SERVIZI SRL

Via Modenese 314/B
41018 S. CESARIO S.P. (MO)
Tel. 059/930110 – Cell. 335/6412883
P.IVA 03685660361

COMUNE DI FIORANO MODENESE

INSTALLAZIONE E REVISIONE DI IMPIANTI TECNOLOGICI CHE COMPORTANO LA REALIZZAZIONE DI VOLUMI TECNICI AL SERVIZIO DI EDIFICI E DI ATTREZZATURE ESISTENTI

OPERE STRUTTURALI

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE FONDAZIONI

Genera Projects Srl

Sito indagato:

Via Viazza, 30 - Fiorano Modenese (MO)

Progettazione strutturale:
Ing. Alessio Zanoli

DICEMBRE 2022

SOMMARIO

1. RELAZIONE DI CALCOLO 5
1.1. Normativa di riferimento 5
1.2. Azione sismica 5
1.3. Analisi dei carichi 8
1.4. Combinazione delle azioni 12
1.4.1. Combinazione sismica agli Stati Limite Ultimi (SLV) 12
1.4.2. Combinazione fondamentale agli Stati Limite Ultimi 12
1.4.3. Combinazione GEO 12
1.4.4. Combinazione caratteristica (rara) agli Stati Limite di Esercizio 13
1.4.5. Combinazione frequente agli Stati Limite di Esercizio 13
1.4.6. Combinazione quasi permanente agli Stati Limite di Esercizio 13
1.5. Illustrazione dei criteri di modellazione 13
1.6. Caratterizzazione geotecnica 15
1.7. Verifiche Geotecniche 16
1.7.1. Calcolo delle portanza del terreno 16
1.7.1.1. Strato fino a quota -1.60 – condizioni drenate 16
1.7.1.2. Strato sotto quota -1.60m – condizioni non drenate 18
1.7.2. Verifica di portanza (GEO) 19
1.7.3. Stima dei cedimenti (SLE) 20
1.8. Dimensionamento platea di fondazione 21
1.8.1. Verifiche platea agli SLU 23
1.8.1.1. Verifica a flessione zona centrale pipe rack 23
1.8.1.2. Verifica a flessione zona collegamento parte centrale con pipe rack 24
1.8.1.3. Verifica zone con armatura base 25
1.8.1.4. Verifica a punzonamento 26
1.8.2. Verifiche agli SLE 28
1.8.2.1. Verifica di deformazione 28
1.8.2.2. Verifica alle tensioni di esercizio 28
1.8.2.3. Verifica di fessurazione 29

1.9. Dimensionamento delle sovrastrutture 30
1.9.1. Corpo principale – pilastri HE300B 30
1.9.2. Corpo principale – travi HE300B 31
1.9.3. Corpo principale – travi secondarie IPE200 32
1.9.4. Corpo principale – controventi di parete 33
1.9.5. Pipe rack – profili HE200A 34
1.9.6. Pipe rack – controventi L80x8 36
1.9.7. Vano scale – pilastri HE200A 37
1.9.8. Vano scale – travi IPE200 38
1.9.9. Vano scale – controventi 39

1. RELAZIONE DI CALCOLO

1.1. Normativa di riferimento

NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO PER IL PROGETTO E LA ESECUZIONE

- Circolare n. 7/CSLLPP del 21 gennaio 2019
- D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche sulle Costruzioni"
- D.G.R. 2272/2016
- L.R. 30 ottobre 2008 n. 19 "Norme per la riduzione del rischio sismico"
- CNR DT200/2012 "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e il controllo di interventi di consolidamento statico mediante l'utilizzo di compositi fibrorinforzati"
- D.P.R. 6 giugno 2001 n. 380 "Testo unico delle disposizione legislative e regolamentari in materia edilizia"
- D.G.R. 121 / 2010
- D.G.R. 1071 / 2010
- D.G.R. 1373 / 2011
- D.G.R. 687 / 2011

NORMATIVA TECNICA PER I MATERIALI DA COSTRUZIONE

- UNI ENV 13670-1:2001
- Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive" (Consiglio Superiore dei lavori pubblici)

1.2. Azione sismica

Per la valutazione della pericolosità sismica del sito e dei relativi parametri introdotti nelle valutazioni di sicurezza ci si è riferiti alla Classe dell'edificio II e ad una Vita nominale della struttura pari a 50 anni. Per quel che riguarda il terreno ci si può riferire ad una categoria topografica T1.

Latitudine (WGS84)	Longitudine (WGS84)
44.53845340	10.83390230
Latitudine (ED50)	**Longitudine (ED50)**
44.540214	10.835017

Altitudine (mt) 123

Classe dell'edificio
II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti

Vita Nominale Struttura 50

Periodo di Riferimento per l'azione sismica 50

Parametri di pericolosità Sismica

Stato Limite	T_r [anni]	a_g/g [-]	F_o [-]	T^*_c [s]
Operatività	30	0.052	2.484	0.250
Danno	50	0.065	2.493	0.270
Salvaguardia Vita	475	0.163	2.386	0.290
Prevenzione Collasso	975	0.205	2.391	0.306

Sia lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali espresso dalle seguenti formulazioni:

$0 \le T < T_B$ $$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$T_B \le T < T_C$ $$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$T_C \le T < T_D$ $$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$T_D \le T$ $$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

I parametri per SLV e SLD saranno i seguenti:

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.163 g
F_o	2.394
T_C^*	0.289 s
S_S	1.466
C_C	1.581
S_T	1.000
q	1.000

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.065 g
F_o	2.493
T_C^*	0.266 s
S_S	1.500
C_C	1.626
S_T	1.000
q	1.000

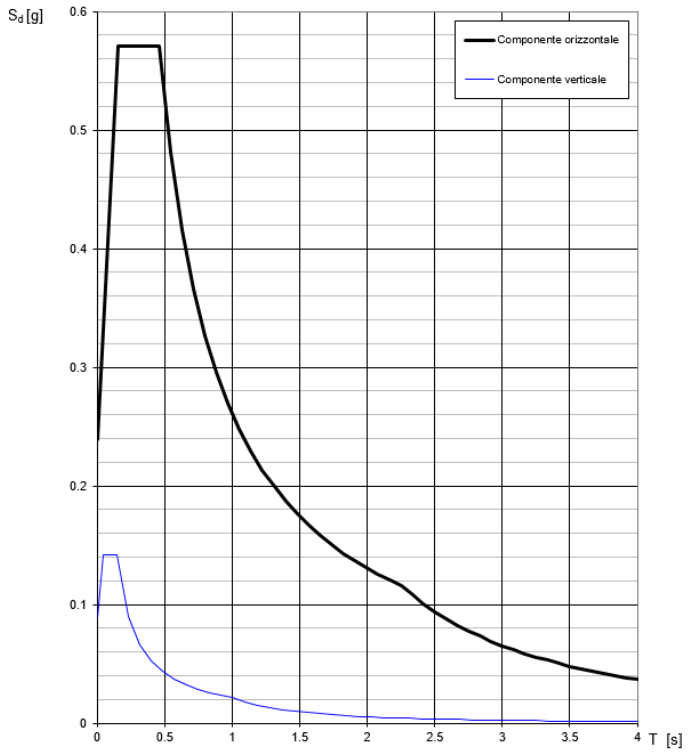
Parametri dipendenti

S	1.466
η	1.000
T_B	0.152 s
T_C	0.457 s
T_D	2.251 s

Parametri dipendenti

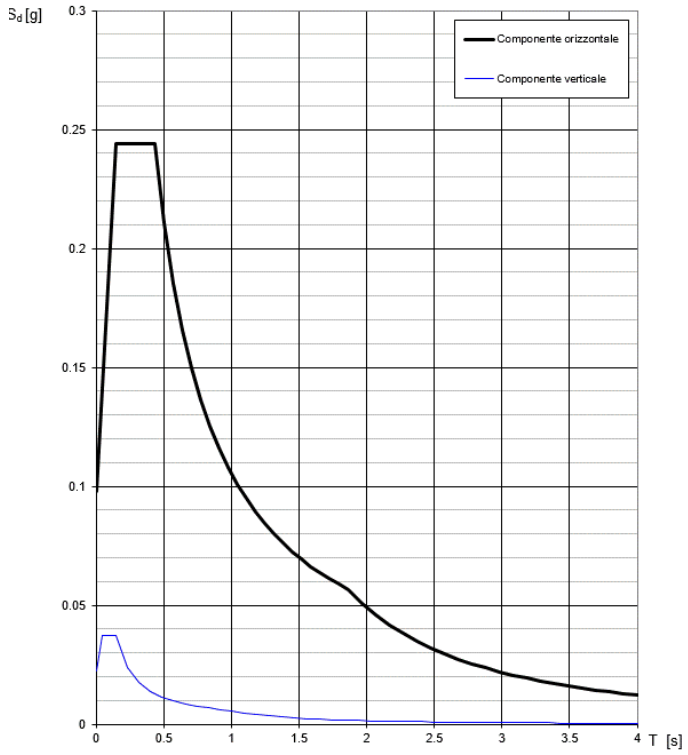
S	1.500
η	1.000
T_B	0.144 s
T_C	0.432 s
T_D	1.861 s

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



Spettro elastico SLV

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD



Spettro SLD

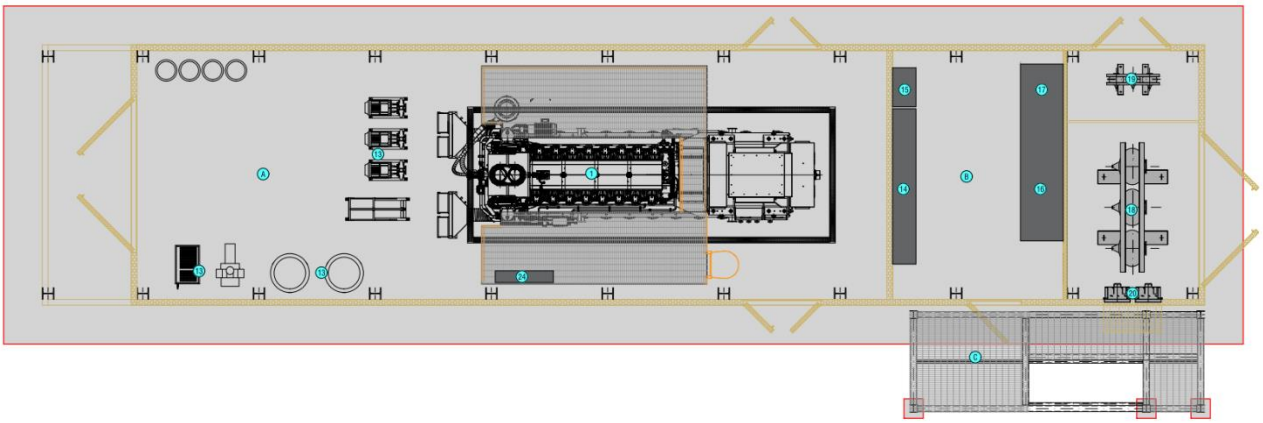
Il calcolo delle fondazioni è stato condotto considerando fattore di struttura q=1.00, mentre il dimensionamento delle sovrastrutture con q=2.00, a favore di sicurezza.

1.3. Analisi dei carichi

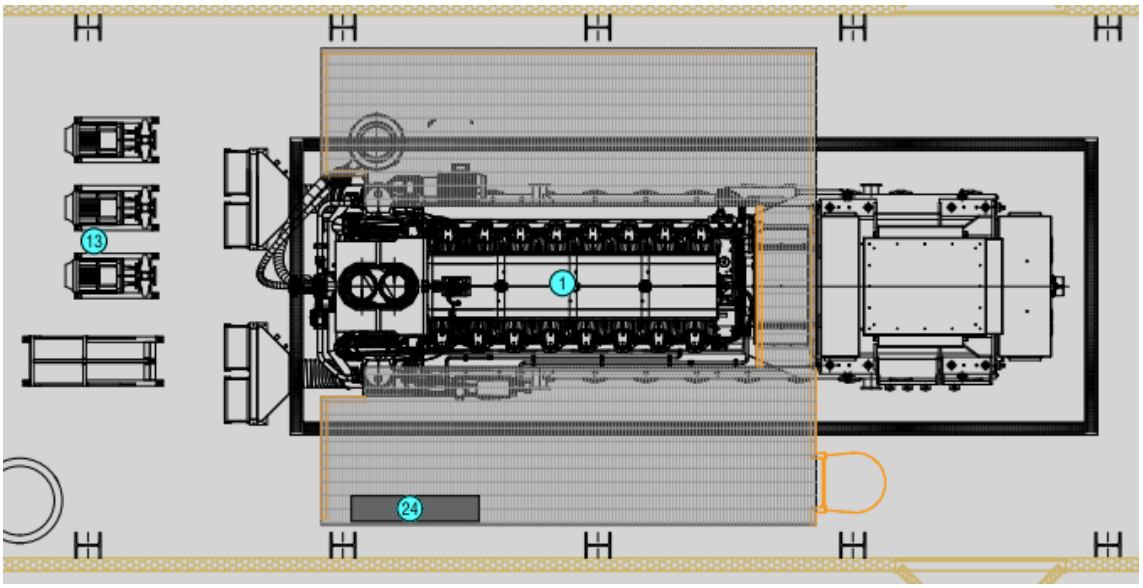
Carichi di copertura

Peso proprio struttura (G1 – strutture metalliche)	78.50 kN/mc
Permanenti portati uniformi (G2):	
• Pannellature	0.30 kN/mq
Totale permanenti portati	0.30 kN/mq

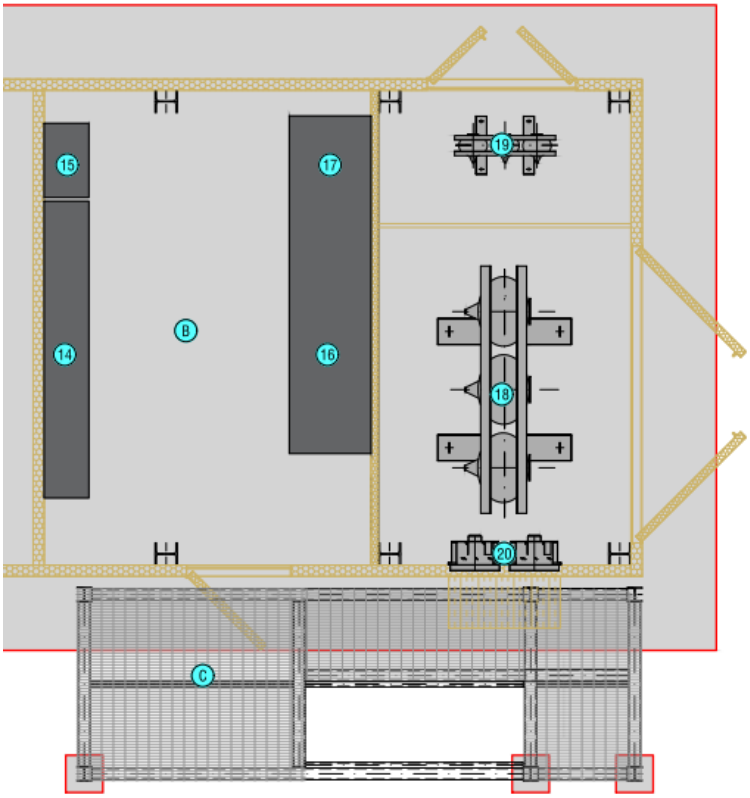
Ulteriori carichi di progetto agenti solo localmente e dovuti agli impianti sono stati forniti allo scrivente dalla committenza.



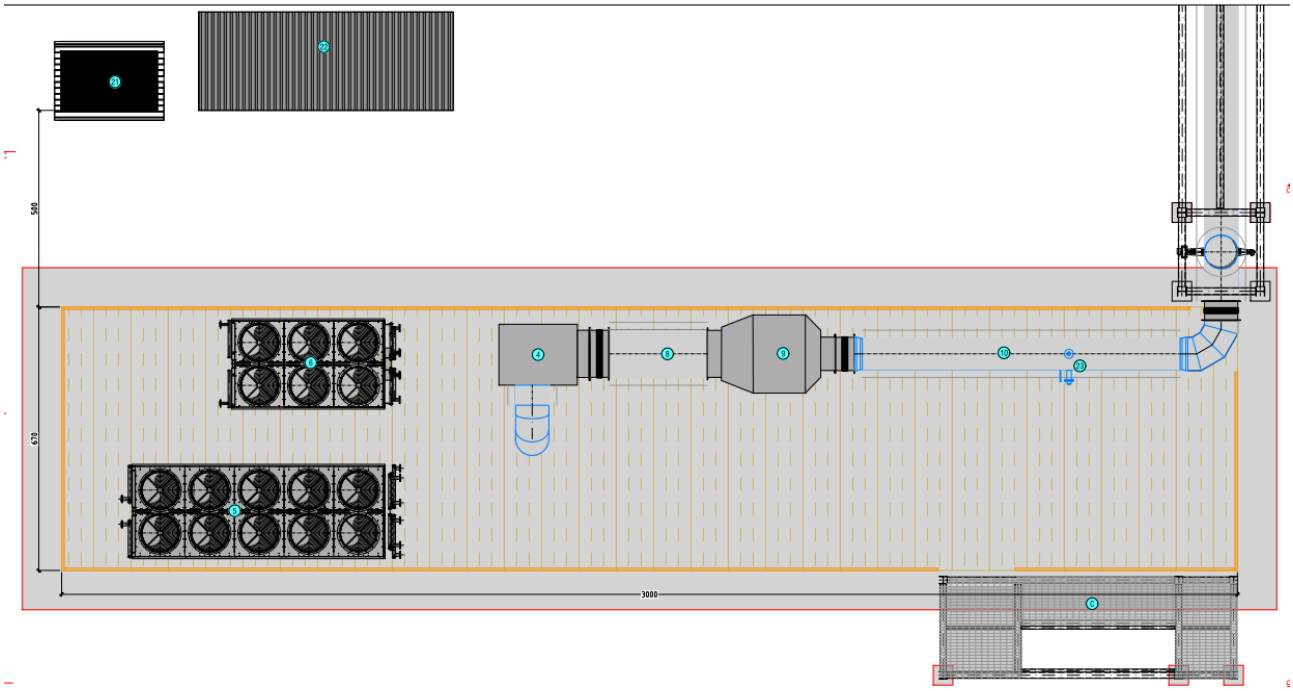
Pianta Piano Terra - Ipotesi distribuzione interna impianti



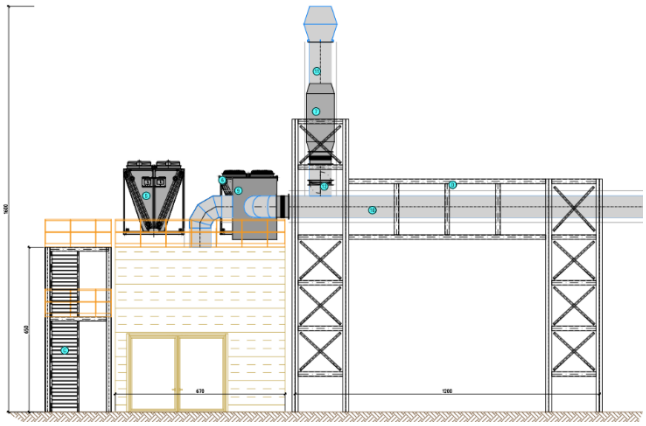
Pianta Piano Terra – Ingrandimento zona cogeneratore



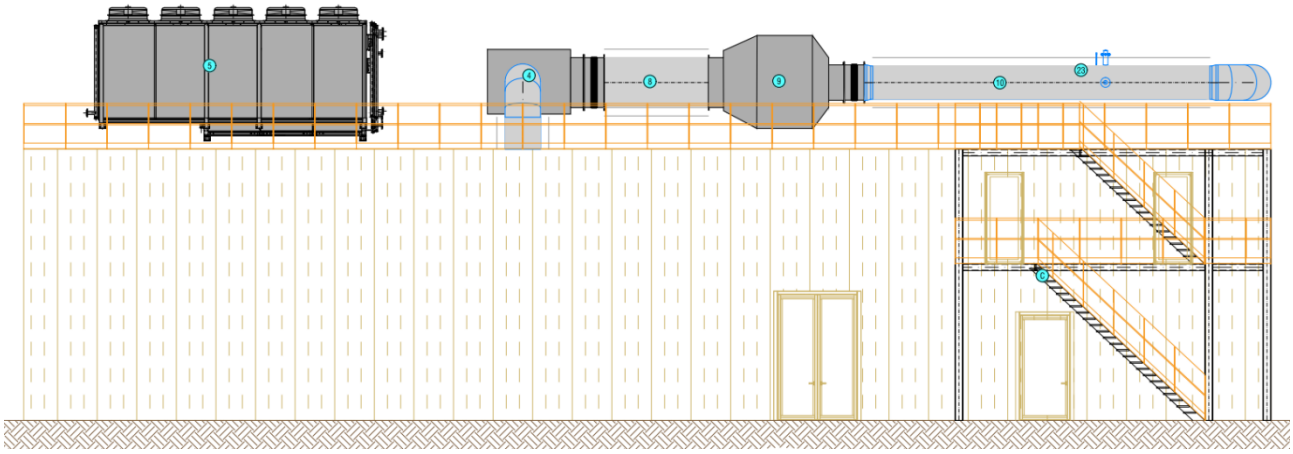
Pianta Piano Terra – Ingrandimento zona armadi e trasformatori



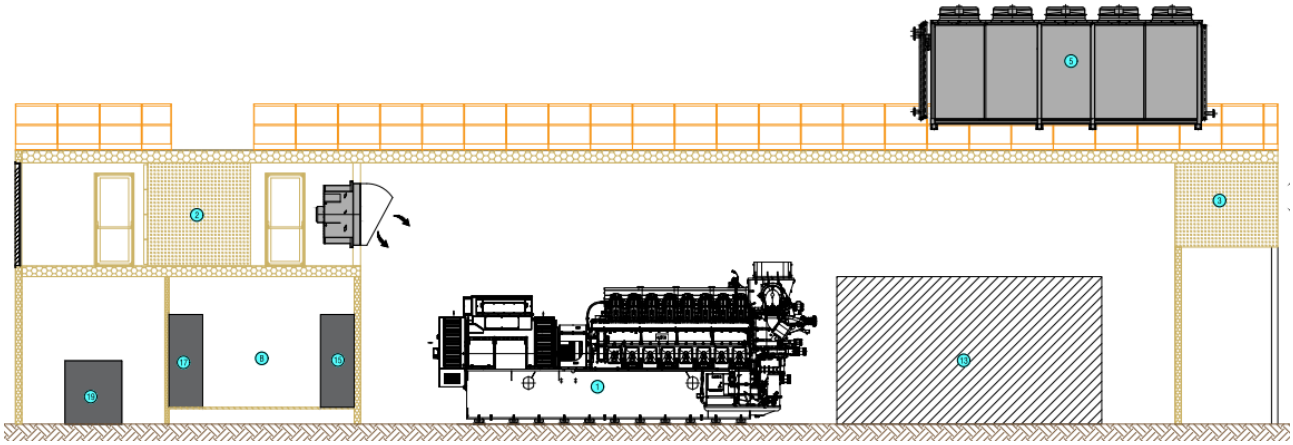
Pianta Piano Copertura - Ipotesi distribuzione impianti



Prospetto lato corto



Prospetto lato lungo



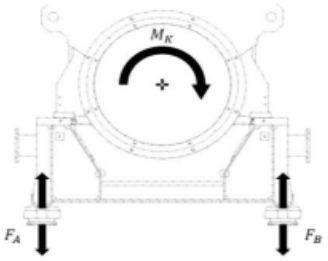
Sezione tipologica

LEGENDA AREA DI INTERVENTO			
ID	DESCRIZIONE	Peso (kg)	Emissioni sonore a 10 m
A	LOCALE COGENERATORE E AUSILIARI MECCANICI	-	65 dB(A)
1	COGENERATORE	58.500	
2	SILENZIATORE E FILTRI ENTRATA ARIA COMBURENTE E VENTILAZIONE	TBD	65 dB(A)
3	SILENZIATORE USCITA ARIA DI VENTILAZIONE CABINATO MOTORE	TBD	65 dB(A)
4	SILENZIATORE REATTIVO	1.500	
5	AIR COOLER HT	2.250	65 dB(A)
6	AIR COOLER LT	2.100	65 dB(A)
7	SILENZIATORE ASSORBITIVO	3.000	
8	MIXER SISTEMA SCR	1.500	
9	REATTORE SISTEMA SCR	3.500	
10	CONDOTTO FUMI	4.500	
11	CAMINO ESPULSIONE	1.700	65 dB(A)
12	SERRANDA DI BYPASS FUMI	400	
13	SKID AUSILIARI MECCANICI	TBD	
B	LOCALE QUADRI ELETTRICI BT	-	
14	QUADRO QBT		
15	QUADRO TPEM		
16	QUADRO QMT-COGE		
17	QUADRO QTM-UTF		
18	TRASFORMATORE MT/BT		
19	TRASFORMATORE AUSILIARI		
20	VENTILAZIONE LOCALI TRAFO	TBD	65 dB(A)
21	SERBATOIO OLIO FRESCO	4.000	
22	BOX SERBATOIO UREA		
23	PRESE DI CAMPIONAMENTO EMISSIONI INQUINANTI	-	
24	RAMPA GAS COGENERATORE	-	
C	SCALA ACCESSO COPERTURA	7.000	
D	PIPE-RACK	8.000	

Foundationload due to genset-load			
Total genset mass:	m_{ges}	[kg]	53300
Static foundation load:	F_{stat}	[kN]	522,7
Degree of insulation of elastic mounting:	η	[%]	91,0
Natural frequency of the elastic mounting:	f	[Hz]	5

Foundation load in the event of a 2-phase alternator short circuit			
This load will be exerted reciprocally irrespective of the direction of rotation			
Maximum dynamic mounting-load at alternator short circuit (A-Side)	F_{dyn_A}	[kN]	-7
Maximum dynamic mounting-load at alternator short circuit (B-Side)	F_{dyn_B}	[kN]	7

Foundation load (static + dynamic)			
A-Side Total load of genset	F_A	[kN]	254
B-Side Total load of genset	F_B	[kN]	269



A favore di sicurezza si è assunto un carico di 1500kg anche per i trasformatori n. 18 e 19.

Carichi variabili (neve)	1.20 kN/mq
Carichi variabili (vento)	0.64 kN/mq

1.4. Combinazione delle azioni

Le combinazioni di carico vengono svolte come da normativa in riferimento alla sola combinazione sismica allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita; si riportano di seguito le combinazioni delle azioni utilizzate.

1.4.1. Combinazione sismica agli Stati Limite Ultimi (SLV)

$$E + G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_1 + ...$$

per il caso oggetto della trattazione

$\psi_{21} = 0.0$ per carichi di copertura.

1.4.2. Combinazione fondamentale agli Stati Limite Ultimi

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_1 + ...$$

per il caso oggetto della trattazione

$\gamma_{G1} = 1.3$

$\gamma_{G2} = 1.3$

$\gamma_{Q1} = 1.5$

1.4.3. Combinazione GEO

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_1 + ...$$

per il caso oggetto della trattazione

$\gamma_{G1} = 1.3$

$\gamma_{G2} = 1.3$

$\gamma_{Q1} = 1.5$

1.4.4. Combinazione caratteristica (rara) agli Stati Limite di Esercizio

$G_1 + G_2 + Q_1 + ...$

1.4.5. Combinazione frequente agli Stati Limite di Esercizio

$G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_1 + ...$

per il caso oggetto della trattazione

$\psi_{11} = 0.5$ per carichi di copertura.

1.4.6. Combinazione quasi permanente agli Stati Limite di Esercizio

$G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_1 + ...$

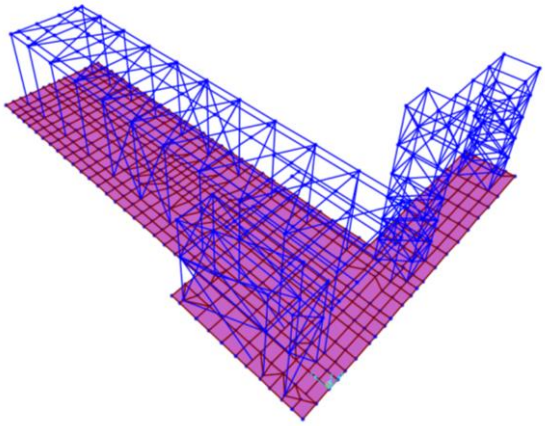
per il caso oggetto della trattazione

$\psi_{21} = 0.0$ per carichi di copertura.

1.5. Illustrazione dei criteri di modellazione

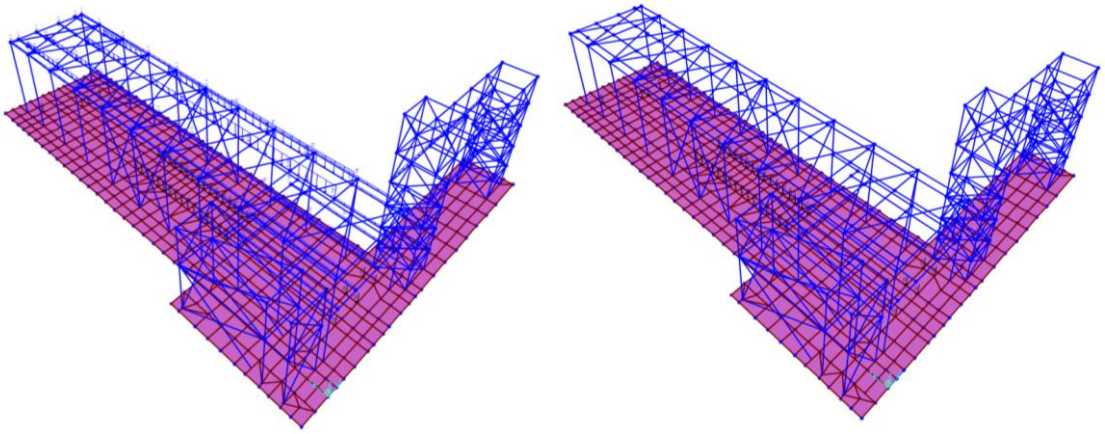
Ai fini della valutazione della risposta strutturale in condizioni statiche e dinamiche è stato implementato un modello FEM mediante il software agli elementi finiti SAP2000.

Il modello è costituito dalla struttura in elevazione e della platea, con quest'ultima costituita da elementi shell posizionati su molle simulanti il terreno, queste ultime reagenti solo a compressione e con rigidezza pari alla costante di sottofondo (ks=1.50 daN/cm^3).

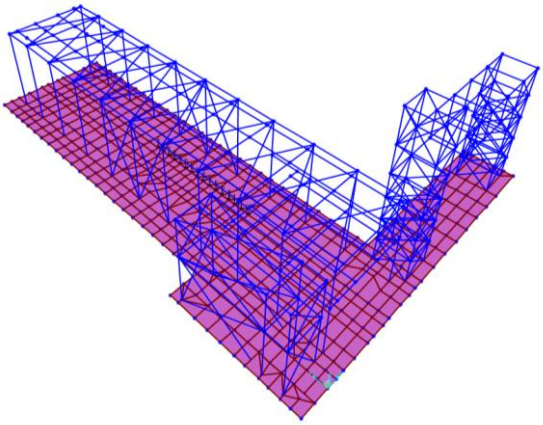


Modello di calcolo con platea su terreno alla Winkler

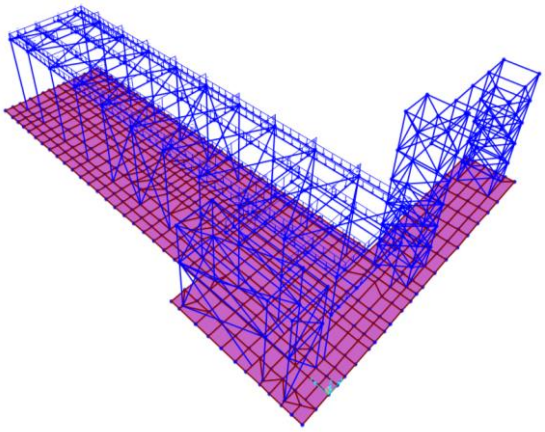
Su tale modello sono stati introdotti i carichi di progetto, secondo le immagini seguenti.



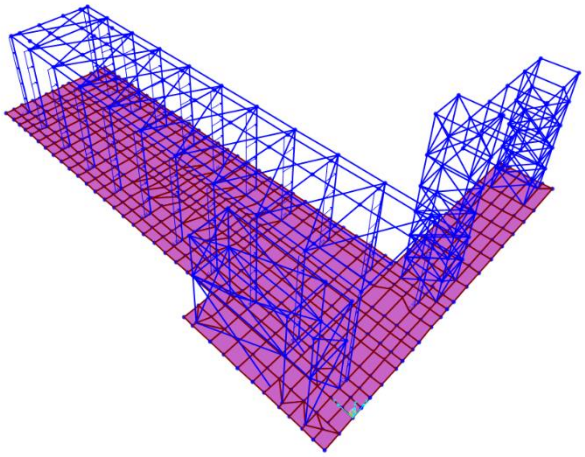
Applicazione carichi G2



Applicazione carichi Q



Applicazione carichi Q-neve



Applicazione carichi Q-vento

1.6. Caratterizzazione geotecnica

Al fine di caratterizzare l'area dal punto di vista geologico, è stato incaricato il Dott. Geol. Marco Santi Bortolotti (Ordine Geologi Emilia Romagna n. 815) di eseguire prove penetrometriche e di caratterizzazione sismica; si riportano di seguito le considerazioni conclusive delle relazione geologica da lui redatta.

Il modello geotecnico è finalizzato a fornire tutti i dati geotecnici necessari per il progetto.

Stratigrafia	Strati prof. in m	Parametri geotecnici nominali medi	Parametri geotecnici caratteristici (platea)
	0.0 – 0.6 m Asfalto sottofondo grossolano	-	-
	0.6 – 1.6 m Terreni di riporto eterogenei molto addensati	γ = 2.0 t/m³ ϕ = 31° C' = - kPa Cu = - kPa Ed = 10.000 kPa Ks = 5 kg/cm³	γ = 2.0 t/m³ ϕ = 28.7° C' = - kPa Cu = - kPa Ed = 9300 kPa Ks = 5 kg/cm³
	1.6 – 3.6 Limi argillosi mediamente addensati ***Falda assente***	γ = 1.8 t/m³ ϕ = 23° C' = 7 kPa Cu = 65 kPa Ed = 2500 kPa Ks = 1.5 kg/cm³	γ_k 1.8 t/m³ ϕ_k 21.8° C'_k 6 kPa Cu_k 55.4 kPa Ed_k 2400 kPa Ks = 1.5 kg/cm³
	3.6 – 5.8/6.4 Limi argillosi addensati	γ = 1.9 t/m³ ϕ = 26° C' = 12 kPa Cu = 120 kPa Ed = 6500 kPa Ks = 3 kg/cm³	γ_k 1.9 t/m³ ϕ_k 24.7° C'_k 10.3 kPa Cu_k 103 kPa Ed_k 6200 kPa Ks = 3 kg/cm³
	>5.8/6.4 m Livello di GHIAIE addensate	γ = 2.0 t/m³ ϕ = 39° Mo = 30.000 kPa Ks = 8 kg/cm³	γ_k 2.0 t/m³ ϕ_k 36° Mo_k 28.000 kPa Ks = 8 kg/cm³

Legenda: γ peso di volume; ϕ angolo d'attrito; C' coesione efficace; Cu coesione non drenata; Ed modulo edometrico; Mo modulo confinato; Ks coeff. di Winkler

Dal punto di vista della **caratterizzazione sismica** il terreno in oggetto è riconducibile ad una **categoria C**.

Per l'area in esame, **si escludono effetti locali indotti da instabilità, liquefazione e da cedimenti**.

1.7. Verifiche Geotecniche

In considerazione delle ottime caratteristiche di resistenza dello strato posto tra quota -0.60m e -1.60m, a favore di sicurezza si eseguiranno le verifiche anche con i valori dello strato posto al di sotto di quota -1.60m.

1.7.1. Calcolo delle portanza del terreno

1.7.1.1. Strato fino a quota -1.60 – condizioni drenate

In considerazione del modello geotecnico riportato al paragrafo precedente si calcola nel seguito la portanza del terreno.

Approccio	2		A1	M1	R3			γ_M
Combinazione	1						$\tan \phi'_k$	1
					γ_R		c'_k	1
			Portanza		2.3		c_{uk}	1
Condizioni	Drenate		Scorrimento		1.1		γ	1

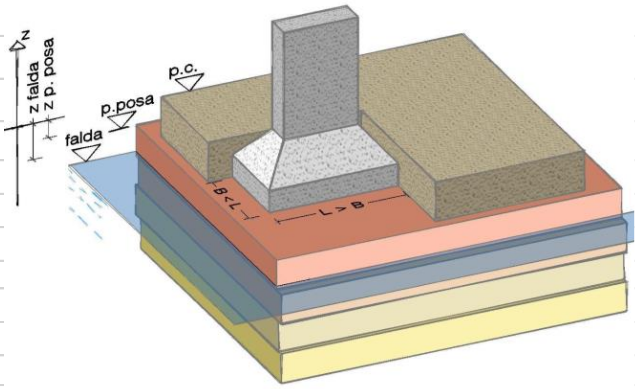
c_{uk} kPa	c'_k kPa	ϕ'_k °	γ_k kN/m³	$\gamma_{k\ sat}$ kN/m³	c_{ud} kPa	c'_d kPa	ϕ'_d °	γ_d kN/m³	$\gamma_{sat\ d}$ kN/m³
0	0	28.7	20	20	0.00	0.00	28.70	20.00	20.00

PIANO DI POSA E FALDA

Profondità piano di posa	$z_{p.posa}$	-0.7	m
Profondità falda	z_{falda}	-15	m
Larghezza fondazione	B	8.7	m

PORTANZA modificata secondo Meyerhof e Brinch - Hansen

	Considerare				
	si	si	si	si	si
	s	i	b	g	d
q	1.248	1	1	1	1
c	1.496	1	1	1	1
γ	1.248	1	1	1	
	Forma fondazione (Mayerhof)	Inclinazione carico (Hansen-Vesic)	Inclinazione piano di posa	Inclinazione piano campagna	Profondità piano posa (Brinch-Hansen-Vesic)



Contributi				
Sovraccarico	q	0.28	MPa	12.15%
Coesione	c	0.000	MPa	0.00%
Attrito	γ	2.01	MPa	87.85%

Portanza	2.287	MPa
	2287.00	kPa
Portanza / γ_R	0.994	MPa
	994.35	kPa

1.7.1.2. Strato sotto quota -1.60m – condizioni non drenate

Approccio	2		A1	M1	R3				γ_M
Combinazione	1							tan ϕ'_k	1
					γ_R			c'_k	1
				Portanza	2.3			c_{uk}	1
Condizioni	Non drenate			Scorrimento	1.1			γ	1

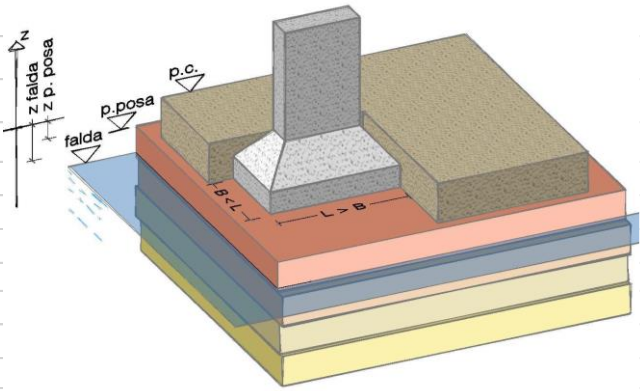
c_{uk} kPa	c'_k kPa	ϕ'_k °	γ_k kN/m³	$\gamma_{k\ sat}$ kN/m³	c_{ud} kPa	c'_d kPa	ϕ'_d °	γ_d kN/m³	$\gamma_{sat\ d}$ kN/m³
55.4	6	21.8	18	18	55.40	6.00	0.00	18.00	18.00

PIANO DI POSA E FALDA

Profondità piano di posa	$z_{p.posa}$	-0.7	m
Profondità falda	z_{falda}	-15	m
Larghezza fondazione	B	8.7	m

PORTANZA modificata secondo Meyerhof e Brinch - Hansen

	Considerare				
	si	si	si	si	si
	s	i	b	g	d
q	1	1	1	1	1
c	1.174	1	1	1	1.032184
γ	1	1	1	1	
	Forma fondazione (Mayerhof)	Inclinazione carico (Hansen-Vesic)	Inclinazione piano di posa	Inclinazione piano campagna	Profondità piano posa (Brinch-Hansen-Vesic)

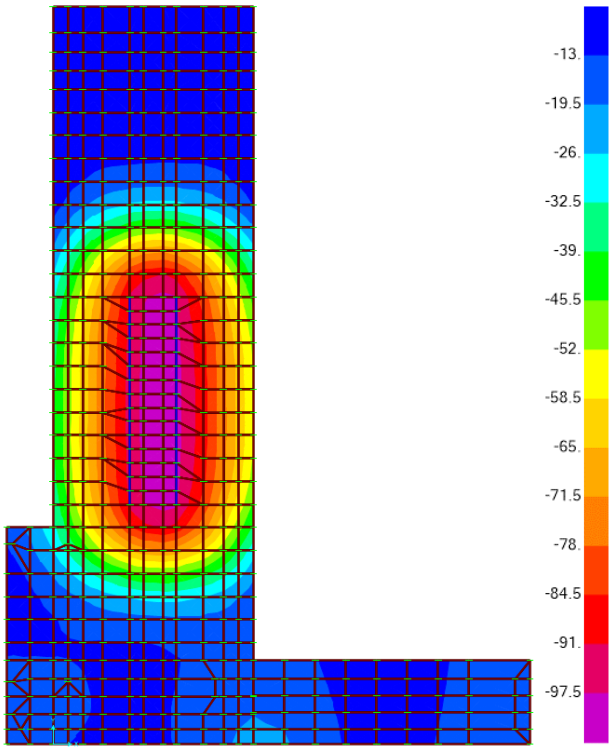


Contributi				
Sovraccarico	q	0.01	MPa	3.52%
Coesione	c	0.345	MPa	96.48%
Attrito	γ	0.00	MPa	0.00%

Portanza	0.358	MPa
	357.66	kPa
Portanza / γ_R	0.156	MPa
	155.51	kPa

1.7.2. Verifica di portanza (GEO)

Dal modello di calcolo implementato si ricavano le seguenti pressioni di contatto nella combinazione GEO.



Pressioni sul terreno combinazione statica GEO, espresse in kPa (kN/m^2)

Come evidente la pressione di contatto massima risulta pari a:

$$\sigma_{max} = 97.5\ kPa < q_{lim} = 155.51\ kPa$$

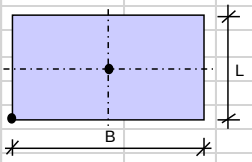
La verifica si ritiene, quindi, soddisfatta.

1.7.3. Stima dei cedimenti (SLE)

A favore di sicurezza si esegue la verifica dei cedimenti considerando solo la porzione di platea posta al di sotto del cogeneratore.

Si riportano di seguito le calcolazioni per la determinazione dei cedimenti in combinazione SLE, ricavati mediante la teoria di Poulos e Davis (1974).

N = Risultante carico verticale in Combinaz. SLE = kN	**689.4**
N_s = N.o strati del terreno =	**4**
B = larghezza fondazione = m	**8.70**
L = lunghezza fondazione = m	**10.00**
q = pressione risultante= N / (B L) = kN/mq	7.9
Zona/Punto in cui si calcola il cedimento :	**Centro**



Parametri in base alla zona/punto in cui si calcola il cedimento:

B' = m	4.35
L' = m	5.00
K_z =	4.00
K_x =	-
K_y =	-

								Parametri Strati terreno per calcolo:				Totali
								Cedim. Totali		**Cedim. Immediati**		$w_T = \Sigma w_{T,j}$
Strato j	**Tipo terreno**	s_j (m)	z_j (m)	z_{j+1} (m)	Δ_{zi} (m)	Δ_{zi} (ausiliaria)	$N_{ss} = s_j/\Delta_{zi}$	**E** (kN/mq)	**ν**	**E** (kN/mq)	**ν**	$w_{T,j}$
1		**1.00**	-	1.00	**0.50**	0.50	2.0	**10 000**	**-**	**-**	**-**	0.08
2		**2.00**	1.00	3.00	**0.50**	0.50	4.0	**2 500**	**-**	**-**	**-**	0.60
3		**2.80**	3.00	5.80	**0.50**	0.50	5.6	**6 500**	**-**	**-**	**-**	0.23
4		**10.00**	5.80	15.80	**0.50**	0.50	20.0	**30 000**	**-**	**-**	**-**	0.08
-		**-**	-	-	**-**	1.00	-	**-**	**-**	**-**	**-**	-
-		**-**	-	-	**-**	1.00	-	**-**	**-**	**-**	**-**	-
-		**-**	-	-	**-**	1.00	-	**-**	**-**	**-**	**-**	-
			z_{max} = m	15.80		ΣN_{ss}=	31.6				Σw_j =	**0.99**

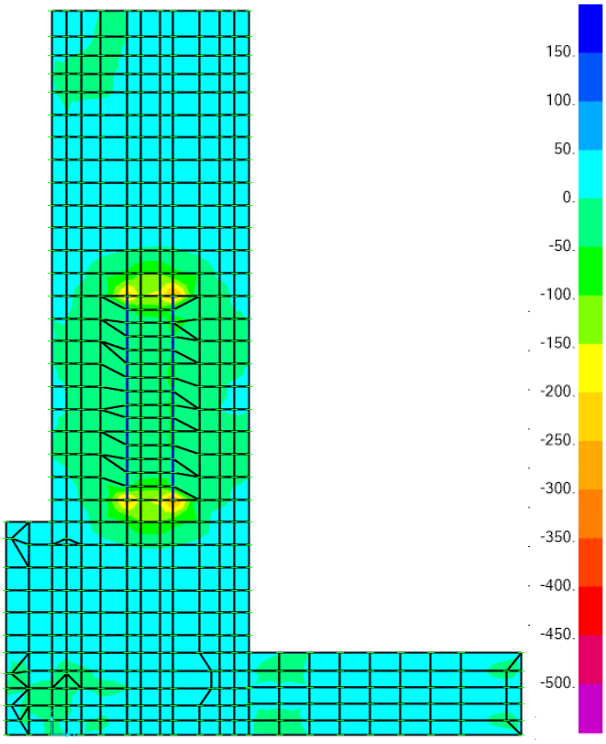
														Str. 1	Str. 1,2	Str. 1,3	Str. 1,4
Strato	**z** (m)	Δ_{zi} (m)	$z_i = z - \Delta_{zi}/2$	R_1	R_2	R_3	$\Delta\sigma_{zi}$ (kN/mq)	$\Delta\sigma_{xi}$ (kN/mq)	$\Delta\sigma_{yi}$ (kN/mq)	E_i (kN/mq)	ν_i	w_i (cm)	Σw_i (cm)	Σw_i (cm)	Σw_i (cm)	Σw_i (cm)	Σw_i (cm)
1	0.50	0.50	0.25	5.01	4.36	6.63	7.92	-	-	10 000	-	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
1	1.00	0.50	0.75	5.06	4.41	6.67	7.90	-	-	10 000	-	0.04	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
2	1.50	0.50	1.25	5.15	4.53	6.74	7.82	-	-	2 500	-	0.16	0.24	-	0.24	0.24	0.24
2	2.00	0.50	1.75	5.30	4.69	6.85	7.65	-	-	2 500	-	0.15	0.39	-	0.39	0.39	0.39
2	2.50	0.50	2.25	5.48	4.90	7.00	7.41	-	-	2 500	-	0.15	0.54	-	0.54	0.54	0.54
2	3.00	0.50	2.75	5.71	5.15	7.18	7.09	-	-	2 500	-	0.14	0.68	-	0.68	0.68	0.68
3	3.50	0.50	3.25	5.96	5.43	7.38	6.71	-	-	6 500	-	0.05	0.73	-	-	0.73	0.73
3	4.00	0.50	3.75	6.25	5.74	7.61	6.31	-	-	6 500	-	0.05	0.78	-	-	0.78	0.78
3	4.50	0.50	4.25	6.56	6.08	7.87	5.88	-	-	6 500	-	0.05	0.82	-	-	0.82	0.82
3	5.00	0.50	4.75	6.90	6.44	8.15	5.47	-	-	6 500	-	0.04	0.87	-	-	0.87	0.87
3	5.50	0.50	5.25	7.25	6.82	8.45	5.06	-	-	6 500	-	0.04	0.90	-	-	0.90	0.90
4	6.00	0.50	5.75	7.62	7.21	8.77	4.67	-	-	30 000	-	0.01	0.91	-	-	-	0.91
4	6.50	0.50	6.25	8.00	7.61	9.11	4.31	-	-	30 000	-	0.01	0.92	-	-	-	0.92
4	7.00	0.50	6.75	8.40	8.03	9.46	3.98	-	-	30 000	-	0.01	0.93	-	-	-	0.93
4	7.50	0.50	7.25	8.81	8.45	9.82	3.67	-	-	30 000	-	0.01	0.93	-	-	-	0.93
4	8.00	0.50	7.75	9.22	8.89	10.20	3.39	-	-	30 000	-	0.01	0.94	-	-	-	0.94
4	8.50	0.50	8.25	9.65	9.33	10.58	3.13	-	-	30 000	-	0.01	0.94	-	-	-	0.94
4	9.00	0.50	8.75	10.08	9.77	10.98	2.90	-	-	30 000	-	0.00	0.95	-	-	-	0.95
4	9.50	0.50	9.25	10.51	10.22	11.38	2.69	-	-	30 000	-	0.00	0.95	-	-	-	0.95
4	10.00	0.50	9.75	10.96	10.68	11.79	2.50	-	-	30 000	-	0.00	0.96	-	-	-	0.96
4	10.50	0.50	10.25	11.40	11.13	12.21	2.32	-	-	30 000	-	0.00	0.96	-	-	-	0.96
4	11.00	0.50	10.75	11.86	11.60	12.63	2.16	-	-	30 000	-	0.00	0.96	-	-	-	0.96
4	11.50	0.50	11.25	12.31	12.06	13.06	2.02	-	-	30 000	-	0.00	0.97	-	-	-	0.97
4	12.00	0.50	11.75	12.77	12.53	13.49	1.88	-	-	30 000	-	0.00	0.97	-	-	-	0.97
4	12.50	0.50	12.25	13.23	13.00	13.93	1.76	-	-	30 000	-	0.00	0.97	-	-	-	0.97
4	13.00	0.50	12.75	13.70	13.47	14.37	1.65	-	-	30 000	-	0.00	0.98	-	-	-	0.98
4	13.50	0.50	13.25	14.16	13.95	14.82	1.55	-	-	30 000	-	0.00	0.98	-	-	-	0.98
4	14.00	0.50	13.75	14.63	14.42	15.26	1.46	-	-	30 000	-	0.00	0.98	-	-	-	0.98
4	14.50	0.50	14.25	15.10	14.90	15.72	1.37	-	-	30 000	-	0.00	0.98	-	-	-	0.98
4	15.00	0.50	14.75	15.57	15.38	16.17	1.29	-	-	30 000	-	0.00	0.99	-	-	-	0.99
4	15.50	0.50	15.25	16.05	15.86	16.63	1.22	-	-	30 000	-	0.00	0.99	-	-	-	0.99

Il cedimento massimo complessivo sui vari strati risulta di un ordine di grandezza accettabile per l'opera che si va a realizzare.

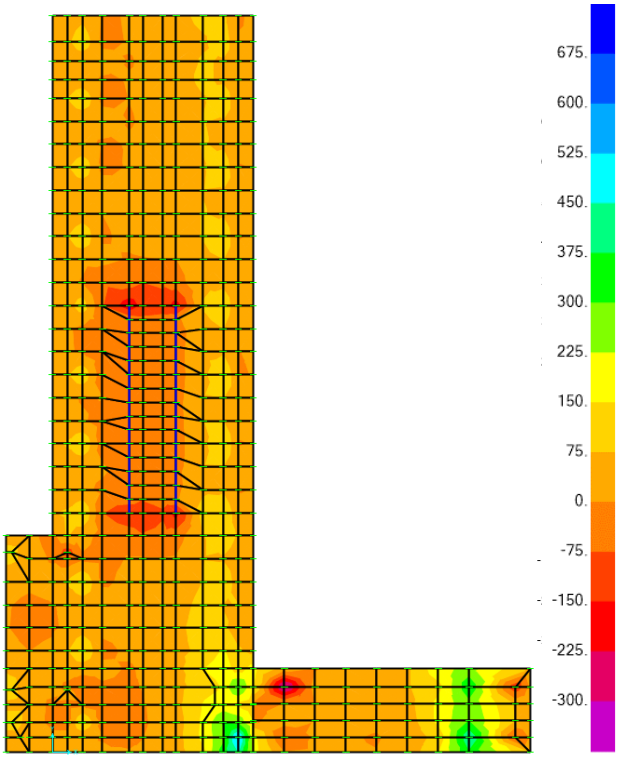
Si specifica che il calcolo è stato condotto ipotizzando un terreno omogeneo, all'atto esecutivo dovranno essere eseguite operazioni di costipamento/rullatura al fine di garantire condizioni di omogeneità.

1.8. Dimensionamento platea di fondazione

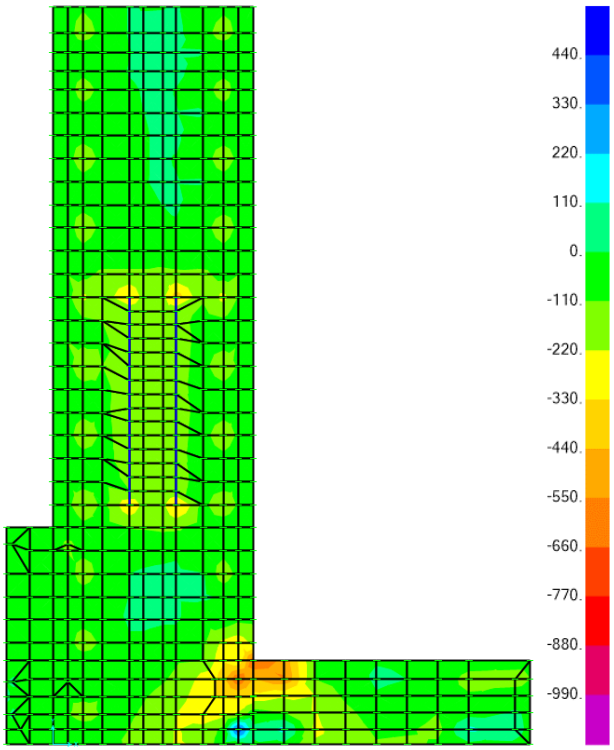
Si riportano di seguito le sollecitazioni SLU, SLV e di inviluppo ricavate dal modello di calcolo e funzionali al dimensionamento delle armature della platea.



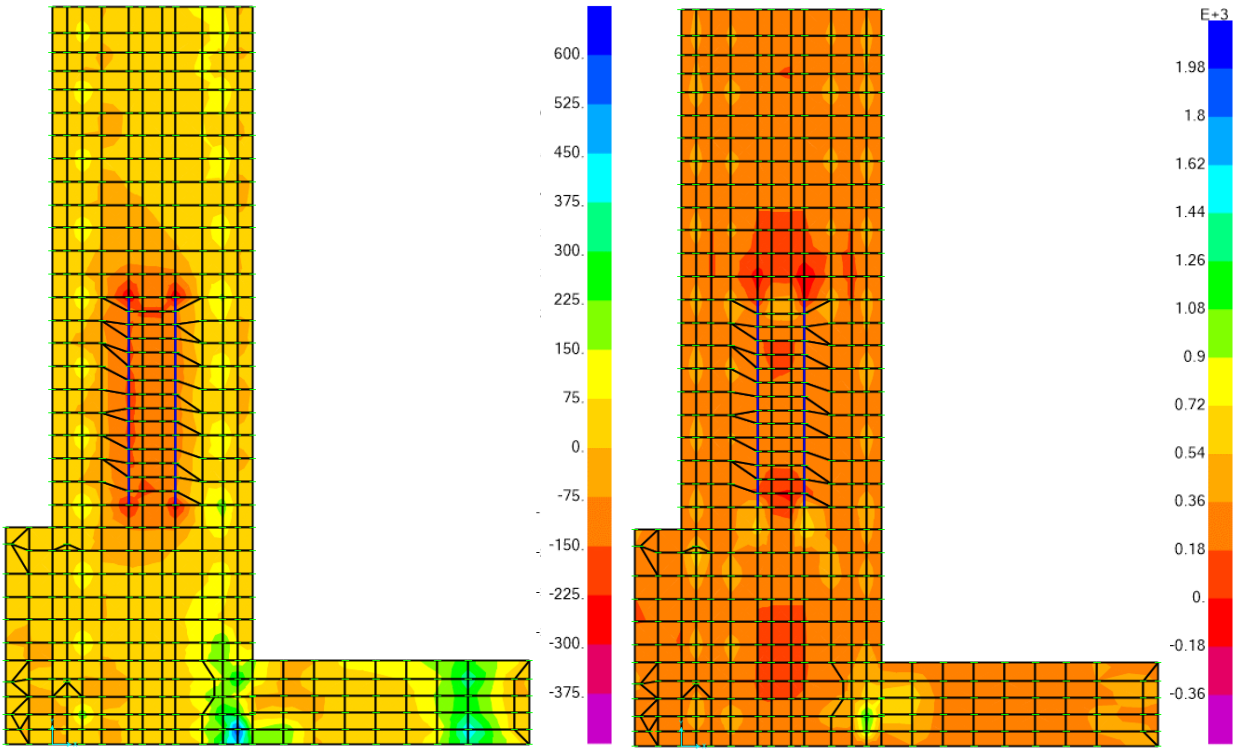
Sollecitazioni M_{max} combinazione statica SLU, espresse in kNm - M_{max}=-319 kNm



Sollecitazioni M_{max} combinazione sismica SLV dir. X+0.3Y, espresse in kNm - M_{max}=289 kNm



Sollecitazioni M_{max} combinazione sismica SLV dir. Y+0.3X, espresse in kNm - M_{max}=-443 kNm



Inviluppo delle sollecitazioni - M_{max}=-424 kNm; V_{max}=694 kN

1.8.1. Verifiche platea agli SLU

Si assuma un'armatura base composta da Ø16/20" incrociati, posti superiormente ed inferiormente, con aggiuta locale di Ø26/20" nella zona del pipe rack e Ø26/10" nelle zone di giunzione tra fabbricato principale, scale e pipe-rack; si riportano di seguito le verifiche relative ad una fascia di larghezza 1.00m.

1.8.1.1. Verifica a flessione zona centrale pipe rack

SEZIONE TRASVERSALE			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	400	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	4	[mm]
Altezza utile della sezione	d	396	[mm]
ARMATURA TESA			
Diametro dei ferri correnti	ϕ_1	16	[mm]
Numero dei ferri correnti	n_1	4	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	ϕ_2	26	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n_2	5	[-]
Area dell'armatura tesa	A_s	3459	[mm^2]
ARMATURA COMPRESSA			
Diametro dei ferri correnti	ϕ'_1	16	[mm]
Numero dei ferri correnti	n'_1	4	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	ϕ'_2	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n'_2	0	[-]
Area dell'armatura compressa	A'_s	804	[mm^2]

DETERMINAZIONE DEL MOMENTO RESISTENTE			
Determinazione della percentuale meccanica di armatura tesa	ω_s	0.2413	[-]
Rapporto tra copriferro e altezza utile	δ	0.0101	[-]
Rapporto tra armatura compressa e armatura tesa	ρ	0.2325	[-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 2a	ξ_{2a}	0.1667	[-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 2b	ξ_{2b}	0.2593	[-]
Coefficiente di riempimento per il Campo 2a	β_{2a}	0.6667	[-]
Coefficiente di riempimento per il Campo 2b	β_{2b}	0.8095	[-]
Coefficiente α'_s per il Campo 2a	$\alpha'_{s(a)}$	0.9891	[-]
Coefficiente α'_s per il Campo 2b	$\alpha'_{s(b)}$	1.0000	[-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 2a	ω_{2a}	0.1443	[-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 2b	ω_{2b}	0.2735	[-]
CAMPO 2b			
Posizione adimensionale dell'asse neutro	ξ	0.2361	[-]
Posizione dell'asse neutro	x	93.49	[mm]
Deformazione massima nel calcestruzzo	$\varepsilon_{c,max}$	0.003091	[-]
Deformazione massima dell'acciaio	$\varepsilon_{s,max}$	0.010000	[-]
Coefficiente di riempimento	β	0.7843	[-]
Coefficiente di baricentro	κ	0.4070	[-]
Coefficiente $\alpha'_s = \sigma'_s/f_{yd}$	α'_s	1.0000	[-]
Tensione nell'armatura compressa	σ'_s	391.30	[MPa]
Deformazione dell'armatura compressa	ε'_s	0.001900	[-]
Momento resistente della sezione	M_{Rd}	**495.2**	**[kNm]**
Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto	M_{Ed}	**430.0**	**[kNm]**

La verifica è quindi soddisfatta.

1.8.1.2. Verifica a flessione zona collegamento parte centrale con pipe rack

DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA			
SEZIONE TRASVERSALE			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	400	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	4	[mm]
Altezza utile della sezione	d	396	[mm]
ARMATURA TESA			
Diametro dei ferri correnti	ϕ_1	16	[mm]
Numero dei ferri correnti	n_1	5	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	ϕ_2	26	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n_2	9	[-]
Area dell'armatura tesa	A_s	5784	[mm^2]
ARMATURA COMPRESSA			
Diametro dei ferri correnti	ϕ'_1	16	[mm]
Numero dei ferri correnti	n'_1	4	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	ϕ'_2	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n'_2	0	[-]
Area dell'armatura compressa	A'_s	804	[mm^2]

DETERMINAZIONE DEL MOMENTO RESISTENTE			
Determinazione della percentuale meccanica di armatura tesa	ω_s	0.4034	[-]
Rapporto tra copriferro e altezza utile	δ	0.0101	[-]
Rapporto tra armatura compressa e armatura tesa	ρ	0.1391	[-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 2a	ξ_{2a}	0.1667	[-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 2b	ξ_{2b}	0.2593	[-]
Coefficiente di riempimento per il Campo 2a	β_{2a}	0.6667	[-]
Coefficiente di riempimento per il Campo 2b	β_{2b}	0.8095	[-]
Coefficiente α'_s per il Campo 2a	$\alpha'_{s(a)}$	0.9891	[-]
Coefficiente α'_s per il Campo 2b	$\alpha'_{s(b)}$	1.0000	[-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 2a	ω_{2a}	0.1288	[-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 2b	ω_{2b}	0.2438	[-]
CAMPO 3			
Posizione adimensionale dell'asse neutro	ξ	0.4342	[-]
Posizione dell'asse neutro	x	171.92	[mm]
Deformazione massima nel calcestruzzo	$\varepsilon_{c,max}$	0.003500	[-]
Deformazione massima dell'acciaio	$\varepsilon_{s,max}$	0.004562	[-]
Coefficiente di riempimento	β	0.8000	[-]
Coefficiente di baricentro	κ	0.4000	[-]
Coefficiente $\alpha'_s = \sigma'_s/f_{yd}$	α'_s	1.0000	[-]
Tensione nell'armatura compressa	σ'_s	391.30	[MPa]
Deformazione dell'armatura compressa	ε'_s	0.003419	[-]
Momento resistente della sezione	M_{Rd}	**761.0**	**[kNm]**

La verifica è quindi soddisfatta.

1.8.1.3. Verifica zone con armatura base

DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA			
SEZIONE TRASVERSALE			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	400	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	4	[mm]
Altezza utile della sezione	d	396	[mm]
ARMATURA TESA			
Diametro dei ferri correnti	ϕ_1	16	[mm]
Numero dei ferri correnti	n_1	5	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	ϕ_2		[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n_2		[-]
Area dell'armatura tesa	A_s	1005	[mm^2]
ARMATURA COMPRESSA			
Diametro dei ferri correnti	ϕ'_1	16	[mm]
Numero dei ferri correnti	n'_1	5	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	ϕ'_2	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n'_2	0	[-]
Area dell'armatura compressa	A'_s	1005	[mm^2]

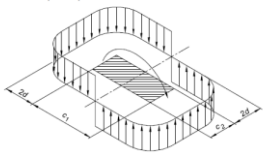
DETERMINAZIONE DEL MOMENTO RESISTENTE			
Determinazione della percentuale meccanica di armatura tesa	ω_s	0.0701	[-]
Rapporto tra copriferro e altezza utile	δ	0.0101	[-]
Rapporto tra armatura compressa e armatura tesa	ρ	1.0000	[-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 2a	ξ_{2a}	0.1667	[-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 2b	ξ_{2b}	0.2593	[-]
Coefficiente di riempimento per il Campo 2a	β_{2a}	0.6667	[-]
Coefficiente di riempimento per il Campo 2b	β_{2b}	0.8095	[-]
Coefficiente α'_s per il Campo 2a	$\alpha'_{s(a)}$	0.9891	[-]
Coefficiente α'_s per il Campo 2b	$\alpha'_{s(b)}$	1.0000	[-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 2a	ω_{2a}	10.1726	[-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 2b	ω_{2b}	10.1726	[-]
CAMPO 2a			
Posizione adimensionale dell'asse neutro	ξ	0.0904	[-]
Posizione dell'asse neutro	x	35.81	[mm]
Deformazione massima nel calcestruzzo	$\varepsilon_{c,max}$	0.000994	[-]
Deformazione massima dell'acciaio	$\varepsilon_{s,max}$	0.010000	[-]
Coefficiente di riempimento	β	0.4148	[-]
Coefficiente di baricentro	κ	0.3499	[-]
Coefficiente $\alpha'_s = \sigma'_s/f_{yd}$	α'_s	0.4650	[-]
Tensione nell'armatura compressa	σ'_s	181.95	[MPa]
Deformazione dell'armatura compressa	ε'_s	0.000883	[-]
Momento resistente della sezione	M_{Rd}	**152.4**	**[kNm]**

1.8.1.4. Verifica a punzonamento

In considerazione dei carichi in gioco, la verifica a punzonamento verrà eseguita nella zona al di sotto del cogeneratore.

1. Caratteristiche dei materiali				
1.1. Conglomerato Cementizio	Resistenza caratteristica a compressione cubica	**Rck =**	**30.00**	**N/mmq**
(punti 11.2.10, 4.1.2.1, 4.1.2.2.5)	Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	fck =	24.90	N/mmq
	Resistenza media a compressione cilindrica	fcm =	32.90	N/mmq
	Resistenza media a trazione semplice	fctm =	2.56	N/mmq
	Resistenza media a trazione per flessione	fctm =	3.07	N/mmq
	Modulo elastico	Ecm =	31 447.16	N/mmq
	Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	αcc =	0.85	
	Coefficiente parziale di sicurezza	γc =	1.50	
	Resistenza di calcolo a compressione	**fcd =**	**14.11**	**N/mmq**
	Resistenza caratteristica a trazione	fctk =	1.79	N/mmq
	Resistenza di calcolo a trazione	fctd =	1.19	N/mmq
	Deformazione al limite elastico (diagr. parabola-rett.)	εc1 =	0.200%	
	Deformazione ultima	εcu =	0.350%	
	Tensione tang. caratteristica aderenza barre (ϕ<32)	fbk =	4.03	N/mmq
	Tensione tang. di calcolo aderenza barre (ϕ<32)	fbd =	2.69	N/mmq
	Tensione massima per cmb. caratteristica (rara)	σc =	14.94	N/mmq
	Tensione massima per cmb. quasi permaennte	σc =	11.21	N/mmq
1.2. Acciaio in barre per armature	Tensione caratteristica di snervamento	**fyk =**	**450.00**	**N/mmq**
(punti 11.3.2.1, 4.1.2.1, 4.1.2.2.5)	Tensione caratteristica di rottura	ftk =	540.00	N/mmq
	Coefficiente parziale di sicurezza	γs =	1.15	
	Resistenza di calcolo	**fyd =**	**391.30**	**N/mmq**
	Modulo elastico	Esm =	206 000.00	N/mmq
	Deformazione al limite elastico (diagr. elasto-plastico)	εyd =	0.190%	
	Deformazione ultima	εud =	2.500%	
	Tensione massima per cmb. caratteristica (rara)	σs =	360.00	N/mmq
$f_{ywd,ef} = 250 + 0{,}25\ d \leq f_{ywd}$	Resistenza di progetto efficace armatura a punzonamento	**$f_{ywd,ef}$ =**	365.00	N/mmq

2. Elementi geometrico-meccanici per la definizione della sezione di verifica				
Perimetri di verifica di base tipici intorno ad aree caricate	Posizione del pilastro bordo/spigolo/interno		interno	
	Sezione elemento tipo pilastro/trave [Rettangolare/Circolare]		Rettangolare	
	Base (per sez. Rettangolare) /Diametro (per sez. Circolare)	a/D = (c2)	270.00	mm
	Altezza (per sez. Rettangolare)	b = (c1)	270.00	mm
	Spessore soletta	h =	500.00	mm
	Copriferro baricento armatura tesa	c =	40.00	mm
	Altezza utile	d =	460.00	mm
	Perimetro di verifica del perimetro del pilastro	u_0 =	1 080.00	mm
	Perimetro di verifica di base **utilizzato**	u_1 =	8 440.00	mm
	Area sezione in calcestruzzo di sviluppo tensioni tangenziali	Ac =	3 882 400.00	mmq
	Ferri lembo teso soletta (direzione x)	Asx =	402.12	mmq/m
	Ferri lembo teso soletta (direzione y)	Asy =	402.12	mmq/m
	Area di calcestruzzo per Forza longitudinale (direzione x)	Acx =	1 055 000.00	mmq
	Area di calcestruzzo per Forza longitudinale (direzione y)	Acy =	1 055 000.00	mmq

3. Sollecitazioni		comb=	FZ Max	
elemento	Fondazione			
Contributo forze longitudinali	no	ey=	0.00	mm
Contibuto terreno	no	ex=	0.00	mm
		e=	0.00	mm
Distribuzione delle tensioni tangenziali dovute ad un momento non equilibrato agente in corrispondenza della connessione piastra - pilastro interno 	$\beta = 1 + 1{,}8\sqrt{\left(\frac{e_x}{b_y}\right)^2 + \left(\frac{e_y}{b_x}\right)^2}$	κ =	1.5	
		W1x=	4 772 121.62	mm^2
		W1y=	4 772 121.62	mm^2
		β =	1.00000	
	$\beta = 1 + k\frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_1}$	β x =	1.00000	
		β y =	1.00000	
	Tensione massima di taglio sul perimetro del pilastro	$v_{ed,0}$=	1.5776	N/mm^2
	$v_{Ed} = \frac{\beta V_{Ed}}{u_0 d}$	$v_{ed,0\,x}$=	1.5776	N/mm^2
		$v_{ed,0\,Y}$=	1.5776	N/mm^2
	Tensione massima di taglio sul perimetro di base	$v_{ed,1}$=	0.2019	N/mm^2
	$v_{Ed} = \beta\frac{V_{Ed}}{u_i d}$	$v_{ed,1X}$ =	0.2019	N/mm^2
		$v_{ed,1Y}$ =	0.2019	N/mm^2
	contributo del terreno per **fondazione**	σt =	**0.0500**	N/mm^2
	area influenza pilastro	A =	4 452 100	mm^2
	peso proprio fondazione	Pp =	55 651	N

4. Verifiche				
	Rapporto geometrico di armatura longitudinale (direzione x)	ρlx =	0.0008	
	Rapporto geometrico di armatura longitudinale (direzione y)	ρly =	0.0008	
	Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρl =	0.0008	< 0,02
	Coefficiente k = 1+(200/d)^0,5	k =	1.6594	< 2
	Coefficiente CRd,c = 0,18/γc	CRd,c =	0.1200	
	Coefficiente νmin = 0,035*k^1,5*fck^0,5	νmin =	0.3733	
	Coefficiente k1	k1 =	0.1000	

FONDAZIONE						
	a (2d consigliato) =	920.00	mm	**2*d =**	920.00	mm
taglio resistente sul perimetro distante (a) dal pilastro	**vrd =**	**0.25**	N/mm^2	NON VERIFICATO		
$v_{Rd} = C_{Rd,c}k(100\rho_l f_{ck})^{1/3} \cdot 2d/a \geq v_{min} \cdot \frac{2d}{a}$	ved/vrd =	0.80		NON ARMARE		
	vedx/vrd =	0.80		NON ARMARE IN X		
	vedy/vrd =	0.80		NON ARMARE IN Y		

La verifica risulta soddisfatta anche con l'armatura base, tuttavia si prevede la posa di armatura integrativa Ø26/10" nelle zone di appoggio.

1.8.2. Verifiche agli SLE

1.8.2.1. Verifica di deformazione

Dal modello di calcolo si ricavano valori di deformazione irrilevanti.

1.8.2.2. Verifica alle tensioni di esercizio

Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica			
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	M_{Ed}	245.0	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	n	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	400	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	4	[mm]
Altezza utile della sezione	d	396	[mm]
Area dell'armatura tesa	As	5784	[mm^2]
Area dell'armatura compressa	A's	804	[mm^2]
Posizione dell'asse neutro	x	181.49	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	J	6364711981	[mm^4]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	15	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	σ_s	360	[MPa]
Tensione nel calcestruzzo	σ_c	**6.99**	**[MPa]**
Tensione nell'armatura tesa	σ_s	**123.86**	**[MPa]**

Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente			
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	M_{Ed}	245.0	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	n	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	j	400	[-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[-]
Copriferro	d'	4	[-]
Altezza utile della sezione	d'	396	[-]
Area dell'armatura tesa	As	5784	[mm^2]
Area dell'armatura compressa	A's	804	[mm^2]
Posizione dell'asse neutro	x	181.49	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	J	6364711981	[mm^4]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	11.25	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	σ_s	360	[MPa]
Tensione nel calcestruzzo	σ_c	**6.99**	**[MPa]**
Tensione nell'armatura tesa	σ_s	**123.86**	**[MPa]**

1.8.2.3. Verifica di fessurazione

Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Quasi Permanente			
Momento sollecitante per la combinazione Quasi Permanente	$M_{Ed,q.p.}$	**245**	**[kNm]**
Durata del carico		lunga	[-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	181.49	[mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ_s	123.86	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	2.6	[MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k_t	0.4	[-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	10	[mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	10000	[mm^2]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.57837	[-]
Rapporto tra E_s/E_{cm}	α_e	6.54	[-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$	0.000560	[-]
		0.000560	[-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	ϕ_{eq}	23.45	[mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k_1	0.8	[-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k_2	0.5	[-]
	k_3	3.4	[-]
	k_4	0.425	[-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	20.49	[mm]
		20.49	[mm]
Ampiezza delle fessure	w_k	**0.0115**	**[mm]**
Ampiezza massima delle fessure	w_{max}	**0.3**	**[mm]**

Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Frequente			
Momento sollecitante per la combinazione Frequente	$M_{Ed,freq.}$	**245**	**[kNm]**
Durata del carico		lunga	[-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	181.49	[mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ_s	123.86	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	2.6	[MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k_t	0.4	[-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	10	[mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	10000	[mm^2]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.57837	[-]
Rapporto tra E_s/E_{cm}	α_e	6.54	[-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$	0.000560	[-]
		0.000560	[-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	ϕ_{eq}	23.45	[mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k_1	0.8	[-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k_2	0.5	[-]
	k_3	3.4	[-]
	k_4	0.425	[-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	20.49	[mm]
		20.49	[mm]
Ampiezza delle fessure	w_k	**0.0115**	**[mm]**
Ampiezza massima delle fessure	w_{max}	**0.4**	**[mm]**

1.9. Dimensionamento delle sovrastrutture

Le sovrastrutture sono state dimensionate per una corretta verifica della platea di fondazione; si rimanda al progetto del tecnico di fiducia del produttore per il progetto esecutivo/costruttivo delle strutture in acciaio.

1.9.1. Corpo principale – pilastri HE300B

```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK     (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  6        X Mid:  7.4       Combo:  SLV_X+0.3Y      Design Type:  Column
 Length:  6.5      Y Mid:  7.4       Shape:  HE300B          Frame Type:  DCH-MRF
 Loc   :  0.       Z Mid:  3.25      Class:  Class 1         Rolled : No

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? Yes
 Consider Torsion? Yes
 Ignore Seismic Code?  Yes           Ignore Special EQ Load?  Yes          D/P Plug Welded?  No

 GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 q0=1.             Omega=1.          GammaRd=1.1
 An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=0.99

 Aeff=0.014        eNy=0.            eNz=0.
 A=0.014           Iyy=2.419E-04     iyy=0.13          Wel,yy=0.002        Weff,yy=0.002
 It=1.430E-06      Izz=8.553E-05     izz=0.077         Wel,zz=5.702E-04    Weff,zz=5.702E-04
 Iw=1.688E-06      Iyz=0.            h=0.3             Wpl,yy=0.002        Av,y=0.011
 E=210000000.      fy=235000.        fu=360000.        Wpl,zz=8.629E-04    Av,z=0.003


 STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
     Location            Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
     0.               -88.751     225.924       -0.55      63.467      -0.039      -0.036

 PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
     D/C Ratio:    0.599 = 0.046 + 0.55 + 0.002   <         0.99          OK
                         = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                             + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

 AXIAL FORCE DESIGN
                           Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                         Force    Capacity    Capacity
     Axial             -88.751    3196.448    3196.448

                        Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                      3196.448    3701.894    8652.303    8652.303          1.

                 Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
     Major (y-y)     b    0.34   11865.072       0.532       0.698        0.87     2780.36
     MajorB(y-y)     b    0.34   15676.654       0.463       0.652         0.9    2878.003
     Minor (z-z)     c    0.49    4195.715       0.894        1.07       0.603    1928.366
     MinorB(z-z)     c    0.49    4830.933       0.834       1.003       0.641     2049.34
     Torsional TF    c    0.49    8652.303       0.623       0.798       0.772    2466.946

 MOMENT DESIGN
                           Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                        Moment      Moment      Moment      Moment
     Major (y-y)        225.924     225.924      19.655       90.37
     Minor (z-z)          -0.55       -0.55      -0.425       -0.45

                         Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                      Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
     Major (y-y)        400.724     400.724     400.724     400.724
     Minor (z-z)        193.131     193.131     193.131
```

```
                Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT         psi         Mcr
     LTB            c    0.49       0.413       0.638          1.         2.7    2463.062

                         kyy         kyz         kzy         kzz
     Factors           0.403       0.513       0.976       0.855

 SHEAR DESIGN
                         Ved         Ted      Vpl.Rd   Reduction      Stress      Status
                       Force     Torsion    Capacity      Factor       Ratio       Check
     Major (z)         63.467       0.036     372.402       0.999       0.171          OK
     Minor (y)          0.039       0.036    1473.067       0.999   2.622E-05          OK

                       Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
     Reduction        372.402          1.       0.271
```

1.9.2. Corpo principale – travi HE300B

```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  29       X Mid:  4.35      Combo:  SLV_X+0.3Y      Design Type:  Beam
 Length:  6.1      Y Mid:  13.4      Shape:  HE300B          Frame Type:  DCH-MRF
 Loc   :  2.1      Z Mid:  6.5       Class:  Class 1         Rolled : No

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? Yes
 Consider Torsion? Yes
 Ignore Seismic Code?  Yes           Ignore Special EQ Load?  Yes          D/P Plug Welded?  No

 GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 q0=1.             Omega=1.          GammaRd=1.1
 An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=0.99

 Aeff=0.014        eNy=0.            eNz=0.
 A=0.014           Iyy=2.419E-04     iyy=0.13          Wel,yy=0.002        Weff,yy=0.002
 It=1.430E-06      Izz=8.553E-05     izz=0.077         Wel,zz=5.702E-04    Weff,zz=5.702E-04
 Iw=1.688E-06      Iyz=0.            h=0.3             Wpl,yy=0.002        Av,y=0.011
 E=210000000.      fy=235000.        fu=360000.        Wpl,zz=8.629E-04    Av,z=0.003


 STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
     Location            Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
     2.1              -10.662     -43.924     -20.066     -68.906       5.357      -0.007

 PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation BS EN 1993-6 Annex A)
     D/C Ratio:     0.596 = 0.497 + 0.095 + 0.004   <         0.99          OK
                        = (My,Ed)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                            + Cmz (Mz,Ed + Mz,T,Ed)/(Mz,Rk/GammaM1)
                            + (Kw * Kzw * Kalpha) * (Mw,Ed/(Mz,Rk/2.0*GammaM1))       (BS EN 1993-6
Annex A)

 AXIAL FORCE DESIGN
                         Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                       Force    Capacity    Capacity
     Axial            -10.662    3196.448    3196.448

                       Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                     3196.448    3701.894    47324.88    47324.88          1.

                Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
     Major (y-y)    b    0.34   13472.166       0.499       0.675       0.885    2827.586
     MajorB(y-y)    b    0.34   13472.166       0.499       0.675       0.885    2827.586
     Minor (z-z)    c    0.49    49104.98       0.261       0.549       0.969    3096.618
```

```
    MinorB(z-z)     c     0.49    49104.98       0.261       0.549       0.969    3096.618
    Torsional TF    c     0.49    47324.88       0.266       0.552       0.966     3088.71

MOMENT DESIGN
                          Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                       Moment      Moment      Moment      Moment
    Major (y-y)       -43.924    -199.157    -141.019     -17.717
    Minor (z-z)       -20.066     -20.066     -64.422     -17.628

                       Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                    Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
    Major (y-y)       400.724     400.724     400.724     400.724
    Minor (z-z)       193.131     193.131     193.131

               Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT         psi         Mcr
    LTB            c    0.49       0.162       0.504          1.       2.207   16108.531

                          kyy         kyz         kzy         kzz
    Factors               0.4       0.546       0.861        0.91

SHEAR DESIGN
                          Ved         Ted      Vpl.Rd   Reduction      Stress      Status
                        Force     Torsion    Capacity      Factor       Ratio       Check
    Major (z)          68.906       0.007     372.402       0.999       0.185          OK
    Minor (y)           5.357       0.007    1473.067       0.999       0.004          OK

                       Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
    Reduction         372.402          1.       0.271

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS
                       VMajor      VMajor
                         Left       Right
    Major (V2)         84.725      49.638
```

1.9.3. Corpo principale – travi secondarie IPE200

```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  72       X Mid:  6.8       Combo:  SLV_Y+0.3X      Design Type:  Beam
 Length:  3.       Y Mid:  11.9      Shape:  IPE200          Frame Type:  DCH-MRF
 Loc   :  1.5      Z Mid:  6.5       Class:  Class 1         Rolled : No

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? Yes
 Consider Torsion? Yes
 Ignore Seismic Code?  Yes           Ignore Special EQ Load?  Yes          D/P Plug Welded?  No

 GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 q0=1.             Omega=1.          GammaRd=1.1
 An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=0.99

 Aeff=0.003        eNy=0.            eNz=0.
 A=0.003           Iyy=1.846E-05     iyy=0.082         Wel,yy=1.846E-04    Weff,yy=1.846E-04
 It=0.             Izz=1.419E-06     izz=0.023         Wel,zz=2.839E-05    Weff,zz=2.839E-05
 Iw=0.             Iyz=0.            h=0.2             Wpl,yy=2.097E-04    Av,y=0.002
 E=210000000.      fy=235000.        fu=360000.        Wpl,zz=4.393E-05    Av,z=0.001


 STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location             Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
    1.5              -76.006       6.795      -0.068          0.      -2.192   1.875E-04

 PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
    D/C Ratio:    0.795 = 0.357 + 0.233 + 0.205   <         0.99          OK
```

```
                        = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                            + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN
                          Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                        Force    Capacity    Capacity
    Axial             -76.006     609.836     609.836

                       Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                      609.836     706.268     956.239     956.239          1.

                Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
    Major (y-y)     b    0.34    4250.224       0.388       0.607       0.931     567.605
    MajorB(y-y)     b    0.34    4250.224       0.388       0.607       0.931     567.605
    Minor (z-z)     c    0.49     326.862         1.4       1.773       0.349     213.046
    MinorB(z-z)     c    0.49     326.862         1.4       1.773       0.349     213.046
    Torsional TF    c    0.49     956.239       0.818       0.986       0.651     396.796

MOMENT DESIGN
                          Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                       Moment      Moment      Moment      Moment
    Major (y-y)        6.795       6.795       6.795       6.795
    Minor (z-z)       -0.068      -3.356      -0.068      -1.343

                       Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                    Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
    Major (y-y)       46.924      46.924      46.924      27.637
    Minor (z-z)        9.833       9.833       9.833

                Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT         psi         Mcr
    LTB             c    0.49       0.946        1.13       0.589       1.154      55.094

                          kyy         kyz         kzy         kzz
    Factors             0.974        0.36       0.949         0.6

SHEAR DESIGN
                          Ved         Ted      Vpl.Rd   Reduction      Stress      Status
                        Force     Torsion    Capacity      Factor       Ratio       Check
    Major (z)              0.   1.875E-04     132.421          1.          0.          OK
    Minor (y)           2.192   1.875E-04     219.668          1.        0.01          OK

                       Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
    Reduction         132.421          1.        0.37

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS
                       VMajor      VMajor
                         Left       Right
    Major (V2)        11.777      11.777
```

1.9.4. Corpo principale – controventi di parete

```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  392      X Mid:  7.4       Combo:  SLV_Y+0.3X      Design Type:  Brace
 Length:  7.159    Y Mid:  17.9      Shape:  UPN200          Frame Type:  DCH-MRF
 Loc   :  3.579    Z Mid:  3.25      Class:  Class 1         Rolled : No

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? Yes
 Consider Torsion? No
 Ignore Seismic Code?  Yes           Ignore Special EQ Load?  Yes          D/P Plug Welded?  No

 GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 q0=1.             Omega=1.          GammaRd=1.1
 An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=0.99
```

```
Aeff=0.003        eNy=0.            eNz=0.
A=0.003           Iyy=1.927E-05     iyy=0.077         Wel,yy=1.927E-04    Weff,yy=1.927E-04
It=0.             Izz=1.706E-06     izz=0.023         Wel,zz=3.220E-05    Weff,zz=3.220E-05
Iw=0.             Iyz=0.            h=0.2             Wpl,yy=2.292E-04    Av,y=0.002
E=210000000.      fy=235000.        fu=360000.        Wpl,zz=5.804E-05    Av,z=0.002


STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location            Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
    3.579           373.469       0.667      -0.211          0.       0.026      -0.005

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation EC3 6.2.1(7))
    D/C Ratio:    0.546 = 0.517 + 0.013 + 0.016   <         0.99          OK
                      = (NEd/NRd) + (My,Ed/My,Rd) + (Mz,Ed/Mz,Rd)       (EC3 6.2.1(7))

AXIAL FORCE DESIGN
                         Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                       Force    Capacity    Capacity
    Axial            373.469     722.793     722.793

                     Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                    722.793     837.086    1042.096     595.298          1.

                Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
    Major (y-y)     c    0.49     779.311       0.987        1.18       0.548      395.81
    MajorB(y-y)     c    0.49     779.311       0.987        1.18       0.548      395.81
    Minor (z-z)     c    0.49      68.997       3.317       6.763       0.079      57.103
    MinorB(z-z)     c    0.49      68.997       3.317       6.763       0.079      57.103
    Torsional TF    c    0.49     595.298       1.129       1.365       0.469     338.984

MOMENT DESIGN
                         Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                      Moment      Moment      Moment      Moment
    Major (y-y)        0.667       0.667       0.667       0.667
    Minor (z-z)       -0.211      -0.304      -0.211      -0.229

                      Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                   Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
    Major (y-y)       51.287      51.287      51.287      17.856
    Minor (z-z)       12.991      12.991      12.991

                Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT         psi         Mcr
    LTB             d    0.76       1.288       1.743       0.348       1.316      32.447

                         kyy         kyz         kzy         kzz
    Factors             0.95       0.453          1.       0.755

SHEAR DESIGN
                         Ved         Ted       Vc,Rd      Stress      Status
                       Force     Torsion    Capacity       Ratio       Check
    Major (z)             0.       0.005     194.406          0.          OK
    Minor (y)           0.026       0.005     222.898          0.          OK

                     Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
    Reduction        194.406          1.       0.239
```

1.9.5. Pipe rack – profili HE200A

```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  217      X Mid:  10.05     Combo:  SLV_Y+0.3X      Design Type:  Column
 Length:  1.725    Y Mid:  2.85      Shape:  HE200A          Frame Type:  DCH-MRF
```

```
Loc    :  0.        Z Mid:  0.863     Class:  Class 2         Rolled : No

Interaction=Method B                 MultiResponse=Envelopes                P-Delta Done? Yes
Consider Torsion? Yes
Ignore Seismic Code?  Yes            Ignore Special EQ Load?  Yes           D/P Plug Welded?  No

GammaM0=1.05       GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
q0=1.              Omega=1.          GammaRd=1.15
An/Ag=1.           RLLF=1.           PLLF=0.75          D/C Lim=0.99

Aeff=0.005         eNy=0.            eNz=0.
A=0.005            Iyy=3.509E-05     iyy=0.083          Wel,yy=3.694E-04    Weff,yy=3.694E-04
It=0.              Izz=1.334E-05     izz=0.051          Wel,zz=1.334E-04    Weff,zz=1.334E-04
Iw=0.              Iyz=0.            h=0.19             Wpl,yy=4.070E-04    Av,y=0.004
E=210000000.       fy=275000.        fu=430000.         Wpl,zz=2.018E-04    Av,z=0.001


STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location              Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
    0.               -851.273      15.904       17.65      11.647      14.693   6.102E-04

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
    D/C Ratio:     0.99 = 0.705 + 0.135 + 0.15   <         0.99          OK
                      = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                          + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN
                         Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                       Force    Capacity    Capacity
    Axial           -851.273    1337.024    1337.024

                      Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                    1337.024    1580.508    9160.208    9160.208          1.

               Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
    Major (y-y)    b    0.34   24444.458        0.24       0.535       0.986    1318.188
    MajorB(y-y)    b    0.34   28209.684       0.223       0.529       0.992    1326.076
    Minor (z-z)    c    0.49    9289.798       0.389       0.622       0.903    1207.678
    MinorB(z-z)    c    0.49   12203.879       0.339       0.592       0.929     1242.18
    Torsional TF   c    0.49    9160.208       0.391       0.624       0.902     1205.75

MOMENT DESIGN
                         Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                      Moment      Moment      Moment      Moment
    Major (y-y)       15.904      15.904       5.858       7.867
    Minor (z-z)        17.65       17.65       4.977       7.512

                       Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                    Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
    Major (y-y)      106.585     106.585      43.423     106.585
    Minor (z-z)       52.851      52.851      37.649

               Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT         psi         Mcr
    LTB            c    0.49       0.247       0.542          1.       2.047    1839.479

                        kyy         kyz         kzy         kzz
    Factors           0.502       0.269       0.905       0.448

SHEAR DESIGN
                         Ved         Ted      Vpl.Rd   Reduction      Stress      Status
                       Force     Torsion    Capacity      Factor       Ratio       Check
    Major (z)         11.647   6.102E-04     167.088          1.        0.07          OK
    Minor (y)         14.693   6.102E-04     604.843          1.       0.024          OK
```

```
                      Vpl,Rd          Eta   LambdabarW
    Reduction        167.088           1.       0.316
```

1.9.6. Pipe rack – controventi L80x8

```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  321      X Mid:  9.05      Combo:  SLV_Y+0.3X      Design Type:  Brace
 Length:  2.641    Y Mid:  2.85      Shape:  L80x8           Frame Type:  DCH-MRF
 Loc   :  0.       Z Mid:  0.863     Class:  Class 4         Rolled : No

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? Yes
 Consider Torsion? No
 Ignore Seismic Code?  Yes           Ignore Special EQ Load?  Yes          D/P Plug Welded?  No

 GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 q0=1.             Omega=1.          GammaRd=1.1
 An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=0.99

 Aeff=0.001        eNy=0.            eNz=0.
 A=0.001           Iyy=0.            iyy=0.025         Wel,yy=1.292E-05    Weff,yy=1.292E-05
 It=0.             Izz=0.            izz=0.025         Wel,zz=1.292E-05    Weff,zz=1.292E-05
 Iw=0.             Iyz=0.            h=0.08            Wpl,yy=2.328E-05    Av,y=6.400E-04
 E=210000000.      fy=355000.        fu=510000.        Wpl,zz=2.328E-05    Av,z=6.400E-04

 Iyz=0.            Imax=1.174E-06    imax=0.031        Wel,zz,maj=2.075E-05
 Rot= 45. deg      Imin=0.           imin=0.016        Wel,zz,min=9.267E-06

 STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
     Location            Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
     0.               -57.866     -0.496      -0.699       -0.35      -0.388      -0.003

 PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
     D/C Ratio:    0.994 = 0.796 + 0.1 + 0.098   >         1.00
                       = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                           + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)        (NTC Eq C4.2.38)

 AXIAL FORCE DESIGN
                          Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                        Force    Capacity    Capacity
     Axial             -57.866     411.124     411.124

                       Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                      411.124     446.515    1043.271     302.746          1.

                Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
     Major (y-y)    b    0.34     348.776       1.113       1.274       0.528     216.984
     MajorB(y-y)    b    0.34     348.776       1.113       1.274       0.528     216.984
     Minor (z-z)    b    0.34       89.36       2.198       3.255       0.177      72.688
     MinorB(z-z)    b    0.34       89.36       2.198       3.255       0.177      72.688
     Torsional TF   b    0.34     302.746       1.194       1.382       0.481     197.889

 MOMENT DESIGN
                          Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                       Moment      Moment      Moment      Moment
     Major (y-y)       -0.496      -0.496      -0.496      -0.496
     Minor (z-z)       -0.699      -0.699      -0.187      -0.289

                        Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                     Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
     Major (y-y)        4.369       4.369       4.369       3.633
     Minor (z-z)        4.369       4.369       4.369

                Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT         psi         Mcr
```

```
    LTB            d    0.76       0.467       0.711       0.831          1.      21.006

                          kyy         kyz         kzy         kzz
    Factors             0.464       0.611       0.735       0.611

SHEAR DESIGN
                          Ved         Ted       Vc,Rd      Stress      Status
                        Force     Torsion    Capacity       Ratio       Check
    Major (z)            0.35       0.003     124.928       0.003          OK
    Minor (y)           0.388       0.003     124.928       0.003          OK

                       Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
    Reduction         124.928          1.          0.

BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS
                            P           P
                         Comp        Tens
    Axial             -57.866          0.
```

1.9.7. Vano scale – pilastri HE200A

```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  79       X Mid:  -1.77     Combo:  SLU_VENTO+NEVE  Design Type:  Column
 Length:  3.74     Y Mid:  2.7       Shape:  HE200A          Frame Type:  DCH-MRF
 Loc   :  0.       Z Mid:  1.87      Class:  Class 2         Rolled : No

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? Yes
 Consider Torsion? Yes
 Ignore Seismic Code?  Yes           Ignore Special EQ Load?  Yes         D/P Plug Welded?  No

 GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 q0=1.             Omega=1.          GammaRd=1.15
 An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=0.99

 Aeff=0.005        eNy=0.            eNz=0.
 A=0.005           Iyy=3.509E-05     iyy=0.083         Wel,yy=3.694E-04    Weff,yy=3.694E-04
 It=0.             Izz=1.334E-05     izz=0.051         Wel,zz=1.334E-04    Weff,zz=1.334E-04
 Iw=0.             Iyz=0.            h=0.19            Wpl,yy=4.070E-04    Av,y=0.004
 E=210000000.      fy=275000.        fu=430000.        Wpl,zz=2.018E-04    Av,z=0.001


 STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location             Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
    0.               -38.081      44.951      -0.023       10.59      -0.006       0.002

 PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
    D/C Ratio:    0.543 = 0.045 + 0.498 + 0.   <         0.99          OK
                      = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                          + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

 AXIAL FORCE DESIGN
                          Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                        Force    Capacity    Capacity
    Axial             -38.081    1337.024    1337.024

                       Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                     1337.024    1580.508     2915.98     2915.98          1.

                Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
    Major (y-y)     b    0.34    5200.144        0.52       0.689       0.875     1170.48
    MajorB(y-y)     b    0.34    5200.144        0.52       0.689       0.875     1170.48
    Minor (z-z)     c    0.49    1976.247       0.843       1.013       0.635     849.408
```

```
    MinorB(z-z)     c     0.49    1976.247       0.843       1.013       0.635     849.408
    Torsional TF    c     0.49     2915.98       0.694       0.862       0.728     974.003

 MOMENT DESIGN
                          Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                       Moment      Moment      Moment      Moment
    Major (y-y)        44.951      44.951      44.951      44.951
    Minor (z-z)        -0.023      -0.023      -0.012      -0.015

                       Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                    Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
    Major (y-y)       106.585     106.585     106.585       89.39
    Minor (z-z)        52.851      52.851      52.851

               Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT         psi         Mcr
    LTB            c    0.49       0.567        0.75       0.839       1.491     348.692

                          kyy         kyz         kzy         kzz
    Factors             0.675       0.401       0.991       0.669

 SHEAR DESIGN
                          Ved         Ted      Vpl.Rd   Reduction      Stress      Status
                        Force     Torsion    Capacity      Factor       Ratio       Check
    Major (z)           10.59       0.002     167.088          1.       0.063          OK
    Minor (y)           0.006       0.002     604.843          1.   9.113E-06          OK

                       Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
    Reduction         167.088          1.       0.322
```

1.9.8. Vano scale – travi IPE200

```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK     (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  86        X Mid:  -1.77      Combo:  SLU_VENTO+NEVE  Design Type:  Beam
 Length:  6.        Y Mid:  5.7        Shape:  IPE200          Frame Type:  DCH-MRF
 Loc   :  4.        Z Mid:  3.74       Class:  Class 1         Rolled : No

 Interaction=Method B                 MultiResponse=Envelopes                P-Delta Done? Yes
 Consider Torsion? Yes
 Ignore Seismic Code?  Yes            Ignore Special EQ Load?  Yes           D/P Plug Welded?  No

 GammaM0=1.05       GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 q0=1.              Omega=1.          GammaRd=1.1
 An/Ag=1.           RLLF=1.           PLLF=0.75          D/C Lim=0.99

 Aeff=0.003         eNy=0.            eNz=0.
 A=0.003            Iyy=1.846E-05     iyy=0.082          Wel,yy=1.846E-04    Weff,yy=1.846E-04
 It=0.              Izz=1.419E-06     izz=0.023          Wel,zz=2.839E-05    Weff,zz=2.839E-05
 Iw=0.              Iyz=0.            h=0.2              Wpl,yy=2.097E-04    Av,y=0.002
 E=210000000.       fy=235000.        fu=360000.         Wpl,zz=4.393E-05    Av,z=0.001


 STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location              Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
    4.                  1.319       1.091       -2.57       0.273      -0.642      -0.009

 PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation BS EN 1993-6 Annex A)
    D/C Ratio:     0.362 = 0.082 + 0.28 + 0.    <          0.99          OK
                         = (My,Ed)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                             + Cmz (Mz,Ed + Mz,T,Ed)/(Mz,Rk/GammaM1)
                             + (Kw * Kzw * Kalpha) * (Mw,Ed/(Mz,Rk/2.0*GammaM1))        (BS EN 1993-6
Annex A)
```

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	1.319	609.836	609.836

Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
609.836	706.268	648.115	648.115	1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b	0.34	1062.556	0.776	0.899	0.739	450.646
MajorB(y-y)	b	0.34	1062.556	0.776	0.899	0.739	450.646
Minor (z-z)	c	0.49	81.716	2.799	5.055	0.108	65.83
MinorB(z-z)	c	0.49	81.716	2.799	5.055	0.108	65.83
Torsional TF	c	0.49	648.115	0.994	1.189	0.543	331.411

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mm,Ed Moment	Meq,Ed Moment
Major (y-y)	1.091	1.227	1.091	1.227
Minor (z-z)	-2.57	-2.891	-2.57	-2.891

	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	46.924	46.924	46.924	15.013
Minor (z-z)	9.833	9.833	9.833	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB	c	0.49	1.485	1.918	0.32	1.136	22.335

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	0.95	0.57	1.	0.95

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vpl.Rd Capacity	Reduction Factor	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	0.273	0.009	132.421	0.997	0.002	OK
Minor (y)	0.642	0.009	219.668	0.997	0.003	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	132.421	1.	0.374

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	0.818	0.818

1.9.9. Vano scale – controventi

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 379	X Mid: -1.77	Combo: SLV_Y+0.3X	Design Type: Brace
Length: 7.07	Y Mid: 5.7	Shape: L80x8	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 7.07	Z Mid: 1.87	Class: Class 4	Rolled : No

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? Yes
Consider Torsion? No
Ignore Seismic Code? Yes Ignore Special EQ Load? Yes D/P Plug Welded? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25
q0=1. Omega=1. GammaRd=1.1
An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0.75 D/C Lim=0.99

Aeff=0.001 eNy=0. eNz=0.
A=0.001 Iyy=0. iyy=0.025 Wel,yy=1.292E-05 Weff,yy=1.292E-05

```
It=0.            Izz=0.           izz=0.025        Wel,zz=1.292E-05    Weff,zz=1.292E-05
Iw=0.            Iyz=0.           h=0.08           Wpl,yy=2.328E-05    Av,y=6.400E-04
E=210000000.     fy=355000.       fu=510000.       Wpl,zz=2.328E-05    Av,z=6.400E-04

Iyz=0.           Imax=1.174E-06   imax=0.031       Wel,zz,maj=2.075E-05
Rot= 45. deg     Imin=0.          imin=0.016       Wel,zz,min=9.267E-06


STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location            Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
    7.07             -7.519          0.          0.       0.281          0.  -4.058E-04

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
    D/C Ratio:    0.844 = 0.669 + 0.174 + 0.   <         0.99          OK
                        = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                            + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN
                          Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                        Force    Capacity    Capacity
    Axial              -7.519     411.124     411.124

                       Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                      411.124     446.515    1043.271      47.817          1.

                Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
    Major (y-y)     b    0.34      48.671       2.978       5.407       0.101      41.444
    MajorB(y-y)     b    0.34      48.671       2.978       5.407       0.101      41.444
    Minor (z-z)     b    0.34       12.47       5.884      18.775       0.027      11.232
    MinorB(z-z)     b    0.34       12.47       5.884      18.775       0.027      11.232
    Torsional TF    b    0.34      47.817       3.005       5.491       0.099       40.76

MOMENT DESIGN
                          Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                       Moment      Moment      Moment      Moment
    Major (y-y)            0.       0.496          0.       0.372
    Minor (z-z)            0.          0.          0.          0.

                        Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                     Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
    Major (y-y)         4.369       4.369       4.369        2.71
    Minor (z-z)         4.369       4.369       4.369

                Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT         psi         Mcr
    LTB             d    0.76       0.765       1.007        0.62          1.       7.847

                          kyy         kyz         kzy         kzz
    Factors             1.053       1.402       0.952       1.402

SHEAR DESIGN
                          Ved         Ted       Vc,Rd      Stress      Status
                        Force     Torsion    Capacity       Ratio       Check
    Major (z)           0.281   4.058E-04     124.928       0.002          OK
    Minor (y)              0.   4.058E-04     124.928          0.          OK

                       Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
    Reduction         124.928          1.          0.
```

BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS

```
                            P           P
                         Comp        Tens
    Axial              -7.519          0.
```