



Regione Emilia-Romagna  
Provincia di Bologna  
Comune di Camugnano  
Comune di Castiglione dei Pepoli



PROGETTO DEFINITIVO

Nome progetto

"Eolico Camugnano"

Oggetto

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico da 30 MW con sistema di accumulo da 8 MW e relative opere di connessione, da ubicarsi nei Comuni di Camugnano (BO) e Castiglione dei Pepoli (BO).

Titolo

Relazione di calcolo fondazioni

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.R.L.  
Via della Chimica 103  
85100 Potenza (PZ)

Progettista:



SYNERGY S.R.L.  
Via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 - Castel Maggiore (BO)

Il professionista:

Ing. Pierpaolo Semproli  
(c/o Teleios srl - progettista opere civili)

7					
6					
5					
4					
3					
2					
1					
0	08/03/2024	EMISSIONE	Ing. F. Fiorelli	Ing. P. Semproli	Ing. L. Malservisi
Rev.	Data	Motivo Revisione	Eseguito	Verificato	Approvato

Tipologia: RELAZIONE	Formato: A4	Foglio: -
Scala: -	File: SYN036.PD.RC.013_00	Tavola: N° SYN036.PD.RC.013

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione di calcolo  
fondazioni Stazione Utente SU**

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

**SOMMARIO**

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>4</b>
2.1	NORME E RACCOMANDAZIONI GENERALI .....	4
2.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	4
2.3	ARTICOLI E LIBRI GENERALI .....	4
2.4	FONDAZIONI SUPERFICIALI IN CAMPO STATICO E SISMICO .....	5
<b>3</b>	<b>GEOMETRIA DELLE FONDAZIONI.....</b>	<b>6</b>
3.1	FONDAZIONE APPARECCHIATURE ELETTRICHE.....	6
3.2	FONDAZIONE TRASFORMATORE .....	8
3.3	FONDAZIONE CASTELLETTO .....	10
3.4	FONDAZIONE FABBRICATO LOCALI TECNICI.....	11
<b>4</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI AGENTI SULLA FONDAZIONE .....</b>	<b>12</b>
4.1	CARICHI PERMANENTI .....	12
4.1.1	Carico dovuto al peso proprio degli elementi strutturali .....	12
4.1.2	Carichi permanenti FABBRICATO LOCALI TECNICI.....	12
4.1.3	Carichi permanenti APPARECCHIATURE ELETTRICHE .....	13
4.2	CARICHI VARIABILI.....	14
4.2.1	Azione della neve.....	14
4.2.2	Azione del vento .....	16
4.3	AZIONE SISMICA DIR. $\pm X$ , $\pm Y$ .....	18
4.4	CARICHI AGENTI SULLE FONDAZIONI.....	19
4.4.1	Trasformatore .....	20
4.4.2	Fabbricato locali tecnici .....	21
<b>5</b>	<b>MATERIALI UTILIZZATI .....</b>	<b>22</b>
5.1	CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER OPERE NON STRUTTURALI .....	22
5.2	CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER FONDAZIONI.....	22
5.3	ACCIAIO PER ARMATURE .....	23
<b>6</b>	<b>PARAMETRIZZAZIONE SISMICA DEL SITO .....</b>	<b>24</b>
<b>7</b>	<b>MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO.....</b>	<b>25</b>
<b>8</b>	<b>MODELLAZIONE FEM DELLE FONDAZIONI.....</b>	<b>26</b>
8.1	ORIGINE E AFFIDABILITÀ DEL CODICE DI CALCOLO .....	26
8.2	COSTANTE DI SOTTOFONDO PER TERRENO ALLA WINKLER .....	26
8.3	TRASFORMATORE .....	28
8.3.1	Dettagli sulla modellazione strutturale.....	30
8.3.2	Dati relativi agli elementi finiti adottati .....	30
8.3.3	Dati relativi combinazioni di carico .....	33
8.3.4	Dati relativi alle aree di carico .....	35
<b>9</b>	<b>FONDAZIONI SUPERFICIALI – ASPETTI PROGETTUALI DI BASE.....</b>	<b>37</b>
9.1	CONSIDERAZIONI GENERALI .....	37
9.2	CENNI SUL CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE IN CAMPO STATICO.....	37
9.3	CENNI SUL CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE IN CAMPO SISMICO .....	38
<b>10</b>	<b>VERIFICHE GEOTECNICHE DI RESISTENZA DELLE FONDAZIONI.....</b>	<b>39</b>
10.1	TRASFORMATORE .....	40
10.1.1	Verifica in campo statico .....	40
10.1.2	Verifica in campo sismico- SLV X.....	45
10.1.3	Verifica in campo sismico- SLV Y.....	50

**Progettazione:**



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)



**Relazione di calcolo  
fondazioni Stazione Utente SU**

**Committente:**



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

10.2	APPARECCHIATURE ELETTRICHE .....	51
10.2.1	Verifica in campo statico .....	51
10.2.2	Verifica in campo sismico .....	51
10.3	INTERRUTTORE .....	51
10.3.1	Verifica in campo statico .....	51
10.3.2	Verifica in campo sismico .....	51
10.4	SEZIONATORE .....	52
10.4.1	Verifica in campo statico .....	52
10.4.2	Verifica in campo sismico .....	52
10.5	CASTELLETTO .....	52
10.5.1	Verifica in campo statico .....	52
10.5.2	Verifica in campo sismico .....	52
10.6	FABBRICATO LOCALI TECNICI .....	53
10.6.1	Verifica in campo statico .....	53
10.6.2	Verifica in campo sismico .....	53
<b>11</b>	<b>VERIFICHE GEOTECNICHE DI FUNZIONALITÀ DELLA FONDAZIONE .....</b>	<b>54</b>
11.1	APPARECCHIATURE ELETTRICHE .....	55
11.2	TRASFORMATORE .....	56
11.3	FABBRICATO LOCALI TECNICI .....	57
<b>12</b>	<b>PROGETTAZIONE STRUTTURALE DELLA FONDAZIONE .....</b>	<b>58</b>
12.1	TRASFORMATORE .....	59
12.1.1	Verifica soletta di base .....	62
12.1.2	Verifica parete lunga controterra .....	65
12.1.3	Verifica parete corta controterra .....	68
12.1.4	Verifica parete interna .....	71
12.1.5	Verifica soletta superiore .....	74
12.2	APPARECCHIATURE ELETTRICHE .....	78
12.2.1	Armature plinto .....	78
12.2.2	Armatura pilastri superiori .....	80
<b>13</b>	<b>GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI .....</b>	<b>83</b>

<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione di calcolo</b> <b>fondazioni Stazione Utente SU</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

## 1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la relazione di calcolo, geotecnico e strutturale, inerente le strutture di fondazione relative alla Sottostazione elettrica utente, che sarà prevista nell'ambito del progetto per la realizzazione di un impianto eolico da 30 MW con sistema di accumulo da 8 MW e relative opere di connessione, da ubicarsi nel Comune di Camugnano (BO) e Castiglione dei Pepoli (BO).



La relazione è redatta sulla base della relazione geologica per la caratterizzazione dei terreni.

Il calcolo è stato effettuato in accordo con quanto previsto nelle "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17/01/2018 e relativa Circolare Ministeriale 21/01/2019 n.7.

Maggiori dettagli saranno forniti nei paragrafi seguenti. Saranno esposti i motivi delle scelte progettuali adottate per le strutture nonché gli elementi occorrenti per una corretta lettura e interpretazione della documentazione tecnica. Saranno quindi illustrati i modelli di calcolo implementati per la progettazione e le analisi svolte per i carichi verticali e le azioni sismiche secondo le indicazioni normative.

Gli aspetti principali oggetto della presente relazione comprendono anche:

- Entità e modalità di applicazione delle azioni, in accordo con le indicazioni di norma e secondo le schede tecniche delle macchine da installare;
- L'entità e le modalità di applicazione delle azioni sismiche, in accordo con le indicazioni di norma;
- Il tipo di analisi effettuate;
- Sintesi dei risultati ottenuti, in termini di spostamenti, pressioni e coefficiente di sicurezza.

<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione di calcolo</b> <b>fondazioni Stazione Utente SU</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I progetti dovranno rispettare tutte le leggi e i regolamenti regionali e comunali in vigore. Di seguito è fornita una lista non esaustiva.

### 2.1 Norme e raccomandazioni generali



- /1/ D.M.Infrastrutture e trasporti del 17.01.2018: Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni".
- /2/ Circolare Ministero Infrastrutture e trasporti del 21.01.2019 n.7: "Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle « Norme tecniche per le costruzioni» " di cui al D.M. del 17-01-2018.
- /3/ UNI EN 1992-1-1:2005: Eurocodice 2 - "Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1-1: regole generali e regole per gli edifici".
- /4/ UNI EN 1997-1 – Eurocodice 7: "Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali". Febbraio 2005.
- /5/ UNI EN 1998-5 – Eurocode8: " Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici". Gennaio 2005.

### 2.2 Documentazione di riferimento

- /6/ Relazione geologica a cura e firma del Dott. Geol. Rocco Carbonella. Doc. codice SYN036.PD.RG.001.
- /7/ Relazione geotecnica. Doc. codice SYN036.PD.RG.002.
- /8/ SU: Relazione di calcolo delle opere civili. Doc. codice SYN036.PD.RC.012.
- /9/ SU: Planimetria generale. Doc. codice SYN036.PD.DP.016.
- /10/ SU: Casseratura e armature fondazioni. Doc. codice SYN036.PD.DT.016.

### 2.3 Articoli e libri generali

- /11/ Associazione geotecnica Italiana: "Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica". Linee Guida. Ed. Marzo 2005.
- /12/ Fardis – Carvalho – Elnashai – Faccioli – Pinto: Designers' guide to EN 1998-1 and EN 1998-5. Thomas Telford Editor, 2005
- /13/ MIR 2008 – Opere geotecniche in condizioni sismiche.- Torino 2008
- /14/ ICOF 2008 – Proceeding of the second British Geotechnical Association International Conference of Foundation – 2008 Dundee – Bre press.
- /15/ Tomlinson, M. J. – "Foundation design and construction" 7th edition. Prentice Hall, 2001.
- /16/ Bruschi, A. (2010). Prove Geotecniche in situ. Dario Flacovio Editore.
- /17/ Tomlinson M.J.– "Foundation Design and Conctruction" 7th edition, Pearson Educational., 2001

<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione di calcolo</b> <b>fondazioni Stazione Utente SU</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

## 2.4 Fondazioni superficiali in campo statico e sismico

- /18/Brinch – Hansen: “A revised and extended formula for bearing capacity”. Danish Geoth. Inst. Bull., 28, 1970.
- /19/Vesic: “Bearing capacity of shallow foundation” in Foundation Engineering Handbook. 1975
- /20/G.Cortellazzo – A.Mazzuccato: “Eurocodice 7: fondazioni superficiali” RIG, n.2/3, pp.42-51, 1997
- /21/Poulos, H.G., Carter, J.C. and Small J.C. (2001). Foundations and retaining structures – Research and practice. Proc. XV Int. Conf. Soil Mechanics and Foundation Engineering, Istanbul, 4, 2527-2606.
- /22/R.Richards – D.Elms – M.Budhu: “Seismic bearing capacity and settlement of foundation”, Jour. Geoth. Engng. ASCE, Vol. 119, No.4, pp.662-674, 1993.
- /23/Franceschini – Carbonella-Confronto tra i vari metodi di calcolo delle capacità portanti di fondazioni superficiali in terreni sabbiosi in zona sismica. – INARCOS n.666 – Gennaio - Febbraio 2006.
- /24/S.Sarma – S. Iossifelis: “Seismic bearing capacity factor of shallow strip footings”; Geotechnique 40, No.2, pp.265-273, 1990.
- /25/R.Paolucci – A.Pecker: “Seismic bearing capacity of shallow strip foundation on dry soil”, Soil and Foundation, Vol. 37, No.3, pp.95-105, 1997
- /26/M.Maugeri – D.Novità: “Numerical model for the evaluation of the soil inertia effects on bearing capacity” Proc. Int. Conf. On Soil Dynamics and Earthquake Eng. 2004.
- /27/J.Kumar – Mohan Rao: “Seismic bearing capacity factors for spread foundations”; Geotechnique 52.No.2, pp.79-88, 2002.
- /28/D.Choudhury – K.Subba Rao: “Seismic bearing capacity of shallow strip foundation” Geoth and Geol. Engng. No.23, pp.403-418, 2005
- /29/J.Kumar – Mohan Rao: “Seismic bearing capacity factors for spread foundations” Discussion; Geotechnique 52.No.2.
- /30/J.Kumar – Mohan Rao: “Seismic bearing capacity of foundations on slopes”; Geotechnique 53.No.3, pp.347-361, 2003.

### 3 GEOMETRIA DELLE FONDAZIONI

Di seguito si riporta la descrizione della geometria delle fondazioni adottate per sorreggere le apparecchiature in oggetto.

Le fondazioni saranno realizzate in opera in conglomerato cementizio armato.

#### 3.1 FONDAZIONE APPARECCHIATURE ELETTRICHE

La sottostazione utente prevede l'installazione di tutta una serie di apparecchiature elettriche tra cui:

- Scaricatori
- TA
- Interruttori
- TV
- Sezionatori

Tali apparecchi, seppur diversi per funzione e geometria, condividono il fatto di avere un montante in corrispondenza di ognuno dei 3 cavi delle 3 fasi elettriche per cui è stato possibile per essi prevedere un'unica tipologia di fondazione.

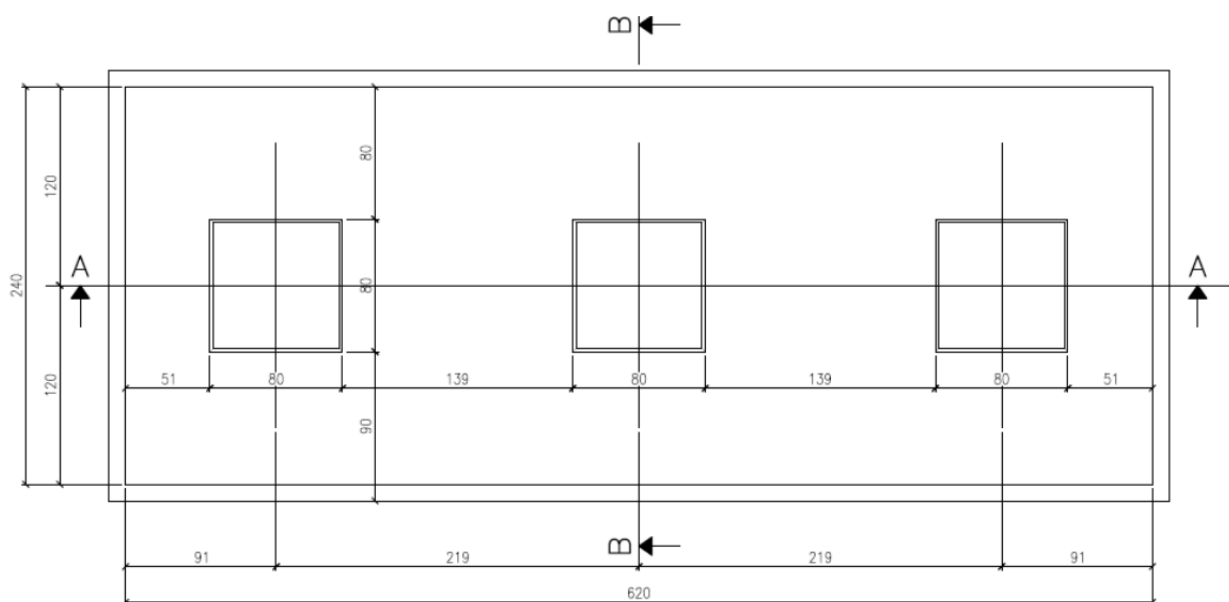
Tale fondazione è costituita da un plinto dotato di una soletta inferiore a contatto col terreno, di dimensioni planimetriche 240x620cm e di spessore 30cm.

All'estradosso di tale soletta sono previsti 3 dadi, o baggioli, a sezione quadrata 80x80cm e di altezza 70cm i quali accolgono, ciascuno, i montanti delle apparecchiature sopra elencate.

Il collegamento tra apparecchi elettrici e fondazione avviene mediante tirafondi, previsti nel getto o post-installati.

Il piano di imposta della fondazione si trova a -1.00m dal piano finito, appoggiato su uno strato di 10cm di calcestruzzo magro. L'estradosso della fondazione, finito, si trova a +0.10m dal piano finito.

Si riportano alcuni schemi grafici a chiarimento della geometria sopra descritta.



**Progettazione:**



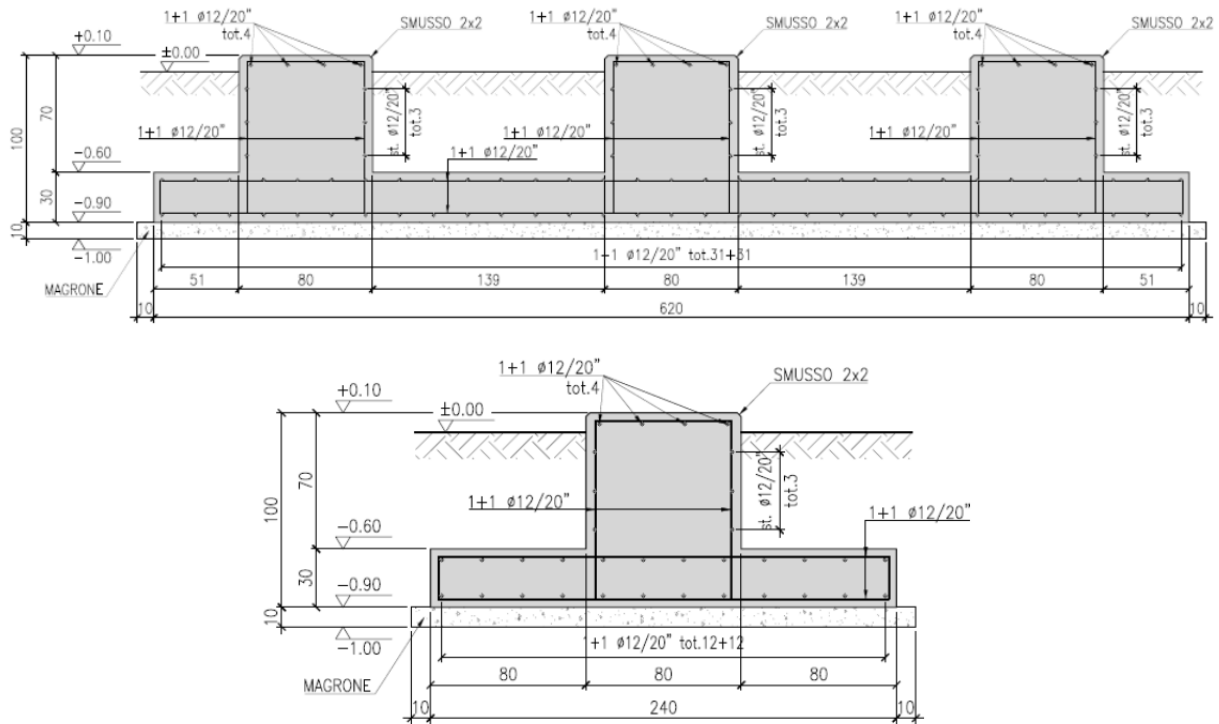
via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione di calcolo  
fondazioni Stazione Utente SU**

**Committente:**



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)



Gli unici apparecchi che si differenziano leggermente rispetto a quanto sopra descritto sono i sezionatori che prevedono 2 montanti invece di 3.

La relativa fondazione risulta identica a quella tipica sopra descritta eccetto per il fatto che i dadi, o baggioli, previsti sono 2 invece di 3.

Le fondazioni saranno realizzate con calcestruzzo di classe di resistenza minima pari a C32/40 così come classificato dalla normativa nazionale. L'acciaio costituente le barre di armatura, è del tipo ad aderenza migliorata B450C e con le caratteristiche richieste nella relazione sui materiali allegata alla presente e comunque in accordo con quanto previsto nelle NTC 2018.



Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### 3.2 FONDAZIONE TRASFORMATORE

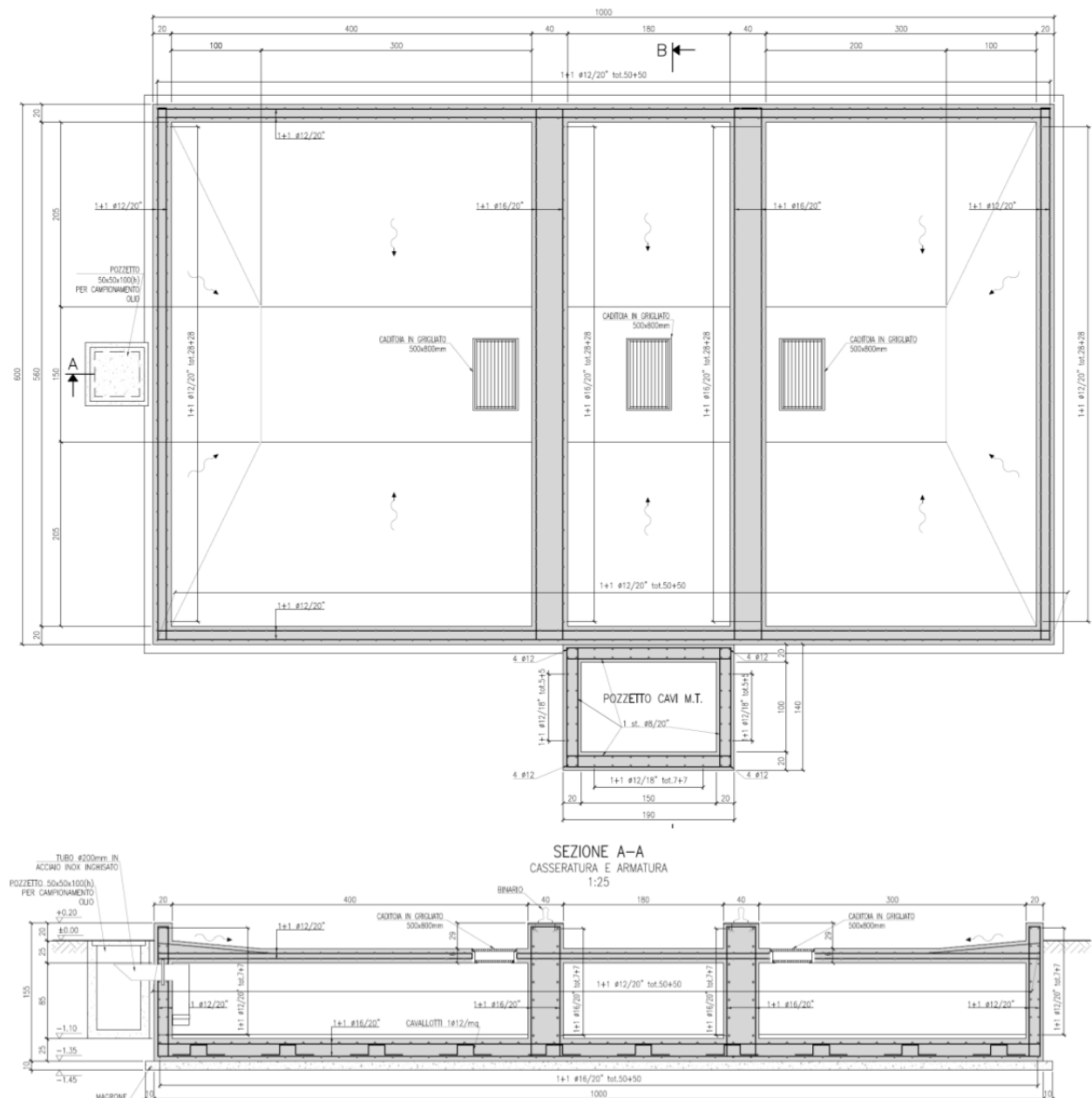
La fondazione del trasformatore è costituita da una platea di appoggio sul terreno esistente di dimensioni 1000x600cm e spessore 25cm. Dalla platea si ergono n.4 pareti in c.c.a. sui bordi esterni contro terra a formate la vasca, di spessore 20cm e altezza 130cm.

È poi presente una seconda soletta, superiore e di spessore 16cm, che funge da chiusura per la vasca, nella quale è contenuto l'olio del trasformatore.

Sono poi presenti due ulteriori pareti interne, ordinate secondo la direzione di minore estensione planimetrica, sulle quali si appoggia e collega il trasformatore. Tali pareti hanno spessore 40cm e altezza 130cm.

Il piano di imposta della fondazione si trova a -1.35m dal piano finito, appoggiato su uno strato di 10cm di calcestruzzo magro. L'estradosso della fondazione, finito, si trova a +0.20m dal piano finito.

Si riportano alcuni schemi grafici a chiarimento della geometria sopra descritta.



**Progettazione:**



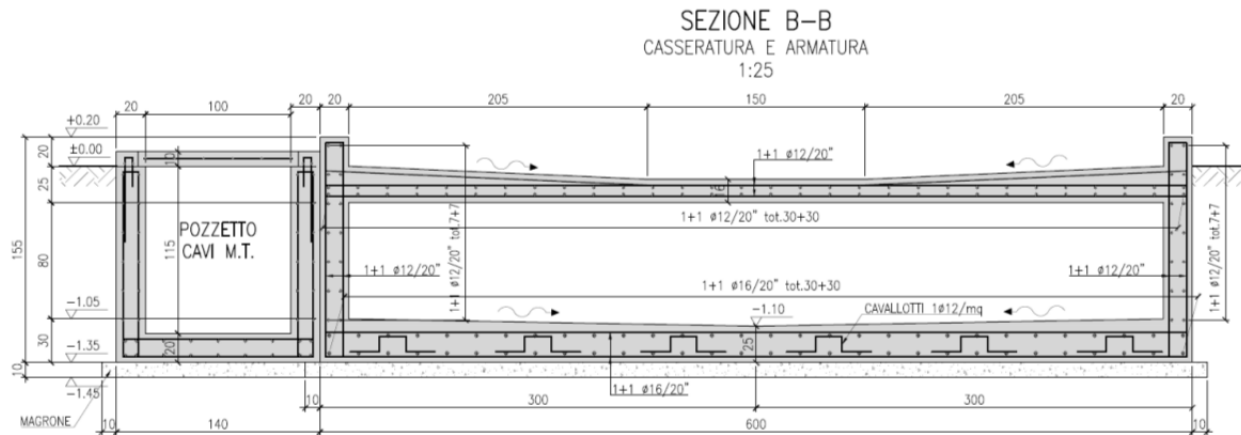
via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione di calcolo  
fondazioni Stazione Utente SU**

**Committente:**



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)



Il trasformatore sarà opportunamente ancorato alla fondazione.

Le fondazioni saranno realizzate con calcestruzzo di classe di resistenza minima pari a C32/40 così come classificato dalla normativa nazionale. L'acciaio costituente le barre di armatura, è del tipo ad aderenza migliorata B450C e con le caratteristiche richieste nella relazione sui materiali allegata alla presente e comunque in accordo con quanto previsto nelle NTC 2018.

### 3.3 FONDAZIONE CASTELLETTO

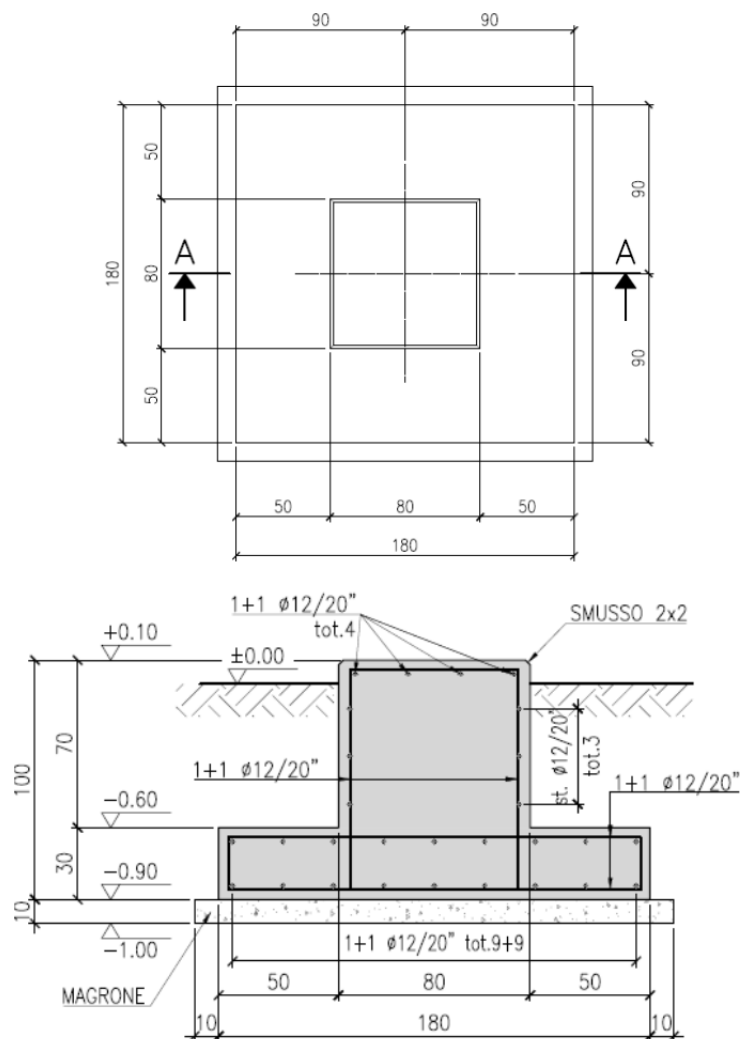
L'apparecchio elettrico identificato come "Castelletto" è costituito da un montante metallico che supporta i 3 cavi delle 3 fasi lungo il loro percorso che, nella sottostazione utente, collega i 3 stalli disponibili per i produttori.

La fondazione del castelletto è costituita da un plinto direttamente appoggiato sul terreno esistente. La soletta inferiore ha dimensioni 180x180cm e spessore 30cm.

All'estradosso di tale soletta è previsto un dado, o baggiolo, a sezione quadrata 80x80cm e di altezza 70cm il quale accoglie il montante delle apparecchiature sopra elencate.

Il piano di imposta della fondazione si trova a -1.00m dal piano finito, appoggiato su uno strato di 10cm di calcestruzzo magro. L'estradosso della fondazione, finito, si trova a +0.10m dal piano finito.

Si riportano alcuni schemi grafici a chiarimento della geometria sopra descritta.



Le fondazioni saranno realizzate con calcestruzzo di classe di resistenza minima pari a C32/40 così come classificato dalla normativa nazionale. L'acciaio costituente le barre di armatura, è del tipo ad aderenza migliorata B450C e con le caratteristiche richieste nella relazione sui materiali allegata alla presente e comunque in accordo con quanto previsto nelle NTC 2018.

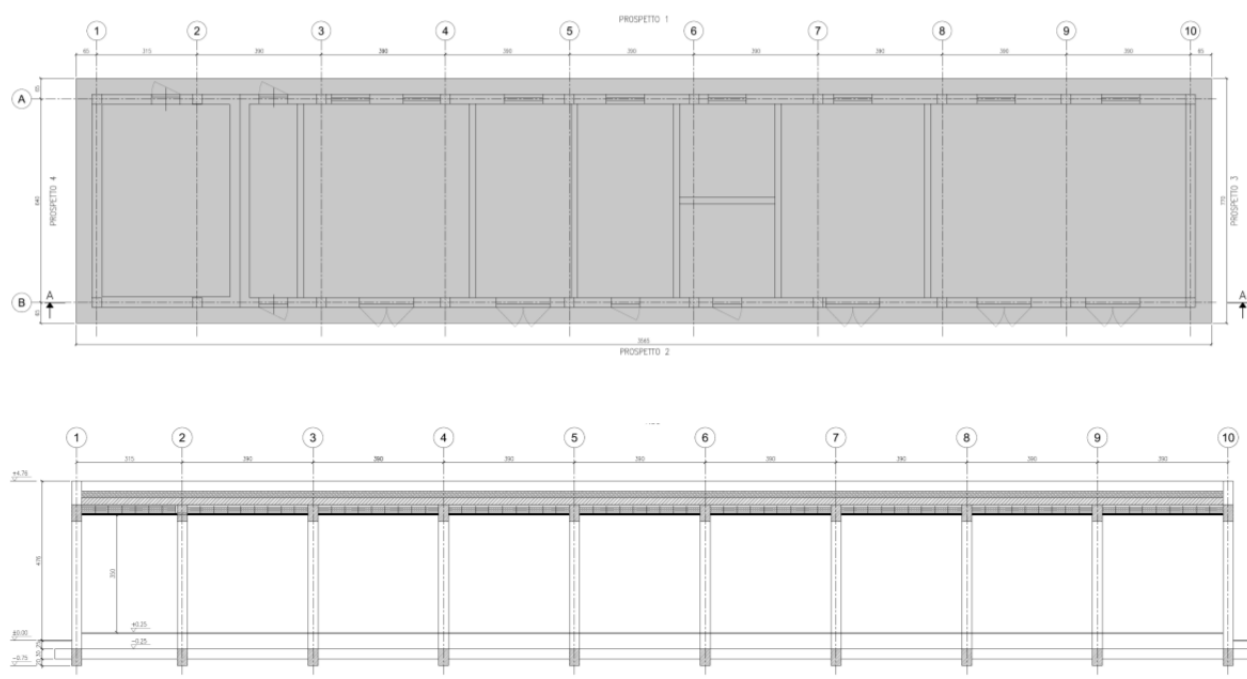
### 3.4 FONDAZIONE FABBRICATO LOCALI TECNICI

Il fabbricato è previsto nella sottostazione elettrica per accogliere al suo interno una serie di locali tecnici asserviti all'impianto. È costituito da un edificio con struttura monopiano a telaio in c.c.a. realizzato in opera.

La fondazione è costituita da una platea nervata che appoggia sul terreno, avente dimensioni 3565x770cm e spessore 30cm. In corrispondenza degli allineamenti che collegano, nelle due direzioni, i pilastri si realizzano delle nervature – intradossate – di irrigidimento di dimensioni 30x50 cm.

Il piano di imposta della fondazione si trova a -0.55m dal piano finito, appoggiato su uno strato di 10cm di calcestruzzo magro. L'estradosso della fondazione, finito, si trova a -0.25m dal piano finito.

Si riportano alcuni schemi grafici a chiarimento della geometria sopra descritta.



Le fondazioni saranno realizzate con calcestruzzo di classe di resistenza minima pari a C32/40 così come classificato dalla normativa nazionale. L'acciaio costituente le barre di armatura, è del tipo ad aderenza migliorata B450C e con le caratteristiche richieste nella relazione sui materiali allegata alla presente e comunque in accordo con quanto previsto nelle NTC 2018.

#### 4 ANALISI DEI CARICHI AGENTI SULLA FONDAZIONE

Si riporta nel presente capitolo un compendio delle azioni agenti sulle fondazioni. Esse sono essenzialmente costituite da:

- Peso delle sovrastrutture
- Peso degli apparati tecnologici in essi contenuti e degli altri carichi permanenti
- Peso delle apparecchiature elettriche
- Azioni variabili agenti su sovrastrutture e apparecchiature:
  - Neve
  - Vento
  - Sisma

Ognuna di tali azioni viene meglio dettagliata nei paragrafi seguenti.

##### 4.1 CARICHI PERMANENTI

###### 4.1.1 Carico dovuto al peso proprio degli elementi strutturali

Il peso proprio degli elementi strutturali è computato esplicitamente conoscendone la geometria ed il materiale.

Ove si operi una modellazione numerica ad elementi finiti, il peso proprio degli elementi strutturali è applicato automaticamente dal programma in funzione del peso specifico del materiale e della sezione geometrica degli elementi.

###### 4.1.2 Carichi permanenti FABBRICATO LOCALI TECNICI

Il peso proprio delle apparecchiature impiantistiche contenute nel fabbricato locali tecnici della sottostazione elettrica utente è riportato nel seguito:

Apparecchio	Peso kg
<b>EDIFICIO SU</b>	
Quadro 30 kV	9900
UPS Batterie	800
Sistema 110Vcc+Batterie	1000
TA-S	300
QGBT	500
Quadro protezioni linea	200
Quadro protezioni trasf	200
RTU Terna	200

**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

Server	100
Scada	200

Tali pesi vengono considerati distribuiti sull'area di impronta o sullo sviluppo delle diverse apparecchiature.

### 4.1.3 Carichi permanenti APPARECCHIATURE ELETTRICHE

Il peso proprio delle apparecchiature elettriche presenti nella sottostazione elettrica utente è riportato nel seguito:

Apparecchio	Peso unit. kg/m	Peso kg	Peso struttura kg
<b>STALLI</b>			
Trasformatore		100000	
Olio trasformatore		25000	
scaricatore		220	200
TA		250	200
Interruttore		2115	500
Sezionatore		800	700
TV		300	200
Terminale cavo AT		100	
Tubolare sbarre	5		
Portale		500	
Castelletto		1000	600

**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione di calcolo  
fondazioni Stazione Utente SU**

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

**4.2 CARICHI VARIABILI****4.2.1 Azione della neve****CALCOLO DELL'AZIONE DELLA NEVE**

<input type="radio"/>	<b>Zona I - Alpina</b> Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,39 [1 + (a_s/728)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
<input checked="" type="radio"/>	<b>Zona I - Mediterranea</b> Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,35 [1 + (a_s/602)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
<input type="radio"/>	<b>Zona II</b> Arezzo, Ascoli Piceno, Bari, Campobasso, Chieti, Ferrara, Firenze, Foggia, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona.	$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,85 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
<input type="radio"/>	<b>Zona III</b> Agrigento, Avellino, Benevento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Frosinone, Grosseto, L'Aquila, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Rieti, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo.	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,51 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$

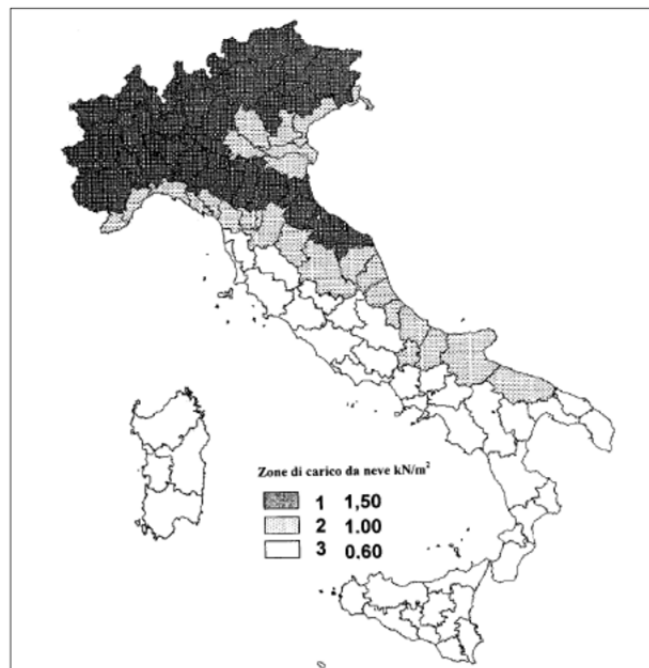
$q_s$  (carico neve sulla copertura [N/mq]) =  $\mu_i q_{sk} C_E C_t$   
 $\mu_i$  (coefficiente di forma)  
 $q_{sk}$  (valore caratteristico della neve al suolo [kN/mq])  
 $C_E$  (coefficiente di esposizione)  
 $C_t$  (coefficiente termico)

**Valore caratteristico della neve al suolo**

$a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])	600
$q_{sk}$ (val. caratt. della neve al suolo [kN/mq])	2.69

**Coefficiente termico**

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato **Ct = 1**.



**Progettazione:**



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione di calcolo  
fondazioni Stazione Utente SU**

**Committente:**



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

Coefficiente di esposizione

Topografia	Descrizione	$C_E$
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1

Valore del carico della neve al suolo

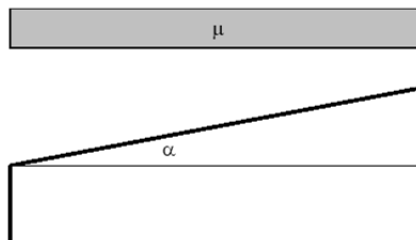
$q_s$ (carico della neve al suolo [kN/mq])	2.69
--	------

Coefficiente di forma (copertura ad una falda)

$\alpha$ (inclinazione falda [°])	0
-----------------------------------	---

$\mu$	0.8
-------	-----

2.15 kN/mq



Si ricava:

- Azione variabile neve:

$$q_s = 2.15 \text{ kN/mq}$$



**Progettazione:**



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione di calcolo  
fondazioni Stazione Utente SU**

**Committente:**



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

#### 4.2.2 Azione del vento

In accordo con le /1/ e /2/ si è considerata la zona di installazione come:

**Zona 2**

*cui corrisponde una velocità di base del vento a livello del mare di 25 m/sec.*

Il coefficiente di esposizione al vento è stato determinato sulla base dei seguenti parametri, dipendenti dalle caratteristiche topografiche ed orografiche ove è collocata la struttura; si ha:

Classe di rugosità: D

Categoria di esposizione: II

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,....)

Sulla base di tali parametri, si ha l'andamento della pressione del vento in funzione dell'altezza, secondo la formula:

$$p = q_{\text{ref}} \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d$$

con:

$$q_{\text{ref}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_{\text{ref}}^2$$

pressione cinetica di riferimento

$$C_e(z) = K^2 r \cdot C_t \cdot \ln(z/z_0) \cdot [7 + C_t \cdot \ln(z/z_0)]$$

coefficiente di esposizione

$C_p$

coefficiente di forma o di pressione

Il coeff. di forma è funzione della tipologia e della geometria della struttura e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento.

$C_d$

coefficiente dinamico

**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

Si ricava:

**Calcolo azione del vento**

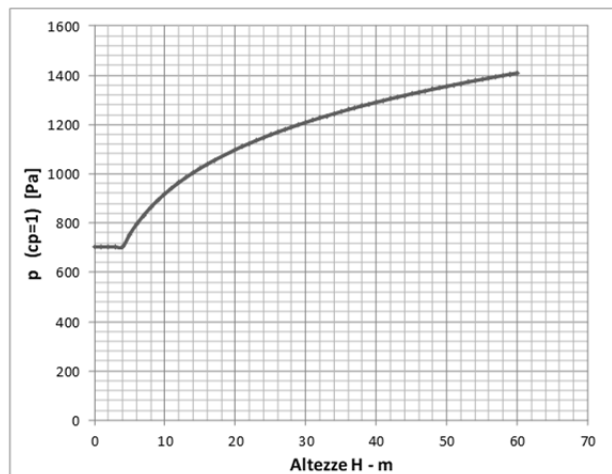
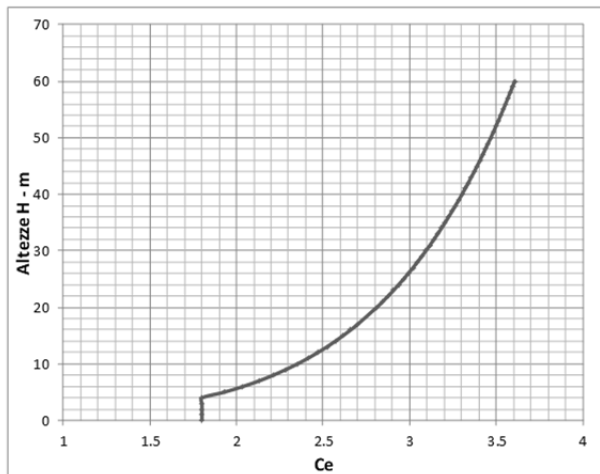
Zona <sup>2</sup> Emilia Romagna  
classe di rugosità D Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi, ...)

altitudine sito as 750 m  
distanza dalla costa 70 km  
CATEGORIA II

$v_{b,0}$	$a_0$ (m)	$k_s$	$k_r$	$z_0$	$z_{min}$
25	750	0.45	0.19	0.05	4

$v_b = 25$  m/sec  
 $q_b = 390.6$  N/m<sup>2</sup>

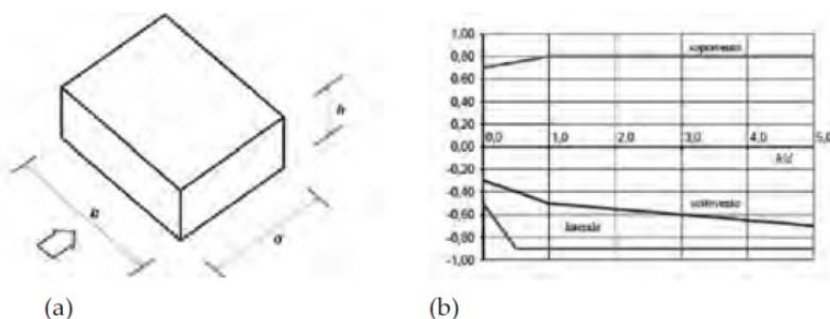
coefficiente di topografia  $C_t = 1$   
coefficiente di dinamico  $C_d = 1$   
altezza costruzione  $z = 5$  m  
coefficiente di esposizione  $C_e = 1.93$   
coefficiente di forma  $C_p = 1$   
 $p = q_b * C_e * C_t * C_d * C_p = 753.6$  N/m<sup>2</sup>



$C_e = 1.93$

$p = 752.6$  N/m<sup>2</sup>

In accordo con il punto C3.3.8.1.1 della Circolare /2/, volendo ricavare l'azione eolica agente su pareti verticali, si ha:



a) Parametri caratteristici di edifici a pianta rettangolare,

b) Edifici a pianta rettangolare:  $c_{pe}$  per facce sopravvento, sottovento e laterali

**Figura C3.3.2**

**Tabella C3.3.I:** Edifici a pianta rettangolare:  $c_{pe}$  per facce sopravvento, sottovento e laterali

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

Si ricavano dunque i seguenti valori dei coefficienti di pressione  $C_p$  adottati per i **cabinati**:

- Direzione X:  $C_p = \pm 0.90$  (valore massimo tra la parete longitudinale, laterali e trasversale)
- Direzione Y:  $C_p = \pm 0.90$  (valore massimo tra la parete longitudinale, laterali e trasversale)
- Copertura:  $C_p = -0.90$

Si ricava infine:

- Azione variabile vento X:  $p = q_{ref} \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d = 0.3906 \cdot 1.93 \cdot (\pm 0.90) \cdot 1.0 = \pm 0.68 \text{ kN/mq}$
- Azione variabile vento Y:  $p = q_{ref} \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d = 0.3906 \cdot 1.93 \cdot (\pm 0.90) \cdot 1.0 = \pm 0.68 \text{ kN/mq}$
- Azione variabile vento copertura:  
 $p = q_{ref} \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d = 0.3906 \cdot 1.93 \cdot (\pm 0.90) \cdot 1.0 = \pm 0.68 \text{ kN/mq}$

In accordo con i punti C3.3.8.6.1 e C3.3.8.7 della Circolare /2/, volendo ricavare l'azione eolica agente sulle apparecchiature elettriche della sottostazione utente, si considera un coefficiente di pressione  $C_p$  pari a:



$$C_p = 2.4$$

Si ricava in definitiva:

- Azione variabile vento :  $p = q_{ref} \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d = 0.3906 \cdot 1.93 \cdot (\pm 2.4) \cdot 1.0 = \pm 1.81 \text{ kN/mq}$

#### 4.3 AZIONE SISMICA DIR. $\pm X$ , $\pm Y$

Si veda quanto sarà riportato al seguente capitolo 6.

<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione di calcolo</b> <b>fondazioni Stazione Utente SU</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

#### 4.4 CARICHI AGENTI SULLE FONDAZIONI

Considerando i carichi permanenti e variabili, come descritti ai precedenti paragrafi, e le dimensioni geometriche degli elementi (apparecchiature, o cabinati, o edifici) si ricavano le seguenti azioni risultanti sulle fondazioni.

Tali risultanti sono valutate in valore caratteristico.

		SOLLECITAZIONI STATICHE				SOLLECITAZIONI SISMICHE		
		Valori caratteristici						
Apparecchio	Ripetizioni	Sforzo verticale <b>Nperm</b> kN	Sforzo verticale <b>Nvariab</b> kN	Taglio orizzontale <b>T</b> kN	Momento flettente <b>M</b> kNm	Sforzo verticale <b>N</b> kN	Taglio orizzontale <b>T</b> kN	Momento flettente <b>M</b> kNm
<b>STALLI</b>								
Trasformatore	x1	<b>1250</b>	<b>81.4</b>	<b>17.4</b>	<b>30.5</b>	<b>1250</b>	<b>530.9</b>	<b>929.1</b>
scaricatore	x3	<b>4.2</b>		<b>7.5</b>	<b>20.5</b>	<b>4.2</b>	<b>1.8</b>	<b>4.9</b>
TA	x3	<b>4.5</b>		<b>7.5</b>	<b>20.5</b>	<b>4.5</b>	<b>1.9</b>	<b>5.3</b>
Interruttore	x1	<b>26.15</b>		<b>24.4</b>	<b>73.3</b>	<b>26.15</b>	<b>11.1</b>	<b>33.3</b>
Sezionatore	x1	<b>15</b>		<b>13.6</b>	<b>33.9</b>	<b>15</b>	<b>6.4</b>	<b>15.9</b>
TV	x3	<b>5</b>		<b>7.5</b>	<b>20.5</b>	<b>5</b>	<b>2.1</b>	<b>5.8</b>
Castelletto	x1	<b>16.35</b>		<b>7.2</b>	<b>14.5</b>	<b>16.35</b>	<b>6.9</b>	<b>13.9</b>

Si nota come per le apparecchiature elettriche, in virtù delle loro caratteristiche (leggerezza, soprattutto), le condizioni sismiche risultino non significative rispetto a quelle statiche con sollecitazione eolica.

Solo per il trasformatore saranno prese, invece, in considerazione le condizioni di sollecitazione sismica.

A valle dell'analisi numerica ad elementi finiti condotta sulle fondazioni, in accordo con quanto descritto al capitolo 8, si riportano nel presente capitolo le sollecitazioni agenti sulle fondazioni relativamente alle quali saranno condotte le verifiche geotecniche.

Le azioni saranno valutate come **risultanti globali** agenti nel baricentro della soletta inferiore. Ovvero quella a contatto col terreno. Nelle verifiche geotecniche tali forze saranno considerate applicate nel baricentro della fondazione, già comprensive degli effetti flettenti e di trasporto delle forze verticali.

Le azioni risultanti saranno valutate e riepilogate per tutte le combinazioni di carico descritte precedentemente.

**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### 4.4.1 Trasformatore

#### Combinazioni agli Stati limite Ultimi

Totali rispetto al baricentro dei nodi

Combinazione	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	22.28	32.13	-3993.48	-101.2	1283.6	16.22
2	37.13	32.13	-3930.6	-101.21	1298.64	16.22
3	22.28	53.55	-3930.6	-168.68	1251.86	27.03
4	37.13	53.55	-3946.51	-168.67	1306.68	27.03

#### Combinazioni agli Stati Limite di Salvaguardia della Vita

Totali rispetto al baricentro dei nodi

Combinazione	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
5	856.35	327.15	-2936.31	-360.68	2186.2	163.31
6	856.35	-327.15	-2936.32	360.71	2186.21	-163.3
7	256.91	1090.51	-2950.64	-1202.28	1268.54	544.34
8	-256.9	1090.51	-2962.93	-1202.28	481.99	544.34
9	-856.35	327.15	-2977.28	-360.68	-435.61	163.3
10	-856.35	-327.15	-2977.28	360.71	-435.59	-163.31
11	256.9	-1090.49	-2950.67	1202.37	1268.59	-544.34
12	-256.91	-1090.49	-2962.95	1202.37	482.05	-544.34

#### Combinazioni RARE agli Stati Limite di Esercizio

Totali rispetto al baricentro dei nodi

Combinazione	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
13	14.85	21.42	-3056.56	-67.47	972.44	10.81
14	24.75	21.42	-3014.64	-67.47	982.47	10.81
15	14.85	35.7	-3014.64	-112.45	951.28	18.02
16	14.85	35.7	-3025.24	-112.45	956.64	18.02

**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### 4.4.2 Fabbricato locali tecnici

#### Combinazioni agli Stati limite Ultimi

Totali rispetto al baricentro dei nodi

Combinazione	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	24.68	132.44	-7666.22	-370.8	-594.4	-13.24
2	41.13	132.44	-7311.73	-370.81	-512.89	-13.24
3	24.68	220.73	-7311.73	-618.03	-558.96	-22.07
4	41.13	220.73	-7401.42	-618.03	-521.86	-22.07

#### Combinazioni agli Stati Limite di Salvaguardia della Vita



Totali rispetto al baricentro dei nodi

Combinazione	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
5	2920.43	805.81	-5247.99	-3673.28	13181.48	229.07
6	2920.43	-805.81	-5247.99	3673.31	13181.48	-229.04
7	876.13	2686.05	-5248.16	-12244.31	3642.59	763.52
8	-876.13	2686.05	-5248.3	-12244.31	-4533.59	763.51
9	-2920.44	805.81	-5248.46	-3673.28	-14072.48	229.04
10	-2920.43	-805.81	-5248.46	3673.31	-14072.47	-229.07
11	876.13	-2686.05	-5248.16	12244.34	3642.59	-763.51
12	-876.13	-2686.05	-5248.3	12244.34	-4533.6	-763.52

#### Combinazioni RARE agli Stati Limite di Esercizio

Totali rispetto al baricentro dei nodi

Combinazione	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
13	16.45	88.29	-5810.58	-247.2	-455.67	-8.83
14	27.42	88.29	-5574.25	-247.2	-401.33	-8.83
15	16.45	147.16	-5574.25	-412.01	-432.04	-14.72
16	16.45	147.16	-5634.05	-412.01	-438.01	-14.72

<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione di calcolo</b> <b>fondazioni Stazione Utente SU</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

## 5 MATERIALI UTILIZZATI

Si riportano le proprietà meccaniche dei materiali da costruzione prescritti per la realizzazione delle fondazioni in oggetto.

### 5.1 Conglomerato cementizio per opere non strutturali

Ai fini non strutturali il conglomerato cementizio dovrà avere le seguenti caratteristiche:

#### Classe C12/15

con le seguenti resistenze:

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione:	$f_{ck} = 12 \text{ MPa}$
Resistenza caratteristica cubica a compressione:	$R_{ck} = 15 \text{ MPa}$

### 5.2 Conglomerato cementizio per fondazioni

La composizione del conglomerato cementizio sarà a **prestazione garantita e conforme alla Norma EN206-1**, la classe di resistenza adottata nella progettazione esecutiva di tutte le strutture sarà:

#### Classe C32/40

con le seguenti resistenze:



Resistenza caratteristica cilindrica a compressione:	$f_{ck} = 32 \text{ MPa}$
Resistenza caratteristica cubica a compressione:	$R_{ck} = 40 \text{ MPa}$
Resistenze di calcolo:	
- Calcestruzzo - SLU:	$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{mc} = 0.85 \times 32 / 1.5 = 18.13 \text{ MPa}$
- Calcestruzzo – SLE (rara):	$\sigma_c = 0.60 \times f_{ck} = 0.60 \times 32 = 19.20 \text{ MPa}$
- Calcestruzzo – SLE (quasi permanente):	$\sigma_c = 0.45 \times f_{ck} = 0.45 \times 32 = 14.40 \text{ MPa}$

➤ **Classe di esposizione per tutte le strutture: XC4/XF3**

Secondo Linee guida per il calcestruzzo strutturale emesse dal S.T.C. del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

- **Condizioni Ambientali:** **ORDINARIE**
- **Additivo** **IDROFUGO**
- **Modalità di messa in opera:** Secondo Linee guida per il calcestruzzo strutturale emesse dal S.T.C. del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Il copriferro minimo sarà pari a 40 mm per le strutture fondali in opera.

<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione di calcolo</b> <b>fondazioni Stazione Utente SU</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

Il conglomerato strutturale in opera sarà inoltre caratterizzato dai seguenti requisiti compositivi e prestazionali

- classe di consistenza misurata mediante abbassamento al cono:  
S4 = 160 – 210mm secondo UNI 9858;
- diametro massimo dell'aggregato: 25mm;
- rapporto max. acqua/cemento = 0.50;
- Classe di contenuto in cloruri nel cls: Cl 0.20 ( $\leq 0.20\%$ )

### 5.3 Acciaio per armature

Si useranno barre in acciaio saldabile del tipo:

#### **B450C**

avente le seguenti caratteristiche meccaniche:

- Tensione caratteristica di snervamento  $f_{y, nom} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica di rottura  $f_{t, nom} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
- Allungamento percentuale  $(A_{Gt})_K \geq 7.5\%$

Per  $f_y = f_{y, nom}$  si hanno le seguenti resistenze di calcolo:

- Acciaio - SLU:  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{ms} = 450 / 1.15 = 391.30 \text{ MPa}$
- Acciaio – SLE (tutte):  $\sigma_s = 0.80 \times f_{yk} = 0.80 \times 450 = 360.00 \text{ MPa}$



**Progettazione:**



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione di calcolo  
fondazioni Stazione Utente SU**

**Committente:**



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

## 6 PARAMETRIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

**La tipologia strutturale in progetto è classificata in categoria 3, con vita nominale pari a 100 anni, e classe d'uso IV.**



La parametrizzazione sismica del sito oggetto di intervento fornisce le seguenti evidenze:

	Tr	ag	F0	T*c
SLO	120	0.109	2.455	0.279
SLD	201	0.133	2.452	0.282
SLV	1898	0.273	2.463	0.316
SLC	2475	0.294	2.522	0.320

Si è considerato:

- |   |                               |             |
|---|-------------------------------|-------------|
| ➤ Opere con livelli prestazioni elevate                       | Vita nominale $\geq 100$ anni | § 2.4.1 /1/ |
| ➤ Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti | Classe d'uso IV               | § 2.4.2 /1/ |
| ➤ Coefficiente d'uso  | Cu = 2.0                      | § 2.4.3 /1/ |

Si è inoltre considerata una superficie topografica (T2) ed un sottosuolo di categoria C.

<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione di calcolo</b> <b>fondazioni Stazione Utente SU</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

## 7 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Si riporta sinteticamente un estratto di quanto riportato nella relazione geotecnica (vedi doc. /7/).

Quello sotto presentato è un modello geotecnico finalizzato alla conduzione delle analisi e delle verifiche geotecniche oggetto del presente documento.

Un modello geotecnico, infatti, è un insieme di parametri – fisici, di resistenza e di deformabilità – che, unitamente a delle leggi costitutive di previsione, consentono di modellare matematicamente la risposta meccanica del terreno.

Per cui il modello geotecnico non è unico: ve ne sono diversi, a seconda delle ipotesi cui fanno riferimento i metodi di calcolo impiegati in specifiche analisi di differenti opere geotecniche.

Quello sotto presentato è specifico per l'analisi e verifica delle fondazioni superficiali.



Descrizione	Profondità (m)		Peso volume	Resistenza non drenata	Angolo Resistenza	Coesione efficace	Modulo edometrico
	da	a	$\gamma$ kPa	$S_u$ kPa	$\phi$ °	$c'$ kPa	$M$ MPa
<i>Formazione argillitica alterata (Coltre)</i>	0	5.0	19	50	24	7	20

Per maggiori dettagli relativi alla caratterizzazione del modello geotecnico si rimanda relazione geologica, elaborato /6/, e alla relazione geotecnica, elaborato /7/.

**Visto il livello di progettazione e di autorizzazione del progetto in oggetto non è consentita l'esecuzione di indagini geologiche e geognostiche in sito.**

**Ragion per cui il modello geotecnico è stato determinato impiegando quanto desumibile dalla relazione geologica allegata (doc. /6/), che fa principalmente riferimento a studi di carattere bibliografico e cartografico, ed impiegando parametri ragionevoli e usuali per terreni quali quelli delle formazioni in oggetto frutto anche di esperienze dirette in precedenti lavori su litologie simili.**

**Si rimanda alla fase esecutiva la realizzazione delle opportune indagini geologiche e geognostiche per l'accurata caratterizzazione geotecnica dei terreni e l'aggiornamento del modello geotecnico.**

<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione di calcolo</b> <b>fondazioni Stazione Utente SU</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

## 8 MODELLAZIONE FEM DELLE FONDAZIONI

Di seguito si riporteranno la descrizione della modellazione adottata e le ipotesi seguite per le fondazioni che, in virtù delle loro caratteristiche, hanno richiesto una modellazione numerica ad elementi finiti.

### 8.1 Origine e affidabilità del codice di calcolo

Il codice di calcolo utilizzato è denominato Win-Strand Versione 2023-066 prodotto dalla ENEXSYS S.r.L. Via Tizzano 46/2 Casalecchio di Reno (Bologna), licenza d'uso numero 92320000ST, installato su personal computer con processore Intel-Core-i7-2600K CPU a 3.40Ghz/3.40GHz, memoria RAM da 8GB, sistema operativo Windows 1Professional a 64 bit. Il codice di calcolo utilizzato presenta un elevato grado di affidabilità, possiede un risolutore sviluppato dalla stessa casa Software (non importato da altre case), il programma è entrato sul mercato nel 1984 e con esso sono stati realizzati progetti strutturali di notevole valenza in tutto il mondo (si veda sito [www.enexsys.com](http://www.enexsys.com)). Codesta Società utilizza il programma dai primi anni '90 ed a corredo dello stesso è disponibile il manuale d'uso ed i test di validazione effettuati dalla casa produttrice (Benchmark), documentazione largamente visionata e valutata dagli scriventi anche attraverso l'assistenza on line ed il relativo forum.

### 8.2 Costante di sottofondo per terreno alla Winkler

Il valore della costante di sottofondo, parametro che caratterizza il metodo di Winkler (che assimila il suolo ad una distribuzione continua di molle elastiche tra loro indipendenti, la cui rigidezza è appunto caratterizzata da tale parametro) può essere determinato per via analitica, impiegando alcuni tra i metodi più affidabili reperibili nella letteratura tecnica internazionale.

La determinazione di questo parametro rimane comunque non scevra da incertezze in quanto non rappresenta in alcun modo una caratteristica geotecnica del terreno (essendo legata, tra le altre cose, anche alle dimensioni della fondazione).

Risulta però utile in sede di progettazione strutturale delle fondazioni per il dimensionamento delle armature.

#### DATI

Es =	<b>20</b>	MPa
Es =	20000	kPa
vs =	<b>0.3</b>	
E =	30000000	kPa
D =	<b>0.25</b>	m
L =	<b>1</b>	m
B =	<b>1</b>	m
B' =	<b>1</b>	m
H =	<b>1</b>	m
b =	<b>0.7</b>	m
h =	<b>0.25</b>	m
y <sub>G</sub> =	0.593	m
I =	0.1424	m <sup>4</sup>

**Progettazione:**



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione di calcolo  
fondazioni Stazione Utente SU**

**Committente:**



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

**Metodo di Biot**

$$k_s = \frac{0,95 \cdot E_s}{B \cdot (1 - \nu_s^2)} \cdot \left[ \frac{B^4 \cdot E_s}{(1 - \nu_s^2) \cdot EI} \right]^{0,108}$$

$$k_s = \mathbf{11817.65} \text{ kN/mc} = \mathbf{1.18} \text{ daN/cm}$$

**Metodo di Vesic**

$$k_s = \frac{0,65 \cdot E_s}{B \cdot (1 - \nu_s^2)} \cdot \sqrt[12]{\frac{B^4 \cdot E_s}{EI}}$$

$$k_s = \mathbf{9136.14} \text{ kN/mc} = \mathbf{0.91} \text{ daN/cm}$$

Si è assunto:

$$k_w = \mathbf{1} \text{ daN/cm}^3$$

### 8.3 TRASFORMATORE

Allo scopo di considerare nel miglior modo possibile la trasmissione dei carichi tra la struttura in elevazione (trasformatore) e la fondazione per ottenere un'affidabile distribuzione delle sollecitazioni, si è scelto di impiegare una modellazione numerica completa ad elementi finiti, che considerasse allo stesso tempo sia la parte di elevazione che quella di fondazione.

La struttura in elevazione è direttamente connessa alla fondazione, modellata con elementi finiti bidimensionali quadrangolari tipo plate.

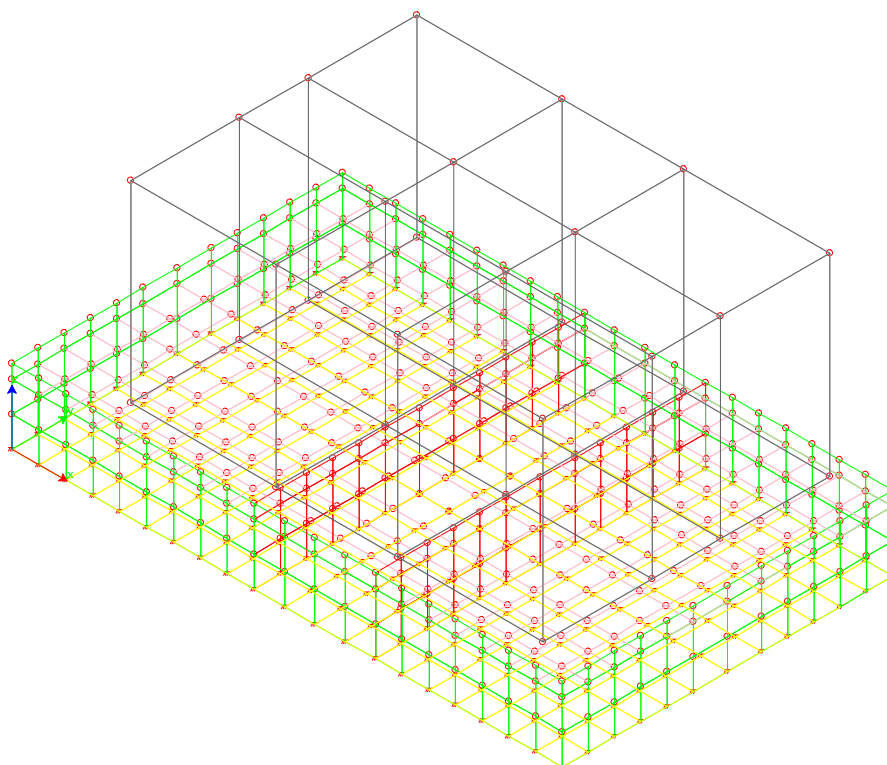
Gli elementi che costituiscono la soletta inferiore della fondazione e il marciapiede, posta a contatto con il terreno, sono considerati posti su un terreno alla Winkler.

Anche gli elementi che costituiscono le pareti laterali e i tratti orizzontali sono stati considerati.

Il modello di suolo alla Winkler, che considera il terreno come un letto uniforme di molle indipendenti dotate di sola rigidezza assiale, così che viene del tutto trascurata la sua natura continua, non è certamente un modello adatto ad analizzare geotecnicamente una fondazione (ad esempio dal punto di vista dello sviluppo del cedimento) ma può essere considerato affidabile, invece, per applicazioni strutturali, quali la determinazione del campo di sollecitazione negli elementi.

Il vantaggio di questo approccio di calcolo è che la fondazione è modellata in maniera tridimensionale ed è sollecitata, sia in condizioni statiche che sismiche, dall'intera struttura in elevazione, interamente compresa nel modello. In tal maniera si ottiene un'accurata distribuzione delle sollecitazioni, dovuta ad una più reale applicazione delle azioni agenti sull'elevazione.

Nel modello di calcolo si considerano applicati i carichi descritti al capitolo 4.



*Modello completo ad elementi finiti di riferimento per la definizione dello stato di sollecitazione nella fondazione. Vista unifilare.*

**Progettazione:**



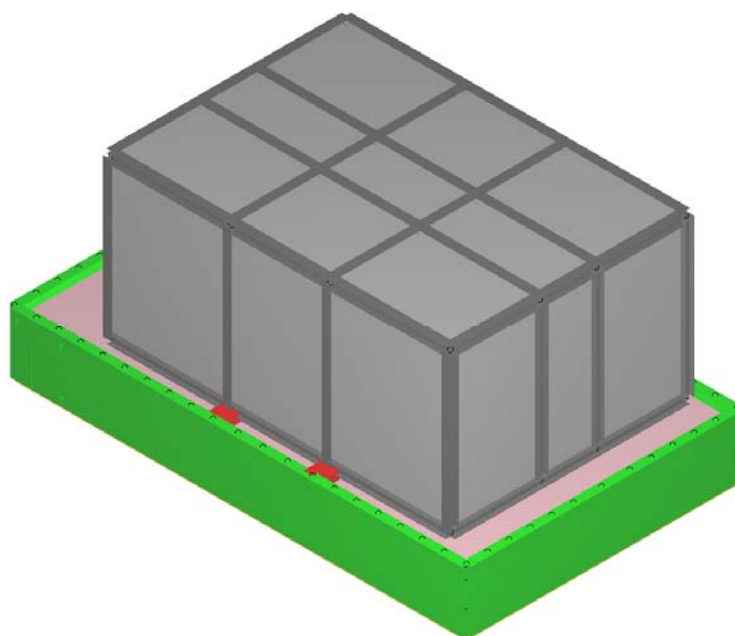
via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione di calcolo  
fondazioni Stazione Utente SU**

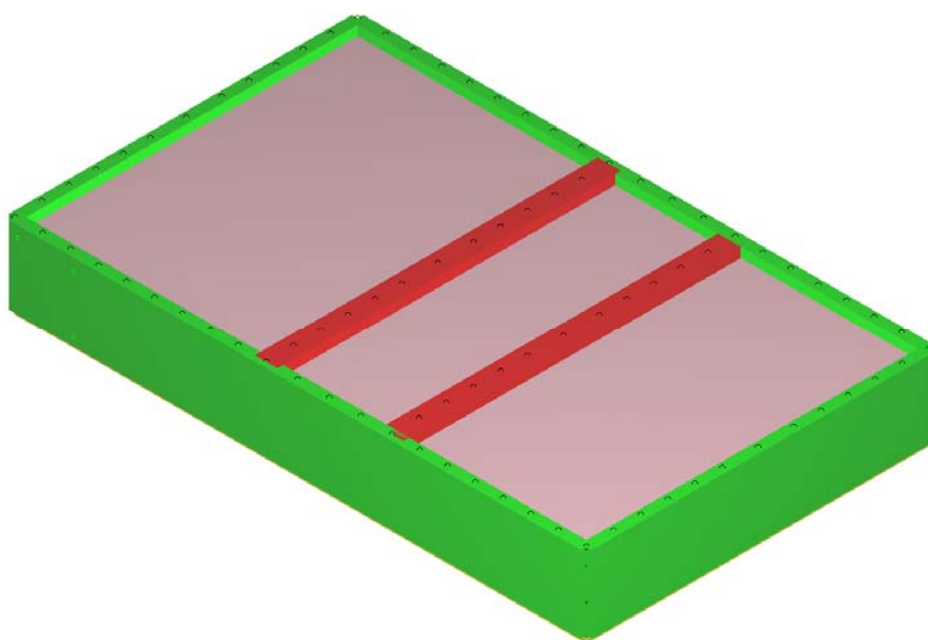
**Committente:**





ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)



*Modello completo ad elementi finiti di riferimento per la definizione dello stato di sollecitazione nella fondazione. Vista solida.*



*Modello ad elementi finiti di riferimento della fondazione a vasca. Vista solida.*

<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione di calcolo</b> <b>fondazioni Stazione Utente SU</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

Si riportano nei seguenti paragrafi i principali input del modello di calcolo impiegato per il progetto della fondazione in oggetto. I principali risultati di tale modellazione saranno riportati nei capitoli che seguono. In particolare:

- Al capitolo 8 saranno riportate, per le varie combinazioni di carico prese in considerazione, le sollecitazioni agenti sulla fondazione, relativamente alla quali saranno condotte le verifiche geotecniche ai capitoli 10 e 11.
- Al capitolo 12 saranno riportate le sollecitazioni negli elementi della fondazione (soletta di fondo, pareti esterne e interne) per le verifiche di resistenza strutturale degli stessi.

### 8.3.1 Dettagli sulla modellazione strutturale

Per la modellazione della platea si è scelto di utilizzare elementi 2D quadrangolari con 4 nodi di Gauss, uniti fra loro per formare una maglia di dimensioni e geometria corrispondenti a quelle della fondazione (vedi disegni esecutivi).

Sono stati adottati elementi a spessore costante.

I vincoli adottati nei nodi degli elementi 2D posti su suolo alla Winkler simulano il comportamento del terreno, ovvero impediscono le traslazioni in direzione  $x$  ed  $y$  lasciando libera la traslazione verticale  $z$  così permettendo il possibile cedimento fondale; inoltre viene impedita a rotazione attorno all'asse  $z$  per evitare deformazioni locali degli elementi 2D nel loro piano.

### 8.3.2 Dati relativi agli elementi finiti adottati

#### Elementi tipo trave

#### Convenzioni adottate

Ogni elemento tipo trave su suolo alla Winkler viene identificato da:

- Il nodo iniziale  $i$ ;
- il nodo finale  $j$ ;
- il nodo  $k$  che definisce l'orientamento nello spazio della terna riferimento locale dell'elemento.

La terna di riferimento locale della trave risulta essere così disposta:

Progettazione:



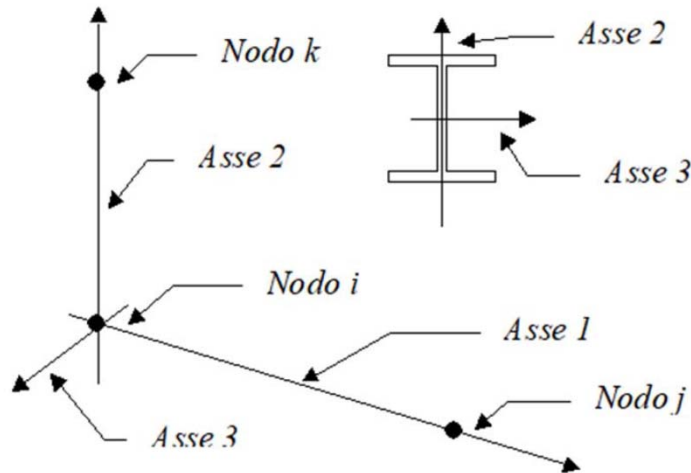
via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)



### Caratteristiche dei materiali

Tipo	Modulo Elastico [MPa]	$\nu$	alfa [1/°C]	Peso Specifico [kg/m³]	Commento
1	30000.00	0.120	0.000012	2500.0	Calcestruzzo
2	210000.00	0.330	0.000012	7850.0	Acciaio
3	210000.00	0.330	0.000010	0.0	Acciaio NULL

### Sezioni impiegate:

Sezione	Materiale	Tipo di Sezione	Parametri Dimensionali Commenti
1	3	HEA 200	Ausiliaria_Cabinati
2	1	a L	B= 35 H= 20 b= 25 h= 14 [cm] Trave B1 e B2
3	1	Rett.	B= 25 H= 50 [cm] Trave interna

### Caratteristiche inerziali:

Sezione	Materiale	Area [mm²]	Jt [mm⁴]	J2 [mm⁴]	J3 [mm⁴]	J23 [mm⁴]	Xx	Xy
1	3	5395	209849	36993177	13356557	0	4.1	1.4
2	1	64000	520113157	199377071	607044145	-57421868	1.2	1.2
3	1	125000	1787790330	2604166744	651041686	0	1.2	1.2



**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

**Committente:**

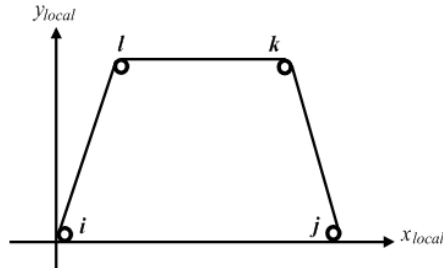
ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### Elementi a 4 nodi

#### Convenzioni adottate

L'elemento a 4 nodi è individuato tramite il numero dei quattro nodi di vertice dello stesso.

Gli assi del sistema di riferimento locale risultano così disposti:



- L'asse  $x_{locale}$  ha direzione parallela alla retta congiungente i nodi  $i$  e  $j$ , è passante per i medesimi nodi ed ha verso positivo da  $i$  a  $j$ .
- L'asse  $y_{locale}$  è ortogonale all'asse  $x_{locale}$ , passa per il nodo  $i$  ed ha verso positivo dalla parte del nodo  $l$ .
- L'asse  $z_{locale}$  è ottenuto per prodotto vettoriale fra  $x_{locale}$  e  $y_{locale}$ .

Tipo	Modulo Elastico [MPa]	$\nu$	alfa [1/°C]	Peso Specifico [kg/m³]	Commento
1	30000.00	0.120	0.000012	2500.0	Calcestruzzo
2	210000.00	0.330	0.000012	7850.0	Acciaio
3	210000.00	0.330	0.000010	0.0	Acciaio NULL

Numero	k Winkler [kg/cm³]	E [MPa]	$\nu$	k Winkler <sub>H</sub> [kg/cm³]	$\sigma_{Max}$ [MPa]	Commento
1	1.0	0.10	0.10	0.0	0.10	Camugnano

#### Sezioni Impiegate:

Sezione	Materiale	Tipo di Sezione	Parametri Dimensionali Commenti
1	1	Mesh platea	s= 25 [cm] Terreno numero 1 Camugnano Soletta sp.25 Base
2	1	Mesh isotropa	s= 20 [cm] Soletta sp.20 Pareti controterra
3	1	Mesh isotropa	s= 40 [cm] Soletta sp.40 Pareti interne
4	1	Mesh platea	s= 20 [cm] Terreno numero 1 Camugnano Soletta sp.20 Marciapiede
5	1	Mesh isotropa	s= 16 [cm] Soletta sp.16 Superiore

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### 8.3.3 Dati relativi combinazioni di carico

Condizioni di carico definite:

Condizione	
1	peso fondazione
2	peso cabinato
3	peso accessori
4	incremento +20%
5	vento X
6	vento Y
7	vento copertura
8	neve
9	Sisma 0SLU
10	Sisma 90SLU
11	Sisma 180SLU
12	Sisma 270SLU

### Combinazioni agli Stati Limite Ultimi

Combinazione di carico numero	
1	SLU Neve
2	SLU Vento X
3	SLU Vento Y
4	SLU Vento 45°

Comb.\Cond	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1.3	1.3	1.3	1.3	0.9	0.9	0.9	1.5
2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.5	0.9	0.9	0.75
3	1.3	1.3	1.3	1.3	0.9	1.5	0.9	0.75
4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.5	1.5	1.5	0.75

### Combinazioni agli Stati Limite di Salvaguardia della Vita

Combinazione di carico numero	
5	SLV 0 / 90
6	SLV 0 / 270
7	SLV 90 / 0
8	SLV 90 / 180
9	SLV 180 / 90
10	SLV 180 / 270
11	SLV 270 / 0
12	SLV 270 / 180

Comb.\Cond	1	2	3	4	9	10	11	12
5	1	1	1	1	1	0.3		
6	1	1	1	1	1			0.3
7	1	1	1	1	0.3	1		
8	1	1	1	1		1	0.3	
9	1	1	1	1		0.3	1	
10	1	1	1	1			1	0.3
11	1	1	1	1	0.3			1
12	1	1	1	1			0.3	1

### Combinazioni RARE Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero

**Progettazione:**



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione di calcolo  
fondazioni Stazione Utente SU**

**Committente:**



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

**Combinazione di carico numero**

13	SLE Neve
14	SLE Vento X
15	SLE Vento Y
16	SLE Vento 45°

**Comb.\Cond 1 2 3 4 5 6 7 8**

13	1	1	1	1	0.6	0.6	0.6	1
14	1	1	1	1	1	0.6	0.6	0.5
15	1	1	1	1	0.6	1	0.6	0.5
16	1	1	1	1	0.6	1	1	0.5

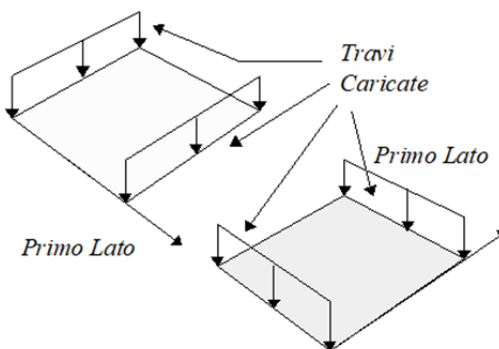
### 8.3.4 Dati relativi alle aree di carico

#### Convenzioni adottate

Nel seguito sono riportate le *aree di carico* definite nel progetto.

Un'*area di carico* è definita da una superficie contornata da travi di bordo ed i carichi superficiali su essa agenti vengono riportati dal programma sulle travi perimetrali in ragione dell'area di influenza relativa ad ogni trave e della direzione di orditura della superficie.

È importante rilevare che **la direzione di orditura viene assunta dal programma con riferimento al primo lato della superficie di carico e non con riferimento all'asse x globale della struttura.**



Esempio: *direzione* di orditura 0 gradi.

In particolare ricordiamo che le *aree di carico* fungono esclusivamente da supporto per il calcolo dei carichi di tipo superficiale in quanto i carichi definiti tramite tali *aree di carico* in effetti vengono trasferiti (sotto forma di carichi lineari o carichi nodali concentrati nei nodi) sulle travi perimetrali che contornano l'area di carico stessa.

A seguire vengono riportati per ogni tipologia definita i carichi agenti nelle varie condizioni di carico. La dizione:

#### Globale

indica che il carico è definito nel sistema di riferimento globale della struttura.

#### Globale Proiettato

indica che il carico è definito nel sistema di riferimento globale della struttura ma il valore viene computato in proiezione.

#### Locale

indica che il carico è definito nel sistema di riferimento locale della superficie di carico.

Area di Carico Numero	Commento
1	Area 1-Totale cabinato
3	Area 3-Vento X
4	Area 4-Vento Y
5	Area 5-Copertura

**Progettazione:**



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

Tipo	Alfa	Condizione	Carico Trasmesso	Riferimento	qx [kN/m <sup>2</sup> ] Qx [kN]	qy [kN/m <sup>2</sup> ] Qy [kN]	qz [kN/m <sup>2</sup> ] Qz [kN]
1	0.00	2	Alle Travi	Globale	0.0	0.0	27.0
					0.00	0.00	1053.00
1	0.00	3	Alle Travi	Globale	0.0	0.0	6.6
					0.00	0.00	257.40
1	0.00	4	Alle Travi	Globale	0.0	0.0	6.6
					0.00	0.00	257.40
3	0.00	5	Alle Travi	Globale	-0.7	0.0	0.0
					-24.75	0.00	0.00
4	0.00	6	Alle Travi	Globale	0.0	-0.7	0.0
					0.00	-35.70	0.00
5	0.00	7	Alle Travi	Globale	0.0	0.0	0.7
					-0.00	0.00	26.52
5	0.00	8	Alle Travi	Globale	0.0	0.0	2.1
					0.00	0.00	83.85

<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione di calcolo</b> <b>fondazioni Stazione Utente SU</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

## 9 FONDAZIONI SUPERFICIALI – ASPETTI PROGETTUALI DI BASE

In questo capitolo vengono descritte le condizioni generali, geometriche e geotecniche, ipotizzate per il progetto delle fondazioni superficiali in oggetto. Successivamente saranno illustrati gli aspetti teorici e scientifici che sono alla base del dimensionamento delle fondazioni.

### 9.1 Considerazioni generali

- Nelle verifiche di capacità portante delle fondazioni a vasca, il piano di posa delle fondazioni è considerato alla profondità prevista in progetto, e desumibile dagli elaborati grafici.
- I carichi sono stati forniti in tutte le combinazioni e quindi è stato possibile eseguire tutte le seguenti verifiche geotecniche delle fondazioni:
  - ✓ Verifica EQU;
  - ✓ Verifica di capacità portante;
  - ✓ Verifica allo scorrimento
- Le verifiche di capacità portante delle fondazioni superficiali, in campo statico e sismico, sono state valutate facendo riferimento ai parametri di resistenza non drenati (vedi cap. 7).
- Le verifiche geotecniche di resistenza della fondazione sono state condotte considerando la stessa come un'unica platea soggetta alla risultante dei carichi trasmessi dalla sovrastruttura nel proprio baricentro, in condizioni di flessione deviata.

### 9.2 Cenni sul calcolo capacità portante in campo statico

La capacità portante di fondazioni superficiali in assenza di carichi sismici è un argomento estensivamente analizzato in rigorosi e dettagliati studi nel corso degli anni e molti sono i libri e le bibliografie che riportano tali lavori.

In questo lavoro si procederà al calcolo della capacità portante con il metodo di Brinch – Hansen, le cui formule generali per la determinazione della capacità portante, sono:

Terreni di natura non coesiva:



$$q_{LIM} = \frac{1}{2} \gamma B N_{\gamma} i_{\gamma} + c N_c d_c i_c + q N_q s_q i_q d_q$$

Terreni di natura coesiva:

$$q_{LIM} = (2 + \pi) C u \cdot s_c \cdot i_c + q$$

Nel caso di terreno incoerente viene applicata la formula così come riportata in EC7 /4/; in questo caso nella classica formula di Brinch Hansen il coefficiente  $N_{\gamma}$  viene presentato non con il valore tipico di Vesic /19/, ovvero come:

$$N_{\gamma} = 2(N_q + 1) \tan \phi$$

<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione di calcolo</b> <b>fondazioni Stazione Utente SU</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

ma con:

$$N_{\gamma} = 2(N_q - 1) \tan \phi$$

Questo fatto, come si vede nel lavoro /20/, può portare a differenze sostanziali nella valutazione del valore di  $N_{\gamma}$ ; tale differenza va da circa un 40% per angoli di attrito bassi ( $\phi=20^{\circ}$ ) a circa il 5% per angoli alti ( $\phi=35^{\circ}-40^{\circ}$ ).

### 9.3 Cenni sul calcolo capacità portante in campo sismico

Con il nascere di molte normative sempre più dettagliate che trattano della progettazione di strutture in zona sismica, tra cui l'Eurocodice 8 /5/, e con le verifiche agli stati limite che forniscono fattori di sicurezza più restrittivi, sono state eseguite numerose ricerche al fine di analizzare il problema della capacità portante in zona sismica legandola, con maggior rigore, alle caratteristiche sismiche del sito, ovvero alle caratteristiche di accelerazione orizzontale massima sul suolo  $a_g$  e al fattore  $S$  che tiene conto del profilo stratigrafico.

In altre parole, in aggiunta alle forze dovute alla gravità, la capacità portante viene legata al fattore:



$$k_h = \frac{a_g \cdot S}{g}$$

Tutti questi metodi fanno riferimento solo al calcolo della capacità portante in campo sismico in terreni dotati di angolo di attrito.

Le metodologie per eseguire il calcolo di capacità portante di fondazioni su terreni dotati di angolo d'attrito sono riportate in /22/ e /30/.

In alternativa, la normativa lascia la possibilità di determinazione della capacità portante limite ricorrendo all'impiego delle formulazioni classiche anche nel caso sisma purché si mantenga lo stesso coefficiente di sicurezza del caso statico. Se, nel calcolo del carico limite, si considera esplicitamente l'effetto delle azioni inerziali sul volume di terreno significativo, il coefficiente  $\gamma_R$  può essere ridotto a 1.8.

*Nel presente lavoro, in campo sismico la capacità portante delle fondazioni sarà valutata in maniera analoga al caso statico, applicando i coefficienti parziali di sicurezza definiti dalle Norme NTC2018 /1/ al § 7.11.5.3.1.*

<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione di calcolo</b> <b>fondazioni Stazione Utente SU</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

## 10 VERIFICHE GEOTECNICHE DI RESISTENZA DELLE FONDAZIONI

Nel presente capitolo si riportano tutte le verifiche geotecniche delle fondazioni allo Stato Limite Ultimo, quindi in termini di resistenza.

Si avranno quindi, in particolare:

- Verifica di ribaltamento (condizioni EQU)
- Verifica di scorrimento rispetto al piano di posa
- Verifica di capacità portante

Si allegano le verifiche nella condizione più gravosa sia in combinazione statica che sismica, facendo riferimento alle azioni riportate al § 4.4 ed ai criteri definiti e descritti al capitolo 9.

*Tutte le verifiche cui sarà soggetta la fondazione in oggetto nell'ambito del presente documento saranno condotte con riferimento all'approccio progettuale 2, con combinazione dei coefficienti parziali di sicurezza (A1+M1+R3), così come definito dalle NTC2018 /1/ al § 6.4.*

Le verifiche geotecniche sono fatte, cautelativamente, considerando concomitanti i valori massimi di tutte le componenti di sollecitazioni.

Per non appesantire inutilmente la trattazione e per maggiore chiarezza, si procederà nella seguente maniera nei capitoli successivi per la presentazione delle verifiche geotecniche:

- si riporterà in forma completa, nel presente capitolo, la verifica geotecnica della fondazione nella condizione statica più gravosa, a chiarimento della procedura di calcolo applicata;
- si riporterà in forma completa, nel presente capitolo, la verifica geotecnica della fondazione nella condizione sismica più gravosa, a chiarimento della procedura di calcolo applicata;
- relativamente alle altre tipologie di plinti e alle altre combinazioni di carico, statiche e sismiche, si riporterà solo un prospetto riepilogativo dei principali dati di input e dei risultati delle verifiche.

Nei prospetti di riepilogo saranno evidenziati i seguenti dati:

- Identificativo della fondazione;
- Analisi di riferimento nella combinazione dei carichi;
- Azioni agenti all'estradosso della fondazione;
- Azioni agenti all'intradosso della fondazione (prese a riferimento nelle verifiche geotecniche);
- Geometria della fondazione: lunghezza e larghezza dell'area di impronta a terra;
- Resistenze di progetto in approccio progettuale 2: capacità portante, resistenza allo scorrimento ed al ribaltamento;
- Esito delle verifiche geotecniche di resistenza: capacità portante, scorrimento e ribaltamento.



**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### 10.1 TRASFORMATORE

#### 10.1.1 Verifica in campo statico

#### Dati

##### DATI FONDAZIONE

##### Fondazione rettangolare con dado superiore (carico centrato):

Larghezza : B =	6.00	m	Altezza ciabatta h =	0.25	m
Lunghezza: L =	10.00	m	Larghezza parte super.: B1 =	0.00	m
Altezza totale fond: H =	1.55	m	Lunghezza parte super.: L1 =	0.00	m
Prof. fondo scavo H =	1.35	m	Peso terreno riempimento: $\gamma_t$ =	0.00	kN/mc
Fuori terra fd =	0.20	m	Peso calcestruzzo: $\gamma_c$ =	0.00	kN/mc
Eccentricità dado asse B =	0.00	m			
Eccentricità dado asse L =	0.00	m	Peso fondazione:	0.00	kN
Vol. fondazione:	15.00	mc	Peso terreno sovrastante	0.00	kN
Vol. terreno sovrast.:	66.00	mc	Sottospinta idraulica:	0.0	kN
Vol. dado superiore:	0.00	mc			

##### DATI GEOTECNICI

Metodo di calcolo:	NT2018
Tipo di terreno:	c Terreno coesivo

##### Caratteristiche terreno:

Peso specifico:	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )=	19
Peso specifico in falda:	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )=	9.19
Angolo di attrito interno:	$\phi$ =	
Coesione:	c (kPa) =	
Coesione non drenata:	Cu (kPa) =	50
Livello falda:	hf =	10.00

#### Carichi agenti sulla fondazione

##### Azioni trasmesse dalla sovrastruttura:

##### AZIONI NON FATTORIZZATE

Coeff. moltiplicativi carichi	Permanenti strutturali		Perman. non strutturali		Variabili		Totali
	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.	
A1 $\gamma F$	1	1.3	0.8	1.5	0	1.5	
Sforzo normale (kN)							N (kN)
valori non fattorizz.	0	3035.769	0	0	0	0	
A1 valori fattorizz.	0	3946.5	0	0	0	0	3946.5

Taglio secondo B (kN)	Variabili	Totali
valori non fattorizz.	35.7	
A1 valori fattorizz.	53.55	53.55

Momento flett. secondo B (kNm)	Totali
valori non fattorizz.	112.4
A1 valori fattorizz.	168.67

Taglio secondo L (kN)	Variabili	Totali
valori non fattorizz.	24.75	
A1 valori fattorizz.	37.13	37.13

Momento flett. secondo L (kNm)	Totali
valori non fattorizz.	871.1
A1 valori fattorizz.	1306.7

**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

**Verifica a ribaltamento****VERIFICA EQU****VERIFICA AL RIBALTAMENTO - stabilità globale.****Coeff. EQU**

Coeff. moltiplicativi carichi	Permanenti strutturali		Perman. non strutturali		Variabili		Totali
	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.	
<b>EQU <math>\gamma F</math></b>	0.9	1.1	0.8	1.5	0	1.5	
<b>Sforzo normale (kN)</b>							N (kN)
valori non fattorizz.	3035.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Instab.
Peso fondazione	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>0.0</b>
Sottospinta idraulica:	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	N (kN)
Peso terreno sovrast.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	stabilizz.
valori fattorizz.	2732.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>2732.2</b>
Peso fondazione	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>0.0</b>
Sottospinta idraulica:	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso terreno sovrast.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>0.0</b>
					N fondo scavo:		<b>2732.2</b>
<b>Taglio secondo B (kN)</b>							V <sub>B</sub> (kN)
valori non fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.7	
valori fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	53.6	<b>53.6</b>
<b>Taglio secondo L (kN)</b>							V <sub>L</sub> (kN)
valori non fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.8	
valori fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.1	<b>37.1</b>
<b>Momento flett. secondo B (kNm)</b>							M <sub>B</sub> (kNm)
valori non fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	112.4	
valori fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	168.7	<b>168.7</b>
					M fondo scavo:		<b>251.6725</b>
<b>Momento flett. secondo L (kNm)</b>							M <sub>L</sub> (kNm)
valori non fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	871.1	
valori fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1306.7	<b>1306.7</b>
					M fondo scavo:		<b>1364.2515</b>

**Direzione B**

I carichi dovuti al terreno sopra la fondazione vengono considerati nella stabilità.

Carichi esterni:	Minst =	251.7	kNm
Sottosp. idraulica:	Minst = N x B/2 =	0.00	kNm
Eccentricità dado:	Minst =	0	kNm
	Minst,tot = Ed =	<b>251.67</b>	kNm
Mres = Rd =	N x B/2 =	<b>8197</b>	kNm
Risulta:	Ed	<	Rd

**VERIFICA SODDISFATTA**
**Direzione L**

Carichi esterni:	Minst =	1364.3	kNm
Sottosp. idraulica:	Minst = N x L/2 =	0.00	kNm
Eccentricità dado:	Minst =	0	kNm
	Minst,tot = Ed =	<b>1364.25</b>	kNm
Mres = Rd =	N x B/2 =	<b>13661</b>	kNm
Risulta:	Ed	<	Rd

**VERIFICA SODDISFATTA**

**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### Verifica Capacità portante e scorrimento

#### APPROCCIO 2

Combinazione 1:

A1 + M1 + R3

Terreno coesivo

#### Azioni trasmesse dalla sovrastruttura:

##### AZIONI NON FATTORIZZATE

Coeff. moltiplicativi carichi	Permanenti strutturali		Perman. non strutt.		Variabili		Totali
	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.	
A1 $\gamma F$	1	1.3	0.8	1.5	0	1.5	
<b>Sforzo normale (kN)</b>							N (kN)
valori non fattorizz.	0	3035.769	0	0	0	0	
A1 valori fattorizz.	0	3946.5	0	0	0	0	<b>3946.5</b>

Taglio secondo B (kN)	Variabili	Totali
valori non fattorizz.	35.7	
A1 valori fattorizz.	53.55	<b>53.55</b>

Momento flett. Secondo B (kNm)	Totali
valori non fattorizz.	112.446667
A1 valori fattorizz.	168.67
	<b>168.67</b>

Taglio secondo L (kN)	Variabili	Totali
valori non fattorizz.	24.75	
A1 valori fattorizz.	37.13	<b>37.13</b>

Momento flett. secondo L (kNm)	Totali
valori non fattorizz.	871.133333
A1 valori fattorizz.	1306.7
	<b>1306.7</b>

#### CARICHI IN TESTA ALLA FONDAZIONE

	A1
Carico verticale:	kN 3946.50
Taglio secondo B:	kN 53.55
Taglio secondo L:	kN 37.13
Momento flettente secondo B:	kNm 168.7
Momento flettente secondo L:	kNm 1306.7

Sforzo normale fondazione (kN)	Calcestruzzo		Terreno		Falda	Totale	Totale
	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.
valori non fattorizz.	0	0.0	0.0	0.0	0.0		
A1 valori fattorizz.	0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>

#### CARICHI A FONDO SCAVO DELLA FONDAZIONE

	A1
Carico verticale:	kN <b>3946.5</b>
Taglio secondo B:	kN <b>53.6</b>
Taglio secondo L:	kN <b>37.1</b>
Momento flettente secondo B:	kNm <b>251.7</b>
Momento flettente secondo L:	kNm <b>1364.3</b>

**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### DETERMINAZIONE DELLA CAPACITA' PORTANTE DEL TERRENO

**NON DRENATE**

Formula generale di Brinch - Hansen

Come da EC7

$$q_{LIM} = (\pi + 2) \cdot C_u \cdot bc \cdot sc \cdot ic + q$$

Si fanno le seguenti ipotesi di base:

- 1) L'inclinazione del piano di campagna è nulla
- 2) L'inclinazione del piano della fondazione è nulla, ovvero  $bc = 0$

### APPROCCIO 2

Combinazione1: A1 + M1 + R3

Caratteristiche del terreno:

Peso specifico:  $\gamma$  (kN/m<sup>3</sup>) =

Coesione non drenata:  $c$  (kPa) =

Val. caratt.	Combin 1: M1	
19	1	19
50	1	50

Caratteristiche della fondazione:

Larghezza della fondazione:  $B = 6.00$  m

Lunghezza della fondazione:  $L = 10.00$  m

Profondità della fondazione:  $H' = 1.35$  m

Sollecitazioni al piano di imposta della fondazione.

Azioni agenti Direzione B	Nsd kN	Vsd(B) kN	Msd(B) kNm	Ecc. e(B) m	B'	e/B
Combinaz. 1: A1	3946.50	53.55	251.67	0.064	5.87	0.01

Azioni agenti Direzione L	Nsd kN	Vsd(L) kN	Msd(L) kNm	Ecc. e(L) m	L'	e/L
Combinaz. 1: A1	3946.50	37.13	1364.25	0.346	9.31	0.03

Taglio complessivo	Vsd kN
Combinaz. 1: A1	65.2

**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

**Coefficienti di calcolo:**

<i>Combinazione 1: M1</i>	sc = 1.126	<b>Direzione B</b>
	ic = 0.994	
	dc = 1.046	

**Calcolo della capacità portante limite:**

	Coesione kPa	Sovracc. kPa	Totale kPa	
<i>Combinazione 1: M1</i>	288	26	313	<b>Direzione B</b>

**Calcolo della capacità portante resistente:**

	$\gamma R$	$p_{R,d}$	$R_d$	
<i>Combinazione 1: R3</i>	2.3	<b>136 kPa</b>	7449 kN	<b>Direzione B</b>

**VERIFICA COLLASSO PER CARICO LIMITE**



Il carico limite, calcolato con i coefficienti M1, R3 sono calcolati di seguito.

Combinazione 1:  $Ed (kN) = 3947 < 7449 = Rd (kN)$   
**VERIFICA SODDISFATTA**

**VERIFICA COLLASSO PER SCORRIMENTO***Terreno coesivo*

Si pone:		Cu (kPa) = 50		$R_d = A_c \times C_u$				
Comb	$Ed (kN)$		$B_{cp} (m)$	$gR$	$C_u (kPa)$	$R_d (kN)$	$R_d / gR$	
1	<b>54</b>		<b>5.87</b>	1.1	50	2936	<b>2669</b>	<b>Direzione B</b>
1	<b>37</b>		<b>9.31</b>	1.1	50	2793	<b>2539</b>	<b>Direzione L</b>
<i>Risulta</i>								
<b>Direzione B</b>		Comb. 1:	$Ed < Rd / \gamma R$	<b>VERIFICA SODDISFATTA</b>				
<b>Direzione L</b>		Comb. 1:	$Ed < Rd / \gamma R$	<b>VERIFICA SODDISFATTA</b>				

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione di calcolo</b> <b>fondazioni Stazione Utente SU</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

### 10.1.2 Verifica in campo sismico- SLV X

#### Carichi agenti sulla fondazione

##### Azioni trasmesse dalla sovrastruttura:

AZIONI NON FATTORIZZATE						
Coeff. moltiplicativi carichi	Permanenti strutturali		Perman. non strutturali		Variabili	
	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.
<b>A1</b>	1	1	1	1	0	1
<b>Sforzo normale (kN)</b>						
valori non fattorizz.	0	2936.3	0	0	0	0
<b>A1 valori fattorizz.</b>	0	2936.3	0	0	0	0
						<b>Totale</b>
						<b>2936.3</b>

Taglio secondo B (kN)	Variabili	Totale
valori non fattorizz.	327.15	
<b>A1 valori fattorizz.</b>	327.15	<b>327.15</b>

Momento flett. secondo B (kNm)	Totale
valori non fattorizz.	360.68
<b>A1 valori fattorizz.</b>	<b>360.68</b>

Taglio secondo L (kN)	Variabili	Totale
valori non fattorizz.	856.35	
<b>A1 valori fattorizz.</b>	856.35	<b>856.35</b>

Momento flett. secondo L (kNm)	Totale
valori non fattorizz.	2186.2
<b>A1 valori fattorizz.</b>	<b>2186.2</b>

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### Verifica a ribaltamento

#### VERIFICA EQU

#### VERIFICA AL RIBALTAMENTO - stabilità globale.

#### Coeff. EQU

Coeff. moltiplicativi carichi	Permanenti strutturali		Perman. non strutturali		Variabili		Totali
	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.	
EQU yF	1	1	1	1	0	1	
<b>Sforzo normale (kN)</b>							N (kN)
valori non fattorizz.	2936.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Instab.
Peso fondazione	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>0.0</b>
Sottospinta idraulica:	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	N (kN)
Peso terreno sovrast.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	stabilizz.
valori fattorizz.	2936.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>2936.3</b>
Peso fondazione	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>0.0</b>
Sottospinta idraulica:	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso terreno sovrast.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>0.0</b>
					N fondo scavo:		<b>2936.3</b>
<b>Taglio secondo B (kN)</b>							V <sub>B</sub> (kN)
valori non fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	327.2	
valori fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	327.2	<b>327.15</b>
<b>Taglio secondo L (kN)</b>							V <sub>L</sub> (kN)
valori non fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	856.4	
valori fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	856.4	<b>856.35</b>
<b>Momento flett. secondo B (kNm)</b>							M <sub>B</sub> (kNm)
valori non fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	360.7	
valori fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	360.7	<b>360.7</b>
					M fondo scavo:		<b>867.7625</b>
<b>Momento flett. secondo L (kNm)</b>							M <sub>L</sub> (kNm)
valori non fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2186.2	
valori fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2186.2	<b>2186.2</b>
					M fondo scavo:		<b>3513.5425</b>

#### Direzione B

I carichi dovuti al terreno sopra la fondazione vengono considerati nella stabilità.

Carichi esterni:	Minst =	867.8	kNm
Sottosp. idraulica:	Minst = N <sub>i</sub> x B/2 =	0.00	kNm
Eccentricità dado:	Minst =	0	kNm
	Minst,tot = Ed =	<b>867.76</b>	kNm
	Mres = Rd =	N x B/2 =	<b>8809</b> kNm
Risulta:	Ed	<	Rd

**VERIFICA SODDISFATTA**

#### Direzione L

Carichi esterni:	Minst =	3513.5	kNm
Sottosp. idraulica:	Minst = N <sub>i</sub> x L/2 =	0.00	kNm
Eccentricità dado:	Minst =	0	kNm
	Minst,tot = Ed =	<b>3513.54</b>	kNm
	Mres = Rd =	N x B/2 =	<b>14682</b> kNm
Risulta:	Ed	<	Rd

**VERIFICA SODDISFATTA**



**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### Verifica capacità portante e scorrimento

#### APPROCCIO 2

Combinazione 1:

A1 + M1 + R3

Terreno coesivo

#### Azioni trasmesse dalla sovrastruttura:

##### AZIONI NON FATTORIZZATE

Coeff. moltiplicativi carichi	Permanenti strutturali		Perman. non strutt.		Variabili		Totali
	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.	
A1 $\gamma F$	1	1	1	1	0	1	
<b>Sforzo normale (kN)</b>							N (kN)
valori non fattorizz.	0	2936.3	0	0	0	0	
A1 valori fattorizz.	0	2936.3	0	0	0	0	<b>2936.3</b>

Taglio secondo B (kN)	Variabili	Totali
valori non fattorizz.	327.15	
A1 valori fattorizz.	327.15	<b>327.15</b>

Momento flett. Secondo B (kNm)	Totali
valori non fattorizz.	360.68
A1 valori fattorizz.	<b>360.68</b>

Taglio secondo L (kN)	Variabili	Totali
valori non fattorizz.	856.35	
A1 valori fattorizz.	856.35	<b>856.35</b>

Momento flett. secondo L (kNm)	Totali
valori non fattorizz.	2186.2
A1 valori fattorizz.	<b>2186.2</b>

#### CARICHI IN TESTA ALLA FONDAZIONE

	A1
Carico verticale:	kN 2936.30
Taglio secondo B:	kN 327.15
Taglio secondo L:	kN 856.35
Momento flettente secondo B:	kNm 360.7
Momento flettente secondo L:	kNm 2186.2

Sforzo normale fondazione (kN)	Calcestruzzo		Terreno		Falda	Totale	Totale
	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.
valori non fattorizz.	0	0.0	0.0	0.0	0.0		
A1 valori fattorizz.	0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>

#### CARICHI A FONDO SCAVO DELLA FONDAZIONE

	A1
Carico verticale:	kN <b>2936.3</b>
Taglio secondo B:	kN <b>327.2</b>
Taglio secondo L:	kN <b>856.4</b>
Momento flettente secondo B:	kNm <b>867.8</b>
Momento flettente secondo L:	kNm <b>3513.5</b>



**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### DETERMINAZIONE DELLA CAPACITA' PORTANTE DEL TERRENO

**NON DRENATE**

Formula generale di Brinch - Hansen

Come da EC7

$$q_{LIM} = (\pi + 2) \cdot C_u \cdot bc \cdot sc \cdot ic + q$$

Si fanno le seguenti ipotesi di base:

- 1) L'inclinazione del piano di campagna è nulla
- 2) L'inclinazione del piano della fondazione è nulla, ovvero  $bc = 0$

### APPROCCIO 2

Combinazione1: A1 + M1 + R3

Caratteristiche del terreno:

Peso specifico:  $\gamma$  (kN/m<sup>3</sup>) =Coesione non drenata:  $c$  (kPa) =

Val. caratt.	Combin 1: M1	
19	1	19
50	1	50

Caratteristiche della fondazione:

Larghezza della fondazione:

B = 6.00 m

Lunghezza della fondazione:

L = 10.00 m

Profondità della fondazione:

H' = 1.35 m

Solllecitazioni al piano di imposta della fondazione.

Azioni agenti Direzione B	Nsd kN	Vsd(B) kN	Msd(B) kNm	Ecc. e(B) m	B'	e/B
Combinaz. 1: A1	2936.30	327.15	867.76	0.296	5.41	0.05

Azioni agenti Direzione L	Nsd kN	Vsd(L) kN	Msd(L) kNm	Ecc. e(L) m	L'	e/L
Combinaz. 1: A1	2936.30	856.35	3513.54	1.197	7.61	0.12

Taglio complessivo	Vsd kN
Combinaz. 1: A1	916.7

**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

**Coefficienti di calcolo:**

<i>Combinazione 1: M1</i>	sc = 1.142	<b>Direzione B</b>
	ic = 0.872	
	dc = 1.050	

**Calcolo della capacità portante limite:**

	Coesione kPa	Sovracc. kPa	Totale kPa	
<i>Combinazione 1: M1</i>	269	26	295	<b>Direzione B</b>

**Calcolo della capacità portante resistente:**

	$\gamma R$	$p_{R,d}$	$R_d$	
<i>Combinazione 1: R3</i>	2.3	<b>128 kPa</b>	5270 kN	<b>Direzione B</b>

**VERIFICA COLLASSO PER CARICO LIMITE**

Il carico limite, calcolato con i coefficienti M1, R3 sono calcolati di seguito.

Combinazione 1:  $E_d$  (kN) = **2936** < **5270** =  $R_d$  (kN)

**VERIFICA SODDISFATTA**

**VERIFICA COLLASSO PER SCORRIMENTO***Terreno coesivo*

VERIFICA SODDISFATTA								VERIFICA SODDISFATTA	
Si pone:		$C_u$ (kPa) = 50		$R_d = A_c \times C_u$					
Comb	$E_d$ (kN)	Bcp (m)	$g_R$	$C_u$ (kPa)	$R_d$ (kN)	$R_d / g_R$		Verifica §6.5.3 EC7	
1	327	5.41	1.1	50	2704	2459		Direzione B	
1	856	7.61	1.1	50	2282	2075		Direzione L	
Risulta									
Direzione B		Comb. 1:		$E_d < R_d / \gamma_R$					
VERIFICA SODDISFATTA									
Direzione L		Comb. 1:		$E_d < R_d / \gamma_R$					
VERIFICA SODDISFATTA									

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione di calcolo  
fondazioni Stazione Utente SU**

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### 10.1.3 Verifica in campo sismico- SLV Y

Fondazione:	Trasformatore	Larghezza fondazione B:	6.00	m
Comb. carico:	SLV seismic Y	Lunghezza fondazione L:	10.00	m
<b>Azioni estradosso fondazione:</b>		<b>Resistenze: Approccio 2 A1+M1+R3</b>		
Forza verticale N (kN):	2951	Capacità portante (kN):	4157	Rd
Forza di taglio T <sub>B</sub> (kN):	1091	Resistenza scorrimento dir B (kN):	1836	
Forza di taglio T <sub>L</sub> (kN):	257	Resistenza scorrimento dir L (kN):	2419	Rd
Momento flettente M <sub>B</sub> (kNm):	1202	M resistente ribaltamento dir B (kNm):	8852	Rd
Momento flettente M <sub>L</sub> (kNm):	1269	M resistente ribaltamento dir L (kNm):	14753	Rd
<b>Azioni intradosso fondazione:</b>		<b>Verifiche: Approccio 2 A1+M1+R3</b>		
Forza verticale N (kN):	2951	Verifica capacità portante:	VERIFICATO	71.0% Ed/Rd
Forza di taglio T <sub>B</sub> (kN):	1091	Verifica scorrimento dir B:	VERIFICATO	59.4% Ed/Rd
Forza di taglio T <sub>L</sub> (kN):	257	Verifica scorrimento dir L:	VERIFICATO	10.6% Ed/Rd
Momento ribaltante M <sub>B</sub> (kNm):	2893	Verifica ribaltamento dir B:	VERIFICATO	32.7% Ed/Rd
Momento ribaltante M <sub>L</sub> (kNm):	1667	Verifica ribaltamento dir L:	VERIFICATO	11.3% Ed/Rd

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### 10.2 APPARECCHIATURE ELETTRICHE

#### 10.2.1 Verifica in campo statico

Fondazione:	Apparecchi stallo	Larghezza fondazione B:	2.40	m
Comb. carico:	SLU static	Lunghezza fondazione L:	6.20	m
<b>Azioni estradosso fondazione:</b>		<b>Resistenze: Approccio 2 A1+M1+R3</b>		
Forza verticale N (kN):	20	Capacità portante (kN):	839	Rd
Forza di taglio T <sub>B</sub> (kN):	36	Resistenza scorrimento dir B (kN):	317	Rd
Forza di taglio T <sub>L</sub> (kN):	0	Resistenza scorrimento dir L (kN):	676	Rd
Momento flettente M <sub>B</sub> (kNm):	97	M resistente ribaltamento dir B (kNm):	173	Rd
Momento flettente M <sub>L</sub> (kNm):	0	M resistente ribaltamento dir L (kNm):	447	Rd
<b>Azioni intradosso fondazione:</b>		<b>Verifiche: Approccio 2 A1+M1+R3</b>		
Forza verticale N (kN):	208	Ed	Verifica capacità portante:	VERIFICATO 24.8% Ed/Rd
Forza di taglio T <sub>B</sub> (kN):	36	Ed	Verifica scorrimento dir B:	VERIFICATO 11.2% Ed/Rd
Forza di taglio T <sub>L</sub> (kN):	0	Ed	Verifica scorrimento dir L:	VERIFICATO 0.0% Ed/Rd
Momento ribaltante M <sub>B</sub> (kNm):	133	Ed	Verifica ribaltamento dir B:	VERIFICATO 76.7% Ed/Rd
Momento ribaltante M <sub>L</sub> (kNm):	0	Ed	Verifica ribaltamento dir L:	VERIFICATO 0.0% Ed/Rd

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

#### 10.2.2 Verifica in campo sismico

Non condotte in quanto condizione non significativa rispetto a quella statica.

### 10.3 INTERRUTTORE

#### 10.3.1 Verifica in campo statico

Fondazione:	Interruttore	Larghezza fondazione B:	2.40	m
Comb. carico:	SLU static	Lunghezza fondazione L:	6.20	m
<b>Azioni estradosso fondazione:</b>		<b>Resistenze: Approccio 2 A1+M1+R3</b>		
Forza verticale N (kN):	34	Capacità portante (kN):	806	Rd
Forza di taglio T <sub>B</sub> (kN):	37	Resistenza scorrimento dir B (kN):	306	Rd
Forza di taglio T <sub>L</sub> (kN):	0	Resistenza scorrimento dir L (kN):	676	Rd
Momento flettente M <sub>B</sub> (kNm):	110	M resistente ribaltamento dir B (kNm):	185	Rd
Momento flettente M <sub>L</sub> (kNm):	0	M resistente ribaltamento dir L (kNm):	478	Rd
<b>Azioni intradosso fondazione:</b>		<b>Verifiche: Approccio 2 A1+M1+R3</b>		
Forza verticale N (kN):	223	Ed	Verifica capacità portante:	VERIFICATO 27.6% Ed/Rd
Forza di taglio T <sub>B</sub> (kN):	37	Ed	Verifica scorrimento dir B:	VERIFICATO 12.0% Ed/Rd
Forza di taglio T <sub>L</sub> (kN):	0	Ed	Verifica scorrimento dir L:	VERIFICATO 0.0% Ed/Rd
Momento ribaltante M <sub>B</sub> (kNm):	147	Ed	Verifica ribaltamento dir B:	VERIFICATO 79.2% Ed/Rd
Momento ribaltante M <sub>L</sub> (kNm):	0	Ed	Verifica ribaltamento dir L:	VERIFICATO 0.0% Ed/Rd

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

#### 10.3.2 Verifica in campo sismico

Non condotte in quanto condizione non significativa rispetto a quella statica.

**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### 10.4 SEZIONATORE

#### 10.4.1 Verifica in campo statico

Fondazione:	Sezionatore	Larghezza fondazione B:	2.40	m
Comb. carico:	SLU static	Lunghezza fondazione L:	6.20	m
<b>Azioni estradosso fondazione:</b>		<b>Resistenze: Approccio 2 A1+M1+R3</b>		
Forza verticale N (kN):	20	Capacità portante (kN):	1262	Rd
Forza di taglio T <sub>B</sub> (kN):	21	Resistenza scorrimento dir B (kN):	463	Rd
Forza di taglio T <sub>L</sub> (kN):	0	Resistenza scorrimento dir L (kN):	676	Rd
Momento flettente M <sub>B</sub> (kNm):	52	M resistente ribaltamento dir B (kNm):	161	Rd
Momento flettente M <sub>L</sub> (kNm):	0	M resistente ribaltamento dir L (kNm):	416	Rd
<b>Azioni intradosso fondazione:</b>		<b>Verifiche: Approccio 2 A1+M1+R3</b>		
Forza verticale N (kN):	194	Verifica capacità portante:	VERIFICATO	15.3% Ed/Rd
Forza di taglio T <sub>B</sub> (kN):	21	Verifica scorrimento dir B:	VERIFICATO	4.5% Ed/Rd
Forza di taglio T <sub>L</sub> (kN):	0	Verifica scorrimento dir L:	VERIFICATO	0.0% Ed/Rd
Momento ribaltante M <sub>B</sub> (kNm):	73	Verifica ribaltamento dir B:	VERIFICATO	45.6% Ed/Rd
Momento ribaltante M <sub>L</sub> (kNm):	0	Verifica ribaltamento dir L:	VERIFICATO	0.0% Ed/Rd

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

#### 10.4.2 Verifica in campo sismico

Non condotte in quanto condizione non significativa rispetto a quella statica.

### 10.5 CASTELLETTO

#### 10.5.1 Verifica in campo statico

Fondazione:	Castelletto	Larghezza fondazione B:	1.80	m
Comb. carico:	SLU static	Lunghezza fondazione L:	1.80	m
<b>Azioni estradosso fondazione:</b>		<b>Resistenze: Approccio 2 A1+M1+R3</b>		
Forza verticale N (kN):	21	Capacità portante (kN):	205	Rd
Forza di taglio T <sub>B</sub> (kN):	11	Resistenza scorrimento dir B (kN):	68	Rd
Forza di taglio T <sub>L</sub> (kN):	0	Resistenza scorrimento dir L (kN):	147	Rd
Momento flettente M <sub>B</sub> (kNm):	22	M resistente ribaltamento dir B (kNm):	42	Rd
Momento flettente M <sub>L</sub> (kNm):	0	M resistente ribaltamento dir L (kNm):	42	Rd
<b>Azioni intradosso fondazione:</b>		<b>Verifiche: Approccio 2 A1+M1+R3</b>		
Forza verticale N (kN):	67	Verifica capacità portante:	VERIFICATO	32.9% Ed/Rd
Forza di taglio T <sub>B</sub> (kN):	11	Verifica scorrimento dir B:	VERIFICATO	15.8% Ed/Rd
Forza di taglio T <sub>L</sub> (kN):	0	Verifica scorrimento dir L:	VERIFICATO	0.0% Ed/Rd
Momento ribaltante M <sub>B</sub> (kNm):	33	Verifica ribaltamento dir B:	VERIFICATO	77.5% Ed/Rd
Momento ribaltante M <sub>L</sub> (kNm):	0	Verifica ribaltamento dir L:	VERIFICATO	0.0% Ed/Rd

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

#### 10.5.2 Verifica in campo sismico

Non condotte in quanto condizione non significativa rispetto a quella statica.

**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### 10.6 FABBRICATO LOCALI TECNICI

#### 10.6.1 Verifica in campo statico

Fondazione:	Edificio locali tecnici PLATEA		Larghezza fondazione B:	35.65	m
Comb. carico:	SLU static		Lunghezza fondazione L:	7.70	m
<b>Azioni estradosso fondazione:</b>			<b>Resistenze: Approccio 2 A1+M1+R3</b>		
Forza verticale N (kN):	7454		Capacità portante (kN):	32064	Rd
Forza di taglio T <sub>B</sub> (kN):	41		Resistenza scorrimento dir B (kN):	12427	Rd
Forza di taglio T <sub>L</sub> (kN):	221		Resistenza scorrimento dir L (kN):	12180	Rd
Momento flettente M <sub>B</sub> (kNm):	522		M resistente ribaltamento dir B (kNm):	91337	Rd
Momento flettente M <sub>L</sub> (kNm):	618		M resistente ribaltamento dir L (kNm):	19728	Rd
<b>Azioni intradosso fondazione:</b>			<b>Verifiche: Approccio 2 A1+M1+R3</b>		
Forza verticale N (kN):	7454	Ed	Verifica capacità portante:	VERIFICATO	23.2% Ed/Rd
Forza di taglio T <sub>B</sub> (kN):	41	Ed	Verifica scorrimento dir B:	VERIFICATO	0.3% Ed/Rd
Forza di taglio T <sub>L</sub> (kN):	221	Ed	Verifica scorrimento dir L:	VERIFICATO	1.8% Ed/Rd
Momento ribaltante M <sub>B</sub> (kNm):	534	Ed	Verifica ribaltamento dir B:	VERIFICATO	0.6% Ed/Rd
Momento ribaltante M <sub>L</sub> (kNm):	684	Ed	Verifica ribaltamento dir L:	VERIFICATO	3.5% Ed/Rd

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

#### 10.6.2 Verifica in campo sismico

Fondazione:	Edificio locali tecnici PLATEA		Larghezza fondazione B:	35.65	m
Comb. carico:	SLV seismic X		Lunghezza fondazione L:	7.70	m
<b>Azioni estradosso fondazione:</b>			<b>Resistenze: Approccio 2 A1+M1+R3</b>		
Forza verticale N (kN):	5249		Capacità portante (kN):	20796	Rd
Forza di taglio T <sub>B</sub> (kN):	2921		Resistenza scorrimento dir B (kN):	10484	
Forza di taglio T <sub>L</sub> (kN):	806		Resistenza scorrimento dir L (kN):	10060	Rd
Momento flettente M <sub>B</sub> (kNm):	14073		M resistente ribaltamento dir B (kNm):	93555	Rd
Momento flettente M <sub>L</sub> (kNm):	3673		M resistente ribaltamento dir L (kNm):	20207	Rd
			Rd		
<b>Azioni intradosso fondazione:</b>			<b>Verifiche: Approccio 2 A1+M1+R3</b>		
Forza verticale N (kN):	5249	Ed	Verifica capacità portante:	VERIFICATO	25.2% Ed/Rd
Forza di taglio T <sub>B</sub> (kN):	2921	Ed	Verifica scorrimento dir B:	VERIFICATO	27.9% Ed/Rd
Forza di taglio T <sub>L</sub> (kN):	806	Ed	Verifica scorrimento dir L:	VERIFICATO	8.0% Ed/Rd
Momento ribaltante M <sub>B</sub> (kNm):	14949	Ed	Verifica ribaltamento dir B:	VERIFICATO	16.0% Ed/Rd
Momento ribaltante M <sub>L</sub> (kNm):	3915	Ed	Verifica ribaltamento dir L:	VERIFICATO	19.4% Ed/Rd

Fondazione:	Edificio locali tecnici PLATEA		Larghezza fondazione B:	35.65	m
Comb. carico:	SLV seismic Y		Lunghezza fondazione L:	7.70	m
<b>Azioni estradosso fondazione:</b>			<b>Resistenze: Approccio 2 A1+M1+R3</b>		
Forza verticale N (kN):	5249		Capacità portante (kN):	9308	Rd
Forza di taglio T <sub>B</sub> (kN):	876		Resistenza scorrimento dir B (kN):	11957	
Forza di taglio T <sub>L</sub> (kN):	2686		Resistenza scorrimento dir L (kN):	4419	Rd
Momento flettente M <sub>B</sub> (kNm):	3643		M resistente ribaltamento dir B (kNm):	93555	Rd
Momento flettente M <sub>L</sub> (kNm):	12244		M resistente ribaltamento dir L (kNm):	20207	Rd
			Rd		
<b>Azioni intradosso fondazione:</b>			<b>Verifiche: Approccio 2 A1+M1+R3</b>		
Forza verticale N (kN):	5249	Ed	Verifica capacità portante:	VERIFICATO	56.4% Ed/Rd
Forza di taglio T <sub>B</sub> (kN):	876	Ed	Verifica scorrimento dir B:	VERIFICATO	7.3% Ed/Rd
Forza di taglio T <sub>L</sub> (kN):	2686	Ed	Verifica scorrimento dir L:	VERIFICATO	60.8% Ed/Rd
Momento ribaltante M <sub>B</sub> (kNm):	3905	Ed	Verifica ribaltamento dir B:	VERIFICATO	4.2% Ed/Rd
Momento ribaltante M <sub>L</sub> (kNm):	13050	Ed	Verifica ribaltamento dir L:	VERIFICATO	64.6% Ed/Rd

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

## 11 VERIFICHE GEOTECNICHE DI FUNZIONALITÀ DELLA FONDAZIONE

Si procede alla valutazione analitica dei cedimenti e delle rotazioni delle fondazioni superficiali in oggetto attraverso un approccio analitico reperibile nella letteratura tecnica di ambito geotecnico.

I carichi applicati fanno riferimento a quanto riportato ed elaborato al precedente § 4.4, con riferimento alla Combinazione RARA agli Stati Limite di Esercizio.

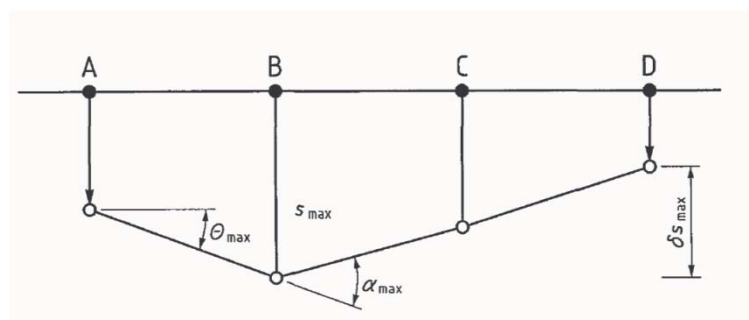
Quanto qui riportato costituisce una valutazione di carattere preliminare.

Si tenga conto di quanto già argomentato al capitolo 7, ovvero che la modellazione e parametrizzazione geotecnica ha carattere preliminare in quanto nella presente fase di progettazione non è consentita l'esecuzione di indagini geognostiche.

Soprattutto le valutazioni sui cedimenti, sempre di per sé molto delicate e dipendenti dai parametri di rigidità, a loro volta tra i più sensibili da essere determinati, sono inficiate da quanto sopra esposto.

La verifica in tal senso è stata condotta con riferimento ai limiti di distorsione delle fondazioni indicati nell'Eurocodice 7 /4/ all'Annex H, nel quale si definiscono come limiti massimi:

- Cedimento assoluto massimo: 50 mm
- Distorsione massima della fondazione: 1/500



I cedimenti sono stati calcolati rispetto ad uno strato di terreno compressibile dello spessore pari a circa 1 volta la dimensione maggiore della fondazione.



**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### 11.1 APPARECCHIATURE ELETTRICHE

#### Valutazione del cedimento della fondazione

Lunghezza fondazione  $L = 6.2 \text{ m}$   
 Larghezza fondazione  $B = 2.4 \text{ m}$   
 Pressione sulla fondazione  
 considerata uniform. distribuita  $p = 11.52 \text{ kPa}$

Strati	Tipo suolo	z (m)	h (m)	E (MPa)	L/z	B/z	Coeff. di influenza	Pressione verticale media (kPa)	Cedimento (mm)
1	coltre	0.25	0.5	10	24.80	9.60	0.24981	2.9	0.14
2	coltre	1.25	1.5	10	4.96	1.92	0.23942	2.8	0.41
3	coltre	3.25	2.5	20	1.91	0.74	0.17276	2.0	0.25
4	coltre	5.75	2.5	20	1.08	0.42	0.10661	1.2	0.15
5	form.alt.	9.00	4	60	0.69	0.27	0.06094	0.7	0.05

**Spostamento totale in un angolo (mm):** 1.0

Strati	Tipo suolo	z (m)	h (m)	E (MPa)	L/z	B/z	Coeff. di influenza	Pressione verticale media (kPa)	Cedimento (mm)
1	coltre	0.25	0.5	10	12.40	4.80	0.24900	2.9	0.14
2	coltre	1.25	1.5	10	2.48	0.96	0.19882	2.3	0.34
3	coltre	3.25	2.5	20	0.95	0.37	0.09301	1.1	0.13
4	form.alt.	5.75	2.5	20	0.54	0.21	0.04212	0.5	0.06
5	form.alt.	9.00	4	60	0.34	0.13	0.01952	0.2	0.01

**Spostamento totale al centro (mm):** 2.8

Sulla base dei cedimenti sopra calcolati si valuta la distorsione della fondazione.

x	y
0.00	1.01
3.10	2.79
Maximum angular distortion	
$\beta_{\max} = 0.00057 \text{ rad} = \frac{1}{1743} < 1/500$	

Si ritengono le verifiche di funzionalità in condizioni di esercizio dell'opera di fondazione in oggetto pienamente soddisfatte.



**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### 11.2 TRASFORMATORE

#### Valutazione del cedimento della fondazione

Lunghezza fondazione  $L = 6 \text{ m}$   
 Larghezza fondazione  $B = 10 \text{ m}$   
 Pressione sulla fondazione  
 considerata uniform. distribuita  $p = 50.94 \text{ kPa}$

Strati	Tipo suolo	z (m)	h (m)	E (MPa)	L/z	B/z	Coeff. di influenza	Pressione verticale media (kPa)	Cedimento (mm)
1	coltre	0.25	0.5	10	24.00	40.00	0.24985	12.7	0.64
2	coltre	1.25	1.5	10	4.80	8.00	0.24893	12.7	1.90
3	coltre	3.25	2.5	20	1.85	3.08	0.23575	12.0	1.50
4	coltre	5.75	2.5	20	1.04	1.74	0.19995	10.2	1.27
5	form.alt.	9.00	4	60	0.67	1.11	0.14900	7.6	0.51

**Spostamento totale in un angolo (mm):** 5.8

Strati	Tipo suolo	z (m)	h (m)	E (MPa)	L/z	B/z	Coeff. di influenza	Pressione verticale media (kPa)	Cedimento (mm)
1	coltre	0.25	0.5	10	12.00	20.00	0.24982	12.7	0.64
2	coltre	1.25	1.5	10	2.40	4.00	0.24258	12.4	1.85
3	coltre	3.25	2.5	20	0.92	1.54	0.18805	9.6	1.20
4	form.alt.	5.75	2.5	20	0.52	0.87	0.11742	6.0	0.75
5	form.alt.	9.00	4	60	0.33	0.56	0.06525	3.3	0.22

**Spostamento totale al centro (mm):** 18.6

Sulla base dei cedimenti sopra calcolati si valuta la distorsione della fondazione.

x	y
0.00	5.82
3.00	18.63
Maximum angular distortion	
$\beta_{\max} = 0.00427 \text{ rad} = 1/234 > 1/500$	

Si ritengono le verifiche di funzionalità in condizioni di esercizio dell'opera di fondazione in oggetto pienamente soddisfatte.

**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### 11.3 FABBRICATO LOCALI TECNICI

#### Valutazione del cedimento della fondazione

Lunghezza fondazione  $L = 35.65 \text{ m}$

Larghezza fondazione  $B = 7.7 \text{ m}$

Pressione sulla fondazione

considerata uniform. distribuita  $p = 21.167 \text{ kPa}$

Strati	Tipo suolo	z (m)	h (m)	E (MPa)	L/z	B/z	Coeff. di influenza	Pressione verticale media (kPa)	Cedimento (mm)
1	coltre	0.25	0.5	10	142.60	30.80	0.24996	5.3	0.26
2	coltre	1.25	1.5	10	28.52	6.16	0.24949	5.3	0.79
3	coltre	3.25	2.5	20	10.97	2.37	0.24313	5.1	0.64
4	coltre	5.75	2.5	20	6.20	1.34	0.22376	4.7	0.59
5	form.alt.	9.00	4	60	3.96	0.86	0.19061	4.0	0.27

Spostamento totale in un angolo (mm): **2.6**



Strati	Tipo suolo	z (m)	h (m)	E (MPa)	L/z	B/z	Coeff. di influenza	Pressione verticale media (kPa)	Cedimento (mm)
1	coltre	0.25	0.5	10	71.30	15.40	0.24987	5.3	0.26
2	coltre	1.25	1.5	10	14.26	3.08	0.24666	5.2	0.78
3	coltre	3.25	2.5	20	5.48	1.18	0.21654	4.6	0.57
4	form.alt.	5.75	2.5	20	3.10	0.67	0.16643	3.5	0.44
5	form.alt.	9.00	4	60	1.98	0.43	0.11932	2.5	0.17

Spostamento totale al centro (mm): **8.9**

Sulla base dei cedimenti sopra calcolati si valuta la distorsione della fondazione.

x	y
0.00	2.56
17.83	8.92
Maximum angular distorsion	
$\beta_{\max} = 0.00036 \text{ rad} = \frac{1}{2804} < 1/500$	

Si ritengono le verifiche di funzionalità in condizioni di esercizio dell'opera di fondazione in oggetto pienamente soddisfatte.

<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione di calcolo</b> <b>fondazioni Stazione Utente SU</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

## 12 PROGETTAZIONE STRUTTURALE DELLA FONDAZIONE

In questo capitolo si riporta il dimensionamento e la verifica strutturale delle fondazioni, condotte a valle della modellazione illustrata al capitolo 8, al quale si rimanda.

Oppure condotta con criteri specifici che saranno dettagliati ove necessario.

I carichi agenti sulle fondazioni sono stati riportati ai capitoli 4.

Nei casi descritti al capitolo 8, le sollecitazioni agenti sulle fondazioni sono determinate eseguendo delle analisi numeriche FEM tridimensionali mediante il software Win-Strand della società En.Ex.Sys in accordo con quanto descritto al capitolo 8. Lo stesso software è impiegato per la conduzione delle verifiche di resistenza strutturale (a flessione e taglio) che sono oggetto dei paragrafi che seguono.

In alternativa, nel caso di fondazioni dalla più semplice geometria o condizione di carico, potranno essere impiegati criteri analitici di valutazione delle sollecitazioni mutuati dalla scienza e tecnica delle costruzioni.

Per la verifica a flessione delle sezioni in c.c.a. delle fondazioni, si è operato in campo sismico, in accordo con il § 7.2.2 delle NTC2018 /1/, nel quale si afferma che *“Le strutture di fondazione e i relativi elementi strutturali devono essere progettati sulla base della domanda ad essi trasmessa dalla struttura sovrastante (si veda § 7.2.5) attribuendo loro comportamento strutturale non dissipativo, indipendentemente dal comportamento attribuito alla struttura su di essi gravante”*.

Pertanto, si farà riferimento ad un comportamento sostanzialmente lineare dei materiali, facendo sì che i valori tensionali massimi raggiungibili dai materiali (calcestruzzo ed acciaio) risultino inferiori a quelli massimi di progetto ( $f_{cd}$  lato calcestruzzo e  $f_{yd}$  lato acciaio).

In particolare, allo scopo di garantire che gli elementi in c.c.a. costituenti le fondazioni rimangano in *“campo sostanzialmente elastico”* (cfr. NTC2018 /1/ § 4.1.2.3.4.2), non solo si limiteranno le tensioni ai valori massimi sopra citati ma, con riferimento ai legami costitutivi dei materiali (calcestruzzo ed acciaio) riportati al § 4.1 delle NTC, si limiteranno le deformazioni consentite ai valori:

- $\epsilon_{c2} = 0.20 \%$  per quanto riguarda il calcestruzzo;
- $\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$  per quanto riguarda l'acciaio da armatura.

In tal modo si garantisce che la sezione sia analizzata con i materiali costituenti che rimangono nel ramo sostanzialmente elastico di comportamento.

Tale strategia è adottata anche per quanto riguarda le verifiche in campo statico.

In merito alle verifiche di resistenza SLU degli elementi in c.c.a., si adotta a favore di sicurezza la classe di calcestruzzo C25/30, mentre la classe realizzativa corrisponderà a C32/40, come riportato al capitolo 5 del presente elaborato.

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

Committente:

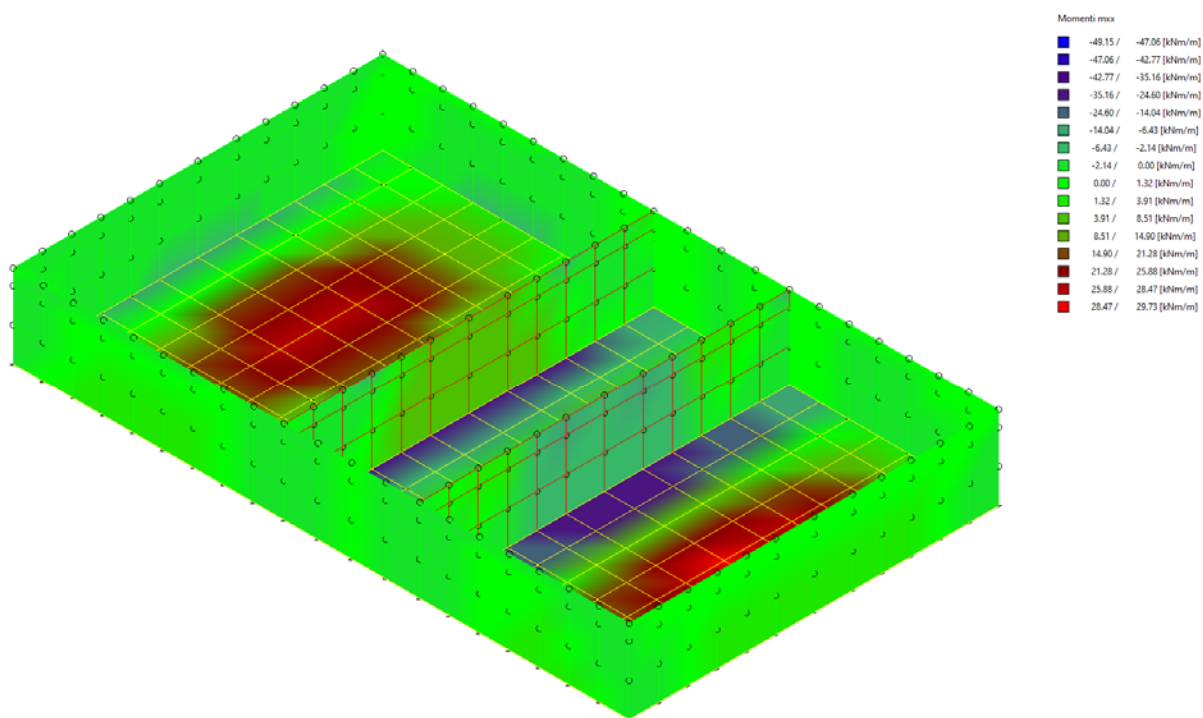


ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### 12.1 TRASFORMATORE

Principali risultati in termini di sollecitazioni nella fondazione:

**Momento  $m_{xx}$  combinazione SLU Neve**



Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

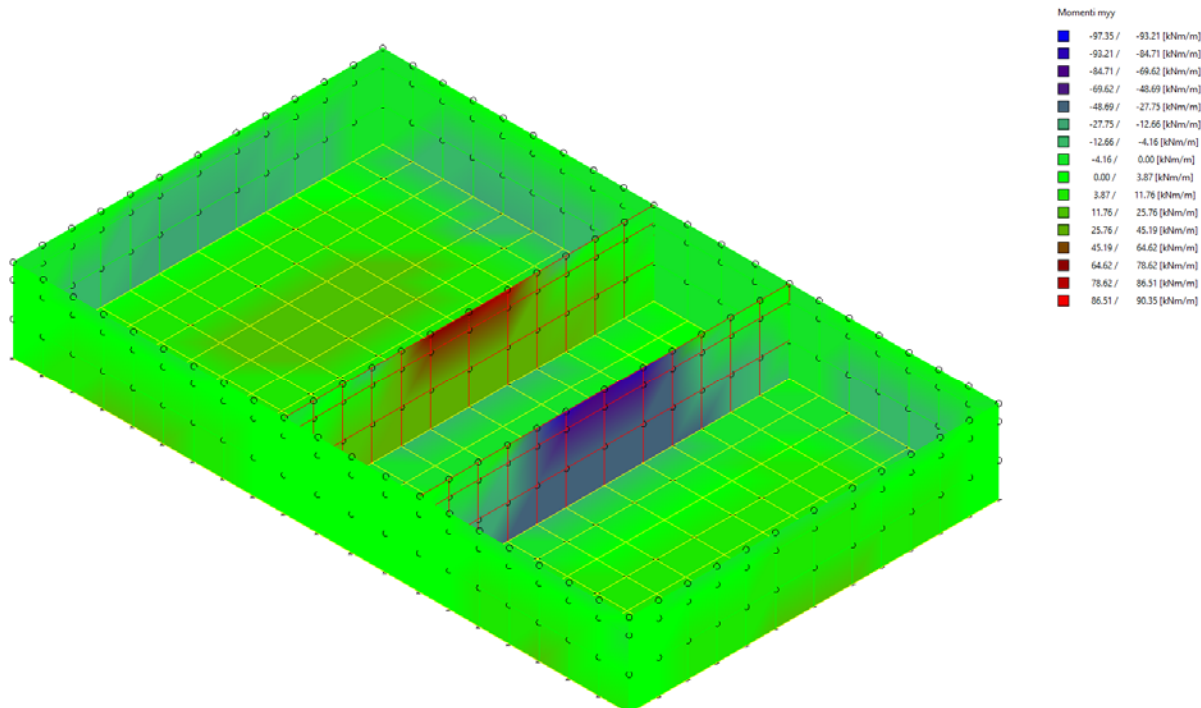
## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

Committente:

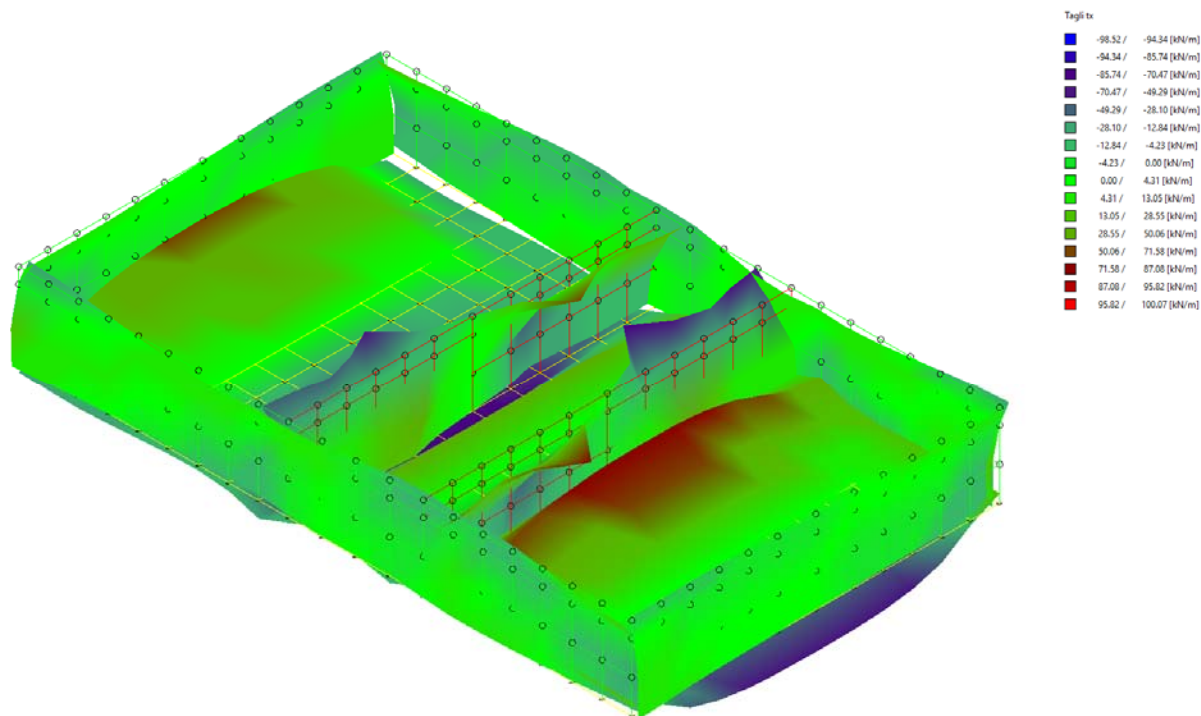


ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### Momento $m_{vy}$ combinazione SLU Neve



### Momento $t_x$ combinazione SLU Neve



**Progettazione:**



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

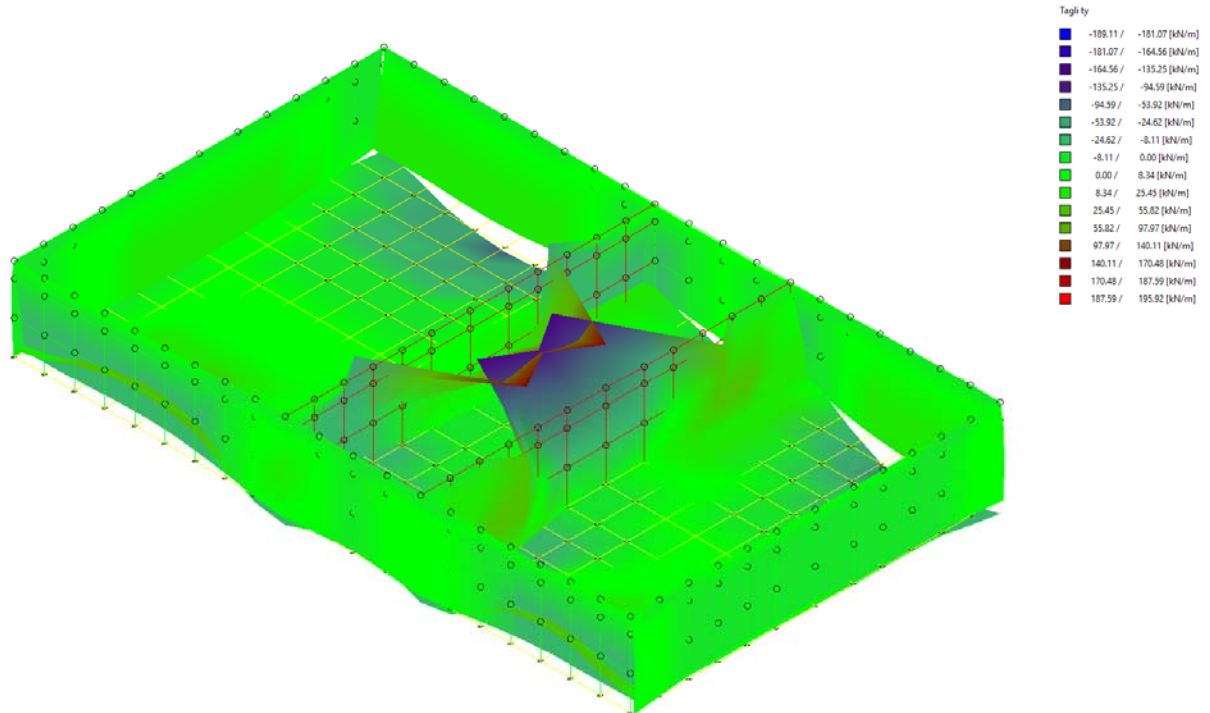
**Relazione di calcolo  
fondazioni Stazione Utente SU**

**Committente:**



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

**Momento  $t_y$  combinazione SLU Neve**





Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione di calcolo  
fondazioni Stazione Utente SU**

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

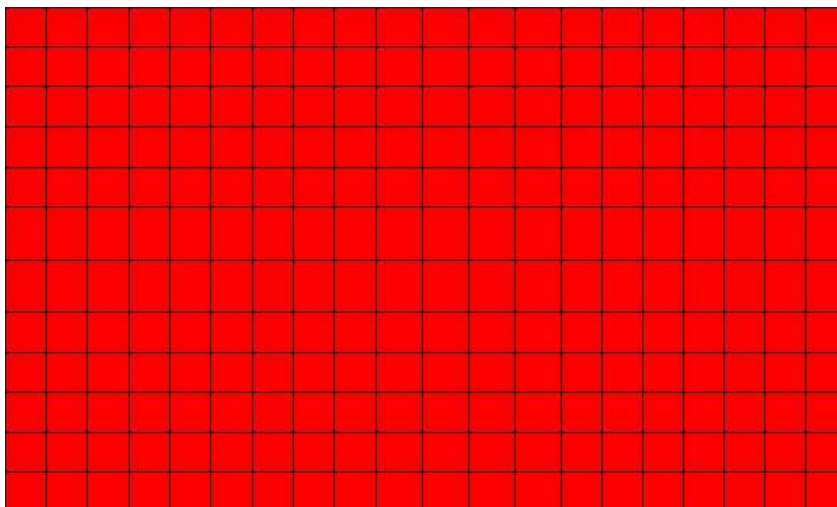
**12.1.1 Verifica soletta di base**

L'elemento in oggetto viene armato con armature diametro  $\phi = 16\text{mm}$ , disposte sia all'intradosso che all'estradosso e nelle due direzioni, con passo uniforme di  $200 \times 200\text{mm}$ .

**Non si prevede l'impiego di specifiche armature a taglio.**

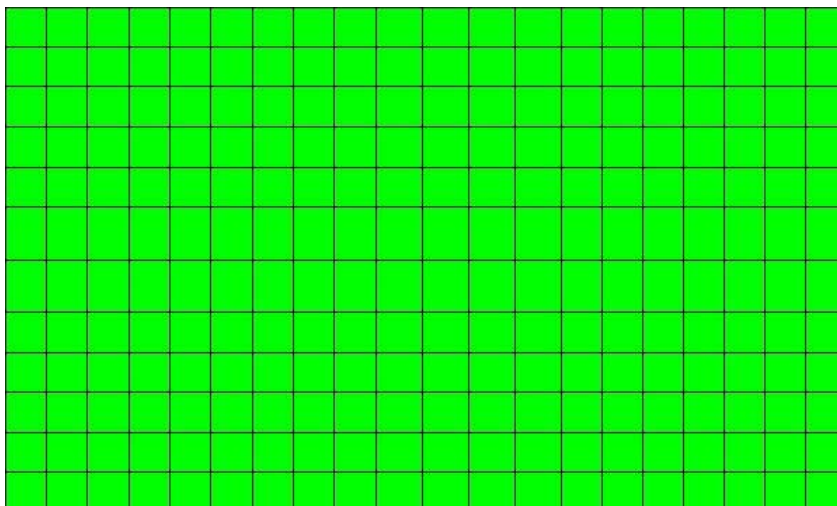
Il tutto è riepilogato nelle seguenti immagini.

Mappa armature di Estradosso



Colore	Armature
Red	top $\phi 16/20'$ X c=46.00 [mm] + $\phi 16/20'$ Y c=58.00 [mm]

Mappa armature di Intradosso



Colore	Armature
Green	bottom $\phi 16/20'$ X c=46.00 [mm] + $\phi 16/20'$ Y c=58.00 [mm]

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### Verifiche SLU a flessione

#### Proprietà dei materiali

Acciaio B 450 C elastic

$f_{yd}$ [MPa]	$\epsilon_{yd}$ ‰	$\epsilon_{ud}$ ‰	$\epsilon_{ud,Elastic}$ ‰
391.30	1.86	1.90	1.87

Calcestruzzo C 25/30 elastic

$f_{cd}$ [MPa]	$\epsilon_{cz}$ ‰	$\epsilon_{cu}$ ‰	$f_{ctd}$ [MPa]	$\epsilon_{ctd}$ ‰	$E_{cm}$ [MPa]	$\epsilon_{cu,Elastic}$ ‰
14.17	-2.00	-2.00	1.20	0.08	14166.70	-2.00

#### Sezione

- sezione 1 H=25.00 [cm]

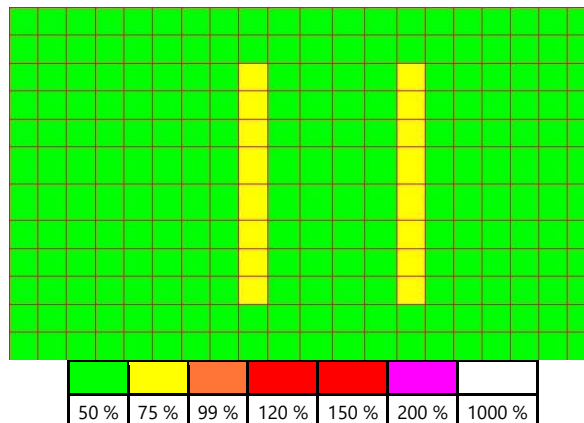
Estradosso				Intradosso			
$Af_x$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	$Af_y$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]	$Af_x$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	$Af_y$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]
1005	46.00	1005	58.00	1005	46.00	1005	58.00

#### Azioni di verifica Combinazione 4

$N_x$	0.00	[kN/m]	$N_{11}$	0.00	[kN/m]
$N_y$	0.00	[kN/m]	$N_{22}$	0.00	[kN/m]
$N_{xy}$	0.00	[kN/m]	$\alpha$	-0.00	[°]
$M_{xx}$	-49.15	[kNm/m]	$M_{11}$	-49.17	[kNm/m]
$M_{yy}$	-7.42	[kNm/m]	$M_{22}$	-7.39	[kNm/m]
$M_{xy}$	-1.10	[kNm/m]	$\alpha$	1.51	[°]

#### Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		$\theta$ [°]
		$\epsilon_x$ ‰	$\epsilon_y$ ‰	$\epsilon_{min}$ ‰	$\epsilon_{max}$ ‰	
0.73	Estradosso	-0.053	0.001	-0.065	-0.890	-80.38
	Intradosso	1.865	0.210	2.937	0.041	17.35



Come si vede dalla mappa sintetica sopra riportata, la verifica è soddisfatta in tutto l'elemento.



Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### Verifiche SLE

#### Proprietà dei materiali

Acciaio B 450 C elastic

$f_{yd}$ [MPa]	$\epsilon_{yd}\%$	$\epsilon_{ud}\%$	$\sigma$ [MPa]
391.30	1.86	1.90	360.00

Calcestruzzo C 25/30 elastic

$f_{cd}$ [MPa]	$\epsilon_{cz}\%$	$\epsilon_{cu}\%$	$f_{ctd}$ [MPa]	$\epsilon_{ctd}\%$	$E_{cm}$ [MPa]	$\sigma$ [MPa]	$w_{Max}$ mm
14.17	-2.00	-2.00	2.56	0.18	14166.70	15.00	0.40

#### Sezione

- sezione 1 H=25.00 [cm]

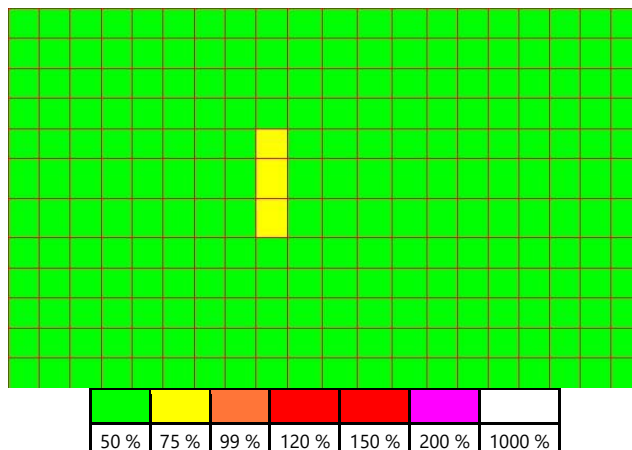
Estradosso				Intradosso			
$Af_x$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	$Af_y$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]	$Af_x$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	$Af_y$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]
1005	46.00	1005	58.00	1005	46.00	1005	58.00

#### Azioni di verifica Combinazione 4

$N_x$	0.00	[kN/m]	$N_{11}$	0.00	[kN/m]
$N_y$	0.00	[kN/m]	$N_{22}$	0.00	[kN/m]
$N_{xy}$	0.00	[kN/m]	$\alpha$	-0.00	[°]
$M_{xx}$	-37.58	[kNm/m]	$M_{11}$	-37.60	[kNm/m]
$M_{yy}$	-5.67	[kNm/m]	$M_{22}$	-5.65	[kNm/m]
$M_{xy}$	-0.85	[kNm/m]	$\alpha$	1.53	[°]

#### Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		$\sigma_x$ [MPa]	$\sigma_y$ [MPa]	$\sigma_{c,Max}$ [MPa]	$\theta$ [°]		
0.51	Estradosso	-27.27	-3.89	-4.11	-87.56	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	40.29	3.61	0.00	4.86	Fessurato	0.025



Come si vede dalla mappa sintetica sopra riportata, la verifica è soddisfatta in tutto l'elemento.

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### Verifiche a taglio

$\cotg(\theta)$  di equilibrio

Nodi	Sez.	Comb.	Cr=S/R	Sd			d	Sr						
				$V_{Ed,x}$ [kN/m]	$V_{Ed,y}$ [kN/m]	$V_{Ed}$ [kN/m]		$V_{uc,x}$ [kN/m]	$V_{uc,y}$ [kN/m]	$V_{uc}$ [kN/m]	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$V_{Rd,s}$ [kN/m]	$V_{Rd}$ [kN/m]
elemento nodi 135 157	1	1	0.63	-93.91	-3.47	93.97	182.00	104.79	104.79	148.20	0	0.00	0.00	148.20

### 12.1.2 Verifica parete lunga controterra

L'elemento in oggetto viene armato con armature diametro  $\phi = 12\text{mm}$ , disposte sia all'intradosso che all'estradosso e nelle due direzioni, con passo uniforme di  $200 \times 200\text{mm}$ .

Non si prevede l'impiego di specifiche armature a taglio.

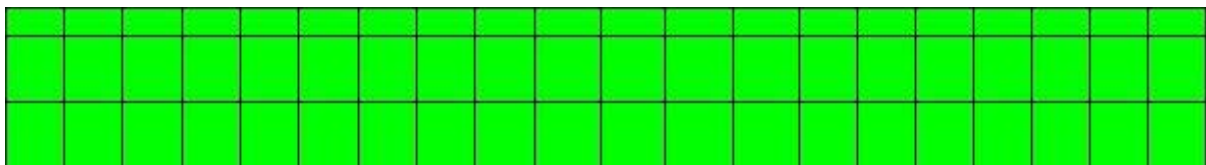
Il tutto è riepilogato nelle seguenti immagini.

#### Mappa armature di Estradosso



Colore	Armature
	top $\phi 12/20'$ X c=46.00 [mm] + $\phi 12/20'$ Y c=58.00 [mm]

#### Mappa armature di Intradosso



Colore	Armature
	bottom $\phi 12/20'$ X c=46.00 [mm] + $\phi 12/20'$ Y c=58.00 [mm]

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### Verifiche SLU a flessione

#### Proprietà dei materiali

Acciaio B 450 C elastic

$f_{yd}$ [MPa]	$\epsilon_{yd}$ ‰	$\epsilon_{ud}$ ‰	$\epsilon_{ud,Elastic}$ ‰
391.30	1.86	1.90	1.87

Calcestruzzo C 25/30 elastic

$f_{cd}$ [MPa]	$\epsilon_{cz}$ ‰	$\epsilon_{cu}$ ‰	$f_{ctd}$ [MPa]	$\epsilon_{ctd}$ ‰	$E_{cm}$ [MPa]	$\epsilon_{cu,Elastic}$ ‰
14.17	-2.00	-2.00	1.20	0.08	14166.70	-2.00

#### Sezione

- sezione 2 H=20.00 [cm]

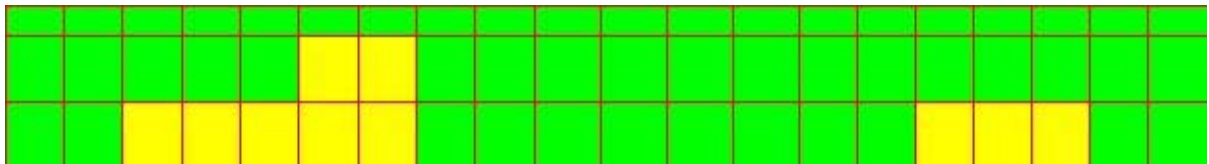
Estradosso				Intradosso			
$Af_x$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	$Af_y$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]	$Af_x$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	$Af_y$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]
565	46.00	565	58.00	565	46.00	565	58.00

#### Azioni di verifica Combinazione 4

$N_x$	-12.07	[kN/m]	$N_{11}$	120.43	[kN/m]
$N_y$	-59.78	[kN/m]	$N_{22}$	-192.28	[kN/m]
$N_{xy}$	-154.52	[kN/m]	$\alpha$	-40.61	[°]
$M_{xx}$	2.43	[kNm/m]	$M_{11}$	2.41	[kNm/m]
$M_y$	16.20	[kNm/m]	$M_{22}$	16.22	[kNm/m]
$M_{xy}$	0.57	[kNm/m]	$\alpha$	-2.36	[°]

#### Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		$\theta$ [°]
		$\epsilon_x$ ‰	$\epsilon_y$ ‰	$\epsilon_{min}$ ‰	$\epsilon_{max}$ ‰	
0.71	Estradosso	1.258	1.865	4.710	-0.114	-51.16
	Intradosso	0.427	0.363	-0.091	-0.590	6.42



50 %	75 %	99 %	120 %	150 %	200 %	1000 %
------	------	------	-------	-------	-------	--------

Come si vede dalla mappa sintetica sopra riportata, la verifica è soddisfatta in tutto l'elemento.

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### Verifiche SLE

#### Proprietà dei materiali

Acciaio B 450 C elastic

$f_{yd}$ [MPa]	$\epsilon_{yd}\%$	$\epsilon_{ud}\%$	$\sigma$ [MPa]
391.30	1.86	1.90	360.00

Calcestruzzo C 25/30 elastic

$f_{cd}$ [MPa]	$\epsilon_{cz}\%$	$\epsilon_{cu}\%$	$f_{ctd}$ [MPa]	$\epsilon_{ctd}\%$	$E_{cm}$ [MPa]	$\sigma$ [MPa]	$w_{Max}$ mm
14.17	-2.00	-2.00	2.56	0.18	14166.70	15.00	0.40

#### Sezione

- sezione 2 H=20.00 [cm]

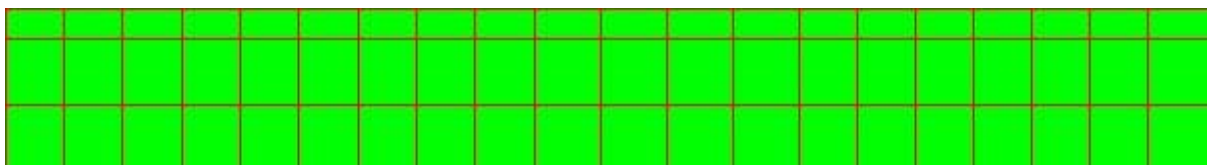
Estradosso				Intradosso			
$Af_x$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	$Af_y$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]	$Af_x$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	$Af_y$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]
565	46.00	565	58.00	565	46.00	565	58.00

#### Azioni di verifica Combinazione 4

$N_x$	-11.71	[kN/m]	$N_{11}$	78.06	[kN/m]
$N_y$	-44.00	[kN/m]	$N_{22}$	-133.76	[kN/m]
$N_{xy}$	-104.67	[kN/m]	$\alpha$	-40.61	[°]
$M_{xx}$	1.86	[kNm/m]	$M_{11}$	1.84	[kNm/m]
$M_y$	12.29	[kNm/m]	$M_{22}$	12.31	[kNm/m]
$M_{xy}$	0.46	[kNm/m]	$\alpha$	-2.51	[°]

#### Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		$\sigma_x$ [MPa]	$\sigma_y$ [MPa]	$\sigma_{c,Max}$ [MPa]	$\theta$ [°]		
0.47	Estradosso	0.86	7.94	0.00	-72.13	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	-2.51	-14.20	-2.19	-18.46	NON Fessurato	0.000



50 %	75 %	99 %	120 %	150 %	200 %	1000 %
------	------	------	-------	-------	-------	--------

Come si vede dalla mappa sintetica sopra riportata, la verifica è soddisfatta in tutto l'elemento.

**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### Verifiche a taglio

$\cotg(\theta)$  di equilibrio

Nodi	Sez.	Comb.	Cr=S/R	Sd				Sr						
				$V_{Ed,x}$ [kN/m]	$V_{Ed,y}$ [kN/m]	$V_{Ed}$ [kN/m]	d [mm]	$V_{uc,x}$ [kN/m]	$V_{uc,y}$ [kN/m]	$V_{uc}$ [kN/m]	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$V_{Rd,s}$ [kN/m]	$V_{Rd}$ [kN/m]
elemento nodi 5 279	2	10	0.20	-3.30	-20.21	20.48	136.00	71.23	71.23	100.74	0	0.00	0.00	100.74

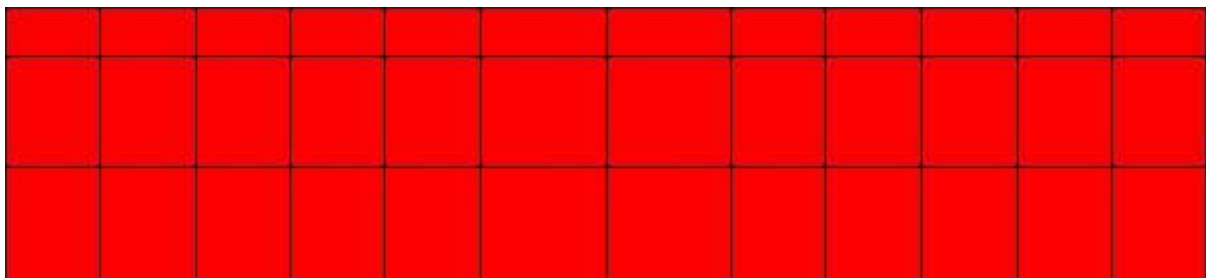
### 12.1.3 Verifica parete corta controterra

L'elemento in oggetto viene armato con armature diametro  $\phi = 12\text{mm}$ , disposte sia all'intradosso che all'estradosso e nelle due direzioni, con passo uniforme di 200x200mm.

Non si prevede l'impiego di specifiche armature a taglio.

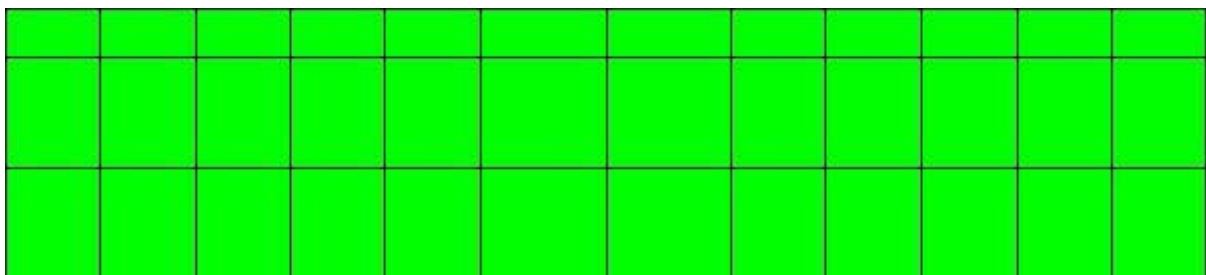
Il tutto è riepilogato nelle seguenti immagini.

#### Mappa armature di Estradosso



Colore	Armature
<span style="background-color: red; color: black;"> </span>	top $\phi 12/20'$ X c=46.00 [mm] + $\phi 12/20'$ Y c=58.00 [mm]

#### Mappa armature di Intradosso



Colore	Armature
<span style="background-color: green; color: black;"> </span>	bottom $\phi 12/20'$ X c=46.00 [mm] + $\phi 12/20'$ Y c=58.00 [mm]

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### Verifiche SLU a flessione

#### Proprietà dei materiali

Acciaio B 450 C elastic

$f_{yd}$ [MPa]	$\epsilon_{yd}$ ‰	$\epsilon_{ud}$ ‰	$\epsilon_{ud,Elastic}$ ‰
391.30	1.86	1.90	1.87

Calcestruzzo C 25/30 elastic

$f_{cd}$ [MPa]	$\epsilon_{cz}$ ‰	$\epsilon_{cu}$ ‰	$f_{ctd}$ [MPa]	$\epsilon_{ctd}$ ‰	$E_{cm}$ [MPa]	$\epsilon_{cu,Elastic}$ ‰
14.17	-2.00	-2.00	1.20	0.08	14166.70	-2.00

#### Sezione

- sezione 2 H=20.00 [cm]

•

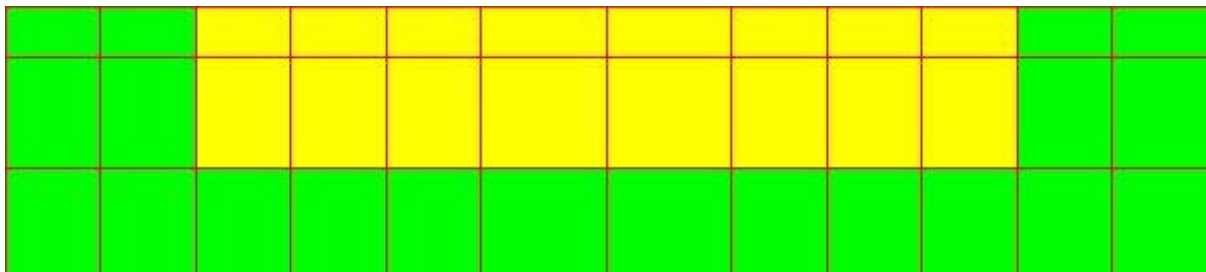
Estradosso				Intradosso			
$Af_x$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	$Af_y$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]	$Af_x$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	$Af_y$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]
565	46.00	565	58.00	565	46.00	565	58.00

#### Azioni di verifica Combinazione 4

$N_x$	306.90	[kN/m]	$N_{11}$	306.91	[kN/m]
$N_y$	-1.20	[kN/m]	$N_{22}$	-1.21	[kN/m]
$N_{xy}$	-1.79	[kN/m]	$\alpha$	-0.33	[°]
$M_{xx}$	0.62	[kNm/m]	$M_{11}$	0.62	[kNm/m]
$M_{yy}$	-0.14	[kNm/m]	$M_{22}$	-0.14	[kNm/m]
$M_{xy}$	0.03	[kNm/m]	$\alpha$	2.21	[°]

#### Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		
		$\epsilon_x$ ‰	$\epsilon_y$ ‰	$\epsilon_{min}$ ‰	$\epsilon_{max}$ ‰	$\theta$ [°]
0.71	Estradosso	1.865	0.002	1.982	-0.005	-1.06
	Intradosso	1.681	0.011	1.583	-0.002	-6.24



50 %	75 %	99 %	120 %	150 %	200 %	1000 %
------	------	------	-------	-------	-------	--------

Come si vede dalla mappa sintetica sopra riportata, la verifica è soddisfatta in tutto l'elemento.

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### Verifiche SLE

#### Proprietà dei materiali

Acciaio B 450 C elastic

$f_{yd}$ [MPa]	$\epsilon_{yd}\%$	$\epsilon_{ud}\%$	$\sigma$ [MPa]
391.30	1.86	1.90	360.00

Calcestruzzo C 25/30 elastic

$f_{cd}$ [MPa]	$\epsilon_{cz}\%$	$\epsilon_{cu}\%$	$f_{ctd}$ [MPa]	$\epsilon_{ctd}\%$	$E_{cm}$ [MPa]	$\sigma$ [MPa]	$w_{Max}$ mm
14.17	-2.00	-2.00	2.56	0.18	14166.70	15.00	0.40

#### Sezione

- sezione 2 H=20.00 [cm]

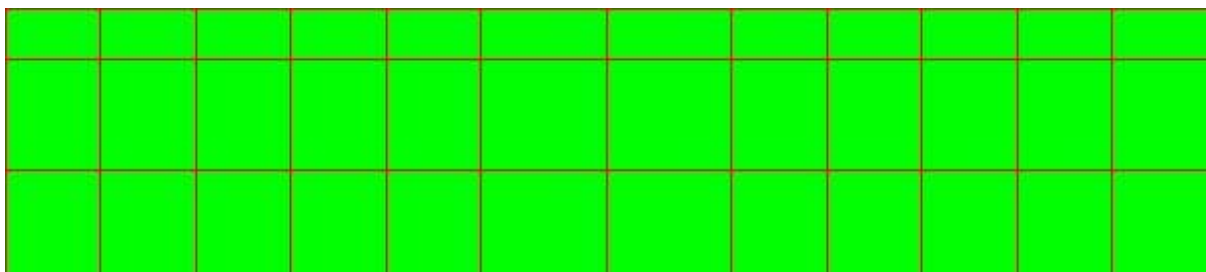
Estradosso				Intradosso			
$Af_x$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	$Af_y$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]	$Af_x$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	$Af_y$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]
565	46.00	565	58.00	565	46.00	565	58.00

#### Azioni di verifica Combinazione 4

$N_x$	224.56	[kN/m]	$N_{11}$	224.57	[kN/m]
$N_y$	-0.48	[kN/m]	$N_{22}$	-0.49	[kN/m]
$N_{xy}$	-1.49	[kN/m]	$\alpha$	-0.38	[°]
$M_{xx}$	0.42	[kNm/m]	$M_{11}$	0.43	[kNm/m]
$M_y$	-0.09	[kNm/m]	$M_{22}$	-0.11	[kNm/m]
$M_{xy}$	-0.10	[kNm/m]	$\alpha$	-10.34	[°]

#### Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		$\sigma_x$ [MPa]	$\sigma_y$ [MPa]	$\sigma_{c,Max}$ [MPa]	$\theta$ [°]		
0.48	Estradosso	15.73	-0.12	-0.01	-2.71	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	15.06	-0.03	-0.01	5.53	NON Fessurato	0.000



50 %	75 %	99 %	120 %	150 %	200 %	1000 %
------	------	------	-------	-------	-------	--------

Come si vede dalla mappa sintetica sopra riportata, la verifica è soddisfatta in tutto l'elemento.

**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### Verifiche a taglio

$\cotg(\theta)$  di equilibrio

Nodi	Sez.	Comb.	Cr=S/R	Sd				Sr						
				V <sub>Ed,x</sub>	V <sub>Ed,y</sub>	V <sub>Ed</sub>	d	V <sub>uc,x</sub>	V <sub>uc,y</sub>	V <sub>uc</sub>	A <sub>sw</sub>	s	V <sub>Rd,s</sub>	V <sub>Rd</sub>
				[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[mm]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[kN/m]	[kN/m]
elemento nodi 404 494	2	5	0.01	-0.23	0.67	0.71	136.00	71.23	71.23	100.74	0	0.00	0.00	100.74

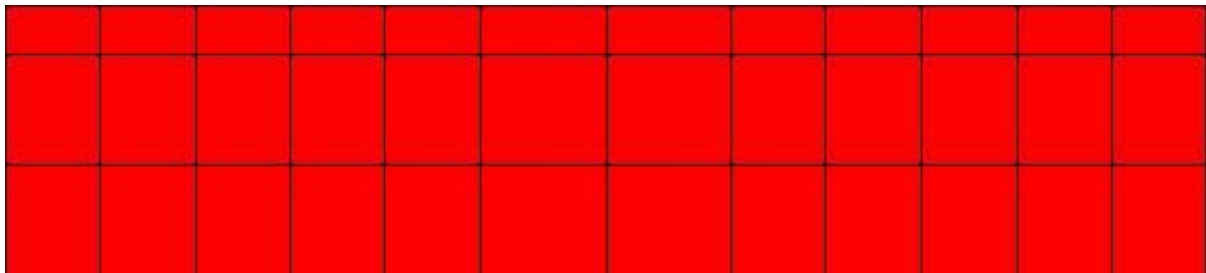
### 12.1.4 Verifica parete interna

L'elemento in oggetto viene armato con armature diametro  $\phi = 16\text{mm}$ , disposte sia all'intradosso che all'estradosso e nelle due direzioni, con passo uniforme di 200x200mm.

Non si prevede l'impiego di specifiche armature a taglio.

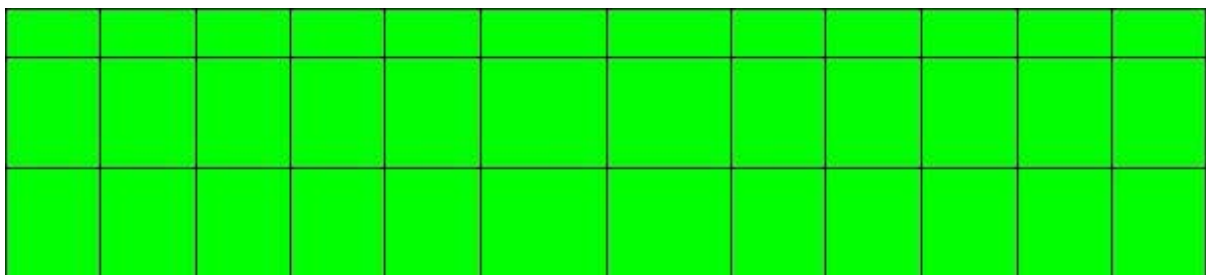
Il tutto è riepilogato nelle seguenti immagini.

#### Mappa armature di Estradosso



Colore	Armature
<span style="background-color: red; color: black;"> </span>	top $\phi 16/20'$ X c=46.00 [mm] + $\phi 16/20'$ Y c=58.00 [mm]

#### Mappa armature di Intradosso



Colore	Armature
<span style="background-color: green; color: black;"> </span>	bottom $\phi 16/20'$ X c=46.00 [mm] + $\phi 16/20'$ Y c=58.00 [mm]



**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### Verifiche SLU a flessione

#### Proprietà dei materiali

##### Acciaio B 450 C elastic

$f_{yd}$ [MPa]	$\epsilon_{yd}$ ‰	$\epsilon_{ud}$ ‰	$\epsilon_{ud,Elastic}$ ‰
391.30	1.86	1.90	1.87

##### Calcestruzzo C 25/30 elastic

$f_{cd}$ [MPa]	$\epsilon_{cz}$ ‰	$\epsilon_{cu}$ ‰	$f_{ctd}$ [MPa]	$\epsilon_{ctd}$ ‰	$E_{cm}$ [MPa]	$\epsilon_{cu,Elastic}$ ‰
14.17	-2.00	-2.00	1.20	0.08	14166.70	-2.00

#### Sezione

- sezione 2 H=40.00 [cm]

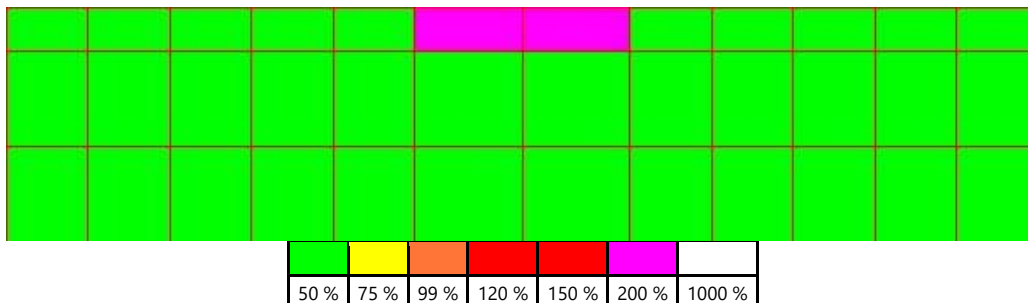
Estradosso				Intradosso			
$Af_x$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	$Af_y$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]	$Af_x$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	$Af_y$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]
1005	46.00	1005	58.00	1005	46.00	1005	58.00

#### Azioni di verifica Combinazione 4

$N_x$	-142.90	[kN/m]	$N_{11}$	-166.58	[kN/m]
$N_y$	919.24	[kN/m]	$N_{22}$	942.91	[kN/m]
$N_{xy}$	-160.32	[kN/m]	$\alpha$	8.40	[°]
$M_{xx}$	-3.07	[kNm/m]	$M_{11}$	5.45	[kNm/m]
$M_y$	-41.76	[kNm/m]	$M_{22}$	-50.28	[kNm/m]
$M_{xy}$	20.06	[kNm/m]	$\alpha$	23.02	[°]

#### Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		$\theta$ [°]
		$\epsilon_x$ ‰	$\epsilon_y$ ‰	$\epsilon_{min}$ ‰	$\epsilon_{max}$ ‰	
1.72 NON VERIFICATO	Estradosso	0.011	0.766	0.558	-0.096	83.76
	Intradosso	0.513	1.865	2.830	-0.138	-59.84



Come si vede dalla mappa sintetica sopra riportata, la verifica è soddisfatta in tutta la parete tranne che in due elementi posti tra i due punti di appoggio del trasformatore. Zona in cui si verificano delle concentrazioni di sollecitazione di origine numerica dovute all'appoggio puntuale della sovrastruttura sulla mesh che modella la fondazione. Fatto che non pregiudica il corretto soddisfacimento della verifica dell'elemento in oggetto.

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### Verifiche SLE

#### Proprietà dei materiali

##### Acciaio B 450 C elastic

$f_{yd}$ [MPa]	$\epsilon_{yd}\%$	$\epsilon_{ud}\%$	$\sigma$ [MPa]
391.30	1.86	1.90	360.00

##### Calcestruzzo C 25/30 elastic

$f_{cd}$ [MPa]	$\epsilon_{cz}\%$	$\epsilon_{cu}\%$	$f_{ctd}$ [MPa]	$\epsilon_{ctd}\%$	$E_{cm}$ [MPa]	$\sigma$ [MPa]	$w_{Max}$ mm
14.17	-2.00	-2.00	2.56	0.18	14166.70	15.00	0.40

#### Sezione

- sezione 2 H=40.00 [cm]

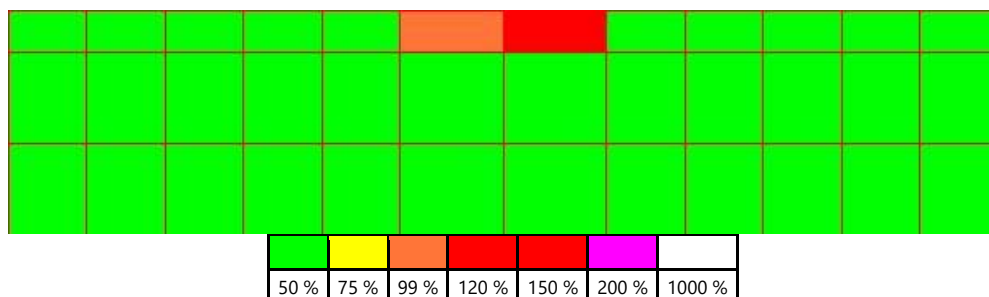
Estradosso				Intradosso			
$Af_x$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	$Af_y$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]	$Af_x$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	$Af_y$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]
1005	46.00	1005	58.00	1005	46.00	1005	58.00

#### Azioni di verifica Combinazione 4

$N_x$	-380.19	[kN/m]	$N_{11}$	-380.19	[kN/m]
$N_y$	512.60	[kN/m]	$N_{22}$	512.60	[kN/m]
$N_{xy}$	-2.21	[kN/m]	$\alpha$	0.14	[°]
$M_{xx}$	-4.68	[kNm/m]	$M_{11}$	6.06	[kNm/m]
$M_y$	-55.23	[kNm/m]	$M_{22}$	-65.96	[kNm/m]
$M_{xy}$	-25.65	[kNm/m]	$\alpha$	-22.71	[°]

#### Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		$\sigma_x$ [MPa]	$\sigma_y$ [MPa]	$\sigma_{c,Max}$ [MPa]	$\theta$ [°]		
1.42 NON VERIFICATO	Estradosso	-16.38	19.33	-4.87	-34.67	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	21.26	390.12	-1.38	72.19	NON definito	0.568



Come si vede dalla mappa sintetica sopra riportata, la verifica è soddisfatta in tutta la parete tranne che in due elementi posti tra i due punti di appoggio del trasformatore. Zona in cui si verificano delle concentrazioni di sollecitazione di origine numerica dovute all'appoggio puntuale della sovrastruttura sulla mesh che modella la fondazione. Fatto che non pregiudica il corretto soddisfacimento della verifica dell'elemento in oggetto.

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### Verifiche a taglio

$\cotg(\theta)$  di equilibrio

Nodi	Sez.	Comb.	Cr=S/R	Sd				Sr						
				$V_{Ed,x}$ [kN/m]	$V_{Ed,y}$ [kN/m]	$V_{Ed}$ [kN/m]	d [mm]	$V_{uc,x}$ [kN/m]	$V_{uc,y}$ [kN/m]	$V_{uc}$ [kN/m]	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$V_{Rd,s}$ [kN/m]	$V_{Rd}$ [kN/m]
elemento nodi 399 489	3	11	0.36	-44.75	-53.75	69.94	332.00	138.94	138.94	196.49	0	0.00	0.00	196.49

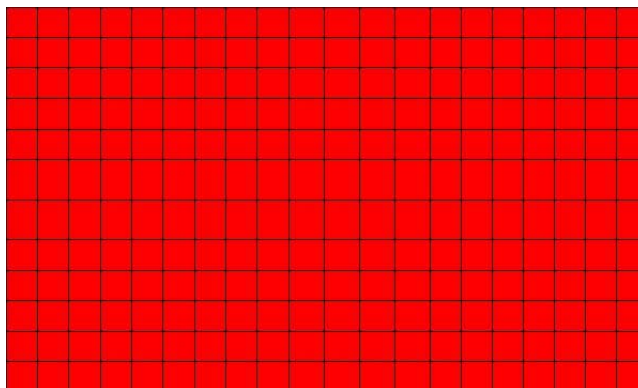
### 12.1.5 Verifica soletta superiore

L'elemento in oggetto viene armato con armature diametro  $\phi = 12\text{mm}$ , disposte sia all'intradosso che all'estradosso e nelle due direzioni, con passo uniforme di  $200 \times 200\text{mm}$ .

Non si prevede l'impiego di specifiche armature a taglio.

Il tutto è riepilogato nelle seguenti immagini.

#### Mappa armature di Estradosso

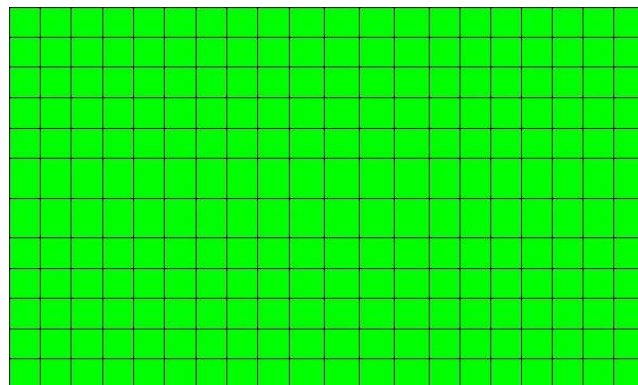


Colore

Armature

top  $\phi 12/20'$  X c=46.00 [mm] +  $\phi 12/20'$  Y c=58.00 [mm]

#### Mappa armature di Intradosso



Colore

Armature

bottom  $\phi 12/20'$  X c=46.00 [mm] +  $\phi 12/20'$  Y c=58.00 [mm]

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### Verifiche SLU a flessione

#### Proprietà dei materiali

Acciaio B 450 C elastic

$f_{yd}$ [MPa]	$\epsilon_{yd}$ ‰	$\epsilon_{ud}$ ‰	$\epsilon_{ud,Elastic}$ ‰
391.30	1.86	1.90	1.87

Calcestruzzo C 25/30 elastic

$f_{cd}$ [MPa]	$\epsilon_{cz}$ ‰	$\epsilon_{cu}$ ‰	$f_{ctd}$ [MPa]	$\epsilon_{ctd}$ ‰	$E_{cm}$ [MPa]	$\epsilon_{cu,Elastic}$ ‰
14.17	-2.00	-2.00	1.20	0.08	14166.70	-2.00

#### Sezione

- sezione 1 H=16.00 [cm]

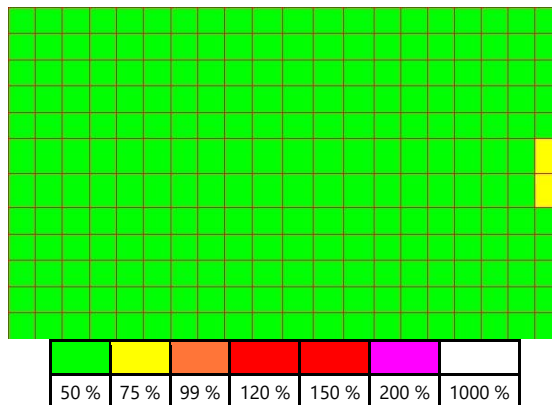
Estradosso				Intradosso			
$Af_x$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	$Af_y$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]	$Af_x$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	$Af_y$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]
565	46.00	565	58.00	565	46.00	565	58.00

#### Azioni di verifica Combinazione 4

$N_x$	3.60	[kN/m]	$N_{11}$	3.45	[kN/m]
$N_y$	177.57	[kN/m]	$N_{22}$	177.72	[kN/m]
$N_{xy}$	5.19	[kN/m]	$\alpha$	-1.71	[°]
$M_{xx}$	4.81	[kNm/m]	$M_{11}$	4.81	[kNm/m]
$M_y$	1.02	[kNm/m]	$M_{22}$	1.02	[kNm/m]
$M_{xy}$	-0.08	[kNm/m]	$\alpha$	-1.18	[°]

#### Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		$\theta$ [°]
		$\epsilon_x$ ‰	$\epsilon_y$ ‰	$\epsilon_{min}$ ‰	$\epsilon_{max}$ ‰	
0.51	Estradosso	0.817	1.865	4.281	0.042	54.76
	Intradosso	0.289	1.032	0.068	-0.387	-72.79



Come si vede dalla mappa sintetica sopra riportata, la verifica è soddisfatta in tutto l'elemento.

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### Verifiche SLE

#### Proprietà dei materiali

Acciaio B 450 C elastic

$f_{yd}$ [MPa]	$\epsilon_{yd}\%$	$\epsilon_{ud}\%$	$\sigma$ [MPa]
391.30	1.86	1.90	360.00

Calcestruzzo C 25/30 elastic

$f_{cd}$ [MPa]	$\epsilon_{cz}\%$	$\epsilon_{cu}\%$	$f_{ctd}$ [MPa]	$\epsilon_{ctd}\%$	$E_{cm}$ [MPa]	$\sigma$ [MPa]	$w_{Max}$ mm
14.17	-2.00	-2.00	2.56	0.18	14166.70	15.00	0.40

#### Sezione

- sezione 1 H=16.00 [cm]

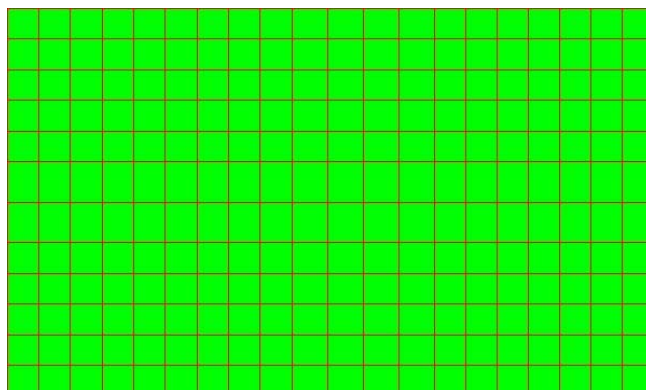
Estradosso				Intradosso			
$Af_x$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	$Af_y$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]	$Af_x$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	$Af_y$ [mm <sup>2</sup> ] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]
565	46.00	565	58.00	565	46.00	565	58.00

#### Azioni di verifica Combinazione 4

$N_x$	6.10	[kN/m]	$N_{11}$	6.07	[kN/m]
$N_y$	126.69	[kN/m]	$N_{22}$	126.73	[kN/m]
$N_{xy}$	-2.07	[kN/m]	$\alpha$	0.98	[°]
$M_{xx}$	3.86	[kNm/m]	$M_{11}$	3.86	[kNm/m]
$M_y$	0.79	[kNm/m]	$M_{22}$	0.78	[kNm/m]
$M_{xy}$	-0.12	[kNm/m]	$\alpha$	-2.21	[°]

#### Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		$\sigma_x$ [MPa]	$\sigma_y$ [MPa]	$\sigma_{c,Max}$ [MPa]	$\theta$ [°]		
0.34	Estradosso	3.41	12.06	0.00	-53.80	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	-3.67	10.41	-0.82	-85.62	NON Fessurato	0.000



50 %	75 %	99 %	120 %	150 %	200 %	1000 %
------	------	------	-------	-------	-------	--------

Come si vede dalla mappa sintetica sopra riportata, la verifica è soddisfatta in tutto l'elemento.

**Progettazione:**



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione di calcolo  
fondazioni Stazione Utente SU**

**Committente:**



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

**Verifiche a taglio**

cotg( $\theta$ ) di equilibrio

Nodi	Sez.	Comb.	Cr=S/R	Sd				Sr						
				$V_{Ed,x}$ [kN/m]	$V_{Ed,y}$ [kN/m]	$V_{Ed}$ [kN/m]	d [mm]	$V_{uc,x}$ [kN/m]	$V_{uc,y}$ [kN/m]	$V_{uc}$ [kN/m]	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$V_{Rd,s}$ [kN/m]	$V_{Rd}$ [kN/m]
elemento nodi 702 404	5	6	0.14	10.79	0.20	10.80	96.00	56.47	56.47	79.87	0	0.00	0.00	79.87

**Progettazione:**



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione di calcolo  
fondazioni Stazione Utente SU**

**Committente:**



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

## 12.2 APPARECCHIATURE ELETTRICHE

### 12.2.1 Armature plinto

Nel presente paragrafo è riportato il dimensionamento e la verifica delle sezioni in cemento armato significative del plinto tipico delle apparecchiature elettriche della Stazione Utente. Le verifiche presenti in questo capitolo sono state condotte con i valori delle sollecitazioni riportate al capitolo 4.

Si considera per il calcolo dell'armatura longitudinale una trave continua su tre appoggi, corrispondenti ai tre dadi, posti ad un interasse pari a 2.19 m.

Si considera la trave soggetta ad un carico uniformemente distribuito, definito dalle pressioni che si generano all'interfaccia tra l'intradosso della soletta inferiore di fondazioni ed il terreno. Tali pressioni sono valutate facendo riferimento ad un approccio plastico (andamento costante).

#### Geometria plinto:

Larghezza plinto:	B =	2.40	m
Lunghezza plinto:	L =	6.20	m
Altezza soletta:	s =	0.30	m
Altezza totale:	H =	1.00	m

#### Distribuzione plastica pressioni sul terreno:

Larghezza zona compressa	B' =	1.08	m
Pressione sul terreno:	$p_{max}$ =	33.30	kPa
Risultante pressioni sul terreno	Ed =	223.00	kN

Ciò produce i seguenti valori di sollecitazione sulla soletta inferiore della fondazione di nuova realizzazione:

$$V_{Sd} = 33.30 \times 2.20 \times 0.625 = 45.8 \text{ kN}$$

$$M_{Sd} = 33.30 \times 2.20^2 \times 1/8 = 20.2 \text{ kNm}$$

**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### Verifica a flessione della soletta

Le armature inferiori e superiori sono costituite da barre di diametro  $\phi$  12 mm disposte con passo di 20 cm.



Sd			Sr			Sd/Sr
N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	
0.00	20.20	0.00	-0.00	115.12	0.00	0.18

$M_{Rd} = 115.12 \text{ kNm} > M_{Sd} \Rightarrow$  **verificato**

**La verifica è soddisfatta.**

### Verifica a taglio della soletta

### Verifica per azioni combinate taglio - torsione secondo D.M. 17-01-2018 e UNI EN 1992-1-1-2005

#### 1. Caratteristiche dei materiali

##### Classe di resistenza calcestruzzo:

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione:	$f_{ck} =$	25.00	MPa
Resistenza caratteristica cubica a compressione:	$R_{ck} =$	30.00	MPa
Coefficiente parziale di sicurezza per cls:	$\gamma_c =$	1.5	
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc} =$	0.85	
Resistenza di calcolo a compressione ( $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$ )	$f_{cd} =$	14.17	MPa
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} =$	1.80	MPa
Dove: $f_{ctk} = 0.7 \times 0.3 \times f_{ck}^{2/3}$			
Resistenza di calcolo a trazione (classe <C50/60):	$f_{ctd} =$	1.20	MPa
Modulo elastico cls:	$E_{cm} =$	31476	MPa
Resistenza caratteristica di aderenza	$f_{bk} =$	4.04	MPa
Dove: $f_{bk} = 2.25 \times f_{ctk}$ (per barre con diam. <32mm)			
Resistenza caratteristica di aderenza ( $f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c$ )	$f_{bd} =$	2.69	MPa
Resistenza di aderenza ridotta	$f'_{bd} =$	1.80	MPa
Dove: $f'_{bd} = f_{bd} / 1.5$ - In presenza di cls teso o armature molto addensate			

##### Tipo di Acciaio:

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} =$	450	MPa
Coefficiente parziale di sicurezza per acciaio:	$\gamma_s =$	1.15	
Tensione di calcolo dell'acciaio	$f_{yd} =$	391.30	MPa
Distanza bordo - centro armatura longitudinale	$c =$	40.00	mm



**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

**Verifiche a taglio***Verifica a taglio senza armatura (par. 4.1.2.3.5.1 NTC2018)*

B (mm)	H (mm)	Ac (mmq)	bw (mm)	c (mm)	d (mm)	n.b.long.	$\phi$ sl (mm)	Asl (mmq)	$\rho_{sl}$	k	vmin
2400	300	720000	2400	58.00	242	12	12	1357.2	0.0023	1.909	0.462
V <sub>ED</sub> (kN)	N <sub>ED</sub> (kN)	$\sigma_{cp}$ (MPa)	V <sub>rdc</sub> (kN)	V <sub>rdcmin</sub> (kN)	V <sub>rdc</sub> (kN)		Verifica 1		Verifica 2		
45.80	0.00	0.00	<b>239.63</b>	268.10	<b>268.10</b>		V <sub>rdc</sub> < V <sub>rdcmin</sub>		V <sub>ed</sub> , armature a taglio non neces		

$$V_{Rdc} = 268.1 \text{ kN} > V_{Sd}$$

La verifica è soddisfatta.

### 12.2.2 Armatura pilastri superiori

Si esegue la verifica delle armature di ciascuno dei dadi, o baggioli, della fondazione, armato come un elemento soggetto a pressoflessione, soggetto alle azioni trasmesse dalla singola struttura in elevazione. Si riportano le sollecitazioni agenti, nella condizione di carico più gravosa allo Stato Limite Ultimo Statico SLU.

- Azioni SLU estradosso pilastro

$$N = 26.15 \text{ kN}$$

$$T = 24.40 \text{ kN}$$

$$M = 73.30 \text{ kNm}$$

- Azioni SLU intradosso pilastro

$$N = 37.35 \text{ kN}$$

$$T = 24.40 \text{ kN}$$

$$M = 90.38 \text{ kNm}$$

### Verifica a Flessione

La sezione è quadrata con lato di 80 cm. Le armature sono costituite da barre di diametro  $\phi$  12 mm, disposte in numero di 4 per ciascun lato. Si faccia riferimento ai disegni costruttivi per maggiori dettagli.

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

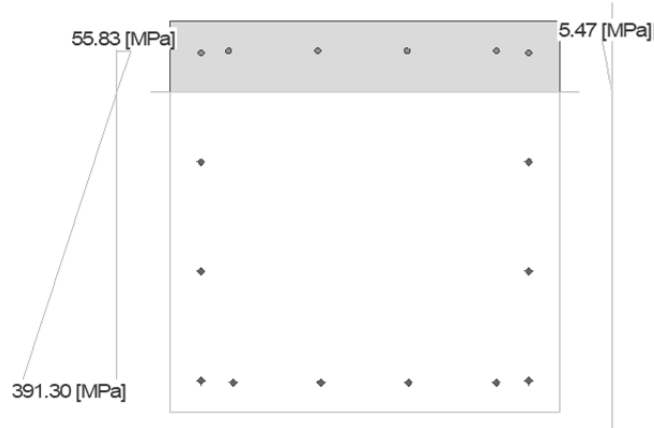
Relazione di calcolo  
fondazioni Stazione Utente SU

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

Verifica estradosso

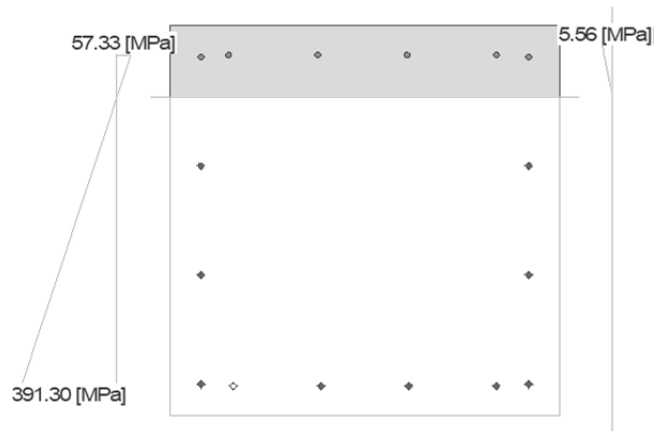


Sd			Sr			Sd/Sr
N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	
-26.15	73.30	0.00	-26.15	221.70	-0.00	0.33

$$M_{Rd} > M_{Sd}$$

Verificato

Verifica intradosso



Sd			Sr			Sd/Sr
N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	
-37.35	90.38	0.00	-37.35	225.27	-0.00	0.40

$$M_{Rd} > M_{Sd}$$

Verificato

**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo fondazioni Stazione Utente SU

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

**Verifica a Taglio.**

La sezione è quadrata con lato di 80 cm. È armata con staffe  $\phi$  12 mm a 2 braccia disposte a passo di 20 cm.

**Verifica per azioni combinate taglio - torsione secondo D.M. 17-01-2018 e UNI EN 1992-1-1-2005**

**1. Caratteristiche dei materiali****Classe di resistenza calcestruzzo:**

C25/30

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione:

fck = 25.00 MPa

Resistenza caratteristica cubica a compressione:

Rck = 30.00 MPa

Coefficiente parziale di sicurezza per cls:

 $\gamma_c = 1.5$ 

Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata

 $\alpha_{cc} = 0.85$ Resistenza di calcolo a compressione ( $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$ )

fcd = 14.17 MPa

Resistenza caratteristica a trazione

fctk = 1.80 MPa

Dove:  $f_{ctk} = 0.7 \times 0.3 \times f_{ck}^{2/3}$ 

Resistenza di calcolo a trazione (classe &lt;C50/60):

fctd = 1.20 MPa

Modulo elastico cls:

Ecm = 31476 MPa

Resistenza caratteristica di aderenza

fbk = 4.04 MPa

Dove:  $fbk = 2.25 \times f_{ctk}$  (per barre con diam. <32mm)Resistenza caratteristica di aderenza ( $f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c$ )

fbd = 2.69 MPa

Resistenza di aderenza ridotta

f'bd = 1.80 MPa

Dove:  $f'_{bd} = f_{bd} / 1.5$  - In presenza di ds teso o armature molto addensate**Tipo di Acciaio:**

B450C

Tensione caratteristica di snervamento

fyk = 450 MPa

Coefficiente parziale di sicurezza per acciaio:

 $\gamma_s = 1.15$ 

Tensione di calcolo dell'acciaio

fyd = 391.30 MPa

Distanza bordo - centro armatura longitudinale

c = 40.00 mm

**Verifiche a taglio****Verifica a taglio senza armatura (par. 4.1.2.3.5.1 NTC2018)**

B (mm)	H (mm)	Ac (mmq)	bw (mm)	c (mm)	d (mm)	n.b.long.	$\phi$ sl (mm)	Asl (mmq)	$\rho_{sl}$	k	vmin
800	800	640000	800	58.00	742	4	12	452.4	0.0008	1.519	0.328
V <sub>Ed</sub> (kN)	N <sub>Ed</sub> (kN)	$\sigma_{cp}$ (MPa)	V <sub>rdc</sub> (kN)	V <sub>rdcm</sub> (kN)	V <sub>rdc</sub> (kN)	Verifica 1		Verifica 2			
24.40	0.00	0.00	134.15	194.51	194.51	V <sub>rdc</sub> < V <sub>rdcm</sub>		V <sub>ed</sub> , armature a taglio non necc			

0.13

**Verifica a taglio con armatura (par. 4.1.2.3.5.2 NTC2018)**



$\phi$ sw (mm)	n.br.sw	Asw (mmq)	sv (mm)	$\theta$ (ses dec)	$\alpha$ (ses dec)	cotg $\theta$	$\alpha_c^*$	V <sub>adott.</sub>	V <sub>adott.</sub>
12	2	226.19	200	21.8	90	2.50	1.00	v = § 4.1.2.3.5.2 NTC2018	0.500
V <sub>rd,s</sub> (kN)		V <sub>rd,c</sub> (kN)		V <sub>rd</sub> (kN)		Verifica		Asl <sub>app</sub> (mmq)	
738.85		1304.90		738.85		V <sub>rd</sub> > V <sub>ed</sub> ; Sezione verificata		62.36	

$$V_{Rd} > V_{Sd}$$

**Verificato**

**Verifiche di fessurazione SLE**

Preso atto delle modeste sollecitazioni, non si riportano le verifiche di fessurazione agli Stati Limite di Esercizio dato che non risultano significative. Difatti in combinazione caratteristica il calcestruzzo non risulta fessurato.

<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione di calcolo</b> <b>fondazioni Stazione Utente SU</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

### 13 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Le elaborazioni di carattere geotecnico sono condotte con noti metodi di calcolo analitico, mutuati dalla bibliografia tecnica e scientifica. Risultano tutti di comprovata affidabilità, e sono implementati in semplici fogli di calcolo che da anni sono stati ben validati dagli scriventi progettisti nel corso di numerosi progetti.

I risultati delle elaborazioni numeriche di carattere strutturale sono stati sottoposti a controlli dagli scriventi progettisti delle opere in oggetto. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.