

CO	01/09/08	EMISSIONE PER APPROVAZIONE	GM	GB	YE
REVISIONE		DESCRIZIONE	EL.	CON.	APP.

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
MAGISTRATO ALLE ACQUE

## NUOVI INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA DI VENEZIA

CONVENZIONE REP. 7191 DEL 04-10-1991  
ATTO ATTUATIVO REP. 8249 DEL 28-12-2007  
ATTO ATTUATIVO A VALERE SU 4<sup>A</sup> ASSEGNAZIONE CIPE PER IL "SISTEMA MOSE"

### INTERVENTI ALLE BOCCHE LAGUNARI PER LA REGOLAZIONE DEI FLUSSI DI MAREA

CUP: D51B02000050001

### PROGETTO ESECUTIVO

WBS: LN.F1.27

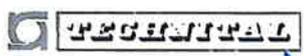
WBE: LN.F1.27.PE.04

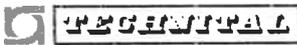
### BOCCA DI LIDO S. NICOLO' - SPALLA NORD (ISOLA - 3<sup>A</sup> FASE) ED EDIFICIO DI CONTROLLO EDIFICI TECNOLOGICI - 2<sup>A</sup> FASE

### TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI RELAZIONE DI CALCOLO

ELABORATO  G. Monini	CONTROLLATO  G. Bisi	APPROVATO  Y. Eprim
N. ELABORATO <b>MV145P-PE-NCR-0600-C0</b>	CODICE FILE MV145P-PE-NCR-0600-C0.doc	DATA 01 Settembre 2008

### CONSORZIO "VENEZIA NUOVA"

COORDINAMENTO PROGETTAZIONE VERIFICATO P. Dal Santo 	CONTROLLATO MT Brotto 	PROGETTAZIONE  IL RESPONSABILE: Ing. A. SCOTTI  CONSULENZA SPECIALISTICA HILSON MORAN - incico
 CONSORZIO VENEZIA NUOVA 		

	Rev. C0	Data: 01/09/08	El. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 2
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

## **MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**

### **MAGISTRATO ALLE ACQUE**

#### **NUOVI INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA DI VENEZIA**

**CONVENZIONE REP. 7191 DEL 04-10-1991**

**ATTO ATTUATIVO REP. 8249 DEL 28-12-2007**

**ATTO ATTUATIVO A VALERE SU 4^ ASSEGNAZIONE CIPE PER IL "SISTEMA MOSE"**

**CONSORZIO VENEZIA NUOVA**

**INTERVENTI ALLE BOCCHE LAGUNARI PER LA REGOLAZIONE**

**DEI FLUSSI DI MAREA**

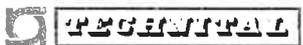
**- PROGETTO ESECUTIVO -**

**BOCCA DI LIDO S. NICOLO' – SPALLA NORD**

**(ISOLA – 3a FASE) ED EDIFICIO DI CONTROLLO**

**EDIFICI TECNOLOGICI 2<sup>a</sup> FASE – TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI**

**RELAZIONE DI CALCOLO**

	Rev. C0	Data: 01/09/08	El. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 3
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

## INDICE

1.	PREMESSA	5
2.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	12
3.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	13
4.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	14
4.1	Acciaio per barre ad aderenza migliorata ( $0 < \varnothing \leq 40$ mm)	14
4.2	Calcestruzzo Classe di resistenza C35/45	14
5.	ANALISI DEI CARICHI ELEMENTARI	16
5.1	Peso proprio (carico permanente)	16
5.2	Carichi permanenti soletta di copertura a q.ta +3.80 (carico permanente)	16
5.3	Spinta del terreno (carico permanente)	16
5.4	Spinta idrostatica (carico permanente)	16
5.5	Carichi variabili di esercizio a quota +5.00 (carico accidentale)	17
5.6	Spinta del terreno indotta dal sovraccarico (carico accidentale)	17
5.7	Sisma	18
5.7.1	Accelerazione sismica di progetto	18
5.7.2	Spinta del terreno in fase sismica	19
6.	CRITERI DI VERIFICA	21
6.1	Situazioni progettuali	21
6.2	Azioni sulle strutture e periodi di ritorno	22
6.2.1	Valore di progetto delle azioni	24
6.2.2	Valore di progetto delle proprietà dei materiali	24
6.2.3	Stati limite ultimi	25
6.3	Stati limite di servizio	26
6.4	Coefficienti di sicurezza parziali per i materiali	27
6.5	Modalità di verifica agli stati limite ultimi	27
6.5.1	Verifiche a flessione	27
6.5.2	Verifiche a taglio	28
6.6	Modalità di verifica agli stati limite di servizio	29
6.6.1	Verifiche di fessurazione	29
7.	ANALISI DEL TUNNEL SERVIZI	32
7.1	Modello di calcolo	32

	Rev. C0	Data: 01/09/08	EI. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 4
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

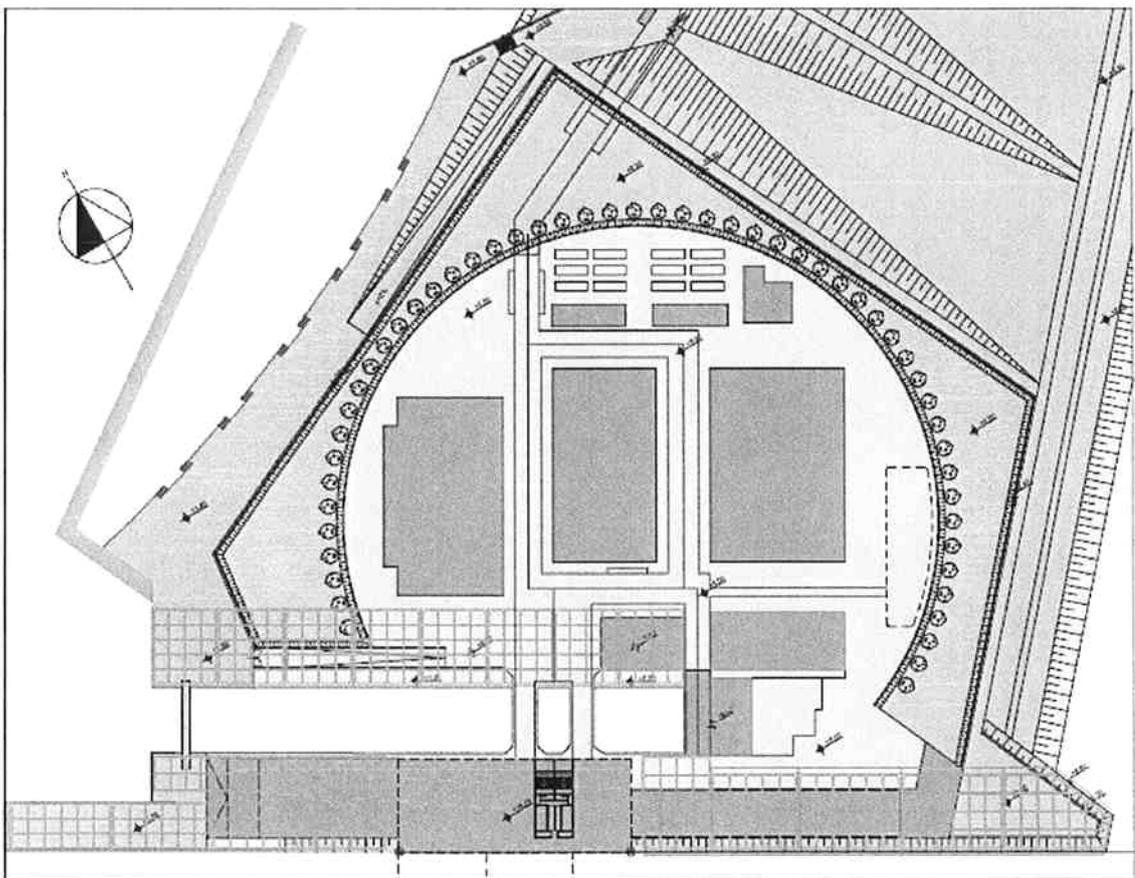
7.2	Combinazioni di progetto	42
7.2.1	Combinazioni agli stati limite ultimo (SLU)	42
7.2.2	Combinazioni agli stati limite di equilibrio (EQU)	42
7.2.3	Combinazioni agli stati limite di esercizio (SLE)	42
8.	RISULTATI DEL CALCOLO	43
8.1	Verifica al galleggiamento – Stato limite di equilibrio (EQU)	44
8.2	Platea di fondazione	45
8.2.1	Verifica a flessione (SLU)	51
8.2.2	Verifica a fessurazione (SLE)	53
8.2.3	Verifica a taglio (SLU)	54
8.3	Pareti Verticali	55
8.3.1	Verifica a flessione armatura verticale (SLU)	60
8.3.2	Verifica a fessurazione (SLE)	62
8.3.3	Verifica a taglio (SLU)	63
8.4	Soletta di copertura	64
8.4.1	Verifica a flessione (SLU)	69
8.4.2	Verifica a fessurazione (SLE)	71
8.4.3	Verifica a taglio (SLU)	72
9.	CONCLUSIONI	73



## 1. PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto le verifiche strutturali del Tunnel Servizi ubicato nell'isola tra S.Nicolò e Treporti nell'area impianti a tergo dei cassoni della spalla nord della Bocca di Lido San Nicolò.

In Figura 1-1 si rappresenta l'area dei fabbricati tecnologici: si precisa che la sistemazione esterna al limite rappresentato dal cerchio impiantistico è solamente indicativa in quanto dipendente dal progetto di sistemazione architettonica ancora in corso.



*FIG. 1-1 – SPALLA NORD BOCCA DI LIDO S.NICOLÒ - AREA EDIFICI TECNOLOGICI*

	Rev. C0	Data: 01/09/08	EI. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 6
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

Il tunnel servizi la cui ubicazione è riportata in Figura 1-2, è completamente interrato ed è posizionato al di sotto delle strade principali nell'area edifici tecnologici.

La sezione del tunnel è costituita da due gallerie indipendenti (principale e secondaria) completamente separate e segregate l'una dall'altra, e con uscite di sicurezza e torrini di aerazione disposti lungo il percorso del tunnel, all'interno sono presenti passerelle per cavi elettrici e tubazioni per l'impiantistica meccanica.

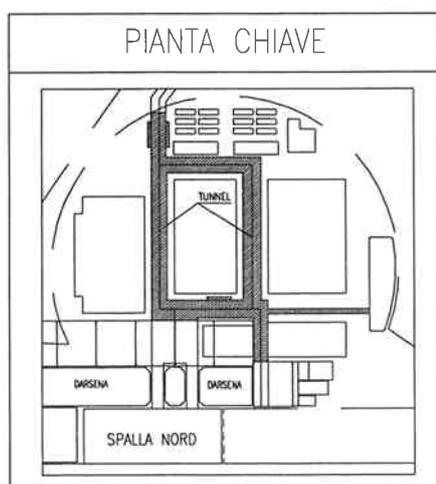


FIG. 1-2 – PIANTA CHIAVE AREA EDIFICI TECNOLOGICI

Il tunnel ha una struttura in cemento armato ed è realizzato in opera con tecnologie tradizionali; la sezione netta dei rami principali del tunnel è pari a 3.50x2.80 con pareti verticali di spessore pari a 30 cm e soletta di fondazione e copertura di spessore pari a 40 cm.

Dopo aver realizzato il riempimento con materiale proveniente da dragaggio del volume a tergo dei palancolati degli edifici circostanti fino a quota +1.50 m s.m.m, si procederà allo sbancamento fino a quota +0.30 m s.m.m come imposta di fondazione del tunnel.

Il progetto dei tunnel è cantierabile fino alla quota +5.00 m. La fornitura di tutti gli elementi previsti oltre tale quota è esclusa dalla presente WBE in quanto la loro geometria e le loro caratteristiche dipendono dal progetto di sistemazione architettonica di superficie.

Nelle figure seguenti sono riportate le piante a quota soletta di copertura dei vari conci del tunnel con le sezioni trasversali più significative del tunnel in oggetto.

	Rev. C0	Data: 01/09/08	EI. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 7
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

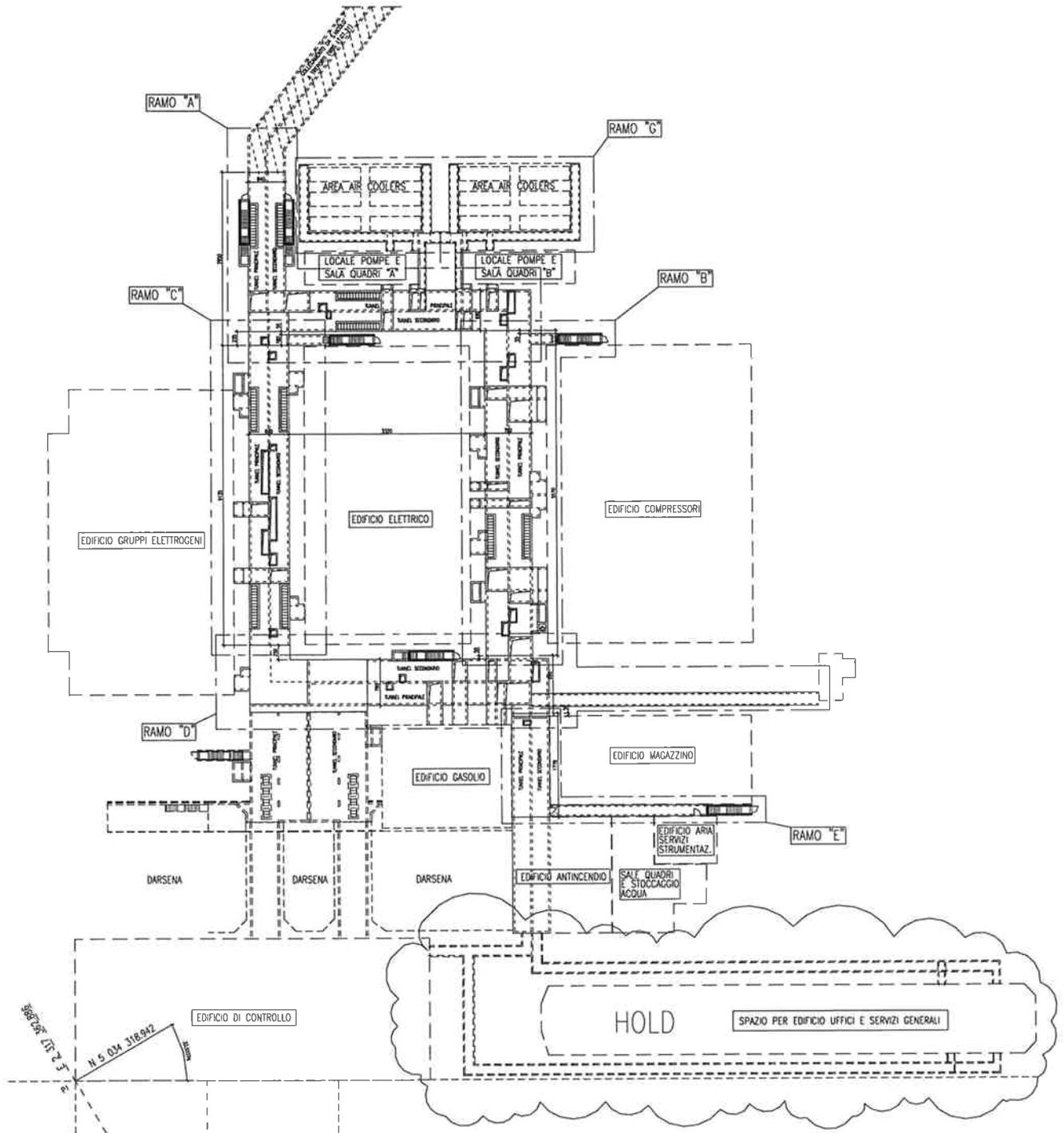


FIG. 1-3 – PLANIMETRIA GENERALE TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI TECNOLOGICI

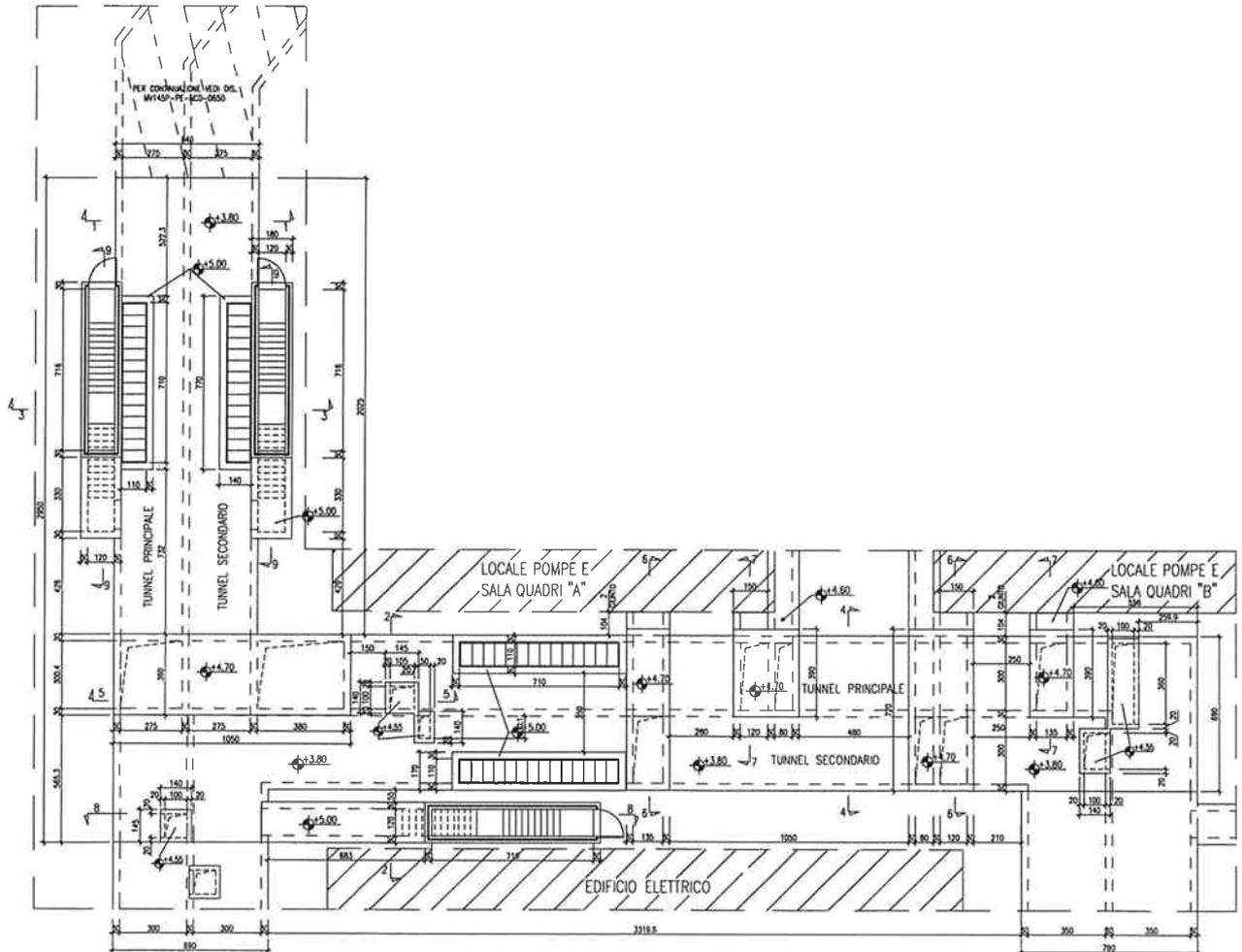


FIG. 1-4 – TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI TECNOLOGICI - CONCIO "A" – PIANTA

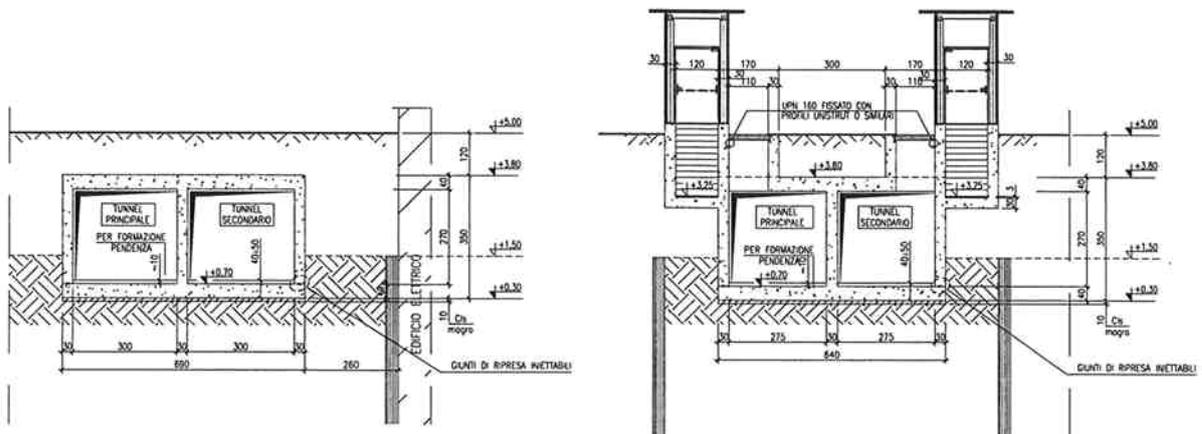
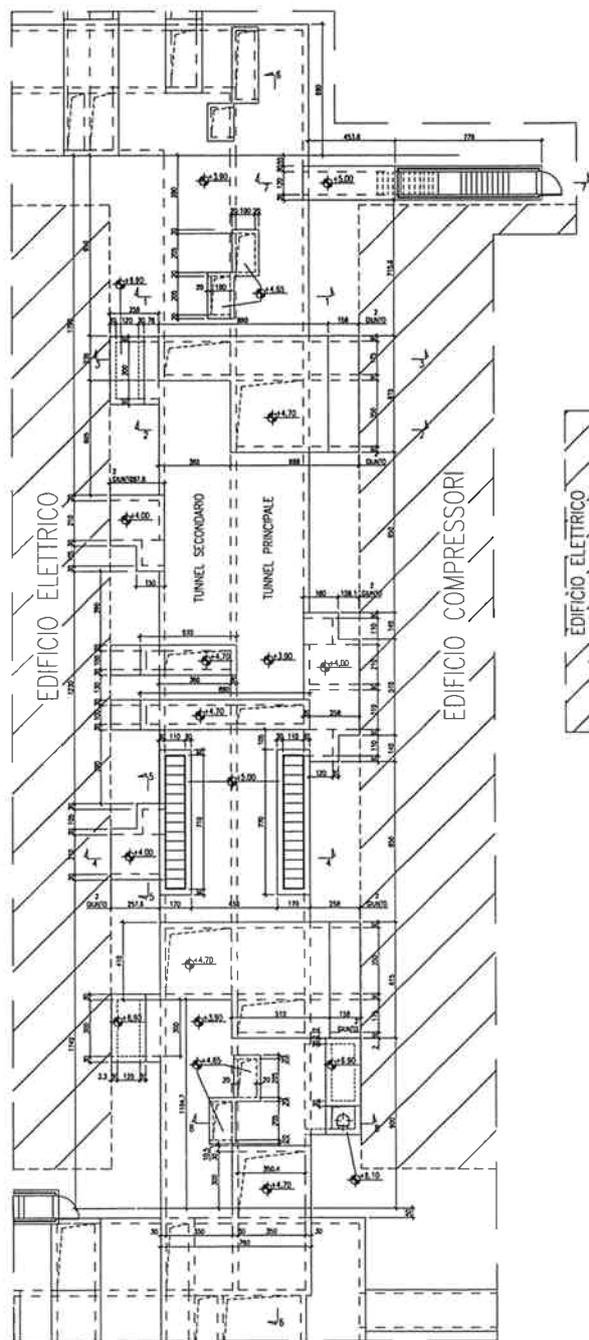


FIG. 1-5 – TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI TECNOLOGICI - CONCIO "A" – SEZIONI TRASVERSALI



## SEZIONE 1-1

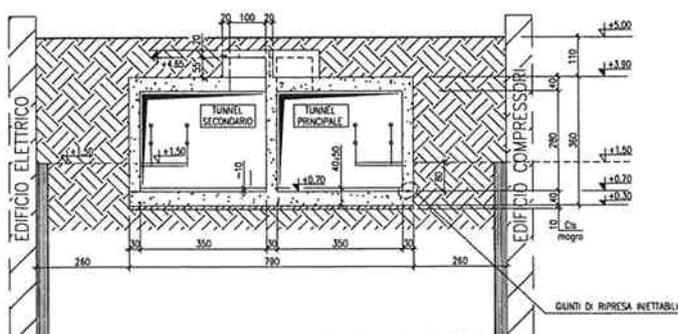
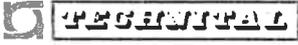


FIG. 1-6 – TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI TECNOLOGICI - CONCIO “B” – PIANTA E SEZIONE TRASVERSALE TIPICA

	Rev. C0	Data: 01/09/08	EI. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 10
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

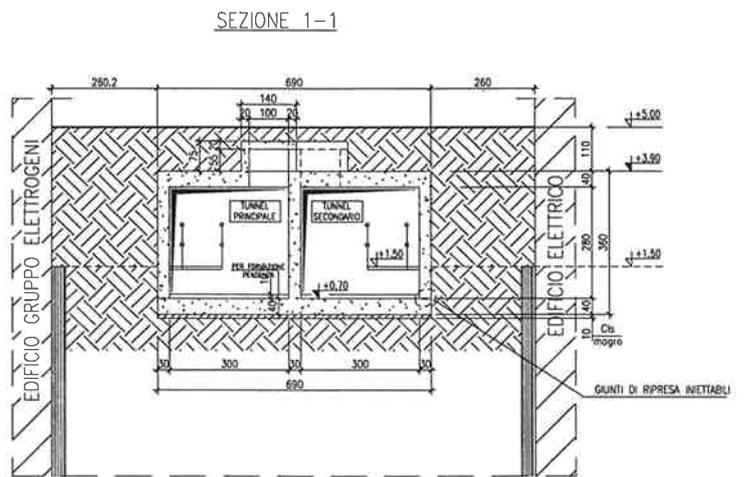
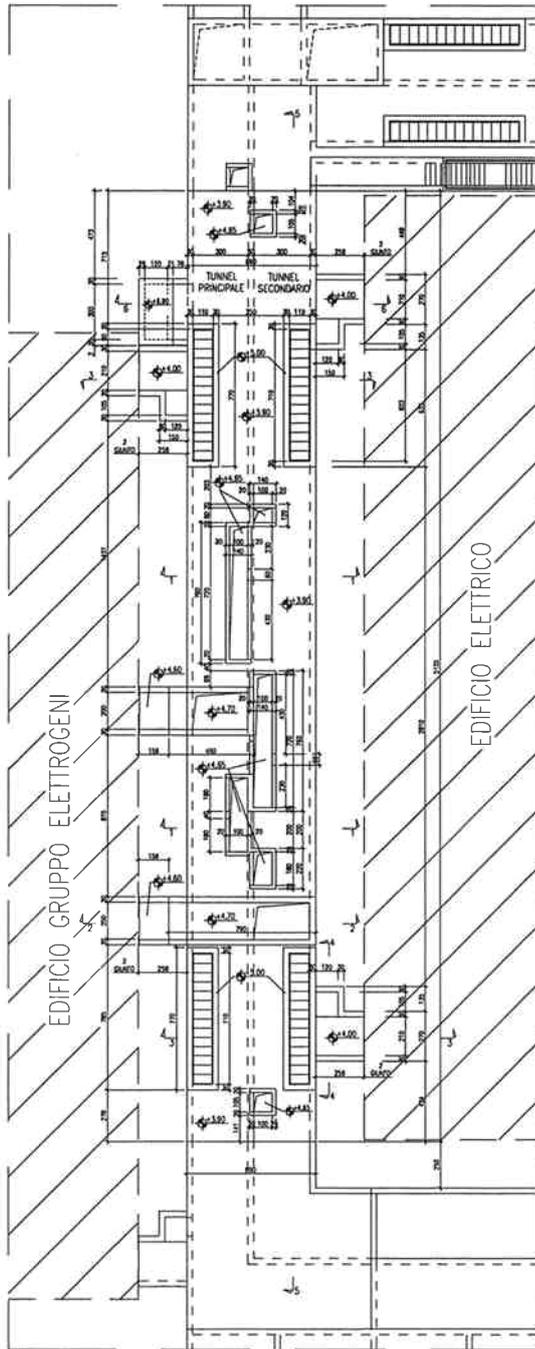
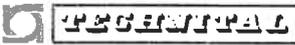


FIG. 1-7 – TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI TECNOLOGICI - CONCIO “C” – PIANTE E SEZIONE TRASVERSALE TIPICA

	Rev. C0	Data: 01/09/08	El. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 11
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

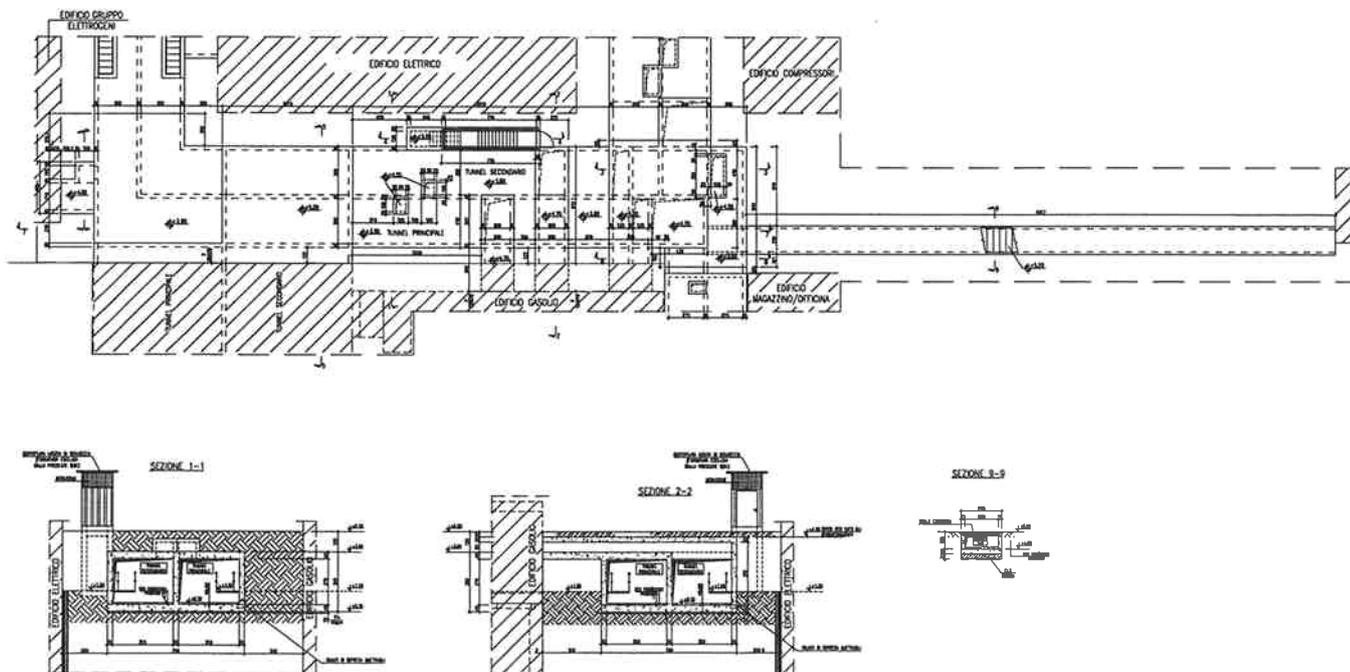


FIG. 1-8 – TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI TECNOLOGICI - CONCIO “D” – PIANTE E SEZIONI TRASVERSALI

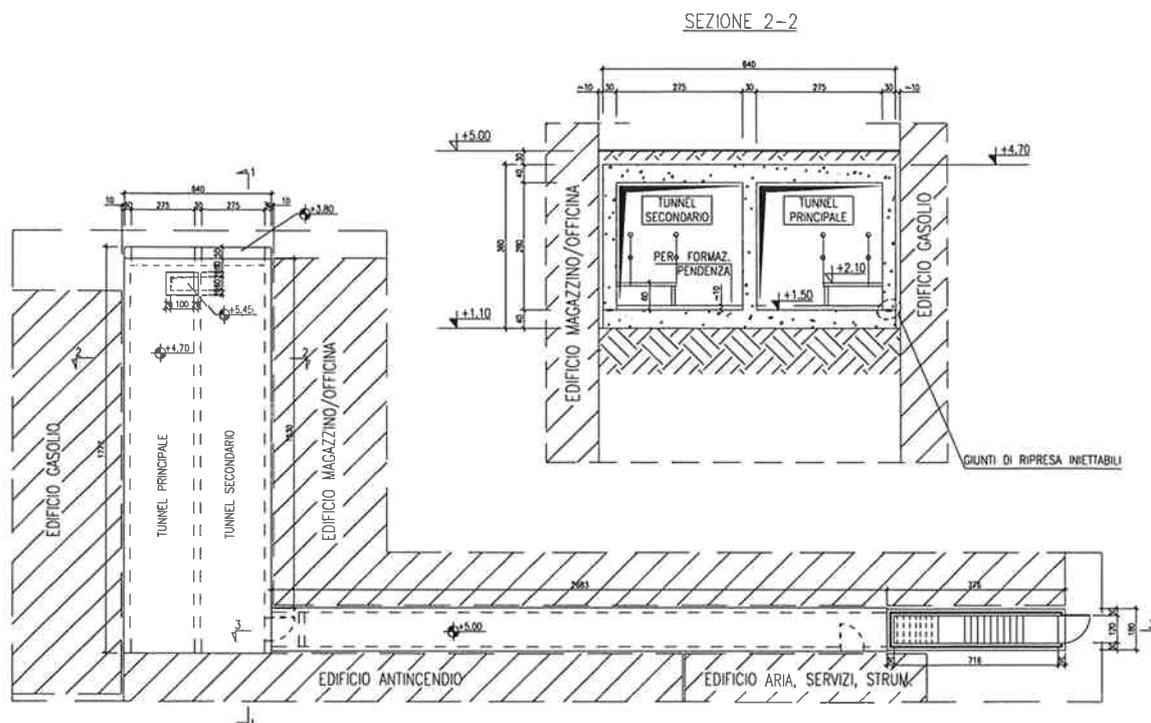


FIG. 1-9 – TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI TECNOLOGICI - CONCIO “E” – PIANTE E SEZIONE TRASVERSALE

	Rev. C0	Data: 01/09/08	EI. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 12
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

## 2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Nel seguito della presente relazione di calcolo, sviluppata secondo il metodo degli Stati Limite Ultimi e di Esercizio, si utilizzeranno i seguenti riferimenti normativi:

Normativa italiana sulle strutture:

- D.M. 14 gennaio 2008 - “Norme Tecniche per le costruzioni”;

Eurocodici:

- UNI EN 1990:2004 - Eurocodice – “Criteri generali di progettazione strutturale”;
- UNI ENV 1992-1-1:2005 – Eurocodice 2 – “Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1 - 1 -Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI ENV 1993-1-1:2003 – Eurocodice 3 – “Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1 - 1 -Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI - ENV 1994-1-1 - Eurocodice 4 – “Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1 - 1 -Regole generali e regole per gli edifici”
- UNI EN 1997-1:2005 – Eurocodice 7 – “Progettazione geotecnica - Parte 1: regole generali”;
- 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 1998-5:2005 – Eurocodice 8 – “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.

	Rev. C0	Data: 01/09/08	El. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 13
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

### 3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

La presente relazione fa riferimento ai disegni esecutivi di progetto richiamati nell'elenco elaborati (rif. doc. n.° MV145P-PE-NZL-1500).

Per quanto riguarda la parte geotecnica si fa riferimento ai seguenti documenti:

- MV026S-PE-LGG-1001 - “Indagini geognostiche alla Bocca di Lido – Tavole allegate alla relazione tecnica generale”;
- MV026S-PE-LGG-1002 - “Indagini geognostiche alla Bocca di Lido –Relazione tecnica generale”.

 <b>CONSORZIO</b>	Rev. C0	Data: 01/09/08	EI. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 14
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

#### 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Nel seguito vengono riportate le caratteristiche meccaniche dei materiali costituenti gli elementi strutturali di cui sono composte le opere oggetto di analisi e verifica nella presente relazione.

Per una descrizione maggiormente dettagliata di tali materiali, anche in merito alle loro caratteristiche tecnologiche, di durabilità e agli aspetti realizzativi si rimanda alla Relazione Tecnica Generale.

##### 4.1 Acciaio per barre ad aderenza migliorata ( $0 < \varnothing \leq 40$ mm)

B450C (ex FeB44k saldabile)	tipo di acciaio
$f_{yk} \geq 450$ Mpa	tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq 540$ Mpa	tensione caratteristica di rottura

In zona sismica si deve avere:

$$1.15 < f_y / f_{yk} < 1.35$$

$$f_{y,eff} / f_{y,nom} < 1.25$$

$$\epsilon_{su,k} > 7.5 \%$$

Per quanto riguarda gli Stati Limite di Esercizio, nelle combinazioni di carico rare si adotterà la limitazione tensionale  $\sigma_{s,max} = 0.8 \times f_{yk} = 360.0$  N/mm<sup>2</sup>.

##### 4.2 Calcestruzzo Classe di resistenza C35/45

Il calcestruzzo impiegato per tutti i getti in opera avrà le seguenti caratteristiche:

$R_{ck}$	= 45 Mpa	resistenza caratteristica cubica;
$f_{ck}$	= 35 Mpa	resistenza caratteristica cilindrica;
$f_{cd}$	= 23.34 Mpa	resistenza a compressione di calcolo;
$f_{ctm}$	= 3.20 Mpa	resistenza media a trazione;
$f_{ctk}$	= 2.20 Mpa	resistenza caratteristica a trazione;
$f_{cfm}$	= 3.84 Mpa	resistenza media a trazione per flessione;
$f_{cfk}$	= 2.69 Mpa	resistenza caratteristica a trazione per flessione;
E	= 34077 Mpa	modulo elastico di Young.

 <b>CONSORZIO</b>	Rev. C0	Data: 01/09/08	El. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 15
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

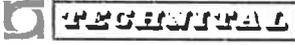
Nella definizione della resistenza a compressione di calcolo si considera il termine di lunga durata  $\alpha = 0.85$ .

Per quanto riguarda in particolare gli Stati Limite di Esercizio, si adotteranno le seguenti limitazioni tensionali:

- combinazione rara  $\sigma_{c,max} = 0.6 \times f_{ck} = 21.0 \text{ N/mm}^2$
- combinazione quasi permanente  $\sigma_{c,max} = 0.45 \times f_{ck} = 15.75 \text{ N/mm}^2$

Il copriferro minimo misurato sul ferro di forza più esterno è pari a 5.0 cm.

Le ampiezze di fessura verranno contenute a 0.3 mm per combinazioni di carico frequenti e 0.2 mm in tutti gli altri casi.

	Rev. C0	Data: 01/09/08	El. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 16
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

## 5. ANALISI DEI CARICHI ELEMENTARI

Si riportano di seguito le indicazioni relative ai carichi elementari considerati per il dimensionamento statico del tunnel.

### 5.1 Peso proprio (carico permanente)

I pesi propri strutturali delle opere in cemento armato vengono valutati assumendo un peso specifico  $\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$ .

### 5.2 Carichi permanenti soletta di copertura a q.ta +3.80 (carico permanente)

Sulla soletta di copertura del tunnel è previsto un riempimento con materiale arido compattato (cassonetto per strada) fino a quota +5.00 m.

Considerando un peso specifico del materiale pari a  $20.00 \text{ kN/m}^3$  si ottiene un sovraccarico uniformemente distribuito pari a  $g_1 = 24.0 \text{ kN/m}^2$ .

### 5.3 Spinta del terreno (carico permanente)

A tergo delle pareti laterali del tunnel è previsto un riempimento fino alla quota della soletta di copertura.

Per tale riempimento verrà utilizzato materiale proveniente da dragaggio avente peso specifico pari a  $18 \text{ kN/m}^3$  ed angolo d'attrito interno  $\Phi' = 32^\circ$ .

In favore di sicurezza la pressione indotta dal terreno viene valutata assumendo un peso specifico del terreno  $\gamma_T = 20 \text{ kN/m}^3$  e come coefficiente di spinta il valore a riposo  $K_0 = 0.50$ .

### 5.4 Spinta idrostatica (carico permanente)

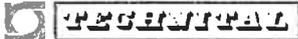
In condizioni statiche si considera a favore di sicurezza il livello della falda a quota +1.00 m s.l.m.

Il peso specifico dell'acqua di mare vale:

$$\gamma_i = 10.1 \text{ kN/m}^3$$

Per cui essendo la quota di imposta fondazioni +0.30 avremo una sottospinta idrostatica pari a:

$$p_i = 7.1 \text{ kN/m}^2$$

	Rev. C0	Data: 01/09/08	El. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 17
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

### 5.5 Carichi variabili di esercizio a quota +5.00 (carico accidentale)

Il piano a q.ta +5.00 al di sopra del tunnel è carrabile per cui si considera il seguente carico variabile di esercizio distribuito su tutta la soletta di copertura del tunnel:

- Piano carrabile  $Q_1 = 20.0 \text{ kN/m}^2$ ;

Di questa condizione di carico si considera anche la condizione con carico distribuito solamente su una porzione di soletta di copertura.

Si considera inoltre un altro tipo di sovraccarico accidentale, quello dovuto agli stabilizzatori di una gru necessaria a far calare i compressori e/o i generatori elettrici nei rispettivi edifici interrati.

Supponendo di posizionare un carico massimo di 20 t (generatore elettrico) con uno sbraccio massimo di 10 m si potrebbe utilizzare un'autogru da 55 t (con sbraccio 0) su tre assi che pesa a vuoto circa 36 t.

Considerando di avere il peso dell'autogru su quattro stabilizzatori mentre il peso del generatore solamente su due avremo che sugli stabilizzatori più caricati il carico massimo sarà:

$$Q = 36/4 + 20/2 = 19 \text{ t} = 190 \text{ kN}$$

Gli stabilizzatori di solito sono su una piastra di 50 cm di lato, e pensando ad una diffusione del carico a 45° sull'asse della soletta di copertura del tunnel avremo il seguente carico distribuito:

$$Q_2 = 190/(0.50+2 \cdot 1.40)^2 = 17.5 \text{ kN/m}^2 < Q_1 = 20.0 \text{ kN/m}^2$$

valore che è inferiore al carico  $Q_1$ , per cui non viene preso in considerazione.

### 5.6 Spinta del terreno indotta dal sovraccarico (carico accidentale)

A ridosso di entrambe le pareti laterali del tunnel si considera agente un sovraccarico accidentale di  $20 \text{ kN/m}^2$  a cui corrisponde una spinta del terreno uniforme di intensità pari a  $Q_2 = 20 \text{ kN/m}^2 \times K_0 = 10 \text{ kN/m}^2$ .

In questo caso si considera la spinta dovuta al sovraccarico oltre che su entrambe le pareti laterali anche su una sola parete.

	Rev. C0	Data: 01/09/08	EI. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 18
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

## 5.7 Sisma

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che si verifichi in un certo intervallo temporale un evento sismico di entità pari ad un valore prefissato.

Il lasso di tempo in questione è il “ $V_R$  che, associato alla “probabilità di superamento nel periodo di riferimento”  $P_{VR}$ , determina il periodo di ritorno  $T_R$  del sisma:

Il periodo di ritorno del sisma per le analisi agli stati limite eseguite è pari a:

$$T_R = V_R \quad \text{stato limite di danno (SLD)}$$

$$T_R = 9.50 \cdot V_R \quad \text{stato limite di salvaguardia della vita (SLV)}$$

La vita di riferimento dell’opera si calcola dal prodotto tra la vita nominale  $V_N$ , da intendersi pari al numero di anni durante i quali deve essere usata, pur con la necessaria manutenzione ordinaria, per gli scopi previsti, ed il coefficiente d’uso  $C_U$  che traduce la destinazione d’uso dell’opera quantificandone l’importanza/pericolosità.

Per la struttura qui esaminata si è assunto  $V_N = 100$  anni, coerentemente alla vita utile del sistema Mose e  $C_U = 1$ , corrispondente alla classe d’uso II definita dalla Norma.

La  $V_R$  risulta di conseguenza pari a 100 anni ed i periodi di riferimento del sisma diventano:

$$T_R = 100 \text{ anni} \quad \text{stato limite di danno (SLD)}$$

$$T_R = 950 \text{ anni} \quad \text{stato limite di salvaguardia della vita (SLV)}$$

Fissato il sito di interesse, Venezia, i valori di accelerazione su suolo rigido sono:

$$a_g = 0.043 \cdot g \quad \text{stato limite di danno (SLD)}$$

$$a_g = 0.092 \cdot g \quad \text{stato limite di salvaguardia della vita (SLV)}$$

### 5.7.1 Accelerazione sismica di progetto

Le verifiche in fase sismica della struttura sono condotte in maniera semplificata mediante un’analisi pseudo-statica. L’azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per il coefficiente sismico orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$ , dove:

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

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

 <b>PROGETTAZIONE</b>	Rev. C0	Data: 01/09/08	EI. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 19
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

essendo  $a_{max}$  la massima accelerazione attesa al sito, valutata con la relazione:

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

in cui  $S$  è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_S$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ ).

Il coefficiente  $\beta_m$  dipende dalla stratigrafia del terreno e dalla capacità dell'opera di subire spostamenti rispetto al terreno. Poiché l'edificio è una struttura assai rigida, durante l'evento sismico i movimenti concessi alle strutture di sostegno sono minimi. Di conseguenza le Norme prescrivono  $\beta_m = 1$ .

I coefficienti  $S_T$  e  $S_S$  valgono rispettivamente 1 e 1.5.

I coefficienti  $k_h$  e  $k_v$  introdotti nelle analisi valgono:

$$k_h = 1 \cdot 1.5 \cdot 1 \cdot 0.043 = 0.0645 \quad \text{stato limite di danno (SLD)}$$

$$k_v = \pm 0.0323 \quad \text{stato limite di danno (SLD)}$$

$$k_h = 1 \cdot 1.5 \cdot 1 \cdot 0.092 = 0.138 \quad \text{stato limite di salvaguardia della vita (SLV)}$$

$$k_v = \pm 0.069 \quad \text{stato limite di salvaguardia della vita (SLV)}$$

Nella modellazione di un concio di tunnel tramite programma di calcolo agli elementi finiti ROBOT Millennium di Autodesk v. 20.1, sono stati applicati questi coefficienti ai pesi degli elementi strutturali ed ai sovraccarichi, in modo da riprodurre gli effetti inerziali del sisma sulla struttura e le masse ad essa applicate.

### 5.7.2 Spinta del terreno in fase sismica

La spinta sismica esercitata dal terreno in fase sismica è valutata mediante la formula di Mononobe/Okabe, pertanto si ha:

$$E_{d,t} = \frac{1}{2} \gamma^* (1 \pm k_v) K (H_1^2 - H_2^2)$$

Essendo:

$H_1$                       altezza da q.ta +5.00 ad imposta fondazioni

$H_2$                       altezza da q.ta +5.00 a soletta di copertura

$H = H_1 - H_2$             altezza delle pareti laterali

$K$                         il coefficiente di spinta attiva in fase sismica:

	Rev. C0	Data: 01/09/08	EI. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 20
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

$$K = \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos \theta \cos(\theta + \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \theta)}{\cos(\theta + \delta)}} \right]^2}$$

$\gamma^*$  è pari al peso specifico del terreno (saturo) al di sopra del livello di falda.

Si considera che l'incremento di spinta dinamica dovuto al sisma è applicato a metà altezza della parete.

L'angolo  $\theta$  della formula assume il valore:

$$\tan \theta = \frac{k_k}{1 \mp k_v} \quad \text{sopra falda}$$

	Rev. C0	Data: 01/09/08	El. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 21
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

## 6. CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche strutturali e geotecniche vengono effettuate facendo riferimento al metodo semi-probabilistico agli stati limite applicato così come descritto negli Eurocodici (in particolare EN-1990, EC1, EC2, EC3, EC7, EC8) e richiamato nella vigente normativa.

Vengono considerati sia gli *stati limite ultimi*, che sono quelli associati al collasso della struttura (o dell'insieme struttura-terreno) o alla rottura di parti di essa, sia gli *stati limite di servizio*, che corrispondono a condizioni oltre le quali specifiche richieste d'uso per una struttura o per un elemento strutturale non sono più soddisfatte.

Le verifiche di sicurezza verranno condotte con il *Metodo dei coefficienti parziali*: in tutte le *situazioni progettuali* significative, si verificherà che gli stati limite non vengono superati quando i *valori di progetto* delle *azioni*, delle *proprietà del materiale* e dei *dati geometrici* sono introdotti nei modelli strutturali e di carico impiegati.

La verifica del non superamento delle situazioni limite consente di concludere che la probabilità di raggiungere una certa situazione limite, durante la *vita utile* della struttura (o durante l'orizzonte temporale di riferimento nel caso di una fase esecutiva/costruttiva), è inferiore al valore prefissato dalla norma.

Le verifiche effettuate consentiranno di assicurare che:

- le azioni di progetto non provochino il collasso globale della struttura o del terreno (anche in situazioni eccezionali/accidentali, ad esempio sisma);
- gli effetti delle azioni di progetto non superino la resistenza di progetto della struttura allo stato limite ultimo;
- gli effetti delle azioni di progetto non superino i criteri di funzionalità per lo stato limite di servizio.

### 6.1 Situazioni progettuali

Nel prossimo capitolo verranno individuate le *situazioni di progetto* significative tenendo conto delle circostanze nelle quali si richiede alla struttura di esercitare la propria funzione.

In generale, le situazioni progettuali saranno classificate nella maniera seguente:

	Rev. C0	Data: 01/09/08	El. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 22
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

- situazioni persistenti, che si riferiscono a condizioni di esercizio normale;
- situazioni transitorie, che si riferiscono a condizioni temporanee applicabili alla struttura, per esempio in fase di esecuzione o di riparazione ;
- situazioni eccezionali o accidentali, che si riferiscono a condizioni eccezionali applicabili alla struttura, quali urti, incendi, esplosioni, ecc.;
- situazioni sismiche, che si riferiscono a condizioni applicabili alla struttura quando è soggetta ad eventi sismici.

Le situazioni progettuali che verranno descritte nel seguito, si inquadreranno nelle categorie appena presentate. Si noti che ciascuna categoria richiede una specifica analisi dell'orizzonte temporale in cui la situazione si manifesta; la situazione progettuale può manifestarsi durante tutta la vita utile della struttura o essere limitata alla durata di una specifica fase di esecuzione o riparazione.

## 6.2 Azioni sulle strutture e periodi di ritorno

Le azioni che agiscono sulle strutture sono classificate in base alla loro variazione nel tempo:

- azioni permanenti (G), come ad esempio il peso proprio delle strutture ed i carichi permanenti portati;
- azioni variabili (Q), come per esempio i sovraccarichi, le azioni dovute alle maree e alle onde;
- azioni sismiche (E).

Tutte le azioni che agiscono sulla struttura vengono introdotte nei calcoli di verifica in termini di un *valore rappresentativo*  $F_{rep} = \psi \cdot F_k$ . Il principale valore rappresentativo di una azione è il suo *valore caratteristico*  $F_{rep} = F_k$ , che viene specificato in genere come valore medio, valore superiore o inferiore o valore nominale, secondo la natura dell'azione e i dati disponibili. Tale scelta verrà di volta in volta evidenziata e discussa nei capitoli seguenti.

Nella definizione del valore caratteristico dell'azione si procederà secondo i seguenti criteri. Qualora sia definita, sulla base di un adeguato campione di osservazioni, la distribuzione statistica dell'azione, il valore caratteristico

 <b>MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI</b>	Rev. C0	Data: 01/09/08	EI. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 23
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

corrisponde al valore avente una prefissata probabilità di superamento, durante il periodo di riferimento che si considera (nel caso delle situazioni persistenti coincidente con la vita utile di progetto della struttura). Nel caso in cui la variabilità dell'azione è piccola o non ne è compiutamente definita la distribuzione statistica, si farà riferimento ad un valore medio o ad un valore nominale dell'azione.

Nel progetto verranno impiegati anche altri valori rappresentativi delle azioni variabili, in particolare:

- il valore  $\psi_0 \times Q_k$ , detto valore di combinazione, che riduce il valore caratteristico ad un valore con periodo di ritorno inferiore; esso rappresenta il valore dell'azione da considerare concomitante con il valore caratteristico dell'azione variabile dominante <sup>(1)</sup>;
- il valore  $\psi_1 \times Q_k$ , detto valore frequente, che viene ottenuto dal valore caratteristico attraverso un fattore positivo inferiore a 1, scelto in modo che il valore dell'azione abbia una specifica probabilità di essere superato durante il tempo di riferimento della situazione progettuale <sup>(2)</sup>;
- il valore  $\psi_2 \times Q_k$ , detto valore quasi-permanente, che viene ottenuto dal valore caratteristico attraverso un fattore positivo inferiore a 1, scelto in modo che il valore dell'azione abbia il 50% di probabilità di essere superato durante il tempo di riferimento della situazione progettuale.

Sulla base di questa classificazione generale, nel capitolo seguente verranno definite tutte le azioni significative che agiscono sulle strutture in esame nelle diverse situazioni progettuali considerate ed i corrispondenti valori caratteristici e rappresentativi.

Verifica con il metodo dei coefficienti parziali

I coefficienti parziali si applicano ai valori rappresentativi dei parametri (ottenuti fattorizzando i rispettivi valori caratteristici con i coefficienti  $\psi$ ) per determinare i corrispondenti valori di progetto (contrassegnati col pedice "d").

<sup>(1)</sup> La definizione del valore appropriato di  $\psi_0$  è dipendente dalla probabilità di rovina  $P_f$  ammessa per la struttura durante la sua vita utile; la norma lo assume in genere pari a 0.7.

<sup>(2)</sup> Normalmente si è considerata una probabilità di superamento pari al 10% del periodo di riferimento della situazione progettuale.

	Rev. C0	Data: 01/09/08	EI. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 24
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

### 6.2.1 Valore di progetto delle azioni

Il valore di progetto  $F_d$  di una azione viene espresso in termini generali da:

$$F_d = \gamma_f \times (\psi \times F_k)$$

essendo  $F_{rep} = \psi \times F_k$  il valore rappresentativo dell'azione considerata e  $\gamma_f$  il coefficiente parziale che tiene conto della possibilità di scostamenti sfavorevoli dei valori dell'azione rispetto al valore rappresentativo stesso.

Le azioni di progetto opportunamente combinate, insieme alle proprietà del materiale e ai dati geometrici, vengono applicate al modello di calcolo che idealizza la struttura per determinarne gli effetti  $E_d$ :

$$E_d = \gamma_{sd} \times E\{\gamma_{f,i} \times F_{rep,i}; a_d\} \quad \text{con } i \geq 1$$

dove  $a_d$  rappresenta i valori di progetto delle caratteristiche geometriche (di cui nel seguito sono stati considerati i valori nominali), mentre  $\gamma_{sd}$  è un coefficiente che tiene conto della modellazione degli effetti o delle stesse azioni.

Nel caso in cui il problema sia lineare (analisi elastica), vale il principio di sovrapposizione degli effetti, pertanto è possibile applicare al modello le azioni caratteristiche singolarmente e combinarne gli effetti. Nel caso di analisi non lineari si specificherà di volta in volta come procedere (specie per quel che riguarda l'interazione terreno struttura).

### 6.2.2 Valore di progetto delle proprietà dei materiali

Il valore di progetto  $X_d$  di una proprietà del materiale viene espresso in termini generali da:

$$X_d = \gamma_m \cdot X_k$$

essendo  $X_k$  il valore caratteristico della proprietà del materiale considerata e  $\gamma_m$  il coefficiente parziale che tiene conto sia di possibili variazioni sfavorevoli dei valori caratteristici, sia della parte aleatoria delle prove, misure e conversioni che portano alla determinazione dei valori caratteristici (nel seguito, in genere, tale coefficiente è tenuto implicitamente in conto nello stesso valore caratteristico).

La resistenza di progetto  $R_d$  viene espressa nel modo seguente:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \cdot R\{X_{d,i}; a_d\} \quad \text{con } i \geq 1$$

	Rev. C0	Data: 01/09/08	EI. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 25
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

dove  $\gamma_{Rd}$  è un coefficiente parziale che tiene conto dell'incertezza del modello di resistenza.

### 6.2.3 Stati limite ultimi

Per le strutture in progetto sono stati verificati, secondo i casi, i seguenti stati limite ultimi (la codifica si rifà alla EN 1990 e all'EC7):

- lo stato limite ultimo EQU: perdita di equilibrio statico della struttura o di qualsiasi parte di essa considerata come rigida;
- lo stato limite ultimo STR: collasso interno o deformazione eccessiva della struttura o degli elementi strutturali;

In generale, quando si è considerato uno stato limite di equilibrio statico (EQU), si è verificato che :

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stab}$$

dove  $E_{d,dst}$  è il valore di progetto dell'effetto delle azioni instabilizzanti ed  $E_{d,stab}$  è il valore di progetto dell'effetto delle azioni stabilizzanti.

Quando si è invece considerato lo stato limite di collasso interno o deformazione eccessiva della struttura (STR), si è verificato che:

$$E_d \leq R_d$$

dove  $E_d$  è il citato valore di progetto dell'effetto delle azioni e  $R_d$  è il valore di progetto della resistenza corrispondente.

Per ogni stato limite ultimo considerato, i valori di progetto delle azioni (o dei loro effetti, secondo quanto precisato nei diversi casi) sono stati determinati combinando il valore rappresentativo delle azioni che si verificano simultaneamente nel modo seguente:

- situazioni persistenti e transitorie – basate sul valore di progetto delle azioni permanenti e dell'azione variabile dominante e sui valori di combinazione delle altre azioni variabili non dominanti <sup>(3)</sup>:

<sup>(3)</sup> La notazione “+” significa “si combina con”. Nell'espressione si è passati, secondo le modalità già descritte, dal valore caratteristico al valore rappresentativo delle azioni attraverso il coefficiente  $\psi$

	Rev. C0	Data: 01/09/08	El. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 26
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- situazioni di progetto eccezionali (o accidentali) – basate sui valori di progetto delle azioni permanenti e dell'azione eccezionale (o accidentale), sul valore frequente (o quasi permanente <sup>(4)</sup>) dell'azione variabile dominante e sui valori quasi permanenti delle altre azioni variabili:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{1,1} \text{ o } \psi_{2,1}) Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- situazioni di progetto sismiche – basate sui valori caratteristici delle azioni permanenti, sui i valori quasi permanenti delle azioni variabili e sul valore di progetto dell'azione sismica:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

### 6.3 Stati limite di servizio

Le combinazioni considerate per le verifiche agli stati limite di servizio sono definite dalle seguenti espressioni:

- Combinazione caratteristica (rara)

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- Combinazione frequente

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- Combinazione quasi permanente

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Nelle condizioni di servizio si controllano le ampiezze degli spostamenti delle paratie e delle fessure nel calcestruzzo e, ove significativo, i tassi di lavoro dei materiali.

<sup>(4)</sup> La scelta fra il valore frequente o quello quasi permanente dell'azione dipende dalla specifica situazione di progetto eccezionale e viene discusso caso per caso

## 6.4 Coefficienti di sicurezza parziali per i materiali

I coefficienti di sicurezza parziali per le sezioni in cemento armato sono:

$\gamma_{cls} = 1.50$  coefficiente relativo al calcestruzzo <sup>(5)</sup>

$\gamma_s = 1.15$  coefficiente relativo all'acciaio per cls armato

## 6.5 Modalità di verifica agli stati limite ultimi

Le verifiche ed i dimensionamenti delle membrature saranno eseguiti seguendo quanto esposto nei prossimi paragrafi.

### 6.5.1 Verifiche a flessione

Le verifiche a flessione verranno eseguite controllando che, per ogni elemento si verifichi:

$$M_{Sd} < M_{Rd}$$

ovvero che il momento sollecitante ultimo sia minore del momento resistente della sezione stessa.

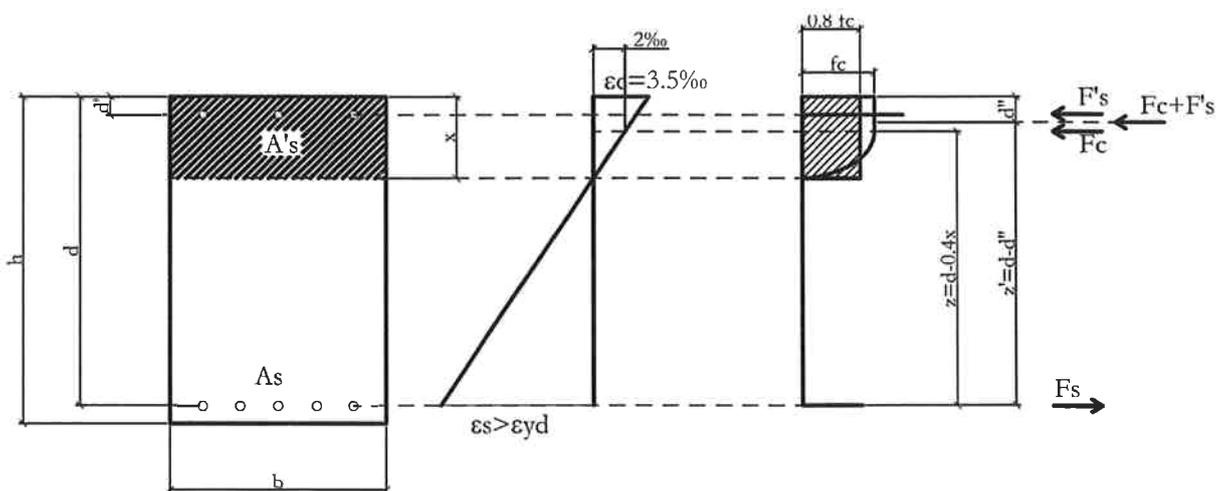


FIG. 6-1 MODELLO PER IL CALCOLO DEL MOMENTO RESISTENTE

<sup>(5)</sup> Da applicare a  $f_{cd} = 0.83 \cdot R_{ck}$  resistenza caratteristica a 28 giorni misurata su cilindri.

	Rev. C0	Data: 01/09/08	El. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 28
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

Partendo dalle prescrizioni contenute nell'Eurocodice 2 e nel Testo Unitario, il calcolo del momento resistente delle sezioni è stato eseguito secondo il modello seguente:

Momento resistente:

$$M_{RD} = F_S \cdot (d - d'')$$

dove  $d''$  viene valutato come:

$$d'' = \frac{F'_S \cdot d' + F_C \cdot 0.4 \cdot x}{F_C + F'_S}$$

$F'_S$ :

$$F'_S = f_{yd} \cdot A_S$$

$F_S$ :

$$F_S = f_{yd} \cdot A_S$$

$F_C$ :

$$F_C = 0.8 \cdot f_c \cdot b \cdot x$$

### 6.5.2 Verifiche a taglio

Secondo le prescrizioni contenute nella normativa nazionale e nell'Eurocodice 2 l'armatura a taglio è disposta in tutti gli elementi dove il taglio sollecitante  $V_{Sd}$  risulta essere maggiore di un valore di riferimento fissato dalla norma ( $V_{Rd1}$ ) ovvero se:

$$V_{Sd} > V_{Rd1}$$

dove  $V_{Rd1}$  è definito come:

$$V_{Rd1} = \left\{ 0.18 \cdot k \cdot \frac{(100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Con:

$$K = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

$$\rho_1 = \text{percentuale d'armatura di trazione } A_s/(b_w d) \leq 0.02$$

$$\sigma_{cp} = \text{sforzo assiale di compressione } N_{Ed}/A_c \leq 0.2 f_{cd}$$

$d$  = altezza utile della sezione

$b_w$  = larghezza minima della sezione

 <b>TECHNIPAL</b>	Rev. C0	Data: 01/09/08	EI. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 29
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

Ogni qual volta il taglio sollecitante risulti essere maggiore di  $V_{Rd1}$  si dovrà verificare che in ogni sezione risulti essere

$$V_{Sd} < V_{Rd2}$$

e che la sezione presenti armatura a taglio sufficiente a resistere al taglio sollecitante  $V_{Sd}$ .

$$V_{sd} \leq V_{Rd3}$$

dove:

$$V_{Rd2} = 0.9 \cdot b_w \cdot d \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{(ctg \alpha + ctg \vartheta)}{(1 + ctg^2 \vartheta)}$$

$$V_{Rd3} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg \alpha + ctg \vartheta) \cdot \sin \alpha$$

Con:

$\theta$  = inclinazione dei puntoni di calcestruzzo ( $1 \leq ctg \theta \leq 2.5$ )

$A_{sw}$  = area dell'armatura trasversale

$s$  = interasse tra le armature

$\alpha$  = angolo di inclinazione dell'armatura rispetto all'asse della trave

$f'_{cd}$  = resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ( $f'_{cd} \leq 0.5f_{cd}$ )

$\alpha_c$  = coefficiente maggiorativo dipendente dalla compressione della membratura

## 6.6 Modalità di verifica agli stati limite di servizio

### 6.6.1 Verifiche di fessurazione

In prima istanza occorre fare una verifica allo stato limite di formazione delle fessure, che si effettua confrontando il momento flettente di esercizio con il momento di prima fessurazione  $M_F$ , per effetto del quale al lembo teso della sezione si avrebbe la rottura per trazione del calcestruzzo.

	Rev. C0	Data: 01/09/08	EI. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 30
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

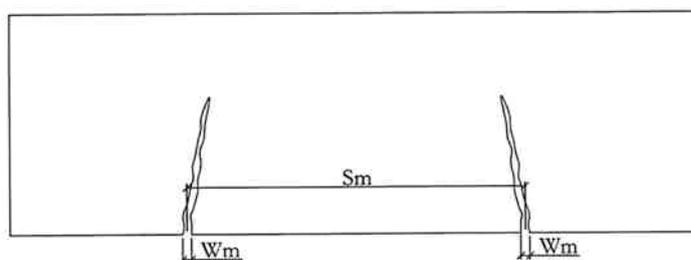
$M_F$  va calcolato in ipotesi di sezione interamente reagente, ossia portando in conto anche la resistenza a trazione del cls.

Se il momento flettente di esercizio è minore di  $M_F$  non è necessario fare il calcolo di apertura delle fessure.

La verifica agli stati limite di apertura delle fessure viene effettuata garantendo che in ogni sezione, sotto le condizioni di carico di servizio, l'ampiezza caratteristica delle fessure ( $w_k$ ) sia minore di 0.2 mm.

L'ampiezza caratteristica delle fessure viene calcolata a partire dall'ampiezza media delle fessure ( $w_m$ ) secondo la formula:

$$w_k = 1.7 \cdot w_m = 1.7 \cdot s_m \cdot \varepsilon_m$$



dove, l'espressione di  $s_m$  in millimetri è:

$$s_m = 50 + 0.25 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \phi / \rho_r$$

con:

**k1** = coefficiente sull'aderenza delle barre (1.6 per barre lisce e 0.8 per barre ad aderenza migliorata).

**k2** = coefficiente dipendente dal tipo di sollecitazione (1 per trazione pura, 0.5 per flessione)

$\phi$  = diametro delle barre espresso in millimetri

$\rho_r$  = percentuale d'armatura tesa

e l'espressione di  $\varepsilon_m$ , deformazione media delle barre d'acciaio, è:

 <b>TECNOFAL</b>	Rev. C0	Data: 01/09/08	EI. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 31
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

$$\varepsilon_m = \frac{\sigma_s}{E_s} \left[ 1 - \beta_1 \beta_2 \left( \frac{\sigma_{cr}}{\sigma_s} \right)^2 \right]$$

con:

$\sigma_{cr}$  = tensione di trazione nelle barre di acciaio conseguente all'applicazione del momento di prima fessurazione

$\sigma_s$  = tensione di trazione nelle barre d'acciaio in corrispondenza della generica sezione parzializzata.

$E_s$  = modulo di elasticità dell'acciaio

$\beta_1$  = coefficiente sull'aderenza delle barre (0.5 per barre lisce e 1 per barre ad aderenza migliorata).

$\beta_2$  = coefficiente sulla durata di applicazione del carico (1 per carichi di breve durata, 0.5 per carichi di lunga durata)

 <b>PROGETTA</b>	Rev. C0	Data: 01/09/08	El. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 32
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

## 7. ANALISI DEL TUNNEL SERVIZI

### 7.1 Modello di calcolo

Si procede all'analisi strutturale di un concio di tunnel servizi considerando, a favore di sicurezza, quello con sezione trasversale maggiore, ed utilizzando un modello tridimensionale agli elementi finiti implementato con codice di calcolo Robot Millennium v. 21.0 di Autodesk.

Più precisamente si fa riferimento alla sezione trasversale del concio "B" (vedi Fig. 1-6 )

In Fig. 7-1 si riporta la mesh di calcolo costituita da 1782 nodi e da 13 elementi finiti tipo "shell" a 4 nodi.

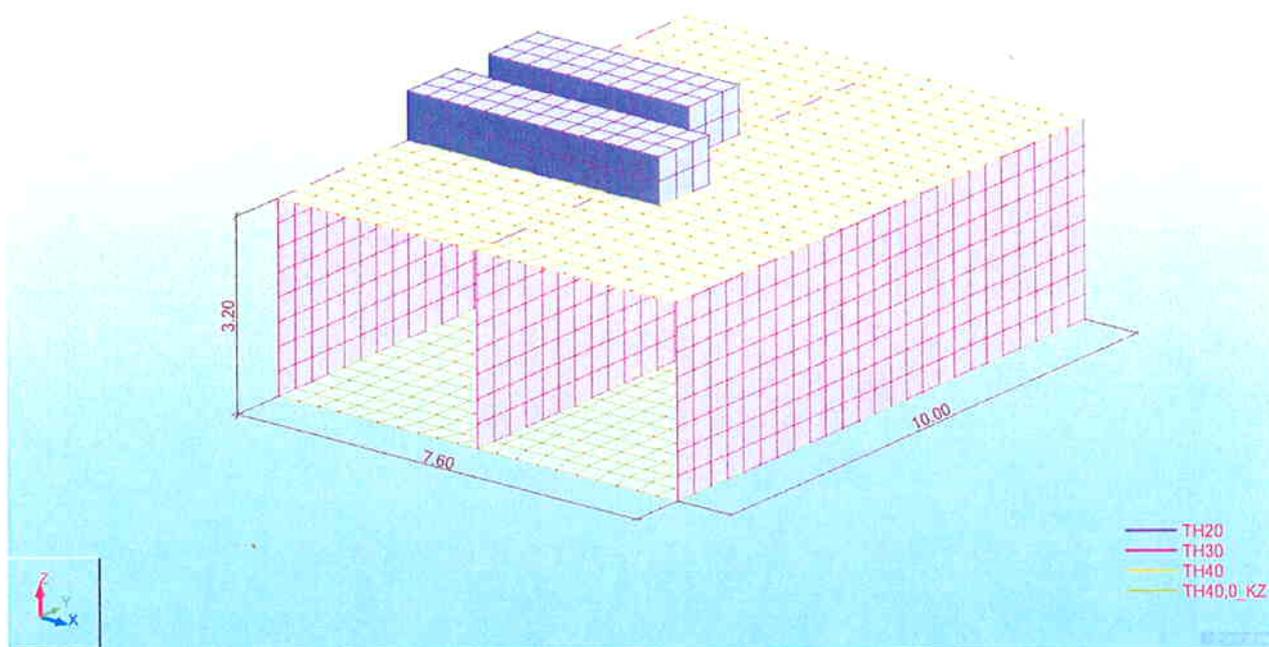


FIG. 7-1 – MODELLO DI CALCOLO – VISTA 3D

Gli elementi utilizzati hanno le seguenti caratteristiche geometriche:

- Elementi tipo "shell" che rappresentano la soletta di fondazione su suolo elastico alla Winkler:  $H = 40 \text{ cm}$ ;  $k_z = 5000 \text{ kN/m}^3$



- Elementi tipo “shell” che rappresentano le pareti verticali: H = 30 cm;
- Elementi tipo “shell” che rappresentano la soletta di copertura: H = 40 cm;
- Elementi tipo “shell” che rappresentano le pareti e solette di protezione uscita tubazioni: H = 20 cm;

Di seguito si allegano i dati di input per il modello di calcolo dell’edificio in oggetto:

NODI

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	0,40	0,40	0,00
2	0,80	0,40	0,00
3	0,80	0,80	0,00
4	0,40	0,80	0,00
5	0,80	1,20	0,00
6	0,40	1,20	0,00
7	0,80	1,60	0,00
8	0,40	1,60	0,00
9	0,80	2,00	0,00
10	0,40	2,00	0,00
11	0,80	2,40	0,00
12	0,40	2,40	0,00
13	0,80	2,80	0,00
14	0,40	2,80	0,00
15	0,80	3,20	0,00
16	0,40	3,20	0,00
17	0,80	3,60	0,00
18	0,40	3,60	0,00
19	0,80	4,00	0,00
20	0,40	4,00	0,00
21	0,80	4,40	0,00
22	0,40	4,40	0,00
23	0,80	4,80	0,00
24	0,40	4,80	0,00
25	0,80	5,20	0,00
26	0,40	5,20	0,00
27	0,80	5,60	0,00
28	0,40	5,60	0,00
29	0,80	6,00	0,00
30	0,40	6,00	0,00
31	0,80	6,40	0,00
32	0,40	6,40	0,00
33	0,80	6,80	0,00
34	0,40	6,80	0,00
35	0,80	7,20	0,00
36	0,40	7,20	0,00
37	0,80	7,60	0,00
38	0,40	7,60	0,00
39	0,80	8,00	0,00
40	0,40	8,00	0,00
41	0,80	8,40	0,00
42	0,40	8,40	0,00
43	0,80	8,80	0,00
44	0,40	8,80	0,00

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
447	0,00	4,00	0,00
448	0,00	3,60	0,00
449	0,00	4,40	0,00
450	2,28	0,00	0,00
451	2,66	0,00	0,00
452	3,04	0,00	0,00
453	3,42	0,00	0,00
454	3,80	0,00	0,00
455	3,80	0,40	0,00
456	3,80	1,20	0,00
457	3,80	0,80	0,00
458	3,80	2,00	0,00
459	3,80	2,40	0,00
460	3,80	3,20	0,00
461	3,80	4,00	0,00
462	3,80	3,60	0,00
463	3,80	2,80	0,00
464	3,80	1,60	0,00
465	3,80	4,40	0,00
466	0,00	5,20	0,00
467	0,00	4,80	0,00
468	0,00	5,60	0,00
469	0,00	6,40	0,00
470	0,00	6,00	0,00
471	0,00	7,20	0,00
472	0,00	6,80	0,00
473	0,00	7,60	0,00
474	0,00	8,00	0,00
475	0,00	8,40	0,00
476	0,00	9,20	0,00
477	0,00	8,80	0,00
478	0,00	10,00	0,00
479	0,00	9,60	0,00
480	0,38	10,00	0,00
481	0,76	10,00	0,00
482	3,80	4,80	0,00
483	3,80	5,20	0,00
484	3,80	5,60	0,00
485	3,80	6,80	0,00
486	3,80	6,40	0,00
487	3,80	7,60	0,00
488	3,80	7,20	0,00
489	3,80	8,00	0,00
490	3,80	8,40	0,00

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
893	6,40	4,40	3,20
894	6,40	4,80	3,20
895	6,40	5,20	3,20
896	6,40	5,60	3,20
897	6,40	6,00	3,20
898	6,40	6,40	3,20
899	6,40	6,80	3,20
900	6,40	7,20	3,20
901	6,40	7,60	3,20
902	6,40	8,00	3,20
903	6,40	8,40	3,20
904	6,40	8,80	3,20
905	6,40	9,20	3,20
906	6,40	9,60	3,20
907	6,80	0,40	3,20
908	6,80	0,80	3,20
909	6,80	1,20	3,20
910	6,80	1,60	3,20
911	6,80	2,00	3,20
912	6,80	2,40	3,20
913	6,80	2,80	3,20
914	6,80	3,20	3,20
915	6,80	3,60	3,20
916	6,80	4,00	3,20
917	6,80	4,40	3,20
918	6,80	4,80	3,20
919	6,80	5,20	3,20
920	6,80	5,60	3,20
921	6,80	6,00	3,20
922	6,80	6,40	3,20
923	6,80	6,80	3,20
924	6,80	7,20	3,20
925	6,80	7,60	3,20
926	6,80	8,00	3,20
927	6,80	8,40	3,20
928	6,80	8,80	3,20
929	6,80	9,20	3,20
930	6,80	9,60	3,20
931	7,20	0,40	3,20
932	7,20	0,80	3,20
933	7,20	1,20	3,20
934	7,20	1,60	3,20
935	7,20	2,00	3,20
936	7,20	2,40	3,20

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
1364	3,80	2,40	2,00
1365	3,80	2,40	1,60
1366	3,80	2,40	1,20
1367	3,80	2,40	0,80
1368	3,80	2,40	0,40
1369	3,80	2,80	2,80
1370	3,80	2,80	2,40
1371	3,80	2,80	2,00
1372	3,80	2,80	1,60
1373	3,80	2,80	1,20
1374	3,80	2,80	0,80
1375	3,80	2,80	0,40
1376	3,80	3,20	2,80
1377	3,80	3,20	2,40
1378	3,80	3,20	2,00
1379	3,80	3,20	1,60
1380	3,80	3,20	1,20
1381	3,80	3,20	0,80
1382	3,80	3,20	0,40
1383	3,80	3,60	2,80
1384	3,80	3,60	2,40
1385	3,80	3,60	2,00
1386	3,80	3,60	1,60
1387	3,80	3,60	1,20
1388	3,80	3,60	0,80
1389	3,80	3,60	0,40
1390	3,80	4,00	2,80
1391	3,80	4,00	2,40
1392	3,80	4,00	2,00
1393	3,80	4,00	1,60
1394	3,80	4,00	1,20
1395	3,80	4,00	0,80
1396	3,80	4,00	0,40
1397	3,80	4,40	2,80
1398	3,80	4,40	2,40
1399	3,80	4,40	2,00
1400	3,80	4,40	1,60
1401	3,80	4,40	1,20
1402	3,80	4,40	0,80
1403	3,80	4,40	0,40
1404	3,80	4,80	2,80
1405	3,80	4,80	2,40
1406	3,80	4,80	2,00
1407	3,80	4,80	1,60



Rev. CO

Data: 01/09/08

El. MV145P-PE-NCR-0600

Pag. n. 34

Rev.

RELAZIONE DI CALCOLO  
TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
45	0,80	9,20	0,00
46	0,40	9,20	0,00
47	0,80	9,60	0,00
48	0,40	9,60	0,00
49	1,20	0,40	0,00
50	1,20	0,80	0,00
51	1,20	1,20	0,00
52	1,20	1,60	0,00
53	1,20	2,00	0,00
54	1,20	2,40	0,00
55	1,20	2,80	0,00
56	1,20	3,20	0,00
57	1,20	3,60	0,00
58	1,20	4,00	0,00
59	1,20	4,40	0,00
60	1,20	4,80	0,00
61	1,20	5,20	0,00
62	1,20	5,60	0,00
63	1,20	6,00	0,00
64	1,20	6,40	0,00
65	1,20	6,80	0,00
66	1,20	7,20	0,00
67	1,20	7,60	0,00
68	1,20	8,00	0,00
69	1,20	8,40	0,00
70	1,20	8,80	0,00
71	1,20	9,20	0,00
72	1,20	9,60	0,00
73	1,60	0,40	0,00
74	1,60	0,80	0,00
75	1,60	1,20	0,00
76	1,60	1,60	0,00
77	1,60	2,00	0,00
78	1,60	2,40	0,00
79	1,60	2,80	0,00
80	1,60	3,20	0,00
81	1,60	3,60	0,00
82	1,60	4,00	0,00
83	1,60	4,40	0,00
84	1,60	4,80	0,00
85	1,60	5,20	0,00
86	1,60	5,60	0,00
87	1,60	6,00	0,00
88	1,60	6,40	0,00
89	1,60	6,80	0,00
90	1,60	7,20	0,00
91	1,60	7,60	0,00
92	1,60	8,00	0,00
93	1,60	8,40	0,00
94	1,60	8,80	0,00
95	1,60	9,20	0,00
96	1,60	9,60	0,00
97	2,00	0,40	0,00
98	2,00	0,80	0,00
99	2,00	1,20	0,00
100	2,00	1,60	0,00
101	2,00	2,00	0,00
102	2,00	2,40	0,00
103	2,00	2,80	0,00
104	2,00	3,20	0,00
105	2,00	3,60	0,00
106	2,00	4,00	0,00

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
491	3,80	9,20	0,00
492	3,80	8,80	0,00
493	3,80	9,60	0,00
494	1,14	10,00	0,00
495	1,52	10,00	0,00
496	1,90	10,00	0,00
497	2,28	10,00	0,00
498	2,66	10,00	0,00
499	3,42	10,00	0,00
500	3,04	10,00	0,00
501	3,80	10,00	0,00
502	4,18	0,00	0,00
503	4,56	0,00	0,00
504	4,94	0,00	0,00
505	5,32	0,00	0,00
506	5,70	0,00	0,00
507	6,08	0,00	0,00
508	6,46	0,00	0,00
509	6,84	0,00	0,00
510	7,22	0,00	0,00
511	7,60	1,20	0,00
512	7,60	2,00	0,00
513	7,60	1,60	0,00
514	7,60	0,80	0,00
515	7,60	0,00	0,00
516	7,60	0,40	0,00
517	7,60	2,40	0,00
518	7,60	3,20	0,00
519	7,60	3,60	0,00
520	7,60	4,40	0,00
521	7,60	5,20	0,00
522	7,60	4,80	0,00
523	7,60	4,00	0,00
524	7,60	2,80	0,00
525	7,60	5,60	0,00
526	3,80	6,00	0,00
527	4,18	10,00	0,00
528	4,56	10,00	0,00
529	5,32	10,00	0,00
530	4,94	10,00	0,00
531	5,70	10,00	0,00
532	7,60	6,40	0,00
533	7,60	7,20	0,00
534	7,60	8,00	0,00
535	7,60	7,60	0,00
536	7,60	6,80	0,00
537	7,60	6,00	0,00
538	7,60	8,40	0,00
539	6,08	10,00	0,00
540	6,46	10,00	0,00
541	6,84	10,00	0,00
542	7,60	8,80	0,00
543	7,60	9,20	0,00
544	7,60	9,60	0,00
545	7,22	10,00	0,00
546	7,60	10,00	0,00
547	0,40	0,40	3,20
548	0,80	0,40	3,20
549	0,80	0,80	3,20
550	0,40	0,80	3,20
551	0,80	1,20	3,20
552	0,40	1,20	3,20

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
937	7,20	2,80	3,20
938	7,20	3,20	3,20
939	7,20	3,60	3,20
940	7,20	4,00	3,20
941	7,20	4,40	3,20
942	7,20	4,80	3,20
943	7,20	5,20	3,20
944	7,20	5,60	3,20
945	7,20	6,00	3,20
946	7,20	6,40	3,20
947	7,20	6,80	3,20
948	7,20	7,20	3,20
949	7,20	7,60	3,20
950	7,20	8,00	3,20
951	7,20	8,40	3,20
952	7,20	8,80	3,20
953	7,20	9,20	3,20
954	7,20	9,60	3,20
955	0,00	0,40	3,20
956	0,00	0,00	3,20
957	0,38	0,00	3,20
958	0,76	0,00	3,20
959	0,00	1,20	3,20
960	0,00	0,80	3,20
961	0,00	1,60	3,20
962	1,14	0,00	3,20
963	1,52	0,00	3,20
964	1,90	0,00	3,20
965	0,00	2,40	3,20
966	0,00	2,00	3,20
967	0,00	3,20	3,20
968	0,00	2,80	3,20
969	0,00	4,00	3,20
970	0,00	3,60	3,20
971	0,00	4,80	3,20
972	0,00	4,40	3,20
973	0,00	5,20	3,20
974	2,28	0,00	3,20
975	2,66	0,00	3,20
976	3,04	0,00	3,20
977	3,42	0,00	3,20
978	3,80	0,80	3,20
979	3,80	5,20	3,20
980	3,80	0,00	3,20
981	3,80	6,40	3,20
982	4,80	3,20	3,20
983	4,80	4,40	3,20
984	3,80	0,40	3,20
985	3,80	1,60	3,20
986	3,80	1,20	3,20
987	3,80	2,40	3,20
988	3,80	5,60	3,20
989	3,80	6,00	3,20
991	2,80	5,20	3,20
992	4,80	4,40	4,00
993	4,80	3,20	4,00
994	3,80	6,40	4,00
995	3,80	5,20	4,00
996	3,80	3,20	3,20
997	3,80	2,80	3,20
999	3,80	4,00	3,20
1002	3,80	6,40	3,60

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
1408	3,80	4,80	1,20
1409	3,80	4,80	0,80
1410	3,80	4,80	0,40
1411	3,80	5,20	2,80
1412	3,80	5,20	2,40
1413	3,80	5,20	2,00
1414	3,80	5,20	1,60
1415	3,80	5,20	1,20
1416	3,80	5,20	0,80
1417	3,80	5,20	0,40
1418	3,80	5,60	2,80
1419	3,80	5,60	2,40
1420	3,80	5,60	2,00
1421	3,80	5,60	1,60
1422	3,80	5,60	1,20
1423	3,80	5,60	0,80
1424	3,80	5,60	0,40
1425	3,80	6,00	2,80
1426	3,80	6,00	2,40
1427	3,80	6,00	2,00
1428	3,80	6,00	1,60
1429	3,80	6,00	1,20
1430	3,80	6,00	0,80
1431	3,80	6,00	0,40
1432	3,80	6,40	2,80
1433	3,80	6,40	2,40
1434	3,80	6,40	2,00
1435	3,80	6,40	1,60
1436	3,80	6,40	1,20
1437	3,80	6,40	0,80
1438	3,80	6,40	0,40
1439	3,80	6,80	2,80
1440	3,80	6,80	2,40
1441	3,80	6,80	2,00
1442	3,80	6,80	1,60
1443	3,80	6,80	1,20
1444	3,80	6,80	0,80
1445	3,80	6,80	0,40
1446	3,80	7,20	2,80
1447	3,80	7,20	2,40
1448	3,80	7,20	2,00
1449	3,80	7,20	1,60
1450	3,80	7,20	1,20
1451	3,80	7,20	0,80
1452	3,80	7,20	0,40
1453	3,80	7,60	2,80
1454	3,80	7,60	2,40
1455	3,80	7,60	2,00
1456	3,80	7,60	1,60
1457	3,80	7,60	1,20
1458	3,80	7,60	0,80
1459	3,80	7,60	0,40
1460	3,80	8,00	2,80
1461	3,80	8,00	2,40
1462	3,80	8,00	2,00
1463	3,80	8,00	1,60
1464	3,80	8,00	1,20
1465	3,80	8,00	0,80
1466	3,80	8,00	0,40
1467	3,80	8,40	2,80
1468	3,80	8,40	2,40
1469	3,80	8,40	2,00

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
107	2,00	4,40	0,00
108	2,00	4,80	0,00
109	2,00	5,20	0,00
110	2,00	5,60	0,00
111	2,00	6,00	0,00
112	2,00	6,40	0,00
113	2,00	6,80	0,00
114	2,00	7,20	0,00
115	2,00	7,60	0,00
116	2,00	8,00	0,00
117	2,00	8,40	0,00
118	2,00	8,80	0,00
119	2,00	9,20	0,00
120	2,00	9,60	0,00
121	2,40	0,40	0,00
122	2,40	0,80	0,00
123	2,40	1,20	0,00
124	2,40	1,60	0,00
125	2,40	2,00	0,00
126	2,40	2,40	0,00
127	2,40	2,80	0,00
128	2,40	3,20	0,00
129	2,40	3,60	0,00
130	2,40	4,00	0,00
131	2,40	4,40	0,00
132	2,40	4,80	0,00
133	2,40	5,20	0,00
134	2,40	5,60	0,00
135	2,40	6,00	0,00
136	2,40	6,40	0,00
137	2,40	6,80	0,00
138	2,40	7,20	0,00
139	2,40	7,60	0,00
140	2,40	8,00	0,00
141	2,40	8,40	0,00
142	2,40	8,80	0,00
143	2,40	9,20	0,00
144	2,40	9,60	0,00
145	2,80	0,40	0,00
146	2,80	0,80	0,00
147	2,80	1,20	0,00
148	2,80	1,60	0,00
149	2,80	2,00	0,00
150	2,80	2,40	0,00
151	2,80	2,80	0,00
152	2,80	3,20	0,00
153	2,80	3,60	0,00
154	2,80	4,00	0,00
155	2,80	4,40	0,00
156	2,80	4,80	0,00
157	2,80	5,20	0,00
158	2,80	5,60	0,00
159	2,80	6,00	0,00
160	2,80	6,40	0,00
161	2,80	6,80	0,00
162	2,80	7,20	0,00
163	2,80	7,60	0,00
164	2,80	8,00	0,00
165	2,80	8,40	0,00
166	2,80	8,80	0,00
167	2,80	9,20	0,00
168	2,80	9,60	0,00

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
553	0,80	1,60	3,20
554	0,40	1,60	3,20
555	0,80	2,00	3,20
556	0,40	2,00	3,20
557	0,80	2,40	3,20
558	0,40	2,40	3,20
559	0,80	2,80	3,20
560	0,40	2,80	3,20
561	0,80	3,20	3,20
562	0,40	3,20	3,20
563	0,80	3,60	3,20
564	0,40	3,60	3,20
565	0,80	4,00	3,20
566	0,40	4,00	3,20
567	0,80	4,40	3,20
568	0,40	4,40	3,20
569	0,80	4,80	3,20
570	0,40	4,80	3,20
571	0,80	5,20	3,20
572	0,40	5,20	3,20
573	0,80	5,60	3,20
574	0,40	5,60	3,20
575	0,80	6,00	3,20
576	0,40	6,00	3,20
577	0,80	6,40	3,20
578	0,40	6,40	3,20
579	0,80	6,80	3,20
580	0,40	6,80	3,20
581	0,80	7,20	3,20
582	0,40	7,20	3,20
583	0,80	7,60	3,20
584	0,40	7,60	3,20
585	0,80	8,00	3,20
586	0,40	8,00	3,20
587	0,80	8,40	3,20
588	0,40	8,40	3,20
589	0,80	8,80	3,20
590	0,40	8,80	3,20
591	0,80	9,20	3,20
592	0,40	9,20	3,20
593	0,80	9,60	3,20
594	0,40	9,60	3,20
595	1,20	0,40	3,20
596	1,20	0,80	3,20
597	1,20	1,20	3,20
598	1,20	1,60	3,20
599	1,20	2,00	3,20
600	1,20	2,40	3,20
601	1,20	2,80	3,20
602	1,20	3,20	3,20
603	1,20	3,60	3,20
604	1,20	4,00	3,20
605	1,20	4,40	3,20
606	1,20	4,80	3,20
607	1,20	5,20	3,20
608	1,20	5,60	3,20
609	1,20	6,00	3,20
610	1,20	6,40	3,20
611	1,20	6,80	3,20
612	1,20	7,20	3,20
613	1,20	7,60	3,20
614	1,20	8,00	3,20

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
1003	3,80	6,00	4,00
1004	3,80	2,00	3,20
1005	3,80	5,60	4,00
1006	3,80	5,20	3,60
1007	3,80	5,60	3,60
1008	3,80	3,60	3,20
1009	3,80	6,00	3,60
1010	0,00	5,20	4,00
1011	3,80	4,40	3,20
1014	0,00	5,60	3,20
1015	0,00	6,40	3,20
1016	0,00	6,00	3,20
1017	0,00	7,20	3,20
1018	0,00	6,80	3,20
1019	0,00	7,60	3,20
1020	0,00	8,00	3,20
1021	0,00	8,40	3,20
1022	0,00	9,20	3,20
1023	0,00	8,80	3,20
1024	0,00	10,00	3,20
1025	0,00	9,60	3,20
1028	3,80	4,80	3,20
1030	4,80	4,00	3,20
1031	3,80	6,80	3,20
1032	4,80	3,60	3,20
1033	3,80	7,60	3,20
1034	3,80	7,20	3,20
1035	3,80	8,00	3,20
1036	3,80	8,40	3,20
1037	3,80	9,20	3,20
1038	3,80	8,80	3,20
1039	3,80	9,60	3,20
1042	4,80	4,40	3,60
1043	4,80	4,00	4,00
1044	4,80	3,60	4,00
1045	4,80	3,20	3,60
1046	4,80	3,60	3,60
1047	3,80	10,00	3,20
1048	4,80	4,00	3,60
1049	3,13	5,20	3,20
1050	3,47	5,20	3,20
1053	3,42	5,20	4,00
1054	0,38	10,00	3,20
1055	3,04	5,20	4,00
1056	1,14	10,00	3,20
1057	7,60	1,20	3,20
1058	7,60	2,00	3,20
1059	7,60	1,60	3,20
1060	7,60	0,80	3,20
1061	7,60	0,00	3,20
1062	7,60	0,40	3,20
1063	7,60	2,40	3,20
1064	7,60	3,20	3,20
1065	7,60	3,60	3,20
1066	7,60	4,40	3,20
1067	7,60	5,20	3,20
1068	7,60	4,80	3,20
1069	7,60	4,00	3,20
1070	7,60	2,80	3,20
1071	7,60	5,60	3,20
1072	2,66	5,20	4,00
1073	0,76	10,00	3,20

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
1470	3,80	8,40	1,60
1471	3,80	8,40	1,20
1472	3,80	8,40	0,80
1473	3,80	8,40	0,40
1474	3,80	8,80	2,80
1475	3,80	8,80	2,40
1476	3,80	8,80	2,00
1477	3,80	8,80	1,60
1478	3,80	8,80	1,20
1479	3,80	8,80	0,80
1480	3,80	8,80	0,40
1481	3,80	9,20	2,80
1482	3,80	9,20	2,40
1483	3,80	9,20	2,00
1484	3,80	9,20	1,60
1485	3,80	9,20	1,20
1486	3,80	9,20	0,80
1487	3,80	9,20	0,40
1488	3,80	9,60	2,80
1489	3,80	9,60	2,40
1490	3,80	9,60	2,00
1491	3,80	9,60	1,60
1492	3,80	9,60	1,20
1493	3,80	9,60	0,80
1494	3,80	9,60	0,40
1495	2,66	6,40	4,00
1496	2,28	6,40	4,00
1497	3,80	0,00	2,80
1498	1,90	6,40	4,00
1499	1,52	6,40	4,00
1500	1,14	6,40	4,00
1501	3,80	0,00	2,40
1502	3,80	0,00	2,00
1503	3,80	0,00	1,60
1504	0,76	6,40	4,00
1505	0,38	6,40	4,00
1506	0,00	6,40	3,60
1507	6,33	10,00	3,20
1508	7,18	10,00	3,20
1509	6,76	10,00	3,20
1510	0,39	6,40	3,60
1511	0,78	6,40	3,60
1512	1,17	6,40	3,60
1513	3,80	0,00	0,80
1514	3,80	0,00	1,20
1515	3,80	0,00	0,40
1516	1,56	6,40	3,60
1517	1,95	6,40	3,60
1518	2,34	6,40	3,60
1519	2,73	6,40	3,60
1520	3,09	6,40	3,60
1521	3,44	6,40	3,60
1526	0,00	3,20	4,00
1539	4,43	3,20	4,00
1540	3,80	10,00	2,80
1541	4,06	3,20	4,00
1542	3,69	3,20	4,00
1543	3,80	10,00	2,00
1544	3,80	10,00	2,40
1545	3,80	10,00	1,60
1546	3,32	3,20	4,00
1547	2,95	3,20	4,00

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
169	3,20	0,40	0,00
170	3,20	0,80	0,00
171	3,20	1,20	0,00
172	3,20	1,60	0,00
173	3,20	2,00	0,00
174	3,20	2,40	0,00
175	3,20	2,80	0,00
176	3,20	3,20	0,00
177	3,20	3,60	0,00
178	3,20	4,00	0,00
179	3,20	4,40	0,00
180	3,20	4,80	0,00
181	3,20	5,20	0,00
182	3,20	5,60	0,00
183	3,20	6,00	0,00
184	3,20	6,40	0,00
185	3,20	6,80	0,00
186	3,20	7,20	0,00
187	3,20	7,60	0,00
188	3,20	8,00	0,00
189	3,20	8,40	0,00
190	3,20	8,80	0,00
191	3,20	9,20	0,00
192	3,20	9,60	0,00
193	3,60	0,40	0,00
194	3,60	0,80	0,00
195	3,60	1,20	0,00
196	3,60	1,60	0,00
197	3,60	2,00	0,00
198	3,60	2,40	0,00
199	3,60	2,80	0,00
200	3,60	3,20	0,00
201	3,60	3,60	0,00
202	3,60	4,00	0,00
203	3,60	4,40	0,00
204	3,60	4,80	0,00
205	3,60	5,20	0,00
206	3,60	5,60	0,00
207	3,60	6,00	0,00
208	3,60	6,40	0,00
209	3,60	6,80	0,00
210	3,60	7,20	0,00
211	3,60	7,60	0,00
212	3,60	8,00	0,00
213	3,60	8,40	0,00
214	3,60	8,80	0,00
215	3,60	9,20	0,00
216	3,60	9,60	0,00
217	4,00	0,40	0,00
218	4,40	0,40	0,00
219	4,40	0,80	0,00
220	4,00	0,80	0,00
221	4,40	1,20	0,00
222	4,00	1,20	0,00
223	4,40	1,60	0,00
224	4,00	1,60	0,00
225	4,40	2,00	0,00
226	4,00	2,00	0,00
227	4,40	2,40	0,00
228	4,00	2,40	0,00
229	4,40	2,80	0,00
230	4,00	2,80	0,00

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
615	1,20	8,40	3,20
616	1,20	8,80	3,20
617	1,20	9,20	3,20
618	1,20	9,60	3,20
619	1,60	0,40	3,20
620	1,60	0,80	3,20
621	1,60	1,20	3,20
622	1,60	1,60	3,20
623	1,60	2,00	3,20
624	1,60	2,40	3,20
625	1,60	2,80	3,20
626	1,60	3,20	3,20
627	1,60	3,60	3,20
628	1,60	4,00	3,20
629	1,60	4,40	3,20
630	1,60	4,80	3,20
631	1,60	5,20	3,20
632	1,60	5,60	3,20
633	1,60	6,00	3,20
634	1,60	6,40	3,20
635	1,60	6,80	3,20
636	1,60	7,20	3,20
637	1,60	7,60	3,20
638	1,60	8,00	3,20
639	1,60	8,40	3,20
640	1,60	8,80	3,20
641	1,60	9,20	3,20
642	1,60	9,60	3,20
643	2,00	0,40	3,20
644	2,00	0,80	3,20
645	2,00	1,20	3,20
646	2,00	1,60	3,20
647	2,00	2,00	3,20
648	2,00	2,40	3,20
649	2,00	2,80	3,20
650	2,00	3,20	3,20
651	2,00	3,60	3,20
652	2,00	4,00	3,20
653	2,00	4,40	3,20
654	2,00	4,80	3,20
655	2,00	5,20	3,20
656	2,00	5,60	3,20
657	2,00	6,00	3,20
658	2,00	6,40	3,20
659	2,00	6,80	3,20
660	2,00	7,20	3,20
661	2,00	7,60	3,20
662	2,00	8,00	3,20
663	2,00	8,40	3,20
664	2,00	8,80	3,20
665	2,00	9,20	3,20
666	2,00	9,60	3,20
667	2,40	0,40	3,20
668	2,40	0,80	3,20
669	2,40	1,20	3,20
670	2,40	1,60	3,20
671	2,40	2,00	3,20
672	2,40	2,40	3,20
673	2,40	2,80	3,20
674	2,40	3,20	3,20
675	2,40	3,60	3,20
676	2,40	4,00	3,20

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
1074	1,52	10,00	3,20
1075	1,90	10,00	3,20
1076	2,80	5,60	3,20
1077	2,80	6,00	3,20
1078	7,60	6,40	3,20
1079	7,60	7,20	3,20
1080	7,60	8,00	3,20
1081	7,60	7,60	3,20
1082	7,60	6,80	3,20
1083	7,60	6,00	3,20
1084	7,60	8,40	3,20
1085	2,80	6,40	3,20
1086	2,28	5,20	4,00
1087	1,90	5,20	4,00
1088	7,60	8,80	3,20
1089	7,60	9,20	3,20
1090	7,60	9,60	3,20
1091	3,13	6,40	3,20
1092	7,60	10,00	3,20
1093	0,00	0,40	2,80
1094	0,00	0,80	2,80
1095	0,00	0,80	2,40
1096	0,00	0,40	2,40
1097	0,00	0,80	2,00
1098	0,00	0,40	2,00
1099	0,00	0,80	1,60
1100	0,00	0,40	1,60
1101	0,00	0,80	1,20
1102	0,00	0,40	1,20
1103	0,00	0,80	0,80
1104	0,00	0,40	0,80
1105	0,00	0,80	0,40
1106	0,00	0,40	0,40
1107	0,00	1,20	2,80
1108	0,00	1,20	2,40
1109	0,00	1,20	2,00
1110	0,00	1,20	1,60
1111	0,00	1,20	1,20
1112	0,00	1,20	0,80
1113	0,00	1,20	0,40
1114	0,00	1,60	2,80
1115	0,00	1,60	2,40
1116	0,00	1,60	2,00
1117	0,00	1,60	1,60
1118	0,00	1,60	1,20
1119	0,00	1,60	0,80
1120	0,00	1,60	0,40
1121	0,00	2,00	2,80
1122	0,00	2,00	2,40
1123	0,00	2,00	2,00
1124	0,00	2,00	1,60
1125	0,00	2,00	1,20
1126	0,00	2,00	0,80
1127	0,00	2,00	0,40
1128	0,00	2,40	2,80
1129	0,00	2,40	2,40
1130	0,00	2,40	2,00
1131	0,00	2,40	1,60
1132	0,00	2,40	1,20
1133	0,00	2,40	0,80
1134	0,00	2,40	0,40
1135	0,00	2,80	2,80

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
1548	2,58	3,20	4,00
1549	2,22	3,20	4,00
1550	1,85	3,20	4,00
1551	1,48	3,20	4,00
1552	1,11	3,20	4,00
1553	0,74	3,20	4,00
1554	0,37	3,20	4,00
1555	3,80	10,00	0,80
1556	3,80	10,00	1,20
1557	3,80	10,00	0,40
1558	0,00	3,20	3,60
1559	0,38	3,20	3,60
1560	0,77	3,20	3,60
1561	7,60	0,40	2,80
1562	7,60	0,80	2,80
1563	7,60	0,80	2,40
1564	7,60	0,40	2,40
1565	7,60	0,80	2,00
1566	7,60	0,40	2,00
1567	7,60	0,80	1,60
1568	7,60	0,40	1,60
1569	7,60	0,80	1,20
1570	7,60	0,40	1,20
1571	7,60	0,80	0,80
1572	7,60	0,40	0,80
1573	7,60	0,80	0,40
1574	7,60	0,40	0,40
1575	7,60	1,20	2,80
1576	7,60	1,20	2,40
1577	7,60	1,20	2,00
1578	7,60	1,20	1,60
1579	7,60	1,20	1,20
1580	7,60	1,20	0,80
1581	7,60	1,20	0,40
1582	7,60	1,60	2,80
1583	7,60	1,60	2,40
1584	7,60	1,60	2,00
1585	7,60	1,60	1,60
1586	7,60	1,60	1,20
1587	7,60	1,60	0,80
1588	7,60	1,60	0,40
1589	7,60	2,00	2,80
1590	7,60	2,00	2,40
1591	7,60	2,00	2,00
1592	7,60	2,00	1,60
1593	7,60	2,00	1,20
1594	7,60	2,00	0,80
1595	7,60	2,00	0,40
1596	7,60	2,40	2,80
1597	7,60	2,40	2,40
1598	7,60	2,40	2,00
1599	7,60	2,40	1,60
1600	7,60	2,40	1,20
1601	7,60	2,40	0,80
1602	7,60	2,40	0,40
1603	7,60	2,80	2,80
1604	7,60	2,80	2,40
1605	7,60	2,80	2,00
1606	7,60	2,80	1,60
1607	7,60	2,80	1,20
1608	7,60	2,80	0,80
1609	7,60	2,80	0,40

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
231	4,40	3,20	0,00
232	4,00	3,20	0,00
233	4,40	3,60	0,00
234	4,00	3,60	0,00
235	4,40	4,00	0,00
236	4,00	4,00	0,00
237	4,40	4,40	0,00
238	4,00	4,40	0,00
239	4,40	4,80	0,00
240	4,00	4,80	0,00
241	4,40	5,20	0,00
242	4,00	5,20	0,00
243	4,40	5,60	0,00
244	4,00	5,60	0,00
245	4,40	6,00	0,00
246	4,00	6,00	0,00
247	4,40	6,40	0,00
248	4,00	6,40	0,00
249	4,40	6,80	0,00
250	4,00	6,80	0,00
251	4,40	7,20	0,00
252	4,00	7,20	0,00
253	4,40	7,60	0,00
254	4,00	7,60	0,00
255	4,40	8,00	0,00
256	4,00	8,00	0,00
257	4,40	8,40	0,00
258	4,00	8,40	0,00
259	4,40	8,80	0,00
260	4,00	8,80	0,00
261	4,40	9,20	0,00
262	4,00	9,20	0,00
263	4,40	9,60	0,00
264	4,00	9,60	0,00
265	4,80	0,40	0,00
266	4,80	0,80	0,00
267	4,80	1,20	0,00
268	4,80	1,60	0,00
269	4,80	2,00	0,00
270	4,80	2,40	0,00
271	4,80	2,80	0,00
272	4,80	3,20	0,00
273	4,80	3,60	0,00
274	4,80	4,00	0,00
275	4,80	4,40	0,00
276	4,80	4,80	0,00
277	4,80	5,20	0,00
278	4,80	5,60	0,00
279	4,80	6,00	0,00
280	4,80	6,40	0,00
281	4,80	6,80	0,00
282	4,80	7,20	0,00
283	4,80	7,60	0,00
284	4,80	8,00	0,00
285	4,80	8,40	0,00
286	4,80	8,80	0,00
287	4,80	9,20	0,00
288	4,80	9,60	0,00
289	5,20	0,40	0,00
290	5,20	0,80	0,00
291	5,20	1,20	0,00
292	5,20	1,60	0,00

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
677	2,40	4,40	3,20
678	2,40	4,80	3,20
679	2,40	5,20	3,20
680	2,40	5,60	3,20
681	2,40	6,00	3,20
682	2,40	6,40	3,20
683	2,40	6,80	3,20
684	2,40	7,20	3,20
685	2,40	7,60	3,20
686	2,40	8,00	3,20
687	2,40	8,40	3,20
688	2,40	8,80	3,20
689	2,40	9,20	3,20
690	2,40	9,60	3,20
691	2,80	0,40	3,20
692	2,80	0,80	3,20
693	2,80	1,20	3,20
694	2,80	1,60	3,20
695	2,80	2,00	3,20
696	2,80	2,40	3,20
697	2,80	2,80	3,20
698	2,80	3,20	3,20
699	2,80	3,60	3,20
700	2,80	4,00	3,20
701	2,80	4,40	3,20
702	2,80	4,80	3,20
703	2,80	6,80	3,20
704	2,80	7,20	3,20
705	2,80	7,60	3,20
706	2,80	8,00	3,20
707	2,80	8,40	3,20
708	2,80	8,80	3,20
709	2,80	9,20	3,20
710	2,80	9,60	3,20
711	3,20	0,40	3,20
712	3,20	0,80	3,20
713	3,20	1,20	3,20
714	3,20	1,60	3,20
715	3,20	2,00	3,20
716	3,20	2,40	3,20
717	3,20	2,80	3,20
718	3,20	3,20	3,20
719	3,20	3,60	3,20
720	3,20	4,00	3,20
721	3,20	4,40	3,20
722	3,20	4,80	3,20
723	3,20	6,80	3,20
724	3,20	7,20	3,20
725	3,20	7,60	3,20
726	3,20	8,00	3,20
727	3,20	8,40	3,20
728	3,20	8,80	3,20
729	3,20	9,20	3,20
730	3,20	9,60	3,20
731	3,60	0,40	3,20
732	3,60	0,80	3,20
733	3,60	1,20	3,20
734	3,60	1,60	3,20
735	3,60	2,00	3,20
736	3,60	2,40	3,20
737	3,60	2,80	3,20
738	3,60	3,20	3,20

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
1136	0,00	2,80	2,40
1137	0,00	2,80	2,00
1138	0,00	2,80	1,60
1139	0,00	2,80	1,20
1140	0,00	2,80	0,80
1141	0,00	2,80	0,40
1142	0,00	3,20	2,80
1143	0,00	3,20	2,40
1144	0,00	3,20	2,00
1145	0,00	3,20	1,60
1146	0,00	3,20	1,20
1147	0,00	3,20	0,80
1148	0,00	3,20	0,40
1149	0,00	3,60	2,80
1150	0,00	3,60	2,40
1151	0,00	3,60	2,00
1152	0,00	3,60	1,60
1153	0,00	3,60	1,20
1154	0,00	3,60	0,80
1155	0,00	3,60	0,40
1156	0,00	4,00	2,80
1157	0,00	4,00	2,40
1158	0,00	4,00	2,00
1159	0,00	4,00	1,60
1160	0,00	4,00	1,20
1161	0,00	4,00	0,80
1162	0,00	4,00	0,40
1163	0,00	4,40	2,80
1164	0,00	4,40	2,40
1165	0,00	4,40	2,00
1166	0,00	4,40	1,60
1167	0,00	4,40	1,20
1168	0,00	4,40	0,80
1169	0,00	4,40	0,40
1170	0,00	4,80	2,80
1171	0,00	4,80	2,40
1172	0,00	4,80	2,00
1173	0,00	4,80	1,60
1174	0,00	4,80	1,20
1175	0,00	4,80	0,80
1176	0,00	4,80	0,40
1177	0,00	5,20	2,80
1178	0,00	5,20	2,40
1179	0,00	5,20	2,00
1180	0,00	5,20	1,60
1181	0,00	5,20	1,20
1182	0,00	5,20	0,80
1183	0,00	5,20	0,40
1184	0,00	5,60	2,80
1185	0,00	5,60	2,40
1186	0,00	5,60	2,00
1187	0,00	5,60	1,60
1188	0,00	5,60	1,20
1189	0,00	5,60	0,80
1190	0,00	5,60	0,40
1191	0,00	6,00	2,80
1192	0,00	6,00	2,40
1193	0,00	6,00	2,00
1194	0,00	6,00	1,60
1195	0,00	6,00	1,20
1196	0,00	6,00	0,80
1197	0,00	6,00	0,40

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
1610	7,60	3,20	2,80
1611	7,60	3,20	2,40
1612	7,60	3,20	2,00
1613	7,60	3,20	1,60
1614	7,60	3,20	1,20
1615	7,60	3,20	0,80
1616	7,60	3,20	0,40
1617	7,60	3,60	2,80
1618	7,60	3,60	2,40
1619	7,60	3,60	2,00
1620	7,60	3,60	1,60
1621	7,60	3,60	1,20
1622	7,60	3,60	0,80
1623	7,60	3,60	0,40
1624	7,60	4,00	2,80
1625	7,60	4,00	2,40
1626	7,60	4,00	2,00
1627	7,60	4,00	1,60
1628	7,60	4,00	1,20
1629	7,60	4,00	0,80
1630	7,60	4,00	0,40
1631	7,60	4,40	2,80
1632	7,60	4,40	2,40
1633	7,60	4,40	2,00
1634	7,60	4,40	1,60
1635	7,60	4,40	1,20
1636	7,60	4,40	0,80
1637	7,60	4,40	0,40
1638	7,60	4,80	2,80
1639	7,60	4,80	2,40
1640	7,60	4,80	2,00
1641	7,60	4,80	1,60
1642	7,60	4,80	1,20
1643	7,60	4,80	0,80
1644	7,60	4,80	0,40
1645	7,60	5,20	2,80
1646	7,60	5,20	2,40
1647	7,60	5,20	2,00
1648	7,60	5,20	1,60
1649	7,60	5,20	1,20
1650	7,60	5,20	0,80
1651	7,60	5,20	0,40
1652	7,60	5,60	2,80
1653	7,60	5,60	2,40
1654	7,60	5,60	2,00
1655	7,60	5,60	1,60
1656	7,60	5,60	1,20
1657	7,60	5,60	0,80
1658	7,60	5,60	0,40
1659	7,60	6,00	2,80
1660	7,60	6,00	2,40
1661	7,60	6,00	2,00
1662	7,60	6,00	1,60
1663	7,60	6,00	1,20
1664	7,60	6,00	0,80
1665	7,60	6,00	0,40
1666	7,60	6,40	2,80
1667	7,60	6,40	2,40
1668	7,60	6,40	2,00
1669	7,60	6,40	1,60
1670	7,60	6,40	1,20
1671	7,60	6,40	0,80

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
293	5,20	2,00	0,00
294	5,20	2,40	0,00
295	5,20	2,80	0,00
296	5,20	3,20	0,00
297	5,20	3,60	0,00
298	5,20	4,00	0,00
299	5,20	4,40	0,00
300	5,20	4,80	0,00
301	5,20	5,20	0,00
302	5,20	5,60	0,00
303	5,20	6,00	0,00
304	5,20	6,40	0,00
305	5,20	6,80	0,00
306	5,20	7,20	0,00
307	5,20	7,60	0,00
308	5,20	8,00	0,00
309	5,20	8,40	0,00
310	5,20	8,80	0,00
311	5,20	9,20	0,00
312	5,20	9,60	0,00
313	5,60	0,40	0,00
314	5,60	0,80	0,00
315	5,60	1,20	0,00
316	5,60	1,60	0,00
317	5,60	2,00	0,00
318	5,60	2,40	0,00
319	5,60	2,80	0,00
320	5,60	3,20	0,00
321	5,60	3,60	0,00
322	5,60	4,00	0,00
323	5,60	4,40	0,00
324	5,60	4,80	0,00
325	5,60	5,20	0,00
326	5,60	5,60	0,00
327	5,60	6,00	0,00
328	5,60	6,40	0,00
329	5,60	6,80	0,00
330	5,60	7,20	0,00
331	5,60	7,60	0,00
332	5,60	8,00	0,00
333	5,60	8,40	0,00
334	5,60	8,80	0,00
335	5,60	9,20	0,00
336	5,60	9,60	0,00
337	6,00	0,40	0,00
338	6,00	0,80	0,00
339	6,00	1,20	0,00
340	6,00	1,60	0,00
341	6,00	2,00	0,00
342	6,00	2,40	0,00
343	6,00	2,80	0,00
344	6,00	3,20	0,00
345	6,00	3,60	0,00
346	6,00	4,00	0,00
347	6,00	4,40	0,00
348	6,00	4,80	0,00
349	6,00	5,20	0,00
350	6,00	5,60	0,00
351	6,00	6,00	0,00
352	6,00	6,40	0,00
353	6,00	6,80	0,00
354	6,00	7,20	0,00

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
739	3,60	3,60	3,20
740	3,60	4,00	3,20
741	3,60	4,40	3,20
742	3,60	4,80	3,20
743	3,60	6,80	3,20
744	3,60	7,20	3,20
745	3,60	7,60	3,20
746	3,60	8,00	3,20
747	3,60	8,40	3,20
748	3,60	8,80	3,20
749	3,60	9,20	3,20
750	3,60	9,60	3,20
751	4,00	0,40	3,20
752	4,40	0,40	3,20
753	4,40	0,80	3,20
754	4,40	0,80	3,20
755	4,40	1,20	3,20
756	4,00	1,20	3,20
757	4,40	1,60	3,20
758	4,00	1,60	3,20
759	4,40	2,00	3,20
760	4,00	2,00	3,20
761	4,40	2,40	3,20
762	4,00	2,40	3,20
763	4,40	2,80	3,20
764	4,00	2,80	3,20
765	4,00	4,80	3,20
766	4,40	4,80	3,20
767	4,40	5,20	3,20
768	4,00	5,20	3,20
769	4,40	5,60	3,20
770	4,00	5,60	3,20
771	4,40	6,00	3,20
772	4,00	6,00	3,20
773	4,40	6,40	3,20
774	4,00	6,40	3,20
775	4,40	6,80	3,20
776	4,00	6,80	3,20
777	4,40	7,20	3,20
778	4,00	7,20	3,20
779	4,40	7,60	3,20
780	4,00	7,60	3,20
781	4,40	8,00	3,20
782	4,00	8,00	3,20
783	4,40	8,40	3,20
784	4,00	8,40	3,20
785	4,40	8,80	3,20
786	4,00	8,80	3,20
787	4,40	9,20	3,20
788	4,00	9,20	3,20
789	4,40	9,60	3,20
790	4,00	9,60	3,20
791	4,80	0,40	3,20
792	4,80	0,80	3,20
793	4,80	1,20	3,20
794	4,80	1,60	3,20
795	4,80	2,00	3,20
796	4,80	2,40	3,20
797	4,80	2,80	3,20
798	4,80	4,80	3,20
799	4,80	5,20	3,20
800	4,80	5,60	3,20

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
1198	0,00	6,40	2,80
1199	0,00	6,40	2,40
1200	0,00	6,40	2,00
1201	0,00	6,40	1,60
1202	0,00	6,40	1,20
1203	0,00	6,40	0,80
1204	0,00	6,40	0,40
1205	0,00	6,80	2,80
1206	0,00	6,80	2,40
1207	0,00	6,80	2,00
1208	0,00	6,80	1,60
1209	0,00	6,80	1,20
1210	0,00	6,80	0,80
1211	0,00	6,80	0,40
1212	0,00	7,20	2,80
1213	0,00	7,20	2,40
1214	0,00	7,20	2,00
1215	0,00	7,20	1,60
1216	0,00	7,20	1,20
1217	0,00	7,20	0,80
1218	0,00	7,20	0,40
1219	0,00	7,60	2,80
1220	0,00	7,60	2,40
1221	0,00	7,60	2,00
1222	0,00	7,60	1,60
1223	0,00	7,60	1,20
1224	0,00	7,60	0,80
1225	0,00	7,60	0,40
1226	0,00	8,00	2,80
1227	0,00	8,00	2,40
1228	0,00	8,00	2,00
1229	0,00	8,00	1,60
1230	0,00	8,00	1,20
1231	0,00	8,00	0,80
1232	0,00	8,00	0,40
1233	0,00	8,40	2,80
1234	0,00	8,40	2,40
1235	0,00	8,40	2,00
1236	0,00	8,40	1,60
1237	0,00	8,40	1,20
1238	0,00	8,40	0,80
1239	0,00	8,40	0,40
1240	0,00	8,80	2,80
1241	0,00	8,80	2,40
1242	0,00	8,80	2,00
1243	0,00	8,80	1,60
1244	0,00	8,80	1,20
1245	0,00	8,80	0,80
1246	0,00	8,80	0,40
1247	0,00	9,20	2,80
1248	0,00	9,20	2,40
1249	0,00	9,20	2,00
1250	0,00	9,20	1,60
1251	0,00	9,20	1,20
1252	0,00	9,20	0,80
1253	0,00	9,20	0,40
1254	0,00	9,60	2,80
1255	0,00	9,60	2,40
1256	0,00	9,60	2,00
1257	0,00	9,60	1,60
1258	0,00	9,60	1,20
1259	0,00	9,60	0,80

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
1672	7,60	6,40	0,40
1673	7,60	6,80	2,80
1674	7,60	6,80	2,40
1675	7,60	6,80	2,00
1676	7,60	6,80	1,60
1677	7,60	6,80	1,20
1678	7,60	6,80	0,80
1679	7,60	6,80	0,40
1680	7,60	7,20	2,80
1681	7,60	7,20	2,40
1682	7,60	7,20	2,00
1683	7,60	7,20	1,60
1684	7,60	7,20	1,20
1685	7,60	7,20	0,80
1686	7,60	7,20	0,40
1687	7,60	7,60	2,80
1688	7,60	7,60	2,40
1689	7,60	7,60	2,00
1690	7,60	7,60	1,60
1691	7,60	7,60	1,20
1692	7,60	7,60	0,80
1693	7,60	7,60	0,40
1694	7,60	8,00	2,80
1695	7,60	8,00	2,40
1696	7,60	8,00	2,00
1697	7,60	8,00	1,60
1698	7,60	8,00	1,20
1699	7,60	8,00	0,80
1700	7,60	8,00	0,40
1701	7,60	8,40	2,80
1702	7,60	8,40	2,40
1703	7,60	8,40	2,00
1704	7,60	8,40	1,60
1705	7,60	8,40	1,20
1706	7,60	8,40	0,80
1707	7,60	8,40	0,40
1708	7,60	8,80	2,80
1709	7,60	8,80	2,40
1710	7,60	8,80	2,00
1711	7,60	8,80	1,60
1712	7,60	8,80	1,20
1713	7,60	8,80	0,80
1714	7,60	8,80	0,40
1715	7,60	9,20	2,80
1716	7,60	9,20	2,40
1717	7,60	9,20	2,00
1718	7,60	9,20	1,60
1719	7,60	9,20	1,20
1720	7,60	9,20	0,80
1721	7,60	9,20	0,40
1722	7,60	9,60	2,80
1723	7,60	9,60	2,40
1724	7,60	9,60	2,00
1725	7,60	9,60	1,60
1726	7,60	9,60	1,20
1727	7,60	9,60	0,80
1728	7,60	9,60	0,40
1729	1,15	3,20	3,60
1730	1,54	3,20	3,60
1731	7,60	0,00	2,80
1732	1,92	3,20	3,60
1733	2,31	3,20	3,60

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
355	6,00	7,60	0,00
356	6,00	8,00	0,00
357	6,00	8,40	0,00
358	6,00	8,80	0,00
359	6,00	9,20	0,00
360	6,00	9,60	0,00
361	6,40	0,40	0,00
362	6,40	0,80	0,00
363	6,40	1,20	0,00
364	6,40	1,60	0,00
365	6,40	2,00	0,00
366	6,40	2,40	0,00
367	6,40	2,80	0,00
368	6,40	3,20	0,00
369	6,40	3,60	0,00
370	6,40	4,00	0,00
371	6,40	4,40	0,00
372	6,40	4,80	0,00
373	6,40	5,20	0,00
374	6,40	5,60	0,00
375	6,40	6,00	0,00
376	6,40	6,40	0,00
377	6,40	6,80	0,00
378	6,40	7,20	0,00
379	6,40	7,60	0,00
380	6,40	8,00	0,00
381	6,40	8,40	0,00
382	6,40	8,80	0,00
383	6,40	9,20	0,00
384	6,40	9,60	0,00
385	6,80	0,40	0,00
386	6,80	0,80	0,00
387	6,80	1,20	0,00
388	6,80	1,60	0,00
389	6,80	2,00	0,00
390	6,80	2,40	0,00
391	6,80	2,80	0,00
392	6,80	3,20	0,00
393	6,80	3,60	0,00
394	6,80	4,00	0,00
395	6,80	4,40	0,00
396	6,80	4,80	0,00
397	6,80	5,20	0,00
398	6,80	5,60	0,00
399	6,80	6,00	0,00
400	6,80	6,40	0,00
401	6,80	6,80	0,00
402	6,80	7,20	0,00
403	6,80	7,60	0,00
404	6,80	8,00	0,00
405	6,80	8,40	0,00
406	6,80	8,80	0,00
407	6,80	9,20	0,00
408	6,80	9,60	0,00
409	7,20	0,40	0,00
410	7,20	0,80	0,00
411	7,20	1,20	0,00
412	7,20	1,60	0,00
413	7,20	2,00	0,00
414	7,20	2,40	0,00
415	7,20	2,80	0,00
416	7,20	3,20	0,00

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
801	4,80	6,00	3,20
802	4,80	6,40	3,20
803	4,80	6,80	3,20
804	4,80	7,20	3,20
805	4,80	7,60	3,20
806	4,80	8,00	3,20
807	4,80	8,40	3,20
808	4,80	8,80	3,20
809	4,80	9,20	3,20
810	4,80	9,60	3,20
811	5,20	0,40	3,20
812	5,20	0,80	3,20
813	5,20	1,20	3,20
814	5,20	1,60	3,20
815	5,20	2,00	3,20
816	5,20	2,40	3,20
817	5,20	2,80	3,20
818	5,20	4,80	3,20
819	5,20	5,20	3,20
820	5,20	5,60	3,20
821	5,20	6,00	3,20
822	5,20	6,40	3,20
823	5,20	6,80	3,20
824	5,20	7,20	3,20
825	5,20	7,60	3,20
826	5,20	8,00	3,20
827	5,20	8,40	3,20
828	5,20	8,80	3,20
829	5,20	9,20	3,20
830	5,20	9,60	3,20
831	5,60	0,40	3,20
832	5,60	0,80	3,20
833	5,60	1,20	3,20
834	5,60	1,60	3,20
835	5,60	2,00	3,20
836	5,60	2,40	3,20
837	5,60	2,80	3,20
838	5,60	3,20	3,20
839	5,20	3,20	3,20
840	5,60	3,60	3,20
841	5,20	3,60	3,20
842	5,60	4,00	3,20
843	5,20	4,00	3,20
844	5,60	4,40	3,20
845	5,20	4,40	3,20
846	5,60	4,80	3,20
847	5,60	5,20	3,20
848	5,60	5,60	3,20
849	5,60	6,00	3,20
850	5,60	6,40	3,20
851	5,60	6,80	3,20
852	5,60	7,20	3,20
853	5,60	7,60	3,20
854	5,60	8,00	3,20
855	5,60	8,40	3,20
856	5,60	8,80	3,20
857	5,60	9,20	3,20
858	5,60	9,60	3,20
859	6,00	0,40	3,20
860	6,00	0,80	3,20
861	6,00	1,20	3,20
862	6,00	1,60	3,20

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
1260	0,00	9,60	0,40
1261	3,47	6,40	3,20
1262	1,52	5,20	4,00
1263	0,00	0,00	2,80
1264	2,28	10,00	3,20
1265	2,66	10,00	3,20
1266	3,04	10,00	3,20
1267	0,00	0,00	2,40
1268	0,00	0,00	2,00
1269	0,00	0,00	1,60
1270	3,42	10,00	3,20
1271	1,14	5,20	4,00
1272	0,76	5,20	4,00
1273	0,38	5,20	4,00
1274	0,00	5,20	3,60
1275	0,39	5,20	3,60
1276	0,78	5,20	3,60
1277	1,17	5,20	3,60
1278	1,56	5,20	3,60
1279	0,00	0,00	0,80
1280	0,00	0,00	1,20
1281	0,00	0,00	0,40
1282	1,95	5,20	3,60
1283	4,22	0,00	3,20
1284	4,13	3,20	3,20
1285	4,64	0,00	3,20
1286	5,07	0,00	3,20
1287	4,47	3,20	3,20
1288	2,34	5,20	3,60
1289	5,49	0,00	3,20
1290	4,13	4,40	3,20
1291	4,47	4,40	3,20
1292	2,73	5,20	3,60
1293	3,09	5,20	3,60
1294	3,44	5,20	3,60
1295	5,91	0,00	3,20
1296	6,33	0,00	3,20
1297	6,76	0,00	3,20
1298	7,18	0,00	3,20
1303	0,00	6,40	4,00
1306	0,00	10,00	2,80
1309	0,00	10,00	2,00
1310	0,00	10,00	2,40
1311	0,00	10,00	1,60
1317	3,42	6,40	4,00
1318	3,04	6,40	4,00
1319	4,22	10,00	3,20
1320	5,07	10,00	3,20
1321	0,00	10,00	0,80
1322	0,00	10,00	1,20
1323	0,00	10,00	0,40
1324	4,64	10,00	3,20
1325	5,49	10,00	3,20
1326	5,91	10,00	3,20
1327	3,80	0,40	2,80
1328	3,80	0,80	2,80
1329	3,80	0,80	2,40
1330	3,80	0,40	2,40
1331	3,80	0,80	2,00
1332	3,80	0,40	2,00
1333	3,80	0,80	1,60
1334	3,80	0,40	1,60

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
1734	2,69	3,20	3,60
1735	7,60	0,00	2,40
1736	7,60	0,00	2,00
1737	7,60	0,00	1,60
1738	3,08	3,20	3,60
1739	3,46	3,20	3,60
1740	3,75	3,20	3,60
1741	4,10	3,20	3,60
1742	4,45	3,20	3,60
1747	7,60	0,00	0,80
1748	7,60	0,00	1,20
1749	7,60	0,00	0,40
1750	0,00	4,40	4,00
1763	4,43	4,40	4,00
1764	4,06	4,40	4,00
1765	3,69	4,40	4,00
1766	3,32	4,40	4,00
1767	2,95	4,40	4,00
1768	2,58	4,40	4,00
1769	2,22	4,40	4,00
1770	1,85	4,40	4,00
1771	1,48	4,40	4,00
1772	1,11	4,40	4,00
1773	0,74	4,40	4,00
1774	7,60	10,00	2,80
1775	0,37	4,40	4,00
1776	0,00	4,40	3,60
1777	7,60	10,00	2,00
1778	7,60	10,00	2,40
1779	7,60	10,00	1,60
1780	0,38	4,40	3,60
1781	0,77	4,40	3,60
1782	1,15	4,40	3,60
1783	1,54	4,40	3,60
1784	1,92	4,40	3,60
1785	2,31	4,40	3,60
1786	2,69	4,40	3,60
1787	3,08	4,40	3,60
1788	3,46	4,40	3,60
1789	7,60	10,00	0,80
1790	7,60	10,00	1,20
1791	7,60	10,00	0,40
1792	3,75	4,40	3,60
1793	4,10	4,40	3,60
1794	4,45	4,40	3,60
1825	0,00	4,00	4,00
1826	0,00	3,60	4,00
1827	0,37	3,60	4,00
1828	0,37	4,00	4,00
1829	0,74	3,60	4,00
1830	0,74	4,00	4,00
1831	1,11	3,60	4,00
1832	1,11	4,00	4,00
1833	1,48	3,60	4,00
1834	1,48	4,00	4,00
1835	1,85	3,60	4,00
1836	1,85	4,00	4,00
1837	2,22	3,60	4,00
1838	2,22	4,00	4,00
1839	2,58	3,60	4,00
1840	2,58	4,00	4,00
1841	2,95	3,60	4,00

	Rev. C0	Data: 01/09/08	EI. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 40
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
417	7,20	3,60	0,00
418	7,20	4,00	0,00
419	7,20	4,40	0,00
420	7,20	4,80	0,00
421	7,20	5,20	0,00
422	7,20	5,60	0,00
423	7,20	6,00	0,00
424	7,20	6,40	0,00
425	7,20	6,80	0,00
426	7,20	7,20	0,00
427	7,20	7,60	0,00
428	7,20	8,00	0,00
429	7,20	8,40	0,00
430	7,20	8,80	0,00
431	7,20	9,20	0,00
432	7,20	9,60	0,00
433	0,00	0,00	0,00
434	0,38	0,00	0,00
435	0,00	0,40	0,00
436	0,00	1,20	0,00
437	0,00	0,80	0,00
438	0,76	0,00	0,00
439	1,14	0,00	0,00
440	1,52	0,00	0,00
441	1,90	0,00	0,00
442	0,00	1,60	0,00
443	0,00	2,00	0,00
444	0,00	2,40	0,00
445	0,00	3,20	0,00
446	0,00	2,80	0,00

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
863	6,00	2,00	3,20
864	6,00	2,40	3,20
865	6,00	2,80	3,20
866	6,00	3,20	3,20
867	6,00	3,60	3,20
868	6,00	4,00	3,20
869	6,00	4,40	3,20
870	6,00	4,80	3,20
871	6,00	5,20	3,20
872	6,00	5,60	3,20
873	6,00	6,00	3,20
874	6,00	6,40	3,20
875	6,00	6,80	3,20
876	6,00	7,20	3,20
877	6,00	7,60	3,20
878	6,00	8,00	3,20
879	6,00	8,40	3,20
880	6,00	8,80	3,20
881	6,00	9,20	3,20
882	6,00	9,60	3,20
883	6,40	0,40	3,20
884	6,40	0,80	3,20
885	6,40	1,20	3,20
886	6,40	1,60	3,20
887	6,40	2,00	3,20
888	6,40	2,40	3,20
889	6,40	2,80	3,20
890	6,40	3,20	3,20
891	6,40	3,60	3,20
892	6,40	4,00	3,20

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
1335	3,80	0,80	1,20
1336	3,80	0,40	1,20
1337	3,80	0,80	0,80
1338	3,80	0,40	0,80
1339	3,80	0,80	0,40
1340	3,80	0,40	0,40
1341	3,80	1,20	2,80
1342	3,80	1,20	2,40
1343	3,80	1,20	2,00
1344	3,80	1,20	1,60
1345	3,80	1,20	1,20
1346	3,80	1,20	0,80
1347	3,80	1,20	0,40
1348	3,80	1,60	2,80
1349	3,80	1,60	2,40
1350	3,80	1,60	2,00
1351	3,80	1,60	1,60
1352	3,80	1,60	1,20
1353	3,80	1,60	0,80
1354	3,80	1,60	0,40
1355	3,80	2,00	2,80
1356	3,80	2,00	2,40
1357	3,80	2,00	2,00
1358	3,80	2,00	1,60
1359	3,80	2,00	1,20
1360	3,80	2,00	0,80
1361	3,80	2,00	0,40
1362	3,80	2,40	2,80
1363	3,80	2,40	2,40

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
1842	2,95	4,00	4,00
1843	3,32	3,60	4,00
1844	3,32	4,00	4,00
1845	3,69	3,60	4,00
1846	3,69	4,00	4,00
1847	4,06	3,60	4,00
1848	4,06	4,00	4,00
1849	4,43	3,60	4,00
1850	4,43	4,00	4,00
1875	0,00	6,00	4,00
1876	0,00	5,60	4,00
1877	0,38	5,60	4,00
1878	0,38	6,00	4,00
1879	0,76	5,60	4,00
1880	0,76	6,00	4,00
1881	1,14	5,60	4,00
1882	1,14	6,00	4,00
1883	1,52	5,60	4,00
1884	1,52	6,00	4,00
1885	1,90	5,60	4,00
1886	1,90	6,00	4,00
1887	2,28	5,60	4,00
1888	2,28	6,00	4,00
1889	2,66	5,60	4,00
1890	2,66	6,00	4,00
1891	3,04	5,60	4,00
1892	3,04	6,00	4,00
1893	3,42	5,60	4,00
1894	3,42	6,00	4,00

## PANNELLI

Pannello	Spessore	Materiale	Tipo di meshatura	Tipo di armatura	Spessore (cm)	Kx (kN/m3)	Ky (kN/m3)	Kz (kN/m3)
1	TH40_0_KZ	C35/45	Delaunay	Piastra	40,00	5000,00	5000,00	5000,00
2	TH40	C35/45	Delaunay	Piastra	40,00	0,0	0,0	0,0
3	TH30	C35/45	Delaunay	Muro	30,00	0,0	0,0	0,0
4	TH30	C35/45	Delaunay	Muro	30,00	0,0	0,0	0,0
5	TH30	C35/45	Delaunay	Muro	30,00	0,0	0,0	0,0
8	TH20	C35/45	Coons	Muro	20,00	0,0	0,0	0,0
9	TH20	C35/45	Coons	Muro	20,00	0,0	0,0	0,0
10	TH20	C35/45	Coons	Muro	20,00	0,0	0,0	0,0
11	TH20	C35/45	Coons	Muro	20,00	0,0	0,0	0,0
12	TH20	C35/45	Coons	Muro	20,00	0,0	0,0	0,0
13	TH20	C35/45	Coons	Muro	20,00	0,0	0,0	0,0
14	TH20	C35/45	Coons	Piastra	20,00	0,0	0,0	0,0
15	TH20	C35/45	Coons	Piastra	20,00	0,0	0,0	0,0

## PROPRIETA' PANNELLI

Nome dello spessore	Lista dei pannelli	Materiale	Tipo di spessore	Spessore (cm)	KZ (kN/m3)	Kx (kN/m3)	Ky (kN/m3)
TH40	2	C35/45	fissa	40,00	0,0	0,0	0,0
TH40_0_KZ	1	C35/45	fissa	40,00	10000,00	5000,00	5000,00
TH30	3a5	C35/45	fissa	30,00	0,0	0,0	0,0
TH20	8a15	C35/45	fissa	20,00	0,0	0,0	0,0

	Rev. C0	Data: 01/09/08	El. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 41
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

### CONDIZIONI DI CARICO

Condiz.	Etichetta	Nome della condizione	Natura	Tipo di analisi
1	PP	Peso proprio	permanenti	Statica lineare
2	G	Peso terreno	permanenti	Statica lineare
3	St	Spinta terreno	permanenti	Statica lineare
4	Si	Spinta idrostatica	permanenti	Statica lineare
5	Q1	Sovraccarico di esercizio totale	Live I	Statica lineare
6	Q2	Sovraccarico di esercizio parziale	Live I	Statica lineare
7	Sq1	Spinta sovraccarico totale	Live I	Statica lineare
8	Sq2	Spinta sovraccarico parziale	Live I	Statica lineare
9	Ex SLU	Sisma x SLU	sismici	Statica lineare
10	Ex SLS	Sisma x SLS	sismici	Statica lineare

### VALORI DEI CARICHI

Cond.	Nome della condizione	Tipo di carico	Lista	Valori di carico
1	Peso proprio	peso proprio	1a5 8a15	PZ Negativo Coeff.=1,00
2	Peso terreno	(EF) uniformi	14 15	PZ=-10,00(kN/m2)
2	Peso terreno	(EF) superf. di contorno	2	PZ1=-24,00(kN/m2) P1(0, 10, 3.2) P2(7.6, 10, 3.2) P3(7.6, 0, 3.2) P4(0, 0, 3.2) P5(0, 3.2, 3.2) P6(4.8, 3.2, 3.2) P7(4.8, 4.4, 3.2) P8(0, 4.4, 3.2) P9(0, 5.2, 3.2) P10(3.8, 5.2, 3.2) P11(3.8, 6.4, 3.2) P12(0, 6.4, 3.2)
3	Spinta terreno	(EF) di superficie	3	PX1=13,00(kN/m2) PX2=13,00(kN/m2) PX3=45,00(kN/m2) N1X=0,0(m) N1Y=0,0(m) N1Z=3,20(m) N2X=0,0(m) N2Y=10,00(m) N2Z=3,20(m) N3X=0,0(m) N3Y=0,0(m) N3Z=0,0(m)
3	Spinta terreno	(EF) di superficie	5	PX1=-13,00(kN/m2) PX2=-13,00(kN/m2) PX3=-45,00(kN/m2) N1X=7,60(m) N1Y=0,0(m) N1Z=3,20(m) N2X=7,60(m) N2Y=10,00(m) N2Z=3,20(m) N3X=7,60(m) N3Y=10,00(m) N3Z=0,0(m)
4	Spinta idrostatica	(EF) superf. di contorno	5	PX1=-7,10(kN/m2) PX2=-7,10(kN/m2) N1X=7,60(m) N1Y=0,0(m) N1Z=0,0(m) N2X=7,60(m) N2Y=10,00(m) N2Z=0,0(m) N3X=7,60(m) N3Y=10,00(m) N3Z=0,70(m) P1(7.6, 0, 0) P2(7.6, 10, 0) P3(7.6, 10, 0.7) P4(7.6, 0, 0.7)
4	Spinta idrostatica	(EF) superf. di contorno	3	PX1=7,10(kN/m2) PX2=7,10(kN/m2) N1X=0,0(m) N1Y=10,00(m) N1Z=0,0(m) N2X=0,0(m) N2Y=0,0(m) N2Z=0,0(m) N3X=0,0(m) N3Y=0,0(m) N3Z=0,70(m) P1(0, 10, 0) P2(0, 0, 0) P3(0, 0, 0.7) P4(0, 10, 0.7)
4	Spinta idrostatica	(EF) uniformi	1	PZ=7,10(kN/m2)
5	Sovraccarico di esercizio totale	(EF) superf. di contorno	2	PZ1=-20,00(kN/m2) P1(0, 10, 3.2) P2(7.6, 10, 3.2) P3(7.6, 0, 3.2) P4(0, 0, 3.2) P5(0, 3.2, 3.2) P6(4.8, 3.2, 3.2) P7(4.8, 4.4, 3.2) P8(0, 4.4, 3.2) P9(0, 5.2, 3.2) P10(3.8, 5.2, 3.2) P11(3.8, 6.4, 3.2) P12(0, 6.4, 3.2)
5	Sovraccarico di esercizio totale	(EF) uniformi	14 15	PZ=-20,00(kN/m2)
6	Sovraccarico di esercizio parziale	(EF) uniformi	14 15	PZ=-20,00(kN/m2)
6	Sovraccarico di esercizio parziale	(EF) superf. di contorno	2	PZ1=-20,00(kN/m2) P1(0, 10, 3.2) P2(3.8, 10, 3.2) P3(3.8, 6.4, 3.2) P4(0, 6.4, 3.2)
6	Sovraccarico di esercizio parziale	(EF) superf. di contorno	2	PZ1=-20,00(kN/m2) P1(0, 5.2, 3.2) P2(3.8, 5.2, 3.2) P3(3.8, 4.4, 3.2) P4(0, 4.4, 3.2)
6	Sovraccarico di esercizio parziale	(EF) superf. di contorno	2	PZ1=-20,00(kN/m2) P1(0, 3.2, 3.2) P2(3.8, 3.2, 3.2) P3(3.8, 0, 3.2) P4(0, 0, 3.2)
7	Spinta sovraccarico totale	(EF) uniformi	5	PX=-10,00(kN/m2)
7	Spinta sovraccarico totale	(EF) uniformi	3	PX=10,00(kN/m2)
8	Spinta sovraccarico parziale	(EF) uniformi	3	PX=10,00(kN/m2)
9	Sisma x SLU	(EF) di superficie	3	PX1=11,10(kN/m2) PX2=11,10(kN/m2) PX3=38,50(kN/m2) N1X=0,0(m) N1Y=10,00(m) N1Z=3,20(m) N2X=0,0(m) N2Y=0,0(m) N2Z=3,20(m) N3X=0,0(m) N3Y=0,0(m) N3Z=0,0(m)
9	Sisma x SLU	(EF) uniformi	2	PX=6,35(kN/m2)
9	Sisma x SLU	(EF) di superficie	5	PX1=-11,10(kN/m2) PX2=-11,10(kN/m2) PX3=-38,50(kN/m2) N1X=7,60(m) N1Y=0,0(m) N1Z=3,20(m) N2X=7,60(m) N2Y=10,00(m) N2Z=3,20(m) N3X=7,60(m) N3Y=10,00(m) N3Z=0,0(m)
10	Sisma x SLS	(EF) di superficie	3	PX1=9,70(kN/m2) PX2=9,70(kN/m2) PX3=33,70(kN/m2) N1X=0,0(m) N1Y=10,00(m) N1Z=3,20(m) N2X=0,0(m) N2Y=0,0(m) N2Z=3,20(m) N3X=0,0(m) N3Y=0,0(m) N3Z=0,0(m)
10	Sisma x SLS	(EF) uniformi	2	PX=3,00(kN/m2)
10	Sisma x SLS	(EF) di superficie	5	PX1=-9,70(kN/m2) PX2=-9,70(kN/m2) PX3=-33,70(kN/m2) N1X=7,60(m) N1Y=0,0(m) N1Z=3,20(m) N2X=7,60(m) N2Y=10,00(m) N2Z=3,20(m) N3X=7,60(m) N3Y=10,00(m) N3Z=0,0(m)

	Rev. C0	Data: 01/09/08	El. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 42
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

## 7.2 Combinazioni di progetto

Le combinazioni di carico utilizzate nel calcolo del Tunnel Servizi sono quelle da normativa vigente in dettaglio con riferimento al numero di condizione di carico elementare sopra definite, si hanno le seguenti tabelle:

### 7.2.1 Combinazioni agli stati limite ultimo (SLU)

Comb.	Nome	Natura della comb.	Natura della cond.	Definizione
11 (C)	1.3PP+1.3G+1.5Q1	SLU	Live1	$(PP+G+St+Si)*1.30+(Q1+Sq1)*1.50$
12 (C)	1.3PP+1.3G+1.5Q2	SLU	Live1	$(PP+G+St+Si)*1.30+(Q2+Sq2)*1.50$
13 (C)	PP+G+Ex+0.8Q1	SLU	sismici	$(PP+G+Ex SLU+Si)*1.00+(Q1+Sq1)*0.80$
14 (C)	PP+G+Ex+0.8Q2	SLU	sismici	$(PP+G+Ex SLU+Si)*1.00+(Q2+Sq2)*0.80$

### 7.2.2 Combinazioni agli stati limite di equilibrio (EQU)

Comb.	Nome	Natura della comb.	Natura della cond.	Definizione
15 (C)	0.9PP+1.1Si	UPL	permanenti	$PP*0.90+Si*1.1$

### 7.2.3 Combinazioni agli stati limite di esercizio (SLE)

Comb.	Nome	Natura della comb.	Natura della cond.	Definizione
16 (C)	PP+G+Q1(rara)	SLS	Live1	$(PP+G+St+Q1+Sq1+Si)*1.00$
17 (C)	PP+G+Q2(rara)	SLS	Live1	$(PP+G+St+Q2+Sq2+Si)*1.00$
18 (C)	PP+G+0.9Q1(frequente)	SLS	Live1	$(PP+G+St+Si)*1.00+(Q1+Sq1)*0.90$
19 (C)	PP+G+0.9Q2(frequente)	SLS	Live1	$(PP+G+St+Si)*1.00+(Q2+Sq2)*0.90$
20 (C)	PP+G+0.8Q1(q.perm.)	SLS	Live1	$(PP+G+St+Si)*1.00+(Q1+Sq1)*0.80$
21 (C)	PP+G+0.8Q2(q.perm.)	SLS	Live1	$(PP+G+St+Si)*1.00+(Q2+Sq2)*0.80$
22 (C)	PP+G+Ex(SLD)+0.8Q1	SLS	sismici	$(PP+G+Ex SLS+Si)*1.00+(Q1+Sq1)*0.80$
23 (C)	PP+G+Ex(SLD)+0.8Q2	SLS	sismici	$(PP+G+Ex SLS+Si)*1.00+(Q2+Sq2)*0.80$

## 8. RISULTATI DEL CALCOLO

Nel seguito si riportano i risultati delle analisi eseguite.

Nella convenzione dei risultati si ha:

- sistema di riferimento globale ROBOT Millennium (Autodesk): modello di calcolo 3D

Unità di misura utilizzate : kN, kNm

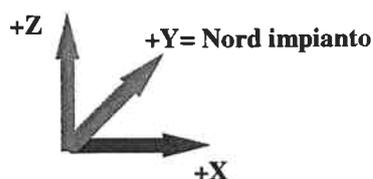


FIG. 8-1 – SISTEMA DI RIFERIMENTO GLOBALE MODELLO 3D

- sistema di riferimento locale ROBOT Millennium (Autodesk): azioni interne

Unità di misura utilizzate : kN, kNm

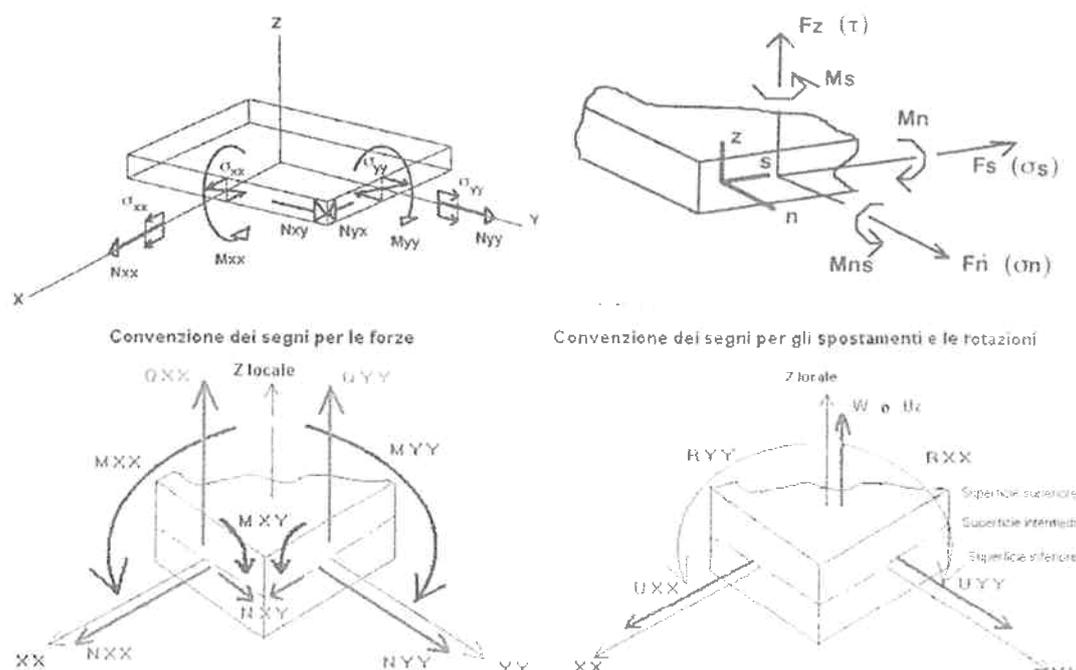
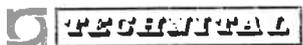


FIG. 8-2 – SISTEMA DI RIFERIMENTO LOCALE ELEMENTI FINITI PIANI (PANNELLI)

	Rev. C0	Data: 01/09/08	Ei. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 44
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

### 8.1 Verifica al galleggiamento – Stato limite di equilibrio (EQU)

A tempo infinito si considera la sottospinta idrostatica agente alla base della platea, la combinazione n. 15 serve per la verifica al galleggiamento.

Comb.	Nome	Natura della comb.	Natura della cond.	Definizione
15 (C)	0.9PP+1.1Si	UPL	permanenti	PP*0.90+Si*1.1

La somma dei carichi verticali dovuti al peso proprio della struttura vale:

$$F_z (PP) = 2302 \text{ kN (verso il basso)}$$

Mentre la somma dei carichi verticali dovuta alla sottospinta idraulica risulta:

$$F_z (Si) = -540 \text{ kN (verso l'alto)}$$

per la verifica al galleggiamento la risultante della combinazione 15 deve essere positiva:

$$F_z (\text{comb. 15}) = 0.9 \cdot 2302 - 1.1 \cdot 540 = 1478 \text{ kN} > 0$$

$$\text{Coefficiente di sicurezza } F = (0.9 \cdot 2302) / (1.1 \cdot 540) = 3.49$$

 <b>PROGITAL</b>	Rev. C0	Data: 01/09/08	El. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 45
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

## 8.2 Platea di fondazione

Nel seguito si riportano le mappe degli involuipi dei momenti flettenti nelle combinazioni agli stati limite ultimo (SLU).

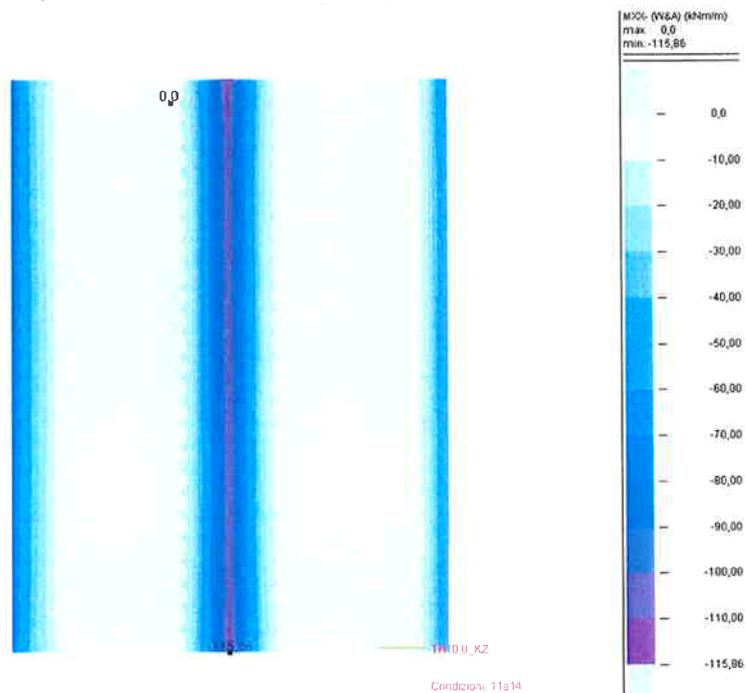


FIG. 8-3 – PLATEA DI FONDAZIONE - MAPPA MXX- – COMBINAZIONI: 11A14(SLU)

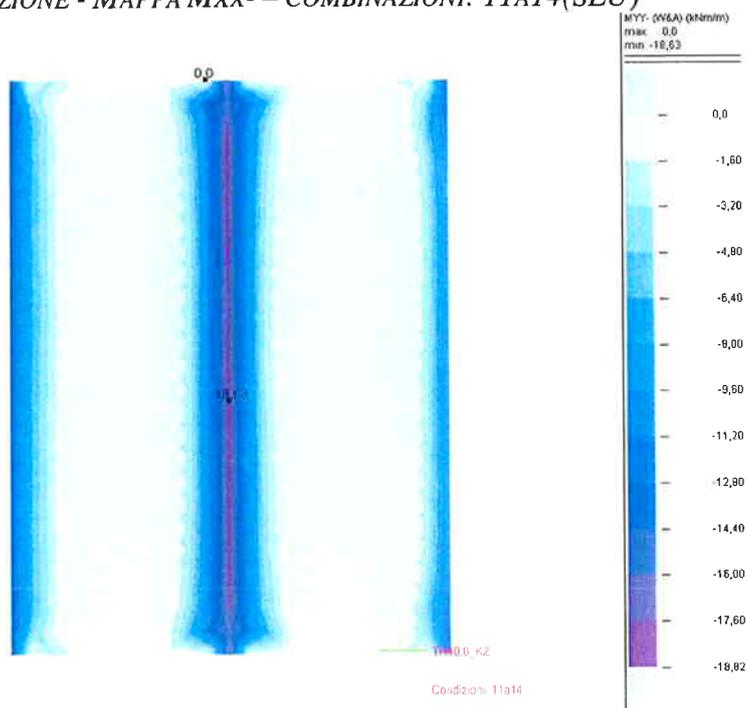


FIG. 8-4 – PLATEA DI FONDAZIONE - MAPPA MYY- – COMBINAZIONI: 11A14(SLU)

	Rev. C0	Data: 01/09/08	EI. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 46
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

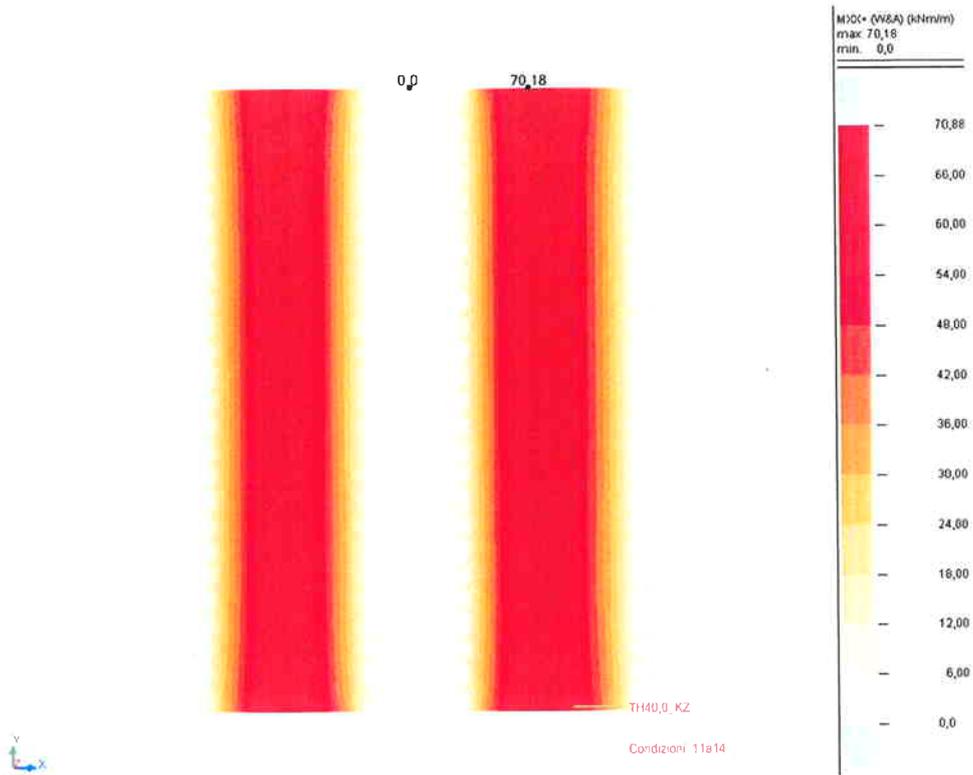


FIG. 8-5 – PLATEA DI FONDAZIONE - MAPPA MXX+ – COMBINAZIONI: 11A14(SLU)

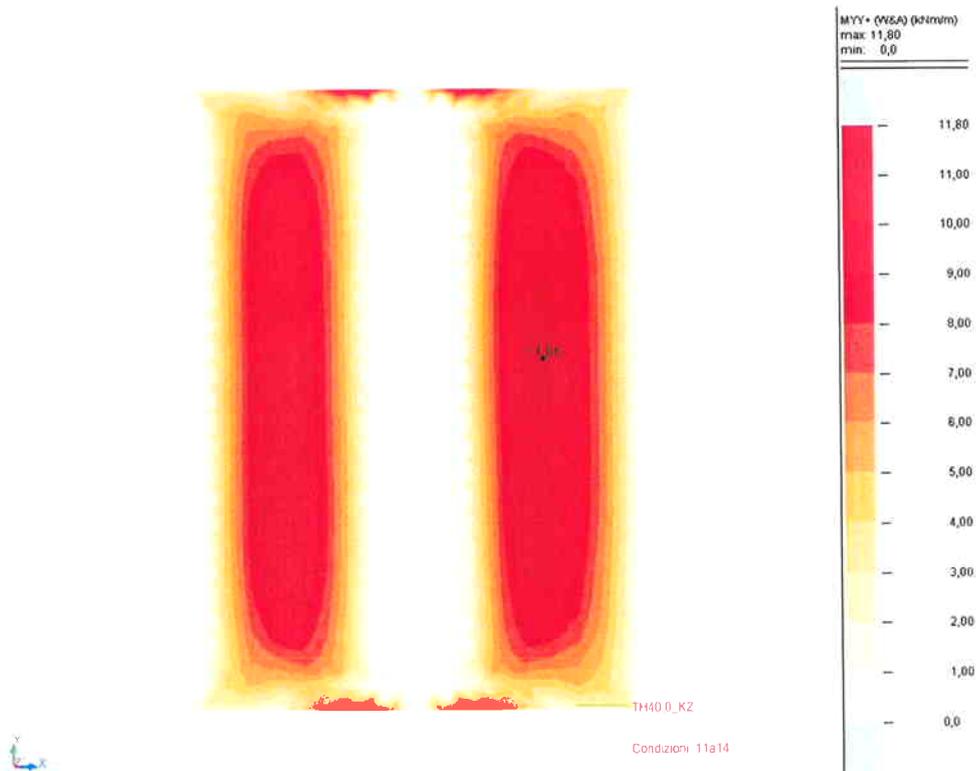


FIG. 8-6 – PLATEA DI FONDAZIONE - MAPPA MYX+ – COMBINAZIONI: 11A14(SLU)

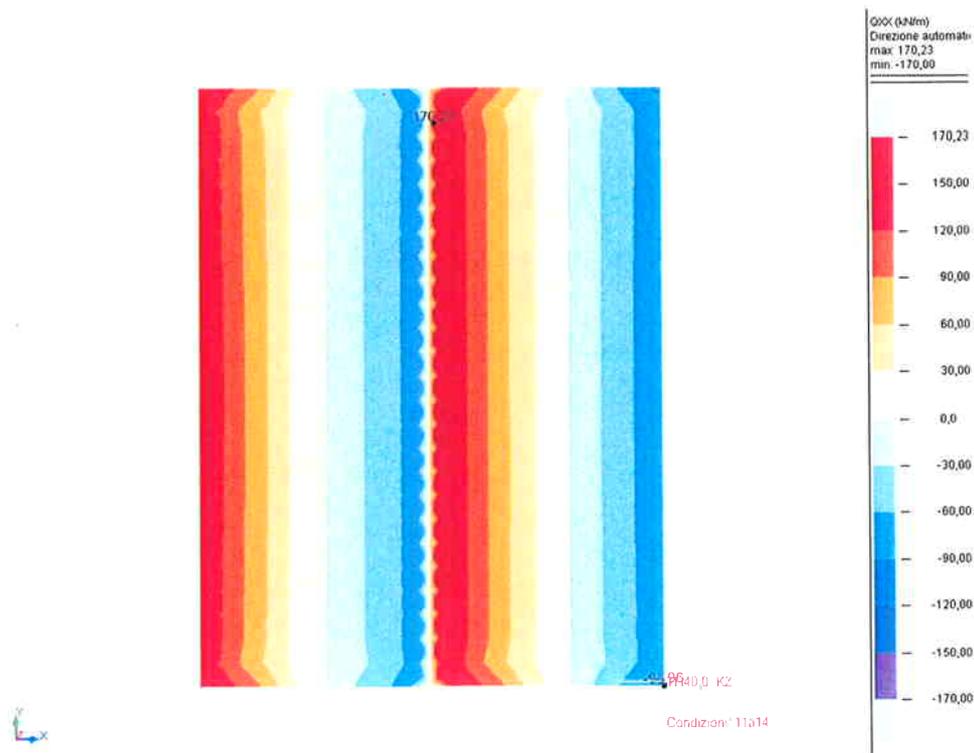


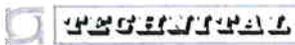
FIG. 8-7 – PLATEA DI FONDAZIONE - MAPPA TAGLIO QXX (INVILUPPO POSITIVO) – COMBINAZIONI: 11A14(SLU)

Si riporta la tabella riepilogativa dei valori estremi dei momenti flettenti composti nelle due direzioni e del taglio Qxx nelle combinazioni agli stati limite ultimo (SLU):

RISULTATI EF - DIREZIONE AUTOMATICA - CONDIZIONI: 11A14 (SLU)  
ESTREMI GLOBALI

	MXX+ (W&A) (kNm/m)	MXX- (W&A) (kNm/m)	MYY+ (W&A) (kNm/m)	MYY- (W&A) (kNm/m)	QXX (kN/m)
<b>MAX</b>	70,18	0,0	11,80	0,0	154,35
<b>Pannello</b>	1	1	1	1	1
<b>Nodo</b>	531	2	528	2	264
<b>Condiz.</b>	11 (C)	11 (C)	11 (C)	11 (C)	11 (C)
<b>MIN</b>	0,0	-115,86	0,0	-18,63	-153,98
<b>Pannello</b>	1	1	1	1	1
<b>Nodo</b>	1	454	1	465	193
<b>Condiz.</b>	11 (C)	11 (C)	11 (C)	11 (C)	11 (C)

Nel seguito si riportano le mappe degli involuipi dei momenti flettenti nelle combinazioni agli stati limite di servizio (SLS).

	Rev. C0	Data: 01/09/08	EI. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 48
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

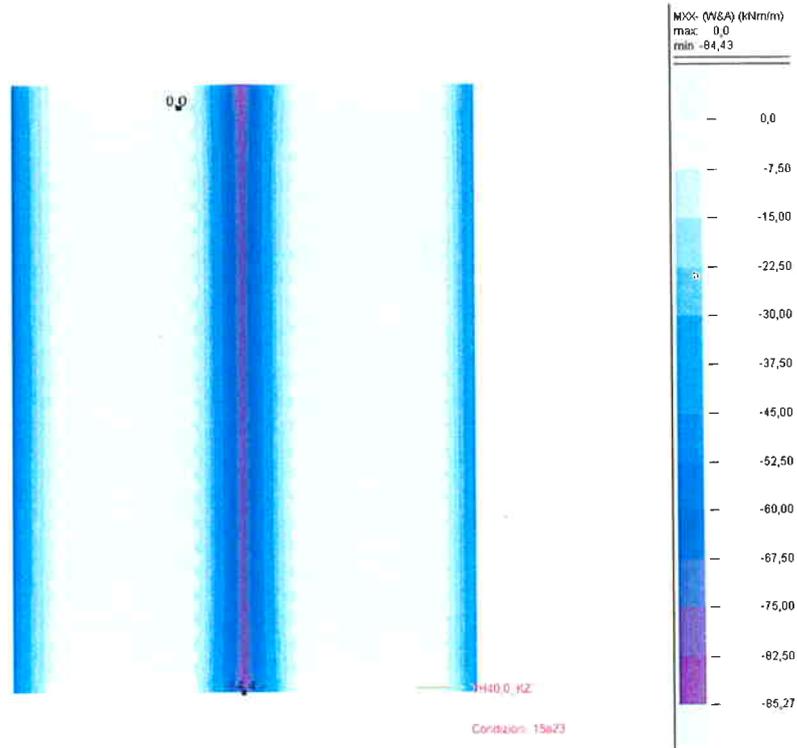


FIG. 8-8 – PLATEA DI FONDAZIONE - MAPPA MXX- - COMBINAZIONI: 15A23(SLS)

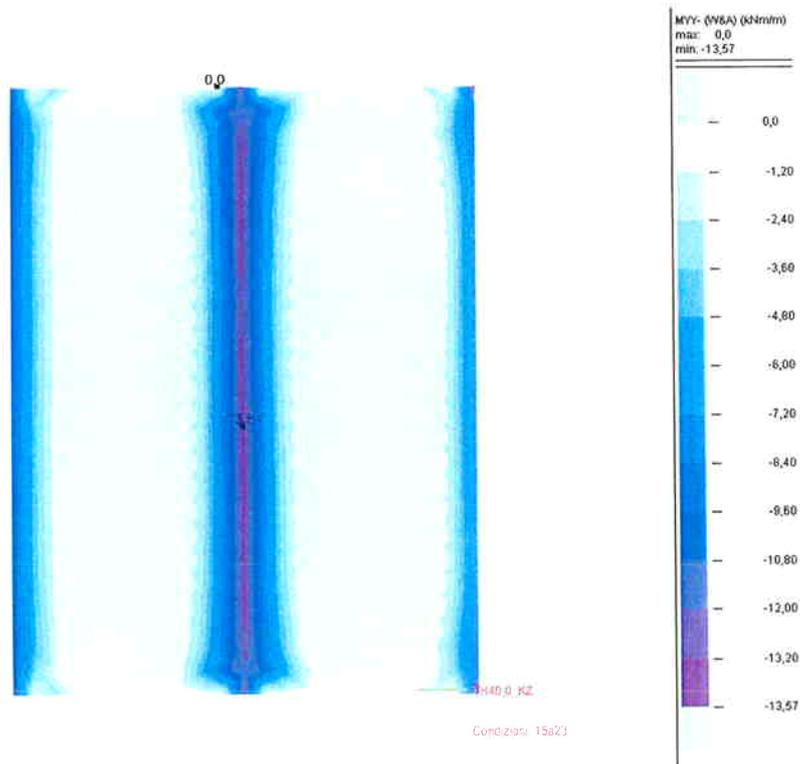
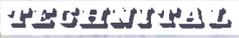


FIG. 8-9 – PLATEA DI FONDAZIONE - MAPPA MYX- - COMBINAZIONI: 15A23(SLS)

 	Rev. C0	Data: 01/09/08	EI. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 49
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

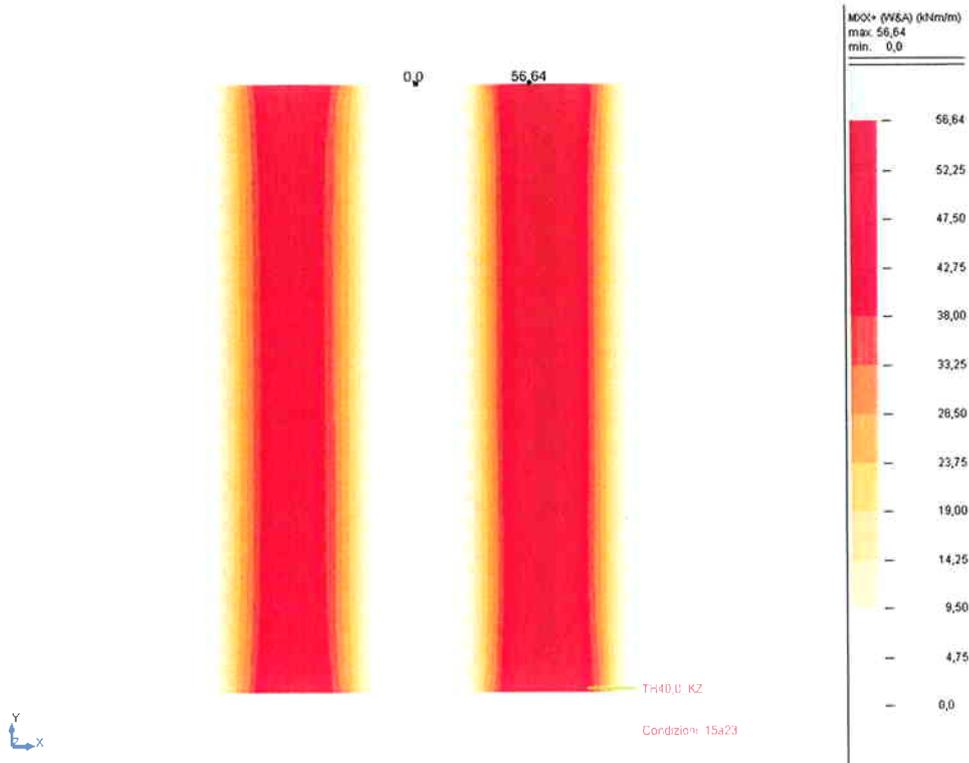


FIG. 8-10 – PLATEA DI FONDAZIONE - MAPPA  $M_{XX+}$  - COMBINAZIONI: 15A23(SLS)

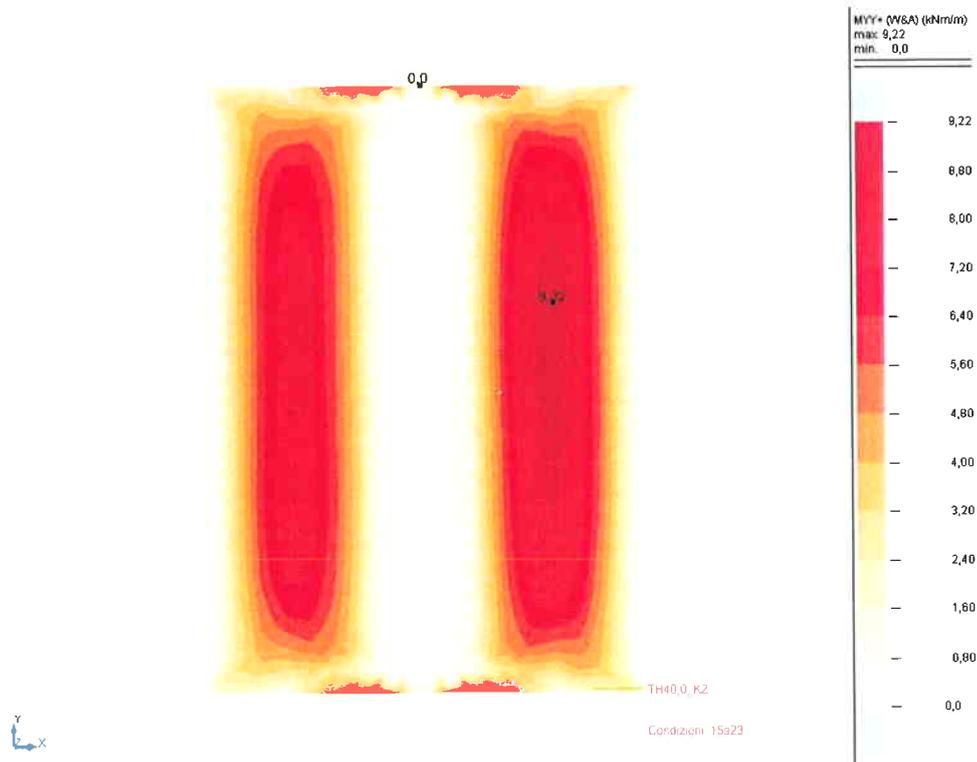


FIG. 8-11 – PLATEA DI FONDAZIONE - MAPPA  $M_{Y+}$  - COMBINAZIONI: 15A23(SLS)

Si riporta la tabella riepilogativa dei valori estremi dei momenti flettenti composti nelle due direzioni nelle combinazioni di servizio (SLS):

RISULTATI EF - DIREZIONE AUTOMATICA - CONDIZIONI: 15A23 (SLS)  
ESTREMI GLOBALI

	MXX+ (W&A) (kNm/m)	MXX- (W&A) (kNm/m)	MYY+ (W&A) (kNm/m)	MYY- (W&A) (kNm/m)
<b>MAX</b>	56,64	0,0	9,22	0,0
<b>Pannello</b>	1	1	1	1
<b>Nodo</b>	531	1	352	2
<b>Condiz.</b>	22 (C)	15 (C)	22 (C)	15 (C)
<b>MIN</b>	0,0	-84,43	0,0	-13,57
<b>Pannello</b>	1	1	1	1
<b>Nodo</b>	1	454	1	465
<b>Condiz.</b>	16 (C)	16 (C)	16 (C)	16 (C)

Le pressioni alla base della platea di fondazione sono evidenziate nella mappa seguente nelle combinazioni di stati limite di servizio (SLS):

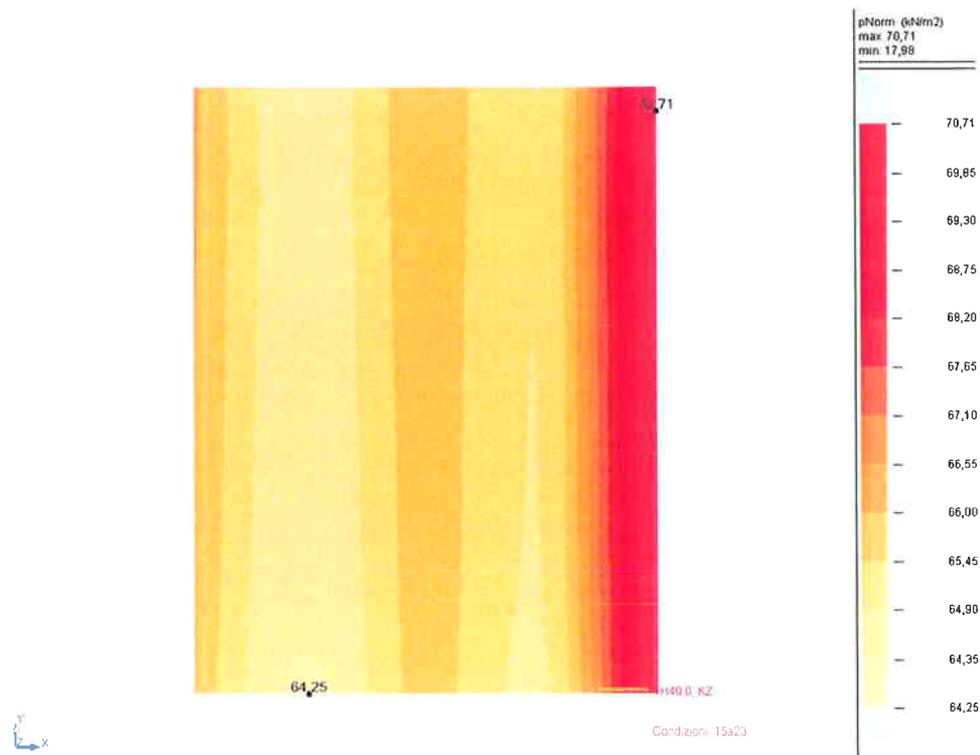


FIG. 8-12 – PLATEA DI FONDAZIONE - MAPPA DELLE PRESSIONI INVILUPPO (+) – COMBINAZIONI: 15A23(SLS)

	Rev. C0	Data: 01/09/08	EI. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 51
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

RISULTATI EF - DIREZIONE AUTOMATICA - CONDIZIONI: 15A23(SLS)  
PRESSIONI ALLA BASE – ESTREMI GLOBALI

	pNorm. (kN/m2)
<b>MAX</b>	70,71
<b>Pannello</b>	1
<b>Nodo.</b>	544
<b>Condiz.</b>	22 (C)
<b>MIN</b>	17,98
<b>Pannello</b>	1
<b>Nodo.</b>	540
<b>Condiz.</b>	15 (C)

### 8.2.1 Verifica a flessione (SLU)

Dalle mappe in esame, prescindendo dai valori puntuali di picco che non risultano significativi ai fini delle verifiche, il valore massimo di progetto del momento flettente su una striscia unitaria risulta quello inferiore in direzione x ed è pari a:

$$M_{Sdx-} (SLU) = 115.9 \text{ kNm}$$

In favore di sicurezza non si considera l'azione assiale di compressione generata dalla spinta delle terre e dalla spinta idraulica.

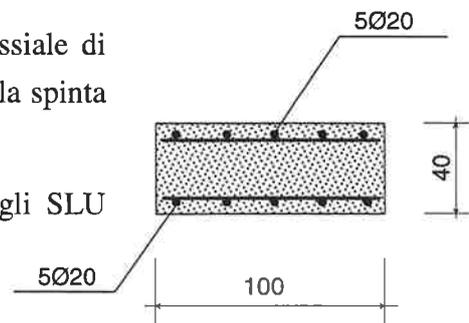
Eseguendo la verifica a flessione della sezione agli SLU con 5Ø20 superiori e 5Ø20 inferiori si ottiene:

$$M_{Rd} = 199.4 \text{ kNm} > M_{Sdx-} = 115.9 \text{ kNm}$$

(Vedere report e dominio della sezione)

Coefficiente di sicurezza:

$$F_s = M_{Rd}/M_{Sd} = 199.4/115.9 = 1.72$$



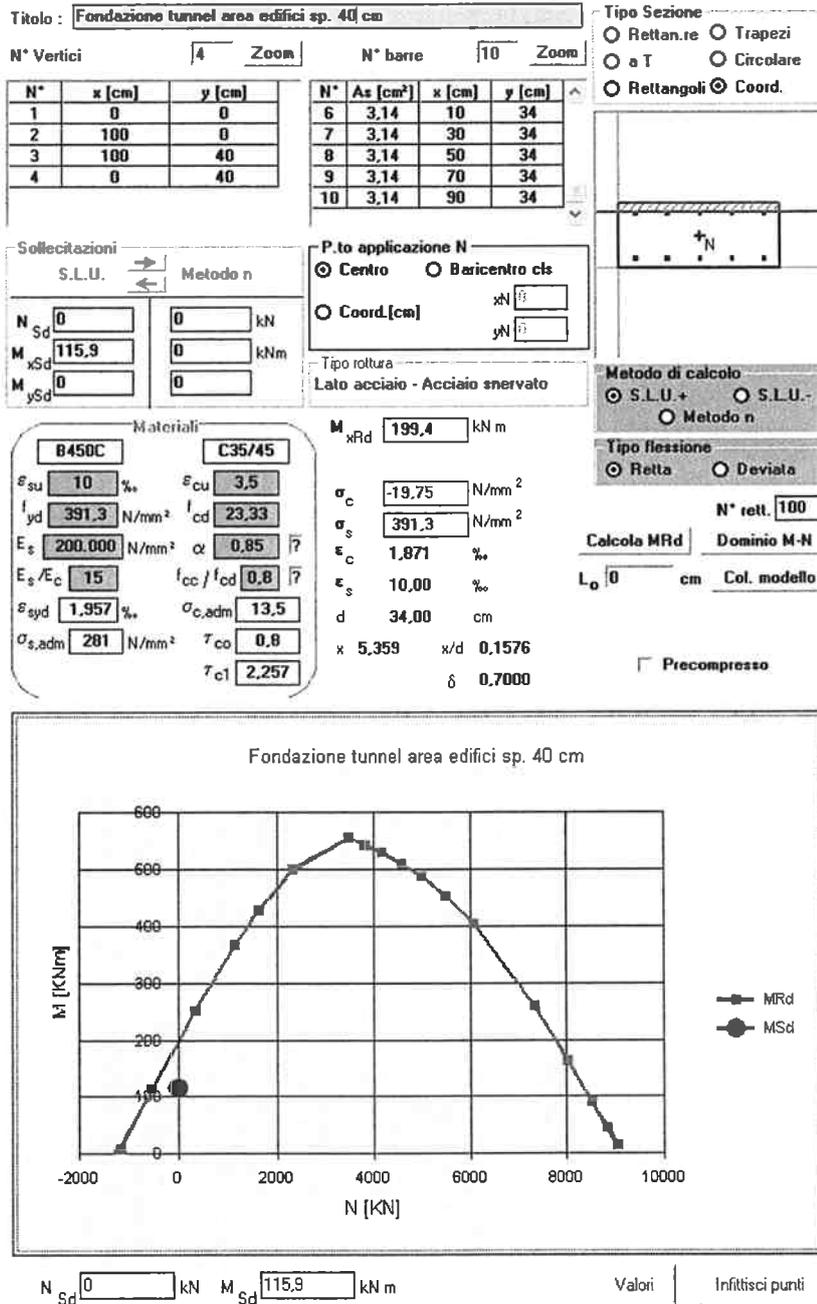


FIG. 8-13 – VERIFICA AGLI SLU DELLA SEZIONE DI FONDAZIONE CON DOMINIO DI RESISTENZA

### 8.2.2 Verifica a fessurazione (SLE)

Per la verifica a fessurazione della soletta di fondazione si considerano le mappe dei momenti flettenti composti nelle combinazioni di servizio (SLS).

Il valore massimo di progetto del momento flettente su una striscia unitaria risulta quello inferiore in direzione x ed è pari a:

$$M_{sdx^-} (SLS) = 84.3 \text{ kNm}$$

Eseguito la verifica a flessione della sezione agli SLS con 5 $\phi$ 20 superiori e 5 $\phi$ 20 inferiori si ottiene:

$$\sigma_c = 4.785 \text{ N/mm}^2 < 0.45 \times f_{ck} = 15.75 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 177.2 \text{ N/mm}^2 < 0.8 \times f_{yk} = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

Titolo : **Fondazione tunnel area edifici sp. 40 cm**

N° Vertici  Zoom  N° barre  Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	100	0
3	100	40
4	0	40

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
6	3.14	10	34
7	3.14	30	34
8	3.14	50	34
9	3.14	70	34
10	3.14	90	34

Tipo Sezione  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Sollecitazioni  
 S.L.U.  Metodo n

P.to applicazione N  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

Metodo di calcolo  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

Materiali

B450C		C35/45	
$\epsilon_{su}$	10 ‰	$\epsilon_{cu}$	3.5
$f_{yd}$	391.3 N/mm²	$f_{cd}$	23.33
$E_s$	200.000 N/mm²	$\alpha$	0.85
$E_s/E_c$	15	$f_{cc}/f_{cd}$	0.8
$\epsilon_{syd}$	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	13.5
$\sigma_{s,adm}$	281 N/mm²	$\tau_{co}$	0.8
		$\tau_{c1}$	2.257

$\sigma_c$  -4,785 N/mm²  
 $\sigma_s$  177,2 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0,8859 ‰  
d 34,00 cm  
x 9,802 x/d 0,2883  
 $\delta$  0,8003

Verifica  
 Precompresso  
N° iterazioni:

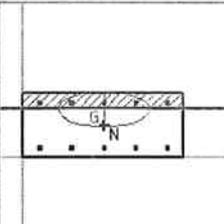


FIG. 8-14 – VERIFICA AGLI SLS DELLA SEZIONE DI FONDAZIONE

Il momento di prima fessurazione risulta:

$$M_F = 90.0 \text{ kNm} > M_{sd} = 84.3 \text{ kNm}$$

Per cui non è necessario effettuare il calcolo dell'ampiezza delle fessure.

	Rev. C0	Data: 01/09/08	EI. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 54
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

### 8.2.3 Verifica a taglio (SLU)

Il valore del taglio massimo nella condizione SLU n. 11 risulta pari a:

$$V_{sd} = 154 \text{ kN}$$

Per la sezione in esame 100x40 e senza armatura a taglio si ha:

$$V_{Rd1} = 229 \text{ kN} > V_{sd} = 154 \text{ kN}$$

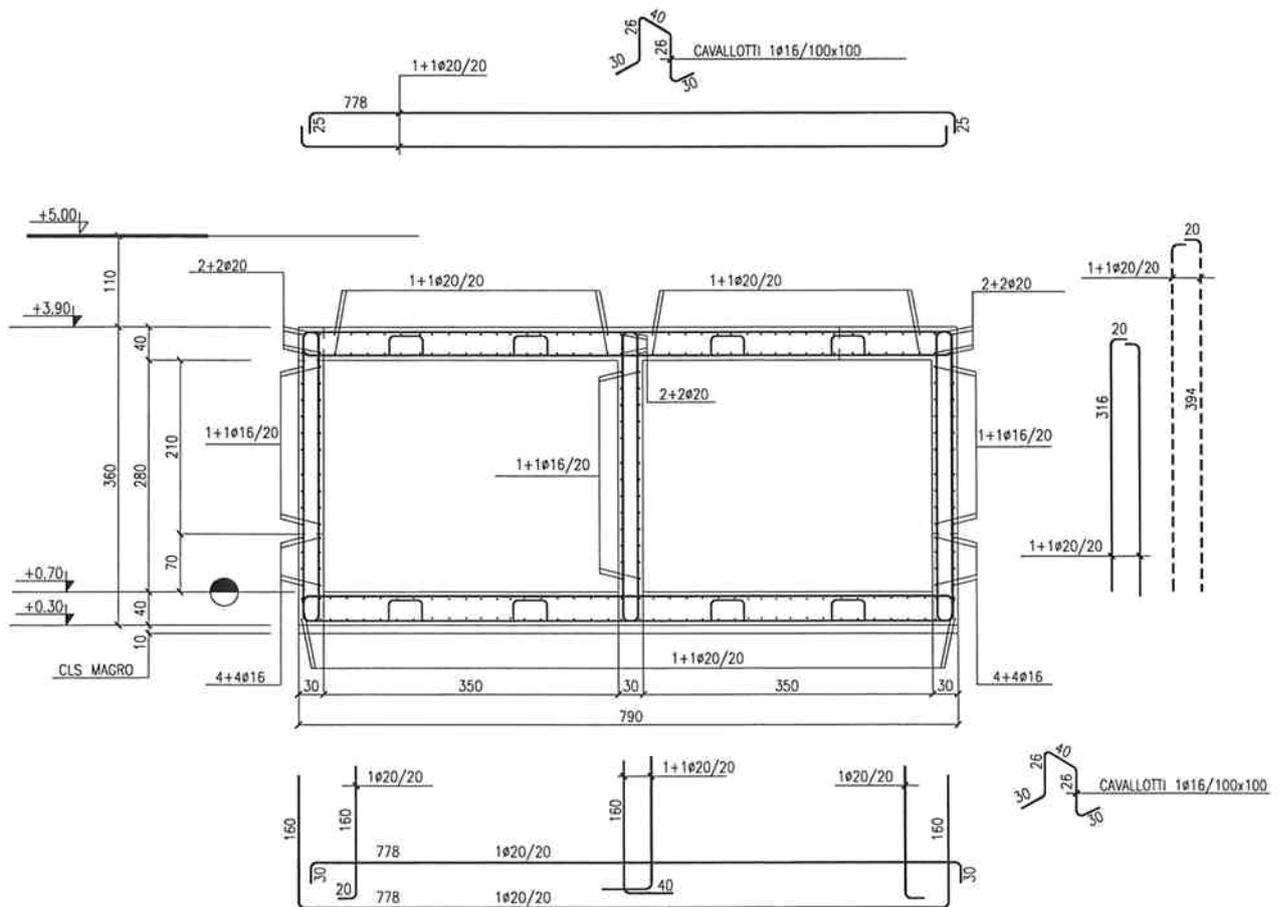


FIG. 8-15 – SEZIONE TIPICA DEL TUNNEL – DETTAGLI DI ARMATURA

 <b>PROGETTA</b>	Rev. C0	Data: 01/09/08	El. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 55
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

### 8.3 Pareti Verticali

Nel seguito si riportano le mappe degli involuipi dei momenti flettenti nelle combinazioni agli stati limite ultimo (SLU).

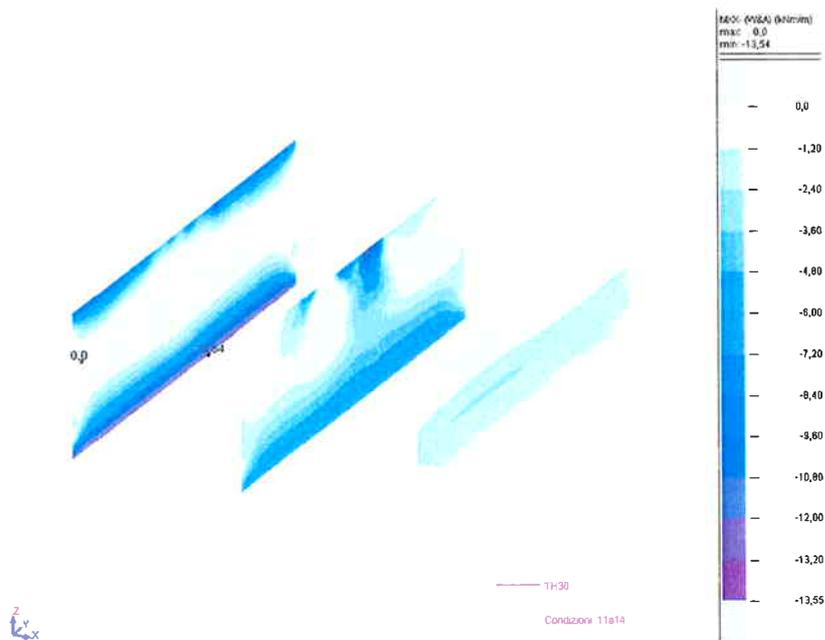


FIG. 8-16 – PARETI VERTICALI - MAPPA MXX- – COMBINAZIONI: 11A14(SLU)

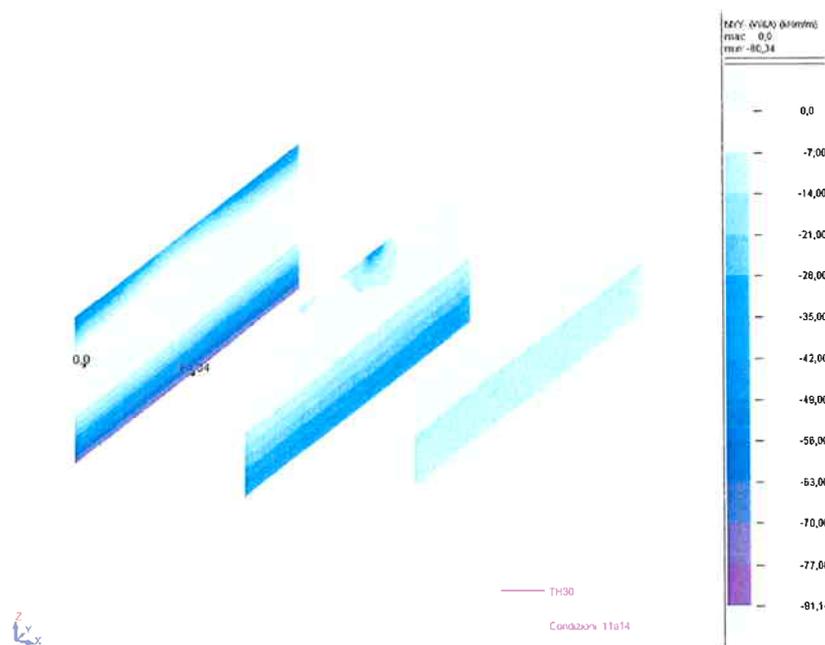


FIG. 8-17 – PARETI VERTICALI - MAPPA MYZ- – COMBINAZIONI: 11A14(SLU)

	Rev. C0	Data: 01/09/08	El. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 56
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

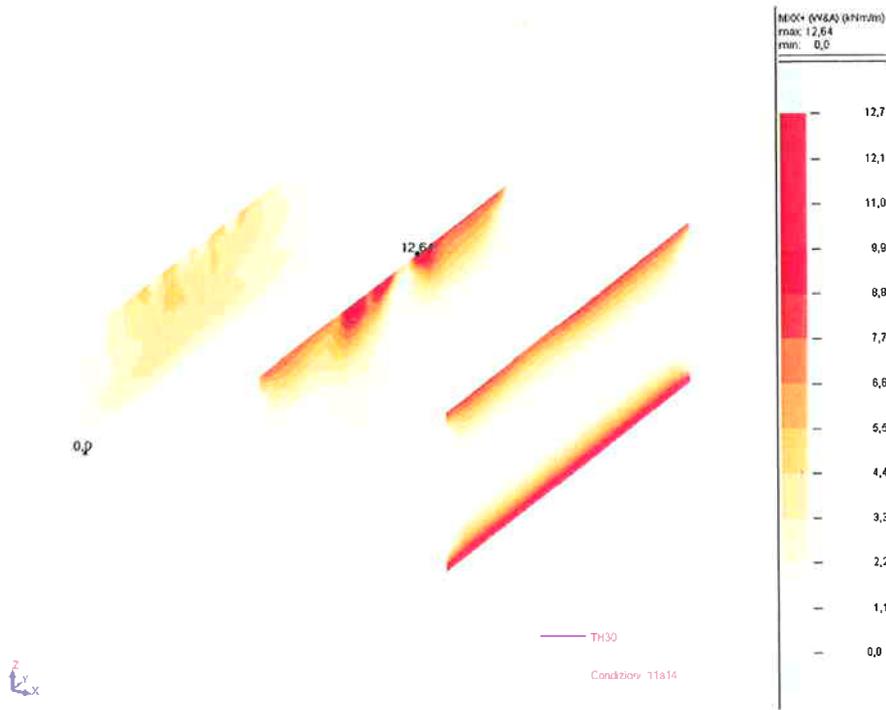


FIG. 8-18 – PARETI VERTICALI - MAPPA MXX+ – COMBINAZIONI: 11a14(SLU)

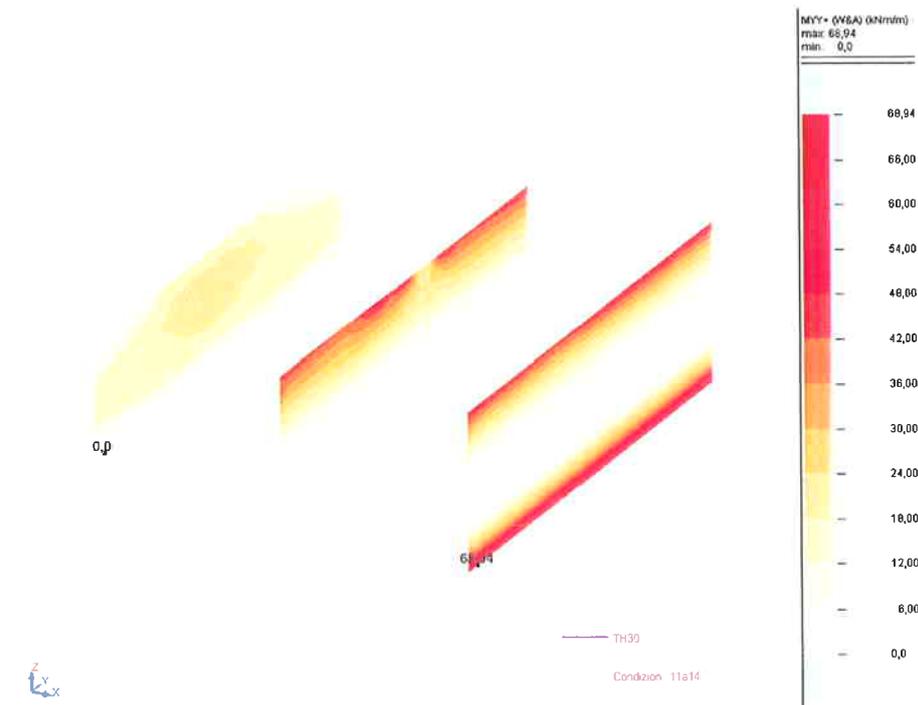


FIG. 8-19 – PARETI VERTICALI - MAPPA MY+ – COMBINAZIONI: 11a14(SLU)

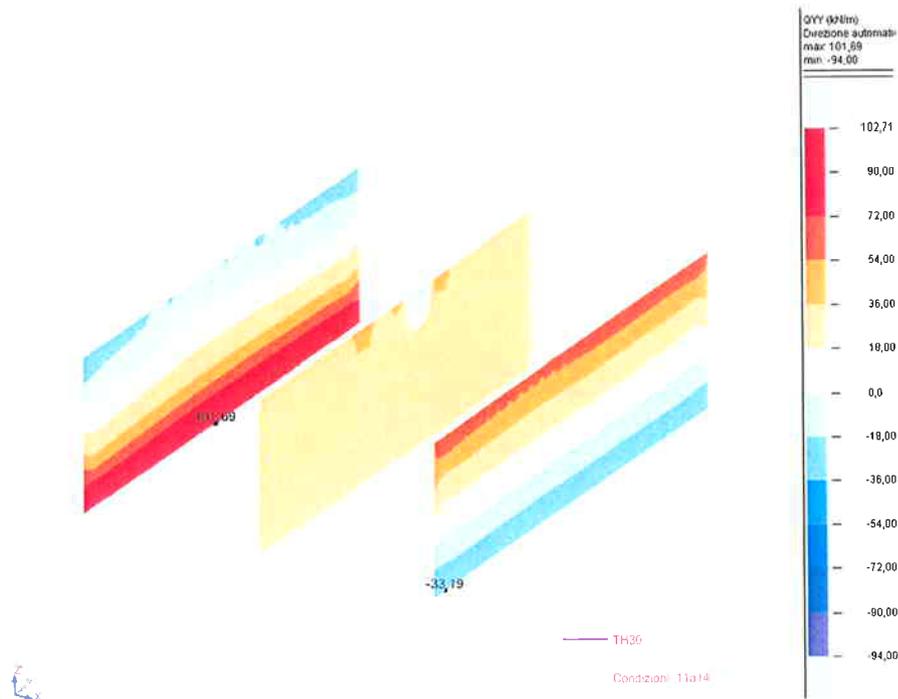


FIG. 8-20 – PARETI VERTICALI - MAPPA TAGLIO QYY (INVILUPPO POSITIVO – COMBINAZIONI: 11A14(SLU))

Si riporta la tabella riepilogativa dei valori estremi dei momenti flettenti nelle due direzioni e del taglio Qxx nelle combinazioni agli stati limite ultimo (SLU):

RISULTATI EF - DIREZIONE AUTOMATICA - CONDIZIONI: 11A14 (SLU)  
ESTREMI GLOBALI

	MXX+ (W&A) (kNm/m)	MXX- (W&A) (kNm/m)	MYY+ (W&A) (kNm/m)	MYY- (W&A) (kNm/m)	QXX (kN/m)
<b>MAX</b>	12,64	0,0	68,94	0,0	101,69
<b>Pannello</b>	4	3	5	3	3
<b>Nodo</b>	981	968	516	965	467
<b>Condiz.</b>	14 (C)	14 (C)	11 (C)	14 (C)	12 (C)
<b>MIN</b>	0,0	-13,54	0,0	-80,34	-94,00
<b>Pannello</b>	3	3	3	3	5
<b>Nodo</b>	433	470	433	466	516
<b>Condiz.</b>	11 (C)	12 (C)	11 (C)	12 (C)	11 (C)

Nel seguito si riportano le mappe degli involuppi dei momenti flettenti nelle combinazioni agli stati limite di servizio (SLS).





Fig. 1. Cross-section of the tunnel with reinforcement.



Fig. 2. Cross-section of the tunnel with reinforcement.

	Rev. C0	Data: 01/09/08	El. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 60
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

Si riporta la tabella riepilogativa dei valori estremi dei momenti flettenti nelle combinazioni di servizio (SLS):

RISULTATI EF - DIREZIONE AUTOMATICA - CONDIZIONI: 15A23 (SLS)  
ESTREMI GLOBALI

	MXX+ (W&A) (kNm/m)	MXX- (W&A) (kNm/m)	MY+ (W&A) (kNm/m)	MY- (W&A) (kNm/m)
<b>MAX</b>	10,32	0,0	51,13	0,0
<b>Pannello</b>	4	3	5	3
<b>Nodo</b>	999	955	516	955
<b>Condiz.</b>	22 (C)	15 (C)	16 (C)	15 (C)
<b>MIN</b>	0,0	-9,89	0,0	-58,69
<b>Pannello</b>	3	3	3	3
<b>Nodo</b>	433	470	433	466
<b>Condiz.</b>	15 (C)	17 (C)	15 (C)	17 (C)

### 8.3.1 Verifica a flessione armatura verticale (SLU)

Dalle mappe in esame, prescindendo dai valori puntuali di picco che non risultano significativi ai fini delle verifiche, il valore massimo di progetto del momento flettente su una striscia unitaria risulta quello alla base della parete (sono tese le fibre esterne) in direzione y (verticale) ed è pari a:

$$M_{Sdy-} (SLU) = 80.34 \text{ kNm}$$

In favore di sicurezza non si considera l'azione assiale di compressione generata dai carichi verticali sulla parete laterale.

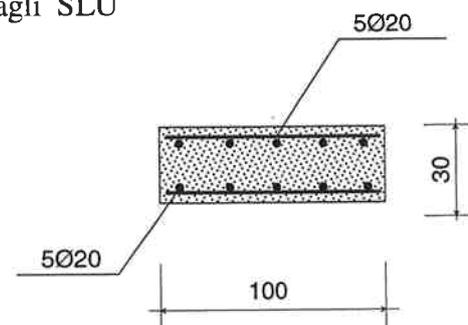
Eseguendo la verifica a flessione della sezione agli SLU con 5 $\phi$ 20 esterni e 5 $\phi$ 20 interni si ottiene:

$$M_{Rd} = 139.2 \text{ kNm} > M_{Sdx-} = 80.34 \text{ kNm}$$

(Vedere report e dominio della sezione)

Coefficiente di sicurezza:

$$F_s = M_{Rd}/M_{Sd} = 139.2/80.34 = 1.73$$



**Titolo:** Pareti verticali tunnel area edifici sp. 30 cm

**N° Vertici:** 4 **Zoom:** **N° barre:** 10 **Zoom:**

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	100	0
3	100	30
4	0	30

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
6	3,14	10	22
7	3,14	30	22
8	3,14	50	22
9	3,14	70	22
10	3,14	90	22

**Sollecitazioni:** S.L.U.  Metodo n

**N<sub>Sd</sub>:** 0 kN

**M<sub>xSd</sub>:** 84,34 kNm

**M<sub>ySd</sub>:** 0 kNm

**P.to applicazione N:**  Centro  Baricentro cls

Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

**Tipo rottura:** Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali:** B450C C35/45

$\epsilon_{su}$  %  $\epsilon_{cu}$  %

$f_{yd}$  N/mm²  $f_{cd}$  N/mm²

$E_s$  N/mm²  $\alpha$  %

$E_s/E_c$  %  $f_{cc}/f_{cd}$  %

$\epsilon_{syd}$  %  $\sigma_{c,adm}$  N/mm²

$\sigma_{s,adm}$  N/mm²  $\tau_{co}$  %

$\tau_{cl}$  %

**M<sub>xRd</sub>:** 139,2 kNm

$\sigma_c$  -19,83 N/mm²

$\sigma_s$  391,3 N/mm²

$\epsilon_c$  3,500 ‰

$\epsilon_s$  9,243 ‰

$d$  22,00 cm

$x$  6,042  $x/d$  0,2747

$\delta$  0,7833

Precompresso

**Tipo Sezione:**  Rettan.re  Trapezi

a T  Circolare

Rettangoli  Coord.

**Metodo di calcolo:**  S.L.U.+  S.L.U.-

Metodo n

**Tipo flessione:**  Retta  Deviata

**N° rett.:** 100

**Calcola MRd:** **Dominio M-N:**

$L_0$  0 cm **Col. modello:**

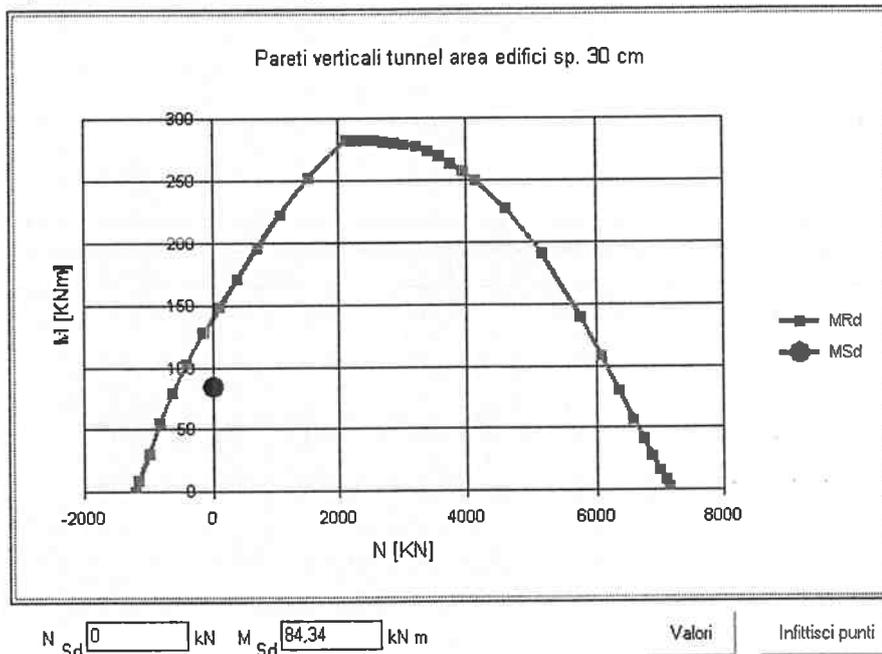


FIG. 8-25 – VERIFICA AGLI SLU DELLA SEZIONE BASE PARETI VERTICALI CON DOMINIO DI RESISTENZA

### 8.3.2 Verifica a fessurazione (SLE)

Per la verifica a fessurazione delle pareti verticali si considerano le mappe dei momenti flettenti composti nelle combinazioni di servizio (SLS).

Dalle mappe in esame, prescindendo dai valori puntuali di picco che non risultano significativi ai fini delle verifiche, il valore massimo di progetto del momento flettente su una striscia unitaria risulta quello alla base della parete (sono tese le fibre esterne) in direzione y (verticale) ed è pari a:

$$M_{Sdy} \text{ (SLS)} = 58.69 \text{ kNm}$$

In favore di sicurezza non si considera l'azione assiale di compressione generata dai carichi verticali sulla parete laterale.

Eseguendo la verifica a flessione della sezione agli SLS con 5 $\phi$ 20 interni e 5 $\phi$ 20 esterni si ottiene:

$$\sigma_c = 7.498 \text{ N/mm}^2 < 0.45 \times f_{ck} = 15.75 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 193.9 \text{ N/mm}^2 < 0.8 \times f_{yk} = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

Titolo: **Pareti verticali tunnel area edifici sp. 30 cm**

N° Vertici:  Zoom  N° barre:  Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	100	0
3	100	30
4	0	30

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	3,14	10	8
2	3,14	30	8
3	3,14	50	8
4	3,14	70	8
5	3,14	90	8
6	3,14	10	22

Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Sollecitazioni: S.L.U.  Metodo n  
 N<sub>Sd</sub>  kN  
 M<sub>xSd</sub>  kNm  
 M<sub>ySd</sub>  kNm

P.to applicazione N:  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN   
 yN

Metodo di calcolo:  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Materiali**  
**B450C** **C35/45**  
 $\epsilon_{su}$   %  $\epsilon_{cu}$    
 $f_{yd}$   N/mm²  $f_{cd}$    
 $E_s$   N/mm²  $\alpha$     
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$     
 $\epsilon_{syd}$   %  $\sigma_{c,adm}$    
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$    
 $\tau_{c1}$

$\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_s$   %  
 d  cm  
 x  x/d   
 $\delta$

**Verifica**  
 N° iterazioni:   
 Precompresso

FIG. 8-26 – VERIFICA AGLI SLS DELLA SEZIONE DI BASE PARETI VERTICALI

 <b>VENEZIA NUOVA</b>	Rev. C0	Data: 01/09/08	EI. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 63
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

Il momento di prima fessurazione risulta:

$$M_F = 48.8 \text{ kNm} < M_{sd} = 58.69 \text{ kNm}$$

Per cui è necessario effettuare il calcolo dell'ampiezza delle fessure.

Dal calcolo risulta:

$$w_k = 0.1895 \text{ mm} < 0.2 \text{ mm}$$

### 8.3.3 Verifica a taglio (SLU)

Il valore del taglio massimo nella condizione SLU n. 12 risulta pari a:

$$V_{sd} = 102 \text{ kN}$$

Per la sezione in esame 100x30 e senza armatura a taglio si ha:

$$V_{Rd1} = 190 \text{ kN} > V_{sd} = 102 \text{ kN}$$

	Rev. C0	Data: 01/09/08	El. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 64
	Rev.		<b>RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI</b>	

### 8.4 Soletta di copertura

Nel seguito si riportano le mappe degli involuipi dei momenti flettenti nelle combinazioni agli stati limite ultimo (SLU).

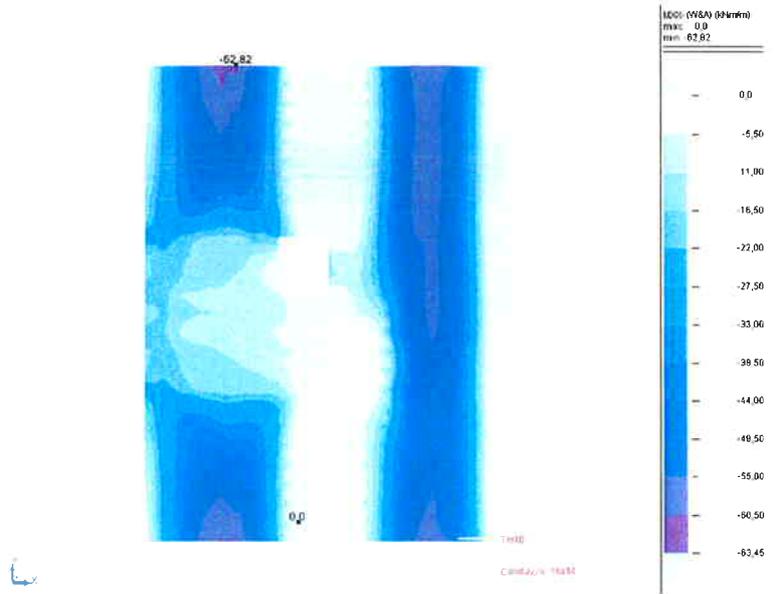


FIG. 8-27 – SOLETTA DI COPERTURA - MAPPA Mxx- – COMBINAZIONI: 11A14(SLU)

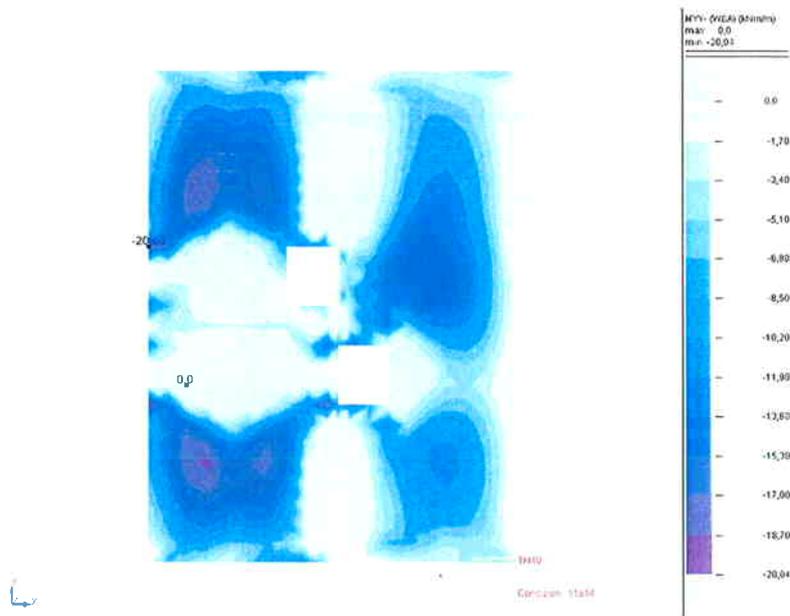


FIG. 8-28 – SOLETTA DI COPERTURA - MAPPA Myy- – COMBINAZIONI: 11A14(SLU)

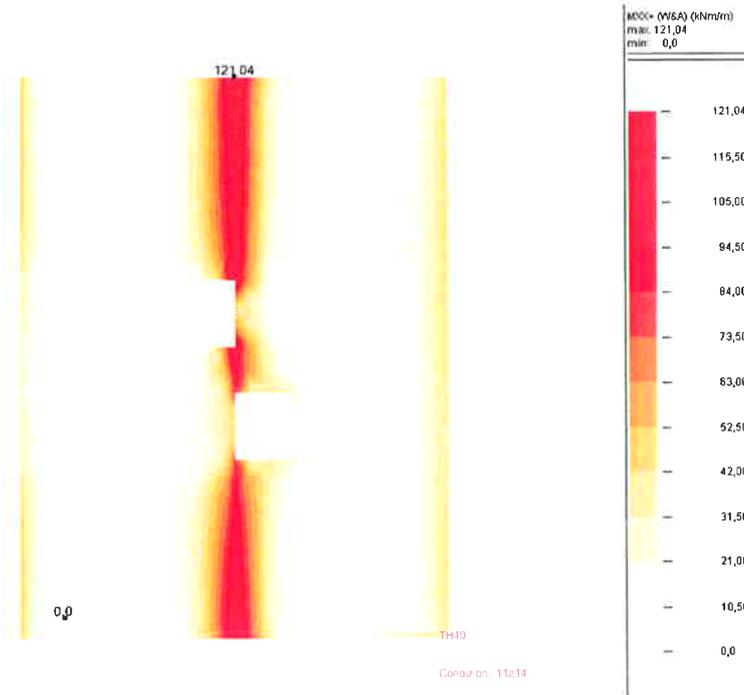


FIG. 8-29 – SOLETTA DI COPERTURA - MAPPA MXX+ - COMBINAZIONI: 11A14(SLU)

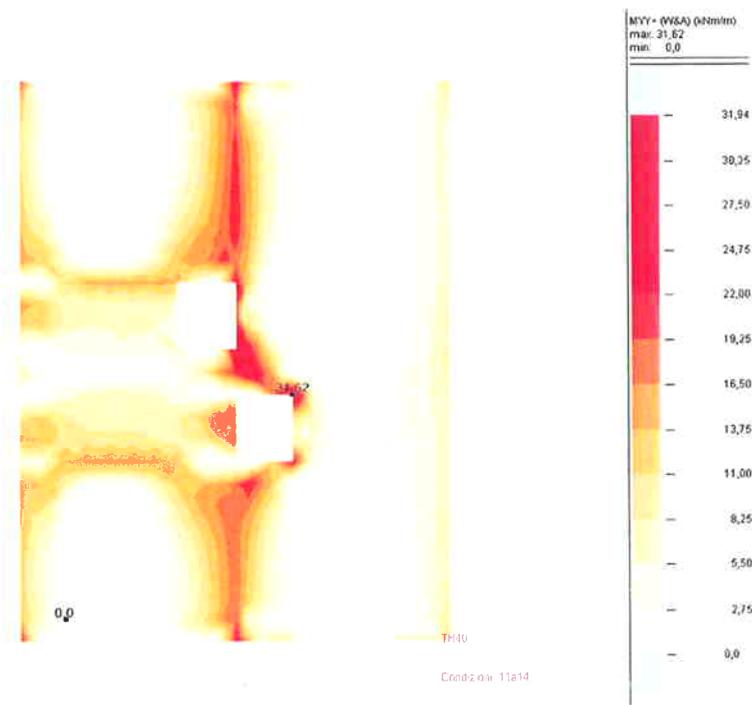


FIG. 8-30 – SOLETTA DI COPERTURA - MAPPA MYY+ – COMBINAZIONI: 11A14(SLU)

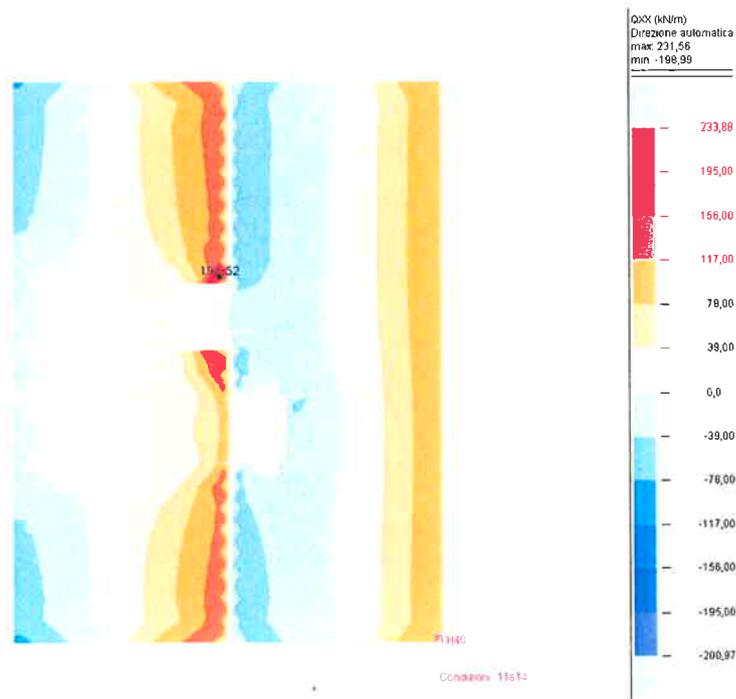


FIG. 8-31 – SOLETTA DI COPERTURA - MAPPA TAGLIO QXX (INVILUPPO POSITIVO) – COMBINAZIONI: 11A14(SLU)

Si riporta la tabella riepilogativa dei valori estremi dei momenti flettenti e del taglio Qxx nelle combinazioni agli stati limite ultimo (SLU):

RISULTATI EF - DIREZIONE AUTOMATICA - CONDIZIONI: 11A14 (SLU)  
ESTREMI GLOBALI

	MXX+ (W&A) (kNm/m)	MXX- (W&A) (kNm/m)	MY+ (W&A) (kNm/m)	MY- (W&A) (kNm/m)	QXX (kN/m)
<b>MAX</b>	121,04	0,0	31,62	0,0	190,98
<b>Pannello</b>	2	2	2	2	2
<b>Nodo</b>	1047	564	983	561	1261
<b>Condiz.</b>	11 (C)	11 (C)	11 (C)	13 (C)	11 (C)
<b>MIN</b>	0,0	-62,82	0,0	-20,04	-152,71
<b>Pannello</b>	2	2	2	2	2
<b>Nodo</b>	547	1075	548	1015	776
<b>Condiz.</b>	13 (C)	12 (C)	11 (C)	14 (C)	11 (C)

Nel seguito si riportano le mappe degli involuipi dei momenti flettenti nelle combinazioni agli stati limite di servizio (SLS).

	Rev. C0	Data: 01/09/08	EI. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 67
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

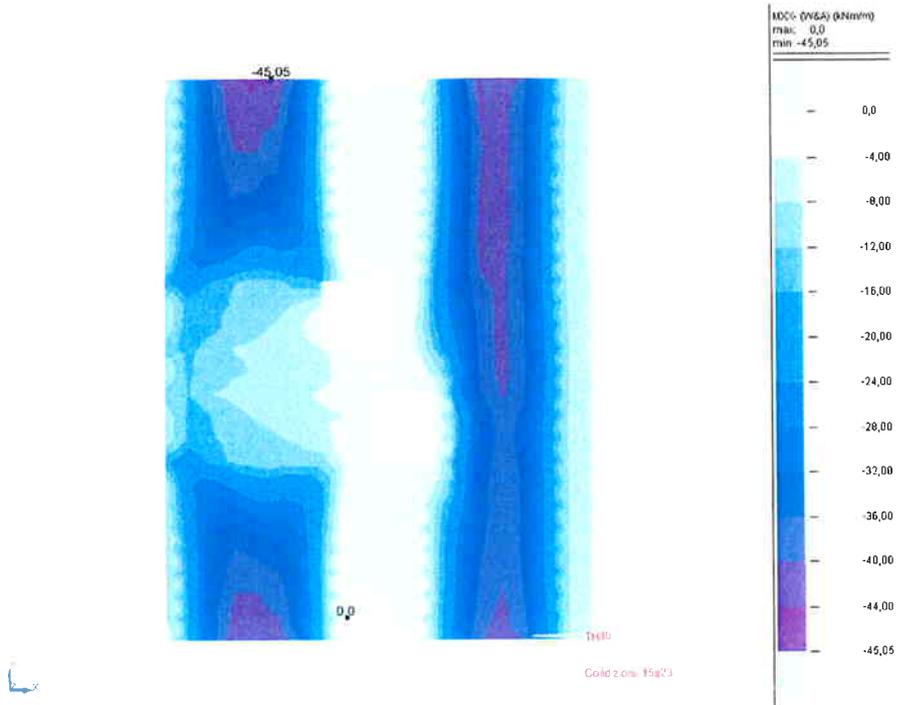


FIG. 8-32 – SOLETTA DI COPERTURA - MAPPA MXX- - COMBINAZIONI:15A23(SLS)

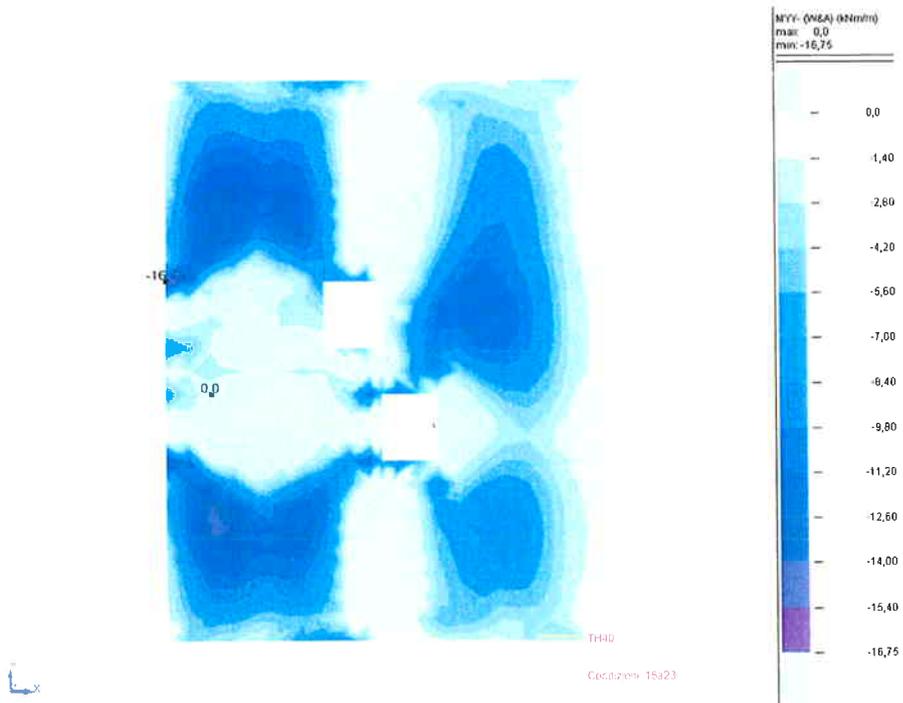


FIG. 8-33 – SOLETTA DI COPERTURA - MAPPA MYX- - COMBINAZIONI:15A23(SLS)

	Rev. C0	Data: 01/09/08	EI. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 68
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

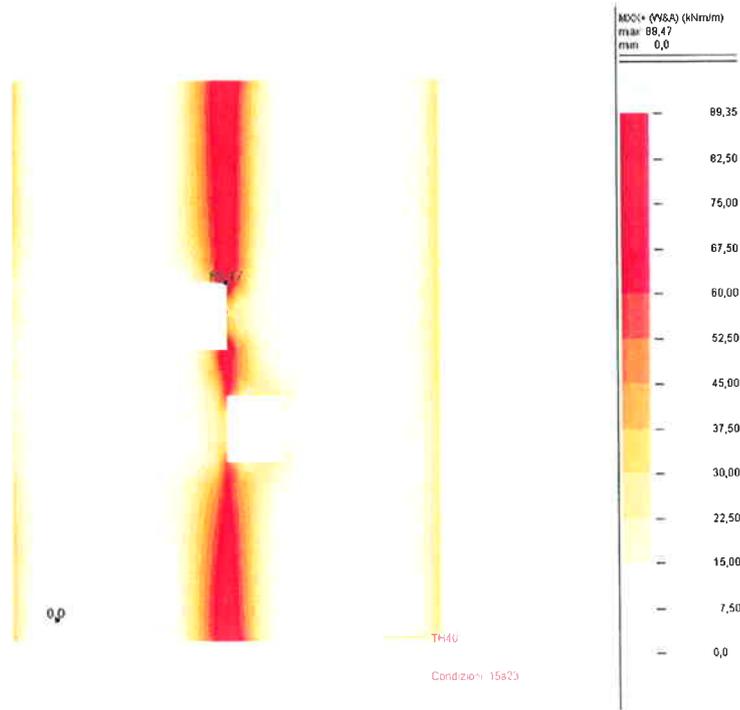


FIG. 8-34 – SOLETTA DI COPERTURA - MAPPA MXX+ - COMBINAZIONI: 15A23(SLS)

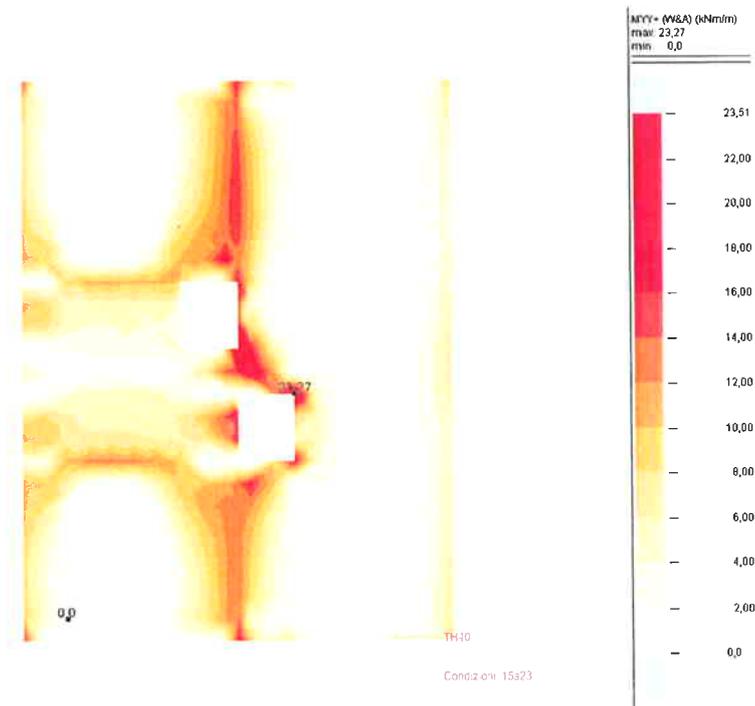


FIG. 8-35 – SOLETTA DI COPERTURA - MAPPA MYX+ - COMBINAZIONI: 15A23(SLS)

	Rev. C0	Data: 01/09/08	El. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 69
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

Si riporta la tabella riepilogativa dei valori estremi dei momenti flettenti nelle combinazioni di servizio (SLS):

RISULTATI EF - DIREZIONE AUTOMATICA - CONDIZIONI: 15A23 (SLS)  
ESTREMI GLOBALI

	MXX+ (W&A) (kNm/m)	MXX- (W&A) (kNm/m)	MYY+ (W&A) (kNm/m)	MYY- (W&A) (kNm/m)
<b>MAX</b>	88,47	0,0	23,27	0,0
<b>Pannello</b>	2	2	2	2
<b>Nodo</b>	981	564	983	561
<b>Condiz.</b>	16 (C)	16 (C)	16 (C)	15 (C)
<b>MIN</b>	0,0	-45,05	0,0	-16,75
<b>Pannello</b>	2	2	2	2
<b>Nodo</b>	547	1075	547	1015
<b>Condiz.</b>	15 (C)	17 (C)	15 (C)	23 (C)

#### 8.4.1 Verifica a flessione (SLU)

Dalle mappe in esame, prescindendo dai valori puntuali di picco che non risultano significativi ai fini delle verifiche, il valore massimo di progetto del momento flettente su una striscia unitaria risulta quello superiore in direzione x ed è pari a:

$$M_{Sdx+} (SLU) = 121.0 \text{ kNm}$$

In favore di sicurezza non si considera l'azione assiale di compressione generata dalla spinta delle terre e dalla spinta idraulica.

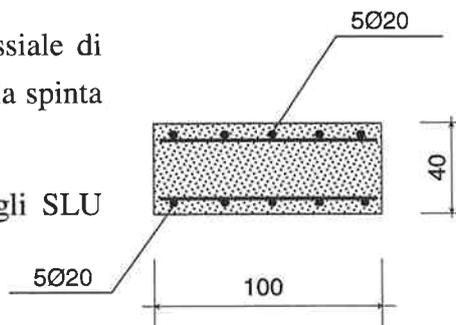
Eseguendo la verifica a flessione della sezione agli SLU con 5 $\phi$ 20 superiori e 5 $\phi$ 20 inferiori si ottiene:

$$M_{Rd} = 199.4 \text{ kNm} > M_{Sdx+} = 121.0 \text{ kNm}$$

(Vedere report e dominio della sezione)

Coefficiente di sicurezza:

$$F_s = M_{Rd}/M_{Sd} = 199.4/121.0 = 1.65$$



**TITOLO:** Copertura tunnel area edifici sp. 40 cm

N° Vertici: 4    Zoom    N° barre: 10    Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	100	0
3	100	40
4	0	40

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	3,14	10	6
2	3,14	30	6
3	3,14	50	6
4	3,14	70	6
5	3,14	90	6
6	3,14	10	34

**Sollecitazioni**

S.L.U.    Metodo n

N<sub>Sd</sub> 0    0 kN

M<sub>xSd</sub> -121    0 kNm

M<sub>ySd</sub> 0    0

**P.to applicazione N**

Centro     Baricentro cls

Coord.[cm]    xN [ ] yN [ ]

Tipo rottura: Lato acciaio - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> -199,4 kNm

σ<sub>cu</sub> -19,75 N/mm²

σ<sub>cs</sub> 391,3 N/mm²

ε<sub>cs</sub> 1,871 ‰

ε<sub>ss</sub> 10,00 ‰

d 34,00 cm

x 5,359    x/d 0,1576

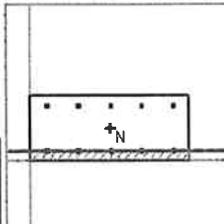
δ 0,7000

**Tipo Sezione**

Rettan.re     Trapezi

a T     Circolare

Rettangoli     Coord.



**Metodo di calcolo**

S.L.U.+     S.L.U.-

Metodo n

**Tipo flessione**

Retta     Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd    Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm    Col. modello

Precompresso

**Materiali**

**B450C**

ε<sub>su</sub> 10 ‰

f<sub>yd</sub> 375 N/mm²

E<sub>s</sub> 200.000 N/mm²

E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15

ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰

σ<sub>s,adm</sub> 281 N/mm²

**C35/45**

ε<sub>cu</sub> 2 ‰

f<sub>cd</sub> 23,33 N/mm²

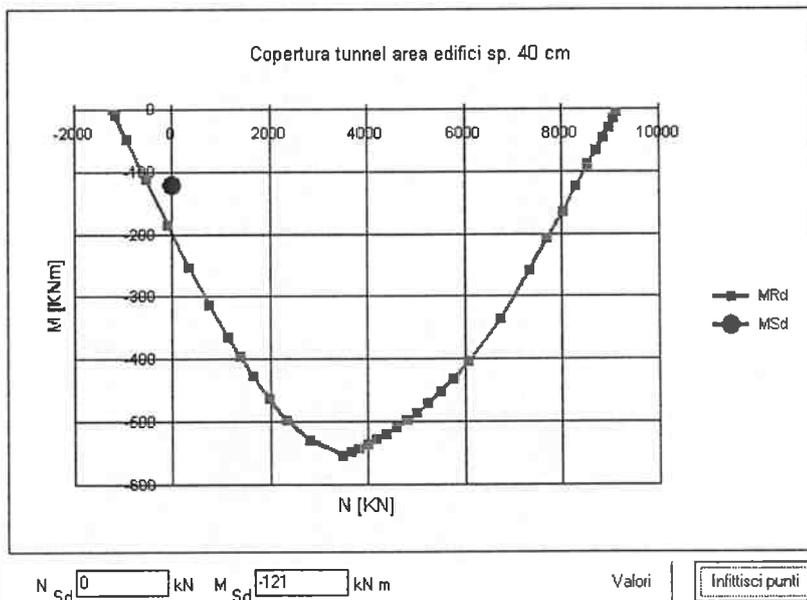
α 0,85

f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,9

σ<sub>c,adm</sub> 13,5

τ<sub>co</sub> 0,8

τ<sub>c1</sub> 2,257



**FIG. 8-36 – VERIFICA AGLI SLU DELLA SOLETTA DI COPERTURA CON DOMINIO DI RESISTENZA**

### 8.4.2 Verifica a fessurazione (SLE)

Per la verifica a fessurazione della soletta di fondazione si considerano le mappe dei momenti flettenti composti nelle combinazioni di servizio (SLS).

Il valore massimo di progetto del momento flettente su una striscia unitaria risulta quello superiore in direzione x ed è pari a:

$$M_{sdx+} (SLS) = 88.5 \text{ kNm}$$

Eseguendo la verifica a flessione della sezione agli SLS con 5 $\phi$ 20 superiori e 5 $\phi$ 20 inferiori si ottiene:

$$\sigma_c = 5.023 \text{ N/mm}^2 < 0.45 \times f_{ck} = 15.75 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 186.0 \text{ N/mm}^2 < 0.8 \times f_{yk} = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

Titolo : **Copertura tunnel area edifici sp. 40 cm**

N° Vertici  Zoom      N° barre  Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	100	0
3	100	40
4	0	40

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	3,14	10	6
2	3,14	30	6
3	3,14	50	6
4	3,14	70	6
5	3,14	90	6
6	3,14	10	34

Tipo Sezione  
 Rettan.re    Trapezi  
 a T    Circolare  
 Rettangoli    Coord.

Sollecitazioni  
 S.L.U.    Metodo n

N<sub>Sd</sub>  kN  
 M<sub>xSd</sub>  kNm  
 M<sub>ySd</sub>  kNm

P.to applicazione N  
 Centro    Baricentro cls  
 Coord.[cm]   xN    yN

Metodo di calcolo  
 S.L.U.+    S.L.U.-  
 Metodo n

Materiali  
**B450C**   **C35/45**  
 $\epsilon_{su}$   ‰    $\epsilon_{cu}$   ‰  
 $f_{yd}$   N/mm²    $f_{cd}$   N/mm²  
 $E_s$   N/mm²    $\alpha$   [?]  
 $E_s/E_c$      $f_{cc}/f_{cd}$   [?]  
 $\epsilon_{syd}$   ‰    $\sigma_{c,adm}$   N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm²    $\tau_{co}$   N/mm²  
     $\tau_{ci}$   N/mm²

$\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²

$\epsilon_s$   ‰  
 d  cm  
 x    x/d   
     $\delta$

Verifica  
 N° iterazioni:

Precompresso

FIG. 8-37 – VERIFICA AGLI SLS DELLA SEZIONE DI FONDAZIONE

Il momento di prima fessurazione risulta:

$$M_F = 90.0 \text{ kNm} > M_{sd} = 88.5 \text{ kNm}$$

Per cui non è necessario effettuare il calcolo dell'ampiezza delle fessure.

	Rev. C0	Data: 01/09/08	EI. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 72
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

#### 8.4.3 Verifica a taglio (SLU)

Il valore del taglio massimo nella condizione SLU n. 11 risulta pari a:

$$V_{sd} = 191 \text{ kN}$$

Per la sezione in esame 100x40 e senza armatura a taglio si ha:

$$V_{Rd1} = 229 \text{ kN} > V_{sd} = 191 \text{ kN}$$

 <b>CONSORZIO VENEZIA NUOVA</b>	Rev. C0	Data: 01/09/08	El. MV145P-PE-NCR-0600	Pag. n. 73
	Rev.		RELAZIONE DI CALCOLO TUNNEL SERVIZI AREA EDIFICI	

## 9. CONCLUSIONI

Dal punto di vista strutturale le analisi consentono di concludere che gli elementi strutturali del tunnel servizi sono sicure nei confronti delle azioni permanenti ed accidentali sollecitanti garantendo quindi il rispetto dei requisiti di sicurezza e di durabilità imposti dalle norme vigenti.