

IMPIANTO FOTOVOLTAICO EG GAROFANO SRL E OPERE CONNESSE

POTENZA IMPIANTO 70,89 MW - COMUNE DI FISCAGLIA (FE)

Proponente

EG GAROFANO S.R.L.

VIA DEI PELLEGRINI 22 – 20122 MILANO (MI) - P.IVA: 12460180966 – PEC: eggarofano@pec.it

Progettazione

Ing. Antonello Rutilio

VIA R. ZANDONAI 4 – 44124 - FERRARA (FE) - P.IVA: 00522150382 – PEC: incico@pec.it
Tel.: +39 0532 202613 – email: a.rutilio@incico.com

Collaboratori

Ing. Lorenzo Stocchino

VIA R. ZANDONAI 4 – 44124 - FERRARA (FE) - P.IVA: 00522150382 – PEC: incico@pec.it
Tel.: +39 0532 202613 – email: l.stocchino@incico.com

Coordinamento progettuale

SOLAR IT S.R.L.

VIA ILARIA ALPI 4 – 46100 - MANTOVA (MN) - P.IVA: 02627240209 – PEC: solarit@lamiapec.it
Tel.: +390425 072 257 – email: info@solaritglobal.com

Titolo Elaborato

RELAZIONE STRUTTURALE

LIVELLO PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILE NAME	DATA
DEFINITIVO	PD_REL09	23SOL14_PD_REL08-Relazione strutturale	22/12/2023

Revisioni

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
0	22/12/2023	EMISSIONE PER PERMITTING	LBO	LST	ARU



COMUNE DI FISCAGLIA (FE)
REGIONE EMILIA ROMAGNA



RELAZIONE STRUTTURALE

INDICE

Sommario

1. OPERE IN ACCIO.....	1
PERMESSA.....	1
INTRODUZIONE	2
NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	3
MATERIALI.....	4
CARICHI ELEMENTARI	6
PESO PROPRIO STRUTTURE (G1).....	6
<i>Carichi permanenti non strutturali (G2)</i>	6
<i>Carichi da vento (Wx/Wy)</i>	7
<i>Carico da Neve (N)</i>	8
<i>Azione Sismica (E)</i>	9
COMBINAZIONI DI CARICO	9
PROGRAMMA DI CALCOLO	10
MODELLO DI CALCOLO.....	12
CARICHI APPLICATI E COMBINAZIONI DI CARICO	17
REAZIONI AL PIEDE DELLA STRUTTURA	17
VERIFICHE ALLO SLU DEI PROFILI PIÙ SOLLECITATI.....	19
2. OPERE DI FONDAZIONE IN CA	20
PREMESSA.....	20
INTRODUZIONE	20
NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	21
MATERIALI.....	22
CARICHI ELEMENTARI	23
CARICHI CABINATI.....	23
REAZIONI VINCOLARI CABINA DI INTERFACCIA	29
REAZIONI VINCOLARI SISTEMA CABINA DI TRASFORMAZIONE 3300 KVA.....	35
REAZIONI VINCOLARI SISTEMA CABINA DI TRASFORMAZIONE 4400 KVA.....	37
COMBINAZIONI DI CARICO	39
PROGRAMMA DI CALCOLO	40
MODELLO DI CALCOLO.....	42
CARICHI APPLICATI E COMBINAZIONI DI CARICO	50
DATI DI OUTPUT	59
VERIFICHE DI STABILITA' - SCORRIMENTO.....	73
VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO SLE.....	79
VERIFICA A CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE	85
3. CONCLUSIONI	87

1. OPERE IN ACCIO

PERMESSA

Scopo del presente documento è quello di illustrare i criteri progettuali e le principali caratteristiche tecniche relative alla costruzione di un impianto fotovoltaico associato alla proponente Società EG GAROFANO S.R.L. con sede in Via Dei Pellegrini 22 (MI).

Tutte le parti di impianto oggetto della presente valutazione saranno realizzate nel territorio del comune di Fiscaglia (FE) con moduli installati su strutture a terra, ovvero su apposite strutture di sostegno direttamente infisse nel terreno senza l'ausilio di elementi in calcestruzzo, sia prefabbricato che gettato in opera.



FIG1. – Vista satellitare dell'impianto

INTRODUZIONE

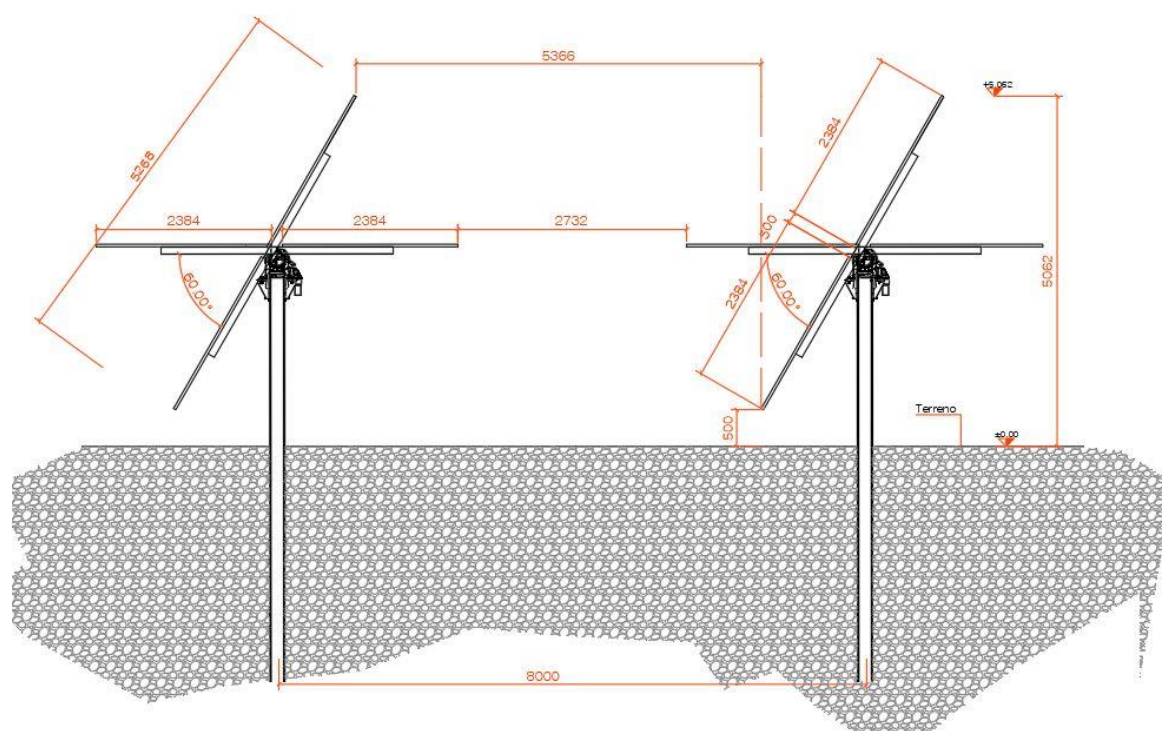
La presente relazione riguarda la progettazione e la verifica di un palo in acciaio infisso nel terreno per sostenere una sovrastruttura mobile per l'installazione di un impianto FV.

I pali hanno una lunghezza totale di metri 8.08 m sono infissi nel terreno per metri 5.5 m partendo dalla quota campagna.

La fondazione è realizzata mediante palo battuto in acciaio con sezione $\varnothing 355 \times 7.1 \text{ mm}$ in acciaio di qualità S275 JR e lunghezza 5.5 m.

I moduli fotovoltaici saranno installati in doppia fila, configurazione 2xN, con il lato inferiore ad una quota di 0,50 metri dal piano campagna in tal modo l'altezza massima dei moduli, corrispondente ad una inclinazione di 60° , sarà di circa 5 metri. Il pitch, ovvero l'interdistanza tra le strutture, sarà di 8 metri.

Le strutture utilizzate nel presente progetto saranno essenzialmente di tre configurazioni in funzione della loro lunghezza ovvero file 2x13 moduli a cui corrispondono strutture di lunghezza circa 17.5 metri, 2x26 moduli a cui corrispondono strutture di lunghezza circa 34.5 metri e 3x39 moduli a cui corrispondono strutture di lunghezza circa 51.51 metri.



L'analisi statica della fondazione in oggetto è stata eseguita utilizzando un programma di calcolo agli elementi finiti (Robot Structural Analysis Professional 2024 di Autodesk), che fornisce in output le caratteristiche di sollecitazione interne alla platea di fondazione nelle diverse combinazioni di carico.

Il calcolo delle strutture è stato eseguito in accordo alla Normativa vigente (D.M. 17/01/2018) con le seguenti assunzioni:

- l'intervento in oggetto è classificabile fra quelli di "nuova costruzione" ai sensi del D.M. 17/01/2018;
- Le azioni trasmesse in fondazione derivano dall'analisi strutturale del comportamento dell'intera opera eseguita ipotizzando comportamento strutturale non dissipativo;

Il progetto strutturale è stato condotto considerando le condizioni:

- Stati Limite di Servizio (SLE) ai fini della verifica delle tensioni di esercizio e della fessurazione;
- Per quanto riguarda le verifiche di resistenza di elementi strutturali e le verifiche a rottura del terreno si considerano le combinazioni statiche SLU e per le combinazioni sismiche solamente quelle allo SLV (riferimento alla tabella 7.3.III sotto riportata).

Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM ^(*)
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT ^(**)			DUT ^(**)		

^(*) Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.

^(**) Nei casi esplicitamente indicati dalle presenti norme.

Le verifiche in DUT (duttilità) non sono state condotte in quanto la struttura è stata trattata come non dissipativa, ed in accordo al §7.2.5 le capacità degli elementi vengono valutati in accordo alle regole del capitolo §4.1 del D.M 2018.

Nelle pagine seguenti si riportano le piante, sezioni e la vista 3D del modello di calcolo della struttura metallica.

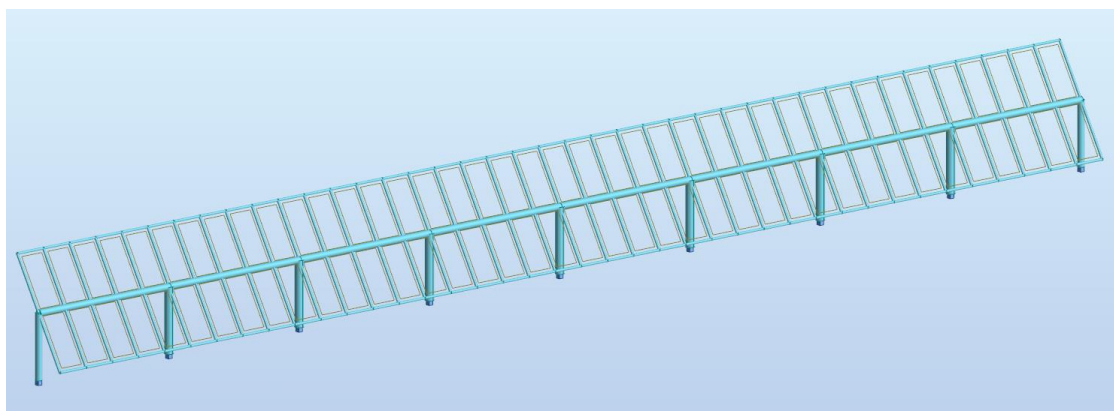


FIG2. –Struttura a sostegno dei tracker – 3D modello di calcolo

NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

La progettazione andrà eseguita in accordo con la normativa attualmente vigente.

Le seguenti normative italiane saranno applicate:

- D.M. 17 Gennaio 2018 - “Nuove Norme tecniche per le costruzioni”
- Circolare 21 Gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP- “Istruzione per l’applicazione dell’aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”.
- D.M. 31 Luglio 2012 “Approvazione delle Appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l’applicazione degli Eurocodici”
- Legge 05.11.1971, n.1086 “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.

- Legge 02.02.1974 N. 64 “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”
- D.M. 16-02-2007 “Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere di costruzione”
- D.M. 09-03-2007 “Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del corpo nazionale dei vigili del fuoco”.
- UNI EN 1990 “EUROCODICE 0 – Criteri generali di progettazione strutturale”
- UNI EN 1991 “EUROCODICE 1 – Azioni sulle strutture”
- UNI EN 1992 “EUROCODICE 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo”
- UNI EN 1997 “EUROCODICE 7 – Progettazione geotecnica”
- UNI EN 1998 “EUROCODICE 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica”

Cemento armato:

- UNI EN 206 “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”
- UNI 11104 “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206”
- UNI 11417 “Durabilità delle opere di calcestruzzo e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo”
- UNI EN 12350 “Prova sul calcestruzzo fresco”
- UNI EN 12390 “Prove sul calcestruzzo indurito”
- UNI EN 13670 “Esecuzione di strutture di calcestruzzo”
- UNI EN 197 “Cemento”
- UNI EN 480 “Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Metodi di prova”
- UNI EN 932 “Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati”
- UNI EN 933 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati”
- UNI EN 1008 “Acqua d'impasto per il calcestruzzo - Specifiche di campionamento, di prova e di valutazione dell'idoneità dell'acqua, incluse le acque di ricupero dei processi dell'industria del calcestruzzo, come acqua d'impasto del calcestruzzo”
- UNI EN 1097 “Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati”
- UNI EN 1744 “Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati”
- UNI CEN/TS 1992 “Progettazione di attacchi da utilizzare nel calcestruzzo”
- UNI EN 10080 “Acciaio d'armatura per calcestruzzo - Acciaio d'armatura saldabile - Generalità”
- UNI EN 13055 “Aggregati leggeri - Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta per iniezione”

MATERIALI

Acciaio per strutture metalliche

Le Norme vigenti relative alle caratteristiche e ai requisiti dei materiali devono essere integralmente applicate.

Tutte le strutture metalliche devono essere zincate a caldo e verniciate con vernice acrilica poliuretanica.

Gli acciai strutturali dovranno essere conformi ai requisiti della norma EN10025/EN10210 e UNI EN 10219-1 e appartenere alle seguenti classi di seguito elencate.

Prodotti	Condizioni tecniche di fornitura	Dimensioni	Tolleranze
Sezioni ad I ed H	UNI EN 10025-1/6 Per quanto applicabili (1)	UNI EN 10365	UNI EN 10084
Profili ad I laminati a caldo ad ala rastremata		UNI EN 10365	UNI EN 10024
Profili a C o U		UNI EN 54	UNI EN 10279
Angolari		UNI EN 10056-1	UNI EN 10056-2
Sezioni a T		UNI EN 10055	UNI EN 10055
Piatti e lamiere		N/A	UNI EN 10029 (2) UNI EN 10051
Barre		UNI EN 10017, 10058, 10059, 10060, 10061	UNI EN 10017, 10058, 10059, 10060, 10061
Profili cavi finiti a caldo	UNI EN 10210-1	UNI EN 10210-2	UNI EN 10210-2
Profili cavi formati a freddo	UNI EN 10219-1	UNI EN 10219-2	UNI EN 10219-2

NOTE:
 (1) Materiali da impiegare:
 S235, S275 e S355 JR, J0, J2 e K2 (UNI EN 10025-2, acciai non legati);
 S275, S355, S420 e S460 N e NL (UNI EN 10025-3, acciai a grana fine);
 S275, S355, S420 e S460 M e ML (UNI EN 10025-4, acciai a grana fine);
 S235J0W, S235J2W, S355J0W, S355J2W e S355K2W (UNI EN 10025-5, acciai con resistenza alla corrosione migliorata).
 (2) Tolleranza sullo spessore: Classe B; per serbatoi e ciminiere: Classe C.
 (3) Valide soltanto per le dimensioni; per le tolleranze di laminazione vale la UNI EN 10034.

Acciaio per profilati, piatti, lamiere

Si prevede l'impiego di acciaio tipo S-275 JR in accordo UNI EN 10219-1.

$f_{yk} = 275$ MPa ($t \leq 40$ mm) tensione caratteristica a snervamento

$f_{tk} = 430$ MPa ($t \leq 40$ mm) tensione caratteristica a rottura

$f_{yk} = 255$ MPa ($40\text{mm} < t \leq 80\text{mm}$) tensione caratteristica a snervamento

$f_{tk} = 410$ MPa ($40\text{mm} < t \leq 80\text{mm}$) tensione caratteristica a rottura

$E = 210000$ MPa modulo elastico longitudinale

$A_{min} \geq 21\%$ allungamento a rottura

$\alpha = 12E-6$ °C⁻¹ coefficiente di espansione termica lineare (fino a 100°C)

$\rho = 7850$ kg/m³ densità

Bulloni, dadi e rondelle

Tutti i bulloni saranno galvanizzati a caldo.

Tutte le unioni dovranno essere non precaricate con l'utilizzo di bulloni "non a serraggio controllato" (UNI EN 15048-1). Bulloni, dadi e rosette nelle connessioni "non precaricate" dovranno essere in accordo alla norma UNI EN 15048-1:2007 "Bulloneria Strutturale non a serraggio controllato".

Gli accoppiamenti vite-dado-rondella consentiti sono riportati in tabella sottostante.

Tab. 11.3.XIII.a

Viti	Dadi	Rondelle	Riferimento
Classe di resistenza UNI EN ISO 898-1:2013	Classe di resistenza UNI EN ISO 898-2:2012	Durezza	
4.6	4; 5; 6 oppure 8	100 HV min.	UNI EN 15048-1
4.8			
5.6	5; 6 oppure 8		
5.8			
6.8	6 oppure 8	100 HV min. oppure 300 HV min.	
8.8	8 oppure 10		
10.9	10 oppure 12		

I bulloni possono essere in accordo alle UNI EN ISO 4014 e 4016 (gambo parzialmente filettato). Non sono ammessi bulloni con gambo interamente filettato. I bulloni non precaricati devono avere un tratto non filettato di lunghezza tale che le sezioni di taglio (tra un elemento collegato e l'altro) rientrino in tale tratto.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	TOPCon cells
Cell Arrangement	132 [2 x (11 x 6)]
Dimensions	2384 x 1303 x 33 mm (93.9 x 51.3 x 1.30 in)
Weight	37.8 kg (83.3 lbs)
Front Glass	2.0 mm heat strengthened glass with anti-reflective coating
Back Glass	2.0 mm heat strengthened glass
Frame	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4.0 mm ² (IEC), 10 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	460 mm (18.1 in) (+) / 340 mm (13.4 in) (-) or customized length*
Connector	T6 (IEC 1500V) or PV-KST4-EVO2/XY, PV-KBT4-EVO2/XY (IEC 1500V) or PV-KST4-EVO2A/xy, PV-KBT4-EVO2A/xy (IEC 1500V)
Per Pallet	33 pieces
Per Container (40' HQ)	561 pieces

Carichi da vento (Wx/Wy)

Il carico vento è stato determinato in accordo a quanto previsto dal Cap.3.3 del D.M. 17/01/18, assumendo per il sito in esame i seguenti parametri:

La velocità di progetto del vento è stata determinata in accordo alle D.M. 17/01/18, sono stati considerati i seguenti parametri:

Comune: Fiscaglia (FE);
 Regione: Emilia Romagna;
 Zona: 2 (vb,0 = 25 m/s, a0 = 750 m, ks=0.45).

$$V_b = v_{b,0} \cdot C_a$$

Ove:

$$C_a = 1 \quad \text{per } a_s < a_0$$

$$C_a = 1 + k_s [(a_s / a_0) - 1] \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

Classe rugosità terreno: D (Area priva di ostacoli).

Altitudine: $a_s = 288 \text{ m s.l.m.} < a_0 = 1000 \text{ m}$

Categoria esposizione II ($k_r = 0.19, z_0 = 0.05 \text{ m}, z_{\min} = 4.0 \text{ m}$)

Velocità di riferimento $v_r = v_b \cdot C_r = 25.0 \text{ m/s} \quad (T_r = 50 \text{ anni} \Rightarrow C_r = 1)$

Pressione cinetica di riferimento $q_r = 0.5 \cdot v_r^2 \cdot 1.25 = 391 \text{ N/m}^2$

Coefficiente di esposizione:

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] \quad \text{if } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{if } z < z_{\min}$$

ct = 1 coefficiente di topografia

Coefficiente di esposizione minimo	$C_{e,min}$	1.800	$Z \leq 4m$
Coefficiente di esposizione al colmo	$C_{e,5m}$	1.93	$Z = 5m$

$c_e = 1.93$ (per $Z_{colmo} = 5 m$)

$$q = q_b \cdot c_e = 391 \times 1.93 = 754.63 \text{ N/m}^2 = 0.76 \text{ kN/m}^2$$

Per i coefficienti di pressione esterni si fa riferimento alla circolare 21/01/2019 delle NTC2018

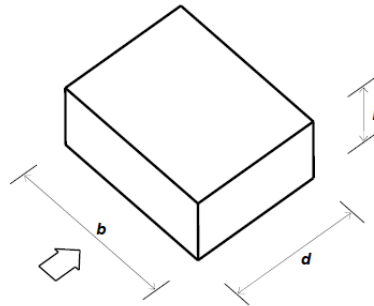


Figura G.1 – Parametri caratteristici di edifici a pianta rettangolare.

Tabella G.I – Edifici a pianta rettangolare: c_{pe} per facce sopravvento, sottovento e laterali.

Faccia sopravvento	Facce laterali	Faccia sottovento
$h/d \leq 1: c_{pe} = 0,7 + 0,1 \cdot h/d$	$h/d \leq 0,5: c_{pe} = -0,5 - 0,8 \cdot h/d$	$h/d \leq 1: c_{pe} = -0,3 - 0,2 \cdot h/d$
$h/d > 1: c_{pe} = 0,8$	$h/d > 0,5: c_{pe} = -0,9$	$1 < h/d \leq 5: c_{pe} = -0,5 - 0,05 \cdot (h/d - 1)$

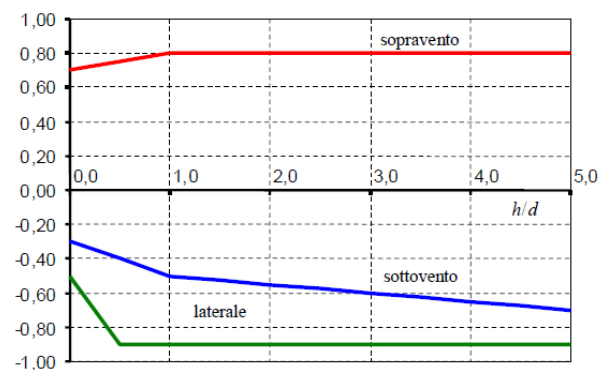


Figura G.2 – Edifici a pianta rettangolare: c_{pe} per facce sopravvento, sottovento e laterali.

A favore di sicurezza si sceglie di adottare un carico da vento a metro quadrato pari a:

$$P = 1.08 \text{ kN/m}^2$$

Carico da Neve (N)

Il carico neve è stato determinato in accordo a quanto previsto dal D.M. 17/01/18, precisamente:

$$q_s = \mu_1 \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

L'azione della neve è definita considerando i seguenti parametri del sito:

Zona di carico della neve II

$$q_{sk} = 1 \text{ kN/m}^2$$

Altezza del sito sopra il livello del mare	$a_s = 3 \text{ m} > 200 \text{ m}$
Coefficiente di esposizione	$CE = 1.0$
Coefficiente termico	$C_t = 0.9$
Coefficiente di forma	$\mu_1 = 0 (\alpha=60^\circ)$

$$q_s = 0 \text{ kN/m}^2$$

Azione Sismica (E)

Il Comune di Statte (TA) è a rischio sismico dalla Normativa italiana vigente con zona a sismicità 3.

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

Il lasso di tempo in questione è il “ V_R ” che, associato alla “probabilità di superamento nel periodo di riferimento” P_{VR} , determina il periodo di ritorno T_R del sisma. Il periodo di ritorno del sisma per le analisi agli stati limite eseguite è pari a:

$T_R = V_R$	stato limite di danno (SLD)
$T_R = 9.50 \cdot V_R$	stato limite di salvaguardia della vita (SLV)

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

Tuttavia, trattandosi di zona sismica “3”, si attesta che le azioni sismiche sono minoranti rispetto alle altre azioni gravanti sulla struttura metallica.

COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico prese in considerazione sono quelle previste dal D.M. 17/01/18 par. 2.5.3 considerando i coefficienti in tab. 2.5.1 e 2.6.1:

2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI

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

- 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 (SLF), 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:

$$G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} Q_{ki} \quad [2.5.7]$$

Nelle combinazioni si intende che vengano omessi i carichi Q_{ki} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

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

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_f			
Carichi permanenti G_i	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(4)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Qk}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽⁴⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)	da valutarsi caso per caso		
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Si riportano di seguito le combinazioni considerate nel calcolo della struttura metallica in elevazione.

Combinazioni SLU-A1

1.3G1 + 1.5G2 ± 1.5W

1.0 G1+ 0.8G2 ± 1.5W

Combinazioni SLE Rare

1.0 G1 + 1.0G2 ± 1.0W

PROGRAMMA DI CALCOLO

L'analisi strutturale e le verifiche delle strutture in oggetto sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico ad elementi finiti: Robot Structural Analysis Professional 2024 di

Titolo	Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2024
Autore	Autodesk Inc.
Produttore	Autodesk Inc.
Fornitore	Autodesk Inc.
Versione	37.0.0.10095(x64)

Licenza no.	563-61811595
-------------	--------------

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico.

La verifica della sicurezza degli elementi strutturali avviene con i metodi della scienza e della tecnica delle costruzioni. L'analisi statica è di tipo non lineare e utilizza il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi statici. La non linearità del problema deriva dalla modellazione dell'interazione terreno-fondazione considerato di tipo elastico in compressione ma non reagente a trazione.

L'analisi strutturale è effettuata con il metodo degli elementi finiti. Nel caso specifico gli elementi monodimensionali sono stati modellati tramite l'utilizzo di elementi monodimensionali tipo "beam" mentre gli elementi bidimensionali tramite elementi "shell".

Il metodo degli elementi finiti sopraindicato si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale.

Le incognite del problema (nell'ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z). La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi.

L'analisi strutturale è eseguita mediante analisi di rigidità per la valutazione dello stato di tensione-deformazione indotta dall'analisi statica.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limiti Ultimi.

Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

La valutazione della affidabilità e idoneità del software per questo progetto è stata consentita da un esame della documentazione fornita dallo sviluppatore. Questa documentazione contiene la descrizione completa della base teorica, gli algoritmi utilizzati, l'individuazione delle aree di applicazione, test (con file di input necessari a riprodurre il processo) del tutto risolti e discussi.

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione, quali mesh non coerente, presenza di nodi isolati, assenza di vincoli, il non rispetto delle limitazioni geometriche, la presenza di elementi non verificati, la non convergenza del calcolo nel caso di analisi non lineare, il mancato raggiungimento dei limiti normativi, la ridondanza di oggetti modellati, etc...

Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabulare, la totalità dei dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Oltre al controllo automatico condotto dal software, i risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti ad ulteriori controlli che ne comprovano l'attendibilità e l'accettabilità. Questi controlli, eseguiti manualmente con metodi tradizionali, consistono in verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificati, etc..

In base a quanto detto, si può asserire che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Ci si riferisce alle seguenti convenzioni:

Sistema di riferimento globale Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2024: per coordinate e spostamenti nodali e per i carichi applicati.

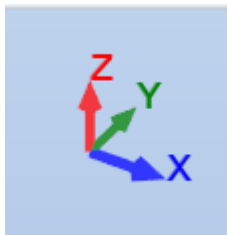


FIG. 1 – Sistema di riferimento globale modello 3d

Sistema di riferimento locale Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2024: per le azioni interne.

Unità di misura utilizzate: kN, kNm

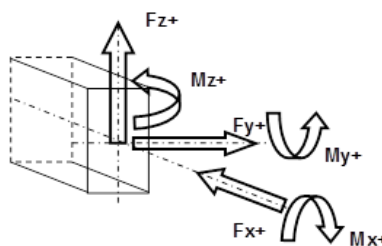
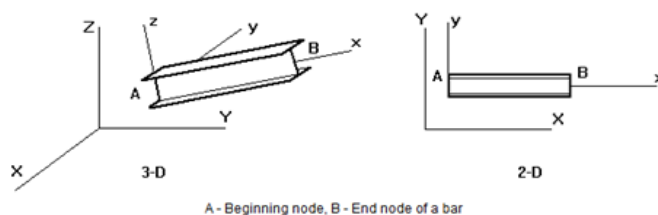


FIG. 2 – Sistema di riferimento locale elementi finiti monodimensionali (barre)

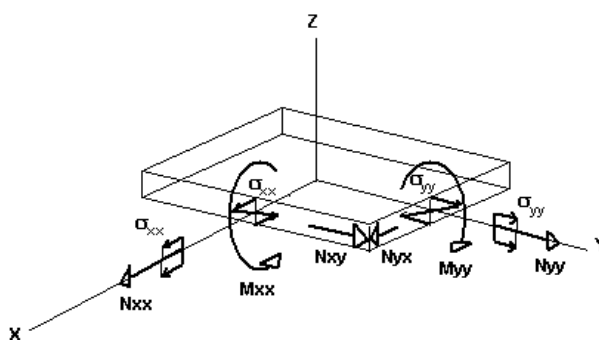


FIG. 3 –Sistema di riferimento locale elementi finiti bidimensionali

MODELLO DI CALCOLO

La struttura oggetto del presente report viene calcolata mediante l'ausilio di un software di calcolo FEM dove le aste vengono modellate con elementi "beam".

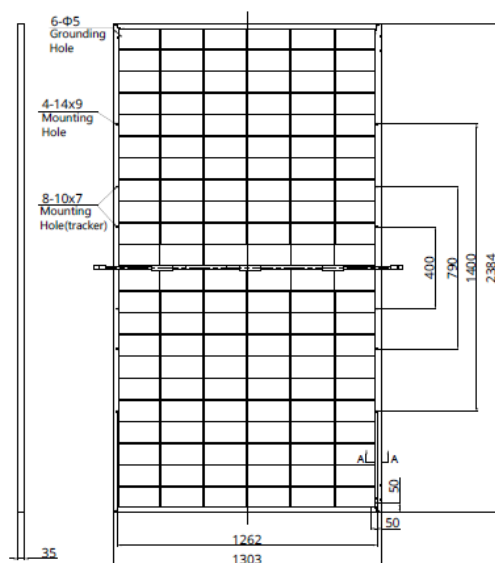
Il calcolo prevede un'analisi lineare dinamica (analisi modale) considerando l'85% di partecipazione delle masse.

Il telaio è costituito da profili saldati ed imbullonati.

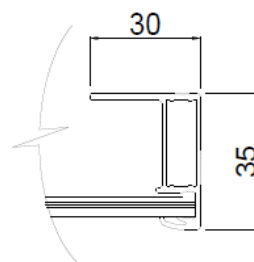
E' costituito da un colonne con un TOS di +2.58m su cui andranno installati dei moduli di pannelli fotovoltaici con le seguenti caratteristiche

ENGINEERING DRAWING (mm)

Rear View



Frame Cross Section A-A



Mounting Hole

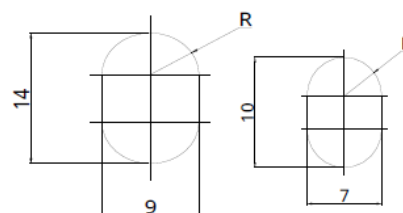


FIG. 4 – Datasheet Moduli PV

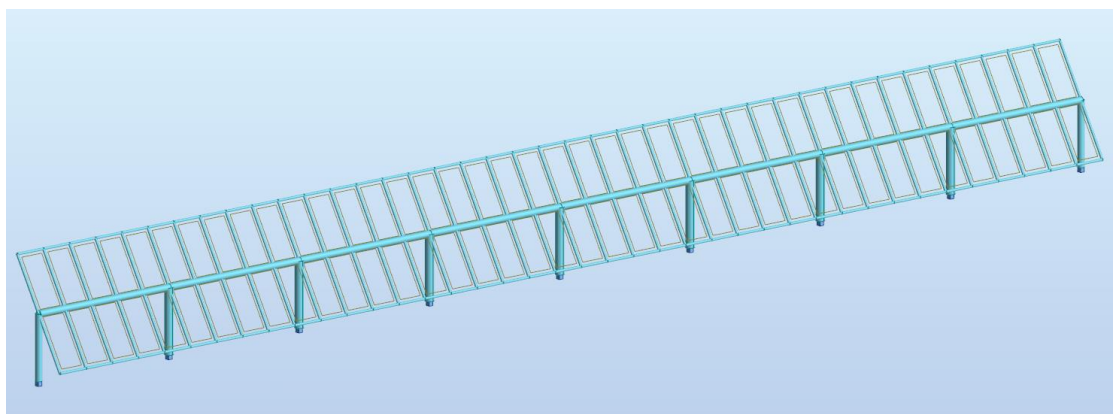


FIG7. – Vista 3D del modello di calcolo

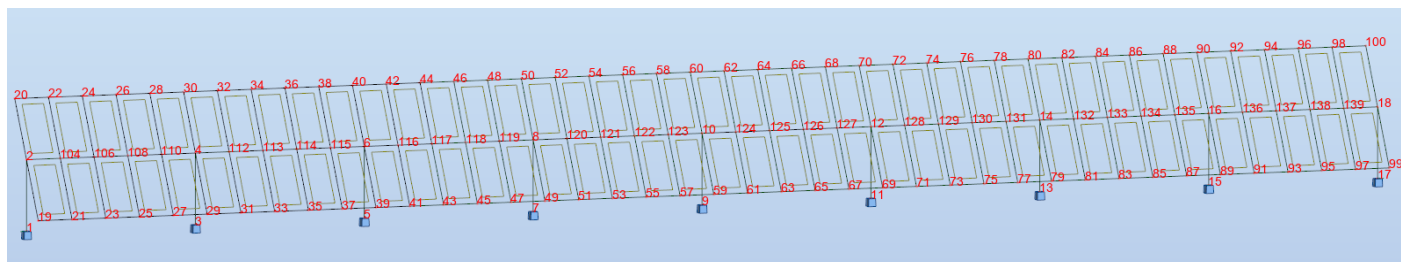


FIG8. – Nodi con vincoli alla base

Nodi

Si riporta di seguito la tabella dei nodi, relativi alla struttura

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)	Vincoli
1	0,0	0,0	0,0	Incastro
2	0,0	0,0	2,58	
3	0,0	6,50	0,0	Incastro
4	0,0	6,50	2,58	

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)	Vincoli
5	0,0	13,00	0,0	Incastro
6	0,0	13,00	2,58	
7	0,0	19,50	0,0	Incastro
8	0,0	19,50	2,58	
9	0,0	26,00	0,0	Incastro
10	0,0	26,00	2,58	
11	0,0	32,50	0,0	Incastro
12	0,0	32,50	2,58	
13	0,0	39,00	0,0	Incastro
14	0,0	39,00	2,58	
15	0,0	45,50	0,0	Incastro
16	0,0	45,50	2,58	
17	0,0	52,00	0,0	Incastro
18	0,0	52,00	2,58	
19	1,20	0,0	0,50	
20	-1,20	0,0	4,66	
21	1,20	1,30	0,50	
22	-1,20	1,30	4,66	
23	1,20	2,60	0,50	
24	-1,20	2,60	4,66	
25	1,20	3,90	0,50	
26	-1,20	3,90	4,66	
27	1,20	5,20	0,50	
28	-1,20	5,20	4,66	
29	1,20	6,50	0,50	
30	-1,20	6,50	4,66	
31	1,20	7,80	0,50	
32	-1,20	7,80	4,66	
33	1,20	9,10	0,50	
34	-1,20	9,10	4,66	
35	1,20	10,40	0,50	
36	-1,20	10,40	4,66	
37	1,20	11,70	0,50	
38	-1,20	11,70	4,66	
39	1,20	13,00	0,50	
40	-1,20	13,00	4,66	
41	1,20	14,30	0,50	
42	-1,20	14,30	4,66	
43	1,20	15,60	0,50	
44	-1,20	15,60	4,66	
45	1,20	16,90	0,50	
46	-1,20	16,90	4,66	
47	1,20	18,20	0,50	
48	-1,20	18,20	4,66	

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)	Vincoli
49	1,20	19,50	0,50	
50	-1,20	19,50	4,66	
51	1,20	20,80	0,50	
52	-1,20	20,80	4,66	
53	1,20	22,10	0,50	
54	-1,20	22,10	4,66	
55	1,20	23,40	0,50	
56	-1,20	23,40	4,66	
57	1,20	24,70	0,50	
58	-1,20	24,70	4,66	
59	1,20	26,00	0,50	
60	-1,20	26,00	4,66	
61	1,20	27,30	0,50	
62	-1,20	27,30	4,66	
63	1,20	28,60	0,50	
64	-1,20	28,60	4,66	
65	1,20	29,90	0,50	
66	-1,20	29,90	4,66	
67	1,20	31,20	0,50	
68	-1,20	31,20	4,66	
69	1,20	32,50	0,50	
70	-1,20	32,50	4,66	
71	1,20	33,80	0,50	
72	-1,20	33,80	4,66	
73	1,20	35,10	0,50	
74	-1,20	35,10	4,66	
75	1,20	36,40	0,50	
76	-1,20	36,40	4,66	
77	1,20	37,70	0,50	
78	-1,20	37,70	4,66	
79	1,20	39,00	0,50	
80	-1,20	39,00	4,66	
81	1,20	40,30	0,50	
82	-1,20	40,30	4,66	
83	1,20	41,60	0,50	
84	-1,20	41,60	4,66	
85	1,20	42,90	0,50	
86	-1,20	42,90	4,66	
87	1,20	44,20	0,50	
88	-1,20	44,20	4,66	
89	1,20	45,50	0,50	
90	-1,20	45,50	4,66	
91	1,20	46,80	0,50	
92	-1,20	46,80	4,66	

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)	Vincoli
93	1,20	48,10	0,50	
94	-1,20	48,10	4,66	
95	1,20	49,40	0,50	
96	-1,20	49,40	4,66	
97	1,20	50,70	0,50	
98	-1,20	50,70	4,66	
99	1,20	52,00	0,50	
100	-1,20	52,00	4,66	
104	0,0	1,30	2,58	
106	0,0	2,60	2,58	
108	0,0	3,90	2,58	
110	0,0	5,20	2,58	
112	0,0	7,80	2,58	
113	0,0	9,10	2,58	
114	0,0	10,40	2,58	
115	0,0	11,70	2,58	
116	0,0	14,30	2,58	
117	0,0	15,60	2,58	
118	0,0	16,90	2,58	
119	0,0	18,20	2,58	
120	0,0	20,80	2,58	
121	0,0	22,10	2,58	
122	0,0	23,40	2,58	
123	0,0	24,70	2,58	
124	0,0	27,30	2,58	
125	0,0	28,60	2,58	
126	0,0	29,90	2,58	
127	0,0	31,20	2,58	
128	0,0	33,80	2,58	
129	0,0	35,10	2,58	
130	0,0	36,40	2,58	
131	0,0	37,70	2,58	
132	0,0	40,30	2,58	
133	0,0	41,60	2,58	
134	0,0	42,90	2,58	
135	0,0	44,20	2,58	
136	0,0	46,80	2,58	
137	0,0	48,10	2,58	
138	0,0	49,40	2,58	
139	0,0	50,70	2,58	
114	0,0	10,40	2,58	
115	0,0	11,70	2,58	
116	0,0	14,30	2,58	
117	0,0	15,60	2,58	

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)	Vincoli
118	0,0	16,90	2,58	
119	0,0	18,20	2,58	
120	0,0	20,80	2,58	
121	0,0	22,10	2,58	
122	0,0	23,40	2,58	
123	0,0	24,70	2,58	
124	0,0	27,30	2,58	
125	0,0	28,60	2,58	
126	0,0	29,90	2,58	
127	0,0	31,20	2,58	
128	0,0	33,80	2,58	
129	0,0	35,10	2,58	
130	0,0	36,40	2,58	
131	0,0	37,70	2,58	
132	0,0	40,30	2,58	
133	0,0	41,60	2,58	
134	0,0	42,90	2,58	
135	0,0	44,20	2,58	
136	0,0	46,80	2,58	
137	0,0	48,10	2,58	
138	0,0	49,40	2,58	
139	0,0	50,70	2,58	

CARICHI APPLICATI E COMBINAZIONI DI CARICO

Di seguito si riportano le condizioni di carico ed i valori dei carichi applicati nel modello di calcolo.

Caso	Etichetta	Nome	Natura
1	G1	peso Proprio	Permanenti
2	G2	Permanente	Perm.Non-str.
3	Wy	Wy	Vento
4	Wx	Wx	Vento

Valori dei Carichi

Condizione	Tipo di carico	Lista	Valori di carico
1:G1	self-weight	1 10to267	' PZ Negative Factor=1,15
2:G2	(FE) uniform	188to267	' PZ=-0,14(kN/m2)
3:Wx	(FE) uniform	188to267	' PX=1,08(kN/m2)
4:Wy	(FE) uniform	188to267	' PY=0,02(kN/m2)

REAZIONI AL PIEDE DELLA STRUTTURA

Si riporta di seguito l'elenco per le condizioni semplici delle reazioni in fondazione (sotto forma di azioni al piede).

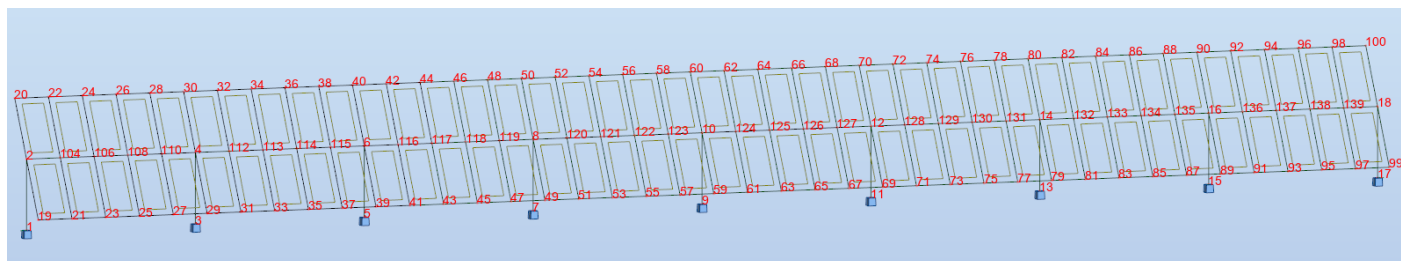


Fig9. – Nodi con vincoli alla base della struttura

Nodo/Condiz./Modo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
1/ 1	-0,01	0,55	2,62	-0,44	-0,02	-0,05
1/ 2	-0,02	0,76	2,03	-0,61	-0,03	-0,07
1/ 3	-14,55	-1,02	0,04	0,83	-37,53	5,44
1/ 4	0,00	-0,24	-0,07	0,39	0,00	-0,00
1/ 5 (C)	-21,86	-0,04	6,41	0,34	-56,37	7,98
1/ 6 (C)	21,78	3,73	6,48	-3,32	56,21	-8,32
1/ 7 (C)	-11,66	0,15	4,22	0,04	-30,07	4,24
1/ 8 (C)	11,61	2,16	4,26	-1,91	29,97	-4,45
1/ 9 (C)	-14,57	0,05	4,62	0,17	-37,58	5,31
1/ 10 (C)	14,52	2,56	4,67	-2,27	37,47	-5,55
3/ 1	0,01	-0,14	4,90	0,16	0,03	0,02
3/ 2	0,02	-0,19	4,52	0,23	0,04	0,03
3/ 3	-36,19	0,46	-0,12	-0,46	-93,00	-2,24
3/ 4	0,00	-0,54	-0,00	0,91	0,00	-0,01
3/ 5 (C)	-54,24	-0,57	12,96	1,23	-139,40	-3,31
3/ 6 (C)	54,34	-0,35	13,33	-0,12	139,60	3,44
3/ 7 (C)	-28,92	-0,35	8,42	0,71	-74,34	-1,76
3/ 8 (C)	28,98	-0,23	8,61	-0,01	74,46	1,84
3/ 9 (C)	-36,16	-0,40	9,30	0,84	-92,93	-2,20
3/ 10 (C)	36,23	-0,25	9,54	-0,06	93,07	2,29
5/ 1	-0,00	-0,03	4,78	0,06	-0,01	-0,00
5/ 2	-0,00	-0,04	4,37	0,08	-0,01	-0,00
5/ 3	-33,53	-0,00	0,08	-0,04	-86,88	0,06
5/ 4	-0,00	-0,54	0,00	0,91	0,00	-0,01
5/ 5 (C)	-50,31	-0,92	12,89	1,50	-130,33	0,07
5/ 6 (C)	50,29	0,71	12,65	-1,13	130,30	-0,09
5/ 7 (C)	-26,83	-0,50	8,34	0,82	-69,51	0,04
5/ 8 (C)	26,82	0,37	8,22	-0,58	69,49	-0,05
5/ 9 (C)	-33,54	-0,62	9,23	1,01	-86,89	0,05
5/ 10 (C)	33,53	0,47	9,07	-0,74	86,87	-0,06
7/ 1	-0,00	-0,02	4,79	0,03	-0,00	-0,00
7/ 2	-0,00	-0,02	4,38	0,04	-0,00	-0,00
7/ 3	-33,73	0,03	-0,00	-0,05	-87,03	-0,01
7/ 4	-0,00	-0,54	0,00	0,91	-0,00	-0,01
7/ 5 (C)	-50,59	-0,82	12,79	1,40	-130,55	-0,03
7/ 6 (C)	50,59	0,70	12,80	-1,20	130,55	0,03
7/ 7 (C)	-26,98	-0,44	8,29	0,75	-69,63	-0,02
7/ 8 (C)	26,98	0,37	8,29	-0,63	69,62	0,01
7/ 9 (C)	-33,73	-0,55	9,16	0,94	-87,03	-0,02
7/ 10 (C)	33,73	0,47	9,17	-0,80	87,03	0,02
9/ 1	-0,00	0,00	4,79	-0,00	-0,00	0,00
9/ 2	-0,00	-0,00	4,37	0,00	-0,00	0,00
9/ 3	-33,72	0,00	0,00	-0,00	-86,99	-0,00

Nodo/Condiz./Modo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
9/ 4	-0,00	-0,54	0,00	0,91	0,00	-0,01
9/ 5 (C)	-50,58	-0,81	12,79	1,37	-130,49	-0,01
9/ 6 (C)	50,57	0,81	12,79	-1,37	130,49	0,01
9/ 7 (C)	-26,97	-0,43	8,29	0,73	-69,60	-0,01
9/ 8 (C)	26,97	0,43	8,29	-0,73	69,59	0,01
9/ 9 (C)	-33,72	-0,54	9,17	0,91	-87,00	-0,01
9/ 10 (C)	33,72	0,54	9,16	-0,91	86,99	0,01
11/ 1	-0,00	0,02	4,79	-0,03	-0,00	0,00
11/ 2	-0,00	0,02	4,38	-0,04	-0,00	0,00
11/ 3	-33,73	-0,03	-0,00	0,05	-87,03	0,01
11/ 4	0,00	-0,54	-0,00	0,91	0,00	-0,01
11/ 5 (C)	-50,59	-0,79	12,79	1,34	-130,55	0,01
11/ 6 (C)	50,59	0,91	12,80	-1,53	130,55	-0,01
11/ 7 (C)	-26,98	-0,42	8,29	0,70	-69,63	0,00
11/ 8 (C)	26,98	0,49	8,29	-0,83	69,62	-0,00
11/ 9 (C)	-33,73	-0,53	9,16	0,89	-87,03	0,00
11/ 10 (C)	33,73	0,61	9,17	-1,03	87,03	-0,00
13/ 1	-0,00	0,03	4,78	-0,06	-0,01	0,00
13/ 2	-0,00	0,04	4,37	-0,08	-0,01	0,00
13/ 3	-33,53	0,00	0,08	0,04	-86,88	-0,06
13/ 4	0,00	-0,54	-0,00	0,91	-0,00	-0,01
13/ 5 (C)	-50,31	-0,70	12,88	1,24	-130,33	-0,09
13/ 6 (C)	50,29	0,90	12,65	-1,61	130,30	0,11
13/ 7 (C)	-26,83	-0,36	8,34	0,65	-69,51	-0,05
13/ 8 (C)	26,82	0,49	8,22	-0,88	69,49	0,06
13/ 9 (C)	-33,54	-0,46	9,23	0,82	-86,89	-0,06
13/ 10 (C)	33,53	0,61	9,07	-1,08	86,87	0,07
15/ 1	0,01	0,14	4,90	-0,16	0,03	-0,02
15/ 2	0,02	0,19	4,52	-0,23	0,04	-0,03
15/ 3	-36,19	-0,46	-0,12	0,46	-93,00	2,24
15/ 4	-0,00	-0,54	0,00	0,91	-0,00	-0,01
15/ 5 (C)	-54,24	-1,04	12,98	1,51	-139,41	3,29
15/ 6 (C)	54,34	1,96	13,32	-2,62	139,61	-3,42
15/ 7 (C)	-28,93	-0,51	8,42	0,76	-74,34	1,75
15/ 8 (C)	28,99	1,09	8,61	-1,45	74,47	-1,83
15/ 9 (C)	-36,16	-0,67	9,30	0,99	-92,94	2,19
15/ 10 (C)	36,23	1,33	9,53	-1,77	93,08	-2,28
17/ 1	-0,01	-0,55	2,62	0,44	-0,02	0,05
17/ 2	-0,02	-0,76	2,03	0,61	-0,03	0,07
17/ 3	-14,55	1,02	0,04	-0,83	-37,53	-5,44
17/ 4	-0,00	-0,24	0,07	0,39	-0,00	-0,00
17/ 5 (C)	-21,86	-0,68	6,62	0,84	-56,37	-7,99
17/ 6 (C)	21,78	-3,01	6,27	2,15	56,21	8,33
17/ 7 (C)	-11,66	-0,53	4,33	0,58	-30,07	-4,25
17/ 8 (C)	11,61	-1,77	4,15	1,28	29,97	4,46
17/ 9 (C)	-14,57	-0,53	4,76	0,62	-37,58	-5,32
17/ 10 (C)	14,52	-2,08	4,53	1,49	37,47	5,56

VERIFICHE ALLO SLU DEI PROFILI PIÙ SOLLECITATI

Si riportano nelle pagine seguenti le verifiche allo stato limite ultimo degli elementi strutturali in accordo alla norma UNI-EN 1993-1-1:2005/NA:2007/A1:2014, "Eurocode 3: Design of steel structures".

In particolare vengono visualizzati i risultati in forma tabellare sintetica, tramite esplicitazione del fattore di proporzionalità

rispetto alla tensione di snervamento di calcolo, riportando le verifiche in forma estesa solo per gli elementi più sollecitati o significativi.

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO – BARRE - COMB. SLU & SLV

arra	Profilato	Materiale	Lay	Laz	Resist.	Condizione
1 Colonna	TRON273x6.3	S 275	27.35	27.35	0.52	6 1.3G1+1.5G2-1.5Wx-1.5Wy
10 Trave 1-1	TRON273x6.3	S 275	68.92	68.92	0.31	6 1.3G1+1.5G2-1.5Wx-1.5Wy
11 Trave 1-1	TRON273x6.3	S 275	68.92	68.92	0.27	6 1.3G1+1.5G2-1.5Wx-1.5Wy
12 Trave 1-1	TRON273x6.3	S 275	68.92	68.92	0.25	6 1.3G1+1.5G2-1.5Wx-1.5Wy
13 Trave 1-1	TRON273x6.3	S 275	68.92	68.92	0.25	6 1.3G1+1.5G2-1.5Wx-1.5Wy
14 Trave 1-1	TRON273x6.3	S 275	68.92	68.92	0.25	6 1.3G1+1.5G2-1.5Wx-1.5Wy
15 Trave 1-1	TRON273x6.3	S 275	68.92	68.92	0.26	6 1.3G1+1.5G2-1.5Wx-1.5Wy
16 Trave 1-1	TRON273x6.3	S 275	68.92	68.92	0.27	6 1.3G1+1.5G2-1.5Wx-1.5Wy
17 Trave 1-1	TRON273x6.3	S 275	68.92	68.92	0.31	6 1.3G1+1.5G2-1.5Wx-1.5Wy
18 Colonna 1-1	Tronco 355x7.1	S 275	20.97	20.97	0.64	6 1.3G1+1.5G2-1.5Wx-1.5Wy
19 Colonna 1-1	Tronco 355x7.1	S 275	20.97	20.97	0.60	5 1.3G1+1.5G2+1.5Wx+1.5Wy
20 Colonna 1-1	Tronco 355x7.1	S 275	20.97	20.97	0.60	5 1.3G1+1.5G2+1.5Wx+1.5Wy
21 Colonna 1-1	Tronco 355x7.1	S 275	20.97	20.97	0.60	5 1.3G1+1.5G2+1.5Wx+1.5Wy
22 Colonna 1-1	Tronco 355x7.1	S 275	20.97	20.97	0.60	6 1.3G1+1.5G2-1.5Wx-1.5Wy
23 Colonna 1-1	Tronco 355x7.1	S 275	20.97	20.97	0.60	6 1.3G1+1.5G2-1.5Wx-1.5Wy
24 Colonna 1-1	Tronco 355x7.1	S 275	20.97	20.97	0.64	6 1.3G1+1.5G2-1.5Wx-1.5Wy
25 Colonna 1-1	TRON273x6.3	S 275	27.35	27.35	0.51	6 1.3G1+1.5G2-1.5Wx-1.5Wy

2. OPERE DI FONDAZIONE IN CA

PREMESSA

La presente relazione definisce i criteri di calcolo necessari alla progettazione della struttura di fondazione dei locali: Cabina di trasformazione (3300 KVA e 4400 KVA) e Cabina di Interfaccia.

Nella figura seguente si riporta il layout:



FIG10. - Layout d'impianto

INTRODUZIONE

La fondazione in esame è costituita da: Cabina di trasformazione 3300 KVA di dimensioni pari a 7,060m X 3,90 m di spessore pari a 30cm, Cabina di trasformazione 4400 KVA di dimensioni pari a 7,060m X 3,90 m di spessore pari a 30cm, infine la cabina di interfaccia poggia su una platea do fondazione pari a 17.45 m X 5,0m con uno spessore pari a 40 cm.

L'analisi statica della fondazione in oggetto è stata eseguita utilizzando un programma di calcolo agli elementi finiti (Robot Structural Analysis Professional 2024 di Autodesk), che fornisce in output le caratteristiche di sollecitazione interne alla platea di fondazione nelle diverse combinazioni di carico.

Il calcolo delle strutture è stato eseguito in accordo alla Normativa vigente (D.M. 17/01/2018) con le seguenti assunzioni:

- l'intervento in oggetto è classificabile fra quelli di "nuova costruzione" ai sensi del D.M. 17/01/2018;
- Le azioni trasmesse in fondazione derivano dall'analisi strutturale del comportamento dell'intera opera eseguita ipotizzando comportamento strutturale non dissipativo;
- Le strutture delle fondazioni devono essere progettate per le azioni definite sulla struttura in elevazione alla quale sono applicate le pertinenti combinazioni delle azioni.
- al precedente punto, assumendo un comportamento non dissipativo; non sono quindi necessarie armature specifiche per ottenere un comportamento duttile.

Per il calcolo della fondazione è stata effettuata una analisi statica lineare in accordo al D.M. 17/01/2018 applicando al top dei pedestal le azioni derivanti dalla sovrastruttura, considerando la struttura di tipo non dissipativo.

Il progetto strutturale è stato condotto considerando le condizioni:

- Stati Limite di Servizio (SLE) ai fini della verifica delle tensioni di esercizio e della fessurazione;

Per quanto riguarda le verifiche di resistenza di elementi strutturali e le verifiche a rottura del terreno si considerano le combinazioni statiche SLU e per le combinazioni sismiche solamente quelle allo SLV (riferimento alla tabella 7.3.III sotto riportata).

Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM ^(*)
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT ^(**)			DUT ^(**)		

^(*) Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.

^(**) Nei casi esplicitamente indicati dalle presenti norme.

Le verifiche in DUT (duttilità) non sono state condotte in quanto la struttura è stata trattata come non dissipativa, ed in accordo al §7.2.5 le capacità degli elementi vengono valutati in accordo alle regole del capitolo §4.1 del D.M 2018.

NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

La progettazione andrà eseguita in accordo con la normativa attualmente vigente.

Le seguenti normative italiane saranno applicate:

- D.M. 17 Gennaio 2018 - "Nuove Norme tecniche per le costruzioni"
- Circolare 21 Gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP- "Istruzione per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni".
- D.M. 31 Luglio 2012 "Approvazione delle Appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici"
- Legge 05.11.1971, n.1086 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- Legge 02.02.1974 N. 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"
- D.M. 16-02-2007 "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere di costruzione"
- D.M. 09-03-2007 "Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del corpo nazionale dei vigili del fuoco".
- UNI EN 1990 "EUROCODICE 0 – Criteri generali di progettazione strutturale"
- UNI EN 1991 "EUROCODICE 1 – Azioni sulle strutture"

- UNI EN 1992 “EUROCODICE 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo”
- UNI EN 1997 “EUROCODICE 7 – Progettazione geotecnica”
- UNI EN 1998 “EUROCODICE 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica”

Cemento armato:

- UNI EN 206 “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”
- UNI 11104 “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206”
- UNI 11417 “Durabilità delle opere di calcestruzzo e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo”
- UNI EN 12350 “Prova sul calcestruzzo fresco”
- UNI EN 12390 “Prove sul calcestruzzo indurito”
- UNI EN 13670 “Esecuzione di strutture di calcestruzzo”
- UNI EN 197 “Cemento”
- UNI EN 480 “Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Metodi di prova”
- UNI EN 932 “Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati”
- UNI EN 933 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati”
- UNI EN 1008 “Acqua d'impasto per il calcestruzzo - Specifiche di campionamento, di prova e di valutazione dell'idoneità dell'acqua, incluse le acque di ricupero dei processi dell'industria del calcestruzzo, come acqua d'impasto del calcestruzzo”
- UNI EN 1097 “Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati”
- UNI EN 1744 “Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati”
- UNI CEN/TS 1992 “Progettazione di attacchi da utilizzare nel calcestruzzo”
- UNI EN 10080 “Acciaio d'armatura per calcestruzzo - Acciaio d'armatura saldabile - Generalità”
- UNI EN 13055 “Aggregati leggeri - Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta per iniezione”

MATERIALI

Calcestruzzo

Calcestruzzo magro di sottofondazione:

classe di resistenza C12/15 (caratteristica cubica a compressione a 28 gg. $R_{ck} \geq 15 \text{ N/mm}^2$)

Calcestruzzo in opera per strutture di fondazione:

Per le opere oggetto della presente relazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo di classe C25/30 avente resistenza cubica caratteristica:

$R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$ e $f_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$ ($f_{cd} = 0.85 \cdot 0.83 \cdot 30 / 1.5 = 14,17 \text{ N/mm}^2$).

Tipo cemento:	32.5R II (UNI EN 197/1)
Classe di esposizione (UNI 11104):	XC2
Dim max aggregati:	25 mm
Rapporto Acqua/Cemento	≤ 0.6
Minimo contenuto in cemento	$\geq 280 \text{ kg/m}^2$
Classe di consistenza	$\geq S4$

Copriferro (fondazioni)

50 mm

Acciaio per cemento armato

Per le strutture in cemento armato devono essere utilizzati i seguenti tipi di acciaio in accordo alle NTC2018 par. 7.4.2.2 e 11.3.2.1:

Barre ad aderenza migliorata e Rete Elettrosaldata

Acciaio tipo B450C: tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$

$1,15 < (f_t/f_y)_k < 1,35$;

$(f_y/f_y \text{ nom})_k \leq 1,25$;

Le giunzioni delle barre con saldatura non sono permesse

CARICHI ELEMENTARI

Nella tabella seguente sono indicate le condizioni di carico considerate nel modello di calcolo:

LISTA CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI

Caso	Etichetta	Nome	Natura
1	G1	G1	Permanenti
2	G2	G2	Perm.Non-str.
3	Q	Q	Categoria E
4	N	N	Neve $H < 1000$
5	Vx+	Vx+	Vento
6	Vx-	Vx-	Vento
7	Vy+	Vy+	Vento
8	Vy-	Vy-	Vento
9	T	T	Termiche
10	SLD X	SLD X	Sismiche
11	SLV X	SLV X	Sismiche
12	SLD Y	SLD Y	Sismiche
13	SLV Y	SLV Y	Sismiche

CARICHI CABINATI

Per poter effettuare il dimensionamento della fondazione dei locali, Cabina di trasformazione 3300 KVA, Cabina di trasformazione 4400 KVA e della cabina di interfaccia., si è reso necessario valutare le azioni gravanti sulla sovrastruttura.

Peso Proprio Struttura (G1)

Peso proprio derivante dalla struttura in elevazione e del peso proprio della fondazione.

Carichi permanenti non strutturali (G2)

Per i pannelli di tamponamento si considerano pannelli sandwich del seguente peso:

- Pannelli $g_p = 0.50 \text{ kN/m}^2$

Carichi variabili di esercizio su copertura (Q)

Sulla copertura dell'edificio si considera un carico variabile di esercizio relativo alla cat.H (copertura accessibile per sola manutenzione e riparazione):

- Carico variabile in esercizio cat. H: $Q = 0.50 \text{ kN/m}^2$

Carico della neve (N)

Il carico neve è stato determinato in accordo a quanto previsto dal D.M. 17/01/18, precisamente:

$$q_s = \mu_1 \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

L'azione della neve è definita considerando i seguenti parametri del sito:

Zona di carico della neve II

$$q_{sk} = 0.8 \text{ kN/m}^2$$

Carico del vento (Vx/Vy)

Il carico vento è stato determinato in accordo a quanto previsto dal Cap.3.3 del D.M. 17/01/18, assumendo per il sito in esame i seguenti parametri:

La velocità di progetto del vento è stata determinata in accordo alle D.M. 17/01/18, sono stati considerati i seguenti parametri:

Comune: Fiscaglia (FE);

Regione: Emilia Romagna;

Zona: 2 ($v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$, $a_0 = 750 \text{ m}$, $k_s = 0.45$).

$$V_b = v_{b,0} \cdot C_a$$

Ove:

$$C_a = 1 \quad \text{per } a_s < a_0$$

$$C_a = 1 + k_s [(a_s / a_0) - 1] \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

Classe rugosità terreno: D (Area priva di ostacoli).

Altitudine: $a_s = 3 \text{ m s.l.m.} < a_0 = 750 \text{ m}$

Categoria esposizione II ($k_r = 0.19$, $z_0 = 0.05 \text{ m}$, $z_{min} = 4.0 \text{ m}$)

Velocità di riferimento $v_r = v_b \cdot C_r = 25.02 \cdot 0 \text{ m/s}$ ($T_r = 50 \text{ anni} \Rightarrow C_r = 1$)

Pressione cinetica di riferimento $q_r = 0.5 \cdot v_r^2 \cdot 1.25 = 391.20 \text{ N/m}^2$

Coefficiente di esposizione:

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{if } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{if } z < z_{min}$$

$c_t = 1$ coefficiente di topografia

Coefficiente di esposizione minimo $C_{e,min} = 1.800$ $Z \leq 4 \text{ m}$

$$c_e = 1.800 \quad (\text{per } z_{colmo} = 4.0 \text{ m}) \quad q = q_b \cdot c_e = 391.20 \cdot 1.800 = 704.16 \text{ N/m}^2 = 0.704 \text{ kN/m}^2$$

Per i coefficienti di pressione esterni si fa riferimento alla circolare 21/01/2019 delle NTC2018

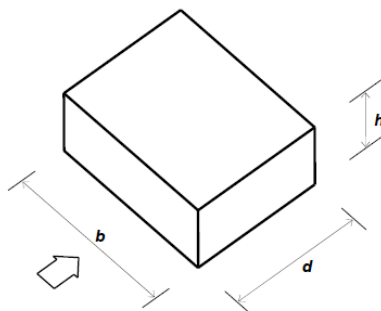


Figura G.1 – Parametri caratteristici di edifici a pianta rettangolare.

Tabella G.I – Edifici a pianta rettangolare: c_{pe} per facce sopravento, sottovento e laterali.

Faccia sopravento	Facce laterali	Faccia sottovento
$h/d \leq 1: c_{pe} = 0,7 + 0,1 \cdot h/d$	$h/d \leq 0,5: c_{pe} = -0,5 - 0,8 \cdot h/d$	$h/d \leq 1: c_{pe} = -0,3 - 0,2 \cdot h/d$
$h/d > 1: c_{pe} = 0,8$	$h/d > 0,5: c_{pe} = -0,9$	$1 < h/d \leq 5: c_{pe} = -0,5 - 0,05 \cdot (h/d - 1)$

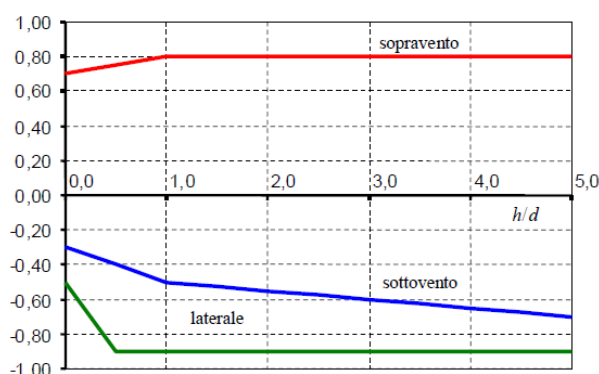


Figura G.2 – Edifici a pianta rettangolare: c_{pe} per facce sopravento, sottovento e laterali.

Variazione termica (T)

In accordo al D.M. 17/01/18, nel calcolo della struttura in oggetto è stata considerata una variazione termica per strutture in carpenteria metallica esposte pari a:

$$\Delta T = \pm 25^\circ$$

Carichi Sismici

Il comune di Fiscaglia (FE) è classificato a rischio sismico dalla Normativa italiana vigente con zona a sismicità 3.

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

Il lasso di tempo in questione è il " V_R " che, associato alla "probabilità di superamento nel periodo di riferimento" P_{VR} , determina il periodo di ritorno T_R del sisma. Il periodo di ritorno del sisma per le analisi agli stati limite eseguite è pari a:

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

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

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

Si riportano di seguito i dati sismici del sito in oggetto.

Per la struttura qui esaminata si è assunto:

$V_N = 50$ anni

$C_u = 1$, corrispondente alla classe d'uso II definita dalla Norma

La V_R risulta di conseguenza pari a 50 anni ed i periodi di riferimento del sisma diventano:

$T_R = 30$ anni stato limite di operatività (SLO)

$T_R = 50$ anni stato limite di danno (SLD)

$T_R = 475$ anni stato limite di salvaguardia della vita (SLV)

$T_R = 975$ anni stato limite di collasso (SLC)

Fissato il sito di interesse presso il Comune di Cerea (VR), i valori di riferimento per il calcolo dell'azione sismica sono riportati nelle tabelle sottostanti.

LONGITUDINE: 11,9347
LATTITUDINE: 44,7708

REGIONE: Emilia-Romagna
PROVINCIA: Ferrara
COMUNE: Migliarino

Elaborazioni grafiche:
Grafici spettri di risposta
Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche:
Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo:
● Sito esterno al reticolo
● Interpolazione su 3 nodi
● Interpolazione corretta

Interpolazione:
superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Parametri di pericolosità Sismica				
	T_r	a_g	F_o	T^*_c
"Stato Limite"	[anni]	[g]	[-]	[s]
Operatività	30	0,036	2,538	0,253
Danno	50	0,044	2,516	0,279
Salvaguardia Vita	475	0,123	2,605	0,277
Prevenzione Collasso	975	0,164	2,575	0,281

Lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle seguenti espressioni:

Dove:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

a_g : Accelerazione orizzontale massima al sito;

S : Coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche $S = SS \times ST$;

SS : Coefficiente di amplificazione stratigrafica;

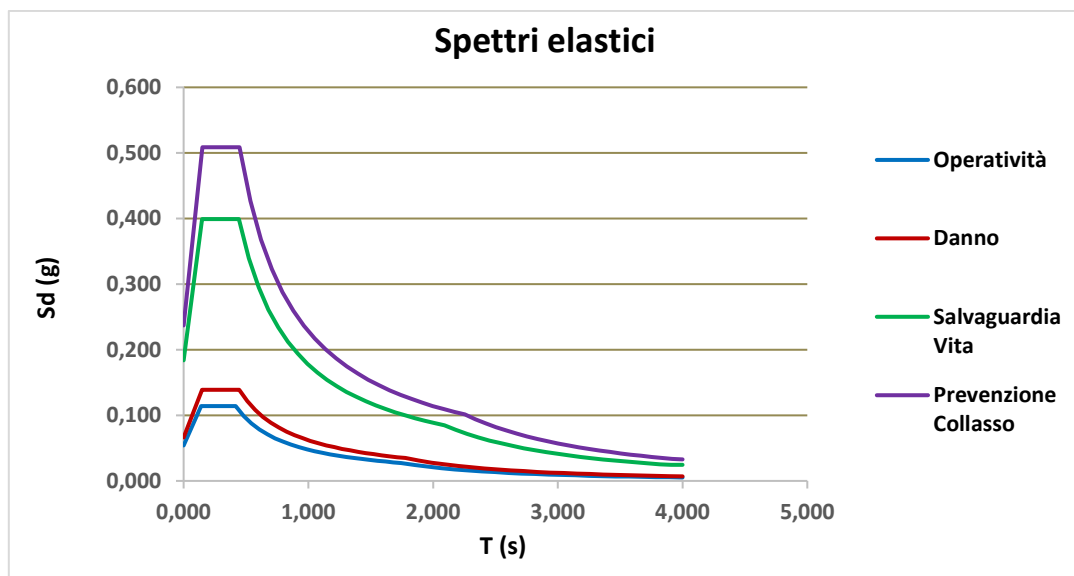
ST : Coefficiente di amplificazione topografica;

η : Damping;

F_0 : Fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido;

T_B, T_C^*, T_C, T_D . periodi caratteristici dello spettro in funzione della categoria di sottosuolo

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

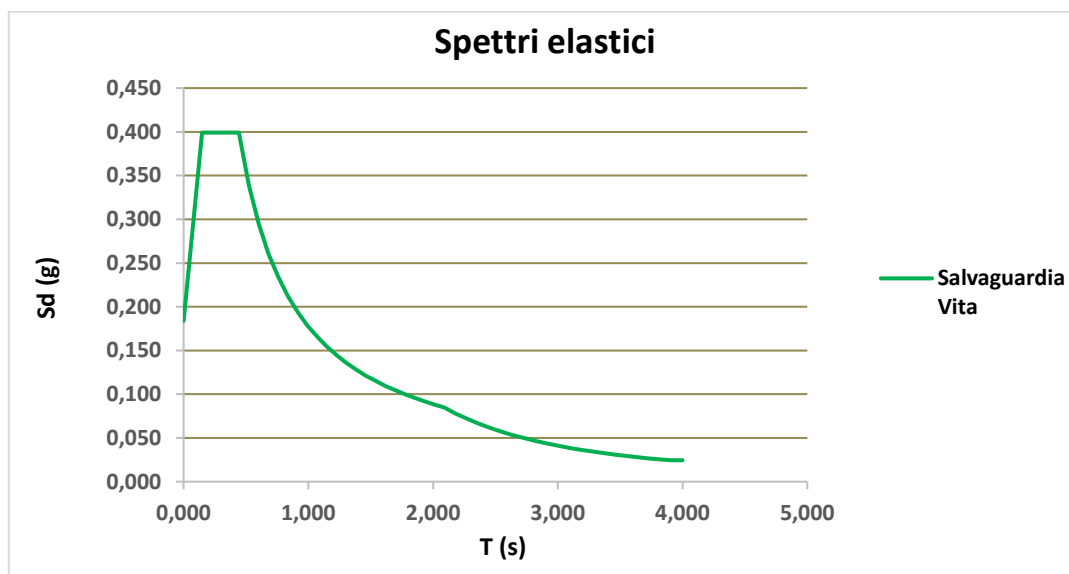


Considerando la tabella seguente per la classificazione stratigrafica e topografica del sito

Categoria di profilo stratigrafico	C
Categoria Topografica:	T1

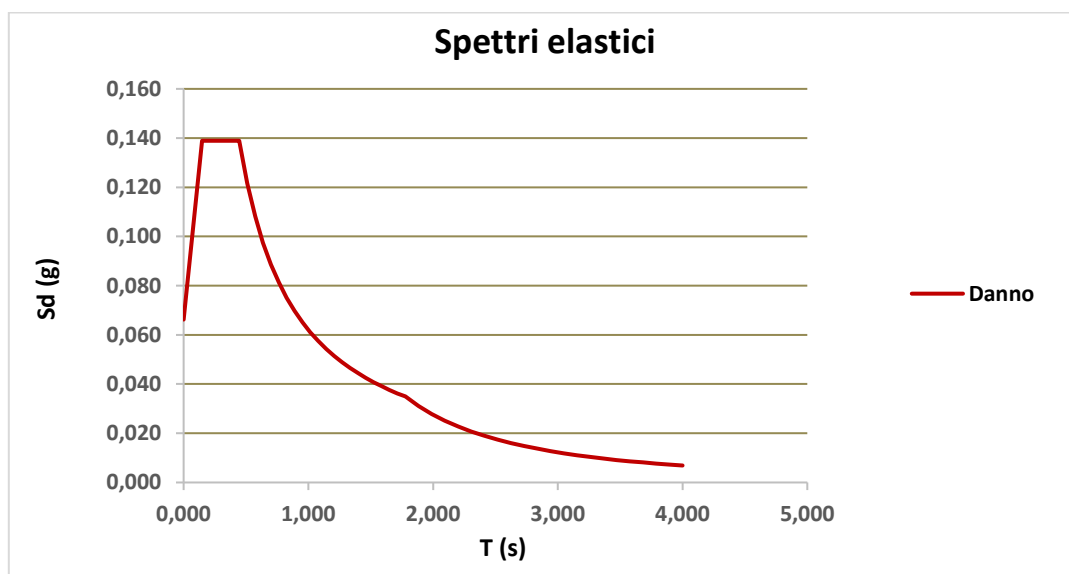
Stato limite di Salvaguardia della vita (SLV)

ORIZZONTALE					
S_s	C_c	S	T_B	T_C	T_D
1.500	1.604	1.500	0.148	0.444	2.090



Stato limite di Danno (SLD)

ORIZZONTALE					
Ss	Cc	S	TB	TC	TD
1.500	1.600	1.500	0.149	0.447	1.777



Le verifiche, nei confronti degli stati limite sismici, sono state condotte assumendo un fattore di struttura $q=1$

COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE DELLE MASSE

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

Peso proprio (G1)	1
Permanenti Non strutturali (G2)	1
Variabili (Q)	0.8

Ai fini della progettazione della fondazione, i carichi ottenuti dal calcolo della struttura in elevazione per le condizioni sismiche sono stati applicati come forze nodali alla base delle colonne.

REAZIONI VINCOLARI CABINA DI INTERFACCIA

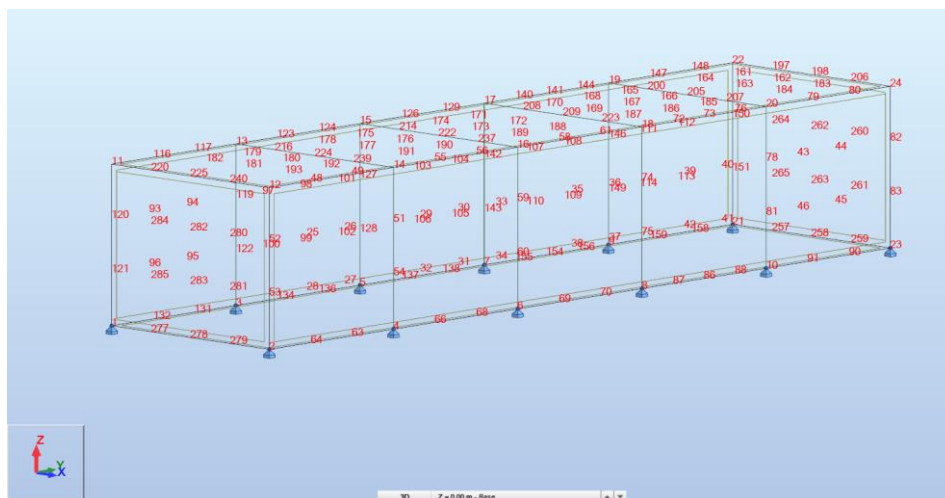


Fig.11 – Nodi Cabina di interfaccia

Node	X (m)	Y (m)	Z (m)	Support
1	0,0	0,0	0,0	Cerniera
2	4,00	0,0	0,0	Cerniera
3	0,0	3,29	0,0	Cerniera
4	4,00	3,29	0,0	Cerniera
5	0,0	6,58	0,0	Cerniera
6	4,00	6,58	0,0	Cerniera
7	0,0	9,87	0,0	Cerniera
8	4,00	9,87	0,0	Cerniera
9	0,0	13,16	0,0	Cerniera
10	4,00	13,16	0,0	Cerniera
11	0,0	0,0	3,00	
12	4,00	0,0	3,00	
13	0,0	3,29	3,00	
14	4,00	3,29	3,00	
15	0,0	6,58	3,00	
16	4,00	6,58	3,00	
17	0,0	9,87	3,00	
18	4,00	9,87	3,00	
19	0,0	13,16	3,00	
20	4,00	13,16	3,00	
21	0,0	16,45	0,0	Cerniera
22	0,0	16,45	3,00	
23	4,00	16,45	0,0	Cerniera
24	4,00	16,45	3,00	
25	4,00	1,00	2,00	
26	4,00	2,00	2,00	
27	4,00	2,00	1,00	
28	4,00	1,00	1,00	
29	4,00	4,00	2,00	
30	4,00	5,00	2,00	
31	4,00	5,00	1,00	
32	4,00	4,00	1,00	
33	4,00	6,00	2,00	
34	4,00	6,00	1,00	
35	4,00	8,00	2,00	
36	4,00	9,00	2,00	
37	4,00	9,00	1,00	
38	4,00	8,00	1,00	
39	4,00	11,00	2,00	
40	4,00	12,00	2,00	
41	4,00	12,00	1,00	
42	4,00	11,00	1,00	
43	4,00	14,00	2,00	

44	4,00	15,00	2,00	
45	4,00	15,00	1,00	
46	4,00	14,00	1,00	
48	4,00	1,10	3,00	
49	4,00	2,19	3,00	
51	4,00	3,29	2,00	
52	4,00	0,0	2,00	
53	4,00	0,0	1,00	
54	4,00	3,29	1,00	
55	4,00	4,39	3,00	
56	4,00	5,48	3,00	
58	4,00	7,68	3,00	
59	4,00	6,58	2,00	
60	4,00	6,58	1,00	
61	4,00	8,77	3,00	
63	4,00	2,19	0,0	
64	4,00	1,10	0,0	
66	4,00	4,39	0,0	
68	4,00	5,48	0,0	
69	4,00	7,68	0,0	
70	4,00	8,77	0,0	
72	4,00	10,69	3,00	
73	4,00	11,52	3,00	
74	4,00	9,87	2,00	
75	4,00	9,87	1,00	
76	4,00	12,34	3,00	
78	4,00	13,16	2,00	
79	4,00	14,26	3,00	
80	4,00	15,35	3,00	
81	4,00	13,16	1,00	
82	4,00	16,45	2,00	
83	4,00	16,45	1,00	
86	4,00	11,52	0,0	
87	4,00	10,69	0,0	
88	4,00	12,34	0,0	
90	4,00	15,35	0,0	
91	4,00	14,26	0,0	
93	0,0	1,00	2,00	
94	0,0	2,00	2,00	
95	0,0	2,00	1,00	
96	0,0	1,00	1,00	
97	0,0	4,00	2,00	
98	0,0	5,00	2,00	
99	0,0	5,00	1,00	
100	0,0	4,00	1,00	
101	0,0	6,00	2,00	
102	0,0	6,00	1,00	
103	0,0	8,00	2,00	
104	0,0	9,00	2,00	
105	0,0	9,00	1,00	
106	0,0	8,00	1,00	
107	0,0	11,00	2,00	
108	0,0	12,00	2,00	
109	0,0	12,00	1,00	
110	0,0	11,00	1,00	

111	0,0	14,00	2,00	
112	0,0	15,00	2,00	
113	0,0	15,00	1,00	
114	0,0	14,00	1,00	
116	0,0	1,10	3,00	
117	0,0	2,19	3,00	
119	0,0	3,29	2,00	
120	0,0	0,0	2,00	
121	0,0	0,0	1,00	
122	0,0	3,29	1,00	
123	0,0	4,39	3,00	
124	0,0	5,48	3,00	
126	0,0	7,68	3,00	
127	0,0	6,58	2,00	
128	0,0	6,58	1,00	
129	0,0	8,77	3,00	
131	0,0	2,19	0,0	
132	0,0	1,10	0,0	
134	0,0	4,39	0,0	
136	0,0	5,48	0,0	
137	0,0	7,68	0,0	
138	0,0	8,77	0,0	
140	0,0	10,69	3,00	
141	0,0	11,52	3,00	
142	0,0	9,87	2,00	
143	0,0	9,87	1,00	
144	0,0	12,34	3,00	
146	0,0	13,16	2,00	
147	0,0	14,26	3,00	
148	0,0	15,35	3,00	
149	0,0	13,16	1,00	
150	0,0	16,45	2,00	
151	0,0	16,45	1,00	
154	0,0	11,52	0,0	
155	0,0	10,69	0,0	
156	0,0	12,34	0,0	
158	0,0	15,35	0,0	
159	0,0	14,26	0,0	
161	1,00	15,45	3,00	
162	2,00	15,45	3,00	
163	2,00	14,45	3,00	
164	1,00	14,45	3,00	
165	1,00	12,45	3,00	
166	2,00	12,45	3,00	
167	2,00	11,45	3,00	
168	1,00	11,45	3,00	
169	2,00	10,45	3,00	
170	1,00	10,45	3,00	
171	1,00	8,45	3,00	
172	2,00	8,45	3,00	
173	2,00	7,45	3,00	
174	1,00	7,45	3,00	
175	1,00	5,45	3,00	
176	2,00	5,45	3,00	
177	2,00	4,45	3,00	

178	1,00	4,45	3,00	
179	1,00	2,45	3,00	
180	2,00	2,45	3,00	
181	2,00	1,45	3,00	
182	1,00	1,45	3,00	
183	3,00	15,45	3,00	
184	3,00	14,45	3,00	
185	3,00	12,45	3,00	
186	3,00	11,45	3,00	
187	3,00	10,45	3,00	
188	3,00	8,45	3,00	
189	3,00	7,45	3,00	
190	3,00	5,45	3,00	
191	3,00	4,45	3,00	
192	3,00	2,45	3,00	
193	3,00	1,45	3,00	
197	1,00	16,45	3,00	
198	2,00	16,45	3,00	
200	1,00	13,16	3,00	
205	2,00	13,16	3,00	
206	3,00	16,45	3,00	
207	3,00	13,16	3,00	
208	1,00	9,87	3,00	
209	2,00	9,87	3,00	
214	1,00	6,58	3,00	
216	1,00	3,29	3,00	
220	1,00	0,0	3,00	
222	2,00	6,58	3,00	
223	3,00	9,87	3,00	
224	2,00	3,29	3,00	
225	2,00	0,0	3,00	
237	3,00	6,58	3,00	
239	3,00	3,29	3,00	
240	3,00	0,0	3,00	
257	1,00	16,45	0,0	
258	2,00	16,45	0,0	
259	3,00	16,45	0,0	
260	3,00	16,45	2,00	
261	3,00	16,45	1,00	
262	2,00	16,45	2,00	
263	2,00	16,45	1,00	
264	1,00	16,45	2,00	
265	1,00	16,45	1,00	
277	1,00	0,0	0,0	
278	2,00	0,0	0,0	
279	3,00	0,0	0,0	
280	3,00	0,0	2,00	
281	3,00	0,0	1,00	
282	2,00	0,0	2,00	
283	2,00	0,0	1,00	
284	1,00	0,0	2,00	
285	1,00	0,0	1,00	

Nodo/Condizione	Fx(kN)	Fy (kN)	Fz (kN)
1/ 1/	22,39	17,89	81,85
1/ 2/	4,65	3,41	16,26
1/ 3/	2,07	1,42	7,19
1/ 4/	1,01	1,14	3,78
1/ 5/	-17,59	-5,26	-27,99
1/ 6/	17,59	5,26	27,99
1/ 7/	-0,56	-5,74	-5,22
1/ 8/	0,56	5,74	5,22
1/ 9/	-48,18	-23,45	36,10
1/ 11/ CQC	15,17	6,40	30,22
1/ 12/ CQC	43,13	18,21	85,93
1/ 13/ CQC	0,44	1,17	0,01
1/ 14/ CQC	1,26	3,32	0,02
2/ 1/	-22,39	17,89	81,85
2/ 2/	-4,65	3,41	16,26
2/ 3/	-2,07	1,42	7,19
2/ 4/	-1,01	1,14	3,78
2/ 5/	-16,56	4,10	24,14
2/ 6/	16,56	-4,10	-24,14
2/ 7/	0,56	-5,74	-5,22
2/ 8/	-0,56	5,74	5,22
2/ 9/	48,18	-23,45	36,10
2/ 11/ CQC	15,16	6,40	30,22
2/ 12/ CQC	43,12	18,21	85,93
2/ 13/ CQC	0,44	1,16	0,01
2/ 14/ CQC	1,25	3,32	0,03
3/ 1/	3,42	-1,47	88,86
3/ 2/	0,30	-0,24	27,64
3/ 3/	-0,00	-0,23	12,44
3/ 4/	0,61	0,45	5,51
3/ 5/	-4,50	-2,87	-1,38
3/ 6/	4,50	2,87	1,38
3/ 7/	-0,04	-7,00	-3,00
3/ 8/	0,04	7,00	3,00
3/ 9/	0,16	35,89	-18,21
3/ 11/ CQC	1,89	3,93	1,21
3/ 12/ CQC	5,37	11,18	3,44
3/ 13/ CQC	0,68	0,18	0,09
3/ 14/ CQC	1,94	0,52	0,26
4/ 1/	-3,42	-1,47	88,86
4/ 2/	-0,30	-0,24	27,64
4/ 3/	0,00	-0,23	12,44
4/ 4/	-0,61	0,45	5,51
4/ 5/	-3,88	2,42	-4,23
4/ 6/	3,88	-2,42	4,23
4/ 7/	0,04	-7,00	-3,00
4/ 8/	-0,04	7,00	3,00
4/ 9/	-0,16	35,89	-18,21
4/ 11/ CQC	1,89	3,93	1,21
4/ 12/ CQC	5,36	11,17	3,44
4/ 13/ CQC	0,68	0,18	0,09
4/ 14/ CQC	1,94	0,52	0,26
5/ 1/	4,23	-1,27	91,12
5/ 2/	0,37	-0,49	29,46
5/ 3/	-0,00	-0,24	13,19
5/ 4/	0,75	-0,01	6,17
5/ 5/	-4,54	-2,02	2,95
5/ 6/	4,54	2,02	-2,95
5/ 7/	-0,44	-6,56	-3,01
5/ 8/	0,44	6,56	3,01
5/ 9/	0,07	12,77	-15,14
5/ 11/ CQC	2,84	2,79	7,73
5/ 12/ CQC	8,08	7,93	22,00
5/ 13/ CQC	0,67	0,13	0,01
5/ 14/ CQC	1,92	0,38	0,04

6/ 1/	-4,23	-1,27	91,12
6/ 2/	-0,37	-0,49	29,46
6/ 3/	0,00	-0,24	13,19
6/ 4/	-0,75	-0,01	6,17
6/ 5/	-3,77	2,03	-9,24
6/ 6/	3,77	-2,03	9,24
6/ 7/	0,44	-6,56	-3,01
6/ 8/	-0,44	6,56	3,01
6/ 9/	-0,07	12,77	-15,14
6/ 11/ CQC	2,84	2,79	7,73
6/ 12/ CQC	8,08	7,92	22,00
6/ 13/ CQC	0,67	0,13	0,01
6/ 14/ CQC	1,92	0,38	0,04
7/ 1/	4,23	-2,44	91,13
7/ 2/	0,37	-0,38	29,37
7/ 3/	-0,00	-0,14	13,14
7/ 4/	0,76	-0,23	6,17
7/ 5/	-4,55	1,90	2,74
7/ 6/	4,55	-1,90	-2,74
7/ 7/	-0,34	-6,17	-2,98
7/ 8/	0,34	6,17	2,98
7/ 9/	0,07	-3,91	-13,70
7/ 11/ CQC	2,91	2,50	7,45
7/ 12/ CQC	8,28	7,10	21,18
7/ 13/ CQC	0,64	0,13	0,01
7/ 14/ CQC	1,83	0,36	0,04
8/ 1/	-4,23	-2,44	91,13
8/ 2/	-0,37	-0,38	29,37
8/ 3/	0,00	-0,14	13,14
8/ 4/	-0,76	-0,23	6,17
8/ 5/	-3,78	-1,67	-9,04
8/ 6/	3,78	1,67	9,04
8/ 7/	0,34	-6,17	-2,98
8/ 8/	-0,34	6,17	2,98
8/ 9/	-0,07	-3,91	-13,70
8/ 11/ CQC	2,92	2,50	7,45
8/ 12/ CQC	8,29	7,11	21,18
8/ 13/ CQC	0,64	0,13	0,01
8/ 14/ CQC	1,83	0,36	0,04
9/ 1/	3,39	5,58	89,44
9/ 2/	0,30	1,21	27,80
9/ 3/	-0,00	0,65	12,51
9/ 4/	0,61	-0,17	5,54
9/ 5/	-4,51	2,73	-1,22
9/ 6/	4,51	-2,73	1,22
9/ 7/	-0,58	-6,49	-2,98
9/ 8/	0,58	6,49	2,98
9/ 9/	0,15	-46,33	-21,31
9/ 11/ CQC	1,92	3,91	1,47
9/ 12/ CQC	5,45	11,13	4,19
9/ 13/ CQC	0,67	0,18	0,09
9/ 14/ CQC	1,91	0,50	0,26
10/ 1/	-3,39	5,58	89,44
10/ 2/	-0,30	1,21	27,80
10/ 3/	0,00	0,65	12,51
10/ 4/	-0,61	-0,17	5,54
10/ 5/	-3,89	-2,56	-4,43
10/ 6/	3,89	2,56	4,43
10/ 7/	0,58	-6,49	-2,98
10/ 8/	-0,58	6,49	2,98
10/ 9/	-0,15	-46,33	-21,31
10/ 11/ CQC	1,92	3,91	1,48
10/ 12/ CQC	5,45	11,13	4,20
10/ 13/ CQC	0,67	0,18	0,09
10/ 14/ CQC	1,91	0,50	0,26
21/ 1/	22,45	-18,26	81,41
21/ 2/	4,63	-3,50	16,18
21/ 3/	2,06	-1,46	7,15

21/ 4/	1,01	-1,17	3,76
21/ 5/	-17,51	5,25	-27,86
21/ 6/	17,51	-5,25	27,86
21/ 7/	-0,45	-4,57	1,40
21/ 8/	0,45	4,57	-1,40
21/ 9/	-48,13	25,04	37,70
21/ 11/ CQC	15,03	6,38	30,05
21/ 12/ CQC	42,73	18,15	85,46
21/ 13/ CQC	0,44	1,19	0,01
21/ 14/ CQC	1,27	3,39	0,02
23/ 1/	-22,45	-18,26	81,41
23/ 2/	-4,63	-3,50	16,18
23/ 3/	-2,06	-1,46	7,15
23/ 4/	-1,01	-1,17	3,76
23/ 5/	-16,48	-4,05	24,02
23/ 6/	16,48	4,05	-24,02
23/ 7/	0,45	-4,57	1,40
23/ 8/	-0,45	4,57	-1,40
23/ 9/	48,13	25,04	37,70
23/ 11/ CQC	15,03	6,38	30,05
23/ 12/ CQC	42,73	18,15	85,46
23/ 13/ CQC	0,44	1,19	0,01
23/ 14/ CQC	1,26	3,38	0,03

REAZIONI VINCOLARI SISTEMA CABINA DI TRASFORMAZIONE 3300 KVA

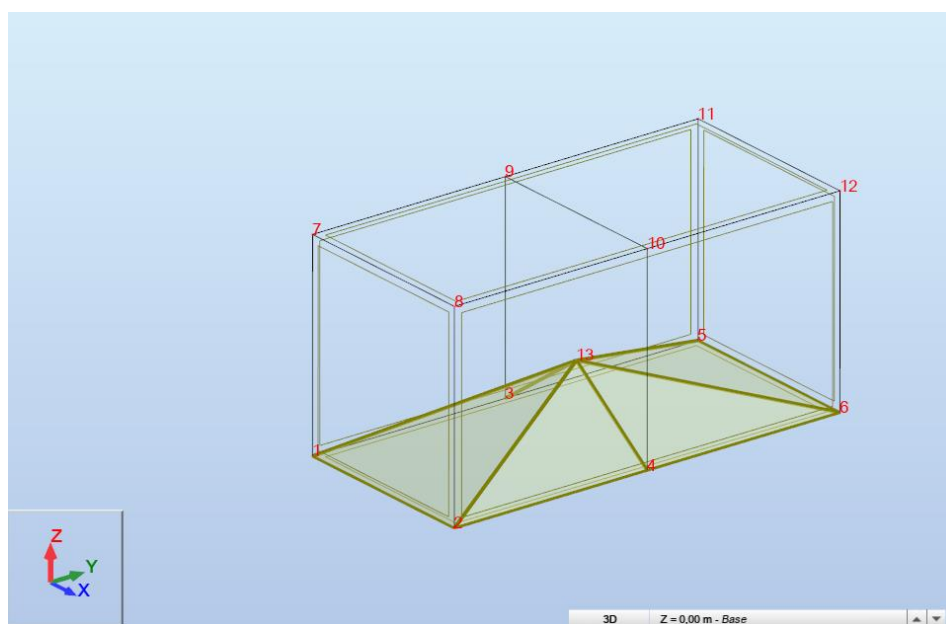


Fig.12 – Nodi Cabina di trasformazione 3300 KVA

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)	Vincoli
1	0,0	0,0	0,0	Cerniera
2	2,90	0,0	0,0	Cerniera
3	0,0	3,03	0,0	Cerniera
4	2,90	3,03	0,0	Cerniera
5	0,0	6,06	0,0	Cerniera
6	2,90	6,06	0,0	Cerniera
7	0,0	0,0	3,00	
8	2,90	0,0	3,00	
9	0,0	3,03	3,00	
10	2,90	3,03	3,00	
11	0,0	6,06	3,00	
12	2,90	6,06	3,00	
13	1,45	3,03	1,00	

Nodo/Condizione	Fx(kN)	Fy (kN)	Fz (kN)
1/ 1	0,09	0,06	2,27
1/ 2	0,13	0,08	30,11
1/ 3	0,0	0,0	4,39
1/ 4	0,26	0,16	2,00
1/ 5	-6,94	-0,09	-9,30
1/ 6	6,68	-0,08	7,26
1/ 7	-0,13	-6,21	-5,85
1/ 8	0,13	6,21	5,85
1/ 9	0,59	0,75	0,46
1/ 10	-7,29	-0,00	-5,04
1/ 11	-20,93	-0,00	-14,46
1/ 12	-0,01	-7,29	-3,61
1/ 13	-0,02	-20,94	-10,37
2/ 1	-0,09	0,06	2,27
2/ 2	-0,13	0,08	30,19
2/ 3	0,0	0,0	4,39
2/ 4	-0,26	0,16	2,00
2/ 5	-6,68	-0,08	7,26
2/ 6	6,94	-0,09	-9,30
2/ 7	0,13	-6,21	-5,85
2/ 8	-0,13	6,21	5,85
2/ 9	-0,59	0,75	0,46
2/ 10	-7,29	0,00	5,04
2/ 11	-20,93	0,00	14,46
2/ 12	-0,01	-7,29	-3,61
2/ 13	-0,02	-20,94	-10,37
3/ 1	0,09	0,00	2,97
3/ 2	0,26	-0,00	31,51
3/ 3	0,0	0,0	8,77
3/ 4	0,51	-0,00	4,77
3/ 5	-9,24	0,00	-11,31
3/ 6	8,72	-0,00	6,45
3/ 7	-0,26	-5,71	-2,43
3/ 8	0,26	5,71	2,43
3/ 9	0,59	0,00	-0,92
3/ 10	-7,29	-0,00	-5,04
3/ 11	-20,94	-0,00	-14,46
3/ 12	0,00	-7,29	-0,00
3/ 13	0,00	-20,94	-0,00
4/ 1	-0,09	0,00	2,97
4/ 2	-0,26	-0,00	31,59
4/ 3	0,0	0,0	8,77
4/ 4	-0,51	-0,00	4,77
4/ 5	-8,72	-0,00	6,45
4/ 6	9,24	0,00	-11,31
4/ 7	0,26	-5,71	-2,43
4/ 8	-0,26	5,71	2,43
4/ 9	-0,59	0,00	-0,92
4/ 10	-7,29	0,00	5,04
4/ 11	-20,94	0,00	14,46
4/ 12	0,00	-7,29	-0,00
4/ 13	0,00	-20,94	-0,00
5/ 1	0,09	-0,06	2,27
5/ 2	0,13	-0,08	30,14
5/ 3	0,0	0,0	4,39
5/ 4	0,26	-0,16	2,00
5/ 5	-6,94	0,09	-9,30
5/ 6	6,68	0,08	7,26
5/ 7	-0,13	-6,04	3,81
5/ 8	0,13	6,04	-3,81
5/ 9	0,59	-0,75	0,46
5/ 10	-7,29	-0,00	-5,04
5/ 11	-20,95	-0,00	-14,46
5/ 12	0,01	-7,29	3,61
5/ 13	0,02	-20,94	10,37
6/ 1	-0,09	-0,06	2,27

6/ 2	-0,13	-0,08	30,22
6/ 3	0,0	0,0	4,39
6/ 4	-0,26	-0,16	2,00
6/ 5	-6,68	0,08	7,26
6/ 6	6,94	0,09	-9,30
6/ 7	0,13	-6,04	3,81
6/ 8	-0,13	6,04	-3,81
6/ 9	-0,59	-0,75	0,46
6/ 10	-7,29	0,00	5,04
6/ 11	-20,95	0,00	14,46
6/ 12	0,01	-7,29	3,61
6/ 13	0,02	-20,94	10,37

REAZIONI VINCOLARI SISTEMA CABINA DI TRASFORMAZIONE 4400 KVA

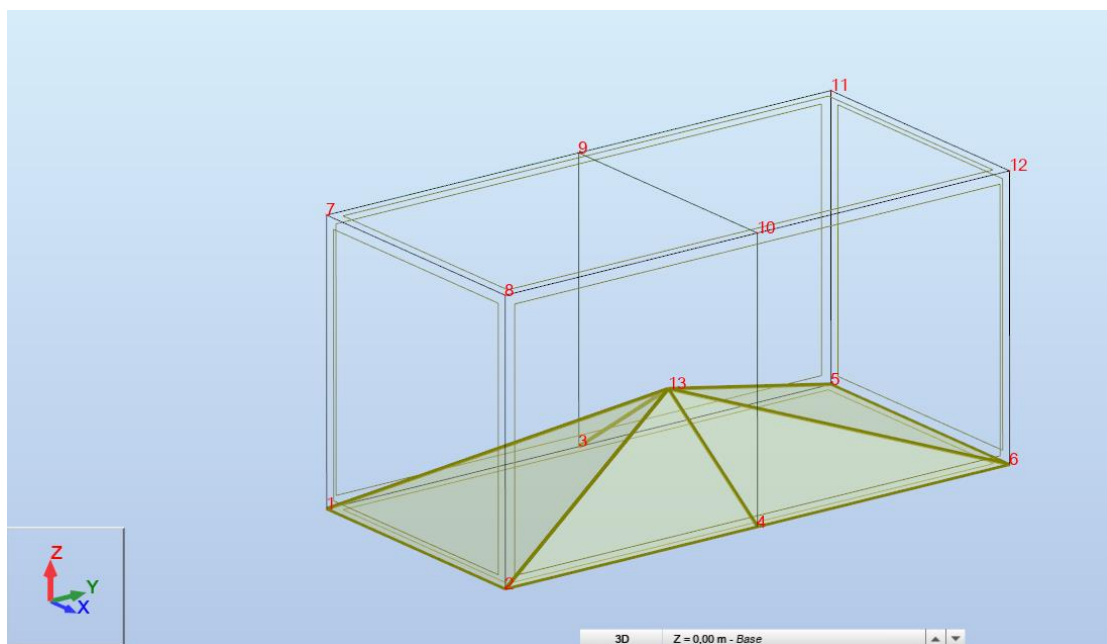


Fig.13 – Nodi Cabina di trasformazione 4400 KVA

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)	Vincoli
1	0,0	0,0	0,0	Cerniera
2	2,90	0,0	0,0	Cerniera
3	0,0	3,03	0,0	Cerniera
4	2,90	3,03	0,0	Cerniera
5	0,0	6,06	0,0	Cerniera
6	2,90	6,06	0,0	Cerniera
7	0,0	0,0	3,00	
8	2,90	0,0	3,00	
9	0,0	3,03	3,00	
10	2,90	3,03	3,00	
11	0,0	6,06	3,00	
12	2,90	6,06	3,00	
13	1,45	3,03	1,00	

Nodo/Condizione	Fx(kN)	Fy (kN)	Fz (kN)
1/ 1	0,09	0,06	2,27
1/ 2	0,13	0,08	34,27
1/ 3	0,0	0,0	4,39
1/ 4	0,26	0,16	2,00
1/ 5	-6,94	-0,09	-9,30
1/ 6	6,68	-0,08	7,26
1/ 7	-0,13	-6,21	-5,85
1/ 8	0,13	6,21	5,85

1/ 9	0,59	0,75	0,46
1/ 10	-8,33	-0,00	-5,76
1/ 11	-23,92	-0,00	-16,53
1/ 12	-0,01	-8,33	-4,13
1/ 13	-0,02	-23,93	-11,85
2/ 1	-0,09	0,06	2,27
2/ 2	-0,13	0,08	34,36
2/ 3	0,0	0,0	4,39
2/ 4	-0,26	0,16	2,00
2/ 5	-6,68	-0,08	7,26
2/ 6	6,94	-0,09	-9,30
2/ 7	0,13	-6,21	-5,85
2/ 8	-0,13	6,21	5,85
2/ 9	-0,59	0,75	0,46
2/ 10	-8,33	0,00	5,76
2/ 11	-23,92	0,00	16,53
2/ 12	-0,01	-8,33	-4,13
2/ 13	-0,02	-23,94	-11,85
3/ 1	0,09	0,00	2,97
3/ 2	0,26	-0,00	35,67
3/ 3	0,0	0,0	8,77
3/ 4	0,51	-0,00	4,77
3/ 5	-9,24	0,00	-11,31
3/ 6	8,72	-0,00	6,45
3/ 7	-0,26	-5,71	-2,43
3/ 8	0,26	5,71	2,43
3/ 9	0,59	0,00	-0,92
3/ 10	-8,33	-0,00	-5,76
3/ 11	-23,93	-0,00	-16,53
3/ 12	0,00	-8,33	-0,00
3/ 13	0,00	-23,93	-0,00
4/ 1	-0,09	0,00	2,97
4/ 2	-0,26	-0,00	35,76
4/ 3	0,0	0,0	8,77
4/ 4	-0,51	-0,00	4,77
4/ 5	-8,72	-0,00	6,45
4/ 6	9,24	0,00	-11,31
4/ 7	0,26	-5,71	-2,43
4/ 8	-0,26	5,71	2,43
4/ 9	-0,59	0,00	-0,92
4/ 10	-8,33	0,00	5,76
4/ 11	-23,93	0,00	16,53
4/ 12	0,00	-8,33	-0,00
4/ 13	0,00	-23,94	-0,00
5/ 1	0,09	-0,06	2,27
5/ 2	0,13	-0,08	34,30
5/ 3	0,0	0,0	4,39
5/ 4	0,26	-0,16	2,00
5/ 5	-6,94	0,09	-9,30
5/ 6	6,68	0,08	7,26
5/ 7	-0,13	-6,04	3,81
5/ 8	0,13	6,04	-3,81
5/ 9	0,59	-0,75	0,46
5/ 10	-8,34	-0,00	-5,76
5/ 11	-23,94	-0,00	-16,53
5/ 12	0,01	-8,33	4,13
5/ 13	0,02	-23,93	11,85
6/ 1	-0,09	-0,06	2,27
6/ 2	-0,13	-0,08	34,40
6/ 3	0,0	0,0	4,39
6/ 4	-0,26	-0,16	2,00
6/ 5	-6,68	0,08	7,26
6/ 6	6,94	0,09	-9,30
6/ 7	0,13	-6,04	3,81
6/ 8	-0,13	6,04	-3,81
6/ 9	-0,59	-0,75	0,46
6/ 10	-8,34	0,00	5,76
6/ 11	-23,94	0,00	16,53

6/ 12	0,01	-8,33	4,13
6/ 13	0,02	-23,94	11,85

COMBINAZIONI DI CARICO

In accordo all'NTC2018 § 6.4.2, per il progetto delle fondazioni i carichi di Progetto devono essere combinati in accordo a quanto segue:

Stato limite ultimo (SLU)

Nelle verifiche di sicurezza sono presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine. Le verifiche sono effettuate nei confronti dei seguenti stati limite:

SLU di tipo geotecnico (GEO)

collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;

collasso per scorrimento sul piano di posa;

stabilità globale.

SLU di tipo strutturale (STR)

raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali

Tutte le verifiche, eccetto le verifiche di stabilità globale, devono essere effettuate seguendo almeno uno dei due approcci:

Approccio 1

Combinazione 1 (A1+M1+R1)

Combinazione 2 (A2+M2+R2)

Approccio 2

Combinazione (A1+M1+R3)

I valori dei coefficienti parziali sono riportati nelle tabelle seguenti:

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

PROGRAMMA DI CALCOLO

L'analisi strutturale e le verifiche delle strutture in oggetto sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico ad elementi finiti: Robot Structural Analysis Professional 2024 di

Titolo	Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2024
Autore	Autodesk Inc.
Produttore	Autodesk Inc.
Fornitore	Autodesk Inc.
Versione	37.0.0.10095(x64)
Licenza no.	563-61811595

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico.

La verifica della sicurezza degli elementi strutturali avviene con i metodi della scienza e della tecnica delle costruzioni. L'analisi statica è di tipo non lineare e utilizza il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi statici. La non linearità del problema deriva dalla modellazione dell'interazione terreno-fondazione considerato di tipo elastico in compressione ma non reagente a trazione.

L'analisi strutturale è effettuata con il metodo degli elementi finiti. Nel caso specifico gli elementi monodimensionali sono stati modellati tramite l'utilizzo di elementi monodimensionali tipo "beam" mentre gli elementi bidimensionali tramite elementi "shell".

Il metodo degli elementi finiti sopraindicato si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale.

Le incognite del problema (nell'ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z). La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi.

L'analisi strutturale è eseguita mediante analisi di rigidità per la valutazione dello stato di tensione-deformazione indotta dall'analisi statica.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limiti Ultimi.

Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

La valutazione della affidabilità e idoneità del software per questo progetto è stata consentita da un esame della documentazione fornita dallo sviluppatore. Questa documentazione contiene la descrizione completa della base teorica, gli algoritmi utilizzati, l'individuazione delle aree di applicazione, test (con file di input necessari a riprodurre il processo) del tutto risolti e discussi.

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione, quali mesh non coerente, presenza di nodi isolati, assenza di vincoli, il non rispetto delle limitazioni geometriche, la presenza di elementi non verificati, la non convergenza del calcolo nel caso di analisi non lineare, il mancato raggiungimento dei limiti normativi, la ridondanza di oggetti modellati, etc...

Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabulare, la totalità dei dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Oltre al controllo automatico condotto dal software, i risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti ad ulteriori controlli

che ne comprovano l'attendibilità e l'accettabilità. Questi controlli, eseguiti manualmente con metodi tradizionali, consistono in verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificati, etc..

In base a quanto detto, si può asserire che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Ci si riferisce alle seguenti convenzioni:

Sistema di riferimento globale Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2024: per coordinate e spostamenti nodali e per i carichi applicati.

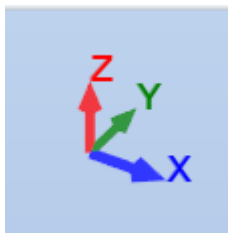
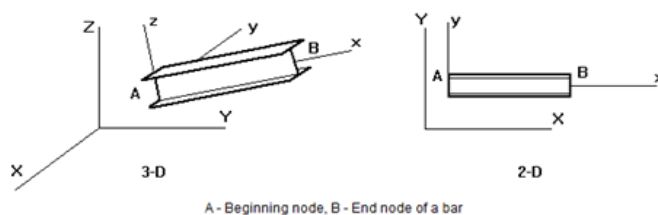


FIG. 14 – Sistema di riferimento globale modello 3d

Sistema di riferimento locale Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2024: per le azioni interne.

Unità di misura utilizzate: kN, kNm



A - Beginning node, B - End node of a bar

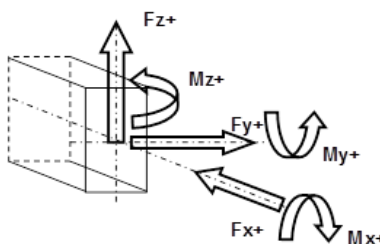


FIG. 15 – Sistema di riferimento locale elementi finiti monodimensionali (barre)

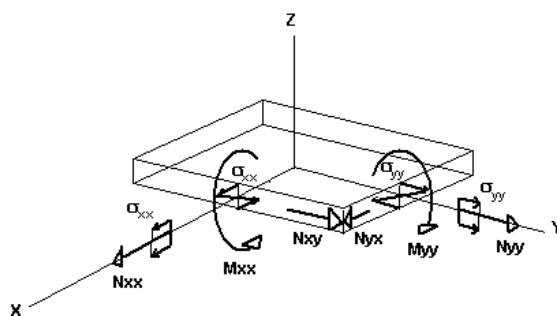


FIG. 16 – Sistema di riferimento locale elementi finiti bidimensionali

MODELLO DI CALCOLO

FONDAZIONE CABINA DI INTERFACCIA

Per il calcolo della struttura in oggetto è stata utilizzata l'analisi agli elementi finiti, modellando le platee di fondazione come lastre orizzontali di spessore costante, costituite da elementi "shell" su suolo elastico alla Winkler mediante molle di cedevolezza verticale di 2000 kN/m³ e orizzontale pari a 1000 kN/m³, i pedestal invece sono stati schematizzati come elementi monodimensionali tipo "beam".

La discretizzazione degli elementi bidimensionali è stata realizzata con una "mesh" regolare con dimensione massima dell'elemento finito pari a 40cm.

Gli elementi utilizzati hanno le seguenti caratteristiche geometriche:

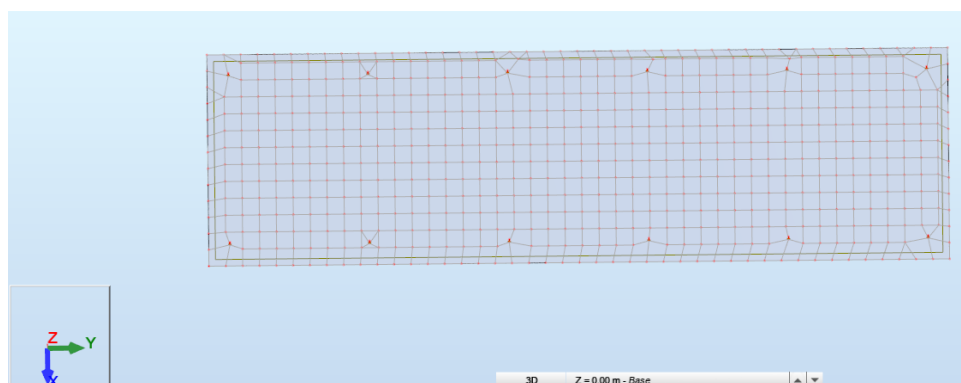


FIG. 17 – Planimetria modello di calcolo

Elementi tipo shell

Elementi tipo "shell" che rappresentano la platea di fondazione: TH = 40 cm

I carichi applicati (come elencati nel capitolo dedicato) sono di varia natura, precisamente:

- Carichi nodali derivanti dall'analisi della sovrastruttura;

Nelle pagine seguenti si si riportano le viste dei modelli di calcolo della fondazione in oggetto e si evidenziano i dati di input e output forniti dal modello di calcolo, le sollecitazioni interne nella platea di fondazione e le azioni nei pilastri con le rispettive verifiche.

COORDINATE E NUMERAZIONE NODI – FONDAZIONE

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	0,0	0,0	0,45
2	4,00	0,0	0,45
3	0,0	3,29	0,45
4	4,00	3,29	0,45
5	0,0	6,58	0,45
6	4,00	6,58	0,45
7	0,0	9,87	0,45
8	4,00	9,87	0,45
9	0,0	13,16	0,45
10	4,00	13,16	0,45
11	0,0	0,0	0,20
12	4,00	0,0	0,20
13	0,0	3,29	0,20
14	4,00	3,29	0,20
15	0,0	6,58	0,20
16	4,00	6,58	0,20
17	0,0	9,87	0,20
18	4,00	9,87	0,20
19	0,0	13,16	0,20

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
219	2,50	6,30	0,0
220	2,50	6,70	0,0
221	2,50	7,10	0,0
222	2,50	7,50	0,0
223	2,50	7,90	0,0
224	2,50	8,30	0,0
225	2,50	8,70	0,0
226	2,50	9,10	0,0
227	2,50	9,50	0,0
228	2,50	9,90	0,0
229	2,50	10,30	0,0
230	2,50	10,70	0,0
231	2,50	11,10	0,0
232	2,50	11,50	0,0
233	2,50	11,90	0,0
234	2,50	12,30	0,0
235	2,50	12,70	0,0
236	2,50	13,10	0,0
237	2,50	13,50	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
436	0,50	7,10	0,0
437	0,50	7,50	0,0
438	0,50	7,90	0,0
439	0,50	8,30	0,0
440	0,50	8,70	0,0
441	0,50	9,10	0,0
442	0,50	9,50	0,0
443	0,50	9,90	0,0
444	0,50	10,30	0,0
445	0,50	10,70	0,0
446	0,50	11,10	0,0
447	0,50	11,50	0,0
448	0,50	11,90	0,0
449	0,50	12,30	0,0
450	0,50	12,70	0,0
451	0,50	13,10	0,0
452	0,50	13,50	0,0
453	0,50	13,90	0,0
454	0,50	14,30	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
20	4,00	13,16	0,20
21	0,0	16,45	0,45
22	4,00	0,0	0,0
23	4,00	16,45	0,45
24	4,00	3,29	0,0
25	0,0	6,58	0,0
26	4,00	6,58	0,0
27	0,0	9,87	0,0
28	4,00	9,87	0,0
29	0,0	13,16	0,0
30	4,00	13,16	0,0
31	0,0	16,45	0,20
32	0,0	0,0	0,0
33	4,00	16,45	0,20
34	0,0	3,29	0,0
35	0,0	16,45	0,0
36	4,00	16,45	0,0
37	4,10	0,30	0,0
38	3,70	0,30	0,0
39	3,70	0,70	0,0
40	4,10	0,70	0,0
41	3,70	1,10	0,0
42	4,10	1,10	0,0
43	3,70	1,50	0,0
44	4,10	1,50	0,0
45	3,70	1,90	0,0
46	4,10	1,90	0,0
47	3,70	2,30	0,0
48	4,10	2,30	0,0
49	3,70	2,70	0,0
50	4,10	2,70	0,0
51	3,70	3,10	0,0
52	4,10	3,10	0,0
53	4,10	3,50	0,0
54	3,70	3,50	0,0
55	3,70	3,90	0,0
56	4,10	3,90	0,0
57	3,70	4,30	0,0
58	4,10	4,30	0,0
59	3,70	4,70	0,0
60	4,10	4,70	0,0
61	3,70	5,10	0,0
62	4,10	5,10	0,0
63	3,70	5,50	0,0
64	4,10	5,50	0,0
65	3,70	5,90	0,0
66	4,10	5,90	0,0
67	3,70	6,30	0,0
68	4,10	6,30	0,0
69	4,10	7,10	0,0
70	3,70	7,10	0,0
71	3,70	7,50	0,0
72	4,10	7,50	0,0
73	3,70	7,90	0,0
74	4,10	7,90	0,0
75	3,70	8,30	0,0
76	4,10	8,30	0,0
77	3,70	8,70	0,0
78	4,10	8,70	0,0
79	3,70	9,10	0,0
80	4,10	9,10	0,0
81	3,70	9,50	0,0
82	4,10	9,50	0,0
83	4,10	10,30	0,0
84	3,70	10,30	0,0
85	3,70	10,70	0,0
86	4,10	10,70	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
238	2,50	13,90	0,0
239	2,50	14,30	0,0
240	2,50	14,70	0,0
241	2,50	15,10	0,0
242	2,50	15,50	0,0
243	2,50	15,90	0,0
244	2,50	16,30	0,0
245	2,50	16,70	0,0
246	2,10	-0,10	0,0
247	2,10	0,30	0,0
248	2,10	0,70	0,0
249	2,10	1,10	0,0
250	2,10	1,50	0,0
251	2,10	1,90	0,0
252	2,10	2,30	0,0
253	2,10	2,70	0,0
254	2,10	3,10	0,0
255	2,10	3,50	0,0
256	2,10	3,90	0,0
257	2,10	4,30	0,0
258	2,10	4,70	0,0
259	2,10	5,10	0,0
260	2,10	5,50	0,0
261	2,10	5,90	0,0
262	2,10	6,30	0,0
263	2,10	6,70	0,0
264	2,10	7,10	0,0
265	2,10	7,50	0,0
266	2,10	7,90	0,0
267	2,10	8,30	0,0
268	2,10	8,70	0,0
269	2,10	9,10	0,0
270	2,10	9,50	0,0
271	2,10	9,90	0,0
272	2,10	10,30	0,0
273	2,10	10,70	0,0
274	2,10	11,10	0,0
275	2,10	11,50	0,0
276	2,10	11,90	0,0
277	2,10	12,30	0,0
278	2,10	12,70	0,0
279	2,10	13,10	0,0
280	2,10	13,50	0,0
281	2,10	13,90	0,0
282	2,10	14,30	0,0
283	2,10	14,70	0,0
284	2,10	15,10	0,0
285	2,10	15,50	0,0
286	2,10	15,90	0,0
287	2,10	16,30	0,0
288	2,10	16,70	0,0
289	1,70	-0,10	0,0
290	1,70	0,30	0,0
291	1,70	0,70	0,0
292	1,70	1,10	0,0
293	1,70	1,50	0,0
294	1,70	1,90	0,0
295	1,70	2,30	0,0
296	1,70	2,70	0,0
297	1,70	3,10	0,0
298	1,70	3,50	0,0
299	1,70	3,90	0,0
300	1,70	4,30	0,0
301	1,70	4,70	0,0
302	1,70	5,10	0,0
303	1,70	5,50	0,0
304	1,70	5,90	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
455	0,50	14,70	0,0
456	0,50	15,10	0,0
457	0,50	15,50	0,0
458	0,50	15,90	0,0
459	0,50	16,30	0,0
460	0,50	16,70	0,0
461	0,10	0,30	0,0
462	0,10	0,70	0,0
463	0,10	1,10	0,0
464	0,10	1,50	0,0
465	0,10	1,90	0,0
466	0,10	2,30	0,0
467	0,10	2,70	0,0
468	0,10	3,10	0,0
469	0,10	3,50	0,0
470	0,10	3,90	0,0
471	0,10	4,30	0,0
472	0,10	4,70	0,0
473	0,10	5,10	0,0
474	0,10	5,50	0,0
475	0,10	5,90	0,0
476	0,10	6,30	0,0
477	0,10	7,10	0,0
478	0,10	7,50	0,0
479	0,10	7,90	0,0
480	0,10	8,30	0,0
481	0,10	8,70	0,0
482	0,10	9,10	0,0
483	0,10	9,50	0,0
484	0,10	10,30	0,0
485	0,10	10,70	0,0
486	0,10	11,10	0,0
487	0,10	11,50	0,0
488	0,10	11,90	0,0
489	0,10	12,30	0,0
490	0,10	12,70	0,0
491	0,10	13,50	0,0
492	0,10	13,90	0,0
493	0,10	14,30	0,0
494	0,10	14,70	0,0
495	0,10	15,10	0,0
496	0,10	15,50	0,0
497	0,10	15,90	0,0
498	-0,30	0,30	0,0
499	-0,30	0,70	0,0
500	-0,30	1,10	0,0
501	-0,30	1,50	0,0
502	-0,30	1,90	0,0
503	-0,30	2,30	0,0
504	-0,30	2,70	0,0
505	-0,30	3,10	0,0
506	-0,30	3,50	0,0
507	-0,30	3,90	0,0
508	-0,30	4,30	0,0
509	-0,30	4,70	0,0
510	-0,30	5,10	0,0
511	-0,30	5,50	0,0
512	-0,30	5,90	0,0
513	-0,30	6,30	0,0
514	-0,30	7,10	0,0
515	-0,30	7,50	0,0
516	-0,30	7,90	0,0
517	-0,30	8,30	0,0
518	-0,30	8,70	0,0
519	-0,30	9,10	0,0
520	-0,30	9,50	0,0
521	-0,30	10,30	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
87	3,70	11,10	0,0
88	4,10	11,10	0,0
89	3,70	11,50	0,0
90	4,10	11,50	0,0
91	3,70	11,90	0,0
92	4,10	11,90	0,0
93	3,70	12,30	0,0
94	4,10	12,30	0,0
95	3,70	12,70	0,0
96	4,10	12,70	0,0
97	4,10	13,50	0,0
98	3,70	13,50	0,0
99	3,70	13,90	0,0
100	4,10	13,90	0,0
101	3,70	14,30	0,0
102	4,10	14,30	0,0
103	3,70	14,70	0,0
104	4,10	14,70	0,0
105	3,70	15,10	0,0
106	4,10	15,10	0,0
107	3,70	15,50	0,0
108	4,10	15,50	0,0
109	3,70	15,90	0,0
110	4,10	15,90	0,0
111	3,70	-0,10	0,0
112	3,30	-0,10	0,0
113	3,30	0,30	0,0
114	3,30	0,70	0,0
115	3,30	1,10	0,0
116	3,30	1,50	0,0
117	3,30	1,90	0,0
118	3,30	2,30	0,0
119	3,30	2,70	0,0
120	3,30	3,10	0,0
121	3,30	3,50	0,0
122	3,30	3,90	0,0
123	3,30	4,30	0,0
124	3,30	4,70	0,0
125	3,30	5,10	0,0
126	3,30	5,50	0,0
127	3,30	5,90	0,0
128	3,30	6,30	0,0
129	3,30	6,70	0,0
130	3,70	6,70	0,0
131	3,30	7,10	0,0
132	3,30	7,50	0,0
133	3,30	7,90	0,0
134	3,30	8,30	0,0
135	3,30	8,70	0,0
136	3,30	9,10	0,0
137	3,30	9,50	0,0
138	3,30	9,90	0,0
139	3,70	9,90	0,0
140	3,30	10,30	0,0
141	3,30	10,70	0,0
142	3,30	11,10	0,0
143	3,30	11,50	0,0
144	3,30	11,90	0,0
145	3,30	12,30	0,0
146	3,30	12,70	0,0
147	3,30	13,10	0,0
148	3,70	13,10	0,0
149	3,30	13,50	0,0
150	3,30	13,90	0,0
151	3,30	14,30	0,0
152	3,30	14,70	0,0
153	3,30	15,10	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
305	1,70	6,30	0,0
306	1,70	6,70	0,0
307	1,70	7,10	0,0
308	1,70	7,50	0,0
309	1,70	7,90	0,0
310	1,70	8,30	0,0
311	1,70	8,70	0,0
312	1,70	9,10	0,0
313	1,70	9,50	0,0
314	1,70	9,90	0,0
315	1,70	10,30	0,0
316	1,70	10,70	0,0
317	1,70	11,10	0,0
318	1,70	11,50	0,0
319	1,70	11,90	0,0
320	1,70	12,30	0,0
321	1,70	12,70	0,0
322	1,70	13,10	0,0
323	1,70	13,50	0,0
324	1,70	13,90	0,0
325	1,70	14,30	0,0
326	1,70	14,70	0,0
327	1,70	15,10	0,0
328	1,70	15,50	0,0
329	1,70	15,90	0,0
330	1,70	16,30	0,0
331	1,70	16,70	0,0
332	1,30	-0,10	0,0
333	1,30	0,30	0,0
334	1,30	0,70	0,0
335	1,30	1,10	0,0
336	1,30	1,50	0,0
337	1,30	1,90	0,0
338	1,30	2,30	0,0
339	1,30	2,70	0,0
340	1,30	3,10	0,0
341	1,30	3,50	0,0
342	1,30	3,90	0,0
343	1,30	4,30	0,0
344	1,30	4,70	0,0
345	1,30	5,10	0,0
346	1,30	5,50	0,0
347	1,30	5,90	0,0
348	1,30	6,30	0,0
349	1,30	6,70	0,0
350	1,30	7,10	0,0
351	1,30	7,50	0,0
352	1,30	7,90	0,0
353	1,30	8,30	0,0
354	1,30	8,70	0,0
355	1,30	9,10	0,0
356	1,30	9,50	0,0
357	1,30	9,90	0,0
358	1,30	10,30	0,0
359	1,30	10,70	0,0
360	1,30	11,10	0,0
361	1,30	11,50	0,0
362	1,30	11,90	0,0
363	1,30	12,30	0,0
364	1,30	12,70	0,0
365	1,30	13,10	0,0
366	1,30	13,50	0,0
367	1,30	13,90	0,0
368	1,30	14,30	0,0
369	1,30	14,70	0,0
370	1,30	15,10	0,0
371	1,30	15,50	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
522	-0,30	10,70	0,0
523	-0,30	11,10	0,0
524	-0,30	11,50	0,0
525	-0,30	11,90	0,0
526	-0,30	12,30	0,0
527	-0,30	12,70	0,0
528	-0,30	13,50	0,0
529	-0,30	13,90	0,0
530	-0,30	14,30	0,0
531	-0,30	14,70	0,0
532	-0,30	15,10	0,0
533	-0,30	15,50	0,0
534	-0,30	15,90	0,0
535	4,50	-0,10	0,0
536	4,50	-0,50	0,0
537	4,12	-0,50	0,0
538	4,50	0,69	0,0
539	4,50	0,29	0,0
540	4,50	1,48	0,0
541	4,50	1,09	0,0
542	4,50	2,28	0,0
543	4,50	1,88	0,0
545	4,50	2,67	0,0
546	4,50	3,47	0,0
547	4,50	3,07	0,0
548	4,50	4,26	0,0
549	4,50	3,86	0,0
550	4,50	5,05	0,0
551	4,50	4,66	0,0
552	4,50	5,85	0,0
553	4,50	5,45	0,0
554	4,50	6,64	0,0
555	4,50	6,24	0,0
556	4,50	7,04	0,0
557	4,50	7,43	0,0
558	4,50	8,22	0,0
559	4,50	7,83	0,0
560	3,73	-0,50	0,0
561	3,35	-0,50	0,0
562	2,96	-0,50	0,0
564	2,58	-0,50	0,0
565	2,19	-0,50	0,0
566	1,81	-0,50	0,0
567	1,42	-0,50	0,0
569	4,50	9,02	0,0
570	4,50	8,62	0,0
571	4,50	9,81	0,0
572	4,50	9,41	0,0
573	4,50	10,60	0,0
574	4,50	10,21	0,0
575	4,50	11,40	0,0
576	4,50	11,00	0,0
578	4,50	11,79	0,0
579	4,50	12,19	0,0
580	4,50	12,98	0,0
581	4,50	12,59	0,0
582	4,50	13,78	0,0
583	4,50	13,38	0,0
584	4,50	14,57	0,0
585	4,50	14,17	0,0
587	4,50	15,36	0,0
588	4,50	15,76	0,0
589	4,50	14,97	0,0
590	4,50	16,16	0,0
591	4,12	16,95	0,0
592	4,50	16,55	0,0
594	4,50	16,95	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
154	3,30	15,50	0,0
155	3,30	15,90	0,0
156	3,30	16,30	0,0
157	3,70	16,30	0,0
158	3,30	16,70	0,0
159	3,70	16,70	0,0
160	2,90	-0,10	0,0
161	2,90	0,30	0,0
162	2,90	0,70	0,0
163	2,90	1,10	0,0
164	2,90	1,50	0,0
165	2,90	1,90	0,0
166	2,90	2,30	0,0
167	2,90	2,70	0,0
168	2,90	3,10	0,0
169	2,90	3,50	0,0
170	2,90	3,90	0,0
171	2,90	4,30	0,0
172	2,90	4,70	0,0
173	2,90	5,10	0,0
174	2,90	5,50	0,0
175	2,90	5,90	0,0
176	2,90	6,30	0,0
177	2,90	6,70	0,0
178	2,90	7,10	0,0
179	2,90	7,50	0,0
180	2,90	7,90	0,0
181	2,90	8,30	0,0
182	2,90	8,70	0,0
183	2,90	9,10	0,0
184	2,90	9,50	0,0
185	2,90	9,90	0,0
186	2,90	10,30	0,0
187	2,90	10,70	0,0
188	2,90	11,10	0,0
189	2,90	11,50	0,0
190	2,90	11,90	0,0
191	2,90	12,30	0,0
192	2,90	12,70	0,0
193	2,90	13,10	0,0
194	2,90	13,50	0,0
195	2,90	13,90	0,0
196	2,90	14,30	0,0
197	2,90	14,70	0,0
198	2,90	15,10	0,0
199	2,90	15,50	0,0
200	2,90	15,90	0,0
201	2,90	16,30	0,0
202	2,90	16,70	0,0
203	2,50	-0,10	0,0
204	2,50	0,30	0,0
205	2,50	0,70	0,0
206	2,50	1,10	0,0
207	2,50	1,50	0,0
208	2,50	1,90	0,0
209	2,50	2,30	0,0
210	2,50	2,70	0,0
211	2,50	3,10	0,0
212	2,50	3,50	0,0
213	2,50	3,90	0,0
214	2,50	4,30	0,0
215	2,50	4,70	0,0
216	2,50	5,10	0,0
217	2,50	5,50	0,0
218	2,50	5,90	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
372	1,30	15,90	0,0
373	1,30	16,30	0,0
374	1,30	16,70	0,0
375	0,90	-0,10	0,0
376	0,90	0,30	0,0
377	0,90	0,70	0,0
378	0,90	1,10	0,0
379	0,90	1,50	0,0
380	0,90	1,90	0,0
381	0,90	2,30	0,0
382	0,90	2,70	0,0
383	0,90	3,10	0,0
384	0,90	3,50	0,0
385	0,90	3,90	0,0
386	0,90	4,30	0,0
387	0,90	4,70	0,0
388	0,90	5,10	0,0
389	0,90	5,50	0,0
390	0,90	5,90	0,0
391	0,90	6,30	0,0
392	0,90	6,70	0,0
393	0,90	7,10	0,0
394	0,90	7,50	0,0
395	0,90	7,90	0,0
396	0,90	8,30	0,0
397	0,90	8,70	0,0
398	0,90	9,10	0,0
399	0,90	9,50	0,0
400	0,90	9,90	0,0
401	0,90	10,30	0,0
402	0,90	10,70	0,0
403	0,90	11,10	0,0
404	0,90	11,50	0,0
405	0,90	11,90	0,0
406	0,90	12,30	0,0
407	0,90	12,70	0,0
408	0,90	13,10	0,0
409	0,90	13,50	0,0
410	0,90	13,90	0,0
411	0,90	14,30	0,0
412	0,90	14,70	0,0
413	0,90	15,10	0,0
414	0,90	15,50	0,0
415	0,90	15,90	0,0
416	0,90	16,30	0,0
417	0,90	16,70	0,0
418	0,50	-0,10	0,0
419	0,50	0,30	0,0
420	0,50	0,70	0,0
421	0,50	1,10	0,0
422	0,50	1,50	0,0
423	0,50	1,90	0,0
424	0,50	2,30	0,0
425	0,50	2,70	0,0
426	0,50	3,10	0,0
427	0,50	3,50	0,0
428	0,50	3,90	0,0
429	0,50	4,30	0,0
430	0,50	4,70	0,0
431	0,50	5,10	0,0
432	0,50	5,50	0,0
433	0,50	5,90	0,0
434	0,50	6,30	0,0
435	0,50	6,70	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
595	-0,29	10,01	0,0
596	3,73	16,95	0,0
597	3,35	16,95	0,0
598	2,96	16,95	0,0
599	-0,33	6,84	0,0
600	0,20	16,20	0,0
601	2,58	16,95	0,0
602	1,81	16,95	0,0
603	2,19	16,95	0,0
604	1,42	16,95	0,0
605	1,04	-0,50	0,0
606	0,65	-0,50	0,0
607	0,27	-0,50	0,0
609	-0,50	-0,10	0,0
610	-0,12	-0,50	0,0
611	-0,50	1,09	0,0
612	-0,50	1,88	0,0
613	-0,50	1,48	0,0
614	-0,50	0,69	0,0
617	-0,50	3,07	0,0
618	-0,50	2,67	0,0
619	-0,50	3,86	0,0
620	-0,50	3,47	0,0
621	-0,50	2,28	0,0
622	-0,50	0,29	0,0
623	-0,50	4,66	0,0
624	-0,50	-0,50	0,0
625	-0,50	4,26	0,0
626	-0,50	5,05	0,0
627	-0,50	5,45	0,0
628	-0,50	6,24	0,0
629	-0,50	5,85	0,0
630	-0,50	6,64	0,0
631	-0,50	7,04	0,0
632	-0,50	7,83	0,0
633	-0,50	7,43	0,0
634	-0,50	8,22	0,0
636	-0,50	8,62	0,0
637	-0,50	9,41	0,0
638	-0,50	9,02	0,0
639	-0,50	10,60	0,0
640	-0,50	11,40	0,0
641	-0,50	11,00	0,0
642	-0,50	9,81	0,0
643	-0,50	10,21	0,0
645	1,04	16,95	0,0
646	0,65	16,95	0,0
648	0,27	16,95	0,0
649	-0,12	16,95	0,0
650	-0,50	16,55	0,0
651	-0,27	13,22	0,0
652	-0,50	12,19	0,0
653	-0,50	12,59	0,0
654	-0,50	11,79	0,0
655	-0,50	13,38	0,0
656	-0,50	12,98	0,0
657	-0,50	13,78	0,0
658	-0,50	14,57	0,0
659	-0,50	14,17	0,0
660	-0,50	14,97	0,0
661	-0,50	15,76	0,0
662	-0,50	15,36	0,0
663	-0,50	16,16	0,0
664	-0,50	16,95	0,0

Pannelli

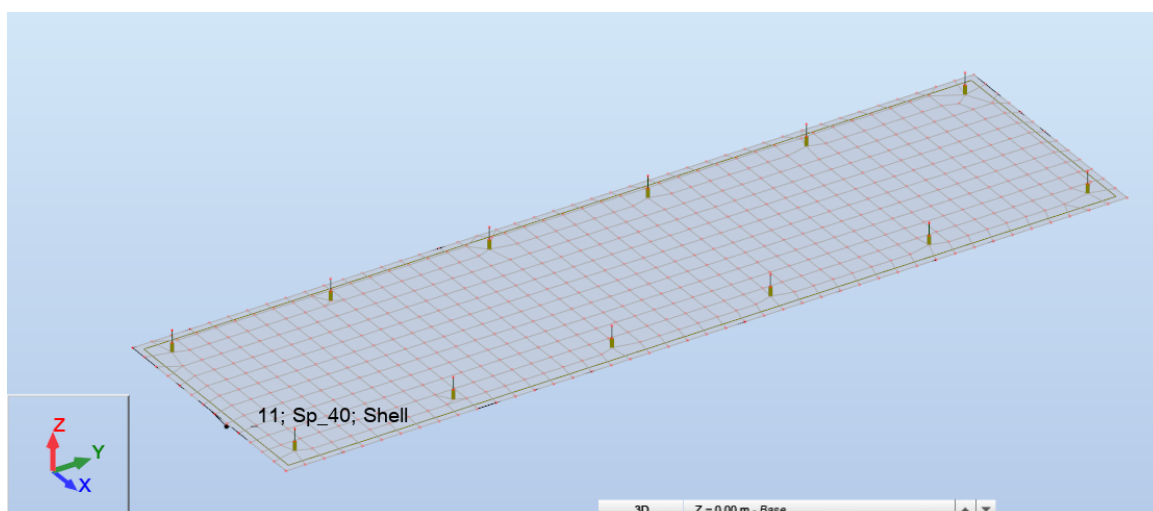


FIG.18 – Numerazione Pannelli

Pannello	Spessore	Materiale	Tipo di Meshatura	Oggetto di costruzione
1	Fondazione 40cm	C25/30	Cons	Pannello

Nota: il programma di calcolo raggruppa gli elementi finiti tipo Shell in pannelli. Per il progetto della presente fondazione si è prodotto un pannello (N°11) che raggruppano tutti gli elementi finiti.

FONDAZIONE CABINA DI TRASFORMAZIONE 3300 KVA

Per il calcolo della struttura in oggetto è stata utilizzata l'analisi agli elementi finiti, modellando le platee di fondazione come lastre orizzontali di spessore costante, costituite da elementi "shell" su suolo elastico alla Winkler mediante molle di cedevolezza verticale di 2000 kN/m³ e orizzontale pari a 1000 kN/m³, i pedestal invece sono stati schematizzati come elementi monodimensionali tipo "beam".

La discretizzazione degli elementi bidimensionali è stata realizzata con una "mesh" regolare con dimensione massima dell'elemento finito pari a 30cm.

Gli elementi utilizzati hanno le seguenti caratteristiche geometriche:

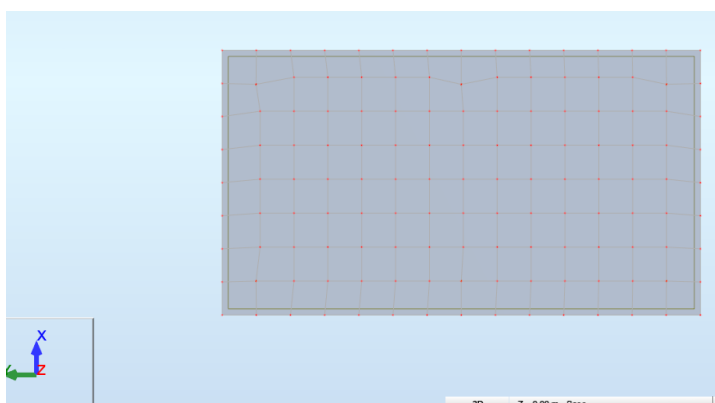


FIG.19 – Planimetria modello di calcolo

Elementi tipo “shell” che rappresentano la platea di fondazione: TH = 30 cm

I carichi applicati (come elencati nel capitolo dedicato) sono di varia natura, precisamente:

- Carichi nodali derivanti dall’analisi della sovrastruttura;

Nelle pagine seguenti si si riportano le viste dei modelli di calcolo della fondazione in oggetto e si evidenziano i dati di input e output forniti dal modello di calcolo, le sollecitazioni interne nella platea di fondazione e le azioni nei pilastri con le rispettive verifiche.

COORDINATE E NUMERAZIONE NODI – FONDAZIONE

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	0,0	0,0	0,35
2	2,90	0,0	0,35
3	0,0	3,03	0,35
4	2,90	3,03	0,35
5	0,0	6,06	0,35
6	2,90	6,06	0,35
7	0,0	0,0	0,15
8	2,90	0,0	0,15
9	0,0	3,03	0,15
10	2,90	3,03	0,15
11	0,0	6,06	0,15
12	2,90	6,06	0,15
13	0,0	0,0	0,0
14	2,90	0,0	0,0
15	0,0	3,03	0,0
16	2,90	3,03	0,0
17	0,0	6,06	0,0
18	2,90	6,06	0,0
19	0,0	0,50	0,0
20	0,50	0,50	0,0
21	0,50	1,00	0,0
22	0,0	1,00	0,0
23	0,50	1,50	0,0
24	0,0	1,50	0,0
25	0,50	2,00	0,0
26	0,0	2,00	0,0
27	0,50	2,50	0,0
28	0,0	2,50	0,0
29	0,0	3,50	0,0
30	0,50	3,50	0,0
31	0,50	4,00	0,0
32	0,0	4,00	0,0
33	0,50	4,50	0,0
34	0,0	4,50	0,0
35	0,50	5,00	0,0
36	0,0	5,00	0,0
37	0,50	5,50	0,0
38	0,0	5,50	0,0
39	0,50	0,0	0,0
40	1,00	0,0	0,0
41	1,00	0,50	0,0
42	1,00	1,00	0,0
43	1,00	1,50	0,0
44	1,00	2,00	0,0
45	1,00	2,50	0,0
46	1,00	3,00	0,0
47	0,50	3,00	0,0
48	1,00	3,50	0,0
49	1,00	4,00	0,0
50	1,00	4,50	0,0
51	1,00	5,00	0,0
52	1,00	5,50	0,0
53	1,00	6,00	0,0
54	0,50	6,00	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
55	1,50	0,0	0,0
56	1,50	0,50	0,0
57	1,50	1,00	0,0
58	1,50	1,50	0,0
59	1,50	2,00	0,0
60	1,50	2,50	0,0
61	1,50	3,00	0,0
62	1,50	3,50	0,0
63	1,50	4,00	0,0
64	1,50	4,50	0,0
65	1,50	5,00	0,0
66	1,50	5,50	0,0
67	1,50	6,00	0,0
68	2,00	0,0	0,0
69	2,00	0,50	0,0
70	2,00	1,00	0,0
71	2,00	1,50	0,0
72	2,00	2,00	0,0
73	2,00	2,50	0,0
74	2,00	3,00	0,0
75	2,00	3,50	0,0
76	2,00	4,00	0,0
77	2,00	4,50	0,0
78	2,00	5,00	0,0
79	2,00	5,50	0,0
80	2,00	6,00	0,0
81	2,50	0,0	0,0
82	2,50	0,50	0,0
83	2,50	1,00	0,0
84	2,50	1,50	0,0
85	2,50	2,00	0,0
86	2,50	2,50	0,0
87	2,50	3,00	0,0
88	2,50	3,50	0,0
89	2,50	4,00	0,0
90	2,50	4,50	0,0
91	2,50	5,00	0,0
92	2,50	5,50	0,0
93	2,50	6,00	0,0
94	3,00	0,50	0,0
95	3,00	1,00	0,0
96	3,00	1,50	0,0
97	3,00	2,00	0,0
98	3,00	2,50	0,0
99	3,00	3,50	0,0
100	3,00	4,00	0,0
101	3,00	4,50	0,0
102	3,00	5,00	0,0
103	3,00	5,50	0,0
104	-0,50	0,00	0,0
105	-0,50	-0,50	0,0
106	-0,01	-0,50	0,0
108	0,47	-0,50	0,0
109	-0,50	0,51	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
110	-0,50	1,01	0,0
111	-0,50	1,52	0,0
112	-0,50	2,53	0,0
113	-0,50	2,02	0,0
114	0,96	-0,50	0,0
115	1,45	-0,50	0,0
117	-0,50	3,53	0,0
118	-0,50	3,03	0,0
119	-0,50	4,04	0,0
120	-0,50	4,54	0,0
121	-0,50	5,05	0,0
123	-0,50	6,06	0,0
124	-0,50	5,55	0,0
125	-0,01	6,56	0,0
126	-0,50	6,56	0,0
127	0,47	6,56	0,0
128	0,96	6,56	0,0
129	1,45	6,56	0,0
130	1,94	-0,50	0,0
131	2,42	-0,50	0,0
132	2,91	-0,50	0,0
135	3,40	0,00	0,0
136	3,40	0,51	0,0
137	3,40	-0,50	0,0
138	3,40	1,01	0,0
139	3,40	1,52	0,0
140	3,40	2,02	0,0
141	3,40	2,53	0,0
142	3,40	3,03	0,0
144	1,94	6,56	0,0
145	2,42	6,56	0,0
146	2,91	6,56	0,0
147	3,40	6,06	0,0
148	3,40	4,04	0,0
149	3,40	3,53	0,0
150	3,40	4,54	0,0
151	3,40	5,05	0,0
152	3,40	5,55	0,0
153	3,40	6,56	0,0
110	-0,50	1,01	0,0
111	-0,50	1,52	0,0
112	-0,50	2,53	0,0
113	-0,50	2,02	0,0
114	0,96	-0,50	0,0
115	1,45	-0,50	0,0
117	-0,50	3,53	0,0
118	-0,50	3,03	0,0
119	-0,50	4,04	0,0
120	-0,50	4,54	0,0
121	-0,50	5,05	0,0
123	-0,50	6,06	0,0
124	-0,50	5,55	0,0
125	-0,01	6,56	0,0
126	-0,50	6,56	0,0

Pannelli

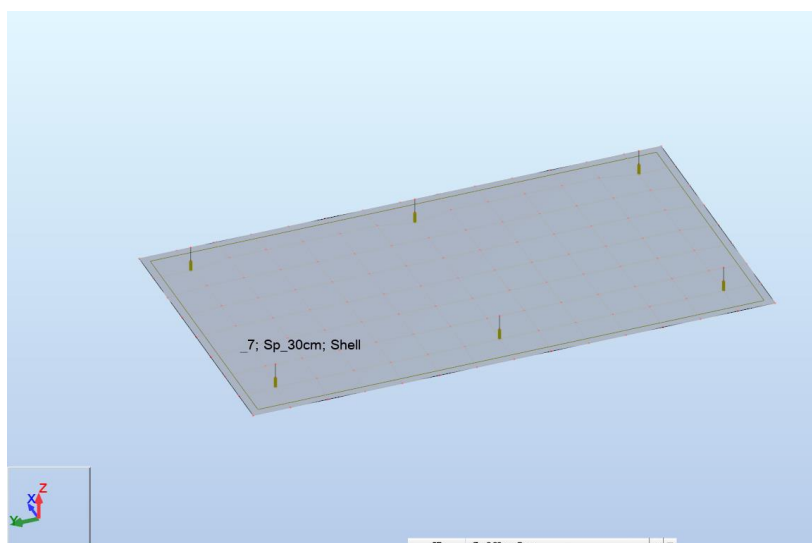


FIG. 20 – Numerazione Pannelli

Pannello	Spessore	Materiale	Tipo di Meshatura	Oggetto di costruzione
1	Fondazione 30cm	C25/30	Cons	Pannello

Nota: il programma di calcolo raggruppa gli elementi finiti tipo Shell in pannelli. Per il progetto della presente fondazione si è prodotto un pannello (N°7) che raggruppano tutti gli elementi finiti.

FONDAZIONE CABINA DI TRASFORMAZIONE 4400 KVA

Per il calcolo della struttura in oggetto è stata utilizzata l'analisi agli elementi finiti, modellando le platee di fondazione come lastre orizzontali di spessore costante, costituite da elementi "shell" su suolo elastico alla Winkler mediante molle di cedevolezza verticale di 2000 kN/m³ e orizzontale pari a 1000 kN/m³, i pedestal invece sono stati schematizzati come elementi monodimensionali tipo "beam".

La discretizzazione degli elementi bidimensionali è stata realizzata con una "mesh" regolare con dimensione massima dell'elemento finito pari a 30cm.

Gli elementi utilizzati hanno le seguenti caratteristiche geometriche:

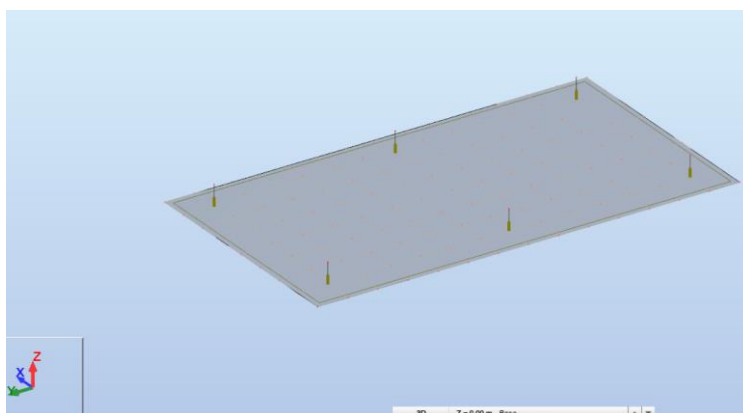


FIG. 21– Planimetria modello di calcolo

Elementi tipo "shell" che rappresentano la platea di fondazione: TH = 30 cm

I carichi applicati (come elencati nel capitolo dedicato) sono di varia natura, precisamente:

- Carichi nodali derivanti dall'analisi della sovrastruttura;

Nelle pagine seguenti si riportano le viste dei modelli di calcolo della fondazione in oggetto e si evidenziano i dati di input e output forniti dal modello di calcolo, le sollecitazioni interne nella platea di fondazione e le azioni nei pilastri con le rispettive verifiche.

COORDINATE E NUMERAZIONE NODI – FONDAZIONE

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	0,0	0,0	0,35
2	2,90	0,0	0,35
3	0,0	3,03	0,35
4	2,90	3,03	0,35
5	0,0	6,06	0,35
6	2,90	6,06	0,35
7	0,0	0,0	0,15
8	2,90	0,0	0,15
9	0,0	3,03	0,15
10	2,90	3,03	0,15
11	0,0	6,06	0,15
12	2,90	6,06	0,15
13	0,0	0,0	0,0
14	2,90	0,0	0,0
15	0,0	3,03	0,0
16	2,90	3,03	0,0
17	0,0	6,06	0,0
18	2,90	6,06	0,0
19	0,0	0,50	0,0
20	0,50	0,50	0,0
21	0,50	1,00	0,0
22	0,0	1,00	0,0
23	0,50	1,50	0,0
24	0,0	1,50	0,0
25	0,50	2,00	0,0
26	0,0	2,00	0,0
27	0,50	2,50	0,0
28	0,0	2,50	0,0
29	0,0	3,50	0,0
30	0,50	3,50	0,0
31	0,50	4,00	0,0
32	0,0	4,00	0,0
33	0,50	4,50	0,0
34	0,0	4,50	0,0
35	0,50	5,00	0,0
36	0,0	5,00	0,0
37	0,50	5,50	0,0
38	0,0	5,50	0,0
39	0,50	0,0	0,0
40	1,00	0,0	0,0
41	1,00	0,50	0,0
42	1,00	1,00	0,0
43	1,00	1,50	0,0
44	1,00	2,00	0,0
45	1,00	2,50	0,0
46	1,00	3,00	0,0
47	0,50	3,00	0,0
48	1,00	3,50	0,0
49	1,00	4,00	0,0
50	1,00	4,50	0,0
51	1,00	5,00	0,0
52	1,00	5,50	0,0
53	1,00	6,00	0,0
54	0,50	6,00	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
55	1,50	0,0	0,0
56	1,50	0,50	0,0
57	1,50	1,00	0,0
58	1,50	1,50	0,0
59	1,50	2,00	0,0
60	1,50	2,50	0,0
61	1,50	3,00	0,0
62	1,50	3,50	0,0
63	1,50	4,00	0,0
64	1,50	4,50	0,0
65	1,50	5,00	0,0
66	1,50	5,50	0,0
67	1,50	6,00	0,0
68	2,00	0,0	0,0
69	2,00	0,50	0,0
70	2,00	1,00	0,0
71	2,00	1,50	0,0
72	2,00	2,00	0,0
73	2,00	2,50	0,0
74	2,00	3,00	0,0
75	2,00	3,50	0,0
76	2,00	4,00	0,0
77	2,00	4,50	0,0
78	2,00	5,00	0,0
79	2,00	5,50	0,0
80	2,00	6,00	0,0
81	2,50	0,0	0,0
82	2,50	0,50	0,0
83	2,50	1,00	0,0
84	2,50	1,50	0,0
85	2,50	2,00	0,0
86	2,50	2,50	0,0
87	2,50	3,00	0,0
88	2,50	3,50	0,0
89	2,50	4,00	0,0
90	2,50	4,50	0,0
91	2,50	5,00	0,0
92	2,50	5,50	0,0
93	2,50	6,00	0,0
94	3,00	0,50	0,0
95	3,00	1,00	0,0
96	3,00	1,50	0,0
97	3,00	2,00	0,0
98	3,00	2,50	0,0
99	3,00	3,50	0,0
100	3,00	4,00	0,0
101	3,00	4,50	0,0
102	3,00	5,00	0,0
103	3,00	5,50	0,0
104	-0,50	0,00	0,0
105	-0,50	-0,50	0,0
106	-0,01	-0,50	0,0
108	0,47	-0,50	0,0
109	-0,50	0,51	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
110	-0,50	1,01	0,0
111	-0,50	1,52	0,0
112	-0,50	2,53	0,0
113	-0,50	2,02	0,0
114	0,96	-0,50	0,0
115	1,45	-0,50	0,0
117	-0,50	3,53	0,0
118	-0,50	3,03	0,0
119	-0,50	4,04	0,0
120	-0,50	4,54	0,0
121	-0,50	5,05	0,0
123	-0,50	6,06	0,0
124	-0,50	5,55	0,0
125	-0,01	6,56	0,0
126	-0,50	6,56	0,0
127	0,47	6,56	0,0
128	0,96	6,56	0,0
129	1,45	6,56	0,0
130	1,94	-0,50	0,0
131	2,42	-0,50	0,0
132	2,91	-0,50	0,0
135	3,40	0,00	0,0
136	3,40	0,51	0,0
137	3,40	-0,50	0,0
138	3,40	1,01	0,0
139	3,40	1,52	0,0
140	3,40	2,02	0,0
141	3,40	2,53	0,0
142	3,40	3,03	0,0
144	1,94	6,56	0,0
145	2,42	6,56	0,0
146	2,91	6,56	0,0
147	3,40	6,06	0,0
148	3,40	4,04	0,0
149	3,40	3,53	0,0
150	3,40	4,54	0,0
151	3,40	5,05	0,0
152	3,40	5,55	0,0
153	3,40	6,56	0,0
110	-0,50	1,01	0,0
111	-0,50	1,52	0,0
112	-0,50	2,53	0,0
113	-0,50	2,02	0,0
114	0,96	-0,50	0,0
115	1,45	-0,50	0,0
117	-0,50	3,53	0,0
118	-0,50	3,03	0,0
119	-0,50	4,04	0,0
120	-0,50	4,54	0,0
121	-0,50	5,05	0,0
123	-0,50	6,06	0,0
124	-0,50	5,55	0,0
125	-0,01	6,56	0,0
126	-0,50	6,56	0,0

Pannelli

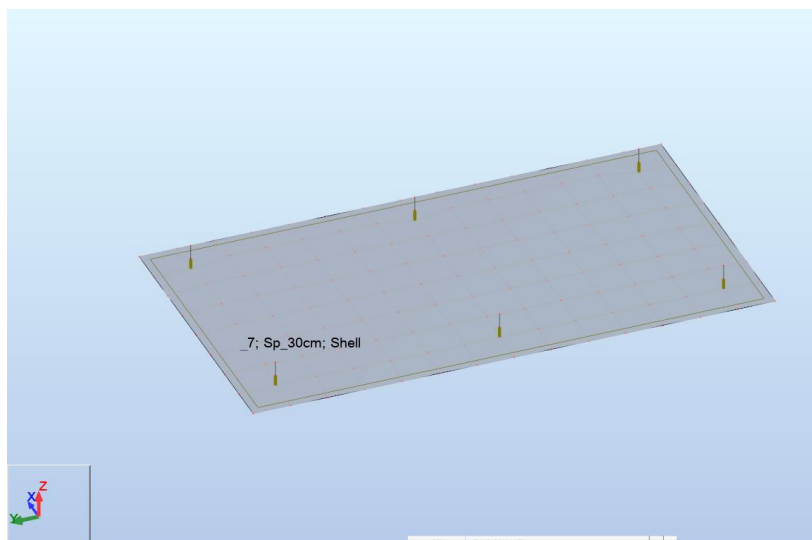


FIG. 22 – Numerazione Pannelli

Pannello	Spessore	Materiale	Tipo di Meshatura	Oggetto di costruzione
1	Fondazione 30cm	C25/30	Cons	Pannello

Nota: il programma di calcolo raggruppa gli elementi finiti tipo Shell in pannelli. Per il progetto della presente fondazione si è prodotto un pannello (N°7) che raggruppano tutti gli elementi finiti.

CARICHI APPLICATI E COMBINAZIONI DI CARICO

CONDIZIONI DI CARICO

Di seguito si riportano le condizioni di carico ed i vari valori dei carichi applicati nel modello di calcolo

Lista Condizioni di Carico

Condizione	Nome della condizione	Natura	Tipo di analisi
1	G1	Permanenti	Statica lineare
2	G2	Perm.Non-str.	Statica lineare
3	Q	Categoria E	Statica lineare
4	N	Neve H<1000	Statica lineare
5	Vx+	Vento	Statica lineare
6	Vx-	Vento	Statica lineare
7	Vy+	Vento	Statica lineare
8	Vy-	Vento	Statica lineare
9	T	Termiche	Statica lineare
10	SLD X	Sismiche	Statica lineare
11	SLV X	Sismiche	Statica lineare
12	SLD Y	Sismiche	Statica lineare
13	SLV Y	Sismiche	Statica lineare

Tabella dei Carichi – Cabina di Interfaccia – Fondazione

Di seguito si riportano i valori delle reazioni vincolari, cambiate di segno, delle condizioni di carico ricavate dalla struttura in elevazione.

Condiz.	Nome della condizione	Tipo di carico	Lista	Valori di carico
1	G1	self-weight	1to13	' PZ Negative Factor=1,10
1	G1	nodal force	1	' FX=-22,39(kN) FY=-17,89(kN) FZ=-81,85(kN)
2	G2	nodal force	1	' FX=-4,65(kN) FY=-3,41(kN) FZ=-16,26(kN)
3	Q	nodal force	1	' FX=-2,07(kN) FY=-1,42(kN) FZ=-7,19(kN)
4	N	nodal force	1	' FX=-1,01(kN) FY=-1,14(kN) FZ=-3,78(kN)
5	Vx+	nodal force	1	' FX=17,59(kN) FY=5,26(kN) FZ=27,99(kN)
6	Vx-	nodal force	1	' FX=-17,59(kN) FY=-5,26(kN) FZ=-27,99(kN)
7	Vy	nodal force	1	' FX=0,56(kN) FY=5,74(kN) FZ=5,22(kN)
8	Vy-	nodal force	1	' FX=-0,56(kN) FY=-5,74(kN) FZ=-5,22(kN)
9	T	nodal force	1	' FX=48,18(kN) FY=23,45(kN) FZ=-36,10(kN)
10	SLD X	nodal force	1	' FX=-15,17(kN) FY=-6,40(kN) FZ=-30,22(kN)
11	SLV X	nodal force	1	' FX=-43,13(kN) FY=-18,21(kN) FZ=-85,93(kN)
12	SLD Y	nodal force	1	' FX=-0,44(kN) FY=-1,17(kN) FZ=-0,01(kN)
13	SLV Y	nodal force	1	' FX=-1,26(kN) FY=-3,32(kN) FZ=-0,02(kN)
1	G1	nodal force	2	' FX=22,39(kN) FY=-17,89(kN) FZ=-81,85(kN)
2	G2	nodal force	2	' FX=4,65(kN) FY=-3,41(kN) FZ=-16,26(kN)
3	Q	nodal force	2	' FX=2,07(kN) FY=-1,42(kN) FZ=-7,19(kN)
4	N	nodal force	2	' FX=1,01(kN) FY=-1,14(kN) FZ=-3,78(kN)
5	Vx+	nodal force	2	' FX=16,56(kN) FY=-4,10(kN) FZ=-24,14(kN)
6	Vx-	nodal force	2	' FX=-16,56(kN) FY=4,10(kN) FZ=24,14(kN)
7	Vy	nodal force	2	' FX=-0,56(kN) FY=5,74(kN) FZ=5,22(kN)
8	Vy-	nodal force	2	' FX=0,56(kN) FY=-5,74(kN) FZ=-5,22(kN)
9	T	nodal force	2	' FX=-48,18(kN) FY=23,45(kN) FZ=-36,10(kN)
10	SLD X	nodal force	2	' FX=-15,16(kN) FY=-6,40(kN) FZ=-30,22(kN)
11	SLV X	nodal force	2	' FX=-43,12(kN) FY=-18,21(kN) FZ=-85,93(kN)
12	SLD Y	nodal force	2	' FX=-0,44(kN) FY=-1,16(kN) FZ=-0,01(kN)
13	SLV Y	nodal force	2	' FX=-1,25(kN) FY=-3,32(kN) FZ=-0,03(kN)
1	G1	nodal force	3	' FX=-3,42(kN) FY=1,47(kN) FZ=-88,86(kN)
2	G2	nodal force	3	' FX=-0,30(kN) FY=0,24(kN) FZ=-27,64(kN)
3	Q	nodal force	3	' FY=0,23(kN) FZ=-12,44(kN)
4	N	nodal force	3	' FX=-0,61(kN) FY=-0,45(kN) FZ=-5,51(kN)
5	Vx+	nodal force	3	' FX=4,50(kN) FY=2,87(kN) FZ=1,38(kN)
6	Vx-	nodal force	3	' FX=-4,50(kN) FY=-2,87(kN) FZ=-1,38(kN)
7	Vy	nodal force	3	' FX=0,04(kN) FY=7,00(kN) FZ=3,00(kN)
8	Vy-	nodal force	3	' FX=-0,04(kN) FY=-7,00(kN) FZ=-3,00(kN)
9	T	nodal force	3	' FX=-0,16(kN) FY=-35,89(kN) FZ=18,21(kN)
10	SLD X	nodal force	3	' FX=-1,89(kN) FY=-3,93(kN) FZ=-1,21(kN)
11	SLV X	nodal force	3	' FX=-5,37(kN) FY=-11,18(kN) FZ=-3,44(kN)
12	SLD Y	nodal force	3	' FX=-0,68(kN) FY=-0,18(kN) FZ=-0,09(kN)
13	SLV Y	nodal force	3	' FX=-1,94(kN) FY=-0,52(kN) FZ=-0,26(kN)

1	G1	nodal force	4	' FX=3,42(kN) FY=1,47(kN) FZ=-88,86(kN)
2	G2	nodal force	4	' FX=0,30(kN) FY=0,24(kN) FZ=-27,64(kN)
3	Q	nodal force	4	' FY=0,23(kN) FZ=-12,44(kN)
4	N	nodal force	4	' FX=0,61(kN) FY=-0,45(kN) FZ=-5,51(kN)
5	Vx+	nodal force	4	' FX=3,88(kN) FY=-2,42(kN) FZ=4,23(kN)
6	Vx-	nodal force	4	' FX=-3,88(kN) FY=2,42(kN) FZ=-4,23(kN)
7	Vy	nodal force	4	' FX=-0,04(kN) FY=7,00(kN) FZ=3,00(kN)
8	Vy-	nodal force	4	' FX=0,04(kN) FY=-7,00(kN) FZ=-3,00(kN)
9	T	nodal force	4	' FX=0,16(kN) FY=-35,89(kN) FZ=18,21(kN)
10	SLD X	nodal force	4	' FX=-1,89(kN) FY=-3,93(kN) FZ=-1,21(kN)
11	SLV X	nodal force	4	' FX=-5,36(kN) FY=-11,17(kN) FZ=-3,44(kN)
12	SLD Y	nodal force	4	' FX=-0,68(kN) FY=-0,18(kN) FZ=-0,09(kN)
13	SLV Y	nodal force	4	' FX=-1,94(kN) FY=-0,52(kN) FZ=-0,26(kN)
1	G1	nodal force	5	' FX=-4,23(kN) FY=1,27(kN) FZ=-91,12(kN)
2	G2	nodal force	5	' FX=-0,37(kN) FY=0,49(kN) FZ=-29,46(kN)
3	Q	nodal force	5	' FY=0,24(kN) FZ=-13,19(kN)
4	N	nodal force	5	' FX=-0,75(kN) FY=0,01(kN) FZ=-6,17(kN)
5	Vx+	nodal force	5	' FX=4,54(kN) FY=2,02(kN) FZ=-2,95(kN)
6	Vx-	nodal force	5	' FX=-4,54(kN) FY=-2,02(kN) FZ=2,95(kN)
7	Vy	nodal force	5	' FX=0,44(kN) FY=6,56(kN) FZ=3,01(kN)
8	Vy-	nodal force	5	' FX=-0,44(kN) FY=-6,56(kN) FZ=-3,01(kN)
9	T	nodal force	5	' FX=-0,07(kN) FY=-12,77(kN) FZ=15,14(kN)
10	SLD X	nodal force	5	' FX=-2,84(kN) FY=-2,79(kN) FZ=-7,73(kN)
11	SLV X	nodal force	5	' FX=-8,08(kN) FY=-7,93(kN) FZ=-22,00(kN)
12	SLD Y	nodal force	5	' FX=-0,67(kN) FY=-0,13(kN) FZ=-0,01(kN)
13	SLV Y	nodal force	5	' FX=-1,92(kN) FY=-0,38(kN) FZ=-0,04(kN)
1	G1	nodal force	6	' FX=4,23(kN) FY=1,27(kN) FZ=-91,12(kN)
2	G2	nodal force	6	' FX=0,37(kN) FY=0,49(kN) FZ=-29,46(kN)
3	Q	nodal force	6	' FY=0,24(kN) FZ=-13,19(kN)
4	N	nodal force	6	' FX=0,75(kN) FY=0,01(kN) FZ=-6,17(kN)
5	Vx+	nodal force	6	' FX=3,77(kN) FY=-2,03(kN) FZ=9,24(kN)
6	Vx-	nodal force	6	' FX=-3,77(kN) FY=2,03(kN) FZ=-9,24(kN)
7	Vy	nodal force	6	' FX=-0,44(kN) FY=6,56(kN) FZ=3,01(kN)
8	Vy-	nodal force	6	' FX=0,44(kN) FY=-6,56(kN) FZ=-3,01(kN)
9	T	nodal force	6	' FX=0,07(kN) FY=-12,77(kN) FZ=15,14(kN)
10	SLD X	nodal force	6	' FX=-2,84(kN) FY=-2,79(kN) FZ=-7,73(kN)
11	SLV X	nodal force	6	' FX=-8,08(kN) FY=-7,92(kN) FZ=-22,00(kN)
12	SLD Y	nodal force	6	' FX=-0,67(kN) FY=-0,13(kN) FZ=-0,01(kN)
13	SLV Y	nodal force	6	' FX=-1,92(kN) FY=-0,38(kN) FZ=-0,04(kN)
1	G1	nodal force	7	' FX=-4,23(kN) FY=2,44(kN) FZ=-91,13(kN)
2	G2	nodal force	7	' FX=-0,37(kN) FY=0,38(kN) FZ=-29,37(kN)
3	Q	nodal force	7	' FY=0,14(kN) FZ=-13,14(kN)
4	N	nodal force	7	' FX=-0,76(kN) FY=0,23(kN) FZ=-6,17(kN)
5	Vx+	nodal force	7	' FX=4,55(kN) FY=-1,90(kN) FZ=-2,74(kN)
6	Vx-	nodal force	7	' FX=-4,55(kN) FY=1,90(kN) FZ=2,74(kN)
7	Vy	nodal force	7	' FX=0,34(kN) FY=6,17(kN) FZ=2,98(kN)
8	Vy-	nodal force	7	' FX=-0,34(kN) FY=-6,17(kN) FZ=-2,98(kN)
9	T	nodal force	7	' FX=-0,07(kN) FY=3,91(kN) FZ=13,70(kN)

10	SLD X	nodal force	7	' FX=-2,91(kN) FY=-2,50(kN) FZ=-7,45(kN)
11	SLV X	nodal force	7	' FX=-8,28(kN) FY=-7,10(kN) FZ=-21,18(kN)
12	SLD Y	nodal force	7	' FX=-0,64(kN) FY=-0,13(kN) FZ=-0,01(kN)
13	SLV Y	nodal force	7	' FX=-1,83(kN) FY=-0,36(kN) FZ=-0,04(kN)
1	G1	nodal force	8	' FX=4,23(kN) FY=2,44(kN) FZ=-91,13(kN)
2	G2	nodal force	8	' FX=0,37(kN) FY=0,38(kN) FZ=-29,37(kN)
3	Q	nodal force	8	' FY=0,14(kN) FZ=-13,14(kN)
4	N	nodal force	8	' FX=0,76(kN) FY=0,23(kN) FZ=-6,17(kN)
5	Vx+	nodal force	8	' FX=3,78(kN) FY=1,67(kN) FZ=9,04(kN)
6	Vx-	nodal force	8	' FX=-3,78(kN) FY=-1,67(kN) FZ=-9,04(kN)
7	Vy	nodal force	8	' FX=-0,34(kN) FY=6,17(kN) FZ=2,98(kN)
8	Vy-	nodal force	8	' FX=0,34(kN) FY=-6,17(kN) FZ=-2,98(kN)
9	T	nodal force	8	' FX=0,07(kN) FY=3,91(kN) FZ=13,70(kN)
10	SLD X	nodal force	8	' FX=-2,92(kN) FY=-2,50(kN) FZ=-7,45(kN)
11	SLV X	nodal force	8	' FX=-8,29(kN) FY=-7,11(kN) FZ=-21,18(kN)
12	SLD Y	nodal force	8	' FX=-0,64(kN) FY=-0,13(kN) FZ=-0,01(kN)
13	SLV Y	nodal force	8	' FX=-1,83(kN) FY=-0,36(kN) FZ=-0,04(kN)
1	G1	nodal force	9	' FX=-3,39(kN) FY=-5,58(kN) FZ=-89,44(kN)
2	G2	nodal force	9	' FX=-0,30(kN) FY=-1,21(kN) FZ=-27,80(kN)
3	Q	nodal force	9	' FY=-0,65(kN) FZ=-12,51(kN)
4	N	nodal force	9	' FX=-0,61(kN) FY=0,17(kN) FZ=-5,54(kN)
5	Vx+	nodal force	9	' FX=4,51(kN) FY=-2,73(kN) FZ=1,22(kN)
6	Vx-	nodal force	9	' FX=-4,51(kN) FY=2,73(kN) FZ=-1,22(kN)
7	Vy	nodal force	9	' FX=0,58(kN) FY=6,49(kN) FZ=2,98(kN)
8	Vy-	nodal force	9	' FX=-0,58(kN) FY=-6,49(kN) FZ=-2,98(kN)
9	T	nodal force	9	' FX=-0,15(kN) FY=46,33(kN) FZ=21,31(kN)
10	SLD X	nodal force	9	' FX=-1,92(kN) FY=-3,91(kN) FZ=-1,47(kN)
11	SLV X	nodal force	9	' FX=-5,45(kN) FY=-11,13(kN) FZ=-4,19(kN)
12	SLD Y	nodal force	9	' FX=-0,67(kN) FY=-0,18(kN) FZ=-0,09(kN)
13	SLV Y	nodal force	9	' FX=-1,91(kN) FY=-0,50(kN) FZ=-0,26(kN)
1	G1	nodal force	10	' FX=3,39(kN) FY=-5,58(kN) FZ=-89,44(kN)
2	G2	nodal force	10	' FX=0,30(kN) FY=-1,21(kN) FZ=-27,80(kN)
3	Q	nodal force	10	' FY=-0,65(kN) FZ=-12,51(kN)
4	N	nodal force	10	' FX=0,61(kN) FY=0,17(kN) FZ=-5,54(kN)
5	Vx+	nodal force	10	' FX=3,89(kN) FY=2,56(kN) FZ=4,43(kN)
6	Vx-	nodal force	10	' FX=-3,89(kN) FY=-2,56(kN) FZ=-4,43(kN)
7	Vy	nodal force	10	' FX=-0,58(kN) FY=6,49(kN) FZ=2,98(kN)
8	Vy-	nodal force	10	' FX=0,58(kN) FY=-6,49(kN) FZ=-2,98(kN)
9	T	nodal force	10	' FX=0,15(kN) FY=46,33(kN) FZ=21,31(kN)
10	SLD X	nodal force	10	' FX=-1,92(kN) FY=-3,91(kN) FZ=-1,48(kN)
11	SLV X	nodal force	10	' FX=-5,45(kN) FY=-11,13(kN) FZ=-4,20(kN)
12	SLD Y	nodal force	10	' FX=-0,67(kN) FY=-0,18(kN) FZ=-0,09(kN)
13	SLV Y	nodal force	10	' FX=-1,91(kN) FY=-0,50(kN) FZ=-0,26(kN)
1	G1	nodal force	21	' FX=-22,45(kN) FY=18,26(kN) FZ=-81,41(kN)
2	G2	nodal force	21	' FX=-4,63(kN) FY=3,50(kN) FZ=-16,18(kN)
3	Q	nodal force	21	' FX=-2,06(kN) FY=1,46(kN) FZ=-7,15(kN)
4	N	nodal force	21	' FX=-1,01(kN) FY=1,17(kN) FZ=-3,76(kN)
5	Vx+	nodal force	21	' FX=17,51(kN) FY=-5,25(kN) FZ=27,86(kN)

6	Vx-	nodal force	21	' FX=-17,51(kN) FY=5,25(kN) FZ=-27,86(kN)
7	Vy	nodal force	21	' FX=0,45(kN) FY=4,57(kN) FZ=-1,40(kN)
8	Vy-	nodal force	21	' FX=-0,45(kN) FY=-4,57(kN) FZ=1,40(kN)
9	T	nodal force	21	' FX=48,13(kN) FY=-25,04(kN) FZ=-37,70(kN)
10	SLD X	nodal force	21	' FX=-15,03(kN) FY=-6,38(kN) FZ=-30,05(kN)
11	SLV X	nodal force	21	' FX=-42,73(kN) FY=-18,15(kN) FZ=-85,46(kN)
12	SLD Y	nodal force	21	' FX=-0,44(kN) FY=-1,19(kN) FZ=-0,01(kN)
13	SLV Y	nodal force	21	' FX=-1,27(kN) FY=-3,39(kN) FZ=-0,02(kN)
1	G1	nodal force	23	' FX=22,45(kN) FY=18,26(kN) FZ=-81,41(kN)
2	G2	nodal force	23	' FX=4,63(kN) FY=3,50(kN) FZ=-16,18(kN)
3	Q	nodal force	23	' FX=2,06(kN) FY=1,46(kN) FZ=-7,15(kN)
4	N	nodal force	23	' FX=1,01(kN) FY=1,17(kN) FZ=-3,76(kN)
5	Vx+	nodal force	23	' FX=16,48(kN) FY=4,05(kN) FZ=-24,02(kN)
6	Vx-	nodal force	23	' FX=-16,48(kN) FY=-4,05(kN) FZ=24,02(kN)
7	Vy	nodal force	23	' FX=0,45(kN) FY=4,57(kN) FZ=-1,40(kN)
8	Vy-	nodal force	23	' FX=0,45(kN) FY=-4,57(kN) FZ=1,40(kN)
9	T	nodal force	23	' FX=-48,13(kN) FY=-25,04(kN) FZ=-37,70(kN)
10	SLD X	nodal force	23	' FX=-15,03(kN) FY=-6,38(kN) FZ=-30,05(kN)
11	SLV X	nodal force	23	' FX=-42,73(kN) FY=-18,15(kN) FZ=-85,46(kN)
12	SLD Y	nodal force	23	' FX=-0,44(kN) FY=-1,19(kN) FZ=-0,01(kN)
13	SLV Y	nodal force	23	' FX=-1,26(kN) FY=-3,38(kN) FZ=-0,03(kN)

Tabella dei Carichi – Cabina di trasformazione 3300 KVA – Fondazione

Di seguito si riportano i valori delle reazioni vincolari, cambiate di segno, delle condizioni di carico ricavate dalla struttura in elevazione.

Condiz.	Nome della condizione	Tipo di carico	Lista	Valori di carico
1	G1	self-weight	1to7	' PZ Negative Factor=1,10
1	G1	nodal force	1	' FX=-0,09(kN) FY=-0,06(kN) FZ=-2,27(kN)
2	G2	nodal force	1	' FX=-0,13(kN) FY=-0,08(kN) FZ=-30,11(kN)
3	Q	nodal force	1	' FZ=-4,39(kN)
4	N	nodal force	1	' FX=-0,26(kN) FY=-0,16(kN) FZ=-2,00(kN)
5	Vx+	nodal force	1	' FX=6,94(kN) FY=0,09(kN) FZ=9,30(kN)
6	Vx-	nodal force	1	' FX=-6,68(kN) FY=0,08(kN) FZ=-7,26(kN)
7	Vy	nodal force	1	' FX=0,13(kN) FY=6,21(kN) FZ=5,85(kN)
8	Vy-	nodal force	1	' FX=-0,13(kN) FY=-6,21(kN) FZ=-5,85(kN)
9	T	nodal force	1	' FX=-0,59(kN) FY=-0,75(kN) FZ=-0,46(kN)
10	SLD X	nodal force	1	' FX=7,29(kN) FZ=5,04(kN)
11	SLV X	nodal force	1	' FX=20,93(kN) FZ=14,46(kN)
12	SLD Y	nodal force	1	' FX=0,01(kN) FY=7,29(kN) FZ=3,61(kN)
13	SLV Y	nodal force	1	' FX=0,02(kN) FY=20,94(kN) FZ=10,37(kN)
1	G1	nodal force	2	' FX=0,09(kN) FY=-0,06(kN) FZ=-2,27(kN)
2	G2	nodal force	2	' FX=0,13(kN) FY=-0,08(kN) FZ=-30,19(kN)
3	Q	nodal force	2	' FZ=-4,39(kN)
4	N	nodal force	2	' FX=0,26(kN) FY=-0,16(kN) FZ=-2,00(kN)
5	Vx+	nodal force	2	' FX=6,68(kN) FY=0,08(kN) FZ=-7,26(kN)
6	Vx-	nodal force	2	' FX=-6,94(kN) FY=0,09(kN) FZ=9,30(kN)

7	Vy	nodal force	2	' FX=-0,13(kN) FY=6,21(kN) FZ=5,85(kN)
8	Vy-	nodal force	2	' FX=0,13(kN) FY=-6,21(kN) FZ=-5,85(kN)
9	T	nodal force	2	' FX=0,59(kN) FY=-0,75(kN) FZ=-0,46(kN)
10	SLD X	nodal force	2	' FX=7,29(kN) FZ=-5,04(kN)
11	SLV X	nodal force	2	' FX=20,93(kN) FZ=-14,46(kN)
12	SLD Y	nodal force	2	' FX=0,01(kN) FY=7,29(kN) FZ=3,61(kN)
13	SLV Y	nodal force	2	' FX=0,02(kN) FY=20,94(kN) FZ=10,37(kN)
1	G1	nodal force	3	' FX=-0,09(kN) FZ=-2,97(kN)
2	G2	nodal force	3	' FX=-0,26(kN) FZ=-31,51(kN)
3	Q	nodal force	3	' FZ=-8,77(kN)
4	N	nodal force	3	' FX=-0,51(kN) FZ=-4,77(kN)
5	Vx+	nodal force	3	' FX=9,24(kN) FZ=11,31(kN)
6	Vx-	nodal force	3	' FX=-8,72(kN) FZ=-6,45(kN)
7	Vy	nodal force	3	' FX=0,26(kN) FY=5,71(kN) FZ=2,43(kN)
8	Vy-	nodal force	3	' FX=-0,26(kN) FY=-5,71(kN) FZ=-2,43(kN)
9	T	nodal force	3	' FX=-0,59(kN) FZ=0,92(kN)
10	SLD X	nodal force	3	' FX=7,29(kN) FZ=5,04(kN)
11	SLV X	nodal force	3	' FX=20,94(kN) FZ=14,46(kN)
12	SLD Y	nodal force	3	' FY=7,29(kN)
13	SLV Y	nodal force	3	' FY=20,94(kN)
1	G1	nodal force	4	' FX=0,09(kN) FZ=-2,97(kN)
2	G2	nodal force	4	' FX=0,26(kN) FZ=-31,59(kN)
3	Q	nodal force	4	' FZ=-8,77(kN)
4	N	nodal force	4	' FX=0,51(kN) FZ=-4,77(kN)
5	Vx+	nodal force	4	' FX=8,72(kN) FZ=-6,45(kN)
6	Vx-	nodal force	4	' FX=-9,24(kN) FZ=11,31(kN)
7	Vy	nodal force	4	' FX=-0,26(kN) FY=5,71(kN) FZ=2,43(kN)
8	Vy-	nodal force	4	' FX=0,26(kN) FY=-5,71(kN) FZ=-2,43(kN)
9	T	nodal force	4	' FX=0,59(kN) FZ=0,92(kN)
10	SLD X	nodal force	4	' FX=7,29(kN) FZ=-5,04(kN)
11	SLV X	nodal force	4	' FX=20,94(kN) FZ=-14,46(kN)
12	SLD Y	nodal force	4	' FY=7,29(kN)
13	SLV Y	nodal force	4	' FY=20,94(kN)
1	G1	nodal force	5	' FX=-0,09(kN) FY=0,06(kN) FZ=-2,27(kN)
2	G2	nodal force	5	' FX=-0,13(kN) FY=0,08(kN) FZ=-30,14(kN)
3	Q	nodal force	5	' FZ=-4,39(kN)
4	N	nodal force	5	' FX=-0,26(kN) FY=0,16(kN) FZ=-2,00(kN)
5	Vx+	nodal force	5	' FX=6,94(kN) FY=-0,09(kN) FZ=9,30(kN)
6	Vx-	nodal force	5	' FX=-6,68(kN) FY=-0,08(kN) FZ=-7,26(kN)
7	Vy	nodal force	5	' FX=0,13(kN) FY=6,04(kN) FZ=-3,81(kN)
8	Vy-	nodal force	5	' FX=-0,13(kN) FY=-6,04(kN) FZ=3,81(kN)
9	T	nodal force	5	' FX=-0,59(kN) FY=0,75(kN) FZ=-0,46(kN)
10	SLD X	nodal force	5	' FX=7,29(kN) FZ=5,04(kN)
11	SLV X	nodal force	5	' FX=20,95(kN) FZ=14,46(kN)
12	SLD Y	nodal force	5	' FX=-0,01(kN) FY=7,29(kN) FZ=-3,61(kN)
13	SLV Y	nodal force	5	' FX=-0,02(kN) FY=20,94(kN) FZ=-10,37(kN)
1	G1	nodal force	6	' FX=0,09(kN) FY=0,06(kN) FZ=-2,27(kN)
2	G2	nodal force	6	' FX=0,13(kN) FY=0,08(kN) FZ=-30,22(kN)

3	Q	nodal force	6	' FZ=-4,39(kN)
4	N	nodal force	6	' FX=0,26(kN) FY=0,16(kN) FZ=-2,00(kN)
5	Vx+	nodal force	6	' FX=6,68(kN) FY=-0,08(kN) FZ=-7,26(kN)
6	Vx-	nodal force	6	' FX=-6,94(kN) FY=-0,09(kN) FZ=9,30(kN)
7	Vy	nodal force	6	' FX=-0,13(kN) FY=6,04(kN) FZ=-3,81(kN)
8	Vy-	nodal force	6	' FX=0,13(kN) FY=-6,04(kN) FZ=3,81(kN)
9	T	nodal force	6	' FX=0,59(kN) FY=0,75(kN) FZ=-0,46(kN)
10	SLD X	nodal force	6	' FX=7,29(kN) FZ=-5,04(kN)
11	SLV X	nodal force	6	' FX=20,95(kN) FZ=-14,46(kN)
12	SLD Y	nodal force	6	' FX=-0,01(kN) FY=7,29(kN) FZ=-3,61(kN)
13	SLV Y	nodal force	6	' FX=-0,02(kN) FY=20,94(kN) FZ=-10,37(kN)

Tabella dei Carichi – Cabina di trasformazione 4400 KVA – Fondazione

Di seguito si riportano i valori delle reazioni vincolari, cambiate di segno, delle condizioni di carico ricavate dalla struttura in elevazione.

Condiz.	Nome della condizione	Tipo di carico	Lista	Valori di carico
1	G1	self-weight	1to7	' PZ Negative Factor=1,10
1	G1	nodal force	1	' FX=-0,09(kN) FY=-0,06(kN) FZ=-2,27(kN)
2	G2	nodal force	1	' FX=-0,13(kN) FY=-0,08(kN) FZ=-34,27(kN)
3	Q	nodal force	1	' FZ=-4,39(kN)
4	N	nodal force	1	' FX=-0,26(kN) FY=-0,16(kN) FZ=-2,00(kN)
5	Vx+	nodal force	1	' FX=6,94(kN) FY=0,09(kN) FZ=9,30(kN)
6	Vx-	nodal force	1	' FX=-6,68(kN) FY=0,08(kN) FZ=-7,26(kN)
7	Vy	nodal force	1	' FX=0,13(kN) FY=6,21(kN) FZ=5,85(kN)
8	Vy-	nodal force	1	' FX=-0,13(kN) FY=-6,21(kN) FZ=-5,85(kN)
9	T	nodal force	1	' FX=-0,59(kN) FY=-0,75(kN) FZ=-0,46(kN)
10	SLD X	nodal force	1	' FX=8,33(kN) FZ=5,76(kN)
11	SLV X	nodal force	1	' FX=23,92(kN) FZ=16,53(kN)
12	SLD Y	nodal force	1	' FX=0,01(kN) FY=8,33(kN) FZ=4,13(kN)
13	SLV Y	nodal force	1	' FX=0,02(kN) FY=23,93(kN) FZ=11,85(kN)
1	G1	nodal force	2	' FX=0,09(kN) FY=-0,06(kN) FZ=-2,27(kN)
2	G2	nodal force	2	' FX=0,13(kN) FY=-0,08(kN) FZ=-34,36(kN)
3	Q	nodal force	2	' FZ=-4,39(kN)
4	N	nodal force	2	' FX=0,26(kN) FY=-0,16(kN) FZ=-2,00(kN)
5	Vx+	nodal force	2	' FX=6,68(kN) FY=0,08(kN) FZ=-7,26(kN)
6	Vx-	nodal force	2	' FX=-6,94(kN) FY=0,09(kN) FZ=9,30(kN)
7	Vy	nodal force	2	' FX=-0,13(kN) FY=6,21(kN) FZ=5,85(kN)
8	Vy-	nodal force	2	' FX=0,13(kN) FY=-6,21(kN) FZ=-5,85(kN)
9	T	nodal force	2	' FX=0,59(kN) FY=-0,75(kN) FZ=-0,46(kN)
10	SLD X	nodal force	2	' FX=8,33(kN) FZ=-5,76(kN)
11	SLV X	nodal force	2	' FX=23,92(kN) FZ=-16,53(kN)
12	SLD Y	nodal force	2	' FX=0,01(kN) FY=8,33(kN) FZ=4,13(kN)
13	SLV Y	nodal force	2	' FX=0,02(kN) FY=23,94(kN) FZ=11,85(kN)
1	G1	nodal force	3	' FX=-0,09(kN) FZ=-2,97(kN)
2	G2	nodal force	3	' FX=-0,26(kN) FZ=-35,67(kN)
3	Q	nodal force	3	' FZ=-8,77(kN)

4	N	nodal force	3	' FX=-0,51(kN) FZ=-4,77(kN)
5	Vx+	nodal force	3	' FX=9,24(kN) FZ=11,31(kN)
6	Vx-	nodal force	3	' FX=-8,72(kN) FZ=-6,45(kN)
7	Vy	nodal force	3	' FX=0,26(kN) FY=5,71(kN) FZ=2,43(kN)
8	Vy-	nodal force	3	' FX=-0,26(kN) FY=-5,71(kN) FZ=-2,43(kN)
9	T	nodal force	3	' FX=-0,59(kN) FZ=0,92(kN)
10	SLD X	nodal force	3	' FX=8,33(kN) FZ=5,76(kN)
11	SLV X	nodal force	3	' FX=23,93(kN) FZ=16,53(kN)
12	SLD Y	nodal force	3	' FY=8,33(kN)
13	SLV Y	nodal force	3	' FY=23,93(kN)
1	G1	nodal force	4	' FX=0,09(kN) FZ=-2,97(kN)
2	G2	nodal force	4	' FX=0,26(kN) FZ=-35,76(kN)
3	Q	nodal force	4	' FZ=-8,77(kN)
4	N	nodal force	4	' FX=0,51(kN) FZ=-4,77(kN)
5	Vx+	nodal force	4	' FX=8,72(kN) FZ=-6,45(kN)
6	Vx-	nodal force	4	' FX=-9,24(kN) FZ=11,31(kN)
7	Vy	nodal force	4	' FX=-0,26(kN) FY=5,71(kN) FZ=2,43(kN)
8	Vy-	nodal force	4	' FX=0,26(kN) FY=-5,71(kN) FZ=-2,43(kN)
9	T	nodal force	4	' FX=0,59(kN) FZ=0,92(kN)
10	SLD X	nodal force	4	' FX=8,33(kN) FZ=-5,76(kN)
11	SLV X	nodal force	4	' FX=23,93(kN) FZ=-16,53(kN)
12	SLD Y	nodal force	4	' FY=8,33(kN)
13	SLV Y	nodal force	4	' FY=23,94(kN)
1	G1	nodal force	5	' FX=-0,09(kN) FY=0,06(kN) FZ=-2,27(kN)
2	G2	nodal force	5	' FX=-0,13(kN) FY=0,08(kN) FZ=-34,30(kN)
3	Q	nodal force	5	' FZ=-4,39(kN)
4	N	nodal force	5	' FX=-0,26(kN) FY=0,16(kN) FZ=-2,00(kN)
5	Vx+	nodal force	5	' FX=6,94(kN) FY=-0,09(kN) FZ=9,30(kN)
6	Vx-	nodal force	5	' FX=-6,68(kN) FY=-0,08(kN) FZ=-7,26(kN)
7	Vy	nodal force	5	' FX=0,13(kN) FY=6,04(kN) FZ=-3,81(kN)
8	Vy-	nodal force	5	' FX=-0,13(kN) FY=-6,04(kN) FZ=3,81(kN)
9	T	nodal force	5	' FX=-0,59(kN) FY=0,75(kN) FZ=-0,46(kN)
10	SLD X	nodal force	5	' FX=8,34(kN) FZ=5,76(kN)
11	SLV X	nodal force	5	' FX=23,94(kN) FZ=16,53(kN)
12	SLD Y	nodal force	5	' FX=-0,01(kN) FY=8,33(kN) FZ=-4,13(kN)
13	SLV Y	nodal force	5	' FX=-0,02(kN) FY=23,93(kN) FZ=-11,85(kN)
1	G1	nodal force	6	' FX=0,09(kN) FY=0,06(kN) FZ=-2,27(kN)
2	G2	nodal force	6	' FX=0,13(kN) FY=0,08(kN) FZ=-34,40(kN)
3	Q	nodal force	6	' FZ=-4,39(kN)
4	N	nodal force	6	' FX=0,26(kN) FY=0,16(kN) FZ=-2,00(kN)
5	Vx+	nodal force	6	' FX=6,68(kN) FY=-0,08(kN) FZ=-7,26(kN)
6	Vx-	nodal force	6	' FX=-6,94(kN) FY=-0,09(kN) FZ=9,30(kN)
7	Vy	nodal force	6	' FX=-0,13(kN) FY=6,04(kN) FZ=-3,81(kN)
8	Vy-	nodal force	6	' FX=0,13(kN) FY=-6,04(kN) FZ=3,81(kN)
9	T	nodal force	6	' FX=0,59(kN) FY=0,75(kN) FZ=-0,46(kN)
10	SLD X	nodal force	6	' FX=8,34(kN) FZ=-5,76(kN)
11	SLV X	nodal force	6	' FX=23,94(kN) FZ=-16,53(kN)
12	SLD Y	nodal force	6	' FX=-0,01(kN) FY=8,33(kN) FZ=-4,13(kN)

13	SLV Y	nodal force	6	' FX=-0,02(kN) FY=23,94(kN) FZ=-11,85(kN)
----	-------	-------------	---	---

Combinazioni di carico

Comb.	Nome	Tipo comb.	Definizione
14	1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vx+0.75N+0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+5)*1.50+4*0.75+9*0.90
15	1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vx+0.75N-0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+5)*1.50+4*0.75+9*-0.90
16	1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vx+0.75N+0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+6)*1.50+4*0.75+9*0.90
17	1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vx+0.75N-0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+6)*1.50+4*0.75+9*-0.90
18	1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vy+0.75N+0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+7)*1.50+4*0.75+9*0.90
19	1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vy+0.75N-0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+7)*1.50+4*0.75+9*-0.90
20	1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vy+0.75N+0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+8)*1.50+4*0.75+9*0.90
21	1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vy+0.75N-0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+8)*1.50+4*0.75+9*-0.90
22	1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N+0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+4)*1.50+(5+9)*0.90
23	1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N-0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+4)*1.50+5*0.90+9*-0.90
24	1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N+0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+4)*1.50+(6+9)*0.90
25	1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N-0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+4)*1.50+6*0.90+9*-0.90
26	1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N+0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+4)*1.50+(7+9)*0.90
27	1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N-0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+4)*1.50+7*0.90+9*-0.90
28	1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N+0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+4)*1.50+(8+9)*0.90
29	1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N-0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+4)*1.50+8*0.90+9*-0.90
30	1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N+1.5T	SLU	1*1.30+(2+3+9)*1.50+4*0.75+5*0.90
31	1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N-1.5T	SLU	1*1.30+(2+3+9)*1.50+4*0.75+5*-0.90
32	1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N+1.5T	SLU	1*1.30+(2+3+9)*1.50+4*0.75+6*0.90
33	1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N-1.5T	SLU	1*1.30+(2+3+9)*1.50+4*0.75+6*-0.90
34	1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N+1.5T	SLU	1*1.30+(2+3+9)*1.50+4*0.75+7*0.90
35	1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N-1.5T	SLU	1*1.30+(2+3+9)*1.50+4*0.75+7*-0.90
36	1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N+1.5T	SLU	1*1.30+(2+3+9)*1.50+4*0.75+8*0.90
37	1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N-1.5T	SLU	1*1.30+(2+3+9)*1.50+4*0.75+8*-0.90
38	1,0G1+0,8G2+1,5Vx	SLU	1*1.00+2*0.80+5*1.50
39	1,0G1+0,8G2-1,5Vx	SLU	1*1.00+2*0.80+6*1.50
40	1,0G1+0,8G2+1,5Vy	SLU	1*1.00+2*0.80+7*1.50
41	1,0G1+0,8G2-1,5Vy	SLU	1*1.00+2*0.80+8*1.50
42	G1+G2+0.8Q+Ex+0.3Ey (SLV)	SLU Sismica	(1+2+11)*1.00+3*0.80+13*0.30
43	G1+G2+0.8Q+Ex-0.3Ey (SLV)	SLU Sismica	(1+2+11)*1.00+3*0.80+13*-0.30
44	G1+G2+0.8Q-Ex+0.3Ey (SLV)	SLU Sismica	(1+2)*1.00+3*0.80+11*-1.00+13*0.30
45	G1+G2+0.8Q-Ex-0.3Ey (SLV)	SLU Sismica	(1+2)*1.00+3*0.80+11*-1.00+13*-0.30
46	G1+G2+0.8Q+Ey+0.3Ex (SLV)	SLU Sismica	(1+2+13)*1.00+3*0.80+11*0.30
47	G1+G2+0.8Q+Ey-0.3Ex (SLV)	SLU Sismica	(1+2+13)*1.00+3*0.80+11*-0.30
48	G1+G2+0.8Q-Ey+0.3Ex (SLV)	SLU Sismica	(1+2)*1.00+3*0.80+11*0.30+13*-1.00
49	G1+G2+0.8Q-Ey-0.3Ex (SLV)	SLU Sismica	(1+2)*1.00+3*0.80+11*-0.30+13*-1.00
50	G1+G2+0.8Q+Ex+0.3Ey (SLD)	SLE Sismica	(1+2+10)*1.00+3*0.80+12*0.30
51	G1+G2+0.8Q+Ex-0.3Ey (SLD)	SLE Sismica	(1+2+10)*1.00+3*0.80+12*-0.30
52	G1+G2+0.8Q-Ex+0.3Ey (SLD)	SLE Sismica	(1+2)*1.00+3*0.80+10*-1.00+12*0.30
53	G1+G2+0.8Q-Ex-0.3Ey (SLD)	SLE Sismica	(1+2)*1.00+3*0.80+10*-1.00+12*-0.30
54	G1+G2+0.8Q+Ey+0.3Ex (SLD)	SLE Sismica	(1+2+12)*1.00+3*0.80+10*0.30
55	G1+G2+0.8Q+Ey-0.3Ex (SLD)	SLE Sismica	(1+2+12)*1.00+3*0.80+10*-0.30
56	G1+G2+0.8Q-Ey+0.3Ex (SLD)	SLE Sismica	(1+2)*1.00+3*0.80+10*0.30+12*-1.00
57	G1+G2+0.8Q-Ey-0.3Ex (SLD)	SLE Sismica	(1+2)*1.00+3*0.80+10*-0.30+12*-1.00
58	G1+G2+0.9Q	SLE: FRE	(1+2)*1.00+3*0.90
59	G1+G2+0.8Q+0.2Vx	SLE: FRE	(1+2)*1.00+3*0.80+5*0.20
60	G1+G2+0.8Q-0.2Vx	SLE: FRE	(1+2)*1.00+3*0.80+6*0.20
61	G1+G2+0.8Q+0.2Vy	SLE: FRE	(1+2)*1.00+3*0.80+7*0.20
62	G1+G2+0.8Q-0.2Vy	SLE: FRE	(1+2)*1.00+3*0.80+8*0.20
63	G1+G2+0.8Q+0.2N	SLE: FRE	(1+2)*1.00+3*0.80+4*0.20
64	G1+G2+0.8Q+0.5T	SLE: FRE	(1+2)*1.00+3*0.80+9*0.50
65	G1+G2+0.8Q-0.5T	SLE: FRE	(1+2)*1.00+3*0.80+9*-0.50
66	G1+G2+0.8Q	SLE: QPR	(1+2)*1.00+3*0.80
67	0,9G1+0,8G2+1,5Q+1,5Vx+0,75N+0,9T	SLE EQU	(1+9)*0.90+2*0.80+(3+5)*1.50+4*0.75
68	0,9G1+0,8G2+1,5Q+1,5Vx+0,75N-0,9T	SLE EQU	1*0.90+2*0.80+(3+5)*1.50+4*0.75+9*-0.90
69	0,9G1+0,8G2+1,5Q-1,5Vx+0,75N+0,9T	SLE EQU	(1+9)*0.90+2*0.80+(3+6)*1.50+4*0.75
70	0,9G1+0,8G2+1,5Q-1,5Vx+0,75N-0,9T	SLE EQU	1*0.90+2*0.80+(3+6)*1.50+4*0.75+9*-0.90
71	0,9G1+0,8G2+1,5Q+1,5Vy+0,75N+0,9T	SLE EQU	(1+9)*0.90+2*0.80+(3+7)*1.50+4*0.75
72	0,9G1+0,8G2+1,5Q+1,5Vy+0,75N-0,9T	SLE EQU	1*0.90+2*0.80+(3+7)*1.50+4*0.75+9*-0.90
73	0,9G1+0,8G2+1,5Q-1,5Vy+0,75N+0,9T	SLE EQU	(1+9)*0.90+2*0.80+(3+8)*1.50+4*0.75
74	0,9G1+0,8G2+1,5Q-1,5Vy+0,75N-0,9T	SLE EQU	1*0.90+2*0.80+(3+8)*1.50+4*0.75+9*-0.90

Comb.	Nome	Tipo comb.	Definizione
75	0,9G1+0,8G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N+0.9T	SLE EQU	$(1+5+9)*0.90+2*0.80+(3+4)*1.50$
76	0,9G1+0,8G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N-0.9T	SLE EQU	$(1+5)*0.90+2*0.80+(3+4)*1.50+9*-0.90$
77	0,9G1+0,8G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N+0.9T	SLE EQU	$(1+6+9)*0.90+2*0.80+(3+4)*1.50$
78	0,9G1+0,8G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N-0.9T	SLE EQU	$(1+6)*0.90+2*0.80+(3+4)*1.50+9*-0.90$
79	0,9G1+0,8G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N+0.9T	SLE EQU	$(1+7+9)*0.90+2*0.80+(3+4)*1.50$
80	0,9G1+0,8G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N-0.9T	SLE EQU	$(1+7)*0.90+2*0.80+(3+4)*1.50+9*-0.90$
81	0,9G1+0,8G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N+0.9T	SLE EQU	$(1+8+9)*0.90+2*0.80+(3+4)*1.50$
82	0,9G1+0,8G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N-0.9T	SLE EQU	$(1+8)*0.90+2*0.80+(3+4)*1.50+9*-0.90$
83	0,9G1+0,8G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N+1.5T	SLE EQU	$(1+5)*0.90+2*0.80+(3+9)*1.50+4*0.75$
84	0,9G1+0,8G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N-1.5T	SLE EQU	$(1+5)*0.90+2*0.80+3*1.50+4*0.75+9*-1.50$
85	0,9G1+0,8G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N+1.5T	SLE EQU	$(1+6)*0.90+2*0.80+(3+9)*1.50+4*0.75$
86	0,9G1+0,8G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N-1.5T	SLE EQU	$(1+6)*0.90+2*0.80+3*1.50+4*0.75+9*-1.50$
87	0,9G1+0,8G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N+1.5T	SLE EQU	$(1+7)*0.90+2*0.80+(3+9)*1.50+4*0.75$
88	0,9G1+0,8G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N-1.5T	SLE EQU	$(1+7)*0.90+2*0.80+3*1.50+4*0.75+9*-1.50$
89	0,9G1+0,8G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N+1.5T	SLE EQU	$(1+8)*0.90+2*0.80+(3+9)*1.50+4*0.75$
90	0,9G1+0,8G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N-1.5T	SLE EQU	$(1+8)*0.90+2*0.80+3*1.50+4*0.75+9*-1.50$

DATI DI OUTPUT

In accordo al cap. 6.4.2, 7.4 e 4.1 del D.M. 17/01/18 vengono eseguite le seguenti verifiche per gli Stati Limite indicati:

Stato Limite Ultimo (SLU e SLV)

- Resistenza elementi strutturali
- Verifica a flessione e taglio (SLU)
- Verifica a Ribaltamento (SLU-EQU)
- Verifica a Scorrimento (SLU-GEO)
- Verifica a capacità portante (SLU-GEO)

Stato Limite di Esercizio (SLE)

- Verifiche di fessurazione
- Verifiche a cedimento

Inviluppo delle sollecitazioni flessionali – Fondazione – Cabina di Interfaccia

Nel seguito si riportano le mappe degli involuppi dei momenti flettenti composti secondo Wood & Armer (il metodo consiste nel comporre i momenti flettenti m_{xx} con m_{xy} e m_{yy} con m_{xy}) nelle combinazioni agli stati limite ultimo (SLU e SLV), le forze interne di tipo membranale sono trascurabili.

Si sottolinea inoltre che alcuni dei valori riportati nelle mappe sono valori puntuali di picco e di bordo che non risultano significativi ai fini delle verifiche, le verifiche saranno effettuate con valori integrali su sezioni di larghezza unitaria.

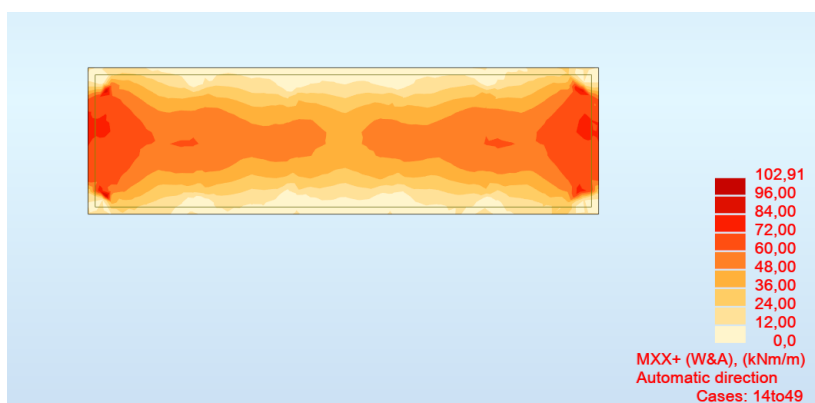


FIG.23 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

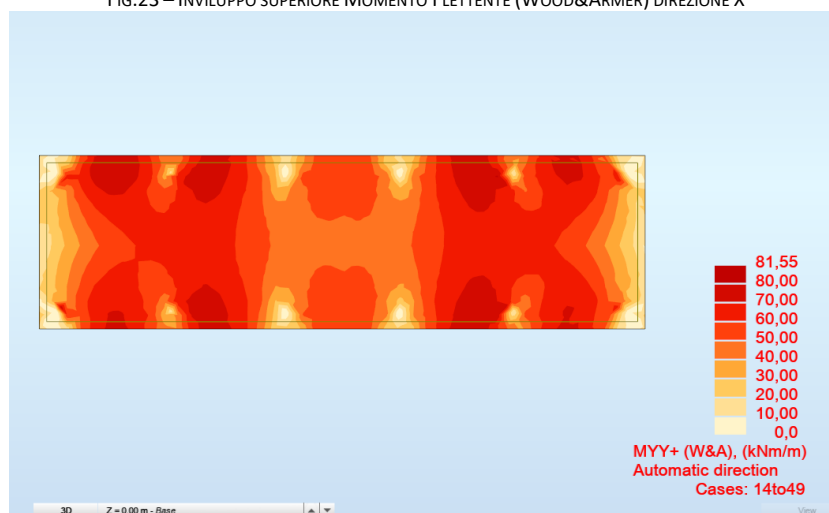


FIG. 24– INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

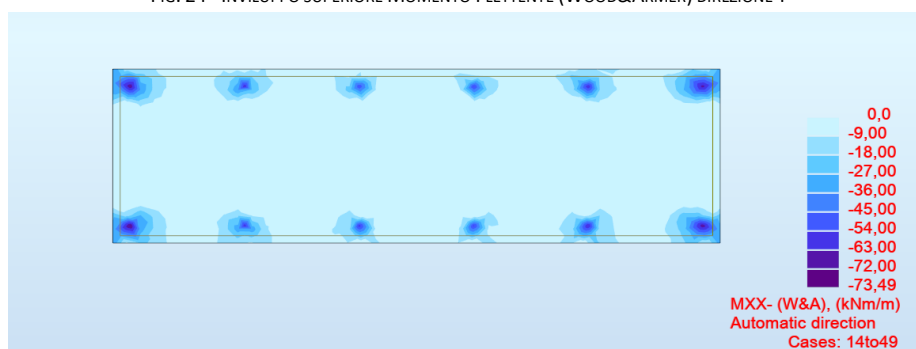


FIG.25 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

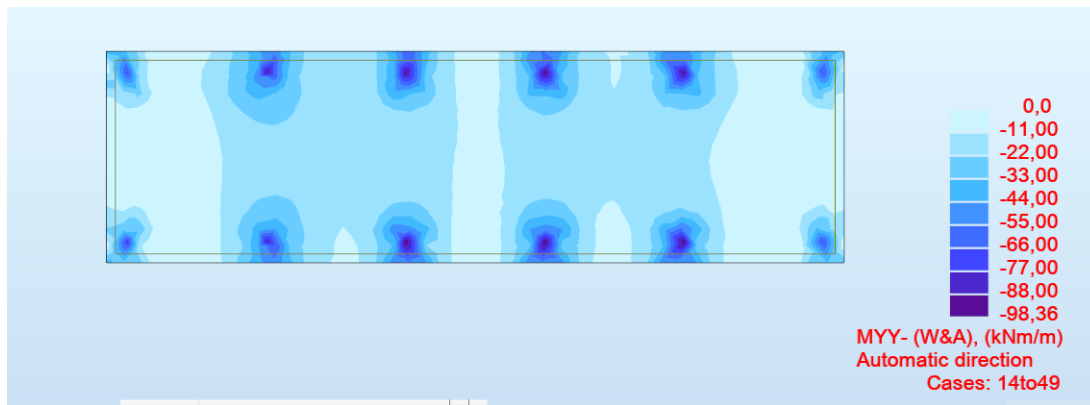


FIG.26 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

Per il basamento viene predisposta una armatura $\varnothing 16/150$ in entrambe le direzioni sia inferiormente che superiormente.

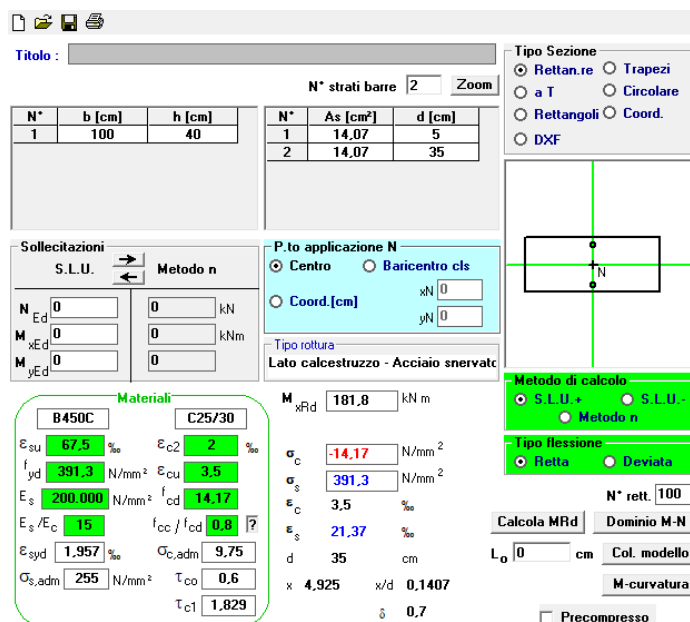


FIG.27 – MRD PER LA SEZIONE CON H=40CM E ARMATURA $\varnothing 16/150$ MM

$$M_{Rd} = 181,8 \text{ kNm} > M_{sd,max} = 98,36 \text{ kNm}$$

Verifica soddisfatta

$$\text{Fattore di Sicurezza} = 181.8 / 98.36 = 1.8 > 1$$

M_{Rd} : Momento resistente della sezione allo SLU come indicato da §4.1.2.3.4.2. del D.M. 17/01/18

Per il calcolo di M_{Rd} della sezione di progetto, si è utilizzato il Software free VCA SLU del Prof. Gelfi V7.7

Per poter rientrare all'interno della verifica dell'armatura minima richiesta per platee di fondazione come indicato nel §7.2.5 del D.M. 17/01/18, si è scelto di adottare un'armatura tesa pari a $\varnothing 16/150$ mm.

$$A_{s,min} = 0.1\% * A_c = \frac{1}{1000} * 400 * 1000 = 400 \frac{mm^2}{m} = 4 \frac{cm^2}{m}$$

$$A_{s,tesa \varnothing 16/150mm} = 7 * (8 * 8 * \pi) = 1407 \frac{mm^2}{m} = 14.07 \frac{cm^2}{m} > 4.00 \frac{cm^2}{m}$$

Inviluppo delle sollecitazioni di Taglio – Fondazione – Cabina di Interfaccia

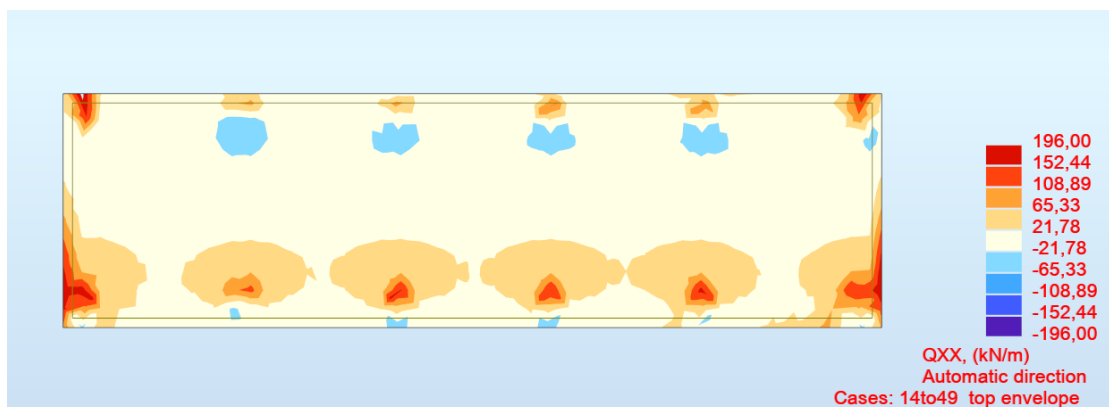


FIG.28– MAPPA QXX+ - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

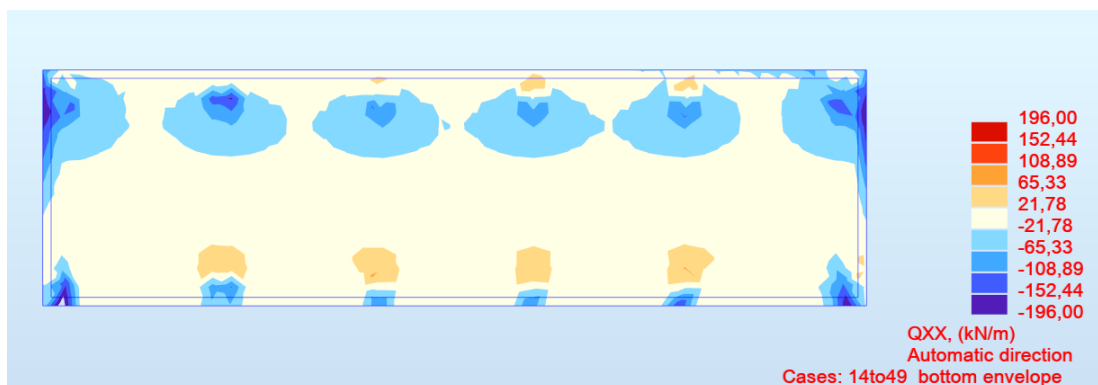


FIG.29– MAPPA QXX- - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

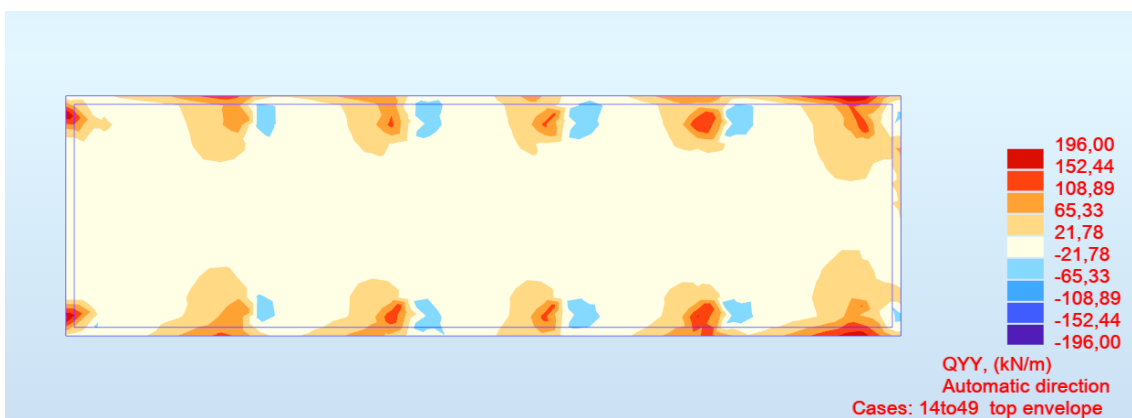


FIG.30 – MAPPA QYY + - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

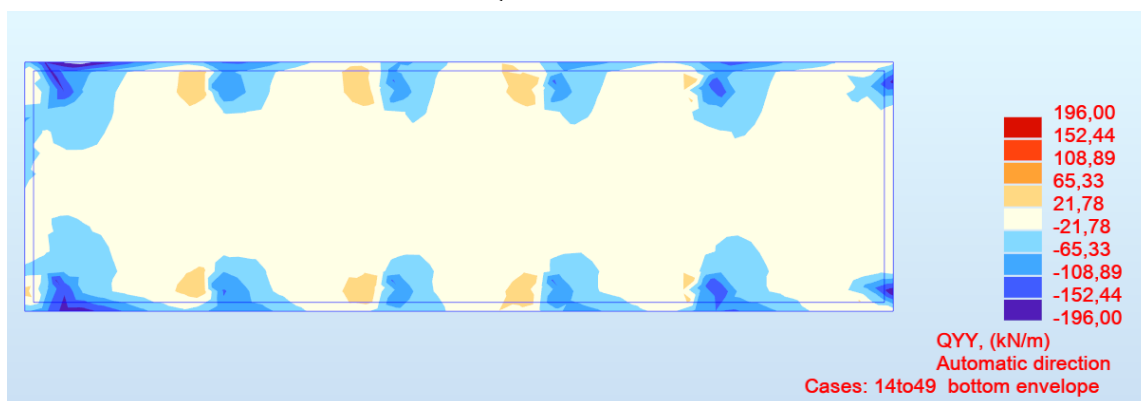


FIG.31 – MAPPA QYY- - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

Qxx / Qyy: Valore dello sforzo di taglio per gli elementi finiti con il sistema di coordinate diretto secondo l'asse locale globale del modello FEM.

Resistenza a taglio senza armatura

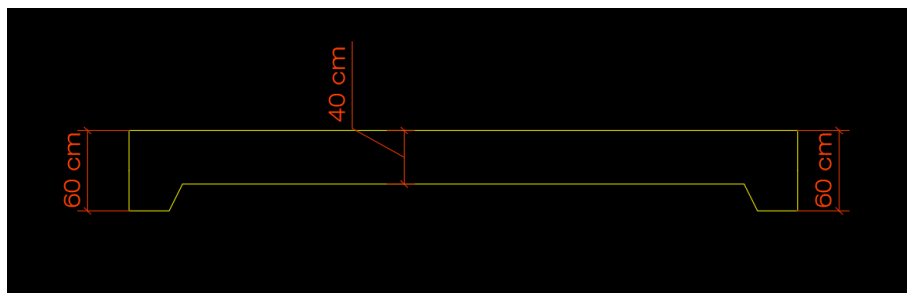


FIG. 32– SPESSORE DELLA PLATEA DI FONDAZIONE

Di seguito si riporta la resistenza a taglio della soletta di spessore 40 cm non armata a taglio

Elements not requiring design shear reinforcement

H = 40 cm	A _c = 400000 mm ²
d = 35 cm	k = 1,7559
b _w = 100 cm	ρ _l = 0,004
A _{sl} = 14,1 cm ²	
	k ₁ = 0,15
f _{ck} = 25 MPa	V _{min} = 0,4072
γ _c = 1,5	C _{Rd,c} = 0,12
N _{Ed} = 0 kN	σ _{cp} = 0 MPa

Ultimate design shear resistance

(6.2.a) : $V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + K_1 \sigma_{cp}] d_{wd} = 159,3$ kN
 $V_{Rd,c} = (V_{min} + K_1 \sigma_{cp}) d_{wd} = 142,5$ kN
 $V_{Rd,c} = 159,3$ kN

$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$
 $V_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$
 $k = 1 + (200/d)^{1/2}$ with d in mm
 $\rho_l = A_{sl} / (b_w d)$
A_{sl} = tensile longitudinal reinforcement area
b_w = minimum depth of the section
A_c = concrete section area
N_{Ed} = axial force due to the loads or to the pre-compression (N_{Ed} > 0 compression)
σ_{cp} = compr.stress at the center of concr.sect.due to axial force N_{Ed}

L'immagine precedente riporta la verifica degli "Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio" secondo quanto indicato da §4.1.2.3.5.1. del D.M. 17/01/18.

$$V_{Rd,c 400mm} = 159.3 \text{ kN} > V_{Sd,max} = 152.44 \text{ kN} \quad \text{Taglio massimo riportato nelle mappe}$$

Di seguito si riporta la resistenza a taglio della soletta di spessore 60 cm non armata a taglio

Elements not requiring design shear reinforcement

H = 60 cm	d = 55 cm	A _c = 600000 mm ²
b _w = 100 cm	Asl = 14,1 cm ²	k = 1,603
		ρ _l = 0,0026
f _{ck} = 25 MPa	γ _c = 1,5	k ₁ = 0,15
		V _{min} = 0,3552
		C _{Rd,c} = 0,12
N _{Ed} = 0 kN		σ _{cp} = 0 MPa

Ultimate design shear resistance

(6.2.a) : V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 ρ_l f_{ck})^{1/3} + k₁ σ_{cp}] d_{wd} = 196,5 kN
V_{Rd,c} = (V_{min} + k₁ σ_{cp}) d_{wd} = 195,3 kN
V_{Rd,c} = 196,5 kN

C_{Rd,c} = 0.18 / γ_c
V_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}
k = 1 + (200/d)^{1/2} with d in mm
ρ_l = A_{sl} / (b_w d)
A_{sl} = tensile longitudinal reinforcement area
b_w = minimum depth of the section
A_c = concrete section area
N_{Ed} = axial force due to the loads or to the pre-compression
(N_{Ed} > 0 compression)
σ_{cp} = compr. stress at the center of concr. sect. due to axial force N_{Ed}

L'immagine precedente riporta la verifica degli "Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio" secondo quanto indicato da §4.1.2.3.5.1. del D.M. 17/01/18.

$$V_{Rd,c} 600\text{mm} = 196.5 \text{ kN} > V_{Sd,max} = 196 \text{ kN} \quad \text{Taglio massimo riportato nelle mappe}$$

Inviluppo delle sollecitazioni flessionali – Fondazione – Cabina di Trasformazione 3300 KVA

Nel seguito si riportano le mappe degli involuppi dei momenti flettenti composti secondo Wood & Armer (il metodo consiste nel comporre i momenti flettenti m_{xx} con m_{xy} e m_{yy} con m_{xy}) nelle combinazioni agli stati limite ultimo (SLU e SLV), le forze interne di tipo membranale sono trascurabili.

Si sottolinea inoltre che alcuni dei valori riportati nelle mappe sono valori puntuali di picco e di bordo che non risultano significativi ai fini delle verifiche, le verifiche saranno effettuate con valori integrali su sezioni di larghezza unitaria.

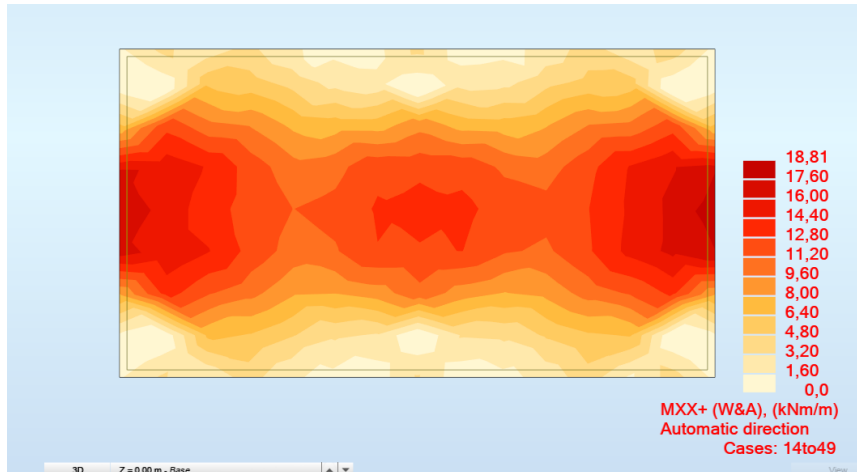


FIG. 33– INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

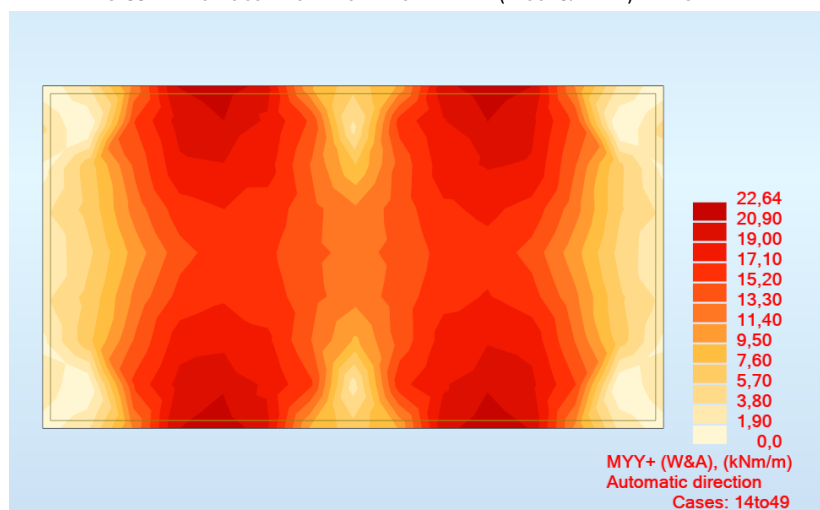


FIG. 34 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

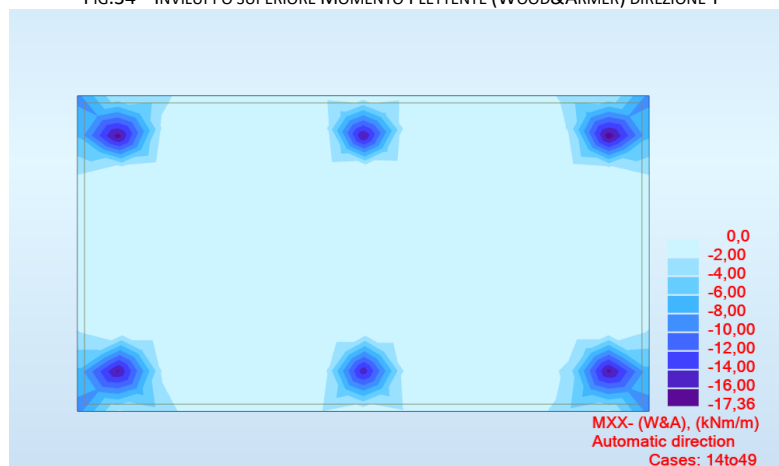


FIG. 35 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

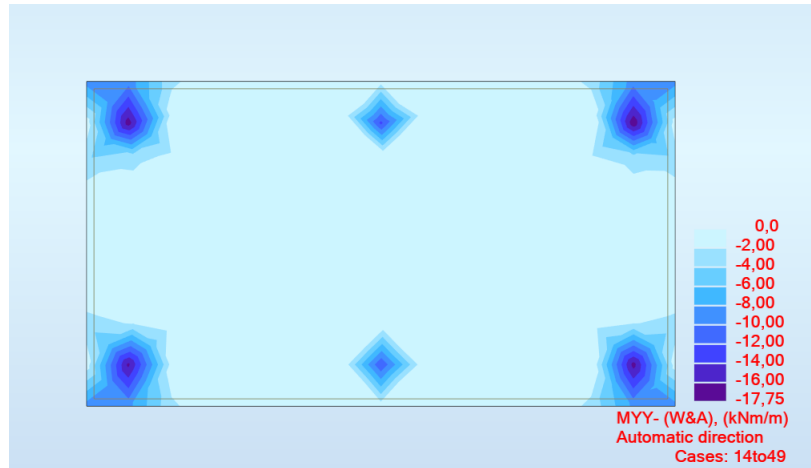


FIG.36 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

Per il basamento viene predisposta una armatura $\varnothing 12/200$ in entrambe le direzioni sia inferiormente che superiormente.

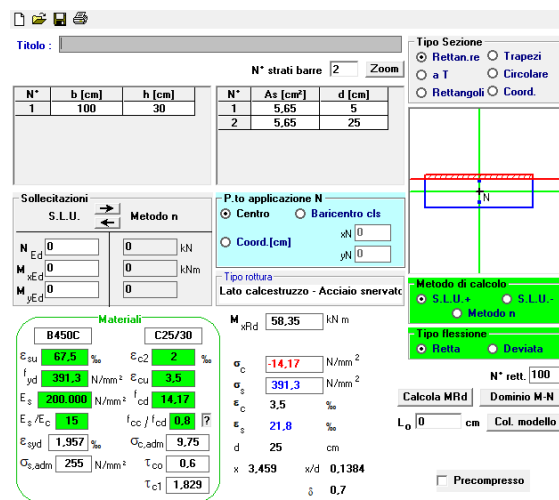


FIG.37 – MRD PER LA SEZIONE CON H=30CM E ARMATURA $\varnothing 12/200$ MM

$$M_{Rd} = 58.35 \text{ kNm} > M_{sd,max} = 22.64 \text{ kNm}$$

Verifica soddisfatta

$$\text{Fattore di Sicurezza} = 58.35 / 22.64 = 2.6 > 1$$

M_{Rd} : Momento resistente della sezione allo SLU come indicato da §4.1.2.3.4.2. del D.M. 17/01/18

Per il calcolo di M_{Rd} della sezione di progetto, si è utilizzato il Software free VCA SLU del Prof. Gelfi V7.7

Per poter rientrare all'interno della verifica dell'armatura minima richiesta per platee di fondazione come indicato nel §7.2.5 del D.M. 17/01/18, si è scelto di adottare un'armatura tesa pari a $\varnothing 12/200$ mm.

$$A_{s,min} = 0.1\% * A_c = \frac{1}{1000} * 300 * 1000 = 300 \frac{mm^2}{m} = 3 \frac{cm^2}{m}$$

$$A_{s,tesa \varnothing 12/200mm} = 5 * (6 * 6 * \pi) = 565 \frac{mm^2}{m} = 5.65 \frac{cm^2}{m} > 3.00 \frac{cm^2}{m}$$

Inviluppo delle sollecitazioni di Taglio – Fondazione – Cabina di Trasformazione 3300 KVA

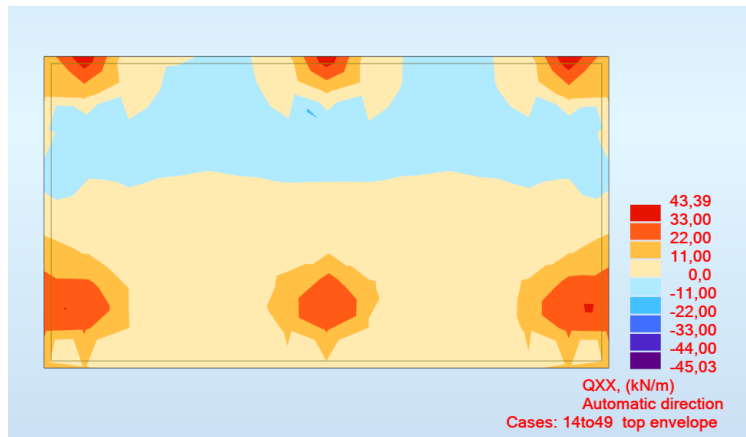


FIG.38– MAPPA QXX+ - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

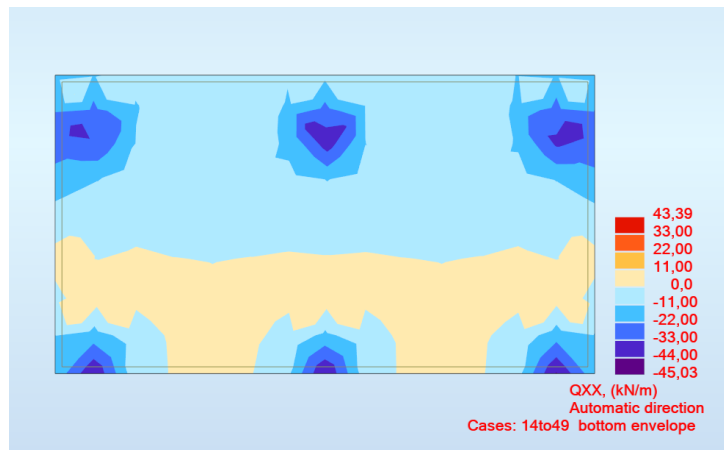


FIG.39– MAPPA QXX- - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

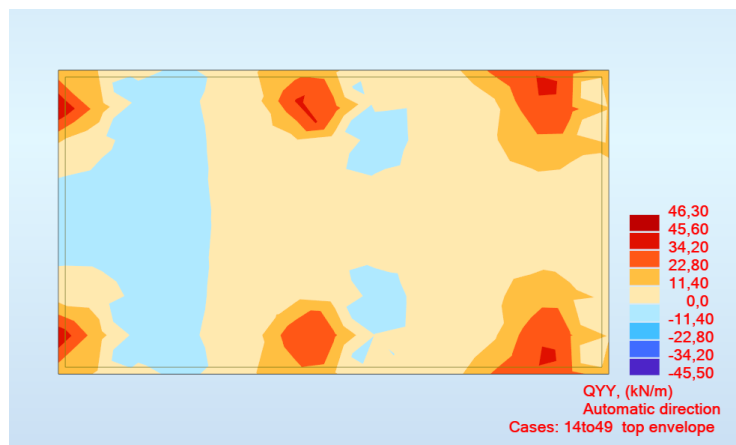


FIG. 40– MAPPA QYY + - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

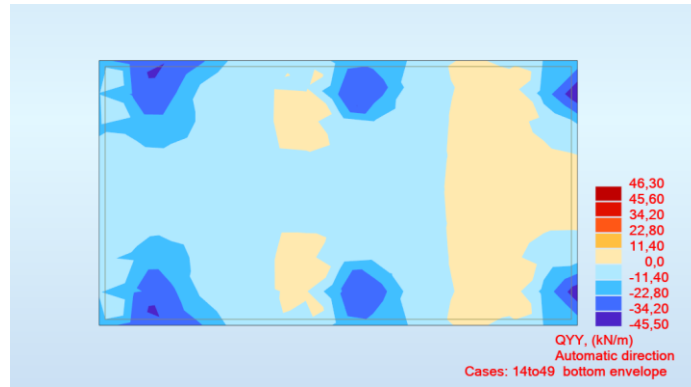


FIG.41 – MAPPA QYY- - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

Qxx / Qyy: Valore dello sforzo di taglio per gli elementi finiti con il sistema di coordinate diretto secondo l'asse locale globale del modello FEM.

Resistenza a taglio senza armatura

Elements not requiring design shear reinforcement

H = 30 cm	A _c = 300000 mm ²
d = 25 cm	k = 1,8944
b _w = 100 cm	ρ _l = 0,0023
A _{sl} = 5,65 cm ²	
f _{ck} = 25 MPa	K ₁ = 0,15
γ _c = 1,5	V _{min} = 0,4563
	C _{Rd,c} = 0,12
N _{Ed} = 0 kN	σ _{op} = 0 MPa

Ultimate design shear resistance

(6.2.a) : V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 ρ_l f_{ck})^{1/3} + K₁ σ_{op}] b_{wd} = 101,2 kN

V_{Rd,c} = (V_{min} + K₁ σ_{op}) b_{wd} = 114,1 kN

V_{Rd,c} = 114,1 kN

C_{Rd,c} = 0.18 / γ_c

V_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}

k = 1 + (200/d)^{1/2} with d in mm

ρ_l = A_{sl} / (b_w d)

A_{sl} = tensile longitudinal reinforcement area

b_w = minimum depth of the section

A_c = concrete section area

N_{Ed} = axial force due to the loads or to the pre-compression (N_{Ed} > 0 compression)

σ_{op} = compr.stress at the center of concr.sect.due to axial force N_{Ed}

Di seguito si riporta la resistenza a taglio della soletta di spessore 30cm non armata a taglio

L'immagine precedente riporta la verifica degli "Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio" secondo quanto indicato da §4.1.2.3.5.1. del D.M. 17/01/18.

$$V_{Rd,c 300mm} = 114.1kN > V_{Sd,max} = 46.30kN$$

Taglio massimo riportato nelle mappe

Inviluppo delle sollecitazioni flessionali – Fondazione – Cabina di Trasformazione 4400 KVA

Nel seguito si riportano le mappe degli involuppi dei momenti flettenti composti secondo Wood & Armer (il metodo consiste nel comporre i momenti flettenti mxx con mxy e myy con mxy) nelle combinazioni agli stati limite ultimo (SLU e SLV), le forze

interne di tipo membranale sono trascurabili.

Si sottolinea inoltre che alcuni dei valori riportati nelle mappe sono valori puntuali di picco e di bordo che non risultano significativi ai fini delle verifiche, le verifiche saranno effettuate con valori integrali su sezioni di larghezza unitaria.

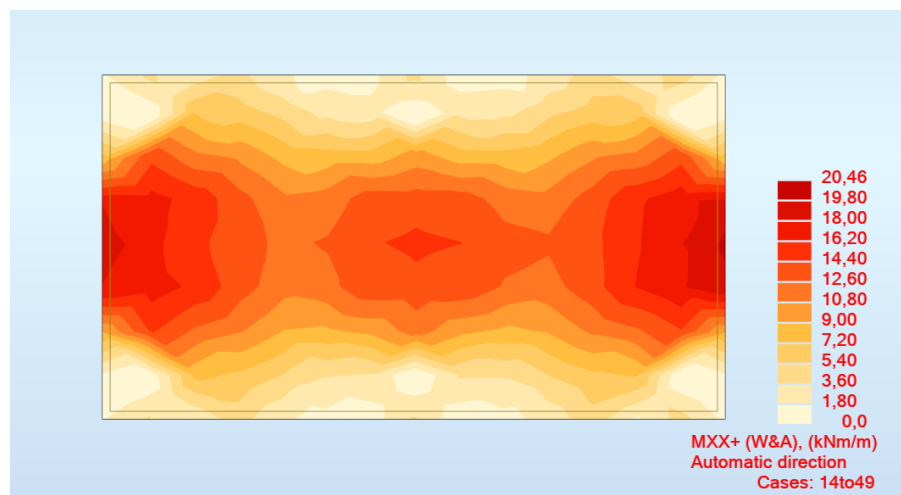


FIG.42 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

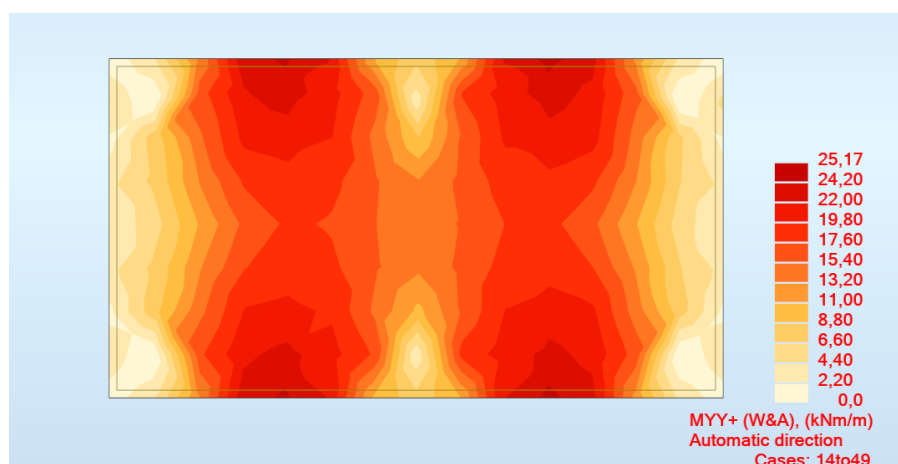


FIG.43 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

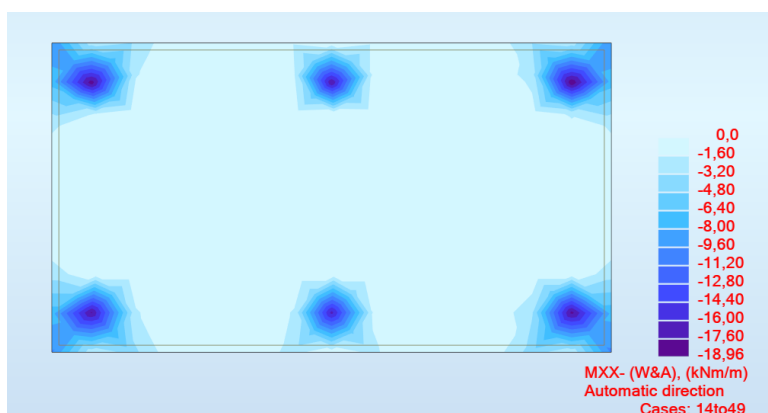


FIG.44 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

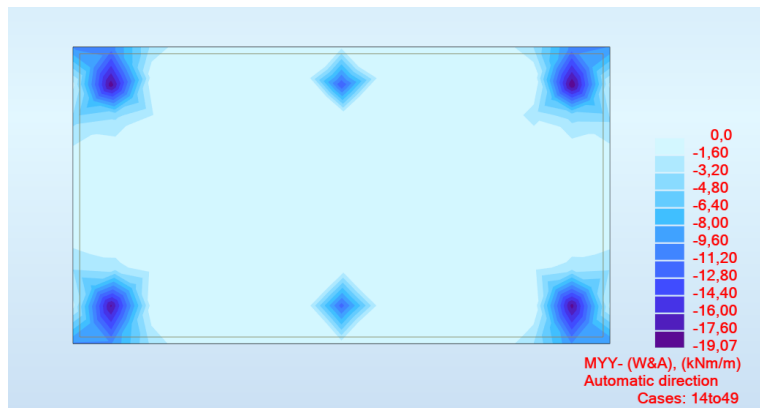


FIG.45 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

Per il basamento viene predisposta una armatura $\varnothing 12/200$ in entrambe le direzioni sia inferiormente che superiormente.

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm ²]	d [cm]
1	100	30	1	5,65	5
			2	5,65	25

N° strati barre 2 Zoom

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 0 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} 58,35 kNm

Materiali B450C C25/30

E_{su} 67,5 % E_{c2} 2 %
f_{yd} 391,3 N/mm² E_{cu} 3,5 %
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
E_{syd} 1,957 % C_{o,adm} 9,75
C_{o,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6
τ_{c1} 1,829

σ_c -14,17 N/mm²
σ_s 391,3 N/mm²
ε_c 3,5 %
ε_s 21,8 %
d 25 cm
x 3,459 x/d 0,1384
δ 0,7

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

Metodo di calcolo
S.I.I. S.I.II
Metodo n

Tipo Sezione
Retta Dorsata

Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

FIG.46 – MRD PER LA SEZIONE CON H=30CM E ARMATURA $\varnothing 12/200$ MM

$$M_{Rd} = 58.35 \text{ kNm} > M_{sd,max} = 25.17 \text{ kNm}$$

Verifica soddisfatta

$$\text{Fattore di Sicurezza} = 58.35 / 25.17 = 2.31 > 1$$

M_{Rd}: Momento resistente della sezione allo SLU come indicato da §4.1.2.3.4.2. del D.M. 17/01/18

Per il calcolo di M_{Rd} della sezione di progetto, si è utilizzato il Software free VCA SLU del Prof. Gelfi V7.7

Per poter rientrare all'interno della verifica dell'armatura minima richiesta per platee di fondazione come indicato nel §7.2.5 del D.M. 17/01/18, si è scelto di adottare un'armatura tesa pari a $\varnothing 12/200$ mm.

$$A_{s,min} = 0.1\% * A_c = \frac{1}{1000} * 300 * 1000 = 300 \frac{mm^2}{m} = 3 \frac{cm^2}{m}$$

$$A_{s,tesa \varnothing 12/200mm} = 5 * (6 * 6 * \pi) = 565 \frac{mm^2}{m} = 5.65 \frac{cm^2}{m} > 3.00 \frac{cm^2}{m}$$

Inviluppo delle sollecitazioni di Taglio – Fondazione – Cabina di Trasformazione 4400 KVA

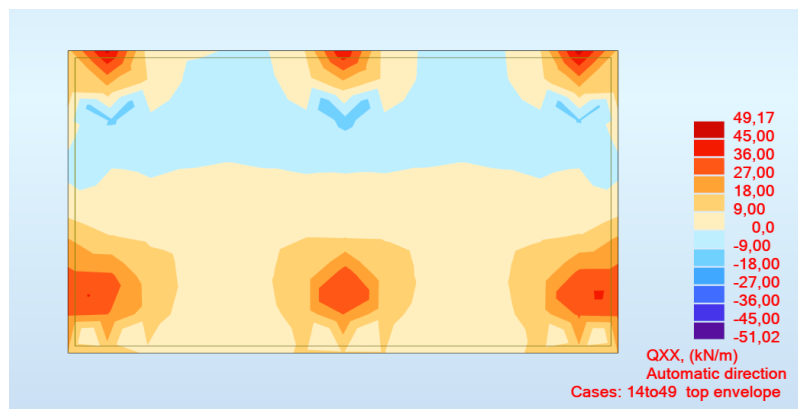


FIG.47– MAPPA QXX+ - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

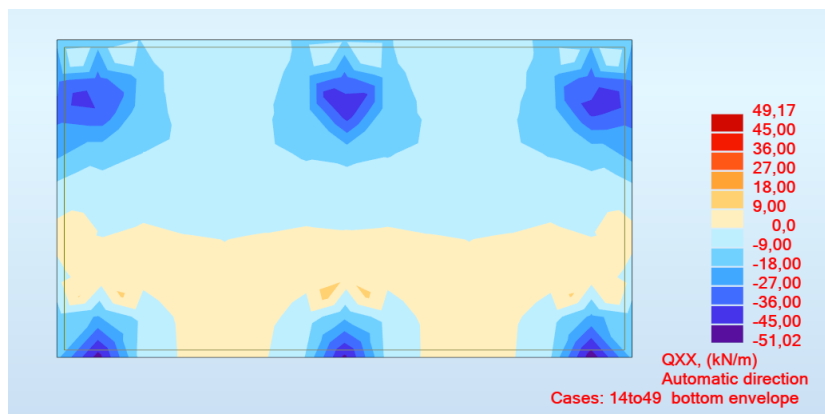


FIG.48– MAPPA QXX- - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

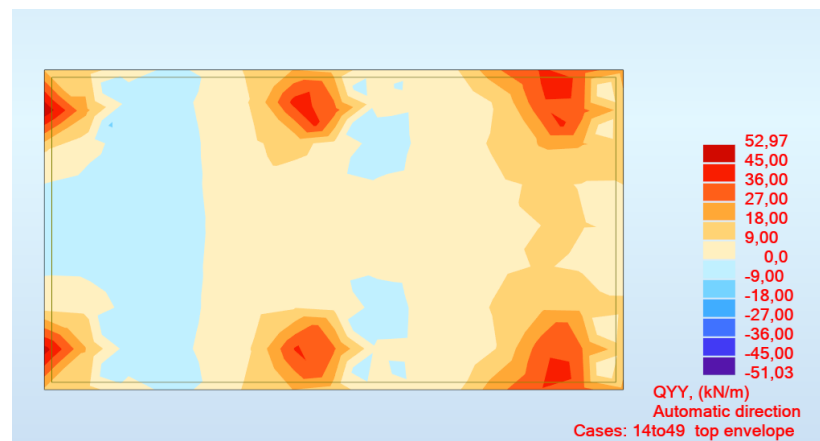


FIG. 49– MAPPA QYY + - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

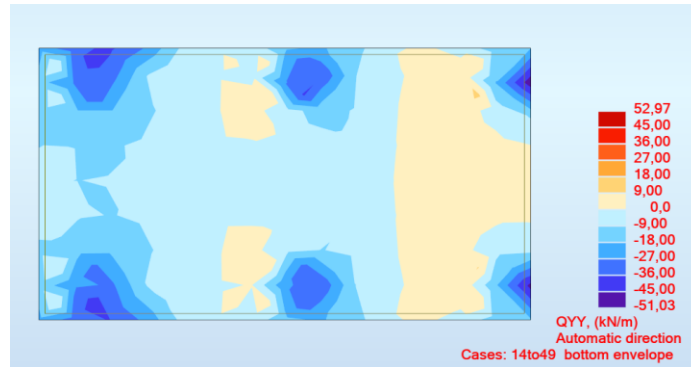


FIG.50 – MAPPA QYY- - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

Qxx / Qyy: Valore dello sforzo di taglio per gli elementi finiti con il sistema di coordinate diretto secondo l'asse locale globale del modello FEM.

Resistenza a taglio senza armatura

Elements not requiring design shear reinforcement

H = 30	cm		
d = 25	cm	A _c = 300000	mm ²
b _w = 100	cm	k = 1,8944	
Asl = 5,65	cm ²	ρ _l = 0,0023	
		k ₁ = 0,15	
f _{ck} = 25	MPa	v _{min} = 0,4563	
γ _c = 1,5		C _{Rd,c} = 0,12	
N _{Ed} = 0	kN	σ _{cp} = 0	MPa

Ultimate design shear resistance

(6.2.a) : $V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_{wd} = 101,2$ kN
 $V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_{wd} = 114,1$ kN
 $V_{Rd,c} = 114,1$ kN

$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c$
 $v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$
 $k = 1 + (200/d)^{1/2}$ with d in mm
 $\rho_l = A_{sl} / (b_w d)$
A_{sl} = tensile longitudinal reinforcement area
b_w = minimum depth of the section
A_c = concrete section area
N_{Ed} = axial force due to the loads or to the pre-compression (N_{Ed} > 0 compression)
σ_{cp} = compr.stress at the center of concr.sect.due to axial force N_{Ed}

Di seguito si riporta la resistenza a taglio della soletta di spessore 30cm non armata a taglio

L'immagine precedente riporta la verifica degli "Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio" secondo quanto indicato da §4.1.2.3.5.1. del D.M. 17/01/18.

$$V_{Rd,c 300mm} = 114.1 \text{ kN} > V_{Sd,max} = 52.97 \text{ kN}$$

Taglio massimo riportato nelle mappe

VERIFICHE DI STABILITA' - SCORRIMENTO

La verifica a scorrimento è stata eseguita considerando un angolo di resistenza al taglio pari a $\phi = 30^\circ$ e la seguente formulazione:

$$FS = [N_{tot} \cdot \tan(2/3 \cdot \phi) / \gamma_{Rd}] / V_{ed}$$

Dove N_{tot} è l'azione verticale (FZ) mentre V_{tot} è la composizione dell'azione orizzontale nelle due direzioni, ottenuta come $V_{ed} = (F_X^2 + F_Y^2)^{0.5}$ e γ_{Rd} posto pari a 1,1.

Fondazione – Cabina di Interfaccia	FX [kN]	FY [kN]	Tg sismico	FZ [kN]	Ved [kN]	VRd [kN]	F.S.
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vx+0.75N+0.9T	-146,92	-0,16		1248,54	146,9	731,5	4,98
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vx+0.75N-0.9T	-146,92	-0,18		1435,1	146,9	840,8	5,72
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vx+0.75N+0.9T	146,92	0,33		1284,49	146,9	752,5	5,12
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vx+0.75N-0.9T	146,92	0,31		1471,05	146,9	861,8	5,87
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vy+0.75N+0.9T	-0,18	-108,61		1247,47	108,6	730,9	6,73
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vy+0.75N-0.9T	-0,18	-108,63		1434,04	108,6	840,2	7,73
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vy+0.75N+0.9T	0,18	108,78		1285,55	108,8	753,2	6,92
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vy+0.75N-0.9T	0,18	108,76		1472,11	108,8	862,5	7,93
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N+0.9T	-88,15	-0,05		1275,52	88,2	747,3	8,48
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N-0.9T	-88,15	-0,07		1462,09	88,2	856,6	9,72
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N+0.9T	88,15	0,24		1297,09	88,2	759,9	8,62
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N-0.9T	88,15	0,22		1483,66	88,2	869,2	9,86
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N+0.9T	-0,11	-65,12		1274,89	65,1	746,9	11,47
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N-0.9T	-0,11	-65,14		1461,45	65,1	856,2	13,14
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N+0.9T	0,11	65,31		1297,73	65,3	760,3	11,64
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N-0.9T	0,11	65,3		1484,29	65,3	869,6	13,32
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N+1.5T	-88,15	-0,06		1193,54	88,2	699,3	7,93
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N-1.5T	-88,15	-0,08		1504,48	88,2	881,4	10,00
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N+1.5T	88,15	0,23		1215,11	88,2	711,9	8,08
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N-1.5T	88,15	0,21		1526,05	88,2	894,1	10,14
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N+1.5T	-0,11	-65,13		1192,9	65,1	698,9	10,73
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N-1.5T	-0,11	-65,16		1503,84	65,2	881,1	13,52
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N+1.5T	0,11	65,31		1215,75	65,3	712,3	10,91
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N-1.5T	0,11	65,28		1526,69	65,3	894,4	13,70

1,0G1+0,8G2+1,5Vx	-146,92	-0,2		899,28	146,9	526,9	3,59
1,0G1+0,8G2-1,5Vx	146,92	0,29		935,23	146,9	547,9	3,73
1,0G1+0,8G2+1,5Vy	-0,18	-108,65		898,21	108,7	526,2	4,84
1,0G1+0,8G2-1,5Vy	0,18	108,74	348,1275	936,29	364,9	548,5	1,50
G1+G2+0.8Q+Ex+0.3Ey (SLV)	223,16	151,61	348,1275	1022,24	591,1	598,9	1,01
G1+G2+0.8Q+Ex-0.3Ey (SLV)	211,36	141,52	348,1275	1021,95	577,1	598,7	1,04
G1+G2+0.8Q-Ex+0.3Ey (SLV)	-211,36	-141,43	348,1275	958,16	196,7	561,4	2,85
G1+G2+0.8Q-Ex-0.3Ey (SLV)	-223,16	-151,52	348,1275	957,87	196,4	561,2	2,86
G1+G2+0.8Q+Ey+0.3Ex (SLV)	84,85	60,82	348,1275	1000,14	437,2	586,0	1,34
G1+G2+0.8Q+Ey-0.3Ex (SLV)	-45,51	-27,09	348,1275	980,92	303,8	574,7	1,89
G1+G2+0.8Q-Ey+0.3Ex (SLV)	45,51	27,19	348,1275	999,19	394,6	585,4	1,48
G1+G2+0.8Q-Ey-0.3Ex (SLV)	-84,85	-60,73	348,1275	979,97	270,2	574,1	2,12

Fondazione – Cabina di Trasformazione 3300KVA	FX [kN]	FY [kN]	Tg sismico	FZ [kN]	Ved [kN]	VRd [kN]	F.S.
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vx+0.75N+0.9T	-67,54	0,02		507,06	67,5	205,2	3,04
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vx+0.75N-0.9T	-67,54	0,02		508,31	67,5	205,7	3,05
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vx+0.75N+0.9T	67,54	-0,02		504,48	67,5	204,2	3,02
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vx+0.75N-0.9T	67,54	-0,02		505,73	67,5	204,7	3,03
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vy+0.75N+0.9T	0,02	-53,71		505,34	53,7	204,5	3,81
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vy+0.75N-0.9T	0,02	-53,71		506,6	53,7	205,0	3,82
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vy+0.75N+0.9T	-0,02	53,71		528	53,7	213,7	3,98
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vy+0.75N-0.9T	-0,02	53,71		529,26	53,7	214,2	3,99
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N+0.9T	-40,53	0,01		521,6	40,5	211,1	5,21
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N-0.9T	-40,53	0,01		522,86	40,5	211,6	5,22
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N+0.9T	40,53	-0,01		520,06	40,5	210,5	5,19
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N-0.9T	40,53	-0,01		521,31	40,5	211,0	5,21
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N+0.9T	0,01	-32,23		520,57	32,2	210,7	6,54
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N-0.9T	0,01	-32,23		521,83	32,2	211,2	6,55

1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N+0.9T	-0,01	32,23		534,17	32,2	216,2	6,71
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N-0.9T	-0,01	32,23		535,42	32,2	216,7	6,72
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N+1.5T	-40,53	0,01		510,49	40,5	206,6	5,10
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N-1.5T	-40,53	0,01		512,58	40,5	207,5	5,12
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N+1.5T	40,53	-0,01		508,94	40,5	206,0	5,08
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N-1.5T	40,53	-0,01		511,03	40,5	206,8	5,10
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N+1.5T	0,01	-32,23		509,46	32,2	206,2	6,40
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N-1.5T	0,01	-32,23		511,55	32,2	207,1	6,42
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N+1.5T	-0,01	32,23		523,05	32,2	211,7	6,57
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N-1.5T	-0,01	32,23		525,14	32,2	212,6	6,59
1,0G1+0,8G2+1,5Vx	-67,54	0,02		298,31	67,5	120,7	1,79
1,0G1+0,8G2-1,5Vx	67,54	-0,02		295,74	67,5	119,7	1,77
1,0G1+0,8G2+1,5Vy	0,02	-53,71		296,6	53,7	120,0	2,24
1,0G1+0,8G2-1,5Vy	-0,02	53,71	82,395495	319,26	53,7	129,2	2,41
G1+G2+0.8Q+Ex+0.3Ey (SLV)	-125,13	-37,54	82,395495	359,73	130,6	145,6	1,11
G1+G2+0.8Q+Ex-0.3Ey (SLV)	-125,15	37,61	82,395495	360,14	130,7	145,8	1,12
G1+G2+0.8Q-Ex+0.3Ey (SLV)	125,15	-37,61	82,395495	356,48	130,7	144,3	1,10
G1+G2+0.8Q-Ex-0.3Ey (SLV)	125,13	37,54	82,395495	356,89	130,6	144,5	1,11
G1+G2+0.8Q+Ey+0.3Ex (SLV)	-37,51	-125,25	82,395495	358,12	130,7	145,0	1,11
G1+G2+0.8Q+Ey-0.3Ex (SLV)	37,58	-125,27	82,395495	357,14	130,8	144,6	1,11
G1+G2+0.8Q-Ey+0.3Ex (SLV)	-37,58	125,27	82,395495	359,48	130,8	145,5	1,11
G1+G2+0.8Q-Ey-0.3Ex (SLV)	37,51	125,25	82,395495	358,5	130,7	145,1	1,11

Fondazione – Cabina di Trasformazione 3300KVA	FX [kN]	FY [kN]	Tg sismico	FZ [kN]	Ved [kN]	VRd [kN]	F.S.
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vx+0.75N+0.9T	-67,54	0,02		535,36	67,5	216,7	3,21
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vx+0.75N-0.9T	-67,54	0,02		536,61	67,5	217,2	3,22
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vx+0.75N+0.9T	67,54	-0,02		532,78	67,5	215,6	3,19
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vx+0.75N-0.9T	67,54	-0,02		534,03	67,5	216,2	3,20

1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vy+0.75N+0.9T	0,02	-53,71		533,64	53,7	216,0	4,02
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vy+0.75N-0.9T	0,02	-53,71		534,89	53,7	216,5	4,03
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vy+0.75N+0.9T	-0,02	53,71		556,3	53,7	225,2	4,19
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vy+0.75N-0.9T	-0,02	53,71		557,55	53,7	225,7	4,20
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N+0.9T	-40,53	0,01		549,9	40,5	222,6	5,49
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N-0.9T	-40,53	0,01		551,15	40,5	223,1	5,50
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N+0.9T	40,53	-0,01		548,35	40,5	221,9	5,48
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N-0.9T	40,53	-0,01		549,61	40,5	222,5	5,49
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N+0.9T	0,01	-32,23		548,87	32,2	222,2	6,89
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N-0.9T	0,01	-32,23		550,12	32,2	222,7	6,91
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N+0.9T	-0,01	32,23		562,47	32,2	227,7	7,06
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N-0.9T	-0,01	32,23		563,72	32,2	228,2	7,08
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N+1.5T	-40,53	0,01		538,79	40,5	218,1	5,38
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N-1.5T	-40,53	0,01		540,87	40,5	218,9	5,40
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N+1.5T	40,53	-0,01		537,24	40,5	217,4	5,37
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N-1.5T	40,53	-0,01		539,33	40,5	218,3	5,39
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N+1.5T	0,01	-32,23		537,75	32,2	217,7	6,75
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N-1.5T	0,01	-32,23		539,84	32,2	218,5	6,78
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N+1.5T	-0,01	32,23		551,35	32,2	223,2	6,92
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N-1.5T	-0,01	32,23		553,44	32,2	224,0	6,95
1,0G1+0,8G2+1,5Vx	-67,54	0,02		313,41	67,5	126,9	1,88
1,0G1+0,8G2-1,5Vx	67,54	-0,02		310,83	67,5	125,8	1,86
1,0G1+0,8G2+1,5Vy	0,02	-53,71		311,69	53,7	126,2	2,35
1,0G1+0,8G2-1,5Vy	-0,02	53,71	82,395495	334,35	53,7	135,3	2,52
G1+G2+0.8Q+Ex+0.3Ey (SLV)	-143	-42,91	82,395495	378,8	149,3	153,3	1,03
G1+G2+0.8Q+Ex-0.3Ey (SLV)	-143,02	42,99	82,395495	379,26	149,3	153,5	1,03
G1+G2+0.8Q-Ex+0.3Ey (SLV)	143,02	-42,99	82,395495	375,08	149,3	151,8	1,02
G1+G2+0.8Q-Ex-0.3Ey (SLV)	143	42,91	82,395495	375,55	149,3	152,0	1,02
G1+G2+0.8Q+Ey+0.3Ex (SLV)	-42,86	-143,16	82,395495	376,96	149,4	152,6	1,02

G1+G2+0.8Q+Ey-0.3Ex (SLV)	42,94	-143,18	82,395495	375,84	149,5	152,1	1,02
G1+G2+0.8Q-Ey+0.3Ex (SLV)	-42,94	143,18	82,395495	378,51	149,5	153,2	1,02
G1+G2+0.8Q-Ey-0.3Ex (SLV)	42,86	143,16	82,395495	377,39	149,4	152,7	1,02

Verifica a ribaltamento

L'analisi condotta per le fondazioni è di tipo lineare, l'involuppo minimo della mappa delle pressioni mostra un'area quasi totalmente reagente a compressione per cui la verifica a ribaltamento si può ritenere soddisfatta.

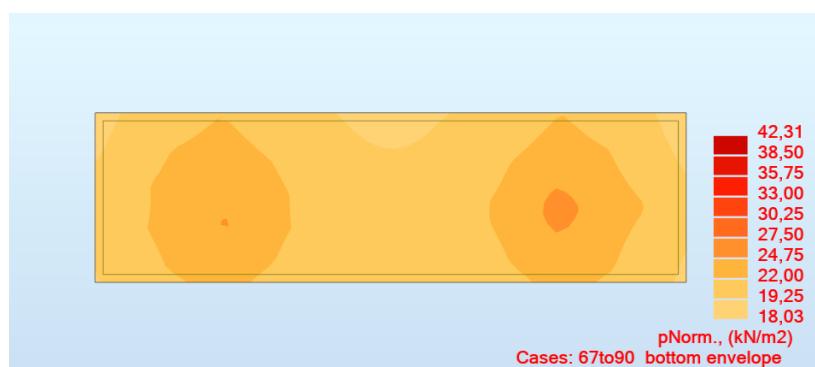


Fig. 51– Ribaltamento – Involuppo Combinazioni SLU (EQU) – Fondazione – Cabina di interfaccia

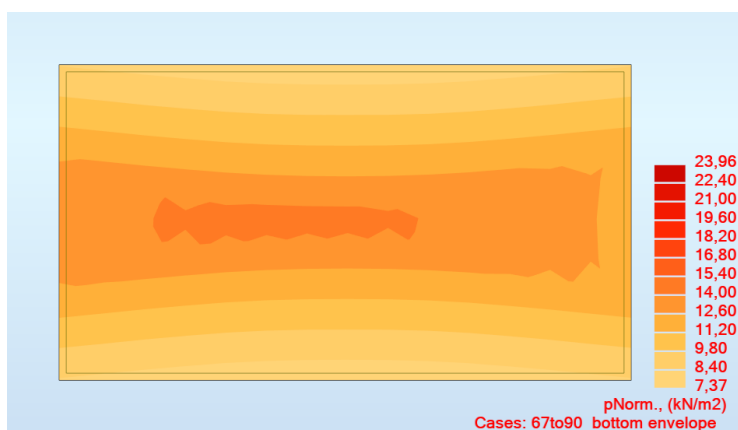


Fig. 52– Ribaltamento – Involuppo Combinazioni SLU (EQU) – Fondazione – Cabina di trasformazione 3300KVA

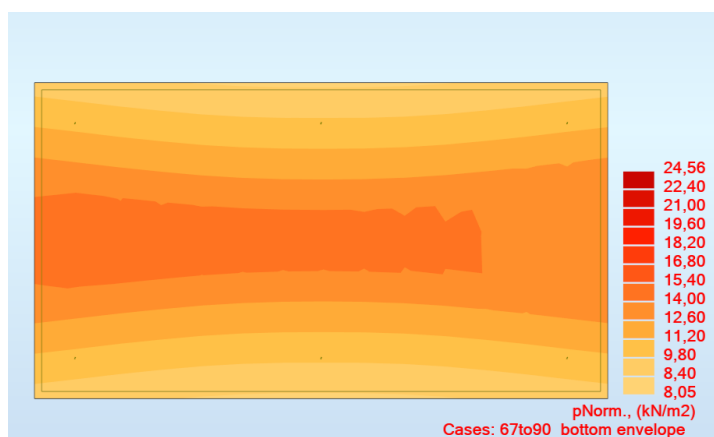


Fig. 53– Ribaltamento – Involuppo Combinazioni SLU (EQU) – Fondazione – Cabina di trasformazione 4400KVA

Verifica a Capacità Portante

Di seguito le mappe di pressione del suolo generate dal basamento nelle combinazioni SLU.

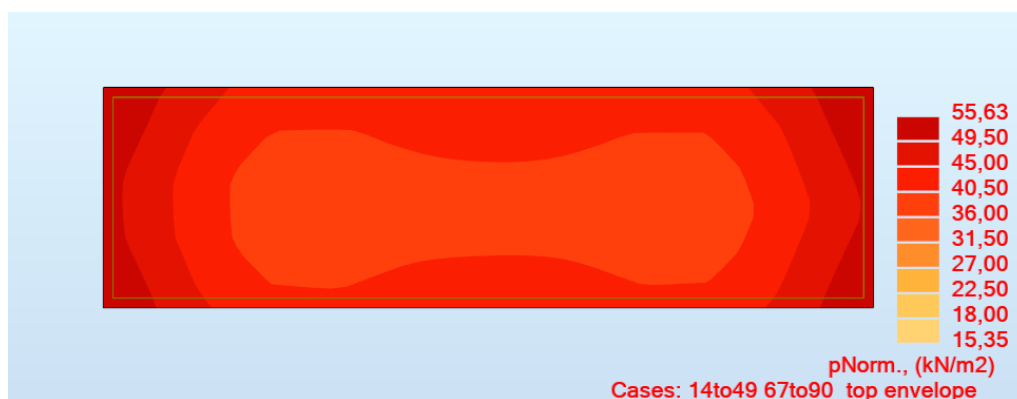


Fig.54– Inviluppo delle Pressioni nelle Combinazioni SLU – SLV – Fondazione – Cabina di Interfaccia

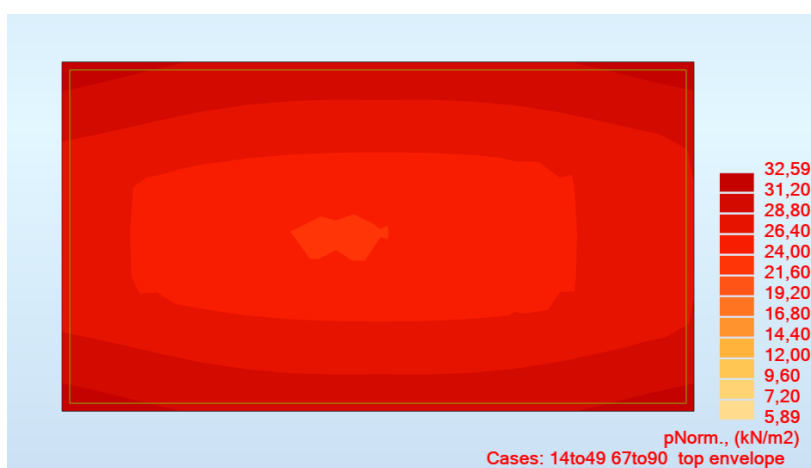


Fig.55– Inviluppo delle Pressioni nelle Combinazioni SLU – SLV – Fondazione – Cabina di Trasformazione 3300KVA



Fig.56– Inviluppo delle Pressioni nelle Combinazioni SLU – SLV – Fondazione – Cabina di Trasformazione 4400KVA

VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO SLE

Verifica a Fessurazione – Fondazione – Cabina di Interfaccia

Si prendono in considerazione le seguenti combinazioni e massima apertura ammissibile delle fessure:

Combinazioni frequenti → $w_3 = 0.4\text{mm}$

Combinazioni quasi permanenti → $w_2 = 0.3\text{mm}$

Verifica delle tensioni di esercizio

La massima tensione di compressione del calcestruzzo deve rispettare la seguente limitazione:

$\sigma_c < 0.45 \times f_{ck} (25) = 11.25 \text{ N/mm}^2$ (combinazione quasi permanente)

$\sigma_c < 0.60 \times f_{ck} (25) = 15.0 \text{ N/mm}^2$ (combinazione rara)

La massima tensione nell'acciaio dell'armatura deve rispettare la seguente limitazione:

$\sigma_s < 0.80 \times f_{yk} (450) = 360.0 \text{ N/mm}^2$

Nel seguito si riportano le mappe degli involuppi dei momenti flettenti composti secondo Wood & Armer (il metodo consiste nel comporre i momenti flettenti m_{xx} con m_{xy} e m_{yy} con m_{xy}) nelle combinazioni agli stati limite di esercizio frequente e quasi permanente (SLE_FRE, SLE_QP), le forze interne di tipo membranale sono trascurabili.

Combinazione frequente SLE: Combinazione da n°58-66

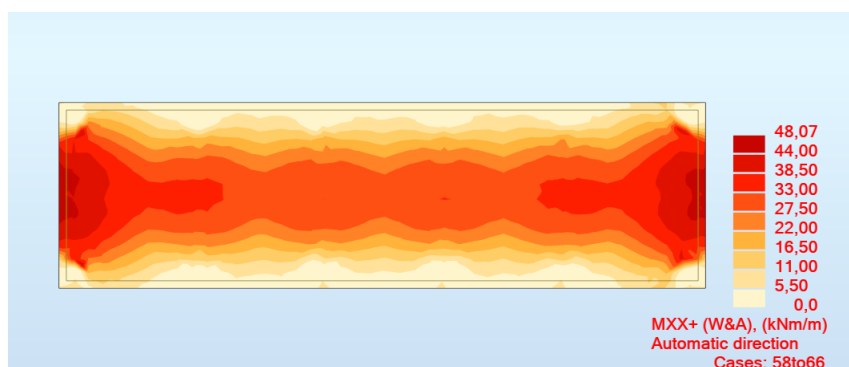


FIG.57– INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

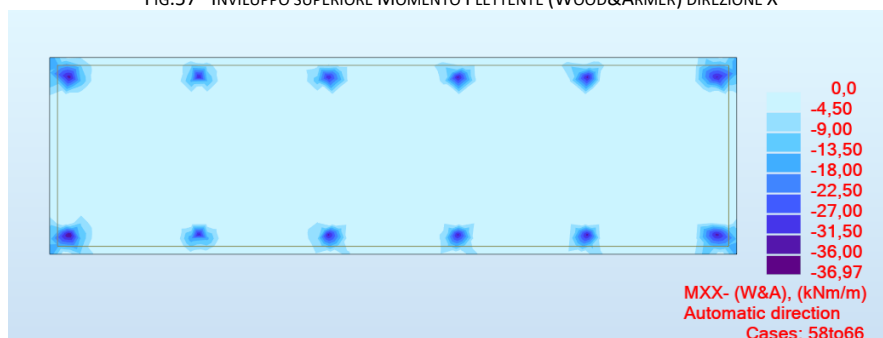


FIG.58– INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X



FIG. 59 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

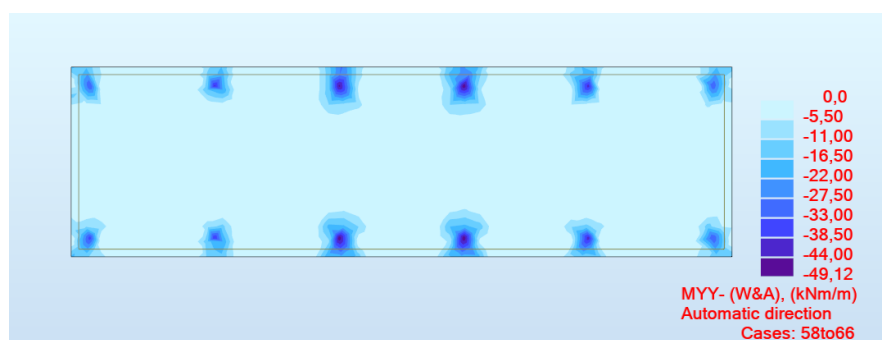


FIG. 60 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

Si riporta nel seguito verifica a fessurazione soletta spessore 40cm armata con \varnothing 16/150 considerando il massimo momento

$M_x = 49.12 \text{ kNm/m}$ agente per le combinazioni quasi permanenti SLE:

Verifica della sezione a fessurazione (SLE)		
wlim	0,40 mm	Comb SLE Freq
b	100 cm	
h	40 cm	
Es	210000 N/mm ²	
os	110,5 N/mm ²	
kt	0,4	carico di lunga durata
fctm	2,56 N/mm ²	
As	14,07 cm ²	7ø16
c	60 mm	copriferro
d	35 cm	
x	10,23 cm	
hc,ef	9,9 cm	
Ac,ef	992,4 cm ²	
pp,eff	0,014	
Ecm	31447 N/mm ²	
σe	6,678	
εsm	0,00015	
0.6(σs/Es)	0,00032	
k1	0,8	Barre Ad. Migl.
k2	0,50	
k3	3,4	
k4	0,425	
Δsmax	361,80 mm	
wkd	0,114 mm	Sezione verificata

$$\sigma_c \sim 3.04 \text{ N/mm}^2 < 0.6 \times f_{ck} = 15.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s \sim 110 \text{ N/mm}^2 < 0.8 \times f_{yk} = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

L'apertura delle fessure è stimata pari a:

$$w_k = 0.114 \text{ mm} < 0.4 \text{ mm}$$

Verifica a Fessurazione – Fondazione – Cabina di Trasformazione 3300 KVA

Si prendono in considerazione le seguenti combinazioni e massima apertura ammissibile delle fessure:

Combinazioni frequenti → $w_3 = 0.4\text{mm}$

Combinazioni quasi permanenti → $w_2 = 0.3\text{mm}$

Verifica delle tensioni di esercizio

La massima tensione di compressione del calcestruzzo deve rispettare la seguente limitazione:

$\sigma_c < 0.45 \times f_{ck} (25) = 11.25 \text{ N/mm}^2$ (combinazione quasi permanente)

$\sigma_c < 0.60 \times f_{ck} (25) = 15.0 \text{ N/mm}^2$ (combinazione rara)

La massima tensione nell'acciaio dell'armatura deve rispettare la seguente limitazione:

$\sigma_s < 0.80 \times f_{yk} (450) = 360.0 \text{ N/mm}^2$

Nel seguito si riportano le mappe degli involuppi dei momenti flettenti composti secondo Wood & Armer (il metodo consiste nel comporre i momenti flettenti m_{xx} con m_{xy} e m_{yy} con m_{xy}) nelle combinazioni agli stati limite di esercizio frequente e quasi permanente (SLE_FRE, SLE_QP), le forze interne di tipo membranale sono trascurabili.

Combinazione frequente SLE: Combinazione da n°58-66

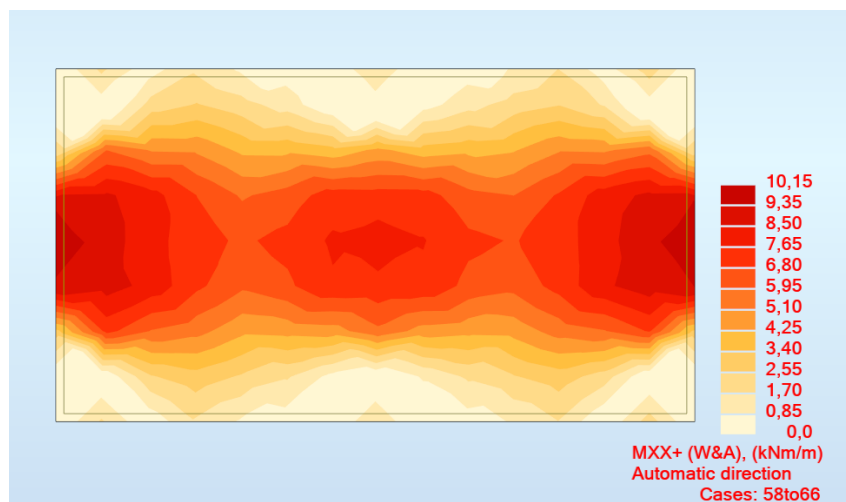


FIG.61– INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

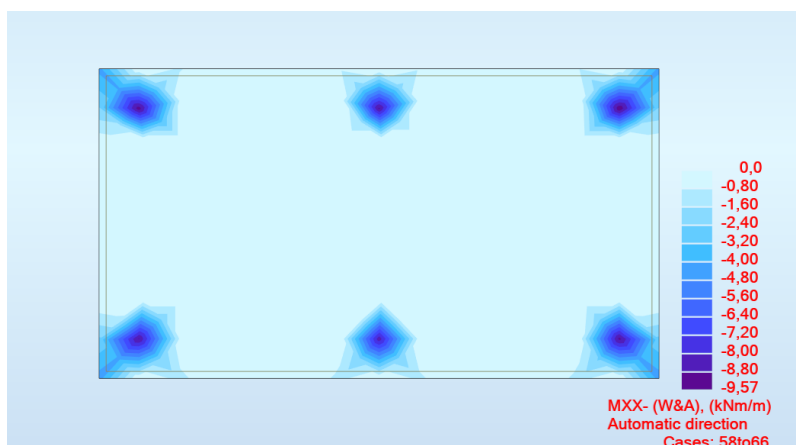


FIG.62– INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

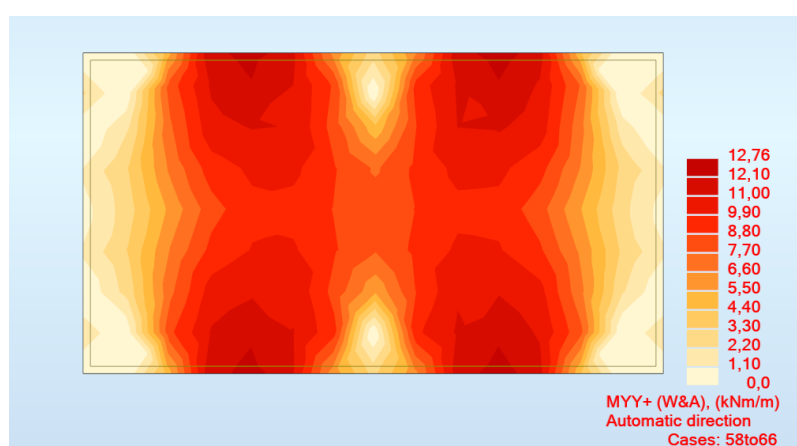


FIG.63 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

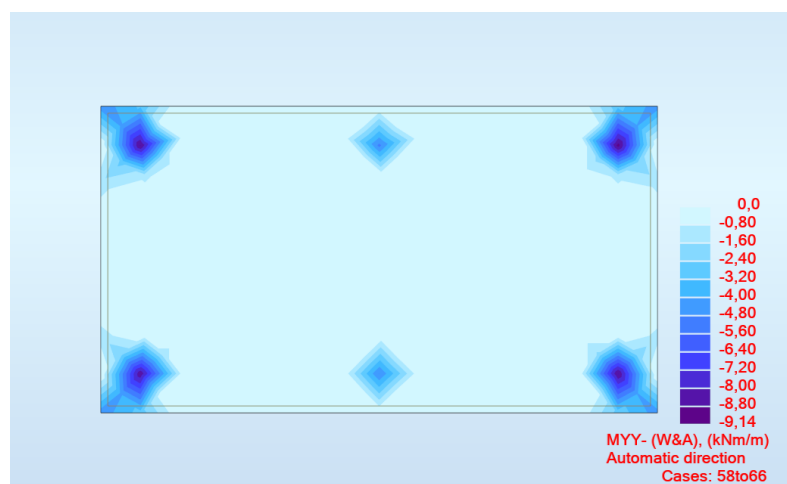


FIG. 64– INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

Si riporta nel seguito verifica a fessurazione soletta spessore 30cm armata con $\phi 12/200$ considerando il massimo momento $M_x = 13\text{kNm/m}$ agente per le combinazioni quasi permanenti SLE:

Verifica della sezione a fessurazione (SLE)			
wlim	0,40	mm	Comb SLE Freq
b	100	cm	
h	30	cm	
Es	210000	N/mm ²	
σs	99,5	N/mm ²	
kt	0,4		carico di lunga durata
fctm	2,56	N/mm ²	
As	5,65	cm ²	5ø12
c	50	mm	copriferro
d	25	cm	
x	5,72	cm	
hc,ef	8,1	cm	
Ac,ef	809,4	cm ²	
pp,eff	0,007		
Ecm	31447	N/mm ²	
αe	6,678		
esm	-0,00026		
0.6(σs/Es)	0,00028		
k1	0,8		Barre Ad. Migl.
k2	0,50		
k3	3,4		
k4	0,425		
Δsmax	461,98	mm	
wd	0,131	mm	Sezione verificata

$$\sigma_c \sim 1.97 \text{ N/mm}^2 < 0.6 \times f_{ck} = 15.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s \sim 100 \text{ N/mm}^2 < 0.8 \times f_{yk} = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

L'apertura delle fessure è stimata pari a:

$$w_k = 0.131 \text{ mm} < 0.4 \text{ mm}$$

Verifica a Fessurazione – Fondazione – Cabina di Trasformazione 4400 KVA

Si prendono in considerazione le seguenti combinazioni e massima apertura ammissibile delle fessure:

Combinazioni frequenti → w3 = 0.4mm

Combinazioni quasi permanenti → w2 = 0.3mm

Verifica delle tensioni di esercizio

La massima tensione di compressione del calcestruzzo deve rispettare la seguente limitazione:

$$\sigma_c < 0.45 \times f_{ck} (25) = 11.25 \text{ N/mm}^2 \text{ (combinazione quasi permanente)}$$

$$\sigma_c < 0.60 \times f_{ck} (25) = 15.0 \text{ N/mm}^2 \text{ (combinazione rara)}$$

La massima tensione nell'acciaio dell'armatura deve rispettare la seguente limitazione:

$$\sigma_s < 0.80 \times f_{yk} (450) = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

Nel seguito si riportano le mappe degli involuipi dei momenti flettenti composti secondo Wood & Armer (il metodo consiste nel comporre i momenti flettenti m_{xx} con m_{xy} e m_{yy} con m_{xy}) nelle combinazioni agli stati limite di esercizio frequente e quasi permanente (SLE_FRE, SLE_QP), le forze interne di tipo membranale sono trascurabili.

Combinazione frequente SLE: Combinazione da n°58-66

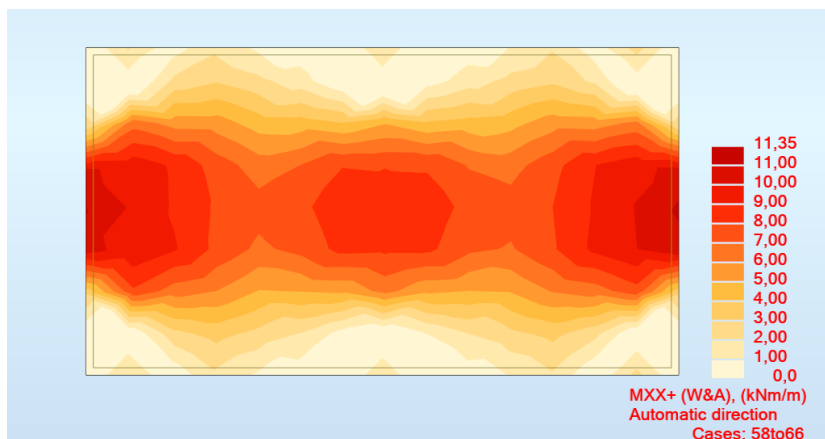


FIG.65– INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

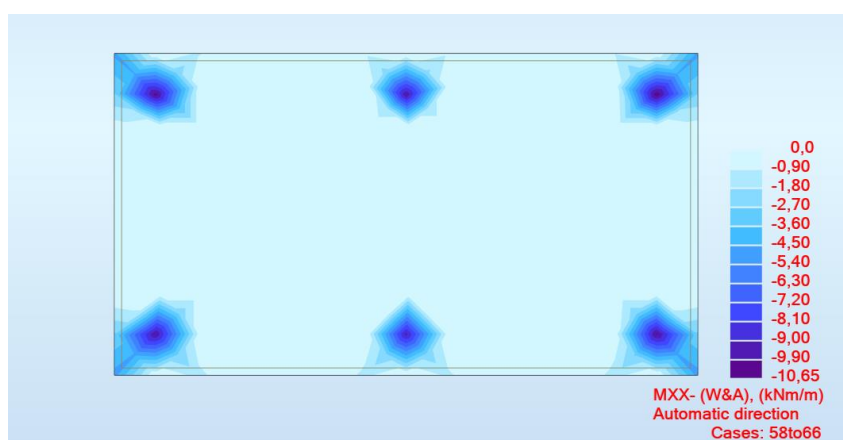


FIG.66– INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

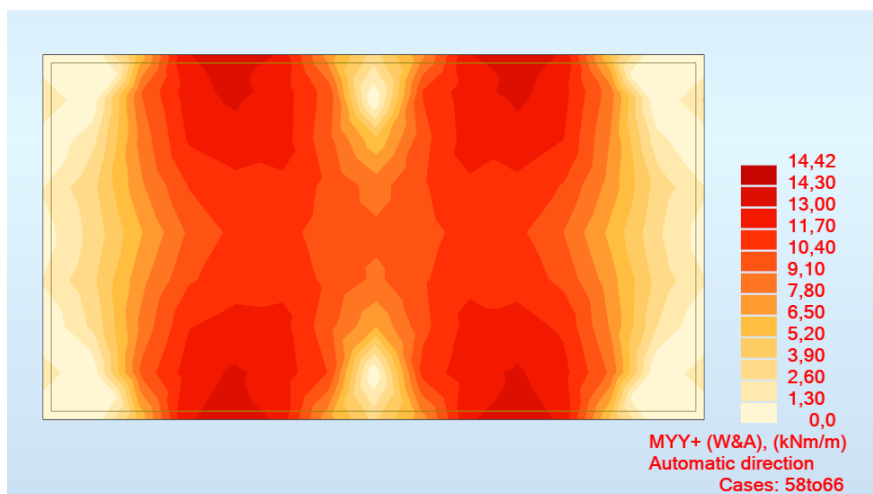


FIG.67– INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

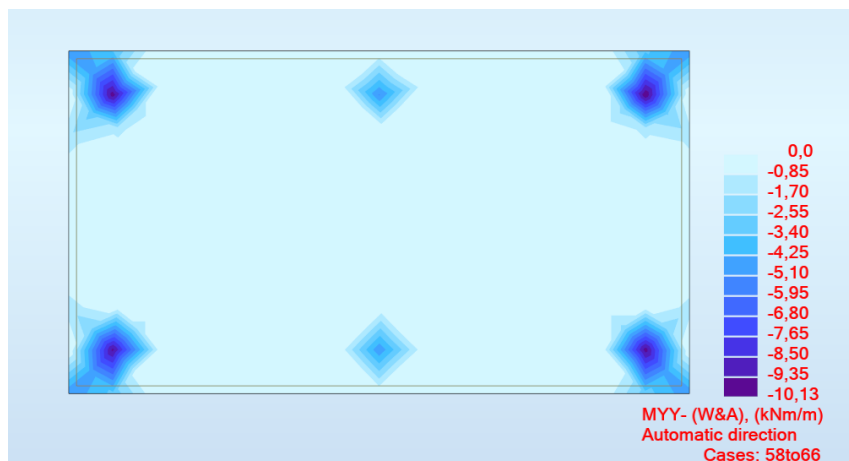


FIG.68– INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

Si riporta nel seguito verifica a fessurazione soletta spessore 30cm armata con $\phi 12/200$ considerando il massimo momento $M_x = 15\text{kNm/m}$ agente per le combinazioni quasi permanenti SLE:

Verifica della sezione a fessurazione (SLE)		
wlim	0,40 mm	Comb SLE Freq
b	100 cm	
h	30 cm	
Es	210000 N/mm ²	
σs	114,9 N/mm ²	
kt	0,4	carico di lunga durata
fctm	2,56 N/mm ²	
As	5,65 cm ²	5φ12
c	50 mm	copriferro
d	25 cm	
x	5,72 cm	
hc,ef	8,1 cm	
Ac,ef	809,4 cm ²	
pp,eff	0,007	
Ecm	31447 N/mm ²	
αe	6,678	
esm	-0,00018	
0.6(σs/Es)	0,00033	
k1	0,8	Barre Ad. Migl.
k2	0,50	
k3	3,4	
k4	0,425	
Δsmax	461,98 mm	
wk	0,152 mm	Sezione verificata

$$\sigma_c \sim 2.27 \text{ N/mm}^2 < 0.6 \times f_{ck} = 15.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s \sim 115 \text{ N/mm}^2 < 0.8 \times f_{yk} = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

L'apertura delle fessure è stimata pari a:

$$w_k = 0.152\text{mm} < 0.4 \text{ mm}$$

VERIFICA A CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE

Di seguito si riporta la mappa dei cedimenti nelle seguenti condizioni:

Peso proprio fondazione e carichi di esercizio applicati SLE

Peso proprio fondazione e carichi di esercizio applicati SLE



FIG.69– INVILUPPO DEI CEDIMENTI SECONDO LE COMBINAZIONI SLE – FONDAZIONE – CABINA DI INTERFACCIA

Come si può notare dalla mappa sopra riportata nella combinazione SLE il valore massimo del cedimento risulta:

$$w_{\max} = 19.1\text{mm}$$

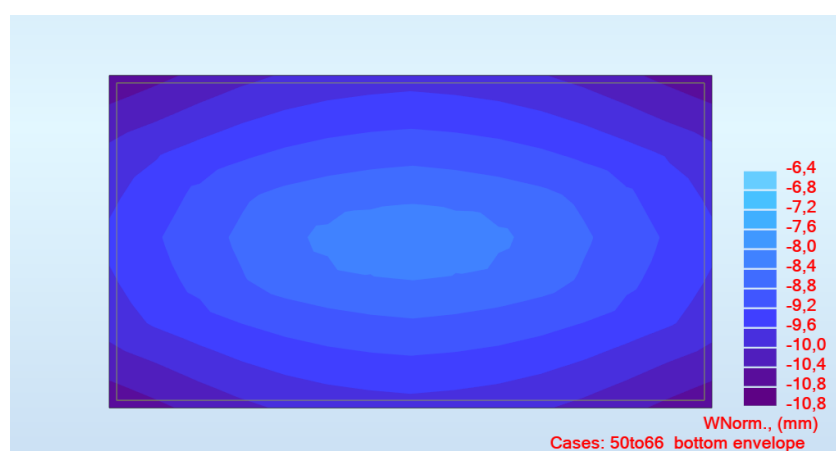


FIG.70– INVILUPPO DEI CEDIMENTI SECONDO LE COMBINAZIONI SLE – FONDAZIONE – CABINA DI TRASFORMAZIONE 3300KVA

Come si può notare dalla mappa sopra riportata nella combinazione SLE il valore massimo del cedimento risulta:

$$w_{\max} = 10.8\text{mm}$$

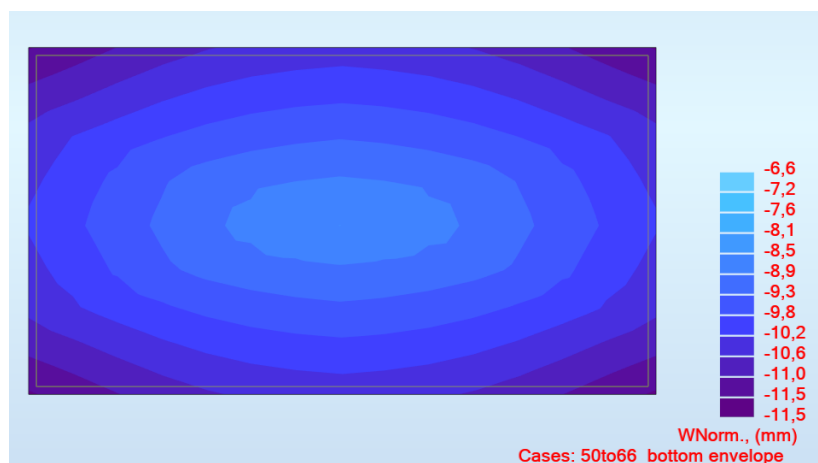


FIG.71– INVILUPPO DEI CEDIMENTI SECONDO LE COMBINAZIONI SLE – FONDAZIONE – CABINA DI TRASFORMAZIONE 4400KVA

Come si può notare dalla mappa sopra riportata nella combinazione SLE il valore massimo del cedimento risulta:

$$w_{\max} = 11.5\text{mm}$$

3. CONCLUSIONI

Dal punto di vista strutturale le analisi consentono di concludere che l'intero sistema fondazione-terreno soddisfa le verifiche effettuate sia in termini di strutturali che geotecnici, garantendo quindi il rispetto dei requisiti di sicurezza e di durabilità imposti dalle norme vigenti.

ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO

Di seguito si indicano l'origine e le caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati riportando titolo, produttore/distributore e versione:

Titolo	Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2024
Autore	Autodesk Inc.
Produttore	Autodesk Inc.
Fornitore	Autodesk Inc.
Versione	37.0.0.10095(x64)

AFFIDABILITA' DEI CODICI UTILIZZATI

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

La società produttrice Autodesk ha verificato tramite le società AFNOR e NAFEMS, l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Di seguito è possibile consultare parte della documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati scelti in funzione della tipologia di struttura calcolata con il modello di calcolo.

La valutazione della affidabilità e idoneità del software per questo progetto è stata consentita da un esame della documentazione fornita dallo sviluppatore.

Questa documentazione contiene la descrizione completa della base teorica, gli algoritmi utilizzati, l'individuazione delle aree di applicazione, test (con file di input necessari a riprodurre il processo) del tutto risolti e discussi.

MODALITA' DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

I dati contenuti nella relazione di calcolo strutturale sono tali da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. In particolare, la relazione di calcolo illustra in modo chiaro ed esaustivo i dati in ingresso e i risultati delle analisi sia in forma tabellare che grafica, tale da avere una sintesi completa e efficace del comportamento della struttura per ogni tipo di analisi svolta.

INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione, quali mesh non coerente, presenza di nodi isolati, assenza di vincoli, il non rispetto delle limitazioni geometriche, la presenza di elementi non verificati, la non convergenza del calcolo nel caso di analisi non lineare, il mancato raggiungimento dei limiti normativi, la ridondanza di oggetti modellati, etc...

Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabulare, la totalità dei dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI

Oltre al controllo automatico condotto dal software, i risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti ad ulteriori controlli che ne comprovano l'attendibilità e l'accettabilità.

Questi controlli, eseguiti manualmente con metodi tradizionali, consistono in verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificati, etc...

In base a quanto detto, si può asserire che l'elaborazione è **corretta ed idonea al caso specifico**; pertanto, i risultati di calcolo sono da ritenersi **validi ed accettabili**.

DOCUMENTAZIONE CASI PROVA

2. PLATE/SHELL STRUCTURES

22



Autodesk (and other products) are registered trademarks or trademarks of Autodesk, Inc., and/or its subsidiaries and/or affiliates in the USA and/or other countries. All other brand names, product names, or trademarks belong to their respective holders. Autodesk reserves the right to alter product offerings and specifications and pricing at any time without notice, and is not responsible for typographical or graphical errors that may appear in this document. © 2020 Autodesk, Inc. All rights reserved.

VERIFICATION EXAMPLE

Tension of perforated membrane - SSLP02

Name of the test:

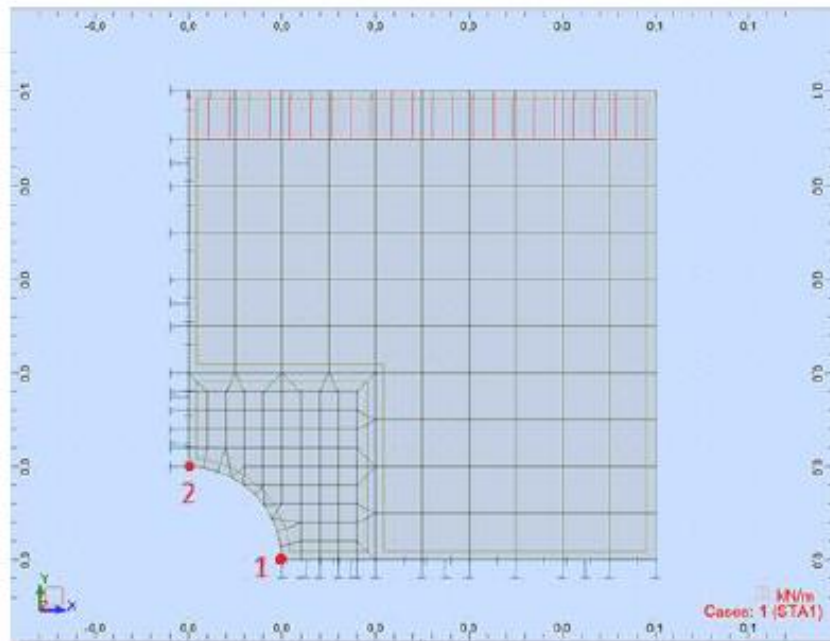
SSLP02

Reference:

AFNOR

Specification: Simple tension of perforated membrane.

GEOMETRY: ¼ of a model analyzed (due to symmetry) with a mesh 10x10



DATA FILE SSLP02.rtd

COMPARISON:

Node	Compared result	RSA 2021	AFNOR	Difference %
1	Stress σ_{xx} (N/mm ²)	6.94	7.5	7.47
2	Stress σ_{xx} (N/mm ²)	- 2.57	- 2.5	2.80

CONCLUSION:

Poor agreement of results.

24



Autodesk [and other products] are registered trademarks or trademarks of Autodesk, Inc., and/or its subsidiaries and/or affiliates in the USA and/or other countries. All other brand names, product names, or trademarks belong to their respective holders. Autodesk reserves the right to alter product and services offerings, and specifications and pricing at any time without notice, and is not responsible for typographical or graphical errors that may appear in this document. © 2020 Autodesk, Inc. All rights reserved.

VERIFICATION EXAMPLE

Rectangular plate: cantilever slab - SSSL01

Name of the test:

SSLS01

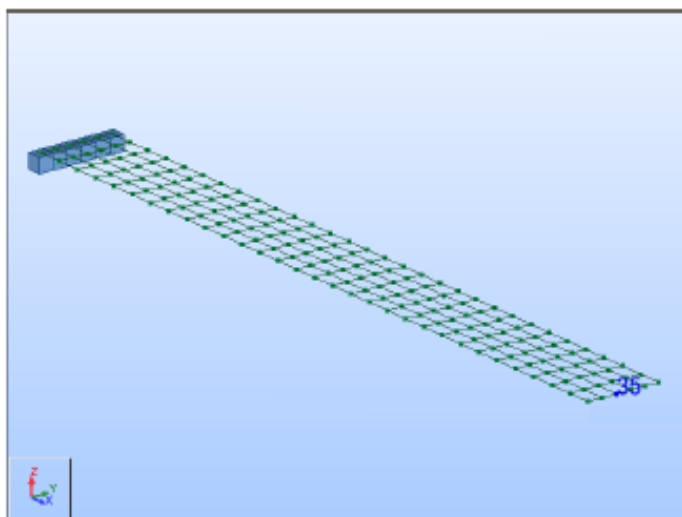
Reference:

AFNOR

Specification:

Cantilever slab under uniform pressure

GEOMETRY:



DATA FILE

SSLS01.rtd

COMPARISON:

Node	Compared result	RSA 2021	AFNOR	Difference %
35	Displacement UZ (mm)	- 95.919	- 95.90	0.021

CONCLUSION:

Excellent agreement of results.

25



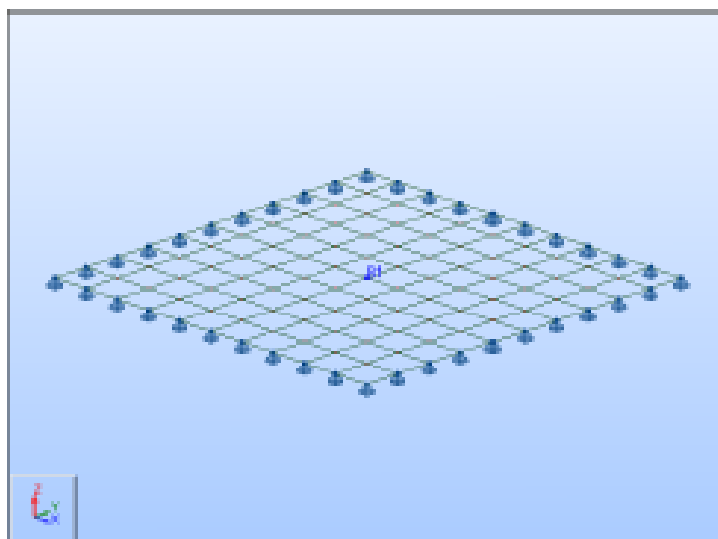
Autodesk [and other products] are registered trademarks or trademarks of Autodesk, Inc., and/or its subsidiaries and/or affiliates in the USA and/or other countries. All other brand names, product names, or trademarks belong to their respective holders. Autodesk reserves the right to alter product offerings, and specifications and pricing at any time without notice, and is not responsible for typographical or graphical errors that may appear in this document. © 2020 Autodesk, Inc. All rights reserved.

VERIFICATION EXAMPLE

Simply supported square plate - SLS02

Name of the test: SLS02
 Reference: AFNOR
 Specification: Simply supported square plate under self weight.

GEOMETRY:



DATA FILE: SLS02.rtd

COMPARISON:

Node	Compared result	R&A 2021	AFNOR	Difference %
261	Displacement UZ (mm)	- 16.47	- 16.45*	0.122

* "Guide..." presents an incorrect value (compare with SLS 24)

CONCLUSION:

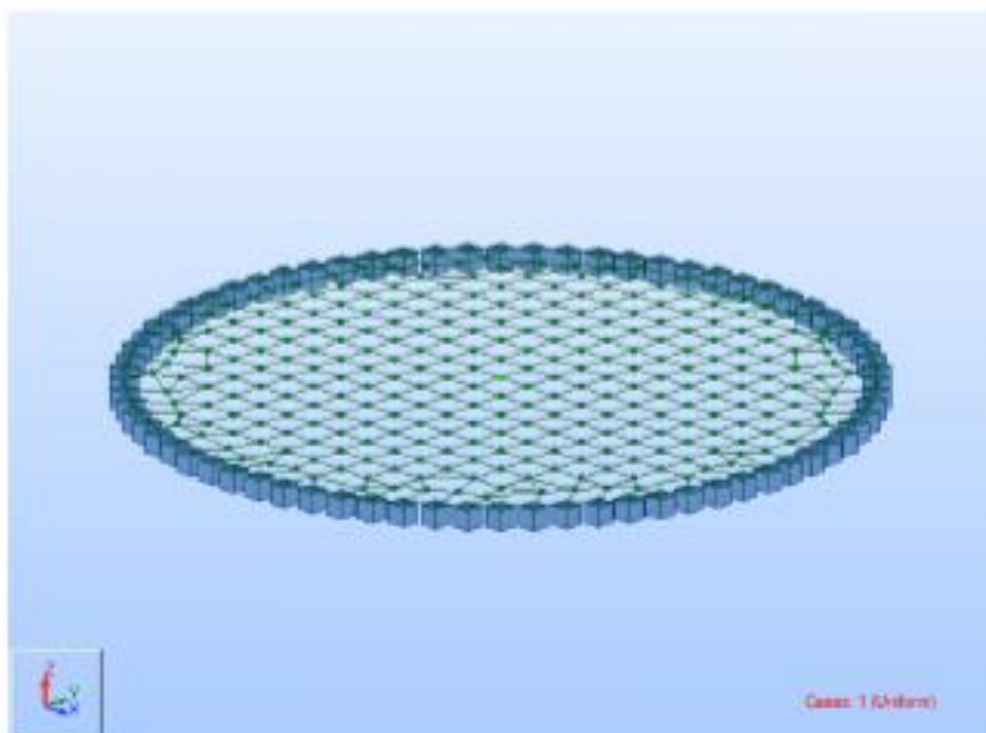
Excellent agreement of results.

VERIFICATION EXAMPLE

Circular plate under uniform load - SLS03

Name of the test:	SLS03
Reference:	AFNOR
Specification:	Circular plate with clamped edges under uniform load

GEOMETRY:



DATA FILES: SLS03.rtd

COMPARISON:

Node	Compared result	RSA 2021	AFNOR	Difference %
1	Displacement UZ (mm)	- 6.477	- 6.500	0.36

CONCLUSION:

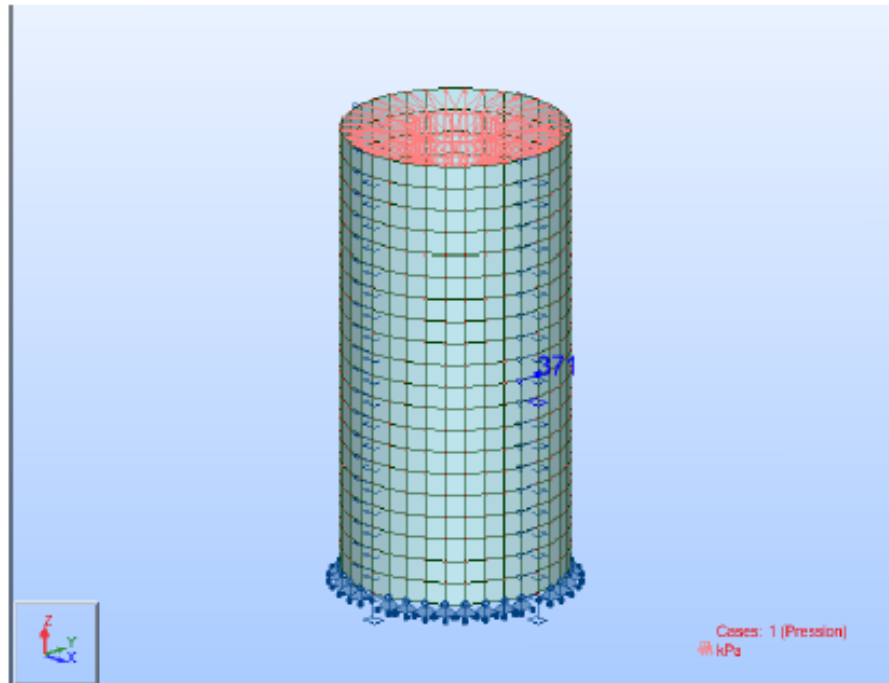
Very good agreement of results.

VERIFICATION EXAMPLE

Thin-walled cylinder under uniform radial pressure - SSLS06

Name of the test: SSLS06
 Reference: AFNOR
 Specification: Shell - Cylinder - Material: elastic - Pressure

GEOMETRY:



DATA FILE: SSLS06.rtd

COMPARISON:

Node	Compared result	RSA 2021	AFNOR	Difference %
371	Displacement UX (mm)	2.371 e-3	2.380 e-3	0.378
371	Circumfer. stress [kPa]	498.1	500.0	0.380
741	Displacement UZ (mm)	- 2.964 e-3	- 2.860 e-3	1.036

CONCLUSION:

Good agreement of results.