

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



### INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA      Tratta MILANO – VERONA  
Lotto funzionale Brescia-Verona

### PROGETTO ESECUTIVO

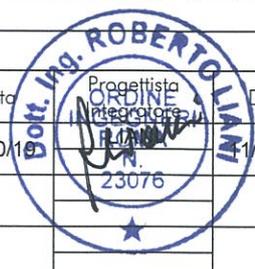
SLZ3 – SOTTOPASSO PODERALE PK 110+046.622

### RELAZIONE DI CALCOLO VASCA DI SOLLEVAMENTO

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio <b>Cepav due</b> Consorzio Cepav due Il Direttore del Consorzio <i>(Ing. T. Tardito)</i> Data: <u>29 MAG 2020</u>	     Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 2	E	E 2	C L	S L Z 3 C 0	0 0 2	A

PROGETTAZIONE						
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Data
A	Emissione	<b>GUIARTE</b> <i>(signature)</i>	11/10/19	<b>AIELLO</b> <i>(signature)</i>	11/10/19	11/10/19
B						
C						



CIG. 751447334A      File: INOR12EE2CLS LZ3C0002A\_10.docx



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

Stampato dal Service di plottaggio ITALFERR S.p.A. ALBA S.r.l.

CUP: F81H91000000008

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL SLZ3 C0 002	Rev. A	Foglio 2 di 123
---------	------------------	-------------	---	-----------	--------------------

**INDICE**

1.	INTRODUZIONE .....	8
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	9
3.	CRITERI DI CALCOLO .....	10
3.1.	CRITERI E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA .....	10
3.2.	COMBINAZIONI DI CARICO .....	11
3.2.1.	<i>Combinazioni per la verifica allo SLU</i> .....	11
3.2.2.	<i>Combinazioni per la verifica allo SLE</i> .....	11
4.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	12
4.1.	CALCESTRUZZO PER MAGRONE .....	12
4.2.	CALCESTRUZZO .....	12
4.3.	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO .....	12
4.4.	DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI .....	13
4.5.	COPRIFERRO MINIMO E COPRIFERRO NOMINALE .....	13
4.6.	ACCIAIO PER CHIUSURE BOTOLE E PARAPETTI .....	13
5.	PARAMETRI SISMICI .....	14
6.	PARAMETRI GEOTECNICI .....	15
7.	GEOMETRIA DELLA STRUTTURA .....	16
8.	ANALISI STRUTTURALE .....	18
8.1.	CODICE DI CALCOLO – RISPETTO DEL CAPITOLO 10.2 DELLE NTC08 .....	18
8.1.1.	<i>Tipo di analisi svolta</i> .....	18
8.1.2.	<i>Origine e caratteristiche dei codici di calcolo</i> .....	18
8.1.3.	<i>Affidabilità dei codici utilizzati</i> .....	19
8.1.4.	<i>Informazioni generali sull'elaborazione</i> .....	19
8.1.5.	<i>Giudizio motivato di accettabilità dei risultati</i> .....	19
8.2.	MODELLAZIONE STRUTTURALE .....	19
8.3.	MODELLAZIONE STRUTTURALE .....	19
9.	ANALISI DEI CARICHI .....	29

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL SLZ3 C0 002	Rev. A	Foglio 3 di 123
9.1.	PESO PROPRIO STRUTTURE (LOAD 1) .....				29
9.2.	CARICHI PERMANENTI PORTATI (LOAD2).....				30
9.3.	SPINTA DEL TERRENO (LOAD 2).....				30
9.4.	SOVRACCARICHI ACCIDENTALI SULLA SOLETTA SUPERIORE (LOAD 7) .....				31
9.5.	SPINTA DEL SOVRACCARICO SUL RILEVATO (LOAD8 ÷ LOAD11).....				31
9.6.	AZIONE SISMICA (LOAD 12÷17).....				31
10.	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI .....				33
10.1.	CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO ADOTTATE .....				33
10.1.1.	<i>Combinazioni SLU</i> .....				33
10.1.2.	<i>Combinazioni SLV</i> .....				34
10.1.3.	<i>Combinazioni SLE</i> .....				34
10.2.	DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLU - SLV .....				35
10.2.1.	<i>Inviluppi fondazione sp. 70</i> .....				35
10.2.2.	<i>Inviluppi soletta carrabile sp. 90 e soletta intermedia sp. 50</i> .....				37
10.2.3.	<i>Inviluppi soletta superiore sp. 35</i> .....				39
10.2.4.	<i>Inviluppi parete Est</i> .....				41
10.2.5.	<i>Inviluppi parete Centrale</i> .....				43
10.2.6.	<i>Inviluppi pareti Nord</i> .....				45
10.2.7.	<i>Inviluppi pareti Sud</i> .....				47
10.2.8.	<i>Inviluppi parete Ovest</i> .....				49
10.3.	DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLE .....				51
10.3.1.	<i>Inviluppi fondazione sp. 70</i> .....				51
10.3.2.	<i>Inviluppi soletta carrabile sp. 90 e soletta intermedia sp. 50</i> .....				52
10.3.3.	<i>Inviluppi soletta superiore sp. 35</i> .....				54
10.3.4.	<i>Inviluppi parete Est</i> .....				55
10.3.5.	<i>Inviluppi parete Centrale</i> .....				57
10.3.6.	<i>Inviluppi pareti Nord</i> .....				58
10.3.7.	<i>Inviluppi pareti Sud</i> .....				60

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL SLZ3 CO 002	Rev. A	Foglio 4 di 123
---------	------------------	-------------	---	-----------	--------------------

10.3.8. Involuppi parete Ovest.....					61
11. VERIFICA DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO.....					63
11.1. FONDAZIONE SP. 70CM.....					64
11.1.1. Caratteristiche geometriche della sezione.....					64
11.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione – M11.....					65
11.1.3. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione – M22.....					66
11.1.4. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio.....					67
11.1.5. Verifiche allo stato limite di esercizio – M11.....					68
11.1.6. Verifiche allo stato limite di esercizio – M22.....					69
11.2. SOLETTA CARRABILE SP. 90CM.....					70
11.2.1. Caratteristiche geometriche della sezione.....					70
11.2.2. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione – M11.....					71
11.2.3. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione – M22.....					72
11.2.4. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio.....					73
11.2.5. Verifiche allo stato limite di esercizio – M11.....					74
11.2.6. Verifiche allo stato limite di esercizio – M22.....					75
11.3. SOLETTA INTERMEDIA SP. 50CM.....					76
11.3.1. Caratteristiche geometriche della sezione.....					76
11.3.2. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione – M11.....					77
11.3.3. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione – M22.....					78
11.3.4. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio.....					79
11.3.5. Verifiche allo stato limite di esercizio – M11.....					80
11.3.6. Verifiche allo stato limite di esercizio – M22.....					81
11.4. SOLETTA SUPERIORE SP. 35CM.....					82
11.4.1. Caratteristiche geometriche della sezione.....					82
11.4.2. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione – M11.....					83
11.4.3. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione – M22.....					84
11.4.4. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio.....					85

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL SLZ3 C0 002	Rev. A	Foglio 5 di 123
---------	------------------	-------------	---	-----------	--------------------

11.4.5. Verifiche allo stato limite di esercizio – M11 .....	86
11.4.6. Verifiche allo stato limite di esercizio – M22 .....	87
11.5. PARETE EST SP. 70CM .....	88
11.5.1. Caratteristiche geometriche della sezione.....	88
11.5.2. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione – M11 .....	89
11.5.3. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione – M22 .....	90
11.5.4. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	91
11.5.5. Verifiche allo stato limite di esercizio – M11 .....	92
11.5.6. Verifiche allo stato limite di esercizio – M22 .....	93
11.6. PARETE CENTRALE SP. 60CM.....	94
11.6.1. Caratteristiche geometriche della sezione.....	94
11.6.2. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione – M11 .....	95
11.6.3. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione – M22 .....	96
11.6.4. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	97
11.6.5. Verifiche allo stato limite di esercizio – M11 .....	98
11.6.6. Verifiche allo stato limite di esercizio – M22 .....	99
11.7. PARETE NORD SP. 50CM.....	100
11.7.1. Caratteristiche geometriche della sezione.....	100
11.7.2. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione – M11 .....	101
11.7.3. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione – M22 .....	102
11.7.4. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	103
11.7.5. Verifiche allo stato limite di esercizio – M11 .....	104
11.7.6. Verifiche allo stato limite di esercizio – M22 .....	105
11.8. PARETE SUD SP. 50CM.....	106
11.8.1. Caratteristiche geometriche della sezione.....	106
11.8.2. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione – M11 .....	107
11.8.3. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione – M22 .....	108
11.8.4. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	109

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL SLZ3 CO 002	Rev. A	Foglio 6 di 123
11.8.5.					110
11.8.5.					110
11.8.6.					111
11.8.6.					111
11.9.					112
11.9.					112
11.9.1.					112
11.9.1.					112
11.9.2.					113
11.9.2.					113
11.9.3.					114
11.9.3.					114
11.9.4.					115
11.9.4.					115
11.9.5.					116
11.9.5.					116
11.9.6.					117
11.9.6.					117
12.					118
12.					118
12.1.					118
12.1.					118
12.1.1.					118
12.1.1.					118
12.1.2.					118
12.1.2.					118
12.1.3.					118
12.1.3.					118
12.1.4.					118
12.1.4.					118
12.2.					118
12.2.					118
12.3.					119
12.3.					119
12.3.1.					119
12.3.1.					119
12.3.2.					120
12.3.2.					120
12.3.3.					120
12.3.3.					120
12.3.4.					120
12.3.4.					120
12.3.5.					121
12.3.5.					121
12.3.6.					121
12.3.6.					121
12.4.					121
12.4.					121
12.4.1.					121
12.4.1.					121
12.4.2.					122
12.4.2.					122
12.4.3.					122
12.4.3.					122
13.					123
13.					123

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



**ITALFERR**

GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL SLZ3 C0 002	Rev. A	Foglio 7 di 123
---------	------------------	-------------	---	-----------	--------------------

13.1.	DOCUMENTI REFERENZIATI.....	123
13.2.	DOCUMENTI CORRELATI .....	123
13.3.	DOCUMENTI SUPERATI.....	123

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione di calcolo riguarda l'impianto di sollevamento delle acque meteoriche, posto in adiacenza al "Sottopasso poderale SLZ3", previsto nell'ambito dei lavori inerenti la linea A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA, tratta MILANO – VERONA, lotto funzionale Brescia – Verona, ubicato al km 110+046.622 della linea ferroviaria e che consente il sottopassaggio della strada poderale rispetto alla linea ferroviaria stessa.

La vasca in esame è costituita principalmente da una struttura scatolare che alloggia il vano pompe di dimensioni interne pari a 6.00mx3.20m, altezza 7.86m e quota di fondazione pari a +122.63m; a chiusura del vano è presente una soletta di spessore 0.35m, il cui estradosso è posto a quota +131.54m; su di essa è previsto un foro di dimensioni 3.00x2.80m per l'alloggiamento del chiusino necessario all'ispezione delle pompe.

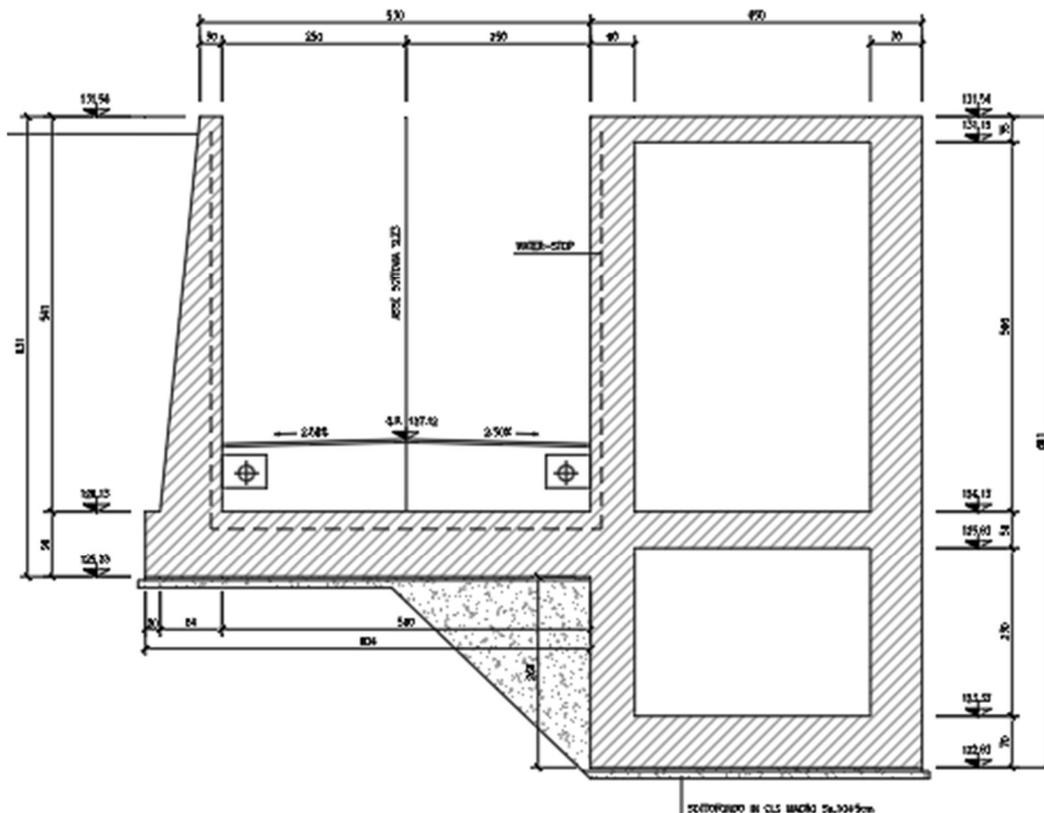
A tale struttura scatolare è incastrata una soletta carrabile di spessore 0.90m avente quota di fondazione pari a +125.23m; in considerazione del dislivello tra la quota della soletta carrabile e quella del piano campagna, al fine di garantire il sostegno del rilevato, viene realizzata una parete verticale di spessore variabile e altezza pari a 5.41m.

Tutti i setti e le solette che costituiscono la vasca sono realizzati in c.a. gettato in opera.

Le azioni considerate nel calcolo sono quelle tipiche di una struttura interrata con le aggiunte delle azioni di tipo stradale e applicazione della Normativa sui ponti stradali D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni.

L'opera, ubicata nel Comune di Calcinato (BS), ricade in zona sismica, e verranno pertanto considerate anche le azioni derivanti dall'analisi sismica, secondo quanto previsto dal D.M. 14/01/08.

Per il dimensionamento viene realizzato un modello tridimensionale ad elementi finiti (elementi shell) vincolato su molle elastiche.



## 2. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- UNI EN 197-1 giugno 2001 – “Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni”;
- UNI EN 11104 luglio 2016 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1;
- UNI EN 206-1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) – Novembre 2005: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1: Regole generali e regole per edifici”;
- D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 Istruzione per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;
- Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale;
- RFI DTC SI MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili;
- RFI DTC SI SP IFS 001 A Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili.

### 3. CRITERI DI CALCOLO

In ottemperanza al D.M. del 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni), i calcoli sono condotti con il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

#### 3.1. Criteri e definizione dell'azione sismica

L'effetto dell'azione sismica di progetto sull'opera nel suo complesso, includendo il volume significativo di terreno, la struttura di fondazione, gli elementi strutturali e non strutturali, nonché gli impianti, deve rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1 delle N.T.C., i cui requisiti di sicurezza sono indicati nel § 7.1 della norma.

Per Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) si intende che l'opera a seguito del sisma subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali e impiantistici e significativi danni di componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali (creazione di cerniere plastiche secondo il criterio della gerarchia delle resistenze), mantenendo ancora un margine di sicurezza (resistenza e rigidità) nei confronti delle azioni verticali.

In merito alle opere interrato di cui trattasi, nel rispetto del punto § 7.9.2. delle N.T.C., essendo il muro un'opera di sostegno e rientrando tra le strutture che si muovono con il terreno (§ 7.9.2.1 delle N.T.C.), si può ritenere che la struttura debba mantenere sotto l'azione sismica un comportamento elastico; queste categorie di opere che si muovono con il terreno non subiscono le amplificazioni dell'accelerazione del suolo.

Per la definizione dell'azione sismica occorre definire il periodo di riferimento PVR in funzione dello stato limite considerato.

La vita nominale ( $V_N$ ) dell'opera è stata assunta pari a 100 anni.

La classe d'uso assunta è la III.

Il periodo di riferimento ( $V_R$ ) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso, vale:

$$V_R = V_N \cdot C_u = 150 \text{ anni}$$

Il valore di probabilità di superamento del periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente, è:

$$P_{VR}(SLV) = 10\%$$

Il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$  espresso in anni vale:

$$T_R(SLV) = - \frac{V_r}{\ln(1 - P_{vr})} = 1424 \text{ anni}$$

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell'Allegato B della norma o tramite la mappatura messa a disposizione in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), è possibile definire i valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ .

$a_g$  → accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;

$F_0$  → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_c^*$  → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

S → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (Ss) e dell'amplificazione topografica (St).

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico (N.T.C. par. 7.11.6). In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle masse per la massima accelerazione attesa.

Le spinte delle terre, considerando l'opera una struttura rigida e priva di spostamenti (NT par. 7.11.6.2.1 e EC8-5 par.7.3.2.1), sono calcolate in regime di spinta a riposo, condizione che comporta il calcolo delle spinte in condizione sismica con l'incremento dinamico di spinta del terreno calcolato secondo la formula di Wood:

$$\Delta P_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot}^2$$

La spinta si considera come un carico uniformemente distribuito su  $h_{tot}$ .

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali, date dal prodotto delle forze di gravità per le accelerazioni sismiche massime attese al suolo.

### 3.2. Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al cap. 2 delle N.T.C..

#### 3.2.1. Combinazioni per la verifica allo SLU

Gli stati limite ultimi delle opere interrato si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso, determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera.

Le verifiche strutturali agli stati limite ultimi sono eseguiti in riferimento allo stato limite SLU di tipo strutturale (STR), raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Le verifiche vengono condotte secondo l'“Approccio 1” e combinazione 1 → (A1+M1+R1) → STR.

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

- Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limiti ultimi SLU:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limiti ultimi connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

- Gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

#### 3.2.2. Combinazioni per la verifica allo SLE

Ai fini delle verifiche degli stati limiti di esercizio si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

- Quasi permanente ⇒  $G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$
- Frequente ⇒  $G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$
- Rara ⇒  $G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$

#### 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione dell'opera è previsto l'impiego dei sottoelencati materiali:

##### 4.1. Calcestruzzo per magrone

Per il magrone di sottofondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo di classe Rck 15.

##### 4.2. Calcestruzzo

Per la realizzazione dell'impianto di sollevamento, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza C35/45 ( $R_{ck} \geq 45 \text{ N/mm}^2$ ) che presenta le seguenti caratteristiche:

- Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica)  $\rightarrow f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 37.35 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza media a compressione  $\rightarrow f_{cm} = f_{ck} + 8 = 45.35 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico  $\rightarrow E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 34625 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione  $\rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 = 21.17 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione media  $\rightarrow f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3.35 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione  $\rightarrow f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.346 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione di calcolo  $\rightarrow f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.564 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a compressione (comb. Rara)  $\rightarrow \sigma_c = 0.55 \times f_{ck} = 20.54 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)  $\rightarrow \sigma_c = 0.40 \times f_{ck} = 14.94 \text{ N/mm}^2$

##### 4.3. Acciaio per cemento armato

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C saldabile, controllato in stabilimento e che presentano le seguenti caratteristiche:

Proprietà	Requisito
Limite di snervamento $f_y$	$\geq 450 \text{ MPa}$
Limite di rottura $f_t$	$\geq 540 \text{ MPa}$
Allungamento totale al carico massimo $A_{gt}$	$\geq 7.5\%$
Rapporto $f_t/f_y$	$1,15 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto $f_{y \text{ misurato}} / f_{y \text{ nom}}$	$\leq 1,25$

- Tensione di snervamento caratteristica  $\rightarrow f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica a rottura  $\rightarrow f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
- Tensione in condizione di esercizio (comb. Rara)  $\rightarrow \sigma_s = 0.75 * f_{yk} = 337.50 \text{ N/mm}^2$
- Fattore di sicurezza acciaio  $\rightarrow \gamma_s = 1.15$
- Resistenza a trazione di calcolo  $\rightarrow f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.30 \text{ N/mm}^2$

#### 4.4. Durabilità e prescrizioni sui materiali

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

Per le opere della presente relazione si adotta quanto segue:

CLASSE DI ESPOSIZIONE                      XD3 + XC4

#### 4.5. Copriferro minimo e copriferro nominale

Al fine di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale  $c_{nom}$  è somma di due contributi, il copriferro minimo  $c_{min}$  e la tolleranza di posizionamento  $h$ . Vale pertanto:  $c_{nom} = c_{min} + h$ . Considerate le condizioni ambientali dell'opera e le classi di resistenza del calcestruzzo, si adotta un copriferro nominale pari a  $c_{nom} = 60$  mm.

#### 4.6. Acciaio per chiusure botole e parapetti

Si adotta acciaio per carpenteria metallica S275 che presenta le seguenti caratteristiche:

- Tensione di rottura a trazione  $f_t \geq 430$  N/mm<sup>2</sup>
- Tensione di snervamento caratteristico  $f_{yk} \geq 275$  N/mm<sup>2</sup>
- Tensione di snervamento di progetto  $f_{yd} \geq f_{yk} / \gamma_M = 275 / 1.05 = 261$  N/mm<sup>2</sup>
- Modulo di elasticità  $E = 210000$  MPa

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

Rev.  
A

Foglio  
14 di 123

## 5. PARAMETRI SISMICI

Le azioni sismiche impiegate sono rappresentative del territorio Comunale dove è ubica l'opera e risultano maggiori rispetto ai valori calcolati considerando le coordinate geografiche.

L'opera ricade nel comune di Calcinato in provincia di Brescia; i corrispondenti valori delle caratteristiche sismiche per lo SLV (TR=1424 anni) sono i seguenti:

$$a_g = 0.230g$$

$$a_{gv} = 0.149g;$$

$$F_0 = 2.477;$$

$$T^*_c = 0.282 s;$$

Per quanto riguarda il sottosuolo su cui insiste l'opera, si assume che ricada in categoria sismica "B" e categoria topografica "T1". Il coefficiente di amplificazione stratigrafica e topografica risultano quindi:

$$S_s = 1.172$$

$$S_T = 1.0$$

L'accelerazione massima orizzontale viene valutata pari a:

$$a_{\max}(\text{SLV}) = S a_g = 1.172 \times 1.00 \times 0.230 g = 0.270 g$$

## 6. PARAMETRI GEOTECNICI

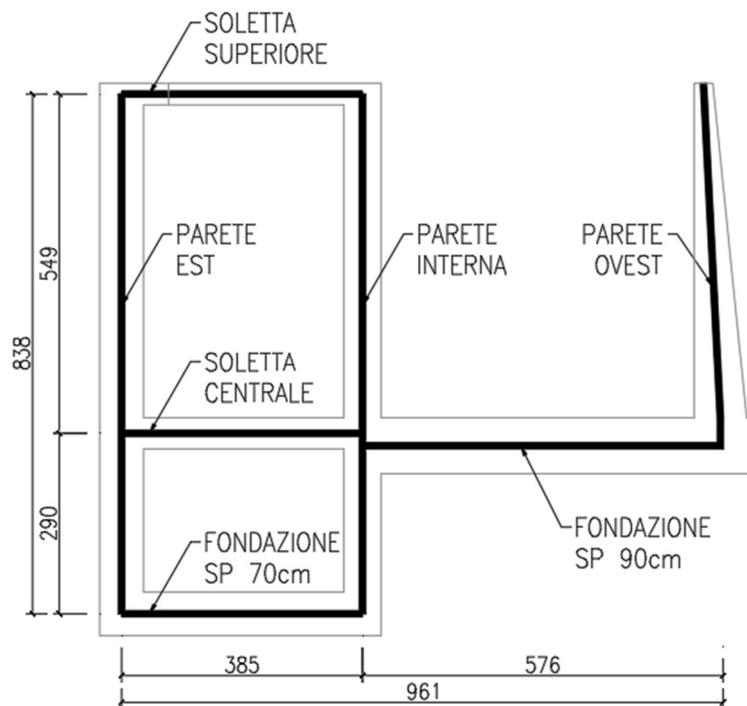
I parametri geotecnici caratteristici impiegati per caratterizzare i materiali da rinterro, sono:

- $\Phi'_k = 30^\circ$
- $\gamma_m = 20 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$

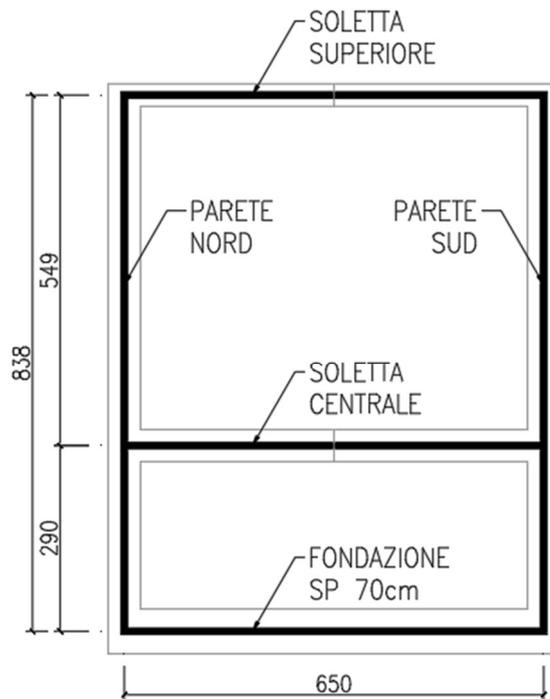
Per quanto riguarda il terreno di fondazione, in base alle caratteristiche geotecniche riportate nello specifico documento Rif. [1], si assumono i seguenti parametri:

- $\Phi'_k = 35^\circ$
- $\gamma_m = 19 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma' = 9 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$
- $k_w = 5000 \text{ kN/m}^3$ .

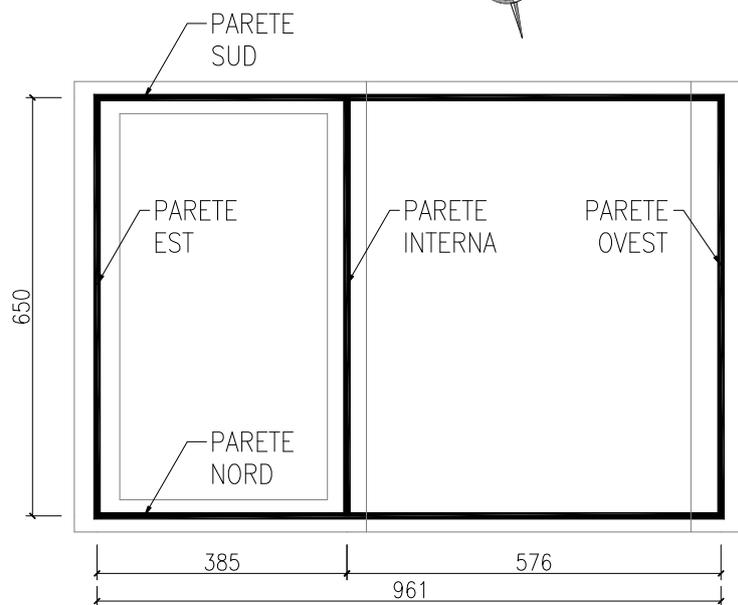
## 7. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA



Sezione trasversale



**Sezione longitudinale**



**Pianta**

La falda si trova al di sotto del piano di fondazione dei muri e pertanto non interessa la struttura.

## 8. ANALISI STRUTTURALE

### 8.1. Codice di calcolo – rispetto del capitolo 10.2 delle NTC08

L'analisi della struttura scatolare è stata condotta con un programma agli elementi finiti schematizzando i vari setti con elementi mutuamente incastrati.

#### 8.1.1. Tipo di analisi svolta

Trattandosi di opera interrata di tipo rigido la determinazione delle sollecitazioni sia in campo statico che in campo sismico è stata svolta mediante analisi statica lineare secondo le teorie classiche della Scienza delle Costruzioni, trascurando le eventuali capacità dissipative della struttura ( $q=1$ ) e sfruttando il principio di sovrapposizione degli effetti.

L'analisi strutturale è stata svolta mediante un codice di calcolo FEM attraverso la modellazione con elementi di tipo "shell" a 4 nodi con 6 g.d.l.. Il metodo FEM sfrutta l'analisi di calcolo matriciale mediante costruzione della matrice di rigidità della struttura. Le sollecitazioni ottenute per ciascun caso di carico vengono combinate tra loro mediante gli opportuni coefficienti di combinazione previsti dalla normativa secondo il principio di sovrapposizione degli effetti.

La verifica delle sezioni è stata svolta mediante calcolo dei valori di sollecitazione resistente allo SLU e mediante determinazione delle tensioni sui materiali o dell'ampiezza delle fessure per le verifiche agli SLE. Le operazioni di calcolo dei valori resistenti sono sviluppate mediante metodo analitico con l'ausilio di fogli di calcolo autoprodotti per automatizzare la procedura.

Le combinazioni di carico considerate per ciascuno stato limite sono riportate in forma tabellare nei capitoli specifici.

#### 8.1.2. Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Per la determinazione delle sollecitazioni è stato impiegato il software FEM denominato SAP2000, prodotto dalla Computer e Structure inc. e distribuito dalla CSI Italia srl.

### 8.1.3. Affidabilità dei codici utilizzati

Riguardo il codice FEM impiegato, la casa produttrice ha provveduto alla produzione di tutti i documenti di validazione del software che non sono allegati alla presente relazione di calcolo per ragioni di sintesi, ma che possono essere forniti in qualsiasi momento o richiesti direttamente alla casa produttrice.

### 8.1.4. Informazioni generali sull'elaborazione

Sono stati eseguiti i seguenti controlli relativi al calcolo svolto mediante software FEM:

- verifica analitica della risultante dei carichi applicati al modello;
- verifica a vista della rispondenza dei diagrammi di momento flettente e delle deformate con i carichi applicati;
- verifica analitica dei valori di sollecitazione mediante combinazione dei carichi elementari.

### 8.1.5. Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

Le verifiche svolte in corso di analisi, riassunte precedentemente, consentono l'individuazione di eventuali errori grossolani di modellazione geometrica o di modellazione, applicazione e combinazione dei carichi.

Le verifiche strutturali svolte in via analitica secondo la formulazione classiche della Scienza delle Costruzioni, escludono la possibilità di errori numerici di calcolo.

## 8.2. Modellazione strutturale

L'analisi della struttura scatolare è stata condotta con un programma agli elementi finiti (SAP2000) schematizzando i vari setti con elementi "shell" mutuamente incastrati.

## 8.3. Modellazione strutturale

La struttura viene schematizzata attraverso un modello analitico agli elementi finiti.

La mesh è composta da 2489 shell elements e da 2518 nodi.

L'analisi strutturale viene condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi statici.

Il suolo viene modellato facendo ricorso all'usuale artificio delle molle elastiche alla Winkler.

La caratteristica elastica della generica molla viene calcolata nel seguente modo:

- $K_s$  = costante di sottofondo  $[F/L^3]$
- $b_t$  = interasse trasversale di competenza della generica molla
- $b_l$  = interasse longitudinale di competenza della generica molla ( $= 1.00$  m)
- $W_s = K_s / (b_t \times b_l)$  = caratteristica elastica della generica molla

La costante di sottofondo adottata per la modellazione, funzione del tipo di terreno presente in sito, è pari a:

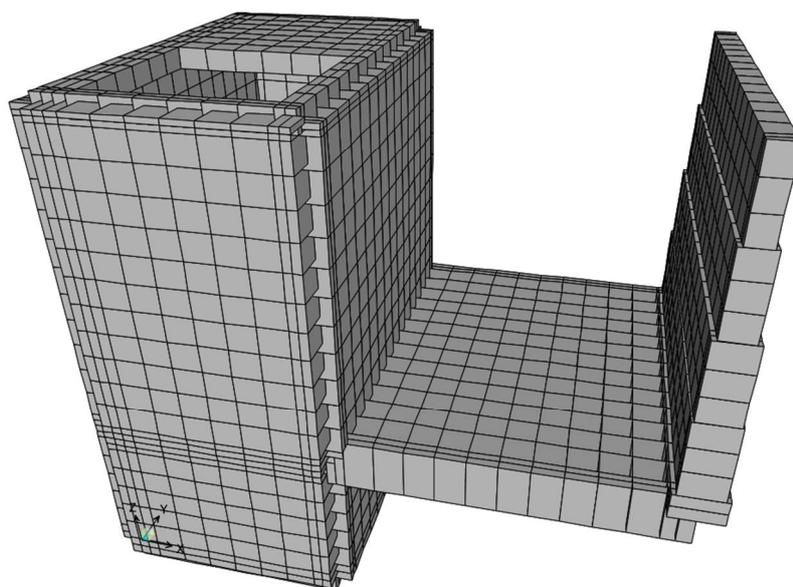
$$K_s = 5000 \text{ kN/m}^3$$

Per quanto riguarda la rigidità degli elementi del modello 3D si è assunto:

- $E_c = 34625 \text{ N/mm}^2$  (Per cls Rck 45);

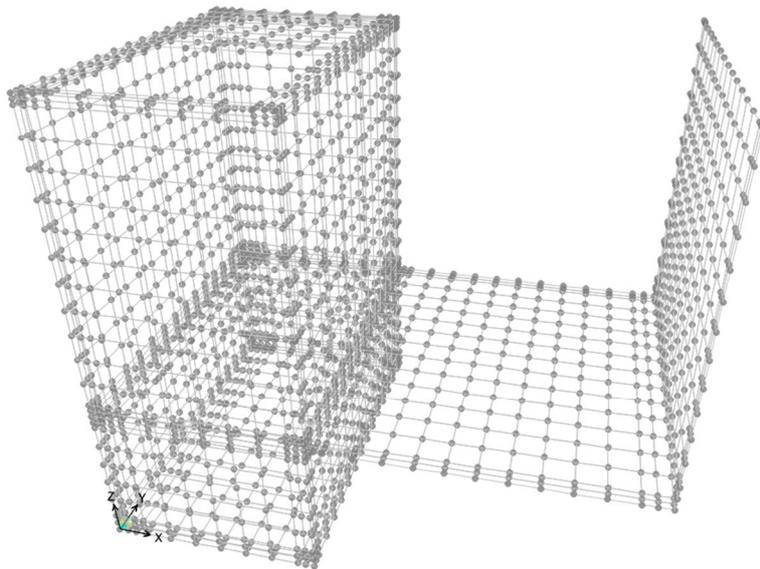
Lo schema statico della struttura e la numerazione di shell e nodi sono riportati nelle seguenti figure.

3-D View



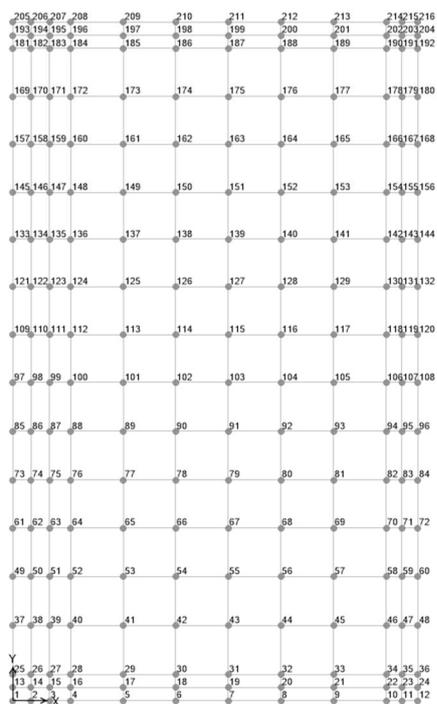
*Modello tridimensionale con spessore elementi*

3-D View



*Modello tridimensionale*

X-Y Plane @ Z=0



*Numerazione nodi fondazione sp. 70*

Doc. N.

Progetto  
INOR

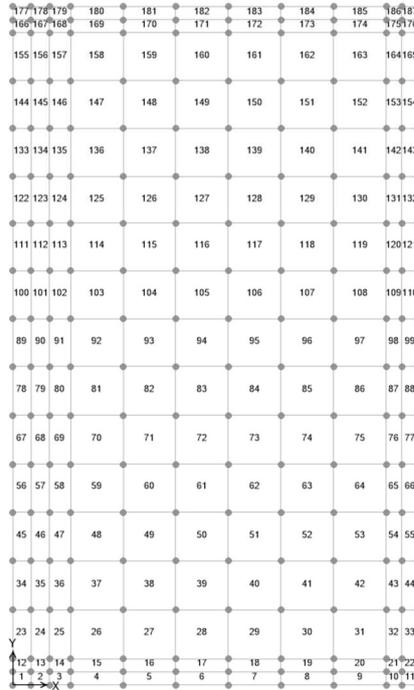
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

Rev.  
A

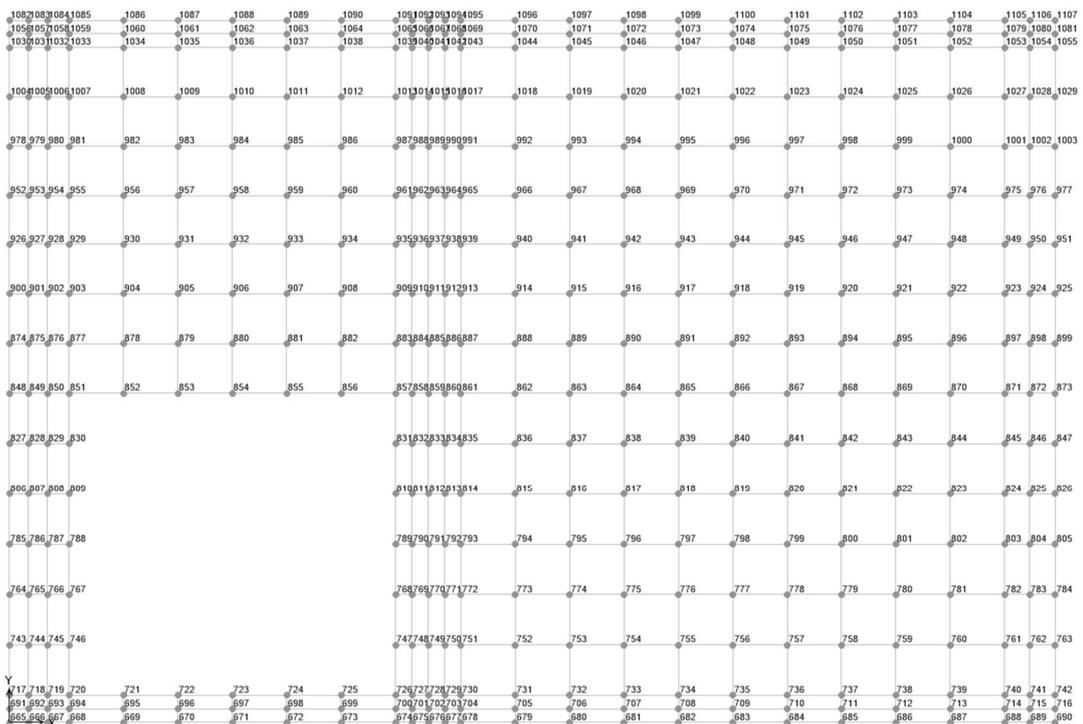
Foglio  
22 di 123

X-Y Plane @ Z=0



Numerazione shell fondazione sp. 70

X-Y Plane @ Z=2.7



Numerazione nodi soletta carrabile sp. 90 e soletta intermedia sp. 50

Doc. N.

Progetto  
INOR

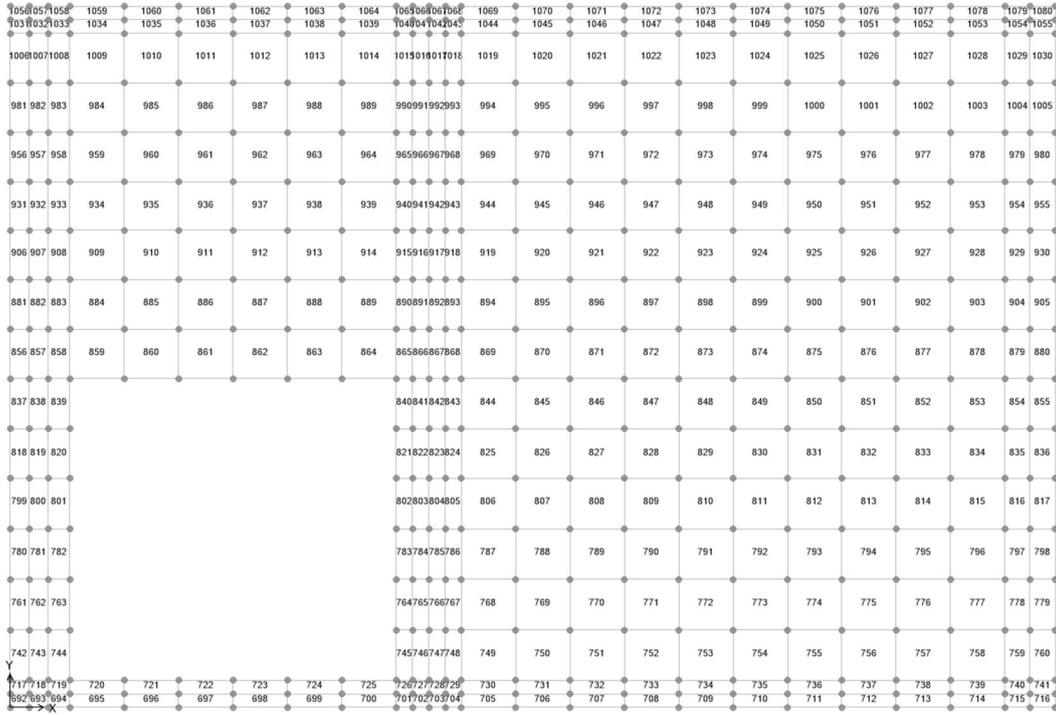
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

Rev.  
A

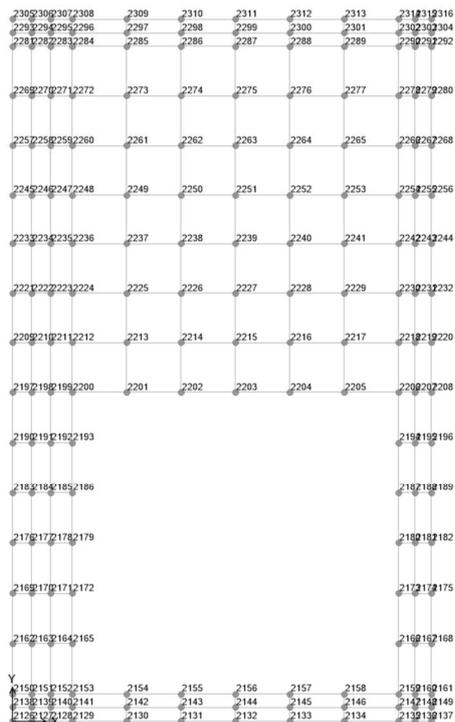
Foglio  
23 di 123

X-Y Plane @ Z=2,7



Numerazione shell soletta carrabile sp. 90 e soletta intermedia sp. 50

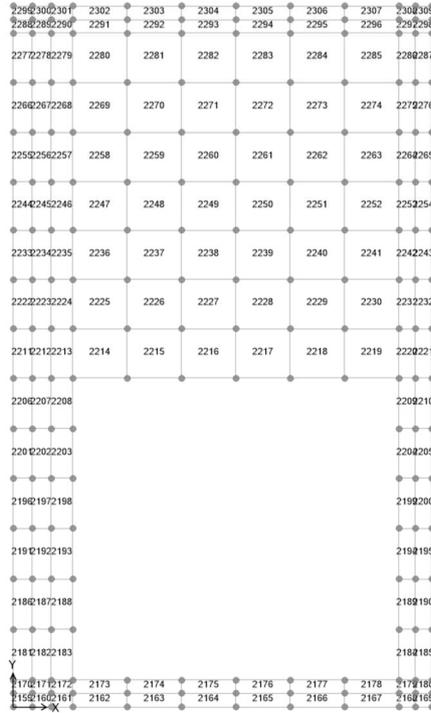
X-Y Plane @ Z=8,38



Numerazione nodi soletta superiore sp. 35

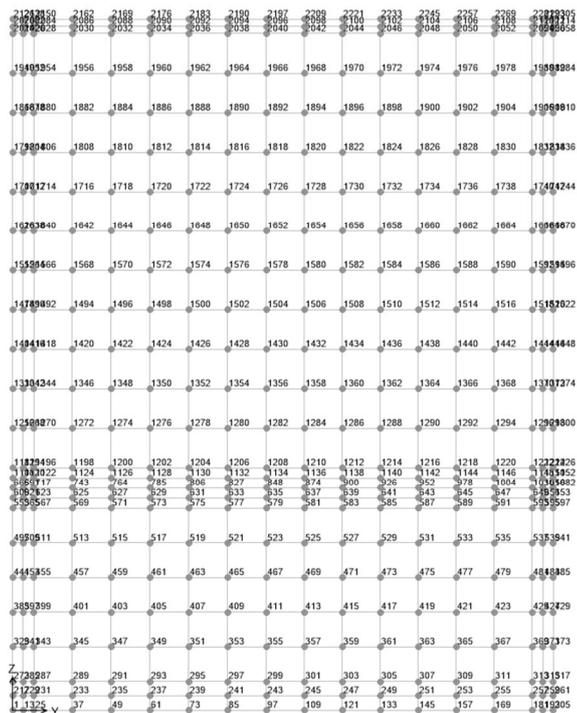
Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL SLZ3 C0 002	Rev. A	Foglio 24 di 123
---------	------------------	-------------	---	-----------	---------------------

X-Y Plane @ Z=8,38



Numerazione shell soletta superiore sp. 35

V-Z Plane @ X=0



Numerazione nodi parete est sp. 70

Doc. N.

Progetto  
INOR

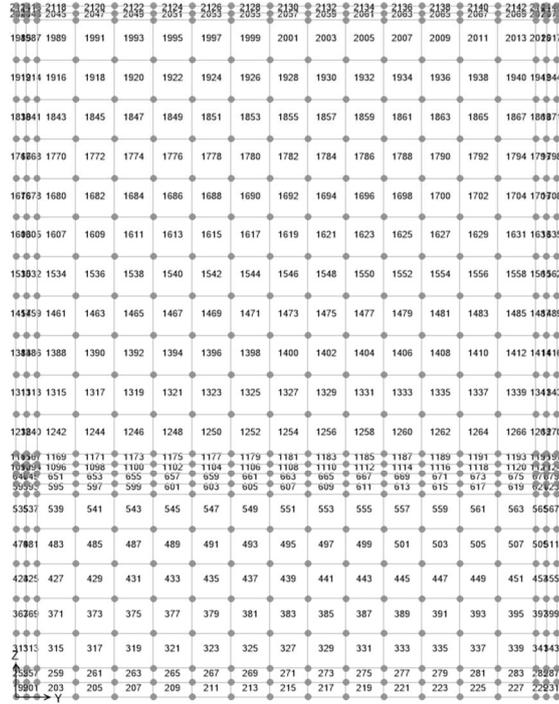
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

Rev.  
A

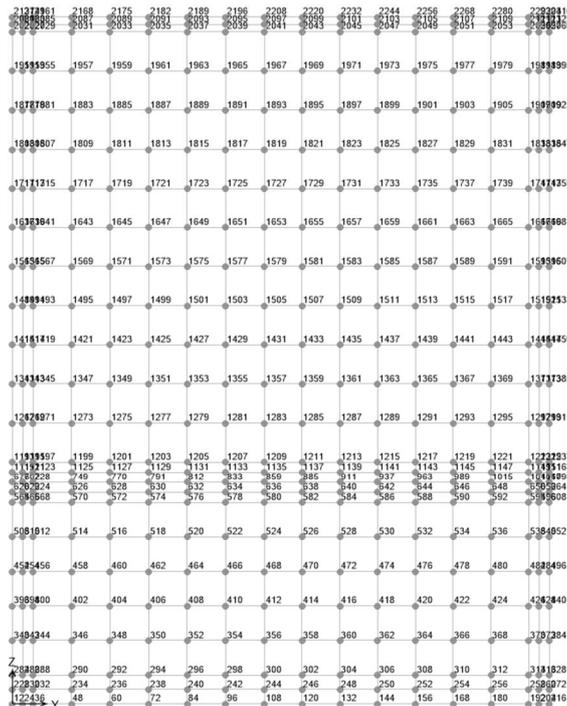
Foglio  
25 di 123

Y-Z Plane @ X=0



Numerazione shell parete est sp. 70

Y-Z Plane @ X=3,85



Numerazione nodi parete centrale sp. 60

Doc. N.

Progetto  
INOR

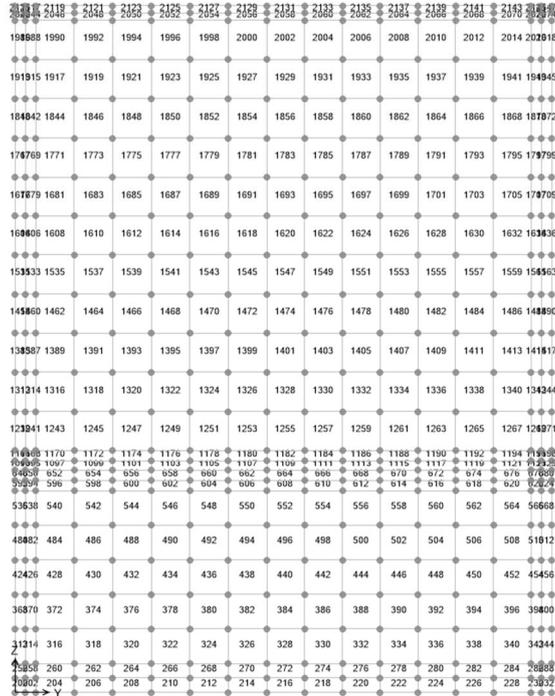
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

Rev.  
A

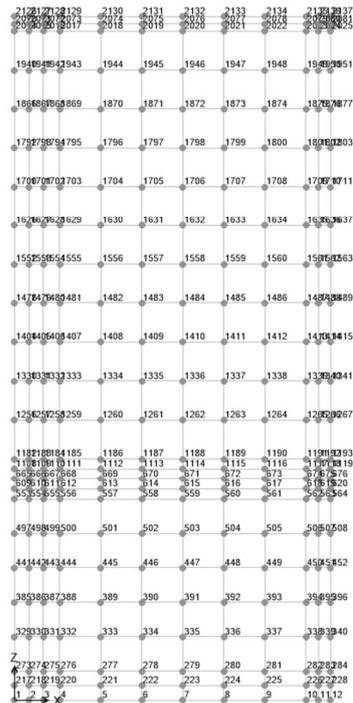
Foglio  
26 di 123

Y-Z Plane @ X=3,85



Numerazione shell parete centrale sp. 60

X-Z Plane @ Y=0



Numerazione nodi pareti nord sp. 50

Doc. N.

Progetto  
INOR

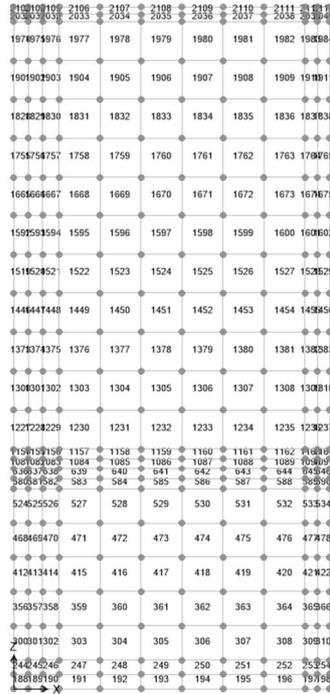
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

Rev.  
A

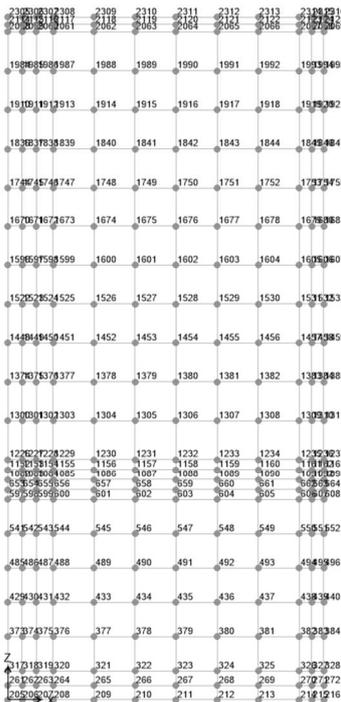
Foglio  
27 di 123

X-Z Plane @ Y=0



Numerazione shell pareti nord sp. 50

X-Z Plane @ Y=6.5



Numerazione nodi pareti sud sp. 50

Doc. N.

Progetto  
INOR

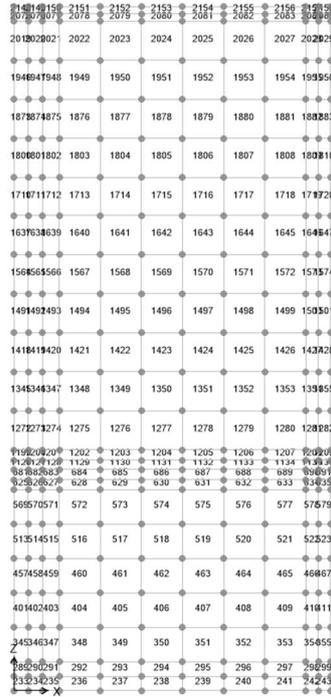
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

Rev.  
A

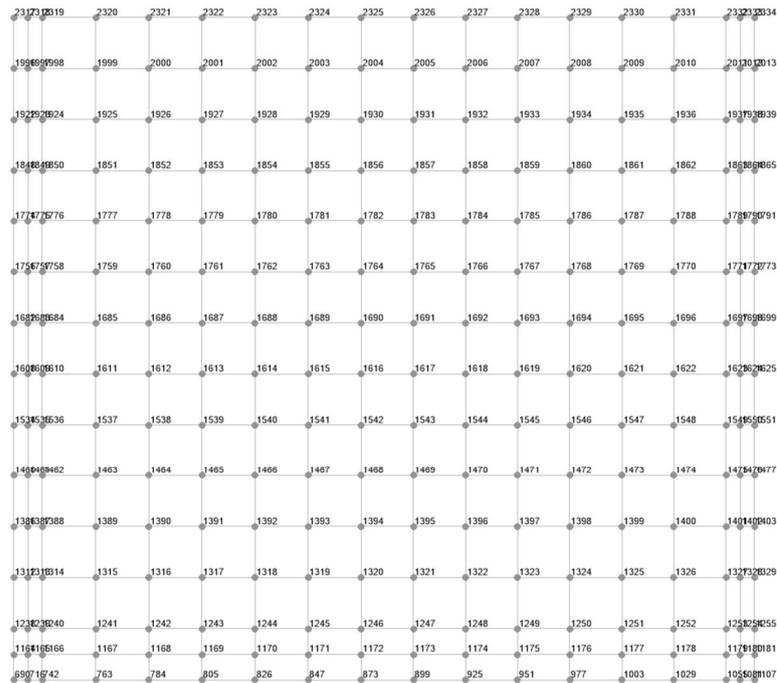
Foglio  
28 di 123

X-Z Plane @ Y=6,5

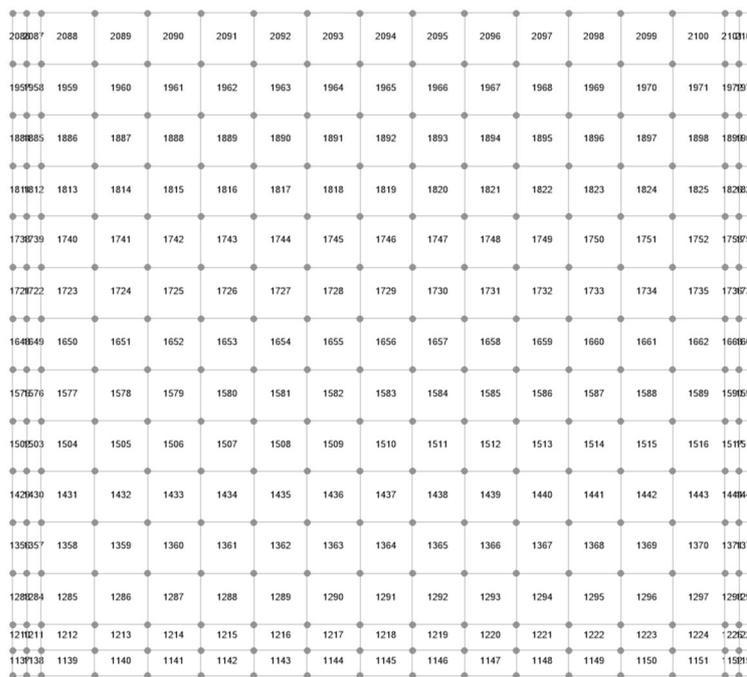


Numerazione shell pareti sud sp. 50

Y-Z Plane @ X=9,61



Numerazione nodi parete ovest



Numerazione shell parete ovest

## 9. ANALISI DEI CARICHI

Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari assunti per le verifiche di resistenza in esercizio ed in presenza dell'evento sismico.

Le condizioni elementari di carico di seguito determinate saranno opportunamente combinate secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

- calcestruzzo armato:  $\gamma_{c.a.} = 25 \text{ kN/m}^3$
- rilevato:  $\gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3$
- ricoprimento:  $\gamma_{ric} = 20 \text{ kN/m}^3$

### 9.1. Peso proprio strutture (Load 1)

- soletta inferiore sp. 70  $S_s \times \gamma_{c.a.} = 0.70 \times 25.00 = 17.50 \text{ kN/m}^2$
- soletta carrabile sp. 90  $S_s \times \gamma_{c.a.} = 0.90 \times 25.00 = 22.50 \text{ kN/m}^2$
- soletta intermedia sp. 50  $S_s \times \gamma_{c.a.} = 0.50 \times 25.00 = 12.50 \text{ kN/m}^2$
- soletta superiore sp. 35  $S_s \times \gamma_{c.a.} = 0.35 \times 25.00 = 8.75 \text{ kN/m}^2$
- parete Ovest sp. variabile  $S_p \times \gamma_{c.a.} = 0.84 \div 0.30 \times 25.00 = 21.00 \div 7.50 \text{ kN/m}^2$
- parete Est  $S_p \times \gamma_{c.a.} = 0.70 \times 25.00 = 17.50 \text{ kN/m}^2$

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL SLZ3 CO 002	Rev. A	Foglio 30 di 123
---------	------------------	-------------	---	-----------	---------------------

- parete Centrale  $S_p \times \gamma_{c.a.} = 0.60 \times 25.00 = 15.00 \text{ kN/m}^2$
- parete Nord/Sud  $S_p \times \gamma_{c.a.} = 0.50 \times 25.00 = 12.50 \text{ kN/m}^2$

### 9.2. Carichi permanenti portati (Load2)

Non è previsto ricoprimento sulla soletta superiore.

### 9.3. Spinta del terreno (Load 2)

Il rinterro a ridosso della parete verrà realizzato tramite materiale arido di buone caratteristiche meccaniche.

Secondo quanto riportato in precedenza per il rinterro si assumono i seguenti parametri geotecnici:

$$\gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi'_k = 30^\circ$$

$$\phi'_{dM1} = 30^\circ$$

$$\phi'_{dM2} = \text{artg}(\text{tg}30^\circ/1.25) = 24.791^\circ$$

	Coeff. M1 - $\gamma_{m,\phi}=1$	Coeff. M2 - $\gamma_{m,\phi}=1.25$
Spinta a riposo	0,5000	0,5807
Spinta attiva	0,3333	0,4091

Si riporta di seguito il calcolo delle pressioni agenti sulla struttura, eseguito per la Combinazione 1 (A1+M1+R1) indicando con:

- Load 3: spinta a riposo su parete Est
- Load 4: spinta a riposo su parete Nord
- Load 5: spinta a riposo su parete Ovest
- Load 6: spinta a riposo su parete Sud

#### Parete Est:

$$\begin{aligned} \text{Pressione in asse soletta carrabile: } P_2 (h_2 = 5.86\text{m}) &= k_{0,M1} \times h_2 \times \gamma_t = \\ &= 0.5 \times 5.86 \times 20 = \mathbf{58.60 \text{ kN/m}^2} \end{aligned}$$

#### Parete Centrale:

$$\begin{aligned} \text{Pressione in asse soletta inferiore: } P_2 (h_2 = 2.70\text{m}) &= k_{0,M1} \times h_2 \times \gamma_t = \\ &= 0.5 \times 2.70 \times 20 = \mathbf{27.00 \text{ kN/m}^2} \end{aligned}$$

#### Parete Nord, Parete Est, Parete Sud:

$$\begin{aligned} \text{Pressione in asse soletta superiore: } P_1 (h_1 = 0.175\text{m}) &= k_{0,M1} \times h_1 \times \gamma_t = \\ &= 0.5 \times 0.175 \times 20 = \mathbf{1.75 \text{ kN/m}^2} \end{aligned}$$

$$\text{Pressione in asse soletta inferiore: } P_2 (h_2 = 8.56\text{m}) = P_1 + k_{0,M1} \times (h_2 - h_1) \times \gamma_t =$$

$$= 1.75 + 0.5 \times (8.56 - 0.175) \times 20 = \mathbf{85.60 \text{ kN/m}^2}$$

#### 9.4. Sovraccarichi accidentali sulla soletta superiore (Load 7)

Sulla soletta superiore e sulla soletta intermedia si considera agente un sovraccarico accidentale di **4.0 kN/m<sup>2</sup>**.

#### 9.5. Spinta del sovraccarico sul rilevato (Load8 ÷ Load11)

Si assume, cautelativamente, che sul terrapieno adiacente le pareti del manufatto agisca un sovraccarico di 20kN/m<sup>2</sup>:

$$q_h = k_{0,M1} \times q_v = 0.5 \times 20 = \mathbf{10 \text{ kN/m}^2} \text{ (Load 8 - Load 9 - Load 10 - Load 11).}$$

#### 9.6. Azione sismica (Load 12÷17)

La risultante delle forze inerziali orizzontali indotte dal sisma viene valutata con la seguente espressione:

$$F_h = P \times a_{gh};$$

$$F_v = P \times a_{gv};$$

P = peso proprio;

a<sub>g</sub> = accelerazioni sismiche al suolo.

a<sub>gh</sub> = 0.270 g, accelerazione orizzontale;

a<sub>gv</sub> = 0.149 g, accelerazione verticale.

Per tener conto dell'incremento di spinta del terreno dovuta al sisma si fa riferimento all'EC8-5, appendice E – “Analisi semplificata per le strutture di contenimento”, punto 9 – “Forze causate dalla spinta del terreno per strutture rigide”, in cui l'incremento di spinta sismica ΔP per la condizione a riposo viene valutato come:

$$\Delta P_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot}^2$$

La risultante di tale incremento di spinta (Load 12÷ Load 15) viene considerata uniformemente distribuita su tutta l'altezza della sezione verticale rigida di riferimento h<sub>tot</sub>.

- Parete Ovest:  $\Delta p_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot} = 0.270 \times 20.0 \times 6.31 = \mathbf{34.07 \text{ kN/m}^2}$
- Parete Centrale:  $\Delta p_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot} = 0.270 \times 20.0 \times 2.60 = \mathbf{14.04 \text{ kN/m}^2}$
- Pareti Nord / Est / Sud:  $\Delta p_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot} = 0.270 \times 20.0 \times 8.91 = \mathbf{48.11 \text{ kN/m}^2}$

Per il calcolo delle azioni sismiche dovute all'inerzia degli elementi strutturali si considera solo il contributo in direzione orizzontale delle pareti perpendicolari alla direzione dello sbilanciamento (Load 16 - Load 17):

- parete Ovest  $\Delta p_{p,h} = \gamma_{c.a.} \times S_p \times a_{gh} = 25 \times 0.84 \div 0.30 \times 0.270 = \mathbf{5.67 \div 2.03 \text{ kN/m}^2}$
- parete Est  $\Delta p_{p,h} = \gamma_{c.a.} \times S_p \times a_{gh} = 25 \times 0.70 \times 0.270 = \mathbf{4.73 \text{ kN/m}^2}$
- pareti Nord/Sud  $\Delta p_{p,h} = \gamma_{c.a.} \times S_p \times a_{gh} = 25 \times 0.50 \times 0.270 = \mathbf{3.38 \text{ kN/m}^2}$
- parete Centrale  $\Delta p_{p,h} = \gamma_{c.a.} \times S_p \times a_{gh} = 25 \times 0.60 \times 0.270 = \mathbf{4.05 \text{ kN/m}^2}$ .

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

Rev.  
A

Foglio  
32 di 123

## 10. CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

### 10.1. Condizioni e combinazioni di carico adottate

Le condizioni elementari di carico considerate sono di seguito riassunte:

Load	Tipo	Carico
1	$G_{g,k}$	Peso proprio della struttura
2	$G_k$	Peso rilevato
3	$G_k$	Spinta terre a riposo su parete Est
4	$G_k$	Spinta terre a riposo su parete Nord
5	$G_k$	Spinta terre a riposo su parete Ovest
6	$G_k$	Spinta terre a riposo su parete Sud
7	$Q_k$	Sovraccarico accidentale
8	$Q_k$	Spinta sovraccarico accidentale su parete Est
9	$Q_k$	Spinta sovraccarico accidentale su parete Nord
10	$Q_k$	Spinta sovraccarico accidentale su parete Ovest
11	$Q_k$	Spinta sovraccarico accidentale su parete Sud
12	$Q_k$	Incremento dinamico terreno su parete Est
13	$Q_k$	Incremento dinamico terreno su parete Nord
14	$Q_k$	Incremento dinamico terreno su parete Ovest
15	$Q_k$	Incremento dinamico terreno su parete Sud
16	$Q_k$	Azioni sismiche inerziali orizzontali lungo asse X (Ovest – Est)
17	$Q_k$	Azioni sismiche inerziali orizzontali lungo asse Y (Sud – Nord)

I carichi caratteristici sopra elencati, al fine di ottenere le sollecitazioni di progetto per effettuare le successive verifiche, sono opportunamente combinati fra loro.

I valori numerici riportati nelle colonne delle seguenti tabelle di combinazione indicano il coefficiente moltiplicativo con il quale la condizione elementare è considerata. Tali valori sono il risultato dei prodotti tra coefficienti parziali operanti sulle azioni.

#### 10.1.1. Combinazioni SLU

n° CC	P.P	Rilevato	Spinta terre Est	Spinta terre Nord	Spinta terre Ovest	Spinta terre Sud	Sovraccarico soletta	Spinta sovraccarico Est	Spinta sovraccarico Nord	Spinta sovraccarico Ovest	Spinta sovraccarico Sud
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SLU1	1,3	1,3	1,3	1	1	1	1,5	1,5			
SLU2	1,3	1,3	1	1,3	1	1	1,5		1,5		
SLU3	1,3	1,3	1	1	1,3	1	1,5			1,5	
SLU4	1,3	1,3	1	1	1	1,3	1,5				1,5
SLU5	1,3	1,3	1	1	1	1	1,5				
SLU6	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

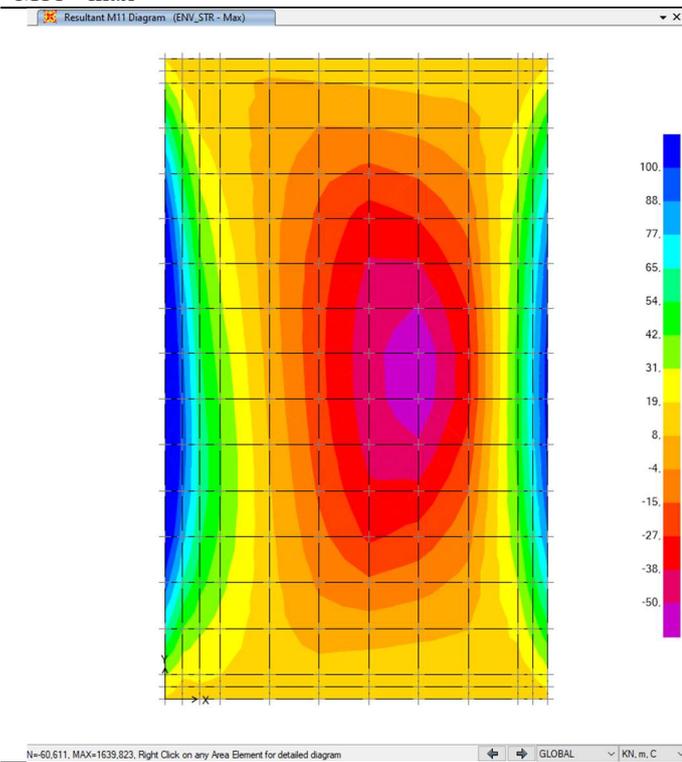
Rev.  
A

Foglio  
35 di 123

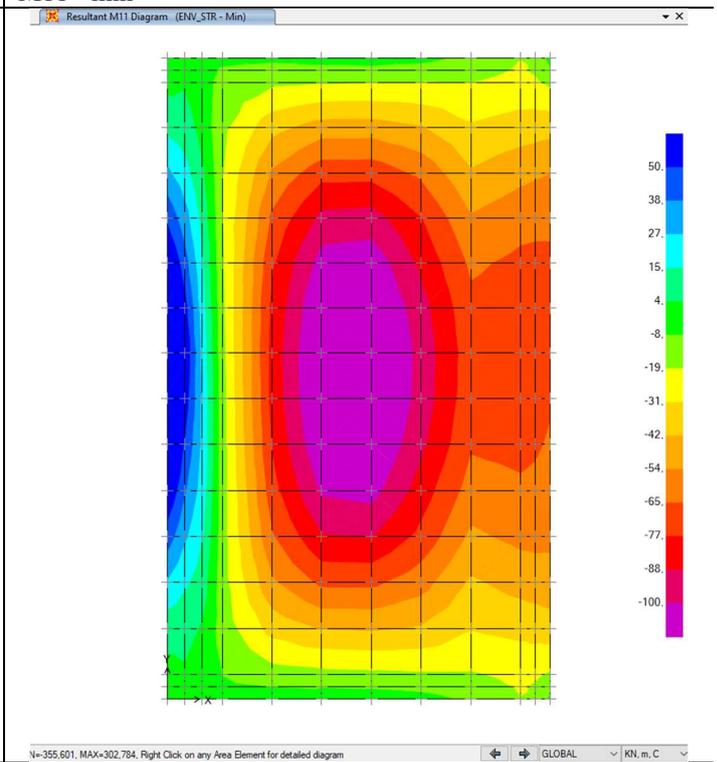
## 10.2. Diagrammi di involucro SLU - SLV

### 10.2.1. Involuppi fondazione sp. 70

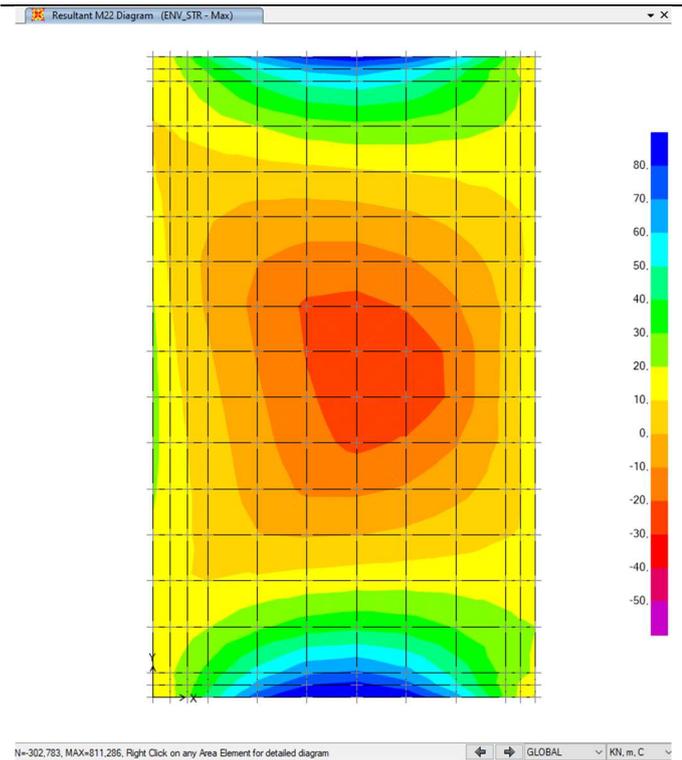
M11 - max



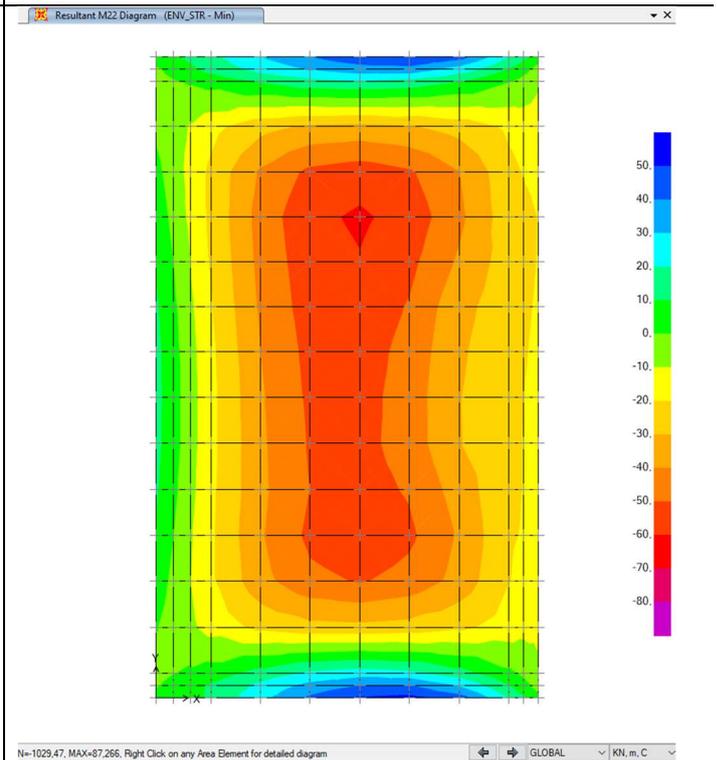
M11 - min



M22 - max



M22 - min





Doc. N.

Progetto  
INOR

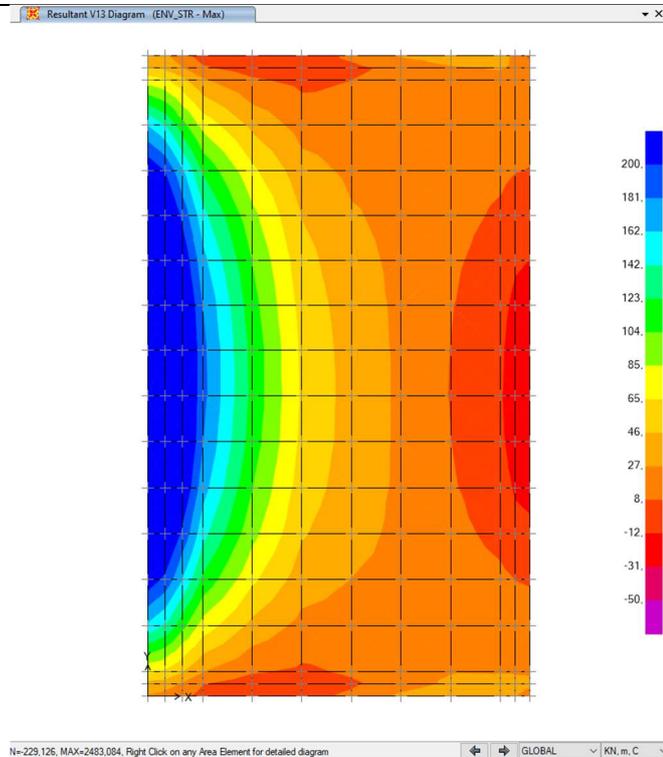
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

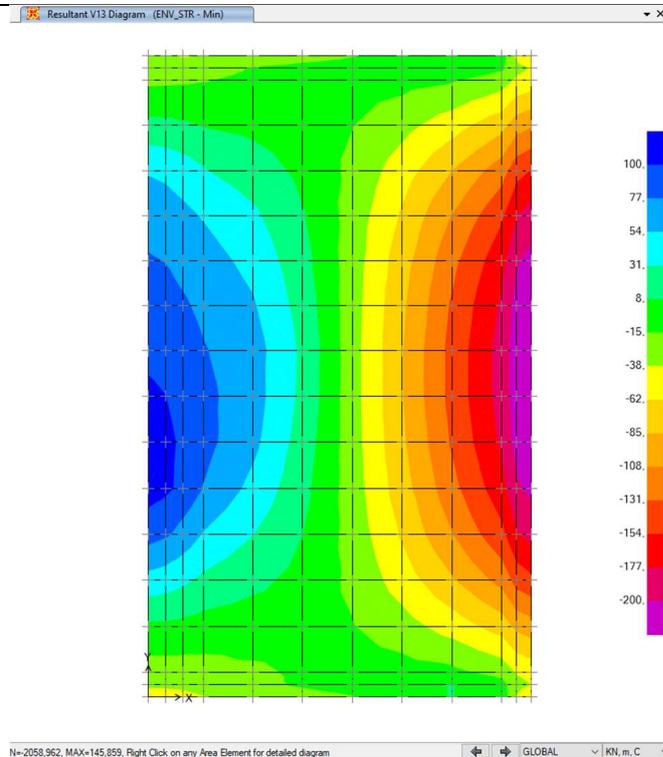
Rev.  
A

Foglio  
36 di 123

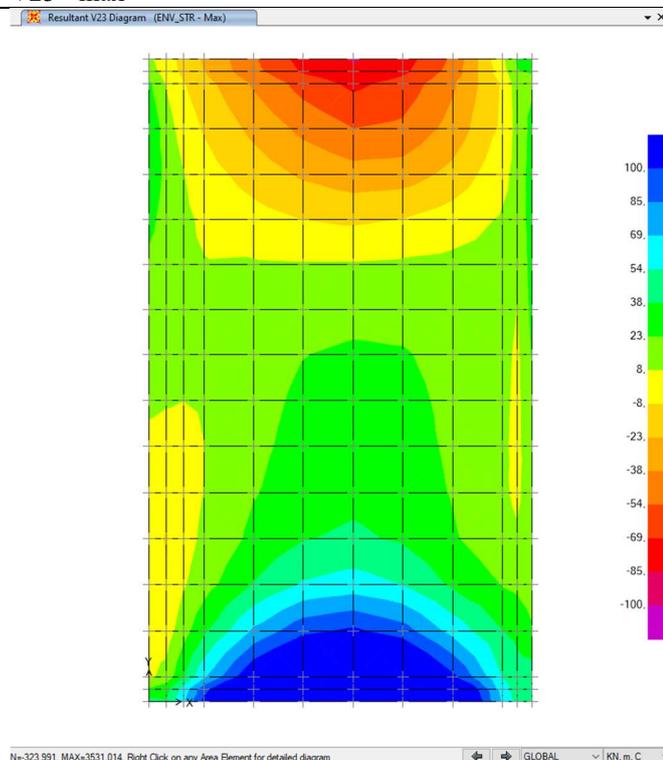
V13 - max



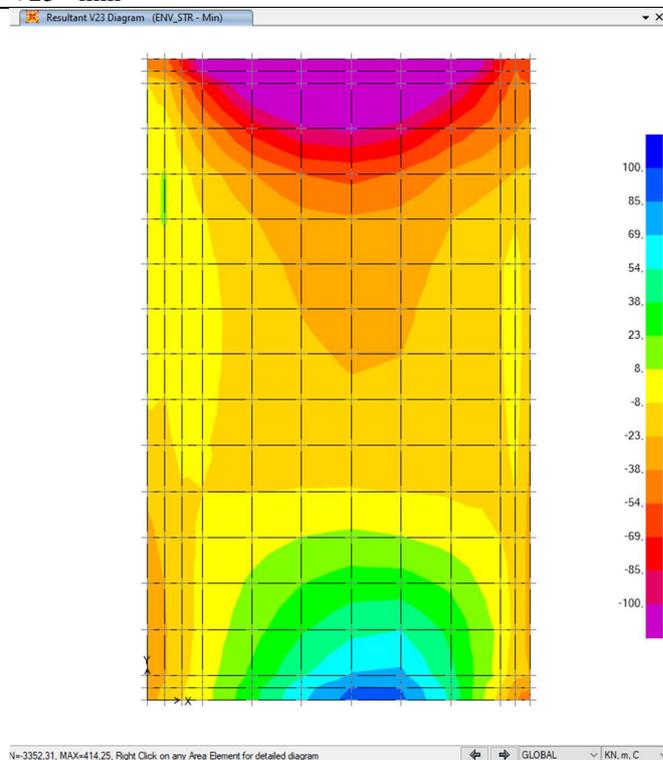
V13 - min



V23 - max

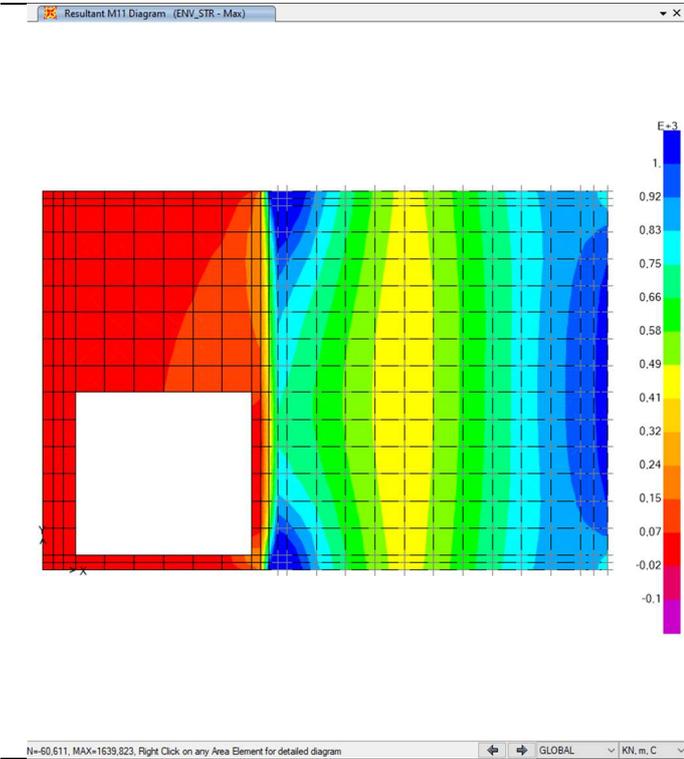


V23 - min

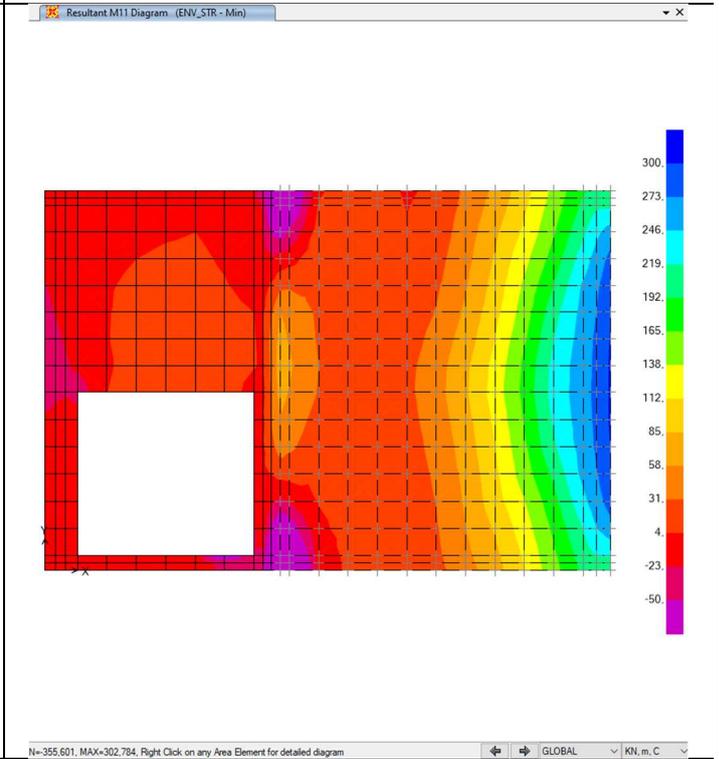


**10.2.2. Involuppi soletta carrabile sp. 90 e soletta intermedia sp. 50**

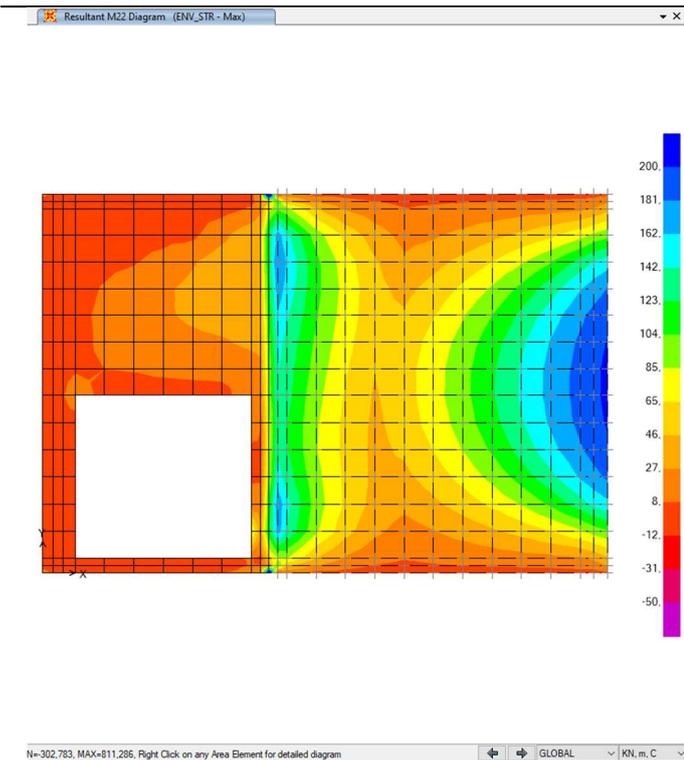
M11 - max



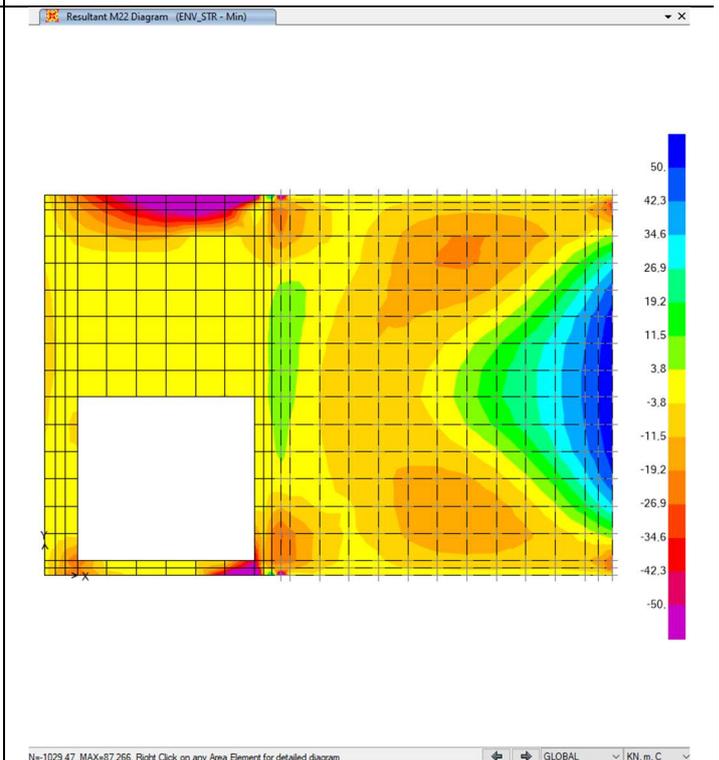
M11 - min



M22 - max



M22 - min



V13 - max

V13 - min

Doc. N.

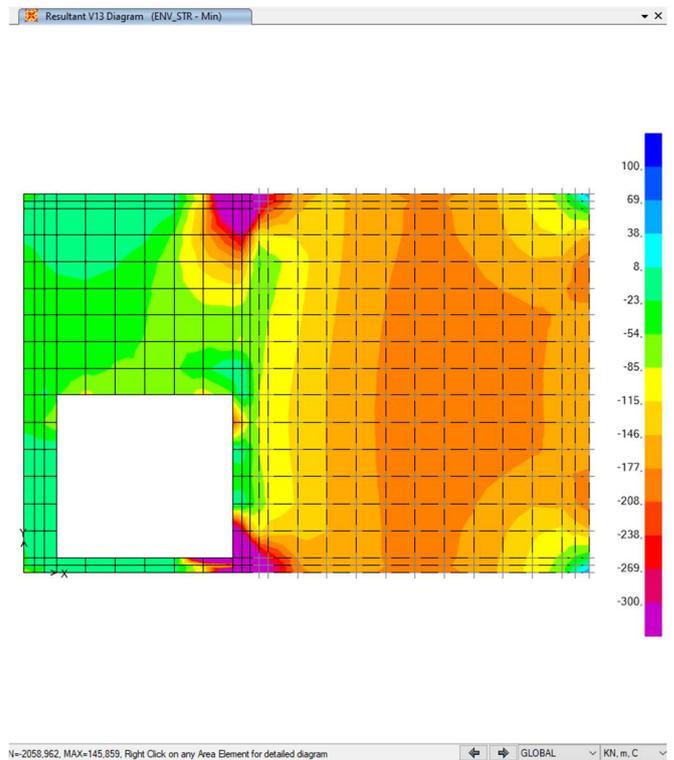
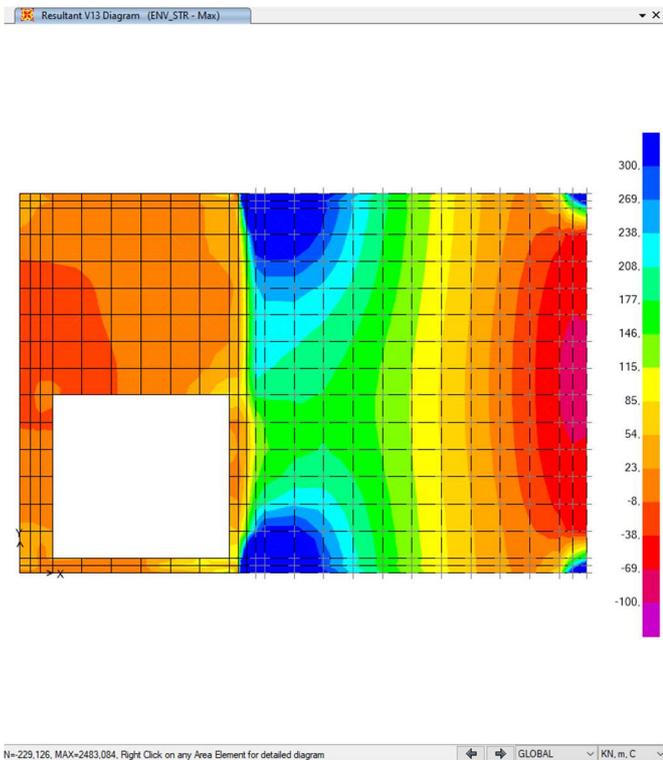
Progetto  
INOR

Lotto  
12

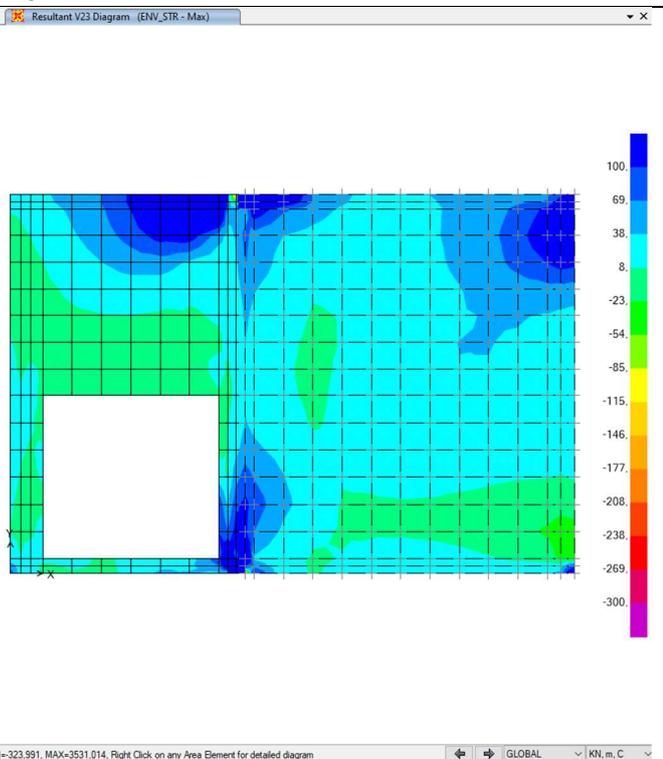
Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

Rev.  
A

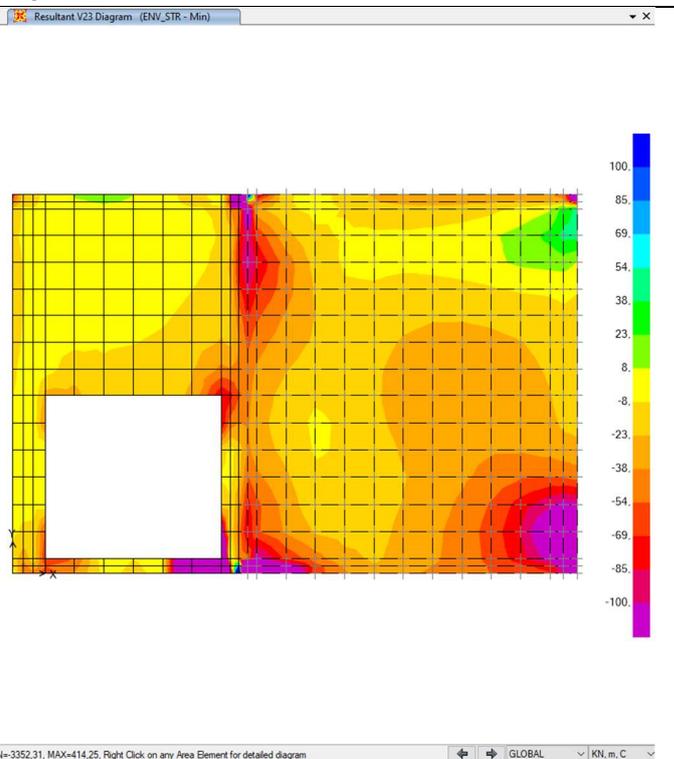
Foglio  
38 di 123



V23 - max



V23 - min



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

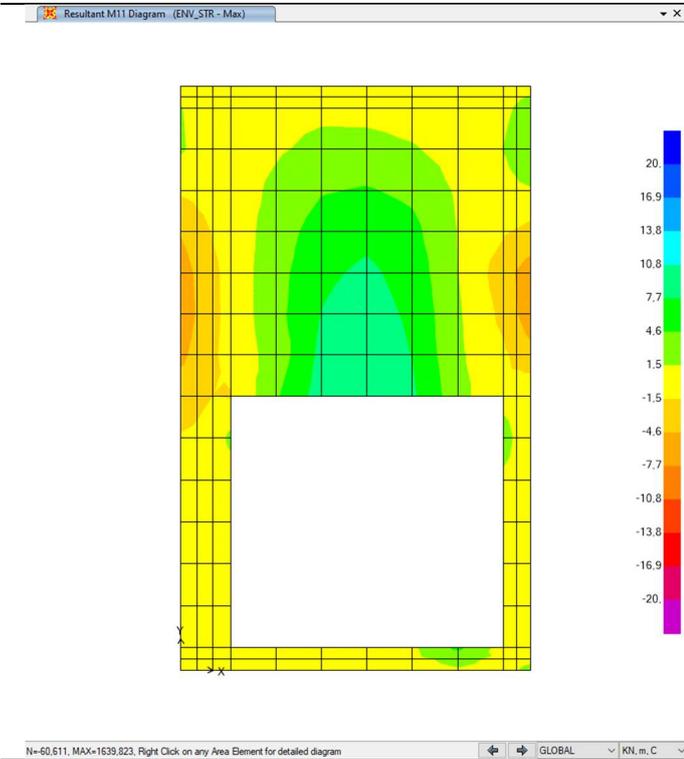
Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

Rev.  
A

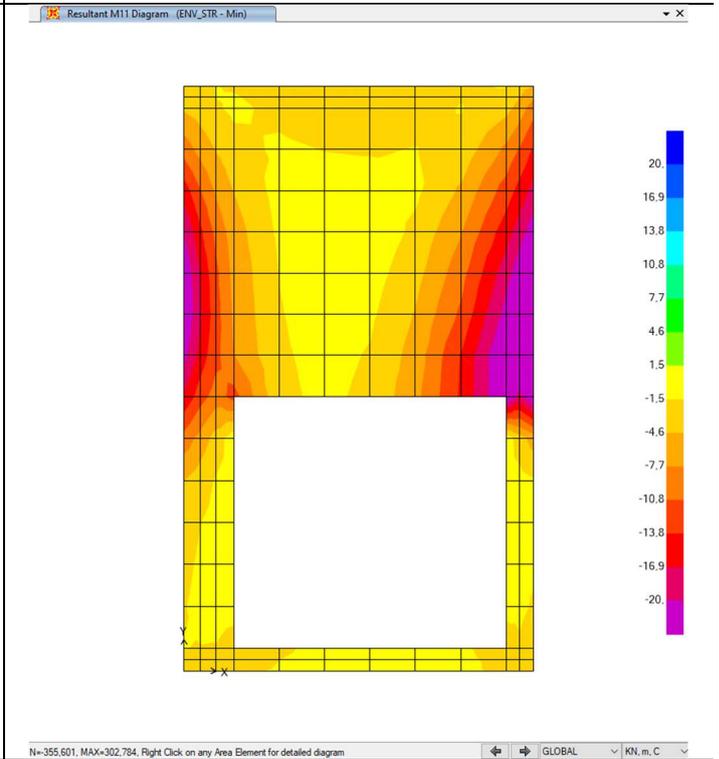
Foglio  
39 di 123

**10.2.3. Involuppi soletta superiore sp. 35**

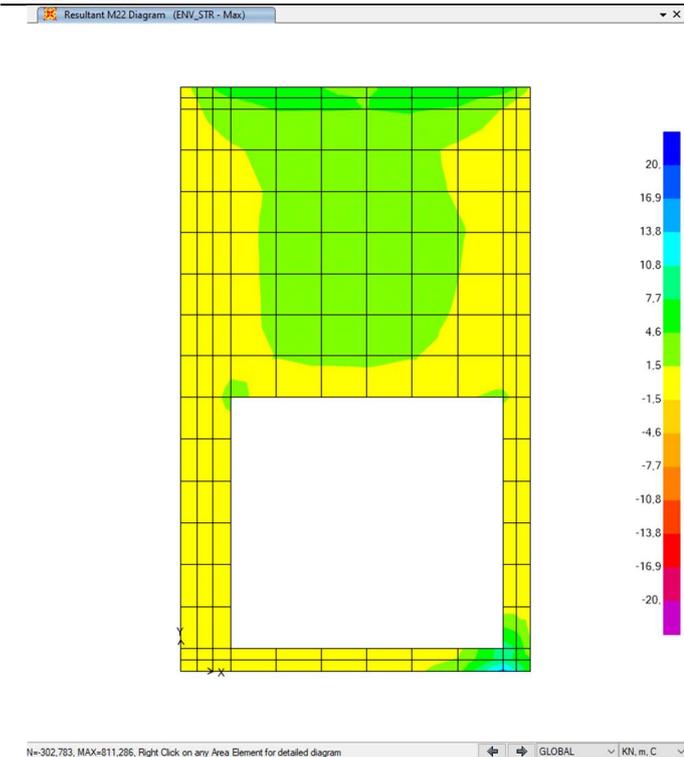
M11 - max



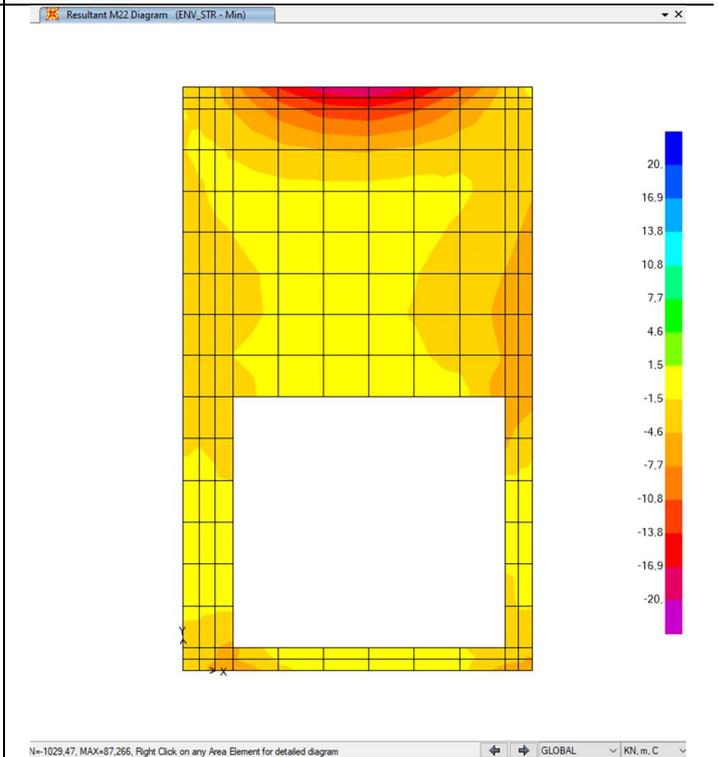
M11 - min



M22 - max



M22 - min



Doc. N.

Progetto  
INOR

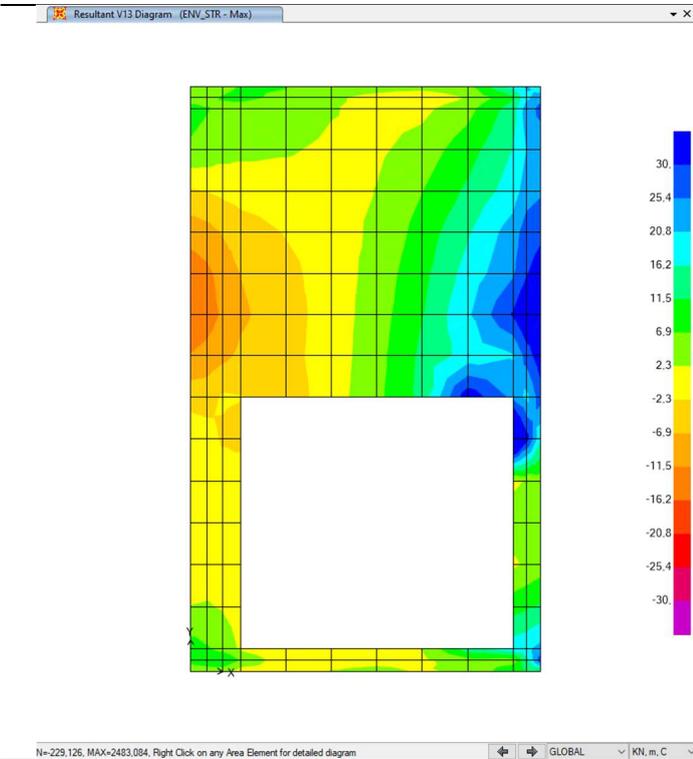
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

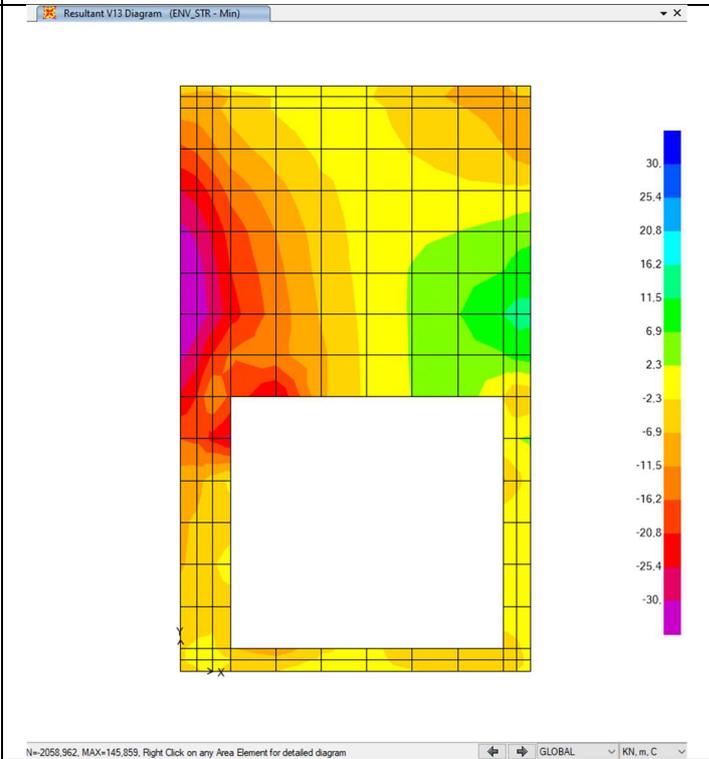
Rev.  
A

Foglio  
40 di 123

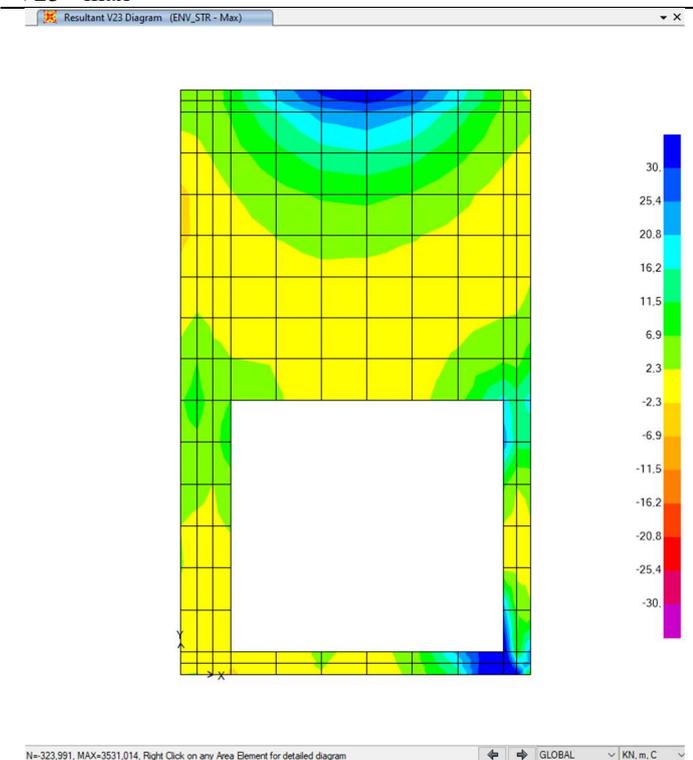
V13 - max



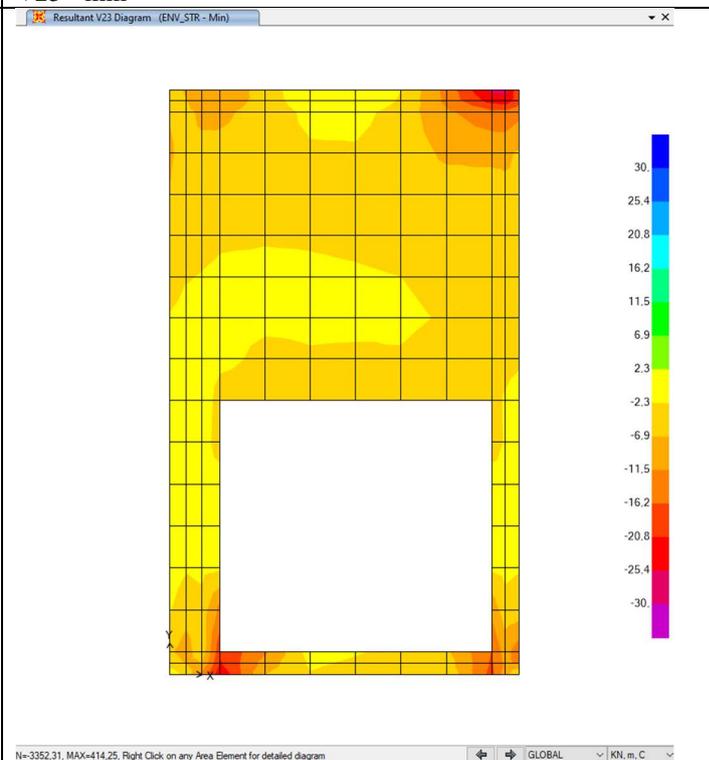
V13 - min



V23 - max



V23 - min



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

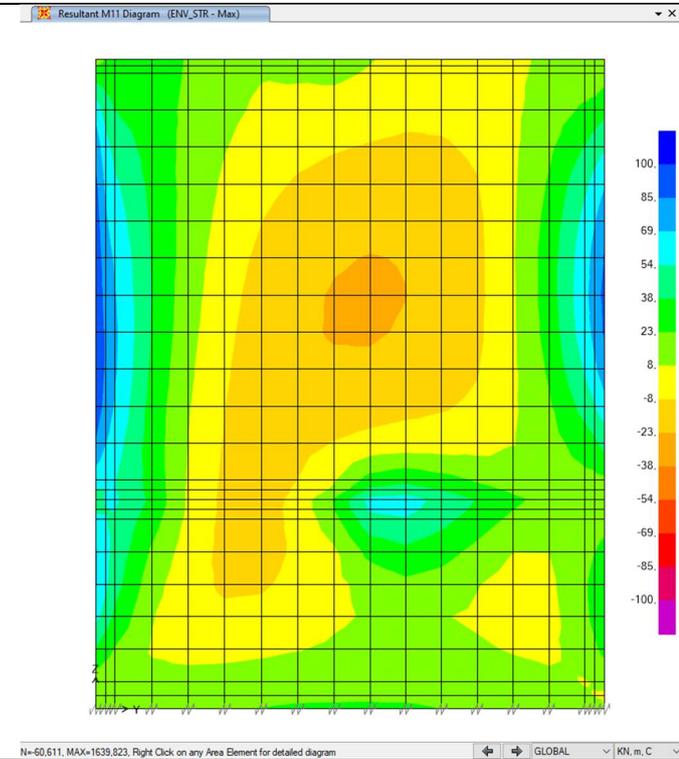
Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

Rev.  
A

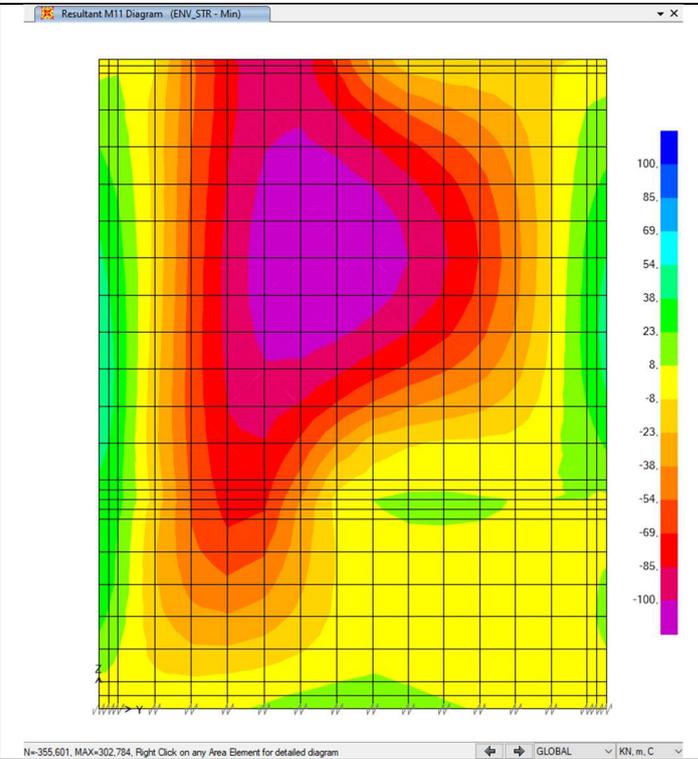
Foglio  
41 di 123

### 10.2.4. Involuppi parete Est

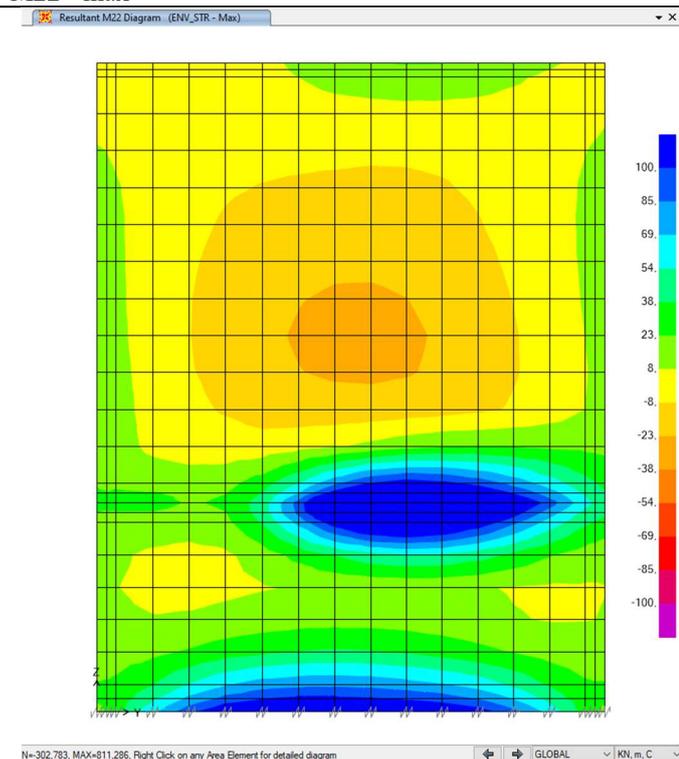
M11 - max



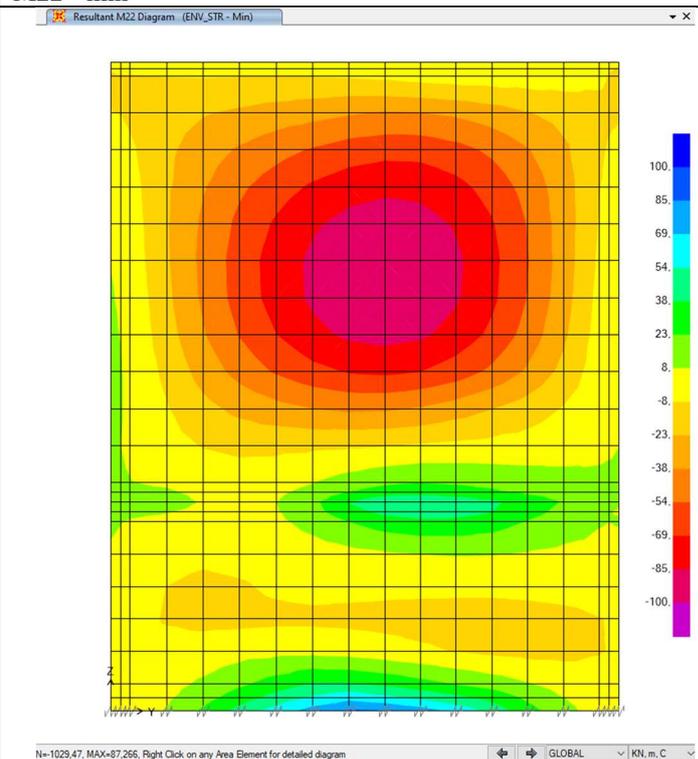
M11 - min



M22 - max



M22 - min



Doc. N.

Progetto  
INOR

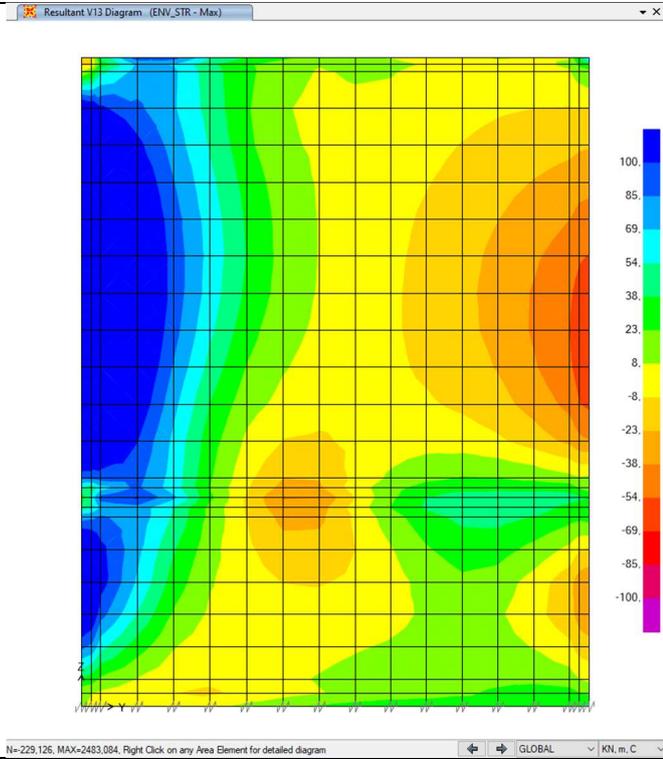
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

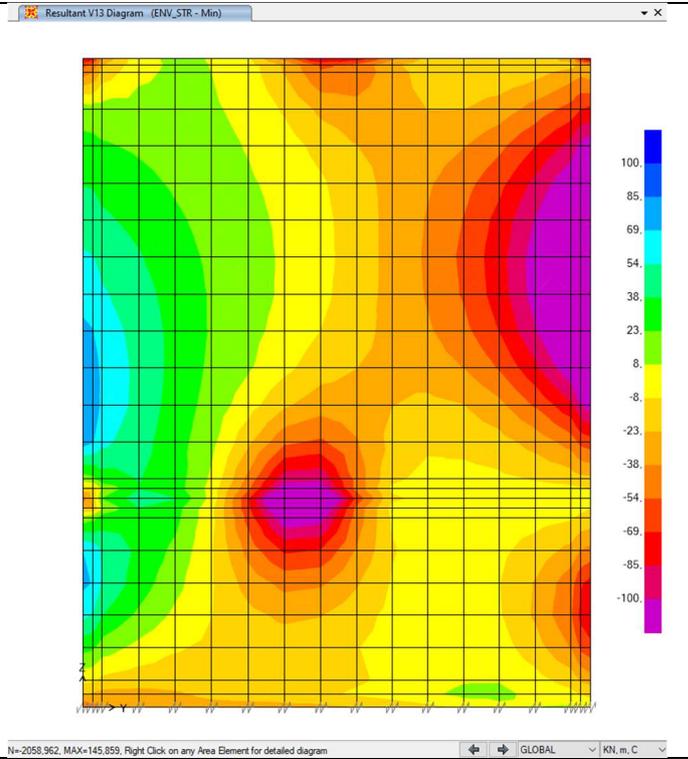
Rev.  
A

Foglio  
42 di 123

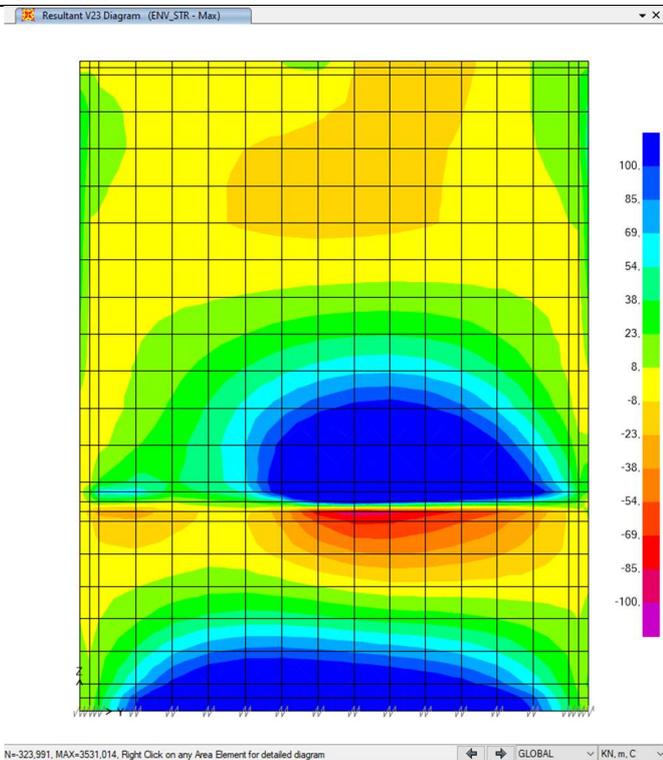
### V13 - max



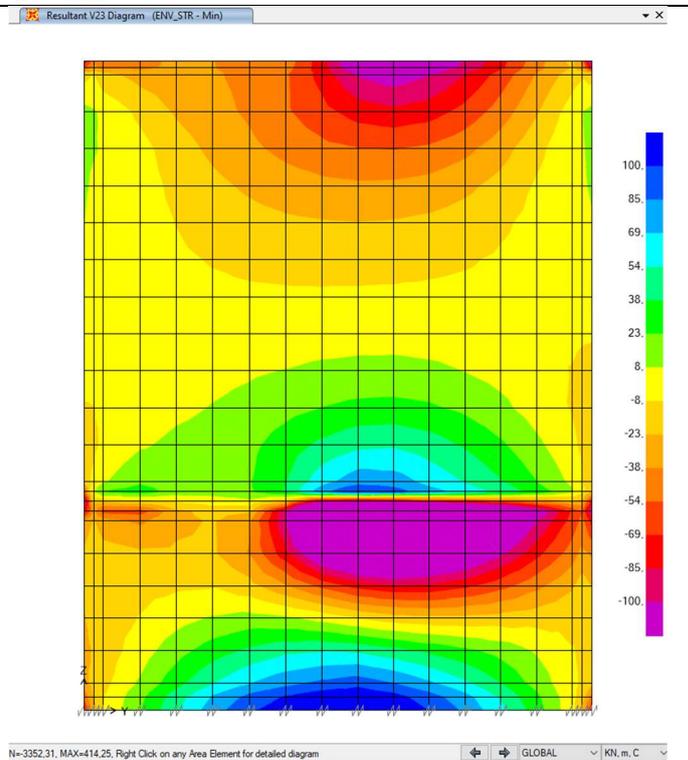
### V13 - min



### V23 - max



### V23 - min



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

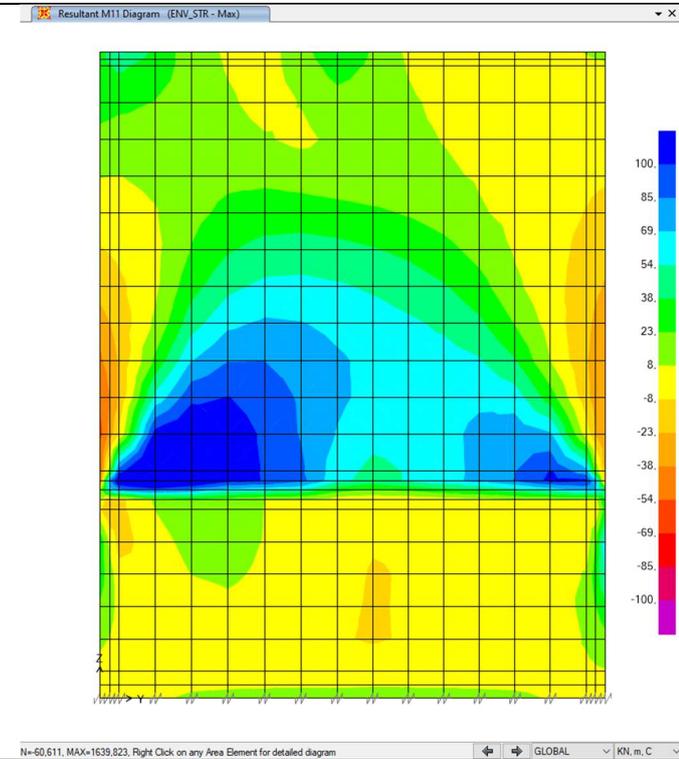
Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

Rev.  
A

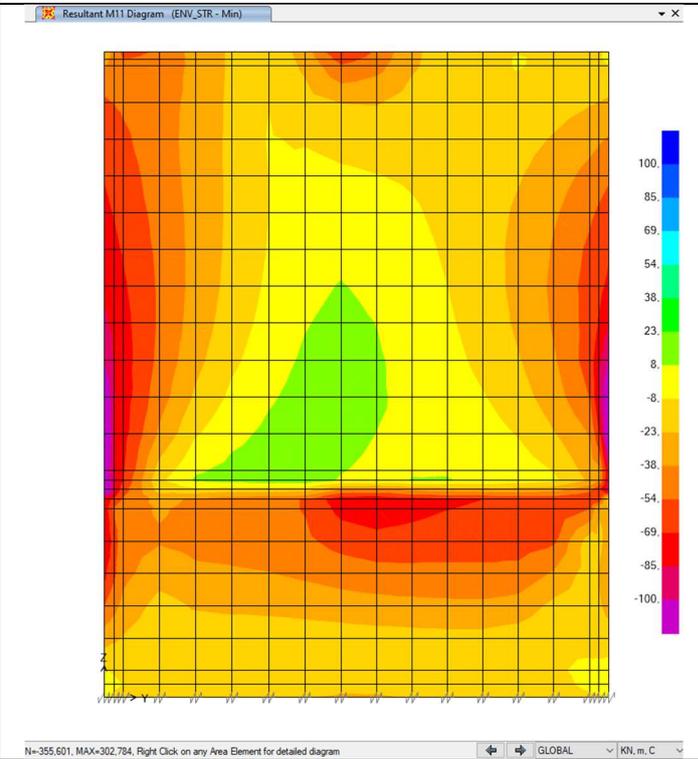
Foglio  
43 di 123

### 10.2.5. Involuppi parete Centrale

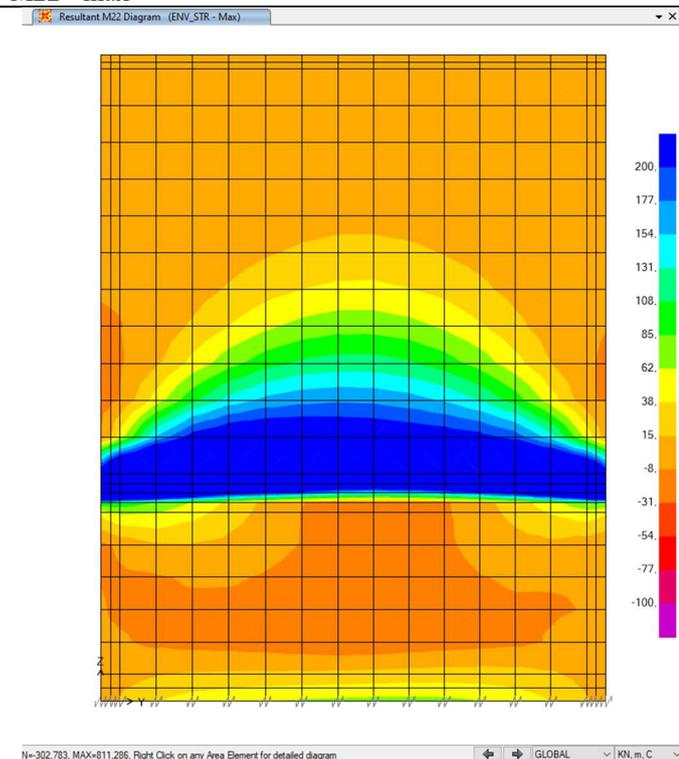
M11 - max



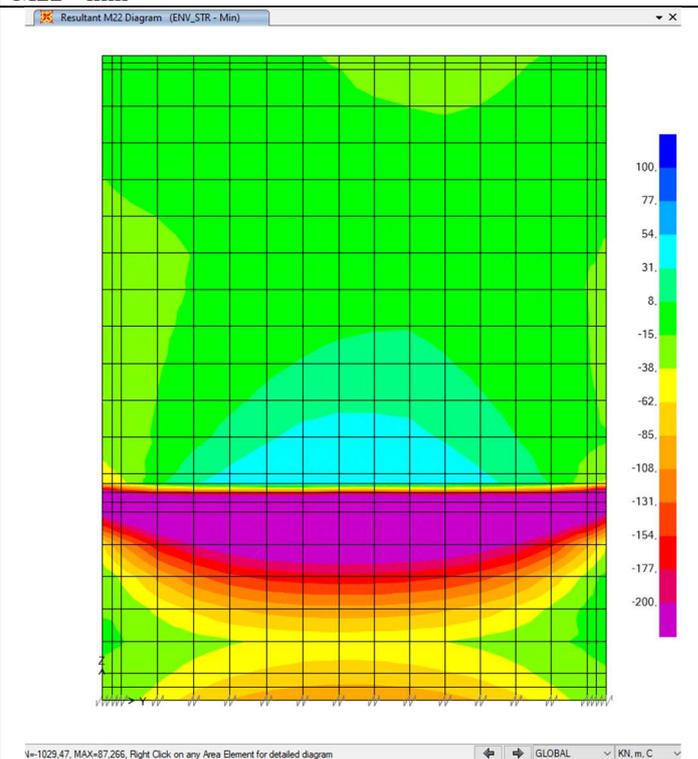
M11 - min



M22 - max



M22 - min



Doc. N.

Progetto  
INOR

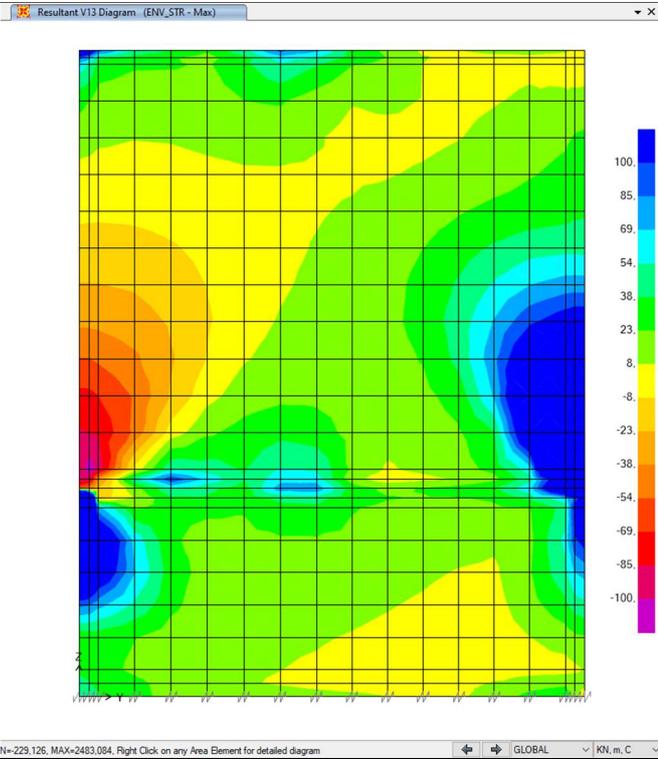
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

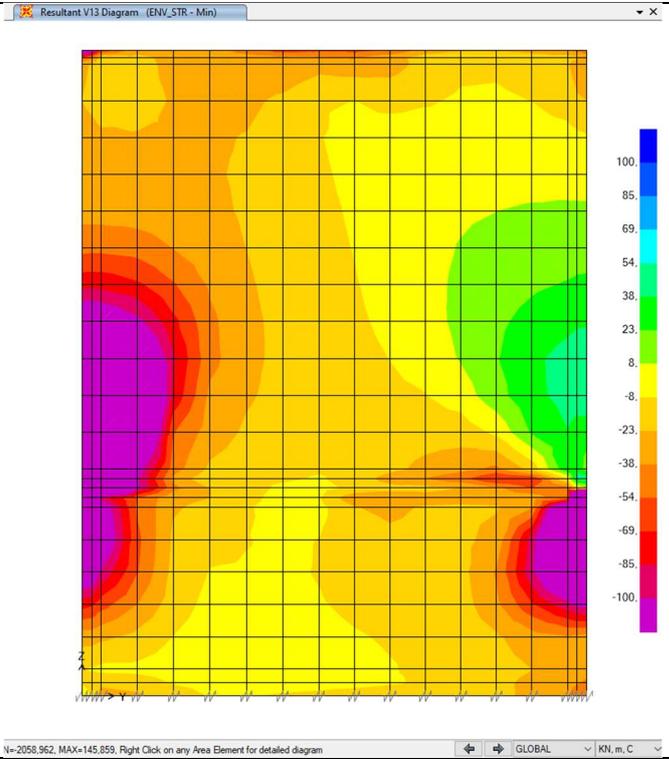
Rev.  
A

Foglio  
44 di 123

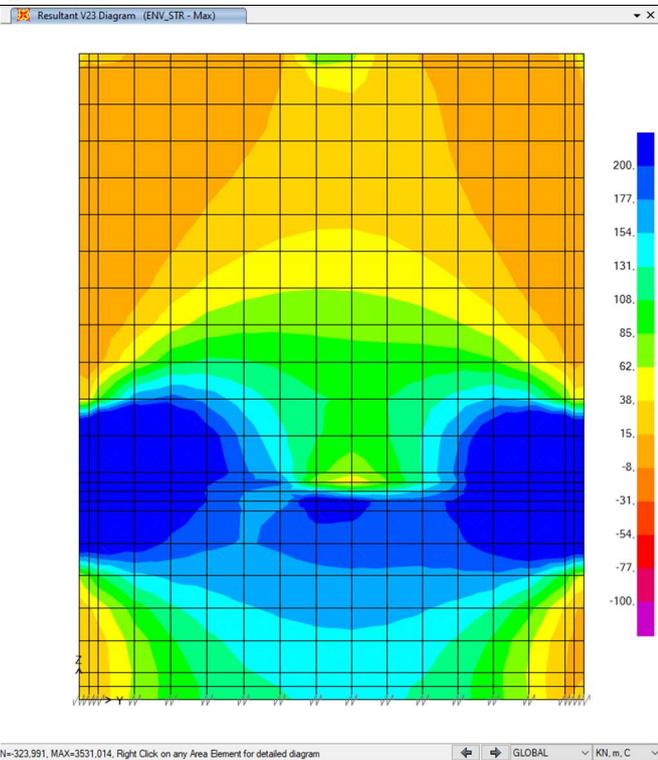
V13 - max



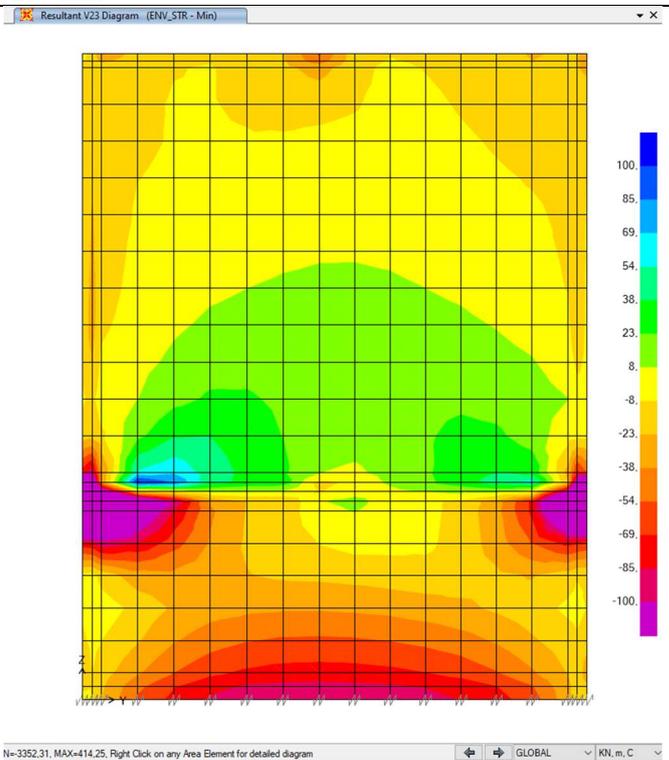
V13 - min



V23 - max



V23 - min



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

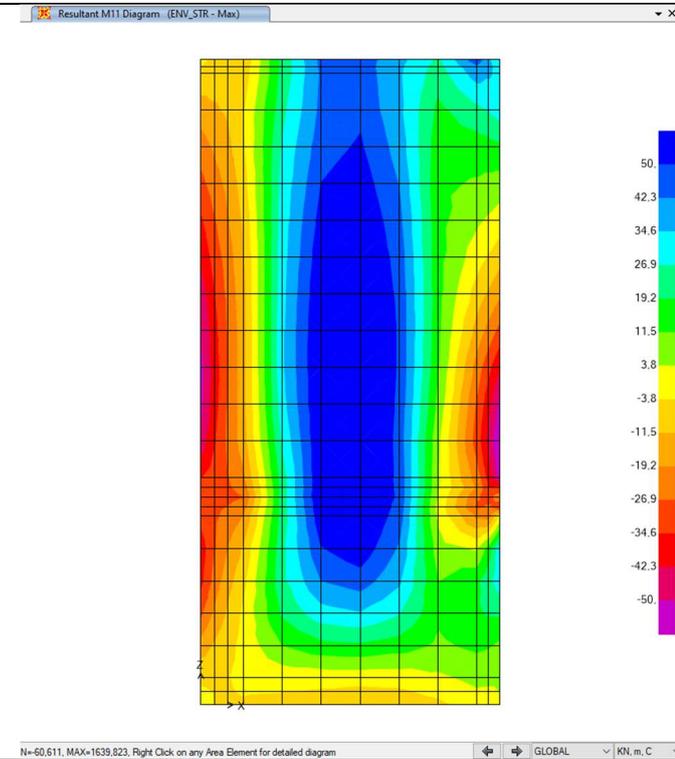
Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 CO 002

Rev.  
A

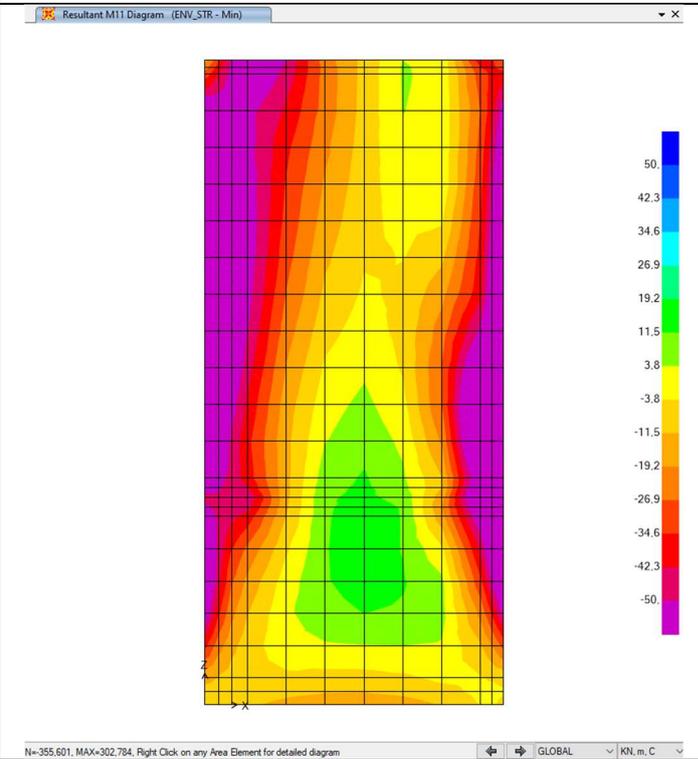
Foglio  
45 di 123

**10.2.6. Involuppi pareti Nord**

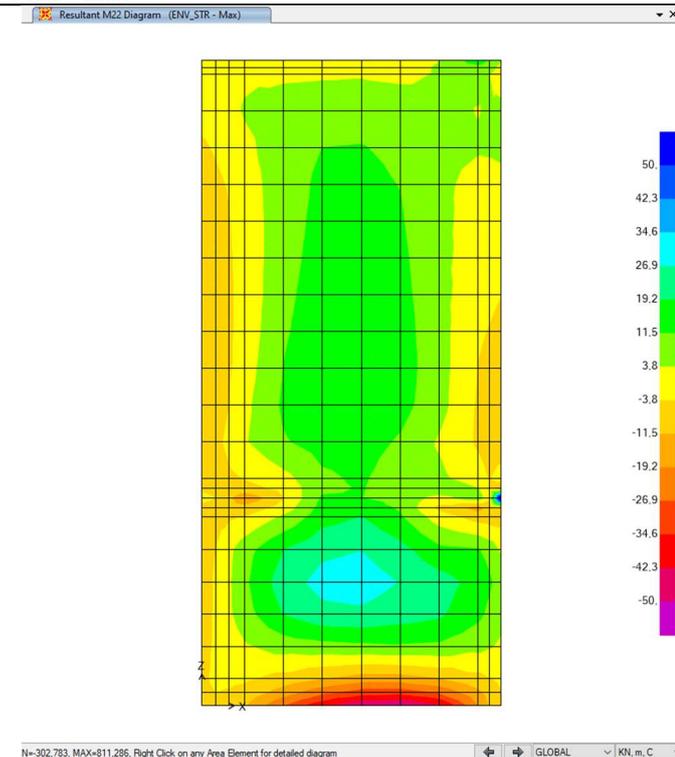
M11 - max



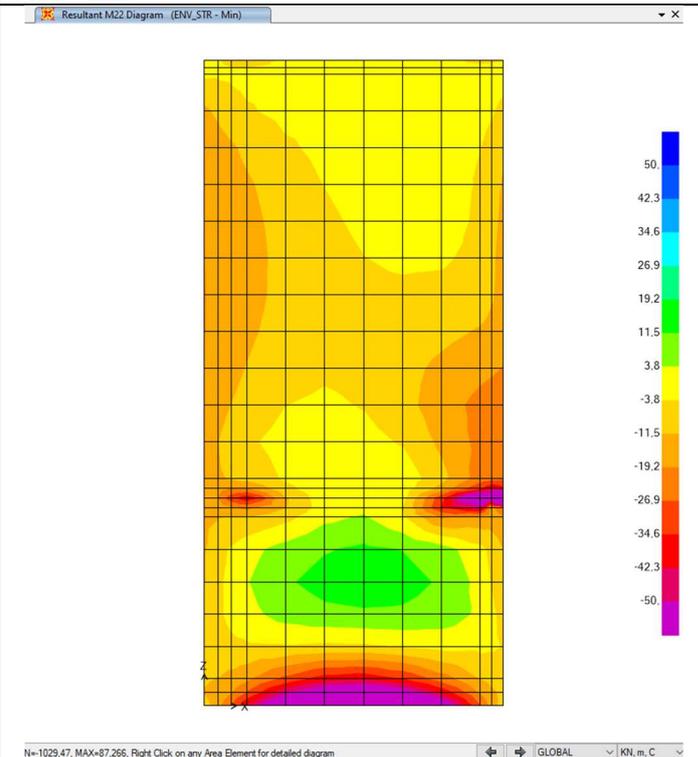
M11 - min



M22 - max



M22 - min



V13 - max

V13 - min

Doc. N.

Progetto  
INOR

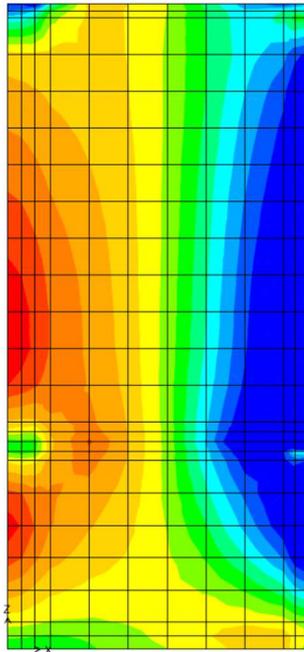
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

Rev.  
A

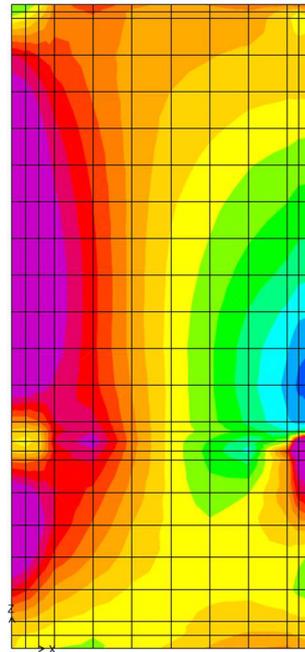
Foglio  
46 di 123

Resultant V13 Diagram (ENV\_STR - Max)



N=-229,126, MAX=2493,094, Right Click on any Area Element for detailed diagram GLOBAL KN, m, C

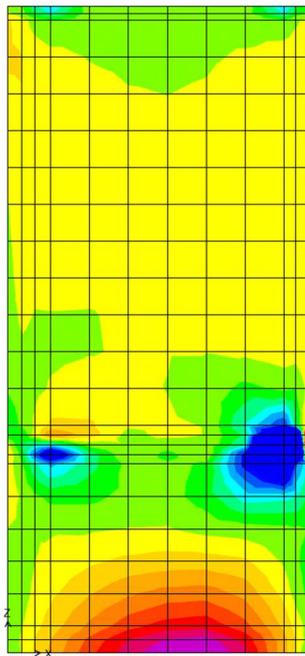
Resultant V13 Diagram (ENV\_STR - Min)



N=-2058,962, MAX=145,859, Right Click on any Area Element for detailed diagram GLOBAL KN, m, C

V23 - max

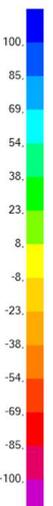
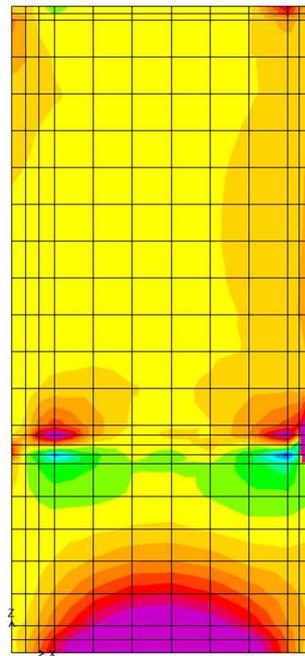
Resultant V23 Diagram (ENV\_STR - Max)



N=-323,991, MAX=3531,014, Right Click on any Area Element for detailed diagram GLOBAL KN, m, C

V23 - min

Resultant V23 Diagram (ENV\_STR - Min)



N=-3352,31, MAX=414,25, Right Click on any Area Element for detailed diagram GLOBAL KN, m, C

Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

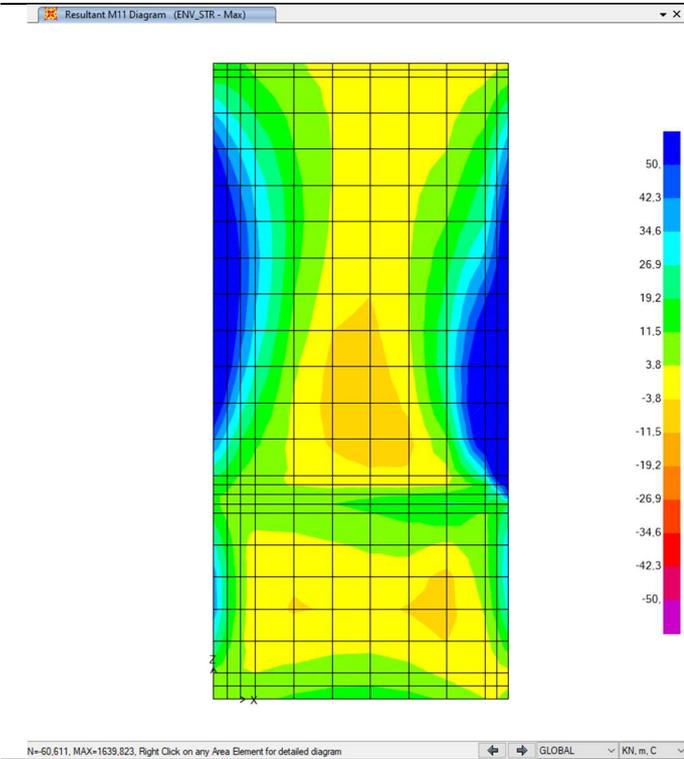
Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

Rev.  
A

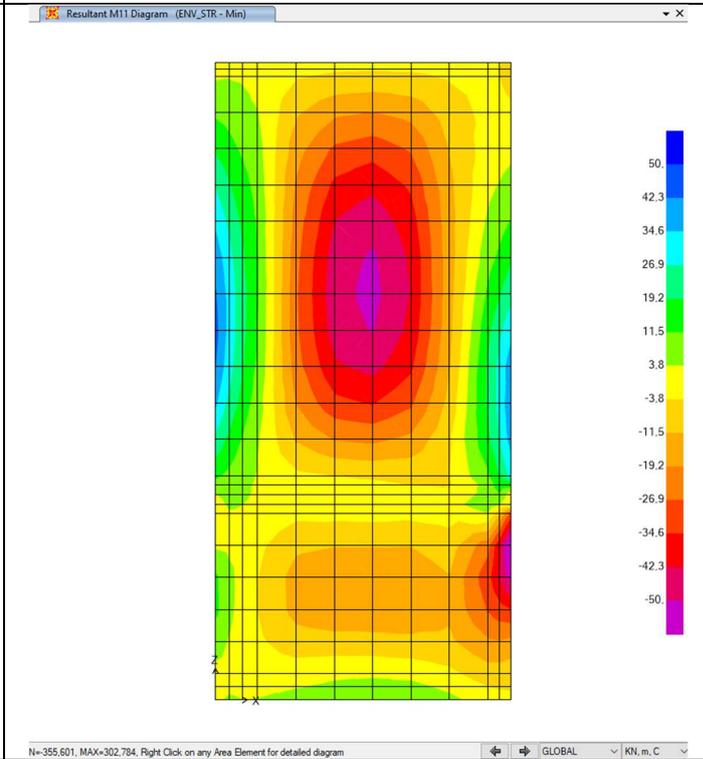
Foglio  
47 di 123

**10.2.7. Involuppi pareti Sud**

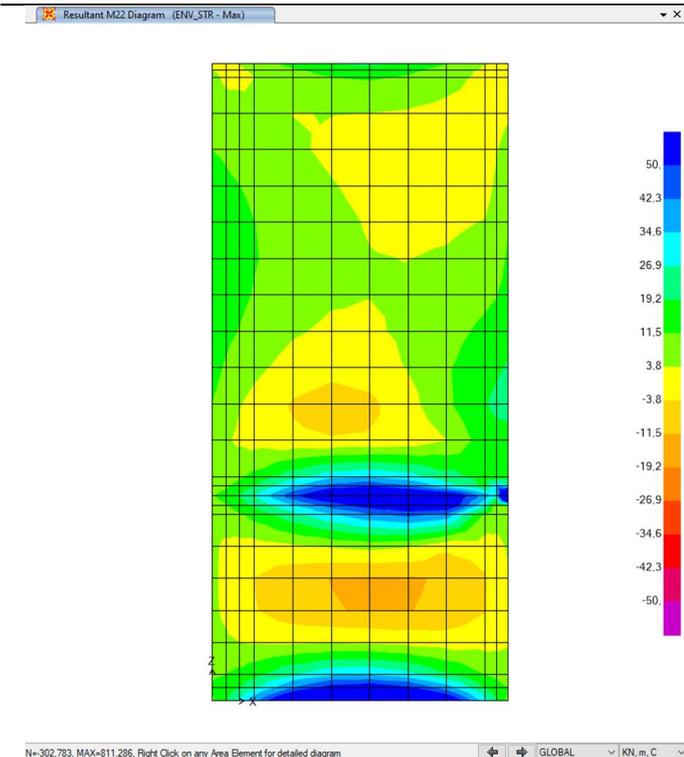
M11 - max



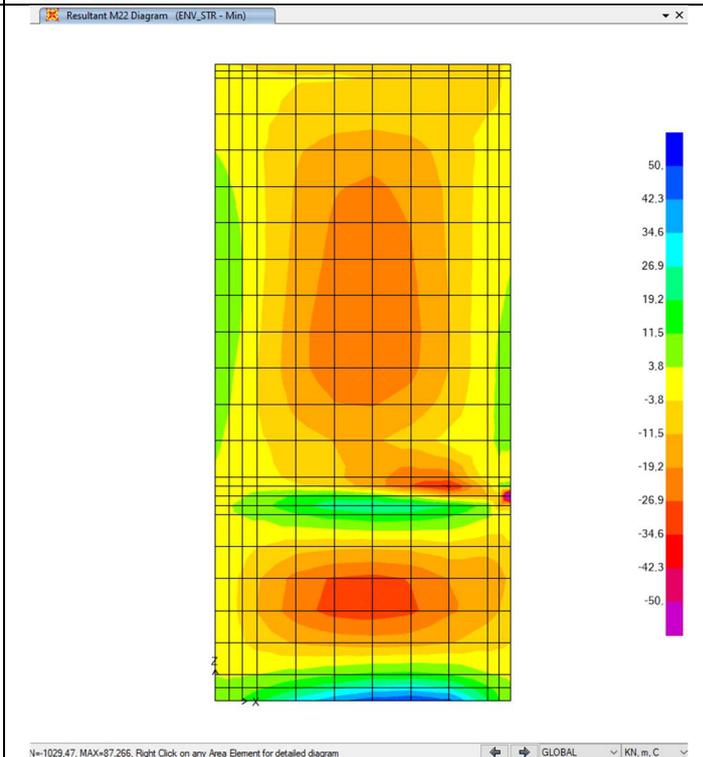
M11 - min



M22 - max



M22 - min



Doc. N.

Progetto  
INOR

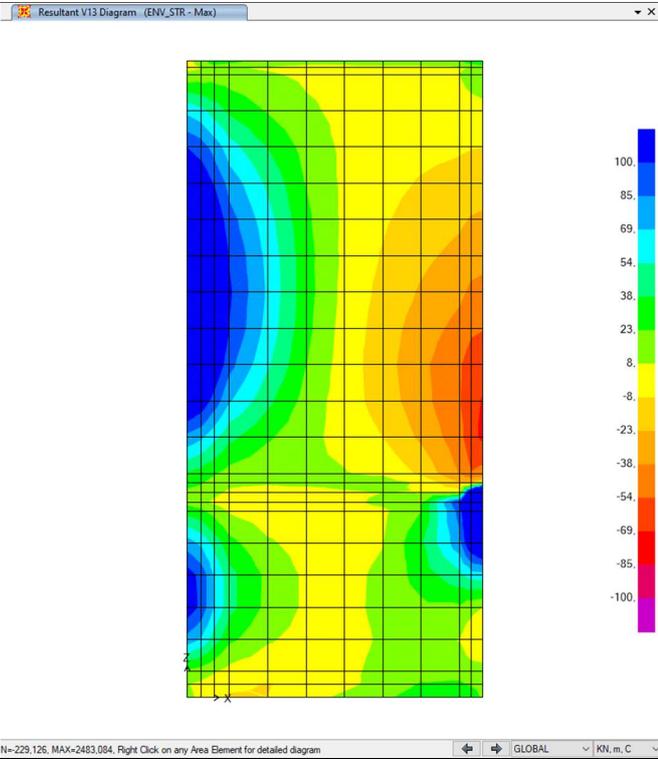
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

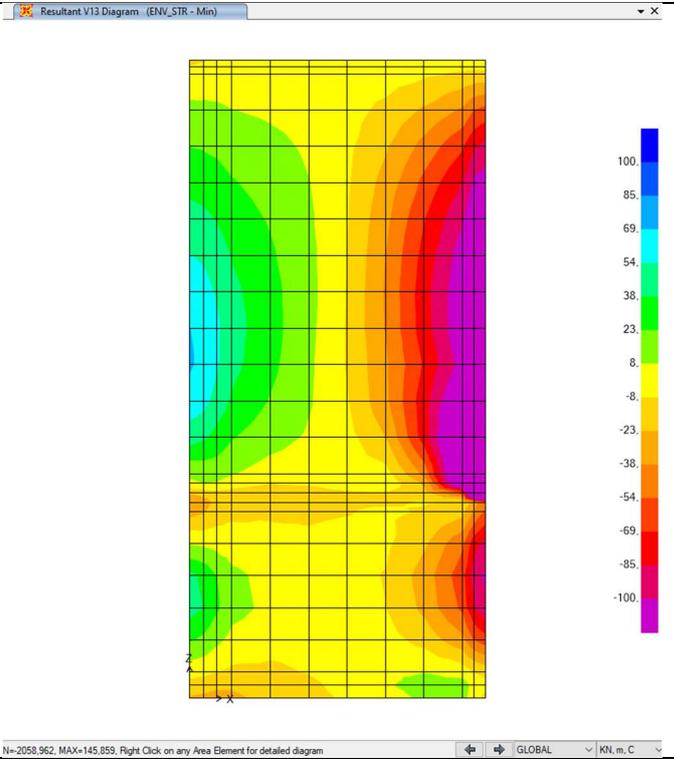
Rev.  
A

Foglio  
48 di 123

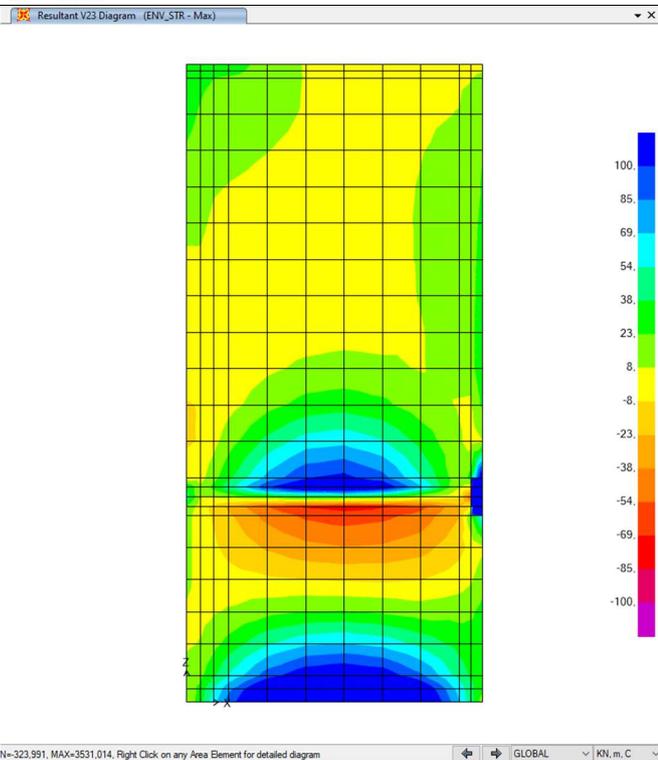
V13 - max



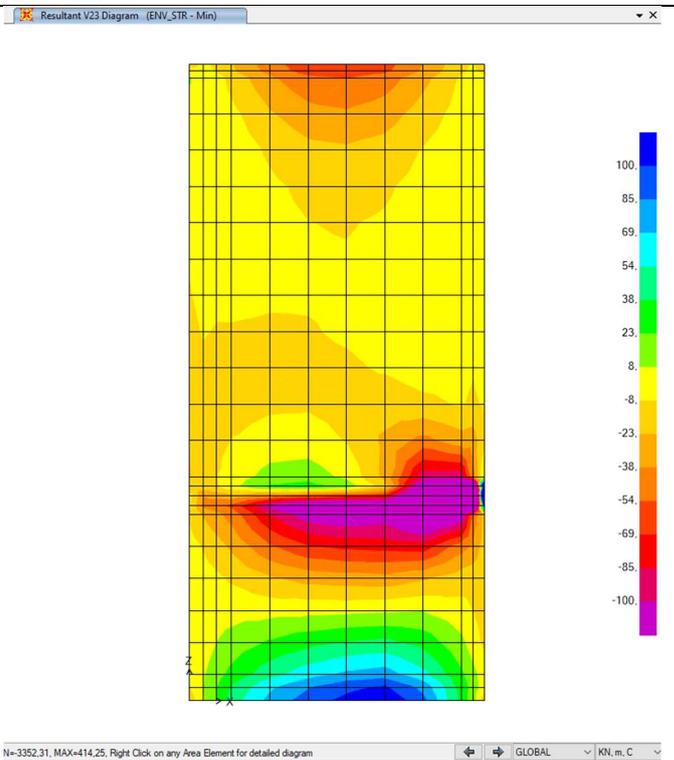
V13 - min



V23 - max



V23 - min



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

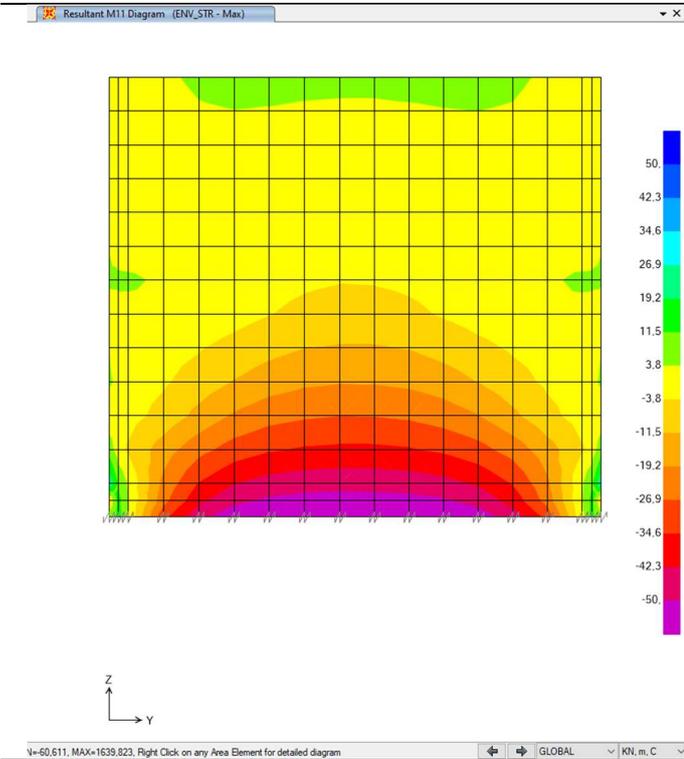
Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

Rev.  
A

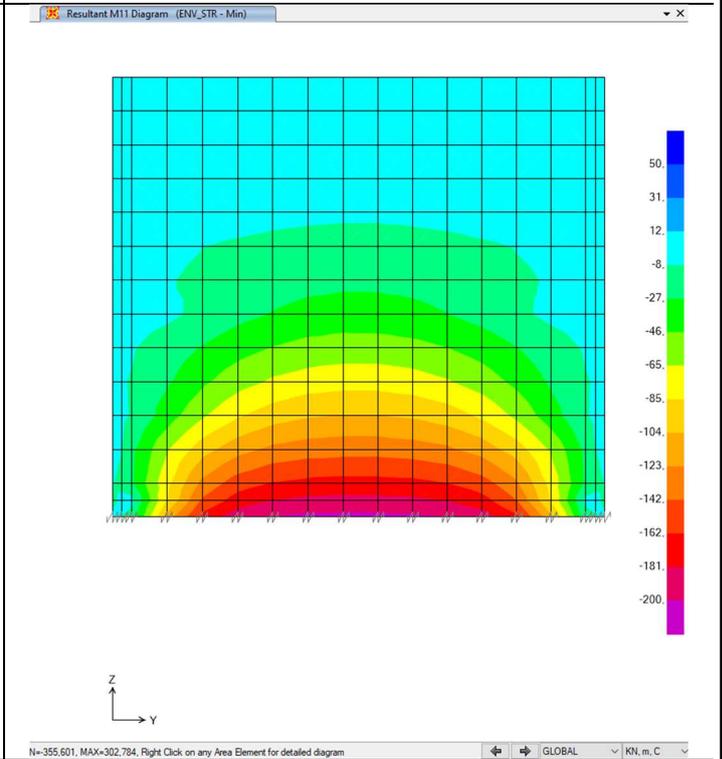
Foglio  
49 di 123

### 10.2.8. Involuppi parete Ovest

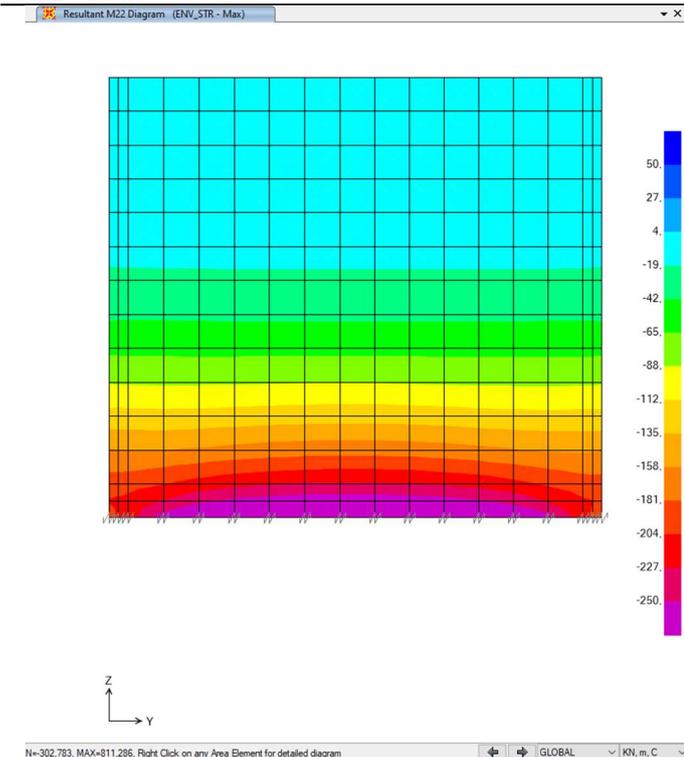
M11 - max



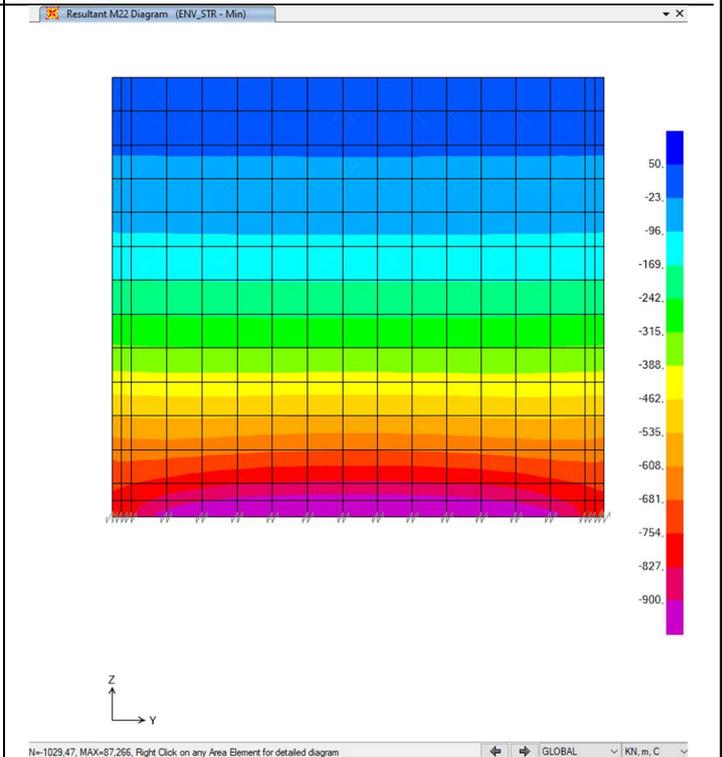
M11 - min



M22 - max



M22 - min



Doc. N.

Progetto  
INOR

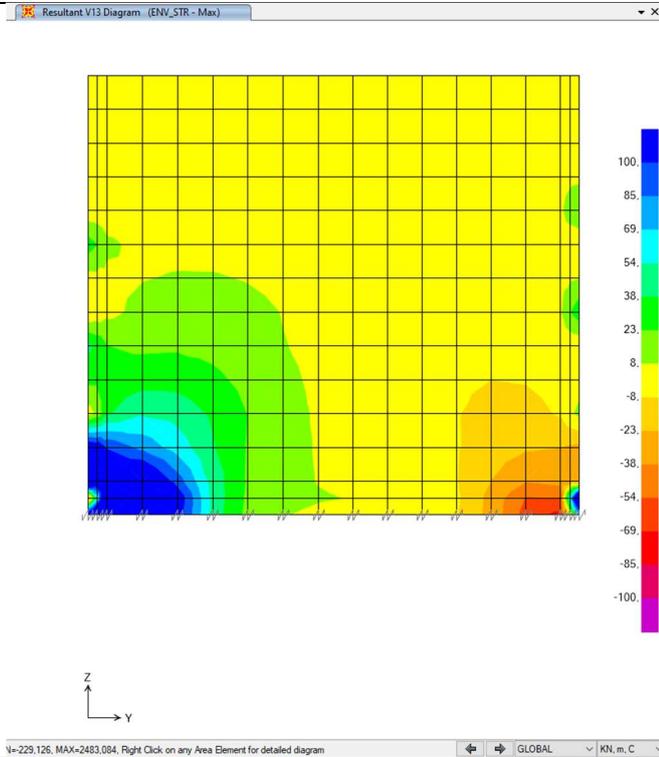
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

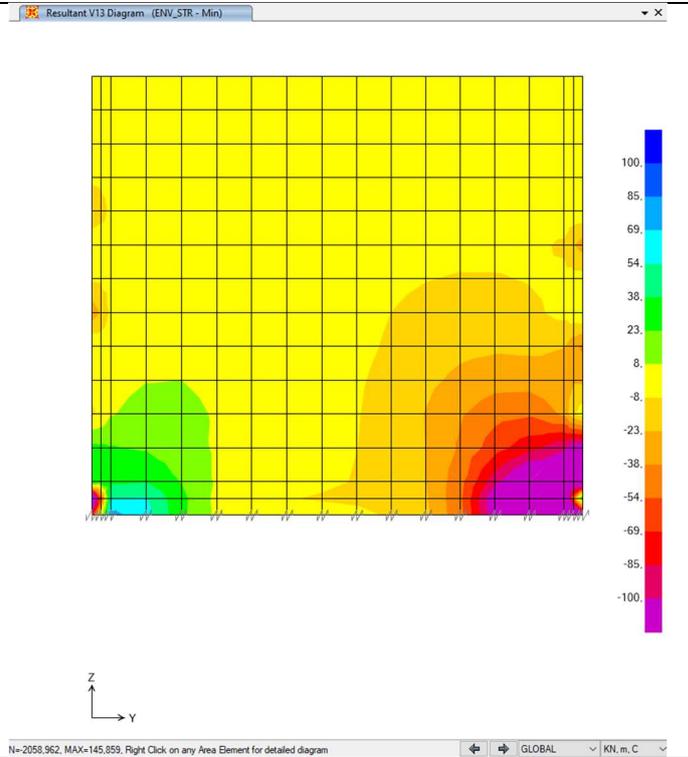
Rev.  
A

Foglio  
50 di 123

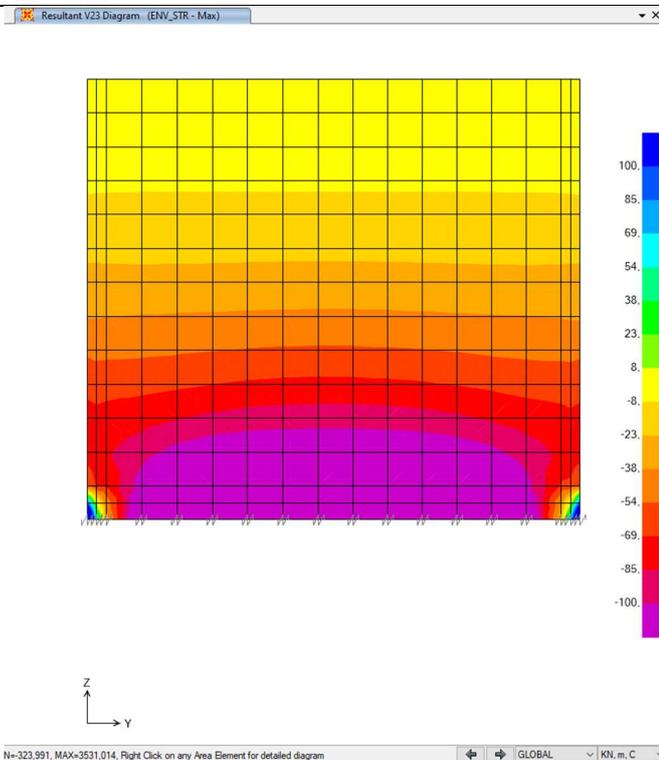
V13 - max



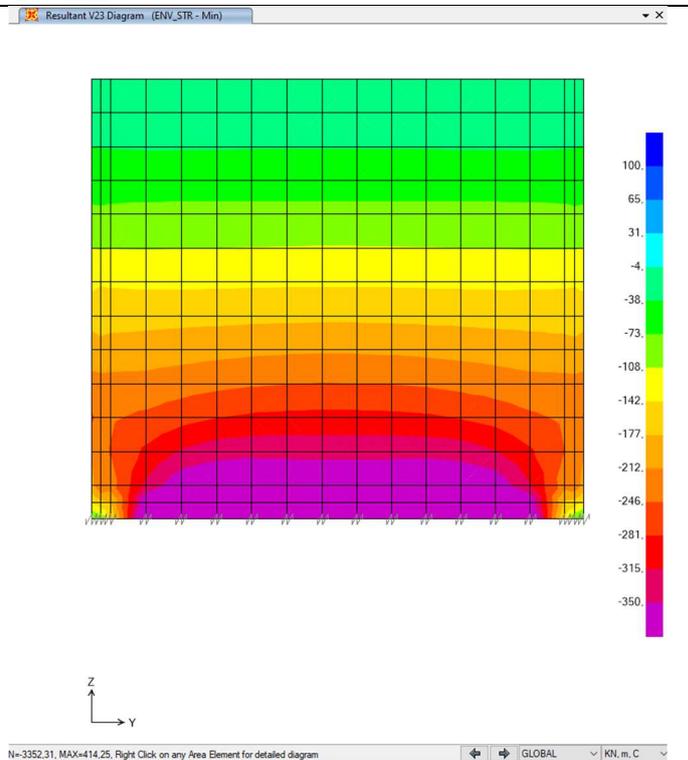
V13 - min



V23 - max



V23 - min



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

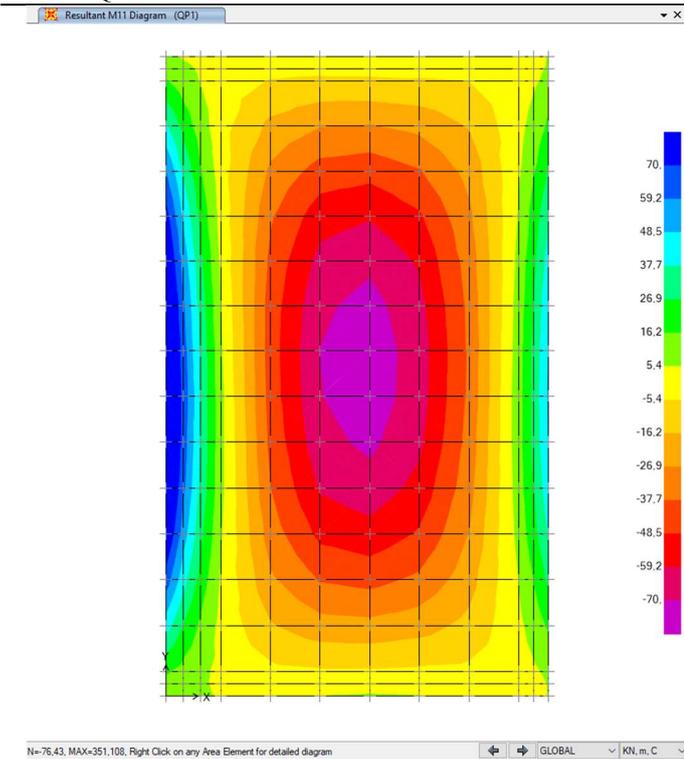
Rev.  
A

Foglio  
51 di 123

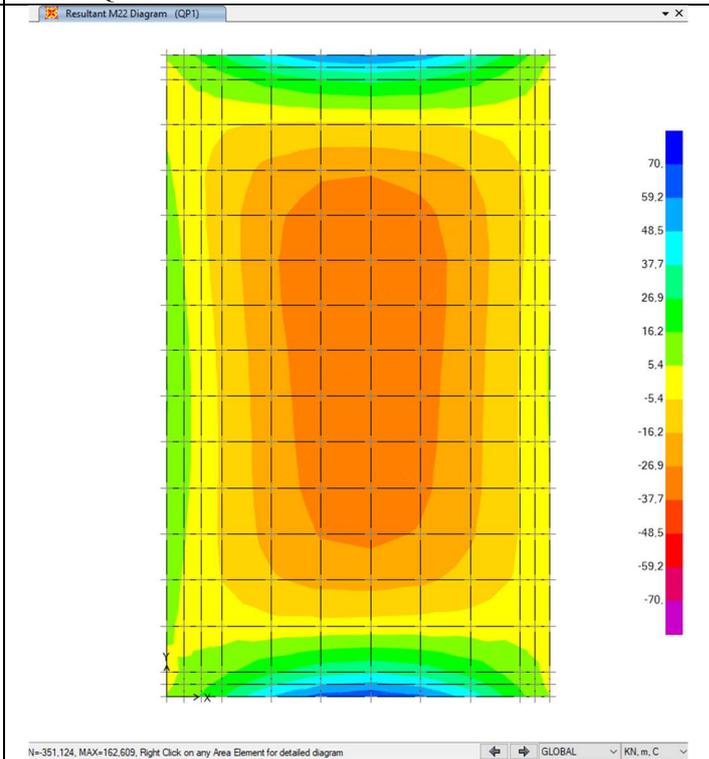
### 10.3. Diagrammi di involucro SLE

#### 10.3.1. Involuppi fondazione sp. 70

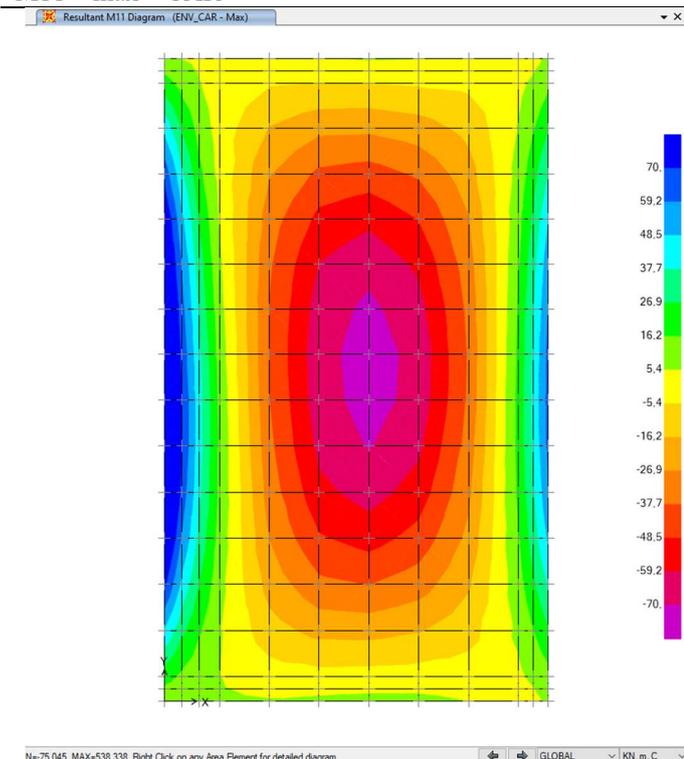
M11 – QP



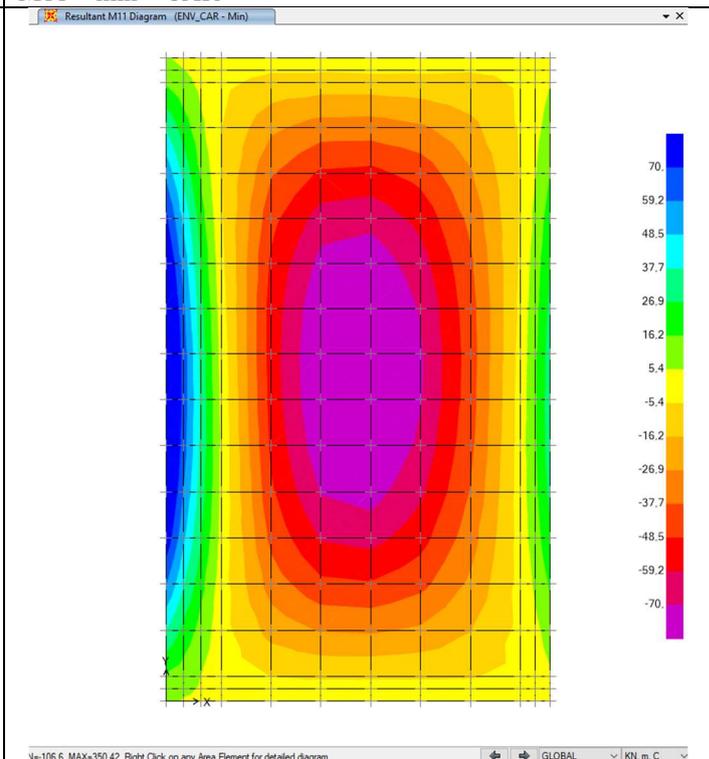
M22 – QP



M11 – max – CAR



M11 – min – CAR



Doc. N.

Progetto  
INOR

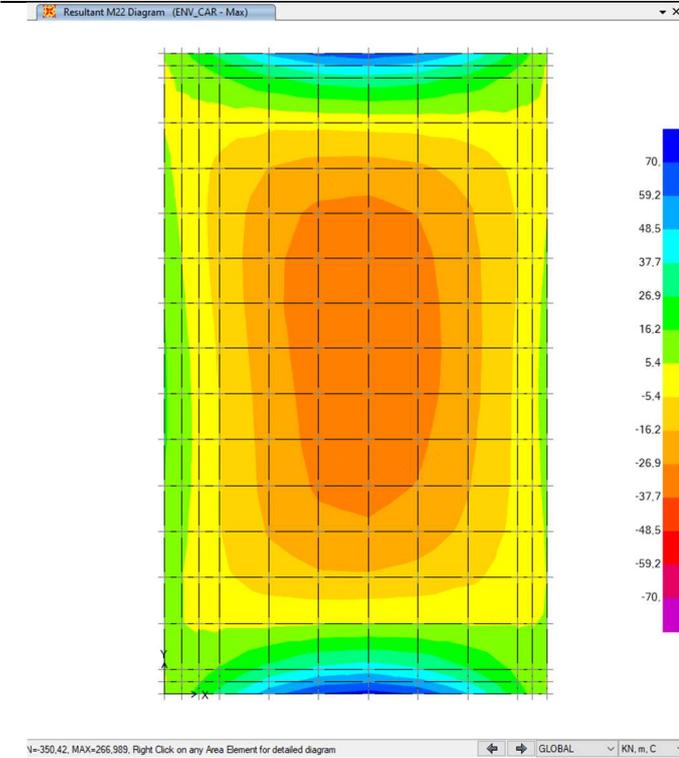
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

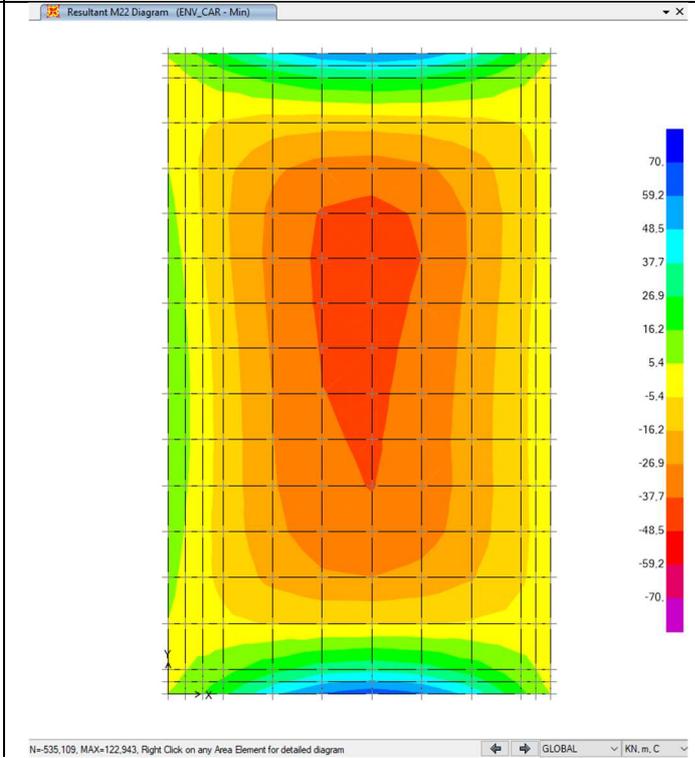
Rev.  
A

Foglio  
52 di 123

M22 – max – CAR

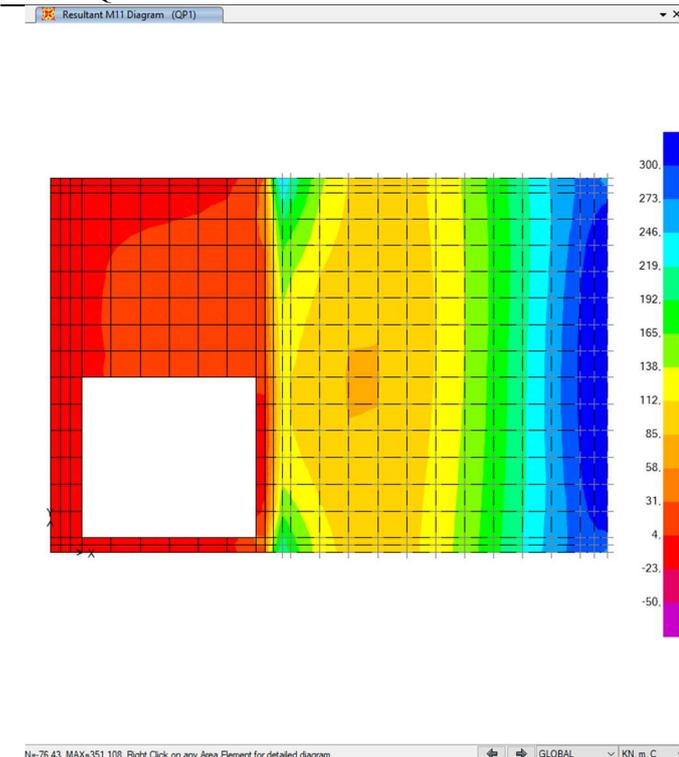


M22 – min – CAR

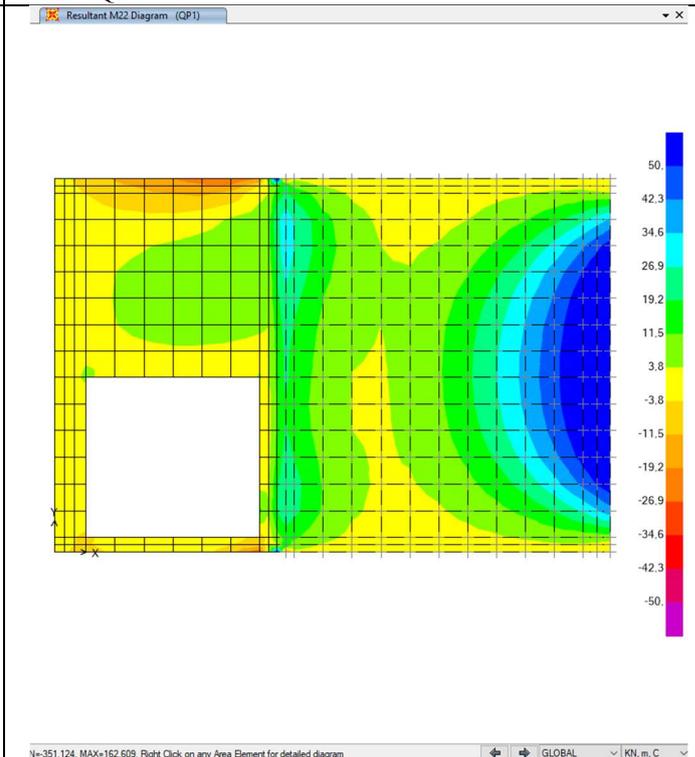


**10.3.2. Involuppi soletta carrabile sp. 90 e soletta intermedia sp. 50**

M11 – QP



M22 – QP



Doc. N.

Progetto  
INOR

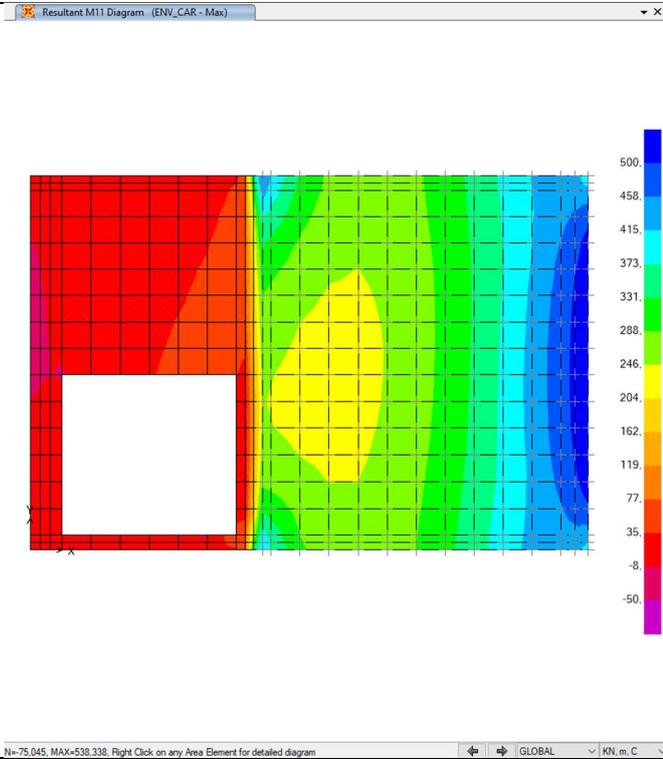
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

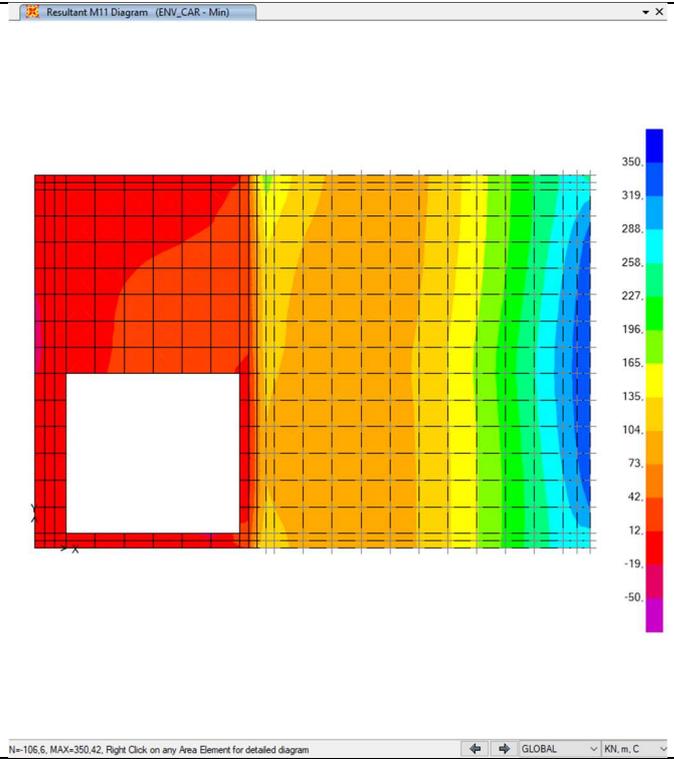
Rev.  
A

Foglio  
53 di 123

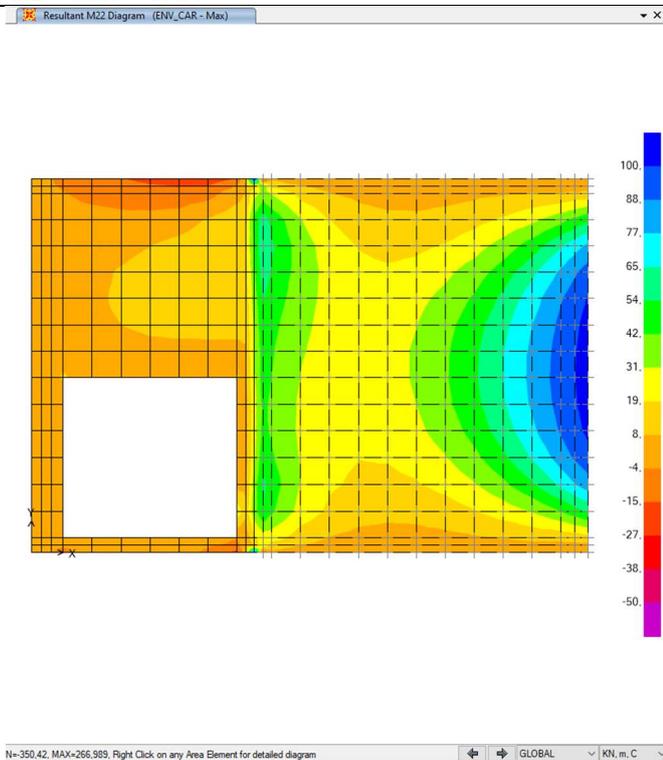
M11 – max – CAR



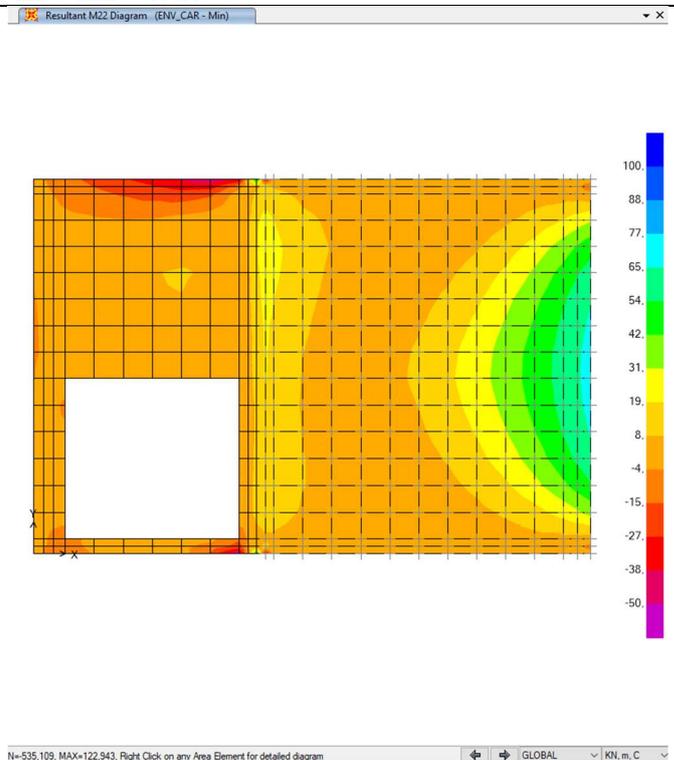
M11 – min – CAR



M22 – max – CAR



M22 – min – CAR



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

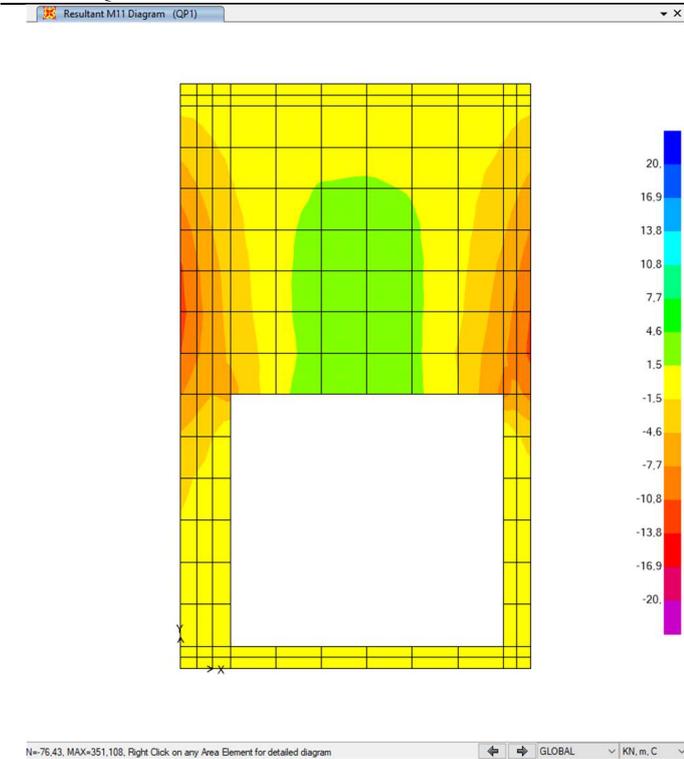
Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

Rev.  
A

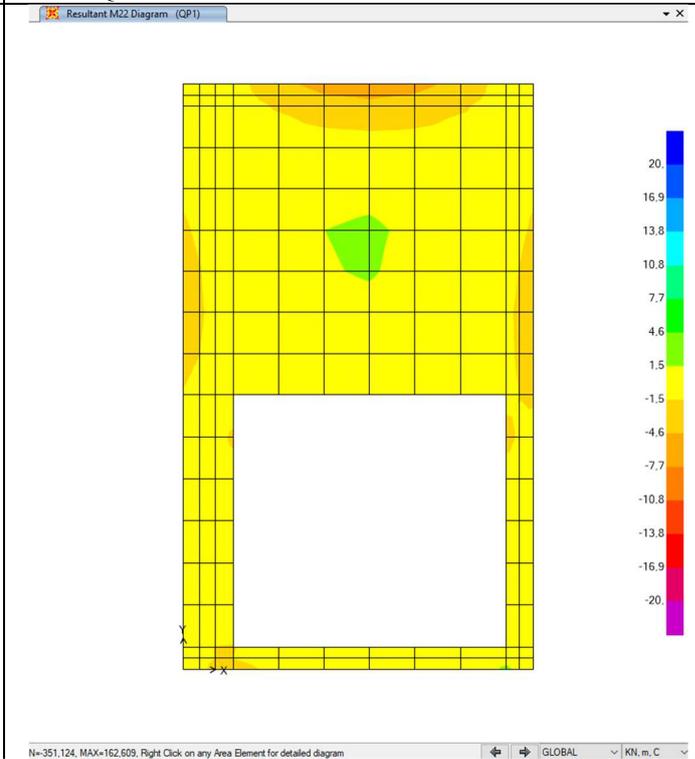
Foglio  
54 di 123

**10.3.3. Involuppi soletta superiore sp. 35**

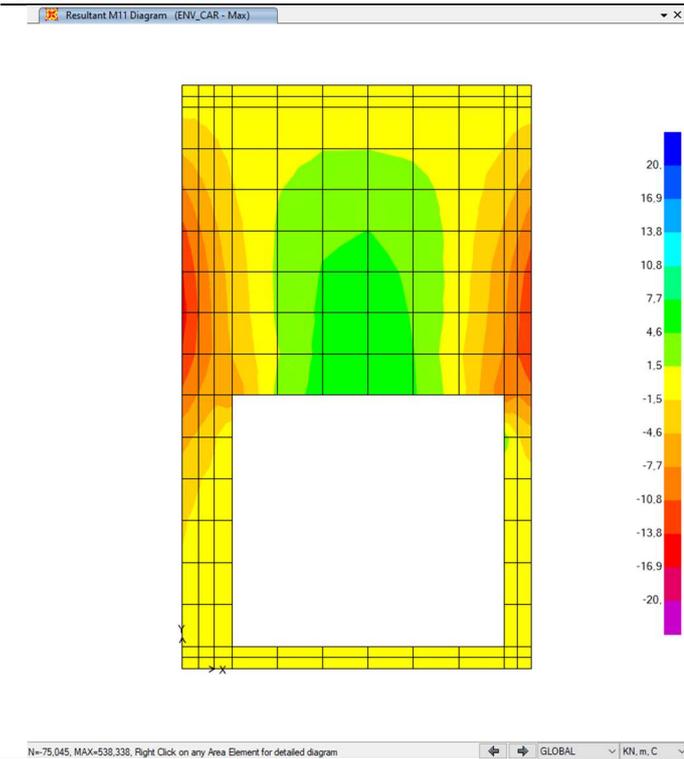
M11 – QP



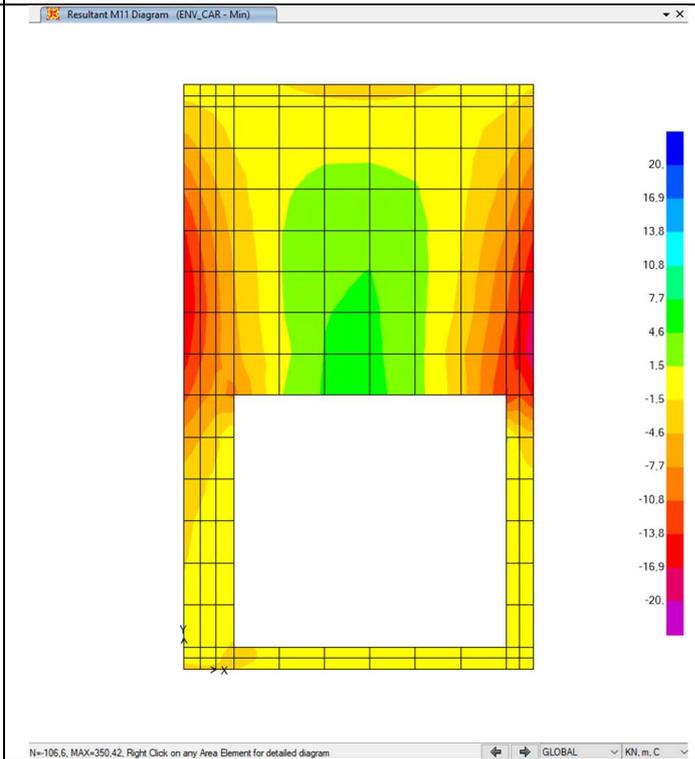
M22 – QP



M11 – max – CAR



M11 – min – CAR



Doc. N.

Progetto  
INOR

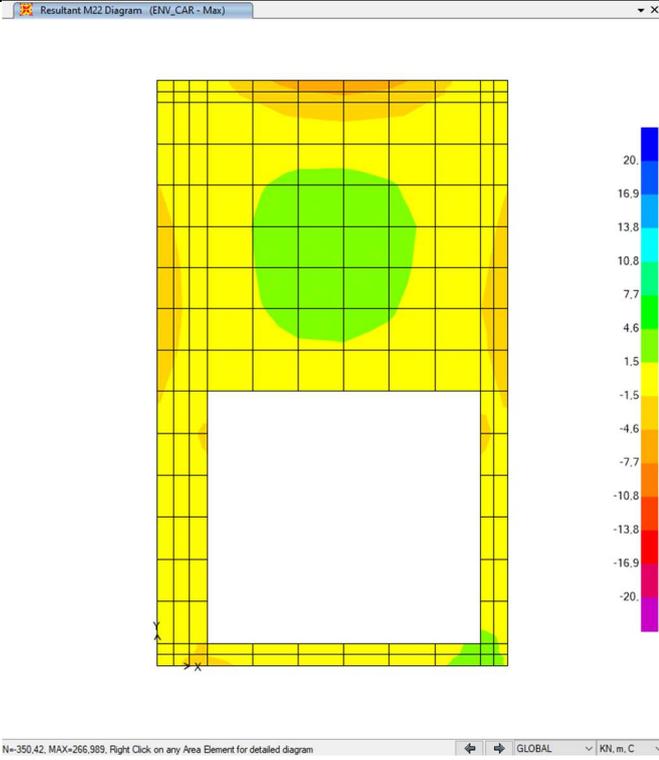
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

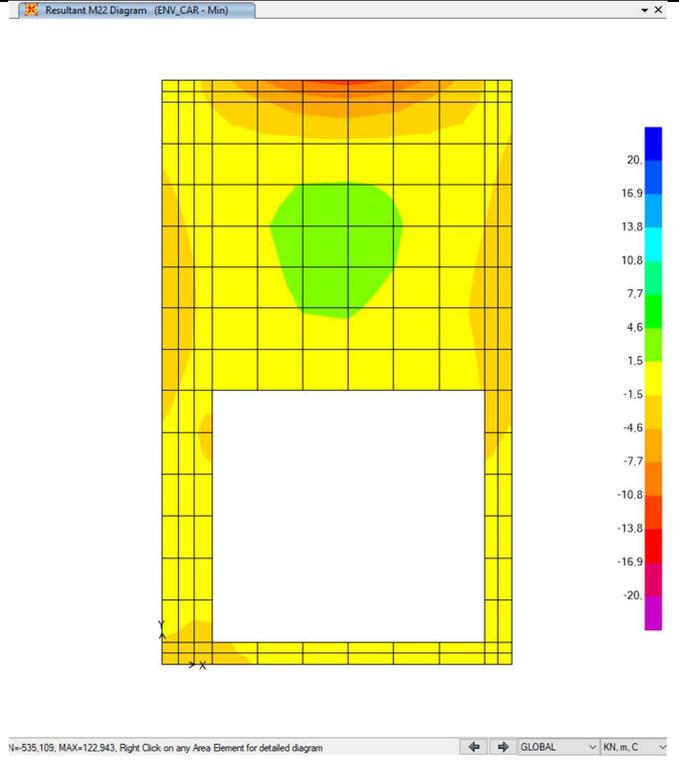
Rev.  
A

Foglio  
55 di 123

M22 – max – CAR

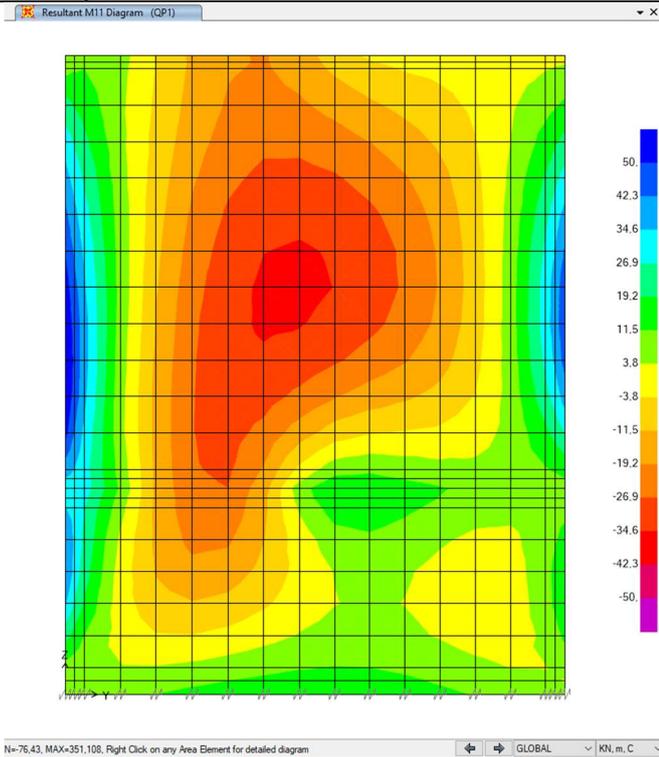


M22 – min – CAR

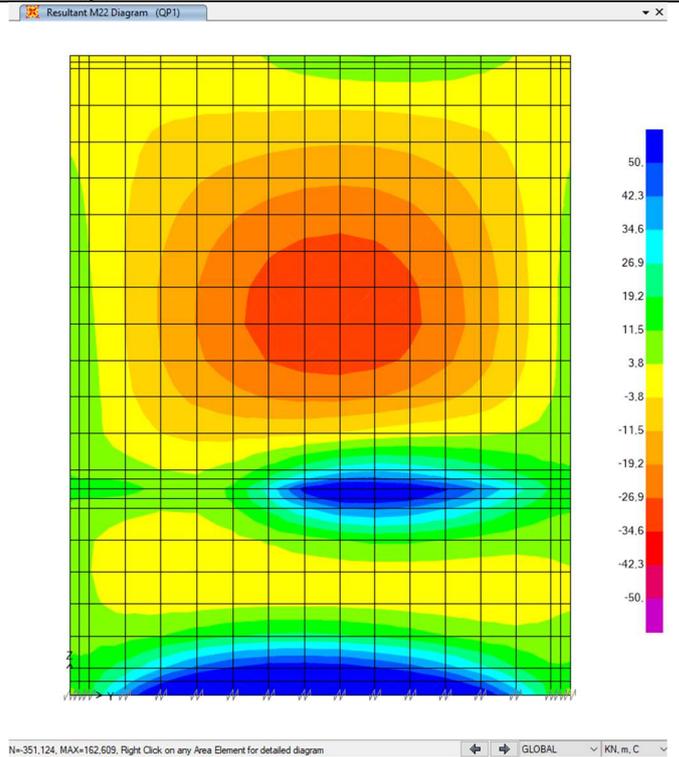


10.3.4. Involuppi parete Est

M11 – QP



M22 – QP



Doc. N.

Progetto  
INOR

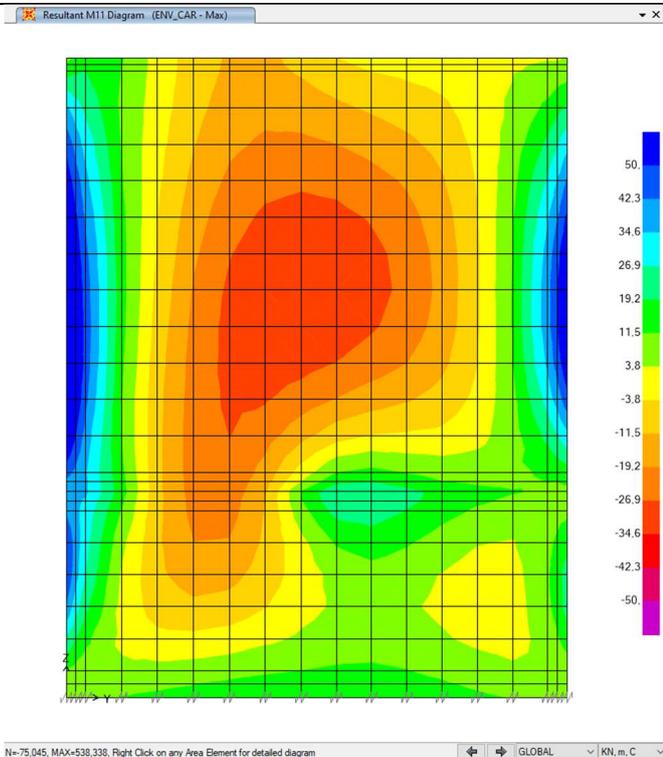
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

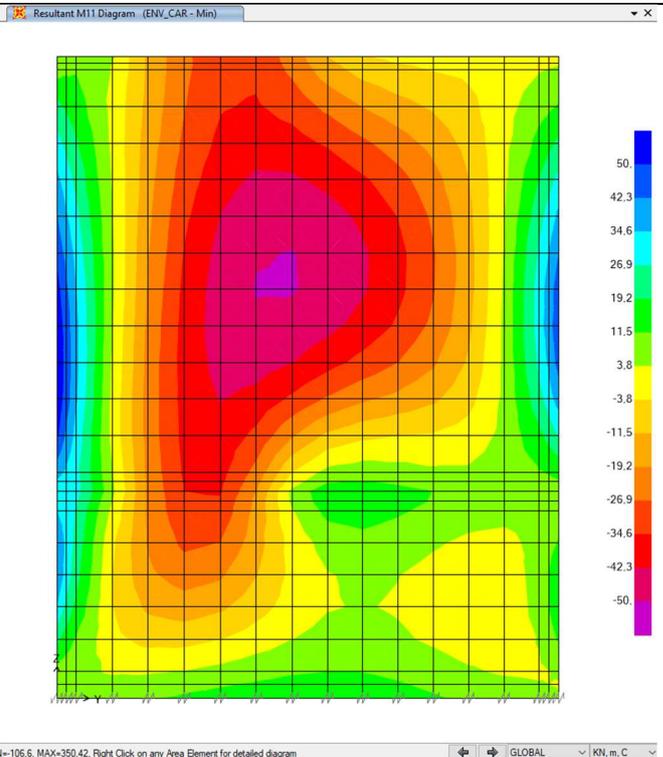
Rev.  
A

Foglio  
56 di 123

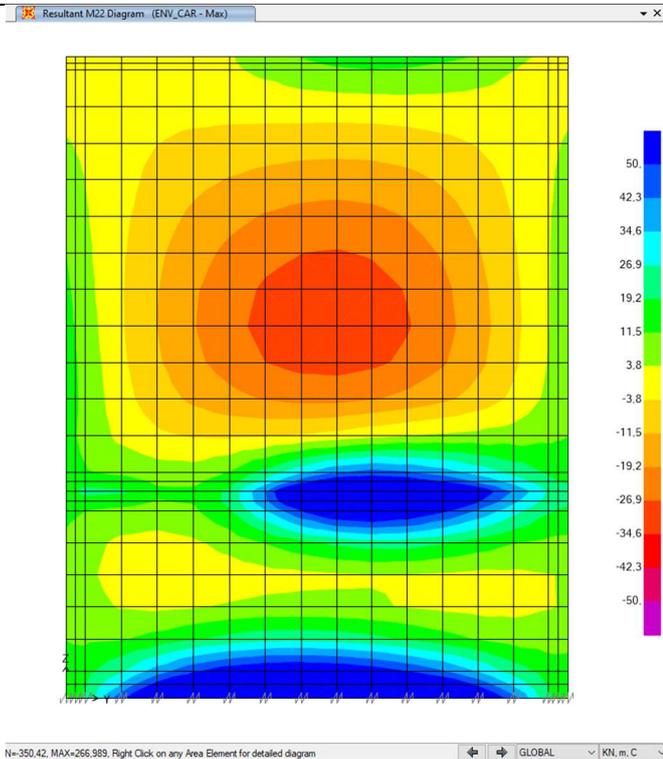
M11 – max – CAR



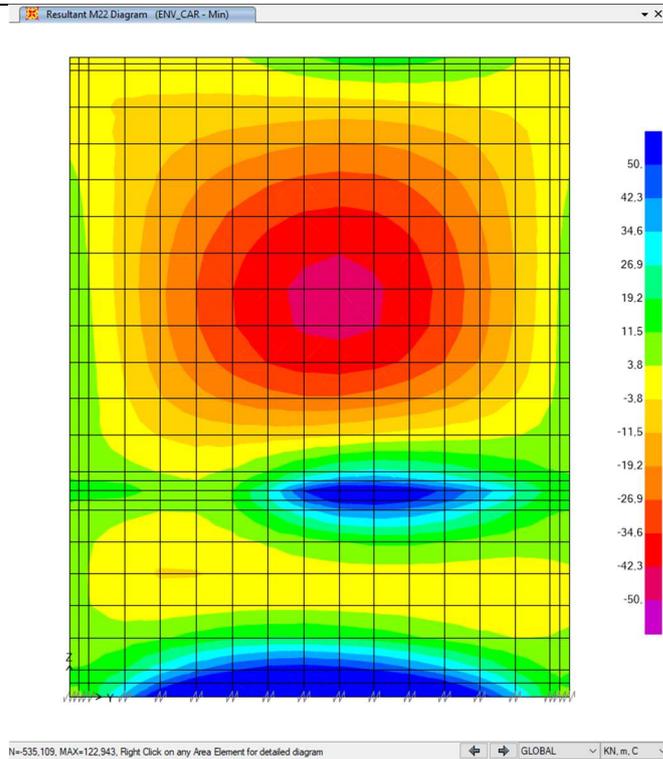
M11 – min – CAR



M22 – max – CAR



M22 – min – CAR



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

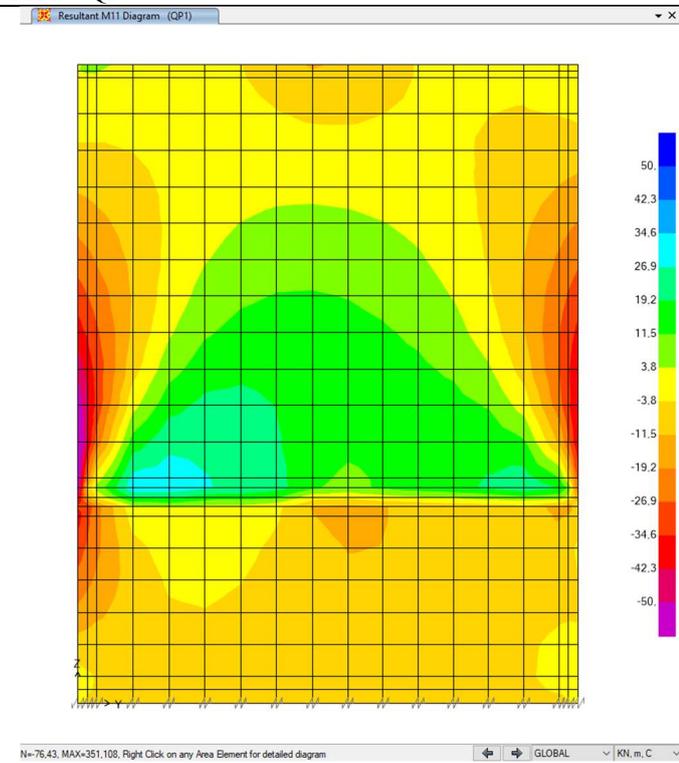
Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

Rev.  
A

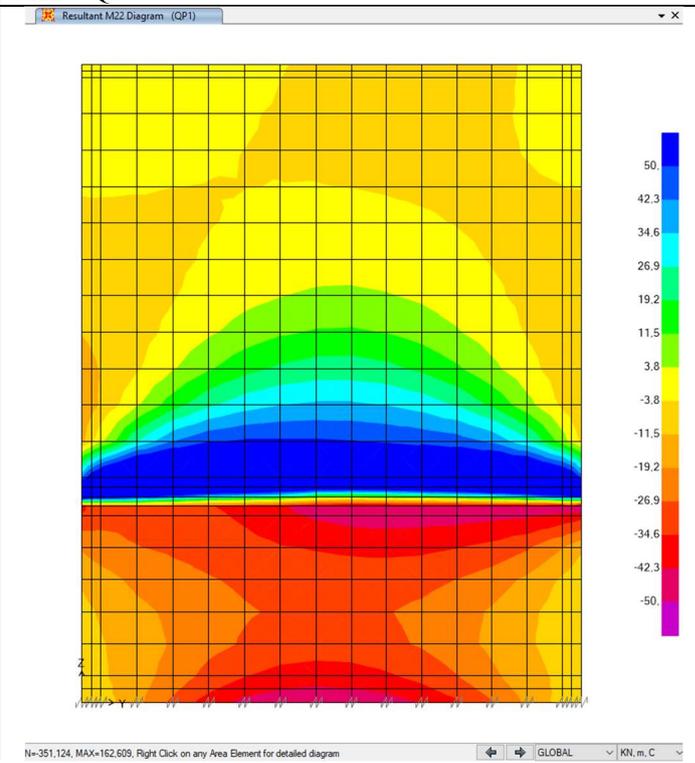
Foglio  
57 di 123

### 10.3.5. Involuppi parete Centrale

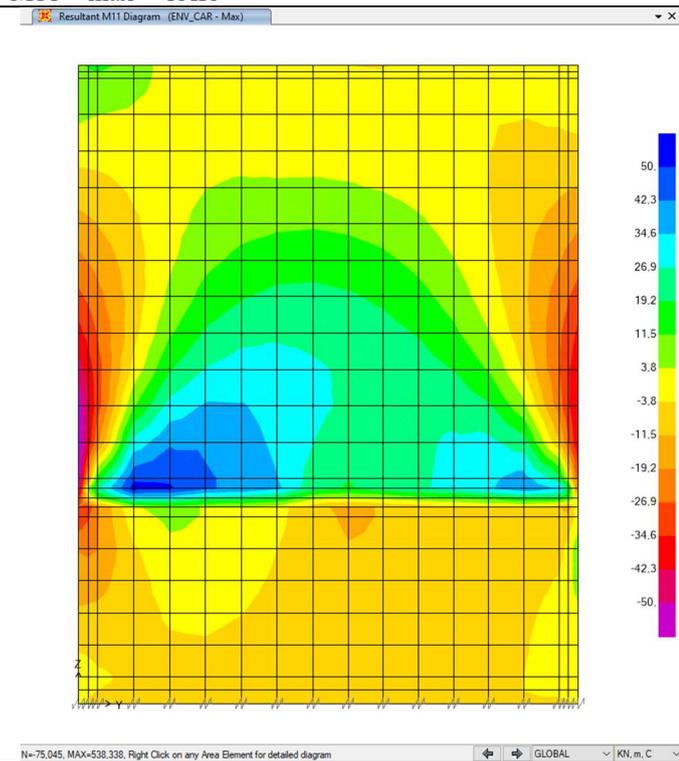
M11 – QP



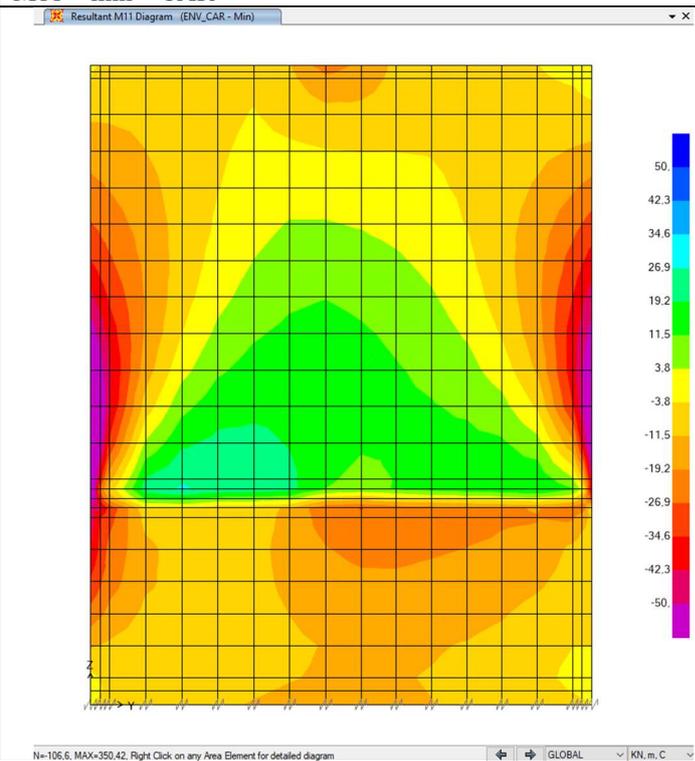
M22 – QP



M11 – max – CAR



M11 – min – CAR



Doc. N.

Progetto  
INOR

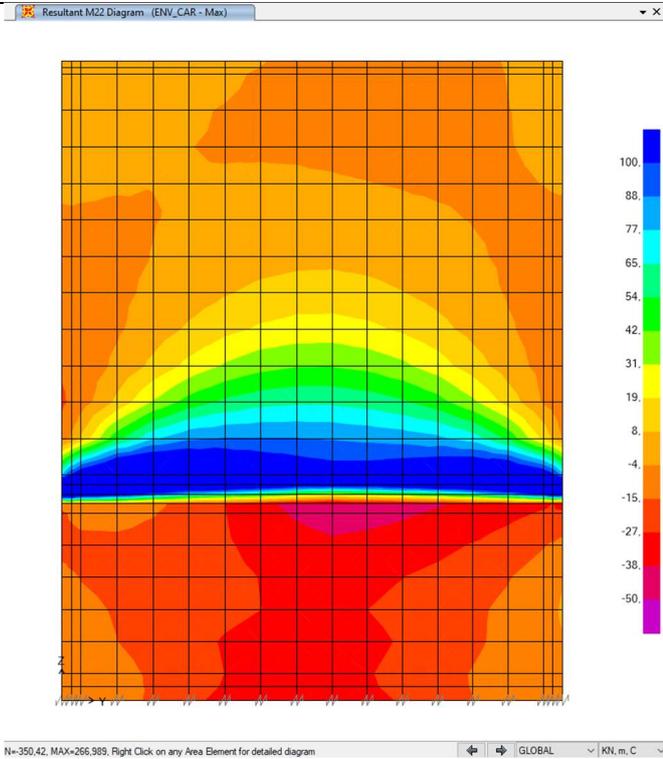
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

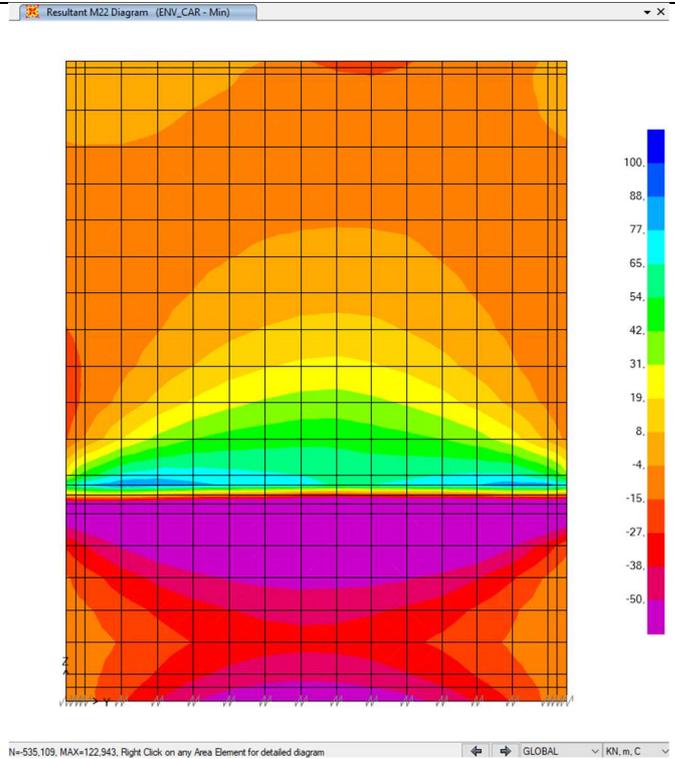
Rev.  
A

Foglio  
58 di 123

M22 – max – CAR

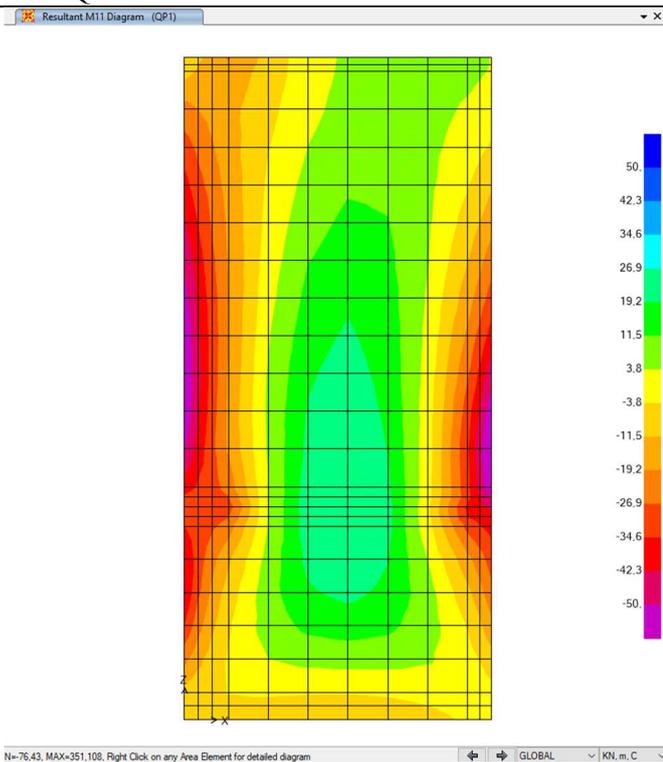


M22 – min – CAR

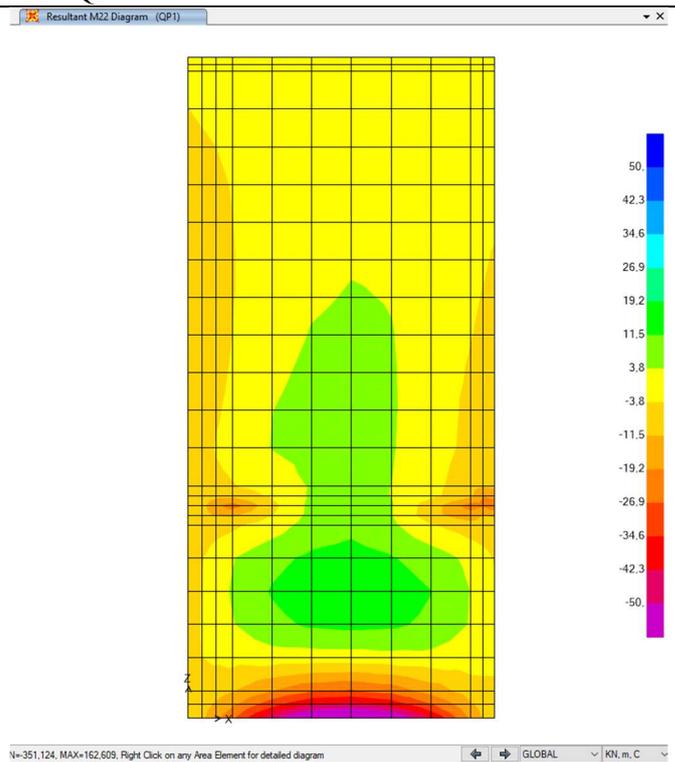


**10.3.6. Involuppi pareti Nord**

M11 – QP



M22 – QP



Doc. N.

Progetto  
INOR

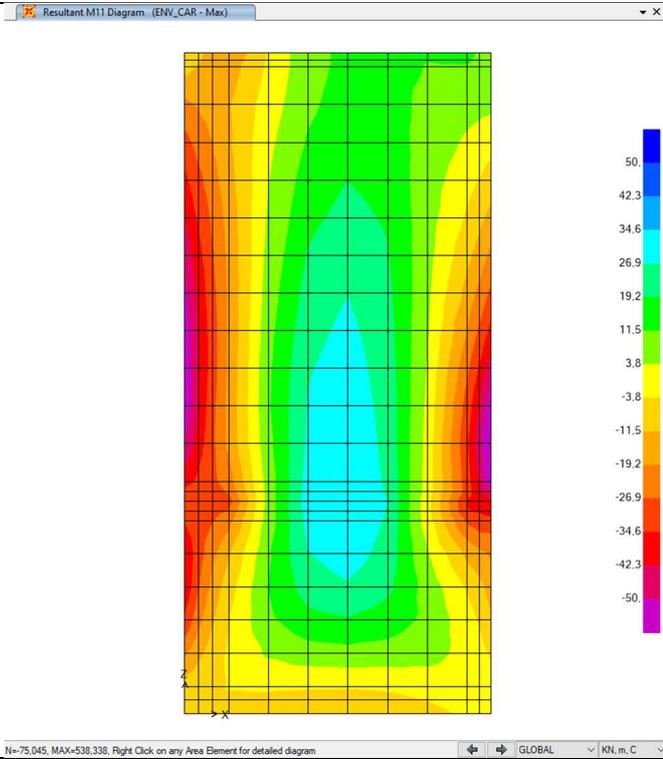
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

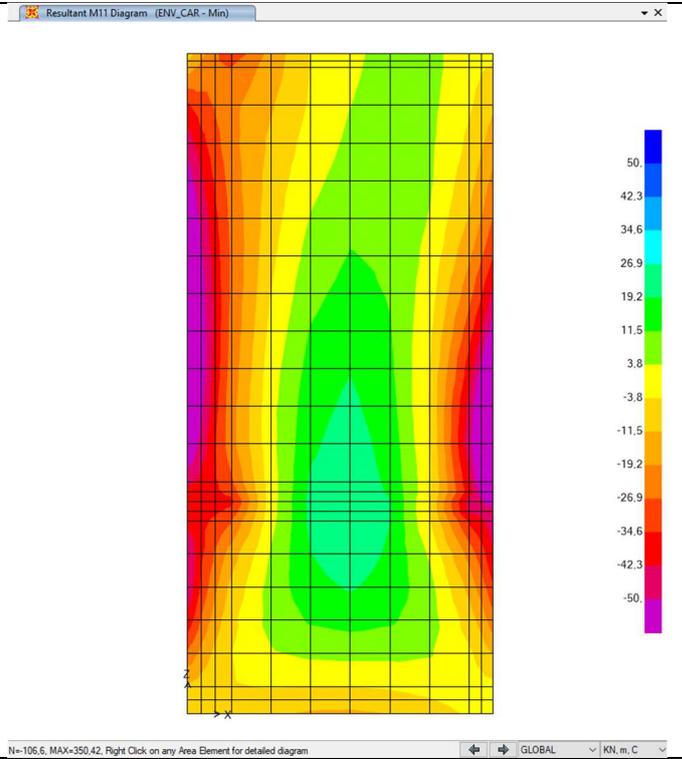
Rev.  
A

Foglio  
59 di 123

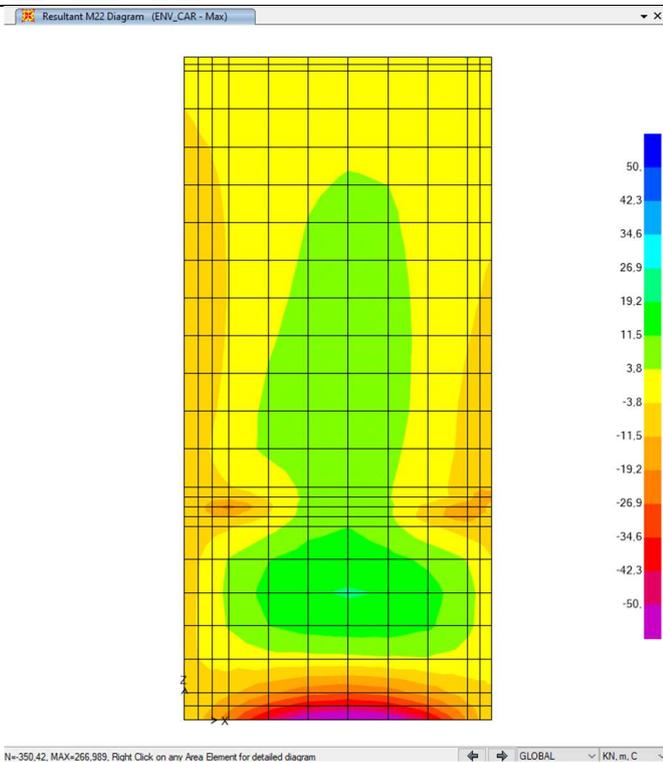
M11 – max – CAR



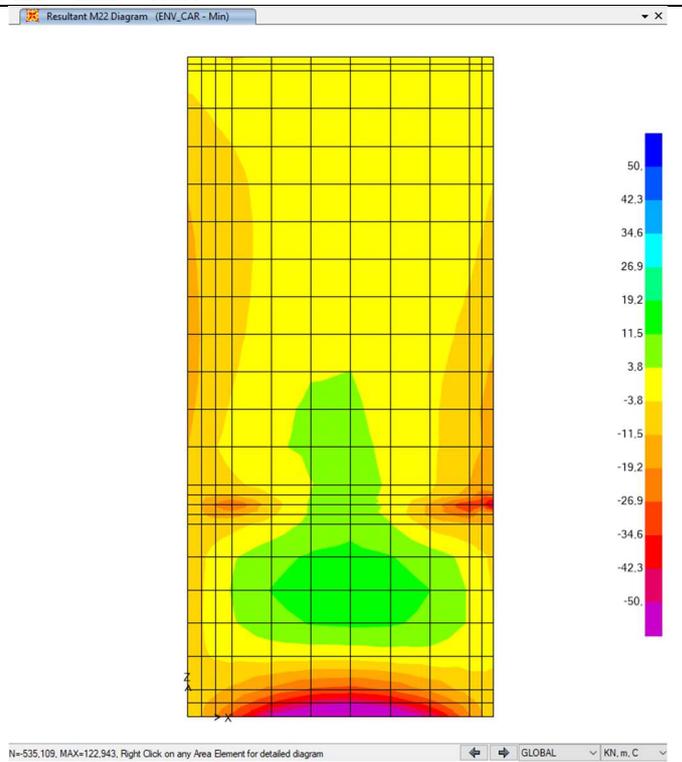
M11 – min – CAR



M22 – max – CAR



M22 – min – CAR



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

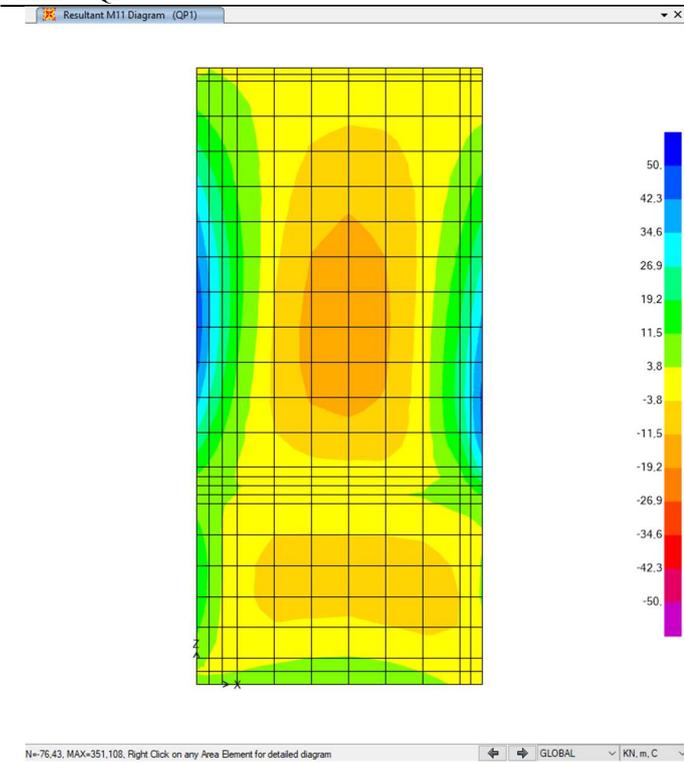
Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

Rev.  
A

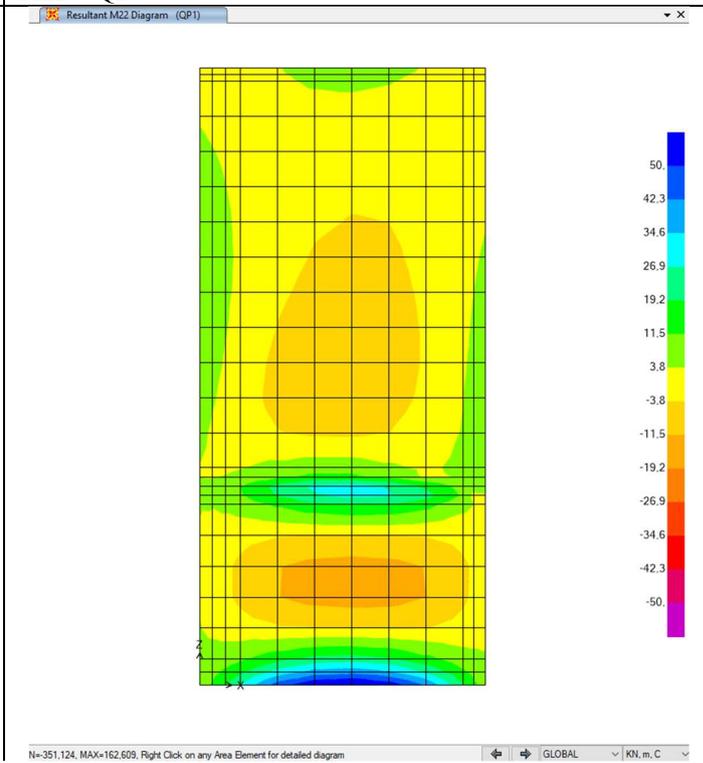
Foglio  
60 di 123

**10.3.7. Involuppi pareti Sud**

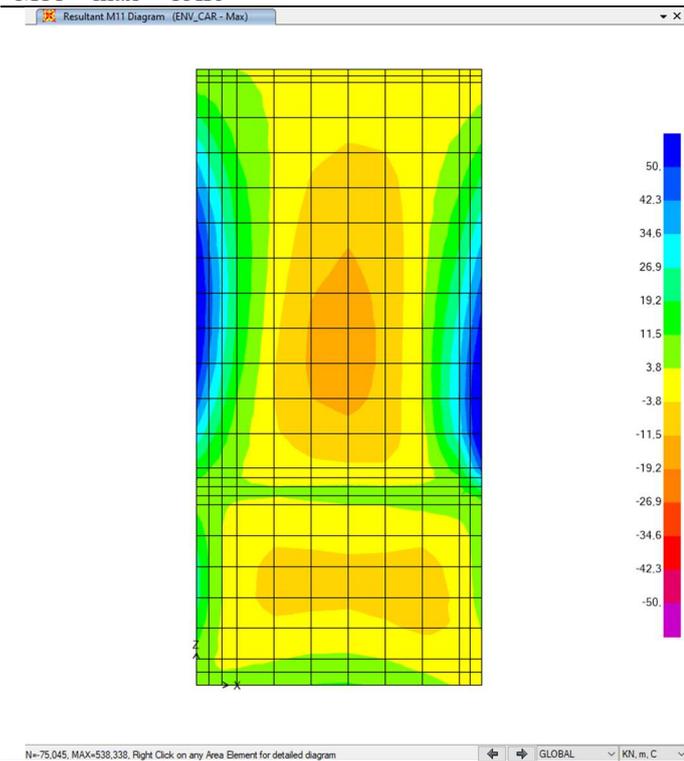
M11 – QP



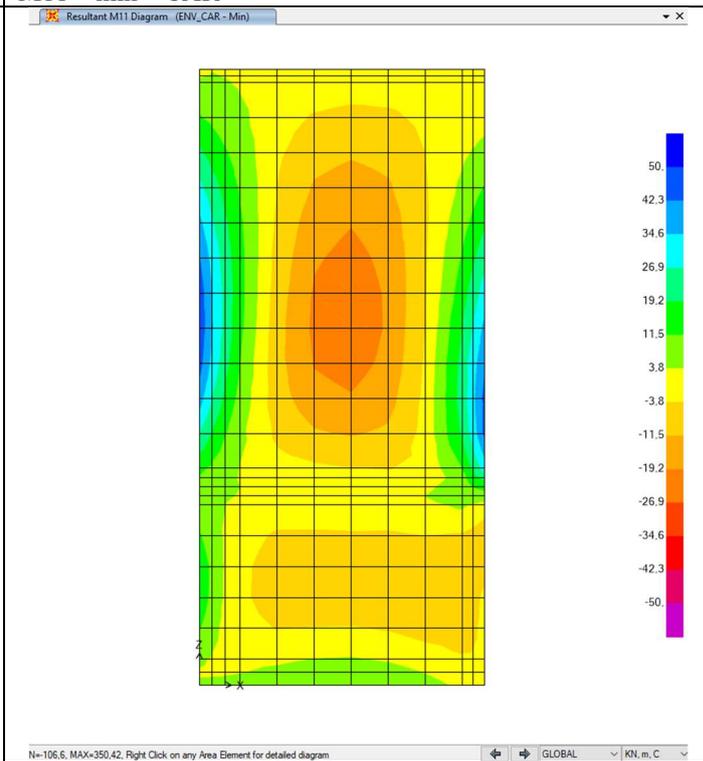
M22 – QP



M11 – max – CAR



M11 – min – CAR



M22 – min – CAR

Doc. N.

Progetto  
INOR

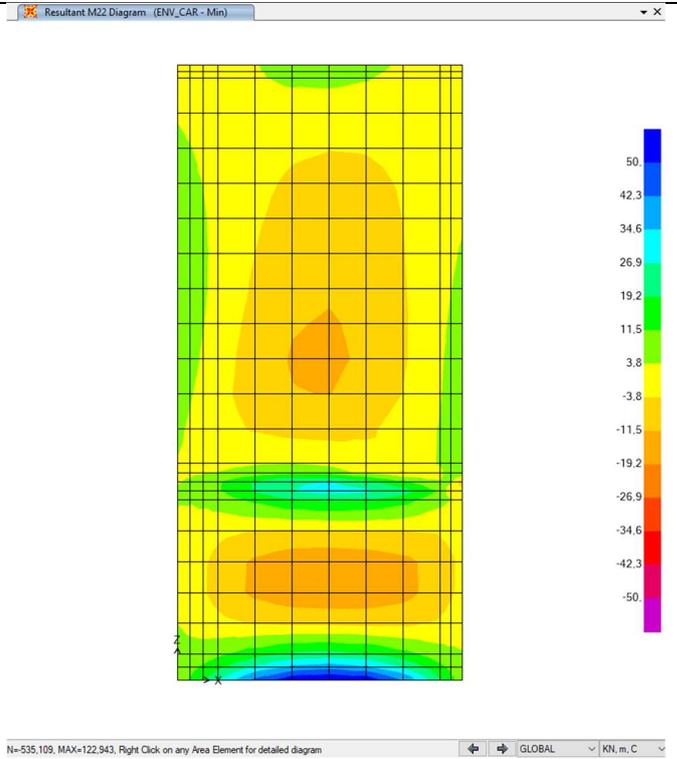
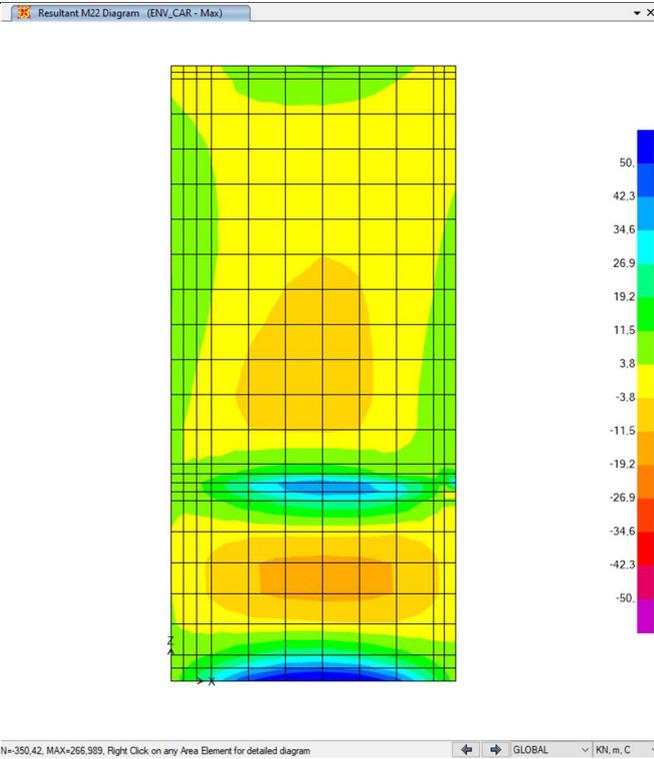
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

Rev.  
A

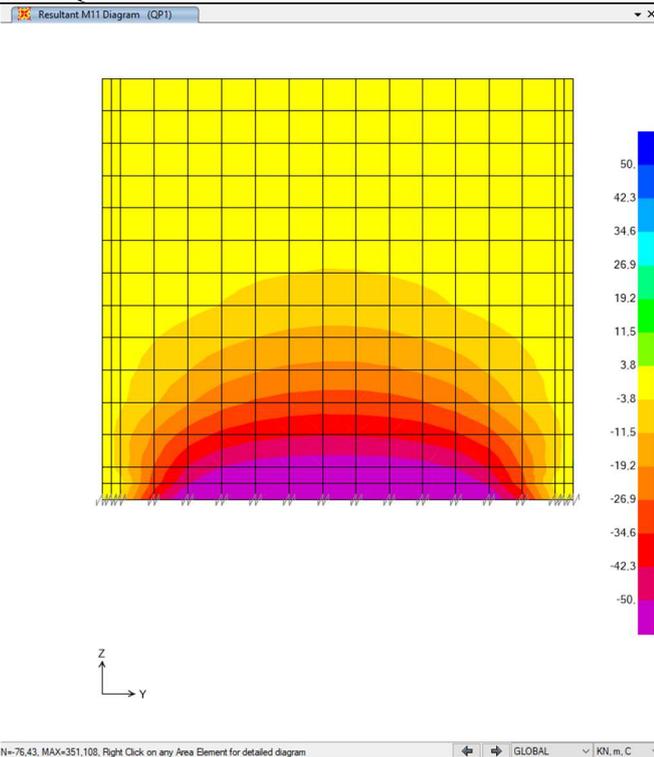
Foglio  
61 di 123

M22 – max – CAR

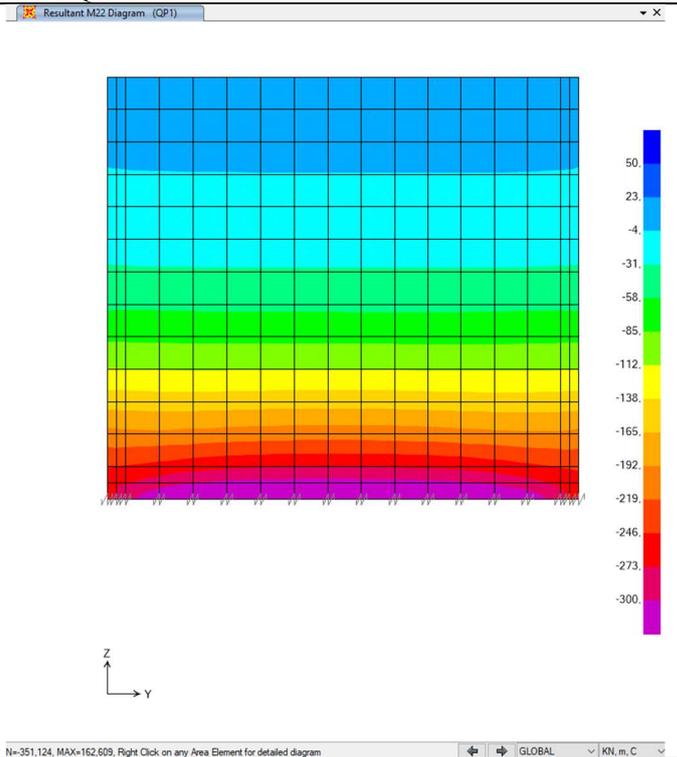


10.3.8. Involuppi parete Ovest

M11 – QP



M22 – QP



Doc. N.

Progetto  
INOR

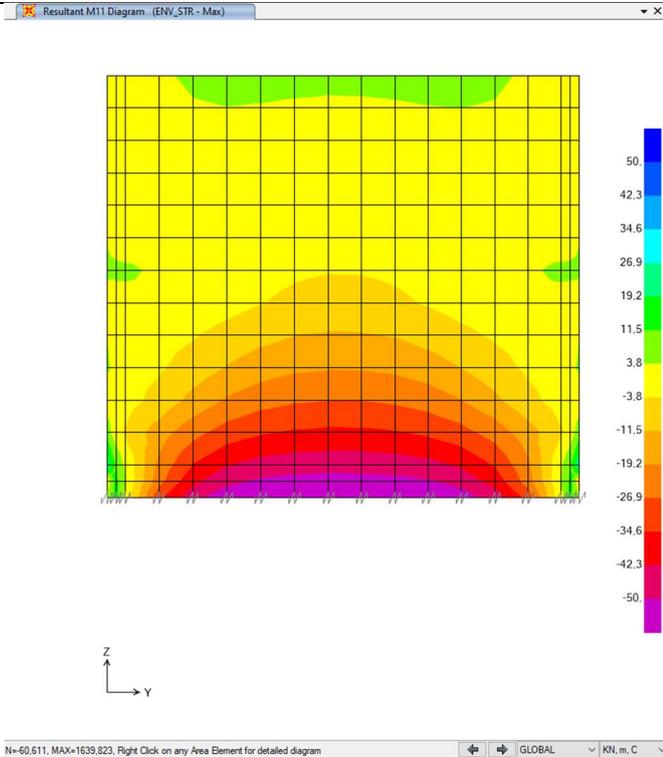
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

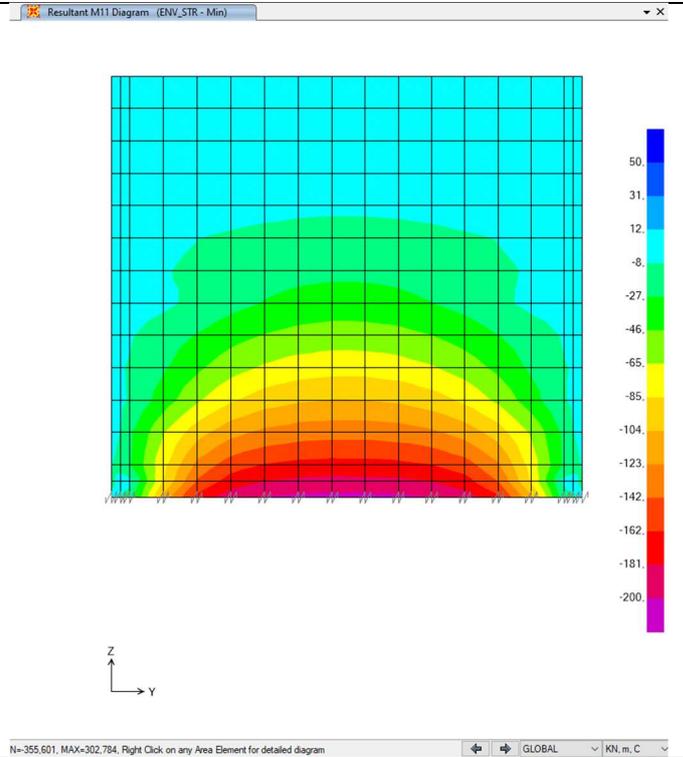
Rev.  
A

Foglio  
62 di 123

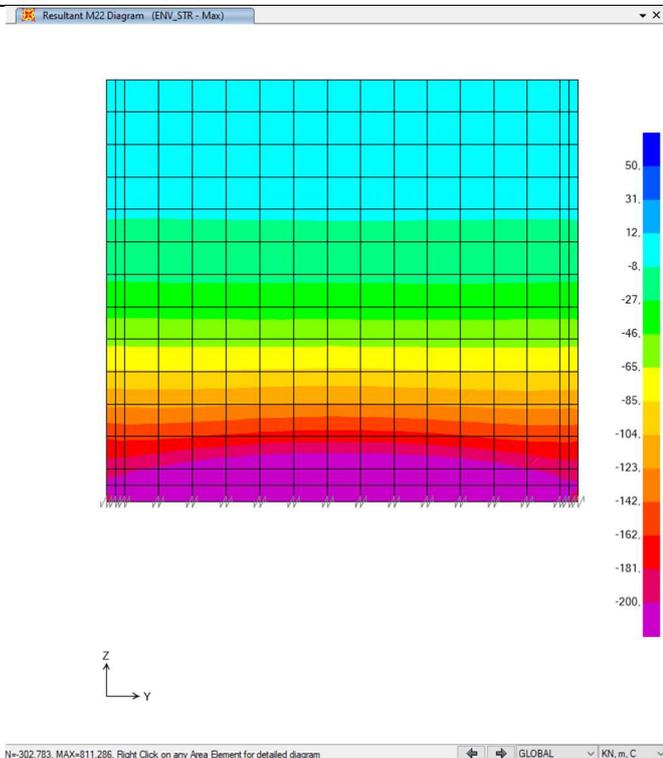
M11 – max – CAR



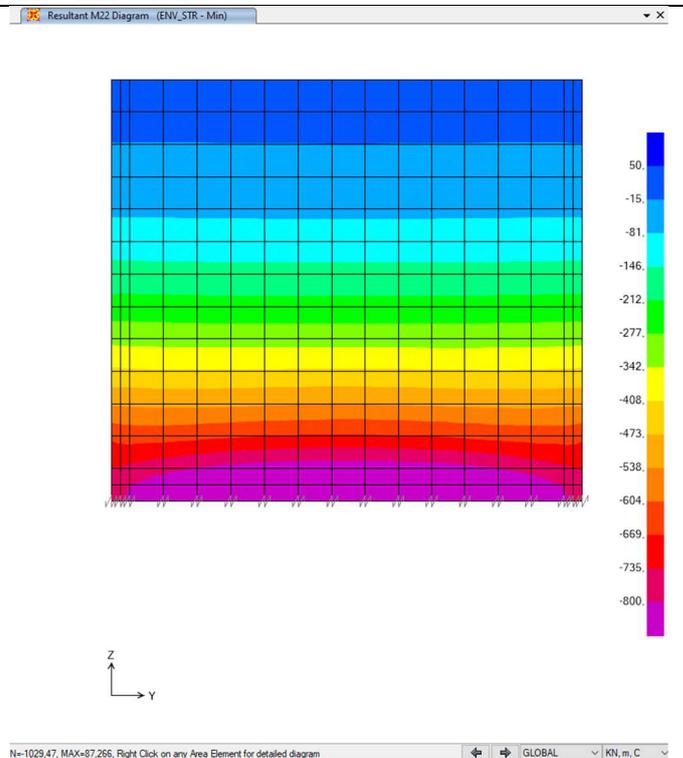
M11 – min – CAR



M22 – max – CAR



M22 – min – CAR



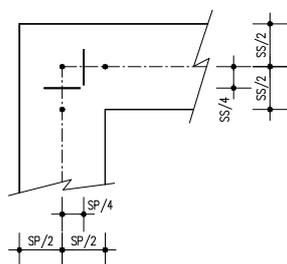
## 11. VERIFICA DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO

Di seguito si riportano le verifiche delle sezioni più significative e per le Combinazioni di carico risultate più critiche.

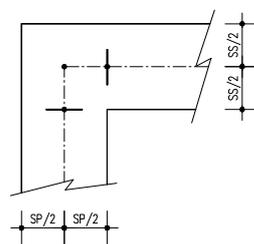
Per quanto riguarda gli incastri tra soletta e piedritti, le verifiche a flessione sono effettuate rispettivamente:

- nella sezione ubicata a metà fra asse piedritto e sezione d'attacco piedritto-soletta nel caso delle verifiche della soletta;
- nella sezione ubicata a metà fra asse soletta e sezione d'attacco del piedritto nel caso delle verifiche del piedritto.

Le verifiche a fessurazione e a taglio sono eseguite nelle sezioni di attacco soletta-piedritto.



VERIFICHE A FLESSIONE



VERIFICHE A FESSURAZIONE E TAGLIO

I calcoli di verifica sono effettuati con il metodo degli Stati Limite, applicando il combinato D. M.14.01.2008 con l'UNI EN 1992 (Eurocodice 2).

Le verifiche a taglio sono svolte considerando il puntone in cls inclinato di 45° e staffe verticali.

Le verifiche a fessurazione sono state condotte considerando:

Verifica di formazione delle fessure: la verifica si esegue per la sezione interamente reagente determinando il momento di prima fessurazione e confrontandolo con quello sollecitante; se risulta  $M_{cr} < M_{Ed}$  la verifica si considera soddisfatta, altrimenti si procede alla verifica di apertura delle fessure.

Verifica di apertura delle fessure: l'apertura convenzionale delle fessure è calcolata con le modalità indicate nell'Eurocodice 2-1, come indicato dal D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008, e valutata con le sollecitazioni relative alla Combinazioni Rara della normativa vigente sui ponti ferroviari. Le massime aperture ammissibili sono:

- condizioni ambientali aggressive e molto aggressive:  $w_k \leq w_3 = 0.20\text{mm}$
- condizioni ambientali ordinarie:  $w_k \leq w_3 = 0.30\text{mm}$

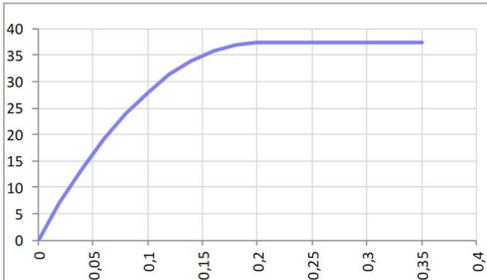
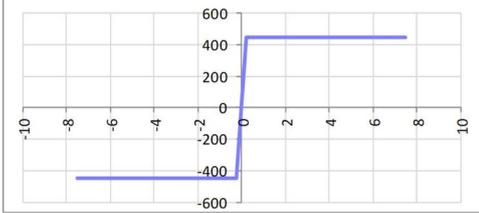
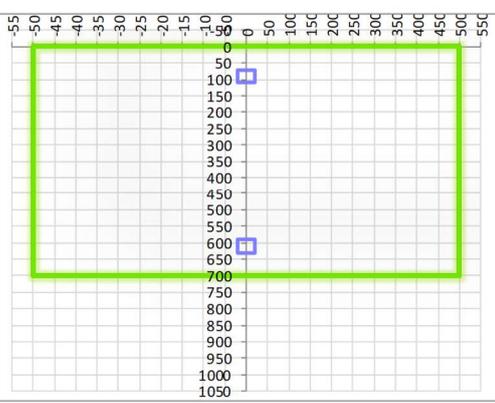
Verifica delle tensioni di esercizio: si verifica che le tensioni di lavoro presenti nel calcestruzzo siano inferiori ai seguenti limiti:

- combinazione QP  $\sigma_c < 0.40 f_{ck}$ ;
- combinazione Rara  $\sigma_c < 0.55 f_{ck}$ ,

e che le tensioni di lavoro presenti nell'acciaio siano  $\sigma_s < 0.75 f_{yk}$ .

## 11.1. Fondazione sp. 70cm

### 11.1.1. Caratteristiche geometriche della sezione

CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C35/45			
$R_{ck}$	45,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	37,35 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	45,35 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,35 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,35 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	4,36 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	4,02 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	34625,49 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
				
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>				
n, breve termine	5,50 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,89			
n, lungo termine =	10,39 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$		lungo termine	
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$		breve termine	
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	700 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>
1	5	20	90	1570,7963
2	5	20	610	1570,7963
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>
superiore	5	20	70	1570,7963
inferiore	5	20	630	1570,7963
				





**11.1.4. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio**

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C35/45
Resistenza cubica caratteristica	R <sub>ck</sub>	45,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	f <sub>ck</sub>	37,35 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Reisitenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	γ <sub>c</sub>	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	α <sub>cc</sub>	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	γ <sub>s</sub>	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	700 mm			
<i>Barre tese</i>		<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>	<i>Area barre [mm<sup>2</sup>]</i>
strato1		5	20	90	1571
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	A <sub>s</sub>	1571 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	c*	90 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLU3
Shell/nodo		91/99
Azione assiale (+ di compressione)	N <sub>Ed</sub>	0 kN
Taglio	V <sub>Ed</sub>	218,47 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	610 mm
Coefficiente	k	1,57
Rapporto di armatura longitudinale	ρ <sub>l</sub>	0,26%
Tensione assiale media	σ <sub>cp</sub>	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	0.2 x f <sub>cd</sub>	4,23 N/mm <sup>2</sup>
	v <sub>min</sub>	0,42 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	V <sub>rd,min</sub>	257,32 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b>V<sub>rd</sub></b>	<b>257,32 kN</b>
Verifica		<b>0,85</b> <i>Verifica soddisfatta</i>

Non è necessario prevedere armatura a taglio.

### 11.1.5. Verifiche allo stato limite di esercizio – M11

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	3	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Molto aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	14,94	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	20,54	337,50					
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	shell/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	M0 - Mf [kNm]		
Caratteristica	CAR3	95/115	0,0	86,8	Msd<Mf	0,200	253,55	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	shell/nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP1	95/115	0,0	76,4	-1,74	87,12	-9,37	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR3	95/115	0,0	86,8	-1,97	98,93	-10,64	Sezione parzializzata	

### 11.1.6. Verifiche allo stato limite di esercizio – M22

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	3	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Molto aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	14,94	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	20,54	337,50					
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	shell/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	M0 - Mf [kNm]		
Caratteristica	CAR2	28/31	0,0	43,3	Msd<Mf	0,200	257,61	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	shell/nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP1	18/19	0,0	51,0	-1,07	56,01	-8,07	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR2	18/19	0,0	58,0	-1,22	63,64	-9,17	Sezione parzializzata	

Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

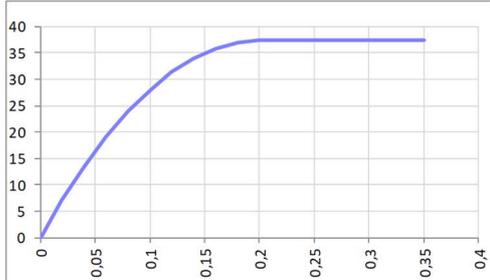
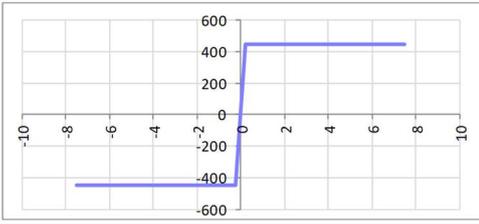
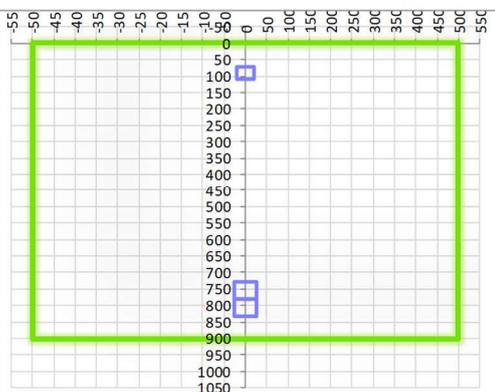
Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 CO 002

Rev.  
A

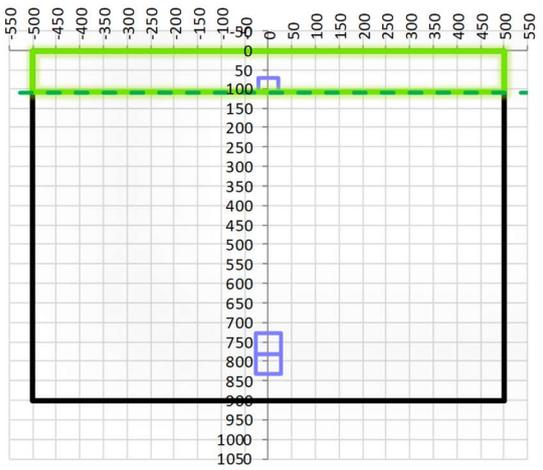
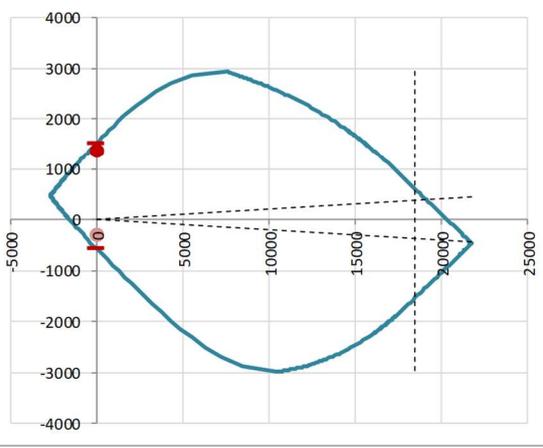
Foglio  
70 di 123

## 11.2. Soletta carrabile sp. 90cm

### 11.2.1. Caratteristiche geometriche della sezione

CARATTERISTICHE MATERIALI																																																								
<b>Calcestruzzo:</b>																																																								
Classe	C35/45																																																							
$R_{ck}$	45,00 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ck}$	37,35 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{cm}$	45,35 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ctm}$	3,35 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ctk,0.05}$	2,35 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ctk,0.95}$	4,36 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{cfm}$	4,02 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$E_{cm}$	34625,49 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$\epsilon_{c2}$	0,200 %																																																							
$\epsilon_{c3}$	0,175 %																																																							
$\epsilon_{c4}$	0,070 %																																																							
$\epsilon_{cu}$	0,350 %																																																							
n	2,000																																																							
tipo cemento	N																																																							
																																																								
<b>Acciaio:</b>																																																								
Classe	B450C																																																							
Tipologia comportamentale	EL-PL																																																							
$k = (f_t/f_y)_k$	1																																																							
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$\epsilon_{su}$	7,500 %																																																							
																																																								
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>																																																								
n, breve termine	5,50 = $E_s/E_c$																																																							
umidità relativa	75 %																																																							
giorno app. carico	15 giorni																																																							
periodo lungo termine	50 anni																																																							
coefficiente di viscosità	1,87																																																							
n, lungo termine =	10,26 = $E_s/E_{cm}$																																																							
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$ lungo termine																																																							
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$ breve termine																																																							
CARATTERISTICHE SEZIONE																																																								
<b>Sezione:</b>																																																								
B=	1000 mm																																																							
H=	900 mm																																																							
<b>Armature:</b>																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>n° barre</th> <th>∅ mm</th> <th>y<sub>i</sub> mm</th> <th>As mm<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5</td> <td>20</td> <td>90</td> <td>1570,7963</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>5</td> <td>26</td> <td>807</td> <td>2654,6458</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>5</td> <td>26</td> <td>755</td> <td>2654,6458</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>	1	5	20	90	1570,7963	2	5	26	807	2654,6458	3	5	26	755	2654,6458	4				0	5				0	6				0	7				0	8				0	9				0	10				0	
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>																																																				
1	5	20	90	1570,7963																																																				
2	5	26	807	2654,6458																																																				
3	5	26	755	2654,6458																																																				
4				0																																																				
5				0																																																				
6				0																																																				
7				0																																																				
8				0																																																				
9				0																																																				
10				0																																																				
<b>Armatura di ripartizione:</b>																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>n° barre</th> <th>∅ mm</th> <th>y<sub>i</sub> mm</th> <th>As mm<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>superiore</td> <td>5</td> <td>20</td> <td>70</td> <td>1570,7963</td> </tr> <tr> <td>inferiore</td> <td>5</td> <td>20</td> <td>830</td> <td>1570,7963</td> </tr> </tbody> </table>	Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>	superiore	5	20	70	1570,7963	inferiore	5	20	830	1570,7963																																									
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>																																																				
superiore	5	20	70	1570,7963																																																				
inferiore	5	20	830	1570,7963																																																				

**11.2.2. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione – M11**

CRITERI DI VERIFICA										
<i>Coefficienti di sicurezza allo SLU</i>										
<b>Calcestruzzo</b>										
$\alpha_{cc}$		0,85								
$\gamma_c$		1,50								
$f_{cd}$		24,90 N/mm <sup>2</sup>								
$f_{ct,eff}$		2,79 N/mm <sup>2</sup>	= $f_{ctm} / 1,2$							
<b>Acciaio</b>										
$\gamma_s$		1,15								
$f_{yd}$		391,30 N/mm <sup>2</sup>								
$E_{yd}$		0,196 %								
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE										
Combinazione	shell/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd		
SLV1	1068/1094	0,0	1347,9	21740,71	-2692,21	1518,98	-580,09	89%		
<i>Sezione:</i>										
				<i>Fibre compresse Superiori</i>						
				$\sigma_{c,max}$	21,17	N/mm <sup>2</sup>				
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm <sup>2</sup>				
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%				
				$\epsilon_{s,min}$	-2,22	%				
				d	807,00	mm				
				x/d	0,14					
<i>Dominio M-N</i>										
				<b>Combinazione</b>		<b>fram/nodo</b>	<b>NSd [kN]</b>	<b>MSd [kNm]</b>		
				SLV1	1068/1094	0,0	1347,9			
				SLV4	704/677	0,0	-307,7			



**11.2.4. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio**

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C35/45
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	45,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	37,35 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Reisitenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	900 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		5	20	90	1571
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$	1571 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	c*	90 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLV1
Shell/nodo		705/678
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	611,84 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	810 mm
Coefficiente	k	1,50
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,19%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	4,23 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,39 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	317,31 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>317,31 kN</b>
Verifica		<b>1,93 E' necessario prevedere armatura a taglio</b>

ARMATURA A TAGLIO		
Diametro staffe	$\phi$	12 mm
Numero braccia	n	3,33
Passo staffe	s	200 mm
Inclinazione staffe (rispetto all'orizzontale)	$\alpha$	90 °
Inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta$	40 °
Valore minimo di inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta_{min}$	21,80 °

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE CON ARMATURA A TAGLIO		
Coefficiente di riduzione per fessurazione	$v_1$	0,5
Resistenza cilindrica di progetto	$f_{cd}$	21,165 N/mm <sup>2</sup>
Area armatura a taglio	$A_{st}$	376,61 mm <sup>2</sup>
	$\sigma_{cp}/f_{cd}$	0
Coefficiente di interazione	$\alpha_{cw}$	1
Resistenza a taglio per rottura delle armature	$V_{rds}$	<b>640,17 kN</b>
Resistenza a taglio per rottura del puntone in calcestruzzo	$V_{rcd}$	<b>3798,72 kN</b>
<b>Resistenza al taglio</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>640,17 kN</b>
Verifica		<b>0,96 Verifica soddisfatta</b>

### 11.2.5. Verifiche allo stato limite di esercizio – M11

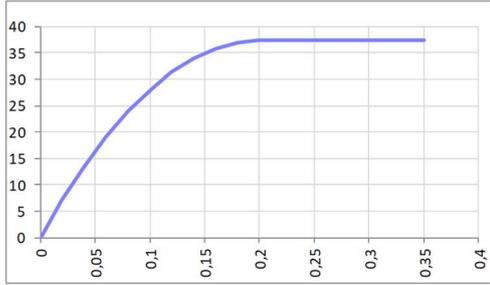
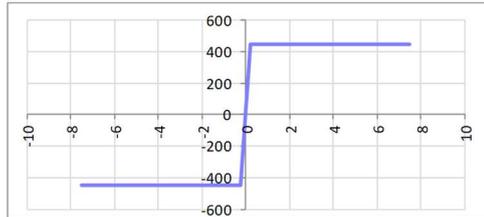
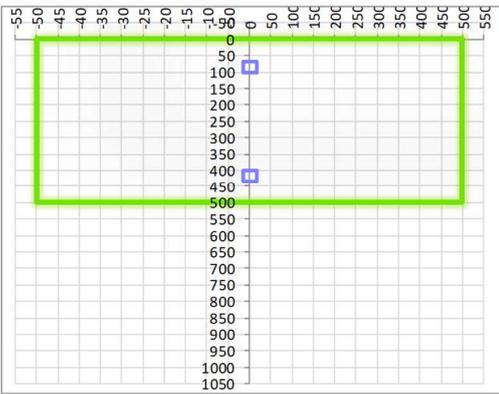
PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	3	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Molto aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	14,94	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	20,54	337,50					
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>shell/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR6	878/871	0,0	482,9	0,185	0,200	467,08	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>shell/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP1	854/872	0,0	327,8	-3,14	93,71	-31,41	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR6	854/872	0,0	508,9	-4,88	145,48	-48,77	Sezione parzializzata	

### 11.2.6. Verifiche allo stato limite di esercizio – M22

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condz. Ambientali:	3	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Molto aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	14,94	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	20,54	337,50					
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>shell/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR3	878/871	0,0	93,5	Msd<Mf	0,200	419,35	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>shell/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP1	854/872	0,0	64,4	-0,87	52,99	-7,49	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR3	854/872	0,0	99,5	-1,35	81,94	-11,58	Sezione parzializzata	

### 11.3. Soletta intermedia sp. 50cm

#### 11.3.1. Caratteristiche geometriche della sezione

CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C35/45			
$R_{ck}$	45,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	37,35 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	45,35 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,35 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,35 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	4,36 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cfm}$	4,02 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	34625,49 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
				
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>				
n, breve termine	5,50 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,93			
n, lungo termine =	10,60 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$ lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$ breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	500 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>
1	5	16	84	1005,3096
2	5	16	416	1005,3096
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>
superiore	5	16	68	1005,3096
inferiore	5	16	432	1005,3096
				





**11.3.4. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio**

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C35/45
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	45,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	37,35 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	500 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		5	16	68	1005
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$	1005 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	c*	68 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLV1
Shell/nodo		101481012
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	190,45 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	432 mm
Coefficiente	k	1,68
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,23%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	4,23 N/mm <sup>2</sup>
	$V_{min}$	0,47 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	201,29 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>201,29 kN</b>
Verifica		0,95 <b>Verifica soddisfatta</b>

ARMATURA A TAGLIO		
Diametro staffe	$\phi$	14 mm
Numero braccia	n	3,33
Passo staffe	s	200 mm
Inclinazione staffe (rispetto all'orizzontale)	$\alpha$	90 °
Inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta$	45 °
Valore minimo di inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta_{min}$	21,80 °

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE CON ARMATURA A TAGLIO		
Coefficiente di riduzione per fessurazione	$v_1$	0,5
Resistenza cilindrica di progetto	$f_{cd}$	21,165 N/mm <sup>2</sup>
Area armatura a taglio	$A_{st}$	512,61 mm <sup>2</sup>
	$\sigma_{cp}/f_{cd}$	0
Coefficiente di interazione	$\alpha_{cw}$	1
Resistenza a taglio per rottura delle armature	$V_{rds}$	389,94 kN
Resistenza a taglio per rottura del puntone in calcestruzzo	$V_{rcd}$	2057,24 kN
<b>Resistenza al taglio</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>389,94 kN</b>
Verifica		0,49 <b>Verifica soddisfatta</b>

Non è necessario prevedere armatura a taglio.

### 11.3.5. Verifiche allo stato limite di esercizio – M11

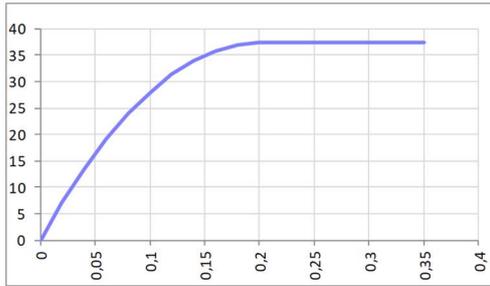
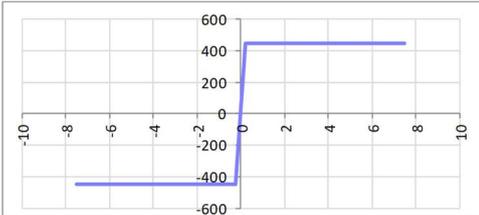
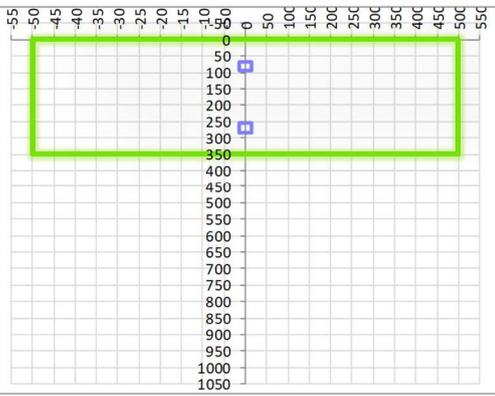
PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	3	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Molto aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	14,94	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	20,54	337,50					
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>shell/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR6	1015/1040	0,0	76,5	Msd<Mf	0,200	125,68	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>shell/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP1	725/726	0,0	65,8	-3,44	171,30	-6,58	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR6	725/725	0,0	126,9	-6,63	330,39	-12,70	Sezione parzializzata	

### 11.3.6. Verifiche allo stato limite di esercizio – M22

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	3	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Molto aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	14,94	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	20,54	337,50					
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>shell/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR6	745/747	0,0	28,5	Msd<Mf	0,200	127,55	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>shell/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP1	1037/1063	0,0	18,1	-0,87	45,31	-3,82	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR6	1038/1064	0,0	33,3	-1,59	83,41	-7,03	Sezione parzializzata	

## 11.4. Soletta superiore sp. 35cm

### 11.4.1. Caratteristiche geometriche della sezione

CARATTERISTICHE MATERIALI																																																								
<b>Calcestruzzo:</b>																																																								
Classe	C35/45																																																							
$R_{ck}$	45,00 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ck}$	37,35 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{cm}$	45,35 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ctm}$	3,35 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ctk,0.05}$	2,35 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ctk,0.95}$	4,36 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ctm}$	4,02 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$E_{cm}$	34625,49 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$\epsilon_{c2}$	0,200 %																																																							
$\epsilon_{c3}$	0,175 %																																																							
$\epsilon_{c4}$	0,070 %																																																							
$\epsilon_{cu}$	0,350 %																																																							
n	2,000																																																							
tipo cemento	N																																																							
																																																								
<b>Acciaio:</b>																																																								
Classe	B450C																																																							
Tipologia comportamentale	EL-PL																																																							
$k = (f_t/f_y)_k$	1																																																							
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$\epsilon_{su}$	7,500 %																																																							
																																																								
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>																																																								
n, breve termine	5,50 = $E_s/E_c$																																																							
umidità relativa	75 %																																																							
giorno app. carico	15 giorni																																																							
periodo lungo termine	50 anni																																																							
coefficiente di viscosità	1,98																																																							
n, lungo termine =	10,87 = $E_s/E_{cm}$																																																							
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$ lungo termine																																																							
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$ breve termine																																																							
CARATTERISTICHE SEZIONE																																																								
<b>Sezione:</b>																																																								
B=	1000 mm																																																							
H=	350 mm																																																							
<b>Armature:</b>																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>n° barre</th> <th>∅ mm</th> <th>y<sub>i</sub> mm</th> <th>As mm<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>5</td><td>14</td><td>81</td><td>769,6902</td></tr> <tr><td>2</td><td>5</td><td>14</td><td>269</td><td>769,6902</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>	1	5	14	81	769,6902	2	5	14	269	769,6902	3				0	4				0	5				0	6				0	7				0	8				0	9				0	10				0	
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>																																																				
1	5	14	81	769,6902																																																				
2	5	14	269	769,6902																																																				
3				0																																																				
4				0																																																				
5				0																																																				
6				0																																																				
7				0																																																				
8				0																																																				
9				0																																																				
10				0																																																				
<b>Armatura di ripartizione:</b>																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>n° barre</th> <th>∅ mm</th> <th>y<sub>i</sub> mm</th> <th>As mm<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>superiore</td><td>5</td><td>14</td><td>67</td><td>769,6902</td></tr> <tr><td>inferiore</td><td>5</td><td>14</td><td>283</td><td>769,6902</td></tr> </tbody> </table>	Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>	superiore	5	14	67	769,6902	inferiore	5	14	283	769,6902																																									
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>																																																				
superiore	5	14	67	769,6902																																																				
inferiore	5	14	283	769,6902																																																				





#### 11.4.4. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C35/45
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	45,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	37,35 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	350 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		5	14	81	770
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$	770 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	c*	81 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLU1
Shell/nodo		2219/2206
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	49,76 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	269 mm
Coefficiente	k	1,86
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,29%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	4,23 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,54 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	146,23 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>146,23 kN</b>
Verifica		<b>0,34</b> <i>Verifica soddisfatta</i>

ARMATURA A TAGLIO		
Diametro staffe	$\phi$	14 mm
Numero braccia	n	3,33
Passo staffe	s	200 mm
Inclinazione staffe (rispetto all'orizzontale)	$\alpha$	90 °
Inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta$	45 °
Valore minimo di inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta_{min}$	21,80 °

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE CON ARMATURA A TAGLIO		
Coefficiente di riduzione per fessurazione	$v_1$	0,5
Resistenza cilindrica di progetto	$f_{cd}$	21,165 N/mm <sup>2</sup>
Area armatura a taglio	$A_{st}$	512,61 mm <sup>2</sup>
	$\sigma_{cp}/f_{cd}$	0
Coefficiente di interazione	$\alpha_{cw}$	1
Resistenza a taglio per rottura delle armature	$V_{rds}$	<b>242,81 kN</b>
Resistenza a taglio per rottura del puntone in calcestruzzo	$V_{rcd}$	<b>1281,01 kN</b>
<b>Resistenza al taglio</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>242,81 kN</b>
Verifica		<b>0,20</b> <i>Verifica soddisfatta</i>

Non è necessario prevedere armatura a taglio.

### 11.4.5. Verifiche allo stato limite di esercizio – M11

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	3	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Molto aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	14,94	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	20,54	337,50					
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>shell/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR1	2219/2206	0,0	20,9	Msd<Mf	0,200	60,29	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>shell/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP1	2219/2206	0,0	12,8	-1,56	66,68	3,77	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR1	2219/2206	0,0	20,9	-2,55	109,14	6,17	Sezione parzializzata	

### 11.4.6. Verifiche allo stato limite di esercizio – M22

#### PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE

$k_t =$	0,40	- azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)
$k_1 =$	0,80	arre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)
$k_3 =$	3,40	(valore raccomandato)
$k_4 =$	0,425	(valore raccomandato)

#### CRITERI DI VERIFICA

##### Fessurazione

Condiz. Ambientali:	3	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive
	<b>Molto aggressive</b>	
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili
	<b>Poco sensibile</b>	

##### Tensioni in esercizio

Combinazione	Limite $\sigma_c / f_{ck}$	Limite $\sigma_s / f_{yk}$	$\sigma_{c,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
Quasi Permanente	0,40	0,75	14,94	337,50
Caratteristica	0,55	0,75	20,54	337,50

#### SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)

##### Fessurazione

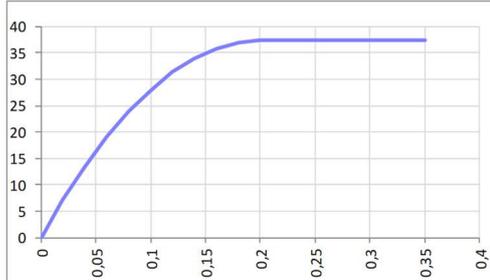
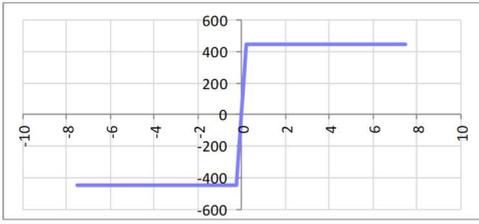
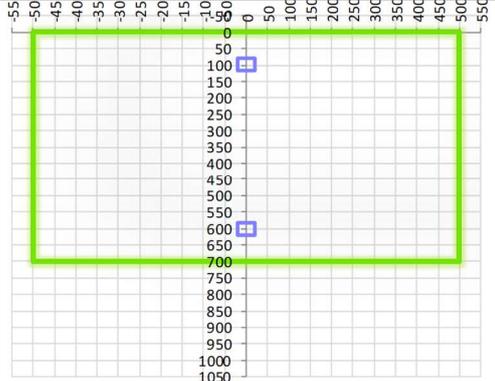
Combinazione	n. combinazione	shell/nodo	N [kN]	M [kNm]	$w_d$ [mm]	$w_{lim}$ [mm]	M0 - Mf [kNm]	
Caratteristica	CAR4	2282/2287	0,0	6,9	Msd<Mf	0,200	61,33	-

##### Tensioni in esercizio

Combinazione	n. combinazione	shell/nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
Quasi permanente	QP1	2294/2299	0,0	5,2	-0,57	26,11	-0,33	Sezione parzializzata
Caratteristica	CAR4	2294/2299	0,0	9,4	-1,02	47,02	-0,60	Sezione parzializzata

## 11.5. Parete Est sp. 70cm

### 11.5.1. Caratteristiche geometriche della sezione

CARATTERISTICHE MATERIALI																																																								
<b>Calcestruzzo:</b>																																																								
Classe	C35/45																																																							
$R_{ck}$	45,00 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ck}$	37,35 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{cm}$	45,35 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ctm}$	3,35 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ctk,0.05}$	2,35 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ctk,0.95}$	4,36 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ctm}$	4,02 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$E_{cm}$	34625,49 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$\epsilon_{c2}$	0,200 %																																																							
$\epsilon_{c3}$	0,175 %																																																							
$\epsilon_{c4}$	0,070 %																																																							
$\epsilon_{cu}$	0,350 %																																																							
n	2,000																																																							
tipo cemento	N																																																							
																																																								
<b>Acciaio:</b>																																																								
Classe	B450C																																																							
Tipologia comportamentale	EL-PL																																																							
$k = (f_t/f_y)_k$	1																																																							
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$\epsilon_{su}$	7,500 %																																																							
																																																								
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>																																																								
n, breve termine	5,50 = $E_s/E_c$																																																							
umidità relativa	75 %																																																							
giorno app. carico	15 giorni																																																							
periodo lungo termine	50 anni																																																							
coefficiente di viscosità	1,89																																																							
n, lungo termine =	10,39 = $E_s/E_{cm}$																																																							
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$ lungo termine																																																							
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$ breve termine																																																							
CARATTERISTICHE SEZIONE																																																								
<b>Sezione:</b>																																																								
B=	1000 mm																																																							
H=	700 mm																																																							
<b>Armature:</b>																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>n° barre</th> <th>∅ mm</th> <th>y<sub>i</sub> mm</th> <th>As mm<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>5</td><td>20</td><td>98</td><td>1570,7963</td></tr> <tr><td>2</td><td>5</td><td>20</td><td>602</td><td>1570,7963</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>	1	5	20	98	1570,7963	2	5	20	602	1570,7963	3				0	4				0	5				0	6				0	7				0	8				0	9				0	10				0	
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>																																																				
1	5	20	98	1570,7963																																																				
2	5	20	602	1570,7963																																																				
3				0																																																				
4				0																																																				
5				0																																																				
6				0																																																				
7				0																																																				
8				0																																																				
9				0																																																				
10				0																																																				
<b>Armatura di ripartizione:</b>																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>n° barre</th> <th>∅ mm</th> <th>y<sub>i</sub> mm</th> <th>As mm<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>superiore</td><td>5</td><td>20</td><td>78</td><td>1570,7963</td></tr> <tr><td>inferiore</td><td>5</td><td>20</td><td>622</td><td>1570,7963</td></tr> </tbody> </table>	Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>	superiore	5	20	78	1570,7963	inferiore	5	20	622	1570,7963																																									
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>																																																				
superiore	5	20	78	1570,7963																																																				
inferiore	5	20	622	1570,7963																																																				





**11.5.4. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio**

CALCESTRUZZO		
Classe calcestruzzo		C35/45
Resistenza cubica caratteristica	R <sub>ck</sub>	45,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	f <sub>ck</sub>	37,35 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	γ <sub>c</sub>	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	α <sub>cc</sub>	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	γ <sub>s</sub>	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	700 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		5	20	98	1571
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	A <sub>s</sub>	1571 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	c*	98 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case	1254/1210	
Shell/nodo	SLV1	
Azione assiale (+ di compressione)	N <sub>Ed</sub>	0 kN
Taglio	V <sub>Ed</sub>	221,77 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	602 mm
Coefficiente	k	1,58
Rapporto di armatura longitudinale	ρ <sub>l</sub>	0,26%
Tensione assiale media	σ <sub>cp</sub>	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	0.2 x f <sub>cd</sub>	4,23 N/mm <sup>2</sup>
	v <sub>min</sub>	0,42 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	V <sub>rd,min</sub>	254,86 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b>V<sub>rd</sub></b>	<b>254,86 kN</b>
Verifica		<b>0,87</b> <i>Verifica soddisfatta</i>

Non è necessario prevedere armatura a taglio.

### 11.5.5. Verifiche allo stato limite di esercizio – M11

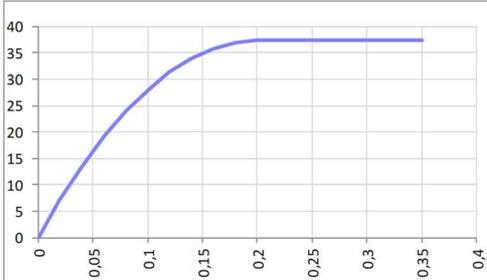
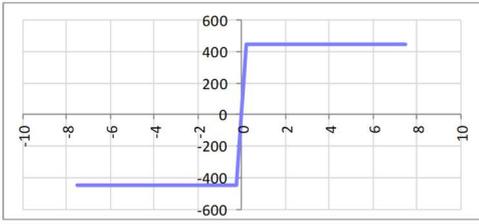
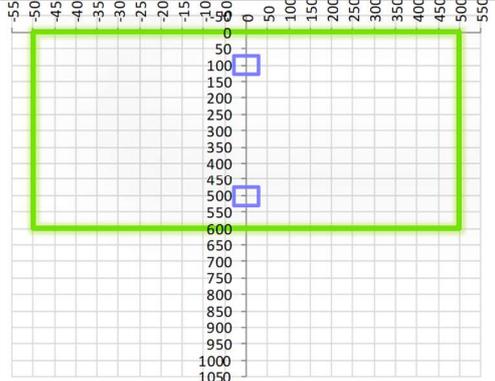
PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condz. Ambientali:	3	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Molto aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	14,94	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	20,54	337,50					
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>shell/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR1	1617/1587	0,0	50,5	Msd<Mf	0,200	255,95	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>shell/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP1	1386/1416	0,0	47,6	-1,03	53,00	-6,88	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR6	1459/1490	0,0	59,2	-1,28	65,97	-8,56	Sezione parzializzata	

### 11.5.6. Verifiche allo stato limite di esercizio – M22

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	3	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Molto aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	14,94	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	20,54	337,50					
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>shell/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR6	553/583	0,0	63,7	Msd<Mf	0,200	252,01	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>shell/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP1	271/243	0,0	75,7	-1,78	87,53	-8,06	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR6	611/639	0,0	80,5	-1,89	93,06	-8,57	Sezione parzializzata	

## 11.6. Parete centrale sp. 60cm

### 11.6.1. Caratteristiche geometriche della sezione

CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C35/45			
$R_{ck}$	45,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	37,35 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	45,35 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,35 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,35 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	4,36 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	4,02 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	34625,49 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
				
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>				
n, breve termine	5,50 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,91			
n, lungo termine =	10,49 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$ lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$ breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	600 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>
1	10	20	98	3141,5927
2	10	20	502	3141,5927
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>
superiore	5	20	78	1570,7963
inferiore	5	20	522	1570,7963
				





**11.6.4. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio**

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C35/45
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	45,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	37,35 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	600 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		10	20	98	3142
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$	3142 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	$c^*$	98 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		1243/1271
Shell/nodo		SLV1
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	708,07 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	502 mm
Coefficiente	k	1,63
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,63%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	4,23 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,45 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	223,70 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>280,95 kN</b>
Verifica		<b>2,52 E' necessario prevedere armatura a taglio</b>

ARMATURA A TAGLIO		
Diametro staffe	$\phi$	12 mm
Numero braccia	n	5
Passo staffe	s	200 mm
Inclinazione staffe (rispetto all'orizzontale)	$\alpha$	90 °
Inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta$	35 °
Valore minimo di inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta_{min}$	21,80 °

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE CON ARMATURA A TAGLIO		
Coefficiente di riduzione per fessurazione	$v_1$	0,5
Resistenza cilindrica di progetto	$f_{cd}$	21,165 N/mm <sup>2</sup>
Area armatura a taglio	$A_{st}$	565,49 mm <sup>2</sup>
	$\sigma_{cp}/f_{cd}$	0
Coefficiente di interazione	$\alpha_{cw}$	1
Resistenza a taglio per rottura delle armature	$V_{rds}$	<b>727,31 kN</b>
Resistenza a taglio per rottura del puntone in calcestruzzo	$V_{rcd}$	<b>2231,80 kN</b>
<b>Resistenza al taglio</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>727,31 kN</b>
Verifica		<b>0,97 Verifica soddisfatta</b>

### 11.6.5. Verifiche allo stato limite di esercizio – M11

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	3	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Molto aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	14,94	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	20,54	337,50					
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>shell/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR6	1462/1419	0,0	43,5	Msd<Mf	0,200	189,23	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>shell/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP1	1387/1343	0,0	44,3	-1,28	59,31	-7,44	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR6	1387/1343	0,0	61,0	-1,76	81,80	-10,27	Sezione parzializzata	

### 11.6.6. Verifiche allo stato limite di esercizio – M22

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	3	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Molto aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	14,94	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	20,54	337,50					
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	shell/nodo	N	M	w <sub>d</sub>	w <sub>lim</sub>	MO - Mf		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR6	1245/1199	0,0	145,5	Msd<Mf	0,200	203,41	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	shell/nodo	N	M	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP1	1172/1125	0,0	108,2	-2,48	78,31	-14,62	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR6	1172/1125	0,0	180,4	-4,13	130,52	-24,36	Sezione parzializzata	

Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

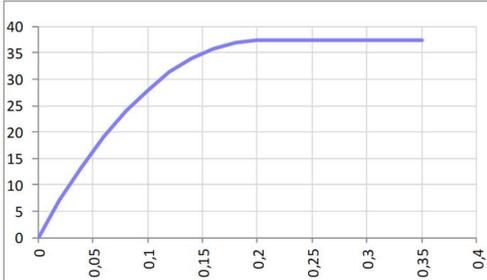
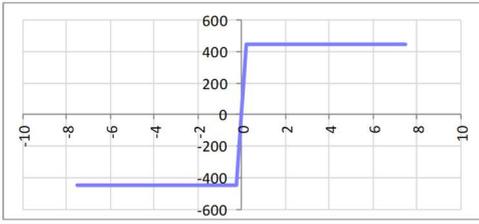
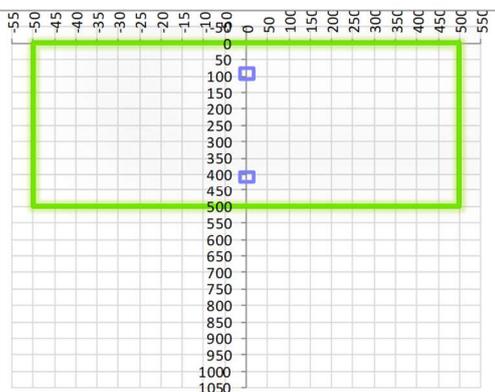
Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

Rev.  
A

Foglio  
100 di 123

## 11.7. Parete Nord sp. 50cm

### 11.7.1. Caratteristiche geometriche della sezione

CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C35/45			
$R_{ck}$	45,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	37,35 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	45,35 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,35 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,35 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	4,36 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cfm}$	4,02 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	34625,49 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
				
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>				
n, breve termine	5,50 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,93			
n, lungo termine =	10,60 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$ lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$ breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	500 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>
1	5	16	92	1005,3096
2	5	16	408	1005,3096
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>
superiore	5	16	76	1005,3096
inferiore	5	16	424	1005,3096
				





### 11.7.4. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Classe calcestruzzo		C35/45
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	45,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	37,35 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	500 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		5	16	92	1005
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$	1005 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	$c^*$	92 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case	1235/1191	
Shell/nodo	SLV2	
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	134,02 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	408 mm
Coefficiente	k	1,70
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,25%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	4,23 N/mm <sup>2</sup>
	$V_{min}$	0,47 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	193,46 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>193,46 kN</b>
Verifica		<b>0,69</b> <i>Verifica soddisfatta</i>

Non è necessario prevedere armatura a taglio.

**11.7.5. Verifiche allo stato limite di esercizio – M11**

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	3	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Molto aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	14,94	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	20,54	337,50					
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	shell/nodo	N	M	w <sub>d</sub>	w <sub>lim</sub>	M0 - Mf		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR6	1308/1265	0,0	47,5	Msd<Mf	0,200	126,59	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	shell/nodo	N	M	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP1	1236/1266	0,0	47,8	-2,39	122,15	-7,56	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR6	1236/1266	0,0	66,7	-3,34	170,40	-10,55	Sezione parzializzata	

### 11.7.6. Verifiche allo stato limite di esercizio – M22

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	3	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Molto aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	14,94	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	20,54	337,50					
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	shell/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	M0 - Mf [kNm]		
Caratteristica	CAR6	306/279	0,0	30,4	Msd<Mf	0,200	124,80	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	shell/nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP1	249/223	0,0	45,8	-2,50	121,49	-1,67	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR6	249/223	0,0	50,4	-2,75	133,77	-1,84	Sezione parzializzata	

Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

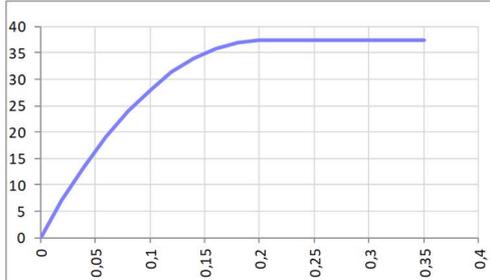
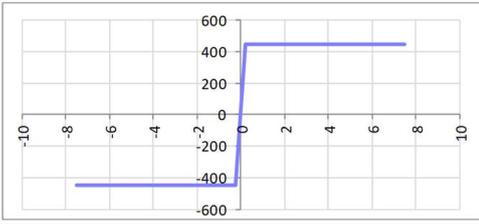
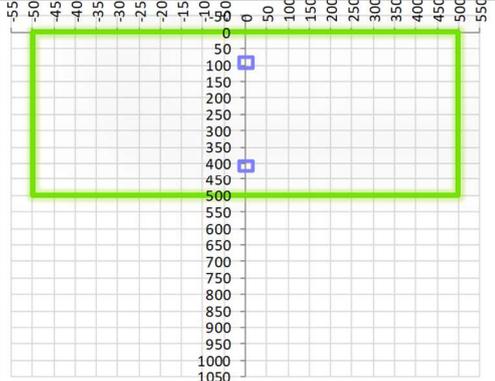
Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 CO 002

Rev.  
A

Foglio  
106 di 123

## 11.8. Parete sud sp. 50cm

### 11.8.1. Caratteristiche geometriche della sezione

CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C35/45			
$R_{ck}$	45,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	37,35 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	45,35 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,35 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,35 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	4,36 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	4,02 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	34625,49 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
				
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>				
n, breve termine	5,50 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,93			
n, lungo termine =	10,60 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$ lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$ breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	500 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>
1	5	16	92	1005,3096
2	5	16	408	1005,3096
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>
superiore	5	16	76	1005,3096
inferiore	5	16	424	1005,3096
				





**11.8.4. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio**

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C35/45
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	45,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	37,35 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	500 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		5	16	92	1005
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$	1005 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	c*	92 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		1280/1308
Shell/nodo		SLV1
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	141,96 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	408 mm
Coefficiente	k	1,70
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,25%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	4,23 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,47 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	193,46 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>193,46 kN</b>
Verifica		<b>0,73</b> <i>Verifica soddisfatta</i>

ARMATURA A TAGLIO		
Diametro staffe	$\phi$	14 mm
Numero braccia	n	3,33
Passo staffe	s	200 mm
Inclinazione staffe (rispetto all'orizzontale)	$\alpha$	90 °
Inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta$	45 °
Valore minimo di inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta_{min}$	21,80 °

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE CON ARMATURA A TAGLIO		
Coefficiente di riduzione per fessurazione	$v_1$	0,5
Resistenza cilindrica di progetto	$f_{cd}$	21,165 N/mm <sup>2</sup>
Area armatura a taglio	$A_{st}$	512,61 mm <sup>2</sup>
	$\sigma_{cp}/f_{cd}$	0
Coefficiente di interazione	$\alpha_{cw}$	1
Resistenza a taglio per rottura delle armature	$V_{rds}$	<b>368,28 kN</b>
Resistenza a taglio per rottura del puntone in calcestruzzo	$V_{rcd}$	<b>1942,95 kN</b>
<b>Resistenza al taglio</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>368,28 kN</b>
Verifica		<b>0,39</b> <i>Verifica soddisfatta</i>

Non è necessario prevedere armatura a taglio.

**11.8.5. Verifiche allo stato limite di esercizio – M11**

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	3	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Molto aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	14,94	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	20,54	337,50					
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	shell/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	M0 - Mf [kNm]		
Caratteristica	CAR6	1426/1383	0,0	34,9	Msd<Mf	0,200	126,59	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	shell/nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP1	1565/1523	0,0	34,9	-1,75	89,18	-5,52	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR6	1354/1384	0,0	49,3	-2,47	126,03	-7,80	Sezione parzializzata	

### 11.8.6. Verifiche allo stato limite di esercizio – M22

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	3	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Molto aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	14,94	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	20,54	337,50					
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	shell/nodo	N	M	w <sub>d</sub>	w <sub>lim</sub>	MO - Mf		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR6	574/603	0,0	26,3	Msd<Mf	0,200	124,80	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	shell/nodo	N	M	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP1	294/267	0,0	39,3	-2,15	104,22	-1,43	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR6	294/267	0,0	43,0	-2,35	113,96	-1,57	Sezione parzializzata	

Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

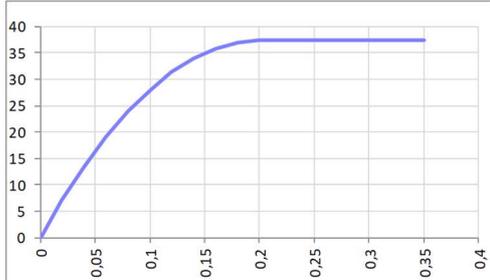
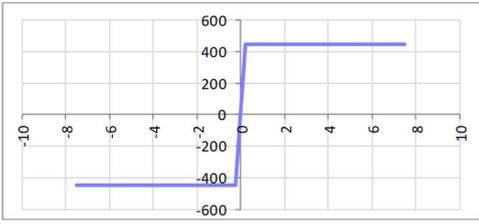
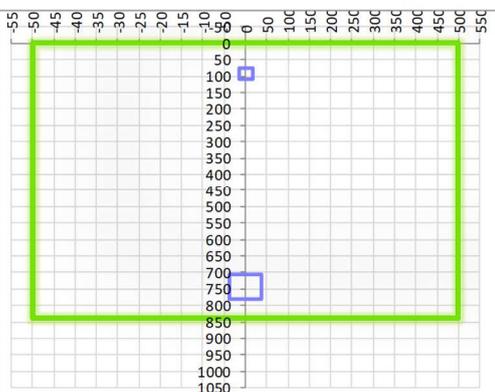
Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

Rev.  
A

Foglio  
112 di 123

## 11.9. Parete Ovest sp. 30÷84cm

### 11.9.1. Caratteristiche geometriche della sezione al piede

CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C35/45			
$R_{ck}$	45,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	37,35 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	45,35 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,35 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,35 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	4,36 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cfm}$	4,02 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	34625,49 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
				
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>				
n, breve termine	5,50 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,87			
n, lungo termine =	10,30 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$ lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$ breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	840 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>
1	5	16	92	1005,3096
2	10	26	743	5309,2916
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>
superiore	5	16	76	1005,3096
inferiore	5	16	764	1005,3096
				





**11.9.4. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio**

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C35/45
Resistenza cubica caratteristica	R <sub>ck</sub>	45,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	f <sub>ck</sub>	37,35 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Reisitenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	γ <sub>c</sub>	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	α <sub>cc</sub>	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	γ <sub>s</sub>	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	840 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		10	26	97	5309
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	A <sub>s</sub>	5309 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	c*	97 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		1287/1317
Shell/nodo		SLV3
Azione assiale (+ di compressione)	N <sub>Ed</sub>	153,61 kN
Taglio	V <sub>Ed</sub>	373,01 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	743 mm
Coefficiente	k	1,52
Rapporto di armatura longitudinale	ρ <sub>l</sub>	0,71%
Tensione assiale media	σ <sub>cp</sub>	0,18 N/mm <sup>2</sup>
	0.2 x f <sub>cd</sub>	4,23 N/mm <sup>2</sup>
	V <sub>min</sub>	0,40 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	V <sub>rd,min</sub>	317,86 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b>V<sub>rd</sub></b>	<b>425,07 kN</b>
Verifica		<b>0,88</b> <i>Verifica soddisfatta</i>

ARMATURA A TAGLIO		
Diametro staffe	φ	14 mm
Numero braccia	n	3,33
Passo staffe	s	200 mm
Inclinazione staffe (rispetto all'orizzontale)	α	90 °
Inclinazione del puntone in calcestruzzo	θ	45 °
Valore minimo di inclinazione del puntone in calcestruzzo	θ <sub>min</sub>	21,80 °

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE CON ARMATURA A TAGLIO		
Coefficiente di riduzione per fessurazione	v <sub>1</sub>	0,5
Resistenza cilindrica di progetto	f <sub>cd</sub>	21,165 N/mm <sup>2</sup>
Area armatura a taglio	A <sub>st</sub>	512,61 mm <sup>2</sup>
	σ <sub>cp</sub> /f <sub>cd</sub>	0,008640163
Coefficiente di interazione	α <sub>cw</sub>	1,008640163
Resistenza a taglio per rottura delle armature	V <sub>rd,s</sub>	<b>670,67 kN</b>
Resistenza a taglio per rottura del puntone in calcestruzzo	V <sub>rd,c</sub>	<b>3568,83 kN</b>
<b>Resistenza al taglio</b>	<b>V<sub>rd</sub></b>	<b>670,67 kN</b>
Verifica		<b>0,56</b> <i>Verifica soddisfatta</i>

Non è necessario prevedere armatura a taglio.

### 11.9.5. Verifiche allo stato limite di esercizio – M11

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE		
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)

CRITERI DI VERIFICA				
<u>Fessurazione</u>				
Condiz. Ambientali:	3	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive		
	<b>Molto aggressive</b>			
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili		
	<b>Poco sensibile</b>			
<u>Tensioni in esercizio</u>				
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
Quasi Permanente	0,40	0,75	14,94	337,50
Caratteristica	0,55	0,75	20,54	337,50

SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)								
<u>Fessurazione</u>								
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>shell/nodo</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>w<sub>d</sub></b>	<b>w<sub>lim</sub></b>	<b>M0 - Mf</b>	
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]	
Caratteristica	CAR6	1290/1246	0,0	85,9	Msd<Mf	0,200	352,24	-
<u>Tensioni in esercizio</u>								
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>shell/nodo</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$	
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
Quasi permanente	QP1	1218/1172	0,0	62,3	-1,20	86,42	-7,63	Sezione parzializzata
Caratteristica	CAR6	1218/1172	0,0	96,1	-1,85	133,27	-11,77	Sezione parzializzata

**11.9.6. Verifiche allo stato limite di esercizio – M22****PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE**

kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)

**CRITERI DI VERIFICA**Fessurazione

Condiz. Ambientali:	3	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive
	<b>Molto aggressive</b>	
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili
	<b>Poco sensibile</b>	

Tensioni in esercizio

Combinazione	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$
	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
Quasi Permanente	0,40	0,75	14,94	337,50
Caratteristica	0,55	0,75	20,54	337,50

**SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)**Fessurazione

Combinazione	n. combinazione	shell/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	MO - Mf [kNm]
Caratteristica	CAR6	1290/1246	108,3	427,4	Msd<Mf	0,200	430,51

Tensioni in esercizio

Combinazione	n. combinazione	shell/nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
Quasi permanente	QP1	1218/1172	132,4	310,6	-3,46	78,31	-35,77
Caratteristica	CAR6	1218/1172	154,8	479,3	-5,29	124,91	-54,07

Sezione parzializzata

Sezione parzializzata

## 12. BOTOLE DI CHIUSURA E GRIGLIATI

### 12.1. Analisi dei carichi

Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari da assumere per le verifiche di resistenza in esercizio.

Tali Combinazioni Elementari saranno opportunamente combinate secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

$$\text{- acciaio: } \gamma_{\text{acc.}} = 78.50 \text{ kN/m}^3$$

#### 12.1.1. Peso proprio strutture (Load1)

Si applica il peso specifico del materiale alle reali sezioni degli elementi strutturali.

#### 12.1.2. Sovraccarichi accidentali uniformemente distribuiti

Sugli elementi orizzontali, quali botole di chiusura del vano impianti, si considera agente un carico verticale uniformemente distribuito pari a:

$$Q_k = 4.00 \text{ kN/m}^2.$$

#### 12.1.3. Sovraccarichi accidentali lineari

Sui parapetti si considera agente un carico orizzontale linearmente distribuito pari a :

$$H_k = 1.50 \text{ kN/m}^2.$$

#### 12.1.4. Azione sismica per SLV

L'azione in oggetto non risulta dimensionante e significativa per la struttura in oggetto, pertanto non viene considerata per il calcolo delle sollecitazioni.

### 12.2. Calcolo delle sollecitazioni

Per le verifiche strutturali si fa riferimento allo stato limite ultimo (A1) STR.

Le combinazioni di carico vengono effettuato secondo quanto indicato nelle tabelle 2.5.I e 2.6.I del DM 14/01/08, riportate di seguito:

**Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione**

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

**Tabella 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU**

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup>Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

### 12.3. Botole di chiusura

#### 12.3.1. Calcolo delle sollecitazioni di progetto sui profilati

Per la verifica di tali elementi si considera il profilato dalle caratteristiche inerziali minori (profilato ad "U" 120×60×5) e la larghezza di afferenza massima, pari a 0.50m.

Le sollecitazioni vengono ricavate considerando uno schema statico di trave su due appoggi con luce  $l=2.80$ m, di conseguenza, sul singolo profilato ad "U" insistono i seguenti carichi distribuiti lineari:

- pesi propri  $G = 0.408$  kN/m
- accidentali  $Q = 4.0$  kN/m<sup>2</sup>  $\times 0.50$  m = 2.00 kN/m

Le sollecitazioni massime risultano:

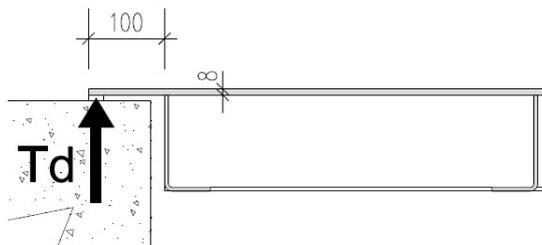
$$M_{SLU} = ql^2/8 = (1.3 \times 0.408 + 1.5 \times 2.00) \times 2.80^2/8 = 3.46 \text{ kNm}$$

$$T_{SLU} = ql/2 = (1.3 \times 0.408 + 1.5 \times 2.00) \times 2.80 / 2 = 4.94 \text{ kN}$$

### 12.3.2. Calcolo delle sollecitazioni di progetto sulla sezione in appoggio della lamiera

Si esegue il calcolo delle sollecitazioni sull'elemento lamiera metallica. Risulta significativo eseguire il calcolo e quindi la verifica strutturale per la sezione in appoggio e la sezione di mezzzeria. L'appoggio della botola cieca sul bordo in c.a. avviene tramite sormonto di una porzione perimetrale della lamiera metallica.

Si calcola il valore della sollecitazione tagliante all'appoggio e da questa si desume il valore della sollecitazione flettente considerando un braccio pari a 10cm.



Peso proprio lamiera e putrelle  $P = 0.815 \text{ kN/m}^2$

Considerando una lunghezza della botola (luce di calcolo) pari 2.80m si ricava:

$$T_{d,app} = [(0.815 \times 1.30) + (4.00 \times 1.50)] \times 2.80/2 = 9.883 \text{ kN}$$

$$M_{d,app} = 9.883 \times 0.10 = 0.99 \text{ kNm}$$

### 12.3.3. Calcolo delle sollecitazioni di progetto sulla sezione in mezzzeria

Peso proprio lamiera spessore 8mm  $P = 0.628 \text{ kN/m}^2$

Considerando come luce di calcolo quella tra due putrelle consecutive (50cm) ed a favore di sicurezza schema di trave in semplice appoggio.

$$M_{d,m} = (0.628 \times 1.30 + 4.00 \times 1.50) \times 0.50^2/8 = 0.21 \text{ kNm}$$

$$T_{d,m} = (0.628 \times 1.30 + 4.00 \times 1.50) \times 0.50/2 = 1.70 \text{ kN}$$

### 12.3.4. Verifiche di resistenza (SLU) - profilati

La sezione del profilato ad "U" di dimensione  $120 \times 60 \times 5$  presenta le seguenti proprietà geometriche:

- $J = 235 \text{ cm}^4$
- $W = 39.2 \text{ cm}^3$
- $A_v = 4.75 \text{ cm}^2$

Le tensioni normali e di taglio di progetto risultano pertanto:

- $\sigma_{SLU} = 3.46 \times 10^6 / 39200 = 88.26 \text{ MPa} < 275 / 1.05 = 261.9 \text{ MPa}$
- $\tau_{SLU} = 4.94 \times 10^3 / 475 = 10.40 \text{ MPa} < 275 / (1.05 \times 3^{0.5}) = 151.2 \text{ MPa}$

### 12.3.5. Verifiche di resistenza (SLU) - lamiera

La lamiera metallica di spessore 8mm presenta le seguenti proprietà geometriche al metro:

- $J = 4.26 \text{ cm}^4$
- $W = 10.67 \text{ cm}^3$
- $A_v = 80 \text{ cm}^2$

#### Sezione in appoggio

Le tensioni normali e di taglio di progetto risultano pertanto:

- $\sigma_{SLU} = 0.99 \times 106 / 10670 = 92.78 \text{ MPa} < 275 / 1.05 = 261.9 \text{ MPa}$
- $\tau_{SLU} = 9.88 \times 103 / 8000 = 1.235 \text{ MPa} < 275 / (1.05 \times 3^{0.5}) = 151.2 \text{ MPa}$

#### Sezione in mezzzeria

Le tensioni normali e di taglio di progetto risultano pertanto:

- $\sigma_{SLU} = 0.21 \times 106 / 10670 = 19.68 \text{ MPa} < 275 / 1.05 = 261.9 \text{ MPa}$
- $\tau_{SLU} = 1.70 \times 103 / 8000 = 0.22 \text{ MPa} < 275 / (1.05 \times 3^{0.5}) = 151.2 \text{ MPa}$

### 12.3.6. Verifiche di deformabilità (SLE)

La verifica SLE viene condotta calcolando la freccia massima  $\delta_{max}$  ottenuta considerando i carichi permanenti più accidentali e la freccia  $\delta_2$  ottenuta considerando i soli carichi accidentali.

- $\delta_{max} = (5/384) \times (q_{tot} \times l^4) / (EJ) = 3.6 \text{ mm}$
- $\delta_2 = (5/384) \times (q_Q \times l^4) / (EJ) = 3.0 \text{ mm}$

Inferiori ai limiti imposti dalla normativa:

- $\delta_{max} / L = 0.0012 < 1/250 = 0.004$
- $\delta_2 / L = 0.0010 < 1/300 = 0.003$

## 12.4. Grigliati

### 12.4.1. Calcolo delle sollecitazioni di progetto sui profilati

Si predispone un grigliato costituito da barre portanti di dimensioni 25x2mm ad interasse 25mm, in grado di resistere ad un sovraccarico pari a 200 kg/mq su luci non maggiori di 1m. Si verificano pertanto gli elementi trasversali necessari a sorreggere tale grigliato. Per la verifica di tali elementi si considera, cautelativamente, la sezione resistente di profili UPN100 e larghezza di afferenza massima 1.00m.

Le sollecitazioni vengono ricavate considerando uno schema statico di trave su due appoggi con luce  $l=3.50\text{m}$ , di conseguenza, sul singolo profilato ad "U" insistono i seguenti carichi distribuiti lineari:

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL SLZ3 C0 002	Rev. A	Foglio 122 di 123
---------	------------------	-------------	---	-----------	----------------------

- peso proprio  $G = 0.194 \text{ kN/m}$
- peso permanente portato  $G = 0.16 \text{ kN/m}$
- accidentali  $Q = 2.00 \text{ kN/m}$

Le sollecitazioni massime risultano:

$$M_{SLU} = ql^2/8 = (1.3 \times 0.194 + 1.3 \times 0.16 + 1.5 \times 2.00) \times 3.50^2/8 = 5.30 \text{ kNm}$$

$$T_{SLU} = ql/2 = (1.3 \times 0.194 + 1.3 \times 0.194 + 1.5 \times 2.00) \times 3.50 / 2 = 6.06 \text{ kN}$$

#### 12.4.2. Verifiche di resistenza (SLU)

La sezione del profilato UPN100 presenta le seguenti proprietà geometriche:

- $J = 206 \text{ cm}^4$
- $W = 41.2 \text{ cm}^3$
- $A_v = 6.46 \text{ cm}^2$

Le tensioni normali e di taglio di progetto risultano pertanto:

- $\sigma_{SLU} = 5.30 \times 10^6 / 41200 = 128.64 \text{ MPa} < 275 / 1.05 = 261.9 \text{ MPa}$
- $\tau_{SLU} = 6.06 \times 10^3 / 646 = 9.38 \text{ MPa} < 275 / (1.05 \times 3^{0.5}) = 151.2 \text{ MPa}$

#### 12.4.3. Verifiche di deformabilità (SLE)

La verifica SLE viene condotta calcolando la freccia massima  $\delta_{\max}$  ottenuta considerando i carichi permanenti più accidentali e la freccia  $\delta_2$  ottenuta considerando i soli carichi accidentali.

- $\delta_{\max} = (5/384) \times (q_{\text{tot}} \times l^4) / (EJ) = 10.6 \text{ mm}$
- $\delta_2 = (5/384) \times (q_Q \times l^4) / (EJ) = 9.02 \text{ mm}$

Inferiori ai limiti imposti dalla normativa:

- $\delta_{\max} / L = 0.0030 < 1/250 = 0.004$
- $\delta_2 / L = 0.0026 < 1/300 = 0.003$

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ3 C0 002

Rev.  
A

Foglio  
123 di 123

### 13. RIFERIMENTI

#### 13.1. Documenti referenziati

Rif. [1] Cepav due, documento n° INOR 12 E E2 RB SL Z3 00 001, intitolato "SLZ3 - Sottopasso podereale pk 110+046.622 - RELAZIONE GEOTECNICA"

Rif. [2] Cepav due, documento n° INOR 12 E E2 CL SL Z3 C0 003, intitolato "SLZ3 - Sottopasso podereale pk 110+046.622 - ALLEGATO ALLA RELAZIONE DI CALCOLO VASCA DI SOLLEVAMENTO - TABULATI DI CALCOLO"

#### 13.2. Documenti correlati

Non sono presenti documenti correlati.

#### 13.3. Documenti superati

Non sono presenti documenti superati.