

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



# INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01 e s.m.i.

S.O. Corpo Stradale

PROGETTO DEFINITIVO

NODO DI BARI

BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE

GALLERIE ARTIFICIALI

Vasca di compenso black - out GA01

Relazione di calcolo

SCALA:

-

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

IADR 00 D 29 CL GA0100 004 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione PD per AI	M.Botta <i>M. Botta</i>	SETT '23	J. Amato-G. Giustino <i>J. Amato G. Giustino</i>	SETT '23	G. Dimaggio <i>G. Dimaggio</i>	SETT '23	F. ARDUINI 29/09/2023 

File: IADR00D29CLGA0100004A

n. Elab.:





**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	2 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	INQUADRAMENTO GENERALE .....	6
3	SCOPO DEL DOCUMENTO .....	9
3.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	9
4	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	11
4.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	11
4.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	11
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	12
5.1	CALCESTRUZZO .....	12
5.2	ACCIAIO .....	12
5.2.1	<i>Acciaio per cemento armato</i> .....	12
6	INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....	13
7	GEOMETRIA .....	15
8	INTERAZIONE TERRENO STRUTTURA .....	16
9	ANALISI DEI CARICHI .....	17
9.1	PESO PROPRIO (DEAD) .....	17
9.2	CARICHI PERMANENTI PORTATI (PERM) .....	17
9.3	SPINTA DEL TERRENO (SPTSX E SPTDX) .....	18
9.4	CARICHI ACCIDENTALI (ACC) .....	20
9.5	SPINTA SUI PIEDRITTI PRODOTTA DAL SOVRACCARICO (SPACCSX) .....	22
9.6	AZIONE SISMICA .....	23
9.6.1	<i>Classificazione sismica</i> .....	23
9.6.2	<i>Forze d'inerzia</i> .....	23
9.6.3	<i>Spinta sismica del terreno (SPSSX)</i> .....	26



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	3 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

9.7	AZIONE TERMICA .....	27
9.8	RITIRO DEL CALCESTRUZZO .....	27
10	COMBINAZIONI DI CARICO .....	28
10.1	INVILUPPO SOLLECITAZIONI .....	31
11	VERIFICHE .....	35
11.1	VERIFICA SOLETTA SUPERIORE .....	35
11.2	VERIFICA PIEDRITTI .....	44
11.3	VERIFICA SOLETTA INFERIORE .....	51
11.4	VERIFICA SETTO INTERMEDIO .....	60
12	RIEPILOGO INCIDENZE .....	67



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	4 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

## 1 PREMESSA

La linea ferroviaria Foggia – Bari attraversa a raso il territorio comunale di Bari nelle località Palese e Santo Spirito. La direttrice adriatica determina quindi una interruzione del tessuto urbano, con presenza di numerosi passaggi a livello, apportando pesanti ripercussioni sulla mobilità e sulla sicurezza degli abitanti.

Il progetto definitivo del “Nodo di Bari: Bari Nord - Variante di tracciato tra Santo Spirito e Palese” è parte di un più vasto complesso progettuale relativo all’evoluzione del Nodo ferroviario di Bari, volto alla razionalizzazione, riorganizzazione e ad un generale miglioramento del trasporto ferroviario, attraverso un organico inserimento delle reti ferroviarie nel territorio urbano della città di Bari e una riqualificazione urbanistica delle aree dismesse.

Nel dicembre 2005 il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, la Regione Puglia, il Comune di Bari e Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. siglarono un “Protocollo d’Intesa per il riassetto del nodo di Bari” finalizzato alla individuazione delle più efficaci soluzioni trasportistiche che rispondessero alle esigenze di riqualificazione urbana e di sviluppo economico del territorio al fine di perseguire i seguenti obiettivi:

- Riduzione delle interferenze tra le linee ferroviarie ed il territorio comunale;
- Realizzazione di un sistema di trasporto integrato, intermodale e intramodale a elevata frequenza;
- Aumento della qualità dei servizi di trasporto offerti con riduzione dei tempi di percorrenza e aumento dei punti di accesso alla modalità ferroviaria;
- Recupero, riqualificazione e valorizzazione delle aree ferroviarie dismesse e da dismettere;
- Abbattimento dei livelli di inquinamento acustico ed atmosferico nelle aree della città di Bari.

A seguito di tale Protocollo e del “Tavolo Tecnico” istituito dalla Regione Puglia, furono sviluppati uno studio di pre-fattibilità e successivamente uno studio di fattibilità.



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	5 di 67

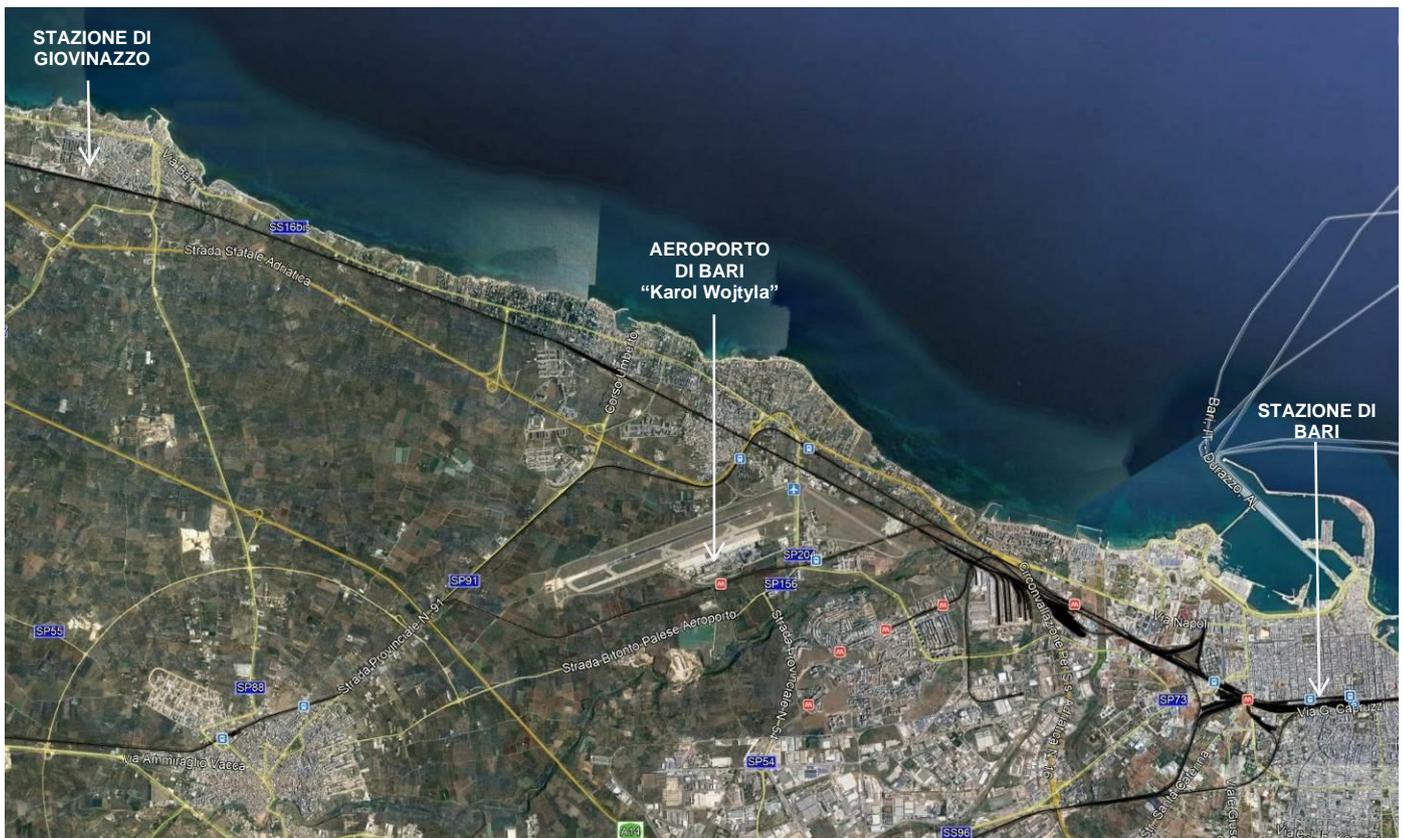
RELAZIONE DI CALCOLO

Il progetto preliminare del Riassetto del Nodo di Bari sviluppato a seguito delle analisi sullo studio di fattibilità è stato assentito con Conferenza di Servizi Istruttoria indetta dalla Regione Puglia ai sensi dell'art. 14-bis della legge 241/1990 e approvato con verbale di CdS del 25 maggio 2009.

Il presente Progetto Definitivo del "Nodo di Bari: Bari Nord - Variante di tracciato tra Santo Spirito e Palese" è stato dunque sviluppato come soluzione di variante al Progetto Preliminare del 2009 oggetto di Parere VIA e sulla base delle prescrizioni e pareri ricevuti in fase di iter autorizzatorio del Progetto Preliminare del 2021.

## 2 INQUADRAMENTO GENERALE

L'area interessata dal progetto ricade nella zona a nord - ovest della città di Bari, nell'area compresa tra l'aeroporto internazionale di Bari e il comune di Giovinazzo.

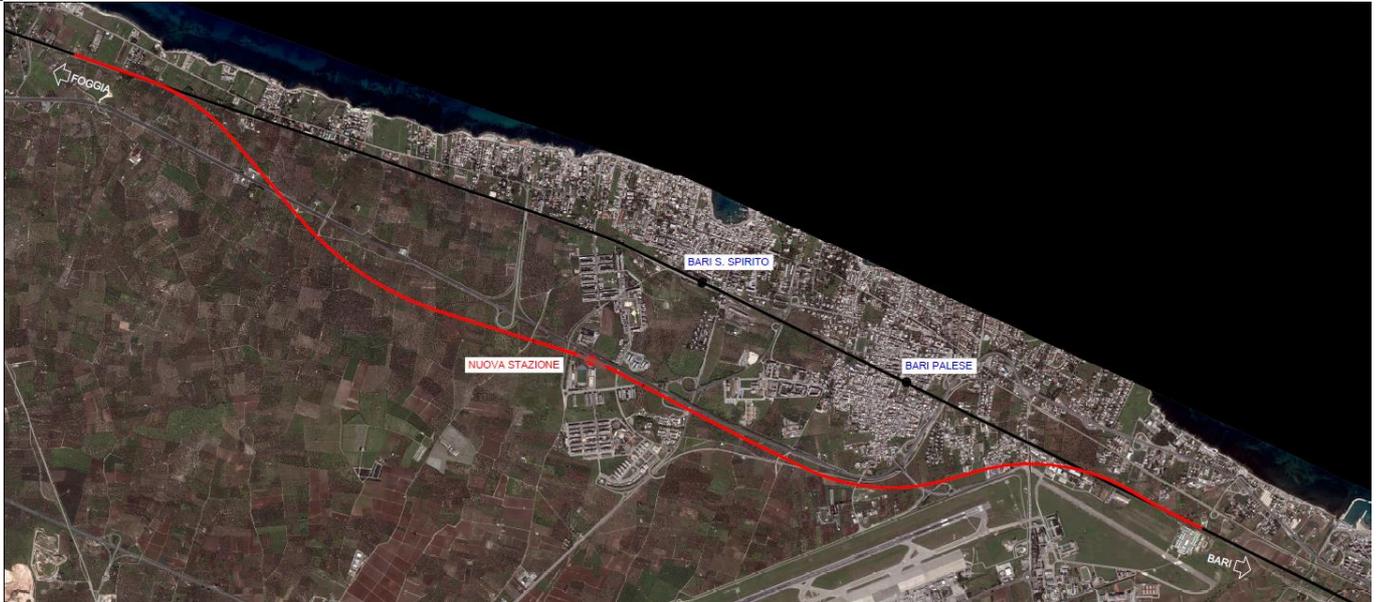


**Figura 2-1 Inquadramento area di intervento**

Il tracciato ferroviario è sviluppato tenendo conto dei seguenti input:

- $V_c = 200$  km/h ( $V_t = 180$  km/h)
- Nuova stazione con marciapiede ad isola da 250m e modulo di precedenza 750

La nuova linea ha origine dopo Giovinazzo, all'incirca al km 632+000 della linea Adriatica, da dove sfiocca verso sud-est e prosegue in corretto tracciato per circa un chilometro mantenendosi pressoché a quota piano campagna.



**Figura 2-2 Tracciato Rosso**

La variante di tracciato si sviluppa quasi nella sua interezza sotto il piano campagna, i primi 1.300 m circa si sviluppano quasi al piano campagna per poi iniziare a perdere quota fino ad entrare in galleria artificiale. L'opera ha uno sviluppo complessivo di circa 3 km e consente il sottoattraversamento della Strada Statale n. 16 e dei successivi assi viari.

Dopo circa 4,8 km il tracciato prosegue a cielo aperto, in trincea profonda, dove viene realizzato il nuovo impianto di stazione di S.Spirito – Enzitetto, costituito da due marciapiedi ad isola da 250m, ai quali si accede attraverso un sistema di scale mobili e ascensori che conducono al fabbricato di stazione posto al piano campagna. L'impianto di stazione garantisce sia per i binari di corsa sia per i binari di precedenza un modulo di 750m.

La trincea è interrotta da una galleria artificiale necessaria a creare aree a verde attrezzate, a servizio della nuova stazione, e a risolvere l'interferenza con via Nicholas Green.

In uscita dall'impianto di stazione il tracciato inizia a salire e prosegue in galleria artificiale verso sud-est parallelamente alla SS16, sotto attraversando la rampa di svincolo della statale e la SP91.



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	8 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

Dopo un tratto allo scoperto, il tracciato entra nuovamente in galleria artificiale al km 6+625, così da consentire in sottoattraversamento di strada di Torre Bregiola e della linea ferroviaria Bari-Bitonto via Palese, gestita dalle Ferrovie del Nord Barese.

Dopo aver sotto-attraversato via Modugno, il tracciato prosegue in direzione est sotto attraversando la Strada provinciale n 201.

Al fine di evitare interferenze con l'aeroporto internazionale di Bari "Karol Wojtyła" il tracciato piega verso nord-est risolvendo l'interferenza della rotatoria di collegamento tra la SP201 e la SP204 in galleria, per proseguire nell'area dell'aeroporto militare Bari Palese.

Superata l'area militare la livelletta inizia a prendere quota uscendo allo scoperto al km 9+780 ca e proseguendo in trincea fino a riallacciarsi sul sedime della linea storica in corrispondenza del km 642+537.

### 3 SCOPO DEL DOCUMENTO

Nella presente relazione viene riportato il calcolo della vasca di compenso Black out, posizionata prima della galleria GA01 sezione A, relativa al Progetto Definitivo della linea ferroviaria Bari – Barletta, lungo la tratta ferroviaria Bari Nord Santo Spirito – Bari Palese.



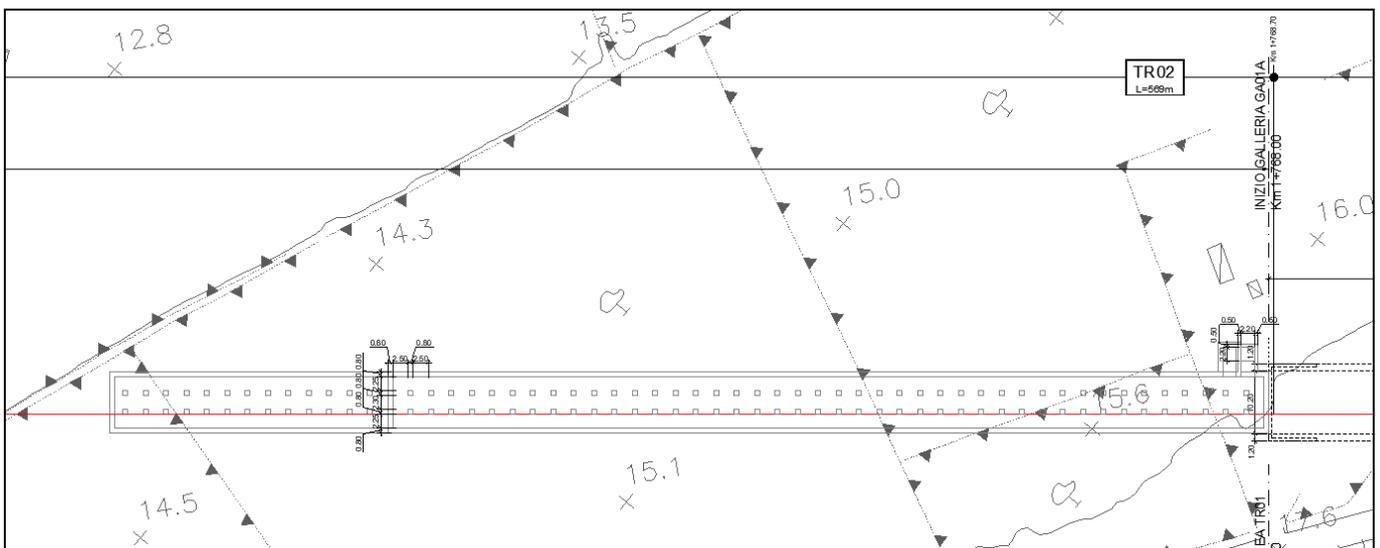
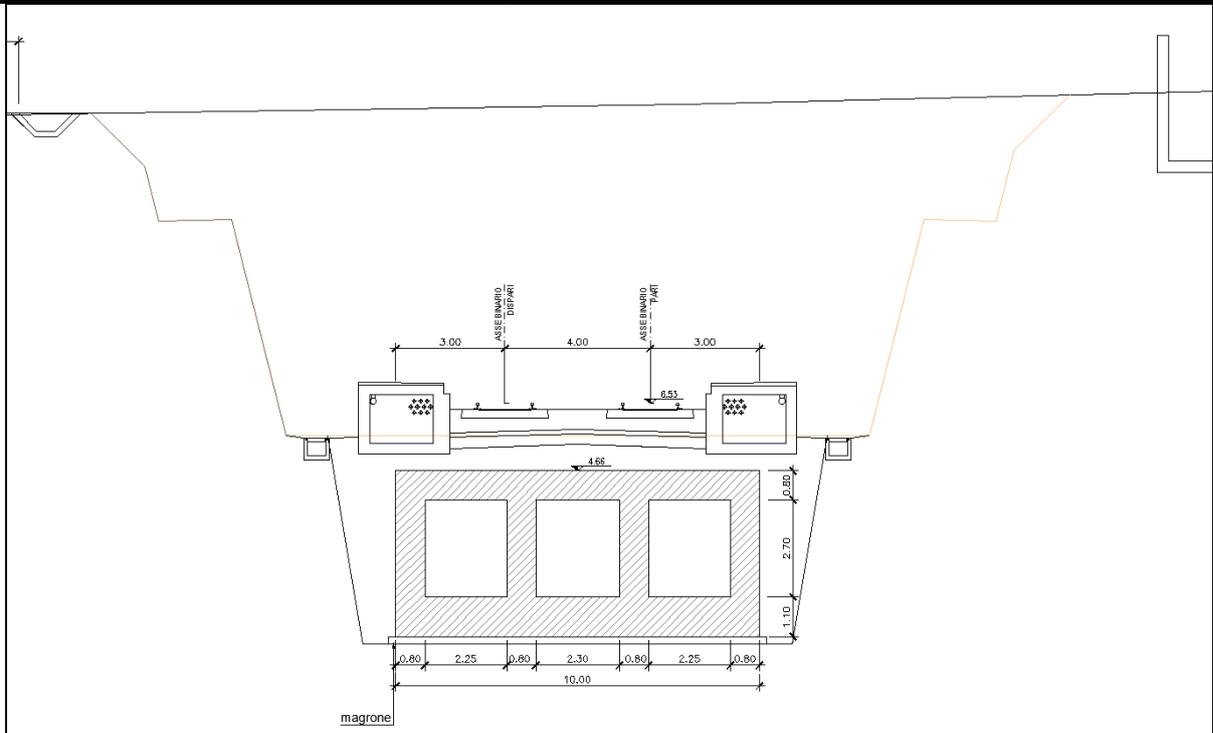
**Figura 3-1: planimetria del tracciato in oggetto - Google Earth.**

#### 3.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La vasca di black out oggetto della presente presenta una pianta irregolare con ingombro massimo di circa 142 m x 15 m. La soletta inferiore misura 110 cm, mentre quella superiore e i piedritti esterni hanno uno spessore di 80 cm. Al suo interno sono presenti pilastri in c.a. di dimensioni 80 cm x 80 cm. La luce netta interna è pari a 2,70 m e l'accesso è garantito da una scala verticale a pioli.

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	10 di 67



Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

	<b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b> PROGETTO DEFINITIVO					
VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>IADR</b>	REL 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 004	REV. A	FOGLIO 11 di 67

## 4 **NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

### 4.1 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- [1] Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 20.2.2018, Supplemento Ordinario n.30;
- [2] Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 del Consiglio superiore del Lavori Pubblici recante “Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”;
- [3] RFI DTC SI MA IFS 001 F del 31.12.2022 - “MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI”;
- [4] RFI DTC SI CS SP IFS 004 del 2021- Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 5 – “Opere in terra e scavi” – RFI.
- [5] UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- [6] UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

### 4.2 **DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

Si faccia riferimento all’elenco elaborati allegato.

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	12 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

## 5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Nel presente capitolo vengono riportate le principali caratteristiche dei materiali utilizzati per la realizzazione delle strutture.

### 5.1 CALCESTRUZZO

- Classe di resistenza C32/40
- Classe minima di consistenza S3, S4
- Classe di esposizione ambientale XC3, XS1
- Copriferro 50 mm
- $R_{ck} = 40$  MPa Resistenza cubica caratteristica a compressione
- $f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 33.2$  N/mm<sup>2</sup> Resistenza caratteristica a compressione;
- $f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 18.81$  N/mm<sup>2</sup> Resistenza di calcolo a compressione del cls;
- $E_{cm} = 33642.8$  N/mm<sup>2</sup> Modulo elastico del calcestruzzo

### 5.2 ACCIAIO

#### 5.2.1 Acciaio per cemento armato

Si utilizzano barre ad aderenza migliorata in acciaio con le seguenti caratteristiche meccaniche:

- acciaio B450C
- tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk} = 450$  N/mm<sup>2</sup>
- tensione caratteristica di rottura  $f_{tk} = 540$  N/mm<sup>2</sup>
- resistenza di calcolo a trazione  $f_{yd} = 391.30$  N/mm<sup>2</sup>
- modulo elastico  $E_s = 206000$  N/mm<sup>2</sup>

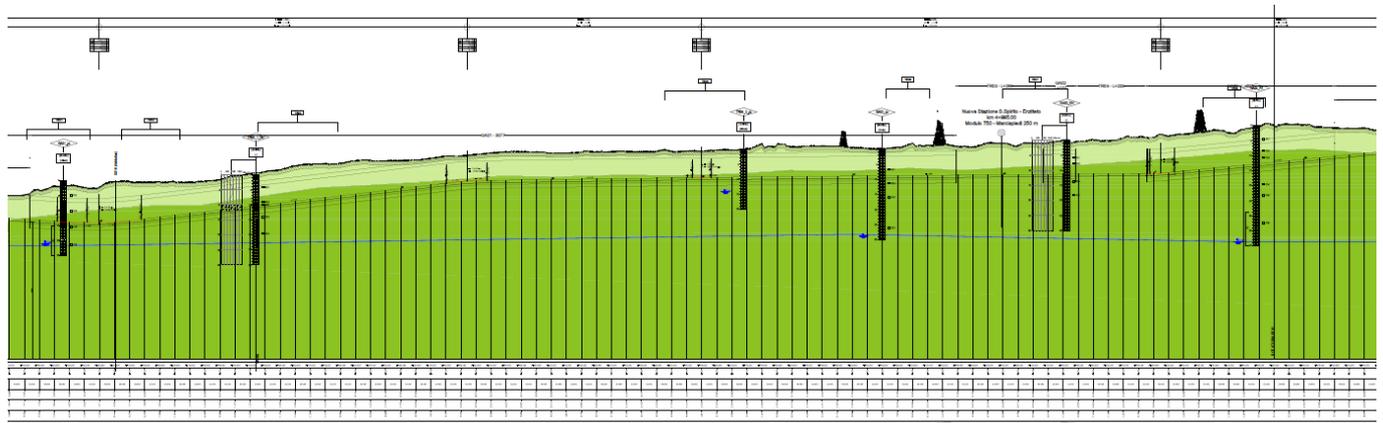
## 6 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Il modello geotecnico di calcolo è stato definito sulla base di quanto riportato nella Relazione Geotecnica e nel Profilo Geotecnico, allegati al presente progetto e ai quali si rimanda per le trattazioni di dettaglio. Si riporta a seguire uno stralcio del citato profilo in cui ricade l'opera qui esaminata e la tabella che riassume i parametri geotecnici caratteristici assunti nel calcolo.

Unità Geotecnica	$\gamma$	$\varphi'$	$c'$	GSI	$\sigma_{ci}$	$m_i$	$E_{op}$	$k$
	(kN/m <sup>3</sup> )	(°)	(kPa)		(MPa)		(MPa)	(m/s)
TC	19.0	28-30	0-5				10	
<b>CAL</b> Calt	20.0	35-37	0-10				50	1E-03 ÷ 1E-05
C1a (da inizio a 5+000 da 8+000 a fine)	24.0	43	40	30	40	9	500	1E-04 ÷ 1E-6
C1b (da 5+500 a 8+000)	24.0	41	20	20	40	9	500	1E-04 ÷ 1E-6
C2	24.0	43	100	35	70	9	1000	1E-04 ÷ 1E-6

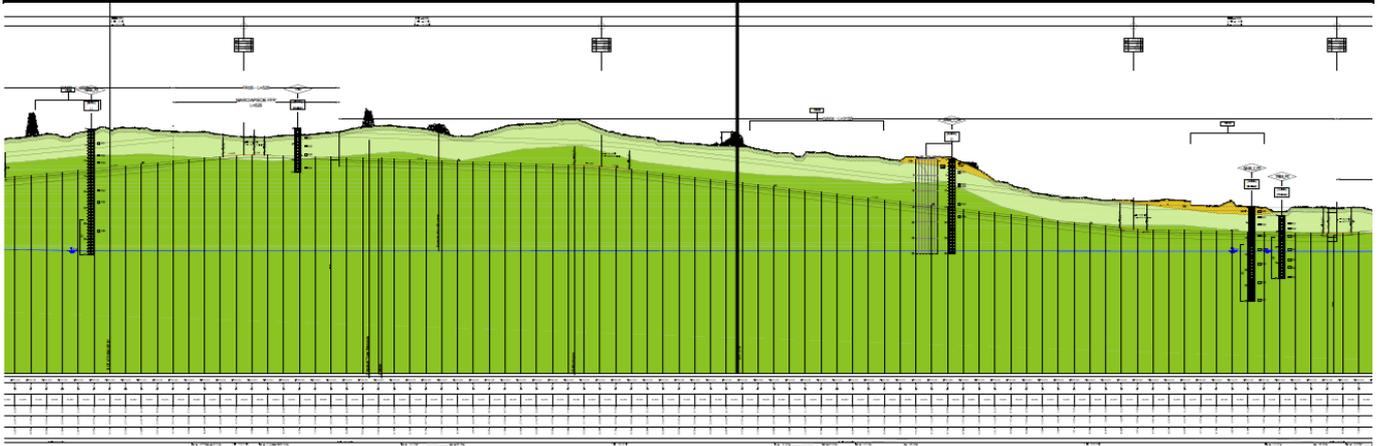
La falda si trova ad una quota di circa 0 m s.l.m. e non interferisce con le opere in progetto.

Il terreno di fondazione è costituito dall'unità C2.



VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	14 di 67



**Figura 6-1: profilo geotecnico**



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	15 di 67

## 7 GEOMETRIA

Le caratteristiche geometriche risultano:

- Larghezza totale dello scatolare	Ltot	10,00 m
- Larghezza utile dello scatolare	Lint	8,40 m
- Altezza totale dello scatolare	Htot	4,60 m
- Altezza libera dello scatolare	Hint	2,70 m
- Spessore della soletta	Ss	0,80 m
- Spessore piedritti	Sp	0,80 m
- Spessore fondazione	Sf	1,10 m

Larghezza striscia di calcolo  $b = 1$  m

L'analisi della struttura è stata condotta mediante il programma di calcolo agli elementi finiti SAP2000, prodotto dalla Computer and Structures inc. di Berkeley, California, USA.

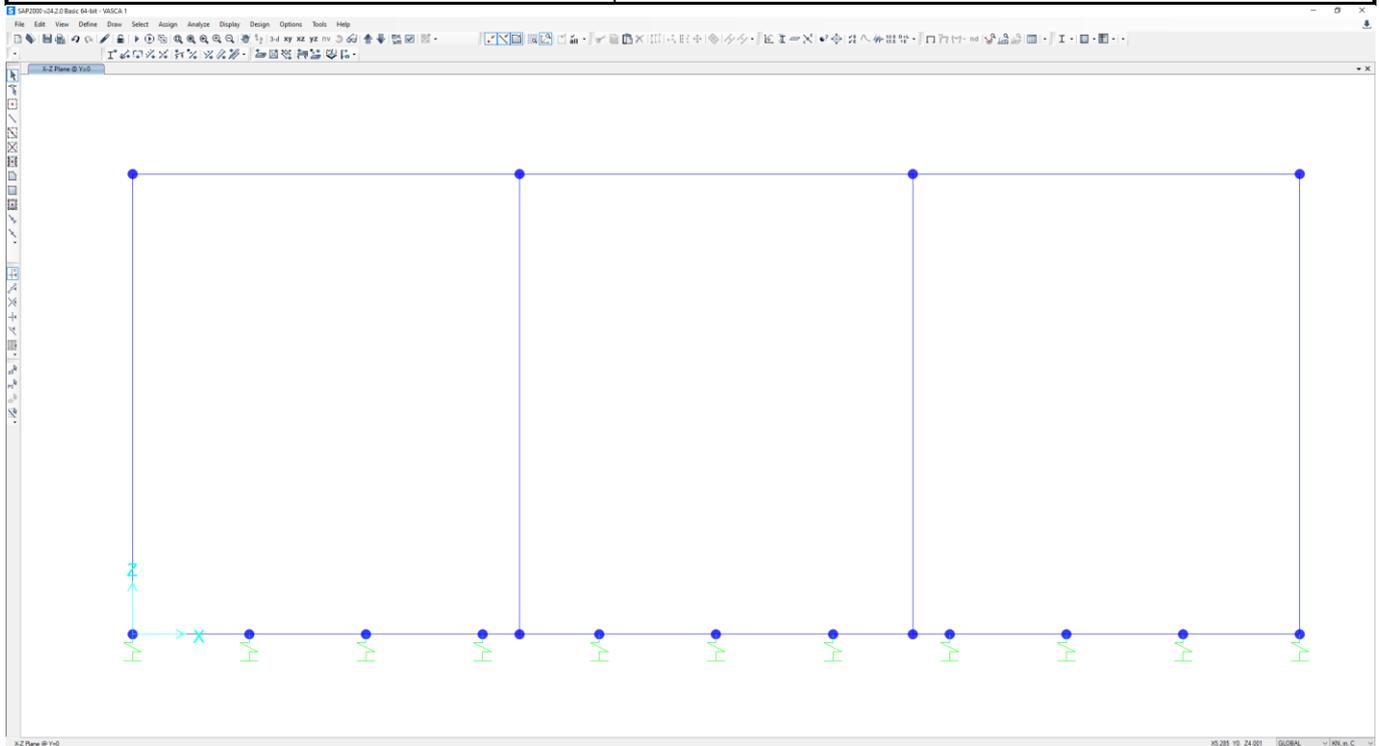


Figura 7-1: modello 2D dello scatolare

## 8 INTERAZIONE TERRENO STRUTTURA

Per l'analisi della struttura è stato sviluppato un modello di calcolo nel quale l'interazione struttura-terreno è stata simulata attraverso molle.

Tale valore è stato determinato, a partire dal valore di E dello strato di fondazione, attraverso la Relazione di Vogt:

$$k_s = \frac{1.33 \cdot E}{\sqrt[3]{b_t^2 \cdot b_l}}$$

- $K_s$  = costante di sottofondo [F/L<sup>3</sup>];
- $b_t$  = dimensione trasversale dell'opera;
- $b_l$  = dimensione longitudinale dell'opera;
- E = modulo di Young del terreno.

Di seguito si riportano i valori impiegati nel calcolo:

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	17 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

rigidezza molle

E (kN/m <sup>2</sup> )	1000000	modulo di Young terreno di fondazione
b <sub>t</sub> (m)	10.00	dimensione trasversale dell'opera
b <sub>l</sub> (m)	1	dimensione longitudinale dell'opera
k <sub>s</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	39900	costante di sottofondo (formulazione di Vogt)

## 9 ANALISI DEI CARICHI

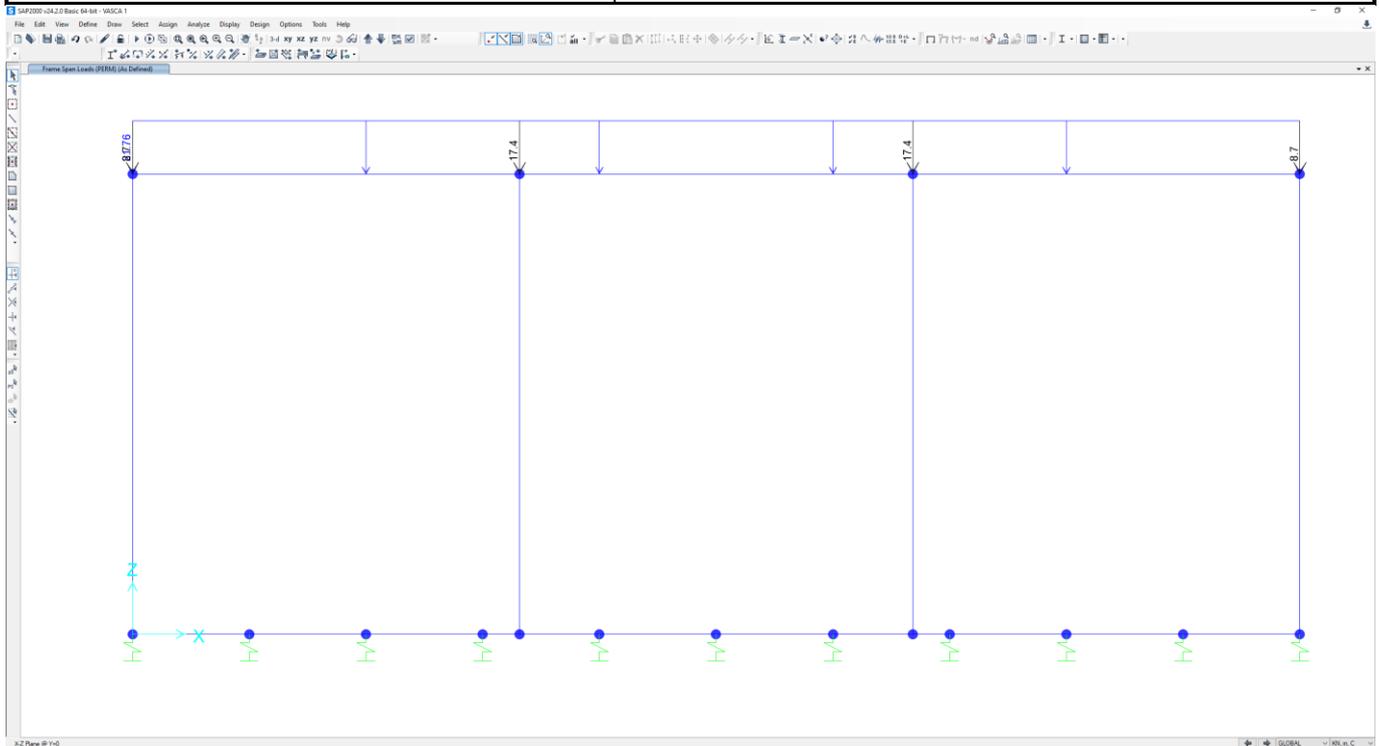
### 9.1 PESO PROPRIO (DEAD)

Il peso proprio è stato considerato ponendo il peso dell'unità di volume del calcestruzzo armato pari a  $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ .

### 9.2 CARICHI PERMANENTI PORTATI (PERM)

#### Permanenti portati (condizione PERM)\_sol superiore

Peso specifico ballast	$\gamma_b$	20.00 kN/m <sup>3</sup>
Altezza ballast	H <sub>b</sub>	0.80 m
Peso ballast	P <sub>b</sub>	16.00 kN/m <sup>2</sup>
Peso specifico rinterro	$\gamma_r$	22.00 kN/m <sup>3</sup>
Altezza rinterro	H <sub>r</sub>	0.00 m
Peso rinterro	P <sub>r</sub>	0.00 kN/m <sup>2</sup>
Peso specifico massetto di protezione/pendenza	$\gamma_m$	24.00 kN/m <sup>3</sup>
Altezza massetto di protezione/pendenza	H <sub>m</sub>	0.24 m
Peso massetto di protezione/pendenza	P <sub>m</sub>	5.76 kN/m <sup>2</sup>
Permanente totale	G2p	21.76 kN/m <sup>2</sup>
Permanente nodi 1,2,15,17	G2P	8.70 kN/m



**Figura 9-1: carico PERM**

### 9.3 SPINTA DEL TERRENO (SPTSX E SPTDX)

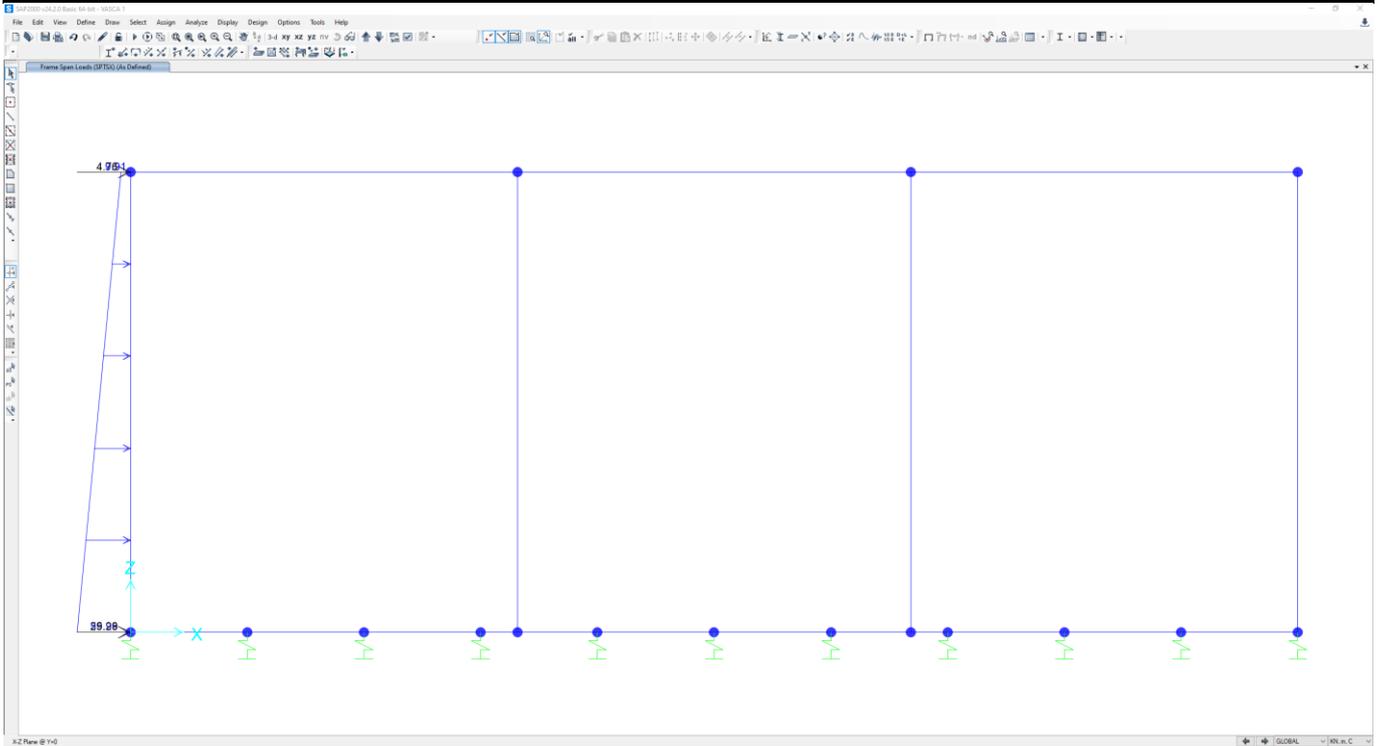
La struttura è stata analizzata nella condizione di spinta a riposo. Il coefficiente di spinta è stato calcolato utilizzando la formula  $K_0 = 1 - \sin\Phi$ , per cui si ottiene il valore  $K_0=0,455$ .

#### Spinta del terreno (condizioni SPTSX e SPTDX)

Peso specifico terreno	$\gamma_t$	22.00	kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito rinterro	$\phi$	33	°
coefficiente di spinta a riposo	$k_0$	0.455	
Pressione estradosso soletta superiore	P1	9.91	kN/m <sup>2</sup>
Pressione asse soletta superiore	P2	13.92	kN/m <sup>2</sup>
Pressione asse soletta inferiore	P3	50.48	kN/m <sup>2</sup>
Pressione intradosso soletta inferiore	P4	55.99	kN/m <sup>2</sup>
Forza concentrata asse soletta superiore	F1	4.76	kN/m
Forza concentrata asse soletta inferiore	F1	29.28	kN/m

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	19 di 67



**Figura 9-2: carico SPTSX**

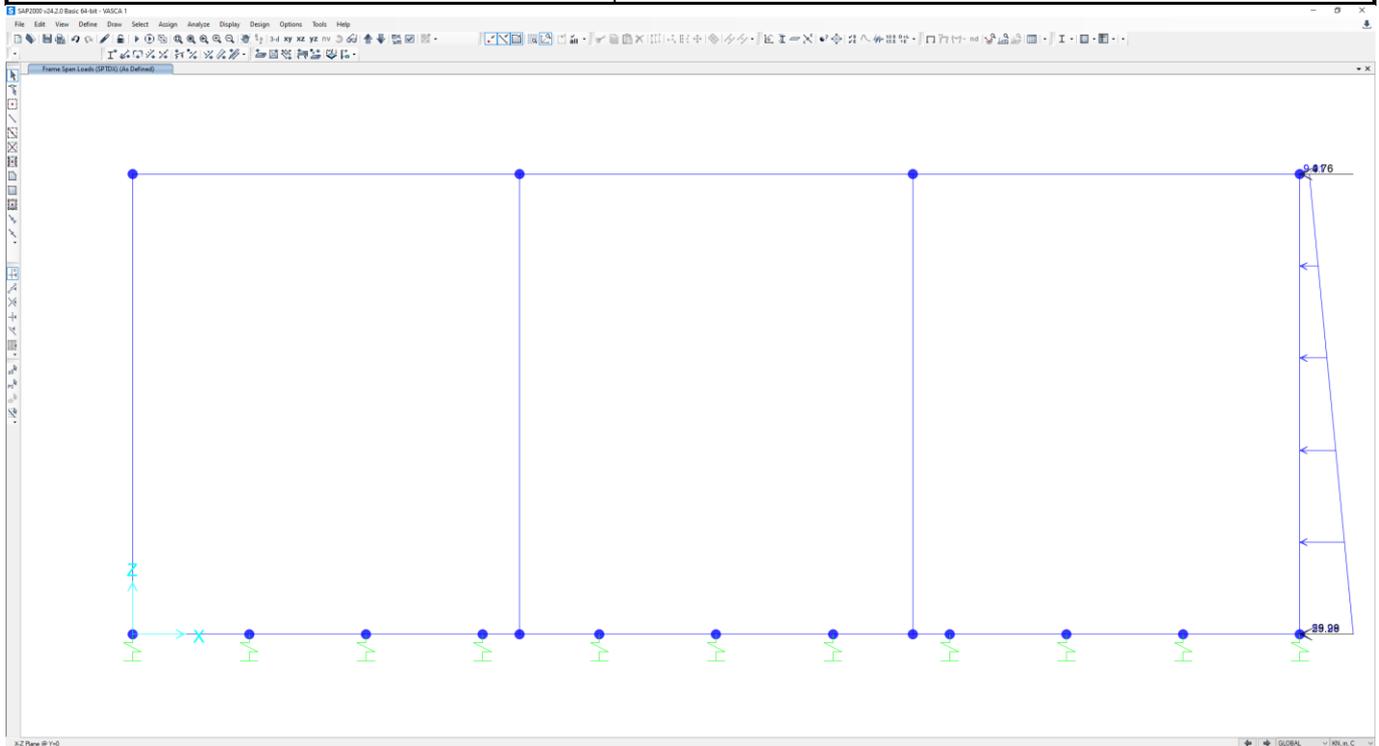


Figura 9-3: carico SPTDX

## 9.4 CARICHI ACCIDENTALI (ACC)

Nella soletta inferiore si considera il modello di carico LM71:

### Carichi accidentali, ripartizione carichi verticali (condizione LM71)\_sol superiore

Coefficiente di incremento dinamico	$\Phi$	1.25
Coefficiente di adattamento	$\alpha$	1.10
Larghezza di diffusione nel ballast	$L_{db}$	0.2 m
Larghezza di diffusione nel rinterro	$L_{dr}$	0.0 m
Larghezza di diffusione nel cls	$L_{dc}$	1.1 m
Larghezza trasversale di diffusione del carico	$L_{dv}$	3.70 m
Carico distribuito per treno LM71	$q_1$	80 kN/m
Carico concentrato per treno LM71	$Q_1$	250 kN
Num. carichi concentrati	$N_{Q1}$	4
Lunghezza applicazione carichi concentrati	$L_{d,Q1}$	6.40 m

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	21 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

Carico ripartito verticale per LM71

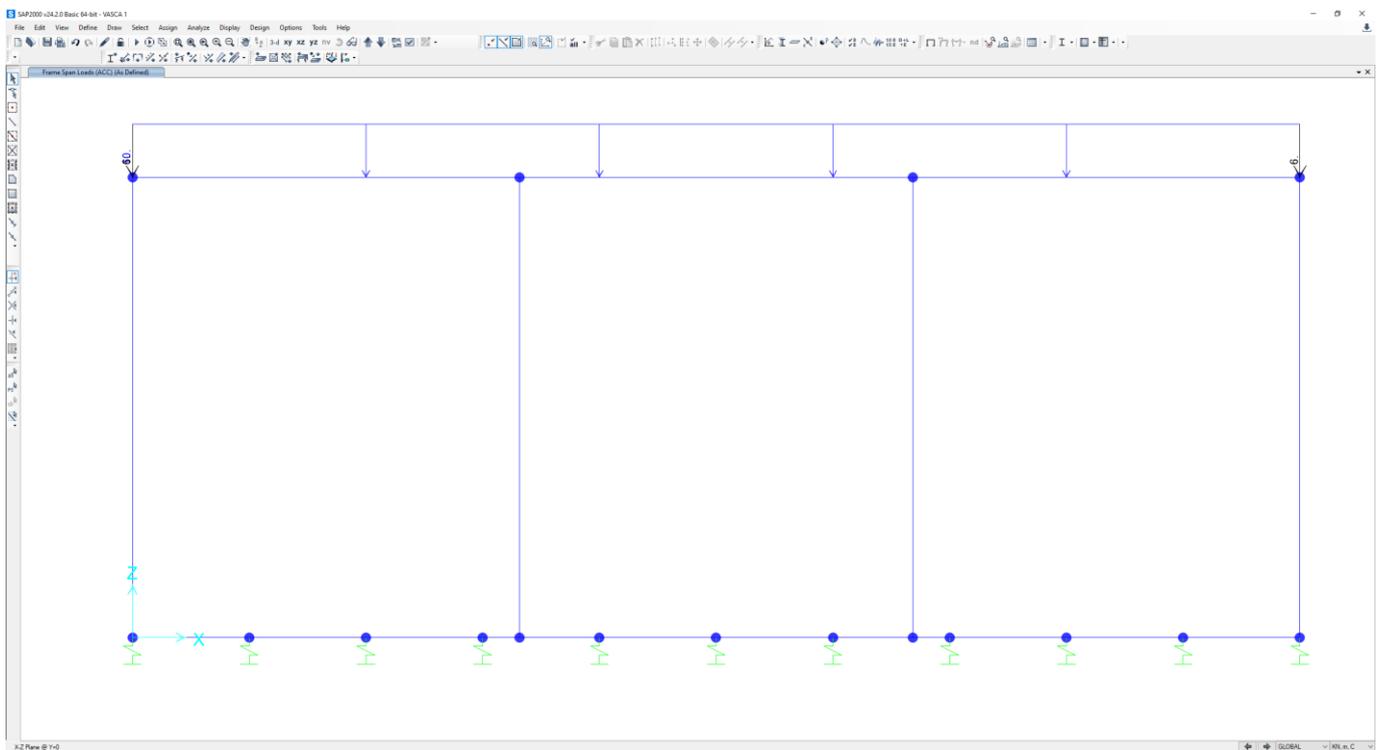
$P_{q1}$  **29.80** kN/m<sup>2</sup>

Carico ripartito verticale per LM71

$P_{Q1}$  **58.20** kN/m<sup>2</sup>

Accidentale nodi 1 e 2

$P_{Q1}$  **23.28** kN/m



**Figura 9-4: carico LM71**

## 9.5 SPINTA SUI PIEDRITTI PRODOTTA DAL SOVRACCARICO (SPACCSX)

Si è considerata la sola spinta prodotta dal carico massimo agente sulla soletta superiore, che vale:

### Spinta sui piedritti prodotta dal sovraccarico (condizione SPACCSX)

Larghezza trasversale di diffusione del carico	$L_{do}$	2.60 m
Spinta sul piedritto LM71	$S_{Q1}$	<b>30.10</b> kN/m <sup>2</sup>
Spinta semispessore soletta superiore	$F_{Q1,sup}$	12.04 kN/m
Spinta semispessore soletta inferiore	$F_{Q1,inf}$	16.56 kN/m

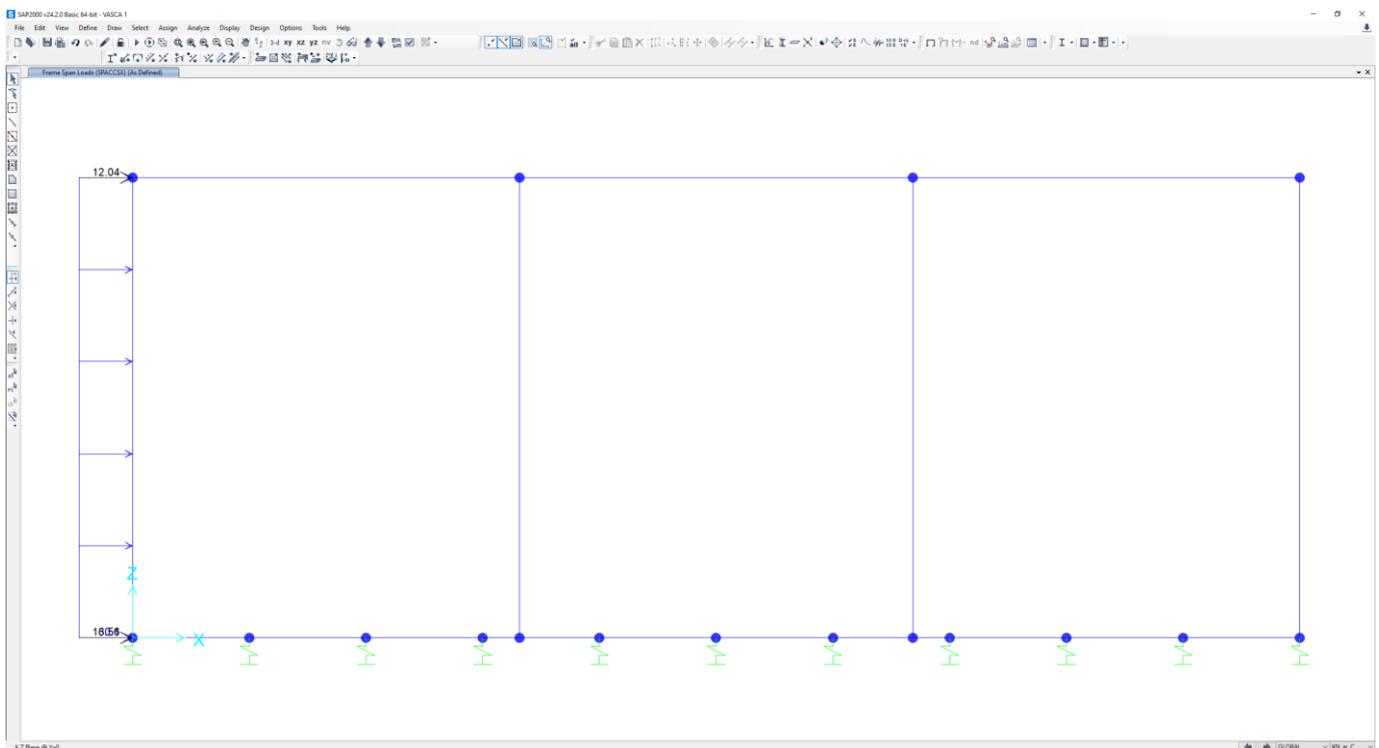


Figura 9-5: carico SPACCSX



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	23 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

## 9.6 AZIONE SISMICA

### 9.6.1 Classificazione sismica

Si considera la categoria di sottosuolo riportata nella Relazione Geotecnica, che, vista l'eterogeneità dei materiali rocciosi lungo il tracciato di interesse per l'opera in oggetto è stata assunta come categoria di suolo B.

Per ciò che concerne l'amplificazione topografica, sempre sulla base delle informazioni fornite nella Relazione Geotecnica, il tracciato corre all'interno di un sito sostanzialmente pianeggiante e viene classificato in categoria topografica T1.

### 9.6.2 Forze d'inerzia

Per il calcolo dell'azione sismica si è utilizzato il metodo dell'analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k.

Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

Forza sismica orizzontale  $F_h = k_h \cdot W$

Forza sismica verticale  $F_v = k_v \cdot W$

I valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = a_{max}/g$$

$$k_v = \pm 0,5 \times k_h$$

Ai fini del calcolo dell'azione sismica secondo le NTC2018 si è assegnata all'opera una vita nominale  $V_N=75$  anni ed una classe d'uso III ( $C_U=1.5$ ), che danno luogo ad un periodo di riferimento  $V_R=V_N \cdot C_U=112.5$  anni.

A seguito di tale assunzione si ha allo stato limite ultimo SLV, in funzione del sito in esame (Longitudine=16.767927°; Latitudine= 41.144079°), un valore dell'accelerazione pari a  $a_g=0.121$  g.



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01  
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	24 di 67

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione:

$$a_{max} = S * a_g = S_S * S_T * a_g$$

dove:

$S_S=1,20$  Coefficiente di amplificazione stratigrafica

$S_T=1.0$  Coefficiente di amplificazione topografica

ne deriva che:

$$a_{max}=1,20*1*0.121g = 0,145 g$$

$$k_h = a_{max}/g = 0,145$$

$$k_v = \pm 0,5 \times k_h = 0.073$$

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

$$G1 + G2$$

Pertanto avremo che:

SismaH

**Forza di inerzia (condizione sisma H)**

% carico accidentale

20%

Forza orizzontale su soletta di copertura

$F'_h$

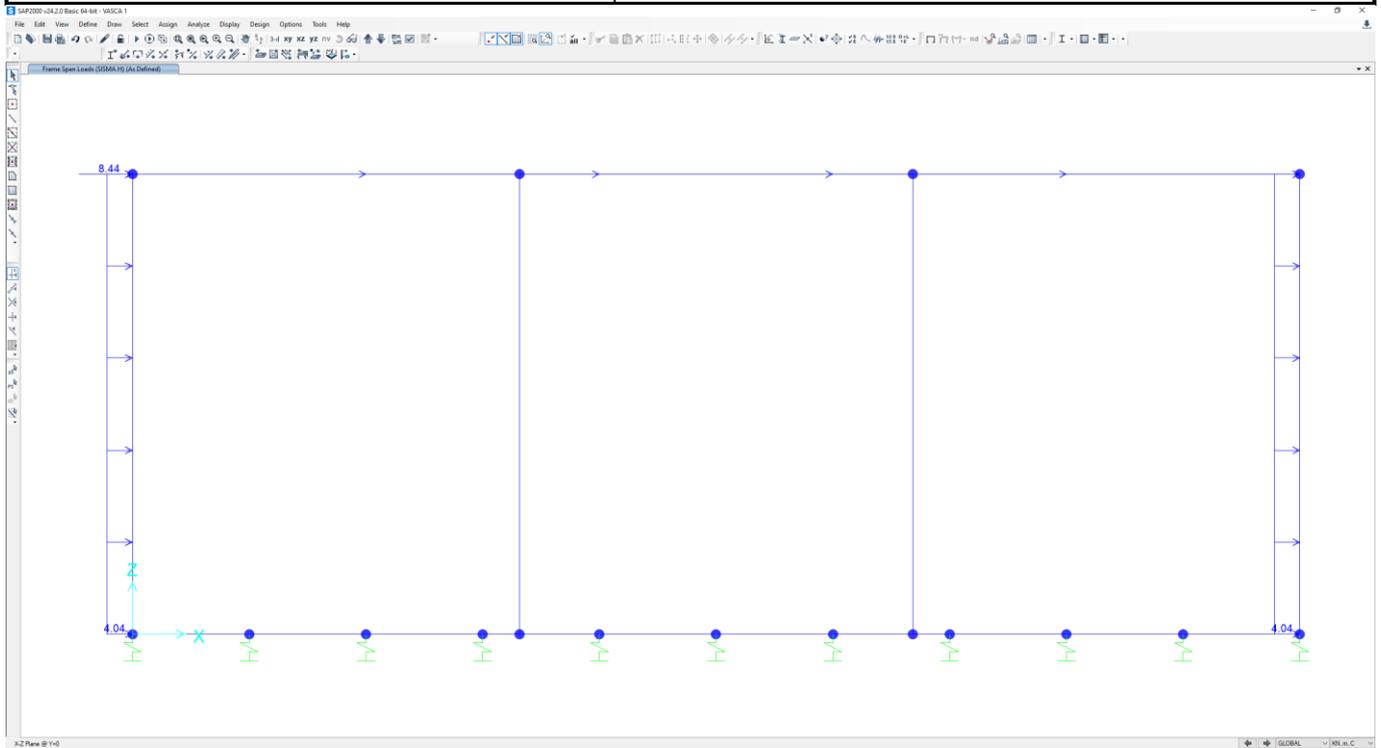
8.44 kN/m<sup>2</sup>

Forza orizzontale sul singolo piedritto

$F''_h$

4.04 kN/m<sup>2</sup>

Dove  $F'_h$  è dato da  $k_h * (\text{peso soletta superiore} + \text{permanente soletta superiore} + 20\% \text{ accidentale su soletta superiore})$ , e  $F''_h$  è dato da  $k_h * (\text{peso piedritto})$ .



**Figura 9-6: carico Sisma H**

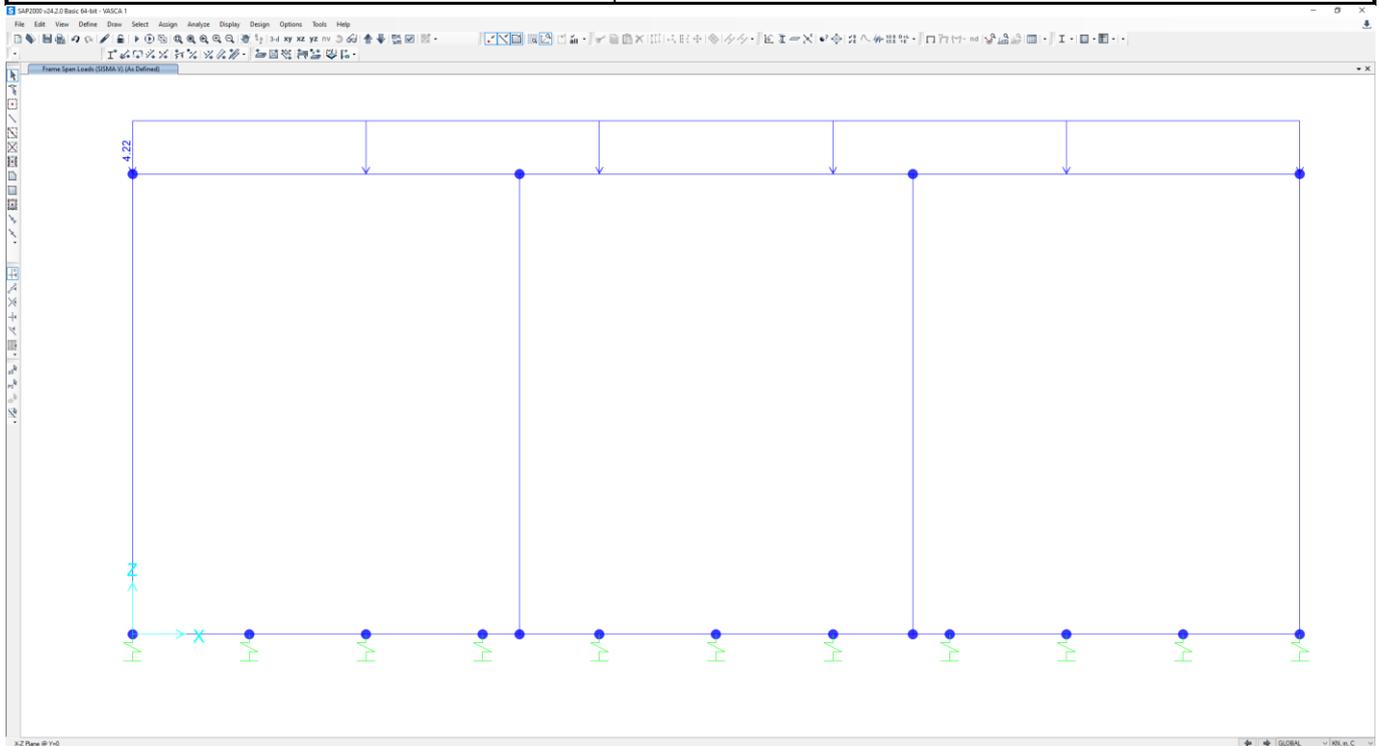
SismaV

**Forza di inerzia (condizione sisma V)**

Forza verticale su soletta di copertura

$$F''_v \quad 4.22 \text{ kN/m}^2$$

Dove  $F''_v$  è dato da  $k_v \cdot$  (peso soletta superiore+permanente soletta superiore+20% accidentale su soletta superiore)



**Figura 9-7: carico Sisma V**

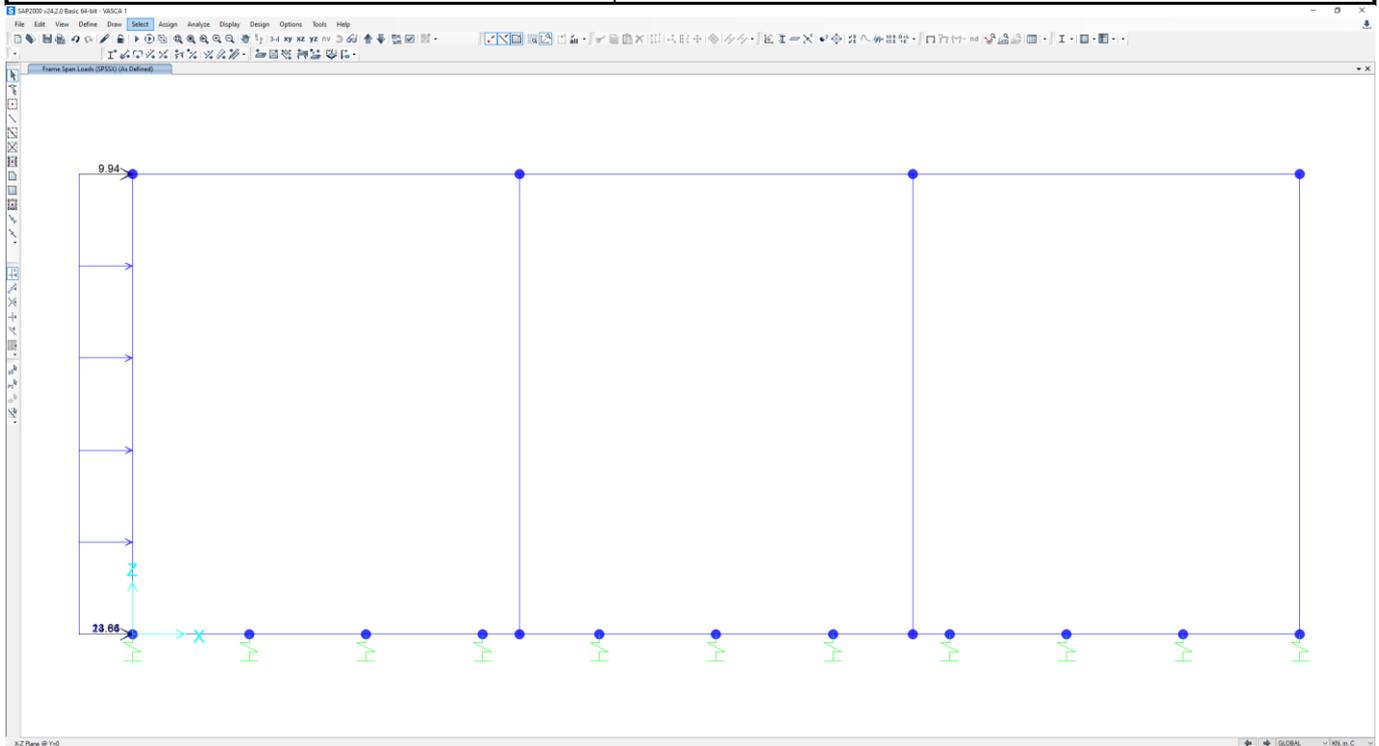
### 9.6.3 Spinta sismica del terreno (SPSSX)

Le spinte delle terre sono state determinate con la teoria di Wood:

#### Spinta sismica terreno - Teoria di WOOD (condizione SPSSX)

Spinta sul singolo piedritto	$Q_w$	24.84 kN/m <sup>2</sup>
Forza su nodo superiore	$Q_{w,sup}$	9.94 kN/m
Forza su nodo inferiore	$Q_{w,inf}$	13.66 kN/m

Dove  $Q_w$  è dato da  $a_{max} * (\text{permanente soletta superiore} + 20\% \text{ accidentale su soletta superiore} + \text{peso specifico rinterro} * \text{altezza totale})$ ,  $Q_{w,sup}$  è pari a  $(Q_w * \text{metà spessore soletta superiore})$  e  $Q_{w,inf}$  si calcola come  $(Q_w * \text{metà spessore soletta inferiore})$



**Figura 9-8: carico SPSSX**

## 9.7 AZIONE TERMICA

Alla struttura è stata applicata una variazione termica uniforme  $\Delta T = \pm 10^\circ\text{C}$ , come indicato dalla normativa vigente.

## 9.8 RITIRO DEL CALCESTRUZZO

Gli effetti del ritiro sono stati valutati a lungo termine attraverso il calcolo dei coefficienti di ritiro finale  $\epsilon_{cs}(t, t_0)$  e di viscosità  $\phi(t, t_0)$ . Tali effetti sono stati considerati agenti solo sulla soletta superiore ed applicati nel modello come una variazione termica uniforme equivalente.

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	28 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

## 10 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico prese in considerazione nelle verifiche sono state definite in base a quanto prescritto dalle NTC2018 al par.2.5.3:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

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

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

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

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Per le verifiche si tiene conto dei coefficienti parziali per le azioni come da tabelle 5.2.V e 5.2.VI del MdP.

Tab. 5.2.V - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

Coefficiente			EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(5)</sup>	1,00 <sup>(6)</sup>	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	$\gamma_{Ce}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole	d	1,20	1,20	1,00

Immagine sostituita

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	29 di 67

Tab. 5.2.VI - Coefficienti di combinazione  $\Psi$  delle azioni

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	$gr_1$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
Gruppi di	$gr_2$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
carico	$gr_3$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$gr_4$	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

Immagine aggiunta

Di seguito si riportano i carichi elementari.

DEAD	PESO PROPRIO
PERM	CARICHI PERMANENTI
SPTSX/SPTDX	SPINTA DELLE TERRE SU PIEDRITTI
ACC	CARICHI VARIABILI
LM71	CARICHI VARIABILI DA TRAFFICO
SPACCSX	SPINTA CARICHI VARIABILI SU PIEDRITTI
SISMAH	AZIONI SISMICHE ORIZZONTALI
SISMAV	AZIONI SISMICHE VERTICALI
SPSSX	SOVRASPINTA SISMICA
TEMP+	TEMPERATURA +
TEMP-	TEMPERATURA -

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	30 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

Nella tabella seguente sono indicate le combinazioni in condizioni statiche SLU e SLE e in condizioni sismiche SIS ritenute più gravose, da considerare ai fini delle verifiche strutturali.

	SLU01	SLU02	SLU03	SLU04	SLU05	SLU06	SLU07	SLU08	SLU09
DEAD	1.35	1.35	1.00	1.35	1.00	1.35	1.00	1.35	1.35
PERM	1.50	1.50	1.00	1.50	1.00	1.50	1.00	1.50	1.50
SPTSX	1.35	1.00	1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.35	1.00
SPTDX	1.35	1.00	1.35	1.00	1.00	1.35	1.35	1.35	1.00
ACC	1.45	1.45	0.00	1.45	0.00	1.45	0.00	1.45	1.45
LM71	1.45	1.45	1.16	1.45	1.16	1.45	1.16	0.00	0.00
SPACCSX	1.35	0.00	1.35	1.35	1.35	0.00	0.00	1.35	1.35
TEMP+	0.90	0.00	0.9	0.90	0.00	0.00	0.90	0.00	0.90
TEMP-	0.00	0.90	0.00	0.00	0.9	0.90	0.00	0.90	0.00
Sisma H	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sisma V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPSSX	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

	SIS01	SIS02	SIS03	SIS04	SIS05	SIS06	SIS07	SIS08
DEAD	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
PERM	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SPTSX	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SPTDX	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ACC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LM71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPACCSX	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TEMP+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TEMP-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sisma H	1.00	1.00	-1.00	-1.00	0.30	0.30	-0.30	-0.30
Sisma V	0.30	-0.30	0.30	-0.30	1.00	-1.00	1.00	-1.00
SPSSX	1.00	1.00	0.00	0.00	0.30	0.30	0.00	0.00

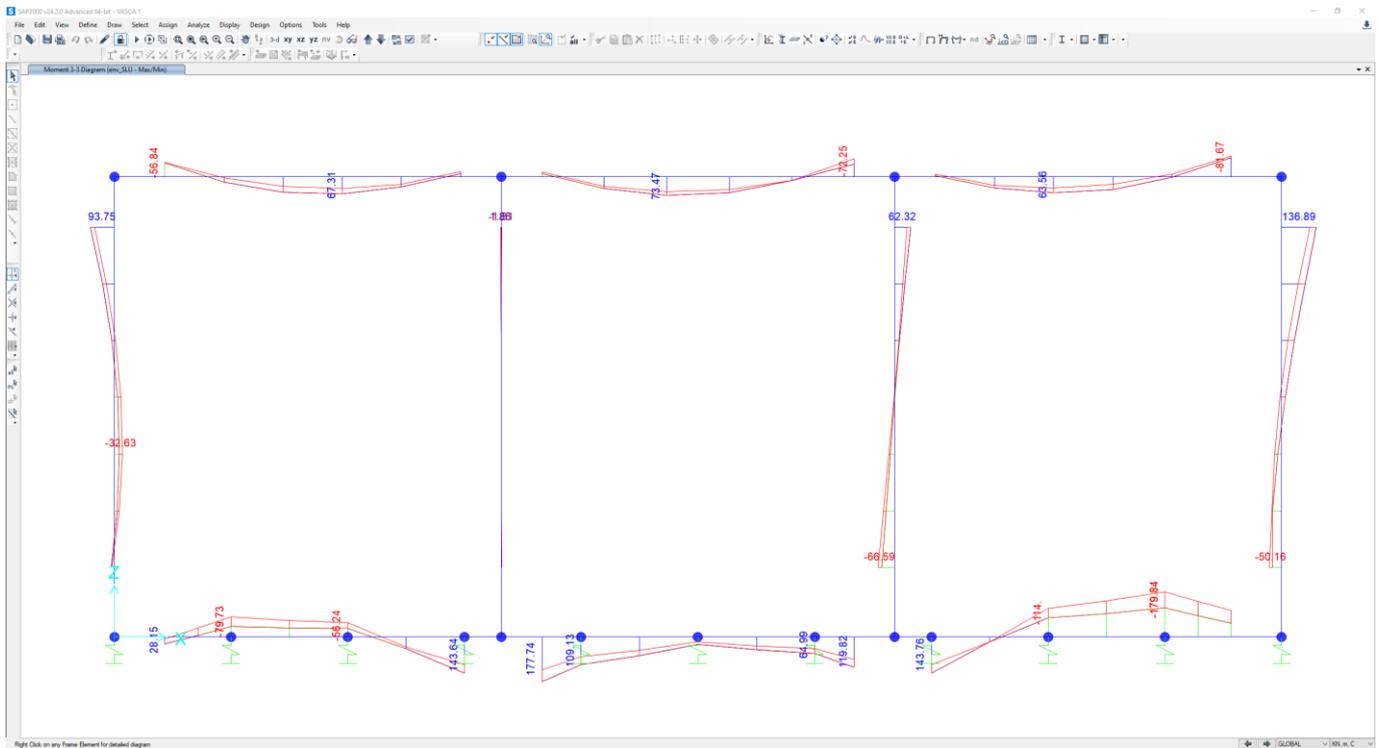
VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	31 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

## 10.1 INVILUPPO SOLLECITAZIONI

In questo paragrafo si riportano gli involuppi delle sollecitazioni.



**Figura 10-1: involuppo momento SLU**

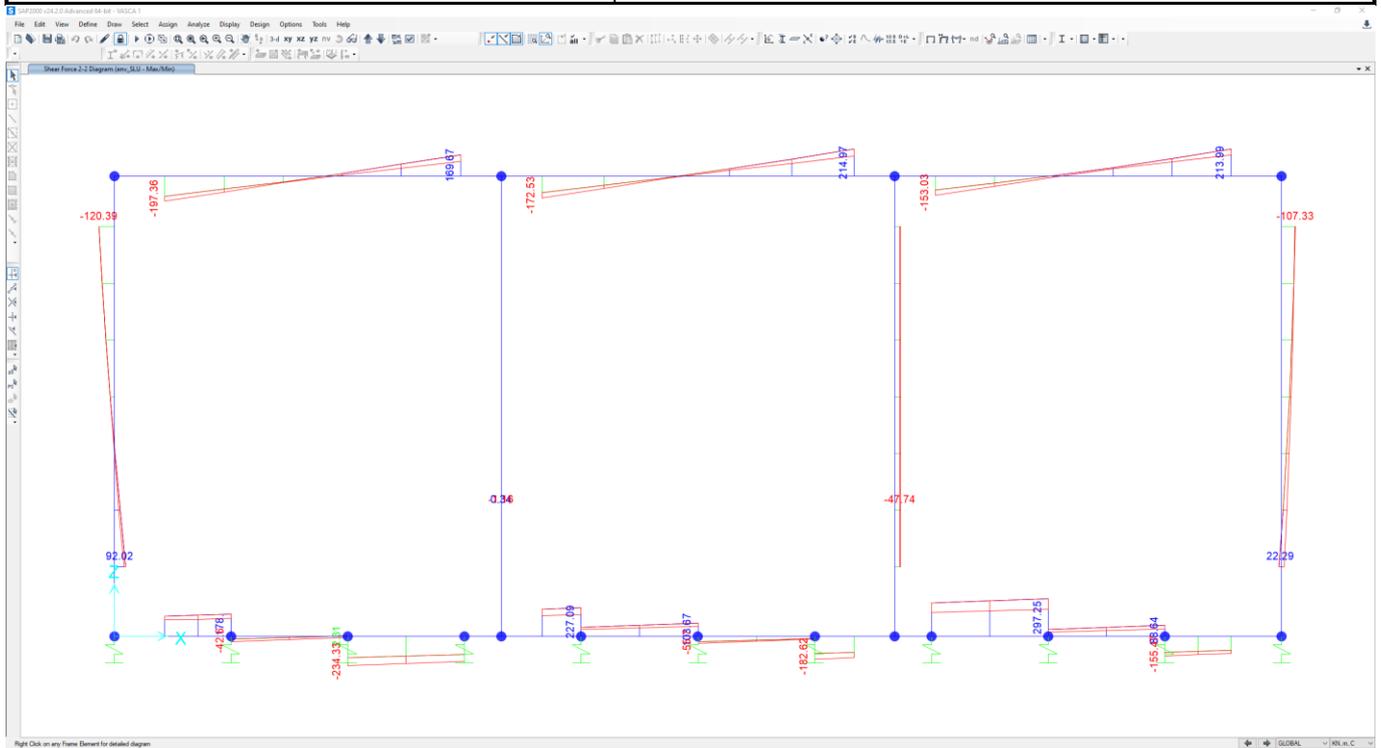
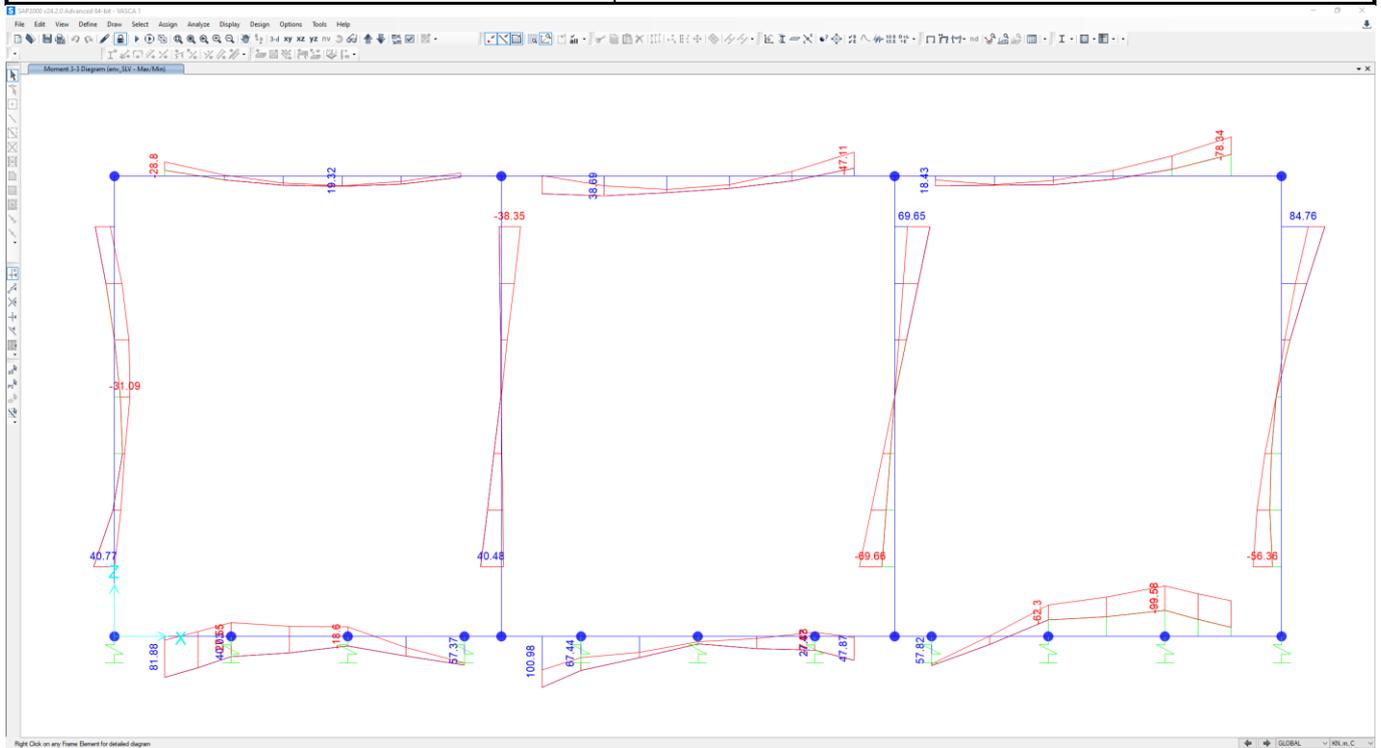


Figura 10-2: involucro taglio SLU

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	33 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

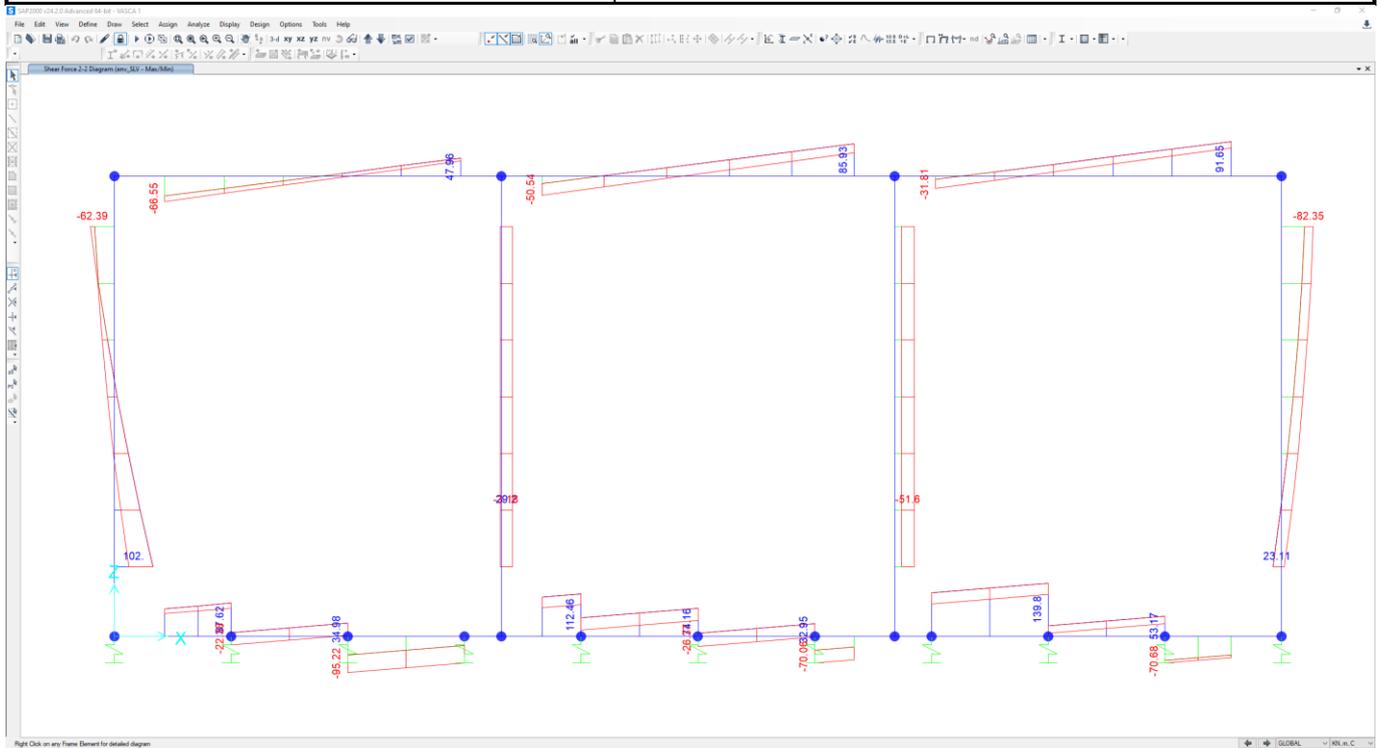


**Figura 10-3: involuipo momento SIS**

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	34 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO



**Figura 10-4: involuppo taglio SIS**

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	35 di 67

## 11 VERIFICHE

### 11.1 VERIFICA SOLETTA SUPERIORE

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni massime derivanti dalle analisi utilizzate nelle successive verifiche.

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	1.27	0.00	<b>38.69</b>	11	0.81	SIS1
M3	min		91.65	0.00	<b>-78.34</b>	12	2.65	SIS1
V2	max		91.65	<b>91.65</b>	-78.34	12	2.65	SIS1
V2	min		-81.73	<b>-81.73</b>	-59.47	10	0.40	SIS3
P	max		<b>-52.89</b>	0.00	14.52	10	2.73	SIS4
P	min		<b>-116.65</b>	0.00	-6.94	10	2.73	SIS1

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	-13.20	0.00	<b>75.05</b>	11	1.30	SLU4
M3	min		217.09	0.00	<b>-87.44</b>	12	2.65	SLU4
V2	max		219.30	<b>219.30</b>	-77.05	11	2.78	SLU4
V2	min		-201.24	<b>-201.24</b>	-58.33	10	0.40	SLU6
P	max		<b>-84.08</b>	0.00	-49.22	10	0.40	SLU7
P	min		<b>-175.91</b>	0.00	-57.24	10	0.40	SLU4

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	-11.33	0.00	<b>52.93</b>	11	1.30	RARA1
M3	min		153.57	0.00	<b>-64.77</b>	12	2.65	RARA1
V2	max		153.57	<b>153.57</b>	-64.77	12	2.65	RARA1
V2	min		-141.25	<b>-141.25</b>	-44.77	10	0.40	RARA1
P	max		<b>-95.44</b>	0.00	-5.43	12	0.32	RARA1
P	min		<b>-131.06</b>	0.00	-44.77	10	0.40	RARA1



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01  
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	36 di 67

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	<b>SLE</b>	-7.49	0.00	<b>40.37</b>	11	1.30	FREQ1
<b>M3</b>	<b>min</b>	<b>FRE</b>	115.27	0.00	<b>-55.34</b>	12	2.65	FREQ1
<b>V2</b>	<b>max</b>		115.27	<b>115.27</b>	-55.34	12	2.65	FREQ1
<b>V2</b>	<b>min</b>		-106.03	<b>-106.03</b>	-40.34	10	0.40	FREQ1
<b>P</b>	<b>max</b>		<b>-83.93</b>	0.00	0.54	12	0.32	FREQ1
<b>P</b>	<b>min</b>		<b>-111.42</b>	0.00	-4.93	11	0.32	FREQ1

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	<b>SLE</b>	-10.27	0.00	<b>23.47</b>	11	1.30	QPERM1
<b>M3</b>	<b>min</b>	<b>QPE</b>	-65.76	0.00	<b>-35.01</b>	10	0.40	QPERM1
<b>V2</b>	<b>max</b>		65.76	<b>65.76</b>	-35.01	12	2.65	QPERM1
<b>V2</b>	<b>min</b>		-65.76	<b>-65.76</b>	-35.01	10	0.40	QPERM1
<b>P</b>	<b>max</b>		<b>-63.77</b>	0.00	-35.01	10	0.40	QPERM1
<b>P</b>	<b>min</b>		<b>-74.07</b>	0.00	-6.85	11	0.32	QPERM1

Si riassume di seguito l'armatura adottata.

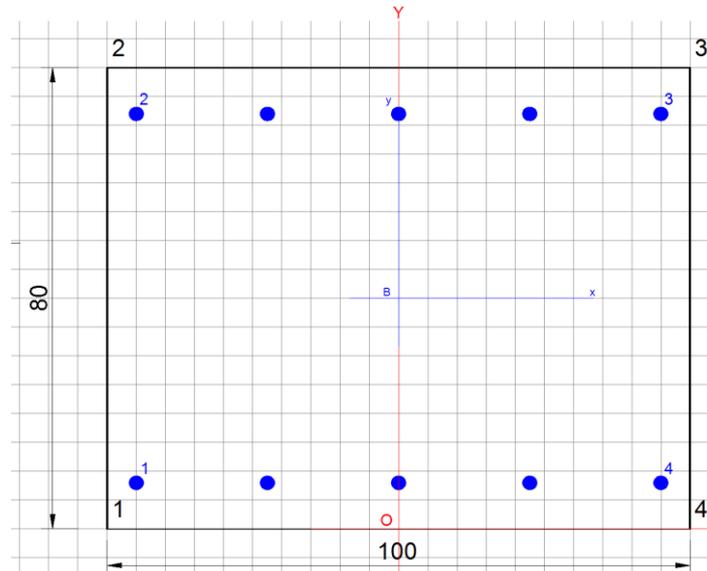
As,superiore= 5 ø20

As,inferiore= 5 ø20

Staffe/spille: ø12/10 cm a 2 braccia

La sezione risulta verificata con l'armatura prevista.

## Verifica a flessione



### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

#### NOME SEZIONE: sol superiore

Descrizione Sezione:	soletta superiore s=80cm
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inertzia
Riferimento alla sismicit�:	Comb. non sismiche

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.8 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	18.3 MPa
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.0 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.0 MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.3 MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.3 MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef		2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	38 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

Coeff. Aderenza istantaneo  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 1.00  
 Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 0.50  
 Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 337.50 MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Calcestruzzo: C32/40

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	80.0
3	50.0	80.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	8.0	20
2	-45.0	72.0	20
3	45.0	72.0	20
4	45.0	8.0	20

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	20
2	2	3	3	20

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	75.05	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-87.44	0.00	0.00	0.00
3	0.00	-77.05	0.00	0.00	0.00
4	0.00	-58.33	0.00	0.00	0.00
5	0.00	-49.22	0.00	0.00	0.00
6	0.00	-57.24	0.00	0.00	0.00



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01  
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	39 di 67

**COMB. RARE (S.I.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	52.93	0.00
2	0.00	-64.77	0.00
3	0.00	-64.77	0.00
4	0.00	-44.77	0.00
5	0.00	-5.43	0.00
6	0.00	-44.77	0.00

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 20.5 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.45)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	75.05	0.00	0.00	444.42	0.00	5.92	31.4(12.9)
2	S	0.00	-87.44	0.00	0.00	-444.42	0.00	5.08	31.4(12.9)
3	S	0.00	-77.05	0.00	0.00	-444.42	0.00	5.77	31.4(12.9)
4	S	0.00	-58.33	0.00	0.00	-444.42	0.00	7.62	31.4(12.9)
5	S	0.00	-49.22	0.00	0.00	-444.42	0.00	9.03	31.4(12.9)
6	S	0.00	-57.24	0.00	0.00	-444.42	0.00	7.76	31.4(12.9)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
 x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	40 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.086	-50.0	80.0	-0.00103	-45.0	72.0	-0.03730	-45.0	8.0
2	0.00350	0.086	-50.0	0.0	-0.00103	-45.0	8.0	-0.03730	-45.0	72.0
3	0.00350	0.086	-50.0	0.0	-0.00103	-45.0	8.0	-0.03730	-45.0	72.0
4	0.00350	0.086	-50.0	0.0	-0.00103	-45.0	8.0	-0.03730	-45.0	72.0
5	0.00350	0.086	-50.0	0.0	-0.00103	-45.0	8.0	-0.03730	-45.0	72.0
6	0.00350	0.086	-50.0	0.0	-0.00103	-45.0	8.0	-0.03730	-45.0	72.0

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000566696	-0.041835680	0.086	0.700
2	0.000000000	-0.000566696	0.003500000	0.086	0.700
3	0.000000000	-0.000566696	0.003500000	0.086	0.700
4	0.000000000	-0.000566696	0.003500000	0.086	0.700
5	0.000000000	-0.000566696	0.003500000	0.086	0.700
6	0.000000000	-0.000566696	0.003500000	0.086	0.700

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.91	-50.0	80.0	-50.6	0.0	8.0	1949	15.7
2	S	1.11	50.0	0.0	-62.0	22.5	72.0	1949	15.7
3	S	1.11	50.0	0.0	-62.0	22.5	72.0	1949	15.7
4	S	0.77	50.0	0.0	-42.8	22.5	72.0	1949	15.7
5	S	0.09	50.0	0.0	-5.2	22.5	72.0	1949	15.7
6	S	0.77	50.0	0.0	-42.8	22.5	72.0	1949	15.7

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

Ver. Esito della verifica  
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
 k2 = 0.5 per flessione;  $=(e1 + e2)/(2*e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	41 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

sr max      Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
 wk            Massima distanza tra le fessure [mm]  
 Mx fess.     Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
 My fess.     Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
                  Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00029	0.00000	0.500	20.0	70	0.00015 (0.00015)	660	0.100 (0.20)	368.06	0.00
2	S	-0.00035	0.00000	0.500	20.0	70	0.00019 (0.00019)	660	0.123 (0.20)	-368.06	0.00
3	S	-0.00035	0.00000	0.500	20.0	70	0.00019 (0.00019)	660	0.123 (0.20)	-368.06	0.00
4	S	-0.00024	0.00000	0.500	20.0	70	0.00013 (0.00013)	660	0.085 (0.20)	-368.06	0.00
5	S	-0.00003	0.00000	0.500	20.0	70	0.00002 (0.00002)	660	0.010 (0.20)	-368.06	0.00
6	S	-0.00024	0.00000	0.500	20.0	70	0.00013 (0.00013)	660	0.085 (0.20)	-368.06	0.00

**Verifica a taglio**

Si procede alla verifica a taglio.

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	42 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

## VERIFICA A TAGLIO

### Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$	280 kN
$N_{Ed}$	0 kN

Calcestruzzo

**C32/40**

$R_{ck}$	40 N/mm <sup>2</sup>
----------	----------------------

$f_{ck}$	33.2 N/mm <sup>2</sup>
----------	------------------------

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

$f_{cd}$	18.81 N/mm <sup>2</sup>
----------	-------------------------

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$	1.5
------------	-----

Altezza sezione

$h$	800 mm
-----	--------

Copriferro

$c$	80 mm
-----	-------

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$	1000 mm
-------	---------

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$	720 mm
-----	--------

Area Calcestruzzo

$A_c$	800000 mm <sup>2</sup>
-------	------------------------

Armatura longitudinale tesa

n 5

$\emptyset$	20 mm
-------------	-------

$A_{sl}$	1570 mm <sup>2</sup>
----------	----------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$	0.0022 ≤ 0.02	ok
----------	---------------	----

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$	0.0000 ≤ 0.2 $f_{cd}$	ok
---------------	-----------------------	----

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

$k$	1.53 ≤ 2	ok
-----	----------	----

$$v_{\min} = 0,035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$$

$v_{\min}$	0.27
------------	------

$V_{Rd}$	255.23 kN
----------	-----------

**Verifica:**

$V_{Rd} > V_{Ed}$

**NON VERIFICATA**

La sezione necessita di armatura a taglio.

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	43 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

### Verifica elementi con armature trasversali resistenti al taglio

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

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

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\theta)$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

Acciaio	<b>B 450 C</b>	$f_{yd}$	<b>391.3 N/mm<sup>2</sup></b>
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio		$\gamma_s$	1.15
Inclinazione dei puntoni di cls rispetto all'asse della trave		$\theta$	<b>45 °</b> 0.79 rad
diametro staffe		$\emptyset$	<b>12 mm</b>
numero bracci staffe		n	<b>2</b>
Area dell'armatura trasversale		$A_{sw}$	226.19 mm <sup>2</sup>
Interasse tra due armature trasversali consecutive		s	<b>100 mm</b>
Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale		$\alpha$	90 ° 1.57 rad
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima		$f'_{cd}$	9.41 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente maggiorativo		$\alpha_c$	<b>1</b>
		$V_{Rsd}$	573.54 kN
		$V_{Rcd}$	3047.76 kN
		$V_{Rd}$	573.54 kN
<b>Verifica:</b>		$V_{Rd} > V_{Ed}$	<b>VERIFICATA</b>

La sezione risulta verificata predisponendo  $\emptyset 12/10$  cm a 2 braccia.

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	44 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

## 11.2 VERIFICA PIEDRITTI

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni massime derivanti dalle analisi utilizzate nelle successive verifiche.

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	-82.35	0.00	<b>84.76</b>	2	3.25	SIS1
M3	min		-6.85	0.00	<b>-56.36</b>	2	0.55	SIS1
V2	max		102.00	<b>102.00</b>	40.77	4	0.55	SIS1
V2	min		-82.35	<b>-82.35</b>	84.76	2	3.25	SIS1
P	max		<b>-82.35</b>	0.00	15.30	2	3.25	SIS4
P	min		<b>-179.54</b>	0.00	-56.36	2	0.55	SIS1

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	-109.00	0.00	<b>142.22</b>	2	3.25	SLU4
M3	min		-22.60	0.00	<b>-56.15</b>	2	0.55	SLU4
V2	max		113.07	<b>113.07</b>	21.47	4	0.55	SLU8
V2	min		-130.26	<b>-130.26</b>	92.43	4	3.25	SLU4
P	max		<b>-169.82</b>	0.00	49.75	4	3.25	SLU8
P	min		<b>-418.68</b>	0.00	-56.15	2	0.55	SLU4

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	-85.70	0.00	<b>99.65</b>	2	3.25	RARA1
M3	min		0.71	0.00	<b>-35.80</b>	2	0.55	RARA1
V2	max		70.44	<b>70.44</b>	10.80	4	0.55	RARA1
V2	min		-97.24	<b>-97.24</b>	67.70	4	3.25	RARA1
P	max		<b>-231.21</b>	0.00	67.70	4	3.25	RARA1
P	min		<b>-297.51</b>	0.00	-35.80	2	0.55	RARA1

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	-74.20	0.00	<b>76.98</b>	2	3.25	FREQ1
M3	min		-8.58	0.00	<b>-28.13</b>	2	1.00	FREQ1
V2	max		64.51	<b>64.51</b>	7.55	4	0.55	FREQ1
V2	min		-82.85	<b>-82.85</b>	53.01	4	3.25	FREQ1
P	max		<b>-170.21</b>	0.00	53.01	4	3.25	FREQ1
P	min		<b>-233.43</b>	0.00	-27.41	2	0.55	FREQ1

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	45 di 67

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	<b>SLE</b>	-54.03	0.00	<b>41.98</b>	2	3.25	QPERM1
<b>M3</b>	<b>min</b>	<b>QPE</b>	-6.65	0.00	<b>-18.77</b>	2	1.45	QPERM1
<b>V2</b>	<b>max</b>		32.38	<b>32.38</b>	-7.96	2	0.55	QPERM1
<b>V2</b>	<b>min</b>		-54.03	<b>-54.03</b>	41.98	2	3.25	QPERM1
<b>P</b>	<b>max</b>		<b>-99.16</b>	0.00	41.98	2	3.25	QPERM1
<b>P</b>	<b>min</b>		<b>-153.15</b>	0.00	-7.96	2	0.55	QPERM1

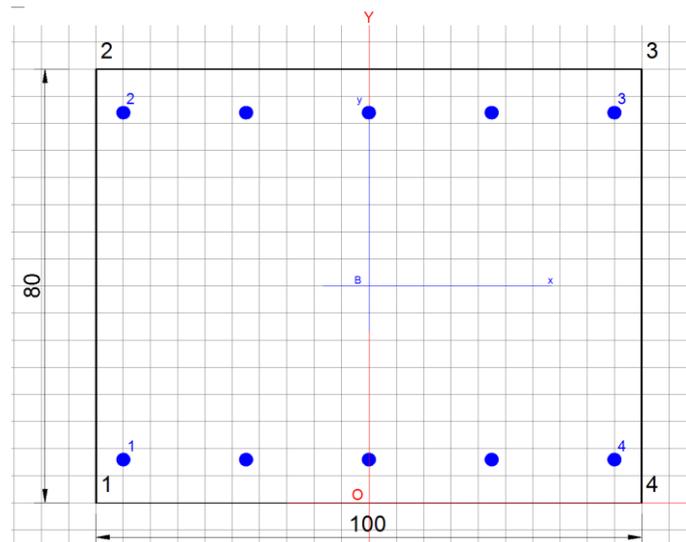
Si riassume di seguito l'armatura adottata.

As,superiore= 5 ø20

As,inferiore= 5 ø20

La sezione risulta verificata con l'armatura prevista.

### Verifica a flessione



#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: piedritti

Descrizione Sezione:	piedritti s=80cm
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Comb. non sismiche

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe:

C32/40



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	46 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

Resis. compr. di progetto fcd:	18.8	MPa
Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8	MPa
Resis. media a trazione fctm:	3.10	MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	18.3	MPa

ACCIAIO -

Tipo:	B450C	
Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:	450.0	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.3	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	80.0
3	50.0	80.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	8.0	20
2	-45.0	72.0	20
3	45.0	72.0	20
4	45.0	8.0	20

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	20
2	2	3	3	20

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	47 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	142.22	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-56.15	0.00	0.00	0.00
3	0.00	21.47	0.00	0.00	0.00
4	0.00	92.43	0.00	0.00	0.00
5	0.00	49.75	0.00	0.00	0.00
6	0.00	-56.15	0.00	0.00	0.00

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	99.65	0.00
2	0.00	-35.80	0.00
3	0.00	10.80	0.00
4	0.00	67.70	0.00
5	0.00	67.70	0.00
6	0.00	-35.80	0.00

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni di carico**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 20.5 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.45)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	142.22	0.00	0.00	444.42	0.00	3.12	31.4(12.9)



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA REL CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
**IADR 00 D 29 CL GA 01 00 004 A 48 di 67**

RELAZIONE DI CALCOLO

2	S	0.00	-56.15	0.00	0.00	-444.42	0.00	7.91	31.4(12.9)
3	S	0.00	21.47	0.00	0.00	444.42	0.00	20.70	31.4(12.9)
4	S	0.00	92.43	0.00	0.00	444.42	0.00	4.81	31.4(12.9)
5	S	0.00	49.75	0.00	0.00	444.42	0.00	8.93	31.4(12.9)
6	S	0.00	-56.15	0.00	0.00	-444.42	0.00	7.91	31.4(12.9)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
 x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.086	-50.0	80.0	-0.00103	-45.0	72.0	-0.03730	-45.0	8.0
2	0.00350	0.086	-50.0	0.0	-0.00103	-45.0	8.0	-0.03730	-45.0	72.0
3	0.00350	0.086	-50.0	80.0	-0.00103	-45.0	72.0	-0.03730	-45.0	8.0
4	0.00350	0.086	-50.0	80.0	-0.00103	-45.0	72.0	-0.03730	-45.0	8.0
5	0.00350	0.086	-50.0	80.0	-0.00103	-45.0	72.0	-0.03730	-45.0	8.0
6	0.00350	0.086	-50.0	0.0	-0.00103	-45.0	8.0	-0.03730	-45.0	72.0

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000566696	-0.041835680	0.086	0.700
2	0.000000000	-0.000566696	0.003500000	0.086	0.700
3	0.000000000	0.000566696	-0.041835680	0.086	0.700
4	0.000000000	0.000566696	-0.041835680	0.086	0.700
5	0.000000000	0.000566696	-0.041835680	0.086	0.700
6	0.000000000	-0.000566696	0.003500000	0.086	0.700

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.71	-50.0	80.0	-95.3	-45.0	8.0	1949	15.7
2	S	0.61	50.0	0.0	-34.3	22.5	72.0	1949	15.7
3	S	0.19	-50.0	80.0	-10.3	-45.0	8.0	1949	15.7



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	49 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

4	S	1.16	-50.0	80.0	-64.8	-45.0	8.0	1949	15.7
5	S	1.16	-50.0	80.0	-64.8	-45.0	8.0	1949	15.7
6	S	0.61	50.0	0.0	-34.3	22.5	72.0	1949	15.7

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
sr max	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00054	0.00000	0.500	20.0	40	0.00029 (0.00029)	558	0.160 (0.20)	368.06	0.00
2	S	-0.00020	0.00000	0.500	20.0	70	0.00010 (0.00010)	660	0.068 (0.20)	-368.06	0.00
3	S	-0.00006	0.00000	0.500	20.0	40	0.00003 (0.00003)	558	0.017 (0.20)	368.06	0.00
4	S	-0.00037	0.00000	0.500	20.0	40	0.00019 (0.00019)	558	0.108 (0.20)	368.06	0.00
5	S	-0.00037	0.00000	0.500	20.0	40	0.00019 (0.00019)	558	0.108 (0.20)	368.06	0.00
6	S	-0.00020	0.00000	0.500	20.0	70	0.00010 (0.00010)	660	0.068 (0.20)	-368.06	0.00

**Verifica a taglio**

Si procede alla verifica a taglio.

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	50 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

## VERIFICA A TAGLIO

### Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$	140 kN
$N_{Ed}$	0 kN

Calcestruzzo

**C32/40**

$R_{ck}$	40 N/mm <sup>2</sup>
----------	----------------------

$f_{ck}$	33.2 N/mm <sup>2</sup>
----------	------------------------

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

$f_{cd}$	18.81 N/mm <sup>2</sup>
----------	-------------------------

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$	1.5
------------	-----

Altezza sezione

$h$	800 mm
-----	--------

Copriferro

$c$	80 mm
-----	-------

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$	1000 mm
-------	---------

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$	720 mm
-----	--------

Area Calcestruzzo

$A_c$	800000 mm <sup>2</sup>
-------	------------------------

Armatura longitudinale tesa

n 5

$\emptyset$	20 mm
-------------	-------

$A_{sl}$	1570 mm <sup>2</sup>
----------	----------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$	0.0022 ≤ 0.02	ok
----------	---------------	----

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$	0.0000 ≤ 0.2 $f_{cd}$	ok
---------------	-----------------------	----

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

$k$	1.53 ≤ 2	ok
-----	----------	----

$$v_{\min} = 0,035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$$

$v_{\min}$	0.27
------------	------

$V_{Rd}$	255.23 kN
----------	-----------

**Verifica:**

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

**VERIFICATA**

La sezione non necessita di armatura a taglio.



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01  
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	51 di 67

### 11.3 VERIFICA SOLETTA INFERIORE

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni massime derivanti dalle analisi utilizzate nelle successive verifiche.

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	<b>SLV</b>	103.94	0.00	<b>100.98</b>	5	0.32	SIS1
<b>M3</b>	<b>min</b>		53.17	0.00	<b>-99.58</b>	9	2.13	SIS1
<b>V2</b>	<b>max</b>		139.80	<b>139.80</b>	-62.30	9	1.21	SIS1
<b>V2</b>	<b>min</b>		-125.10	<b>-125.10</b>	-46.03	1	1.84	SIS3
<b>P</b>	<b>max</b>		<b>-11.38</b>	0.00	55.90	9	0.29	SIS3
<b>P</b>	<b>min</b>		<b>-270.50</b>	0.00	54.68	9	0.29	SIS1

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	<b>SLU</b>	219.78	0.00	<b>182.08</b>	5	0.32	SLU4
<b>M3</b>	<b>min</b>		91.73	0.00	<b>-187.44</b>	9	2.13	SLU4
<b>V2</b>	<b>max</b>		302.01	<b>302.01</b>	-118.75	9	1.21	SLU4
<b>V2</b>	<b>min</b>		-277.86	<b>-277.86</b>	-94.79	1	1.84	SLU6
<b>P</b>	<b>max</b>		<b>-29.28</b>	0.00	147.30	5	0.32	SLU6
<b>P</b>	<b>min</b>		<b>-289.99</b>	0.00	101.34	9	0.29	SLU5

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	<b>SLE RAR</b>	152.31	0.00	<b>125.08</b>	5	0.32	RARA1
<b>M3</b>	<b>min</b>		59.83	0.00	<b>-120.77</b>	9	2.13	RARA1
<b>V2</b>	<b>max</b>		207.19	<b>207.19</b>	-77.36	9	1.21	RARA1
<b>V2</b>	<b>min</b>		-160.59	<b>-160.59</b>	-34.57	1	1.84	RARA1
<b>P</b>	<b>max</b>		<b>-161.72</b>	0.00	17.56	1	0.40	RARA1
<b>P</b>	<b>min</b>		<b>-197.34</b>	0.00	101.63	9	0.29	RARA1



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01  
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA REL CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 IADR 00 D 29 CL GA 01 00 004 A 52 di 67

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE	115.35	0.00	<b>96.10</b>	5	0.32	FREQ1
M3	min	FRE	46.36	0.00	<b>-87.10</b>	9	2.13	FREQ1
V2	max		160.02	<b>160.02</b>	-56.08	9	1.21	FREQ1
V2	min		-125.07	<b>-125.07</b>	-23.99	1	1.84	FREQ1
P	max		<b>-146.74</b>	0.00	96.10	5	0.32	FREQ1
P	min		<b>-174.23</b>	0.00	79.50	9	0.29	FREQ1

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE	-71.92	0.00	<b>54.38</b>	1	2.76	QPERM1
M3	min	QPE	70.28	0.00	<b>-35.41</b>	1	0.92	QPERM1
V2	max		97.21	<b>97.21</b>	-23.42	9	1.21	QPERM1
V2	min		-97.21	<b>-97.21</b>	-23.42	1	1.84	QPERM1
P	max		<b>-80.24</b>	0.00	54.17	5	0.32	QPERM1
P	min		<b>-90.54</b>	0.00	-2.58	1	0.40	QPERM1

Si riassume di seguito l'armatura adottata.

As,superiore= 10 ø20

As,inferiore= 10 ø20

Staffe/spille: ø12/10 cm a 2 braccia

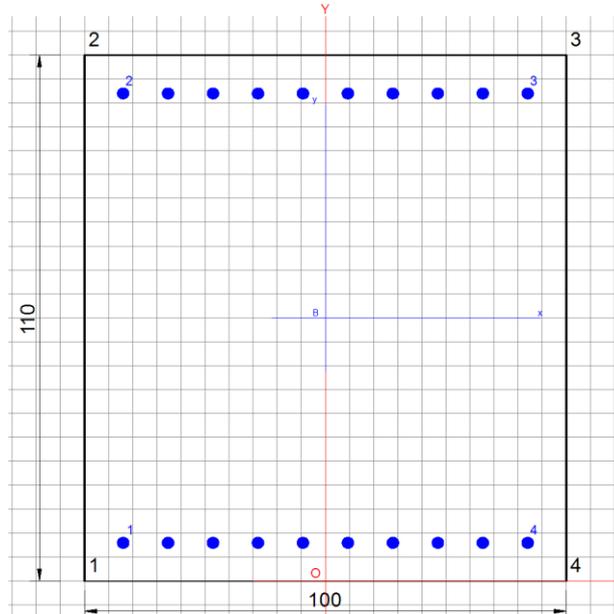
La sezione risulta verificata con l'armatura prevista.

**Verifica a flessione**

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	53 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO



#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

**NOME SEZIONE:** sol inferiore

Descrizione Sezione:	soletta inferiore s=110cm
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inertza
Riferimento alla sismicità:	Comb. non sismiche

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.8 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	18.3 MPa
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.0 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.0 MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.3 MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.3 MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef		2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	54 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

Sf limite S.L.E. Comb. Rare:

337.50 MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	110.0
3	50.0	110.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.0	8.0	20
2	-42.0	102.0	20
3	42.0	102.0	20
4	42.0	8.0	20

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	20
2	2	3	8	20

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	182.08	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-187.44	0.00	0.00	0.00
3	0.00	-118.75	0.00	0.00	0.00
4	0.00	-94.79	0.00	0.00	0.00
5	0.00	147.30	0.00	0.00	0.00
6	0.00	101.34	0.00	0.00	0.00

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	55 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	125.08	0.00
2	0.00	-120.77	0.00
3	0.00	-77.36	0.00
4	0.00	-34.57	0.00
5	0.00	17.56	0.00
6	0.00	101.63	0.00

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.3 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.45)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	182.08	0.00	0.00	1212.40	0.00	6.66	31.4(18.3)
2	S	0.00	-187.44	0.00	0.00	-1212.40	0.00	6.47	31.4(18.3)
3	S	0.00	-118.75	0.00	0.00	-1212.40	0.00	10.21	31.4(18.3)
4	S	0.00	-94.79	0.00	0.00	-1212.40	0.00	12.79	31.4(18.3)
5	S	0.00	147.30	0.00	0.00	1212.40	0.00	8.23	31.4(18.3)
6	S	0.00	101.34	0.00	0.00	1212.40	0.00	11.96	31.4(18.3)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
 x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
--------	--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA REL CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
**IADR 00 D 29 CL GA 01 00 004 A 56 di 67**

RELAZIONE DI CALCOLO

1	0.00350	0.079	-50.0	110.0	0.00001	-42.0	102.0	-0.04098	-42.0	8.0
2	0.00350	0.079	-50.0	0.0	0.00001	-42.0	8.0	-0.04098	-42.0	102.0
3	0.00350	0.079	-50.0	0.0	0.00001	-42.0	8.0	-0.04098	-42.0	102.0
4	0.00350	0.079	-50.0	0.0	0.00001	-42.0	8.0	-0.04098	-42.0	102.0
5	0.00350	0.079	-50.0	110.0	0.00001	-42.0	102.0	-0.04098	-42.0	8.0
6	0.00350	0.079	-50.0	110.0	0.00001	-42.0	102.0	-0.04098	-42.0	8.0

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000436115	-0.044472678	0.079	0.700
2	0.000000000	-0.000436115	0.003500000	0.079	0.700
3	0.000000000	-0.000436115	0.003500000	0.079	0.700
4	0.000000000	-0.000436115	0.003500000	0.079	0.700
5	0.000000000	0.000436115	-0.044472678	0.079	0.700
6	0.000000000	0.000436115	-0.044472678	0.079	0.700

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver S = comb. verificata / N = comb. non verificata  
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.88	-50.0	110.0	-42.4	-14.0	8.0	2000	31.4
2	S	0.84	-50.0	0.0	-40.9	32.7	102.0	2000	31.4
3	S	0.54	-50.0	0.0	-26.2	32.7	102.0	2000	31.4
4	S	0.24	50.0	0.0	-11.7	32.7	102.0	2000	31.4
5	S	0.12	-50.0	110.0	-5.9	-14.0	8.0	2000	31.4
6	S	0.71	50.0	110.0	-34.4	-32.7	8.0	2000	31.4

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

Ver. Esito della verifica  
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
 k2 = 0.5 per flessione;  $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
 Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	57 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \max(e_{sm} - e_{cm}) [(7.8)EC2 \text{ e } (C4.1.7)NTC]$ . Valore limite tra parentesi  
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00023	0.00000	0.500	20.0	70	0.00013 (0.00013) 454	0.058 (0.20)	742.51	0.00
2	S	-0.00023	0.00000	0.500	20.0	70	0.00012 (0.00012) 454	0.056 (0.20)	-742.51	0.00
3	S	-0.00014	0.00000	0.500	20.0	70	0.00008 (0.00008) 454	0.036 (0.20)	-742.51	0.00
4	S	-0.00006	0.00000	0.500	20.0	70	0.00004 (0.00004) 454	0.016 (0.20)	-742.51	0.00
5	S	-0.00003	0.00000	0.500	20.0	70	0.00002 (0.00002) 454	0.008 (0.20)	742.51	0.00
6	S	-0.00019	0.00000	0.500	20.0	70	0.00010 (0.00010) 454	0.047 (0.20)	742.51	0.00

**Verifica a taglio**

Si procede alla verifica a taglio.

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	58 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

## VERIFICA A TAGLIO

### Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$	450 kN
$N_{Ed}$	0 kN

Calcestruzzo

**C32/40**

$R_{ck}$	40 N/mm <sup>2</sup>
----------	----------------------

$f_{ck}$	33.2 N/mm <sup>2</sup>
----------	------------------------

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

$f_{cd}$	18.81 N/mm <sup>2</sup>
----------	-------------------------

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$	1.5
------------	-----

Altezza sezione

$h$	1100 mm
-----	---------

Copriferro

$c$	80 mm
-----	-------

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$	1000 mm
-------	---------

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$	1020 mm
-----	---------

Area Calcestruzzo

$A_c$	1100000 mm <sup>2</sup>
-------	-------------------------

Armatura longitudinale tesa

n **10**

$\varnothing$	20 mm
---------------	-------

$A_{sl}$	3140 mm <sup>2</sup>
----------	----------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$	0.0031 ≤ 0.02	ok
----------	---------------	----

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$	0.0000 ≤ 0.2 $f_{cd}$	ok
---------------	-----------------------	----

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

$k$	1.44 ≤ 2	ok
-----	----------	----

$$v_{\min} = 0,035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$$

$v_{\min}$	0.26
------------	------

$V_{Rd}$	383.25 kN
----------	-----------

**Verifica:**

$V_{Rd} > V_{Ed}$

**NON VERIFICATA**

La sezione necessita di armatura a taglio.

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	59 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

### Verifica elementi con armature trasversali resistenti al taglio

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

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

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\theta)$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

Acciaio	<b>B 450 C</b>	$f_{yd}$	<b>391.3 N/mm<sup>2</sup></b>
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio		$\gamma_s$	1.15
Inclinazione dei puntoni di cls rispetto all'asse della trave		$\theta$	<b>45 °</b> 0.79 rad
diametro staffe		$\emptyset$	<b>12 mm</b>
numero bracci staffe		n	<b>2</b>
Area dell'armatura trasversale		$A_{sw}$	226.19 mm <sup>2</sup>
Interasse tra due armature trasversali consecutive		s	<b>100 mm</b>
Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale		$\alpha$	90 ° 1.57 rad
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima		$f'_{cd}$	9.41 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente maggiorativo		$\alpha_c$	<b>1</b>
		$V_{Rsd}$	812.52 kN
		$V_{Rcd}$	4317.66 kN
		$V_{Rd}$	812.52 kN
<b>Verifica:</b>		$V_{Rd} > V_{Ed}$	<b>VERIFICATA</b>

La sezione risulta verificata predisponendo  $\emptyset 12/10$  cm a 2 braccia.

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	60 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

#### 11.4 VERIFICA PILASTRI INTERNI

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni massime derivanti dalle analisi utilizzate nelle successive verifiche.

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	-51.60	0.00	<b>69.65</b>	8	3.25	SIS1
M3	min		-51.60	0.00	<b>-69.66</b>	8	0.55	SIS1
V2	max		29.20	<b>29.20</b>	40.48	6	0.55	SIS1
V2	min		-51.60	<b>-51.60</b>	-69.66	8	0.55	SIS1
P	max		<b>-115.40</b>	0.00	-2.50	6	3.25	SIS6
P	min		<b>-191.79</b>	0.00	-31.35	8	0.55	SIS5

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	-52.64	0.00	<b>68.98</b>	8	3.25	SLU4
M3	min		-52.64	0.00	<b>-73.15</b>	8	0.55	SLU4
V2	max		10.61	<b>10.61</b>	14.97	6	0.55	SLU5
V2	min		-52.64	<b>-52.64</b>	-73.15	8	0.55	SLU4
P	max		<b>-217.25</b>	0.00	-8.95	6	3.25	SLU8
P	min		<b>-563.09</b>	0.00	-73.15	8	0.55	SLU4

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	-35.02	0.00	<b>46.15</b>	8	3.25	RARA1
M3	min		-35.02	0.00	<b>-48.41</b>	8	0.55	RARA1
V2	max		0.60	<b>0.60</b>	0.63	6	0.55	RARA1
V2	min		-35.02	<b>-35.02</b>	-48.41	8	0.55	RARA1
P	max		<b>-328.64</b>	0.00	-0.98	6	3.25	RARA1
P	min		<b>-390.95</b>	0.00	-48.41	8	0.55	RARA1

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	-27.49	0.00	<b>36.55</b>	8	3.25	FREQ1
M3	min		-27.49	0.00	<b>-37.68</b>	8	0.55	FREQ1
V2	max		-0.78	<b>-0.78</b>	-0.90	6	0.55	FREQ1
V2	min		-27.49	<b>-27.49</b>	-37.68	8	0.55	FREQ1
P	max		<b>-235.07</b>	0.00	1.20	6	3.25	FREQ1
P	min		<b>-292.60</b>	0.00	-37.68	8	0.55	FREQ1

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	61 di 67

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	<b>SLE</b>	-10.31	0.00	<b>13.95</b>	6	3.25	QPERM1
<b>M3</b>	<b>min</b>	<b>QPE</b>	-10.31	0.00	<b>-13.87</b>	6	0.55	QPERM1
<b>V2</b>	<b>max</b>		-10.31	<b>-10.31</b>	-13.87	6	0.55	QPERM1
<b>V2</b>	<b>min</b>		-10.31	<b>-10.31</b>	-13.87	6	0.55	QPERM1
<b>P</b>	<b>max</b>		<b>-133.40</b>	0.00	13.95	6	3.25	QPERM1
<b>P</b>	<b>min</b>		<b>-176.59</b>	0.00	-13.87	6	0.55	QPERM1

Tali sollecitazioni, che derivano dal modello che considera una striscia di carico pari a 1.00m, verranno moltiplicati per 0,8 per tener conto della reale larghezza della sezione (0,80 m).

Si riassume di seguito l'armatura adottata.

As,superiore= 5  $\varnothing$ 20

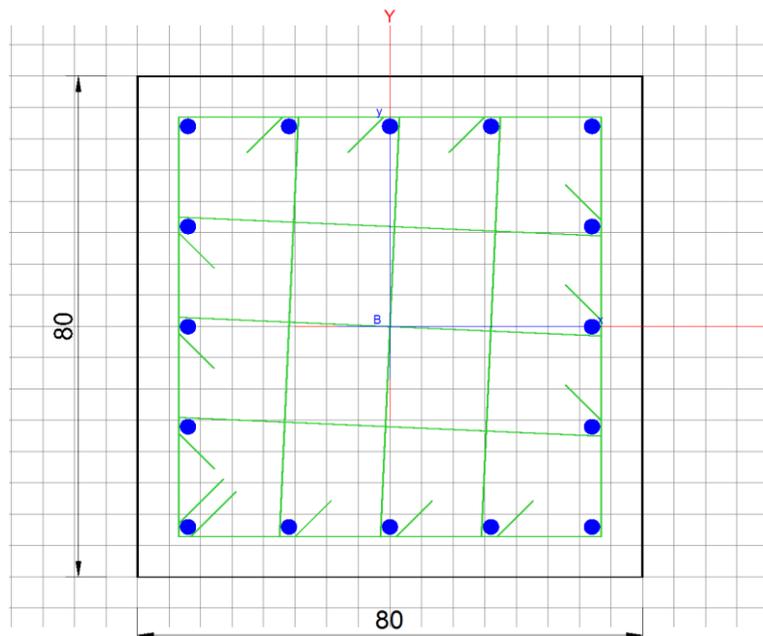
As,inferiore= 5  $\varnothing$ 20

As,laterali= 3  $\varnothing$ 20

Staffe/spille:  $\varnothing$ 10/20 cm a 2 braccia

La sezione risulta verificata con l'armatura prevista.

### Verifica a flessione e taglio



**DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.**

NOME SEZIONE: pilastri 2



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	62 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

Descrizione Sezione:	Pilastri 80x80 cm
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Pilastro rettangolare ad armatura simmetrica
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Comb. non sismiche

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO - Classe:	C32/40
Resistenza compress. di progetto fcd:	18.80 MPa
Resistenza compress. ridotta fcd':	9.40 MPa
Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8 MPa
Resis. media a trazione fctm:	3.10 MPa
Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	18.3 MPa

ACCIAIO - Tipo:	B450C
Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0 MPa
Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0 MPa
Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
Modulo Elastico Ef:	200000.0 MPa
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1*\beta_2$ :	1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$ :	0.50
Comb.Rare - Sf Limite:	337.5 MPa

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE**

Base:	80.0 cm
Altezza:	80.0 cm
N�totale barre:	16
Diametro barre:	20 mm
Copriferro (dal baric.barre):	8.0 cm

Coordinate Barre nei vertici

N�Barra	X [cm]	Y [cm]
1	-32.0	-32.0
2	-32.0	32.0
3	32.0	32.0
4	32.0	-32.0

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N�Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N�Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N�Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N�Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
�	Diametro in mm delle barre della generazione



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	63 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	20
2	2	3	3	20
3	1	2	3	20
4	4	3	3	20

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 10 mm  
 Passo staffe e legature: 20.0 cm  
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale  
 N° Legature in dir. X: 3  
 N° Legature in dir. Y: 3

**Coordinate Barre generate di estremità delle legature:**

N°Barra	X[cm]	Y[cm]
5	-16.0	-32.0
8	-16.0	32.0
6	0.0	-32.0
9	0.0	32.0
7	16.0	-32.0
10	16.0	32.0
11	-32.0	-16.0
14	32.0	-16.0
12	-32.0	0.0
15	32.0	0.0
13	-32.0	16.0
16	32.0	16.0

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione  
 Vy Taglio [kN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione  
 Vx Taglio [kN] in direzione parallela all'asse x baric. della sezione

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	-42.00	55.00	0.00	0.00	0.00
2	-42.00	-59.00	0.00	0.00	0.00
3	8.00	12.00	0.00	8.00	0.00
4	-42.00	-59.00	0.00	-42.00	0.00
5	-174.00	-7.00	0.00	0.00	0.00
6	-450.00	-59.00	0.00	0.00	0.00

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	Mx
---------	---	----	----



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA REL CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
**IADR 00 D 29 CL GA 01 00 004 A 64 di 67**

RELAZIONE DI CALCOLO

1	-28.00	36.92	0.00
2	-28.00	-38.73	0.00
3	0.00	0.50	0.00
4	-28.00	-38.73	0.00
5	-263.00	-0.78	0.00
6	-313.00	-38.73	0.00

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 14.0 cm  
 Copriferro netto minimo staffe: 6.0 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm<sup>2</sup>]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	-42.00	55.00	0.00	-42.07	662.73	0.00	12.05	50.3(19.2)
2	S	-42.00	-59.00	0.00	-42.07	-662.73	0.00	11.23	50.3(19.2)
3	S	8.00	12.00	0.00	7.83	678.73	0.00	56.56	50.3(19.2)
4	S	-42.00	-59.00	0.00	-42.07	-662.73	0.00	11.23	50.3(19.2)
5	S	-174.00	-7.00	0.00	-173.79	-620.29	0.00	88.61	50.3(19.2)
6	S	-450.00	-59.00	0.00	-449.74	-530.50	0.00	8.99	50.3(19.2)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	40.0	40.0	0.00052	32.0	32.0	-0.02329	-32.0	-32.0
2	0.00350	-40.0	-40.0	0.00052	-32.0	-32.0	-0.02329	32.0	32.0
3	0.00350	-40.0	40.0	0.00059	-32.0	32.0	-0.02265	-32.0	-32.0
4	0.00350	-40.0	-40.0	0.00052	-32.0	-32.0	-0.02329	32.0	32.0
5	0.00350	40.0	-40.0	0.00033	32.0	-32.0	-0.02504	-32.0	32.0
6	0.00350	40.0	-40.0	-0.00012	32.0	-32.0	-0.02909	-32.0	32.0



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	65 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c           Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
 x/d               Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
 C.Rid.            Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000372058	-0.011382317	----	----
2	0.000000000	-0.000372058	-0.011382317	----	----
3	0.000000000	0.000363200	-0.011028012	----	----
4	0.000000000	-0.000372058	-0.011382317	----	----
5	0.000000000	-0.000396330	-0.012353207	----	----
6	0.000000000	-0.000452582	-0.014603278	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe:           10 mm  
 Diam. Legature:       10 mm  
 Passo staffe e legature:   20.0 cm [Passo massimo di normativa = 24.0 cm]

Ver            S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
 Ved            Taglio di progetto [kN] = proiez. di  $V_x$  e  $V_y$  sulla normale all'asse neutro  
 Vcd            Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]  
 Vwd            Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
 d | z           Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
               La resistenza dei pilastri è calcolata assumendo il valore di z (coppia interna)  
               I pesi della media sono le lunghezze delle strisce.(Sono escluse le strisce totalmente non compresse).  
 bw            Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
               E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
 Ctg            Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo  
 Acw            Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
 Ast            Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
 A.Eff          Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
               Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
               L'area della legatura è ridotta col fattore  $L/d_{max}$  con  $L$ =lungh.legat.proietta-  
               ta sulla direz. del taglio e  $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	0.00	2565.72	524.28	76.2  68.2	80.0	1.000	1.000	0.0	19.6(11.8)
2	S	0.00	2565.72	524.28	76.2  68.2	80.0	1.000	1.000	0.0	19.6(11.8)
3	S	8.00	2562.27	523.57	76.1  68.1	80.0	1.000	1.000	0.3	19.6(11.8)
4	S	42.00	2565.72	524.28	76.2  68.2	80.0	1.000	1.000	1.6	19.6(11.8)
5	S	0.00	2574.38	526.05	76.5  68.5	80.0	1.000	1.000	0.0	19.6(11.8)
6	S	0.00	2590.89	211.77	76.9  68.9	80.0	1.000	1.000	0.0	7.9(0.0)

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver            S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max        Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
 Xc max, Yc max   Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Ss min        Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
 Xs min, Ys min   Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff.        Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff.        Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.67	-40.0	40.0	-33.9	0.0	-32.0	1598	15.7



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	66 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

2	S	0.71	-40.0	-40.0	-35.3	16.0	32.0	1598	15.7
3	S	0.01	40.0	40.0	-0.4	-16.0	-32.0	1598	15.7
4	S	0.71	-40.0	-40.0	-35.3	16.0	32.0	1598	15.7
5	S	0.00	40.0	-40.0	-53.0	-32.0	32.0	5004	50.3
6	S	0.00	-40.0	-40.0	-97.3	16.0	32.0	5004	50.3

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area $A_{c\text{eff}}$
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\text{eff}}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e <sub>sm</sub> - e <sub>cm</sub>	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 \cdot s_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot \max(e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e <sub>sm</sub> - e <sub>cm</sub>	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00019	0.00000	0.845	20.0	70	0.00010 (0.00010)	822	0.084 (0.20)	276.74	0.00
2	S	-0.00020	0.00000	0.844	20.0	70	0.00011 (0.00011)	822	0.087 (0.20)	-277.97	0.00
3	S	0.00000	0.00000	0.836	20.0	70	0.00000 (0.00000)	816	0.001 (0.20)	305.67	0.00
4	S	-0.00020	0.00000	0.844	20.0	70	0.00011 (0.00011)	822	0.087 (0.20)	-277.97	0.00
5	S	-0.00027	-0.00026	0.983	20.0	70	0.00016 (0.00016)	904	0.144 (0.20)	-6.47	0.00
6	S	-0.00053	-0.00009	0.587	20.0	70	0.00029 (0.00029)	635	0.185 (0.20)	-144.60	0.00



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
PROGETTO DEFINITIVO

VASCA DI COMPENSO BLACK-OUT GA01

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 004	A	67 di 67

RELAZIONE DI CALCOLO

## 12 RIEPILOGO INCIDENZE

Piedritti: 50 kg/m<sup>2</sup>

Soletta superiore: 80 kg/m<sup>2</sup>

Soletta inferiore: 110 kg/m<sup>2</sup>

Pilastrini interni: 130 kg/m<sup>2</sup>