



MARZO 2022

## PALLADIO TEAM FORNOVO S.R.L.

IMPIANTO DI SMALTIMENTO RIFIUTI SPECIALI NON  
PERICOLOSI SITO IN LOCALITÀ MONTE ARDONE NEL  
COMUNE DI FORNOVO DI TARO (PR)

Montana

## PROGETTO DI AMPLIAMENTO PER OPERAZIONI D1 E D15

### PERMESSO DI COSTRUIRE RELAZIONE OPERE STRUTTURALI

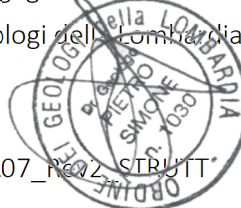
#### Progettisti

Ing. Alberto Angeloni (Ord. Ingegneri PV Milano n. 20024)

Geol. Pietro Simone (Ord. geologi della Lombardia n.1030)

#### Codice elaborato

2582\_3937\_R06\_A28\_PDC\_R07\_P002\_STRUCT\*



## Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2582_3937_R06_A28_PDC_R07_Rev2_STRUTT	03/2022	Terza emissione	G.d.L.	PS	A. Angeloni
2582_3937_R06_A28_PDC_R07_Rev1_STRUTT	03/2022	Seconda emissione	G.d.L.	PS	A. Angeloni
2582_3937_R06_A28_PDC_R07_Rev0_STRUTT	04/2021	Prima emissione	G.d.L.	PS	A. Angeloni



## Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Alberto Angeloni	Direttore Tecnico e firmatario del progetto	Ord. Ing. Prov. MI, nr. A20024
Piero Simone	Geologo e firmatario del progetto	Ord. Geologi Lombardia, nr. 1030
Mauro Scudu	Geologo – coordinamento progetto	Ord. Geologi Sardegna, nr. A757
Mauro Aires	Progettista opere strutturali	Ordine degli Ingegneri di Torino 9584J



### Montana S.p.A.

Via Angelo Fumagalli 6, 20143 Milano  
P.Iva 10414270156 - Cap. Soc. 600.000,00 € Tel. +39 02 54 11 81 73  
Fax +39 02 54 12 98 90  
[www.montanambiente.com](http://www.montanambiente.com)



## INDICE

1. PREMESSA .....	4
2. UBICAZIONE DEL PROGETTO .....	5
2.1 INQUADRAMENTO CATASTALE .....	5
3. DESCRIZIONE OPERE STRUTTURALI IN PROGETTO .....	6
4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	7
5. MATERIALI UTILIZZATI .....	8
5.1 VASCA PERCOLATO .....	8
6. TERRENI DI FONDAZIONE .....	11
7. DATI DI DEFINIZIONE PER DIMENSIONAMENTO STRUTTURE .....	12
8. ANALISI DELLE AZIONI E DEI CARICHI .....	13
8.1 VASCA PERCOLATO .....	13
9. RISULTATI VERIFICHE STRUTTURALI E GEOTECNICHE .....	14
9.1 VASCA PERCOLATO .....	16
9.1.1 Verifiche strutturali piastra di base esistente .....	16
9.1.2 Verifiche geotecniche piastra di base .....	18
9.1.3 Verifiche strutturali fondazioni muri prefabbricati vasca .....	22
10. DIMENSIONAMENTO PARETI .....	24
11. DIMENSIONAMENTO TRALICCIO COPERTURA VASCA STOCCAGGIO PERCOLATO .....	25
11.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED INERZIALI PROFILI IN ACCIAIO .....	25
11.2 VERIFICHE CARPENTERIA .....	26
12. NUOVA VASCA ANTINCENDIO .....	27

## ELABORATI GRAFICI

TAVOLA 01 -	Stato di progetto area servizi - progetto strutturale vasca percolato (2582_3937_R06_A28_PDC_R07_T01_Rev1_VASCA_STR)
TAVOLA 02 -	Stato di progetto area servizi – tipologici elementi prefabbricati vasca - armatura – tavola A (2582_3937_R06_A28_PDC_R07_T02_Rev1_PREFAR_VASCA_ARMAT_A)
TAVOLA 03 -	Stato di progetto area servizi – tipologici elementi prefabbricati vasca - armatura – tavola B (2582_3937_R06_A28_PDC_R07_T03_Rev1_PREFAR_VASCA_ARMAT_B)
TAVOLA 04 -	Stato di progetto area servizi – tipologici elementi prefabbricati vasca - armatura – tavola C (2582_3937_R06_A28_PDC_R07_T04_Rev1_PREFAR_VASCA_ARMAT_C)

## ALLEGATI

ALLEGATO 01	Verifiche carpenteria (ALL. 01_2582_3937_R06_A28_PDC_R07_A1_Rev0_Verifiche Carpenteria)
ALLEGATO 02	Verifica delle pareti prefabbricate della vasca percolato

## **1. PREMESSA**

La presente relazione ha come oggetto i lavori di adeguamento ed efficientamento dell'area servizi dell'impianto di smaltimento di rifiuti speciali non pericolosi (D1), sito in località Monte Ardone presso il comune di Fornovo di Taro (PR), che Palladio Team Fornovo S.r.l, gestore dell'impianto, intende realizzare. Nel dettaglio le opere strutturali previste a progetto sono relative alla conversione della vasca di stoccaggio antincendio (attualmente da 700 m3) a vasca di stoccaggio percolato da circa 400 m3 (stoccaggio provvisorio, funzionale al conferimento off-site del percolato presso impianti di trattamento autorizzati).

Nell'ambito del progetto si prevede inoltre la realizzazione di impianti di trattamento delle acque meteoriche del piazzale e di un nuovo anello antincendio che prevedono la fornitura e posa in opera di vasche di volumetria pari a circa 60 mc prefabbricate completamente interrate. Tali elementi strutturali sono della tipologia "prefabbricata" e non prevedono opere strutturali gettate in opera.

## 2. UBICAZIONE DEL PROGETTO

L'area di progetto si trova nella Provincia di Parma, più precisamente nel territorio comunale di Fornovo di Taro (PR), Strada Neviano de' Rossi n° 51 in località Monte Ardone. Il sito è attualmente interessato dall'attività di discarica per rifiuti speciali non pericolosi da parte del Proponente.

Come illustrato nella Figura 2.1, l'area di progetto è posta circa 3 Km a sud-est dell'abitato di Fornovo di Taro ad una quota di circa 270 m s.l.m. e circa 25 Km a sud-ovest dal capoluogo emiliano.



*Figura 2.1: Vista satellitare sito di intervento*

*(quasi 3 km in linea d'aria dal limite della discarica al limite dell'abitato)*

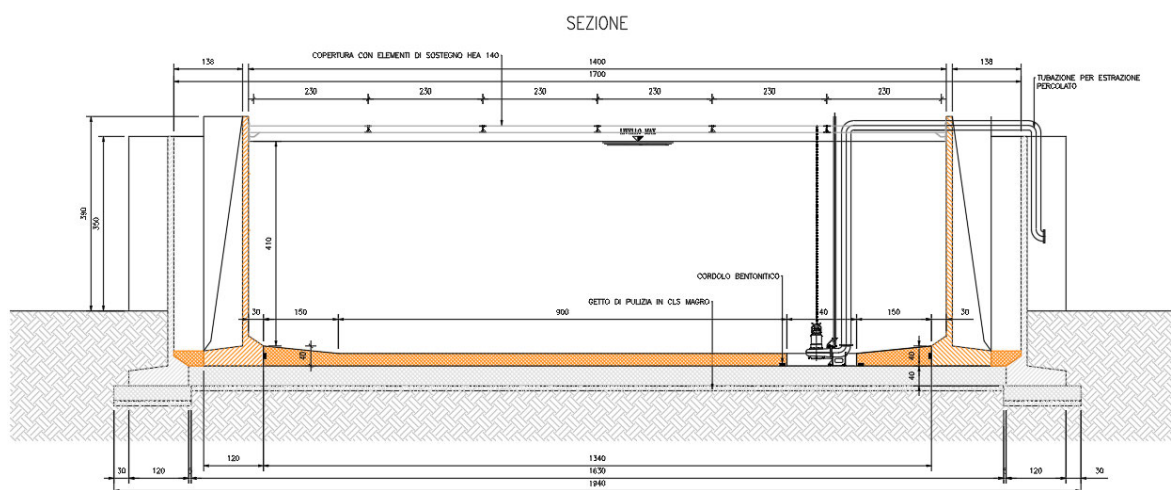
### 2.1 INQUADRAMENTO CATASTALE

Per quanto riguarda l'inquadramento catastale del sito di progetto, l'area dell'impianto, inteso come corpo discarica ma anche zone di servizio, ricade nel Foglio 26, particelle 25, 26 (part), 27, 30, 42 (part.), 62 (part.), 67, 79, 81, 98, 102, 105, del comune di Fornovo di Taro. L'area servizi dell'impianto è realizzata, come da autorizzazione vigente, sulla viabilità esistente, costituita dalla strada vicinale del Rio Riccò.

### 3. DESCRIZIONE OPERE STRUTTURALI IN PROGETTO

Le opere strutturali previste a progetto ed oggetto della presente relazione consistono in:

- **Conversione della vasca di stoccaggio antincendio (attualmente da 700 m<sup>3</sup>) a vasca di stoccaggio percolato da circa 400 m<sup>3</sup> (stoccaggio provvisorio, funzionale al conferimento off-site del percolato presso impianti di trattamento autorizzati).** La nuova vasca sarà realizzata all'interno della vasca esistente che non sarà smantellata. Si prevede la posa sulla platea costituente la pavimentazione della vasca antincendio di elementi prefabbricati autostabili di altezza massima 5,00 mt. Si prevede inoltre la copertura della nuova vasca di raccolta del percolato con teli in PVC fissati ad un graticcio costituito da putrelle in acciaio HEA140. Nella figura seguente si riporta la sezione della nuova vasca a progetto. Si evidenzia che sul fondo della vasca si prevede la realizzazione di un getto di calcestruzzo armato avente la funzione di creare le pendenze necessarie per convogliare il percolato verso il punto di raccolta, getto nel quale saranno inglobate le armature di ripresa delle pareti perimetrali della vasca in progetto.



*Figura n° 3: Sezione nuova vasca raccolta percolato*

Nei capitoli seguenti si riportano le verifiche degli elementi gettati in opera [piastra di base vasca di stoccaggio percolato], dei nuovi elementi prefabbricati [pareti vasca antincendio] e degli elementi strutturali esistenti che, a seguito della modifica delle destinazioni d'uso previste a progetto, saranno soggetti a nuovi schemi statici [fondazione vasca antincendio esistente].



## **4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

**Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18:** Sicurezza e prestazioni attese (cap.2), Azioni sulle costruzioni (cap.3), Costruzioni in calcestruzzo (par.4.1), Costruzioni in legno (par.4.4), Costruzioni in muratura (par.4.5), Progettazione geotecnica (cap.6), Progettazione per azioni sismiche (cap.7), Costruzioni esistenti (cap.8), Riferimenti tecnici (cap.12), EC3.

**Circolare 7 21-01-19 C.S.LL.PP:** Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle N.T.C. di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

**CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI:** Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

**NORMA TECNICA UNI EN 1997-1:2005 (EUROCODICE 7 - PROGETTAZIONE GEOTECNICA):** Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.

**EUROCODICE 8:** Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

## 5. MATERIALI UTILIZZATI

### 5.1 VASCA PERCOLATO

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali da costruzione della piastra di fondazione della vasca antincendio esistente, struttura esistente e costituente la fondazione della vasca percolato prevista a progetto

- Calcestruzzo

**Descrizione:** descrizione o nome assegnato all'elemento.

**Rck:** resistenza caratteristica cubica; valore medio nel caso di edificio esistente. [daN/cm<sup>2</sup>]

**E:** modulo di elasticità longitudinale del materiale per edifici o materiali nuovi. [daN/cm<sup>2</sup>]

**G:** modulo di elasticità tangenziale del materiale, viene impiegato nella modellazione di aste e di elementi guscio a comportamento ortotropo. [daN/cm<sup>2</sup>]

**v:** coefficiente di Poisson. Il valore è adimensionale.

**γ:** peso specifico del materiale. [daN/cm<sup>3</sup>]

**α:** coefficiente longitudinale di dilatazione termica. [°C-1]

Descrizione	Rck	E	G	v	γ	α
C25/30	300	314472	Default (142941.64)	0.1	0.0025	0.00001

- Barre di armatura

**Descrizione:** descrizione o nome assegnato all'elemento.

**fyk:** resistenza caratteristica. [daN/cm<sup>2</sup>]

**σamm.:** tensione ammissibile. [daN/cm<sup>2</sup>]

**Tipo:** tipo di barra.

**E:** modulo di elasticità longitudinale del materiale per edifici o materiali nuovi. [daN/cm<sup>2</sup>]

**γ:** peso specifico del materiale. [daN/cm<sup>3</sup>]

**v:** coefficiente di Poisson. Il valore è adimensionale.

**α:** coefficiente longitudinale di dilatazione termica. [°C-1]

**Livello di conoscenza:** indica se il materiale è nuovo o esistente, e in tal caso il livello di conoscenza secondo Circ.617 02/02/09 §C8A. Informazione impiegata solo in analisi D.M. 14-01-08 (N.T.C.) e D.M. 17-01-18 (N.T.C.).

Descrizione	fyk	σamm.	Tipo	E	γ	v	α	Livello di conoscenza
B450C	4500	2550	Aderenza migliorata	2060000	0.00785	0.3	0.000012	Nuovo



- Acciai da carpenteria

**Descrizione:** descrizione o nome assegnato all'elemento.

**Tipo:** descrizione per norma.

**$f_y(s \leq 40 \text{ mm})$ :** resistenza di snervamento  $f_y$  per spessori  $\leq 40 \text{ mm}$ . [daN/cm<sup>2</sup>]

**$f_y(s > 40 \text{ mm})$ :** resistenza di snervamento  $f_y$  per spessori  $> 40 \text{ mm}$ . [daN/cm<sup>2</sup>]

**$f_u(s \leq 40 \text{ mm})$ :** resistenza di rottura per trazione  $f_u$  per spessori  $\leq 40 \text{ mm}$ . [daN/cm<sup>2</sup>]

**$f_u(s > 40 \text{ mm})$ :** resistenza di rottura per trazione  $f_u$  per spessori  $> 40 \text{ mm}$ . [daN/cm<sup>2</sup>]

Descrizione	Tipo	$f_y(s \leq 40 \text{ mm})$	$f_y(s > 40 \text{ mm})$	$f_u(s \leq 40 \text{ mm})$	$f_u(s > 40 \text{ mm})$
S235	S235	2350	2150	3600	3600

- Tasselli chimici

Proprietà geometriche

**Descrizione:** descrizione o nome assegnato all'elemento.

**Dnom:** diametro nominale del connettore. [cm]

**Lef:** lunghezza effettiva dell'ancorante sottoposto a sollecitazione di taglio. [cm]

**Hef:** profondità effettiva di ancoraggio. [cm]

**Df,max:** diametro massimo del foro sull'elemento da fissare. [cm]

**Smin:** minimo interasse consentito. [cm]

**Cmin:** distanza minima dal bordo consentita. [cm]

**Hmin:** spessore minimo dell'elemento in calcestruzzo. [cm]

Descrizione	Dnom	Lef	Hef	Df,max	Smin	Cmin	Hmin
Chimico 16	1.6	1.5	13	1.8	6	6	10.2

Proprietà avanzate

**Descrizione:** descrizione o nome assegnato all'elemento.

**NRk,s:** resistenza caratteristica dell'ancorante per rottura a trazione dell'acciaio. [daN]

**VRk,s:** resistenza caratteristica dell'ancorante per rottura a taglio dell'acciaio. [daN]

**$\gamma_{McN}$ :** coefficiente parziale di sicurezza per rottura del cono di calcestruzzo. Il valore è adimensionale.

**$\gamma_{McV}$ :** coefficiente parziale di sicurezza per rottura per pryout o rottura del bordo del calcestruzzo. Il valore è adimensionale.

**$\gamma_{Msp}$ :** coefficiente parziale di sicurezza per rottura per fessurazione del calcestruzzo. Il valore è adimensionale.

**$\gamma_{MsN}$ :** coefficiente parziale di sicurezza per rottura dell'acciaio a trazione. Il valore è adimensionale.

**$\gamma_{MsV}$ :** coefficiente parziale di sicurezza per rottura dell'acciaio a taglio. Il valore è adimensionale.

**$\gamma_{Mp}$ :** coefficiente parziale di sicurezza per cedimento per sfilamento. Il valore è

adimensionale.

**Scr,sp:** interasse necessario per garantire la trasmissione della resistenza a trazione caratteristica di un singolo ancorante nel caso di cedimento per fessurazione. [cm]

**Ccr,sp:** distanza dal bordo necessaria per garantire la trasmissione della resistenza a trazione caratteristica di un singolo ancorante nel caso di cedimento per fessurazione. [cm]

**$\psi_{c,C30/37}$ :** fattore di incremento per Nr<sub>kp</sub> per calcestruzzo C30/37. Il valore è adimensionale.

**$\psi_{c,C40/50}$ :** fattore di incremento per Nr<sub>kp</sub> per calcestruzzo C40/50. Il valore è adimensionale.

**$\psi_{c,C50/60}$ :** fattore di incremento per Nr<sub>kp</sub> per calcestruzzo C50/60. Il valore è adimensionale.

**$\tau_{Rk}$ :** resistenza caratteristica combinata per cedimento per sfilamento e rottura del cono di calcestruzzo. [daN/cm<sup>2</sup>]

**Classe bullone:** classe bullone.

Descrizione	NR <sub>k,s</sub>	VR <sub>k,s</sub>	$\gamma_{Mc,N}$	$\gamma_{Mc,V}$	$\gamma_{Ms,p}$	$\gamma_{Ms,N}$	$\gamma_{Ms,V}$	$\gamma_{Mp}$	Scr <sub>s,p</sub>	Ccr <sub>s,p</sub>	$\psi_{c,C30/37}$	$\psi_{c,C40/50}$	$\psi_{c,C50/60}$	$\tau_{Rk}$	Classe bullone
Chimico 16	6200	3100	2.1	1.5	2.1	1.4	1.5	2.1	45.7	22.8	1	1	1	75	EC 8.8

## 6. TERRENI DI FONDAZIONE

Dai sondaggi effettuati per lo studio del corpo scarica si è potuto verificare che il terreno di fondazione risulta costituito da "Argilla a Palombini" i cui parametri geotecnici alla base delle verifiche geotecniche delle opere di fondazione risultano essere i seguenti

**Descrizione:** descrizione o nome assegnato all'elemento.

**Natura geologica:** natura geologica del terreno (granulare, coesivo, roccia).

**Coesione (c'):** coesione efficace del terreno. [daN/cm<sup>2</sup>]

**Coesione non drenata (Cu):** coesione non drenata (Cu), per terreni eminentemente coesivi (argille). [daN/cm<sup>2</sup>]

**Angolo di attrito interno  $\phi$ :** angolo di attrito interno del terreno. [deg]

**Angolo di attrito di interfaccia  $\delta$ :** angolo di attrito all'interfaccia tra terreno-cl. [deg]

**Coeff.  $\alpha$  di adesione della coesione (0;1):** coeff. di adesione della coesione all'interfaccia terreno-cl. compreso tra 0 ed 1. Il valore è adimensionale.

**Coeff. di spinta K0:** coefficiente di spinta a riposo del terreno. Il valore è adimensionale.

**$\gamma$  naturale:** peso specifico naturale del terreno in sito, assegnato alle zone non immerse. [daN/cm<sup>3</sup>]

**$\gamma$  saturo:** peso specifico saturo del terreno in sito, assegnato alle zone immerse. [daN/cm<sup>3</sup>]

**E:** modulo elastico longitudinale del terreno. [daN/cm<sup>2</sup>]

**v:** coefficiente di Poisson del terreno. Il valore è adimensionale.

**Qualità roccia RQD (0;1):** rock quality degree. Indice di qualità della roccia, assume valori nell'intervallo (0;1). Il valore è adimensionale.

Descrizione	Natura geologica	Coesione (c')	Coesione non drenata (Cu)	Angolo di attrito interno $\phi$	Angolo di attrito di interfaccia $\delta$	Coeff. $\alpha$ di adesione della coesione (0;1)	Coeff. di spinta K0	$\gamma$ naturale	$\gamma$ saturo	E	v	Qualità roccia RQD (0;1)
Argilla a palombini	Eminentemente Coesivo (Argille)	0	0.28	21	8	1	0.64	0.002	0.0021	510	0.25	0

Ai fini delle verifiche geotecniche, vista la particolarità dell'opera di fondazione [piastra di fondazione] si è considerato uno strato di spessore 5,00 mt.

## 7. DATI DI DEFINIZIONE PER DIMENSIONAMENTO STRUTTURE

Metodo di analisi	D.M. 17-01-18 (N.T.C.)
Tipo di costruzione	2 - Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
Vn	50
Classe d'uso	III
Vr	75
Tipo di analisi	Lineare statica
Considera sisma Z	Solo se $A_g \geq 0.15$ g, conformemente a §3.2.3.1
Località	Parma, Fornovo Di Taro, Banzola; Latitudine ED50 44,6756° (44° 40' 32"); Longitudine ED50 10,1424° (10° 8' 33"); Altitudine s.l.m. 325,85 m.
Categoria del suolo	B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti
Categoria topografica	T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
Ss orizzontale SLD	1.2
Tb orizzontale SLD	0.123 [s]
Tc orizzontale SLD	0.37 [s]
Td orizzontale SLD	1.853 [s]
Ss orizzontale SLV	1.2
Tb orizzontale SLV	0.135 [s]
Tc orizzontale SLV	0.376 [s]
Td orizzontale SLV	1.914 [s]
Ss verticale	1
Tb verticale	0.05 [s]
Tc verticale	0.15 [s]
Td verticale	1 [s]
St	1
PVr SLO (%)	81
Tr SLO	45.16
Ag/g SLO	0.0632
Fo SLO	2.472
Tc* SLO	0.256 [s]
PVr SLD (%)	63
Tr SLD	75.43
Ag/g SLD	0.0784
Fo SLD	2.474
Tc* SLD	0.261 [s]
PVr SLV (%)	10
Tr SLV	711.84
Ag/g SLV	0.179
Fo SLV	2.501
Tc* SLV	0.286 [s]

## 8. ANALISI DELLE AZIONI E DEI CARICHI

### 8.1 VASCA PERCOLATO

Per il dimensionamento della vasca di raccolta del percolato oltre al peso delle pareti prefabbricate perimetrali di nuova fornitura, sono stati considerati i seguenti carichi, applicati sulla sommità delle stesse pareti e rappresentanti la copertura della vasca:

- peso traliccio in acciaio di copertura della vasca: 25 kg/mq;
- copertura realizzata con telo in PVC del peso di 400 gr/mq
- carico neve: 140 kg/mq.

Tali carichi sono stati schematizzati, ai fini delle verifiche, come un carico concentrato pari a 1'337 daN ed applicato sulla sommità delle pareti della vasca in corrispondenza dei punti di appoggio delle travi del traliccio di copertura.

Non si è considerata l'azione del vento in quanto la struttura sarà realizzata all'interno di una vasca esistente con una differenza del colmo tra le due strutture pari a 30 cm.

La struttura risulta inoltre sollecitata dai seguenti carichi:

- Carichi superficiali

In tale categoria sono stati considerati i carichi agenti sulla piastra di fondazione. Tali carichi risultano pari a:

- Liquido all'interno della vasca: ai fini della sicurezza si è considerata la situazione più sfavorevole, ovvero vasca piena sino alla quota massima di 4,10 mt dal fondo. In tal modo si ottiene un carico per unità di superficie pari a:  $1'200 \text{ kg/mc} [\text{peso per unità di volume del percolato}] \times 4,10 \text{ mt} = 4'920 \text{ kg/mq}$ . Tale carico ai fini del dimensionamento e verifica delle strutture, nelle combinazioni di carico analizzate, sarà considerato come "VARIABILE"
- Carichi sulle pareti della vasca percolato

Sulle pareti della vasca di stoccaggio del percolato si è considerata la spinta del liquido considerando, a favore di sicurezza, un livello pari al massimo invasabile raggiungibile, ovvero 4,10 mt. Il carico applicato è stato considerato come carico potenziale pari a:

**Nome:** nome identificativo della definizione di carico.

**Valori:** valori associati alle condizioni di carico.

**Condizione:** condizione di carico a cui sono associati i valori.

**Descrizione:** nome assegnato alla condizione elementare.

**Valore i.:** valore del carico pressorio alla quota iniziale. [daN/cm<sup>2</sup>]

**Quota i.:** quota assoluta in cui il carico pressorio assume il valore iniziale. [cm]

**Valore f.:** valore del carico pressorio alla quota finale. [daN/cm<sup>2</sup>]

**Quota f.:** quota assoluta in cui il carico pressorio assume il valore finale. [cm]

Nome	Valori				
	Condizione	Valore i.	Quota i.	Valore f.	Quota f.
	Descrizione				
Percolato	Pesi strutturali	0	0	0	0
	Permanenti portati	0	0	0	0
	Variabile H	0	410	-0.48	15
	Neve	0	0	0	0

## 9. RISULTATI VERIFICHE STRUTTURALI E GEOTECNICHE

Di seguito si riportano le verifiche strutturali e geotecniche degli elementi strutturali costituenti le nuove costruzioni e gettati in opera.

Relativamente alle verifiche geotecniche delle opere di fondazioni superficiali [piastra di fondazione nuova vasca raccolta percolato] si è proceduto alla verifica di capacità portante mediante formulazioni di letteratura geotecnica considerando le caratteristiche dei terreni sottostanti al piano di posa della fondazione, ricavati in base alla stratigrafia associata all'elemento.

La verifica viene fatta raffrontando la portanza di progetto (Rd) con la sollecitazione di progetto (Ed); la prima deriva dalla portanza calcolata con metodi della letteratura geotecnica, ridotta da opportuni fattori di sicurezza parziali; la seconda viene valutata ricavando la risultante della sollecitazione scaricata al suolo con una integrazione delle pressioni nel tratto di calcolo. Le normative prevedono che il fattore di sicurezza alla capacità portante, espresso come rapporto tra il carico ultimo di progetto della fondazione (Rd) ed il carico agente (Ed), sia non minore di un prefissato limite.

La portanza di una fondazione rappresenta il carico ultimo trasmissibile al suolo prima di arrivare alla rottura del terreno. Le formule di calcolo presenti in letteratura sono nate per la fondazione nastriforme indefinita ma aggiungono una serie di termini correttivi per considerare le effettive condizioni al contorno della fondazione, esprimendo la capacità portante ultima in termini di pressione limite agente su di una fondazione equivalente soggetta a carico centrato.

La determinazione della capacità portante ai fini della verifica è stata condotta secondo il metodo di Vesic, che viene descritto nei paragrafi successivi.

### Metodo di Vesic

La capacità portante valutata attraverso la formula di Vesic risulta, nel caso generale:

$$Q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + \frac{1}{2} \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

Nel caso di terreno eminentemente coesivo ( $\phi = 0$ ) tale relazione diventa:

$$Q_{lim} = (2 + \pi) \cdot c_u \cdot (1 + s'_c + d'_c - i'_c - b'_c - g'_c) + q$$

dove:

$\gamma'$	= peso di volume efficace dello strato di fondazione;
B	= larghezza efficace della fondazione ( $B = B_f - 2e$ );
L	= lunghezza efficace della fondazione ( $L = L_f - 2e$ );
c	= coesione dello strato di fondazione;
$c_u$	= coesione non drenata dello strato di fondazione;
q	= sovraccarico del terreno sovrastante il piano di fondazione;
$N_c, N_q, N_\gamma$	= fattori di capacità portante;
$s_c, s_q, s_\gamma$	= fattori di forma della fondazione;
$d_c, d_q, d_\gamma$	= fattori di profondità del piano di posa della fondazione;
$i_c, i_q, i_\gamma$	= fattori di inclinazione del carico;
$b_c, b_q, b_\gamma$	= fattori di inclinazione della base della fondazione;
$g_c, g_q, g_\gamma$	= fattori di inclinazione del piano campagna;

Nel caso di piano di campagna inclinato ( $\beta > 0$ ) e  $\phi = 0$ , Vesic propone l'aggiunta, nella formula sopra definita, del termine:  $0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma}$  con  $N_{\gamma} = -2 \cdot \sin \beta$ .

Per la teoria di Vesic i coefficienti sopra definiti assumono le espressioni che seguono:

$$\begin{aligned}
 N_c &= (N_q - 1) \cdot \text{ctg} \phi; \quad N_q = \text{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg} \phi)}; \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg} \phi \\
 s_c &= 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c}; \quad s'_c = 0.2 \cdot \frac{B}{L}; \quad s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \text{tg} \phi; \quad s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L} \\
 d_c &= 1 + 0.4 \cdot k; \quad d'_c = 0.4 \cdot k; \quad d_q = 1 + 2 \cdot k \cdot \text{tg} \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2; \quad d_\gamma = 1 \\
 i_c &= i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}; \quad i'_c = \frac{m \cdot H}{B \cdot L \cdot c_a \cdot N_c}; \quad i_q = \left( 1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot \text{ctg} \phi} \right)^m; \\
 i_\gamma &= \left( 1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot \text{ctg} \phi} \right)^{m+1} \\
 g_c &= 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}; \quad g'_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}; \quad g_q = (1 - \text{tg} \beta)^2; \quad g_\gamma = g_q \\
 b_c &= 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}; \quad b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}; \quad b_q = (1 - \eta \cdot \text{tg} \phi)^2; \quad b_\gamma = b_q \\
 k &= \frac{D}{B_f} \quad (\text{se } \frac{D}{B_f} \leq 1); \quad k = \text{arctg} \left( \frac{D}{B_f} \right) \quad (\text{se } \frac{D}{B_f} > 1); \quad m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}
 \end{aligned}$$

nelle quali si sono considerati i seguenti dati:

$\phi$  = angolo di attrito dello strato di fondazione;

$c_a$  = aderenza alla base della fondazione;

$\nu$  = inclinazione del piano di posa della fondazione sull'orizzontale ( $\nu = 0$  se orizzontale);

$\beta$  = inclinazione del pendio;

$H$  = componente orizzontale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;

$V$  = componente verticale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;

$D$  = profondità del piano di posa della fondazione dal piano campagna;

#### **Influenza degli strati sulla capacità portante**

Le formulazioni utilizzate per la portanza prevedono la presenza di uno stesso terreno nella zona interessata dalla potenziale rottura. In prima approssimazione lo spessore di tale zona è pari a:

$$H = \frac{1}{2} \cdot B \cdot \tan(45^\circ + \phi / 2)$$

In presenza di stratificazioni di terreni diversi all'interno di tale zona, il calcolo diventa più complesso; non esiste una metodologia univoca per questi casi, differenti autori hanno proposto soluzioni diverse a seconda dei casi che si possono presentare. In prima approssimazione, nel caso di stratificazioni, viene trovata una media delle caratteristiche dei terreni, pesata sullo spessore degli strati interessati. Nel caso in cui il primo strato incontrato sia coesivo viene anche verificato che la compressione media agente sulla fondazione non superi la tensione limite di espulsione, circostanza che provocherebbe il rifluimento del terreno da sotto la fondazione, rendendo impossibile la portanza.



La tensione limite di espulsione q<sub>ult</sub> per terreno coesivo viene calcolata come:

$$q_{ult} = 4c + q$$

dove c'è la coesione e q è il sovraccarico agente sul piano di posa.

#### Influenza del sisma sulla capacità portante

La capacità portante nelle combinazioni sismiche viene valutata mediante l'estensione di procedure classiche al caso di azione sismica.

L'effetto inerziale prodotto dalla struttura in elevazione sulla fondazione può essere considerato tenendo conto dell'effetto dell'inclinazione (rapporto tra forze T parallele al piano di posa e carico normale N) e dell'eccentricità (rapporto tra momento M e carico normale N) delle azioni in fondazione, e produce variazioni di tutti i coefficienti di capacità portante del carico limite, oltre alla riduzione dell'area efficace.

L'effetto cinematico si manifesta per effetto dell'inerzia delle masse del suolo sotto la fondazione come una riduzione della resistenza teorica calcolata in condizioni statiche; tale riduzione è in funzione del coefficiente sismico orizzontale  $k_h$ , cioè dell'accelerazione normalizzata massima attesa al suolo, e delle caratteristiche del suolo. L'effetto è più marcato su terreni granulari, mentre nei suoli coesivi è poco rilevante.

Per tener conto nella determinazione del carico limite di tali effetti inerziali vengono introdotti nelle combinazioni sismiche anche i fattori correttivi e (earthquake), valutati secondo Paolucci e Pecker:

$$e_q = \left(1 - \frac{k_h}{\tan \phi}\right)^{0.35}; \quad e_c = 1 - 0.32 \cdot k_h; \quad e_\gamma = e_q$$

## 9.1 VASCA PERCOLATO

### 9.1.1 Verifiche strutturali piastra di base esistente

#### Caratteristiche dei materiali

Acciaio: B450C Fyk 4500

Calcestruzzo: C25/30 Rck 300

#### Sistema di riferimento e direzioni di armatura

Le coordinate citate nel seguito sono espresse in un sistema di riferimento cartesiano con origine in (-138.8; -69; 0), direzione dell'asse X = (1; 0; 0), direzione dell'asse Y = (0; 1; 0).

Le direzioni X/Y di armatura e le sezioni X/Y di verifica sono individuate dagli assi del sistema di riferimento.

#### Verifiche nei nodi

##### Verifiche SLU flessione nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	Comb.	M	N	Mu	Nu	c.s.	Verifica
252	X	100	40	7.7	7.1	7.7	7.1	SLU 16	555059	0	1021507	0	1.8404	Si
310	X	100	40	7.7	7.1	7.7	7.1	SLU 16	509558	0	1021507	0	2.0047	Si
310	Y	100	40	7.7	5.7	7.7	5.7	SLU 16	501872	0	1030111	0	2.0525	Si
241	X	100	40	7.7	7.1	7.7	7.1	SLU 16	490376	0	1021507	0	2.0831	Si
35	Y	100	40	7.7	5.7	7.7	5.7	SLU 16	472479	0	1030111	0	2.1802	Si

Verifiche SLD Resistenza flessione nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	Comb.	M	N	Mu	Nu	c.s.	Verifica
252	X	100	40	7.7	7.1	7.7	7.1	SLU 16	555059	0	1021507	0	1.8404	Si
310	X	100	40	7.7	7.1	7.7	7.1	SLU 16	509558	0	1021507	0	2.0047	Si
310	Y	100	40	7.7	5.7	7.7	5.7	SLU 16	501872	0	1030111	0	2.0525	Si
241	X	100	40	7.7	7.1	7.7	7.1	SLU 16	490376	0	1021507	0	2.0831	Si
35	Y	100	40	7.7	5.7	7.7	5.7	SLU 16	472479	0	1030111	0	2.1802	Si

Verifiche SLU taglio nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	A. st.	A. sag.	Comb.	Ved	N	Vrd	Vrdc	Vrsd	Vrcd	cotgθ	Asl	c.s.	Verifica
251	X	50	40	3.85	7.1	3.85	7.1	0	0	SLU 16	- 4688	0	6821	6821	0	36017	2.5	3.848	1.455	Si
286	X	100	40	7.7	7.1	7.7	7.1	0	0	SLU 16	- 8911	0	13642	13642	0	72034	2.5	7.697	1.5309	Si
217	Y	100	40	7.7	5.7	7.7	5.7	0	0	SLU 16	- 9125	0	14030	14030	0	75099	2.5	7.697	1.5376	Si
73	X	100	40	7.7	7.1	7.7	7.1	0	0	SLU 16	8840	0	13642	13642	0	72034	2.5	7.697	1.5432	Si
58	X	100	40	7.7	7.1	7.7	7.1	0	0	SLU 16	8769	0	13642	13642	0	72034	2.5	7.697	1.5558	Si

Verifiche SLD Resistenza taglio nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	A. st.	A. sag.	Comb.	Ved	N	Vrd	Vrdc	Vrsd	Vrcd	cotgθ	Asl	c.s.	Verifica
244	X	100	40	7.7	7.1	7.7	7.1	0	0	SLD 11	3757	0	18963	18963	0	72034	2.5	7.697	5.0481	Si
106	X	100	40	7.7	7.1	7.7	7.1	0	0	SLD 5	- 3227	0	18963	18963	0	72034	2.5	7.697	5.876	Si
285	Y	100	40	7.7	5.7	7.7	5.7	0	0	SLD 11	3048	0	19322	19322	0	75099	2.5	7.697	6.3392	Si
272	Y	100	40	7.7	5.7	7.7	5.7	0	0	SLD 11	3048	0	19322	19322	0	75099	2.5	7.697	6.3392	Si
245	X	100	40	7.7	7.1	7.7	7.1	0	0	SLD 11	2976	0	18963	18963	0	72034	2.5	7.697	6.3729	Si

Verifiche SLE tensione calcestruzzo nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	Comb.	M	N	σc	σlim	Es/Ec	Verifica
252	X	100	40	7.7	7.1	7.7	7.1	SLE RA 4	388286	0	-13.6	149.4	15	Si
310	X	100	40	7.7	7.1	7.7	7.1	SLE RA 4	357138	0	-12.5	149.4	15	Si
310	Y	100	40	7.7	5.7	7.7	5.7	SLE RA 4	351364	0	-12.1	149.4	15	Si
241	X	100	40	7.7	7.1	7.7	7.1	SLE RA 4	342805	0	-12	149.4	15	Si
35	Y	100	40	7.7	5.7	7.7	5.7	SLE RA 4	330745	0	-11.4	149.4	15	Si

Verifiche SLE tensione acciaio nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	Comb.	M	N	σf	σlim	Es/Ec	Verifica
252	X	100	40	7.7	7.1	7.7	7.1	SLE RA 4	388286	0	131.4	3600	15	Si
310	Y	100	40	7.7	5.7	7.7	5.7	SLE RA 4	351364	0	129.8	3600	15	Si
35	Y	100	40	7.7	5.7	7.7	5.7	SLE RA 4	330745	0	122.2	3600	15	Si
325	Y	100	40	7.7	5.7	7.7	5.7	SLE RA 4	328580	0	121.4	3600	15	Si

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	Comb.	M	N	σf	σlim	Es/Ec	Verifica
310	X	100	40	7.7	7.1	7.7	7.1	SLE RA 4	357138	0	120.9	3600	15	Si

Verifiche SLE fessurazione nei nodi

La piastra non presenta nodi con apertura delle fessure.

### 9.1.2 Verifiche geotecniche piastra di base

Verifica di capacità portante

Dati geometrici dell'impronta di calcolo

Forma dell'impronta di calcolo: rettangolare di area equivalente

Centro impronta, nel sistema globale: 720.3; 440; -40

Lato minore B dell'impronta: 1017.9

Lato maggiore L dell'impronta: 1718.1

Area dell'impronta rettangolare di calcolo: 1748925.8

Verifica di capacità portante sul piano di posa

Profondità massima del bulbo di rottura considerato (per condizione non drenata): 5.09 m

Accelerazione normalizzata massima attesa al suolo Amax per verifiche in SLD: 0.028

Accelerazione normalizzata massima attesa al suolo Amax per verifiche in SLV: 0.064

Coefficiente di sicurezza minimo per portanza 1.63

ID	Comb.	Fx	Fy	Fz	Mx	My	ix	iy	ex	ey	B'	L'	Cnd	C	Phi	Qs	yR	Rd	Ed	Rd/Ed	Verifica
1	SLU 16	0	0	-750374	6467	77581	0	0	0	0	1018	1718	BT	0.28	0	0	2.3	1224274	750374	1.63	Si
2	SLV FO 11	8318	35901	-307857	-12912930	3009564	2	7	10	-42	934	1699	BT	0.28	0	0	2.3	1076159	307857	3.5	Si
3	SLD 11	3575	21441	-307857	-7712496	1303807	1	4	4	-25	968	1710	BT	0.28	0	0	2.3	1137545	307857	3.7	Si

**Verifiche geotecniche di capacità portante - fattori utilizzati nel calcolo di Rd**

ID	N			S			D			I			B			G			P			E		
	Nq	Nc	Ng	Sq	Sc	Sg	Dq	Dc	Dg	Iq	Ic	Ig	Bq	Bc	Bg	Gq	Gc	Gg	Pq	Pc	Pg	Eq	Ec	Eg
1	1	5	0	0	0.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
2	1	5	0	0	0.11	0	0	0	0	0	0.03	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
3	1	5	0	0	0.11	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0

### 9.1.2.1 Pressioni terreno allo SLU

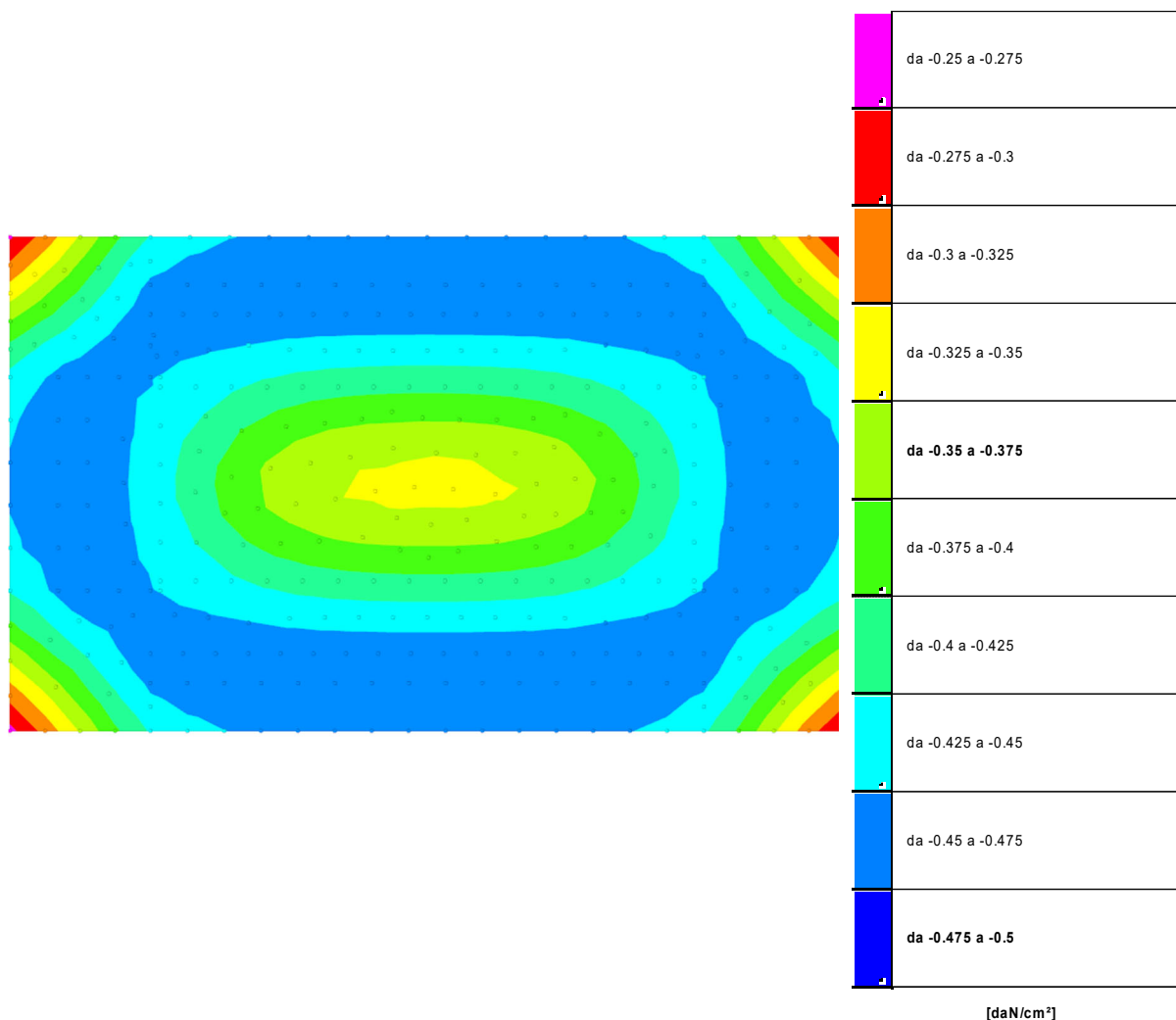


Figura n° 8: Rappresentazione in pianta delle massime compressioni su terreno allo SLU

Compressione estrema massima -0.46782 al nodo di indice 41, di coordinate x = 606, y = 30, z = -20, nel contesto SLU 16.

Spostamento estremo minimo -0.15594 al nodo di indice 41, di coordinate x = 606, y = 30, z = -20, nel contesto SLU 16.

Spostamento estremo massimo -0.04393 al nodo di indice 2, di coordinate x = -139, y = -69, z = -20, nel contesto SLU 1.

### 9.1.2.2 Pressioni terreno allo SLV/SLVf/SLUEcc

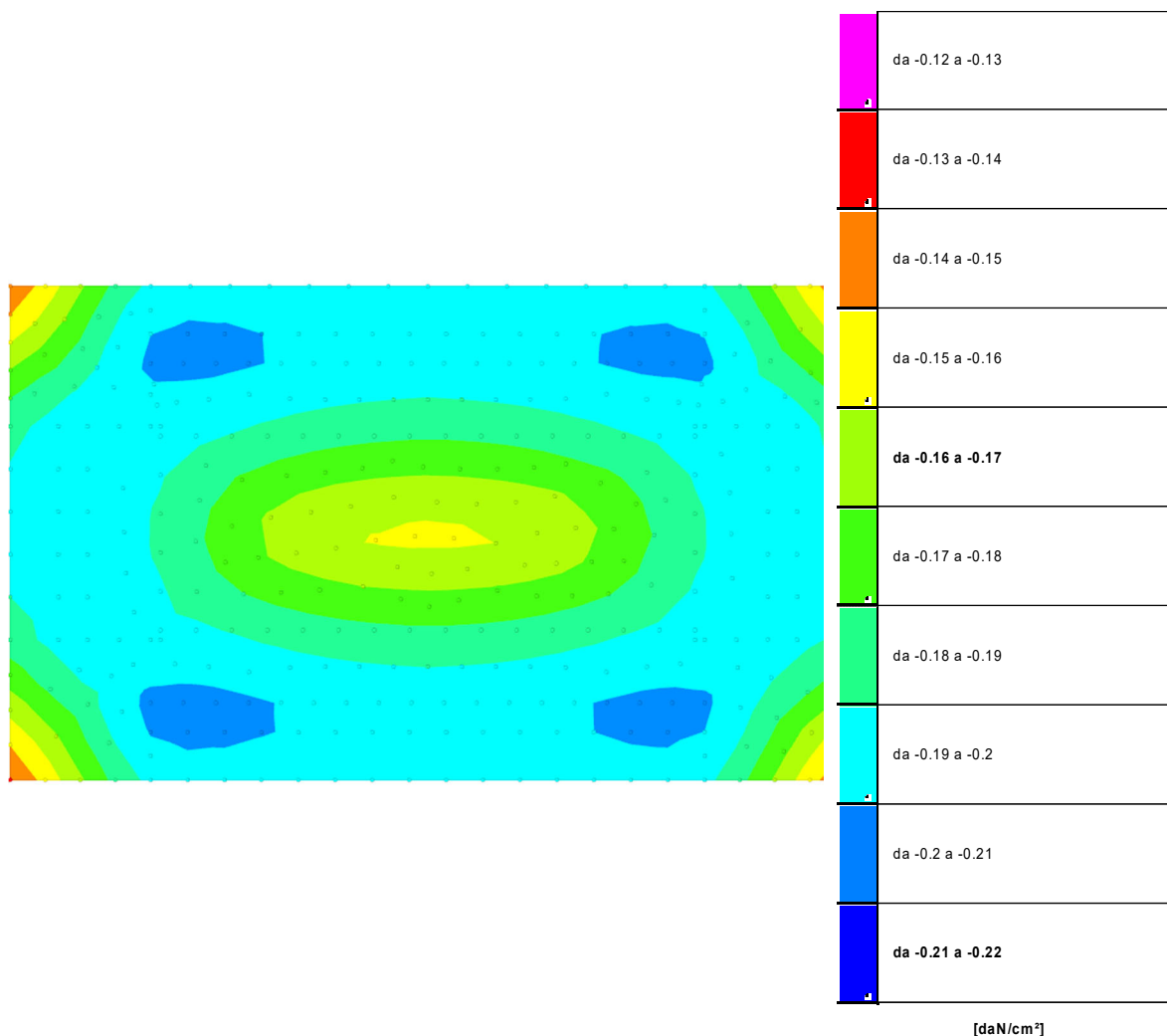


Figura n° 9: Rappresentazione in pianta delle massime compressioni su terreno allo SLV/SLVf/SLUEcc

Compressione estrema massima -0.20276 al nodo di indice 58, di coordinate x = 217, y = 90, z = -20, nel contesto SLV fondazioni 5.

Spostamento estremo minimo -0.06759 al nodo di indice 58, di coordinate x = 217, y = 90, z = -20, nel contesto SLV fondazioni 5.

Spostamento estremo massimo -0.04164 al nodo di indice 2, di coordinate x = -139, y = -69, z = -20, nel contesto SLV fondazioni 11.

### 9.1.2.3 Pressioni terreno allo SLE/SLD

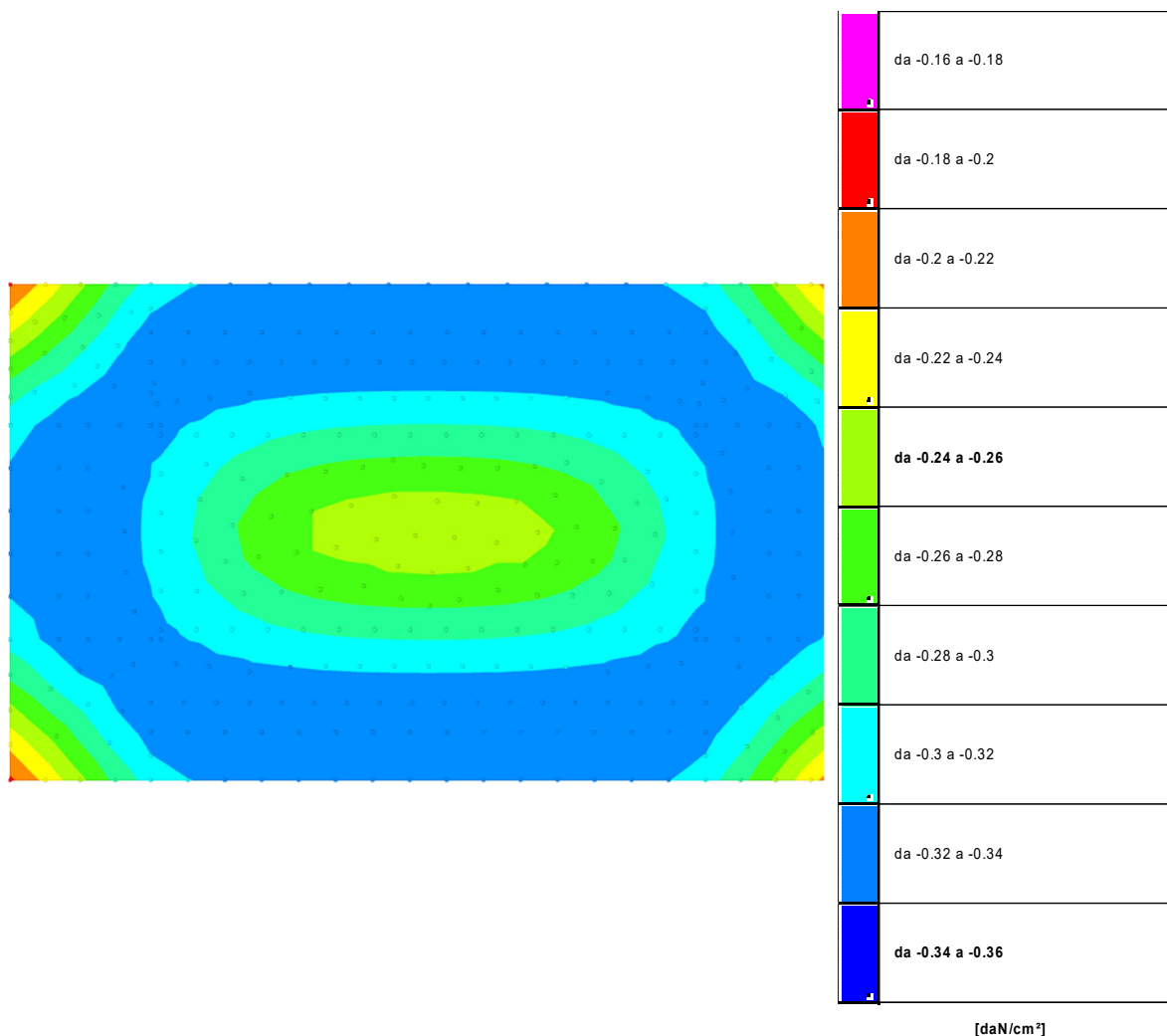


Figura n° 10: Rappresentazione in pianta delle massime compressioni su terreno allo SLE/SLD

Compressione estrema massima -0.33633 al nodo di indice 41, di coordinate x = 606, y = 30, z = -20, nel contesto SLE rara 4.

Spostamento estremo minimo -0.11211 al nodo di indice 41, di coordinate x = 606, y = 30, z = -20, nel contesto SLE rara 4.

Spostamento estremo massimo -0.04264 al nodo di indice 2, di coordinate x = -139, y = -69, z = -20, nel contesto SLD 11.

### 9.1.2.4 Cedimenti fondazioni superficiali

Spostamento estremo minimo -0.11211 al nodo di indice 41, di coordinate x = 606, y = 30, z = -20, nel contesto SLE rara 4.

Spostamento estremo massimo -0.04264 al nodo di indice 2, di coordinate x = -139, y = -69, z = -20, nel contesto SLD 11.

Cedimento elastico estremo massimo 0.25362 al nodo di indice 184, di coordinate x = 1270, y = 480, z = -20, nel contesto SLE rara 4.

### 9.1.3 Verifiche strutturali fondazioni muri prefabbricati vasca

Come più volte riportate i muri perimetrali della vasca di raccolta del percolato sono costituiti da elementi prefabbricati autostabilizzanti. Nel dettaglio per la vasca percolato per tali muri occorre prevedere la realizzazione in opera di una suola di fondazione i cui ferri di armatura saranno posati in continuità con le riprese di armatura predisposte dal prefabbricatore. Nel seguito si riporta la verifica di tale elemento di fondazione per il muro perimetrale presente sul lato lungo della vasca.

#### Caratteristiche dei materiali

Acciaio: B450C Fyk 4500

Calcestruzzo: C25/30 Rck 300

#### Sistema di riferimento e direzioni di armatura

Le coordinate citate nel seguito sono espresse in un sistema di riferimento cartesiano con origine in (150.4; 30; 20), direzione dell'asse X = (1; 0; 0), direzione dell'asse Y = (0; 1; 0).

Le direzioni X/Y di armatura e le sezioni X/Y di verifica sono individuate dagli assi del sistema di riferimento.

#### Verifiche nei nodi

##### Verifiche SLU flessione nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	Comb.	M	N	Mu	Nu	c.s.	Verifica
401	X	100	30	7.7	7.1	7.7	7.1	SLU 16	154348	0	754025	0	4.8852	Si
400	X	100	30	7.7	7.1	7.7	7.1	SLU 16	154222	0	754025	0	4.8892	Si
399	X	100	30	7.7	7.1	7.7	7.1	SLU 16	151710	0	754025	0	4.9702	Si
402	X	100	30	7.7	7.1	7.7	7.1	SLU 16	151710	0	754025	0	4.9702	Si
392	X	50	30	3.85	7.1	3.85	7.1	SLU 16	70470	0	360715	0	5.1187	Si

##### Verifiche SLD Resistenza flessione nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	Comb.	M	N	Mu	Nu	c.s.	Verifica
392	X	50	30	3.85	7.1	3.85	7.1	SLD 9	22122	0	360715	0	16.3057	Si
409	X	50	30	3.85	7.1	3.85	7.1	SLD 5	20774	0	360715	0	17.364	Si
438	X	100	30	7.7	7.1	7.7	7.1	SLD 9	-36834	0	-754025	0	20.4708	Si
449	X	100	30	7.7	7.1	7.7	7.1	SLD 5	-36564	0	-754025	0	20.6219	Si
393	X	100	30	7.7	7.1	7.7	7.1	SLD 9	36278	0	754025	0	20.7847	Si

##### Verifiche SLU taglio nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	A. st.	A. sag.	Comb.	Ved	N	Vrd	Vrdc	Vrsd	Vrcd	cotgθ	Asl	c.s.	Verifica
429	Y	50	30	3.85	5.7	3.85	5.7	0	0	SLU 16	-2226	0	5589	5589	0	26602	2.5	3.848	2.5109	Si
389	X	100	30	7.7	7.1	7.7	7.1	0	0	SLU 16	-4226	0	10793	10793	0	50139	2.5	7.697	2.5541	Si
375	Y	79.3	30	6.11	5.7	6.11	5.7	0	0	SLU 16	3442	0	8868	8868	0	42207	2.5	6.106	2.5765	Si
389	Y	83	30	6.39	5.7	6.39	5.7	0	0	SLU 16	3589	0	9274	9274	0	44142	2.5	6.386	2.5838	Si
433	Y	50	30	3.85	5.7	3.85	5.7	0	0	SLU 16	2064	0	5589	5589	0	26602	2.5	3.848	2.7077	Si

##### Verifiche SLD Resistenza taglio nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	A. st.	A. sag.	Comb.	Ved	N	Vrd	Vrdc	Vrsd	Vrcd	cotgθ	Asl	c.s.	Verifica
436	X	50	30	3.85	7.1	3.85	7.1	0	0	SLD 5	-575	0	8095	8095	0	25070	2.5	3.848	14.0716	Si
389	Y	83	30	6.39	5.7	6.39	5.7	0	0	SLD 3	969	0	13777	13777	0	44142	2.5	6.386	14.2166	Si
375	Y	79.3	30	6.11	5.7	6.11	5.7	0	0	SLD 3	909	0	13173	13173	0	42207	2.5	6.106	14.4914	Si



Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	A. st.	A. sag.	Comb.	Ved	N	Vrd	Vrdc	Vrsd	Vrzd	cotgθ	Asl	c.s.	Verifica
429	X	50	30	3.85	7.1	3.85	7.1	0	0	SLD 9	-536	0	8095	8095	0	25070	2.5	3.848	15.1151	Si
430	X	69.9	30	5.38	7.1	5.38	7.1	0	0	SLD 5	-745	0	11321	11321	0	35060	2.5	5.382	15.202	Si

Verifiche SLE tensione calcestruzzo nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	Comb.	M	N	σc	σlim	Es/Ec	Verifica
401	X	100	30	7.7	7.1	7.7	7.1	SLE RA 4	106282	0	-6.7	149.4	15	Si
400	X	100	30	7.7	7.1	7.7	7.1	SLE RA 4	106179	0	-6.7	149.4	15	Si
402	X	100	30	7.7	7.1	7.7	7.1	SLE RA 4	104498	0	-6.5	149.4	15	Si
399	X	100	30	7.7	7.1	7.7	7.1	SLE RA 4	104489	0	-6.5	149.4	15	Si
398	X	100	30	7.7	7.1	7.7	7.1	SLE RA 4	101047	0	-6.3	149.4	15	Si

Verifiche SLE tensione acciaio nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	Comb.	M	N	σf	σlim	Es/Ec	Verifica
401	X	100	30	7.7	7.1	7.7	7.1	SLE RA 4	106282	0	52.6	3600	15	Si
400	X	100	30	7.7	7.1	7.7	7.1	SLE RA 4	106179	0	52.6	3600	15	Si
402	X	100	30	7.7	7.1	7.7	7.1	SLE RA 4	104498	0	51.7	3600	15	Si
399	X	100	30	7.7	7.1	7.7	7.1	SLE RA 4	104489	0	51.7	3600	15	Si
398	X	100	30	7.7	7.1	7.7	7.1	SLE RA 4	101047	0	50	3600	15	Si

Verifiche SLE fessurazione nei nodi

La piastra non presenta nodi con apertura delle fessure.

## 10. DIMENSIONAMENTO PARETI

Per le opere a progetto si prevede l'impiego di elementi prefabbricati per le pareti perimetrali della **vasca di stoccaggio percolato da circa 400 m<sup>3</sup> (stoccaggio provvisorio, funzionale al conferimento off-site del percolato presso impianti di trattamento autorizzati)**. La nuova vasca sarà realizzata all'interno della vasca esistente che non sarà smantellata. Le pareti perimetrali saranno costituite da elementi prefabbricati autostabili di altezza massima 5,00 mt. Tali elementi saranno resi solidali con il fondo della vasca in progetto mediante ferri di ripresa che dovranno essere collegati ai ferri di armatura della platea gettata in opera.

Il dimensionamento delle pareti sarà svolto nel rispetto dei seguenti parametri [valori minimi]:

- calcestruzzo tipo C 35/45 [resistenza cubica 450 kg/cm<sup>2</sup>];
- acciaio per armatura B450C;
- classe di esposizione XA3 [contenitori di foraggi, mangimi, liquami di origine animale ed acque industriali fortemente aggressive];
- carichi per il dimensionamento:
  - Vasca stoccaggio percolato:
    - Spinta idrostatica del percolato sulle pareti. Il percolato all'interno della vasca può raggiungere un livello massimo di 4,10 mt dal fondo vasca;
    - Non si considera l'azione del vento in quanto la vasca sarà realizzata all'interno di una vasca esistente di pari altezza;
    - Un carico concentrato applicato sulla sommità delle pareti in corrispondenza dei punti di aggancio delle travi in acciaio del traliccio di copertura pari a 1'337 daN. Tale carico deriva considerando agente, per ogni trave del traliccio di copertura, una superficie di influenza di larghezza 2,50 mt su cui sono applicati il peso del telo di copertura [ai fini dei calcoli assunto pari ad 1,00 daN/mq] ed il carico neve [pari a 0,014 daN/cm<sup>2</sup>];
    - La copertura non sarà accessibile e non si prevede la posa sugli elementi in acciaio di impianti.

In **Errore**. L'origine riferimento non è stata trovata. si riportano le verifiche delle pareti prefabbricate della vasca ed i tipologici della carpenteria.

## 11. DIMENSIONAMENTO TRALICCIO COPERTURA VASCA STOCCAGGIO PERCOLATO

La copertura della vasca di stoccaggio del percolato sarà realizzata da un traliccio di profili in acciaio costituito da profili HEA140 fissati tramite piastre tassellate alle pareti della vasca.

Nel seguito si riportano le caratteristiche geometriche ed inerziali dei profili in acciaio e le verifiche sia degli elementi strutturali che delle piastre di fissaggio e collegamento.

### 11.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED INERZIALI PROFILI IN ACCIAIO

#### Caratteristiche geometriche sezioni in acciaio

**Descrizione:** descrizione o nome assegnato all'elemento.

**Sup.:** superficie bagnata per unità di lunghezza. [mm]

**Area Tx FEM:** area di taglio in direzione X per l'analisi FEM. [mm<sup>2</sup>]

**Area Ty FEM:** area di taglio in direzione Y per l'analisi FEM. [mm<sup>2</sup>]

**JxFEM:** momento di inerzia attorno all'asse X per l'analisi FEM. [mm<sup>4</sup>]

**JyFEM:** momento di inerzia attorno all'asse Y per l'analisi FEM. [mm<sup>4</sup>]

**JtFEM:** momento d'inerzia torsionale corretto con il fattore di forma per l'analisi FEM. [mm<sup>4</sup>]

**b:** larghezza dell'ala. [mm]

**h:** altezza del profilo. [mm]

**s:** spessore dell'anima. [mm]

**t:** spessore delle ali. [mm]

**r:** raggio del raccordo ala-anima. [mm]

**f:** truschino. [mm]

Descrizione	Sup.	Area Tx FEM	Area Ty FEM	JxFEM	JyFEM	JtFEM	b	h	s	t	r	f
HEA140	794.3	1983	685	10339676	3893397	63752	140	133	5.5	8.5	12	74

#### Caratteristiche inerziali principali sezioni in acciaio

**Descrizione:** descrizione o nome assegnato all'elemento.

**Xg:** coordinata X del baricentro. [cm]

**Yg:** coordinata Y del baricentro. [cm]

**Area:** area inerziale nel sistema geometrico centrato nel baricentro. [cm<sup>2</sup>]

**Jx:** momento d'inerzia attorno all'asse orizzontale baricentrico di definizione della sezione. [cm<sup>4</sup>]

**Jy:** momento d'inerzia attorno all'asse verticale baricentrico di definizione della sezione. [cm<sup>4</sup>]

**Jxy:** momento centrifugo rispetto al sistema di riferimento baricentrico di definizione della sezione. [cm<sup>4</sup>]

**Jm:** momento d'inerzia attorno all'asse baricentrico principale M. [cm<sup>4</sup>]

**Jn:** momento d'inerzia attorno all'asse baricentrico principale N. [cm<sup>4</sup>]

**α X su M:** angolo tra gli assi del sistema di riferimento geometrico di definizione e quelli del sistema di riferimento principale. [deg]

**Jt:** momento d'inerzia torsionale corretto con il fattore di forma. [cm<sup>4</sup>]

Descrizione	Xg	Yg	Area	Jx	Jy	Jxy	Jm	Jn	$\alpha$ X su M	Jt
HEA140	7	6.65	31.45	1033.97	389.34	0	1033.97	389.34	0	6.38

#### 5.2.1.2.2 Caratteristiche inerziali momenti sezioni in acciaio

**Descrizione:** descrizione o nome assegnato all'elemento.

**ix:** raggio di inerzia relativo all'asse x. [cm]

**iy:** raggio di inerzia relativo all'asse y. [cm]

**im:** raggio di inerzia relativo all'asse principale m. [cm]

**in:** raggio di inerzia relativo all'asse principale n. [cm]

**Sx:** momento statico relativo all'asse x. [cm<sup>3</sup>]

**Sy:** momento statico relativo all'asse y. [cm<sup>3</sup>]

**Wx:** modulo di resistenza elastico minimo relativo all'asse x. [cm<sup>3</sup>]

**Wy:** modulo di resistenza elastico minimo relativo all'asse y. [cm<sup>3</sup>]

**Wm:** modulo di resistenza elastico minimo relativo all'asse principale m. [cm<sup>3</sup>]

**Wn:** modulo di resistenza elastico minimo relativo all'asse principale n. [cm<sup>3</sup>]

**Wplx:** modulo di resistenza plastico relativo all'asse x. [cm<sup>3</sup>]

**Wply:** modulo di resistenza plastico relativo all'asse y. [cm<sup>3</sup>]

Descrizione	ix	iy	im	in	Sx	Sy	Wx	Wy	Wm	Wn	Wplx	Wply
HEA140	5.73	3.52	5.73	3.52	86.83	42.43	155.48	55.62	155.48	55.62	173.65	84.87

#### 5.2.1.2.3 Caratteristiche inerziali taglio sezioni in acciaio

**Descrizione:** descrizione o nome assegnato all'elemento.

**Atx:** area a taglio lungo x. [cm<sup>2</sup>]

**Aty:** area a taglio lungo y. [cm<sup>2</sup>]

Descrizione	Atx	Aty
HEA140	23.8	7.32

## 11.2 VERIFICHE CARPENTERIA

In Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. alla presente, sono riportate le verifiche dei profili in acciaio e delle piastre di collegamento e di fissaggio alle strutture in cemento armato.

## **12. NUOVA VASCA ANTINCENDIO**

In merito alla nuova vasca antincendio, la progettazione è stata rivista come riportato all'interno dell'elaborato grafico 2582\_3937\_R06\_A26\_PDC\_T03B\_Rev2, riportato in allegato al permesso di costruire.

Nella versione progettuale consegnata in sede di integrazione documentale era stato infatti previsto di alloggiare l'opera (Vasca interrata interamente prefabbricata) sopra un'apposita platea in C.A. volta esclusivamente a livellare al meglio il terreno. Stesso risultato può essere ottenuto mediante la realizzazione di un magrone armato con rete elettrosaldata diametro 10 mm, passo 20 x 20 cm. Tale magrone ha la sola funzione di realizzare un piano di appoggio uniforme per le future vasche prefabbricate.

Le opere previste a progetto per la nuova vasca antincendio, costituita da n° 3 cisterne chiuse prefabbricate e completamente interrate, sono da considerarsi, ai sensi dell'"Allegato 1 – Interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici" della D.G.R. 2272/2016, opere prive di rilevanza strutturale. Tali opere infatti sono classificabili quali "A.3 – Manufatti strutturalmente autonomi, adibiti a servizi, impianti tecnologici, ricoveri di animali e simili", p.to "A.3.3.a) Serbatoi chiusi, cisterne e silos interrati, interamente prefabbricati" e contrassegnati dal codice L0, per i quali non viene richiesta alcuna documentazione integrativa rispetto a quella necessaria per il titolo abilitativo edilizio eventualmente richiesto [rif. "Allegato 1, cap. 1.1, p.to a della D.G.R 2272/2016].

Ai sensi dell'"art. 10 – Rapporto con il titolo abilitativo edilizio" della L.R. 30 ottobre 2008, n° 19, il progetto delle vasche prefabbricate sarà consegnato presso gli uffici tecnici competenti prima dell'inizio lavori di realizzazione delle vasche antincendio.