

**PROG.**



**COMUNE di PINEROLO**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**Oggetto:**

**IMPIANTO DI PINEROLO-PORTE**

**Vasca di raccolta del grigliato**

**RELAZIONE GEOTECNICA STRUTTURALE SISMICA**

Rev.	Data	Redazione	Verifica	Autorizzazione	Modifiche
0	Ottobre 2017	CC	CC	PCM	emissione



**Società Metropolitana Acque Torino S.p.A.**

**IL DIRETTORE GENERALE**  
Ing. Marco ACRI

Codifica Piano dei Conti:

Tipologia di spesa:

Centro di Responsabilità:

Oggetto di controllo:

Divisione:

**Collaboratori:**



Geom. Matteo Sutera  
Per. Ind. Dario Ribetto

**Il Progettista:**



**Ai ENGINEERING S.r.l.**

Via Lamarmora, 80 | 10128 Torino - Italy  
Tel: +39 011 58 14 511 | Fax: +39 011 56 83 482  
E-mail: [posta@aigroup.it](mailto:posta@aigroup.it) | Website: [www.aigroup.it](http://www.aigroup.it)



**ORDINE INGEGNERI  
PROVINCIA DI CUNEO** N. 568  
*Dot. Ing. MONTALDO Piccarolo*  
Elaborato n.

Allegato n.

Archivio file:

Scala:

**V-RGS**

03

## INDICE

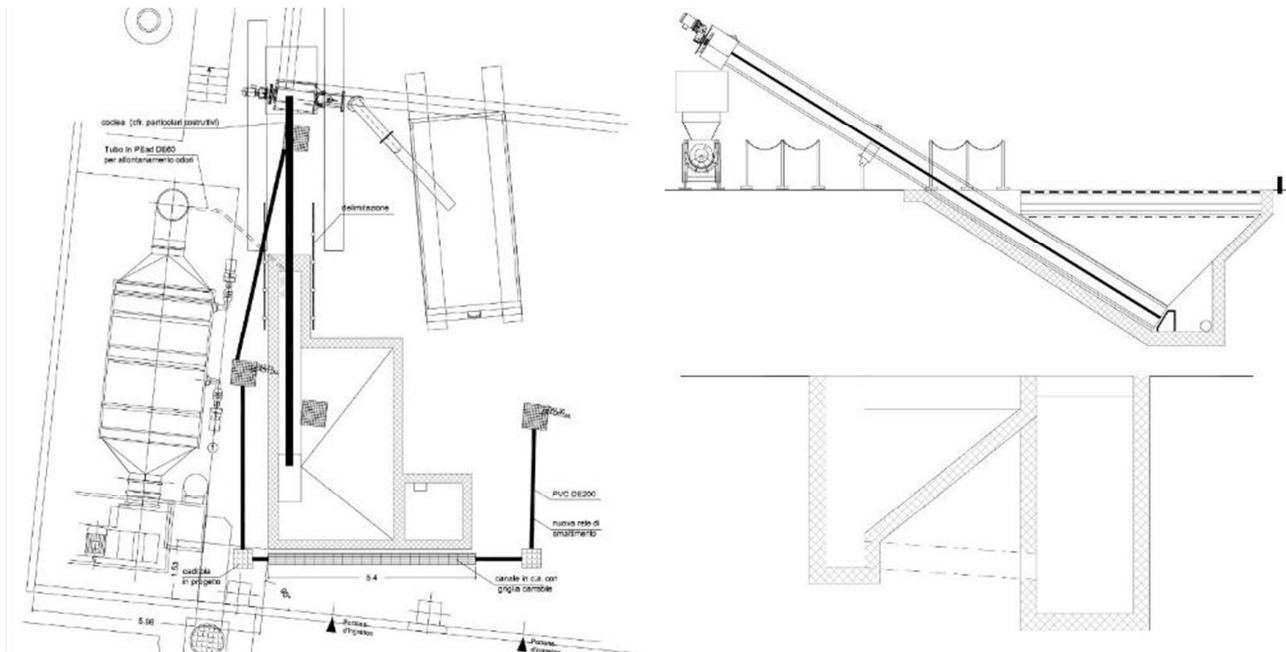
<b>1. PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2. NORMATIVE</b>	<b>3</b>
<b>3. CRITERI DI PROGETTO E LIVELLI PRESTAZIONALI</b>	<b>4</b>
<b>4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA</b>	<b>5</b>
4.1. Inquadramento del Sito .....	5
4.1.1. Assetto geologico .....	5
4.1.2. Assetto geomorfologico .....	5
4.1.3. Assetto idrogeologico dell'area .....	6
4.1. Caratterizzazione sismica di sito .....	6
4.1. Parametrizzazione Geotecnica .....	6
<b>5. MATERIALI</b>	<b>8</b>
5.1. Calcestruzzo .....	8
5.2. Acciaio per cemento armato .....	9
5.3. Acciaio da carpenteria metallica .....	9
<b>6. ORIGINE E CARATTERISTICHE DEL CODICE DI CALCOLO</b>	<b>10</b>
<b>7. ANALISI DEI CARICHI</b>	<b>11</b>
7.1. Pesi Propri.....	11
7.1. Sovraccarichi permanenti.....	11
7.2. Spinta del terreno .....	11
7.3. Azioni veicolari .....	12
<b>8. AZIONE SISMICA</b>	<b>12</b>
8.1. Tempo di ritorno .....	12
8.2. Parametri di sottosuolo .....	13
8.3. Condizioni topografiche.....	13
8.4. Accelerazione massima .....	13
8.5. Accelerazione massima al sito.....	14
<b>9. COMBINAZIONI DI CARICO</b>	<b>15</b>
<b>10. MODELLAZIONE DELL'OPERA</b>	<b>16</b>
10.1. Modellazione nodi .....	16
10.2. Modellazione elementi shell .....	18
<b>11. VERIFICHE A SLU</b>	<b>24</b>
<b>12. VERIFICHE A SLE</b>	<b>28</b>
<b>13. VERIFICHE GEOTECNICHE</b>	<b>30</b>
<b>14. TRAVI METALLICHE</b>	<b>31</b>

14.1.	Mensole di appoggio .....	32
<b>15.</b>	<b>OPERE PROVVISORIALI</b>	<b>36</b>
15.1.	Risultati delle analisi.....	36
15.1.1.	Verifiche deformative .....	37
15.1.2.	Verifiche di resistenza.....	37
15.1.3.	Reazioni Massime.....	37
15.2.	Sistema di contrasti.....	38
15.2.1.	Verifica del cordolo di testa .....	38
15.2.2.	Verifica dei puntoni di contrasto .....	38

## 1. PREMESSA

La presente riguarda tutti i calcoli condotti per dimensionare le strutture necessarie alla realizzazione di una nuova vasca di raccolta del grigliato nell'impianto di depurazione di Pinerolo Porte all'interno dell'edificio pretrattamenti.

Il manufatto da realizzare è costituito in ca e presenta una forma ad imbuto che converge verso il fondo dove sarà installata una coclea di sollevamento del materiale.



La vasca si presenta completamente interrata e presenta dimensioni massime in pianta pari a 5.30 x 7.70 m ed una profondità massima pari a circa 3.25 m. A servizio della vasca c'è un pozzetto aderente di dimensioni pari a circa 2.0 x 2.0 m x 3.9 m.

## 2. NORMATIVE

### **Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380**

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia Circ. n.11651 del 14/02/1974

### **DM 14/01/2008, “Norme Tecniche per le Costruzioni”**

Normativa tecnica di riferimento. Essendo un documento generale di carattere prestazionale per la definizione di parametri specifici e per le regole di dettaglio, come previsto dal Decreto stesso, ci si è riferiti alle seguenti normative:

**Min. Infr. e Trasp., Circ. n. 617 del 2 febbraio 2009** Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 Gennaio 2008.

**UNI EN 1990:2006** Eurocodice – Criteri generali di progettazione strutturale

**UNI EN 1991-1-1:2004** Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-1: Azioni in Generale – Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici.

**UNI EN 1991-1-4:2005** Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in Generale – Azioni del Vento

**UNI EN 1992-1-1:2005** Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

**UNI EN 1993-1-1:2005** Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

**UNI EN 1998-1:2005** Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.



**UNI EN 206-1:2006** Calcestruzzo – Parte 1: Specificazione, prestazione e conformità.

**D.G.R. della Regione Piemonte n.65-7656 del 21/05/2014** Approvazione delle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico attuative della nuova classificazione sismica del territorio piemontese.

### **3. CRITERI DI PROGETTO E LIVELLI PRESTAZIONALI**

L'analisi strutturale è stata effettuata in base alle normative vigenti.

In particolare per la definizione dei carichi, le analisi e le verifiche si è fatto riferimento al quadro normativo delineato del D.M. 14/01/08 (Norme Tecniche per le Costruzioni).

Per quanto non riportato sul Decreto si sono seguite le indicazioni degli Eurocodici e della Circolare applicativa delle NTC medesime.

Le verifiche degli elementi sono state svolte seguendo il metodo degli Stati Limite.

Conformemente a quanto previsto dalle NTC le strutture delle vasche sono state calcolate come strutture non duttili considerando quindi un comportamento elastico in risposta alle azioni sismiche previste dalle norme.

I manufatti vasche presentano tutti, punti di contatto con le vasche esistenti. Tali corpi saranno separati da giunti di tipo waterstop, calcolati ai sensi delle norme ed in parte già previsti nella costruzione del I lotto e quindi attualmente presenti in situ.

Laddove non fossero stati predisposti i giunti waterstop o fossero ammalorati si provvederà alla sostituzione/inserimento.

Tutte le strutture sono state progettate, quanto a sollecitazioni di verifica e dettagli costruttivi secondo i seguenti principi:

- Comportamento elastico: vasche e locali quadri elettrici;
- Comportamento duttile in CD B: edifici.

## **4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA**

Per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica di sedime si rimanda alla relazione geotecnica redatta in occasione del progetto di ampliamento dell'impianto del 2015 (Elaborato RGT – Emesso in Novembre 2015).

Seguono alcuni stralci di tale elaborato che consentono di caratterizzare il terreno di interesse.

### **4.1. Inquadramento del Sito**

Nei paragrafi seguenti, vengono riportate alcune informazioni stralciate dalla relazione geotecnica e sintetizzate in modo da dare qualche informazione ulteriore in merito alle caratteristiche del sedime fondale. Per ulteriori approfondimenti si rimanda alla relazione geologica.

#### **4.1.1. Assetto geologico**

Dal punto di vista dell'inquadramento geologico regionale, l'area oggetto d'indagine è parte integrante della pianura pedemontana localizzata al bordo dei rilievi collinari che sorgono immediatamente a ridosso dell'abitato di Pinerolo.

Questi rilievi rappresentano i primi contrafforti della catena alpina e sono caratterizzati dall'affioramento di litotipi riferibili al “Massiccio Cristallino del Dora-Maira”, il più meridionale fra i massicci cristallini interni di pertinenza penninica. In particolare lungo i versanti della collina di Pinerolo affiorano micascisti e gneiss minuti con pigmento grafítico (la “Serie grafítica delle Alpi Cozie” dei Rilevatori della Carta Geologica d'Italia).

Si precisa che questi litotipi sono generalmente interpretati come il prodotto della trasformazione metamorfica legata al ciclo orogenetico alpino di originarie sequenze detritiche di età carbonifera.

Più precisamente l'area in esame è localizzata in corrispondenza della pianura alluvionale recente geneticamente legata ai fenomeni deposizionali dei torrenti Chisone e Lemina, e si colloca immediatamente a sud di un terrazzo alluvionale di origine piuttosto antica.

Questo terrazzo è separato dalla circostante pianura alluvionale recente da una scarpata morfologica che raggiunge la massima evidenza nei pressi dell'abitato di Riva di Pinerolo.

L'esistenza di questo limite geologico-morfologico era già stata evidenziata dai Rilevatori della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (Foglio n.67 -Pinerolo), i quali a nord dell'orlo di terrazzo in esame avevano cartografato dei terreni di origine alluvionale riferiti al “Diluviale antico” (“Diluvium antico” rettificato, talora con facies glaciale, fortemente terrazzato) ed a sud dei terreni di uguale natura ma più recenti (“Alluvioni terrazzate”) e per questa ragione attribuiti al “Diluviale recente ed alluviale”.

Nella “Carta geologica della pianura piemontese” (CARRARO F. & PETRUCCI F., 1969) i depositi che caratterizzano il terrazzo alluvionale antico sono stati attribuiti al “Fluvioglaciale e al Fluviale mindeliano”, mentre quelli della pianura recente sono stati riferiti al “Fluviale würmiano o post-würmiano”. Infine si rileva che, in un recente studio (COLLO G., “L'evoluzione tettonica del Pinerolese nell'ambito dei rapporti tra le Alpi e la Collina di Torino”. 1995), i depositi a nord dell'orlo di terrazzo sono stati riferiti alla parte bassa del Pleistocene medio, mentre quelli a sud, che vi si appoggiano ad unghia, all'Olocene.

In corrispondenza dell'area su cui insiste il depuratore, si individua una porzione isolata e rimodellata della superficie terrazzata più antica, tipicamente allungata a “dosso di cetaceo” nella direzione del reticolo idrografico principale.

#### **4.1.2. Assetto geomorfologico**

Dal punto di vista morfologico l'area oggetto d'indagine si presenta da subpianeggiante a debolmente inclinata verso est e si colloca nel settore di raccordo fra la pianura recente del Chisone e la catena alpina. L'espressione morfologica di questo raccordo è rappresentata dalla superficie terrazzata descritta precedentemente. Fra la superficie del terrazzo e la pianura alluvionale recente esiste un dislivello massimo dell'ordine dei 3 metri; la scarpata si presenta a tratti fortemente rimodellata dall'intervento antropico.

In particolare si osserva un notevole rimodellamento morfologico in corrispondenza della porzione isolata del terrazzo, quella su cui appunto si colloca l'area del depuratore. Essa costituisce un

blando rilevato dai confini attratti incerti che in origine si presentava altimetricamente sospesa di poco più di un metro rispetto alla circostante pianura alluvionale recente.

Dal punto di vista litologico l'area in esame è essenzialmente caratterizzata dalla presenza di depositi fluvio-torrentizi di natura grossolana, costituiti in prevalenza da ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso-limosa. Questi depositi sono generalmente sormontati da sedimenti di natura sabbioso-limosa di spessore metrico.

I depositi più antichi, che affiorano a nord dell'orlo di terrazzo sopra descritto, sono interessati da un discreto grado di argillificazione. Questa caratteristica è legata ai processi di alterazione pedogenetica che hanno interessato i primi metri di deposito a partire dal piano campagna ed in particolare la matrice fine, conferendo ai depositi una tipica colorazione bruno-rossastra (il “ferretto” degli Autori).

#### 4.1.3. Assetto idrogeologico dell'area

Il contesto idrogeologico nel quale si colloca l'area in esame risulta dall'esame di documentazione pregressa.

La tabella seguente riporta i dati raccolti.

Data	Pz1	Pz2	Pz3	Pz4
30/01/2001	-11.90	-13.22	-11.70	-11.50
4/10/2001	-9.27	-10.88	-9.74	-9.22
13/02/2002	-11.94	-13.41	-12.53	-11.87
1/10/2002	-9.15	-10.73	-9.69	-9.15
28/03/2002	-11.84	-13.84	-11.98	-11.50
11/06/2003	-	-	-	-12.15

Sulla base di quanto evidenziato nella relazione geotecnica si considerano seguenti parametri di calcolo delle spinte.

#### 4.1. Caratterizzazione sismica di sito

Nell'area in oggetto è stata eseguita a ottobre 2012 un'indagine geofisica di tipo sismico (MASW-Multichannel Analysis of Surface Waves), realizzata presso il sito di realizzazione della terza vasca di sedimentazione del depuratore Pinerolo-Porte, in Via della Costituzione 21, Pinerolo.

L'indagine ha previsto la realizzazione di uno stendimento lineare di 46 m di lunghezza, con 24 geofoni a 4.5 Hz equispaziati di 2 m.

Il valore di  $V_{s30}$  ottenuto con la prova MASW è pari a 398 m/s. Tale parametro è stato ottenuto considerando i primi 30 m di suolo. Il valore rilevato rientra nella classe di suolo B.

Sulla base di quanto rilevato e della collocazione si definiscono quindi i seguenti parametri di calcolo delle spinte inerziali.

#### 4.1. Parametrizzazione Geotecnica

La definizione dei parametri geotecnici dalle prove penetrometriche in situ è basata su correlazioni empiriche che utilizzano i valori della resistenza alla penetrazione dinamica ottenuti in sito che tengono conto dall'andamento delle tensioni verticali efficaci.

Relativamente alla correzione fra il numero di colpi delle prove penetrometriche dinamiche SCPT ( $N_{SCPT}$ ) e il numero di colpi delle prove SPT ( $N_{SPT}$ ), è stato adottato il seguente valore:

$$N_{SPT} = 0,8 N_{SCPT}$$

Di seguito vengono riportate le varie correlazioni utilizzate per la stima dei parametri geotecnici dei terreni attraversati.

## DENSITA' RELATIVA

La definizione di questo parametro, sulla base dei valori di NSPT, è avvenuta utilizzando la correlazione proposta da Gibbs & Holtz (1957) per predominanza di sabbie, mentre per quanto riguarda la predominanza di ghiaie si è utilizzata la correlazione di Skempton.

$$D_r(\%) = \left\{ \left[ 1.5 * \left( \frac{N_{SPT}}{F} \right)^{0.222} \right] - 0.6 \right\} * 100 \quad (\text{Gibbs \& Holtz, 1957})$$

$$D_r(\%) = \left( \frac{N_{SPT}}{43.3 + (21.7 * \sigma'_{vo} / 10)} \right)^{0.5} * 100 \quad (\text{Skempton, 1986})$$

## ANGOLO DI ATTRITO INTERNO

Per la determinazione dell'angolo di attrito interno ( $\phi$ ), si è utilizzata la correlazione proposta da Shioi & Fukuni (1982):

$$\phi(^{\circ}) = (15 * N_{SPT})^{0.5} + 15 \quad (\text{Shioi \& Fukuni, 1982})$$

In sede di assunzione dei parametri, si è assunto  $38^{\circ}$  come valore massimo di  $\phi'$ .

## MODULO DI YOUNG

Il modulo di Young medio ( $E'$ ) è stato determinato tramite la seguente correlazione riferita ai valori di  $N_{SPT}$ :

$$E'(\text{MPa}) = S_1 * N_{SPT} + S_2 \quad (\text{D'Appolonia et al., 1970})$$

La tabella seguente riassume i parametri geotecnici utilizzati.

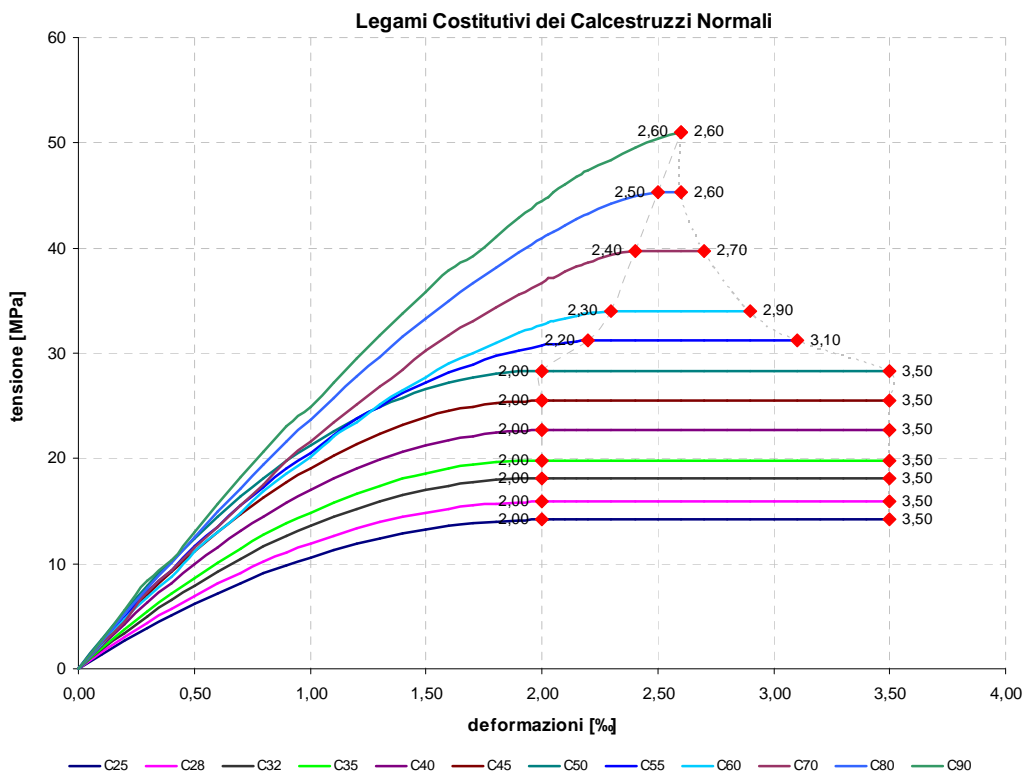
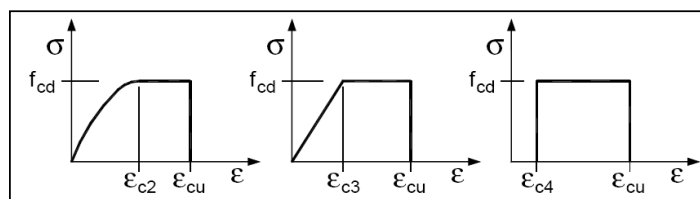
DESCRIZIONE		$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	$D_r$ (%)	$\phi'$ (°)	$c$ (kPa)	$E'$ (MPa)	Note
LIVELLO A 0 - 3.8 / 4.7 m	Limo sabbioso con ciottoli	18.0	25 ÷ 35	28	0	10 ÷ 15	Poco addensato
LIVELLO A" 0 - 2.0 m	Sabbia limosa	18.0	20 ÷ 40	19 ÷ 24	0	5 ÷ 15	Mediamente addensato
LIVELLO A' 3.0 - 4.7 m	Sabbia eterometrica con clasti	19.0	75 ÷ 80	30 ÷ 32	0	30 ÷ 33	Mediamente addensato
LIVELLO B 3.8 / 4.7 - 9.0 m	Sabbia con ghiaia	18.5	55 ÷ 60	32 ÷ 34	0	35 ÷ 40	Mediamente addensato
LIVELLO B' 2.0 / 4.2 - 6.2 m	Sabbia con ghiaia e clasti alterati	18.5	60 ÷ 70	33 ÷ 36	0	40 ÷ 45	Molto addensato
LIVELLO C > 8.0 - 9.0 m	Ghiaia con sabbia densa e ciottoli	19.0	65 ÷ 85	36 ÷ 38	0	45 ÷ 55	Molto addensato

## 5. MATERIALI

### 5.1. Calcestruzzo

Calcestruzzo: C32/40  
 Rapporto acqua cemento: 0.50  
 Dimensione massima aggregati: 22 mm  
 Modulo elastico:  $E_{cm}$  33000 MPa  
 Tensioni limite:  $f_{cd}$  18.1 MPa  
 $f_{ctm}$  3.0 MPa  
 Classi di esposizione ambientale: XC4+XA2

CLASSI DI RESISTENZA DEI CALCESTRUZZI NORMALI (UNI EN 1992-1-1:2005)																
$f_{ck}$ (MPa)	8	12	16	20	25	28	32	35	40	45	50	55	60	70	80	90
$f_{ck,cube}$ (MPa)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	67	76	85	95	105
$f_{cm}$ (MPa)	16	20	24	28	33	36	40	43	48	53	58	63	68	78	88	98
$f_{ctm}$ (MPa)	1,2	1,6	1,9	2,2	2,6	2,8	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0
$f_{ctk,0.05}$ (MPa)	0,8	1,1	1,3	1,5	1,8	1,9	2,1	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,0	3,2	3,4	3,5
$f_{ctk,0.95}$ (MPa)	1,6	2,0	2,5	2,9	3,3	3,6	3,9	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6,0	6,3	6,6
$E_{cm}$ (GPa)	25	27	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44
$n$	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,80	1,60	1,45	1,45	1,40
$\gamma_C$ (da LG CSLLPP)	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
$\epsilon_{c2}$ (‰)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60
$\epsilon_{c3}$ (‰)	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,82	1,89	2,03	2,16	2,30
$\epsilon_{c4}$ (‰)	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,62	0,58	0,54	0,52	0,52
$\epsilon_{cu}$ (‰)	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,10	2,90	2,70	2,60	2,60



## 5.2. Acciaio per cemento armato

Acciaio in barre ad aderenza migliorata tipo B 450C

Modulo Elastico:	E	210000 MPa
Tensioni limite:	$f_{yk}$	450.0 MPa
	$f_{yd}$	391.3 MPa

## 5.3. Acciaio da carpenteria metallica

Si prevede l'impiego di profili, elementi e piastrame in acciaio **S275J0** salvo ove diversamente specificato, recanti la marcatura CE. I processi di produzione, trasformazione, i semilavorati e i prodotti in acciaio per uso strutturale devono risultare conformi a quanto prescritto in NTC 11.3.4.1 e di spessore nominale dell'elemento  $3\text{ mm} \leq t \leq 40\text{ mm}$

Acciaio per carpenteria: **S355J0**

Modulo Elastico:	E	210000 MPa
Coefficiente di Poisson:	$\nu$	0.3
Modulo di elasticità tangenziale:	G	80769 MPa
Resilienza:	(da -20°C a +20°C)	27
Tensioni limite:	$f_{yk}$	355.0 MPa
	$f_{yd}$	338.1 MPa

## 6. ORIGINE E CARATTERISTICHE DEL CODICE DI CALCOLO

Informazioni sul codice di calcolo

Titolo: PRO\_SAP PROfessional Structural Analysis Program  
Versione: PROFESSIONAL (build 2013-09-164)  
Produttore-Distributore: 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara  
Codice Licenza: Licenza dsi3829

### Dichiarazione affidabilità

#### Origine e caratteristiche del codice di calcolo

Titolo: PRO\_SAP PROfessional Structural Analysis Program

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

#### Affidabilità del codice

##### - 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 cui quelli di tipo sismico). Gli elementi utilizzati per la modellazione dello schema statico della struttura sono i seguenti:

Elemento tipo TRUSS (asta)\*

Elemento tipo BEAM (trave)\*

Elemento tipo MEMBRANE (membrana)\*

Elemento tipo PLATE (piastra-guscio)\*

Elemento tipo BRICK (solido)\*

Elemento tipo BOUNDARY (molla)\*

Elemento tipo STIFFNESS

(matrice di rigidezza)

\* anche non lineare

##### - 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/Software/Affidabilità.htm"

##### - 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 Computing Objects SARL spin-off dell'Ecole 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/Affidabilità/benchmarks\_e\_sap.zip

Dichiarazione del produttore-distributore di PRO\_SAP PROfessional SAP  
riguardante l'affidabilità del codice (D.M. 14/01/2008 - Paragrafo 10.2)



PRO\_SAP  
PROfessional Structural Analysis Program

Rev. n.5 del 05/09/2011



## 7. ANALISI DEI CARICHI

Nel paragrafo che segue si riassumono le tipologie di carico considerate nel progetto delle opere strutturali. Per la definizione puntuale dei valori di carico considerati si rimanda alla Relazione di calcolo.

### 7.1. Pesi Propri

I manufatti saranno realizzati in cemento armato o carpenteria metallica. I pesi sono stimati ai sensi di quanto previsto al §3.1.3.1 delle NTC 2008, da cui si riporta la tabella 3.1.I

**Tabella 3.1.I - Pesi dell' unità di volume dei principali materiali strutturali**

MATERIALI	PESO UNITÀ DI VOLUME [kN/m <sup>3</sup> ]
<b>Calcestruzzi cementizi e malte</b>	
Calcestruzzo ordinario	24,0
Calcestruzzo armato (e/o precompresso)	25,0
Calcestruzzi “leggeri”: da determinarsi caso per caso	14,0 ÷ 20,0
Calcestruzzi “pesanti”: da determinarsi caso per caso	28,0 ÷ 50,0
Malta di calce	18,0
Malta di cemento	21,0
Calce in polvere	10,0
Cemento in polvere	14,0
Sabbia	17,0
<b>Metalli e leghe</b>	
Acciaio	78,5
Ghisa	72,5
Alluminio	27,0
<b>Materiale lapideo</b>	
Tufo vulcanico	17,0
Calcere compatto	26,0
Calcere tenero	22,0
Gesso	13,0
Granito	27,0
Laterizio (pieno)	18,0
<b>Legnami</b>	
Conifere e pioppo	4,0 ÷ 6,0
Latifoglie (escluso pioppo)	6,0 ÷ 8,0
<b>Sostanze varie</b>	
Acqua dolce (chiara)	9,81
Acqua di mare (chiara)	10,1
Carta	10,0
Vetro	25,0
Per materiali non compresi nella tabella si potrà far riferimento a specifiche indagini sperimentali o a normative di comprovata validità assumendo i valori nominali come valori caratteristici.	

### 7.1. Sovraccarichi permanenti

I sovraccarichi permanenti considerati sono costituiti dalla presenza di un odorizzatore a sud della vasca.

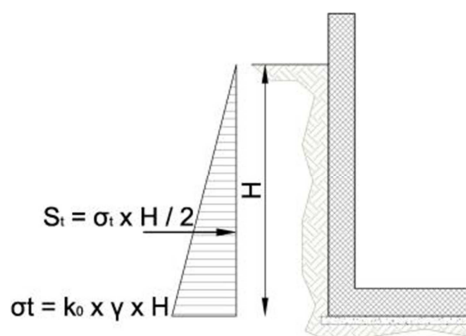
Essendo sconosciuto il peso del macchinario si ipotizza un carico pari a 10 kN/mq su tutta l'impronta del basamento di appoggio di tale impianto.

Data l'aleatorietà nella stima del carico si considerano i fattori di calcolo relativi ai carichi non compiutamente definiti.

### 7.2. Spinta del terreno

Sulla base delle risultanze della relazione geotecnica la spinta del terreno è stata valutata in condizioni a riposo secondo lo schema seguente.





### 7.3. Azioni veicolari

La vasca sarà chiusa parzialmente da pannelli in lamiera carrabili. Tale lamiera sarà sostenuta da putrelle metalliche su cui sarà considerato un carico uniformemente distribuito pari a 20 kN/mq.

## 8. AZIONE SISMICA

Come prescritto dal D.M. 14 gennaio 2008, le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base del sito di costruzione; essa, per il caso in oggetto, è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero, su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale e in considerazione di prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ .

Le coordinate geografiche del sito in oggetto espresse in gradi sessadecimali sono:

**Latitudine 44.884961 N**

**Longitudine 7.327263 O**



### 8.1. Tempo di ritorno

Il valore di progetto dell'accelerazione  $a_g$  viene definito in funzione della “probabilità di superamento” in un dato “tempo di ritorno”. Queste due grandezze sono correlate tra loro:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR})$$

Dove:

$T_R$  è il tempo di ritorno,

$V_R$  il periodo di riferimento dell'opera,

$P_{VR}$  è la probabilità di superamento nel periodo di riferimento.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , per ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella tabella seguente:

Stati limite		$P_{VR}$
Stati limite di servizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Per le strutture in oggetto le verifiche in condizioni simiche saranno condotte principalmente facendo riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV).

Nella tabella seguente si riportano i valori della probabilità di superamento e del rispettivo tempo di ritorno relativo alla vita utile dell'opera.

Tipo di opera	$V_N$ [anni]	$C_u$	$V_R$	$P_{VR}$	$T_R$
2	50	1.5	75	10%	712

## 8.2. Parametri di sottosuolo

L'area in esame, come esposto ai capitoli precedenti è caratterizzata da una categoria di sottosuolo di tipo “B”.

I parametri di calcolo delle spinte inerziali sono i seguenti:

### PARAMETRI SISMICI

ag/g	0.149
Ss	1.2
St	1
Cat. Suolo	B
$\beta_m$	1.00
kh	0.179
kv	0.089

## 8.3. Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la classificazione riportata nella tabella.

L'area in esame è caratterizzata da una categoria topografica di tipo “T1”

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

## 8.4. Accelerazione massima

La definizione dell'azione sismica di progetto, nel DM 14/01/2008, non si basa sulla classificazione sismica del territorio. I parametri necessari per la determinazione dell'azione sismica di progetto sono calcolati direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (Allegato B del DM 14/01/2008).

I valori al sito sono ottenuti mediando i parametri spettrali ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*c$ ) dei quattro nodi mediante la seguente formula:

$$P = \sum_{i=1}^4 \frac{P_i}{d_i} / \sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}$$

dove:

$P$  valore del parametro nel sito in esame;

$P_i$  valore del parametro nell' $i$ -esimo punto della maglia contenente il sito in esame;

$d_i$  distanza del sito in esame dall' $i$ -esimo punto della maglia.

Qualora nel reticolo non siano riportati i valori dei parametri spettrali per il tempo di ritorno richiesto, è possibile ricavare i parametri di interesse mediante interpolazione tra i valori dei parametri corrispondenti ai due tempi di ritorno che comprendono il tempo di ritorno voluto:

$$\log(P) = \log(P_1) + \log(P_2/P_1) \cdot \log(T_R/T_{R1}) \cdot [\log(T_{R2}/T_{R1})]^{-1}$$

dove:

$T_R$  è il periodo di ritorno richiesto corrispondente al periodo di riferimento ed alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento per lo stato limite considerato;

$T_{R1}$  e  $T_{R2}$  sono i periodi di ritorno più prossimi a  $T_R$  per i quali si dispone del generico parametro  $P$ .

Nella tabella seguente si riportano i valori dell'accelerazione massima su suolo roccioso ( $a_g$ ) e dei parametri spettrali ( $F_0$ ,  $T^*c$ ) per lo SLV ed il rispettivo tempo di ritorno.

Stato limite	Località	Opera	Prob. di superamento	Tr [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T^*c$ [sec]
SLV	Pinerolo	Tipo 2	10%	712	0.148	2.475	0.268

Gli effetti di amplificazione locale dovuti alla stratigrafia ed alla conformazione topografica sono messi in conto mediante i parametri  $S_S$  ed  $S_T$ .

Per tener conto delle condizioni stratigrafiche si utilizzano i valori del coefficiente  $S_S$  riportati nella Tab.3.2.V del DM 14/01/2008; per le condizioni topografiche si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati in Tab.3.2.VI del DM 14/01/2008.

Per il caso in esame si assume  $S_T=1.0$ .

## 8.5. Accelerazione massima al sito

Gli effetti di amplificazione locale dovuti alla stratigrafia ed alla conformazione topografica vengono messi in conto mediante i parametri  $S_S$  (DM 14/01/2008 Tab.3.2.V) ed  $S_T$  (DM 14/01/2008 Tab.3.2.VI).

L'accelerazione massima orizzontale al sito ( $a_{max}$ ) è dunque calcolata come prodotto dell'accelerazione su suolo roccioso e dei fattori di amplificazione:

$$a_{max} = a_g \cdot S_T \cdot S_S$$

L'accelerazione massima orizzontale relativa al sito in oggetto, per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), è riportato nella seguente tabella.

SL	Pver	Tr	$a_g$	$F_0$	$T^*c$
		Anni	g		sec
SLO	81.0	45.0	0.048	2.437	0.221
SLD	63.0	75.0	0.061	2.453	0.232
SLV	10.0	712.0	0.148	2.475	0.268
SLC	5.0	1462.0	0.185	2.510	0.277

SL	$a_g$	S	$F_0$	$F_v$	$T_b$	$T_c$	$T_d$
	g				sec	sec	sec

SL	ag	S	Fo	Fv	Tb	Tc	Td
SLO	0.048	1.200	2.437	0.718	0.110	0.329	1.791
SLD	0.061	1.200	2.453	0.818	0.114	0.342	1.844
SLV	0.148	1.200	2.475	1.288	0.128	0.383	2.194
SLC	0.185	1.200	2.510	1.456	0.131	0.393	2.338

## 9. COMBINAZIONI DI CARICO

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

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma G1 \cdot G1 + \gamma G2 \cdot G2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q1 \cdot Qk1 + \gamma Q2 \cdot \psi 02 \cdot Qk2 + \gamma Q3 \cdot \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione caratteristica(rara) SLE

$$G1 + G2 + P + Qk1 + \psi 02 \cdot Qk2 + \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione frequente SLE

$$G1 + G2 + P + \psi 11 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione quasi permanente SLE

$$G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite connessi all'azione sismica E

$$E + G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \dots$$

Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite connessi alle azioni eccezionali

$$G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \dots$$

Dove:

NTC 2008 Tabella 2.5.I

Destinazione d'uso/azione	$\psi 0$	$\psi 1$	$\psi 2$
Categoria A residenziali	0,70	0,50	0,30
Categoria B uffici	0,70	0,50	0,30
Categoria C ambienti suscettibili di affollamento	0,70	0,70	0,60
Categoria D ambienti ad uso commerciale	0,70	0,70	0,60
Categoria E biblioteche, archivi, magazzini,...	1,00	0,90	0,80
Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli $\leq 30$ kN)	0,70	0,70	0,60
Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli $> 30$ kN)	0,70	0,50	0,30
Categoria H Coperture	0,00	0,00	0,00
Vento	0,60	0,20	0,00
Neve a quota $\leq 1000$ m	0,50	0,20	0,00
Neve a quota $> 1000$ m	0,70	0,50	0,20
Variazioni Termiche	0,60	0,50	0,00

Nelle verifiche possono essere adottati in alternativa, due diversi approcci progettuali:

- per l'approccio 1 si considerano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali per le azioni, per i materiali e per la resistenza globale (combinazione 1 con coefficienti A1 e combinazione 2 con coefficienti A2),
- per l'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la resistenza globale (con coefficienti A1).

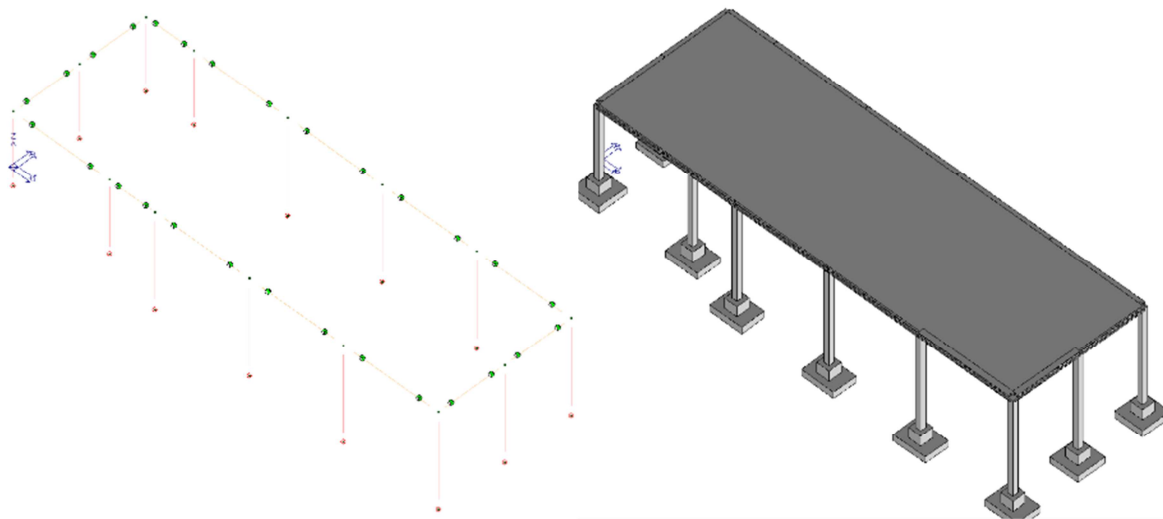
NTC 2008 Tabella 2.6.I

		Coefficiente $\gamma_f$	EQU	A1	A2
Carichi permanenti	Favorevoli	$\gamma G1$	0,9	1,0	1,0

	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali (Non compiutamente definiti)	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

## 10. MODELLAZIONE DELL'OPERA

Il modello è tridimensionale a elementi finiti.



### 10.1. Modellazione nodi

Il programma utilizza per la modellazione nodi strutturali. Ogni nodo è individuato dalle coordinate cartesiane nel sistema di riferimento globale (X Y Z). Ad ogni nodo è eventualmente associato un codice di vincolamento rigido, un codice di fondazione speciale, ed un set di sei molle (tre per le traslazioni, tre per le rotazioni). Le tabelle sottoriportate riflettono le succitate possibilità. In particolare per ogni nodo viene indicato in tabella:

<b>Nodo</b>	numero del nodo.
<b>X</b>	valore della coordinata X
<b>Y</b>	valore della coordinata Y
<b>Z</b>	valore della coordinata Z

Per i nodi ai quali sia associato un codice di vincolamento rigido, un codice di fondazione speciale o un set di molle viene indicato in tabella:

<b>Nodo</b>	numero del nodo.
<b>X</b>	valore della coordinata X
<b>Y</b>	valore della coordinata Y
<b>Z</b>	valore della coordinata Z
<b>Note</b>	eventuale codice di vincolo (es. v=110010 sei valori relativi ai sei gradi di libertà previsti per il nodo TxTyTzRxRyRz, il valore 1 indica che lo spostamento o rotazione relativo è impedito, il valore 0 indica che lo spostamento o rotazione relativo è libero).
<b>Note</b>	(FS = 1, 2,...) eventuale codice del tipo di fondazione speciale (1, 2,... fanno riferimento alle tipologie: plinto, palo, plinto su pali,...) che è collegato al nodo. (ISO = "id SIGLA") indice e sigla identificativa dell' eventuale isolatore sismico assegnato al nodo
<b>Rig. TX</b>	valore della rigidità dei vincoli elastici eventualmente applicati al nodo, nello specifico TX (idem per TY, TZ, RX, RY, RZ).

Per strutture sismicamente isolate viene inoltre inserita la tabella delle caratteristiche per gli isolatori utilizzati; le caratteristiche sono indicate in conformità al cap. 7.10 del D.M. 14/01/08

Nodo	X	Y	Z	Nodo	X	Y	Z	Nodo	X	Y	Z
1	cm	cm	cm	2	cm	cm	cm	3	cm	cm	cm
	325.0	0.0	-375.0		525.0	0.0	-375.0		525.0	200.0	-375.0

Nodo	X	Y	Z	Nodo	X	Y	Z	Nodo	X	Y	Z
4	325.0	200.0	-375.0	5	277.4	289.1	-90.5	6	270.8	0.0	-55.0
7	275.2	338.6	-92.1	8	216.7	0.0	-55.0	9	273.0	388.1	-93.8
10	162.5	0.0	-55.0	11	239.3	172.3	-118.9	12	108.3	0.0	-55.0
13	233.0	228.9	-123.6	14	54.2	0.0	-55.0	15	246.5	108.3	-113.6
16	0.0	0.0	-55.0	17	227.6	277.7	-127.7	18	0.0	50.0	-55.0
19	222.1	326.4	-131.7	20	0.0	100.0	-55.0	21	190.0	156.4	-155.7
22	0.0	150.0	-55.0	23	179.4	216.7	-163.6	24	0.0	200.0	-55.0
25	171.0	264.7	-169.9	26	0.0	250.0	-55.0	27	129.3	205.2	-200.9
28	0.0	300.0	-55.0	29	205.8	404.3	-116.9	30	0.0	350.0	-55.0
31	128.8	170.9	-201.3	32	0.0	400.0	-55.0	33	162.5	401.9	-118.5
34	0.0	450.0	-55.0	35	108.3	399.0	-120.4	36	0.0	500.0	-55.0
37	139.6	257.6	-193.2	38	0.0	550.0	-55.0	39	280.7	212.8	-88.0
40	0.0	600.0	-55.0	41	236.2	200.5	-121.2	42	0.0	650.0	-55.0
43	184.7	186.3	-159.6	44	0.0	700.0	-55.0	45	108.3	333.6	-162.7
46	325.0	0.0	-55.0	47	270.8	500.0	-55.0	48	230.3	253.3	-125.6
49	175.2	240.7	-166.7	50	278.5	264.3	-89.7	51	216.7	500.0	-55.0
52	97.5	270.3	-203.7	53	151.7	339.1	-159.1	54	302.9	218.9	-71.5
55	162.5	500.0	-55.0	56	143.9	233.5	-190.1	57	325.0	500.0	-55.0
58	100.3	278.6	-198.3	59	302.3	244.8	-71.9	60	108.3	500.0	-55.0
61	325.0	300.0	-55.0	62	54.2	650.0	-55.0	63	301.7	269.7	-72.4
64	159.2	146.5	-178.7	65	54.2	500.0	-55.0	66	54.2	600.0	-55.0
67	325.0	350.0	-55.0	68	54.2	550.0	-55.0	69	76.1	276.5	-199.7
70	54.2	700.0	-55.0	71	325.0	400.0	-55.0	72	153.7	177.7	-182.8
73	325.0	450.0	-55.0	74	162.5	312.8	-176.2	75	325.0	250.0	-55.0
76	190.7	93.3	-155.2	77	325.0	200.0	-55.0	78	270.8	437.6	-95.4
79	325.0	200.0	-321.7	80	325.0	150.0	-321.7	81	325.0	150.0	-375.0
82	325.0	200.0	-268.3	83	325.0	150.0	-268.3	84	325.0	200.0	-215.0
85	325.0	150.0	-215.0	86	325.0	200.0	-161.7	87	325.0	150.0	-161.7
88	325.0	200.0	-108.3	89	325.0	150.0	-108.3	90	325.0	150.0	-55.0
91	325.0	100.0	-321.7	92	325.0	100.0	-375.0	93	325.0	100.0	-268.3
94	325.0	100.0	-215.0	95	325.0	100.0	-161.7	96	325.0	100.0	-108.3
97	325.0	100.0	-55.0	98	325.0	50.0	-321.7	99	325.0	50.0	-375.0
100	325.0	50.0	-268.3	101	325.0	50.0	-215.0	102	325.0	50.0	-161.7
103	325.0	50.0	-108.3	104	325.0	50.0	-55.0	105	325.0	0.0	-321.7
106	325.0	0.0	-268.3	107	325.0	0.0	-215.0	108	325.0	0.0	-161.7
109	325.0	0.0	-108.3	110	525.0	0.0	-321.7	111	475.0	0.0	-321.7
112	475.0	0.0	-375.0	113	525.0	0.0	-268.3	114	475.0	0.0	-268.3
115	525.0	0.0	-215.0	116	475.0	0.0	-215.0	117	525.0	0.0	-161.7
118	475.0	0.0	-161.7	119	525.0	0.0	-108.3	120	475.0	0.0	-108.3
121	525.0	0.0	-55.0	122	475.0	0.0	-55.0	123	425.0	0.0	-321.7
124	425.0	0.0	-375.0	125	425.0	0.0	-268.3	126	425.0	0.0	-215.0
127	425.0	0.0	-161.7	128	425.0	0.0	-108.3	129	425.0	0.0	-55.0
130	375.0	0.0	-321.7	131	375.0	0.0	-375.0	132	375.0	0.0	-268.3
133	375.0	0.0	-215.0	134	375.0	0.0	-161.7	135	375.0	0.0	-108.3
136	375.0	0.0	-55.0	137	525.0	200.0	-321.7	138	525.0	150.0	-321.7
139	525.0	150.0	-375.0	140	525.0	200.0	-268.3	141	525.0	150.0	-268.3
142	525.0	200.0	-215.0	143	525.0	150.0	-215.0	144	525.0	200.0	-161.7
145	525.0	150.0	-161.7	146	525.0	200.0	-108.3	147	525.0	150.0	-108.3
148	525.0	200.0	-55.0	149	525.0	150.0	-55.0	150	525.0	100.0	-321.7
151	525.0	100.0	-375.0	152	525.0	100.0	-268.3	153	525.0	100.0	-215.0
154	525.0	100.0	-161.7	155	525.0	100.0	-108.3	156	525.0	100.0	-55.0
157	525.0	50.0	-321.7	158	525.0	50.0	-375.0	159	525.0	50.0	-268.3
160	525.0	50.0	-215.0	161	525.0	50.0	-161.7	162	525.0	50.0	-108.3
163	525.0	50.0	-55.0	164	475.0	200.0	-321.7	165	475.0	200.0	-375.0
166	475.0	200.0	-268.3	167	475.0	200.0	-215.0	168	475.0	200.0	-161.7
169	475.0	200.0	-108.3	170	475.0	200.0	-55.0	171	425.0	200.0	-321.7
172	425.0	200.0	-375.0	173	425.0	200.0	-268.3	174	425.0	200.0	-215.0
175	425.0	200.0	-161.7	176	425.0	200.0	-108.3	177	425.0	200.0	-55.0
178	375.0	200.0	-321.7	179	375.0	200.0	-375.0	180	375.0	200.0	-268.3
181	375.0	200.0	-215.0	182	375.0	200.0	-161.7	183	375.0	200.0	-108.3
184	375.0	200.0	-55.0	185	289.0	25.0	-81.9	186	105.0	195.0	-219.0
187	118.8	227.8	-208.8	188	216.7	435.9	-96.5	189	162.5	434.1	-97.6
190	108.3	432.4	-98.8	191	162.5	370.6	-138.8	192	108.3	366.0	-141.8
193	108.3	302.4	-182.9	194	183.6	117.6	-160.5	195	169.9	107.7	-170.7
196	128.3	104.9	-167.7	197	97.5	102.9	-165.5	198	76.0	101.4	-164.0
199	475.0	100.0	-375.0	200	375.0	100.0	-375.0	201	425.0	100.0	-375.0
202	475.0	150.0	-375.0	203	375.0	150.0	-375.0	204	425.0	150.0	-375.0
205	475.0	50.0	-375.0	206	375.0	50.0	-375.0	207	425.0	50.0	-375.0
208	0.0	225.0	-362.5	209	54.2	225.0	-362.5	210	54.2	85.0	-362.5
211	0.0	85.0	-362.5	212	54.2	150.0	-362.5	213	54.2	188.0	-257.0
214	54.2	100.0	-362.5	215	54.2	85.0	-146.3	216	0.0	85.0	-308.5
217	54.2	85.0	-308.5	218	0.0	85.0	-254.4	219	54.2	85.0	-254.4
220	0.0	85.0	-200.4	221	54.2	85.0	-200.4	222	0.0	85.0	-146.3
223	0.0	650.0	-87.4	224	0.0	250.0	-346.3	225	54.2	650.0	-87.4
226	0.0	600.0	-119.7	227	54.2	600.0	-119.7	228	0.0	550.0	-152.1
229	54.2	550.0	-152.1	230	0.0	500.0	-184.5	231	54.2	500.0	-184.5
232	0.0	450.0	-216.8	233	54.2	450.0	-216.8	234	0.0	400.0	-249.2
235	54.2	400.0	-249.2	236	0.0	350.0	-281.6	237	54.2	350.0	-281.6
238	0.0	300.0	-313.9	239	54.2	300.0	-313.9	240	54.2	250.0	-346.3
241	0.0	100.0	-362.5	242	0.0	150.0	-362.5	243	0.0	200.0	-362.5
244	54.2	200.0	-362.5	245	54.2	465.3	-77.4	246	54.2	511.5	-79.9
247	54.2	430.7	-99.9	248	54.2	473.0	-104.8	249	54.2	396.0	-122.3
250	54.2	434.5	-129.8	251	54.2	361.3	-144.8	252	54.2	396.0	-154.7
253	54.2	326.7	-167.2	254	54.2	357.5	-179.6	255	54.2	292.0	-189.7
256	54.2	319.0	-204.5	257	54.2	257.3	-212.1	258	54.2	280.5	-229.5

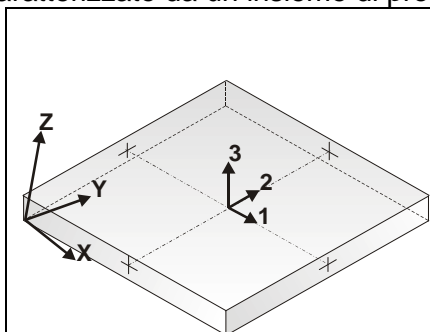


Nodo	X	Y	Z	Nodo	X	Y	Z	Nodo	X	Y	Z
259	54.2	222.7	-234.5	260	54.2	242.0	-254.4	261	54.2	203.5	-279.3
262	54.2	557.7	-82.4	263	54.2	515.3	-109.8	264	54.2	473.0	-137.2
265	54.2	430.7	-164.6	266	54.2	388.3	-192.0	267	54.2	346.0	-219.4
268	54.2	303.7	-246.8	269	54.2	261.3	-274.2	270	54.2	219.0	-301.6
271	54.2	603.8	-84.9	272	54.2	557.7	-114.8	273	54.2	511.5	-144.7
274	54.2	465.3	-174.5	275	54.2	419.2	-204.4	276	54.2	373.0	-234.3
277	54.2	326.8	-264.2	278	54.2	280.7	-294.1	279	54.2	234.5	-324.0
280	54.2	136.5	-201.6	281	54.2	139.9	-241.7	282	54.2	191.0	-283.4
283	54.2	143.2	-281.8	284	54.2	194.0	-309.7	285	54.2	146.6	-321.8
286	54.2	197.0	-336.1	287	54.2	215.8	-336.1	288	54.2	206.5	-309.7
289	54.2	197.3	-283.4	290	54.2	100.0	-211.7	291	54.2	100.0	-162.4
292	54.2	100.0	-261.5	293	54.2	100.0	-311.7	294	0.0	50.0	-108.7
295	0.0	100.0	-308.8	296	0.0	100.0	-254.2	297	0.0	100.0	-199.8
298	0.0	100.0	-146.5	299	0.0	100.0	-109.7	300	0.0	150.0	-310.1
301	0.0	150.0	-253.3	302	0.0	150.0	-197.9	303	0.0	150.0	-147.1
304	0.0	150.0	-110.7	305	0.0	200.0	-311.4	306	0.0	200.0	-252.5
307	0.0	200.0	-196.0	308	0.0	200.0	-147.8	309	0.0	200.0	-111.7
310	0.0	250.0	-294.7	311	0.0	250.0	-251.7	312	0.0	250.0	-194.0
313	0.0	250.0	-148.4	314	0.0	250.0	-112.7	315	0.0	300.0	-250.9
316	0.0	300.0	-192.1	317	0.0	300.0	-149.0	318	0.0	300.0	-113.7
319	0.0	350.0	-250.0	320	0.0	350.0	-190.2	321	0.0	350.0	-149.6
322	0.0	350.0	-114.7	323	0.0	400.0	-188.3	324	0.0	400.0	-150.2
325	0.0	400.0	-115.7	326	0.0	450.0	-186.4	327	0.0	450.0	-150.9
328	0.0	450.0	-116.7	329	0.0	475.0	-151.2	330	0.0	500.0	-117.7
331	0.0	550.0	-98.7	332	209.9	102.5	-140.8	333	0.0	400.0	-75.7
334	0.0	450.0	-74.9	335	0.0	100.0	-80.6	336	0.0	60.0	-81.4
337	0.0	150.0	-79.8	338	0.0	200.0	-79.0	339	0.0	250.0	-78.2
340	0.0	550.0	-73.2	341	0.0	500.0	-74.1	342	0.0	640.0	-71.6
343	0.0	600.0	-72.4	344	0.0	300.0	-77.3	345	0.0	350.0	-76.5
346	54.2	50.0	-108.7	347	128.4	136.5	-201.6	348	135.4	281.6	-196.4
349	241.8	50.0	-108.7	350	206.9	58.8	-118.1	351	141.2	85.0	-146.3
352	150.0	50.0	-108.7	353	95.3	123.6	-187.8	354	154.3	283.4	-182.3
355	99.4	85.0	-146.3	356	103.1	50.0	-108.7	357	296.2	40.0	-76.5
358	75.8	263.8	-207.9	359	75.3	241.0	-222.7	360	261.9	25.0	-81.9
361	212.5	25.0	-81.9	362	156.2	25.0	-81.9	363	105.7	25.0	-81.9
364	260.0	468.3	-75.5	365	78.6	50.0	-108.7	366	79.9	25.0	-81.9
367	83.0	146.2	-212.0	368	74.7	130.1	-194.7	369	216.7	467.6	-75.9
370	253.0	50.0	-108.7	371	162.5	466.9	-76.4	372	111.8	130.1	-194.7
373	108.3	466.1	-76.9	374	76.8	85.0	-146.3	375	148.1	209.5	-186.9
376	108.3	250.4	-216.6	377	175.5	305.8	-166.5	378	216.7	375.2	-135.8
379	281.7	430.1	-87.3	380	281.9	186.1	-87.1	381	279.5	239.6	-88.9
382	286.9	73.5	-83.5	383	284.4	128.5	-85.3				

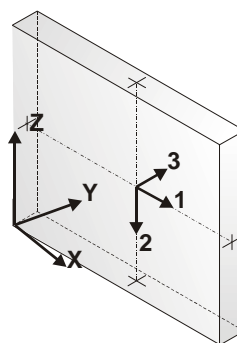
## 10.2. Modellazione elementi shell

Il programma utilizza per la modellazione elementi a tre o quattro nodi denominati in generale shell.

Ogni elemento shell è individuato dai nodi I, J, K, L (L=I per gli elementi a tre nodi). Ogni elemento è caratterizzato da un insieme di proprietà riportate in tabella che ne completano la modellazione.



orientamento elementi 3D non verticali



orientamento elementi 3D verticali

In particolare per ogni elemento viene indicato in tabella:

Elem.	numero dell'elemento
Note	codice di comportamento: <i>Guscio</i> (elemento guscio in elevazione non verticale) <i>Guscio fond.</i> (elemento guscio su suolo elastico) <i>Setto</i> (elemento guscio in elevazione verticale) <i>Membrana</i> (elemento guscio con comportamento membranale)

<b>Nodo I (J, K, L)</b>	numero del nodo I (J, K, L)
<b>Mat.</b>	codice del materiale assegnato all'elemento
<b>Spessore</b>	spessore dell'elemento (costante)
<b>Wink V</b>	costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) per la modellazione del suolo elastico verticale
<b>Wink O</b>	costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) per la modellazione del suolo elastico orizzontale

Con riferimento al **Documento di Affidabilità** “Test di validazione del software di calcolo PRO\_SAP e dei moduli aggiuntivi PRO\_SAP Modulo Geotecnico, PRO\_CAD nodi acciaio e PRO\_MST” - versione Maggio 2011, disponibile per il download sul sito **www.2si.it**, si segnalano i seguenti esempi applicativi:

Test N°	Titolo
8	MENSOLE CON ELEMENTI PLATE E MATERIALE ORTOTROPO
10	PIASTRA CON ELEMENTI PLATE E MATERIALE ORTOTROPO
21	DRILLING
25	TENSIONI DI ELEMENTI PLATE
31	REALIZZAZIONE DI MESH PIANA SU GEOMETRIA CON PUNTI FISSI IMPORTATA DA FILE .DXF
32	REALIZZAZIONE DI MESH PIANA SU GEOMETRIA CON SEGMENTI E FORI INTERNI IMPORTATA DA FILE .DXF
33	REALIZZAZIONE DI MESH PIANE SU GEOMETRIE COSTRUITE IN PRO_SAP
34	ANALISI DI BUCKLING DI PIASTRA ISOTROPA
35	ANALISI DI BUCKLING DI UN CILINDRO COMPRESSO INCASTRATO ALLA BASE
36	ANALISI DI PARETI FORATE
37	BIMETALLIC STRIP (NAFEMS EXERCISE 6)
38	ANALISI ELASTICA DI PIASTRA CON INTAGLIO CIRCOLARE (FLAT BAR WITH EDGE NOTCHES-NAFEMS EXERCISE 9)
39	PLATEA NERVATA
45	VERIFICA A PUNZONAMENTO ALLO SLU DI PIASTRE IN C.A.
117	PROGETTO E VERIFICA DI GUSCI IN MATERIALE XLAM
118	PROGETTO E VERIFICA DI PARETI IN MATERIALE XLAM E RELATIVI COLLEGAMENTI

Elem.	Note	Nodo I	Nodo J	Nodo K	Nodo L	Mat.	Spessore	Wink V	Wink O
							cm	daN/cm3	daN/cm3
1	Guscio fond.	202	139	3	165	4	25.0	5.00	1.00
2	Guscio fond.	213	186	187	376	4	25.0	5.00	1.00
3	Guscio fond.	213	347	31	186	4	25.0	5.00	1.00
4	Guscio fond.	11	380	39	41	4	25.0	5.00	1.00
5	Guscio fond.	64	21	43	72	4	25.0	5.00	1.00
6	Guscio fond.	69	58	193	255	4	25.0	5.00	1.00
7	Guscio fond.	21	11	41	43	4	25.0	5.00	1.00
8	Guscio fond.	23	13	48	49	4	25.0	5.00	1.00
9	Guscio fond.	13	381	50	48	4	25.0	5.00	1.00
10	Guscio fond.	375	23	49	56	4	25.0	5.00	1.00
11	Guscio fond.	39	54	59	381	4	25.0	5.00	1.00
12	Guscio fond.	59	75	61	63	4	25.0	5.00	1.00
13	Guscio fond.	54	77	75	59	4	25.0	5.00	1.00
14	Guscio fond.	50	63	61	5	4	25.0	5.00	1.00
15	Guscio fond.	259	213	376	359	4	25.0	5.00	1.00
16	Guscio fond.	369	364	47	51	4	25.0	5.00	1.00
17	Guscio fond.	371	369	51	55	4	25.0	5.00	1.00
18	Guscio fond.	373	371	55	60	4	25.0	5.00	1.00
19	Guscio fond.	358	52	58	69	4	25.0	5.00	1.00
20	Guscio fond.	359	376	52	358	4	25.0	5.00	1.00
21	Guscio fond.	33	29	188	189	4	25.0	5.00	1.00
22	Guscio fond.	35	33	189	190	4	25.0	5.00	1.00
23	Guscio fond.	355	351	196	197	4	25.0	5.00	1.00
24	Guscio fond.	193	74	53	45	4	25.0	5.00	1.00
25	Guscio fond.	45	53	191	192	4	25.0	5.00	1.00
26	Guscio fond.	374	355	197	198	4	25.0	5.00	1.00
27	Guscio fond.	53	74	378	191	4	25.0	5.00	1.00
28	Guscio fond.	351	76	195	196	4	25.0	5.00	1.00
29	Guscio fond.	215	374	198	291	4	25.0	5.00	1.00
30	Guscio fond.	76	332	194	195	4	25.0	5.00	1.00
31	Guscio fond.	188	78	364	369	4	25.0	5.00	1.00
32	Guscio fond.	189	188	369	371	4	25.0	5.00	1.00
33	Guscio fond.	190	189	371	373	4	25.0	5.00	1.00
34	Guscio fond.	195	194	64	347	4	25.0	5.00	1.00
35	Guscio fond.	29	378	78	188	4	25.0	5.00	1.00



Elem.	Note	Nodo I	Nodo J	Nodo K	Nodo L	Mat.	Spessore	Wink V	Wink O
36	Guscio fond.	191	378	29	33	4	25.0	5.00	1.00
37	Guscio fond.	192	191	33	35	4	25.0	5.00	1.00
38	Setto	81	4	79	80	4	25.0		
39	Setto	80	79	82	83	4	25.0		
40	Setto	83	82	84	85	4	25.0		
41	Setto	85	84	86	87	4	25.0		
42	Setto	87	86	88	89	4	25.0		
43	Setto	89	88	77	90	4	25.0		
44	Setto	92	81	80	91	4	25.0		
45	Setto	91	80	83	93	4	25.0		
46	Setto	93	83	85	94	4	25.0		
47	Setto	94	85	87	95	4	25.0		
48	Setto	95	87	89	96	4	25.0		
49	Setto	96	89	90	97	4	25.0		
50	Setto	99	92	91	98	4	25.0		
51	Setto	98	91	93	100	4	25.0		
52	Setto	100	93	94	101	4	25.0		
53	Setto	101	94	95	102	4	25.0		
54	Setto	102	95	96	103	4	25.0		
55	Setto	103	96	97	104	4	25.0		
56	Setto	1	99	98	105	4	25.0		
57	Setto	105	98	100	106	4	25.0		
58	Setto	106	100	101	107	4	25.0		
59	Setto	107	101	102	108	4	25.0		
60	Setto	108	102	103	109	4	25.0		
61	Setto	109	103	104	46	4	25.0		
62	Setto	111	110	2	112	4	25.0		
63	Setto	114	113	110	111	4	25.0		
64	Setto	116	115	113	114	4	25.0		
65	Setto	118	117	115	116	4	25.0		
66	Setto	120	119	117	118	4	25.0		
67	Setto	122	121	119	120	4	25.0		
68	Setto	123	111	112	124	4	25.0		
69	Setto	125	114	111	123	4	25.0		
70	Setto	126	116	114	125	4	25.0		
71	Setto	127	118	116	126	4	25.0		
72	Setto	128	120	118	127	4	25.0		
73	Setto	129	122	120	128	4	25.0		
74	Setto	130	123	124	131	4	25.0		
75	Setto	132	125	123	130	4	25.0		
76	Setto	133	126	125	132	4	25.0		
77	Setto	134	127	126	133	4	25.0		
78	Setto	135	128	127	134	4	25.0		
79	Setto	136	129	128	135	4	25.0		
80	Setto	105	130	131	1	4	25.0		
81	Setto	106	132	130	105	4	25.0		
82	Setto	107	133	132	106	4	25.0		
83	Setto	108	134	133	107	4	25.0		
84	Setto	109	135	134	108	4	25.0		
85	Setto	46	136	135	109	4	25.0		
86	Setto	139	3	137	138	4	25.0		
87	Setto	138	137	140	141	4	25.0		
88	Setto	141	140	142	143	4	25.0		
89	Setto	143	142	144	145	4	25.0		
90	Setto	145	144	146	147	4	25.0		
91	Setto	147	146	148	149	4	25.0		
92	Setto	151	139	138	150	4	25.0		
93	Setto	150	138	141	152	4	25.0		
94	Setto	152	141	143	153	4	25.0		
95	Setto	153	143	145	154	4	25.0		
96	Setto	154	145	147	155	4	25.0		
97	Setto	155	147	149	156	4	25.0		
98	Setto	158	151	150	157	4	25.0		
99	Setto	157	150	152	159	4	25.0		
100	Setto	159	152	153	160	4	25.0		
101	Setto	160	153	154	161	4	25.0		
102	Setto	161	154	155	162	4	25.0		
103	Setto	162	155	156	163	4	25.0		
104	Setto	2	158	157	110	4	25.0		
105	Setto	110	157	159	113	4	25.0		
106	Setto	113	159	160	115	4	25.0		
107	Setto	115	160	161	117	4	25.0		
108	Setto	117	161	162	119	4	25.0		
109	Setto	119	162	163	121	4	25.0		
110	Setto	164	137	3	165	4	25.0		
111	Setto	166	140	137	164	4	25.0		
112	Setto	167	142	140	166	4	25.0		
113	Setto	168	144	142	167	4	25.0		
114	Setto	169	146	144	168	4	25.0		
115	Setto	170	148	146	169	4	25.0		
116	Setto	171	164	165	172	4	25.0		
117	Setto	173	166	164	171	4	25.0		
118	Setto	174	167	166	173	4	25.0		
119	Setto	175	168	167	174	4	25.0		
120	Setto	176	169	168	175	4	25.0		

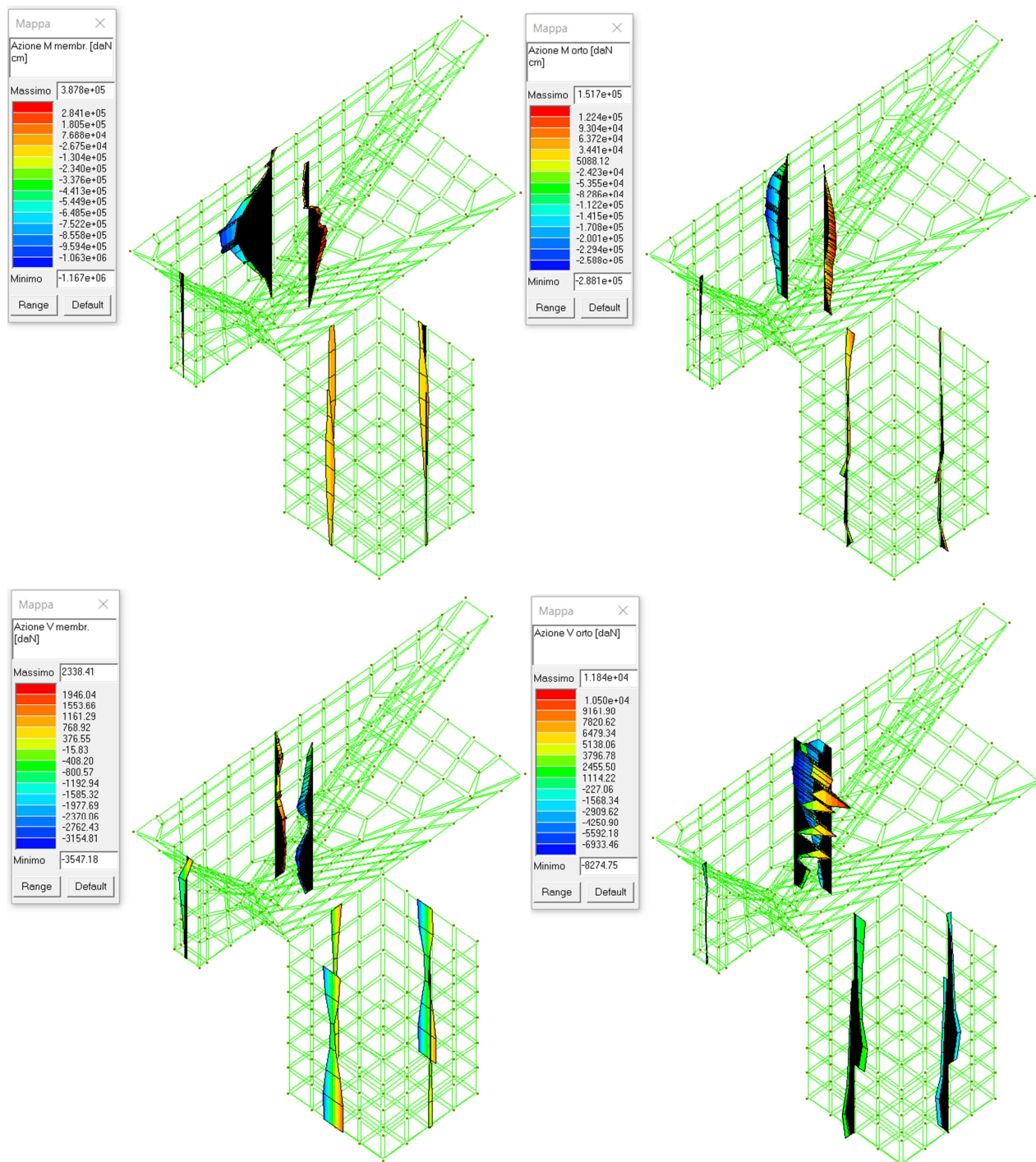
Elem.	Note	Nodo I	Nodo J	Nodo K	Nodo L	Mat.	Spessore	Wink V	Wink O
121	Setto	177	170	169	176	4	25.0		
122	Setto	178	171	172	179	4	25.0		
123	Setto	180	173	171	178	4	25.0		
124	Setto	181	174	173	180	4	25.0		
125	Setto	182	175	174	181	4	25.0		
126	Setto	183	176	175	182	4	25.0		
127	Setto	184	177	176	183	4	25.0		
128	Setto	79	178	179	4	4	25.0		
129	Setto	82	180	178	79	4	25.0		
130	Setto	84	181	180	82	4	25.0		
131	Setto	86	182	181	84	4	25.0		
132	Setto	88	183	182	86	4	25.0		
133	Setto	77	184	183	88	4	25.0		
134	Guscio fond.	364	78	57	47	4	25.0	5.00	1.00
135	Guscio fond.	58	348	74	193	4	25.0	5.00	1.00
136	Guscio fond.	348	354	377	74	4	25.0	5.00	1.00
137	Guscio fond.	37	25	377	354	4	25.0	5.00	1.00
138	Guscio fond.	259	359	358	257	4	25.0	5.00	1.00
139	Guscio fond.	31	72	375	27	4	25.0	5.00	1.00
140	Guscio fond.	187	56	37	376	4	25.0	5.00	1.00
141	Guscio fond.	347	64	72	31	4	25.0	5.00	1.00
142	Guscio fond.	27	375	56	187	4	25.0	5.00	1.00
143	Guscio fond.	245	373	60	65	4	25.0	5.00	1.00
144	Guscio fond.	247	190	373	245	4	25.0	5.00	1.00
145	Guscio fond.	249	35	190	247	4	25.0	5.00	1.00
146	Guscio fond.	251	192	35	249	4	25.0	5.00	1.00
147	Guscio fond.	253	45	192	251	4	25.0	5.00	1.00
148	Guscio fond.	255	193	45	253	4	25.0	5.00	1.00
149	Guscio fond.	52	376	348	58	4	25.0	5.00	1.00
150	Guscio fond.	81	203	179	4	4	25.0	5.00	1.00
151	Guscio fond.	203	204	172	179	4	25.0	5.00	1.00
152	Guscio fond.	204	202	165	172	4	25.0	5.00	1.00
153	Guscio fond.	205	158	151	199	4	25.0	5.00	1.00
154	Guscio fond.	99	206	200	92	4	25.0	5.00	1.00
155	Guscio fond.	206	207	201	200	4	25.0	5.00	1.00
156	Guscio fond.	207	205	199	201	4	25.0	5.00	1.00
157	Guscio fond.	199	151	139	202	4	25.0	5.00	1.00
158	Guscio fond.	92	200	203	81	4	25.0	5.00	1.00
159	Guscio fond.	200	201	204	203	4	25.0	5.00	1.00
160	Guscio fond.	201	199	202	204	4	25.0	5.00	1.00
161	Guscio fond.	112	2	158	205	4	25.0	5.00	1.00
162	Guscio fond.	1	131	206	99	4	25.0	5.00	1.00
163	Guscio fond.	131	124	207	206	4	25.0	5.00	1.00
164	Guscio fond.	124	112	205	207	4	25.0	5.00	1.00
165	Guscio fond.	243	244	209	208	4	25.0	5.00	1.00
166	Setto	216	217	210	211	4	25.0		
167	Setto	218	219	217	216	4	25.0		
168	Setto	220	221	219	218	4	25.0		
169	Setto	222	215	221	220	4	25.0		
170	Guscio fond.	223	225	70	44	4	25.0	5.00	1.00
171	Guscio fond.	226	227	225	223	4	25.0	5.00	1.00
172	Guscio fond.	228	229	227	226	4	25.0	5.00	1.00
173	Guscio fond.	230	231	229	228	4	25.0	5.00	1.00
174	Guscio fond.	232	233	231	230	4	25.0	5.00	1.00
175	Guscio fond.	234	235	233	232	4	25.0	5.00	1.00
176	Guscio fond.	236	237	235	234	4	25.0	5.00	1.00
177	Guscio fond.	238	239	237	236	4	25.0	5.00	1.00
178	Guscio fond.	224	240	239	238	4	25.0	5.00	1.00
179	Guscio fond.	208	209	240	224	4	25.0	5.00	1.00
180	Guscio fond.	242	212	244	243	4	25.0	5.00	1.00
181	Guscio fond.	241	214	212	242	4	25.0	5.00	1.00
182	Guscio fond.	211	210	214	241	4	25.0	5.00	1.00
183	Setto	245	246	68	65	4	25.0		
184	Setto	247	248	246	245	4	25.0		
185	Setto	249	250	248	247	4	25.0		
186	Setto	251	252	250	249	4	25.0		
187	Setto	253	254	252	251	4	25.0		
188	Setto	255	256	254	253	4	25.0		
189	Setto	257	258	256	255	4	25.0		
190	Setto	260	258	257	259	4	25.0		
191	Setto	261	260	259	213	4	25.0		
192	Setto	246	262	66	68	4	25.0		
193	Setto	248	263	262	246	4	25.0		
194	Setto	250	264	263	248	4	25.0		
195	Setto	252	265	264	250	4	25.0		
196	Setto	254	266	265	252	4	25.0		
197	Setto	256	267	266	254	4	25.0		
198	Setto	258	268	267	256	4	25.0		
199	Setto	269	268	258	260	4	25.0		
200	Setto	270	269	260	261	4	25.0		
201	Setto	262	271	62	66	4	25.0		
202	Setto	263	272	271	262	4	25.0		
203	Setto	264	273	272	263	4	25.0		
204	Setto	265	274	273	264	4	25.0		
205	Setto	266	275	274	265	4	25.0		

Elem.	Note	Nodo I	Nodo J	Nodo K	Nodo L	Mat.	Spessore	Wink V	Wink O
206	Setto	267	276	275	266	4	25.0		
207	Setto	268	277	276	267	4	25.0		
208	Setto	278	277	268	269	4	25.0		
209	Setto	279	278	269	270	4	25.0		
210	Setto	271	225	70	62	4	25.0		
211	Setto	272	227	225	271	4	25.0		
212	Setto	273	229	227	272	4	25.0		
213	Setto	274	231	229	273	4	25.0		
214	Setto	275	233	231	274	4	25.0		
215	Setto	276	235	233	275	4	25.0		
216	Setto	277	237	235	276	4	25.0		
217	Setto	239	237	277	278	4	25.0		
218	Setto	240	239	278	279	4	25.0		
219	Setto	290	281	280	291	4	25.0		
220	Setto	281	282	213	280	4	25.0		
221	Setto	292	283	281	290	4	25.0		
222	Setto	283	284	282	281	4	25.0		
223	Setto	293	285	283	292	4	25.0		
224	Setto	285	286	284	283	4	25.0		
225	Setto	214	212	285	293	4	25.0		
226	Setto	212	244	286	285	4	25.0		
227	Setto	282	289	261	213	4	25.0		
228	Setto	288	270	261	289	4	25.0		
229	Setto	284	288	289	282	4	25.0		
230	Setto	287	279	270	288	4	25.0		
231	Setto	209	240	279	287	4	25.0		
232	Setto	286	287	288	284	4	25.0		
233	Setto	244	209	287	286	4	25.0		
234	Setto	221	290	291	215	4	25.0		
235	Setto	219	292	290	221	4	25.0		
236	Setto	217	293	292	219	4	25.0		
237	Setto	210	214	293	217	4	25.0		
238	Guscio fond.	294	346	215	222	4	25.0	5.00	1.00
239	Setto	326	230	329	327	4	25.0		
240	Setto	319	236	234		4	25.0		
241	Setto	326	232	230		4	25.0		
242	Setto	243	208	224	305	4	25.0		
243	Setto	224	238	310	305	4	25.0		
244	Setto	294	336	18	16	4	25.0		
245	Setto	342	223	44	42	4	25.0		
246	Setto	211	241	295	216	4	25.0		
247	Setto	216	295	296	218	4	25.0		
248	Setto	218	296	297	220	4	25.0		
249	Setto	220	297	298	222	4	25.0		
250	Setto	222	298	299	294	4	25.0		
251	Setto	336	335	20	18	4	25.0		
252	Setto	241	242	300	295	4	25.0		
253	Setto	295	300	301	296	4	25.0		
254	Setto	296	301	302	297	4	25.0		
255	Setto	297	302	303	298	4	25.0		
256	Setto	298	303	304	299	4	25.0		
257	Setto	335	337	22	20	4	25.0		
258	Setto	242	243	305	300	4	25.0		
259	Setto	300	305	306	301	4	25.0		
260	Setto	301	306	307	302	4	25.0		
261	Setto	302	307	308	303	4	25.0		
262	Setto	303	308	309	304	4	25.0		
263	Setto	337	338	24	22	4	25.0		
264	Setto	319	234	323	320	4	25.0		
265	Setto	310	238	315	311	4	25.0		
266	Setto	305	310	311	306	4	25.0		
267	Setto	306	311	312	307	4	25.0		
268	Setto	307	312	313	308	4	25.0		
269	Setto	308	313	314	309	4	25.0		
270	Setto	338	339	26	24	4	25.0		
271	Setto	341	340	38	36	4	25.0		
272	Setto	343	342	42	40	4	25.0		
273	Setto	311	315	316	312	4	25.0		
274	Setto	312	316	317	313	4	25.0		
275	Setto	313	317	318	314	4	25.0		
276	Setto	339	344	28	26	4	25.0		
277	Setto	238	236	319	315	4	25.0		
278	Setto	315	319	320	316	4	25.0		
279	Setto	316	320	321	317	4	25.0		
280	Setto	317	321	322	318	4	25.0		
281	Setto	344	345	30	28	4	25.0		
282	Setto	327	329	330	328	4	25.0		
283	Setto	334	341	36	34	4	25.0		
284	Setto	320	323	324	321	4	25.0		
285	Setto	321	324	325	322	4	25.0		
286	Setto	345	333	32	30	4	25.0		
287	Setto	234	232	326	323	4	25.0		
288	Setto	323	326	327	324	4	25.0		
289	Setto	324	327	328	325	4	25.0		
290	Setto	333	334	34	32	4	25.0		

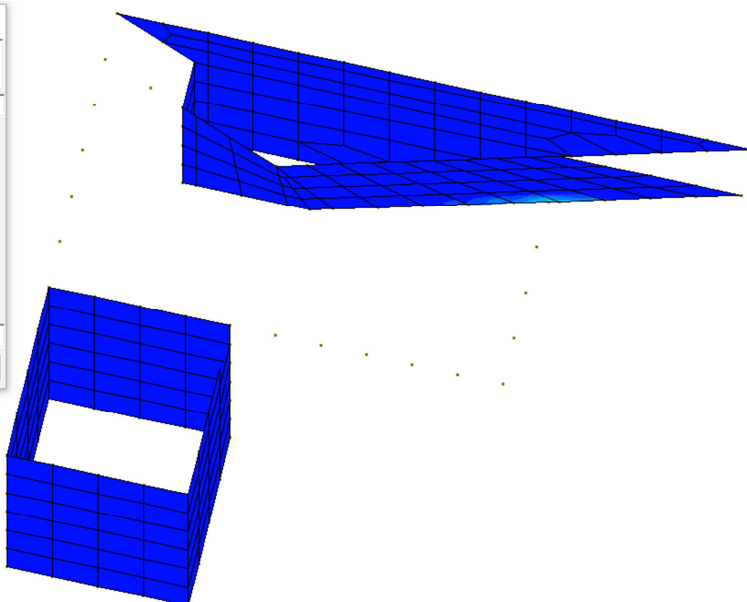
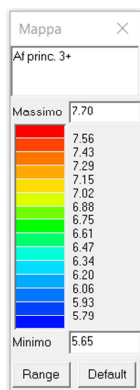
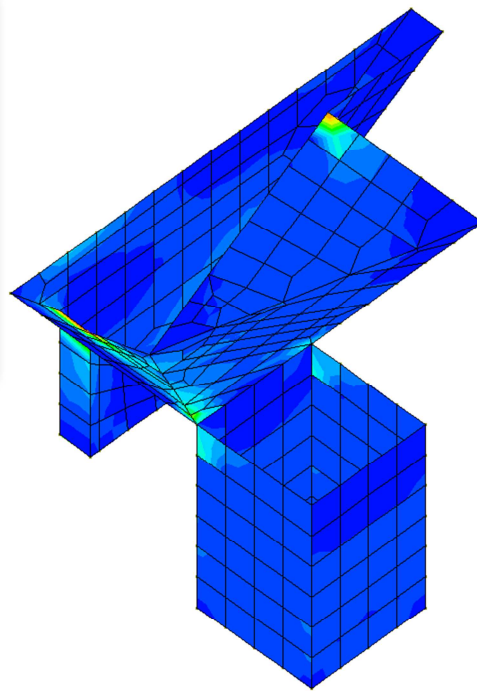
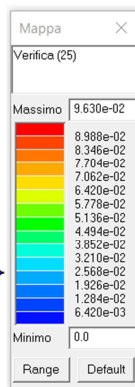
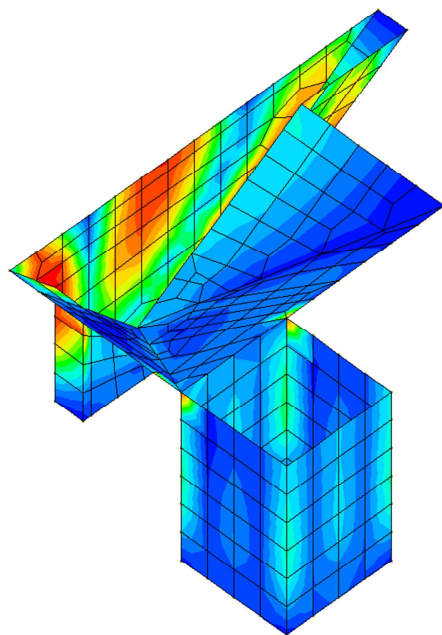
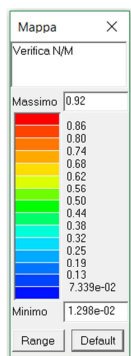
Elem.	Note	Nodo I	Nodo J	Nodo K	Nodo L	Mat.	Spessore	Wink V	Wink O
291	Setto	340	343	40	38	4	25.0		
292	Setto	228	226	331	330	4	25.0		
293	Setto	230	228	330	329	4	25.0		
294	Setto	294	299	335	336	4	25.0		
295	Setto	299	304	337	335	4	25.0		
296	Setto	304	309	338	337	4	25.0		
297	Setto	309	314	339	338	4	25.0		
298	Setto	330	331	340	341	4	25.0		
299	Setto	226	223	342	343	4	25.0		
300	Setto	314	318	344	339	4	25.0		
301	Setto	318	322	345	344	4	25.0		
302	Setto	328	330	341	334	4	25.0		
303	Setto	322	325	333	345	4	25.0		
304	Setto	325	328	334	333	4	25.0		
305	Setto	331	226	343	340	4	25.0		
306	Guscio fond.	14	12	363	366	4	25.0	5.00	1.00
307	Guscio fond.	365	356	355	374	4	25.0	5.00	1.00
308	Guscio fond.	197	196	372	353	4	25.0	5.00	1.00
309	Guscio fond.	360	185	370	349	4	25.0	5.00	1.00
310	Guscio fond.	14	366	365	346	4	25.0	5.00	1.00
311	Guscio fond.	361	360	349	350	4	25.0	5.00	1.00
312	Guscio fond.	350	349	370	76	4	25.0	5.00	1.00
313	Guscio fond.	362	361	350	352	4	25.0	5.00	1.00
314	Guscio fond.	352	350	76	351	4	25.0	5.00	1.00
315	Guscio fond.	356	352	351	355	4	25.0	5.00	1.00
316	Guscio fond.	363	362	352	356	4	25.0	5.00	1.00
317	Guscio fond.	366	363	356	365	4	25.0	5.00	1.00
318	Guscio fond.	198	197	353	368	4	25.0	5.00	1.00
319	Guscio fond.	280	368	367	213	4	25.0	5.00	1.00
320	Guscio fond.	6	46	185	360	4	25.0	5.00	1.00
321	Guscio fond.	8	6	360	361	4	25.0	5.00	1.00
322	Guscio fond.	10	8	361	362	4	25.0	5.00	1.00
323	Guscio fond.	12	10	362	363	4	25.0	5.00	1.00
324	Guscio fond.	16	14	346	294	4	25.0	5.00	1.00
325	Guscio fond.	196	195	347	372	4	25.0	5.00	1.00
326	Guscio fond.	346	365	374	215	4	25.0	5.00	1.00
327	Guscio fond.	291	198	368	280	4	25.0	5.00	1.00
328	Guscio fond.	367	372	347	213	4	25.0	5.00	1.00
329	Guscio fond.	368	353	372	367	4	25.0	5.00	1.00
330	Guscio fond.	9	71	73	379	4	25.0	5.00	1.00
331	Guscio fond.	380	77	54	39	4	25.0	5.00	1.00
332	Guscio fond.	357	104	97	382	4	25.0	5.00	1.00
333	Guscio fond.	382	97	90	383	4	25.0	5.00	1.00
334	Guscio fond.	383	90	77	380	4	25.0	5.00	1.00
335	Guscio fond.	332	15	11	21	4	25.0	5.00	1.00
336	Guscio fond.	381	59	63	50	4	25.0	5.00	1.00
337	Guscio fond.	5	61	67	7	4	25.0	5.00	1.00
338	Guscio fond.	7	67	71	9	4	25.0	5.00	1.00
339	Guscio fond.	49	48	17	25	4	25.0	5.00	1.00
340	Guscio fond.	41	39	381	13	4	25.0	5.00	1.00
341	Guscio fond.	19	7	9	378	4	25.0	5.00	1.00
342	Guscio fond.	370	382	383	15	4	25.0	5.00	1.00
343	Guscio fond.	15	383	380	11	4	25.0	5.00	1.00
344	Guscio fond.	48	50	5	17	4	25.0	5.00	1.00
345	Guscio fond.	17	5	7	19	4	25.0	5.00	1.00
346	Guscio fond.	25	17	19	377	4	25.0	5.00	1.00
347	Guscio fond.	72	43	23	375	4	25.0	5.00	1.00
348	Guscio fond.	56	49	25	37	4	25.0	5.00	1.00
349	Guscio fond.	43	41	13	23	4	25.0	5.00	1.00
350	Guscio fond.	379	73	57	78	4	25.0	5.00	1.00
351	Guscio fond.	257	358	69	255	4	25.0	5.00	1.00
352	Guscio fond.	378	9	379	78	4	25.0	5.00	1.00
353	Guscio fond.	377	19	378	74	4	25.0	5.00	1.00
354	Guscio fond.	376	37	354	348	4	25.0	5.00	1.00
355	Guscio fond.	186	31	27	187	4	25.0	5.00	1.00
356	Guscio fond.	194	332	21	64	4	25.0	5.00	1.00
357	Guscio fond.	76	370	15	332	4	25.0	5.00	1.00
358	Guscio fond.	185	46	104	357	4	25.0	5.00	1.00
359	Guscio fond.	185	357	382	370	4	25.0	5.00	1.00

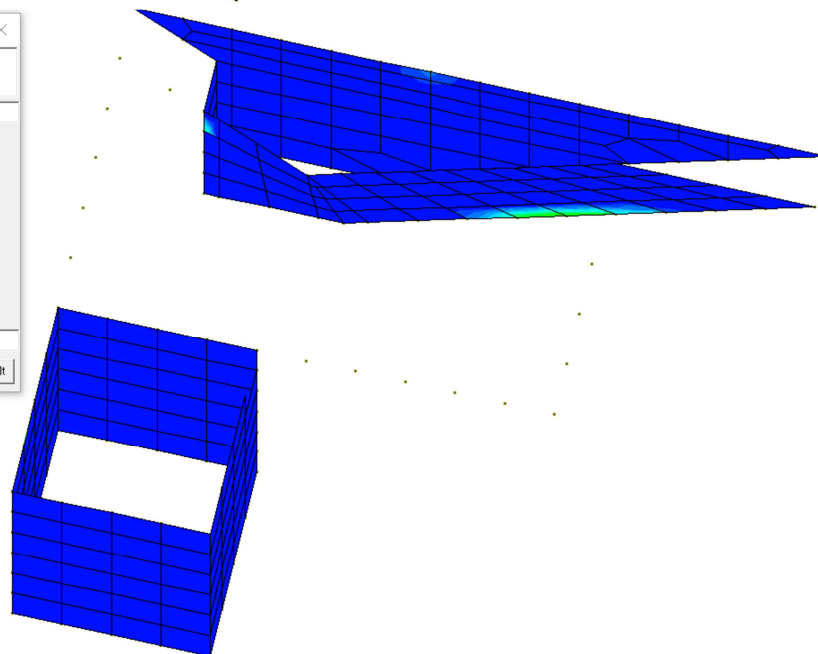
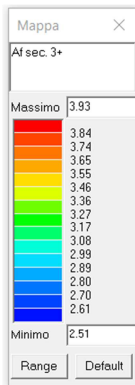
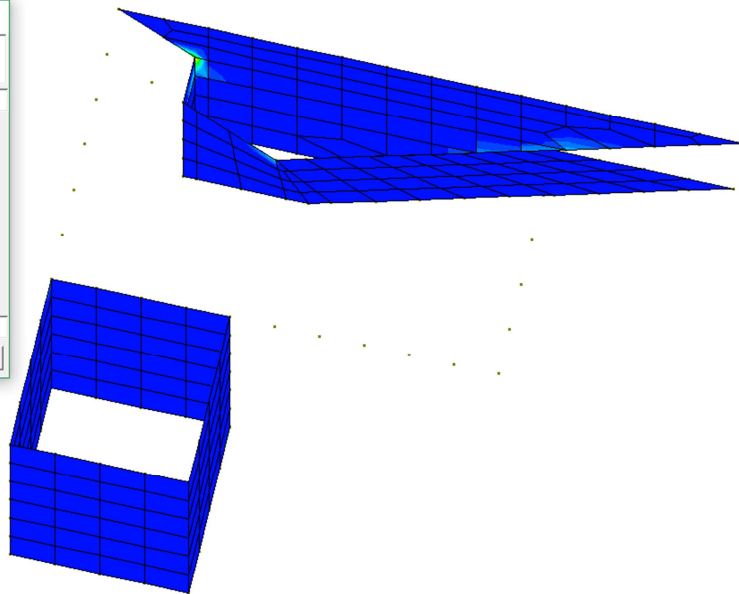
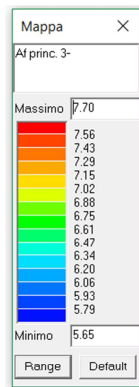
## 11. VERIFICHE A SLU

Si riporta l'involuppo delle caratteristiche di sollecitazione.

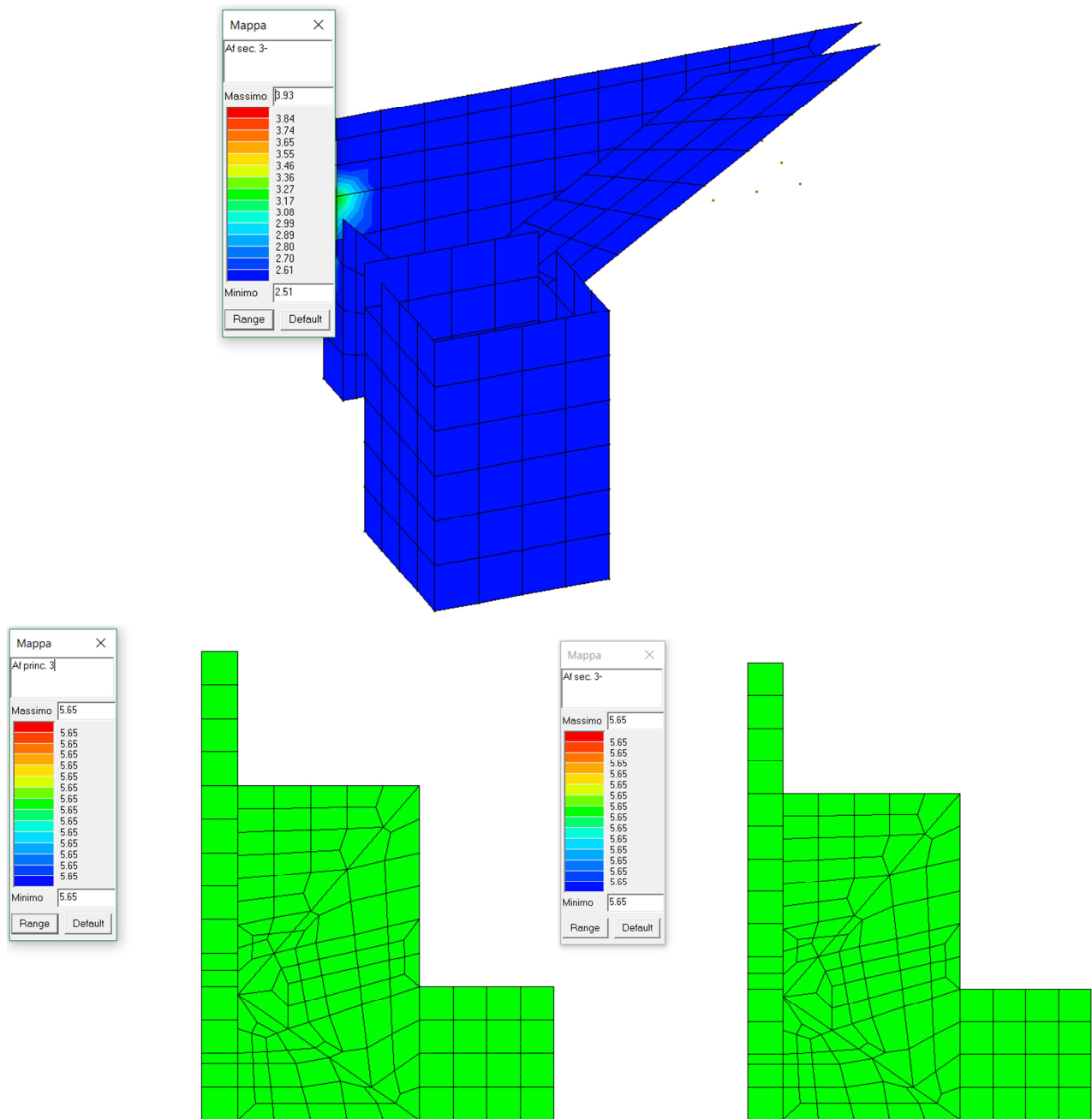


Si riportano alcune immagini riepilogative delle verifiche strutturali condotte.











Si riportano le immagini delle verifiche a SLE condotte.

Mappa

Tens. cls rare

Massimo 0.32

0.30  
0.28  
0.25  
0.23  
0.21  
0.19  
0.17  
0.15  
0.13  
0.11  
8.477e-02  
6.358e-02  
4.238e-02  
2.119e-02

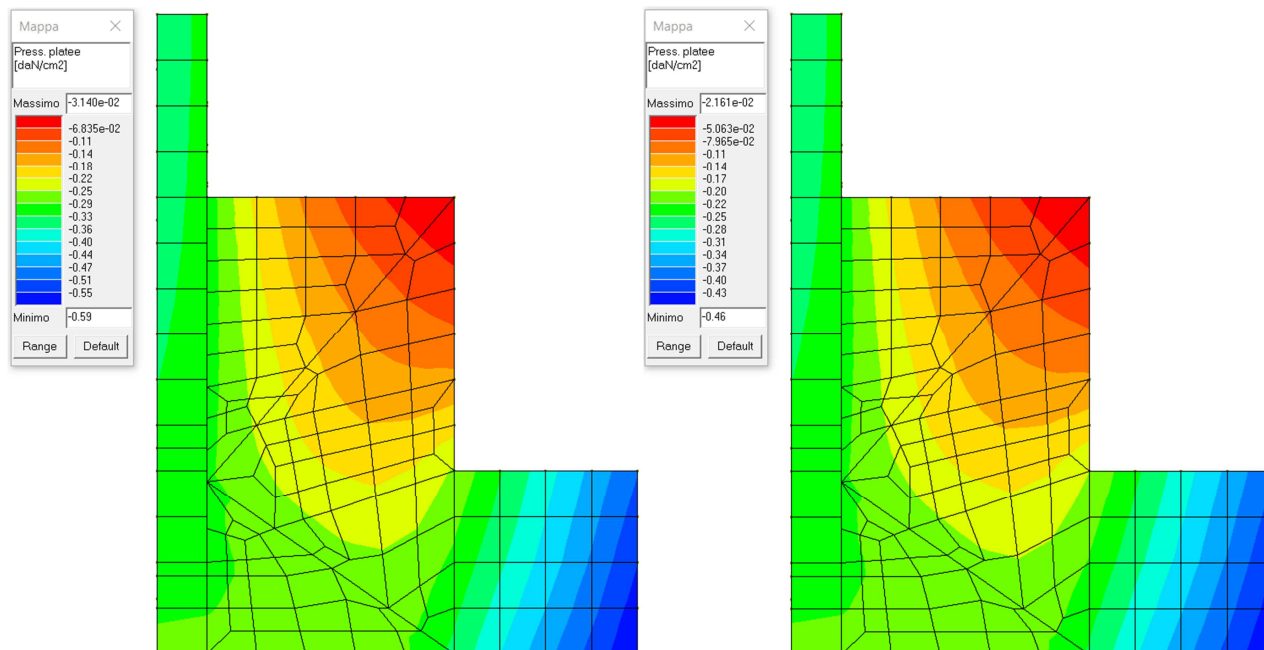
Minimo 0.0

Rango Default



## 13. VERIFICHE GEOTECNICHE

Le pressioni massime esercitate in combinazione Slu A1 e SLU A2 risultano rispettivamente 0.51 daN/cm<sup>2</sup> e 0.46 daN/cm<sup>2</sup>.



Si riporta la verifica geotecnica delle platee. Il calcolo di capacità portante viene fatto circa a metà profondità, inoltre a favore di sicurezza si considera una dimensione in pianta della platea pari all'ingombro della vasca.

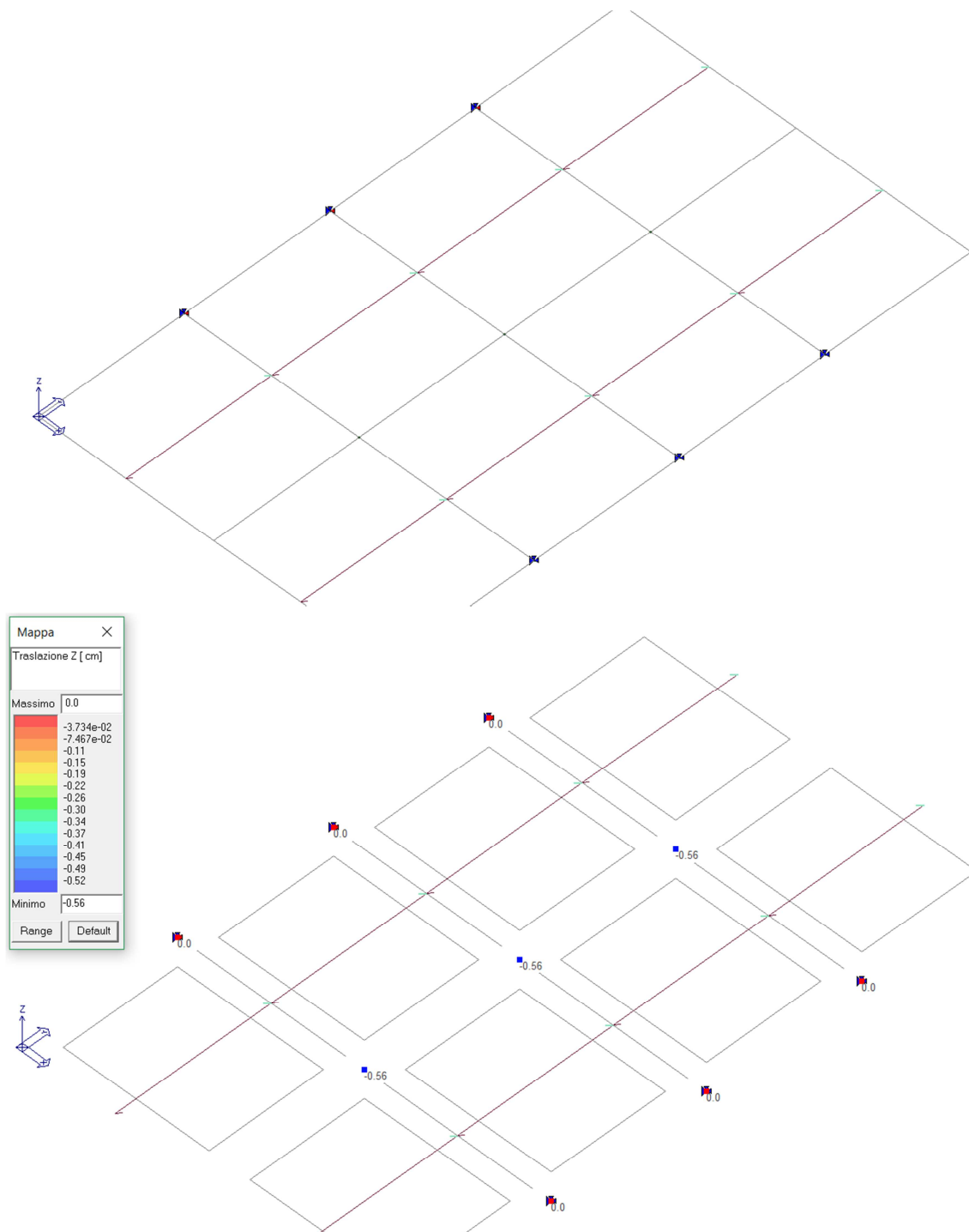
FONDAZIONI DIRETTE		PLINTO N.	PLATEA
Tensioni efficaci			(compilare i campi in arancione)
<b>TERRENO</b>			
$\beta 1$	=	0	° inclinazione fondazione
$\beta 2$	=	0	° inclinazione piano campagna
$\gamma 1$	=	18.50	kN/mc peso specifico efficace
$\gamma_{sat}$	=	18.50	kN/mc peso specifico saturo
$\gamma 2$	=	18.50	kN/mc valore di $\gamma$ nel terzo termine del qlim in funzione della posizione della falda se $Z_w < D$ o $Z_w > (D+B)$
c	=	0.00	0.00 kN/mq coesione c'
$\varphi$	=	19	15.40 ° attrito interno terreno sottostante la fondazione $\varphi'$
$Z_w$	=	10.00	m profondità falda
<b>GEOMETRIA FONDAZIONE</b>		<b>FONDAZIONE RIDOTTA</b>	
B	=	270	cm lato fondazione
L	=	500	cm lunghezza fondazione
H	=	25	cm altezza suola fondazione
D	=	150	cm profondità di posa
<b>CARICO LIMITE</b>		<b>PRESSIONE AMMISSIBILE</b>	
qlim	=	315.67	kN/mq
		3.16	kg/cmq
<b>FATTORE DI SICUREZZA ALLO SCORRIMENTO: <math>S_d / H_d</math></b>		assente	OK verificato
<b>CARICO LIMITE</b>		<b>PRESSIONE AMMISSIBILE</b>	
qlim	=	207.01	kN/mq
		2.07	kg/cmq
<b>FATTORE DI SICUREZZA ALLO SCORRIMENTO: <math>S_d / H_d</math></b>		assente	OK verificato

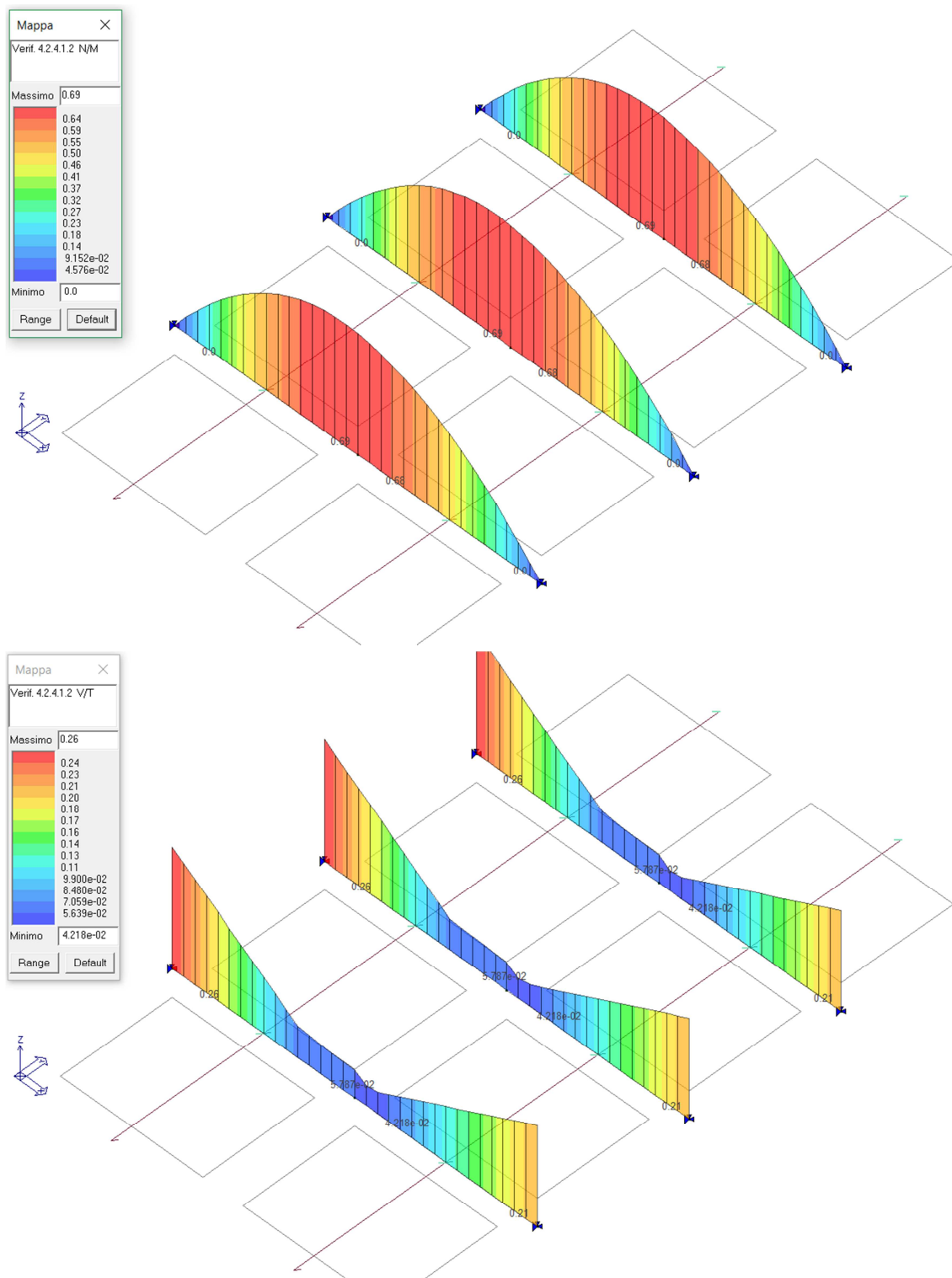
## 14. TRAVI METALLICHE

A chiusura della vasca sarà realizzata una copertura in grigliato con botole in PRFV su travi metalliche. In caso di passaggio di messi al di sopra delle botole saranno disposte lamiere di ripartizione in modo da non caricare le botole grigliate stesse.

Le travi IPE 180 sono state quindi dimensionate considerando un carico distribuito pari al peso di una lamiera spessa 2 cm come permanente e con un carico di 20 kN/mq di variabile.

Seguono alcune immagini riepilogative del modello di calcolo e del tasso di lavoro delle putrelle in oggetto.





## 14.1. Mensole di appoggio

Le travi in oggetto saranno realizzate rimovibili. L'appoggio sarà quindi realizzato su mensole. Si riporta la verifica delle mensole.

### Coefficienti di sicurezza utilizzati

$$\gamma_{M0} = 1.05$$

$$\gamma_{M1} = 1.10$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

## Trave 2

Tipo di profilo: IPE 180

Materiale: Acciaio S355  $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$   $f_t = 510 \text{ N/mm}^2$   $\gamma_{Rd} = 1.1$

Classe sezione: 1

### Flangia:

Materiale: Acciaio S355  $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$   $f_t = 510 \text{ N/mm}^2$   $\gamma_{Rd} = 1.1$

Dimensioni (B x H x Sp): 91.0 x 180.0 x 15.0 mm

### Bullonature:

Viti cl. 8.8 Dadi 8 ( $f_{yb} = 640 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{tb} = 640 \text{ N/mm}^2$ )

Diametro  $\varnothing = 16 \text{ mm}$   $A_{res} = 156.8 \text{ mm}^2$  (ridotta per filettatura)

Diametro foro  $\varnothing_0 = 17 \text{ mm}$

### Saldature:

Materiale: Acciaio S355  $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$   $f_t = 510 \text{ N/mm}^2$   $\beta_1 = 0.70$   $\beta_2 = 0.85$

Spessore cordoni d'angolo  $s_c = 4 \text{ mm}$

### Sollecitazioni:

Nodo.CMB	V2 [N]	V3 [N]	N [N]	M2 [N mm]	M3 [N mm]	T [N mm]
6.1	46451.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

### Calcolo resistenze

Resistenza a trazione dei bulloni  $F_{tb,Rd} = 0.9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 90333.1 \text{ N}$

Resistenza a punzonamento flangia  $B_{pf,Rd} = 0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_f \cdot f_{tk} / \gamma_{M2} = 276862.3 \text{ N}$

Bull.	$F_{f,Rd}$ [N]	$F_{t,Rd}$ [N]
1	62039.5	62039.5
2	62039.5	62039.5
3	62039.5	62039.5
4	62039.5	62039.5

### Legenda

$F_{f,Rd} = M_{res,m} / (B_m \cdot R_m)$  resistenza a flessione flangia

$F_{t,Rd} = \min [F_{tb,Rd}, B_{pf,Rd}, F_{f,Rd}]$  resistenza a trazione di progetto

Resistenza a taglio dei bulloni  $F_{vb,Rd} = 1 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 60222.1 \text{ N}$

Bull.	$F_{bf,x,Rd}$ [N]	$F_{v,x,Rd}$ [N]	$F_{bf,y,Rd}$ [N]	$F_{v,y,Rd}$ [N]
1	97920.0	60222.1	133862.4	60222.1
2	97920.0	60222.1	133862.4	60222.1
3	97920.0	60222.1	133862.4	60222.1
4	97920.0	60222.1	133862.4	60222.1

### Legenda

$F_{bf,x,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \varnothing \cdot t_f / \gamma_{M2}$  resistenza a rifollamento flangia in direzione x

$F_{v,x,Rd} = \min [F_{vb,Rd}, F_{bf,x,Rd}]$  resistenza a taglio di progetto in direzione x

$F_{bf,y,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \varnothing \cdot t_f / \gamma_{M2}$  resistenza a rifollamento flangia in direzione y

$F_{v,y,Rd} = \min [F_{vb,Rd}, F_{bf,y,Rd}]$  resistenza a taglio di progetto in direzione y

### Verifiche sui bulloni

1-Taglio e trazione (Nodo n. 6, CMB n. 1)

Bull.	X [mm]	Y [mm]	$F_{v,Ed}$ [N]	$F_{v,Rd}$ [N]	$F_{t,Ed}$ [N]	$F_{t,Rd}$ [N]	$FV_1$	VER
1	25.10	-48.00	11612.8	60222.1	0.0	62039.5	0.192832	Ok
2	25.10	48.00	11612.8	60222.1	0.0	62039.5	0.192832	Ok
3	-25.10	-48.00	11612.8	60222.1	0.0	62039.5	0.192832	Ok
4	-25.10	48.00	11612.8	60222.1	0.0	62039.5	0.192832	Ok

**2-Trazione** (Nodo n. 6, CMB n. 1)

Bull.	X [mm]	Y [mm]	$F_{t,Ed}$ [N]	$F_{t,Rd}$ [N]	$FV_2$	VER
1	25.10	-48.00	0.0	62039.5	0.000000	Ok
2	25.10	48.00	0.0	62039.5	0.000000	Ok
3	-25.10	-48.00	0.0	62039.5	0.000000	Ok
4	-25.10	48.00	0.0	62039.5	0.000000	Ok

**Legenda**

$F_{v,Ed}$  forza di taglio agente sul bullone  
 $F_{v,Rd}$  resistenza a taglio di progetto del bullone  
 $F_{t,Ed}$  forza di trazione agente sul bullone  
 $F_{t,Rd}$  resistenza a trazione di progetto del bullone  
 $FV_1 = F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / (1.4 \cdot F_{t,Rd})$   
 $FV_2 = F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$   
 $VER \rightarrow FV_i \leq 1$

**Verifiche sulle saldature profilo-flangia (versione beta)**

Si considera la sezione di gola (avente altezza  $a = s_c / 2^{0.5} = 2.828$ ) in posizione ribaltata: vengono considerate positive le tensioni normali di trazione e le tensioni tangenziali agenti verso destra e verso il basso. Tutte le tensioni sono espresse in  $N/mm^2$ .

**Verifica formula (4.2.78)** (Nodo n. 6, CMB n. 1)

Cordoni	$n_{\perp}$	$t_{\perp}$	$\tau_{\parallel}$	$FV_1$	$VER_1$
Ala inferiore interno lato destro	0.00	0.00	0.00	0.00	Ok
Ala inferiore interno lato sinistro	0.00	0.00	0.00	0.00	Ok
Anima lato destro	0.00	0.00	56.24	56.24	Ok
Anima lato sinistro	0.00	0.00	56.24	56.24	Ok
Ala superiore interno lato destro	0.00	0.00	0.00	0.00	Ok
Ala superiore interno lato sinistro	0.00	0.00	0.00	0.00	Ok

**Verifica formula (4.2.79)** (Nodo n. 6, CMB n. 1)

Cordoni	$n_{\perp}$	$t_{\perp}$	$\tau_{\parallel}$	$FV_2$	$VER_2$
Ala inferiore interno lato destro	0.00	0.00	0.00	0.00	Ok
Ala inferiore interno lato sinistro	0.00	0.00	0.00	0.00	Ok
Anima lato destro	0.00	0.00	0.00	0.00	Ok
Anima lato sinistro	0.00	0.00	0.00	0.00	Ok
Ala superiore interno lato destro	0.00	0.00	0.00	0.00	Ok
Ala superiore interno lato sinistro	0.00	0.00	0.00	0.00	Ok

**Legenda**

$n_{\perp}$  tensione normale perpendicolare all'asse del cordone  
 $t_{\perp}$  tensione tangenziale perpendicolare all'asse del cordone  
 $\tau_{\parallel}$  tensione tangenziale parallela all'asse del cordone  
 $FV_1 = (n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)^{0.5}$   
 $FV_2 = |n_{\perp}| + |t_{\perp}|$   
 $VER_i \rightarrow FV_i \leq \beta_i \cdot f_{yk} \quad (\beta_1 \cdot f_{yk} = 248.50 \text{ N/mm}^2, \beta_2 \cdot f_{yk} = 301.75 \text{ N/mm}^2)$

## **Ancoraggio**

### **Tirafondi ad aderenza**

Lunghezza tirafondi  $L_t = 200 \text{ mm}$

Lunghezza minima tirafondi: 10 diametri (160 mm)

### **Calcestruzzo**

Resistenza cubica caratteristica a compressione	$R_{ck} =$	40.00 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	33.20 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_C =$	18.81 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} = 0,7 \cdot 0,30 \cdot f_{ck}^{2/3} =$	2.17 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo	$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta \cdot f_{ctk} / \gamma_C =$	3.25 N/mm <sup>2</sup>

### **Compressione massima calcestruzzo** (Nodo n. 6, CMB n. 1)

$$p_{max} = 0.00 \text{ N/mm}^2 < f_{cd} \text{ Ok}$$

### **Verifica ancoraggio**

Si considera la massima sollecitazione di trazione agente nei tirafondi (Nodo n. 6, CMB n. 1)

Trazione di progetto dell'ancoraggio	$F_{t,an,Ed} = \max [ F_{t,Ed} ] =$	0.0 N
--------------------------------------	-------------------------------------	-------

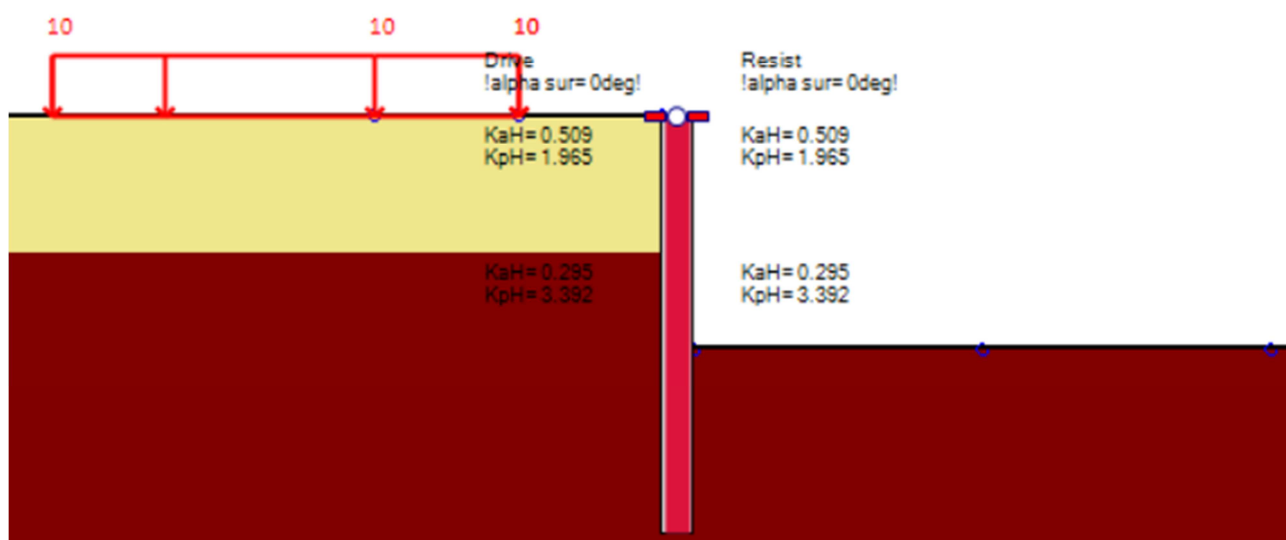
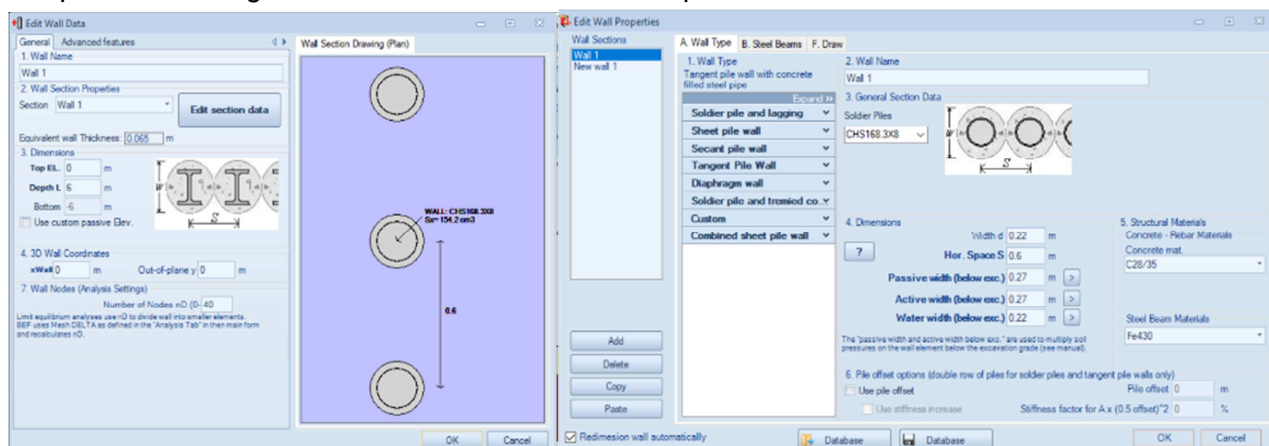
Il sistema di ancoraggio non è sollecitato



## 15. OPERE PROVVISORIALI

Su tre lati della vasca saranno realizzate paratie di micropali per sostenere lo scavo che, date le geometrie in gioco non consentono uno scavo a scarpa.

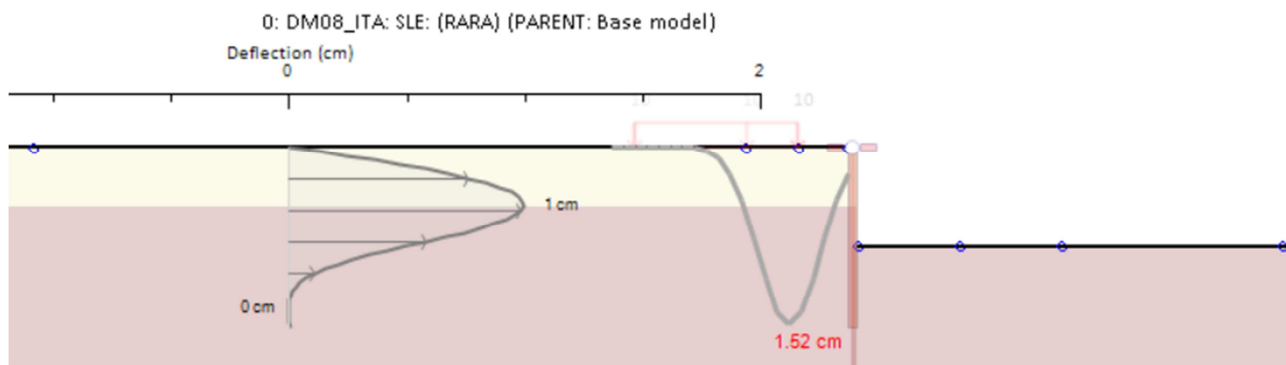
Si riportano nel seguito le analisi e le verifiche delle paratie.



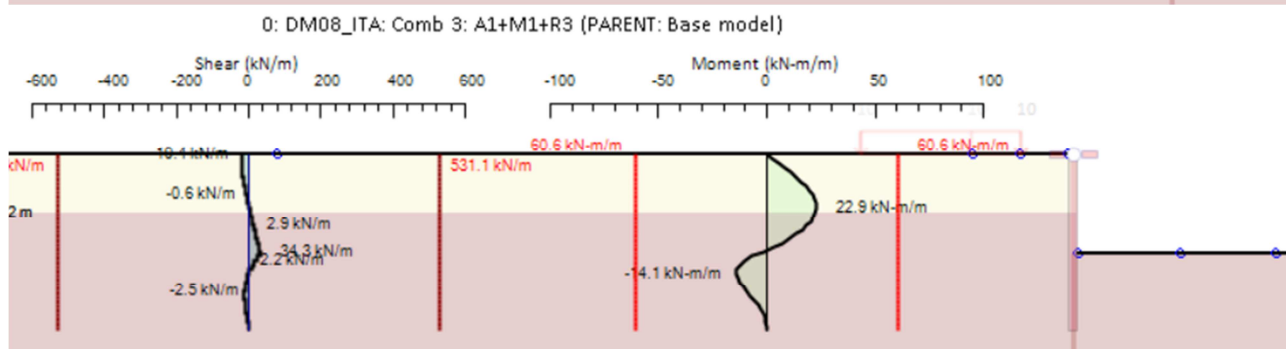
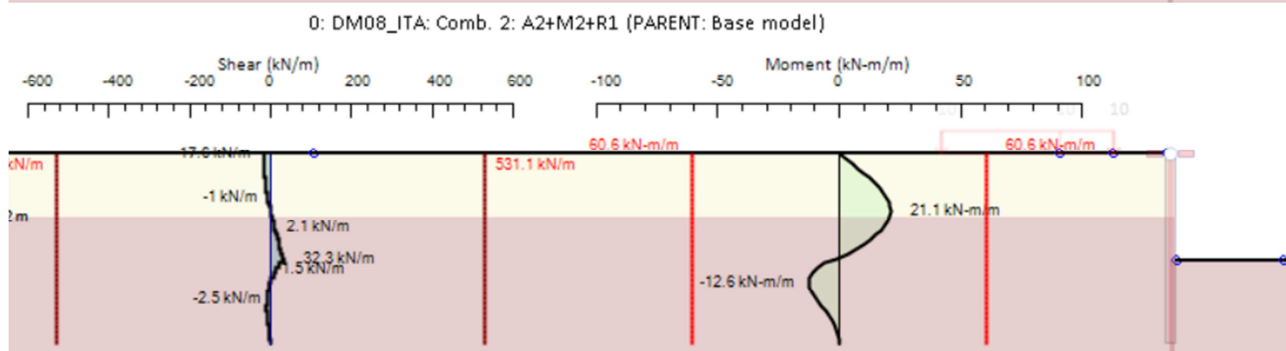
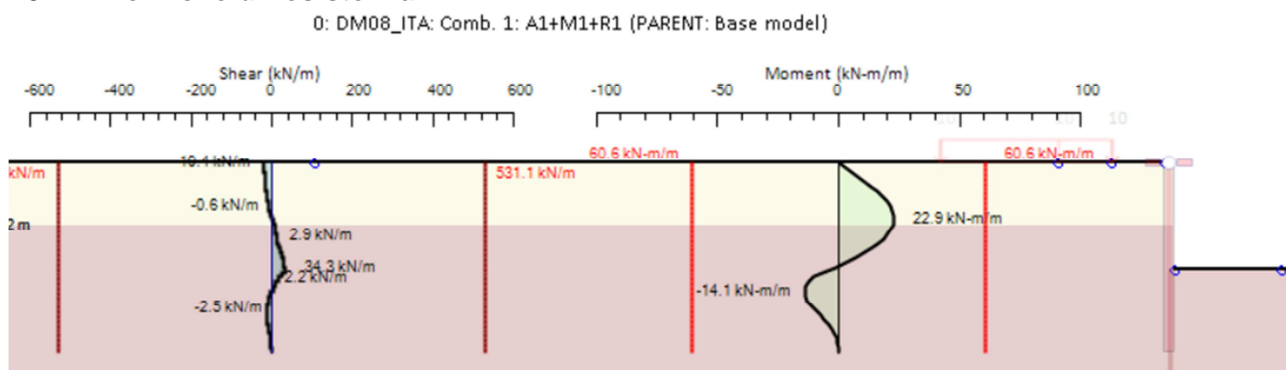
### 15.1. Risultati delle analisi

	Calculation Result	Wall Displacement [cm]	Settlement [cm]	Wall Moment [kNm/m]	Wall Shear [kN/m]	STR Combined Wall Ratio	STR Moment Wall Ratio	STR Shear Wall Ratio	Max Support Reaction [kN/m]
Base model	Calculation successful	1	1.52	17.4	26.08	0.287	0.287	0.049	14.79
Comb. 1: A1+M1+R1	Calculation successful	1.01	1.54	22.87	34.26	0.377	0.377	0.065	19.4
Comb. 2: A2+M2+R1	Calculation successful	1.23	1.89	21.11	32.25	0.348	0.348	0.061	17.64
EQK - GEO	Calculation successful	1.2	1.85	20.68	31.62	0.341	0.341	0.06	17.33
EQK - STR	Calculation successful	1	1.52	17.4	26.08	0.287	0.287	0.049	14.79
Comb 3: A1+M1+R3	Calculation successful	1.01	1.54	22.87	34.26	0.377	0.377	0.065	19.4
SLE: (RARA)	Calculation successful	1	1.52	17.4	26.08	0.287	0.287	0.049	14.79

### 15.1.1. Verifiche deformative



### 15.1.2. Verifiche di resistenza



### 15.1.3. Reazioni Massime

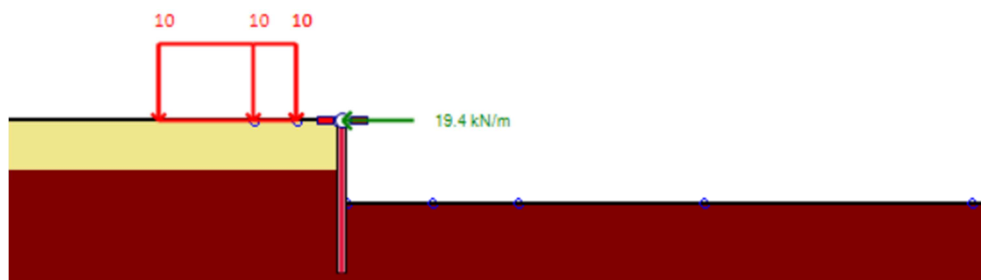
0: DM08\_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1 (PARENT: Base model)



0: DM08\_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1 (PARENT: Base model)



0: DM08\_ITA: Comb. 3: A1+M1+R3 (PARENT: Base model)



## 15.2. Sistema di contrasti

Per sostenere la paratia verrà realizzato un sistema di contrasti costituito dal cordolo di testa e da puntoni metallici HEA 120.

Il carico agente, pari alla massima reazione sulla paratia è pari a 19.4 kN/m.

### 15.2.1. Verifica del cordolo di testa

VERIFICA DI UNA TRAVE IN C.A. A STATO LIMITE ULTIMO E DI ESERCIZIO (verifica trave rettangolare o a T)

PINEROLO - Vasca di raccolta grigliato - Cordolo di testa pali

Normativa di riferimento Decreto 14/01/2008 Norme Tecniche

SEZIONE				MATERIALI			
Ala superiore	B	cm		Acciaio	$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_s$ 1.15
Spessore ala superiore	$h_s$	cm		B450C	$E_s$	210000 N/mm <sup>2</sup>	
Anima	$b_u$	50.0 cm					
Altezza totale	H	40.0 cm	H/L = 1/10	Calcestruzzo	$f_{ck}$	25 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_c$ 1.50
Copri ferro asse armatura compressa	$c'$	2.0 cm		C25/30	$R_{ck}$	30 N/mm <sup>2</sup>	$\alpha_{cc}$ 0.85
Copri ferro asse armatura tesa	c	3.0 cm			$E_c$	31500 N/mm <sup>2</sup>	
Altezza utile	d	37.0 cm	0,9d = 33.3 cm	Fluage	$\phi$	1.70	
Luce trave	L	3.90 m		Ritiro	$\epsilon_r$	$2 \cdot 10^{-4}$	
ANALISI DEI CARICHI				Tensione in comb. rare			
PERMANENTI	kN/m <sup>2</sup>	m		$f_{yk}$	391.3 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{yk}$	0.186%
Peso proprio			5.0 kN/m	$f_{yk}$	360.0 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{yk}$	0.186%
Solaio			5.00 kN/m	$f_{yk}$	14.2 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{yk}$	2.6 N/mm <sup>2</sup>
Totale pesi propri	$\gamma_{G1}$ 1.30	x	5.00 kN/m	$f_{yk}$	15.0 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{yk}$	11.3 N/mm <sup>2</sup>
Permanenti portali		x	0.50 kN/m	$f_{yk}$	11.3 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{yk}$	7.1 N/mm <sup>2</sup>
Tramezzi		x	0.50 kN/m	$f_{yk}$	11.3 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{yk}$	7.1 N/mm <sup>2</sup>
Murature di tamponamento		x	0.50 kN/m	$f_{yk}$	11.3 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{yk}$	7.1 N/mm <sup>2</sup>
Totale permanenti	$\gamma_{G2}$ 1.30	x	0.50 kN/m	$f_{yk}$	11.3 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{yk}$	7.1 N/mm <sup>2</sup>
VARIABILI		x	0.50 kN/m	$f_{yk}$	11.3 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{yk}$	7.1 N/mm <sup>2</sup>
Totale variabili	$\gamma_o$ 1.50	x	0.50 kN/m	$f_{yk}$	11.3 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{yk}$	7.1 N/mm <sup>2</sup>
SLU - STATO LIMITE ULTIMO FLESSIONE				Tensione in comb. quasi permanenti			
Momento di calcolo trave continua	$M^*$	36.88 kNm		$f_{yk}$	11.3 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{yk}$	7.1 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente per calcolo momento minimo	$\alpha$	8		$f_{yk}$	11.3 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{yk}$	7.1 N/mm <sup>2</sup>
Momento minimo	$M_{min} = qL^2/\alpha$	12.36 kNm		$f_{yk}$	11.3 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{yk}$	7.1 N/mm <sup>2</sup>
Momento di verifica	$M_{ed}$	36.88 kNm		$f_{yk}$	11.3 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{yk}$	7.1 N/mm <sup>2</sup>
Momento resistente	$M_{rd}$	62.76 kNm	verificato 1.70	$f_{yk}$	11.3 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{yk}$	7.1 N/mm <sup>2</sup>
Deformazioni	Campo 2	$\epsilon_c$ -1.141	$\epsilon_s$ 10.000	$f_{yk}$	11.3 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{yk}$	7.1 N/mm <sup>2</sup>
		x	3.89 cm	$f_{yk}$	11.3 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{yk}$	7.1 N/mm <sup>2</sup>

### 15.2.2. Verifica dei puntoni di contrasto

Il carico assiale agente sui puntoni, dalla teoria delle travi può essere calcolato come:

$$L_{inf} = 0.6 \times L_{cord} = 0.6 \times 7 = 4.2 \text{ m}$$

$$N = 19.4 \times L_{inf} = 81.48 \text{ kN}$$

lavoro **PINEROLO ACEA - Puntoni Paratie**



HE 120 A

### Materiali utilizzati

### Caratteristiche di sollecitazione nella sezione di verifica

Classificazione della sezione trasversale di verifica

Distribuzione delle tensioni normali nei punti salienti della sezione trasversale



**Tensioni elastiche per  $Cl \leq 4$**

### Tensioni elastiche per $CL < 4$

### Classificazione della sezione nel caso di pura compressione

### Classificazione del pannello d'anima nel caso di presso/tensio flessione

**Nota:** il presente metodo di classificazione si basa sull'effettiva distribuzione delle tensioni normali all'interno della sezione trasversale dovuta alla presenza contemporanea di forza assiale e momento flettente, secondo la EN1993-1-5:2006

### Classificazione dell'anima soggetta a presso/tenso flessione

### Dimensioni efficaci del pannello d'anima

### Costruzione del dominio di transizione di classe

**Punto 1:**

**Punto 4:**

Forza assiale	$N_3$	359.76 [kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore	$M_3$	9.33 [kNm]
Angolo	$\theta_3$	0.026 [rad]

#### Caratteristiche meccaniche efficaci della sezione trasversale

Area efficace della sezione trasversale	$A_{eff}$	2530.00 [mm <sup>2</sup> ]
Eccentricità tra il baricentro della sez. integra e quello della sez. efficace	$e_{Nz}$	0.000 [mm]
Momento d'inerzia attorno all'asse maggiore della sez. efficace	$I_{eff,y}$	6.062E+06 [mm <sup>4</sup> ]
Momento d'inerzia attorno all'asse minore della sez. efficace	$I_{eff,z}$	2.309E+06 [mm <sup>4</sup> ]
Moduli di resistenza efficaci attorno all'asse maggiore	$W_{eff,y,1}$	1.064E+05 [mm <sup>3</sup> ]
	$W_{eff,y,2}$	1.064E+05 [mm <sup>3</sup> ]
	$W_{eff,y,min}$	1.064E+05 [mm <sup>3</sup> ]
Modulo di resistenza efficace attorno all'asse minore	$W_{eff,z}$	3.848E+04 [mm <sup>3</sup> ]

Forza assiale	$N_5$	695.75 [kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore	$M_5$	0.00 [kNm]
Angolo	$\theta_5$	0.000 [rad]

#### Classificazione della sezione trasversale nel caso di presso/tenso flessione biassiale

**Nota:** nel caso di presenza di forza assiale di compressione e momento flettente attorno all'asse minore si adotta, in favore di sicurezza, la classificazione della sezione per pura compressione.

Forza assiale di progetto	$N_{Ed}$	81.48 [kN]
Momento flettente di progetto attorno all'asse maggiore	$M_{y,Ed}$	0.00 [kNm]
Momento flettente di progetto attorno all'asse minore	$M_{z,Ed}$	0.00 [kNm]
Angolo	$\theta_{Ed}$	0.000 [rad]
Classificazione nel caso di assenza di forza normale	$CL_{N=0}$	1
Classificazione nel caso di tenso flessione biassiale	$CL_{N<0}$	1
Classificazione nel caso di presso flessione biassiale	$CL_{N>0}$	3
Classificazione della sezione trasversale	<b>CL</b>	<b>3</b>

#### Verifiche di resistenza della sezione trasversale

<b>Resistenza a trazione pura</b>		
Resistenza plastica a trazione	$N_{t,Rd}$	662.62 [kN]
Verifica a trazione pura	$\rho_{Nt}$	0.000 [-]
<b>Resistenza a compressione pura</b>		
Resistenza a compressione pura	$N_{c,Rd}$	662.62 [kN]
Verifica a compressione pura	$\rho_{Nc}$	0.123 [-]
<b>Resistenza a taglio</b>		
Tensioni tangenziali nell'ala dovute al momento torcente	$\tau_{tf,Ed}$	0.00 [N/mm <sup>2</sup> ]
Tensioni tangenziali nell'anima dovute al momento torcente	$\tau_{tw,Ed}$	0.00 [N/mm <sup>2</sup> ]
Verifica torsionale per pura torsione	$\rho_T$	0.000 [-]
Area resistente a taglio in direzione parallela all'anima	$A_{vz,eff}$	846.00 [mm <sup>2</sup> ]
Resistenza plastica a taglio in direzione parallela all'anima	$V_{pl,z,Rd}$	127.92 [kN]
Area resistente a taglio in direzione parallela all'anima	$A_{vy,eff}$	1920.00 [mm <sup>2</sup> ]
Resistenza plastica a taglio in direzione parallela alle ali	$V_{pl,y,Rd}$	290.32 [kN]
Resistenza plastica a taglio in direzione parallela all'anima, ridotta per $T_{Ed}$	$V_{pl,T,z,Rd}$	127.92 [kN]
Resistenza plastica a taglio in direzione parallela alle ali, ridotta per $T_{Ed}$	$V_{pl,T,y,Rd}$	290.32 [kN]
Verifica a taglio - torsione in direzione parallela all'anima	$\rho_{Vt}$	0.000 [-]
Verifica a taglio - torsione in direzione parallela alle ali	$\rho_{Vy}$	0.000 [-]

#### Resistenza a flessione, forza assiale e taglio

##### Calcolo plastico per sezioni in classe 1 o 2

Parametri limite che valutano l'intensità della forza assiale	$N_{lim,1}$	165.65 [kN]
	$N_{lim,2}$	64.17 [kN]
	$N_{lim,3}$	128.33 [kN]
	$n$	0.123 [-]
	$a$	0.241 [-]
Resistenza a flessione attorno all'asse maggiore ridotta per effetto di $N_{Ed}$	$M_{Ny,Rd}$	31.21 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse maggiore	$\rho_{Nt - My - pl}$	ver. CL. 3 [-]
Resistenza a flessione attorno all'asse minore ridotta per effetto di $N_{Ed}$	$M_{Nz,Rd}$	15.41 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse minore	$\rho_{Nt - Mz - pl}$	ver. CL. 3 [-]
Verifica di presso/tenso flessione biassiale (metodo normale)	$\rho_{Nt - My - Mz - pl}$	ver. CL. 3 [-]
Verifica di presso/tenso flessione biassiale (metodo cautelativo)	$\rho_{Nt - My - Mz - pl}$	ver. CL. 3 [-]

##### Calcolo elastico per sezioni in classe 3

Tensione normale massima agente nell'ala superiore	$\sigma_{x,Ed,fs}$	32.21 [N/mm <sup>2</sup> ]
Verifica relativa alle sole tensioni normali nell'ala superiore	$\rho_{\sigma x,fs}$	0.123 [-]
Tensione tangenziale dovuta al taglio agente nell'ala superiore	$\tau_{vy,Ed}$	0.00 [N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale dovuta al momento torcente agente nell'ala superiore	$\tau_{tf,Ed}$	0.00 [N/mm <sup>2</sup> ]
Verifica relativa alle tensioni totali agenti nell'ala superiore	$\rho_{\sigma x + \tau fs}$	0.015 [-]
Tensione normale massima agente nell'ala inferiore	$\sigma_{x,Ed,fi}$	32.21 [N/mm <sup>2</sup> ]
Verifica relativa alle sole tensioni normali nell'ala inferiore	$\rho_{\sigma x,fi}$	0.123 [-]
Verifica relativa alle tensioni totali agenti nell'ala inferiore	$\rho_{\sigma x + \tau fi}$	0.015 [-]
Tensione normale agente nell'anima	$\sigma_{x,Ed,w}$	32.21 [N/mm <sup>2</sup> ]
Verifica relativa alle sole tensioni normali nell'anima	$\rho_{\sigma x,w}$	0.123 [-]
Tensione tangenziale dovuta al taglio agente nell'anima	$\tau_{vz,Ed}$	0.00 [N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale dovuta al momento torcente agente nell'anima	$\tau_{tw,Ed}$	0.00 [N/mm <sup>2</sup> ]
Verifica relativa alle tensioni totali agenti nell'anima	$\rho_{\sigma x + \tau w}$	0.015 [-]

#### Verifiche di stabilità flessionale, torsionale e flesso - torsionale

Lunghezza geometrica della membratura	$L$	3.50 [m]
Coefficiente di lunghezza di libera inflessione attorno all'asse maggiore	$\beta_y$	1.00 [-]
Coefficiente di lunghezza di libera inflessione attorno all'asse minore	$\beta_z$	1.00 [-]
Lunghezza di libera inflessione attorno all'asse maggiore	$L_{cr,y}$	3500.00 [mm]
Lunghezza di libera inflessione attorno all'asse minore	$L_{cr,z}$	3500.00 [mm]

#### Resistenza nei confronti dell'instabilità torsionale

Forza normale critica per instabilità torsionale	$N_{cr,T}$	1796 [kN]
Snellezza adimensionale per instabilità torsionale	$\lambda_{a,d,T}$	0.6224 [-]
Coefficiente di imperfezione attorno all'asse minore	$\alpha_T$	0.49 [-]
Coefficiente di instabilità	$\phi_T$	0.7972 [-]
Coefficiente di riduzione di resistenza	$\chi_T$	0.7720 [-]
Resistenza all'instabilità torsionale	$N_{bT,Rd}$	511.56 [kN]
Verifica nei confronti dell'instabilità torsionale	$\rho_{buck - T}$	0.159 [-]

#### Resistenza a flessione

Modulo di resistenza di calcolo attorno all'asse maggiore	$W_y$	1.20E+05 [mm <sup>3</sup> ]
Resistenza a flessione attorno all'asse maggiore	$M_{cy,Rd}$	31.30 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse maggiore	$\rho_{My}$	0.000 [-]
Modulo di resistenza di calcolo attorno all'asse minore	$W_z$	5.89E+04 [mm <sup>3</sup> ]
Resistenza a flessione attorno all'asse minore	$M_{cz,Rd}$	15.41 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse minore	$\rho_{Mz}$	0.000 [-]

#### Resistenza a flessione e taglio (per sezioni di classe 1 o 2)

Fattore di riduzione per la presenza della forza di taglio parallela all'anima	$\rho_{Vz,red}$	0.00 [-]
Fattore di riduzione per la presenza della forza di taglio parallela alle ali	$\rho_{Vy,red}$	0.00 [-]
Resistenza a flessione ridotta, attorno all'asse maggiore	$M_{Vy,Rd}$	31.30 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse maggiore	$\rho_{My - Vz}$	ver. CL. 3 [-]
Resistenza a flessione ridotta, attorno all'asse minore	$M_{Vz,Rd}$	15.41 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse minore	$\rho_{Mz - Vy}$	ver. CL. 3 [-]

#### Calcolo elastico per sezioni in classe 4

Tensione normale massima agente nell'ala superiore	$\sigma_{x,Ed,fs}$	32.21 [N/mm <sup>2</sup> ]
Verifica relativa alle sole tensioni normali nell'ala superiore	$\rho_{\sigma x,fs}$	ver. CL. 3 [-]
Tensione tangenziale dovuta al taglio agente nell'ala superiore	$\tau_{vy,Ed}$	0.00 [N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale dovuta al momento torcente agente nell'ala superiore	$\tau_{tf,Ed}$	0.00 [N/mm <sup>2</sup> ]
Verifica relativa alle tensioni totali agenti nell'ala superiore	$\rho_{\sigma x + \tau fs}$	ver. CL. 3 [-]
Tensione normale massima agente nell'ala inferiore	$\sigma_{x,Ed,fi}$	32.21 [N/mm <sup>2</sup> ]
Verifica relativa alle sole tensioni normali nell'ala inferiore	$\rho_{\sigma x,fi}$	ver. CL. 3 [-]
Verifica relativa alle tensioni totali agenti nell'ala inferiore	$\rho_{\sigma x + \tau fi}$	ver. CL. 3 [-]
Tensione normale agente nell'anima	$\sigma_{x,Ed,w}$	32.21 [N/mm <sup>2</sup> ]
Verifica relativa alle sole tensioni normali nell'anima	$\rho_{\sigma x,w}$	ver. CL. 3 [-]
Tensione tangenziale dovuta al taglio agente nell'anima	$\tau_{vz,Ed}$	0.00 [N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale dovuta al momento torcente agente nell'anima	$\tau_{tw,Ed}$	0.00 [N/mm <sup>2</sup> ]
Verifica relativa alle tensioni totali agenti nell'anima	$\rho_{\sigma x + \tau w}$	ver. CL. 3 [-]

#### Resistenza nei confronti dell'instabilità flessionale

Area della sezione trasversale da considerare nel calcolo	$A$ o $A_{eff}$	2530 [mm <sup>2</sup> ]
Forza normale critica euleriana attorno all'asse maggiore	$N_{cr,y}$	1026 [kN]
Forza normale critica euleriana attorno all'asse minore	$N_{cr,z}$	391 [kN]
Snellezza adimensionale attorno all'asse maggiore	$\lambda_{a,d,y}$	0.8236 [-]
Snellezza adimensionale attorno all'asse minore	$\lambda_{a,d,z}$	1.3345 [-]
Rapporto dimensionale per la determinazione delle curve di instabilità	$h/b$	0.95 [-]
Spessore massimo della sezione trasversale	$t_{max}$	8 [mm]
Curva di instabilità attorno all'asse maggiore	Curva $\gamma - \gamma$	b [-]
Curva di instabilità attorno all'asse minore	Curva $z - z$	c [-]
Coefficiente di imperfezione attorno all'asse maggiore	$\alpha_y$	0.34 [-]
Coefficiente di instabilità attorno all'asse maggiore	$\phi_y$	0.9452 [-]
Coefficiente di imperfezione attorno all'asse minore	$\alpha_z$	0.49 [-]
Coefficiente di instabilità attorno all'asse minore	$\phi_z$	1.6684 [-]
Coefficiente di riduzione di resistenza attorno all'asse maggiore	$\chi_y$	0.7098 [-]
Coefficiente di riduzione di resistenza attorno all'asse minore	$\chi_z$	0.3746 [-]
Resistenza all'instabilità flessionale attorno all'asse maggiore	$N_{by,Rd}$	470.31 [kN]
Resistenza all'instabilità flessionale attorno all'asse minore	$N_{bz,Rd}$	248.19 [kN]
Verifica nei confronti dell'instabilità flessionale	$\rho_{buck - N}$	0.328 [-]