

Comune di CARPI

Provincia di MODENA

Regione EMILIA ROMAGNA

IMPIANTO DI SELEZIONE E COMPOSTAGGIO RIFIUTI SOLIDI URBANI E SPECIALI NON PERICOLOSI via Valle n° 21 Fossoli di Carpi (MO)

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI DIGESTIONE
ANAEROBICA DEL RIFIUTO ORGANICO
DA RACCOLTA DIFFERENZIATA FINALIZZATO
ALLA PRODUZIONE DI BIOMETANO

- PROGETTO DEFINITIVO -

COMMITTENTE:



Via Maestri del Lavoro n. 38 - 41037 - Mirandola (MO)
web: www.aimag.it - e-mail: info@aimag.it

Il Responsabile
Area Impianti Ambiente

(ing. Paolo Monoscalco)

TITOLARE INCARICO E COORDINAMENTO GENERALE:



Studio T.En.

Via A. Einstein, 11 - 42122 Reggio Emilia
Tel: 0522 337096 - Fax: 0522 337592
E-mail: info@studioten.it

Il Progettista

(ing. Stefano Teneggi)

ALTRI PROFESSIONISTI:



Berro & Sartori ingegneria Srl

via Roma, 130
30030 Pianiga [VE] - Italy

t. [+39] 041 5195480 web: www.bs-eng.net
f. [+39] 041 5199098 pec: info@pec.bs-eng.net
P. IVA 04095420271 e-mail: info@bs-eng.net

Il Progettista

(ing. Gialuca Sartori)

Data

Maggio 2020

RELAZIONE GEOTECNICA SULLE FONDAZIONI

REVISIONE

DATA

00

Emissione

Xref cartiglio per relazioni.dwg

STR_003

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

Indice

1. RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA.....	5
1.1. Introduzione.....	5
1.2. Identificazione dell'area	5
1.3. Descrizione generale.....	7
1.4. Generalità sui criteri di progettazione strutturale.....	9
1.5. Aspetto geologico – geotecnico	9
1.5.1. Risposta sismica locale	9
1.6. EDIFICIO 18.....	10
1.6.1. Descrizione generale	10
Descrizione geometrica	13
1.6.2. Descrizione tipologica.....	13
1.7. EDIFICIO 19.....	14
1.7.1. Descrizione generale	14
1.7.2. Descrizione geometrica	16
1.7.3. Descrizione tipologica.....	17
1.8. EDIFICIO 20.....	17
1.8.1. Descrizione generale	17
1.8.2. Descrizione geometrica	19
1.8.3. Descrizione tipologica.....	20
1.9. EDIFICI 21-22-25-26-27-30-31-32-33.....	20
1.9.1. Descrizione generale	20
1.10. EDIFICIO 23.....	23
1.10.1. Descrizione generale	23
1.10.2. Descrizione geometrica	25
1.10.3. Descrizione tipologica	26
1.11. EDIFICIO 24.....	26
1.11.1. Descrizione generale	26
1.11.2. Descrizione geometrica	27
1.11.3. Descrizione tipologica	28
1.12. EDIFICIO 28.....	29
1.12.1. Descrizione generale	29
1.12.2. Descrizione tipologica	33
1.13. EDIFICIO 29.....	33
1.13.1. Descrizione generale	33
1.13.2. Descrizione geometrica	34
1.13.3. Descrizione tipologica	35
1.14. VASCHE V4 a-b-c e TETTOIA STOCCAGGIO LEGNO INTERVENTO 34.....	36
1.14.1. Descrizione generale	36
1.14.2. Descrizione geometrica	38
1.14.3. Descrizione tipologica	39
1.15. VASCHE V2n-V4d.....	39
1.15.1. Descrizione generale	39
1.15.2. Descrizione geometrica	41
1.15.3. Descrizione tipologica	42
1.16. VASCHE V8-V9.....	43
1.16.1. Descrizione generale	43
1.16.2. Descrizione geometrica	44
1.16.3. Descrizione tipologica	45
1.17. EDIFICIO Q/T.....	45
1.17.1. Descrizione generale	45

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

1.17.2. Descrizione geometrica	46
1.17.3. Descrizione tipologica	47
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	47
2.1. Generali.....	47
2.2. Azioni sulle strutture.....	48
2.3. Strutture in cemento armato normale e precompresso e acciaio	48
2.4. Strutture prefabbricate	48
2.5. Eurocodici.....	49
2.5.1. EUROCODICE 1 – Azioni sulle strutture	49
2.5.2. EUROCODICE 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo.....	49
2.5.3. EUROCODICE 3 - Progettazione delle strutture in acciaio	49
2.5.4. EUROCODICE 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo	50
2.5.1. EUROCODICE 5 – Progettazione delle strutture in legno	50
2.5.2. EUROCODICE 6 – Progettazione delle strutture in muratura	50
2.5.3. EUROCODICE 7 – Progettazione geotecnica.....	50
2.5.4. EUROCODICE 8 Progettazione delle strutture per la resistenza sismica	50
2.5.5. EUROCODICE 9 -Progettazione delle strutture in alluminio	50
3. DESCRIZIONE DEI MATERIALI E DEI PRODOTTI PER USO STRUTTURALE	51
3.1. Cemento per calcestruzzo.....	51
3.2. Calcestruzzo per opere in cemento armato.....	52
3.3. Sabbia e ghiaia.....	52
3.4. Acciaio per cemento armato.....	52
4. MODELLO GEOTECNICO.....	53
4.1. Premessa.....	53
4.2. Modello del terreno.....	54
5. CALCOLO DEI PALI DI FONDAZIONE	54
5.1. Premessa.....	54
5.2. Carichi di progetto.....	55
5.2.1. Permanenti non strutturali di copertura	55
5.2.2. Permanenti non strutturali.....	55
5.2.3. Carichi zona uffici cat.B	55
5.2.4. Tegoli di copertura	55
5.2.5. Conglomerato cementizio armato	55
5.2.6. Pannelli perimetrali	55
5.2.7. Materiale stoccato e acqua all'interno delle vasche	55
5.2.8. Altri carichi	55
5.1. Sollecitazioni ottenute sui pali.....	55
5.1.1. Edificio 18	55
5.1.2. Edificio 23	59
5.1.3. Edificio 20	62
5.1.4. Edificio 21	63
5.1.5. Edificio 29	64
5.1.6. Vasche V8-V9.....	65
5.1.7. Vasche V4d-V2n.....	66
5.1.8. Vasche V4a-b-c.....	67
5.2. Calcolo e verifica dei pali	68
5.2.1. Cenni teorici	68

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

5.2.2. Edificio 18 e 23.....	73
5.2.3. Platee delle vasche e dei digestori appoggiate su pali.....	77

Indice delle figure

Figura 1.1 - Schema degli interventi	8
Figura 2 – confronto spettro sismico locale e spettro elastico suolo C (SLV).....	10
Figura 1.3 – Pianta fondazioni generale Edificio 18.....	11
Figura 1.4 – Pianta copertura generale Edificio 18	11
Figura 1.5 – Sezioni trasversali e longitudinali Edificio 18	12
Figura 1.6 – Prospetti Edificio 18.....	12
Figura 1.7 - Modello FEM Edificio 18	13
Figura 1.8 – Pianta fondazioni Edificio 19	15
Fig. 1.9 – Sezione Edificio 19.....	16
Figura 1.10 - Modello FEM Edificio 19	17
Figura 1.11 – Pianta fondazioni Edificio 20	18
Fig. 1.12 – Sezione Edificio 20.....	19
Figura 1.13 - Modello FEM Edificio 20	19
Figura 1.14 - Pianta Interventi 26-27-30-31-32-33	21
Figura 1.15 – Pianta e sezioni Edificio 21.....	22
Figura 1.16 – Pianta platea e sezioni Edificio 22.....	23
Figura 1.17 – Pianta fondazioni generale Edificio 23.....	24
Figura 1.18 – Pianta copertura generale Edificio 23.....	24
Figura 1.19 – Sezioni trasversali e longitudinali Edificio 23	24
Figura 1.20 – Prospetti Edificio 23.....	25
Figura 1.21 - Modello FEM Edificio 23	25
Figura 1.22 – Pianta fondazioni Edificio 19	27
Fig. 1.23 – Sezione Edificio 19.....	27
Figura 1.24 - Modello FEM Edificio 24	28
Figura 1.25 – Pianta fondazioni Building H.....	29
Figura 1.26 – Pianta solaio Edificio 28	30
Figura 1.27 – Pianta Copertura Edificio 28	30
Figura 1.28 - Sezioni Edificio 28	31
Figura 1.29 - Prospetti Edificio 28	32
Figura 1.30 - Modello FEM Edificio 28	32
Figura 1.31 – Pianta fondazioni Edificio 29	34
Fig. 1.32 – Sezione Edificio 29.....	34
Figura 1.33 - Modello FEM Edificio 29	35
Figura 1.34 – Pianta fondazioni Vasche V4a-b-c e tettoia.....	37
Fig. 1.35 – Sezione Vasche V4a-b-c e tettoia	37
Figura 1.36 - Modello FEM V4a-b-c e tettoia.....	38
Figura 1.37 – Pianta fondazioni Vasche V4d-V2n	40
Fig. 1.38 – Sezione Vasche V4d-V2n	41
Figura 1.39 - Modello FEM V4d-V2n.....	42
Figura 1.40 – Pianta fondazioni Vasche V8-V9	43
Fig. 1.41 – Sezione Vasche V8-V9	44
Figura 1.42 - Modello FEM V8-V9.....	44
Figura 1.43 – Pianta fondazioni Edificio Q/T.....	46

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

Fig. 1.44 – Sezione Edificio Q/T	46
Figura 1.45 - Modello FEM Edificio Q/T.....	47
Figura 3.1 - Estratto da UNI197-1:2011	51
Figura 3.2 - Estratto UNI11104:2004.....	52
Figura 3 - Ubicazioni planimetrica delle verticali della prima campagna di indagini.....	53
Figura 5.1 – Inviluppo sollecitazioni sforzo normale SLE qp (KN)	56
Figura 5.2 – Inviluppo sollecitazioni sforzo normale SLU-SLV (KN)	56
Figura 5.3 – Inviluppo Momenti M3 SLU – SLV KNm	57
Figura 5.4 – Inviluppo Momenti M2 SLU – SLV KNm	57
Figura 5.5 – Inviluppo Tagli F3 SLU – SLV KNm.....	58
Figura 5.6 – Inviluppo Tagli F2 SLU – SLV KNm.....	58
Figura 5.7 – Inviluppo sollecitazioni sforzo normale SLE qp (KN)	59
Figura 5.8 – Inviluppo sollecitazioni sforzo normale SLU-SLV (KN)	59
Figura 5.9 – Inviluppo Momenti M3 SLU – SLV KNm	60
Figura 5.10 – Inviluppo Momenti M2 SLU – SLV KNm	60
Figura 5.11 – Inviluppo Tagli F3 SLU – SLV KNm.....	61
Figura 5.12 – Inviluppo Tagli F2 SLU – SLV KNm.....	61
Figura 5.13 – Inviluppo sollecitazioni sforzo normale SLE qp (KN)	62
Figura 5.14 – Inviluppo sollecitazioni sforzo normale SLU-SLV (KN).....	62
Figura 5.15 – Inviluppo sollecitazioni sforzo normale SLE qp (KN)	63
Figura 5.16 – Inviluppo sollecitazioni sforzo normale SLU-SLV (KN).....	63
Figura 5.17 – Inviluppo sollecitazioni sforzo normale SLE qp (KN)	64
Figura 5.18 – Inviluppo sollecitazioni sforzo normale SLU-SLV (KN).....	64
Figura 5.19 – Inviluppo sollecitazioni sforzo normale SLE qp (KN)	65
Figura 5.20 – Inviluppo sollecitazioni sforzo normale SLU-SLV (KN).....	65
Figura 5.21 – Inviluppo sollecitazioni sforzo normale SLE qp (KN)	66
Figura 5.22 – Inviluppo sollecitazioni sforzo normale SLU-SLV (KN).....	66
Figura 5.23 – Inviluppo sollecitazioni sforzo normale SLE qp (KN)	67
Figura 5.24 – Inviluppo sollecitazioni sforzo normale SLU-SLV (KN).....	67
Figura 25 - Diagramma delle sollecitazioni	76
Figura 26 - Diagramma delle sollecitazioni	80

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

1. RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

1.1. INTRODUZIONE

Il presente elaborato è parte integrante del Progetto Definitivo per la realizzazione di una sezione di digestione anaerobica finalizzata alla produzione di biometano mediante upgrading del biogas. La nuova sezione impiantistica si posiziona all'interno dell'area di pertinenza dell'impianto esistente di compostaggio di Fossoli, di proprietà della ditta Aimag Spa e sito in Comune di Carpi (MO), precisamente nella porzione Est all'interno del comparto.

La presente relazione illustra le scelte metodologie, materiche, strutturali, normative e di calcolo che hanno portato al dimensionamento e alla determinazione delle opere di fondazioni del progetto definitivo strutturale dell'edificio progettato ed in particolare modo verrà trattata la verifica dei pali di fondazione.

Per la verifica dei plinti su pali e non e delle platee di fondazione si veda la relazione di calcolo delle strutture.

1.2. IDENTIFICAZIONE DELL'AREA

L'area interessata dall'impianto è situata nella parte nord della provincia di Modena, nella porzione ovest della medio-bassa pianura modenese, fra la frazione di Fossoli di Carpi e Novi di Modena, nel territorio comunale di Carpi.

Nel dettaglio l'impianto si trova a sud dell'impianto di discarica esistente ed è delimitato ad ovest dal Cavo Gavasseto, a nord dal Canale Irriguo Marengo e Via Valle e ad est da Via Remesina Esterna.

Il territorio circostante è formato da prevalenti zone agricole nell'ambito delle quali si trova, oltre a frazioni minori e varie case sparse nella campagna, il centro abitato di Fossoli di Carpi a distanza di circa 3 km a sud.

IMPIANTO DI SELEZIONE E COMPOSTAGGIO RIFIUTI SOLIDI URBANI E SPECIALI NON PERICOLOSI
 REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA DEL RIFIUTO ORGANICO DA RACCOLTA DIFFERENZIATA FINALIZZATO
 ALLA PRODUZIONI DI BIOMETANO IN VIA VALLE n°21 FOSSOLI CARPI (MO)

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture



Fig.1.: Ortofoto dell'area di intervento

Come evidenziato in figura seguente, l'intervento sarà realizzato su aree di proprietà Aimag interne all'impianto esistente, di cui al mappale 93, e su aree di proprietà comunale, di cui Aimag ha acquisito il diritto di superficie (mappali 28, 30 e 121).

Le coordinate GPS del sito sono le seguenti:

- Latitudine 44°50'43.35"N
- Longitudine 10°54'26.48"E



Fig. 2. - Estratto mappa catastale dell' area dell'area di intervento

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

1.3. DESCRIZIONE GENERALE

Il presente progetto prevede l'introduzione di una nuova sezione di digestione anaerobica ed apportando i necessari adeguamenti delle reti tecnologiche, con modesto incremento della potenzialità di trattamento. In effetti l'ipotesi progettuale prevede che l'attuale quantità di rifiuto in ingresso al trattamento R3, pari a 90.000 tonnellate/anno, sia aggiornata al valore di 115.000 t/a.

Data la numerosità degli edifici da realizzare si schematizzano di seguito i vari interventi come da schema e figura seguente.

Si precisa che si tratta di edifici tutti indipendenti tra di loro dal punto di vista sismico, per la presenza di giunti strutturali.

EDIFICI IN PROGETTO



AREA OGGETTO DI INTERVENTO

- 18 CAPANNONE DI RICEZIONE
- 19 BIOFILTRO CAPANNONE DI RICEZIONE
- 20 VASCHE DI PRECARICO
- 21 DIGESTORE PRIMARIO
- 22 DIGESTORE SECONDARIO
- 23 CAPANNONE DI SEPARAZIONE SOLIDO/LIQUIDO
- 24 BIOFILTRO CAPANNONE SEPARAZIONE S/L
- 25 STAZIONE DI UPGRADING
- 26 SEZIONE DI COMPRESSIONE
- 27 AREA SNAM - PUNTO DI CONSEGNA BIOMETANO
- 28 PALAZZINA UFFICI - SALA CONTROLLO - MAGAZZINO
- 29 VASCA DI SEDIMENTAZIONE
- 30 STAZIONE DI ASPIRAZIONE A SERVIZIO DELLE TORCE
- 31 TORCE
- 32 BIOFILTRO A SERVIZIO DI "V9"
- 33 IMPIANTO DI RECUPERO "CO2"
- 34 TETTOIA STOCCAGGIO LEGNO
- V4a VASCA DI RACCOLTA ACQUE METEORICHE - V=2'000 m3
- V4b VASCA DI RACCOLTA ACQUE METEORICHE - V=2'000 m3
- V4c VASCA DI RACCOLTA ACQUE METEORICHE - V=2'000 m3
- V4d VASCA DI RACCOLTA ACQUE METEORICHE - V=1'000 m3
- V2b VASCA DI RACCOLTA ACQUE METEORICHE - V=120 m3
- V8 VASCA DI MISCELAZIONE - V=1'000 m3
- V9 VASCA DI RACCOLTA DIGESTATO - V=3'000 m3
- Q7 SALA QUADRI TRASFORMATORI
- QE LOCALE QUADRI ELETTRICI



CAL CALDAIA



COG COGENERATORE



GE GRUPPO ELETTOGENO



PZ POZZO



VP VASCA A SERVIZIO DEL POZZO da 30 m3



AC AUTOCLAVE



V VASCA DI RECUPERO E STOCCAGGIO ACQUE BIANCHE

V7a VASCA 7a da 200 m3 (interrata)

V7b VASCA 7b da 100 m3 complessivi (2 serbatoi fuori terra)

V7c VASCA 7c da 50 m3 (interrata)



V VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE BIANCHE

V12 VASCA 12 da 270 m3

V13 VASCA 13 da 675 m3

IMPIANTO DI SELEZIONE E COMPOSTAGGIO RIFIUTI SOLIDI URBANI E SPECIALI NON PERICOLOSI
 REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA DEL RIFIUTO ORGANICO DA RACCOLTA DIFFERENZIATA FINALIZZATO
 ALLA PRODUZIONI DI BIOMETANO IN VIA VALLE n°21 FOSSOLI CARPI (MO)

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

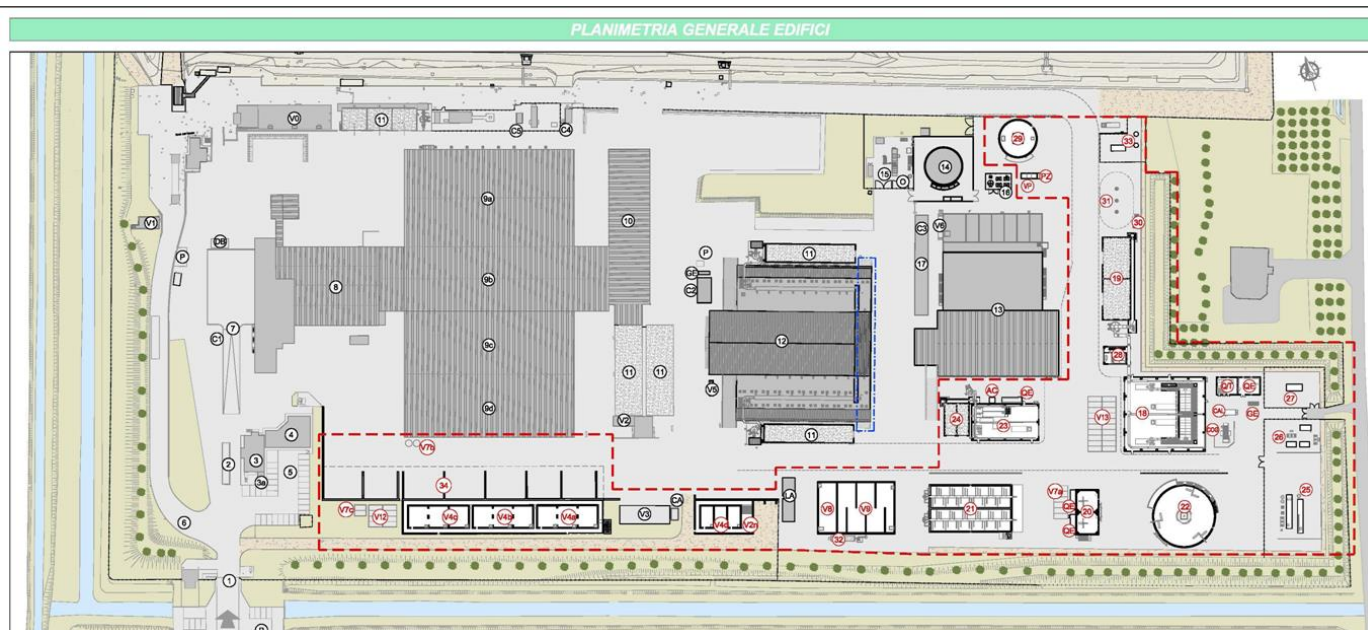


Figura 1.1 - Schema degli interventi

Si riportano di seguito la tipologia delle strutture per i vari interventi previsti nel progetto.

EDIFICI/INTERVENTI	Destinazione d'uso	Tipologia di Struttura
18	Capannone di Ricezione	Prefabbricata in c.a. e in c.a.p.
19	Biofiltro capannone di ricezione	c.a in opera
20	Vasca di precarico	c.a in opera
21	Platea del Digestore primario	c.a in opera / la struttura da definirsi con il fornitore
22	Platea del Digestore secondario	c.a in opera/ la struttura da definirsi con il fornitore
23	Capannone di separazione solido/liquido	Prefabbricata in c.a. e in c.a.p.
24	Biofiltro capannone di separazione	c.a in opera
25,26,27,30,31,32,33	Platee per gli impianti	c.a in opera
34	Tettoia staoccaggio del legno	c.a in opera (fondazioni ed elevazioni) e prefabbricata di copertura
28	Palazzina uffici	Prefabbricata in c.a. e in c.a.p.
29	Vasca di sedimentazione	c.a in opera fuori terra
V4a,b,c,d, V2n	Vasche raccolta acque meteoriche	c.a in opera fuori terra
V8	Vasca di miscelazione	c.a in opera fuori terra
V9	Vasca di raccolta digestato	c.a in opera fuori terra
V7a, b, c	Vasche di recupero e stoccaggio acque bianche	Prefabbricate ed interrate
V11, V12	Vasche di laminazione acque bianche	Prefabbricate ed interrate

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

Q/T e QE	Sala quadri e trasformatori e locale quadri elettrici	c.a in opera
----------	---	--------------

1.4. GENERALITÀ SUI CRITERI DI PROGETTAZIONE STRUTTURALE

Il territorio di Carpi (MO) è classificato sismico in zona 3 dalle Norme Tecniche sulle Costruzioni del 2018, applicativo della L.64/'74 e successive varianti e integrazioni (Circolare Applicativa 21 Gennaio 2019 n°7). Inoltre, l'edificio sarà calcolato per una Vita Nominale pari a 50 anni in classe d'uso II, ossia per un periodo di riferimento pari $V_R=50$ anni.

1.5. ASPETTO GEOLOGICO – GEOTECNICO

L'incarico di definire le caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni per il dimensionamento delle strutture di fondazione ai sensi del D.M. 17.01.2018 e s.m.i. è stato affidato al Dott. Geol. Pierluigi Dallari.

Per la puntuale caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica del sottosuolo dell'area di progetto è stata condotta una approfondita campagna di indagini in sito progettata in accordo con la Committente e con il gruppo di progettazione.

Il presente rapporto riferisce quindi sull'assetto, geomorfologico ed idrogeologico del sito e comprende, sulla base delle specifiche indagini, l'identificazione delle formazioni presenti, della struttura e dei caratteri fisici del sottosuolo, definisce il modello geologico-tecnico del sottosuolo, e le caratteristiche sismiche.

Per la caratterizzazione sismica dei terreni i risultati hanno permesso di definire una Categoria di sottosuolo **C**.

1.5.1. Risposta sismica locale

L'argomento è compiutamente trattato nella relazione geologica a firma del Dott. Geol. Pierluigi Dallari.

Si riportano di seguito le indagini effettuate in sito.

La categoria di sottosuolo sismica adottata è tipo “**C**”, di seguito si riportano i confronti tra spettro sismico di progetto e spettro derivato dall'analisi sismica locale. Come si può vedere l'amplificazione del moto sismico locale produce uno spettro elastico minore rispetto a quelle previste dalle analisi semplificate.

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

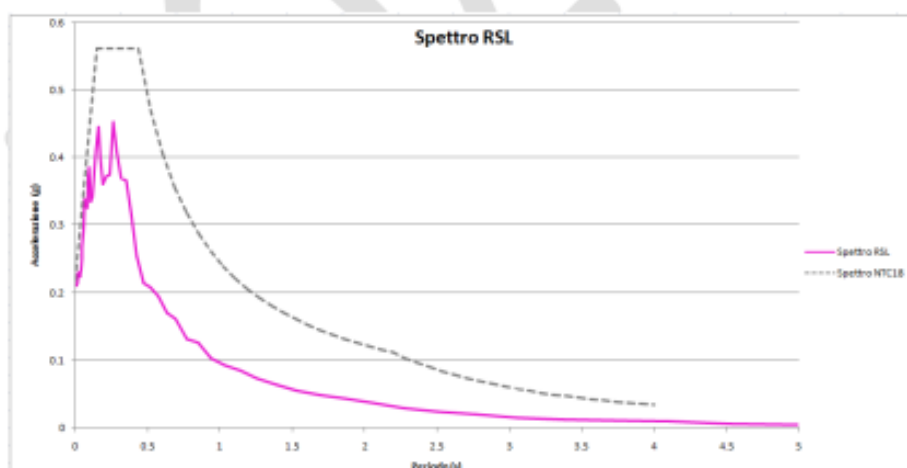


Figura 2 – confronto spettro sismico locale e spettro elastico suolo C (SLV)

1.6. EDIFICIO 18

1.6.1. Descrizione generale

L'edificio 18 è stato progettato con strutture a travi e pilastri prefabbricati in cap.

L'edificio presenta un ingombro totale in pianta pari a circa 36.10 x 33.20 m; è costituito da un singolo piano in tutta la sua superficie e l'altezza massima interna misurata sotto le travi primaria è di 13 m.

In particolare, si prevedono le seguenti strutture portanti:

- Fondazione a plinti su pali e a travi di collegamento sismico; Il collegamento perimetrale dei plinti avviene tramite dei cordoli che possono avere anche la funzione di reggi pannello.
- Pilastri in cap di varie sezioni in c.a.;
- Travi primarie in c.a.p. tipo L e ad I variabile;
- Solaio di copertura con tegoli alari poggianti su travi in c.a.p.;
- Pannelli di tamponamento orizzontali in c.a. non a taglio termico ed alleggeriti con adeguati telai di sostegno in corrispondenza dei fori porta e per sbalzi non sostenuti da pilastri in c.a..

Si riporta di seguito la planimetria generale e alcune sezioni.

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

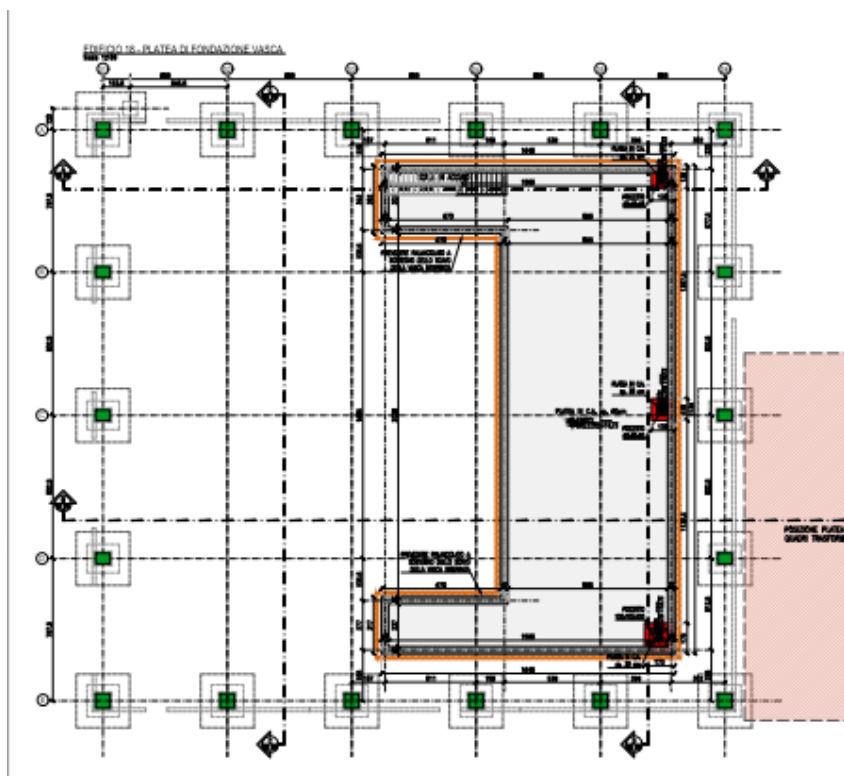


Figura 1.3 – Pianta fondazioni generale Edificio 18

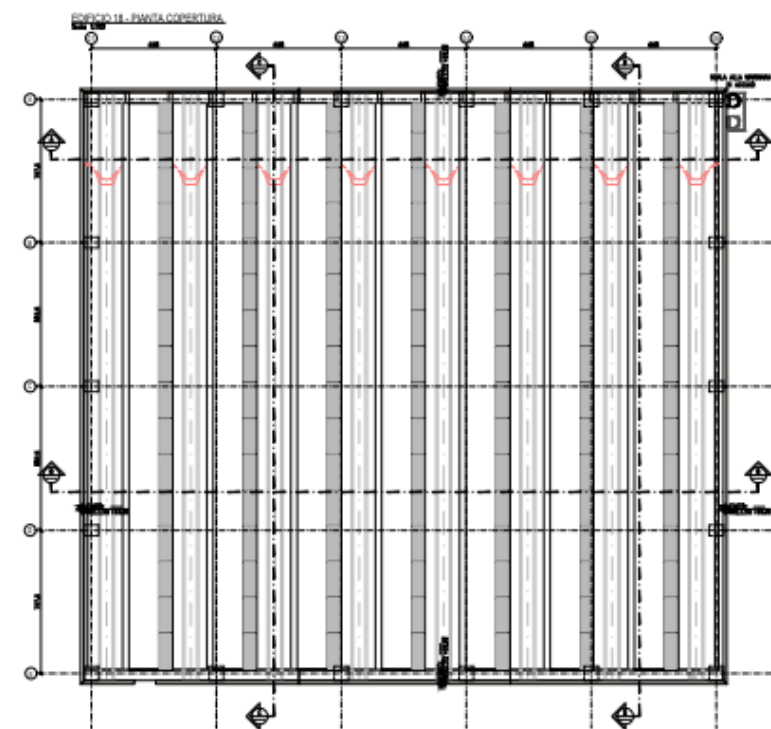


Figura 1.4 – Pianta copertura generale Edificio 18

IMPIANTO DI SELEZIONE E COMPOSTAGGIO RIFIUTI SOLIDI URBANI E SPECIALI NON PERICOLOSI
 REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA DEL RIFIUTO ORGANICO DA RACCOLTA DIFFERENZIATA FINALIZZATO
 ALLA PRODUZIONI DI BIOMETANO IN VIA VALLE n°21 FOSSOLI CARPI (MO)

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

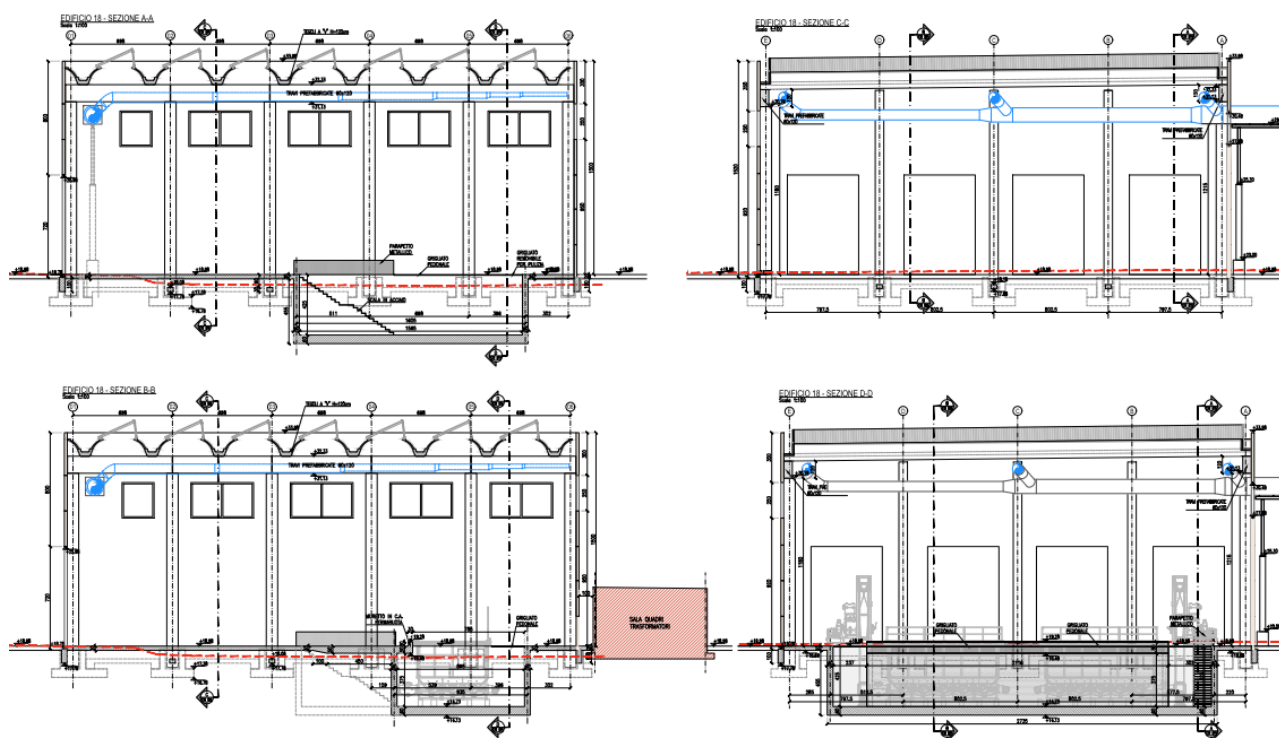


Figura 1.5 – Sezioni trasversali e longitudinali Edificio 18

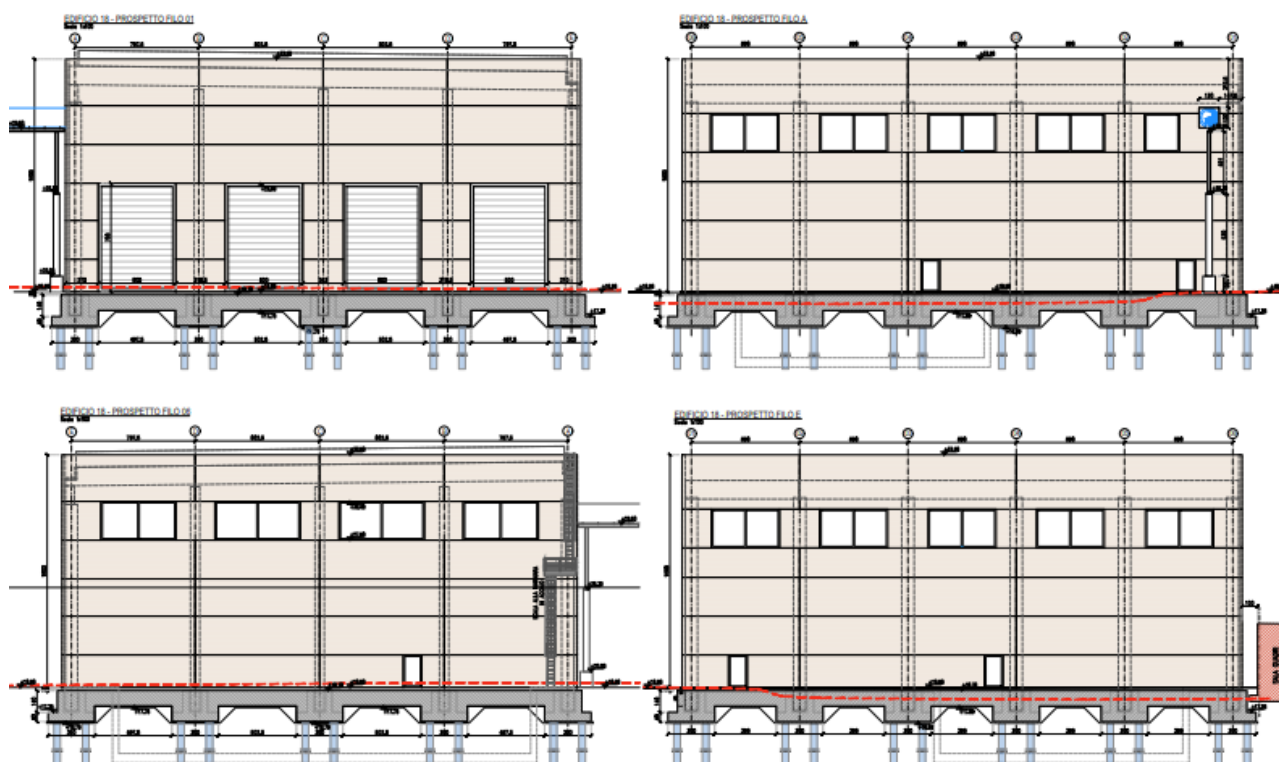


Figura 1.6 – Prospetti Edificio 18

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

Si riportano di seguito delle brevi descrizioni sulla tipologia strutturale.

Descrizione geometrica

Trattasi di edifici realizzati tutti in elementi prefabbricati.

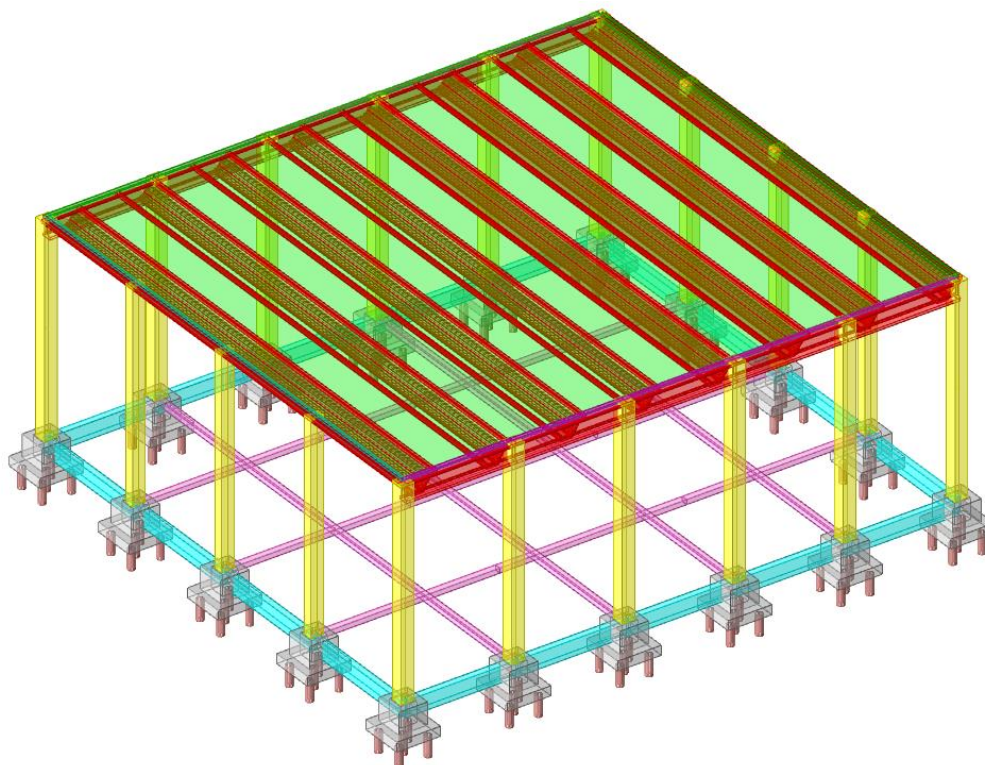


Figura 1.7 - Modello FEM Edificio 18

1.6.1.1 Numero di piani

- **Piani:** uno fuori terra;

1.6.1.2 Dimensioni in pianta

- 36.10 x 33.20 m;

1.6.1.3 Altezze

- Dalla quota +18.98 pavimento al piano di posa dei plinti di fondazione +16.78 m;
- Dalla quota pavimento finito all'intradosso trave di copertura +32.33 e +31.98 m.
- H edificio esterno pannelli max 15.00 m.

1.6.2. Descrizione tipologica

1.6.2.1 Fondazioni

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

Le fondazioni sono a plinti con bicchiere su pali con travi perimetrali di collegamento

- **Spessore:** 60 cm.
- **Dimensione Plinti:** 300x300 cm
- **Quote di posa:** i plinti tipo hanno quota di imposta +16.78 m;
- **Materiale:** conglomerato cementizio armato di classe C25/30 – XC2;

1.6.2.2 Strutture in Elevazione

- **Tipologia:** struttura a pilastri in c.a. di sezione 80x80 cm e 60x80 rpg;
- **Materiale:** Calcestruzzo C45/55– XA3 per pilastri in c.a..

1.6.2.3 Solai di copertura

- **Tipologia:** struttura in elementi prefabbricati a tipologia tegoli alari sostenuti da travi prefabbricate in c.a.p.
- **Materiale:** Calcestruzzo min. C45/55 e C 50/60 – XA3.

1.6.2.4 Condutture

Le condutture e canne di qualsiasi genere sono predisposte in modo tale da essere isolate dalle strutture resistenti dell'edificio e secondo le norme di legge.

1.7. EDIFICIO 19

1.7.1. Descrizione generale

Trattasi di un nuovo edificio realizzato tutto in cls in opera con destinazione d'uso di biofiltro per il capannone di ricezione.

Il manufatto presenta un ingombro in pianta pari a circa 36.60 x 12.30 m, ed è costituito da due vasche separate tra di loro per la presenza di muri per tutta la lunghezza alti 2.10 m da pavimento finito.

In particolare, si prevedono le seguenti strutture portanti:

- Fondazione a platea spessore 40cm.
- I muri perimetrali e centrali sp=30 cm

Si riporta di seguito la planimetria generale e alcune sezioni.

IMPIANTO DI SELEZIONE E COMPOSTAGGIO RIFIUTI SOLIDI URBANI E SPECIALI NON PERICOLOSI
 REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA DEL RIFIUTO ORGANICO DA RACCOLTA DIFFERENZIATA FINALIZZATO
 ALLA PRODUZIONI DI BIOMETANO IN VIA VALLE n°21 FOSSOLI CARPI (MO)

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

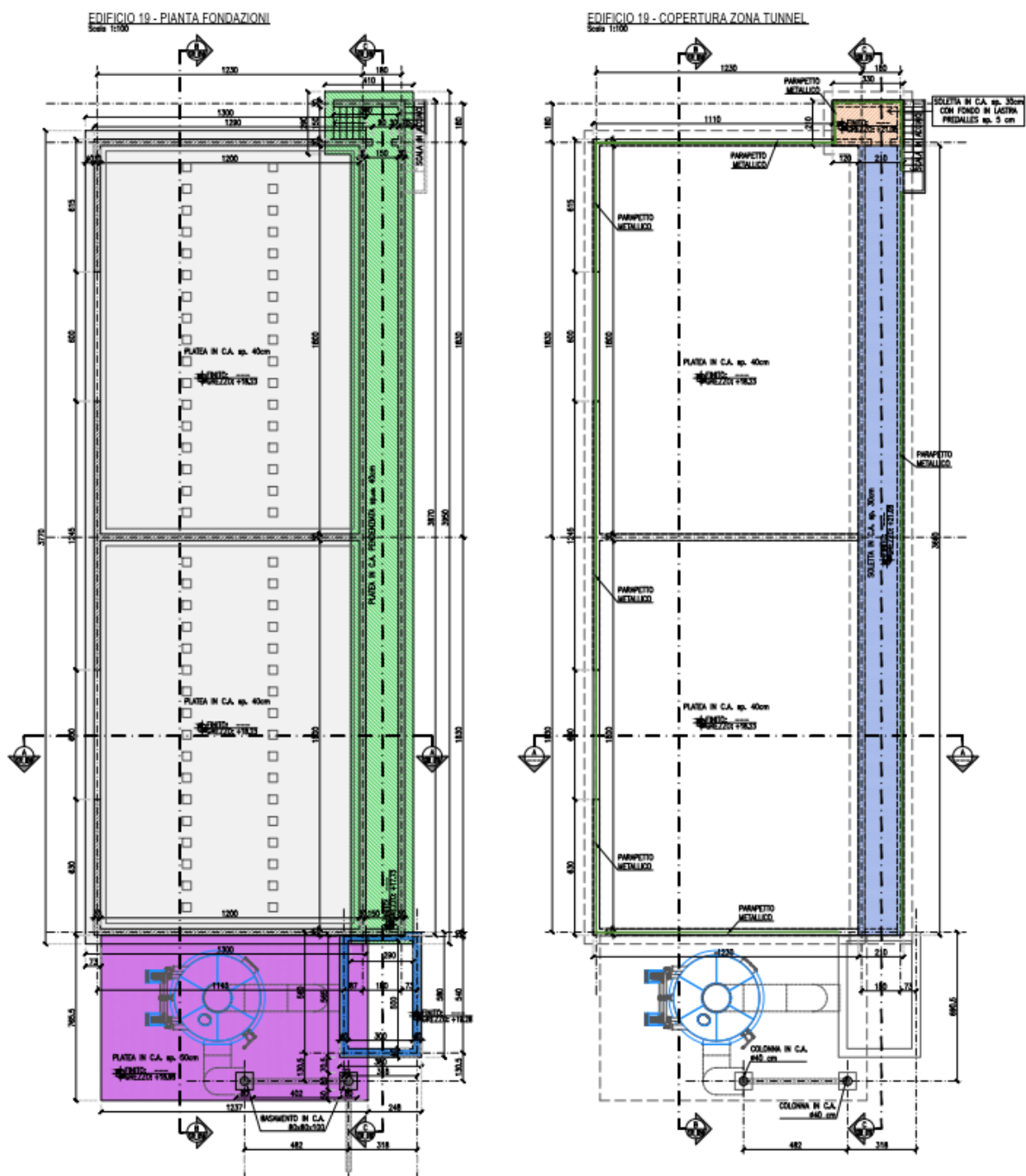


Figura 1.8 – Pianta fondazioni Edificio 19

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

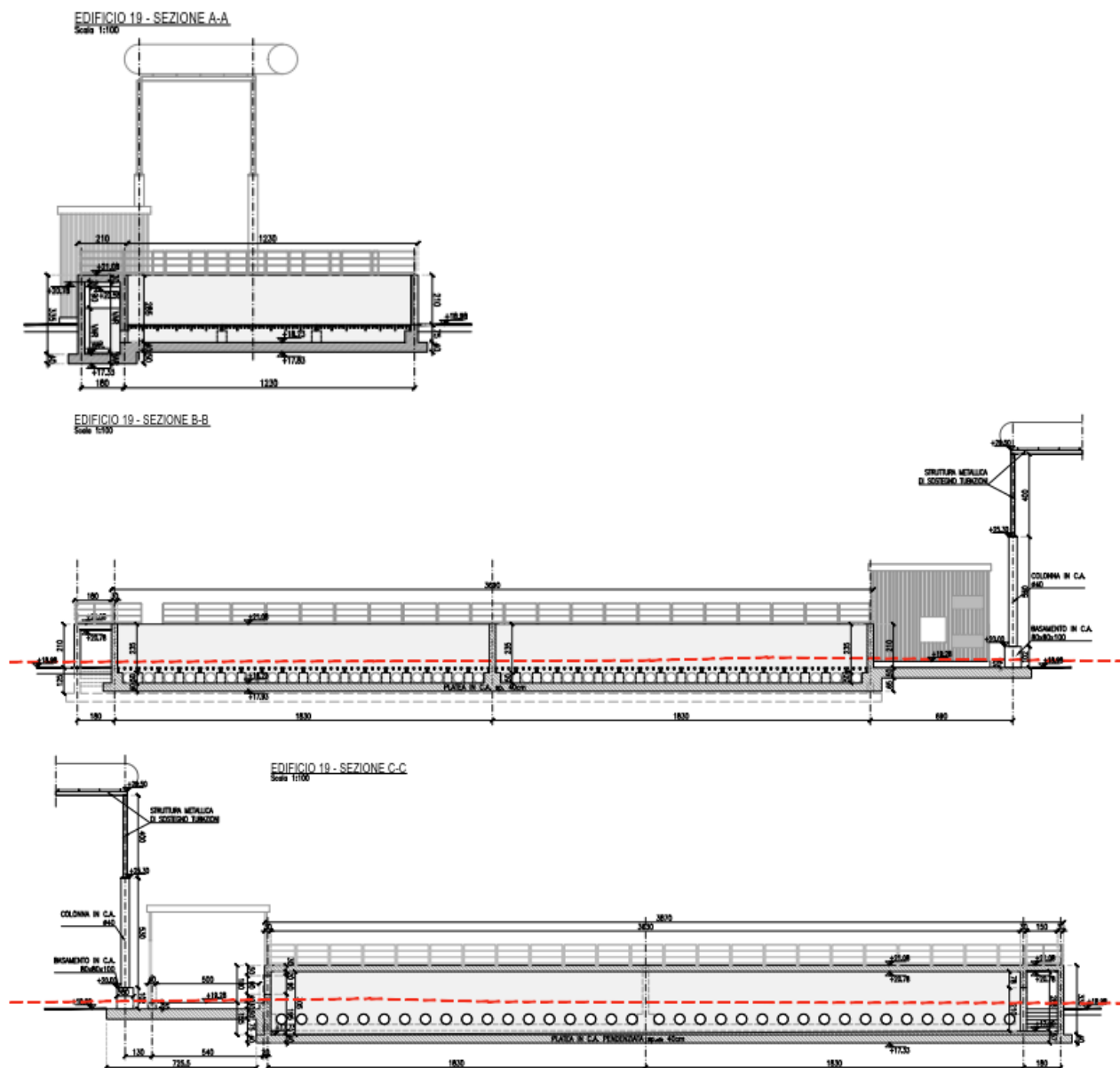


Fig. 1.9 – Sezione Edificio 19

1.7.2. Descrizione geometrica

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

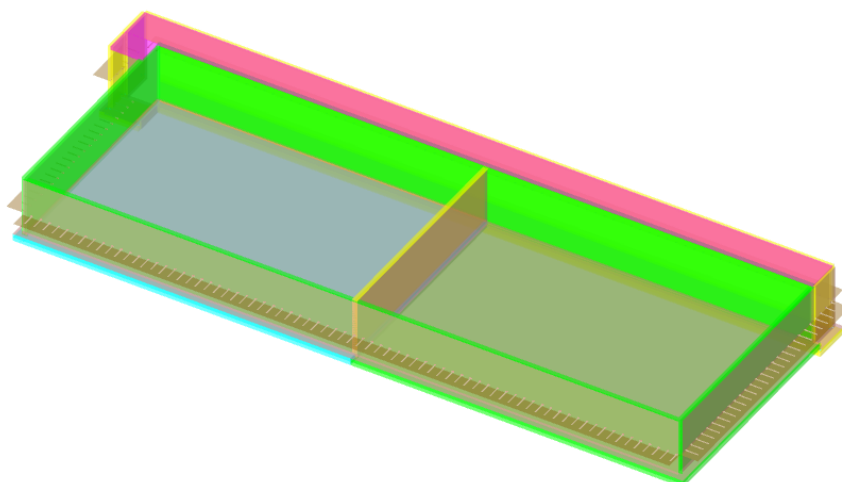


Figura 1.10 - Modello FEM Edificio 19

1.7.2.1 Numero di piani

- **Piani:** uno fuori terra;

1.7.2.2 Dimensioni in pianta

- 36.60 x 12.30 m ;

1.7.2.3 Altezze

- Dalla quota +18.98 pavimento finito al piano di posa della platea di fondazione +17.83 m;
- Dalla quota pavimento finito all'intradosso muri +21.08 m.
- H muro esterno 2.10 m da pavimento finito.

1.7.3. Descrizione tipologica

1.7.3.1 Fondazioni

Le fondazioni sono a platea

- **Spessore:** 40 cm.
- **Quote di posa:** +17.83 m;
- **Materiale:** conglomerato cementizio armato di classe C35/45 – XA3;

1.7.3.2 Strutture in Elevazione

- **Tipologia:** struttura a muri in c.a.;
- **Materiale:** Calcestruzzo C35/45 – XA3 per murature di contenimento ed interne.

1.8. EDIFICIO 20

1.8.1. Descrizione generale

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

Trattasi di una vasca fuoriterra realizzata tutta in cls in opera con destinazione d'uso vasca di precarico.

Il manufatto presenta un ingombro in pianta pari a circa 10.00 x 20.10 m, ed è costituito da due vasche separate tra di loro per la presenza di un muro per tutta la lunghezza e tutta l'altezza.

In particolare, si prevedono le seguenti strutture portanti:

- Fondazione a platea spessore 60 cm su pali che fungono da consolidamento del terreno.
- I muri perimetrali e centrali sp=40 cm
- Soletta di copertura alta 40 cm con l'aggiunta di una lastra predalles sp=5 cm come cassero a perdere.

Si riporta di seguito la planimetria generale e alcune sezioni.

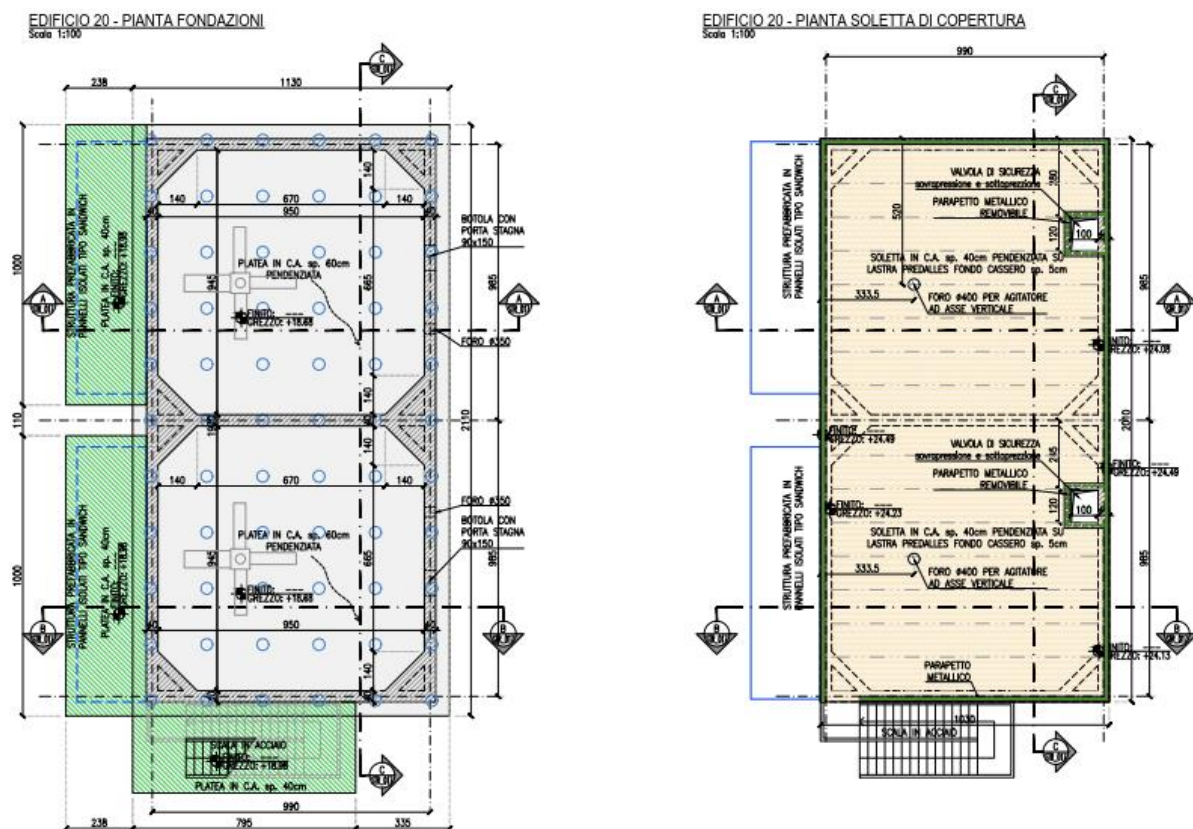


Figura 1.11 – Pianta fondazioni Edificio 20

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

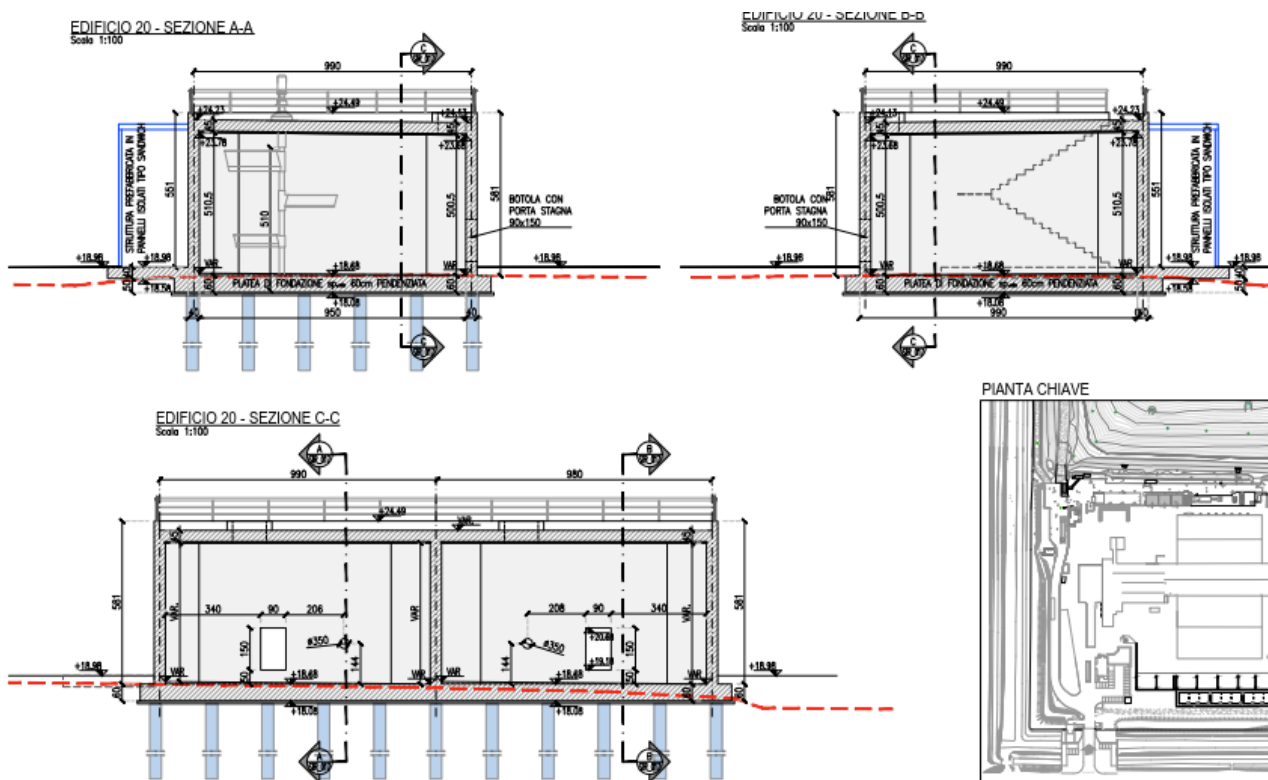


Fig. 1.12 – Sezione Edificio 20

1.8.2. Descrizione geometrica

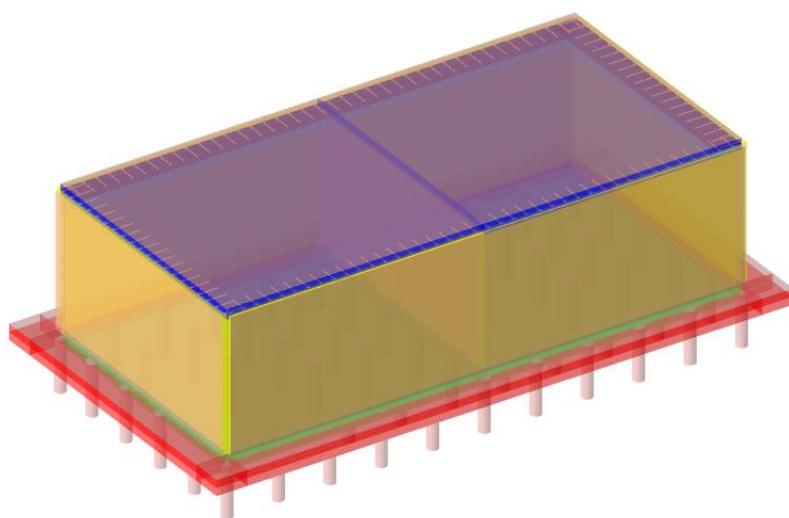


Figura 1.13 - Modello FEM Edificio 20

1.8.2.1 Numero di piani

- **Piani:** uno fuori terra;

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

1.8.2.2 Dimensioni in pianta

- 10.00 x 20.10 m ;

1.8.2.3 Altezze

- Dalla quota +18.68 pavimento finito al piano di posa della platea di fondazione +18.08 m;
- Dalla quota pavimento finito all'intradosso muri +23.78 m.
- H muro esterno 5.10 m da pavimento finito.

1.8.3. Descrizione tipologica

1.8.3.1 Fondazioni

Le fondazioni sono a platea su pali

- **Spessore:** 60 cm.
- **Quote di posa:** +18.08 cm;
- **Materiale:** conglomerato cementizio armato di classe C35/45-XA3;

1.8.3.2 Strutture in Elevazione

- **Tipologia:** struttura a muri in c.a.;
- **Materiale:** Calcestruzzo C35/45- XA3 per murature di contenimento ed interne.

1.9. EDIFICI 21-22-25-26-27-30-31-32-33

1.9.1. Descrizione generale

Gli interventi 21 e 22 trattasi della realizzazione della sola platea di fondazione per l'impianto digestore e dei relativi locali tecnici. Entrambe le strutture in elevazione saranno progettate dal fornitore degli impianti poiché dipendono dalla tipologia impiantistica e dalla tecnologia scelta dalla Committenza.

Nello specifico l'edificio 21 trattasi del digestore primario delle dimensioni in pianta rettangolare di 36.20 x 21.24 m la cui struttura, tutta fuori terra, è alta 7.00 m.

Nello specifico l'edificio 22 trattasi del digestore secondario delle dimensioni in pianta circolare d 24 m la cui struttura, tutta fuori terra, è alta 10.00 m.

Si prevedono platee dello spessore è di 60 cm su pali come consolidamento del terreno.

Gli interventi 26-27-30-31-32-33 trattasi della realizzazione della sola soletta di appoggio degli impianti che avrà la stessa quota dei piazzali esterni e sarà dello spessore di 30 cm. Tali impianti sono la stazione di upgrading, sezione di compressione, l'area Snam, stazione di aspirazione, zona torce, biofiltro e impianto di recupero CO₂.

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

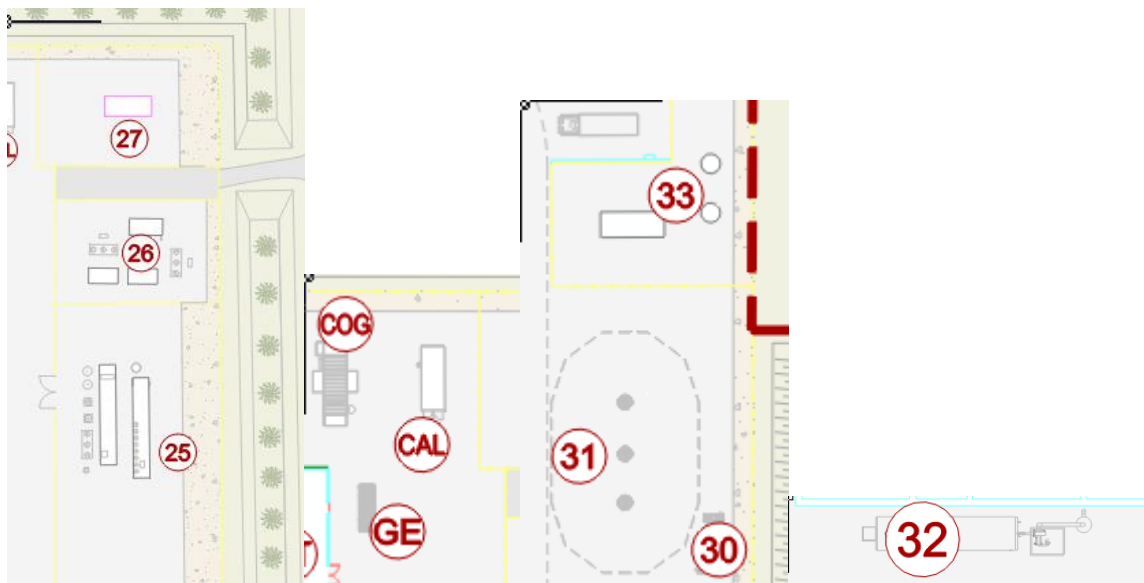


Figura 1.14 - Pianta Interventi 26-27-30-31-32-33

IMPIANTO DI SELEZIONE E COMPOSTAGGIO RIFIUTI SOLIDI URBANI E SPECIALI NON PERICOLOSI
 REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA DEL RIFIUTO ORGANICO DA RACCOLTA DIFFERENZIATA FINALIZZATO
 ALLA PRODUZIONI DI BIOMETANO IN VIA VALLE n°21 FOSSOLI CARPI (MO)

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

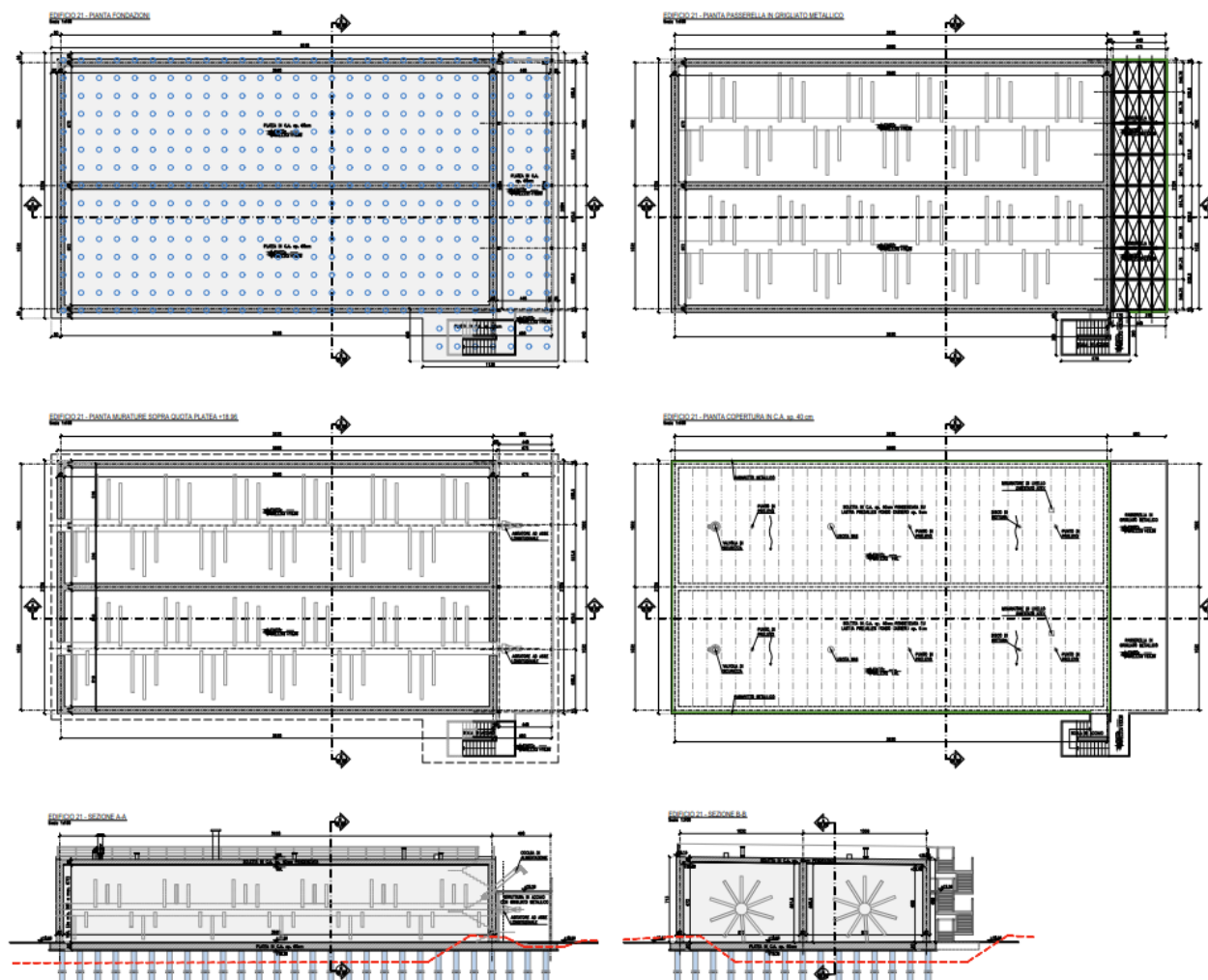


Figura 1.15 – Pianta e sezioni Edificio 21

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

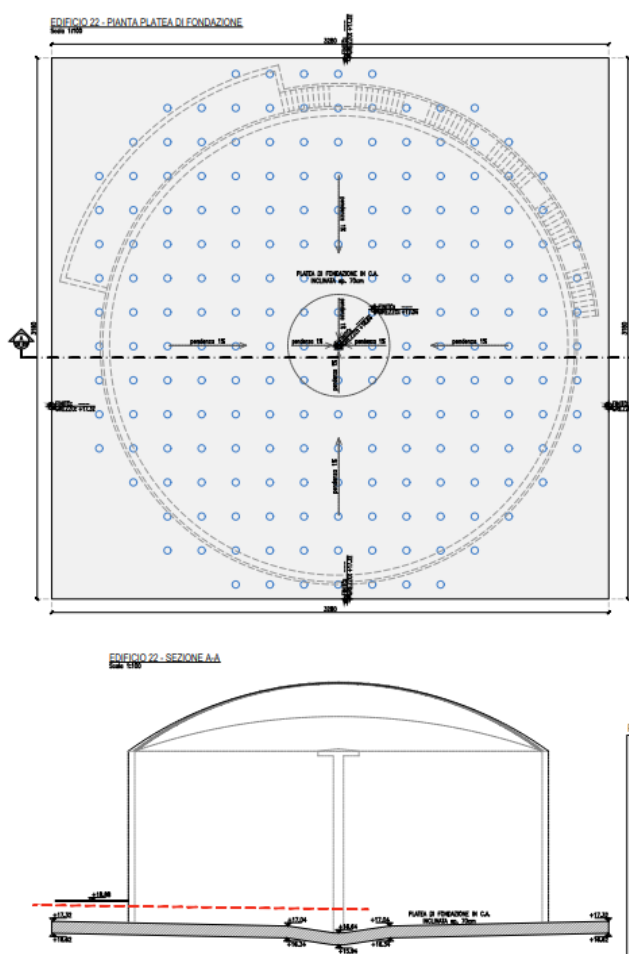


Figura 1.16 – Pianta platea e sezioni Edificio 22

1.10. EDIFICIO 23

1.10.1. Descrizione generale

L'edificio 23 è stato progettato con strutture a travi e pilastri prefabbricati in cap.

L'edificio presenta un ingombro totale in pianta pari a circa 16.46 x 30.00 m; è costituito da un singolo piano in tutta la sua superficie e l'altezza massima interna misurata sotto le travi primaria è di 11.50 m.

In particolare, si prevedono le seguenti strutture portanti:

- Fondazione a plinti su pali e a travi di collegamento sismico; Il collegamento perimetrale dei plinti avviene tramite dei cordoli che possono avere anche la funzione di reggi pannello.
- Pilastri in cap di varie sezioni in c.a.;
- Travi primarie in c.a.p. tipo L e ad I variabile;
- Solaio di copertura con tegoli alari poggianti su travi in c.a.p.;

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

- Pannelli di tamponamento orizzontali in c.a. non a taglio termico ed alleggeriti con adeguati telai di sostegno in corrispondenza dei fori porta e per sbalzi non sostenuti da pilastri in c.a..

Si riporta di seguito la planimetria generale e alcune sezioni.

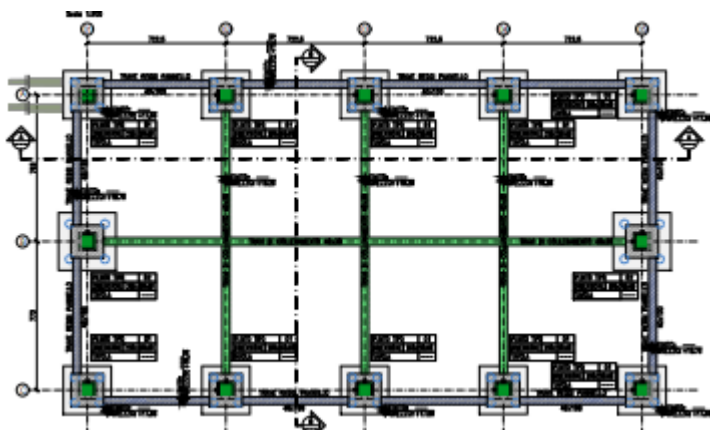


Figura 1.17 – Pianta fondazioni generale Edificio 23

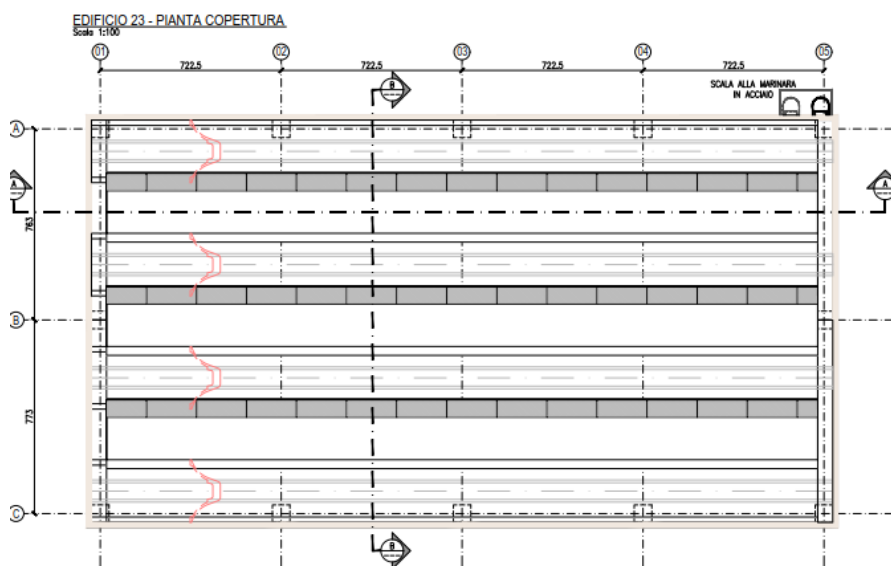


Figura 1.18 – Pianta copertura generale Edificio 23

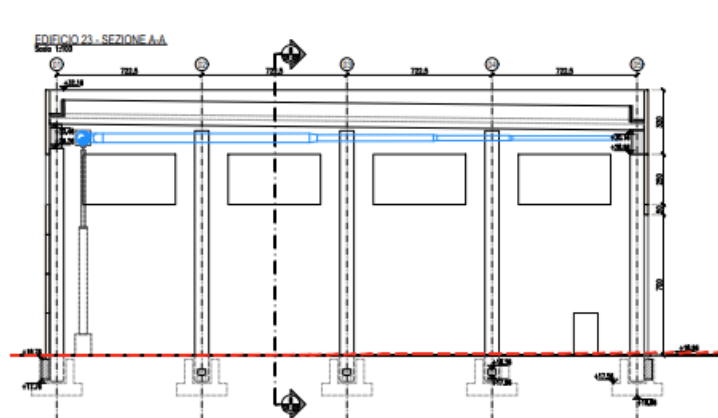


Figura 1.19 – Sezioni trasversali e longitudinali Edificio 23

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

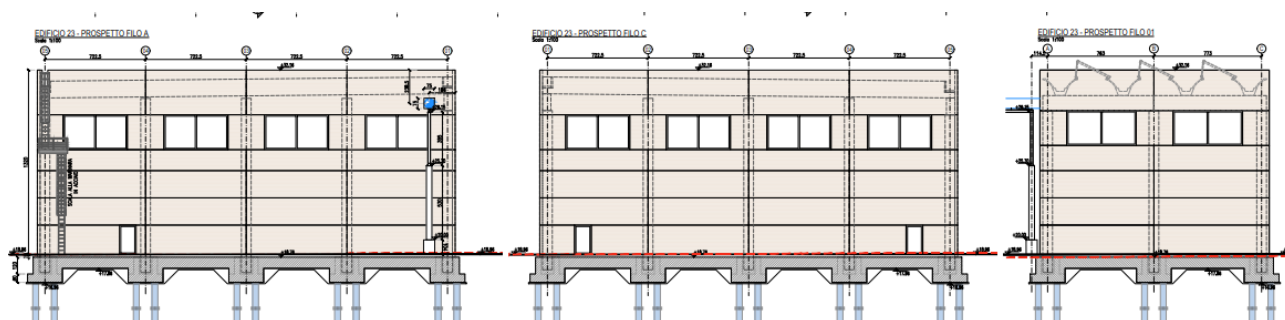


Figura 1.20 – Prospetti Edificio 23

Si riportano di seguito delle brevi descrizioni sulla tipologia strutturale.

1.10.2. Descrizione geometrica

Trattasi di edifici realizzati tutti in elementi prefabbricati.

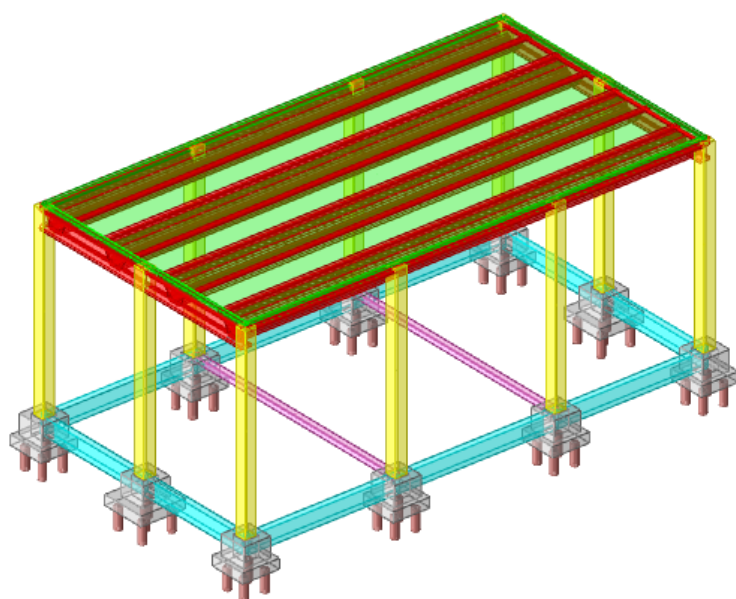


Figura 1.21 - Modello FEM Edificio 23

1.10.2.1 Numero di piani

- **Piani:** uno fuori terra;

1.10.2.2 Dimensioni in pianta

- 16.46 x 30.00 m;

1.10.2.3 Altezze

- Dalla quota +18.96 pavimento al piano di posa dei plinti di fondazione +16.96 m;
- Dalla quota pavimento finito all'intradosso trave di copertura +30.46 e +30.16 m.

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

- H edificio esterno pannelli max 13.20 m.

1.10.3. Descrizione tipologica

1.10.3.1 Fondazioni

Le fondazioni sono a plinti con bicchiere su pali con travi perimetrali di collegamento

- **Spessore:** 60 cm.
- **Dimensione Plinti:** 300x300 cm e 250x250 cm
- **Quote di posa:** i plinti tipo hanno quota di imposta +16.96 m;
- **Materiale:** conglomerato cementizio armato di classe C25/30 – XC2;

1.10.3.2 Strutture in Elevazione

- **Tipologia:** struttura a pilastri in c.a. di sezione 70x70 cm;
- **Materiale:** Calcestruzzo C45/55– XA3 per pilastri in c.a..

1.10.3.3 Solai di copertura

- **Tipologia:** struttura in elementi prefabbricati a tipologia tegoli alari sostenuti da travi prefabbricate in c.a.p.
- **Materiale:** Calcestruzzo min. C45/55 e C 50/60 – XA3.

1.10.3.4 Condutture

Le condutture e canne di qualsiasi genere sono predisposte in modo tale da essere isolate dalle strutture resistenti dell'edificio e secondo le norme di legge.

1.11. EDIFICIO 24

1.11.1. Descrizione generale

Trattasi di un nuovo edificio realizzato tutto in cls in opera con destinazione d'uso di biofiltro per il capannone di separazione.

Il manufatto presenta un ingombro in pianta pari a circa 16.15 x 11.10 m, ed è costituito da due vasche separate tra di loro per la presenza di muri per tutta la lunghezza alti 2.10 m da pavimento finito.

In particolare, si prevedono le seguenti strutture portanti:

- Fondazione a platea spessore 40 cm.
- I muri perimetrali e centrali sp=30 cm

Si riporta di seguito la planimetria generale e alcune sezioni.

IMPIANTO DI SELEZIONE E COMPOSTAGGIO RIFIUTI SOLIDI URBANI E SPECIALI NON PERICOLOSI
 REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA DEL RIFIUTO ORGANICO DA RACCOLTA DIFFERENZIATA FINALIZZATO
 ALLA PRODUZIONI DI BIOMETANO IN VIA VALLE n°21 FOSSOLI CARPI (MO)

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

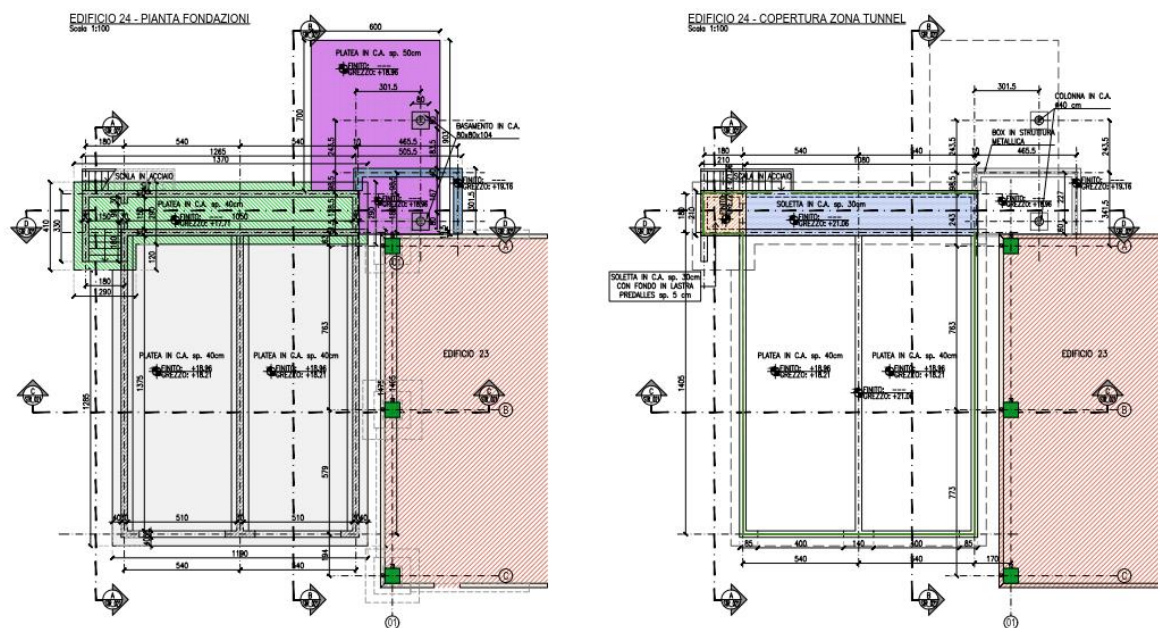


Figura 1.22 – Pianta fondazioni Edificio 19

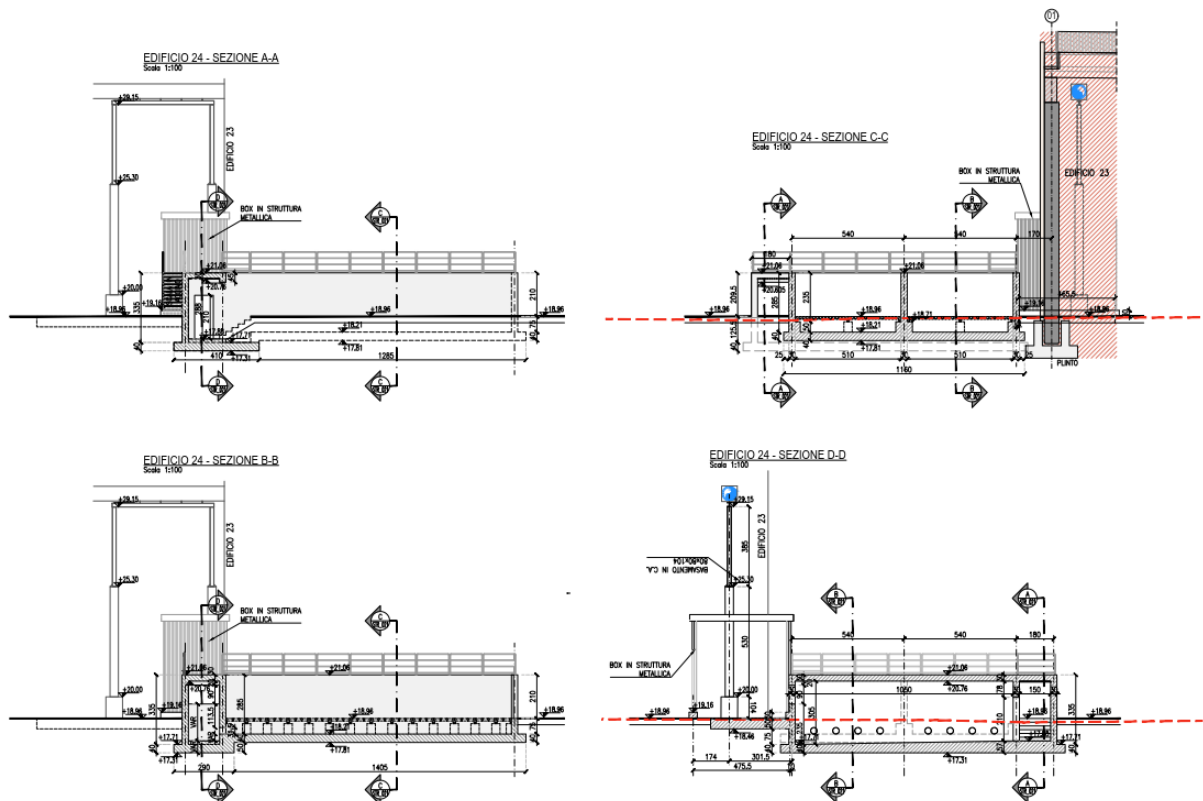


Fig. 1.23 – Sezione Edificio 19

1.11.2. Descrizione geometrica

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

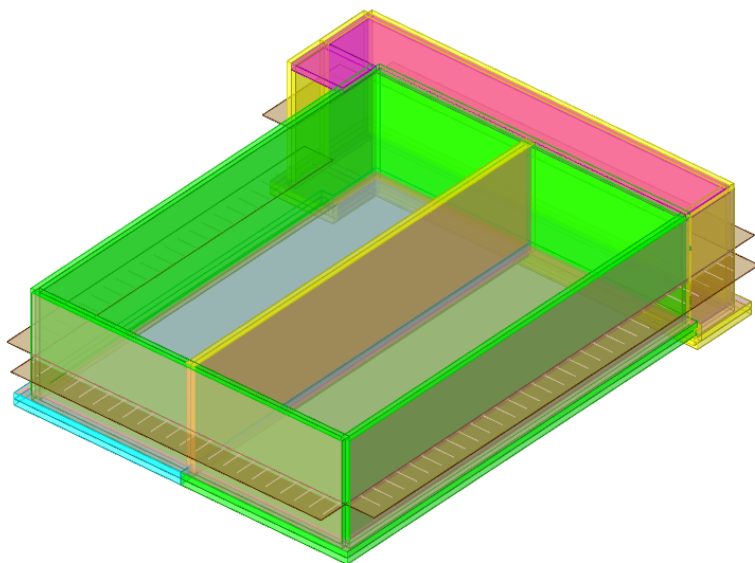


Figura 1.24 - Modello FEM Edificio 24

1.11.2.1 Numero di piani

- **Piani:** uno fuori terra;

1.11.2.2 Dimensioni in pianta

- 16.15 x 11.10 m ;

1.11.2.3 Altezze

- Dalla quota +18.96 pavimento finito al piano di posa della platea di fondazione +17.81 m;
- Dalla quota pavimento finito all'intradosso muri +21.06 m.
- H muro esterno 2.10 m da pavimento finito.

1.11.3. Descrizione tipologica

1.11.3.1 Fondazioni

Le fondazioni sono a platea

- **Spessore:** 40 cm.
- **Quote di posa:** +17.81 m;
- **Materiale:** conglomerato cementizio armato di classe C35/45 –XA3;

1.11.3.2 Strutture in Elevazione

- **Tipologia:** struttura a muri in c.a.;
- **Materiale:** Calcestruzzo C35/45 – XA3 per murature di contenimento ed interne.

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

1.12. EDIFICIO 28

1.12.1. Descrizione generale

L'edificio 28 è un nuovo edificio con la destinazione d'uso di uffici, spogliatoi e magazzino tutto in struttura prefabbricata; presenta un ingombro in pianta pari a circa 12.04 x 8.14 m ed è costituito da due piani fuori terra. Le altezze interna utile sotto il solaio è di 2.70 m.

La struttura portante è realizzata in elementi prefabbricati e i solai sono realizzati con tegoli binervati sostenuti da travi in c.a.p.. Sopra ai tegoli verrà gettata poi una cappa strutturale.

In particolare, si prevedono le seguenti strutture portanti per l'edificio principale:

- Fondazione a plinti con bicchiere spessore 60cm collegati tra di loro da cordoli.
- Pilastri sezione 50x50 cm prefabbricati;
- Travi e tegoli di copertura prefabbricati in c.a.p.;
- Pannelli prefabbricati di tamponamento a taglio termico.

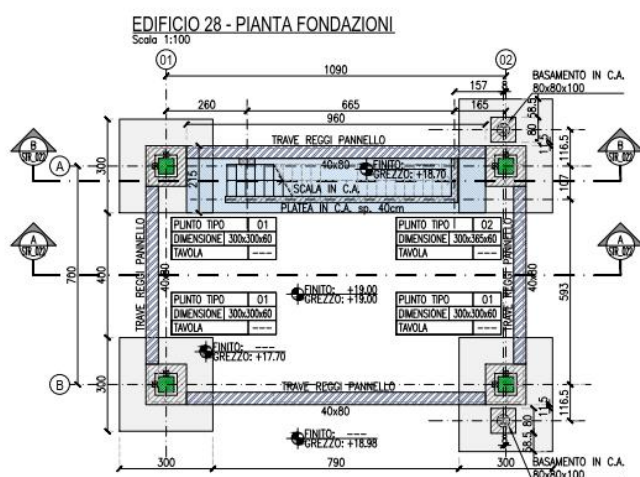


Figura 1.25 – Pianta fondazioni Building H

IMPIANTO DI SELEZIONE E COMPOSTAGGIO RIFIUTI SOLIDI URBANI E SPECIALI NON PERICOLOSI
 REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA DEL RIFIUTO ORGANICO DA RACCOLTA DIFFERENZIATA FINALIZZATO
 ALLA PRODUZIONI DI BIOMETANO IN VIA VALLE n°21 FOSSOLI CARPI (MO)

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

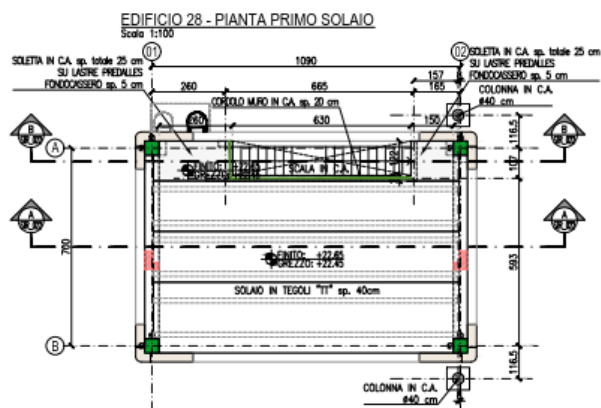


Figura 1.26 – Pianta solaio Edificio 28

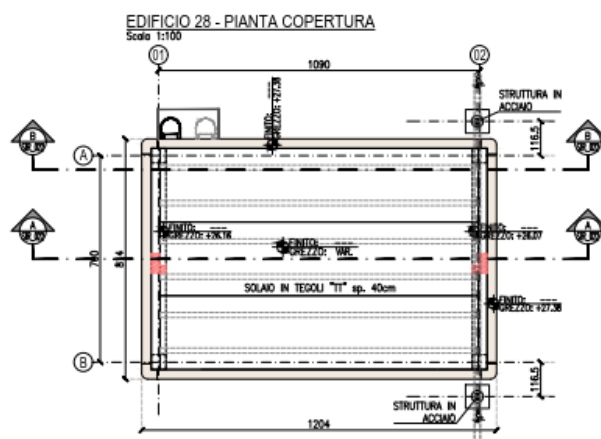
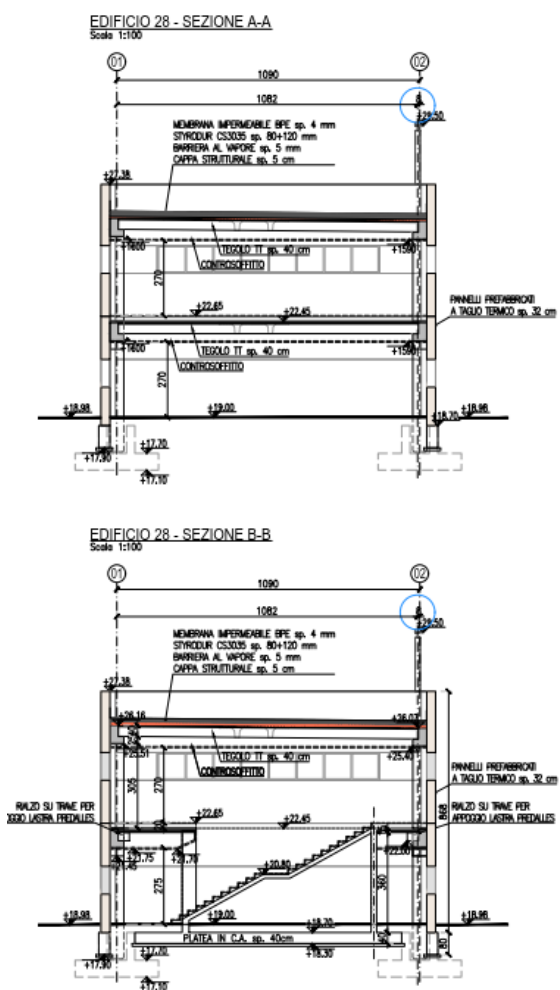


Figura 1.27 – Pianta Copertura Edificio 28

IMPIANTO DI SELEZIONE E COMPOSTAGGIO RIFIUTI SOLIDI URBANI E SPECIALI NON PERICOLOSI
 REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA DEL RIFIUTO ORGANICO DA RACCOLTA DIFFERENZIATA FINALIZZATO
 ALLA PRODUZIONI DI BIOMETANO IN VIA VALLE n°21 FOSSOLI CARPI (MO)

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture



PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

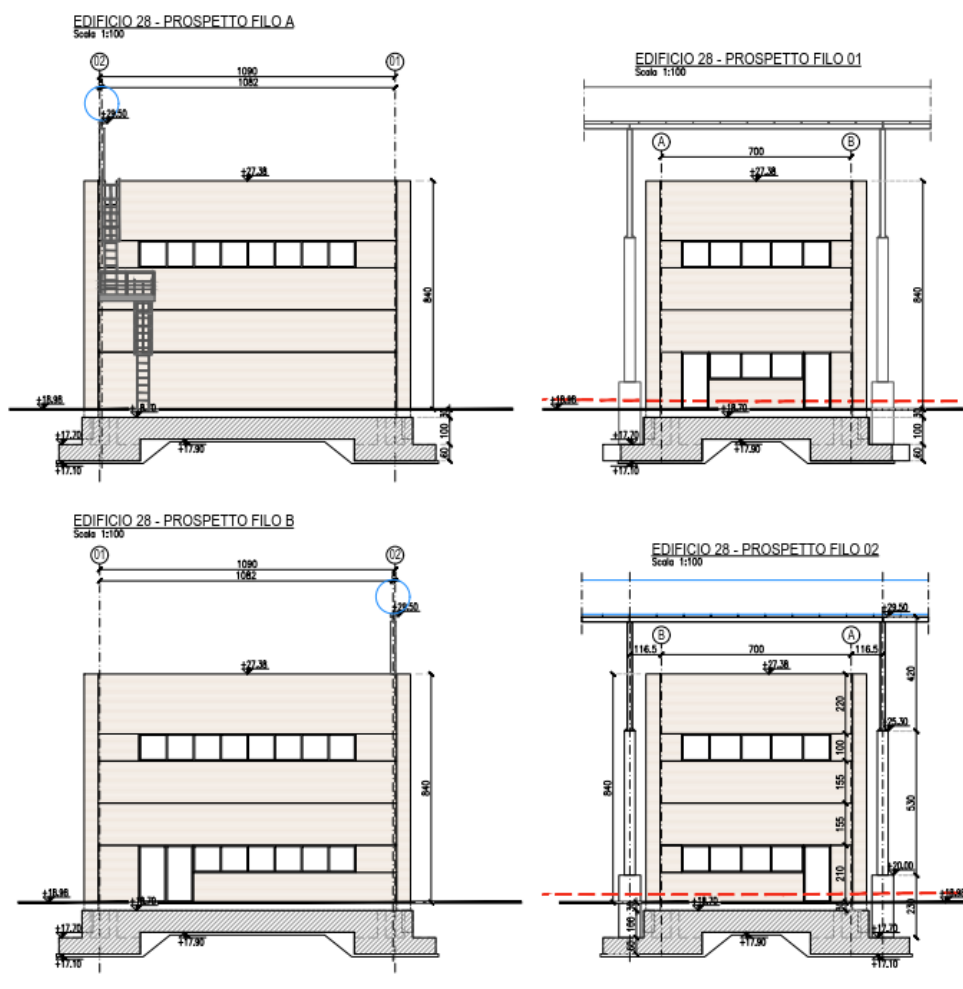


Figura 1.29 - Prospetti Edificio 28

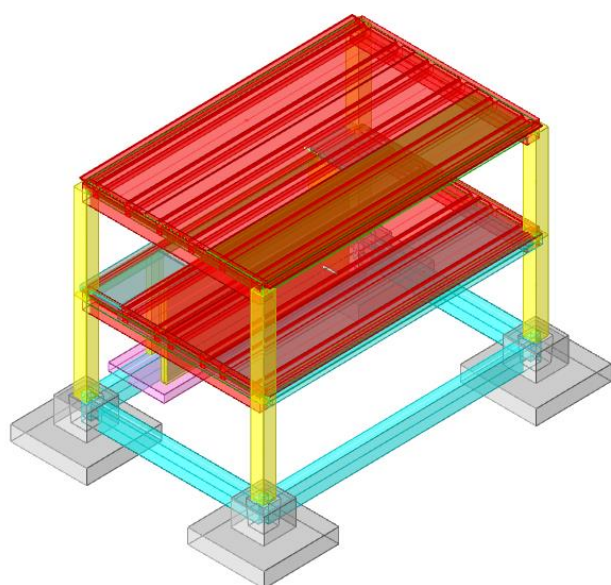


Figura 1.30 - Modello FEM Edificio 28

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

1.12.2. Descrizione tipologica

1.12.2.1 Fondazioni

Le fondazioni sono a plinti superficiali a bicchiere con travi perimetrali di collegamento

- **Spessore:** 60 cm.
- **Dimensione Plinti:** 300x300 cm
- **Quote di posa:** i plinti tipo hanno quota di imposta +17.10 m;
- **Materiale:** conglomerato cementizio armato di classe C25/30- XC2;

1.12.2.2 Strutture in Elevazione

- **Tipologia:** struttura a pilastri in c.a. di sezione 50x50 cm;
- **Materiale:** Calcestruzzo C35/45 per pilastri in c.a.-XC1;

1.12.2.3 Solai di copertura e di solaio

- **Tipologia:** struttura in elementi prefabbricati a tipologia tegoli binervati sostenuti da travi prefabbricate in c.a.p.
- **Materiale:** Calcestruzzo min C45/55-XC1.

1.12.2.4 Condutture

Le condutture e canne di qualsiasi genere sono predisposte in modo tale da essere isolate dalle strutture resistenti dell'edificio e secondo le norme di legge.

1.13. EDIFICIO 29

1.13.1. Descrizione generale

Trattasi di una vasca fuoriterza circolare realizzata tutta in cls in opera, con destinazione d'uso vasca di sedimentazione.

Il manufatto presenta un ingombro in pianta pari avente un diametro di 16.70 m esterno muro, ed è alto 5.60 m

In particolare, si prevedono le seguenti strutture portanti:

- Fondazione a platea spessore 35 cm su pali che fungono da consolidamento del terreno.
- I muri perimetrali e centrali sp=30 cm
- Pilastri d 50 cm centrali
- Soletta di copertura piena in cm sp=35 cm.

Si riporta di seguito la planimetria generale e alcune sezioni.

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

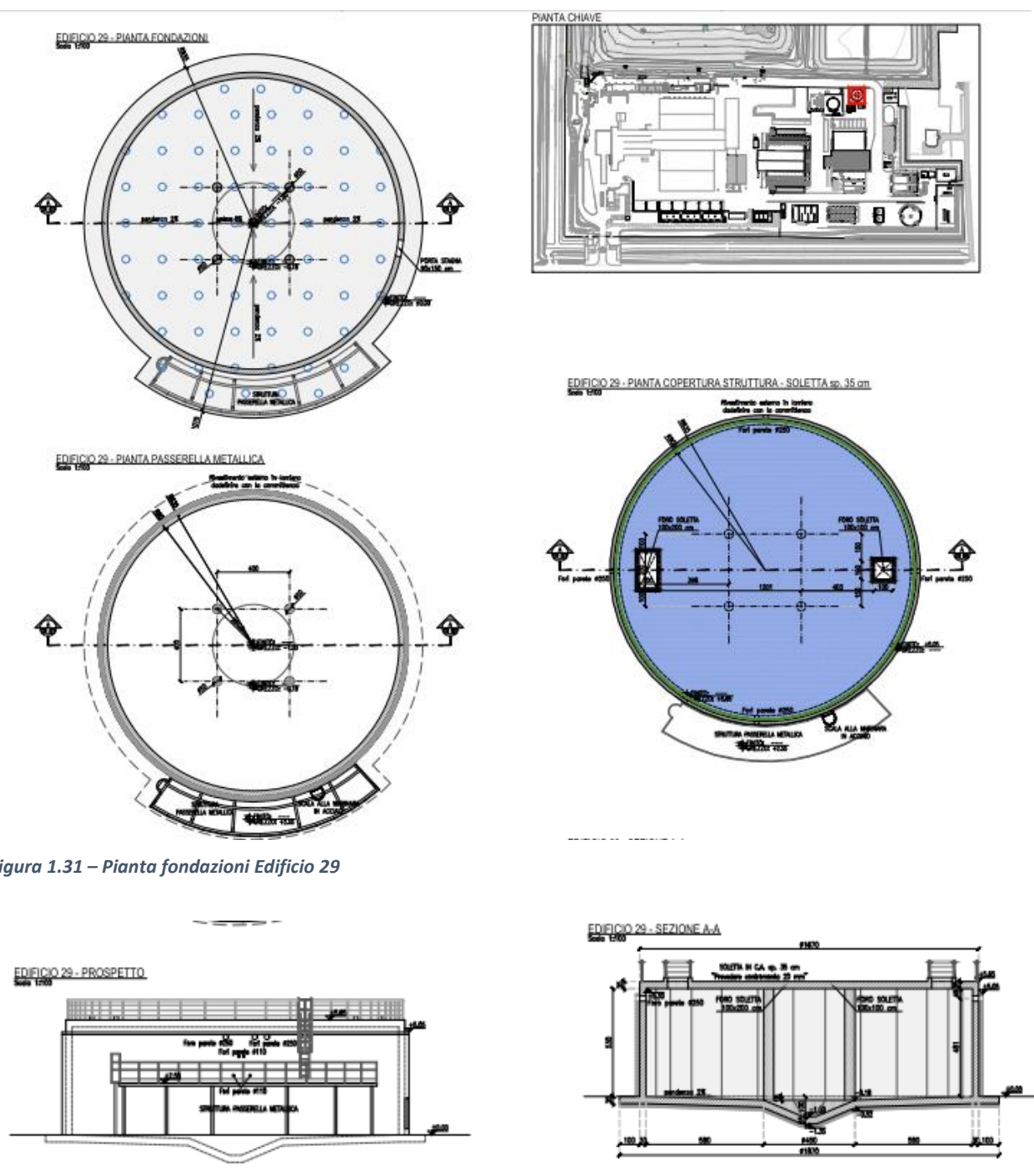


Figura 1.31 – Pianta fondazioni Edificio 29

Fig. 1.32 – Sezione Edificio 29

1.13.2. Descrizione geometrica

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

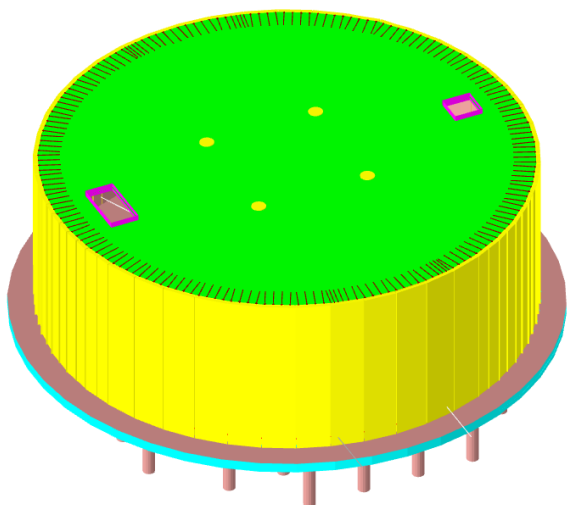


Figura 1.33 - Modello FEM Edificio 29

1.13.2.1 Numero di piani

- **Piani:** uno fuori terra;

1.13.2.2 Dimensioni in pianta

- Circolare d 16.70 m ;

1.13.2.3 Altezze

- Dalla quota +0.00 pavimento finito al piano di posa della platea di fondazione -0.35 m;
- Dalla quota pavimento finito all'intradosso muri +5.60 m.
- H muro esterno 5.60 m da pavimento finito.

1.13.3. Descrizione tipologica

1.13.3.1 Fondazioni

Le fondazioni sono a platea su pali

- **Spessore:** 35 cm.
- **Quote di posa:** -0.35 m;
- **Materiale:** conglomerato cementizio armato di classe C35/45-XA3;

1.13.3.2 Strutture in Elevazione

- **Tipologia:** struttura a muri in c.a.;
- **Materiale:** Calcestruzzo C35/45- XA3 per murature di contenimento ed interne.

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

1.14. VASCHE V4 A-B-C E TETTOIA STOCCAGGIO LEGNO INTERVENTO 34

1.14.1. Descrizione generale

Trattasi di tre vasche scollegate tra di loro e completamente fuoriterra; sono realizzate tutte in cls in opera con funzione entrambe di raccolta acque meteoriche.

Ogni vasca presenta un ingombro totale in pianta pari a circa 27.50 x 10.50 m per una altezza di 9.50 m circa. Attorno alle vasche viene realizzato un muro alto 3.50 m con la funzione di controvasca in modo da contenere l'acqua nel caso di mal funzionamento delle stesse.

Di fronte alle vasche vi è la presenza dello stoccaggio del legno. A causa delle condizioni ammalorate dei muri prefabbricati presenti, nasce la necessità di sostituirli con una nuova struttura. L'intervento 34 pertanto, prevede la realizzazione di un muro alto 5 m a ridosso delle vasche ma completamente scollegato, per la presenza di un giunto strutturale, con la funzione di contenere il materiale stoccato. Vengono inoltre realizzati dei muri perpendicolari al muro principale con la funzione di sostenere le strutture prefabbricate della tettoia.

In particolare, si prevedono le seguenti strutture portanti per le tre vasche:

- Fondazione a platea spessore 60 cm su pali che fungono da consolidamento del terreno.
- I muri perimetrali e centrali sp=50 cm
- Solaio di copertura realizzato in lastre di solaio alveolare alto 40 cm con l'aggiunta di sp=8 cm di cappa strutturale.

In particolare, si prevedono le seguenti strutture portanti per la tettoia:

- Fondazione a platea spessore 60 cm.
- I muri sp=60 cm alti 5 m dai quali poi si elevano dei setti 60x120 per sostenere le travi della tettoia.
- Travi e tegoli prefabbricati di copertura tettoia.

Si riporta di seguito la planimetria generale e alcune sezioni.

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture



Figura 1.34 – Pianta fondazioni Vasche V4a-b-c e tettoia

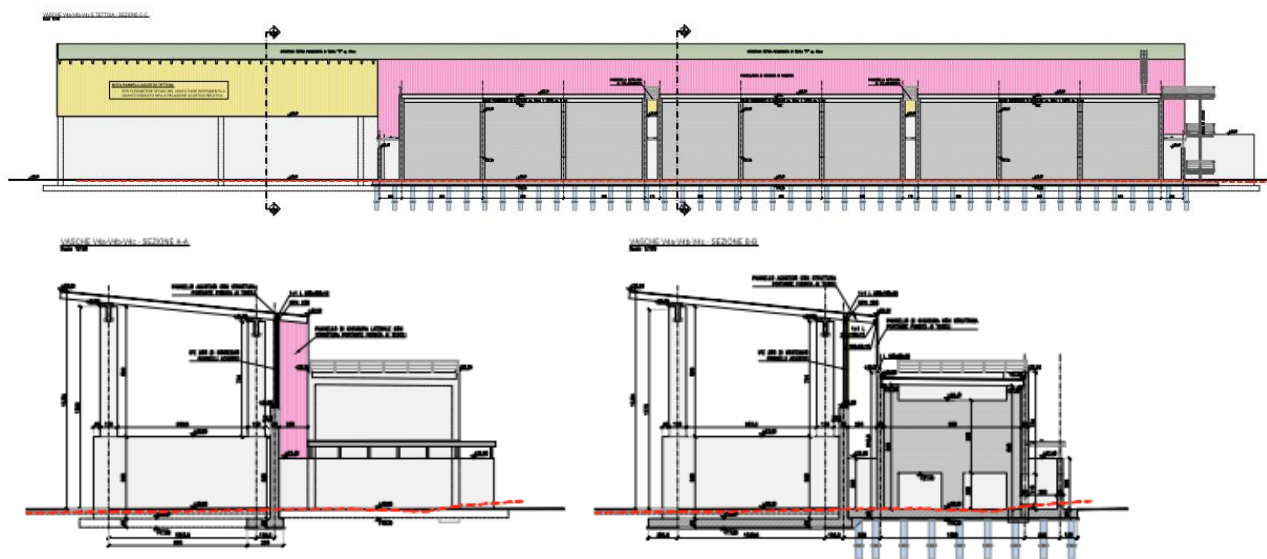


Fig. 1.35 – Sezione Vasche V4a-b-c e tettoia

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

1.14.2. Descrizione geometrica

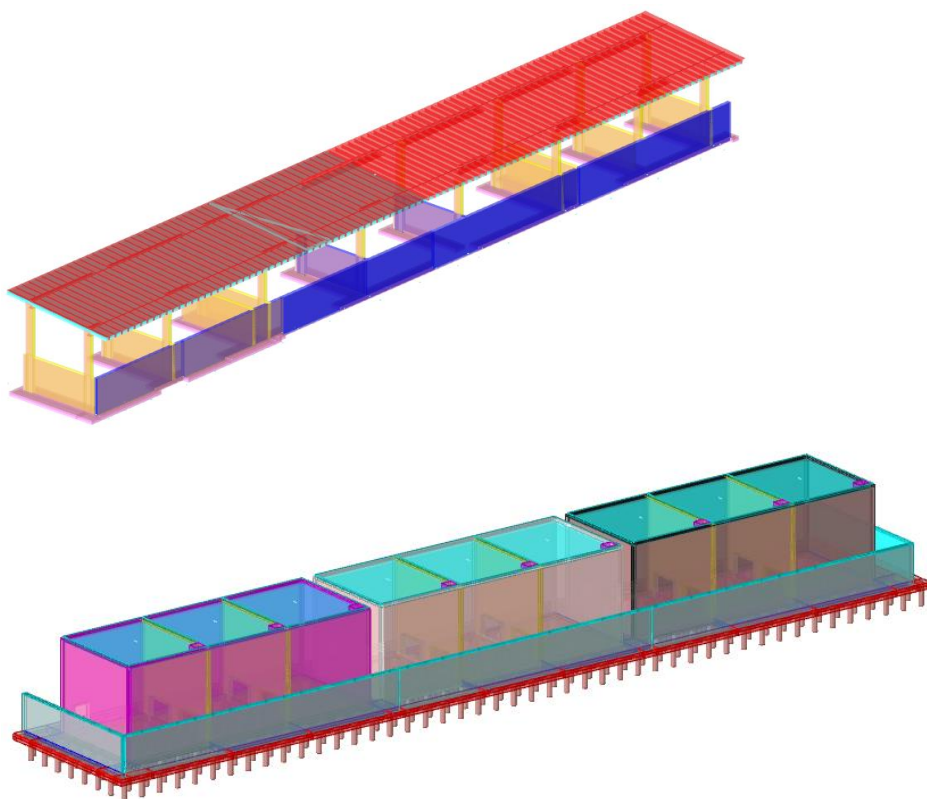


Figura 1.36 - Modello FEM V4a-b-c e tettoia

1.14.2.1 Numero di piani

- **Piani:** uno fuori terra;

1.14.2.2 Dimensioni in pianta

- V4a-b-c = 27.50 x 10.50 m ;
- Tettoia 17.10 x 125.25 m ;

1.14.2.3 Altezze

- Vasche V4a-b-c dalla quota +18.90 pavimento finito al piano di posa della platea di fondazione +18.30 m;
- Tettoia dalla quota +18.25 pavimento finito al piano di posa della fondazione +17.65 m;
- Dalla quota pavimento finito all'intradosso muri V4a-b-c + 28.34 m e H muro esterno circa 9.50 m.
- Dalla quota pavimento finito all'intradosso muri tettoia + 23.90 m e H muro 5.00 m.
- Dalla quota pavimento finito all'intradosso massimo tettoia +32.86 m.

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

1.14.3. Descrizione tipologica

1.14.3.1 Fondazioni

Le fondazioni sono a platea su pali per Vasche V4a-b-c

- **Spessore:** 60 cm.
- **Quote di posa:** +18.30 m;
- **Materiale:** conglomerato cementizio armato di classe C35/45-XA3;

Le fondazioni superficiali per tettoia

- **Spessore:** 60 cm.
- **Quote di posa:** +17.65 m;
- **Materiale:** conglomerato cementizio armato di classe C35/45-XA3;

1.14.3.2 Strutture in Elevazione

- **Tipologia:** struttura a muri in c.a.;
- **Materiale:** Calcestruzzo C35/45- XA3 per murature di contenimento ed interne.

1.15. VASCHE V2N-V4D

1.15.1. Descrizione generale

Trattasi di vasche unite tra di loro di cui V4d completamente fuoriterra mentre V2n interrata. Sono realizzate tutte in cls in opera con funzione entrambe di raccolta acque meteoriche.

Il manufatto presenta un ingombro totale in pianta pari a circa 24.00 x 10.50 m, ed è costituito da due vasche separate tra di loro per la presenza di un muro per tutta la lunghezza e tutta l'altezza.

Attorno alle vasche viene realizzato un muro alto 3.50 m con la funzione di contenere l'acqua contenuta nelle vasche principali nel caso di mal funzionamento delle stesse.

In particolare, si prevedono le seguenti strutture portanti per la vasca V4d:

- Fondazione a platea spessore 60 cm su pali che fungono da consolidamento del terreno.
- I muri perimetrali e centrali sp=50 cm
- Solaio di copertura realizzato in lastre di solaio alveolare alto 40 cm con l'aggiunta di sp=8 cm di cappa strutturale.

In particolare, si prevedono le seguenti strutture portanti per la vasca V2n:

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

- Fondazione a platea spessore 60 cm su pali che fungono da consolidamento del terreno.
- I muri perimetrali e centrali $sp=50$ cm
- Solaio di copertura realizzato in soletta piena $sp= 40$ cm.

Si riporta di seguito la planimetria generale e alcune sezioni.

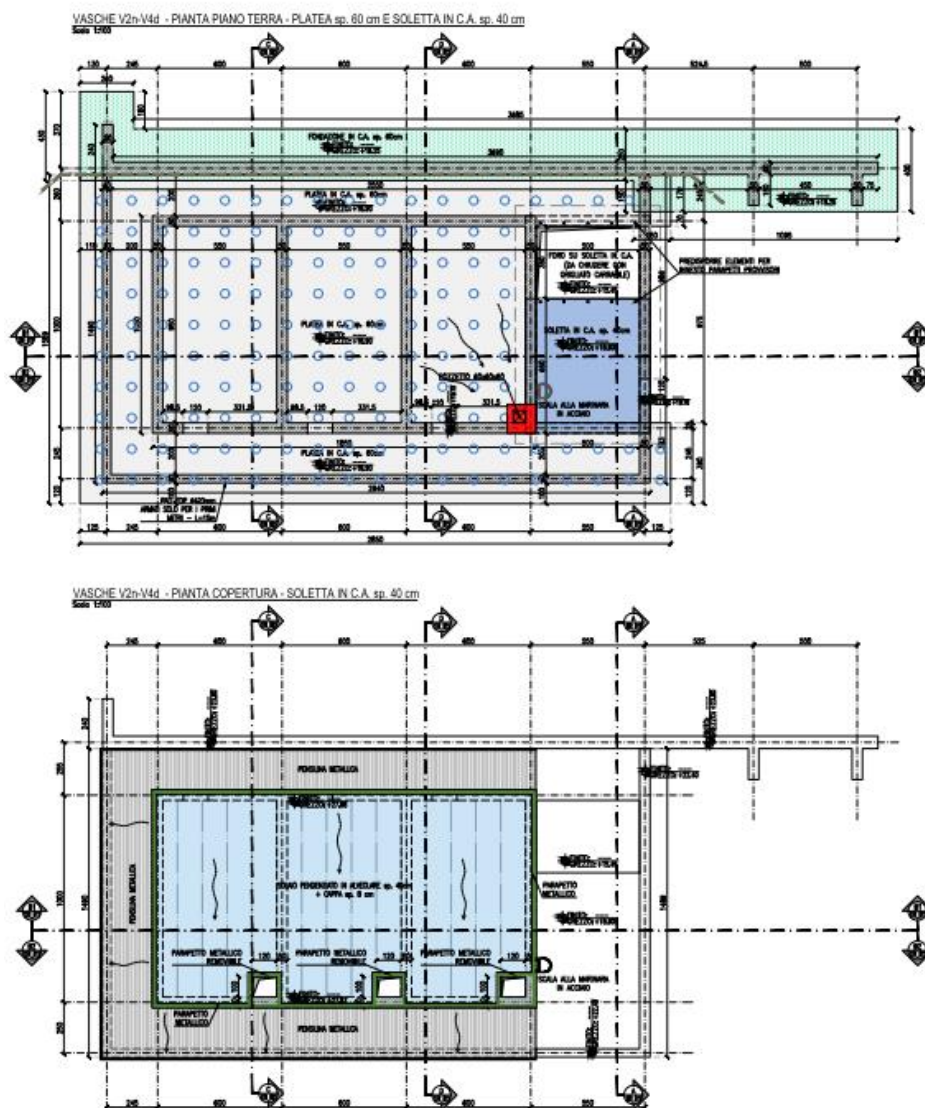


Figura 1.37 – Pianta fondazioni Vasche V4d-V2n

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

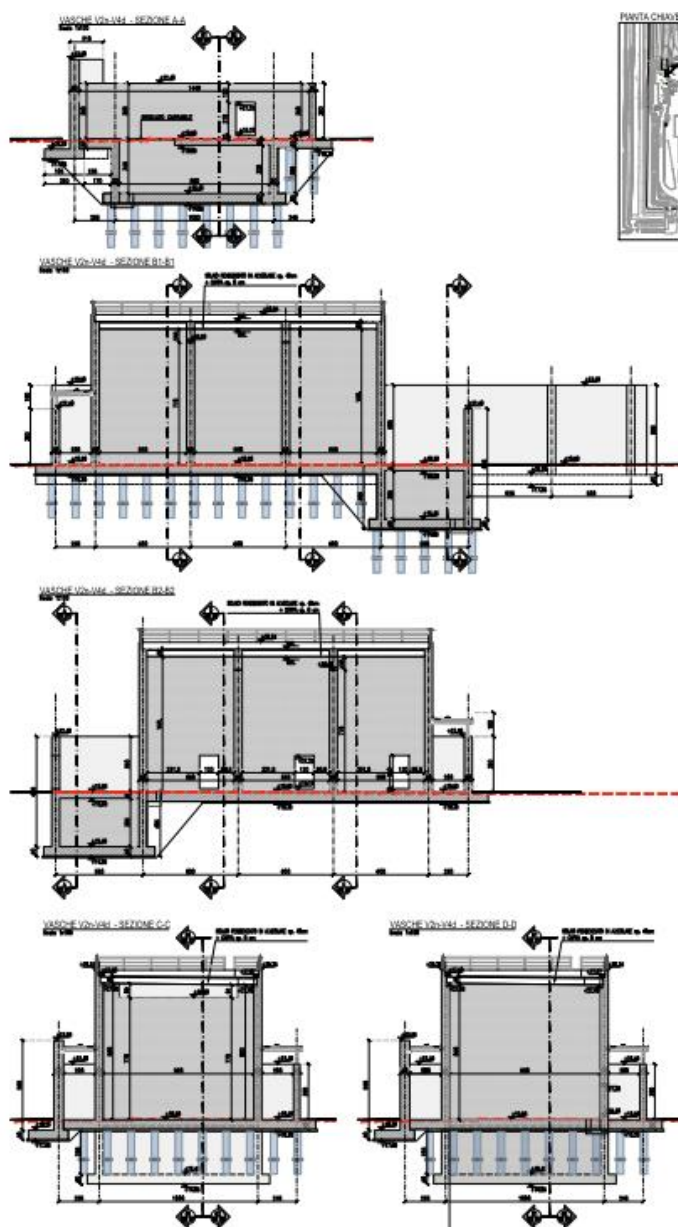


Fig. 1.38 – Sezione Vasche V4d-V2n

1.15.2. Descrizione geometrica

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

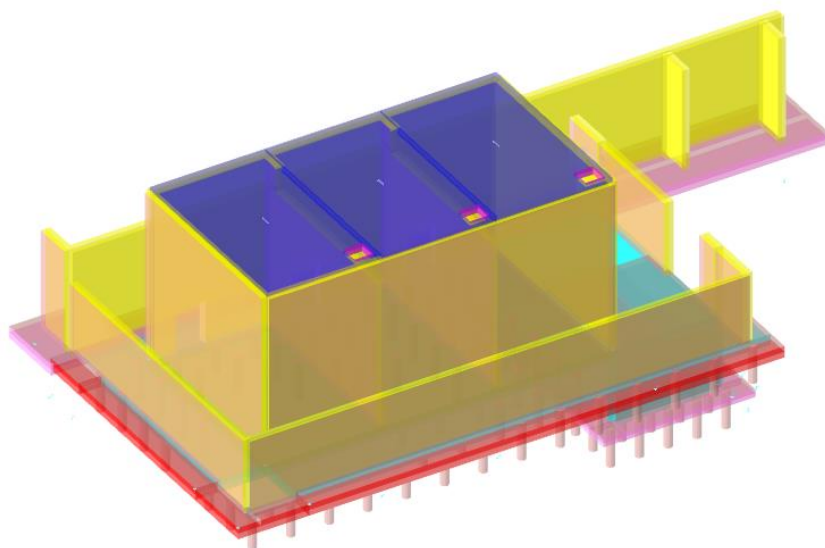


Figura 1.39 - Modello FEM V4d-V2n

1.15.2.1 Numero di piani

- **Piani:** uno fuori terra e un livello interrato;

1.15.2.2 Dimensioni in pianta

- Totali 24.00 x 10.50 m ;
- V2n 18.50 x 10.50 m ;
- V4d 5.50 x 10.50 m ;

1.15.2.3 Altezze

- Dalla quota +18.90 pavimento finito al piano di posa della platea di fondazione V4d +18.30 m, V2n +14.85 m;
- Dalla quota pavimento finito all'intradosso muri V4d + 28.34, V2n +22.40 m.
- H muro esterno V4d 9.50 m, V2n 3.50 m da pavimento finito.

1.15.3. Descrizione tipologica

1.15.3.1 Fondazioni

Le fondazioni sono a platea su pali

- **Spessore:** 60 cm.
- **Quote di posa:** +18.30 e +14.85 m;
- **Materiale:** conglomerato cementizio armato di classe C35/45-XA3;

1.15.3.2 Strutture in Elevazione

- **Tipologia:** struttura a muri in c.a.;

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

- **Materiale:** Calcestruzzo C35/45- XA3 per murature di contenimento ed interne.

1.16. VASCHE V8-V9

1.16.1. Descrizione generale

Trattasi di vasche unite tra di loro completamente fuoriterra, realizzate tutte in cls in opera con destinazione d'uso:

1. V8 vasca di miscelazione;
2. V9 vasca di raccolta digestato

Il manufatto presenta un ingombro in pianta pari a circa 23.20 x 34.50 m, ed è costituito da due vasche separate tra di loro per la presenza di un muro per tutta la lunghezza e tutta l'altezza.

In particolare, si prevedono le seguenti strutture portanti:

- Fondazione a platea spessore 60 cm su pali che fungono da consolidamento del terreno.
- I muri perimetrali e centrali $sp=50$ cm
- Soletta di copertura alta 40 cm con l'aggiunta di una lastra predalles $sp=5$ cm come cassero a perdere.

Si riporta di seguito la planimetria generale e alcune sezioni.

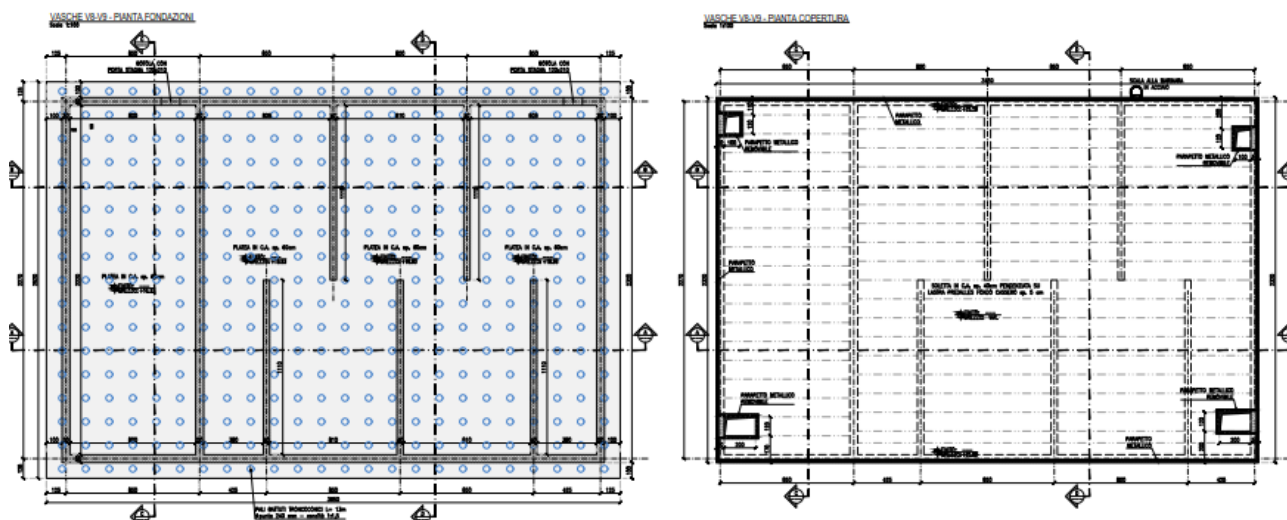


Figura 1.40 – Pianta fondazioni Vasche V8-V9

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

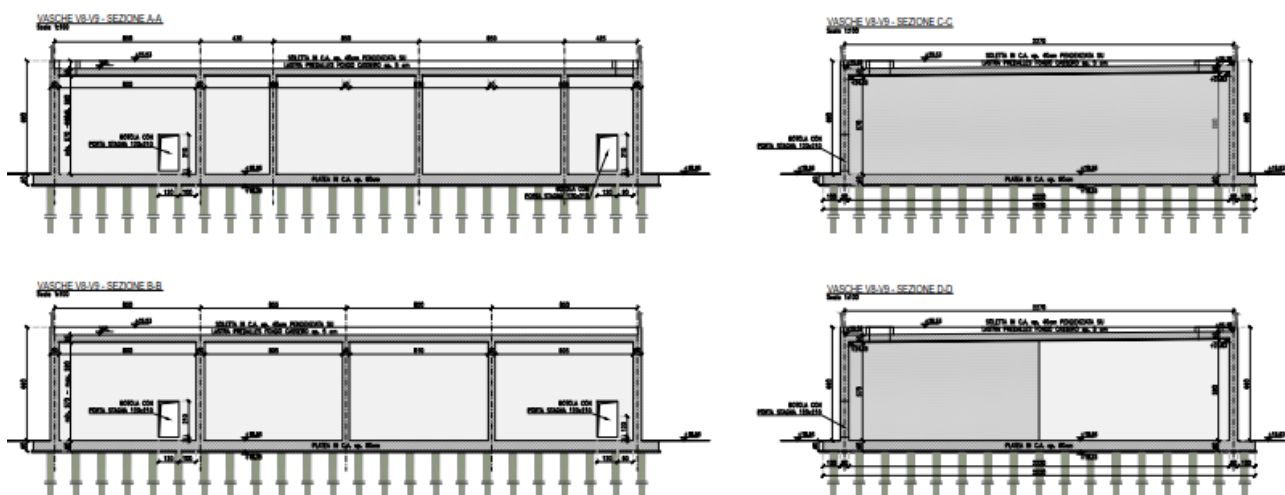


Fig. 1.41 – Sezione Vasche V8-V9

1.16.2. Descrizione geometrica

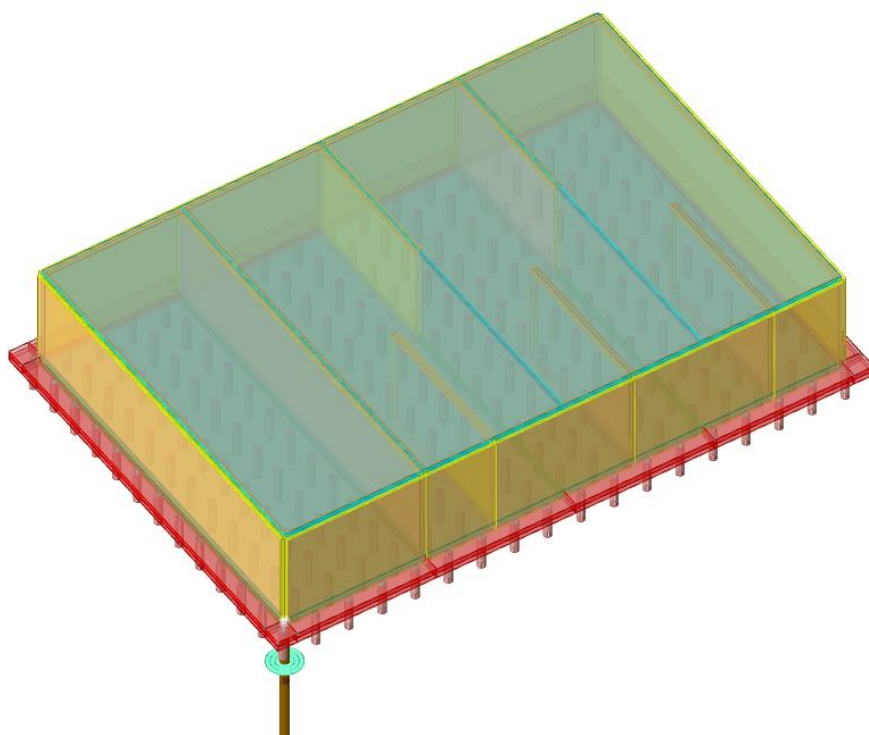


Figura 1.42 - Modello FEM V8-V9

1.16.2.1 Numero di piani

- **Piani:** uno fuori terra;

1.16.2.2 Dimensioni in pianta

- 23.20 x 34.50 m;

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

1.16.2.3 Altezze

- Dalla quota +18.93 pavimento finito al piano di posa della platea di fondazione +18.33 m;
- Dalla quota pavimento finito all'intradosso muri +24.83 m.
- H muro esterno 6.60 m da pavimento finito.

1.16.3. Descrizione tipologica

1.16.3.1 Fondazioni

Le fondazioni sono a platea su pali

- **Spessore:** 60 cm.
- **Quote di posa:** +18.33 m;
- **Materiale:** conglomerato cementizio armato di classe C35/45-XA3;

1.16.3.2 Strutture in Elevazione

- **Tipologia:** struttura a muri in c.a.;
- **Materiale:** Calcestruzzo C35/45- XA3 per murature di contenimento ed interne.

1.17. EDIFICIO Q/T

1.17.1. Descrizione generale

Trattasi di un nuovo edificio realizzato tutto in cls in opera con destinazione d'uso locale sala quadri e trasformatori.

Il manufatto presenta un ingombro in pianta pari a circa 8.00 x 19.59 m ed una altezza massima si 4.60 m.

In particolare, si prevedono le seguenti strutture portanti:

- Fondazione a platea spessore 40 cm.
- I muri perimetrali e centrali sp=25 cm
- Solaio di copertura in soletta piena sp= 30 cm

Si riporta di seguito la planimetria generale e alcune sezioni.

IMPIANTO DI SELEZIONE E COMPOSTAGGIO RIFIUTI SOLIDI URBANI E SPECIALI NON PERICOLOSI
 REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA DEL RIFIUTO ORGANICO DA RACCOLTA DIFFERENZIATA FINALIZZATO
 ALLA PRODUZIONI DI BIOMETANO IN VIA VALLE n°21 FOSSOLI CARPI (MO)

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

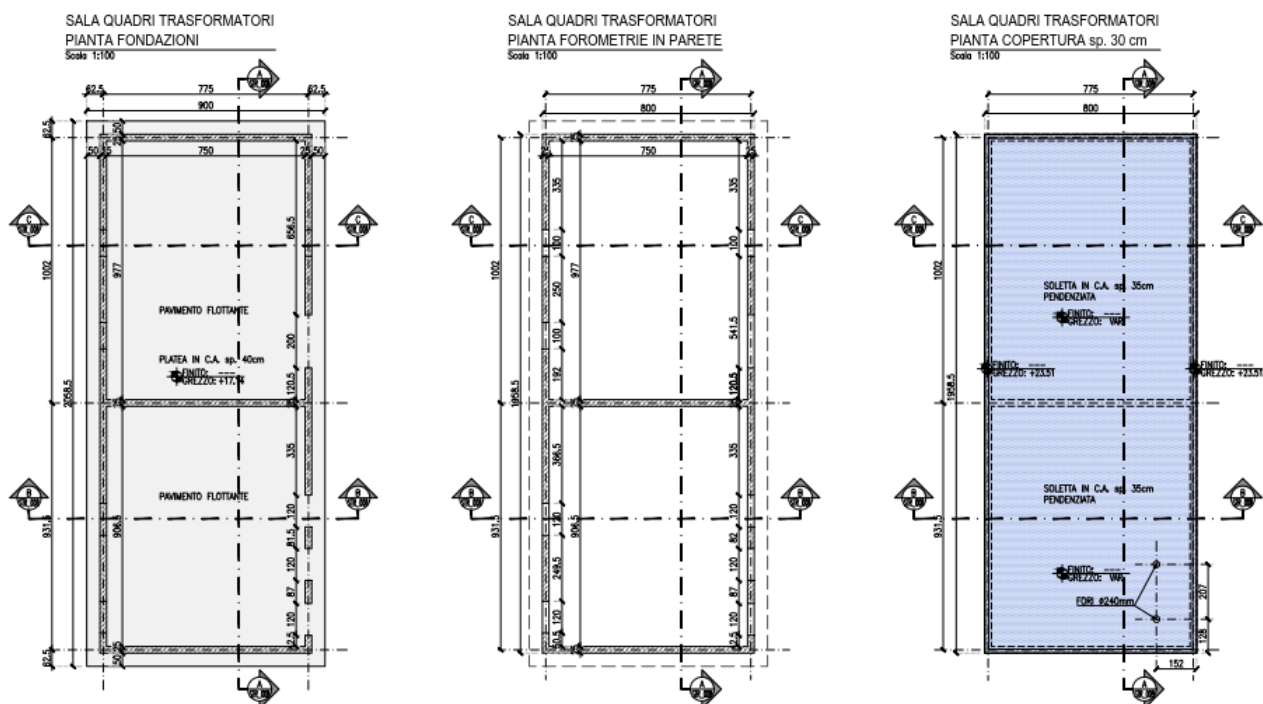


Figura 1.43 – Pianta fondazioni Edificio Q/T

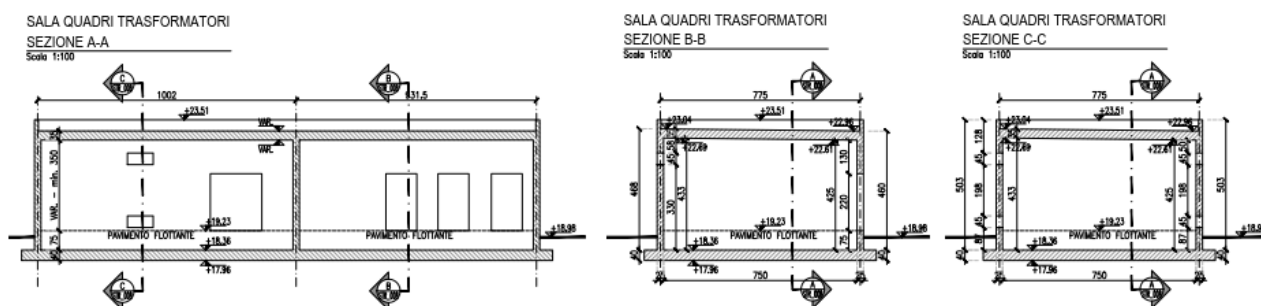
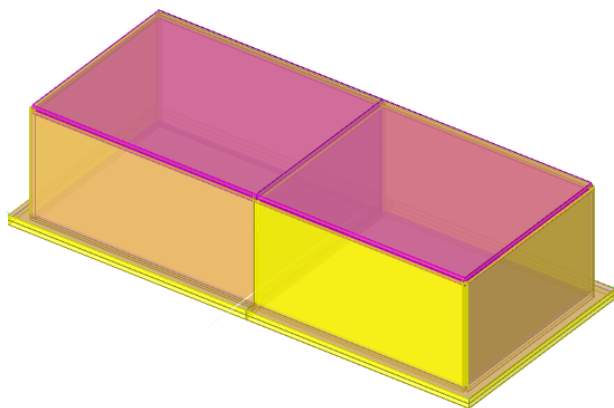


Fig. 1.44 – Sezione Edificio Q/T

1.17.2. Descrizione geometrica



PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

Figura 1.45 - Modello FEM Edificio Q/T

1.17.2.1 Numero di piani

- **Piani:** uno fuori terra;

1.17.2.2 Dimensioni in pianta

- 8.00 x 19.59 m ;

1.17.2.3 Altezze

- Dalla quota +0.00 pavimento finito al piano di posa della platea di fondazione -1.15 m;
- Dalla quota pavimento finito all'intradosso muri +3.58 m.

1.17.3. Descrizione tipologica

1.17.3.1 Fondazioni

Le fondazioni sono a platea

- **Spessore:** 40 cm.
- **Quote di posa:** -1.15 m;
- **Materiale:** conglomerato cementizio armato di classe C25/30 XC2;

1.17.3.2 Strutture in Elevazione

- **Tipologia:** struttura a muri in c.a. e soletta in c.a.;
- **Materiale:** Calcestruzzo C28/35-XC1 per murature di contenimento ed interne e per la soletta di copertura.

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

2.1. GENERALI

<input type="checkbox"/> CNR 10024/86	<i>"Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo"</i>
<input type="checkbox"/> Circ. N°91 del 14/09/61	<i>"Norme di sicurezza per la protezione contro il fuoco delle strutture in acciaio destinati ad uso civile."</i>
<input checked="" type="checkbox"/> UNI 9502:2001	<i>"Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso"</i>
<input checked="" type="checkbox"/> UNI 9503:2007	<i>"Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di acciaio".</i>
<input type="checkbox"/> UNI 9504:1989	<i>"Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di legno."</i>

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

<input checked="" type="checkbox"/> D.M. 17/01/2018 Testo Unico	<i>“Norme tecniche per le costruzioni”</i>
<input checked="" type="checkbox"/> Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici	<i>Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni”</i>
<input checked="" type="checkbox"/> D.M. 3 Dicembre 1987	<i>Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate</i>

2.2. AZIONI SULLE STRUTTURE

<input type="checkbox"/> D.M. 16/01/96	<i>Norme tecniche relative ai “Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi”</i>
<input type="checkbox"/> Circ. LL.PP. 04/07/96, n.156	<i>Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi” di cui al D.M.16/01/96.</i>
<input checked="" type="checkbox"/> D.M. 17/01/2018 Testo Unico	<i>“Norme tecniche per le costruzioni”</i>
<input checked="" type="checkbox"/> Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici	<i>Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni”</i>

2.3. STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO NORMALE E PRECOMPRESSO E ACCIAIO

<input checked="" type="checkbox"/> Legge 05/11/71 n°1086	<i>“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”</i>
<input checked="" type="checkbox"/> D.M. 14/02/92	<i>“Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche”</i>
<input checked="" type="checkbox"/> UNI-EN 206-1	<i>Calcestruzzo: Prestazioni produzione e posa in opera e criteri di conformità.</i>
<input checked="" type="checkbox"/> D.M. 17/01/2018 Testo Unico	<i>“Norme tecniche per le costruzioni”</i>
<input checked="" type="checkbox"/> Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici	<i>Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni”</i>

2.4. STRUTTURE PREFABBRICATE

<input checked="" type="checkbox"/> Norma CNR 10025/98 del 10 dicembre 1998	<i>“Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in calcestruzzo”</i>
--	---

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

☒ **Norma CNR 10021/85**

Strutture in acciaio per apparecchi di sollevamento. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.

☒ **Norma CNR 10018/87**

Apparecchi di appoggio in gomma e PTFE nelle costruzioni.

2.5. EUROCODICI

Verranno utilizzati gli eurocodici come supporto per le procedure di calcolo non esplicitamente normate nelle Norme Tecniche 2018.

2.5.1. EUROCODICE 1 – Azioni sulle strutture

UNI EN 1991-1-1	Parte 1-1: Azioni in generale – Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici
UNI EN 1991-1-2	Parte 1-2: Azioni in generale – Azioni sulle strutture esposte al fuoco
UNI EN 1991-1-3	Parte 1-3: Azioni in generale – Carichi da neve
UNI EN 1991-1-4	Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento
UNI EN 1991-1-5	Parte 1-5: Azioni in generale – Azioni termiche
UNI EN 1991-1-6	Parte 1-6: Azioni in generale – Azioni durante la costruzione
UNI EN 1991-1-7	Parte 1-7: Azioni in generale – Azioni eccezionali
UNI EN 1991-2	Parte 2: Carichi da traffico sui ponti
UNI EN 1991-3	Parte 3: Azioni indotte da gru e da macchinari
UNI EN 1991-4	Parte 4: Azioni su silos e serbatoi

2.5.2. EUROCODICE 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo

UNI EN 1992-1-1	Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
UNI EN 1992-1-2	Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio
UNI EN 1992-2	Parte 2: Ponti di calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi
UNI EN 1992-3	Parte 3: Strutture di contenimento liquidi

2.5.3. EUROCODICE 3 - Progettazione delle strutture in acciaio

UNI EN 1993-1-1	Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
UNI EN 1993-1-2	Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio
UNI EN 1993-1-3	Parte 1-3: Regole generali – Regole supplementari per l'impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo
UNI EN 1993-1-4	Parte 1-4: Regole generali – Regole supplementari per acciai inossidabili
UNI EN 1993-1-5	Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra
UNI EN 1993-1-6	Parte 1-6: Resistenza e stabilità delle strutture a guscio
UNI EN 1993-1-7	Parte 1-7: Strutture a lastra ortotropa caricate al di fuori del piano
UNI EN 1993-1-8	Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti
UNI EN 1993-1-9	Parte 1-9: Fatica
UNI EN 1993-1-10	Parte 1-10: Resilienza del materiale e proprietà attraverso lo spessore
UNI EN 1993-1-11	Parte 1-11: Progettazione di strutture con elementi tesi

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

UNI EN 1993-1-12	Parte 1-12: Regole aggiuntive per l'estensione della EN 1993 fino agli acciai di grado S 700
UNI EN 1993-2	Parte 2: Ponti di acciaio
UNI EN 1993-3-1	Parte 3-1: Torri, pali e ciminiere – Torri e pali
UNI EN 1993-3-2	Parte 3-2: Torri, pali e ciminiere – Ciminiere
UNI EN 1993-4-1	Parte 4-1: Silos
UNI EN 1993-4-2	Parte 4-2: Serbatoi
UNI EN 1993-4-3	Parte 4-3: Condotte
UNI EN 1993-5	Parte 5: Pali e palancole
UNI EN 1993-6	Parte 6: Strutture per apparecchi di sollevamento

2.5.4. EUROCODICE 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo

UNI EN 1994-1-1	Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
UNI EN 1994-1-2	Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio
UNI EN 1994-2	Parte 2: Regole generali e regole per i ponti

2.5.1. EUROCODICE 5 – Progettazione delle strutture in legno

UNI EN 1995-1-1	Parte 1-1: Regole generali – Regole comuni e regole per gli edifici
UNI EN 1995-1-2	Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio
UNI EN 1995-2	Parte 2: Ponti

2.5.2. EUROCODICE 6 – Progettazione delle strutture in muratura

UNI EN 1996-1-1	Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata
UNI EN 1996-1-2	Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio
UNI EN 1996-2	Parte 2: Considerazioni progettuali, selezione dei materiali ed esecuzione delle murature
UNI EN 1996-3	Parte 3: Metodi di calcolo semplificato per strutture di muratura non armata

2.5.3. EUROCODICE 7 – Progettazione geotecnica

UNI EN 1997-1	Parte 1: Regole generali
UNI EN 1997-2	Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo

2.5.4. EUROCODICE 8 Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

UNI EN 1998-1	Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici
UNI EN 1998-2	Parte 2: Ponti
UNI EN 1998-3	Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici
UNI EN 1998-4	Parte 4: Silos, serbatoi e condotte
UNI EN 1998-5	Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
UNI EN 1998-6	Parte 6: Torri, pali e camini

2.5.5. EUROCODICE 9 -Progettazione delle strutture in alluminio

UNI EN 1999-1-1	Parte 1-1: Regole strutturali generali
-----------------	--

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

UNI EN 1999-1-2	Parte 1-2: Progettazione strutturale contro l'incendio
UNI EN 1999-1-3	Parte 1-3: Strutture sottoposte a fatica
UNI EN 1999-1-4	Parte 1-4: Lamiere sottili piegate a freddo
UNI EN 1999-1-5	Parte 1-5: Strutture a guscio

3. DESCRIZIONE DEI MATERIALI E DEI PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

3.1. CEMENTO PER CALCESTRUZZO.

- Tipo Portland 325 – 425;
- con 250 kg/m³ di impasto per classe R_{ck}25;
- con 300-350 kg/m³ di impasto per classe R_{ck}30;
- con 350-400 kg/m³ di impasto per classe R_{ck}35;
- con 400-450 kg/m³ di impasto per classe R_{ck}40.

Tipi principali	Denominazione dei 27 prodotti (tipi di cemento comune)		Composizione (percentuale in massa) ^{a)}										Costituenti secondari		
			Costituenti principali												
			Clinker	Loppe di altoforno	Fumi di silice	Pozzolana		Cenere volante		Scisto calcinato	Calcare				
			K	S	pH	naturale P	naturale calcinata Q	silicea V	calcaica W	T	L	LL			
CEM I	Cemento portland	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
	Cemento portland alla loppe	CEM I/A-S	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM I/B-S	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
CEM II	Cemento portland ai fumi di silice	CEM I/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM I/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
	Cemento portland alla pozzolana	CEM I/B-P	65-79	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM II/A-Q	80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM II/B-Q	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM I/A-V	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5	
	Cemento portland alle ceneri volanti	CEM I/B-V	65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM I/A-W	80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5	
		CEM I/B-W	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5	
		CEM II/A-T	80-94	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	0-5	
	Cemento portland allo scisto calcinato	CEM II/B-T	65-79	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	0-5	
		CEM II/A-L	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5	
	Cemento portland al calcare	CEM II/B-L	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	0-5	
		CEM I/A-LL	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	0-5	
		CEM I/B-LL	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	0-5	
		Cemento portland composito ^{d)}	CEM II/A-M	80-94	6-20									0-5	
	CEM II/B-M		65-79	21-35									0-5		
	CEM III	Cemento d'altoforno	CEM III/A	35-64	36-65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
			CEM III/B	20-34	66-80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
			CEM III/C	5-19	81-95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM IV	Cemento pozzolanico ^{d)}	CEM IV/A	65-89	-	11-35					-	-	-	0-5		
		CEM IV/B	45-64	-	36-55					-	-	-	0-5		
CEM V	Cemento composito ^{d)}	CEM V/A	40-64	18-30	-	18-30			-	-	-	-	0-5		
		CEM V/B	20-38	31-50	-	31-50			-	-	-	-	0-5		

a) I valori del prospetto si riferiscono alla somma dei costituenti principali e secondari.
b) La proporzione di fumi di silice è limitata al 10%.
c) Nei cementi portland composti CEM II/A-M e CEM II/B-M, nei cementi pozzolanici CEM IV/A e CEM IV/B e nei cementi composti CEM V/A e CEM V/B i costituenti principali diversi dal clinker devono essere dichiarati nella denominazione del cemento (vedere esempio in 8).
d) Vedere esempio in 8).

Figura 3.1 - Estratto da UNI197-1:2011

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

prospetto 4 Valori limiti per la composizione e le proprietà del calcestruzzo

	Classi di esposizione																	
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri						Attacco da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico		
						Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti									
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2
Massimo rapporto <i>a/c</i>	-	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,45	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,50	0,45
Minima classe di resistenza ¹⁾	C12/15	C25/30	C28/35	C32/40	C32/40	C35/45	C28/35	C32/40	C35/45	32/40	25/30	28/35	28,35	32/40	35/45			
Minimo contenuto in cemento (kg/m³)	-	300	320	340	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360
Contenuto minimo in aria (%)													3,0 ²⁾					
Altri requisiti												Aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				È richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati ³⁾		

¹⁾ Nel prospetto 7 della UNI EN 206-1 viene riportata la classe C8/10 che corrisponde a specifici calcestruzzi destinati a sottofondazioni e ricoprimenti. Per tale classe dovrebbero essere definite le prescrizioni di durabilità nei riguardi di acque o terreni aggressivi.

a) Quando il calcestruzzo non contiene aria aggiunta, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI 7087, per la relativa classe di esposizione.

b) Qualora la presenza di solfati comporti le classi di esposizione XA2 e XA3 è essenziale utilizzare un cemento resistente ai solfati secondo UNI 9156.

Figura 3.2 - Estratto UNI11104:2004

3.2. CALCESTRUZZO PER OPERE IN CEMENTO ARMATO

- Cemento: tipo Portland 325 - 425;
- Sabbia lavata: 0.35 mc/mc cls
- Ghiaietto lavato: 0.15 mc/mc cls
- Ghiaia vagliata: 0.75 mc/mc cls
- Acqua per avere un impasto a consistenza fluida.
- Classe di esposizione del calcestruzzo XC2, XC1 e XA3 per le tutte strutture come indicato in UNI-ENV 206 e classe di consistenza S3-S4 come da UNI-EN 206.
- con 250 kg/m³ di impasto per classe R_{ck}25;
- con 300-350 kg/m³ di impasto per classe R_{ck}30;
- con 350-400 kg/m³ di impasto per classe R_{ck}35;
- con 400-450 kg/m³ di impasto per classe R_{ck}40.

3.3. SABBIA E GHIAIA.

Lavate e vagliate, con granulometria secondo le prescrizioni del R.I. ed acqua sufficiente per avere impasto di tipo plastico.

3.4. ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO.

Ad aderenza migliorata B450C controllato in stabilimento. Qualificato secondo le procedure di cui al § 11.3.1.2 del D.M. del 17/01/2018 e controllato con le modalità riportate al § 11.3.2.11 del D.M. del 17/01/2018.

Tensione caratteristica di snervamento: $f_{y,nom} = 450\text{MPa}$.

Tensione caratteristica di rottura: $f_{t,nom} = 540\text{MPa}$.

Coefficiente parziale di sicurezza del materiale: $\gamma_s = 1.15$.

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

4. MODELLO GEOTECNICO

4.1. PREMESSA

La prima campagna di indagini geotecniche ha previsto:

- n. 8 sondaggi a carotaggio continuo a profondità 20m dal piano campagna;
- n.5 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU meccaniche (CPT) spinte fino a 20m di profondità dal piano campagna;
- n.5 carotaggi archeologici spinti a 5 m dal p.c.;
- N. 1 indagine MASW;
- N.1 indagine HVSR.



Figura 3 - Ubicazioni planimetrica delle verticali della prima campagna di indagini

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

4.2. MODELLO DEL TERRENO

La falda ha una profondità media di 3.10 m dal piano campagna. Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione geotecnica dell'indagine eseguita in sito si può riassumere il seguente modello geotecnico schematico del terreno indagato:

MODELLO GEOTECNICO MEDIO

Strato	Profondità	Falda	Litotipo	Parametri geotecnici	
1	0.0 – 1.00 m da p.c.		Terreno di riporto		
2	1.00 – 4.50 m da p.c.	-3.10 m da p.c.	Argilla o argilla limosa poco consistente	γ	1750 kg/m ³ ≈ 17.50 kN/m ³
				γ'	2050 kg/m ³ ≈ 20.50 kN/m ³
				C_{uk}	0.30 kg/cm ² ≈ 30.0 kN/m ²
				C'_k	0.03 kg/cm ² ≈ 3.00 kN/m ²
				M_0	20.0 kg/cm ² ≈ 2000 kN/m ²
				E_s	42.0 kg/cm ² ≈ 4200 kN/m ²
				ϕ_k	20°
				v	0.50
3	4.50 – 9.00 m da p.c.		Argilla o argilla limosa a medio elevata consistenza	γ	1850 kg/m ³ ≈ 18.50 kN/m ³
				γ'	2150 kg/m ³ ≈ 21.50 kN/m ³
				C_{uk}	0.80 kg/cm ² ≈ 80.0 kN/m ²
				C'_k	0.08 kg/cm ² ≈ 8.0 kN/m ²
				M_0	60.0 kg/cm ² ≈ 6000 kN/m ²
				E_s	112.0 kg/cm ² ≈ 11200 kN/m ²
				ϕ_k	23°
				v	0.40
4	9.00 – 22.00 m da p.c.		Argilla o argilla limosa consistente	γ	1900 kg/m ³ ≈ 19.00 kN/m ³
				γ'	2200 kg/m ³ ≈ 22.00 kN/m ³
				C_{uk}	1.50 kg/cm ² ≈ 150.0 kN/m ²
				C'_k	0.15 kg/cm ² ≈ 15.0 kN/m ²
				M_0	150.0 kg/cm ² ≈ 15000 kN/m ²
				E_s	210.0 kg/cm ² ≈ 21000 kN/m ²
				ϕ_k	25°
				v	0.35

Legenda	γ	=	peso specifico terreno naturale
	γ'	=	peso specifico terreno saturo
	C_{uk}	=	coesione non drenata caratteristica
	C'_k	=	coesione efficace caratteristica
	Dr	=	densità relativa
	M_0	=	modulo di deformazione edometrico
	E_s	=	modulo elastico
	ϕ_k	=	angolo d'attrito caratteristico

5. CALCOLO DEI PALI DI FONDAZIONE

5.1. PREMESSA

Dati i carichi di progetto e la destinazione d'uso dei fabbricati si prevedono:

- fondazioni con plinti su pali a sostegno dei nuovi fabbricati 18 e 23:
 - pali FDP diametro 420mm, lunghezza 15m,

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

- platee delle vasche e dei digestori appoggiate su pali:
 - pali FDP diametro 420mm lunghezza 15m;

Vedere le tavole strutturali per maggior chiarezza sulla disposizione dei pali in pianta.

5.2. CARICHI DI PROGETTO

5.2.1. Permanenti non strutturali di copertura

Il peso dei carichi permanenti non strutturali (eventuali impianti appesi e pacchetto di finitura) che grava in copertura è di 0.50 KN/m².

5.2.2. Permanenti non strutturali

Per i carichi considerati dei pacchetti e dei sovraccarichi per le pavimentazioni e per i solai non di copertura si faccia riferimento all'elaborato **STR_007**.

5.2.3. Carichi zona uffici cat.B

Il carico accidentale previsto da normativa zona uffici è di 2.00 KN/m² (cat.B).

5.2.4. Tegoli di copertura

Il peso dei tegoli di copertura varia a seconda della sezione utilizzata i cui dati vengono riportati correttamente nel modello di calcolo.

5.2.5. Conglomerato cementizio armato

Il peso specifico del conglomerato cementizio armato è di 25.00 KN/m³.

5.2.6. Pannelli perimetrali

Il peso dei pannelli prefabbricati di tamponamento è di 3.70 KN/m² e nella modellazione sono stati considerati come massa applicata alle travi.

5.2.7. Materiale stoccato e acqua all'interno delle vasche

La densità del materiale stoccato è stato considerato di 1000 daN/mc pari a quella dell'acqua.

5.2.8. Altri carichi

Per altri tipi di carico vedere il paragrafo apposito nei tabulati di calcolo.

5.1. SOLLECITAZIONI OTTENUTE SUI PALI

5.1.1. Edificio 18

IMPIANTO DI SELEZIONE E COMPOSTAGGIO RIFIUTI SOLIDI URBANI E SPECIALI NON PERICOLOSI
 REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA DEL RIFIUTO ORGANICO DA RACCOLTA DIFFERENZIATA FINALIZZATO
 ALLA PRODUZIONI DI BIOMETANO IN VIA VALLE n°21 FOSSOLI CARPI (MO)

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

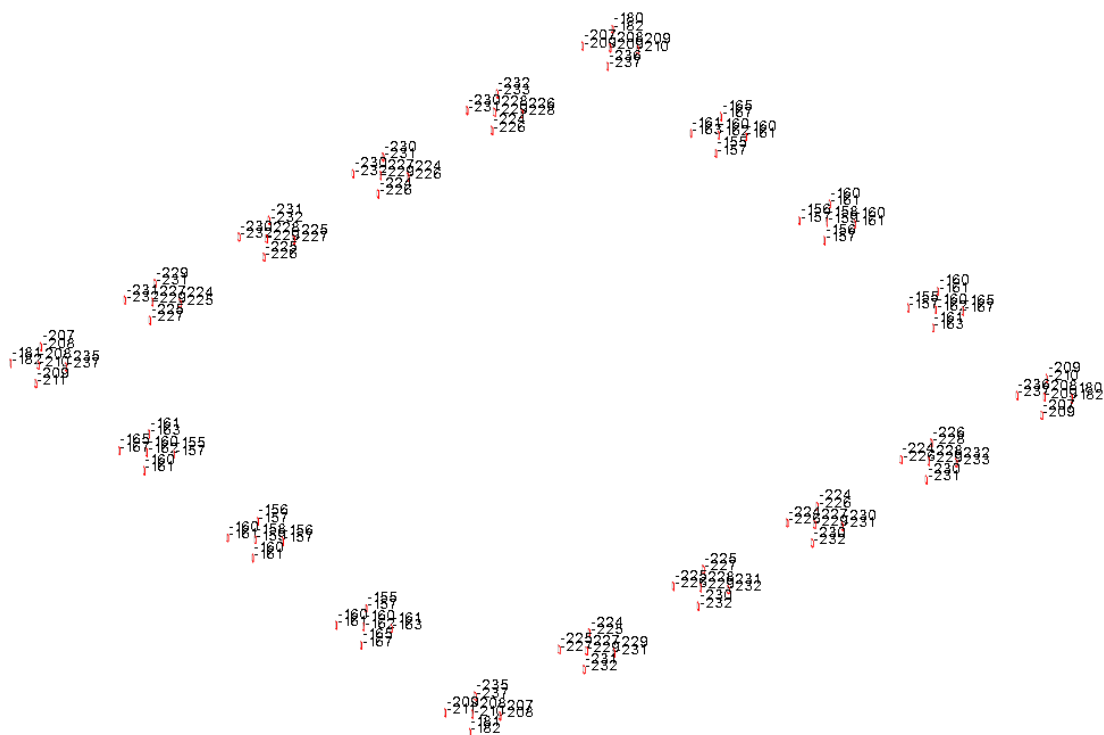


Figura 5.1 – Involuppo sollecitazioni sforzo normale SLE_{qp} (KN)

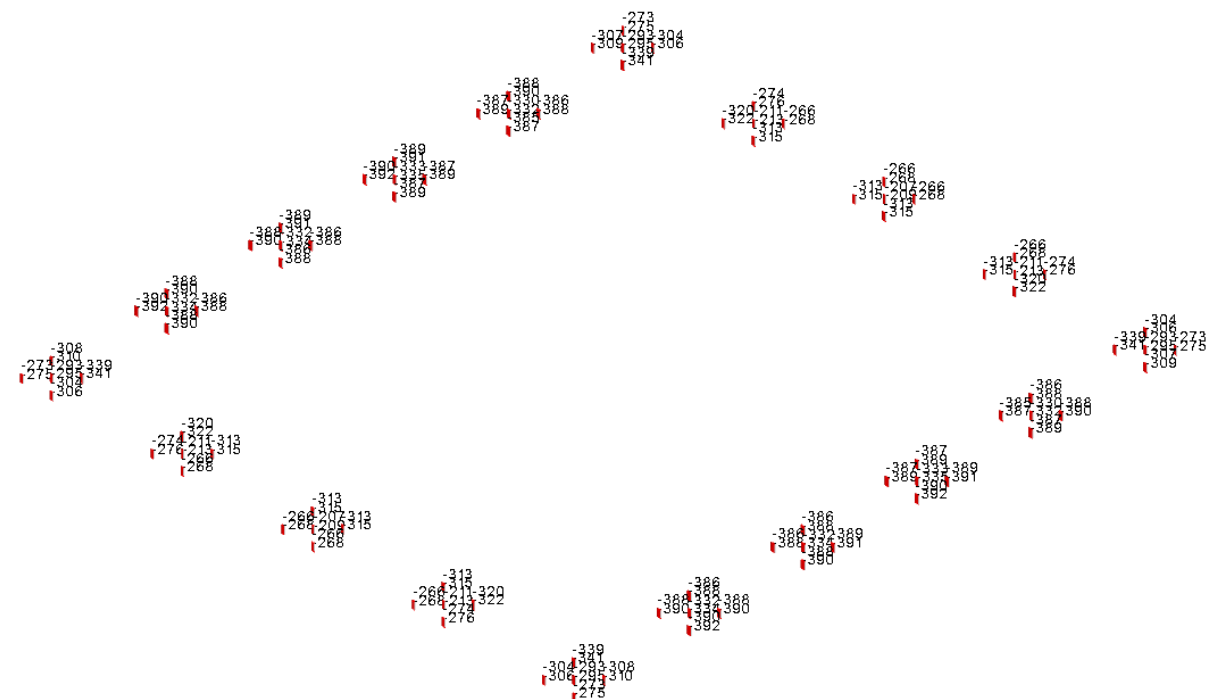


Figura 5.2 – Involuppo sollecitazioni sforzo normale $SLU-SLV$ (KN)

IMPIANTO DI SELEZIONE E COMPOSTAGGIO RIFIUTI SOLIDI URBANI E SPECIALI NON PERICOLOSI
 REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA DEL RIFIUTO ORGANICO DA RACCOLTA DIFFERENZIATA FINALIZZATO
 ALLA PRODUZIONI DI BIOMETANO IN VIA VALLE n°21 FOSSOLI CARPI (MO)

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

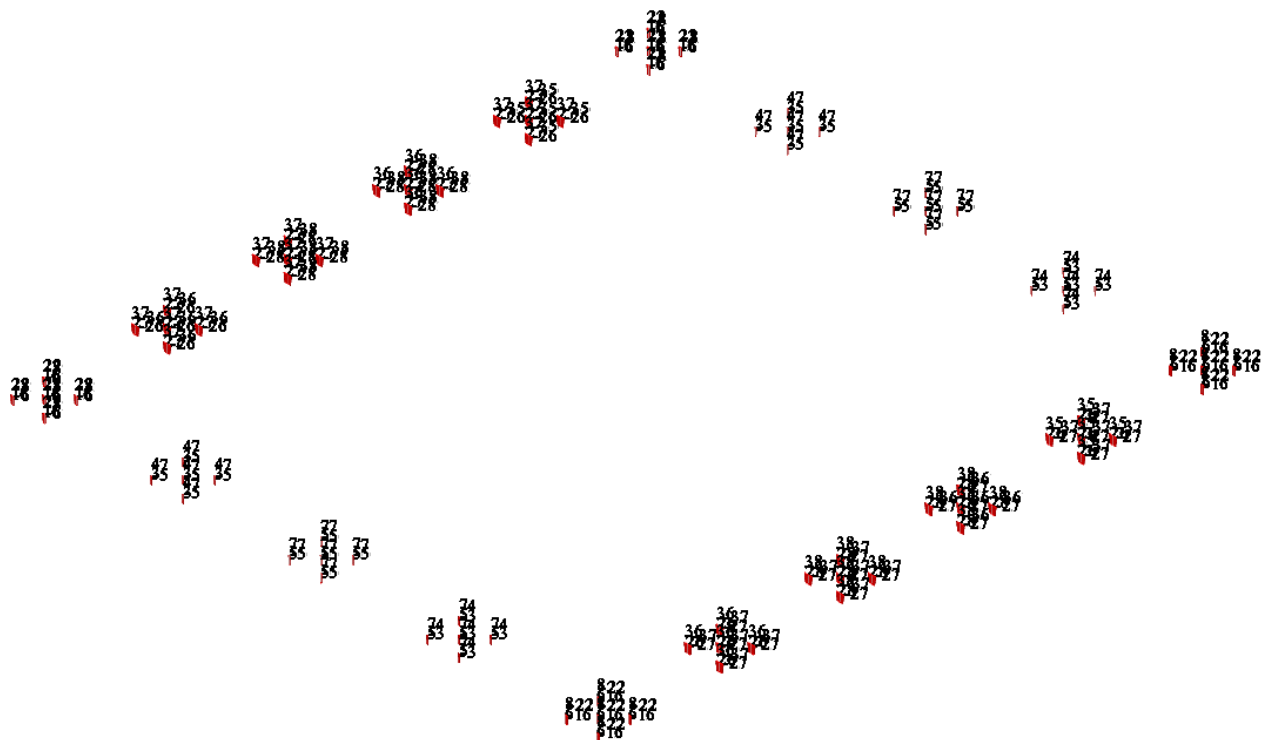


Figura 5.3 – Involuppo Momenti M3 SLU – SLV KNm

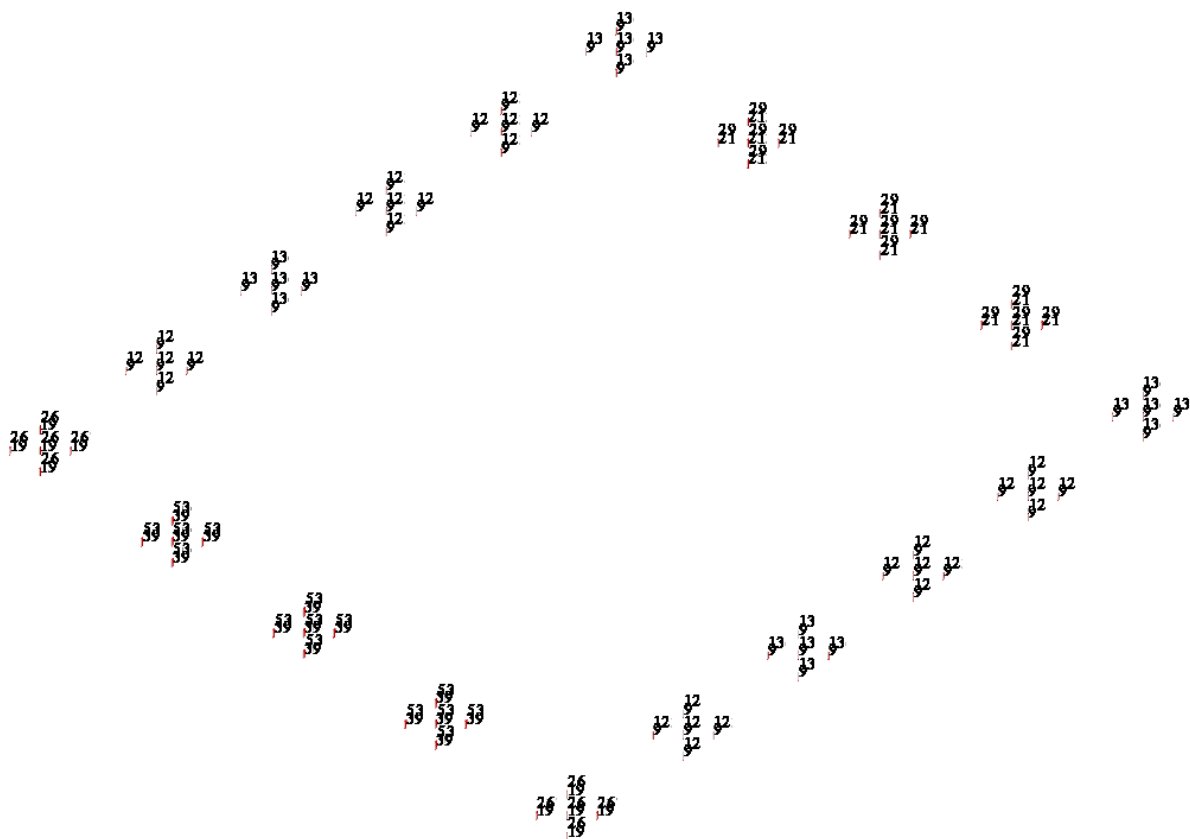
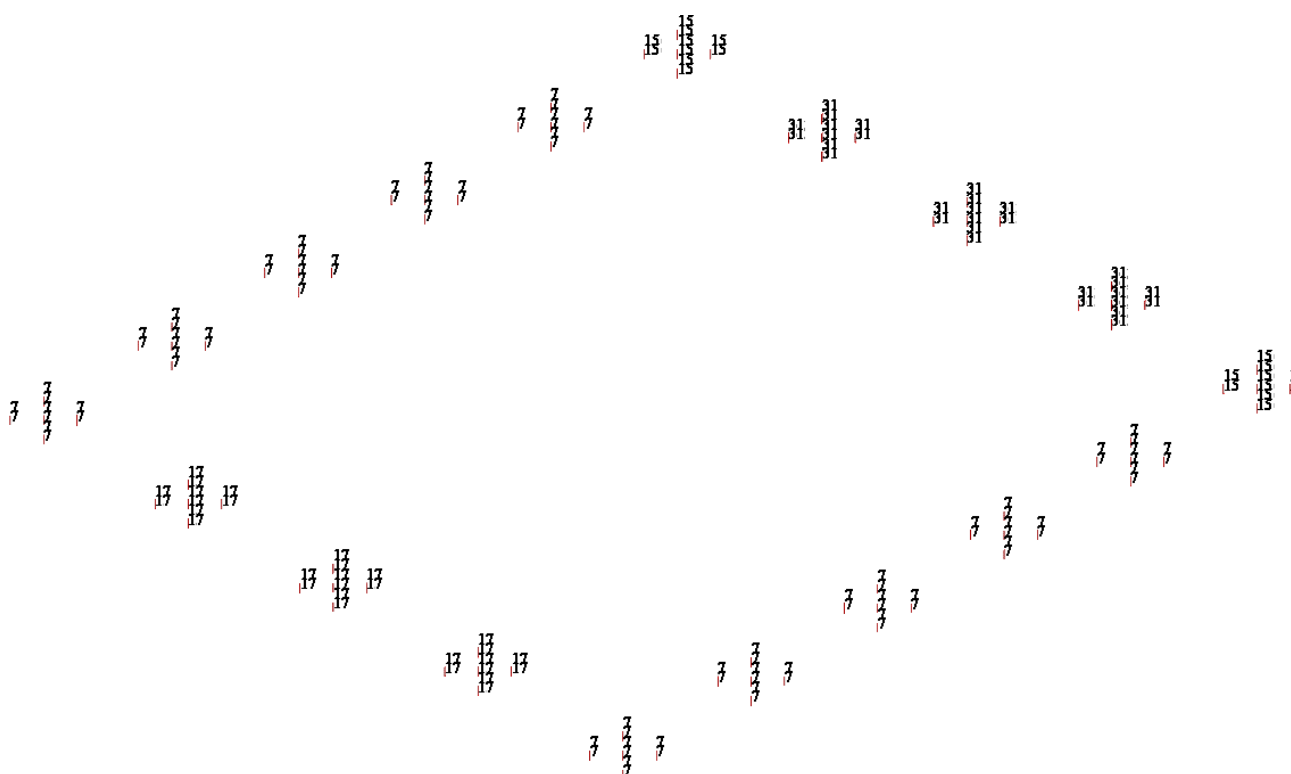


Figura 5.4 – Involuppo Momenti M2 SLU – SLV KNm



A 3D scatter plot showing the distribution of 1000 simulated data points. The axes are labeled 1, 2, and 3. The points are colored by their value on the third axis, ranging from 0 (blue) to 10 (red). The points are distributed in a roughly spherical cloud centered around (5, 5, 5).

58/82

Diagram illustrating the decomposition of the tensor product of two irreducible representations of $SU(3)$ into irreducible components:

- Top row: $8 \otimes 8 = 1 \oplus 8 \oplus 27$ (where the 1 and 27 are in red, and the 8 is in black)
- Middle row: $1 \otimes 8 = 8$ (where the 8 is in black)
- Bottom row: $1 \otimes 27 = 1 \oplus 8 \oplus 27$ (where the 1 and 27 are in red, and the 8 is in black)

59/82

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

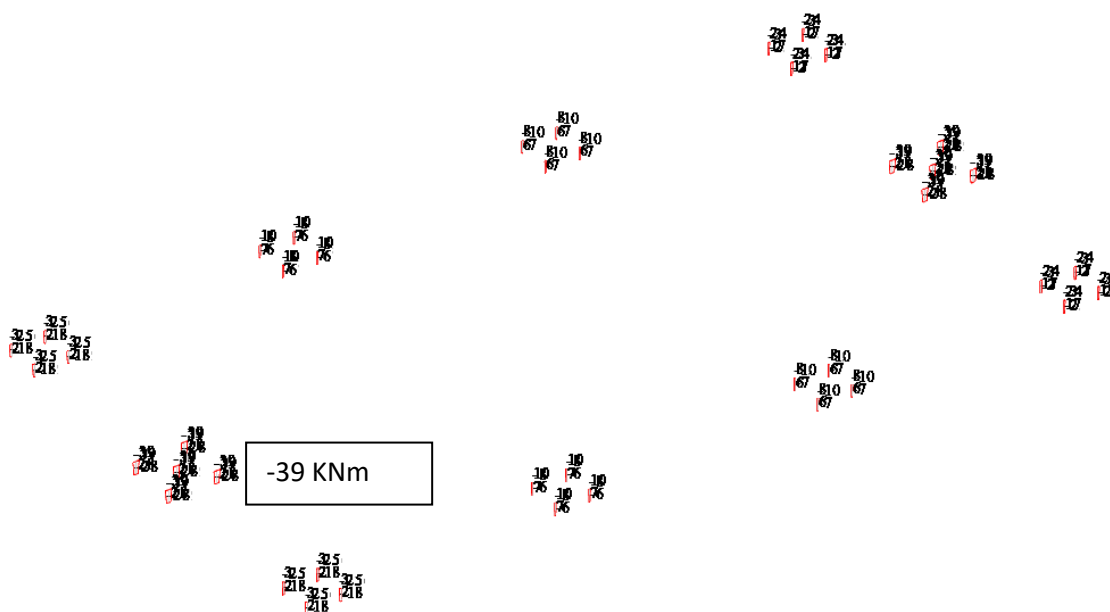


Figura 5.9 – Involuppo Momenti M3 SLU – SLV KNm

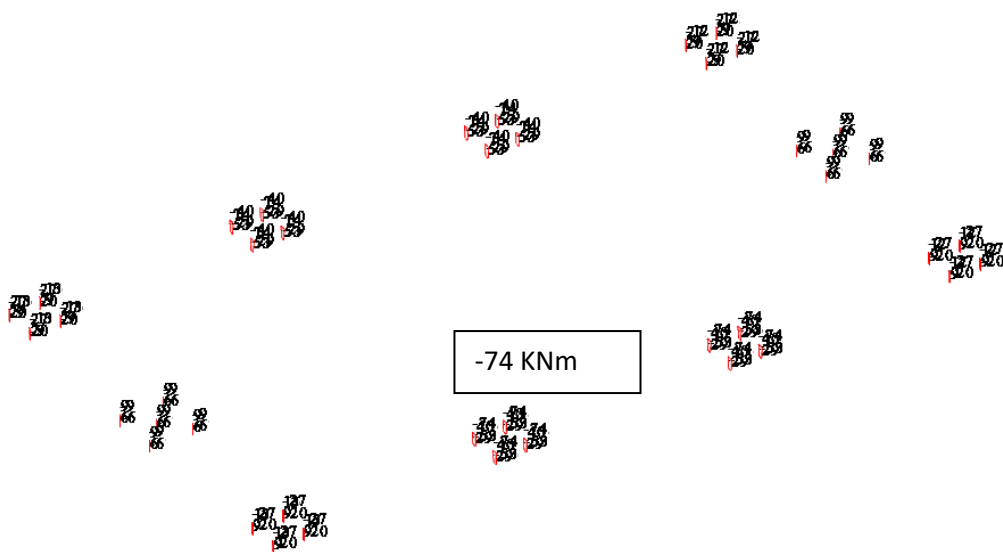


Figura 5.10 – Involuppo Momenti M2 SLU – SLV KNm

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

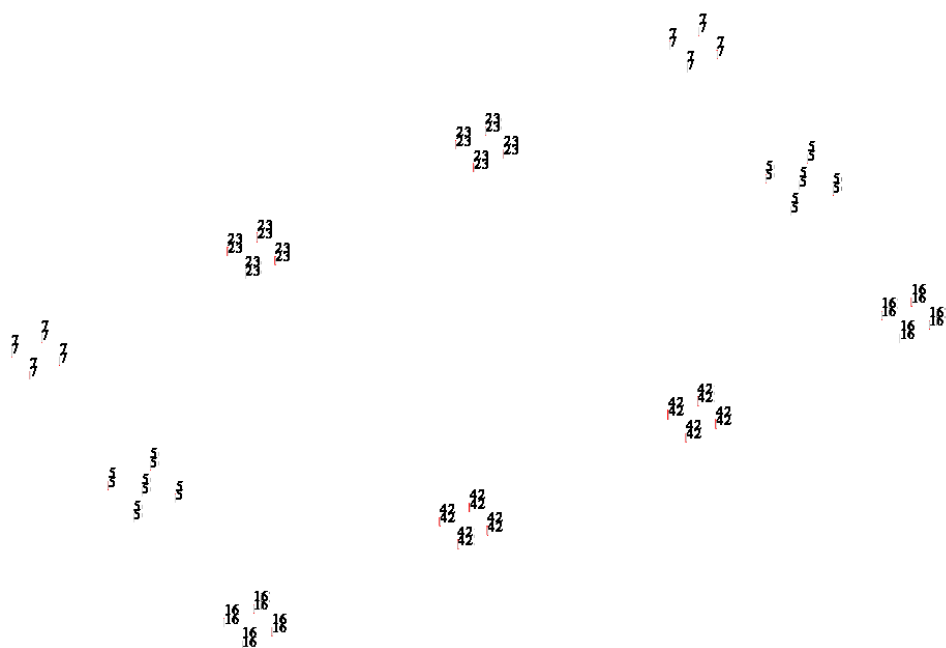


Figura 5.11 – Involuppo Tagli F3 SLU – SLV KNm



Figura 5.12 – Involuppo Tagli F2 SLU – SLV KNm

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

5.1.3. Edificio 20

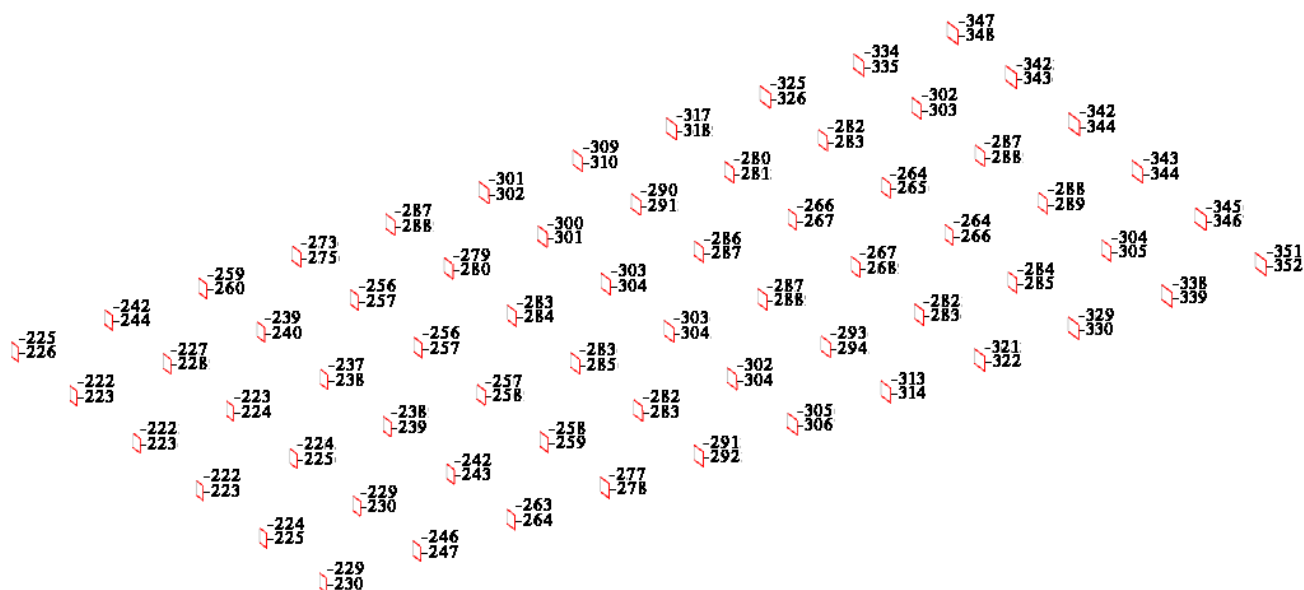


Figura 5.13 – Involucro sollecitazioni sforzo normale SLE qp (KN)

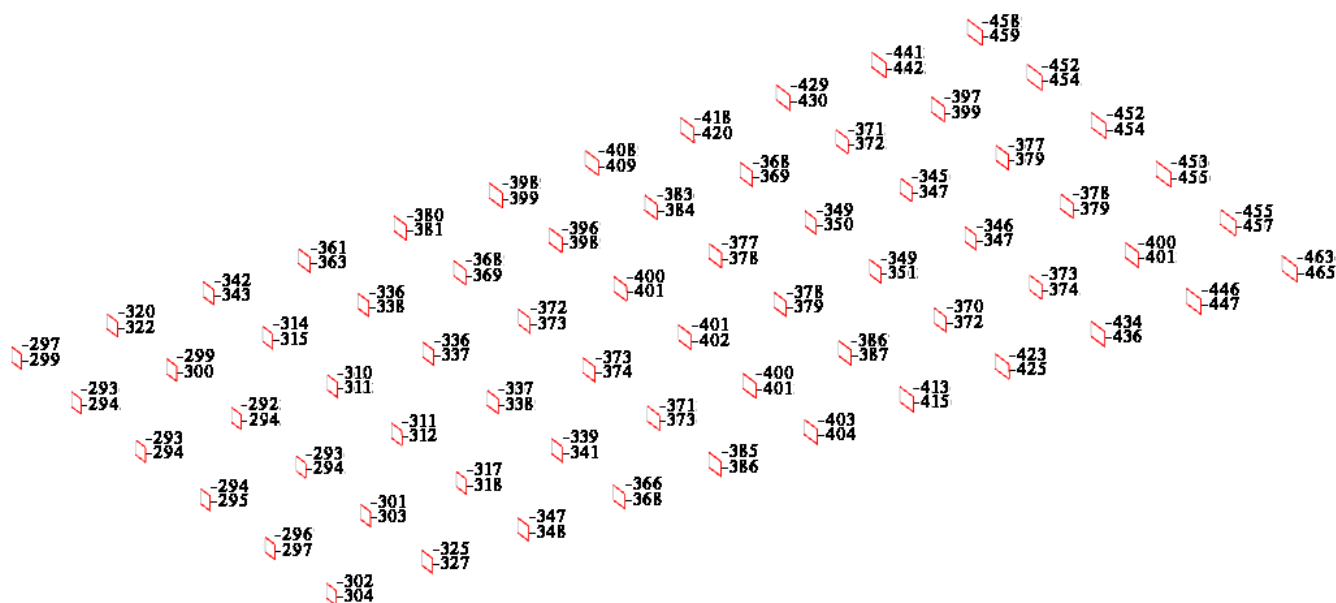


Figura 5.14 – Involucro sollecitazioni sforzo normale SLU-SLV (KN)

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

5.1.4. Edificio 21

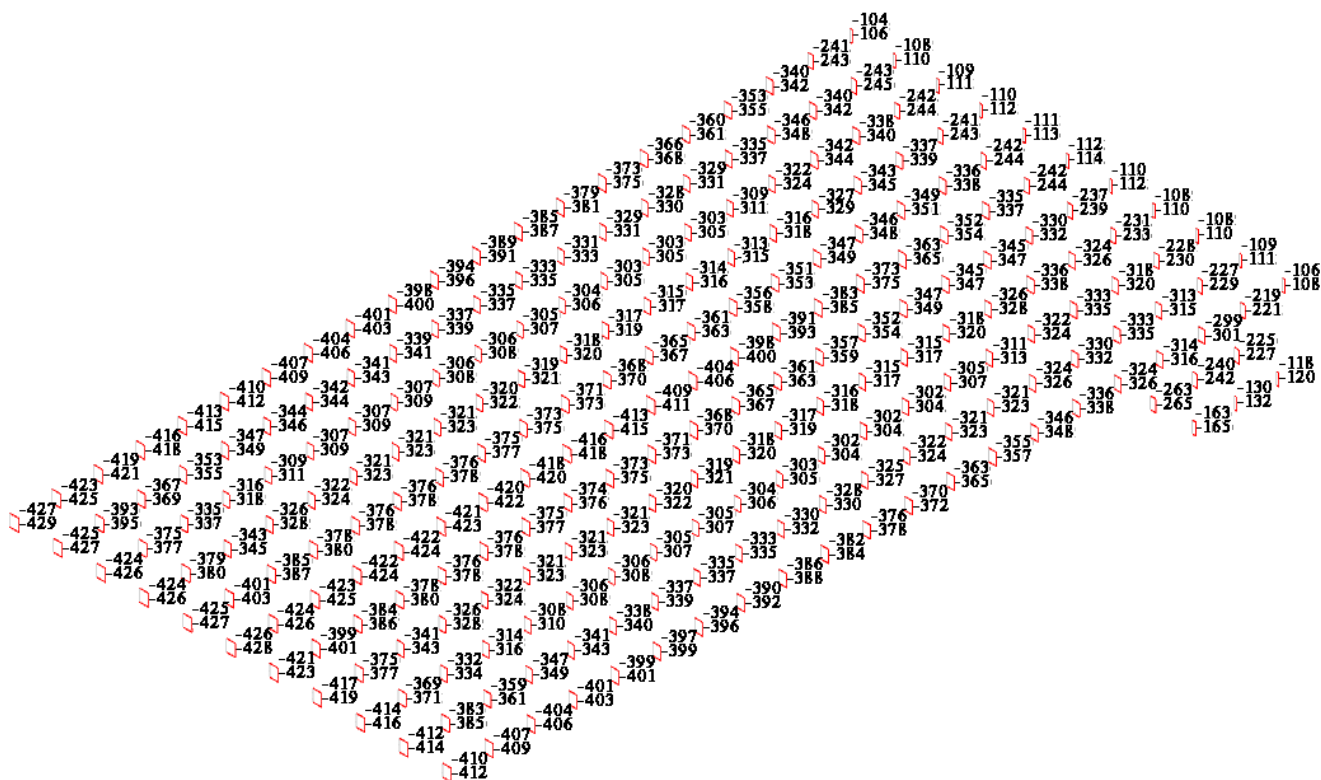


Figura 5.15 – Involuppo sollecitazioni sforzo normale SLE qp (KN)

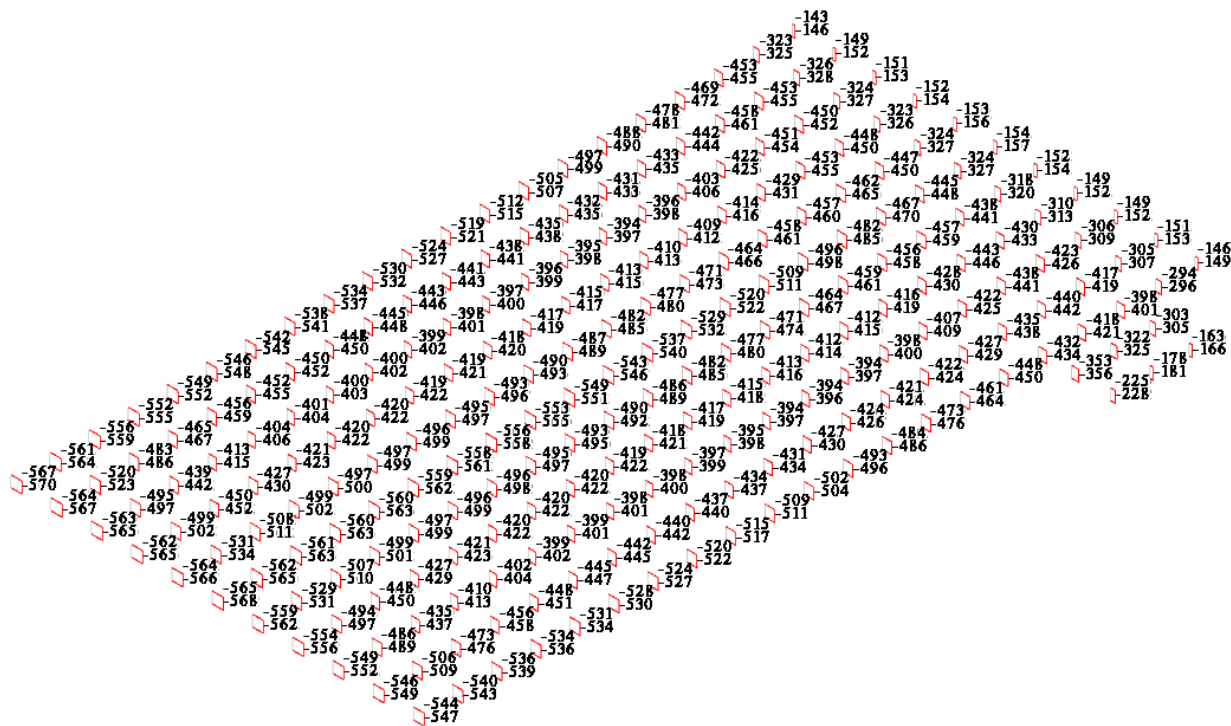


Figura 5.16 – Involuppo sollecitazioni sforzo normale SLU-SLV (KN)

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

5.1.5. Edificio 29

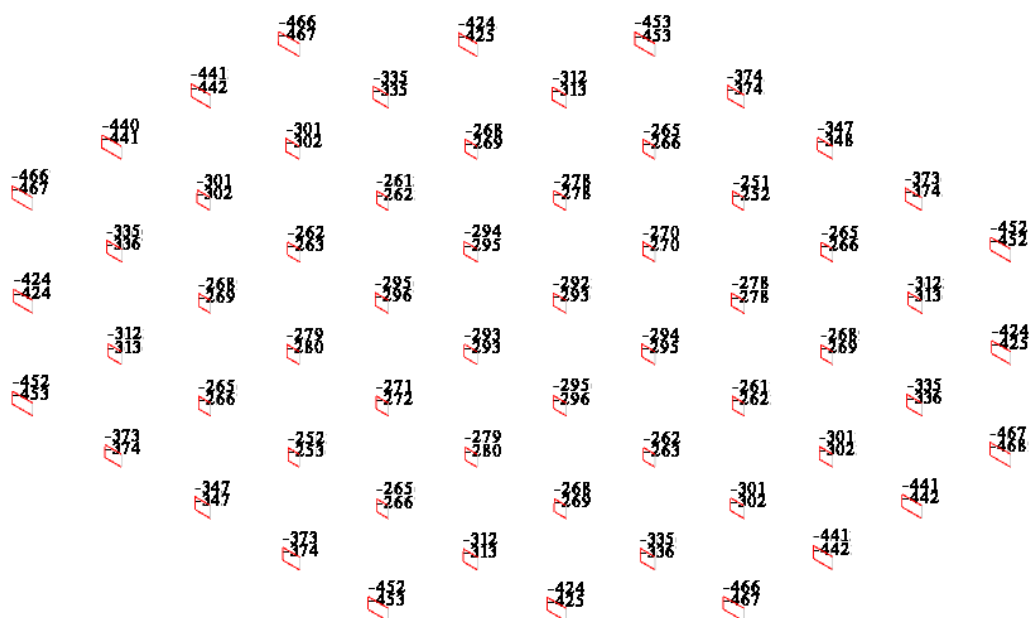


Figura 5.17 – Involuppo sollecitazioni sforzo normale SLE qp (KN)



Figura 5.18 – Involuppo sollecitazioni sforzo normale SLU-SLV (KN)

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

5.1.6. Vasche V8-V9

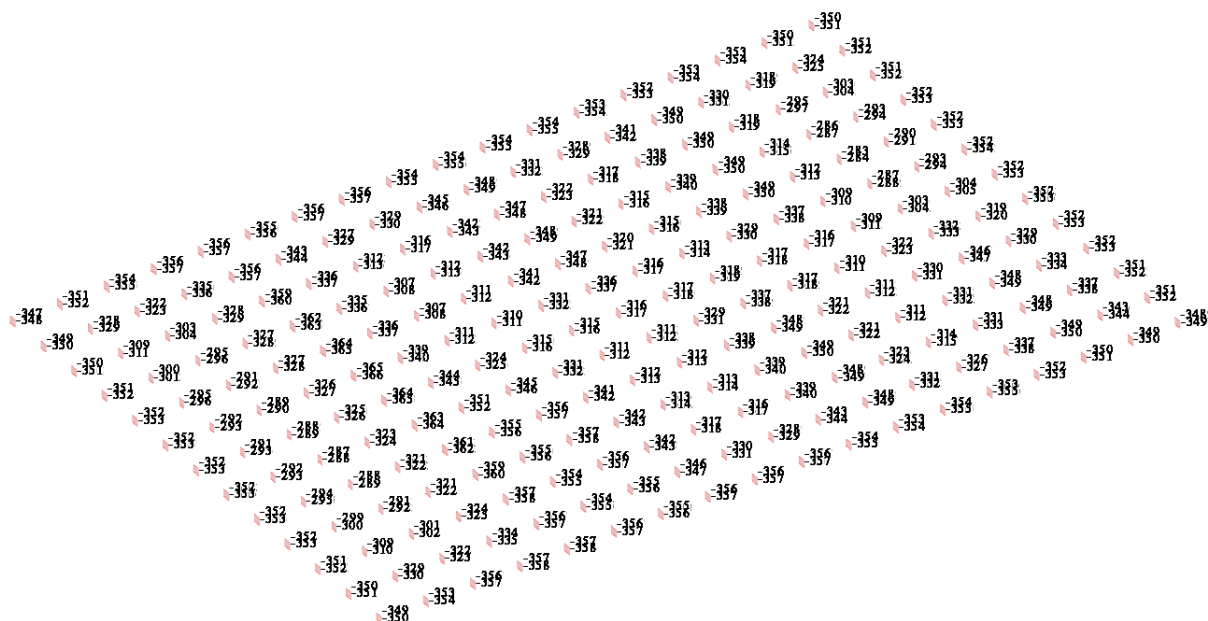


Figura 5.19 – Involuppo sollecitazioni sforzo normale SLE qp (KN)

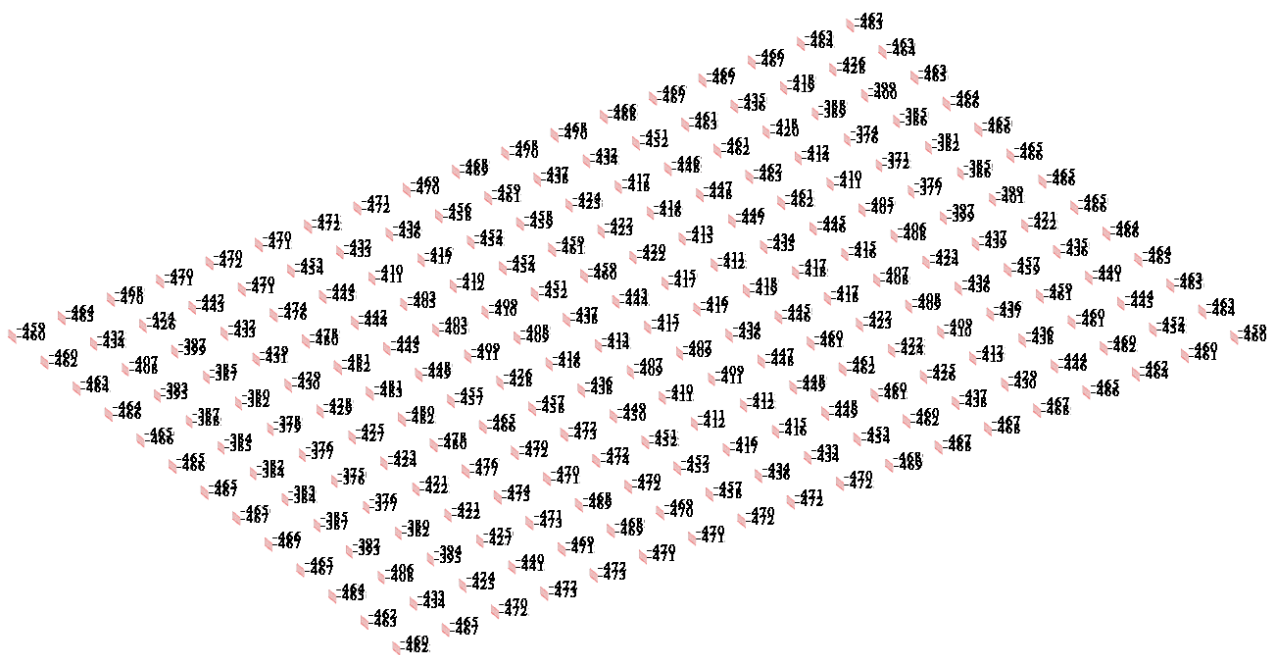


Figura 5.20 – Involuppo sollecitazioni sforzo normale SLU-SLV (KN)

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

5.1.7. Vasche V4d-V2n

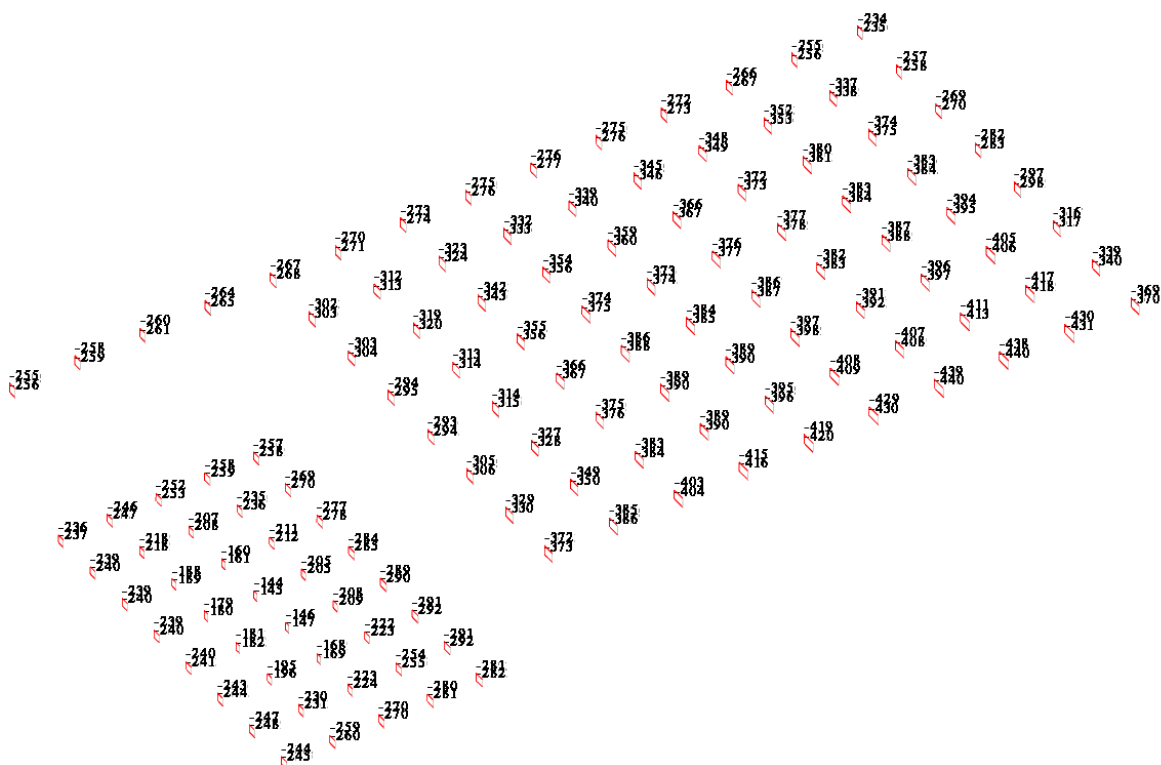


Figura 5.21 – Involucro sollecitazioni sforzo normale SLE_{qp} (KN)

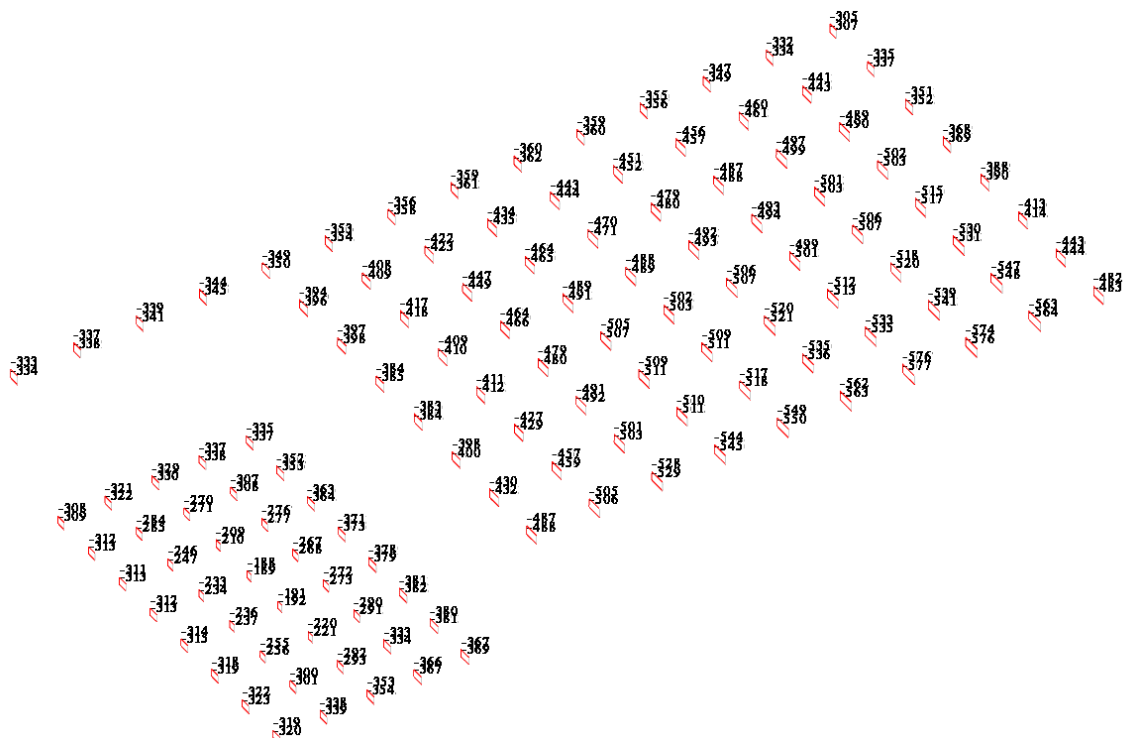


Figura 5.22 – Involucro sollecitazioni sforzo normale $SLU-SLV$ (KN)

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

5.1.8. Vasche V4a-b-c

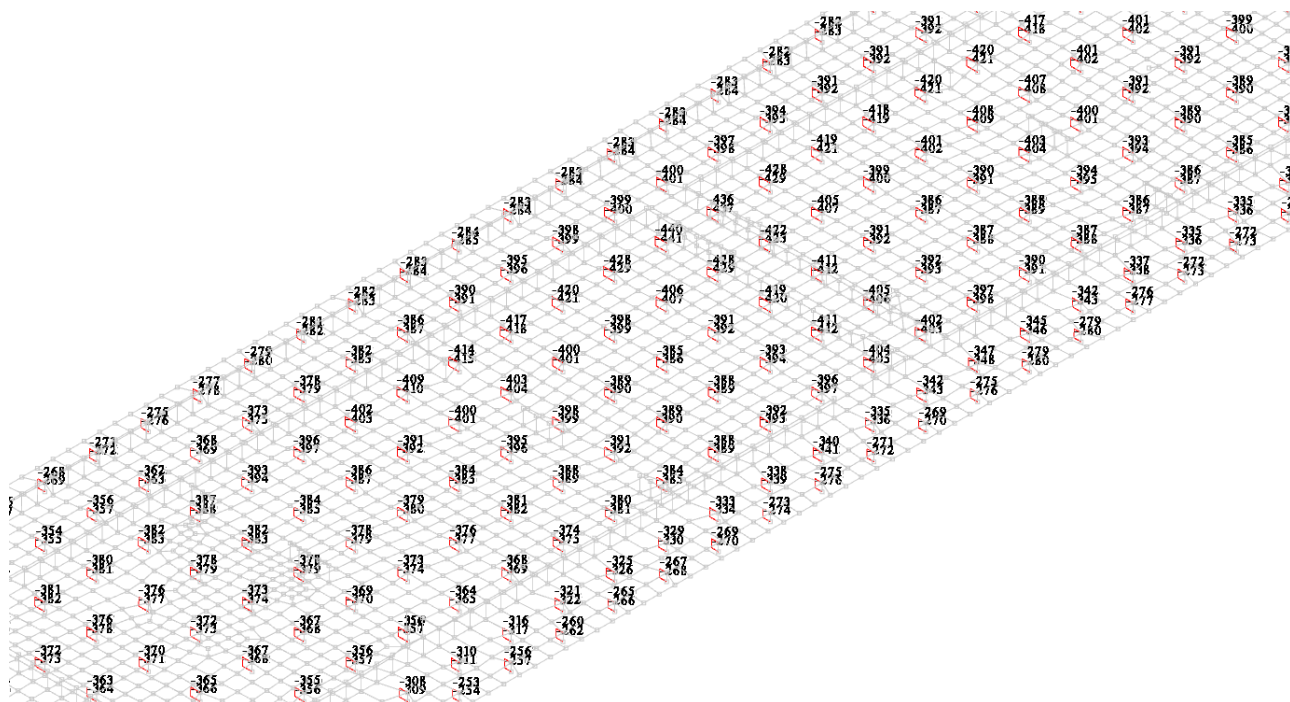


Figura 5.23 – Involuppo sollecitazioni sforzo normale SLE qp (KN)

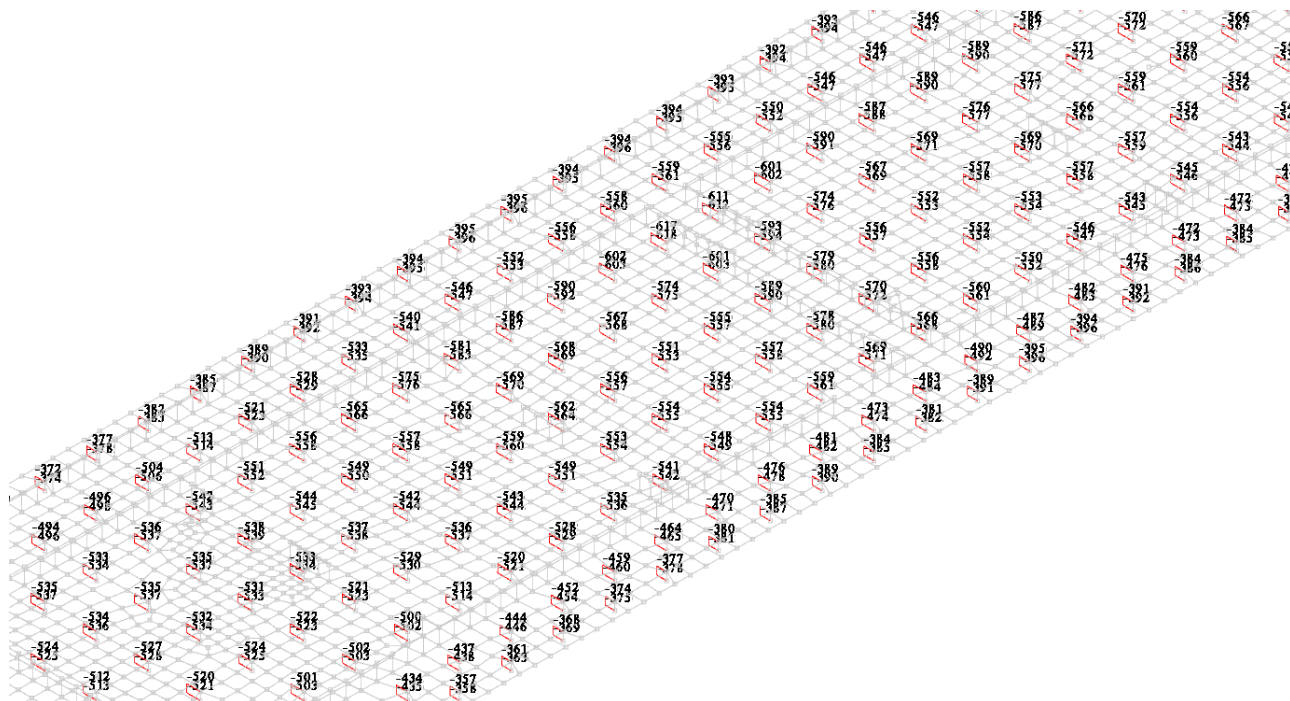


Figura 5.24 – Involuppo sollecitazioni sforzo normale SLU-SLV (KN)

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

5.2. CALCOLO E VERIFICA DEI PALI

5.2.1. Cenni teorici

Carico limite verticale

Il carico limite verticale è stato calcolato con le formule statiche, che esprimono il medesimo in funzione della geometria del palo, delle caratteristiche del terreno e dell'interfaccia palo-terreno. A riguardo, poiché la realizzazione di un palo, sia esso infisso o trivellato, modifica sempre le caratteristiche del terreno nell'intorno dello stesso, si propone di assumere un angolo di resistenza a taglio pari a:

$$\phi' = \frac{3}{4} \phi + 10^\circ \text{ nei pali infissi}$$

$$\phi' = \phi - 3^\circ \text{ nei pali trivellati}$$

dove ϕ è l'angolo di resistenza a taglio prima dell'esecuzione del palo.

Ai fini del calcolo, il carico limite Q_{lim} viene convenzionalmente suddiviso in due aliquote, la resistenza alla punta Q_p e la resistenza laterale Q_l .

Resistenza unitaria alla punta

Formula di Terzaghi

La soluzione proposta da Terzaghi assume che il terreno esistente al disopra della profondità raggiunta dalla punta del palo possa essere sostituito da un sovraccarico equivalente pari alla tensione verticale efficace (trascurando pertanto il fatto che l'interazione tra palo e terreno di fondazione possa modificare tale valore) e riconduce l'analisi al problema di capacità portante di una fondazione superficiale.

La formula di Terzaghi può essere scritta:

$$Q_p = c \times N_c \times s_c + \gamma \times L \times N_q + 0.5 \times \gamma \times D \times N_\gamma \times s_\gamma$$

dove:

$$N_q = \frac{a^2}{2 \cos^2(45 + \phi/2)}$$

$$a = e^{(0.75\pi - \phi/2) \tan \phi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = \frac{\tan \phi}{2} \left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 \phi} - 1 \right)$$

Metodo di Berezantzev

Fondamentalmente Berezantzev fa riferimento ad una superficie di scorrimento "alla Terzaghi" che si arresta sul piano di posa (punta del palo); tuttavia egli considera che il cilindro di terreno coassiale al palo ed avente diametro pari all'estensione in sezione della superficie di scorrimento, sia in parte "sostenuto" per azione tangenziale dal rimanente terreno lungo la superficie laterale. Ne consegue un valore della pressione alla base inferiore a γD , e tanto minore quanto più questo "effetto silo" è marcato, cioè quanto più grande è il rapporto D/B ; di ciò tiene conto il coefficiente N_q , che quindi è funzione decrescente di D/B .

La resistenza unitaria Q_p alla punta, per il caso di terreno dotato di attrito (ϕ) e di coesione (c), è data dall'espressione:

$$Q_p = c \times N_c + \gamma \times L \times N_q$$

Avendo indicato con:

γ peso unità di volume del terreno;

L lunghezza del palo;

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

N_c e N_q sono i fattori di capacità portante già comprensivi dell'effetto forma (circolare);

Resistenza del fusto

Il metodo utilizzato per il calcolo della capacità portante laterale è il metodo A, proposto da *Tomlinson* (1971); la resistenza laterale viene calcolata nel seguente modo:

$$Q_l = (\alpha c + \sigma K \tan \delta) \cdot A_l \cdot f_w$$

A_l = superficie laterale del palo;

f_w = fattore di correzione legato alla tronco-conicità del palo, ossia la diminuzione percentuale del diametro del palo con

c = valore medio della coesione (o della resistenza a taglio in condizioni non drenate);

σ = pressione verticale efficace del terreno;

K = coefficiente di spinta orizzontale, dipendente dalla tecnologia di esecuzione del palo e dal precedente stato di addensamento, viene calcolato come segue:

Per pali infissi

$$K = 1 - \tan^2 \phi$$

o, nel caso specifico, è possibile assegnare i seguenti valori proposti in tabella:

Palo	K	
	Terreno sciolto	Terreno denso
Acciaio	0.5	1
Calcestr. Pref.	1	2
Legno	1	3

Per pali trivellati

$$K = 1 - \sin \phi$$

δ = attrito palo-terreno funzione della scabrezza della superficie del palo;

Per pali infissi

$$\delta = 3/4 \tan \phi$$

Per pali trivellati

$$\delta = \tan \phi$$

α = coefficiente d'adesione ricavato come di seguito riportato:

Pali trivellati:

$$\text{Caquot - Kerisel} \quad \alpha = \frac{100 + c^2}{100 + 7c^2}$$

$$\text{Meyerhof - Murdock (1963)} \quad \alpha = 1 - 0.1 \cdot c \quad \text{per } c < 5 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.525 - 0.005 \cdot c \quad \text{per } c \geq 5 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Whitaker - Cooke (1966)} \quad \alpha = 0.9 \text{ per } c < 2.5 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.8 \text{ per } 2.5 \leq c < 5 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.6 \text{ per } 5 \leq c \leq 7.5 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.9 \text{ per } c > 7.5 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Woodward (1961)} \quad \alpha = 0.9 \text{ per } c < 4 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.6 \text{ per } 4 \leq c < 8 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.5 \text{ per } 8 \leq c < 12 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.4 \text{ per } 12 \leq c \leq 20 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.20 \text{ per } c > 20 \text{ t/m}^2$$

Pali infissi

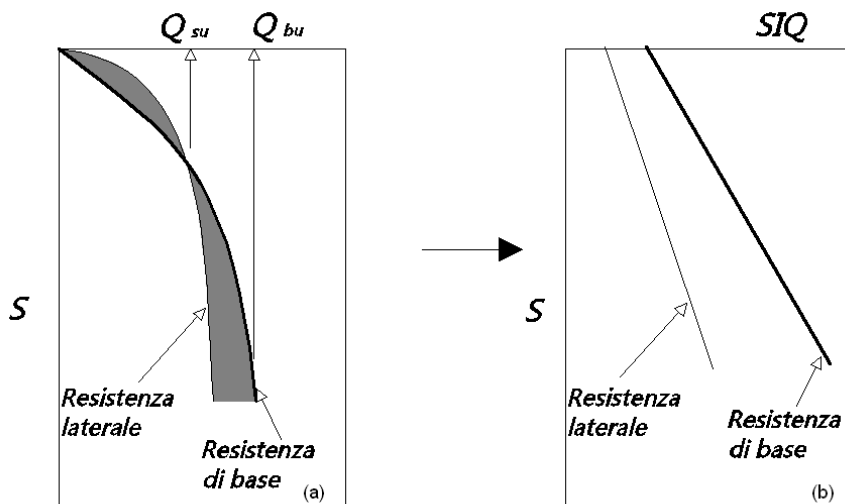
Coefficiente α per palo infisso

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

$2.5 \leq c < 5 \text{ t/m}^2$	$\alpha = 1.00$
$5 \leq c < 10$	$\alpha = 0.70$
$10 \leq c < 15$	$\alpha = 0.50$
$15 \leq c < 20$	$\alpha = 0.40$
$c \geq 20$	$\alpha = 0.30$

Cedimento Metodo Iperbolico

Il metodo iperbolico modificato rappresenta uno sviluppo dello studio di Chin (1970,1972,1983) che consente di stimare il cedimento di pali singoli partendo dall'idea che il diagramma carico-cedimento, per il corpo di un palo e la sua base, abbia un andamento iperbolico. I valori del *carico ultimo laterale* (Q_{su}) e la *resistenza di base ultima* (Q_{bu}) rappresentano i termini asintotici della curva (figura a) (Terzaghi, 1943). Sotto queste ipotesi è possibile giungere ad una rappresentazione linearizzata del problema considerando la variazione della quantità S/Q rispetto allo spostamento S (figura b).



Grafici cedimento iperbolico (a) e linearizzato (b).

Lo studio di Fleming ha dimostrato che gli spostamenti totali stimati col metodo di Chin erano distorti dall'*accorciamento elastico* del corpo del palo e suggerì una tecnica semplificata per la quale la deformazione elastica del palo può essere determinata, con sufficiente accuratezza, sottraendo alla stima di Chin l'accorciamento del palo.

Considerando lo schema in figura l'accorciamento elastico del palo dipende dal carico applicato Q in rapporto all'attrito laterale ultimo Q_{su} . In particolare se $Q \leq Q_{su}$ la deformazione elastica del corpo del palo corrisponde alla somma dell'accorciamento elastico lungo la zona ad *attrito basso o nullo* e quello che si sviluppa lungo la parte *attiva* del fusto:

$$S_s = \frac{4Q(L_o + K_s L_a)}{\pi d_s^2 E_c}$$

Se, invece, si ha che $Q > Q_{su}$ bisogna considerare un ulteriore accorciamento legato alla parte attiva del palo che deve essere aggiunta alla deformazione elastica:

$$S_s = \frac{4}{\pi d_s^2 E_c} [Q(L_o + L_a) - L_a Q_{su} (1 - k_s)]$$

I parametri della formula sono:

d_s : diametro testa del palo.

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

E_c : modulo di elasticità del materiale del palo il cui valore può essere ricavato da una interpolazione lineare tra i valori di $E_c = 26 \cdot 10^6 \text{ kN/m}^2$ per calcestruzzo con forza specifica di 20 N/mm^2 e il valore di $E_c = 40 \cdot 10^6 \text{ kN/m}^2$ per calcestruzzo da 40 N/mm^2 .

L_o : lunghezza del palo ad attrito basso o nullo.

L_a : lunghezza attiva del palo.

k_s : rapporto della lunghezza equivalente del fusto del palo rispetto alla lunghezza attiva L_a . Si può considerare un valore di 0.5 quando si ha un attrito che si sviluppa uniformemente lungo L_a oppure quando il palo è inserito in sabbia o ghiaia. Per pali in argilla caratterizzati da uno sforzo che cresce in profondità si può usare un valore di 0.45.

Lo spostamento del *palo rigido* può essere calcolato sapendo che la somma dell'attrito laterale e della resistenza di base corrisponde al carico totale applicato alla testa del palo.

$$Q = Q_s + Q_b$$

Considerando il palo rigido lo spostamento totale in testa è uguale a quello che si ottiene lungo il fusto ed è uguale a quello misurato alla base del palo:

$$S_t = S_s = S_b$$

Dal grafico linearizzato si può vedere che lo spostamento lungo il fusto del palo può essere calcolato come:

$$S_s = \frac{M_s d_s Q_s}{Q_{su} - Q_s}$$

In cui

M_s : fattore adimensionale di flessibilità terreno/fusto.

d_s : diametro testa.

Q_s : attrito.

Q_{su} : attrito ultimo determinato col metodo statico (condizione drenata)

L'equazione dello spostamento alla base del palo ricavata da Fleming è:

$$S_b = \frac{0.6 Q_{bu} Q_b}{d_b E_b (Q_{bu} - Q_b)}$$

dove

d_b : diametro della base del palo.

Q_b : resistenza alla base.

Q_{bu} : resistenza ultima alla base

E_b : modulo di taglio corrispondente a $Q_{bu}/4$

Infine, ponendo la condizione di uguaglianza $S_s = S_b$ e considerando il carico totale applicato Q si ottiene lo spostamento totale di un palo rigido considerando solo i valori positivi della relazione:

$$S_t = \frac{-g \pm \sqrt{g^2 - 4fh}}{2f}$$

In cui le variabili sono così definite:

$$f = \eta(Q - \alpha) - \beta$$

$$g = Q(\delta + \lambda\eta) - \alpha\delta - \beta\lambda$$

$$h = \lambda\delta Q$$

$$\alpha = Q_{su}$$

$$\beta = d_b E_b Q_{bu}$$

$$\lambda = M_s d_s$$

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

$$\delta = 0.6Q_{bu}$$

$$\eta = d_b E_b$$

Lo spostamento complessivo del palo comprende la componente di spostamento rigido e quella di accorciamento elastico.

Il modulo elastico del terreno E_b al di sotto della base del palo è legato alle caratteristiche del terreno ed è fortemente influenzato dalla tecnica di costruzione del palo. Fleming sostiene che è consigliabile che questo parametro di progetto sia determinato da un insieme accurato di prove in cui i pali sono caricati fino al punto in cui viene mobilitata una sostanziale quota della resistenza di punta. In mancanza di questi dati si può scegliere, cautelativamente, il valore di E_b da range di valori relativi al tipo di terreno e alla tecnica di costruzione del palo.

CARICO LIMITE ORIZZONTALE

Il carico limite orizzontale è stato calcolato secondo la teoria sviluppata da Broms il quale assume che il comportamento dell'interfaccia palo-terreno sia di tipo rigido perfettamente plastico, e cioè che la resistenza del terreno si mobiliti interamente per un qualsiasi valore non nullo dello spostamento a rimanga costante al crescere dello spostamento stesso.

Si assume che il comportamento flessionale del palo sia di tipo rigido-perfettamente plastico, vale a dire che le rotazioni elastiche del palo sono trascurabili finché il momento flettente non raggiunge il valore M_y di plasticizzazione.

Per i terreni coesivi Broms propone di adottare una reazione del terreno costante con la profondità pari a:

$$p = 9 \times c_u \times B$$

con reazione nulla fino alla profondità di 1.5 d; avendo indicato con:

c_u = Coesione non drenata,

B = Diametro del palo

p = Reazione del terreno per unità di lunghezza del palo.

Per i terreni incoerenti si assume che la resistenza vari linearmente con la profondità secondo la legge:

$$p = 3K_p \gamma z B$$

avendo indicato con:

p = Reazione del terreno per unità di lunghezza del palo;

K_p = Coefficiente di spinta passiva;

γ = Peso unità di volume del terreno;

z = Profondità;

B = Diametro del palo.

Palo in condizioni d'esercizio

Analisi del palo in condizioni di esercizio: **Metodo degli elementi finiti.**

Il metodo degli elementi finiti modella il palo di fondazione, sottoposto a carichi trasversali, in modo realistico in quanto fa uso sia degli spostamenti che delle rotazioni ai nodi per definire la linea elastica del palo, pertanto rappresenta il metodo più razionale ed efficace attualmente disponibile per analizzare questo tipo di strutture.

Di seguito si richiamano i fondamenti teorici del metodo indicando con **P** la matrice delle forze nodali esterne, con **F** quella delle forze interne e con **A** la matrice dei coefficienti di influenza che, per l'equilibrio tra forze esterne ed interne, lega le prime due secondo la ben nota forma:

$$\mathbf{P} = \mathbf{A}\mathbf{F}$$

Gli spostamenti interni **e** (traslazioni e rotazioni) dell'elemento nel generico nodo sono legati agli spostamenti esterni **X** (traslazioni e rotazioni) applicati ai nodi, dalla seguente relazione:

$$\mathbf{e} = \mathbf{B}\mathbf{X}$$

dove la matrice **B** è dimostrato essere la trasposta della matrice **A**.

D'altra parte, le forze interne **F** sono legate agli spostamenti interni **e** dalla seguente espressione:

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

$$\mathbf{F} = \mathbf{S}\mathbf{e}$$

Applicando le consuete sostituzioni, si ottiene:

$$\mathbf{F} = \mathbf{S}\mathbf{A}^T\mathbf{X}$$

e quindi

$$\mathbf{P} = \mathbf{A}\mathbf{F} = \mathbf{A}\mathbf{S}\mathbf{A}^T\mathbf{X}$$

Pertanto, calcolando l'inversa della matrice $\mathbf{A}\mathbf{S}\mathbf{A}^T$ si ricava l'espressione degli spostamenti esterni \mathbf{X} :

$$\mathbf{X} = (\mathbf{A}\mathbf{S}\mathbf{A}^T)^{-1}\mathbf{P}$$

Noti, quindi, gli spostamenti \mathbf{X} è possibile ricavare le forze interne \mathbf{F} necessarie per il progetto della struttura.

La matrice $\mathbf{A}\mathbf{S}\mathbf{A}^T$ è nota come matrice di rigidezza globale in quanto caratterizza il legame tra spostamenti e forze esterni nodali.

Il metodo ad elementi finiti ha, tra l'altro, il vantaggio di consentire di mettere in conto, come condizioni al contorno, rotazioni e spostamenti noti.

Le reazioni nodali delle molle che schematizzano il terreno vengono considerate come forze globali legate al modulo di reazione e all'area d'influenza del nodo. Nella soluzione ad elementi finiti per pali soggetti a carichi trasversali, il modulo di reazione viene considerato nella forma:

$$k_s = A_s + B_s Z^n$$

o, non volendo far crescere illimitatamente il k_s con la profondità, nella forma:

$$k_s = A_s + B_s \tan^{-1}(Z/B)$$

nella quale Z è la profondità e B è il diametro del palo.

I valori di A_s e $B_s Z^n$ sono ottenuti dall'espressione della capacità portante (Bowles) con fattori correttivi s_i , d_i , e i_i pari a 1:

$$k_s = q_{ult}/\Delta H = C(cN_c + 0.5\gamma B N_\gamma)$$

$$B_s Z^n = C(\gamma N_q Z^1)$$

Dove $C = 40$ è ottenuto in corrispondenza di un cedimento massimo di 25 mm.

5.2.2. Edificio 18 e 23

Si procede di seguito alla verifica geotecnica e strutturale dei pali FDP $\varnothing 420$ mm $L=15$ m.

I pali sono armati longitudinalmente con 8 barre $\varnothing 16$ e trasversalmente con spirale $\varnothing 8$ passo 13 cm.

Sollecitazioni di inviluppo per l'edificio 18 e 23:

$$N_{sle} = 260 \text{ kN}$$

$$N_{slu/slv} = 400 \text{ kN}$$

$$M_{slu/slv} = 84 \text{ kNm}$$

$$T_{slu/slv} = 35 \text{ kN}$$

Vincolo in testa: Incastro

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

VERIFICA DEL CARICO LIMITE VERTICALE

Dati generali...

Descrizione	FDP ø420 L=15 m
Diametro punta	0.42 m
Lunghezza	15.00 m
Tipo	Infisso
Portanza di punta calcolata con:	Berezantzev
Profondità falda da piano campagna	2.50 m
Calcestruzzo tipo	2
Acciaio tipo	1

Archivio materiali

Conglomerati

Nr.	Classe Calcestruzzo	fck,cubi [MPa]	Ec [MPa]	fck [MPa]	fcd [MPa]	fctd [MPa]	fctm [MPa]
1	C20/25	25	29960	20	11.33	1.01	2.21
2	C25/30	30	31475	25	14.16	1.14	2.56
3	C28/35	35	32308	28	15.86	1.26	2.76
4	C40/50	50	35220	40	22.66	1.63	3.5

Acciai:

Nr.	Classe Acciaio	Es [MPa]	fyk [MPa]	fyd [MPa]	ftk [MPa]	ftd [MPa]	ep_tk	epd_ult	β1*β2 in.	β1*β2 fin.
1	B450C	200000	450	391.3	450	391.3	.075	.0675	1	0.5
2	B450C*	200000	450	391.3	540	450	.05	.04	1	0.5
3	S235H	210000	235	204.35	360	204.35	0.05	0.04	1	0.5
4	S275H	210000	275	239.13	430	239.13	0.05	0.04	1	0.5
5	S355H	210000	355	308.7	510	308.7	0.05	0.04	1	0.5

Stratigrafia

Nr.: Numero dello strato. Hs: Spessore dello strato. Fi: Angolo di attrito. c: Coesione Alfa: Coefficiente adesione attrito laterale. Vs: Velocità onde di taglio.

Strat. 1

Nr.	Hs	Peso unità di Volume [kN/m³]	Peso Unità di volume Saturato [kN/m³]	c [kN/m²]	Fi (°)	Attrito negativo	Alfa	Modulo elastico [MN/m²]	Vs [m/s]	Descrizione litologica
1	1.00	16.50	17.50	5.00	0.00	No	1.00	5000.00	0	Riporto
2	3.50	17.50	20.50	30.00	15.00	No	0.95	4200.00	0	Argilla poco consistente
3	4.50	18.50	21.50	80.00	20.00	No	0.50	11200.00	0	Argilla media
4	13.00	19.00	22.00	150.00	25.00	No	0.50	21000.00	0	Argilla consistente

RESISTENZA DI PROGETTO CARICHI ASSIALI

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione: A1+M1+R3

Numero verticali di indagine 1
 Fattore correlazione verticale indagate media (xi3) 1.40
 Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4) 1.21

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	231.09	231.09	231.09
Laterale	969.48	969.48	969.48

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

Totale=Base+Laterale-Peso palo	1146.54	1146.54	1146.54
Coefficiente parziale resistenza caratteristica		R3	
Base		1.15	
Laterale		1.15	
Resistenza di progetto base		143.54 kN	
Resistenza di progetto laterale		602.16 kN	
Resistenza di progetto		691.66 kN	
Azioni di progetto		400.00 kN	
Fattore sicurezza verticale		1.73	

VERIFICA DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE

Carico limite

Stratigrafia	Nq	Nc	Fi/C strato punta Palo (°)/[kN/m²]	Peso palo [kN]	Carico limite punta [kN]	Carico limite laterale [kN]	Carico limite [kN]	Attrito negativo [kN]	Carico limite orizzontale [kN]
A1+M1+R3	1.00	9.00	0/150.00	54.03	231.09	969.48	1146.54	--	203.68 [Lungo]

Corto si rompe il terreno senza che la sezione si plasticizzi. Medio si rompe la sezione in c.a. prima del terreno (una sola cerniera plastica). Lungo si rompe la sezione in c.a. prima del terreno (due cerniere plastiche).

Resistenza di progetto carichi trasversali

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione		A1+M1+R3	
Numero verticali di indagine		1	
Fattore correlazione verticale indagate media (xi3)		1.40	
Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4)		1.21	
Momento plasticizzazione		94.20 kNm	
Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]	
203.6795	203.6795	203.6795	
Coefficiente parziale resistenza caratteristica		1.3	
Resistenza di progetto		111.91 kN	
Azioni di progetto		25.00 kN	
Fattore sicurezza orizzontale		4.48	

VERIFICA STRUTTURALE

Si esegue di seguito la verifica a pressoflessione e a taglio dei pali.

IMPIANTO DI SELEZIONE E COMPOSTAGGIO RIFIUTI SOLIDI URBANI E SPECIALI NON PERICOLOSI
 REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA DEL RIFIUTO ORGANICO DA RACCOLTA DIFFERENZIATA FINALIZZATO
 ALLA PRODUZIONI DI BIOMETANO IN VIA VALLE n°21 FOSSOLI CARPI (MO)

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

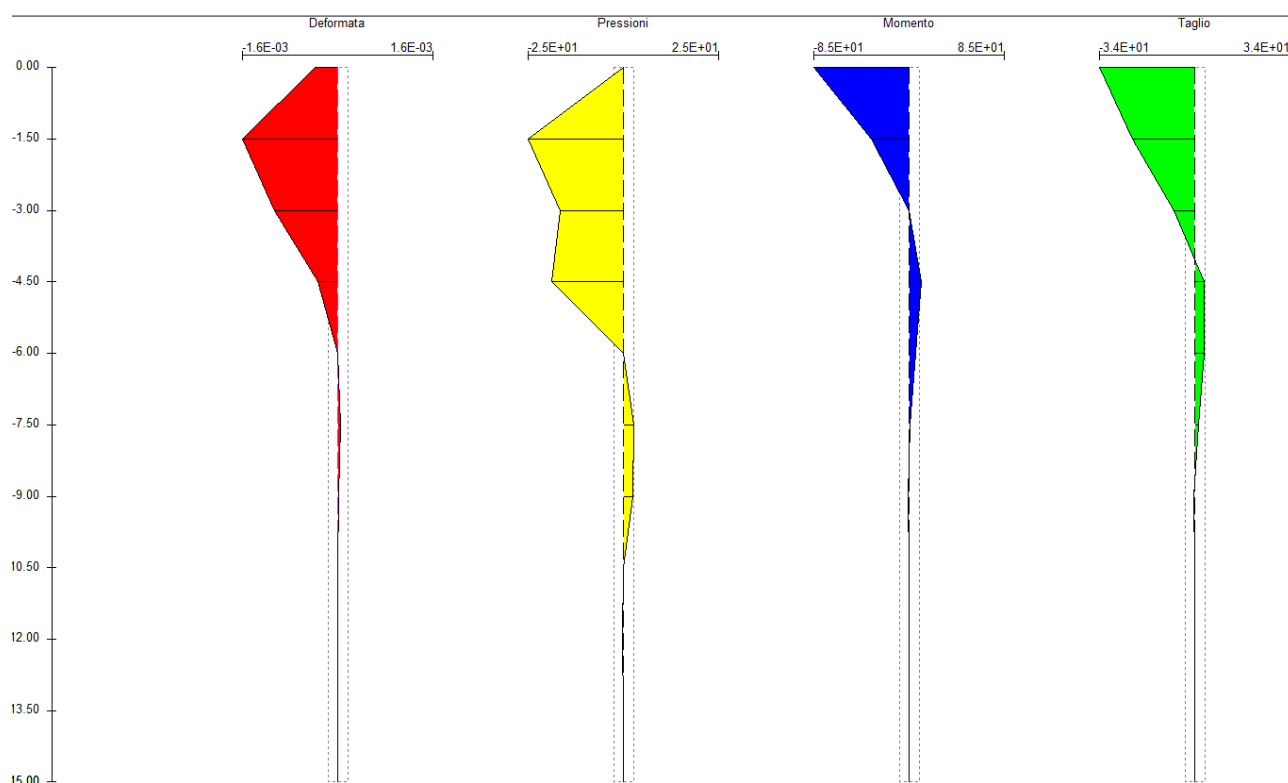


Figura 25 - Diagramma delle sollecitazioni

ARMATURE

Nodo	Z [m]	Nd [kN]	Md [kNm]	Td [kN]	Nr. Barre Diametro	Nu [kN]	Mu [kNm]	Cond. Verifica Flessione	Ver. Presso-Flessione	Def.Ma x Cls	Def.Ma x Fe	Asse Neutro [cm]	Passo Staffe [cm]	Res. Taglio [kN]	Sicurezza a taglio	Cond. Verifica Taglio
1	0	400.00	85.00	34.22	8Ø16	399.93	126.69	1.49	Verificata	3.50E-03	-4.73E-03	4.84	19.1Ø8	CLS=316.65 Staffe=145.30	4.25	Verificata
2	1.5	405.40	33.66	22.29	8Ø16	405.44	127.01	3.77	Verificata	3.50E-03	-4.69E-03	4.77	19.1Ø8	CLS=317.39 Staffe=145.30	6.52	Verificata
3	3	410.81	0.23	7.43	8Ø16	410.79	127.32	551.67	Verificata	3.50E-03	-4.66E-03	4.70	19.1Ø8	CLS=318.13 Staffe=145.30	19.57	Verificata
4	4.5	416.21	-10.91	-3.28	8Ø16	416.22	-127.63	11.70	Verificata	3.50E-03	-4.62E-03	-4.63	19.1Ø8	CLS=318.86 Staffe=145.30	44.30	Verificata
5	6	421.61	-5.99	-3.27	8Ø16	421.62	-127.94	21.37	Verificata	3.50E-03	-4.59E-03	-4.56	19.1Ø8	CLS=319.60 Staffe=145.30	44.47	Verificata
6	7.5	427.02	-1.09	-1.16	8Ø16	426.99	-128.25	118.11	Verificata	3.50E-03	-4.55E-03	-4.48	19.1Ø8	CLS=324.20 Staffe=143.70	124.35	Verificata
7	9	432.42	0.65	0.23	8Ø16	432.48	128.56	198.51	Verificata	3.50E-03	-4.52E-03	4.41	19.1Ø8	CLS=324.94 Staffe=143.70	627.48	Verificata
8	10.5	437.82	0.30	0.19	8Ø16	437.78	128.87	423.74	Verificata	3.50E-03	-4.48E-03	4.34	19.1Ø8	CLS=325.69 Staffe=143.70	746.73	Verificata
9	12	443.23	0.02	0.03	8Ø16	443.21	129.17	8358.00	Verificata	3.50E-03	-4.45E-03	4.26	19.1Ø8	CLS=326.43 Staffe=143.70	5665.44	Verificata
10	13.5	448.63	-0.02	-0.02	8Ø16	448.65	-129.48	5731.42	Verificata	3.50E-03	-4.41E-03	-4.19	19.1Ø8	CLS=327.18 Staffe=143.70	9541.34	Verificata
11	15	454.03	0.00	--	8Ø16	453.97	-129.7	1323.30	Verificata	3.50E-03	-4.38E-03	-4.12	19.1Ø8	CLS=327.18 Staffe=143.7	9541.34	Verificata

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

							7							0		
--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	---	--	--

La verifica a taglio è soddisfatta con passo 19.1 cm , tuttavia la norma impone un passo delle staffe pari al massimo a 8 volte il diametro delle staffe longitudinali $\phi 16$ che risulta 12.8 cm.

VERIFICA DEI CEDIMENTI

Si usa il metodo del palo equivalente per i plinti con 5 pali relativi all'edificio 18 e 23.

Diametro equivalente $d_e = 1.13 A_g$

Modulo elastico equivalente $E_{eq} = E + (E_p - E) A_p / A_g$

Con

A_g = area occupata dai pali

E_p = Modulo di Young Palo

E = Modulo elastico medio del terreno

A_p = Area effettiva occupata dei pali

Cedimento (Fleming 1992)

Lunghezza	15.00 m
Diametro testa	5.72 m
Diametro punta	5.72 m
Tratto attrito laterale nullo	1.00 m
Modulo elastico sezione	2.50E+07 kN/mq
Punto di applicazione risultante resistenza attiva	0.45
Fattore flessibilità terreno/palo	1.50E-03
Carico applicato	1300.00 kN
Carico limite laterale	2825.00 kN
Carico limite di punta	800.00 kN
Modulo elastico terreno corrispondente	1.55E+04 kN/mq
Accorciamento elastico	0.01 mm
Cedimento rigido	4.31 mm
Cedimento totale	4.33 mm

Il cedimento massimo di un plinto su 5 pali tramite il metodo del palo equivalente è pari a circa 5 mm, in linea con le esigenze della struttura.

5.2.3. Platee delle vasche e dei digestori appoggiate su pali

Si procede di seguito alla verifica geotecnica e strutturale dei pali FDP $\phi 420$ mm L=15m.

I pali sono armati longitudinalmente con 8 barre $\phi 16$ e trasversalmente con spirale $\phi 8$ passo 13 cm per i primi metri e non per tutta la lunghezza.

Sollecitazioni massime per gli edifici 20-21-29-V8-V9-V4d-V2n-V4a b c:

$N_{sle} = 470$ kN

$N_{slu/slv} = 620$ kN

$T_{slu/slv} = 71$ kN

Vincolo in testa: cerniera

VERIFICA DEL CARICO LIMITE VERTICALE

Dati generali...

IMPIANTO DI SELEZIONE E COMPOSTAGGIO RIFIUTI SOLIDI URBANI E SPECIALI NON PERICOLOSI
REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA DEL RIFIUTO ORGANICO DA RACCOLTA DIFFERENZIATA FINALIZZATO
ALLA PRODUZIONI DI BIOMETANO IN VIA VALLE n°21 FOSSOLI CARPI (MO)

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

Descrizione	FDP ø420 L=15 m
Diametro punta	0.42 m
Lunghezza	15.00 m
Tipo	Infisso
Portanza di punta calcolata con:	Berezantzev
Profondità falda da piano campagna	2.50 m
Calcestruzzo tipo	2
Acciaio tipo	1

Archivio materiali

Conglomerati

Nr.	Classe Calcestruzzo	fck,cubi [MPa]	Ec [MPa]	fck [MPa]	fcd [MPa]	fctd [MPa]	fctm [MPa]
1	C20/25	25	29960	20	11.33	1.01	2.21
2	C25/30	30	31475	25	14.16	1.14	2.56
3	C28/35	35	32308	28	15.86	1.26	2.76
4	C40/50	50	35220	40	22.66	1.63	3.5

Acciai:

Nr.	Classe Acciaio	Es [MPa]	fyk [MPa]	fyd [MPa]	ftk [MPa]	ftd [MPa]	ep_tk	epd_ult	β1*β2 in.	β1*β2 fin.
1	B450C	200000	450	391.3	450	391.3	.075	.0675	1	0.5
2	B450C*	200000	450	391.3	540	450	.05	.04	1	0.5
3	S235H	210000	235	204.35	360	204.35	0.05	0.04	1	0.5
4	S275H	210000	275	239.13	430	239.13	0.05	0.04	1	0.5
5	S355H	210000	355	308.7	510	308.7	0.05	0.04	1	0.5

Stratigrafia

Nr.: Numero dello strato. Hs: Spessore dello strato. Fi: Angolo di attrito. c: Coesione Alfa: Coefficiente adesione attrito laterale. Vs: Velocità onde di taglio.

Strat. 1

Nr.	Hs	Peso unità di Volume [kN/m³]	Peso Unità di volume Saturato [kN/m³]	c [kN/m²]	Fi (°)	Attrito negativo	Alfa	Modulo elastico [MN/m²]	Vs [m/s]	Descrizione litologica
1	1.00	16.50	17.50	5.00	0.00	No	1.00	5000.00	0	Riporto
2	3.50	17.50	20.50	30.00	15.00	No	0.95	4200.00	0	Argilla poco consistente
3	4.50	18.50	21.50	80.00	20.00	No	0.50	11200.00	0	Argilla media
4	13.00	19.00	22.00	150.00	25.00	No	0.50	21000.00	0	Argilla consistente

RESISTENZA DI PROGETTO CARICHI ASSIALI

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione:

Numero verticali di indagine	1
Fattore correlazione verticale indagate media (xi3)	1.40
Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4)	1.21

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	231.09	231.09	231.09
Laterale	969.48	969.48	969.48
Totale=Base+Laterale-Peso palo	1146.54	1146.54	1146.54
Coefficiente parziale resistenza caratteristica		R3	
Base		1.15	
Laterale		1.15	

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

Resistenza di progetto base	143.54 kN
Resistenza di progetto laterale	602.16 kN
Resistenza di progetto	691.66 kN
Azioni di progetto	620.00 kN
Fattore sicurezza verticale	1.12

L'efficienza della palificata è stimata pari allo 0.8 tramite la formula di Converse-Labarre

Il carico assiale allo SLU medio è pari a 530 kN minore di $691.66 \cdot 0.8 = 553.33$ kN, pertanto la verifica dei pali in gruppo è soddisfatta

VERIFICA DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione		A1+M1+R3	
Numero verticali di indagine		1	
Fattore correlazione verticale indagate media (xi3)		1.40	
Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4)		1.21	
Momento plasticizzazione		95.00 kNm	
Rc, Min	Rc, Media	Rc, Max	
[kN]	[kN]	[kN]	
204.989	204.989	204.989	
Coefficiente parziale resistenza caratteristica		1.3	
Resistenza di progetto		112.63 kN	
Azioni di progetto		71.00 kN	
Fattore sicurezza orizzontale		1.59	

IMPIANTO DI SELEZIONE E COMPOSTAGGIO RIFIUTI SOLIDI URBANI E SPECIALI NON PERICOLOSI
 REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA DEL RIFIUTO ORGANICO DA RACCOLTA DIFFERENZIATA FINALIZZATO
 ALLA PRODUZIONI DI BIOMETANO IN VIA VALLE n°21 FOSSOLI CARPI (MO)

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

VERIFICA STRUTTURALE

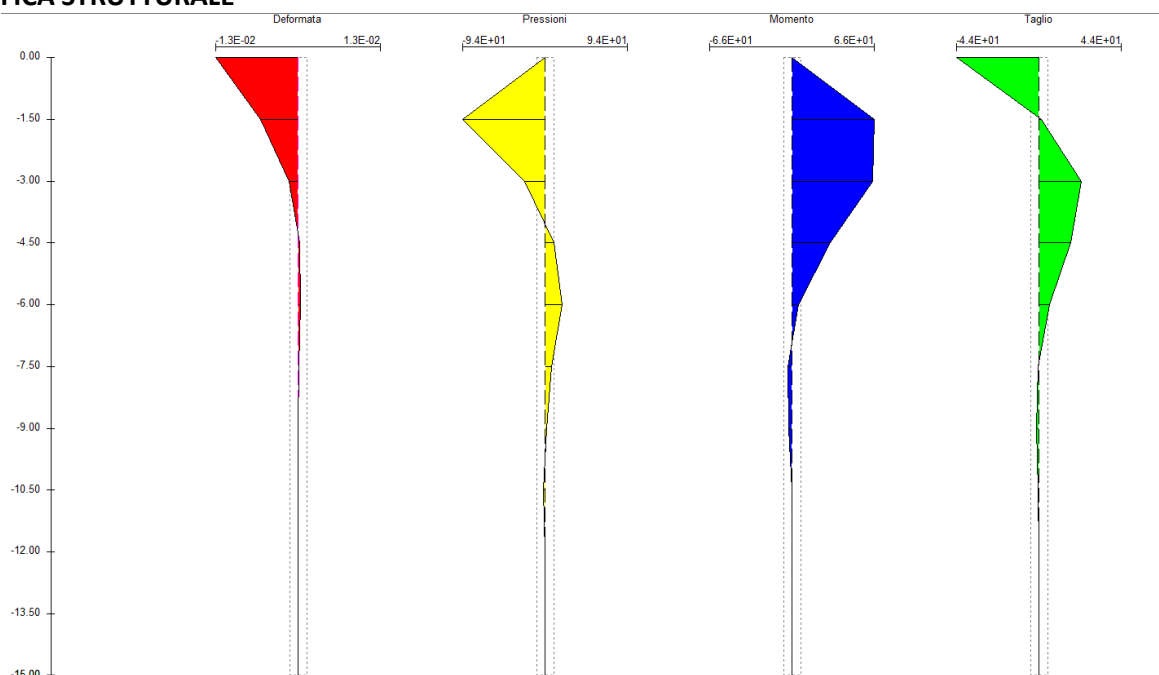


Figura 26 - Diagramma delle sollecitazioni

ARMATURE

Nodo	Z [m]	Nd [kN]	Md [kNm]	Td [kN]	Nr. Barre Diametro	Nu [kN]	Mu [kNm]	Cond. Verifica Flessione	Ver. Presso-Flessione	Def.Ma x Cls	Def.Ma x Fe	Asse Neutro [cm]	Passo Staffe [cm]	Res. Taglio [kN]	Sicurezza a taglio	Cond. Verifica Taglio
1	0	620.00	0.00	44.13	8Ø16	619.94	-138.17	1408.90	Verificata	3.50E-03	-3.41E-03	-1.76	19.1Ø8	CLS=331.64 Staffe=143.70	3.26	Verificata
2	1.5	625.40	-66.20	-1.14	8Ø16	625.38	-138.41	2.09	Verificata	3.50E-03	-3.38E-03	-1.68	19.1Ø8	CLS=331.64 Staffe=143.70	125.98	Verificata
3	3	630.81	-64.48	-22.59	8Ø16	630.82	-138.64	2.15	Verificata	3.50E-03	-3.36E-03	-1.60	19.1Ø8	CLS=331.64 Staffe=143.70	6.36	Verificata
4	4.5	636.21	-30.60	-16.99	8Ø16	636.23	-138.88	4.54	Verificata	3.50E-03	-3.33E-03	-1.52	19.1Ø8	CLS=331.64 Staffe=143.70	8.46	Verificata
5	6	641.61	-5.12	-5.59	8Ø16	641.60	-139.11	27.17	Verificata	3.50E-03	-3.30E-03	-1.44	19.1Ø8	CLS=331.64 Staffe=143.70	25.70	Verificata
6	7.5	647.02	3.27	0.57	8Ø16	646.94	139.34	42.65	Verificata	3.50E-03	-3.27E-03	1.36	19.1Ø8	CLS=331.64 Staffe=143.70	254.06	Verificata
7	9	652.42	2.42	1.40	8Ø16	652.44	139.58	57.71	Verificata	3.50E-03	-3.24E-03	1.28	19.1Ø8	CLS=331.64 Staffe=143.70	102.91	Verificata
8	10.5	657.82	0.32	0.32	8Ø16	657.80	139.80	431.12	Verificata	3.50E-03	-3.22E-03	1.20	19.1Ø8	CLS=331.64 Staffe=143.70	444.78	Verificata
9	12	663.23	-0.16	-0.06	8Ø16	663.24	-140.03	873.32	Verificata	3.50E-03	-3.19E-03	-1.12	19.1Ø8	CLS=331.64 Staffe=143.70	2343.02	Verificata
10	13.5	668.63	-0.07	-0.05	8Ø16	668.66	-140.25	2052.16	Verificata	3.50E-03	-3.16E-03	-1.04	19.1Ø8	CLS=331.64 Staffe=143.70	3154.02	Verificata
11	15	674.03	--	--	8Ø16	674.04	-140.47	--	Verificata	3.50E-03	-3.14E-03	-0.96	19.1Ø8	CLS=331.64 Staffe=143.70	3154.02	Verificata

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

La verifica a taglio è soddisfatta con passo 19.1 cm , tuttavia la norma impone un passo delle staffe pari al massimo a 8 volte il diametro delle staffe longitudinali $\varnothing 16$ che risulta 12.8 cm.

VERIFICA DEI CEDIMENTI

Cedimento del palo singolo:

Cedimento (Fleming 1992)

Lunghezza	15.00 m
Diametro testa	0.42 m
Diametro punta	0.42 m
Tratto attrito laterale nullo	1.00 m
Modulo elastico sezione	2.50E+07 kN/mq
Punto di applicazione risultante resistenza attiva	0.45
Fattore flessibilità terreno/palo	1.50E-03
Carico applicato	470.00 kN
Carico limite laterale	565.25 kN
Carico limite di punta	160.71 kN
Modulo elastico terreno corrispondente	2.10E+04 kN/mq
Accorciamento elastico	0.99 mm
Cedimento rigido	2.27 mm
Cedimento totale	3.26 mm

L'ordine di grandezza dei cedimenti atteso per le vasche e peri digestori si stima grazie alla relazione di Mandolini et al. (1997)

La determinazione della rigidezza della palificata può essere effettuata mediante formulazioni sintetiche di tipo empirico tra le quali quella descritta nel volume **Piles and Pile Foundations** (Mandolini *ed altri*):

$$K_{pali} = Q_{tot} / w_{pali} = N K_1 / R_s$$

in cui:

K_1 = rigidezza del palo singolo isolato

$$R_s = 0.29 \cdot N \cdot R^{-1.35}$$

$$R = (N \cdot s / L)^{0.5} = \text{Aspect ratio (Randolph e Clancy)}$$

Calcolo rigidezza palificata (Mandolini ed altri)			
rigidezza palo singolo	k_1	144171	N/mm
numero pali	N	434	
interasse pali	s	1500	mm
Lunghezza pali	L	15000	mm
$0.29NR^{1.35}$	R_s	9.88	
$(N \cdot s / L)^{0.5}$	R	6.59	
K palificata	$Q/w = N \cdot k_1 / R_s =$	6335.566888	KN/mm
Carico SLE (Q)		150000	kN

IMPIANTO DI SELEZIONE E COMPOSTAGGIO RIFIUTI SOLIDI URBANI E SPECIALI NON PERICOLOSI
REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA DEL RIFIUTO ORGANICO DA RACCOLTA DIFFERENZIATA FINALIZZATO
ALLA PRODUZIONI DI BIOMETANO IN VIA VALLE n°21 FOSSOLI CARPI (MO)

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione di calcolo delle strutture

Cedimento medio Q/Kpal		23.68	mm

Si stima per le vasche e i digestori un cedimento di 2 – 3 cm.