rispetto al Piano del Ferro è 8,75 m.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA</b> Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO LC.00.0.0.018	REV. A	FOGLIO 14 di 51

### 3.5 COMBINAZIONI DEI CASI DI CARICO AGLI SLU (STATI LIMITE ULTIMI)

L'analisi delle azioni agenti sulla struttura in acciaio è stata eseguita seguendo quanto previsto dalla normativa DM '08 al §2.6.1 e dal documento RFI E64864, relativamente alle verifiche agli stati limite ultimi.

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

#### Combinazione fondamentale SLU

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

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

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

Di seguito riportiamo in forma tabellare i coefficienti parziali e di combinazione utilizzati nella determinazione delle combinazioni di carico agli SLU.

*Tabella 1 - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU (tab. 2.6.1 del DM'08)*

		<b>Coefficiente <math>g_f</math></b>	<b><math>EQU</math></b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>
Carichi permanenti	Favorevoli	$g_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi variabili	Favorevoli	$g_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

*Tabella 2 - Valori dei coefficienti di combinazione (tab. 2.5.1 del DM'08)*

	<b><math>\psi_{0j}</math></b>	<b><math>\psi_{1j}</math></b>	<b><math>\psi_{2j}</math></b>
Categoria E biblioteche, archivi, magazzini...	1,00	0,90	0,80
Vento	0,60	0,20	0,00

Le combinazioni utilizzate nelle verifiche prevedono la dipendenza dei tiri dei conduttori con i relativi pesi. Analogamente le combinazioni sismiche sono prive delle azioni del vento e le combinazioni caratteristiche hanno tutte coefficienti parziali unitari. Le combinazioni saranno riportate nelle verifiche condotte nel seguito.

Per la verifica della struttura in acciaio seguiremo l'approccio 2 definito in §2.6.1 per stati limite ultimi di tipo STR con coefficienti parziali per le azioni di tipo A1.

In particolare, si è ritenuto di utilizzare il seguente approccio progettuale:

- Approccio 2 in combinazione 2 del tipo (A1+M1+R3).

In questo approccio progettuale si considerano i coefficienti parziali di tipo A1 per la determinazione delle azioni di progetto e quelli di sicurezza agenti sulle proprietà geotecniche dei materiali di tipo M1 ed R3 per la determinazione della resistenza di progetto.

Si eseguiranno le verifiche sia per i casi statici che per i casi sismici.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC.00.0.0.018</td> <td>A</td> <td>15 di 51</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	15 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	15 di 51								

### Combinazioni di tipo statico

Cmb	Tipo	Sigla Id	Peso proprio	Peso conduttori	Tiro conduttori
1	SLU	Comb. SLU A1 1	1.30	1.50	1.50
2	SLU	Comb. SLU A1 2	1.00	1.50	1.50

### Combinazioni di tipo sismico

Cmb	Tipo	Sigla Id	Peso proprio	Peso conduttori	Tiro conduttori	Sisma in X	Sisma in Y
1	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 1	1.00	0.80	0.80	-1.00	-0.30
2	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 2	1.00	0.80	0.80	-1.00	0.30
3	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 3	1.00	0.80	0.80	1.00	-0.30
4	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 4	1.00	0.80	0.80	1.00	0.30
5	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 5	1.00	0.80	0.80	-0.30	-1.00
6	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 6	1.00	0.80	0.80	-0.30	1.00
7	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 7	1.00	0.80	0.80	0.30	-1.00
8	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 8	1.00	0.80	0.80	0.30	1.00

**Nota:** Se si fa riferimento al DM'08 al §2.5.3 come indicato in questa relazione ( al § 2.2), le azioni variabili  $Q_{k1}$  e  $Q_{k2}$  quali peso e tiro dei conduttori, nella combinazione sismica vengono moltiplicate per  $\psi_{2j}$  che nella tabella 2.5.1 del DM'08 risulta essere pari a 0,8 per la categoria E (la più gravosa).

Inoltre contrariamente alle combinazioni sismiche del dis RFI E64864c si è tenuto in conto anche della presenza del ghiaccio sui conduttori (a differenza di ciò che invece dice il Capitolato, in cui nella combinazioni sismiche il coefficiente di moltiplicazione del ghiaccio  $Q_1$  è nullo). Da un'analisi condotta infatti risulta che utilizzare il coefficiente 0,8 considerando anche il peso del ghiaccio, va a compensare l'utilizzo del coefficiente 1 sui carichi tipo G2 escludendo la presenza del ghiaccio  $Q_1$ . I risultati che si ottengono sono analoghi.

#### 3.5.1 Azioni applicate

Prendendo a riferimento la parte relativa alle verifiche strutturali della CEI EN 50119 si è scelto di considerare solo un caso di calcolo tra quelli proposti: il caso di carico D in cui sono presenti i carichi del ghiaccio.

#### Condizione D

$$T=-5^{\circ}\text{C}$$

$$W=0 \text{ m/s}$$

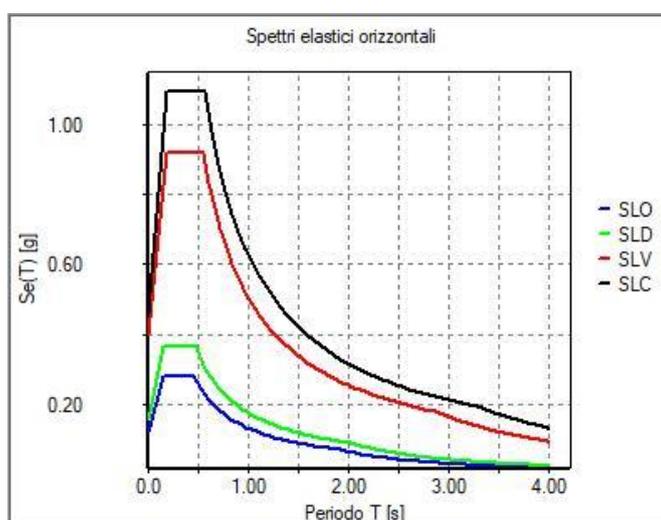
$$P_g=7 \text{ N/m}$$

### 3.6 AZIONI DI ORIGINE SISMICA

Le azioni di origine sismica sono state messe in conto prendendo a riferimento le disposizioni contenute nel doc. E64864c RFI e considerando quanto definito nella relazione sismica IF2R.0.2.E.ZZ.RG.GE.00.0.1.001.A.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA</b> Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO LC.00.0.0.018	REV. A	FOGLIO 16 di 51

In particolare, nell'ottica di considerare le peggiori condizioni di verifica dovute ai carichi agenti sul plinto di fondazione, si opererà il calcolo delle azioni sismiche tenendo come riferimento i valori della sismicità locale (parametri di pericolosità sismica relativa al comune di Ponte (BN)) verificando però che l'accelerazione massima di progetto corrisponda a quella massima dello spettro elastico in accelerazione orizzontale.



A titolo riepilogativo riportiamo le ipotesi di base (NTC08 §2.4 e segg.):

- |   |                 |
|---|-----------------|
| • Vita nominale dell'opera  | ≥ 50 anni       |
| • Classe d'uso  | Classe III      |
| • Periodo di riferimento per l'azione sismica   | $V_R = 75$ anni |
| • Accelerazione orizzontale massima attesa (SLV)  | $a_g = 0,3102$  |
| • Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale | $F_0 = 2,320$   |
| • Categoria di sottosuolo   | C               |
| • Categoria topografica   | T1              |

Questi valori, definiti in modo automatico dal programma di calcolo utilizzato per la modellazione della struttura, sono coerenti con quanto riportato nella relazione sismica di riferimento.

*Nota: L'analisi sismica è del tipo statica equivalente.*

### 3.7 AZIONI DOVUTE AI CONDUTTORI

Si prevede l'impiego dei seguenti conduttori:

- Catenaria 540 mm<sup>2</sup> CPR
- Corde di terra tipo TACSR

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO LC.00.0.0.018	REV. A	FOGLIO 17 di 51

### 3.7.1 Diametri equivalenti dei conduttori

In riferimento al calcolo delle azioni dovute ai conduttori nella condizione di carico C, nella quale è concomitante la presenza del ghiaccio e del vento, è necessario tenere in conto lo spessore del manicotto di ghiaccio che determina un aumento di peso (0,7 daN/m) ed un aumento della superficie investita dal vento. Normativamente il doc. E64864 riprende il §6.2.6 della EN 50119:2010-05 relativo ai "Carichi combinati del vento e del ghiaccio" dove il valore del diametro equivalente, indicato di seguito con  $D_I$ , si valuta mediante la formula:

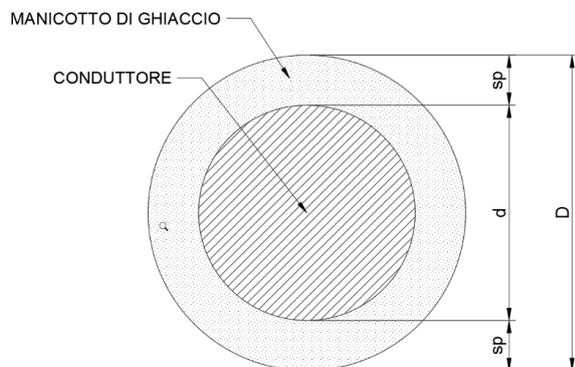
$$D_I = (d^2 + 4 g_{IK} / (\pi \rho_I))^{0,5}$$

Nella quale si è indicato con:

$d$  = diametro del conduttore

$g_{IK}$  = peso del manicotto di ghiaccio (nel nostro caso 0,7 daN/m)

$\rho_I$  = peso dell'unità di volume del ghiaccio (peso specifico pari a 900 daN/m<sup>3</sup>)



$$D = d + 2 \text{ sp}$$

$$A_m = A_T - A_c = \pi D^2 / 4 - \pi d^2 / 4$$

$$P_g = A_m \gamma L = (\pi / 4) (D^2 - d^2) \gamma \quad (L=1 \text{ m})$$

$$4 P_g / (\pi \gamma) = D^2 - d^2$$

$$D = (d^2 + 4 P_g / (\pi \gamma))^{0,5}$$

Esplicitiamo adesso i valori delle azioni eseguiti automaticamente dal programma Pali 16-14-3-1 previo calcolo dei diametri equivalenti.

#### Conduttura 540 mm<sup>2</sup>

##### Fili

- diametro fili  $d=14,5$  mm
- peso lineare  $p=1,3335$  daN/m

Calcolo del diametro equivalente:

$$D_I = (d^2 + 4 g_{IK} / (\pi \rho_I))^{0,5} = (0,0145^2 + 4 \times 0,7 / (3,14 \times 900))^{0,5} = 0,03465 \text{ m}$$

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO LC.00.0.0.018	REV. A	FOGLIO 18 di 51

Spessore del manicotto  $sp=(Di-d) / 2 = (0,3465 - 0,0145) / 2 = 0,0101$  m

### Funi

- diametro funi  $d=14$  mm
- peso lineare  $p=1,07$  daN/m

calcolo del diametro equivalente:

$$Di=(d^2 + 4 g_{IK} / (\pi \rho_l))^{0,5} = (0,014^2 + 4 \times 0,7 / (3,14 \times 900))^{0,5} = 0,03445$$
 m

Spessore del manicotto  $sp=(Di-d) / 2 = (0,03445 - 0,014) / 2 = 0,0102$  m

### Corda di terra tipo TACSR

- Diametro  $d=15,82$  mm
- Peso lineare  $p=0,4682$  daN/m

Calcolo del diametro equivalente:

$$Di=(d^2 + 4 g_{IK} / (\pi \rho_l))^{0,5} = (0,01582^2 + 4 \times 0,7 / (3,14 \times 900))^{0,5} = 0,03523$$
 m

Spessore del manicotto  $sp=(Di-d) / 2 = (0,03523 - 0,01582) / 2 = 0,0097$  m

### **3.7.2. Formulazioni per il calcolo delle azioni radiali**

Azione trasversale conduttori deviati

$$H_{\tau\alpha} = Td \times \text{sen}(\alpha)$$

$$H_{\tau\beta} = Td \times \text{sen}(\beta)$$

Azione trasversale dovuta alle corde di terra:

$$H_{Ew} = T_{Ew} \cdot \left( \frac{C_1}{2 \cdot R} + \frac{C_2}{2 \cdot R} \right)$$

Dove:

$T_i$  = tiro corda di terra

$C_1$  = lunghezza campata precedente

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>																	
PROGETTAZIONE: Mandatario:      Mandante: <b>SYSTRA S.A.    SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<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>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC.00.0.0.018</td> <td>A</td> <td>19 di 51</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	19 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	19 di 51													
<b>IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA</b> Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)																		

$C_2$  = lunghezza campata successiva

R = raggio curva (caso di rettilineo)

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO LC.00.0.0.018	REV. A	FOGLIO 20 di 51

## 4 ANALISI STRUTTURALE

Si riporta l'analisi di pendulo normale in interno curva

### 4.1 TABELLA DELLA AZIONI AGENTI IN CONDIZIONE D

#### Condizione D.

(Temperatura -5°C; Vento assente; peso ghiaccio=7 N/m).

Tracciato geometrico

-	Condizione di tracciato: Curva Interna	-	-
R	Raggio di curva	1800	[m]
s	Sopraelevazione binari	0	[mm]
C1	Campata precedente	45	[m]
C2	Campata successiva	45	[m]
Cg	Campata di calcolo	45	[m]
-	Sostegno tipo	LS 16 c	[-]
Hp	Altezza sostegno di calcolo	0	[mm]
T	Temperatura di calcolo	-5	[°C]
p_dc	Pressione diretta vento sui conduttori	39,62	[daN/mq]
p_sc	Pressione schermata vento sui conduttori	31,7	[daN/mq]
p_P	Pressione trasversale sul palo	52,83	[daN/mq]
pg	Peso del manicotto di ghiaccio	0,7	[daN/m]
p_pen	Peso lineare della pendinatura	0,35	[daN/m]

Proprietà dei conduttori

-	Tipologia conduttore (1): 540	-	[-]
d_fdc1	Diametro fili di contatto conduttore (1)	14,5	[mm]
d_fp1	Diametro funi portanti conduttore (1)	14	[mm]
h_fdc1	Altezza fili di contatto conduttore (1)	0	[mm]
h_fp1	Altezza funi portanti conduttore (1)	0	[mm]
DR1	Distanza palo-rotaia conduttore (1)	-867,5	[mm]
Dp1_fdc1	Poligonazione precedente fili conduttore (1)	200	[mm]
Dp1_fp1	Poligonazione precedente funi conduttore (1)	200	[mm]
Dp_fdc1	Poligonazione di calcolo fili conduttore (1)	200	[mm]
Dp_fp1	Poligonazione di calcolo funi conduttore (1)	200	[mm]
Dp2_fdc1	Poligonazione successiva fili conduttore (1)	200	[mm]
Dp2_fp1	Poligonazione successiva funi conduttore (1)	200	[mm]
p_fdc1	Peso lineare fili di contatto conduttore (1)	1,3335	[daN/m]
p_fp1	Peso lineare funi portanti conduttore (1)	1,07	[daN/m]
T_fdc1	Tiro fili di contatto conduttore (1)	1875	[daN]
T_fp1	Tiro funi portanti conduttore (1)	1500	[daN]
-	Tipologia cdt (1) : TACSR sez.170 De 15,82	-	[-]

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA</b> Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC.00.0.0.018</td> <td>A</td> <td>21 di 51</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	21 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	21 di 51								

Cg1	Campata di calcolo (1)	45	[m]
d_cdt1	Diametro corde di terra (1)	15,82	[mm]
h_cdt1	Altezza corde di terra (1)	0	[mm]
p_cdt1	Peso lineare corde di terra (1)	0,4682	[daN/m]
T_cdt1	Tiro corde di terra (1)	913,1	[daN]
-	Tipologia cdt (2) : TACSR sez.170 De 15,82	-	[-]
Cg2	Campata di calcolo (2)	45	[m]
d_cdt2	Diametro corde di terra (2)	15,82	[mm]
h_cdt2	Altezza corde di terra (2)	0	[mm]
p_cdt2	Peso lineare corde di terra (2)	0,4682	[daN/m]
T_cdt2	Tiro corde di terra (2)	913,1	[daN]

#### Azioni verticali

P_fdc1	Azione verticale dovuta ai fili conduttore (1)	-183,02	[daN]
P_fp1	Azione verticali dovuta alle funi conduttore (1)	-159,3	[daN]
P_cdt1	Azione verticale dovuta alla corda di terra (1)	-52,57	[daN]
P_cdt2	Azione verticale dovuta alla corda di terra (2)	-52,57	[daN]

#### Azioni trasversali

Hx_fdc1	Azione trasversale dovuta ai fili conduttore (1)	-93,75	[daN]
Hx_fp1	Azione trasversale dovuta alle funi conduttore (1)	-75	[daN]
Hx_cdt1	Azione trasversale dovuta alla corda di terra (1)	-22,83	[daN]
Hx_cdt2	Azione trasversale dovuta alla corda di terra (2)	-22,83	[daN]

## 4.2 CARICHI APPLICATI ALLA STRUTTURA NEL MODELLO AD ELEMENTI FINITI IN CONDIZIONE D

### Carico concentrato nodale

Id	Tipo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
		daN	daN	daN	daN cm	daN cm	daN cm
1	D.Conduttore di linea 1 Funi Pesi=-96.3	0.0	0.0	-96.30	0.0	0.0	0.0
2	D.Conduttore di linea 1 Funi Pesi-Ice=-63	0.0	0.0	-63.00	0.0	0.0	0.0
3	D.Conduttore di linea 1 Funi Tiri=-75	-75.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	D.Conduttore di linea 1 Fili Pesi=-120.015	0.0	0.0	-120.02	0.0	0.0	0.0
5	D.Conduttore di linea 1 Fili Pesi-Ice=-63	0.0	0.0	-63.00	0.0	0.0	0.0
6	D.Conduttore di linea 1 Fili Tiri=-93.75	-93.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	D.Conduttore di linea 1 Pendinatura e Sospensione=-45.75	0.0	0.0	-45.75	0.0	0.0	0.0
8	D.Corda di terra 1 Peso=-21.07	0.0	0.0	-21.07	0.0	0.0	0.0
9	D.Corda di terra 1 Peso-Ice=-31.5	0.0	0.0	-31.50	0.0	0.0	0.0
10	D.Corda di terra 1 Tiro=-22.83	-22.83	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	D.Corda di terra 2 Peso=-21.07	0.0	0.0	-21.07	0.0	0.0	0.0
12	D.Corda di terra 2 Peso-Ice=-31.5	0.0	0.0	-31.50	0.0	0.0	0.0
13	D.Corda di terra 2 Tiro=-22.83	-22.83	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC.00.0.0.018</td> <td>A</td> <td>22 di 51</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	22 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	22 di 51								

## 5 VERIFICA STRUTTURALE (RIF. § 6 E SEGG. CEI EN 50119, §4.2 D.M.'08)

Ai fini delle verifiche (come da D.M. 14 Gennaio 2008 e circolare 02 Febbraio 2009 n.7) i tipi elementi differiscono per i seguenti aspetti:

Verifica	Aste	Travi	Pilastrri
4.2.3.1 Classificazione	X	X	X
4.2.4.1.2 Trazione, Compressione	X	X	X
Taglio, Torsione		X	X
Flessione, taglio e forza assiale		X	X
4.2.4.1.3.1 Aste compresse	X	X	X
4.2.4.1.3.2 Instabilità flesso-torsionale		X	X
4.2.4.1.3.3 Membrature inflesse e compresse		X	X

L'insieme delle verifiche sopra riportate è condotto sugli elementi purché dotati di sezione idonea come da tabella seguente:

Azione	SEZIONI GENERICHE	PROFILI SEMPLICI	PROFILI ACCOPPIATI
4.2.3.1 Classificazione automatica	L, doppio T, C, rettangolare cava, circolare cava	Tutti	Da profilo semplice
4.2.3.1 Classificazione di default 2	Circolare		
4.2.3.1 Classificazione di default 3	restanti		
4.2.4.1.2 Trazione	si	si	si
4.2.4.1.2 Compressione	si	si	si
4.2.4.1.2 Taglio, Torsione	si	si	si
4.2.4.1.2 Flessione, taglio e forza assiale	si	si	si
4.2.4.1.3.1 Aste compresse	si	si	per elementi ravvicinati e a croce o coppie calastrellate
4.2.4.1.3.2 Travi inflesse	doppio T simmetrica	doppio T	no

Le verifiche sono riportate in tabelle con il significato sotto indicato; le verifiche sono espresse dal rapporto tra l'azione di progetto e la capacità ultima, pertanto la verifica ha esito positivo per rapporti non superiori all'unità.

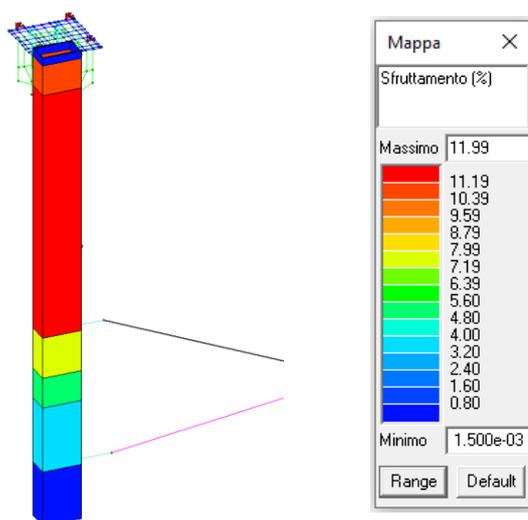
Asta	Trave	Pilastro	numero dell'elemento
Stato	codice di verifica per resistenza, stabilità, svergolamento		
Note	sezione e materiali adottati per l'elemento		
V N	(ASTE) verifica come da par. 4.2.4.1.2 per punto (4.2.6) e (4.2.10)		
V V/T	(TRAVI E PILASTRI) verifica come da par. 4.2.4.1.2 per azioni taglio-torsione		
V N/M	(TRAVI E PILASTRI) verifica come da par. 4.2.4.1.2 per azioni composte con riduzione per taglio (4.2.41) ove richiesto		
N	M3	M2	V2
V3	T	sollecitazioni di interesse per la verifica	
V stab	(ASTE) verifica come da par. 4.2.4.1.3 per punto (4.2.42)		
V stab	(TRAVI E PILASTRI) verifica come da par. 4.2.4.1.3 per punti (C4.2.32) o (C4.2.36) (membrature inflesse e compresse senza/con presenza di instabilità flesso-torsionale)		
BetaxL	B22xL	B33xL	lunghezze libere di flessione (se indicato riferiti al piano di normale 22 o 33 rispettivamente)
Snellezza	snellezza massima		
Classe	classe del profilo		
Chi mn	coefficiente di riduzione (della capacità) per la modalità di instabilità pertinente		
Rif. cmb	combinazioni in cui si sono rispettivamente attinti i valori di verifica più elevati		

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC.00.0.0.018</td> <td>A</td> <td>23 di 51</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	23 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	23 di 51								

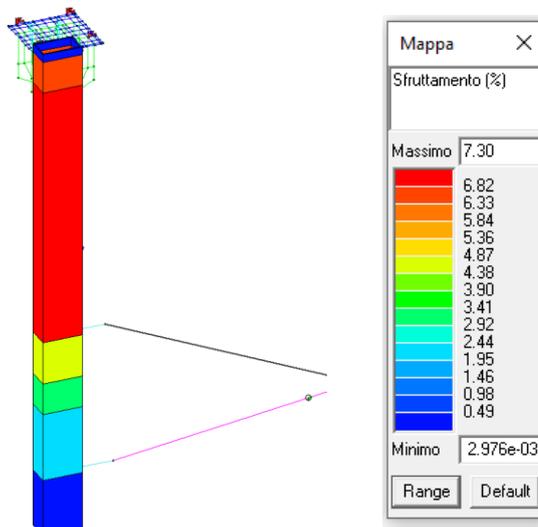
## 5.1 PENDULO SCATOLARE 150X250 SP. 6,3 (S355)

Dalle verifiche condotte si sono ottenuti i seguenti valori dello sfruttamento massimo delle sezioni in condizione D:

Combinazioni statiche



Combinazioni sismiche



Riportiamo in forma tabellare i valori delle verifiche eseguite per ogni elemento finito rappresentante il profilo (acciaio S355) nelle combinazioni statiche in condizione D:

Pilas.	Stato	Note	V V/T	V N/M/V stab	Cl.	LamS 22	LamS 33	Snell.	Chi mn	V flst	LamS LT	Chi LT	Rif. cmb
3	ok	s=10,m=13	0.0	1.09e-04	1					0.0	5.00e-02	1.00	2,1,0,1
4	ok	s=10,m=13	0.10	0.11	1					0.09	2.49e-02	1.00	1,1,0,1
11	ok	s=10,m=13	0.02	0.04	1					0.03	3.48e-02	1.00	1,1,0,1
12	ok	s=10,m=13	0.0	1.50e-05	1					0.0	1.85e-02	1.00	2,1,0,1
13	ok	s=10,m=13	0.02	0.05	1					0.04	3.10e-02	1.00	1,1,0,1
14	ok	s=10,m=13	0.02	0.08	1					0.06	3.63e-02	1.00	1,1,0,1
31	ok	s=10,m=13	3.10e-03	0.12	1					0.09	9.18e-02	1.00	2,1,0,1
<b>Pilas.</b>			<b>V V/T</b>	<b>V N/M/V stab</b>		<b>LamS 22</b>	<b>LamS 33</b>	<b>Snell.</b>	<b>Chi mn</b>	<b>V flst</b>	<b>LamS LT</b>	<b>Chi LT</b>	
												1.00	

Ogni singolo elemento risulta verificato. Il valore massimo raggiunto dello sfruttamento è pari al 11,99 % raggiunto nella verifica di resistenza N/M.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC.00.0.0.018</td> <td>A</td> <td>24 di 51</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	24 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	24 di 51								

Sezioni generiche	Profili semplici	Profili accoppiati
Dati sezione	Progetto acciaio	Verifica acciaio
A	J 2-2	J 3-3
A V2	W 2-2	W 3-3
A V3	Wp 2-2	Wp 3-3
Jt	J 2-3	Alfa pr
	Altezza	Base
%R A	%R Jf	%R Jt

*Verifiche di resistenza M/N [DM'08 §4.2.4.1.2 e segg.].*

*Classificazione della sezione. Rif. §4.2.3.1 DM'08.*

### **Tipologia sezione: Profilo scatolare cavo**

Coefficiente Epsilon= 0,81

Profilo in classe di resistenza: 3.

Parti soggette a compressione.

Classe 3: Rapporto  $c / t = 250 / 150 = 1,67 \leq 12,15 = 15 \times \text{Epsilon}$

Classe 3: Rapporto  $h / 2t = 250 / 300 = 0,83 \leq 9,32 = 11,5 \times \text{Epsilon}$

Profilo in classe di resistenza: 3.

Le azioni maggiormente gravose per il tratto più sollecitato in esame sono quelle relative all'elemento 31 in combinazione 1:

Coefficiente parziale di sicurezza sulla resistenza:  $gM0 = 1,05$

Resistenza caratteristica dell'acciaio:  $f_{yk} = 3550 \text{ daN/cm}^2$

Area sezione lorda:  $A = 85,29 \text{ cm}^2$

Azione assiale di progetto:  $NEd = 1031,03 \text{ daN}$

$NRd = A \times f_{yk} / g M0 = 85,29 \times 3550 / 1,05 = 288361,43 \text{ daN}$

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA</b> Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO LC.00.0.0.018	REV. A	FOGLIO 25 di 51

NEd/NRd= 1031,03 / 288361,43= 0,36 %

Modulo di elasticità plastico W22pl= 483,53 cm<sup>3</sup>

M22pl,Rd= W22pl x fyk / g M0= 483,53 x 3550 / 1,05 = 1634791,9 daNcm

M22Ed / M22pl,Rd= 39250 / 1634791,9= 2,4 %

Modulo di elasticità plastico W33pl= 696,76 cm<sup>3</sup>

M33pl,Rd= W33pl x fyk / g M0= 696,76 x 3550 / 1,05 = 2355712,38 daNcm

M33Ed / M33pl,Rd = 217400 / 2355712,38= 9,23 %

Eseguiamo la verifica di resistenza N-M:

$NEd / (A fy / gM0) + M22,Ed / ( W22pl fy / gM0) + M33,Ed / ( W33pl fy / gM0) \leq 1$

$1031,03 \times 1,05 / ( 3550 \times 85,29 ) + 39250 \times 1,05 / ( 3550 \times 483,53 ) + 217400 \times 1,05 / ( 3550 \times 696,76 ) \leq 1$

0,36 + 2,4 + 9,23= 11,99 %

Complessivamente si ha uno sfruttamento della sezione pari al 11,99 %

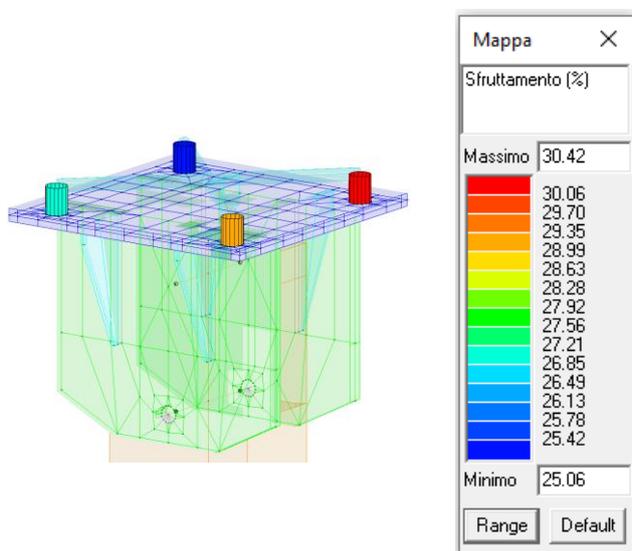
APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC.00.0.0.018</td> <td>A</td> <td>26 di 51</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	26 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	26 di 51								

## 5.2 VERIFICA TIRAFONDI M33 (ACCIAIO INOX A4-70)

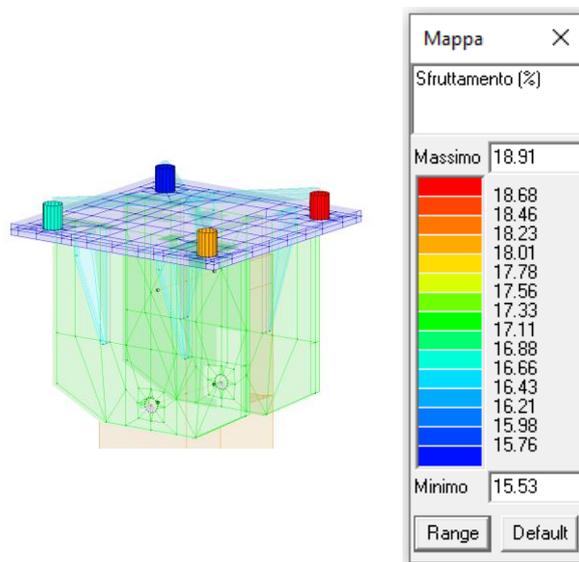
Dalle verifiche condotte si sono ottenuti i seguenti valori dello sfruttamento massimo delle sezioni in condizione D:

### TIRAFONDI PENDULO

#### Combinazioni statiche



#### Combinazioni sismiche



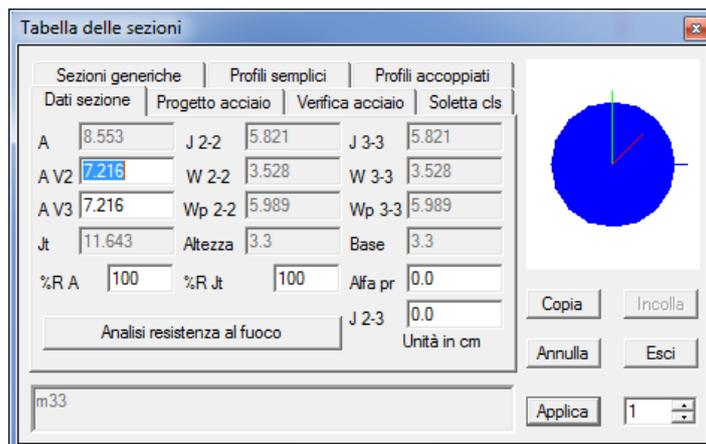
Il caso di sfruttamento peggiore è sui tirafondi del pendulo in combinazioni statiche.

Riportiamo in forma tabellare i valori delle verifiche eseguite per ogni elemento finito rappresentante i tirafondi (acciaio inox A4-70) in condizione D:

Trave	Stato	Note	V V/T	V N/M	V stab	Cl.	LamS 22	LamS 33	Snell.	Chi mn	V flst	LamS LT	Chi LT	Rif. cmb
12	ok	s=7,m=11	0.05	0.27		2								1,1,0,0
21	ok	s=7,m=11	0.05	0.25		2								1,1,0,0
26	ok	s=7,m=11	0.05	0.29		2								1,1,0,0
27	ok	s=7,m=11	0.05	0.30		2								1,1,0,0
<b>Pilas.</b>			<b>V V/T</b>	<b>V N/M</b>	<b>V stab</b>		<b>LamS 22</b>	<b>LamS 33</b>	<b>Snell.</b>	<b>Chi mn</b>	<b>V flst</b>	<b>LamS LT</b>	<b>Chi LT</b>	
			0.05	0.30										

Ogni singolo elemento tondo  $\Phi 33$  risulta verificato. Il valore massimo raggiunto dello sfruttamento è pari al 30,42 % raggiunto nella verifica di resistenza.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A.    Mandante: SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>COMMESSA</b> <b>LOTTO</b> <b>CODIFICA</b> <b>DOCUMENTO</b> <b>REV.</b> <b>FOGLIO</b> <b>IF2R</b> <b>0.2.E.ZZ</b> <b>CL</b> <b>LC.00.0.0.018</b> <b>A</b> <b>27 di 51</b>
<b>IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA</b> Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	



*Verifiche di Resistenza, di Stabilità e di Taglio/Torsione [DM'08 e circ. esplic. 7/19].*

*Verifiche di resistenza M/N [DM'08 §4.2.4.1.2 e segg.]. Classificazione della sezione. Rif. §4.2.3.1 DM'08.*

### **Tipologia sezione: Profilo Circolare Pieno**

Tipologia sezione: Profilo Circolare Pieno

Coefficiente Epsilon= 0,72

Profilo in classe di resistenza: 1.

Parti soggette a compressione e/o flessione:

Classe 1: Rapporto  $d / t = 2 \leq 25,92 = 50 \times \text{Epsilon}^2$

Classe 2: Rapporto  $d / t = 2 \leq 36,29 = 70 \times \text{Epsilon}^2$

Classe 3: Rapporto  $d / t = 2 \leq 46,66 = 90 \times \text{Epsilon}^2$

Profilo in classe di resistenza: 1.

Le azioni maggiormente gravose per il tratto più sollecitato in esame sono quelle relative all'elemento 27 in combinazione 1:

Coefficiente parziale di sicurezza sulla resistenza:  $gM0 = 1,05$

Resistenza caratteristica dell'acciaio:  $f_{yk} = 4500 \text{ daN/cm}^2$

Area sezione lorda:  $A = 8,55 \text{ cm}^2$

Azione assiale di progetto:  $NEd = 4403,6 \text{ daN}$

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandatario:      Mandante: <b>SYSTRA S.A.    SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<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>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC.00.0.0.018</td> <td>A</td> <td>28 di 51</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	28 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	28 di 51								
<b>IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA</b> Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)													

$$NRd = A \times fyk / g M0 = 8,55 \times 4500 / 1,05 = 36642,86 \text{ daN}$$

$$NEd/NRd = 4403,6 / 36642,86 = 12,02 \%$$

$$\text{Modulo di elasticità plastico } W22pl = 5,99 \text{ cm}^3$$

$$M22pl,Rd = W22pl \times fyk / g M0 = 5,99 \times 4500 / 1,05 = 25671,43 \text{ daNcm}$$

$$M22Ed / M22pl,Rd = 0 / 25671,43 = 0 \%$$

$$\text{Modulo di elasticità plastico } W33pl = 5,99 \text{ cm}^3$$

$$M33pl,Rd = W33pl \times fyk / g M0 = 5,99 \times 4500 / 1,05 = 25671,43 \text{ daNcm}$$

$$M33Ed / M33pl,Rd = 4723,9 / 25671,43 = 18,4 \%$$

Eseguiamo la verifica di resistenza N-M:

$$NEd / (A \times fy / g M0) + M22,Ed / (W22pl \times fy / g M0) + M33,Ed / (W33pl \times fy / g M0) \leq 1$$

$$4403,6 \times 1,05 / (4500 \times 8,55) + 0 \times 1,05 / (4500 \times 5,99) + 4723,9 \times 1,05 / (4500 \times 5,99) \leq 1$$

$$12,02 + 0 + 18,4 = 30,42 \%$$

Complessivamente si ha uno sfruttamento della sezione pari al 30,42 %

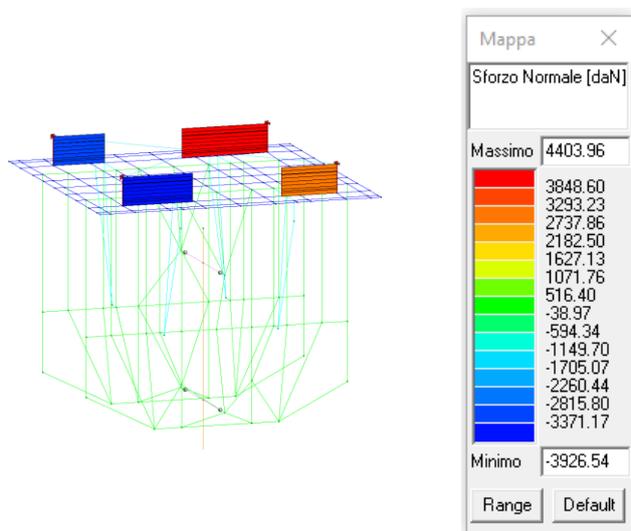
APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC.00.0.0.018</td> <td>A</td> <td>29 di 51</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	29 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	29 di 51								

### 5.3 VERIFICA PIASTRA DI BASE DEL PENDULO (S355)

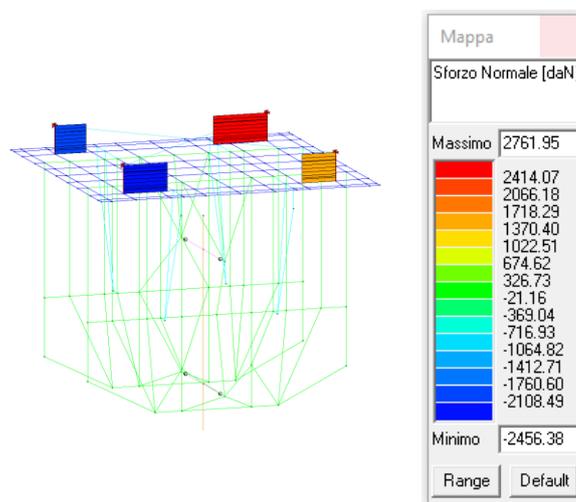
La piastra di base e le piastre di rinforzo laterali sono state modellate attraverso l'utilizzo di elementi d3 denominati shell. Di seguito le verifiche condotte considerando i valori delle sollecitazioni più gravose.

Si riporta il valore massimo degli sforzi assiali agenti sui tirafondi:

Combinazioni statiche



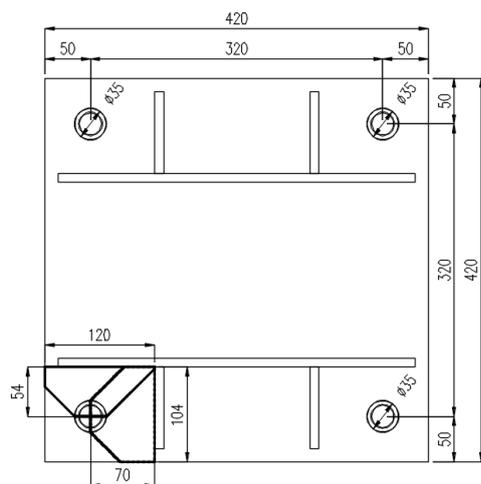
Combinazioni sismiche



#### 5.3.1 Resistenza flessionale della piastra

Il massimo valore dello sforzo assiale di progetto si raggiunge in cmb 1 delle combinazioni statiche ed è pari a  $F_{t,Ed} = 4403,96$  daN. La resistenza flessionale della piastra di base si può calcolare considerando la resistenza flessionale delle mensole che convergono nel centro del tirafondo:

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	<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>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC.00.0.0.018</td> <td>A</td> <td>30 di 51</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	30 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	30 di 51								



Spessore (t) : 20 [mm]

Materiale : S355 [-]

Tensione di rottura piastra (ft) : 510 [N/mm<sup>2</sup>]

Tensione di snervamento piastra (fy) : 355 [N/mm<sup>2</sup>]

Calcolo delle rigidità flessionali mensole.

Calcolo del Momento plastico della Mensola 1 :

Base mensola (B1) : 120 [mm]

Altezza mensola (H1) : 54 [mm]

Calcolo del Momento plastico della sezione (per unità di larghezza) :  $Mp1 = (t^2 / 4) \times fyk = 33809,52$  [Nmm]

Calcolo della forza che produce il Momento plastico della sezione :  $Fp1 = Mp1 \times B1 / H1 = 75,13$  [kN]

Calcolo della deformazione in corrispondenza del foro :  $\Delta1 = Fp1 \times H1^3 / (3 \times E \times J) = 0,23$  [mm]

Calcolo del Momento plastico della Mensola 2 :

Base mensola (B2) : 104 [mm]

Altezza mensola (H2) : 70 [mm]

Calcolo del Momento plastico della sezione (per unità di larghezza) :  $Mp2 = (t^2 / 4) \times fyk = 33809,52$  [Nmm]

Calcolo della forza che produce il Momento plastico della sezione :  $Fp2 = Mp2 \times B2 / H2 = 50,23$  [kN]

Calcolo della deformazione in corrispondenza del foro :  $\Delta2 = Fp2 \times H2^3 / (3 \times E \times J) = 0,39$  [mm]

Calcolo della forza complessiva in corrispondenza della deformazione minore :

$$R\_fls = \Delta_{min} \times \left\{ \frac{3 \times E \times J1}{H1^3} + \frac{3 \times E \times J2}{H2^3} \right\} = 105,03 \text{ [kN]}$$

$$R\_fls = 105,03 \text{ [kN]} > 44,04 \text{ [kN]}$$

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO LC.00.0.0.018	REV. A	FOGLIO 31 di 51

### 5.3.2 Punzonamento piastra.

Resistenza a punzonamento della piastra:

$$B_{p,Rd} = 0,6 \pi d_m t_p f_u / \gamma_{M2}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$f_u = 510 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$d_m = 35 \text{ mm}$  (cautelativamente il diametro del foro del tirafondo)

$$B_{p,Rd} = 0,6 \times 3,14 \times 35 \times 20 \times 510 / 1,25 = 538,34 \text{ [kN]}$$

$$B_{p,Rd} = 538,34 \text{ [kN]} > 44,04 \text{ [kN]}$$

### 5.3.3 Resistenza materiale

Verifichiamo la condizione:

$$\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 + 3 \tau_{Ed}^2 \leq (f_{yk} / \gamma_{M0})^2$$

Per ogni elemento, e per ogni combinazione (o caso di carico) vengono riportati i risultati più significativi.

In particolare vengono riportati in ogni nodo di un elemento per ogni combinazione:

tensione di Von Mises	(valore riassuntivo del complessivo stato di sollecitazione)
-----------------------	--

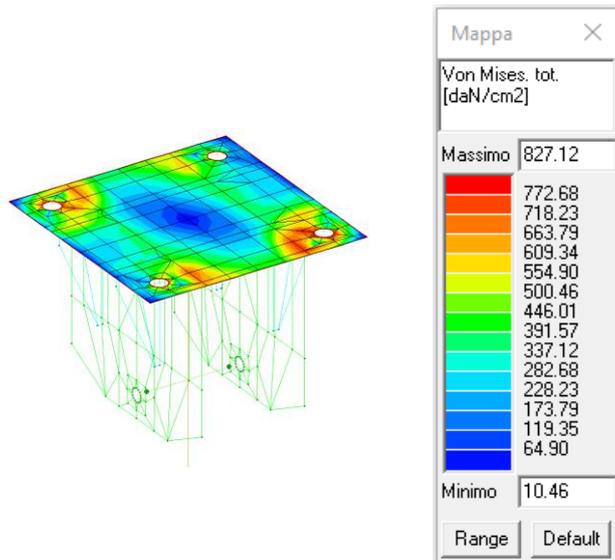
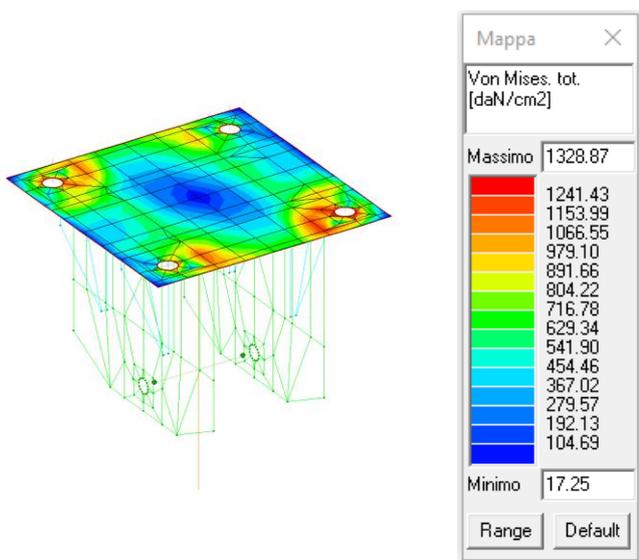
Facciamo notare che nella modellazione gli elementi orizzontali (piastre di base) sono considerati gusci, mentre quelli verticali (alette di rinforzo) setti. Il valore massimo è inferiore alla tensione caratteristica di snervamento della piastra che per acciai tipo Fe510 S355 è  $f_{yk} = 3550 \text{ daN/cm}^2$ . Considerando un coefficiente di sicurezza  $\gamma_{M0} = 1,05$  otteniamo una resistenza pari a  $3380 \text{ daN/cm}^2$ .

Dalle verifiche condotte si sono ottenuti i seguenti valori delle tensioni massime sulla piastra (con esclusione degli elementi in corrispondenza dei tirafondi):

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A.    Mandante: SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA</b> Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	<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>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC.00.0.0.018</td> <td>A</td> <td>32 di 51</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	32 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	32 di 51								

Combinazioni statiche

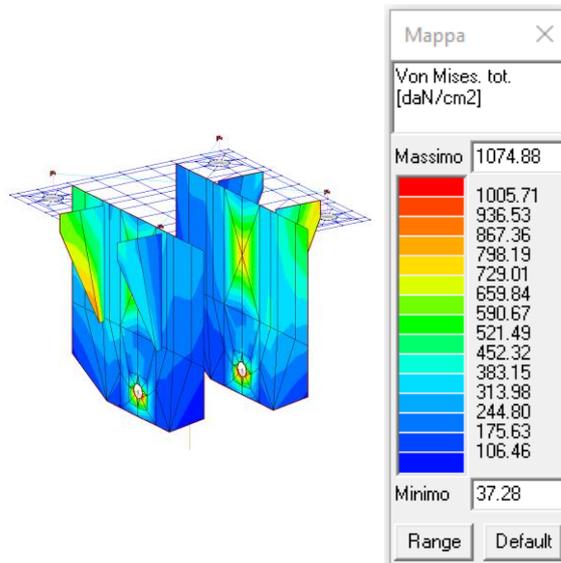
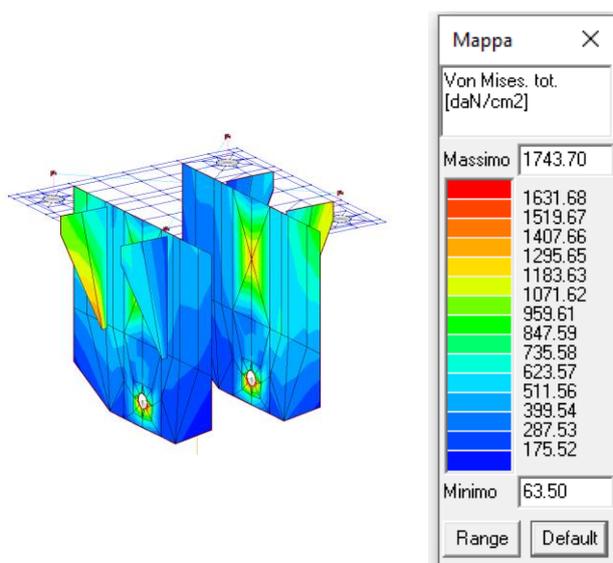
Combinazioni sismiche



E sulle alette di rinforzo:

Combinazioni statiche

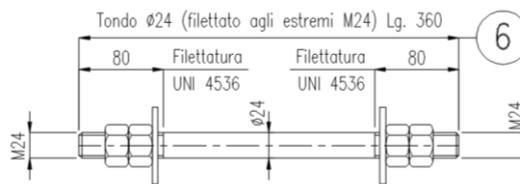
Combinazioni sismiche



APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A.    Mandante: SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA</b> Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC.00.0.0.018</td> <td>A</td> <td>33 di 51</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	33 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	33 di 51								

## 5.4 VERIFICA DEL PERNO M24 DEL PENDULO (ACCIAIO CL 8.8)

Il collegamento a perno è realizzato mediante un bullone M24 in acciaio cl 8.8.

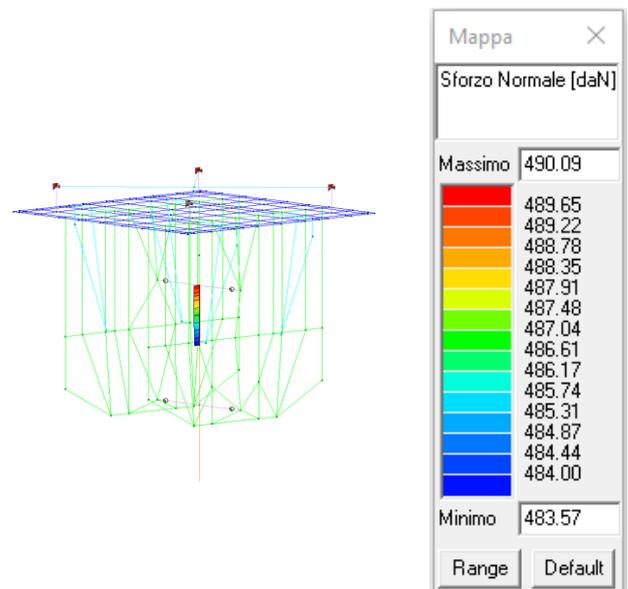
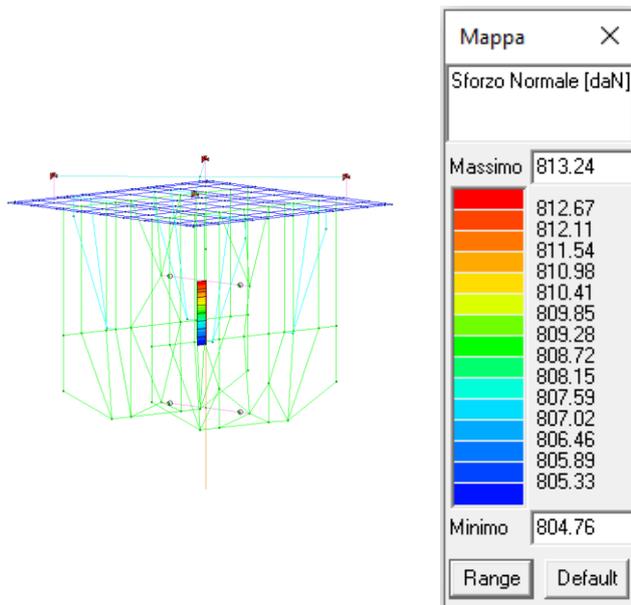


Il perno è realizzato mediante la barra filettata inserita in un tubo  $\Phi 50$  sp 12. Eseguiamo la verifica di resistenza del perno utilizzando come azione di progetto la massima trazione agente su uno dei due perni presenti nel collegamento.

Perno superiore:

Combinazioni statiche

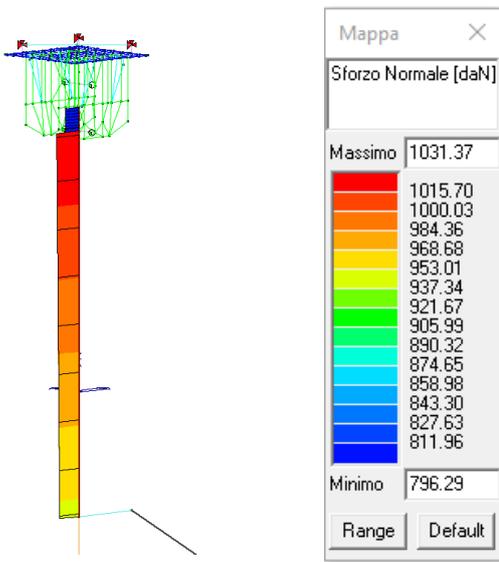
Combinazioni sismiche



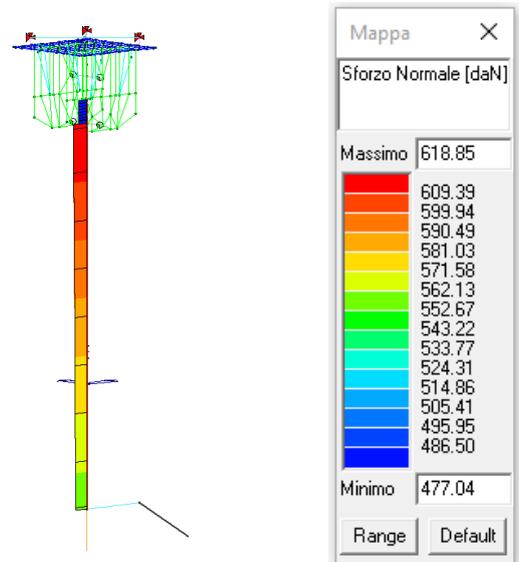
APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC.00.0.0.018</td> <td>A</td> <td>34 di 51</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	34 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	34 di 51								

Perno inferiore:

Combinazioni statiche



Combinazioni sismiche



Sul perno superiore abbiamo uno sforzo di trazione pari a 813,24 daN circa.

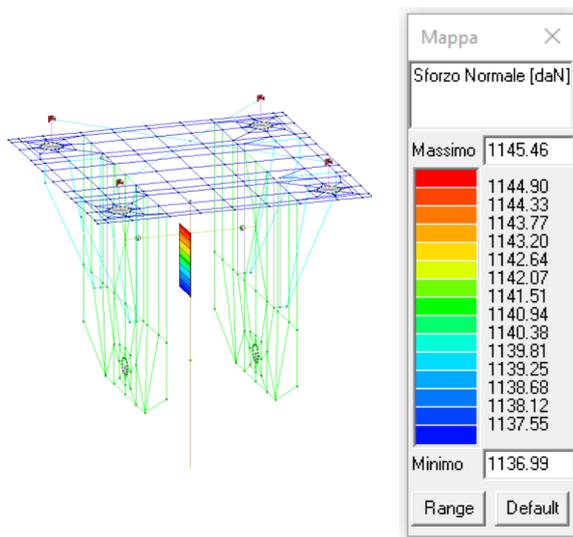
Su quello inferiore viene scaricato un valore pari a circa :  $1031,03 - 796,29 = 234,74$  daN

Eseguiamo la verifica di resistenza del perno considerando uno sforzo di trazione pari a  $T_{Ed} = 813,24$  daN

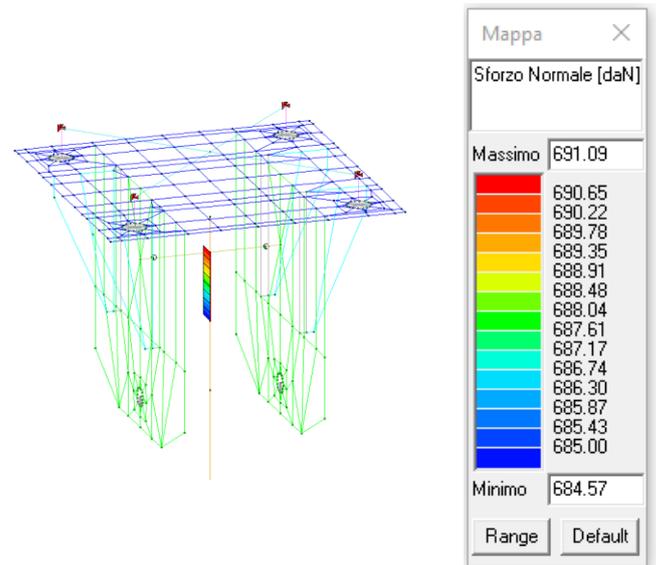
APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendolo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC.00.0.0.018</td> <td>A</td> <td>35 di 51</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	35 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	35 di 51								

Il collegamento a perno è realizzato mediante un bullone M24 cl. 8.8.

### Combinazioni statiche



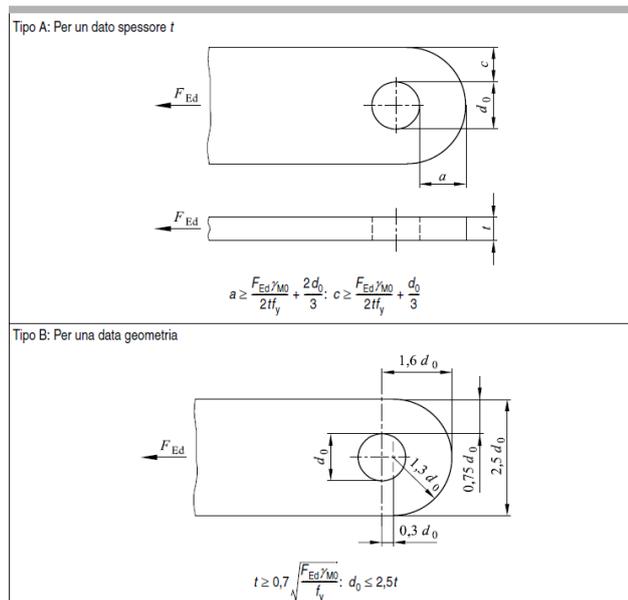
### Combinazioni sismiche



In questa verifica verrà considerata la presenza di un unico perno, invece che due, mettendosi nella situazione più gravosa, su tale perno agisce uno sforzo di trazione pari a  $T_{Ed} = 1145,46$  daN

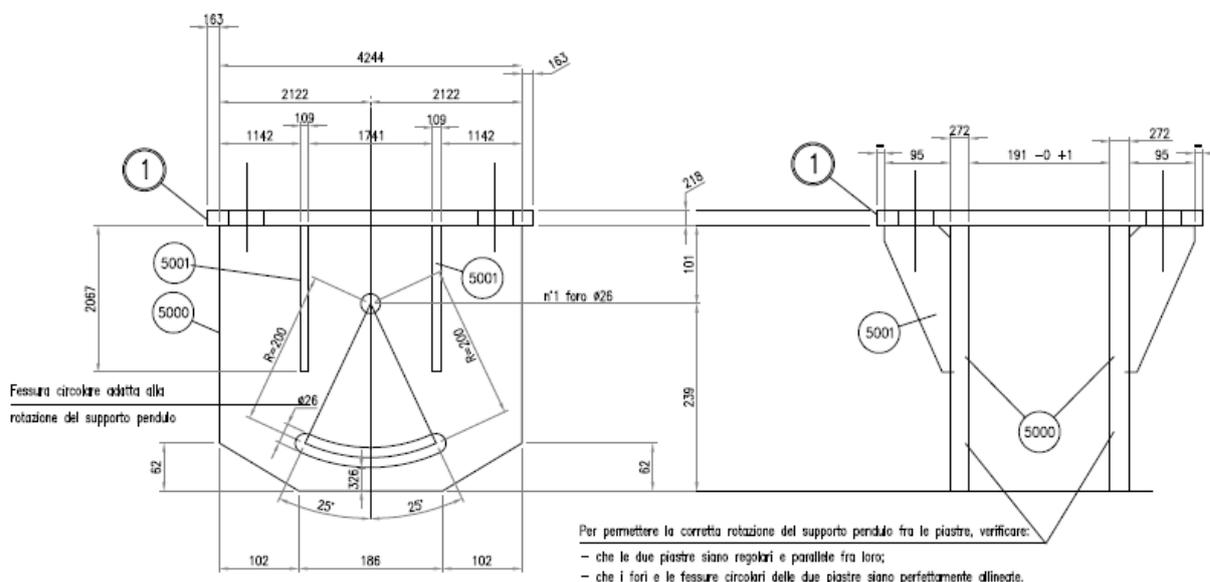
Requisiti [EN 1993-1-8:2005 §3.13]:

prospetto 3.9 Requisiti geometrici per estremità delle membrature munite di perni



APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA</b> Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	<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>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC.00.0.0.018</td> <td>A</td> <td>36 di 51</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	36 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	36 di 51								

Posto:



- $a = 226 \text{ mm}$
- $d_0 = 25 \text{ mm}$
- $c = 182 \text{ mm}$
- $t = 25 \text{ mm}$
- $F_{Ed} = 1145,46 \text{ daN}$  (per ipotesi viene considerata la presenza di una unica piastra)
- $\gamma_{M0} = 1,05$
- $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$

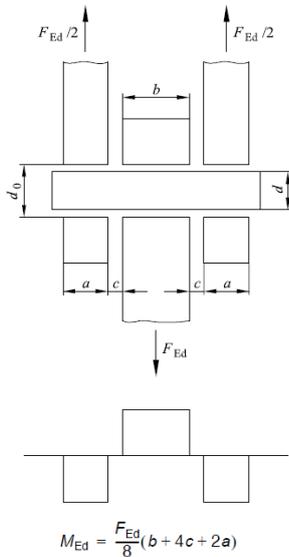
Verifichiamo condizioni di tipo "A" (per un dato spessore 25 mm):

$$a \geq F_{Ed} \gamma_{M0} / (2 t f_y) + 2 d_0 / 3 = 1145 \times 1,05 / (2 \times 25 \times 35,5) + 2 \times 25 / 3 = 17,34 \text{ mm} \quad [\text{verificata}]$$

$$c \geq F_{Ed} \gamma_{M0} / (2 t f_y) + d_0 / 3 = 1145 \times 1,05 / (2 \times 25 \times 35,5) + 25 / 3 = 8,70 \text{ mm} \quad [\text{verificata}]$$

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF2R 0.2.E.ZZ CL LC.00.0.0.018 A 37 di 51

Passando alle verifiche di resistenza otteniamo:



prospetto 3.10 Criteri di progetto per connessioni a perno

Modalità di collasso	Requisiti di progetto
Resistenza a taglio del perno	$F_{v,Rd} = 0,6 A f_{up} / \gamma_{M2} \geq F_{v,Ed}$
Resistenza a rifollamento per contatto della piastra e del perno	$F_{b,Rd} = 1,5 t d f_y / \gamma_{M0} \geq F_{b,Ed}$
Se il perno si considera sostituibile si raccomanda di soddisfare anche questo requisito.	$F_{b,Rd,ser} = 0,6 t d f_y / \gamma_{M6,ser} \geq F_{b,Ed,ser}$
Resistenza a flessione del perno	$M_{Rd} = 1,5 W_{el} f_{yp} / \gamma_{M0} \geq M_{Ed}$
Se il perno si considera sostituibile si raccomanda di soddisfare anche questo requisito.	$M_{Rd,ser} = 0,8 W_{el} f_{yp} / \gamma_{M6,ser} \geq M_{Ed,ser}$
Resistenza del perno per combinazione di taglio e flessione	$\left[ \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[ \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right]^2 \leq 1$
$d$	è il diametro del perno;
$f_y$	è la minore tra la resistenza di progetto del perno e della parte collegata;
$f_{up}$	è la resistenza a trazione ultima del perno;
$f_{yp}$	è la resistenza allo snervamento del perno;
$t$	è lo spessore della parte collegata;
$A$	è l'area della sezione trasversale del perno.

Resistenza a taglio del perno M24 cl 8.8 (parte filettata del gambo non coinvolta dal taglio):

$$F_{v,Rd} = 0,6 A f_{up} / \gamma_{M2} = 0,6 \times 452,4 \times 800 / 1,25 = 173,7 \text{ kN} > 11,45 \text{ kN} \quad [\text{verificata}]$$

Resistenza a rifollamento:

$$F_{b,Rd} = 1,5 t d f_y / \gamma_{M0} = 1,5 \times 10 \times 24 \times 355 / 1,05 = 121,7 \text{ kN} > 11,45 \text{ kN} \quad [\text{verificata}]$$

Resistenza a flessione del perno:

$$M_{Rd} = 1,5 W_{el} f_{yp} / \gamma_{M0} = 1,5 (\pi d^3 / 32) f_{yp} / \gamma_{M0} = 1,5 \times (3,14 \times 24^3 / 32) \times 640 / 1,05 = 1240,8 \text{ kNmm}$$

Posto:

- $b = 180 \text{ mm}$
- $c = 182 \text{ mm}$
- $a = 226 \text{ mm}$

$$M_{Ed} = F_{Ed} / 8 \times (b + 4c + 2a) = 11,45 / 8 \times (180 + 4 \times 182 + 2 \times 226) = 360,7 \text{ kNmm}$$

$$M_{Rd} = 1240,8 \text{ kNmm} > M_{Ed} = 360,7 \text{ kNmm} \quad [\text{verificata}]$$

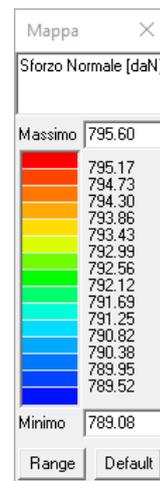
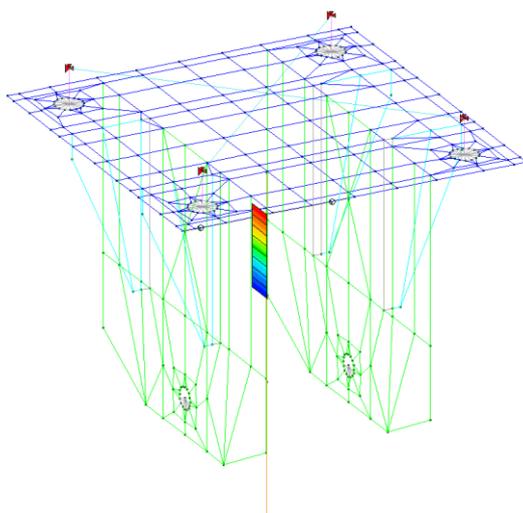
Resistenza per combinazione di taglio e flessione:

$$(M_{Ed} / M_{Rd})^2 + (F_{v,Ed} / F_{v,Rd})^2 < 1$$

$$(360,7 / 1240,8)^2 + (11,45 / 173,7)^2 = 0,084 + 0,00434 = 0,0883 < 1 \quad [\text{verificata}]$$

Consideriamo ora la condizione di servizio caratterizzata da un tiro sul perno pari a 796 daN.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendolo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO LC.00.0.0.018	REV. A	FOGLIO 38 di 51



Verifichiamo le condizioni che prevedono la possibilità di sostituzione del perno:

$$F_{b,Rd,ser} = 0,6 A f_y / \gamma_{M6ser} = 0,6 \times 452,4 \times 335 / 1 = 90,93 \text{ kN} > 3,98 \text{ kN} \quad [\text{verificata}]$$

$$M_{Rd,ser} = 0,8 W_{el} f_{ypk} / \gamma_{M6ser} = 0,8 (\pi d^3 / 32) f_{yp} / \gamma_{M0} = 0,8 \times (3,14 \times 24^3 / 32) \times 640 / 1 = 694,52 \text{ kNmm}$$

$$M_{Ed,ser} = F_{Ed} / 8 \times (b + 4c + 2a) = 7,96 / 8 \times (180 + 4 \times 182 + 2 \times 226) = 250,7 \text{ kNmm}$$

$$M_{Rd,ser} = 694,52 \text{ kNmm} > M_{Ed} = 250,7 \text{ kNmm} \quad [\text{verificata}]$$

Verifichiamo le pressioni di contatto:

$$\sigma_{b,Ed} = 0,591 (E F_{Ed,ser} (d_0 - d) / (d^2 t))^{0,5} = 0,591 \times (200000 \times 398 \times (25 - 24) / (24^2 \times 25))^{0,5} = 43,94 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{b,Ed} = 2,5 f_y / \gamma_{M6ser} = 2,5 \times 335 / 1 = 837,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{b,Ed} = 837,5 \text{ N/mm}^2 > \sigma_{b,Ed} = 43,94 \text{ N/mm}^2 \quad [\text{verificata}]$$

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC.00.0.0.018</td> <td>A</td> <td>39 di 51</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	39 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	39 di 51								

### 5.4.1 Verifica del perno M24 precaricato con serraggio controllato (acciaio cl 8.8)

La resistenza di progetto allo scorrimento  $F_{s,Rd}$  di un bullone di classe 8.8 precaricato può essere assunta pari a:

$$F_{s,Rd} = n \mu F_{p,Cd} / \gamma_{M3}$$

dove:

$n$  è il numero delle superfici di attrito = 4

$\mu$  è il coefficiente di attrito tra le piastre = 0,2 (per superfici non trattate) a favore di sicurezza

$F_{p,Cd}$  è la forza di precarico del bullone che in caso di serraggio controllato può essere assunta pari a  $0,7 f_{tbk} A_{res}$ , invece che pari a  $0,7 f_{tbk} A_{res} / \gamma_{M7}$

Per perno M24 cl 8.8

$$f_{tbk} = 800 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{res} = 352,9 \text{ mm}^2$$

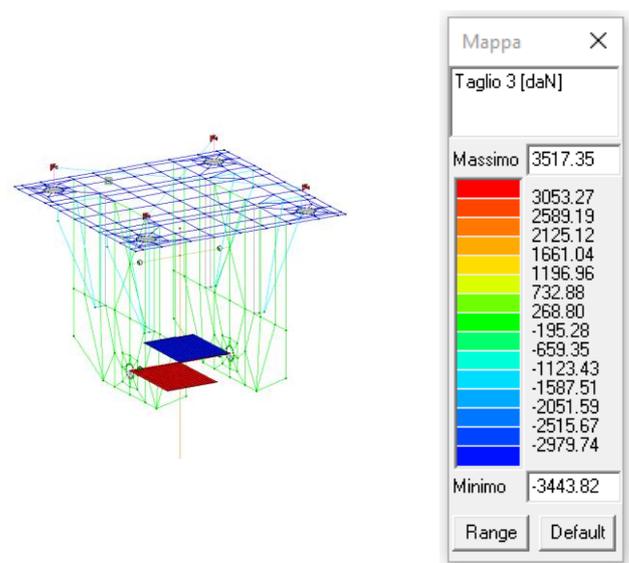
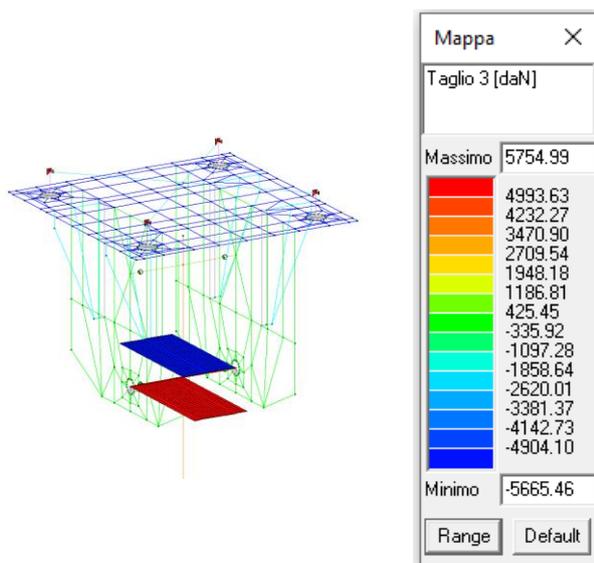
$$F_{p,Cd} = 0,7 \times 800 \times 352,9 = 197624 \text{ N}$$

$$F_{s,Rd} = 4 \times 0,2 \times 197624 / 1,25 = 126479,36 \text{ N} = 12647,94 \text{ daN}$$

Confrontiamo la resistenza di progetto allo scorrimento con il taglio che agisce sul perno.

Combinazioni statiche

Combinazioni sismiche



APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Conorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandataria: <u>          </u> Mandante: <u>          </u> <b>SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>													
<b>IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA</b> Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	<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>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC.00.0.0.018</td> <td>A</td> <td>40 di 51</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	40 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	40 di 51								

Nelle combinazioni sismiche agisce un taglio pari  $F_{v,Ed} = 5754,99 + 5665,46 = 11420,45$  daN, quindi il perno risulta verificato.

$$F_{v,Ed} = 11420,45 \text{ daN} < F_{s,Rd} = 12647,94 \text{ daN}$$

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendolo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	<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>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC.00.0.0.018</td> <td>A</td> <td>41 di 51</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	41 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	41 di 51								

## 6 VERIFICHE DEI COLLEGAMENTI POST INSTALLATI SULLA VOLTA DELLA GALLERIA

### 6.1 VERIFICA A SFILAMENTO DELL'ANCORANTE CHIMICO

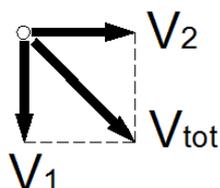
Le aggrappature sono inserite nel c.a. costituente la galleria mediante un ancoraggio di tipo chimico. Si tratta di un ancoraggio del tipo post-installato che non viene esplicitamente trattato dalle NTC 2008. L'ancorante chimico impiegato per l'ancoraggio dei penduli di galleria dovrà essere comunque conforme alla specifica RFI DTC STS ENE SP IFS TE 673 A.

Faremo riferimento ai sistemi di verifica previsti dalle linee guida ETA Guideline (ETAG) nella versione semplificata del metodo ETAG Annex C (Technical Report TR 029, 2007 per gli ancoraggi chimici) proposto da HILTI e denominato HILTI CC.

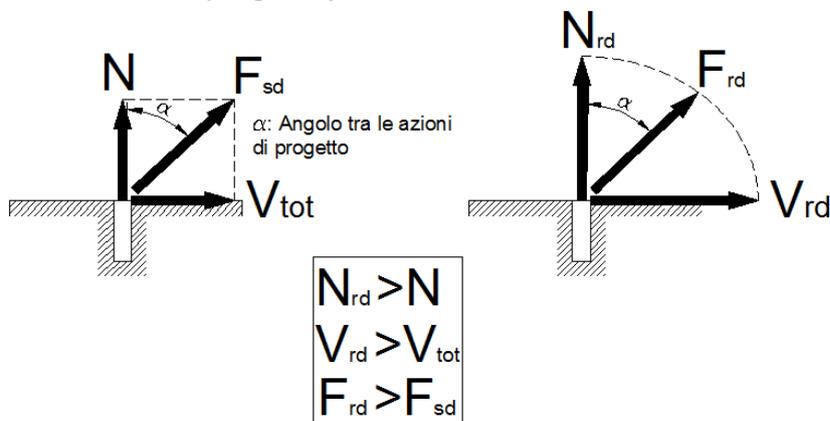
Sostanzialmente si procede alla verifica delle modalità di rottura classiche:

- Trazione
- Taglio

-Composizione del taglio-



-Azione di progetto per verifica a carico combinato-



In entrambi i casi si individua la condizione più gravosa (cioè quella che offre una minore resistenza) confrontando il comportamento dell'acciaio e del calcestruzzo. Alla fine le minori resistenze vengono combinate per la verifica cosiddetta a "Carico Combinato" confrontandole con le massime azioni agenti sugli ancoranti.

Consideriamo le seguenti verifiche:

- Resistenza a trazione dell'acciaio
- Resistenza allo sfilamento
- Resistenza a rottura conica del calcestruzzo
- Resistenza a taglio dell'acciaio senza braccio di leva

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC.00.0.0.018</td> <td>A</td> <td>42 di 51</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	42 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	42 di 51								

- Resistenza a rottura del bordo di calcestruzzo

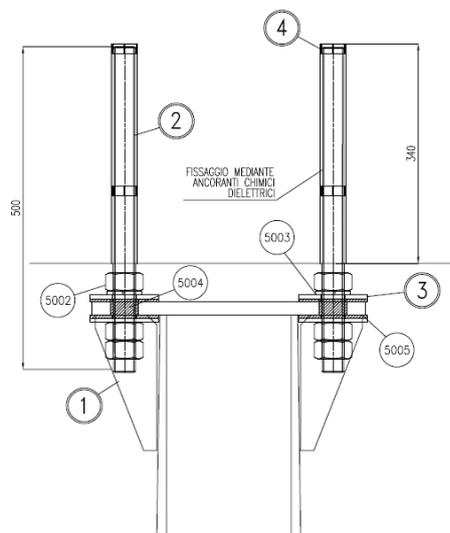
## 6.2 VERIFICA TIRAFONDI POST-INSTALLATI PENDULO

Come input progettuale è stata considerata l'infissione per tirafondi M33 all'interno della parete di 335 mm , come da disegni costruttivi. Inoltre si è analizzata la situazione prendendo a riferimento una parete in **calcestruzzo C25/30** non fessurata.

I valori delle sollecitazioni di progetto sono quelle che derivano dalle combinazioni di carico statiche e sismiche.

Le analisi si possono effettuare utilizzando il software tecnico sviluppato da Hilti. Consideriamo quale input progettuale la configurazione della piastra di base con 4 tirafondi M33:

Dalle verifiche eseguite si evince che il collegamento post installato eseguito con tirafondi M33 cl. 5.8 con infissione 335 mm è verificato se la volta della galleria sulla quale si esegue il collegamento è realizzata in cls **C25/30 non fessurato con armatura rada e con armatura di bordo rettilinea**. I risultati ottenuti **non si possono ritenere validi per condizioni differenti di infissione**.



MATERIALE NECESSARIO PER L'ANCORAGGIO DI UN SUPPORTO PENDULO PER SOSPENSIONE LINEA DI CONTATTO						
POS.	NUM.	DESCRIZIONE	Lg. (mm)	Peso (kg)	MATERIALE	
2	4	Barra filettata M33 UNI EU 10060	500	13,890	Acc. Inox A4-70	
	12	Dado M33 UNI EN ISO 4033	-	4,484	Acc. Inox A4-70 ISO 898-2:2013	
	4	Rosetta Groover A33 UNI 1751	-	0,261	Acc. Inox A4-70	
	4	Boccola isolante 35 x 4	-	29	EP GC 203	
	8	Rosetta isolante 105 x 35	-	-	EP GC 203	
3	8	Rondella 36x105 sp=6 - 100 HV ISO 7093 C	-	0,623	Acc. Inox A4-70	
4	8	Anelli di centraggio per barra M33	-	-	Polipropilene	
<b>TOTALE</b>				19,258		

**NOTA:** L'ancorante chimico impiegato per l'ancoraggio dei penduli di galleria dovrà essere conforme alla specifica RFI DTC STS ENE SP IFS IE 673 A.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA</b> Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	<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>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC.00.0.0.018</td> <td>A</td> <td>43 di 51</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	43 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	43 di 51								



Hilti PROFIS Engineering 3.1.1

www.hilti.it

Impresa:		Pagina:	1
Indirizzo:		Progettista:	
Telefono   Fax:		E-mail:	
Design:	VERIFICA HILTI TT	Data:	22/10/2021
Contratto N°:			

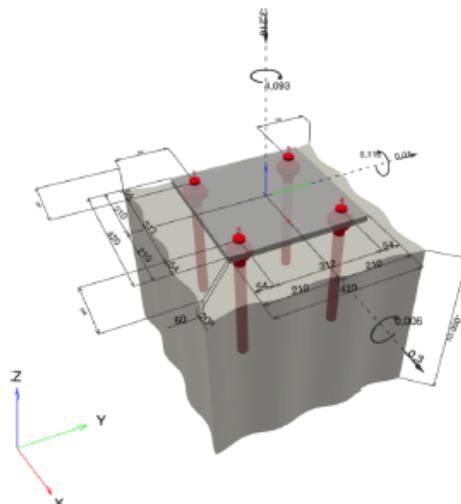
Commenti del progettista:

## 1 Dati da inserire

<b>Tipo e dimensione dell'ancorante:</b>	HIT-RE 500 V3 + HAS-U A4 M33	
<b>Periodo di ritorno (durata in anni):</b>	50	
<b>Codice articolo:</b>	non disponibile (inserire) / 2123403 HIT-RE 500 V3 (composto indurente)	
<b>Profondità di posa effettiva:</b>	$h_{ef,act} = 340,0$ mm ( $h_{ef,inst} = -$ mm)	
<b>Materiale:</b>	A4	
<b>Certificazione No.:</b>	Dati Tecnici Hilti	
<b>Emesso   Validato:</b>	-   -	
<b>Prova:</b>	metodo di calcolo Extended ETAG BOND (EOTA TR 029)	
<b>Fissaggio distanziato:</b>	senza serraggio (ancorante); livello di incastro (piastra di base): 2,00; $e_p = 60,0$ mm; $t = 20,0$ mm	
<b>Piastra d'ancoraggio<sup>R</sup>:</b>	$l_x \times l_y \times t = 420,0$ mm x 420,0 mm x 20,0 mm; (Spessore della piastra raccomandato: non calcolato)	
<b>Profilo:</b>	nessun profilo	
<b>Materiale base:</b>	non fessurato calcestruzzo, C25/30, $f_{c,cube} = 30,00$ N/mm <sup>2</sup> ; $h = 10.000,0$ mm, Temp. Breve/Lungo: 0/0 °C	
<b>Installazione:</b>	Foro eseguito con perforatore, Condizioni di installazione: asciutto	
<b>Armatura:</b>	nessuna armatura o interasse tra le armature $\geq 150$ mm (qualunque $\emptyset$ ) o $\geq 100$ mm ( $\emptyset \leq 10$ mm) con armatura di bordo longitudinale $d \geq 12,0$ [mm]	

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

Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]



APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO LC.00.0.0.018	REV. A	FOGLIO 44 di 51



Hilti PROFIS Engineering 3.1.1

www.hilti.it

Impresa:	Pagina:	2
Indirizzo:	Progettista:	
Telefono   Fax:	E-mail:	
Design:	Data:	22/10/2021
Contratto N°:		

### 1.1 Combinazione carichi

Caso	Descrizione	Forze [kN] / Momenti [kNm]	Sismico	Fuoco	Util. max.	Tassello [%]
1	Imported 1	$N = -3,216; V_x = 0,300; V_y = 0,010;$ $M_x = -0,006; M_y = -0,116; M_z = -4,093;$	no	no		32
2	Imported 2	$N = -3,216; V_x = 0,300; V_y = 0,020;$ $M_x = -0,006; M_y = -0,107; M_z = -4,064;$	no	no		32

### 2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante

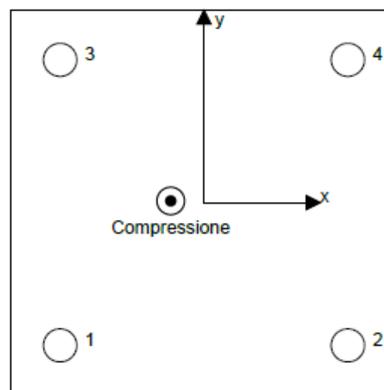
Controllo in corso del caso di carico: 1 Imported 1

#### Carichi sull'ancorante [kN]

Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	-0,980	4,587	-3,205	3,282
2	-0,608	4,584	-3,205	-3,277
3	-1,000	4,693	3,355	3,282
4	-0,628	4,690	3,355	-3,277

Compressione max. nel calcestruzzo: - [%]  
 Max. sforzo di compressione nel calcestruzzo: - [N/mm<sup>2</sup>]  
 risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(0,0/0,0): 0,000 [kN]  
 risultante delle forze di compressione (x/y)=(-36,1/1,9): 3,216 [kN]



Le forze di ancoraggio vengono calcolate presupponendo una piastra di ancoraggio rigida.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO LC.00.0.0.018	REV. A	FOGLIO 45 di 51



Hilti PROFIS Engineering 3.1.1

www.hilti.it

Impresa:	Pagina:	3
Indirizzo:	Progettista:	
Telefono   Fax:	E-mail:	
Design:	Data:	22/10/2021
Contratto N°:	VERIFICA HILTI TT	

### 3 Carico di trazione (EOTA TR 029, Sezione 5.2.2)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_N$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio*	-1,000	121,329	1	OK
Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento**	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura conica del calcestruzzo**	N/A	N/A	N/A	N/A
Fessurazione**	N/A	N/A	N/A	N/A

\*ancorante più sollecitato \*\*gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)

#### 3.1 Rottura dell'acciaio

$$N_{sd} \leq N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{M,s}} \quad \text{EOTA TR 029, tabella 5.2.2.1}$$

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [kN]	$N_{sd}$ [kN]
347,000	2,860	121,329	-1,000

Il calcolo dell'acciaio è stato eseguito per la massima forza per l'ancoraggio - in questo caso a compressione. Le verifiche a buckling devono essere effettuate separatamente

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC.00.0.0.018</td> <td>A</td> <td>46 di 51</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	46 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	46 di 51								



Hilti PROFIS Engineeri

www.hilti.it

Impresa:  
Indirizzo:  
Telefono / Fax:  
Design:  
Contratto N°:

Pagina:  
Progettista:  
E-mail:  
Data:

22/10/2021

#### 4 Carico di taglio (EOTA TR 029, Sezione 5.2.3)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_V$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)*	4,693	14,905	32	OK
Rottura per pryout*	4,693	197,146	3	OK
Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione **	N/A	N/A	N/A	N/A

\*ancorante più sollecitato \*\*gruppo di ancoranti (ancoranti specifici)

##### 4.1 Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)

$$V_{sd} \leq V_{Rd,s}^M = \frac{V_{M,Rk,s}^M}{\gamma_{M,s,b}} \quad \text{EOTA TR 029, tabella 5.2.3.1}$$

$$V_{Rk,s}^M = \frac{\alpha_M \cdot M_{Rk,s}^M}{l} \quad \text{EOTA TR 029, Eq. (5.6)}$$

$$M_{Rk,s}^M = M_{Rk,s}^0 \cdot \left(1 - \frac{N_{sd}}{N_{Rd,s}}\right) \quad \text{EOTA TR 029, Eq. (5.6a)}$$

$$l = e_c + \frac{t}{2} + a_3 \quad \text{EOTA TR 029, Eq. (4.2)}$$

$l$ [mm]	$\alpha_M$	$N_{sd} / N_{Rd,s}$	$1 - N_{sd} / N_{Rd,s}$	$M_{Rk,s}^0$ [kNm]	$M_{Rk,s}^M = M_{Rk,s}^0 (1 - N_{sd} / N_{Rd,s})$ [kNm]	
86,5	2,00	0,008	0,992	1,547	1,534	
$V_{Rk,s}^M = \alpha_M \cdot M_{Rk,s}^M / l$ [kN]				$\gamma_{M,s,b}$	$V_{Rd,s}^M$ [kN]	$V_{sd}$ [kN]
35,474				2,380	14,905	4,693

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC.00.0.0.018</td> <td>A</td> <td>47 di 51</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	47 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	47 di 51								



Hilti PROFIS Engineeri

www.hilti.it

Impresa:	Pagina:	5
Indirizzo:	Progettista:	
Telefono / Fax:	E-mail:	
Design:	Data:	22/10/2021
Contratto N°:		

#### 4.2 Rottura per pryout (cono del calcestruzzo)

$V_{Sd} \leq V_{Rd,op} = \frac{V_{Rk,op}}{\gamma_{M,c,p}}$	EOTA TR 029, tabella 5.2.3.1
$V_{Rk,op} = k \cdot \min(N_{Rk,p}; N_{Rk,c})$	EOTA TR 029, Eq. (5.7), (5.7a)
$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}^0}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec1,N} \cdot \psi_{ec2,N}$	EOTA TR 029, Eq. (5.3)
$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ok,cube}} \cdot h_{ef}^{1,5}$	EOTA TR 029, Eq. (5.3a)
$A_{c,N}^0 = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N}$	EOTA TR 029, Eq. (5.3b)
$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \leq 1,00$	EOTA TR 029, Eq. (5.3c)
$\psi_{re,N} = 0,5 + \frac{h_{ef}}{200} \leq 1,00$	EOTA TR 029, Eq. (5.3d)
$\psi_{ec1,N} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot e_{c1,V}}{s_{cr,N}}} \leq 1,00$	EOTA TR 029, Eq. (5.3e)
$\psi_{ec2,N} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot e_{c2,V}}{s_{cr,N}}} \leq 1,00$	EOTA TR 029, Eq. (5.3e)

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	k-factor	$k_1$
443.556	1.040.400	510,0	1.020,0	2,000	10,100
$e_{c1,V}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$
454,3	0,529	13.628,2	0,036	1,000	1,000
$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c,p}$	$V_{Rd,op}$ [kN]	$V_{Sd}$ [kN]		
346,817	1,500	197,146	4,693		

ID gruppo ancoranti

3

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO LC.00.0.0.018	REV. A	FOGLIO 48 di 51



Hilti PROFIS Engineering 3.1.1

www.hilti.it

Impresa:	Pagina:
Indirizzo:	Progettista:
Telefono   Fax:	E-mail:
Design:	Data:
Contratto N°:	22/10/2021

### 5 Carichi combinati di trazione e di taglio (EOTA TR 029, Sezione 5.2.4)

Rottura dell'acciaio

$\beta_N$	$\beta_V$	$\alpha$	Utilizzo $\beta_{NV}$ [%]	Stato
0,008	0,315	2,000	10	OK

$$\beta_N^{\alpha} + \beta_V^{\alpha} \leq 1,0$$

### 6 Spostamenti (ancorante più sollecitato)

Carichi a breve termine:

$N_{Sk}$ = -0,740 [kN]	$\delta_N$ = -0,0019 [mm]
$V_{Sk}$ = 3,476 [kN]	$\delta_V$ = 0,0695 [mm]
	$\delta_{NV}$ = 0,0696 [mm]

Carichi a lungo termine:

$N_{Sk}$ = -0,740 [kN]	$\delta_N$ = -0,0042 [mm]
$V_{Sk}$ = 3,476 [kN]	$\delta_V$ = 0,1043 [mm]
	$\delta_{NV}$ = 0,1044 [mm]

Commenti: Gli spostamenti a trazione risultano validi con metà del valore della coppia di serraggio richiesta per non fessurato calcestruzzo!  
Gli spostamenti a taglio sono validi trascurando l'attrito tra il calcestruzzo e la piastra d'ancoraggio! Lo spazio derivante dal foro eseguito con perforatore e dalle tolleranze dei fori non viene considerato in questo calcolo!

Gli spostamenti ammissibili dell'ancorante dipendono dalla struttura fissata e devono essere definiti dal progettista!

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>																	
PROGETTAZIONE: Mandataria: <b>SYSTRA S.A.</b> Mandante: <b>SWS Engineering S.p.A.</b> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<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>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC.00.0.0.018</td> <td>A</td> <td>49 di 51</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	49 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	49 di 51													
<b>IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA</b> Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)																		

## 7 Attenzione

- Fenomeni di ridistribuzione dei carichi sugli ancoranti derivanti da eventuali deformazioni elastiche della piastra non sono presi in considerazione. Si assume una piastra di ancoraggio sufficientemente rigida in modo che non risulti deformabile sotto l'azione di carichi!
- La verifica del trasferimento dei carichi nel materiale base è necessaria in accordo all'EOTA TR 029 sezione 7!
- Attenzione! In caso di forze di compressione sull'ancorante, la verifica a inflessione e la verifica della distribuzione locale dei carichi nel materiale base (incluso il punzonamento) devono essere svolte separatamente.
- Il calcolo è valido solo se le dimensioni dei fori sulla piastra non superano i valori indicati nella Tabella 4.1 da EOTA TR029! Per diametri dei fori superiori vedere il capitolo 1.1 dell'EOTA TR029!
- La lista accessori inclusa in questo report di calcolo è da ritenersi solo come informativa dell'utente. In ogni caso, le istruzioni d'uso fornite con il prodotto dovranno essere rispettate per garantire una corretta installazione.
- L'adesione chimica caratteristica dipende dalle temperature di breve e di lungo periodo.
- L'armatura di bordo non è necessaria per evitare la modalità di rottura per fessurazione (splitting)
- L'adesione chimica caratteristica dipende dal periodo di ritorno (durata in anni): 50

**L'ancoraggio risulta verificato!**

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC.00.0.0.018</td> <td>A</td> <td>50 di 51</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	50 di 51
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	0.2.E.ZZ	CL	LC.00.0.0.018	A	50 di 51								

## 8 Dati relativi all'installazione

Piastra d'ancoraggio, acciaio: S 235; E = 210.000,00 N/mm<sup>2</sup>;  $f_{yk} = 235,00$  N/mm<sup>2</sup>

Profilo: nessun profilo

Diametro del foro nella piastra:  $d_f = 36,0$  mm

Spessore della piastra (input): 20,0 mm

Spessore della piastra raccomandato: non calcolato

Metodo di perforazione: Foro con perforazione a roto-percussione

Pulizia: E' necessaria una pulizia accurata del foro (Premium cleaning)

Tipo e dimensione dell'ancorante: HIT-RE

HAS-U A4 M33

Codice articolo: non disponibile (inserire) / 2123403

HIT-RE 500 V3 (composto indurente)

Coppia di serraggio massima: 330 Nm

Diametro del foro nel materiale base: 37,0 mm

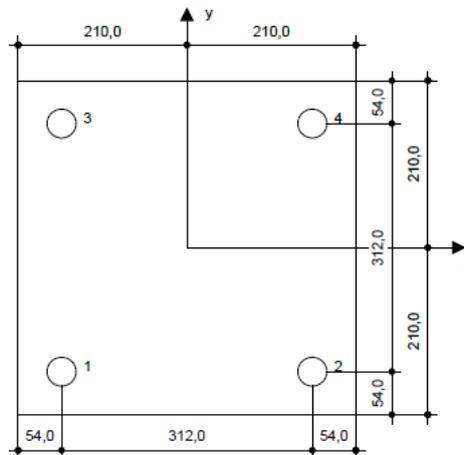
Profondità del foro nel materiale base: 340,0 mm

Spessore minimo del materiale base: 414,0 mm

Hilti HAS-U barra filettata with HIT-RE 500 V3 Resina ad iniezione with 340 mm embedment  $h_{ef}$ , M33, Acciaio INOX, Foro eseguito con roto-percussione installation per istruzioni per l'uso

### 8.1 Accessori richiesti

Perforazione	Pulizia	Posa
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Idoneo per rotopercussione</li> <li>• Dimensione appropriata della punta del trapano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aria compressa con i relativi accessori necessari per soffiare a partire dal fondo del foro.</li> <li>• Diametro appropriato dello scovolino</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il dispenser include il portacartucce e il miscelatore</li> <li>• Chiave dinamometrica</li> </ul>



Coordinate dell'ancorante [mm]

Ancorante	x	y	$c_{-x}$	$c_{+x}$	$c_{-y}$	$c_{+y}$
1	-156,0	-156,0	-	-	-	-
2	156,0	-156,0	-	-	-	-
3	-156,0	156,0	-	-	-	-
4	156,0	156,0	-	-	-	-

Si dovrà verificare la corrispondenza dei dati inseriti e dei risultati con la situazione reale effettiva e la loro plausibilità!  
PROFIS Engineering (c) 2003-2021 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti è un marchio registrato di Hilti AG, Schaan

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA</b> Relazione di Calcolo Supporto pendulo scatolare L=3,00m impiego di linea in Galleria (comprensiva di nota di calcolo per OO.CC.)	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO LC.00.0.0.018	REV. A	FOGLIO 51 di 51

## 7 CONCLUSIONI

Riportiamo in forma tabellare le conclusioni delle verifiche condotte sulle strutture:

VERIFICA	VALORI	ESITO
Verifica pendulo scatolare (Acciaio S355)	11,99 %	Positivo
Verifica tirafondi M33 (Acciaio INOX A4-70)	30,42%	Positivo
Verifica flessionale piastra base (Acciaio S355)	105,03 kN > 44,04 kN	Positivo
Verifica punzonamento piastra base (Acciaio S355)	538,34 daN > 44,04 kN	Positivo
Verifica resistenza materiale piastra base (Acc. S355)	3380 daN/cm <sup>2</sup> > 1743,70 daN/cm <sup>2</sup>	Positivo
Verifica a taglio perno (Acciaio cl 8.8)	173,7 kN > 11,45 kN	Positivo
Verifica a rifollamento perno (Acciaio cl 8.8)	304,3 kN > 11,45 kN	Positivo
Verifica a flessione perno (Acciaio cl 8.8)	1240,8 kNmm > 360,7 kNmm	Positivo
Verifica a taglio e flessione perno (Acciaio cl 8.8)	8.83 %	Positivo
Verifica a taglio perno condizione di servizio(Acc cl 8.8)	90,93 kN > 3,98 kN	Positivo
Verifica a flessione perno condizione di servizio (Acc cl 8.8)	694,52 kNmm > 250,70 kNmm	Positivo
Verifica pressioni di contatto perno (Acc cl 8.8)	837,5 N/mm <sup>2</sup> > 43,94 N/mm <sup>2</sup>	Positivo
Verifica a scorrimento del perno (Acciaio cl 8.8)	11420,45 daN < 12647,9 daN	Positivo
Verifica tirafondi M33 post installati (Acciaio A4-70):		
• trazione	1%	Positivo
• taglio	32%	Positivo
• trazione + taglio	10%	Positivo