

**REGIONE  
PUGLIA**



**CUP: E75G19000040005**

**PIANO DEGLI INTERVENTI AIP 2020-2023 DI CUI ALLA DELIBERA N.6 DEL 22/02/2021  
CON COPERTURA FINANZIARIA " FONDI DERIVANTI DA PROVENTI TARIFFARI"**

**PROGETTO DEFINITIVO  
POTENZIAMENTO DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE E DEL RECAPITO FINALE  
A SERVIZIO DELL'AGGLOMERATO DEL COMUNE DI SQUINZANO (LE)**

**Acquedotto Pugliese S.p.A.  
Direzione Ingegneria**

**Il Responsabile del Procedimento  
Ing. Matteo MORELLO**

**Il Direttore  
Ing. Gaetano BARBONE**



Ingegneria Ambientale s.r.l.  
www.ingegneriambientale.com  
info@ingegneriambientale.com

Ing. Franco NACCI

Ing. Stefano SANSONE



Geotek plus s.r.l.  
www.geotek-rilievi.com  
info@geotek-rilievi.com

**PROGETTAZIONE**

**Il Progettista  
Prof. Ing. Matteo Ranieri**

**Il Coordinatore della Sicurezza in  
fase di progettazione  
Prof. Ing. Matteo Ranieri**



UNING s.r.l.  
info@uning.it



Ingegneria s.r.l.  
ingegneria@uning.it

*Elaborato*

**R.35**

**RELAZIONE GENERALE  
DI CALCOLO STRUTTURALE**

**Codice Intervento P1370**


**Codice SAP  
210000023391**

**Prot. N. 27346  
Data 23/04/2021**


**Scala:**

00	MAG.2021	Emesso per Progetto DEFINITIVO			
N. Rev.	Data	Descrizione	Disegnato	Controllato	Approvato




	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 1 di 62

**“RELAZIONE GENERALE DI CALCOLO STRUTTURALE”**


	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 2 di 62

## INDICE

<b>1. PREMESSE.....</b>	<b>4</b>
<b>2. NORMATIVA TECNICA E RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....</b>	<b>6</b>
<b>3. VALORI DI CALCOLO DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>7</b>
<b>4. VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>15</b>
<b>5. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SITO .....</b>	<b>15</b>
<b>6. VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA .....</b>	<b>18</b>
<b>6.1 SPETTRI DI RISPOSTA .....</b>	<b>18</b>
<b>7. ELEMENTI DI FONDAZIONE.....</b>	<b>20</b>
<b>8. AZIONI SULLE COSTRUZIONI.....</b>	<b>20</b>
<b>8.1 PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI E PERMANENTI .....</b>	<b>20</b>
<b>8.2 SPINTA DELLE TERRE.....</b>	<b>21</b>
<b>8.3 SPINTA DELL'ACQUA/FLUIDI .....</b>	<b>21</b>
<b>8.4 PESO DELL'ACQUA/FLUIDI .....</b>	<b>21</b>
<b>8.5 AZIONE SISMICA RELATIVA AL TERRENO.....</b>	<b>22</b>
<b>8.6 AZIONE SISMICA RELATIVA ALLE MASSE STRUTTURALI.....</b>	<b>27</b>
<b>8.7 AZIONE SISMICA RELATIVA ALL'ACQUA.....</b>	<b>27</b>
<b>8.8 AZIONE SISMICA RELATIVA AGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI.....</b>	<b>31</b>
<b>8.9 SOVRACCARICHI PERMANENTI E ACCIDENTALI.....</b>	<b>31</b>
<b>8.10 AZIONI DELLA NEVE .....</b>	<b>34</b>
<b>8.11 SOVRACCARICO VENTO TETTOIE E BIOFILTRI .....</b>	<b>35</b>
<b>8.12 SPINTA DEI SOVRACCARICHI ACCIDENTALI SUI MURI.....</b>	<b>38</b>
<b>9. ANALISI STRUTTURALE .....</b>	<b>39</b>
<b>10. VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....</b>	<b>40</b>
<b>11. METODO DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA .....</b>	<b>43</b>
<b>12. COMBINAZIONI DI CARICO .....</b>	<b>55</b>

	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 3 di 62

13. CODICI DI CALCOLO UTILIZZATI .....	56
14. VALIDAZIONI DEL CALCOLO.....	57
14.1 CASI PROVA .....	57
15. TABULATI DI CALCOLI.....	59

	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 4 di 62

## 1. PREMESSE


La presente relazione di calcolo strutturale si riferisce ai nuovi manufatti previsti nell'ambito del progetto definitivo relativo al *“Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE)”*:

- Locale grigliatura grossolana
- Locale grigliatura fine
- Equalizzazione
- Adeguamento sedimentatori A-B
- Locale disidratazione e Locale cassone fanghi
- Ispessitore dinamico
- Bacini a cicli alternati
- Filtrazione
- Edificio alloggio soffianti
- Basamento soffianti
- Basamento per BTK1
- Basamento per BTK2
- Basamento per BTK3
- Pozzetto ripartitore ai sedimentatori
- Pozzetto di rilancio
- Disinfezione dedicata
- Stazione di dosaggio acido peracetico

La progettazione dei manufatti è stata effettuata in base al Decreto Ministeriale 17.01.2018 – Aggiornamento delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni - considerando la **Vita Nominale pari a 50 anni** e la **Classe d'uso III**.

Le verifiche agli stati limite ultimi (SLU) di tipo geotecnico (GEO) delle fondazioni sono state effettuate secondo l'approccio A2 (A1+M1+R3); dalle verifiche effettuate risulta che il valore di progetto della **resistenza del sistema geotecnico (Rd)** non è stata mai superato.

Per quanto riguarda i materiali, si utilizzeranno acciaio in barre ad aderenza migliorata del tipo **B450C** e calcestruzzo C35/45 con resistenza caratteristica  **$R_{ck} \geq 45 \text{ N/mm}^2$**  sia per le strutture in fondazione sia per le strutture in elevazione. La classe di esposizione considerata è la **XA2+XC4** sia per le strutture a contatto con le acque reflue sia per le strutture non a contatto con le acque reflue. Il copriferro adottato è pari a 50 mm. Per le opere in carpenteria metallica si adotterà acciaio **S355JR** e **bulloni ad alta resistenza classe 8.8**. Per quanto

	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 5 di 62

riguarda l'alluminio si utilizzeranno **leghe in alluminio della serie 5754-H32 o equivalente, 6060-T5, 6063-T66, 5083-H111, Bulloni, viti, tasselli e barre del tipo in acciaio INOX A4 AISI 316**


Per il dimensionamento e la verifica delle strutture si sono considerate le seguenti azioni:

- il peso proprio strutturale;
- il peso dei Biotrikling
- le spinte del terreno di rinfianco laterale sui muri dei manufatti interrati, le spinte sui muri perimetrali interrati dovute ai sovraccarichi accidentali;
- la spinta idrostatica dei reflui contenuti nei manufatti, il peso dei reflui contenuti nei manufatti;
- il peso proprio delle coperture dei manufatti (grigliati e coperture in alluminio) e delle tettoie, il sovraccarico accidentale agente sulle coperture, il sovraccarico permanente di copertura;
- il peso dei solai e delle murature per gli edifici;
- il peso proprio dei pannelli di tamponamento laterale degli edifici in acciaio
- il sovraccarico accidentale agente sulle platee, sulle passerelle;
- il peso delle apparecchiature elettromeccaniche;
- le azioni sismiche associate ai carichi precedenti;
- il peso della neve sulle coperture e sulle passerelle/scale;
- l'azione del vento sulla copertura e sulle pareti dei manufatti in acciaio, sui biotricling, sulle coperture e sulle pareti dei manufatti in acciaio e in alluminio.

A tali azioni sono associati i coefficienti di combinazione per gli Stati Limite considerati nelle verifiche.

Sia per le strutture in c.a. sia per quelle in acciaio è stata utilizzata una “*progettazione sismica con spettro di risposta elastico*”.


Per comportamento strutturale non dissipativo, nella valutazione della domanda, tutte le membrature e i collegamenti rimangono in campo elastico o sostanzialmente elastico; la domanda derivante dall'azione sismica e dalle altre azioni è calcolata in funzione dello stato limite cui ci si riferisce, ma indipendentemente dalla tipologia strutturale e senza tener conto delle non linearità di materiale, attraverso un modello elastico.

	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 6 di 62

## 2. NORMATIVA TECNICA E RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Il calcolo è stato effettuato in accordo alla seguente normativa tecnica:

- (1) D.M. 17/01/2018- “Aggiornamento delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- (2) Circolare 21.01.2019, n. 7 – Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti: “Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2019.
- (3) O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e s.m.i.
- (4) Legge. 1086 del 05/11/1971 “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- (5) Norme UNI 11104/16 - “Calcestruzzi - Specificazione, produzione e conformità: Istruzioni complementari per l'applicazione della UNI EN 206-1”
- (6) Norme UNI EN 206-1/2021 “Calcestruzzi - Specificazione, produzione e conformità”.
- (7) Deliberazione della Giunta Regionale 2 marzo 2004, n. 153. “Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e delle tipologie di edifici ed opere strategici e rilevanti”.
- (8) Eurocodice 8. UNI EN 1998-4:2006 Parte 4: Silos, serbatoi e condotte.
- (9) D.M. LL. PP. 11-03-88- Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Circolare Ministeriale del 24-07-88, n. 30483/STC.
- (10) Legge 02-02-74 n. 64, art. 1 - D.M. 11-03-88. Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- (11) Eurocodice 2. UNI EN 1992-1-1:2005 Regole generali e regole per gli edifici
- (12) Eurocodice 3 ENV 1993-1-1.– “Progettazione delle strutture in acciaio” –
- (13) CNR-DT 208/2011 rev. 31 Dicembre 2013 – “Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Strutture di Alluminio”
- (14) norma EN 755-2:2016
- (15) Eurocodice 9 UNI ENV 1999-1- Progettazione delle strutture di alluminio
- (16) Norma armonizzata UNI EN 1917:2004 “Pozzetti e camere di ispezione di calcestruzzo non armato, rinforzato con fibre di acciaio e con armature tradizionali”.

	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 7 di 62

### 3. VALORI DI CALCOLO DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

Nella progettazione delle strutture in c.a. si è prevista l'utilizzazione di materiali conformi alle prescrizioni del capitolo 11 del D.M. 17/01/2018. In particolare per il confezionamento del conglomerato cementizio si dovrà rispettare la norma UNI EN 206-1 e le relative Istruzioni Complementari UNI 11104 le quali, oltre a prevedere le basilari prescrizioni di fare uso di:

cemento di buone qualità secondo le UNI 197-1 di tipo ARS (Alta Resistenza ai Solfati) per le strutture a contatto con i reflui;

inerti non gelivi, non friabili, privi di sostanze organiche, limose od argillose, in quantità tali da nuocere all'indurimento del conglomerato od alla conservazione delle armature;

acqua limpida, priva di sali in percentuali dannose, e non aggressiva;

richiedono anche che l'impasto sia ottenuto dall'idonea miscelazione degli ingredienti su citati in modo da soddisfare le esigenze di resistenza, durabilità e consistenza richieste. Per le strutture in oggetto le caratteristiche del calcestruzzo dovranno essere:

- calcestruzzo di classe C12/15 - sottofondazioni
- calcestruzzo di classe C 35/45 - fondazioni ed elevazioni in c.a. per classi di esposizione XC4+XA2
- acciaio per cemento armato B450C fornito in barre - fondazioni ed elevazioni in c.a.
- acciaio S355JR, bulloni classe 8-8 – carpenteria metallica.

**Le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo di classe C35/45 sono:**

- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| a) resistenza caratteristica cubica a compressione:     | $R_{ck} = 45 \text{ N/mm}^2$    |
| b) resistenza caratteristica cilindrica a compressione: | $f_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$    |
| c) modulo di elasticità longitudinale:                  | $E = 34.625 \text{ N/mm}^2$     |
| d) modulo di elasticità tangenziale:                    | $G = 13850 \text{ N/mm}^2$      |
| e) resistenza di calcolo a compressione:                | $f_{cd} = 21.16 \text{ N/mm}^2$ |
| f) resistenza media a trazione:                         | $f_{ctm} = 3.35 \text{ N/mm}^2$ |
| g) resistenza di calcolo a trazione:                    | $f_{ctd} = 1.56 \text{ N/mm}^2$ |


tensione max per comb. carico frequenti e quasi permanenti:  $16.81 \text{ N/mm}^2$ ;

tensione max per comb. carico rare:  $22.4 \text{ N/mm}^2$ ;

Le suddette caratteristiche saranno conformi alle seguenti norme:

- D.M. 17.01.2018
- Norma UNI ENV 13670-1:2010
- norma UNI EN 206-1:2021



	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 8 di 62

- norme UNI EN 12390
- norme UNI EN 12504
- norme UNI 8520
- norma UNI EN 934-2
- norma UNI EN1008: 2003
- UNI EN 1744-1
- UNI EN 993/8-9
- UNI 8981/7
- UNI-EN 197/1
- UNI 7101

Per le strutture di fondazione e di elevazione, il **calcestruzzo** da utilizzare dovrà avere una consistenza pari a **S4**, la dimensione massima degli inerti pari a **25 mm**, il rapporto acqua/cemento non superiore **0,45 per il CLS 35/45**, un contenuto di cemento pari ad almeno a **380 kg per m<sup>3</sup>**.

Il copriferro assunto è pari a 50 mm.

Per quanto concerne l'acciaio, si utilizzeranno barre ad aderenza migliorata del tipo **B450C** non eccessivamente ossidato o corrosivo, senza difetti superficiali e non ricoperto da sostanze che ne menomino la resistenza, qualificato secondo le procedure del D.M. 17/01/2018 ai cap.11.3.1.2 e 11.3.3.5, rispondente alle seguenti caratteristiche:

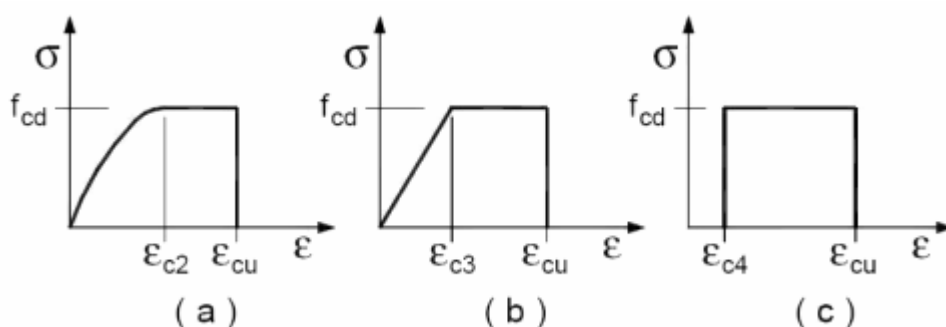
- Tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk} \geq f_{ynom} = 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica di rottura  $f_{tk} \geq f_{tnom} = 540 \text{ N/mm}^2$
- Allungamento  $(A_{gt})_k \geq 7,5 \%$
- $1.15 \leq f_{tk} / f_{yk} \leq 1.35$
- $f_{yk} / f_{ynom} \leq 1.25$
- resistenza di calcolo dell'acciaio  $f_{yd} = 391,3 \text{ N/mm}^2$
- modulo di elasticità longitudinale  $E_s = 200 \text{ KN/mm}^2$
- tensione max per comb. carico rare:  $3600 \text{ N/mm}^2$ ;

Il campionamento e le prove saranno condotte secondo:

- D.M. 17.01.2018
- UNI EN ISO 15630-1: 2010.
- UNI EN 10080:2005.
- UNI EN ISO 15630-1:2010.

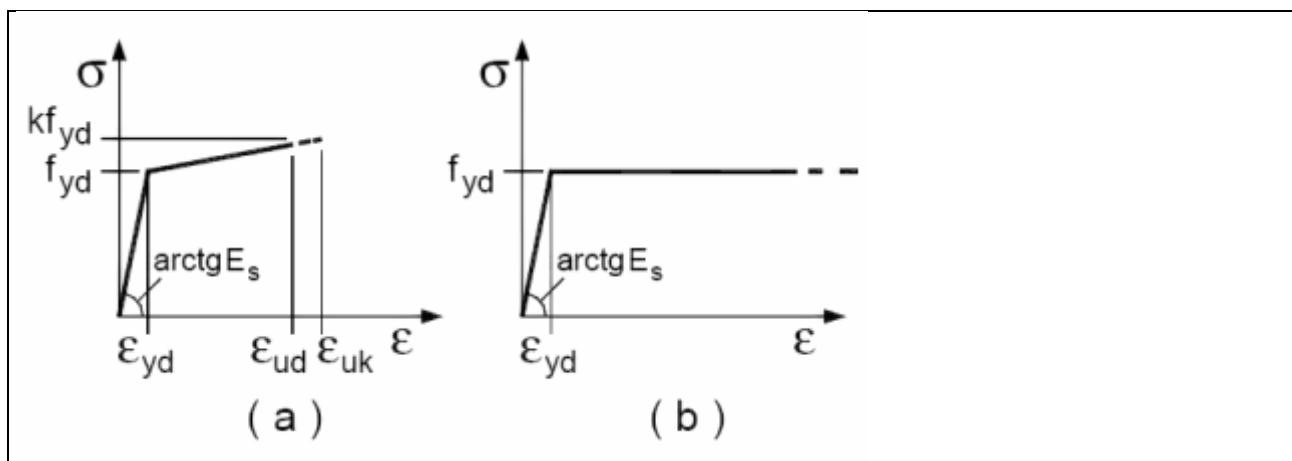
Al fine di garantire la durabilità della struttura e l'effettivo rispetto delle prescrizioni di qualità del materiale, è necessario che l'esecuzione delle opere avvenga nel rispetto delle prescrizioni della norma UNI EN 13670-1.

I diagrammi costitutivi del calcestruzzo e dell'acciaio per calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2.2 del D.M. 17 gennaio 2018; in particolare per le verifiche delle sezioni in calcestruzzo armato è stato adottato il modello di calcestruzzo riportato in a) della figura seguente



Diagrammi di calcolo tensione/deformazione del calcestruzzo.

e il modello di acciaio riportato in a) o b) della figura seguente



Diagrammi di calcolo tensione/deformazione dell'acciaio per calcestruzzo.

La resistenza di calcolo è data da  $f_{yk} / \gamma_f$ . Il coefficiente di sicurezza è per l'acciaio  $\gamma_f = 1,15$ .

Per quanto riguarda l'acciaio per carpenteria metallica si utilizzerà acciaio tipo **S355JR**.

Il punto 11.3.4 delle NTC 2018, è dedicato agli acciai per strutture metalliche e per strutture composte.

Si utilizzeranno acciai ricadenti nel campo di applicazione della norma europea armonizzata UNI EN 1090-1, qualificati con marcatura CE.

Per quanto attiene i parametri di progetto degli acciai, le NTC 2018 definiscono quanto segue:

- modulo elastico  $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$

- coefficiente di Poisson  $\nu = 0.3$
- modulo di elasticità trasversale  $G = E/[2(1+\nu)] \text{ N/mm}^2 = 80.769 \text{ N/mm}^2$
- coefficiente di espansione termica lineare  $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
- densità  $\rho = 7.850 \text{ daN/m}^3$

Per quanto attiene alle resistenze caratteristiche di snervamento e rottura, vengono tabellati i valori da utilizzare a seconda del tipo di profilo e dello spessore dell'elemento.

Nelle seguenti Tabelle 4.2.I e 4.2.II delle NTC 2018 si riportano tali valori relativamente ai profili laminati a caldo con profili a sezione aperta e a sezione cava.

**Tab. 4.2.I – Laminati a caldo con profili a sezione aperta piani e lunghi**

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale "t" dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
S460 Q/QL/QL1	460	570	440	580
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

Tab. 4.2.II - Laminati a caldo con profili a sezione cava


Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale "t" dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>tk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>tk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
UNI EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
<b>S 355 H</b>	<b>355</b>	<b>510</b>	<b>335</b>	<b>490</b>
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550
UNI EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	370		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S 460 MH/MLH	460	530		
S 460 NH/NHL	460	550		

I profilati da utilizzare sono di qualità pari a **S355JR** controllato in stabilimento rispondente alle seguenti caratteristiche:

- $f_{tk} > 510 \text{ N/mm}^2$
- $f_{yk} > 355 \text{ N/mm}^2$
- $A_{min} > 20 \%$
- $E_s = 210 \text{ KN/mm}^2$
- Energia minima di resilienza 27 J
- Temperatura di prova di resilienza +20 °C

Le caratteristiche dimensionali della bulloneria saranno conformi alle norme UNI EN ISO 4016 "Viti a testa esagonale con gambo parzialmente filettato - Categoria C" e UNI 5592 "Dadi esagonali normali. Filettatura metrica ISO a passo grosso e a passo fine. Categoria C".

Per i bulloni sono ammesse le classi 4.6, 5.6, 5.8 (bulloni normali), 8.8, 10.9 (bulloni ad alta resistenza). **Si utilizzeranno bulloni di classe 8.8.** L'accoppiamento dei bulloni e dei dadi non può essere casuale e dipende dalla classe di resistenza degli elementi. La Tabella 11.3.XIII.a delle NTC 2018, illustra i possibili accoppiamenti:

	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE)</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b><u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 12 di 62

Tab. 11.3.XIII.a

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

Per i dadi si utilizzerà quindi la classe 8 (dadi ad alta resistenza). Le tensioni di snervamento e di rottura dei bulloni sono indicate nella Tabella 11.3.XIII.b delle NTC 2018:

Tab. 11.3.XIII.b

Classe	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
$f_{yb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	240	320	300	400	480	640	900
$f_{tb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	400	400	500	500	600	800	1000

Dove il progetto dei collegamenti prevede giunzioni ad attrito, la bulloneria deve rispondere ai requisiti della norma UNI EN 14399 (serie) "Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato". In questo caso la bulloneria dovrà possedere obbligatoriamente la Marcatura CE e i vari componenti (vite, dado, rosette, piastrine) dovranno provenire tutti dallo stesso produttore. Per questo tipo di giunzioni sono ammessi solo bulloni e dadi ad alta resistenza, rosette e piastrine in acciaio C50 temperato e rinvenuto HRC 32 ÷ 40. Se il progetto prevede unioni a taglio, si deve impiegare una bulloneria conforme alla norma UNI EN 15048-1 "Bulloneria strutturale non a serraggio controllato - Parte 1: Requisiti generali" recante la Marcatura CE obbligatoria.

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2011. Le saldature saranno del tipo Manuale ad arco con elettrodi rivestiti – 1<sup>a</sup> classe con elettrodi UNI 5132 E44-CL3 (E44 L3 A2 5R09) per  $s < 30\text{mm}$  e UNI 5132 E44-CL3 (E44 L3 A2 5R09) per  $s > 30\text{mm}$ .

I requisiti delle saldature sono riassunti nella Tabella 11.3.XII delle NTC 2018 di seguito riportata

Tab. 11.3.XII

Tipo di azione sulle strutture	Strutture soggette a fatica in modo non significativo			Strutture soggette a fatica in modo significativo
Riferimento	A	B	C	D
Materiale Base: Spessore minimo delle membrature	S235, $s \leq 30$ mm S275, $s \leq 30$ mm	S355, $s \leq 30$ mm S235 S275	S235 S275 S355 S460, $s \leq 30$ mm	S235 S275 S355 S460 (Nota 1) Acciai inossidabili e altri acciai non esplicitamente menzionati (Nota 1)
Livello dei requisiti di qualità secondo la norma UNI EN ISO 3834:2006	Elementare UNI EN ISO 3834-4	Medio UNI EN ISO 3834-3	Medio UNI EN ISO 3834-3	Completo UNI EN ISO 3834-2
Livello di conoscenza tecnica del personale di Coordinamento della saldatura secondo la norma UNI EN ISO 14731:2007	Di base	Specifico	Completo	Completo

Per quanto riguarda le strutture in alluminio, si utilizzerà:

### Alluminio tipo 5754-H32

Lega di Alluminio-Magnesio, tipica da laminazione a freddo con caratteristiche meccaniche medio-basse. Grazie alla sua alta resistenza alla corrosione in ambiente marino, risulta ideale per strutture in quell'ambito.

risulta ideale per strutture  
in quell'ambito.

risulta ideale per strutture in quell'ambito.

		SPESSORE														
		0,5≤1,5	1,5≤3	3≤6	6≤12,5	0,5≤1,5	1,5≤3	3≤6	6≤12,5							
Stato fisico		0/H111	0/H111	0/H111	0/H111	H32	H32	H32	H32							
Caratteristiche Meccaniche																
Resistenza a trazione Rm[N/mm²]	minime	190	190	190	190	220	220	220	220							
Carico di snervamento Rp 0,2	minime	80	80	80	80	130	130	130	130							
Allungamento As	minime	14	16	18	18	8	10	11	10							
Durezza Brinell HB (non normata)	minime	20	20	20	20	63	63	63	63							
Caratteristiche fisiche																
Peso specifico [kg/dm³]		2,67														
Modulo di Elasticità [Gpa]		70														
Conducibilità elettrica a 20 °C [m/Ω-mm²]		18														
Coefficiente dilatazione termica [10 <sup>-6</sup> /K]		23,8														
Conducibilità termica [w/m.K]		132														
Intervallo di fusione °C		590 ÷ 645														
COMPOSIZIONE CHIMICA																
DENOMINAZIONE	Si	Fe	Mn	Mg	Cu	Zn	Cr	Ti	Ni	Pb	Bi	V	Altri	IMPURITÀ	ALLUMINIO	
5754	0.40	0.40	0.50	2.60-3.60	0.10	0.20	0.30	0.15					0.10-0.6Mn+Cr	0.05	0.15	rimanente

### SCHEDA TECNICA DELLA LEGA 6060 E PROFILI DI ALLUMINIO

6060 T5 9006/1 EX UNI 3569

**Caratteristiche meccaniche**

Designazione numerica A.A.	Stato fisico in base a UNI 3565	Stato fisico in base a UNI 8278	Carico unitario di rottura a trazione Rm (N/mm)	Carico di curvamento Rp 0.2 (N/mm²)	Allungamento a rottura %	Durezza HB
6060	R TaN TaA TA	O T1 T5 T6	140 max 120 185 205	80 max 50 145 165	20 16 11 10	40 max 35 55 60

**Acciaio AISI 316**

**NOMENCLATURE ALTERNATIVE**


ASTM	EN	UNS	JIS
316	1.4401	S31600	SUS 316

**COMPOSIZIONE CHIMICA**

Composizione Chimica - Valore massimo								
	C	Mn	Si	Cr	Ni	P	Mo	Other
316	0.07	2.0	1.0	16.5-18.5	8-13	0.04	2-2.25	N<0.11
Valore Tipico								
	0.04	0	0	17.2	10.1	0	2.1	

**CARATTERISTICHE MECCANICHE**

Tensile Strength (MPa) min	Yield Strength 0.2% Proof (MPa) min	Elongation (% in 50mm) min	Hardness	
			Rockwell B (HR B) max	Brinell (HB) max
515	200	40	79	215

	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 15 di 62

#### 4. VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODI DI RIFERIMENTO

L'intervento in oggetto è definita dalla seguente tipologia (p.to 2.4 delle NTC):

Vita della struttura	
Vita nominale (anni)	50
Classe d'uso	Classe III
Coefficiente d'uso	1.5
Periodo di riferimento(anni)	75
Stato limite di esercizio - SLO	PVR=81.0%
Stato limite di esercizio - SLD	PVR=63.0%
Stato limite ultimo - SLV	PVR=10.0%
Periodo di ritorno SLO(anni)	TR=45.2
Periodo di ritorno SLD(anni)	TR=75.4
Periodo di ritorno SLV(anni)	TR=711.8

Per maggiori dettagli riguardo l'azione sismica si veda la definizione degli spettri di risposta.


#### 5. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SITO

I dati e le informazioni complessivamente acquisiti sono stati integrati per ricostruire il modello geologico-tecnico di riferimento per l'area di sedime del depuratore. Di seguito si riepilogano gli aspetti più significativi.

MODELLO LITOSTRATIGRAFICO		
Unità	PROFONDITA' LIMITE INFERIORE (m dal p.c.)	DESCRIZIONE
<b>copertura</b>	<b>0,6 a 2,80</b>	è costituita nella parte superiore da riporto e/o terreno rimaneggiato e da terreno vegetale, seguiti in basso dalla porzione superficiale alterata dei depositi sottostanti prevalentemente sabbiosi
<b>deposito prevalentemente sabbioso</b>	<b>15,00</b> (massima profondità di indagine raggiunta)	Sabbie e sabbie calcaree con granulometria medio-fine, di colore giallastro, da moderatamente addensate ad addensate e a tratti cementate. Rari gli intervalli sabbioso-limosi

L'unità di copertura risulta contraddistinta da parametri geotecnici scadenti. Essa ha uno spessore medio compreso tra 1 e 1,5 m.



	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE)</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <u><b>Relazione generale di calcolo strutturale</b></u>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 16 di 62


Relativamente ai sottostanti depositi sabbiosi, le indagini eseguite indicano un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità in relazione ad un progressivo aumento del grado di addensamento dei materiali. In particolare oltre i 6-7 m dal piano campagna i depositi assumono una buona compatezza,

Nelle tabelle seguenti riportano i parametri geotecnici relativi alle due unità litotecniche. Quelli della copertura sono stati desunti dalle sole prospezioni simiche.

Infine secondo l'attuale normativa antisismica (D.M. 17/01/2018- Norme Tecniche per le Costruzioni) il suolo investigato ricade nella categoria B ("Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.").

PARAMETRI GEOTECNICI DELL'INTERVALLO DI COPERTURA	
Densità (kg/m <sup>3</sup> )	$\gamma = 1600-1800 \text{ kg/m}^3$
Velocità media onde P	$V_p = 600 \text{ m/sec}$
Modulo di Poisson	$\nu = 0,40$
Modulo di Young dinamico	$E_d = 2740 - 3080 \text{ kg/cm}^2$
Modulo di Bulk o Compressibilità	$K = 4567-5133 \text{ kg/cm}^2$
Modulo di rigidità	$G = 979-1100 \text{ kg/cm}^2$

DEPOSITI PREVALENTEMENTE SABBIOSI	
Peso di volume naturale	$\gamma = 1900-2200 \text{ kg/cm}^3$
Coesione	$c = 0-0,056 \text{ kg/cm}^2$
Angolo di attrito	$\varphi = 32-40^\circ$
Contenuto d'acqua	$\omega = 24,6 \%$
Porosità	$n = 41,5 \%$
Indice di consistenza	$I_c = 1,35$
Densità relativa	$D_r = 80-100 \%$
Modulo edometrico	$E_{ed} = 80,75-124,97 \text{ kg/cm}^2$
Modulo di Young statico	$E_y = 204,70-312,25 \text{ kg/cm}^2$
Velocità media onde P	$V_p = 1550 \text{ m/sec}$
Modulo di Poisson	$\nu = 0,30-0,40$
Modulo di Young dinamico	$E_d = 12330-41860 \text{ kg/cm}^2$

	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE)</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <u><b>Relazione generale di calcolo strutturale</b></u>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 17 di 62

Modulo di Bulk o Compressibilità	$K = 20550-69767 \text{ kg/cm}^2$
Modulo di rigidità	$G = 4406-14950 \text{ kg/cm}^2$

Per quanto concerne il valore del **coefficiente di sottofondo** (K di Winkler), il valore che si assume, a seconda delle opere fondali di progetto, è variabile dai circa  $1,00 \text{ daN/cm}^3$  a circa  $3,00 \text{ daN/cm}^3$


**Per quanto riguarda il terreno vegetale e/o riporto – interessato dalla realizzazione dei manufatti superficiali, esso sarà rimosso per realizzare uno strato di riempimento con materiale anidro che verrà adeguatamente compattato, per il quale si assumeranno i seguenti parametri geotecnici minimi:**

- Angolo di attrito  $\phi = 30^\circ$
- Peso specifico  $\gamma = 1900 \text{ daN/m}^3$
- Modulo di elasticità statico  $E_{st} = 300 \text{ daN/cm}^2$

Dal punto di vista delle condizioni topografiche il sito in esame ricade nella **categoria T1**.

Per il terreno di rinfianco laterale si assumeranno:

Peso di volume	19,00	[kN/m <sup>3</sup> ]
Angolo di attrito	30,00	[°]
Coesione	0	[daN/cm <sup>2</sup> ]

	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 18 di 62

## 6. VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni riportate al capitolo 3.2 del D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni"

La valutazione degli spettri di risposta per un dato Stato Limite avviene attraverso le seguenti fasi:

- definizione della Vita Nominale e della Classe d'Uso della struttura, in base ai quali si determina il Periodo di Riferimento dell'azione sismica.
- Determinazione attraverso latitudine e longitudine dei parametri sismici di base  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*c$  per lo Stato Limite di interesse; l'individuazione è stata effettuata interpolando tra i 4 punti più vicini al punto di riferimento dell'edificio secondo quanto disposto dall'allegato alle NTC "Pericolosità Sismica", dove:

$a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

$T^*c$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

- Determinazione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica.
- Calcolo del periodo  $T_c$  corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

I dati così calcolati sono stati utilizzati per determinare gli Spettri di Progetto nelle verifiche agli Stati Limite considerati, per ogni direzione dell'azione sismica.

Oltre alla determinazione dei parametri sismici del sito si è considerata la tipologia di terreno, la posizione topografica e la tipologia strutturale (classe di duttilità, regolarità, ecc..) che ha condotto alla determinazione degli spettri di risposta riportati nel successivo paragrafo.

### 6.1 SPETTRI DI RISPOSTA

Lo spettro di progetto corrisponde con quello elastico.

Spettro: **SpettroNT\_2018**

Il calcolo degli spettri e del fattore di comportamento sono stati calcolati per la seguente tipologia di terreno e struttura.

Vita della struttura	
Tipo	Opere ordinarie (50-100)
Vita nominale VN [anni]	50.0
Classe d'uso	III
Coefficiente d'uso CU	1.500
Periodo di riferimento VR [anni]	75.000
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite di esercizio - SLD	63.0%
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite ultimo - SLV	10.0%
Periodo di ritorno TR SLD [anni]	75.4
Periodo di ritorno TR SLV [anni]	711.8
Parametri del sito	
Comune	Squinzano (LE)
Longitudine	18.0458
Latitudine	40.4344
Id reticolo del sito	34590-34591-34812-34813
Valori di riferimento del sito	
Accelerazione orizzontale massima del sito $A_g/g$ - SLD ( $T_R=75.4$ )	0.0225

**Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito  
finale a servizio dell'agglomerato del Comune di  
SQUINZANO (LE)  
PROGETTO DEFINITIVO  
Relazione generale di calcolo strutturale**

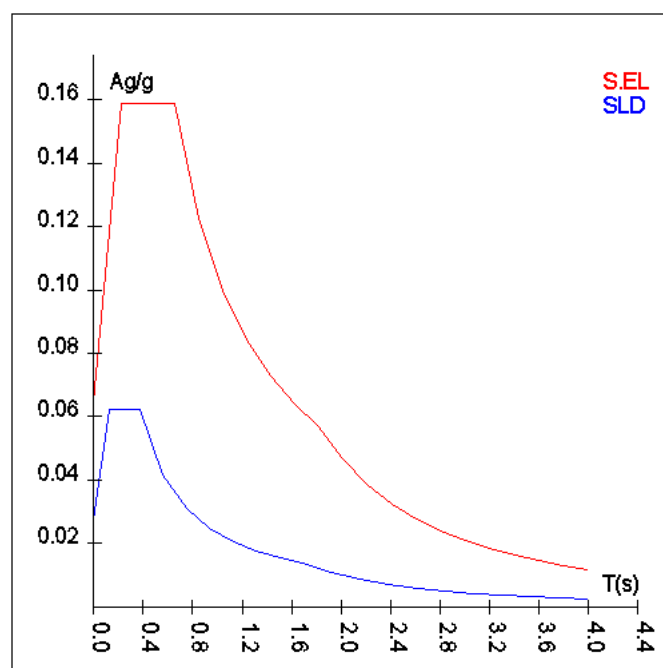
**R.35**


Maggio 2021

Pagina 19 di 62

Fattore di amplificazione dello spettro $F_0$ - SLD (TR=75.4)	2.2984
Periodo di riferimento di inizio del tratto a velocità costante $T^*C$ [s] - SLD (TR=75.4)	0.259
Accelerazione orizzontale massima del sito $A_g/g$ - SLV (TR=711.8)	0.0536
Fattore di amplificazione dello spettro $F_0$ - SLV (TR=711.8)	2.4663
Periodo di riferimento di inizio del tratto a velocità costante $T^*C$ [s] - SLV (TR=711.8)	0.523
Coefficiente Amplificazione Topografica $S_t$	1.000
Categoria terreno	B
<b>Stato limite SLV</b>	
Coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_s$	1.20
Periodo di inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro $T_B$ [s]	0.22
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro $T_C$ [s]	0.65
Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro $T_D$ [s]	1.81
<b>Stato limite SLD</b>	
Coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_s$	1.20
Periodo di inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro $T_B$ [s]	0.12
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro $T_C$ [s]	0.37
Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro $T_D$ [s]	1.69
<b>Spettro Elastico</b>	
Smorzamento viscoso %	5.0

T El. [s]	Sd El. [a/g]	T SLD [s]	Sd SLD [a/g]
0.00000	0.06437	0.00000	0.02706
0.21825	0.15877	0.12459	0.06219
0.65475	0.15877	0.37377	0.06219
0.84805	0.12258	0.56183	0.04137
1.04136	0.09982	0.74989	0.03100
1.23466	0.08419	0.93795	0.02478
1.42797	0.07280	1.12601	0.02064
1.62128	0.06412	1.31407	0.01769
1.81458	0.05729	1.50213	0.01547
2.01326	0.04654	1.69019	0.01375
2.21193	0.03855	1.92117	0.01064
2.41061	0.03246	2.15215	0.00848
2.60928	0.02771	2.38313	0.00692
2.80795	0.02392	2.61411	0.00575
3.00663	0.02087	2.84509	0.00485
3.20530	0.01836	3.07608	0.00415
3.40398	0.01628	3.30706	0.00359
3.60265	0.01453	3.53804	0.00314
3.80133	0.01305	3.76902	0.00277
4.00000	0.01179	4.00000	0.00246



	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 20 di 62

## 7. ELEMENTI DI FONDAZIONE

Il dimensionamento delle strutture di fondazione (platee e travi) e la verifica di sicurezza del complesso fondazione-terreno sono stati eseguiti assumendo come azione in fondazione, trasmessa dagli elementi soprastanti, quella derivante dall'analisi strutturale eseguita considerando un comportamento strutturale non dissipativo; le strutture delle fondazioni superficiali sono state progettate per tali azioni, assumendo anche per esse un comportamento non dissipativo. Non sono quindi necessarie armature specifiche per ottenere un comportamento duttile.

*Le verifiche agli stati limite ultimi (SLU) di tipo geotecnico e strutturale delle fondazioni sono state effettuate secondo l'approccio A2 ( $A1+M1+R3$ ).*

In nessun punto si è superata la tensione limite indicata nella relazione geologica-tecnica.


## 8. AZIONI SULLE COSTRUZIONI

La valutazione dei carichi e dei sovraccarichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni contenute nel **D.M. 17.01.2018 (aggiornamento delle nuove norme tecniche per le costruzioni)**.

### 8.1 PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI E PERMANENTI

In ragione dei materiali strutturali impiegati, si è fatto riferimento ai seguenti carichi unitari strutturali e permanenti:

- peso proprio dell'acciaio per carpenteria = 7.850 daN/m<sup>3</sup>
- peso proprio del conglomerato cementizio = 2.400 daN/m<sup>3</sup>
- peso proprio del calcestruzzo armato = 2.500 daN/m<sup>3</sup>
- peso proprio dell'alluminio = 2.700 daN/m<sup>3</sup>
- peso proprio pannelli sandwich = 15 daN/m<sup>2</sup>
- peso proprio terreno laterale = 1.900 daN/m<sup>3</sup>
- peso della muratura di tamponamento = 1200 daN/m<sup>3</sup>
- peso proprio acqua e fluidi contenuti nelle vasche = 1.100 daN/m<sup>3</sup>

	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 21 di 62

## 8.2 SPINTA DELLE TERRE

La distribuzione di pressione orizzontale del terreno di riempimento sui muri interrati in grado di subire spostamenti ha un andamento triangolare caratterizzato dal valore

$$\sigma_t = h \times \gamma_t \times K_a$$

in cui

$$\gamma_t = \text{peso dell'unità di volume del terreno} = 19 \text{ KN/m}^3;$$

$h$  = profondità rispetto al piano campagna;

$$K_a = \text{coefficiente di spinta attiva} = \tan^2(45^\circ - \phi/2) = 0,333 \text{ con } \phi = 30^\circ$$

La distribuzione di pressione orizzontale del terreno di riempimento sui muri interrati che non sono in grado di subire spostamenti ha un andamento triangolare caratterizzato dal valore

$$\sigma_t = h \times \gamma_t \times K_o$$

in cui

$$\gamma_t = \text{peso dell'unità di volume del terreno} = 19 \text{ KN/m}^3;$$

$h$  = profondità rispetto al piano campagna;

$$K_o = \text{coefficiente di spinta a riposo} = 1 - \sin\phi = 0,50 \text{ con } \phi = 30^\circ$$

## 8.3 SPINTA DELL'ACQUA/FLUIDI

Si è considerata una spinta idrostatica sulle pareti delle vasche/pozzetti causata dalla presenza dell'acqua e dei fluidi. La distribuzione ipotizzata è di tipo variabile con lo zero fissato in corrispondenza della quota massima di riempimento. Il valore massimo della spinta si realizza in corrispondenza del fondo ed è:


$$S = 1/2 \gamma H^2$$

Si è assunto un valore del peso specifico  $\gamma$  pari a 11,00 kN/m<sup>3</sup> per tener conto delle impurità presenti.

## 8.4 PESO DELL'ACQUA/FLUIDI

Si è considerato anche il peso dell'acqua e dei fluidi sul fondo vasche/pozzetti, ossia sulla platea di fondazione, pari a  $P_a = \gamma H$ .

Si è assunto un valore del peso specifico  $\gamma$  pari a 11,00 kN/m<sup>3</sup> per tener conto delle impurità presenti.

	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 22 di 62

## 8.5 AZIONE SISMICA RELATIVA AL TERRENO

Nel caso di pareti non vincolate in testa, la spinta totale del terreno presenta una distribuzione di pressione triangolare caratterizzata dal valore:

$$\Delta\sigma_t = \gamma_t \times h \times (1 \pm k_h) \times K$$

dove

$k_h$  = coefficiente sismico orizzontale =  $\beta_m \times S_s \times S_T \times a_g$  in cui

$\beta_m$ : coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa, considerato pari a 1,00 per le pareti che non sono in grado di subire spostamenti e per muri liberi di subire spostamenti relativi rispetto al terreno pari a:

$$\beta_m = 0,38 \text{ allo SLV;}$$

$$\beta_m = 0,47 \text{ allo SLD}$$

$S_s$ : coefficiente stratigrafico = 1.2

$S_T$ : coefficiente di amplificazione topografica = 1

$K$  = coefficiente di spinta statico + dinamico calcolato secondo le formulazioni di Mononobe – Okabe in funzione dei valori  $k_h$  precedentemente descritti e  $k_v$  pari a:

$k_v$  = coefficiente sismico verticale =  $\pm 0,5 \times k_h$

L'incremento di spinta sismica del terreno presenta anch'esso una distribuzione di pressione triangolare caratterizzata dal valore:

$$\Delta\sigma_t = \gamma_t \times h \times [(1 \pm k_v) \times (K - K_a)]$$

con

$K_a$  = coefficiente di spinta attiva =  $(1 - \sin\phi) / (1 + \sin\phi)$

Nel caso di pareti vincolate in testa l'incremento di spinta del terreno dovuto all'azione sismica presenta una distribuzione di pressione uniforme caratterizzata dal seguente valore:

$$\Delta\sigma_t = k_h \times \gamma_t \times H$$

I valori sismici dei parametri ricavati, riportati ai diversi stati limite, sono riportati nella tabella seguente nel caso di pareti non vincolate:

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Opere di sostegno NTC 2018

Muro rigido: 0

Sito in esame.

latitudine: 40,444201

longitudine: 18,057028

Classe: 3

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 34590	Lat: 40,4435	Lon: 18,0235	Distanza: 2838,407
Sito 2	ID: 34591	Lat: 40,4408	Lon: 18,0891	Distanza: 2737,821
Sito 3	ID: 34369	Lat: 40,4907	Lon: 18,0926	Distanza: 5984,832
Sito 4	ID: 34368	Lat: 40,4934	Lon: 18,0270	Distanza: 6031,283

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B  
 Categoria topografica: T1  
 Periodo di riferimento: 75anni  
 Coefficiente cu: 1,5

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %  
 Tr: 45 [anni]  
 ag: 0,016 g  
 Fo: 2,324  
 Tc\*: 0,183 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %  
 Tr: 75 [anni]  
 ag: 0,022 g  
 Fo: 2,311  
 Tc\*: 0,250 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %  
 Tr: 712 [anni]  
 ag: 0,053 g  
 Fo: 2,470  
 Tc\*: 0,514 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %  
 Tr: 1462 [anni]  
 ag: 0,065 g  
 Fo: 2,563  
 Tc\*: 0,556 [s]

Coefficienti Sismici Opere di sostegno NTC 2018

SLO:

Ss: 1,200  
 Cc: 1,550  
 St: 1,000  
 Kh: 0,000  
 Kv: 0,000  
 Amax: 0,193  
 Beta: 0,000

SLD:

Ss: 1,200  
 Cc: 1,450



St: 1,000  
Kh: 0,012  
Kv: 0,006  
Amax: 0,258  
Beta: 0,470

SLV:

Ss: 1,200  
Cc: 1,260  
St: 1,000  
Kh: 0,024  
Kv: 0,012  
Amax: 0,620  
Beta: 0,380

SLC:

Ss: 1,200  
Cc: 1,240  
St: 1,000  
Kh: 0,000  
Kv: 0,000  
Amax: 0,768  
Beta: 0,000

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru

Coordinate WGS84  
latitudine: 40.443220  
longitudine: 18.056248

## e nel caso di pareti vincolate

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Opere di sostegno NTC 2018  
Muro rigido: 1

Sito in esame.

latitudine: 40,444201  
longitudine: 18,057028  
Classe: 3  
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 34590	Lat: 40,4435	Lon: 18,0235	Distanza: 2838,407
Sito 2	ID: 34591	Lat: 40,4408	Lon: 18,0891	Distanza: 2737,821
Sito 3	ID: 34369	Lat: 40,4907	Lon: 18,0926	Distanza: 5984,832
Sito 4	ID: 34368	Lat: 40,4934	Lon: 18,0270	Distanza: 6031,283

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B  
Categoria topografica: T1  
Periodo di riferimento: 75anni  
Coefficiente cu: 1,5

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

**Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito  
finale a servizio dell'agglomerato del Comune di  
SQUINZANO (LE)  
PROGETTO DEFINITIVO  
Relazione generale di calcolo strutturale**

**R.35**

Maggio 2021

Pagina 25 di 62

Tr: 45 [anni]  
ag: 0,016 g  
Fo: 2,324  
Tc\*: 0,183 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %  
Tr: 75 [anni]  
ag: 0,022 g  
Fo: 2,311  
Tc\*: 0,250 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %  
Tr: 712 [anni]  
ag: 0,053 g  
Fo: 2,470  
Tc\*: 0,514 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %  
Tr: 1462 [anni]  
ag: 0,065 g  
Fo: 2,563  
Tc\*: 0,556 [s]

Coefficienti Sismici Opere di sostegno NTC 2018

SLO:

Ss: 1,200  
Cc: 1,550  
St: 1,000  
Kh: 0,020  
Kv: 0,010  
Amax: 0,193  
Beta: 1,000

SLD:


Ss: 1,200  
Cc: 1,450  
St: 1,000  
Kh: 0,026  
Kv: 0,013  
Amax: 0,258  
Beta: 1,000

SLV:

Ss: 1,200  
Cc: 1,260  
St: 1,000  
Kh: 0,063  
Kv: 0,032  
Amax: 0,620  
Beta: 1,000

SLC:

Ss: 1,200

	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 26 di 62

Cc: 1,240  
St: 1,000  
Kh: 0,078  
Kv: 0,039  
Amax: 0,768  
Beta: 1,000

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru

Coordinate WGS84

latitudine: 40.443220

longitudine: 18.056248

Il coefficiente  $K_a$  (coefficiente di spinta attiva senza contributo sismico) per  $\phi = 30^\circ$  risulta pari a 0.333.

Allo SLV si ha:

Mononobe-okabe dynamic earth pressure coefficient for active state

$$K_{AE} = 0.3705$$

Mononobe-okabe dynamic earth pressure coefficient for active state including factor  $(1-k_v)$

$$(1-k_v) \cdot K_{AE} = 0.3824$$

Mononobe-okabe dynamic earth pressure coefficient for passive state

$$K_{PE} = 2.8923$$

Mononobe-okabe dynamic earth pressure coefficient for passive state including factor  $(1-k_v)$

$$(1-k_v) \cdot K_{PE} = 2.9848$$

Allo SLD si ha:

$$K_{AE} = 0.3485$$

$$(1-k_v) \cdot K_{AE} = 0.3530$$

$$K_{PE} = 2.9552$$

$$(1-k_v) \cdot K_{PE} = 2.9936$$

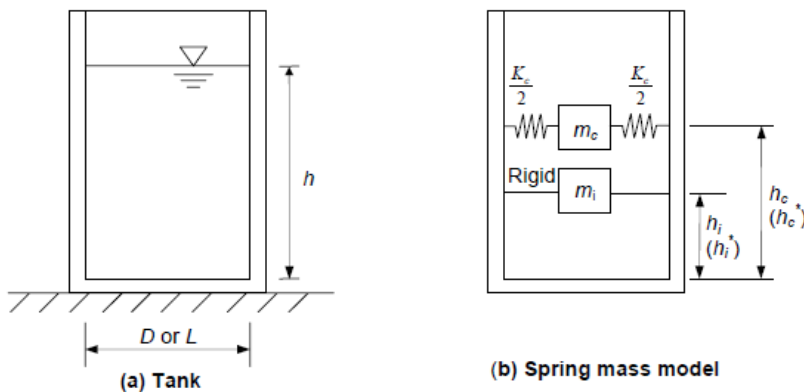
Le distribuzioni delle spinte così calcolate sono state applicate ai muri interrati delle vasche di contenimento liquidi e attraverso il codice di calcolo IPERSPACEBIM sono state ricavate le corrispondenti tensioni e deformazioni.

## 8.6 AZIONE SISMICA RELATIVA ALLE MASSE STRUTTURALI

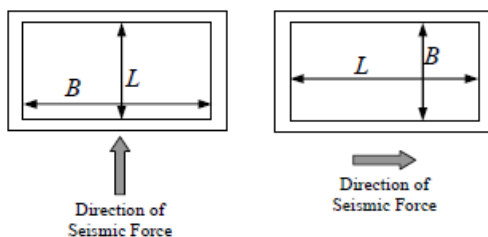
L'azione sismica delle masse strutturali è automaticamente calcolata dal SOFTWARE di calcolo.

## 8.7 AZIONE SISMICA RELATIVA ALL'ACQUA

Si considera una schematizzazione a modelli a molle, che includono gli effetti di interazione liquido-muro. La spinta è valutata in sostanza attraverso due termini: quello *impulsivo* (pedice i) e quello *convettivo* (pedice c); devono pertanto essere determinate le masse equivalenti  $m_i$  ed  $m_c$ , la rigidezza  $K_c$  e il punto di applicazione dei baricentri delle masse,  $h_i$  e  $h_c$ . Tali quantità sono riportate nella tabella seguente, in funzione del rapporto  $h / L$ , dove  $h$  è l'altezza del liquido, mentre  $L$  è la lunghezza del muro (nella direzione di applicazione del sisma).



Schematizzazione con modello a molle del fenomeno di interazione dinamica acqua-muro



Definizione delle dimensioni caratteristiche del serbatoio

Espressioni per la valutazione dei parametri del modello a molle

Termine Impulsivo	Termine Convettivo
$\frac{m_i}{m} = \frac{\tanh\left(0.866 \frac{L}{h}\right)}{0.866 \frac{L}{h}}$ $\frac{h_i}{h} = 0.375 \quad \text{for } h/L \leq 0.75$ $= 0.5 - \frac{0.09375}{h/L} \quad \text{for } h/L > 0.75$	$\frac{m_c}{m} = 0.264 \frac{\tanh\left(3.16 \frac{h}{L}\right)}{\frac{h}{L}}$ $\frac{h_c}{h} = 1 - \frac{\cosh\left(3.16 \frac{h}{L}\right) - 1.0}{3.16 \frac{h}{L} \sinh\left(3.16 \frac{h}{L}\right)}$ $K_c = 0.833 \frac{mg}{h} \tanh^2\left(3.16 \frac{h}{L}\right)$

Una volta ottenuti i suddetti parametri, è possibile calcolare il periodo di vibrazione del termine impulsivo tramite la seguente relazione:

$$T_i = 2\pi \sqrt{\frac{d}{g}}$$

nella quale il termine  $d$  rappresenta lo spostamento del muro ad una altezza  $\bar{h}$  e caricato da una pressione uniformemente distribuita pari a  $q$ , calcolata secondo le seguenti espressioni (nelle quali il termine  $m_w$  è la massa del muro sollecitato dall'acqua)

$$q = \frac{\left(\frac{m_i}{2} + \bar{m}_w\right)g}{Bh} \quad \bar{h} = \frac{\frac{m_i}{2}h_i + \bar{m}_w \frac{h}{2}}{\frac{m_i}{2} + \bar{m}_w}$$

e quindi secondo la seguente relazione

$$d = \frac{P(\bar{h})^3}{3EI_w}$$

dove  $P$  è la forza risultante

$$P = q h$$


e  $I_w$  è il momento di inerzia di una striscia di muro unitaria

$$I_w = \frac{1.0 \times t^3}{12}$$

Il periodo di vibrazione del termine convettivo si ottiene invece tramite la relazione

$$T_c = C_c \sqrt{L/g}$$

dove  $C_c$  è un coefficiente di periodo valutabile attraverso

	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 29 di 62

$$C_c = \frac{2\pi}{\sqrt{3.16 \tanh(3.16(h/L))}}$$

Ottenuti i suddetti periodi è possibile ricavare le corrispondenti accelerazioni spettrali dallo spettro di risposta di normativa, secondo i dettami del D.M.17/01/2018, indicate con  $(A_h)_i$  e  $(A_h)_c$  (valori normalizzati rispetto all'accelerazione di gravità  $g$ ). In questo modo è possibile ottenere la sollecitazione tagliante alla base per il modo impulsivo

$$V_i = (A_h)_i (m_i + m_w + m_t) g$$

(nella quale il termine  $m_t$  rappresenta la massa dell'eventuale solaio di copertura delle vasche) e quella relativa al modo convettivo

$$V_c = (A_h)_c m_c g$$

Il taglio totale alla base si ottiene combinando le sollecitazioni derivanti dai due contributi impulsivo e convettivo nel seguente modo

$$V = \sqrt{V_i^2 + V_c^2}$$

La distribuzione della spinta laterale idrodinamica, analogamente, si può suddividere nei termini impulsivo e convettivo. Il termine impulsivo si ottiene dalla seguente espressione

$$p_{iw} = Q_{iw}(y) (A_h)_i \rho g h$$

nella quale

$$Q_{iw}(y) = 0.866 \left[ 1 - \left( \frac{y}{h} \right)^2 \right] \tanh \left( 0.866 \frac{L}{h} \right)$$

$\rho$  è la densità del liquido e  $y$  è la coordinata verticale con origine alla base del muro.

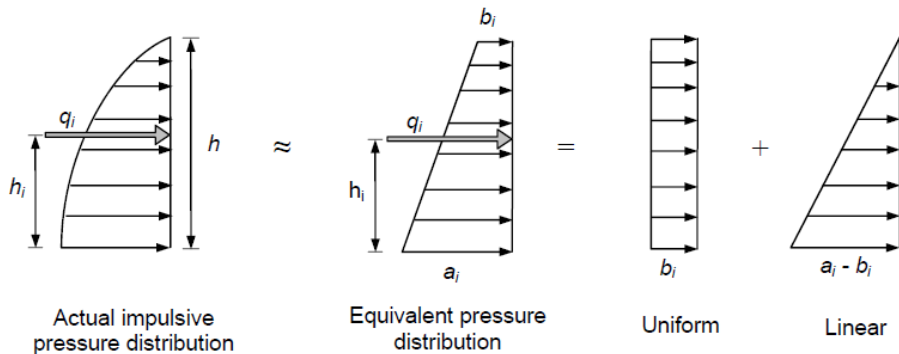
Il termine convettivo si ottiene dalla seguente espressione

$$p_{cw} = Q_{cw}(y) (A_h)_c \rho g L$$

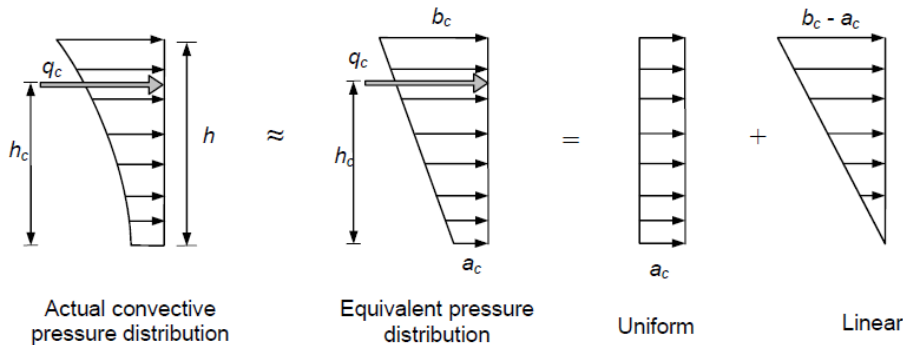
nella quale

$$Q_{cw}(y) = 0.4165 \frac{\cosh \left( 3.162 \frac{y}{L} \right)}{\cosh \left( 3.162 \frac{h}{L} \right)}$$

Gli andamenti con la profondità di tali distribuzioni sono riportati nello schema di sinistra. Queste distribuzioni possono essere approssimate tramite una distribuzione lineare equivalente come segue:



*Distribuzione lineare equivalente della componente impulsiva della spinta idrodinamica*



*Distribuzione lineare equivalente della componente convettiva della spinta idrodinamica*

La procedura di linearizzazione consiste nel calcolare il valore massimo della spinta per unità di lunghezza per il modo impulsivo  $q_i$  e per il modo convettivo  $q_c$

$$q_i = \frac{(A_h)_i m_i}{2B} g \quad q_c = \frac{(A_h)_c m_c}{2B} g$$


e di ripartirla tramite la definizione dei seguenti parametri per il modo impulsivo

$$a_i = \frac{q_i}{h^2} (4h - 6h_i) \quad b_i = \frac{q_i}{h^2} (6h_i - 2h)$$

e per il modo convettivo

$$a_c = \frac{q_c}{h^2} (4h - 6h_c) \quad b_c = \frac{q_c}{h^2} (6h_c - 2h)$$

Le distribuzioni delle spinte così calcolate sono state applicate ai muri delle vasche di contenimento liquidi e attraverso il codice di calcolo IPERSPACE sono state ricavate le corrispondenti tensioni e deformazioni.

	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 31 di 62

## 8.8 AZIONE SISMICA RELATIVA AGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI

L'azione sismica delle masse relative ai biotrickling è stata determinata mediante la

$$F_a = (S_a \cdot W_a) / q_a \quad [7.2.1]$$

Ossia, la domanda sismica sugli elementi non strutturali è stata determinata applicando loro una forza orizzontale  $F_a$ , con

$F_a$  è la forza sismica orizzontale distribuita o agente nel centro di massa dell'elemento non strutturale, nella direzione più sfavorevole, risultante delle forze distribuite proporzionali alla massa;

$S_a$  è l'accelerazione massima, adimensionalizzata rispetto a quella di gravità, che l'elemento non strutturale subisce durante il sisma e corrisponde allo stato limite in esame, ossia  $S_a = 0,0543$  allo SLV e  $S_a = 0,0237$  allo SLD;

$W_a$  è il peso dell'elemento;

$q_a$  è il fattore di comportamento dell'elemento assunto pari a 2.

Nel tabulato di calcolo viene esplicitata la determinazione di  $F_a$  e il conseguente valore per ogni manufatto interessato.

## 8.9 SOVRACCARICHI PERMANENTI E ACCIDENTALI

Di seguito si riportano i sovraccarichi permanenti e variabili agenti. Per quanto attiene i valori nominali e/o caratteristici delle intensità da assumere per i sovraccarichi variabili d'esercizio verticali e orizzontali agenti sulle parti strutturali, questi sono stati desunti dalla Tabella 3.1.II "*Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici*" riportata nelle Norme tecniche per le costruzioni 2018, che ad ogni buon conto si rappresenta nel seguito:



**Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito  
finale a servizio dell'agglomerato del Comune di  
SQUINZANO (LE)  
PROGETTO DEFINITIVO  
Relazione generale di calcolo strutturale**

**R.35**

Maggio 2021

Pagina 32 di 62


Tab. 3.1.II - Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

Cat.	Ambienti	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]	$H_k$ [kN/m]
A	<b>Ambienti ad uso residenziale</b>			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	<b>Uffici</b>			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	<b>Ambienti suscettibili di affollamento</b>			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atri di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4 Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5 Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
		$\geq 4,00$	$\geq 4,00$	$\geq 2,00$

Cat.	Ambienti	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]	$H_k$ [kN/m]
D	<b>Ambienti ad uso commerciale</b>			
	Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita		
E	<b>Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale</b>			
	Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	$\geq 6,00$	7,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale	da valutarsi caso per caso		
F-G	<b>Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)</b>			
	Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci.	5,00	2 x 50,00	1,00**
H-I-K	<b>Coperture</b>			
	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categorie di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti.	da valutarsi caso per caso		

\* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.

\*\* per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso.

	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 33 di 62

- **Platee di fondazione**

Variabili

Ambienti uso industriale (cat. E2 come da Tab. 3.1.II NTC 17.01.2018) valutato: 400 daN/m<sup>2</sup>

Permanenti portati

Incidenza tubazioni ed apparecchiature idrauliche valutata 200 daN/m<sup>2</sup>

- **Grigliati di copertura**

Permanenti portati

Peso proprio grigliato 50 daN/m<sup>2</sup>

Variabili

Ambienti uso industriale (cat. E2 come da Tab. 3.1.II NTC 17.01.2018) valutato: 400 daN/m<sup>2</sup>

- **passerelle e scale**

Variabili

Ambienti uso industriale (cat. E2 come da Tab. 3.1.II NTC 17.01.2018) valutato: 400 daN/m<sup>2</sup>

Permanenti portati

Parapetti: 30 daN/m

- **Locali**

Variabili copertura

Coperture (cat. H come da Tab. 3.1.II NTC 17.01.2018) valutato: 50 daN/m<sup>2</sup>

Permanenti portati copertura

Pacchetto copertura 250 daN/m<sup>2</sup>

- **Locali in acciaio**

Variabili copertura

Coperture (cat. H come da Tab. 3.1.II NTC 17.01.2018) valutato: 50 daN/m<sup>2</sup>

Permanenti portati copertura

Pacchetto copertura 15 daN/m<sup>2</sup>

- **Coperture in alluminio**

Variabili

Coperture non praticabili (cat. H come da Tab. 3.1.II NTC 17.01.2018): 50 daN/m<sup>2</sup>

Carico concentrato Q<sub>k</sub>: 120 daN/m<sup>2</sup>

Permanenti portati: 20 daN/m<sup>2</sup>

**Negli allegati tabulati di calcolo sono indicati, per ciascun struttura, i carichi corrispondenti alle apparecchiature elettromeccaniche e alle coperture presenti.**

## 8.10 AZIONI DELLA NEVE

Provincia : LECCE

Zona : 3

Altitudine  $a_s$  : 40 m s.l.m.

Esposizione : Normale

Il carico neve sulle coperture viene valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t \text{ KN/m}^2$$

dove:

$\mu_i$  Coefficiente di forma della copertura

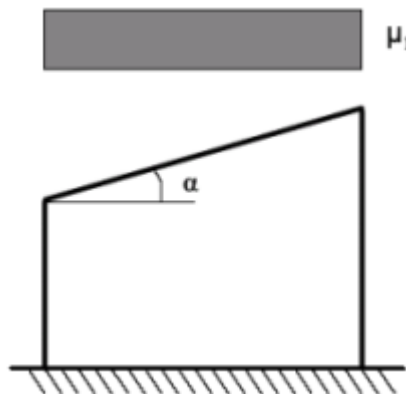
$C_E = 1.0$  Coefficiente di esposizione


$C_t = 1.0$  Coefficiente termico

$q_{sk} = 0.6 \text{ KN/m}^2$  Carico neve al suolo

Nel caso in esame (copertura ad una falda), con  $\alpha = 0^\circ$ , il coefficiente di forma vale:

$$\mu_1(\alpha) = 0.80 \Rightarrow q_s = 0.48 \text{ KN/m}^2$$



	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 35 di 62

## 8.11 SOVRACCARICO VENTO TETTOIE E BIOFILTRI

Per i biotrikling si è assunta la seguente azione del vento

### SOVRACCARICO VENTO

Zona Vento	$V_{b,0}$ (m/s)	$a_0$ (m)	$K_a$ (1/s)
3	27	500	0.020

Categoria di esposizione	K	$z_0$ (m)	$z_{min}$ (m)
2	0.19	0.05	4

Altitudine:  $a_s = 40$  m s.l.m.

Distanza dalla costa: terra - entro 10 Km

Classe di rugosità terreno: D

Altezza manufatto:  $h = 4.00$  m

Periodo di ritorno:  $T_R = 50.0$  anni  $\Rightarrow$   
 $C_R = 0.75 \{1 - 0.2 \ln[-\ln(1 - 1/T_R)]\}^{0.5} = 1.00$

Velocità di riferimento del vento:  $V_b = c_a \cdot V_{b,0}$  con:  
 $c_a = 1$  per  $a_s \leq a_0$   
 $c_a = 1 + K_s \cdot (a_s/a_0 - 1)$  per  $a_s > a_0$

$$V_b = 27.000 \text{ m/s}$$

$$V_b(T_R) = C_R V_b = 27.020 \text{ m/s}$$

Coefficiente dinamico:  $C_d = 1.00$

Coefficiente di forma:  $C_p = 1.20$

Coefficiente di attrito:  $C_f = 0.02$

Coefficiente di topografia:  $C_t = 1.00$

Coefficiente di esposizione:  $C_e(z) = K_r^2 C_t \ln(z/z_0) [7 + C_t \ln(z/z_0)]$   
per  $z \geq z_{min}$

$$C_e(z) = C_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

$$C_e(z) = 1.80$$

Le azioni del vento si traducono in pressioni (positive) e depressioni (negative) agenti normalmente alla superficie degli elementi che compongono la costruzione. La pressione agente su un singolo elemento è data dall'espressione:

$$p = q_b C_e C_p C_d = 985.89 \text{ Pa}$$

dove:

$$q_b = 1/2 \rho v_b^2 \quad \text{e' la pressione cinetica di riferimento;}$$

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3 \quad \text{e' la densita' dell'aria}$$

L'azione tangente per unità di superficie parallela alla direzione del vento è:

$$p_f = q_b C_e C_f = 16.43 \text{ Pa}$$

**Per gli edifici in acciaio si è assunta la seguente azione del vento**

SOVRACCARICO VENTO

Zona Vento	$V_{b,0}$ (m/s)	$a_0$ (m)	$K_a$ (1/s)
3	27	500	0.020

Categoria di esposizione	$K$	$z_0$ (m)	$z_{min}$ (m)
2	0.19	0.05	4

Altitudine:  $a_s = 40 \text{ m}$  s.l.m.

Distanza dalla costa: terra - entro 10 Km

Classe di rugosità terreno: D

Altezza manufatto:  $h = 4.00 \text{ m}$

Periodo di ritorno:  $T_R = 50.0 \text{ anni} \Rightarrow$   
 $C_R = 0.75 \{1 - 0.2 \ln[-\ln(1 - 1/T_R)]\}^{0.5} = 1.00$

Velocità di riferimento del vento:  $V_b = c_a \cdot V_{b,0}$  con:  
 $c_a = 1$  per  $a_s \leq a_0$   
 $c_a = 1 + K_s \cdot (a_s/a_0 - 1)$  per  $a_s > a_0$

$$V_b = 27.000 \text{ m/s}$$

$$V_b(T_R) = C_R V_b = 27.020 \text{ m/s}$$

Coefficiente dinamico:  $C_d = 1.00$

Coefficiente di attrito:  $C_f = 0.02$

Coefficiente di topografia:  $C_t = 1.00$

Coefficiente di esposizione:  $C_e(z) = K_R^2 C_t \ln(z/z_0) [7 + C_t \ln(z/z_0)]$   
per  $z \geq z_{min}$

$$C_e(z) = C_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

$$C_e(z) = 1.80$$

Le azioni del vento si traducono in pressioni (positive) e depressioni (negative) agenti normalmente alla superficie degli elementi che compongono la costruzione. La pressione agente su un singolo elemento è data dall'espressione:

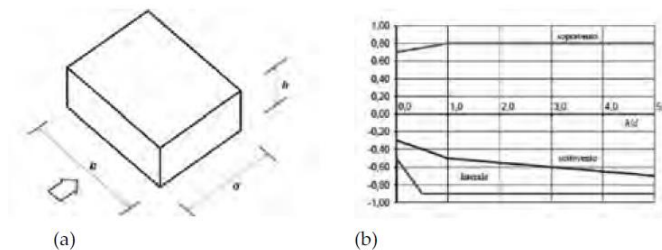
$$p = q_b C_e C_p C_d = 820 \text{ Pa}$$

#### Coefficiente di forma:

Il coefficiente di forma è stato determinato per i seguenti elementi

##### **C3.3.8.1.1 Pareti verticali**

I coefficienti globali  $c_{pe}$  da assumere sulle pareti di un edificio a pianta rettangolare sono riportati in Figura C3.3.2 e in Tabella C3.3.I



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

Figura C3.3.2

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

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

##### **C3.3.8.1.3 Coperture a falda singola**

L'altezza di riferimento  $\bar{z}_e$  per le coperture inclinate a semplice falda è pari alla quota massima della copertura stessa. Per le inclinazioni  $-5^\circ \leq \alpha \leq +5^\circ$  occorre fare riferimento al caso di copertura piana (§ C3.3.8.1.2). I coefficienti globali da assumere sulle coperture a singola falda di un edificio a pianta rettangolare, nel caso di vento ortogonale alla direzione del colmo sono riportati in Figura C3.3.8 e in Tabella C3.3.V. Nella zona  $5^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$  la pressione può variare rapidamente da valori negativi a valori positivi, per cui vengono forniti valori di coefficienti di pressione più con entrambi i segni; in generale, si considerano ambedue le condizioni di carico, valutando quale può condurre a situazioni più gravose per la struttura o l'elemento strutturale considerato.

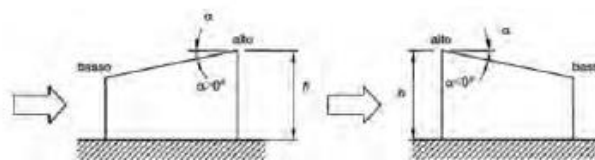


Figura C3.3.7 - Schema di riferimento per coperture a semplice falda

**Tabella C3.3.V** - Coefficienti di pressione per coperture a semplice falda ( $\alpha$  in  $^\circ$ ): vento perpendicolare alla direzione del colmo.

Valori negativi		Valori positivi	
$\alpha \leq -60^\circ$	$c_{pe} = -0,5$		
$-60^\circ \leq \alpha \leq -15^\circ$	$c_{pe} = -0,5 - (\alpha + 60)/90$	$0^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$	$c_{pe} = +\alpha/75$
$-15^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$c_{pe} = -1,0 + (\alpha + 15)/75$	$45^\circ \leq \alpha \leq 75^\circ$	$c_{pe} = +0,6 + (\alpha - 45)/150$
$30^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$	$c_{pe} = -0,4 + (\alpha - 30)/37,5$		

I coefficienti globali da assumere sulle coperture a singola falda di un edificio a pianta rettangolare, nel caso di vento parallelo alla direzione del colmo sono riportati in Figura C3.3.9 e in Tabella C3.3.VI.

**Tabella C3.3.VI** - Coefficienti di pressione per coperture a semplice falda ( $\alpha$  in  $^\circ$ ): vento parallelo alla direzione del colmo.

Fascia sopravvento di profondità pari al minimo tra $b/2$ ed $h$	$0^\circ \leq \alpha \leq 15^\circ$	$c_{pe,A} = -0,8 - \alpha/50$
	$15^\circ < \alpha$	$c_{pe,A} = -1,10$
Restanti zone	$0^\circ \leq \alpha \leq 15^\circ$	$c_{pe,B} = -0,2 - \alpha/30$
	$15^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$	$c_{pe,B} = -0,7 - (\alpha - 15)/150$
	$45^\circ \leq \alpha$	$c_{pe,B} = -0,9 + (\alpha - 45)/75$


Nei tabulati di calcolo sono esplicitate le determinazioni e i valori delle azioni del vento per ogni manufatto interessato da tale azione.

## 8.12 SPINTA DEI SOVRACCARICHI ACCIDENTALI SUI MURI

Le spinte sui muri perimetrali interrati dovute ai sovraccarichi accidentali si sono assunte pari a

$S_q = 1000 \text{ daN/m}^2$  uniformemente distribuiti.



	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 39 di 62

## 9. ANALISI STRUTTURALE


I calcoli e le verifiche sono condotti con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 17 gennaio 2018. I carichi agenti sui solai, derivanti dall'analisi dei carichi, vengono assegnati alle aste in modo automatico in relazione all'influenza delle diverse aree di carico. Su tutti gli elementi strutturali è inoltre possibile applicare direttamente ulteriori azioni concentrate e/o distribuite. Le azioni introdotte direttamente sono combinate con le altre (carichi permanenti, accidentali e sisma) mediante le combinazioni di carico di seguito descritte; da esse si ottengono i valori probabilistici da impiegare successivamente nelle verifiche.

In fase di combinazione delle condizioni di carico si è agito su coefficienti moltiplicatori delle condizioni per definirne l'esatto contributo sia in termini di carico che di massa, e sono stati infine definiti gli scenari di calcolo come gruppi omogenei di combinazioni di carico. Di seguito vengono riportate le combinazioni di carico usate per lo Stato Limite Ultimo e per lo Stato Limite di Esercizio. Le verifiche sono riportate nel fascicolo dei calcoli.

Le tabelle riportano nell'ordine:

- il nome della combinazione di carico
- il tipo di analisi svolta: STR=Statica Strutturale, Statica STR=Sismica statica Strutturale, Modale STR=Sismica modale strutturale, SLE Rara=Stato Limite Esercizio combinazione rara, SLE Freq=Stato Limite Esercizio combinazione frequente, SLE Q.Perm==Stato Limite Esercizio combinazione quasi Permanente, GEO=Statica Geotecnica, Statica GEO=Sismica Statica Geotecnica, Modale GEO=Sismica modale Geotecnica, STR+GEO=Statica Strutturale+Geotecnica, Statica STR+GEO=Sismica Statica Strutturale+Geotecnica, Modale STR+GEO=Sismica modale Strutturale+Geotecnica. I termini "Strutturale", "Geotecnica" e "Strutturale+Geotecnica" indicano che la combinazione è usata dal programma per la determinazione delle verifiche di resistenza degli elementi strutturali, delle sole verifiche geotecniche, sia per le verifiche strutturali che geotecniche.
- lo spettro usato, se sismica
- il fattore amplificativo del sisma
- l'angolo di ingresso del sisma, se trattasi di analisi sismica
- il nome della condizione di carico e per ogni condizione di carico
- il fattore di combinazione per i carichi verticali
- se la condizione (con il suo coefficiente di peso) è inclusa nella combinazione (colonna Attiva)
- se la condizione partecipa alla formazione della massa (colonna Massa)



	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE)</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <u><b>Relazione generale di calcolo strutturale</b></u>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 40 di 62

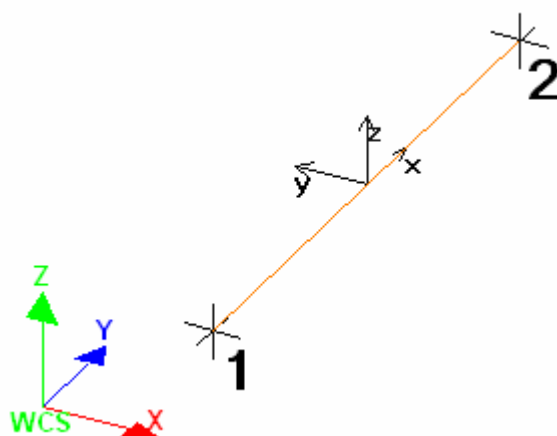
- il fattore con cui partecipa alla formazione della massa (se non è esclusa dalla formazione della massa)

## 10. VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

La verifica di resistenza degli elementi è condotta considerando le sollecitazioni di calcolo ed imponendo che le resistenze siano superiori alle azioni. Gli elementi sono verificati e/o progettati applicando la gerarchia delle resistenze. Le verifiche sono condotte secondo i seguenti criteri di progetto-verifica validi sia per lo SLU che per lo SLD, i criteri di progetto sono una raccolta di parametri che vengono usati in fase di verifica secondo le esigenze strutturali, ognuno di essi contiene i dati per tutti gli elementi, è sottinteso che nella verifica di un elemento (es. trave) non sono presi in considerazione i dati relativi agli altri elementi (ad es. se si verifica una trave non sono presi in considerazione i dati relativi a pilastri e shell, così come se si esegue una verifica agli SLU non sono presi in considerazione i dati relativi agli SLE). Ognuno di essi è identificato da un nome a scelta dell'operatore, per cui nei tabulati di verifica il nome del criterio ne identifica i parametri usati. Riguardo alle verifiche agli SLU le resistenze sono determinate in base a quanto specificato dalla norma attraverso il modello plastico-incrudente o plastico -perfettamente plastico, la verifica consiste nel verificare che assegnate le sollecitazioni di verifica le deformazioni massime nel calcestruzzo e nell'acciaio siano inferiori a quelle ultime ciò equivale ad affermare che nello spazio tridimensionale  $N$ ,  $M_y$ ,  $M_z$  il punto rappresentativo delle sollecitazioni è interno al dominio di resistenza della sezione.

Le verifiche agli SLE riguardano le verifiche di:

- deformabilità degli impalcati con  $d < 0.003 \cdot h$
- fessurazione e tensioni in esercizio del c.a.
- deformabilità e spostamenti laterali degli elementi in acciaio e in alluminio



Il sistema di riferimento globale rispetto al quale è stata riferita l'intera struttura è una terna di assi cartesiani sinistrorsa OXYZ (X,Y, e Z sono disposti e orientati rispettivamente secondo il pollice, l'indice ed il medio della mano destra, una volta posizionati questi ultimi a 90° tra loro).

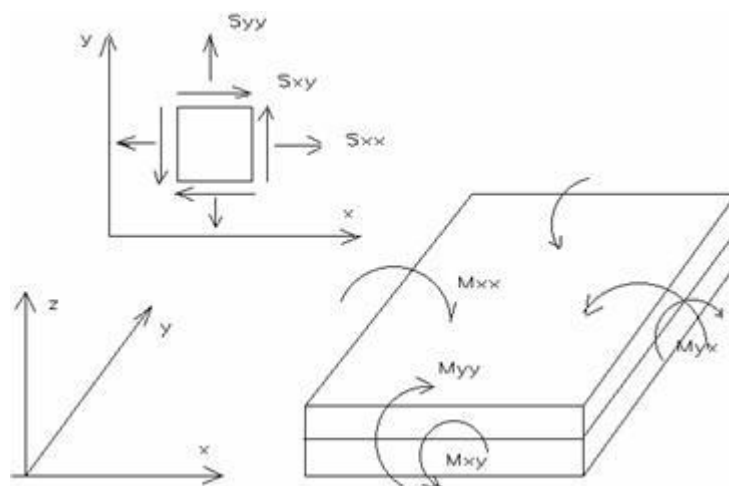
La terna di riferimento locale per un'asta è pure una terna sinistrorsa O'xyz che ha l'asse x orientato dal nodo iniziale I dell'asta verso il nodo finale J e gli assi y e z diretti secondo gli assi geometrici della sezione con l'asse y orizzontale e orientato in modo da portarsi a coincidere con l'asse x a mezzo di una rotazione oraria di 90° e l'asse z di conseguenza. Per un'asta comunque disposta nello spazio la sua terna locale è orientata in modo tale da portarsi a coincidere con la terna globale a mezzo di rotazioni orarie degli assi locali inferiori a 180°.

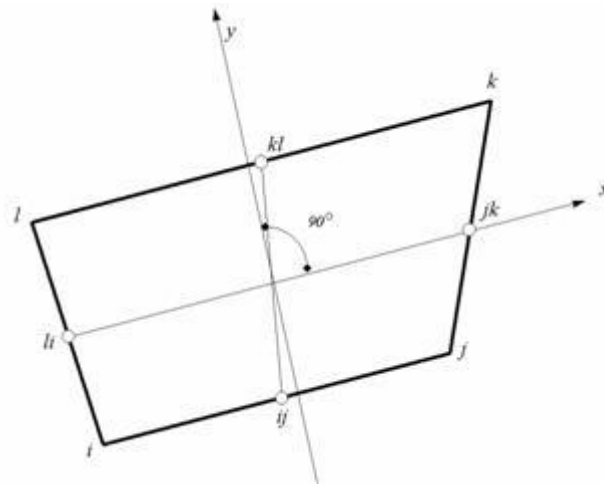
- Le forze, sia sulle aste che sulle pareti o lastre, sono positive se opposte agli assi locali;
- Le forze nodali sono positive se opposte agli assi globali;
- Le coppie sono positive se sinistrorse.

Le caratteristiche di sollecitazione sono positive se sulla faccia di normale positiva sono rappresentate da vettori equiversi agli assi di riferimento locali; in particolare il vettore momento positivo rappresenta una coppia che ruota come le dita della mano destra che si chiudono quando il pollice è equi verso all'asse locale.

- Le traslazioni sono positive se concorde con gli assi globali;
- Le rotazioni sono positive se sinistrorse.

Il sistema di riferimento locale per gli elementi bidimensionali è quello riportato in figura





La terna locale per l'elemento shell è costituita dall'asse x locale che va dal nodo li al nodo jk, l'asse y è diretto secondo il piano dell'elemento e orientato verso il nodo l e l'asse z di conseguenza in modo da formare la solita terna sinistrorsa. L'asse z locale rappresenta la normale positiva all'elemento.

Le sollecitazioni dell'elemento sono:

a) sforzi membranali.

$$S_{xx} = s_x$$

$$S_{yy} = s_y$$

$$S_{xy} = t_{xy}$$

b) sforzi flessionali:

$M_{xx}$  momento flettente che genera  $s_x$ , cioè intorno ad y.

$M_{yy}$  momento flettente che genera  $s_y$ , cioè intorno ad x

$M_{xy}$  momento torcente che genera  $t_{xy}$ .

Le sollecitazioni principali dell'elemento sono:


$$M_{1,2} = \frac{M_{xx} + M_{yy}}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{M_{xx} - M_{yy}}{2}\right)^2 + M_{xy}^2}$$

$$S_{1,2} = \frac{S_{xx} + S_{yy}}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{S_{xx} - S_{yy}}{2}\right)^2 + S_{xy}^2}$$

$$\tan 2\theta = \frac{M_{xy}}{M_{xx} - M_{yy}}$$

dove  $\theta$  è l'angolo formato dagli assi principali di  $M_1$  e  $M_2$  con quelli di riferimento e

$$\tan 2\psi = \frac{S_{xy}}{S_{xx} - S_{yy}}$$

	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 43 di 62

Dove  $\psi$  è l'angolo formato dagli assi principali di  $S_1$  e  $S_2$  con quelli di riferimento

L'elemento shell usato come piastra dà i momenti flettenti e non i tagli in direzione ortogonale all'elemento che possono ottenersi come derivazione dei momenti flettenti;

$$T_{zx} = M_{xx,x} + M_{xy,y}$$

$$T_{zy} = M_{xy,y} + M_{yy,y}$$

quando invece viene usato come lastra ci restituisce una 's' costante ed una 't' costante non adatti a rappresentare momenti flettenti, ma solo sforzi normali e tagli nel piano della lastra.

I tabulati di calcolo contengono due sezioni principali: la descrizione del modello di calcolo e la presentazione dei risultati.

## 11.METODO DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA.

Il calcolo delle azioni sismiche è stato eseguito in analisi dinamica modale, considerando il comportamento della struttura in regime elastico lineare. Le masse sono applicate nei nodi del modello queste vengono generate attraverso i carichi agenti sulle membrature che collegano i nodi come la massa relativa alla azione di incastro perfetto del carico considerato. La risposta massima di una generica caratteristica E, conseguente alla sovrapposizione dei modi, è valutata con la tecnica della combinazione probabilistica definita CQC (Complete Quadratic Combination - Combinazione Quadratica Completa):

$$E = \sqrt{\sum_{i,j=1,n} \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j}$$

con:

$$\rho_{ij} = \frac{8\xi^2 \cdot (1 + \beta_{ij}) \cdot \beta_{ij}^{\frac{3}{2}}}{(1 - \beta_{ij}^2)^2 + 4\xi^2 \cdot \beta_{ij} \cdot (1 + \beta_{ij}^2)} \quad \beta_{ij} = \frac{\omega_i}{\omega_j}$$


dove:

n è il numero di modi di vibrazione considerati

$\xi$  è il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente espresso in percentuale;

$\beta_{ij}$  è il rapporto tra le frequenze di ciascuna coppia i-j di modi di vibrazione.

Le sollecitazioni derivanti da tali azioni sono state calcolate per varie posizioni dei baricentri delle masse e composte secondo combinazioni di posizioni prestabilite, come riportato in seguito, il risultato di tali combinazioni sono state composte poi con quelle derivanti da carichi non sismici secondo le varie combinazioni di carico probabilistiche. Per tener conto della eccentricità accidentale delle masse si sono considerate varie posizioni delle masse ad ogni impalcato modificando la posizione del baricentro di una distanza, rispetto alla posizione originaria, come percentuale della dimensione della struttura nella direzione considerata. Le azioni

	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 44 di 62

risultanti dai calcoli per le varie posizioni delle masse, in fase di verifica vengono combinati al fine di ottenere le azioni più sfavorevoli; di seguito vengono riportate sia le posizioni che le combinazioni delle masse, le due tabelle vanno lette nel seguente modo:

la prima indica la percentuale delle dimensioni della struttura secondo cui viene spostato il baricentro ad ogni impalcato la percentuale è assegnata nelle due direzioni ortogonali secondo cui agisce il sisma, per ognuna di tali posizioni è eseguito un calcolo modale della struttura; la seconda tabella è usata in fase di verifica per la valutazione dell'azione sismica nel seguente modo l'effetto del sisma in una direzione è combinato con quello ortogonale di un'altra posizione con i fattori specificati nelle due colonne:

<b>Percentuali Spostamento masse impalcati</b>
--

Posizione	% Spostamento direzione X	% Spostamento direzione Y
1	0	-5
2	5	0
3	0	5
4	-5	0

<b>Combinazioni del Sisma in X e Y</b>
--

Comb	Pos. SismaX	Pos. SismaY	Fx	Fy
1	1	2	1	0.3
2	1	2	0.3	1
3	1	4	1	0.3
4	1	4	0.3	1
5	3	2	1	0.3
6	3	2	0.3	1
7	3	4	1	0.3
8	3	4	0.3	1

Comb. = Numero di combinazione dei sismi

Pos. SismaX = Posizione in cui viene scelto il sisma in direzione X


Pos. SismaY = Posizione in cui viene scelto il sisma in direzione Y

Fx = Fattore con cui il sisma X partecipa

Fy = Fattore con cui il sisma Y partecipa


Ogni combinazione genera 4 sotto-combinazioni in base a tutte le combinazioni possibili dei segni di Fx ed Fy

Si è considerato un numero di modi di vibrazione sufficiente ad eccitare almeno l'85% della massa sismica in ogni posizione delle masse. Nei tabulati di calcolo sono riportati per ciascun manufatto i periodi di vibrazione e le masse modali.

	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE)</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b><u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 45 di 62


### **Criteri di verifica**

<b>CLS_Platee_ND</b>		
<b>Generici</b>		
Resistenza caratteristica Rck	MPa	45.00
Tensione caratteristica snervamento acciaio barre fyk	MPa	450.00
Tensione caratteristica snervamento acciaio staffe fyk	MPa	450.00
Deformazione unitaria ec0		0.002
Deformazione ultima ecu		0.0022
efu (solo incrudimento)		0.002
Modulo elastico E acciaio	MPa	2.10E05
Copriferro di calcolo	cm	5.6
Copriferro di disegno	cm	5.0
Coefficiente di sicurezza gCls		1.5
Coefficiente di sicurezza gAcc		1.15
Riduzione fcd calcestruzzo		0.85
Usa staffe minime di normativa in assenza di sisma		Si
Usa staffe minime di normativa in presenza di sisma		No
<b>Generici N.T.</b>		
Inclinazione bielle compresse cotg(q)		1.00
Modello acciaio		Incrudente
Incrudimento Ey/E0		0.000
Elemento esistente		No
<b>Generici D.M. 96 T.A.</b>		
Tensione ammissibile sc	MPa	13.50
Tensione ammissibile sc in trazione	MPa	4.02
Tensione ammissibile sc acciaio	MPa	260.00
Tensione tangenziale ammissibile tc0	MPa	0.80
Tensione tangenziale massima tc1	MPa	2.26
Coefficiente di omogeneizzazione n		15
Coefficiente di omogeneizzazione n in trazione		0.5
Sezione interamente reagente		No
<b>Fessurazioni</b>		
Verifica a decompressione		No
Verifica formazione fessure		No
Verifica aperture fessure		Si
Classe di esposizione		XA2
Tipo armatura		Poco sensibile
Combinazione Rara		No
Combinazione QP		Si
W ammissibile Combinazione QP	mm	0.200
Combinazione Freq.		Si
W ammissibile Combinazione Freq.	mm	0.300
Valore caratteristico apertura fessure wk(*wm)		1
fc efficace	MPa	3.4
Coefficiente di breve o lunga durata kt		0.40
Coefficiente di aderenza kl		0.80
<b>Tensioni ammissibili di esercizio</b>		
Verifica Combinazione Rara		Si
Tensione ammissibile sCls	MPa	22.41
Tensione ammissibile sAcciaio	MPa	360.00
Verifica Combinazione QP		Si
Tensione ammissibile sCls	MPa	16.81
Tensione ammissibile sAcciaio	MPa	360.00
Verifica Combinazione Freq.		No
<b>Coefficienti di omogeneizzazione</b>		
Acciaio - Cls compresso		15

	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE)</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <u><b>Relazione generale di calcolo strutturale</b></u>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 46 di 62

Cl <sub>s</sub> tes <sub>o</sub> - Cl <sub>s</sub> compresso		0.5
<b>Armatura muri</b>		
Minima percentuale armatura rispetto al Cl <sub>s</sub> in direzione X	%	0.1
Minima percentuale armatura rispetto al Cl <sub>s</sub> in direzione Y	%	0.1
Massima percentuale armatura rispetto al Cl <sub>s</sub> in direzione X	%	2
Massima percentuale armatura rispetto al Cl <sub>s</sub> in direzione Y	%	2
<b>Verifica muri</b>		
Step incremento armatura	cmq	0.01
Verifica muri come pareti		No


<b>CLS_Muri_ND</b>		
<b>Generici</b>		
Resistenza caratteristica R <sub>ck</sub>	MPa	45.00
Tensione caratteristica snervamento acciaio barre f <sub>yk</sub>	MPa	450.00
Tensione caratteristica snervamento acciaio staffe f <sub>yk</sub>	MPa	450.00
Deformazione unitaria ε <sub>c0</sub>		0.002
Deformazione ultima ε <sub>cu</sub>		0.0022
ε <sub>fu</sub> (solo incrudimento)		0.002
Modulo elastico E acciaio	MPa	2.10E05
Copriferro di calcolo	cm	5.6
Copriferro di disegno	cm	5.0
Coefficiente di sicurezza γ <sub>Cl<sub>s</sub></sub>		1.5
Coefficiente di sicurezza γ <sub>Acc</sub>		1.15
Riduzione f <sub>cd</sub> calcestruzzo		0.85
Usa staffe minime di normativa in assenza di sisma		Si
Usa staffe minime di normativa in presenza di sisma		No
<b>Generici N.T.</b>		
Inclinazione bielle compresse cotg(q)		1.00
Modello acciaio		Incrudente
Incrudimento E <sub>y</sub> /E <sub>0</sub>		0.000
Elemento esistente		No
<b>Generici D.M. 96 T.A.</b>		
Tensione ammissibile σ <sub>c</sub>	MPa	13.50
Tensione ammissibile σ <sub>c</sub> in trazione	MPa	4.02
Tensione ammissibile σ <sub>c</sub> acciaio	MPa	260.00
Tensione tangenziale ammissibile τ <sub>c0</sub>	MPa	0.80
Tensione tangenziale massima τ <sub>c1</sub>	MPa	2.26
Coefficiente di omogeneizzazione n		15
Coefficiente di omogeneizzazione n in trazione		0.5
Sezione interamente reagente		No
<b>Fessurazioni</b>		
Verifica a decompressione		No
Verifica formazione fessure		No
Verifica aperture fessure		Si
Classe di esposizione		XA2
Tipo armatura		Poco sensibile
Combinazione Rara		No
Combinazione QP		Si
W ammissibile Combinazione QP	mm	0.200
Combinazione Freq.		Si
W ammissibile Combinazione Freq.	mm	0.300
Valore caratteristico apertura fessure w <sub>k</sub> (*w <sub>m</sub> )		1
f <sub>c</sub> efficace	MPa	3.4
Coefficiente di breve o lunga durata k <sub>t</sub>		0.40
Coefficiente di aderenza k <sub>l</sub>		0.80
<b>Tensioni ammissibili di esercizio</b>		
Verifica Combinazione Rara		Si

	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE)</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b><u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 47 di 62


Tensione ammissibile sCls	MPa	22.41
Tensione ammissibile sAcciaio	MPa	360.00
Verifica Combinazione QP		Si
Tensione ammissibile sCls	MPa	16.81
Tensione ammissibile sAcciaio	MPa	360.00
Verifica Combinazione Freq.		No
<b>Coefficienti di omogeneizzazione</b>		
Acciaio - Cls compresso		15
Cls tesoro - Cls compresso		0.5
<b>Armatura muri</b>		
Minima percentuale armatura rispetto al Cls in direzione X	%	0.1
Minima percentuale armatura rispetto al Cls in direzione Y	%	0.1
Massima percentuale armatura rispetto al Cls in direzione X	%	2
Massima percentuale armatura rispetto al Cls in direzione Y	%	2
<b>Verifica muri</b>		
Step incremento armatura	cmq	0.01
Verifica muri come pareti		No

<b>CLS_Pilastrini_ND</b>		
<b>Generici</b>		
Resistenza caratteristica Rck	MPa	45.00
Tensione caratteristica snervamento acciaio barre fyk	MPa	450.00
Tensione caratteristica snervamento acciaio staffe fyk	MPa	450.00
Deformazione unitaria ec0		0.002
Deformazione ultima ecu		0.0035
efu (solo incrudimento)		0.002
Modulo elastico E acciaio	MPa	2.10E05
Copriferro di calcolo	mm	56.00
Copriferro di disegno	mm	50.00
Coefficiente di sicurezza gCls		1.5
Coefficiente di sicurezza gAcc		1.15
Riduzione fcd calcestruzzo		0.85
Usa staffe minime di normativa in assenza di sisma		Si
Usa staffe minime di normativa in presenza di sisma		No
<b>Generici N.T.</b>		
Inclinazione bielle compresse cotg(q)		1.00
Modello acciaio		Incrudente
Incrudimento Ey/E0		0.000
Elemento esistente		No
Sforzo normale ammissibile nmax (CDA)		0.550
Sforzo normale ammissibile nmax (CDB)		0.650
<b>Generici D.M. 96 T.A.</b>		
Tensione ammissibile sc	MPa	13.50
Tensione ammissibile sc in trazione	MPa	4.02
Tensione ammissibile sc acciaio	MPa	260.00
Tensione tangenziale ammissibile tc0	MPa	0.80
Tensione tangenziale massima tc1	MPa	2.26
Coefficiente di omogeneizzazione n		15
Coefficiente di omogeneizzazione n in trazione		0.5
Sezione interamente reagente		No
<b>Fessurazioni</b>		
Verifica a decompressione		No
Verifica formazione fessure		No
Verifica aperture fessure		Si
Classe di esposizione		XC4
Tipo armatura		Poco sensibile
Combinazione Rara		No




	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE)</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b><u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 48 di 62

Combinazione QP		Si
W ammissibile Combinazione QP	mm	0.200
Combinazione Freq.		Si
W ammissibile Combinazione Freq.	mm	0.300
Valore caratteristico apertura fessure $w_k(*w_m)$		1
Resistenza media a trazione $f_{ctm}$	MPa	33.52
Coefficiente di breve o lunga durata $k_t$		0.40
Coefficiente di aderenza $k_l$		0.80
<b>Tensioni ammissibili di esercizio</b>		
Verifica Combinazione Rara		Si
Tensione ammissibile sCls	MPa	22.41
Tensione ammissibile sAcciaio	MPa	360.00
Verifica Combinazione QP		Si
Tensione ammissibile sCls	MPa	16.81
Tensione ammissibile sAcciaio	MPa	360.00
Verifica Combinazione Freq.		No
<b>Coefficienti di omogeneizzazione</b>		
Acciaio - Cls compresso		15
Cls teso - Cls compresso		0.5
<b>Armatura pilastri</b>		
Massimo numero di ferri in ogni spigolo		1
Diametro ferri di spigolo	mm	20
Diametro ferri laterali	mm	16
Diametro staffe	mm	8
Numero braccia staffe lato lungo		2
Minima percentuale armatura rispetto al Cls	%	1.00
Massima percentuale armatura rispetto al Cls	%	4.00
<b>Verifica pilastri</b>		
Verifica a carico di punta		No
Verifica a pressoflessione deviata		Si
Verifica come pareti		No
<b>Verifica Duttilità N.T. 2018</b>		
Verifica di duttilità		NO
Fattore confinamento minimo		1.000
Calcolo Fattore confinamento		NO
<b>Verifica N.T. pilastri</b>		
Verifica pilastri tozzi		NO
Gerarchia Flessione-Taglio		NO
<b>Verifica a taglio pilastri</b>		
Effetto spinotto		Si
Traslazione momento		Si
Considera la resistenza a taglio VRDns		NO
<b>Verifica a taglio pilastri DM 3274/DM96</b>		
Coefficiente di amplificazione gRd		1.2
Sforzo normale ammissibile $n_{max}$		0.8
Effetto della pressoflessione		Si
<b>Verifica a taglio N.T. pilastri</b>		
gRd (CDA) Pressoflessione		1.3
gRd (CDB) Pressoflessione		1.3
gRd (CDA) Taglio		1.3
gRd (CDB) Taglio		1.1
Verifica Nodi secondo EC8		SI
<b>Stampa pilastri</b>		
Informazioni sollecitazioni di verifica		No
Verifica per tutte le combinazioni di carico		No
Fattori di amplificazione		No
<b>Gerarchia delle resistenze pilastri</b>		
Direzione Y		No

	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE)</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b><u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 49 di 62


Direzione Z	No
-------------	----

<b>CLS TraviFondazione_ND</b>		
<b>Generici</b>		
Resistenza caratteristica Rck	MPa	45.00
Tensione caratteristica snervamento acciaio barre fyk	MPa	450.00
Tensione caratteristica snervamento acciaio staffe fyk	MPa	450.00
Deformazione unitaria ec0		0.002
Deformazione ultima ecu		0.0035
efu (solo incrudimento)		0.002
Modulo elastico E acciaio	MPa	2.10E05
Copriferro di calcolo	mm	56.00
Copriferro di disegno	mm	50.00
Coefficiente di sicurezza gCls		1.5
Coefficiente di sicurezza gAcc		1.15
Riduzione fcd calcestruzzo		0.85
Usa staffe minime di normativa in assenza di sisma		Si
Usa staffe minime di normativa in presenza di sisma		No
<b>Generici N.T.</b>		
Inclinazione bielle compresse cotg(q)		1.00
Modello acciaio		Incrudente
Incrudimento Ey/E0		0.000
Elemento esistente		No
<b>Generici D.M. 96 T.A.</b>		
Tensione ammissibile sc	MPa	13.50
Tensione ammissibile sc in trazione	MPa	4.02
Tensione ammissibile sc acciaio	MPa	260.00
Tensione tangenziale ammissibile tc0	MPa	0.80
Tensione tangenziale massima tc1	MPa	2.26
Coefficiente di omogeneizzazione n		15
Coefficiente di omogeneizzazione n in trazione		0.5
Sezione interamente reagente		No
<b>Fessurazioni</b>		
Verifica a decompressione		No
Verifica formazione fessure		No
Verifica aperture fessure		Si
Classe di esposizione		XC2
Tipo armatura		Poco sensibile
Combinazione Rara		No
Combinazione QP		Si
W ammissibile Combinazione QP	mm	0.300
Combinazione Freq.		Si
W ammissibile Combinazione Freq.	mm	0.400
Valore caratteristico apertura fessure wk(*wm)		1
Resistenza media a trazione fctm	MPa	33.52
Coefficiente di breve o lunga durata kt		0.40
Coefficiente di aderenza k1		0.80
<b>Tensioni ammissibili di esercizio</b>		
Verifica Combinazione Rara		Si
Tensione ammissibile sCls	MPa	22.41
Tensione ammissibile sAcciaio	MPa	360.00
Verifica Combinazione QP		Si
Tensione ammissibile sCls	MPa	16.81
Tensione ammissibile sAcciaio	MPa	360.00
Verifica Combinazione Freq.		No
<b>Coefficienti di omogeneizzazione</b>		
Acciaio - Cls compresso		15


	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE)</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <u><b>Relazione generale di calcolo strutturale</b></u>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 50 di 62

ClS teso - ClS compresso		0.5
<b>Armatura travi</b>		
Numero di bracci delle staffe		2
Numero minimo di ferri superiori		2
Numero minimo di ferri inferiori		2
Numero minimo di ferri di parete		1
Numero reggistaffe superiori		0
Numero reggistaffe intermedi		4
Numero reggistaffe inferiori		2
Diametro ferri superiori	mm	16
Diametro ferri inferiori	mm	16
Diametro staffe	mm	8
Percentuale armatura rispetto alla base per verifica a taglio	%	100.00
Minima percentuale armatura compressa rispetto alla tesa	%	50.00
Minima percentuale armatura rispetto al ClS	%	0.20
Massima percentuale armatura rispetto al ClS	%	1.55
<b>Calcolo travi</b>		
Traslazione momento		Si
<b>Verifica travi</b>		
Verifica a torsione		No
Verifica a pressoflessione retta		No
Trave a spessore		No
<b>Verifica N.T. travi</b>		
Trave tozza		No
Gerarchia Flessione-Taglio		No
Escludi dalla gerarchia trave-pilastro		No
<b>Verifica a taglio DM 3274 travi</b>		
Coefficiente di sovra resistenza gRd		1.2
Includi effetto della pressoflessione nel taglio		Si
<b>Verifica a taglio N.T. travi</b>		
Includi effetto spinotto nel taglio		Si
Considera la resistenza a taglio VRDns		NO
Coefficiente di sovra resistenza gRd (CDA)		1.2
Coefficiente di sovra resistenza gRd (CDB)		1.1
<b>Verifica Duttibilità N.T. 2018</b>		
Verifica di duttilità		NO
Fattore confinamento minimo		1.000
Calcolo Fattore confinamento		NO
<b>Verifica a taglio D.M. 96 T.A. travi</b>		
Percentuale taglio alle staffe	%	60
Percentuale taglio ferri parete	%	40
<b>Stampa travi</b>		
Stampa informazioni relative all'asse neutro		Si

<b>CLS_TraviAlte_ND</b>		
<b>Generici</b>		
Resistenza caratteristica Rck	MPa	45.00
Tensione caratteristica snervamento acciaio barre fyk	MPa	450.00
Tensione caratteristica snervamento acciaio staffe fyk	MPa	450.00
Deformazione unitaria ec0		0.002
Deformazione ultima ecu		0.0035
efu (solo incrudimento)		0.002
Modulo elastico E acciaio	MPa	2.10E05
Copriferro di calcolo	mm	56.00
Copriferro di disegno	mm	50.00
Coefficiente di sicurezza gClS		1.5
Coefficiente di sicurezza gAcc		1.15


	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE)</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b><u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 51 di 62

Riduzione fcd calcestruzzo		0.85
Usa staffe minime di normativa in assenza di sisma		Si
Usa staffe minime di normativa in presenza di sisma		No
<b>Generici N.T.</b>		
Inclinazione bielle compresse $\cotg(q)$		1.00
Modello acciaio		Incrudente
Incrudimento Ey/E0		0.000
Elemento esistente		No
<b>Generici D.M. 96 T.A.</b>		
Tensione ammissibile sc	MPa	13.50
Tensione ammissibile sc in trazione	MPa	4.02
Tensione ammissibile sc acciaio	MPa	260.00
Tensione tangenziale ammissibile $tc_0$	MPa	0.80
Tensione tangenziale massima $tc_1$	MPa	2.26
Coefficiente di omogeneizzazione n		15
Coefficiente di omogeneizzazione n in trazione		0.5
Sezione interamente reagente		No
<b>Fessurazioni</b>		
Verifica a decompressione		No
Verifica formazione fessure		No
Verifica aperture fessure		Si
Classe di esposizione		XC4
Tipo armatura		Poco sensibile
Combinazione Rara		No
Combinazione QP		Si
W ammissibile Combinazione QP	mm	0.200
Combinazione Freq.		Si
W ammissibile Combinazione Freq.	mm	0.300
Valore caratteristico apertura fessure $w_k(*w_m)$		1
Resistenza media a trazione $f_{ctm}$	MPa	33.52
Coefficiente di breve o lunga durata $kt$		0.40
Coefficiente di aderenza $k_1$		0.80
<b>Tensioni ammissibili di esercizio</b>		
Verifica Combinazione Rara		Si
Tensione ammissibile sCls	MPa	22.41
Tensione ammissibile sAcciaio	MPa	360.00
Verifica Combinazione QP		Si
Tensione ammissibile sCls	MPa	16.81
Tensione ammissibile sAcciaio	MPa	360.00
Verifica Combinazione Freq.		No
<b>Coefficienti di omogeneizzazione</b>		
Acciaio - Cls compresso		15
Cls tesoro - Cls compresso		0.5
<b>Armatura travi</b>		
Numero di bracci delle staffe		2
Numero minimo di ferri superiori		2
Numero minimo di ferri inferiori		2
Numero minimo di ferri di parete		1
Numero reggistaffe superiori		0
Numero reggistaffe intermedi		0
Numero reggistaffe inferiori		0
Diametro ferri superiori	mm	16
Diametro ferri inferiori	mm	16
Diametro staffe	mm	8
Percentuale armatura rispetto alla base per verifica a taglio	%	100.00
Minima percentuale armatura compressa rispetto alla tesa	%	50.00
Minima percentuale armatura rispetto al Cls	%	0.31
Massima percentuale armatura rispetto al Cls	%	1.55

	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE)</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b><u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 52 di 62

<b>Calcolo travi</b>		
Traslazione momento		No
<b>Verifica travi</b>		
Verifica a torsione		No
Verifica a pressoflessione retta		No
Trave a spessore		No
<b>Verifica N.T. travi</b>		
Trave tozza		No
Gerarchia Flessione-Taglio		No
Escludi dalla gerarchia trave-pilastro		No
<b>Verifica a taglio DM 3274 travi</b>		
Coefficiente di sovra resistenza gRd		1.2
Includi effetto della pressoflessione nel taglio		Si
<b>Verifica a taglio N.T. travi</b>		
Includi effetto spinotto nel taglio		Si
Considera la resistenza a taglio VRDns		NO
Coefficiente di sovra resistenza gRd (CDA)		1.2
Coefficiente di sovra resistenza gRd (CDB)		1.1
<b>Verifica Duttibilità N.T. 2018</b>		
Verifica di duttilità		NO
Fattore confinamento minimo		1.000
Calcolo Fattore confinamento		NO
<b>Verifica a taglio D.M. 96 T.A. travi</b>		
Percentuale taglio alle staffe	%	60
Percentuale taglio ferri parete	%	40
<b>Stampa travi</b>		
Stampa informazioni relative all'asse neutro		Si


<b>Acciaio_FlessTors</b>		
<b>Verifiche</b>		
Tipo di acciaio		S355
s amm (T<40mm)	MPa	240.00
s amm (T>40mm)	MPa	220.00
Fy (T<40mm)	MPa	355.00
Fy (T>40mm)	MPa	335.00
Ft (T<40mm)	MPa	510.00
Ft (T>40mm)	MPa	470.00
Piano di verifica		h
Tipo di instabilità		Flessotorsione
l Max		250
Coefficiente di sicurezza gs		1.5
Coefficiente di adattamento plastico Yx		1
Coefficiente di adattamento plastico Yy		1
Costante di ingobbamento Jw		1
Usa b		No
Escludi momento flettente trasversale Mz		No
Verifica come pendolo		No
Carichi estradossati		No
<b>Verifiche N.T. SLU</b>		
Coefficiente di sicurezza gM		1.05
Usa CNR 10011		No
<b>Stampe</b>		
Combinazioni di verifica		Più gravosa
<b>Verifiche N.T. SLE</b>		
Verifica degli spostamenti verticali		Si

	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE)</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b><u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 53 di 62


Monta iniziale della trave dc	cm	0.00
Limite spostamento nello stato finale	cm	L/200.00
Limite spostamento nello stato finale (mensola)	cm	L/100.00
Limite spostamento dovuto ai soli carichi variabili	cm	L/250.00
Limite spostamento dovuto ai soli carichi variabili (mensola)	cm	L/125.00

<b>Acciaio_PressSverg</b>		
<b>Verifiche</b>		
Tipo di acciaio		S355
s amm (T<40mm)	MPa	240.00
s amm (T>40mm)	MPa	220.00
Fy (T<40mm)	MPa	355.00
Fy (T>40mm)	MPa	335.00
Ft (T<40mm)	MPa	510.00
Ft (T>40mm)	MPa	470.00
Piano di verifica		h
Tipo di instabilità		Pressoflessione con svergolamento
l Max		200
Coefficiente di sicurezza gs		1.5
Coefficiente di adattamento plastico Yx		1
Coefficiente di adattamento plastico Yy		1
Costante di ingobbamento Jw		1
Usa b		No
Escludi momento flettente trasversale Mz		No
Verifica come pendolo		No
Carichi estradossati		No
<b>Verifiche N.T. SLU</b>		
Coefficiente di sicurezza gM		1.05
Usa CNR 10011		No
<b>Stampe</b>		
Combinazioni di verifica		Più gravosa
<b>Verifiche N.T. SLE</b>		
Verifica degli spostamenti verticali		Si
Monta iniziale della trave dc	cm	0.00
Limite spostamento nello stato finale	cm	L/200.00
Limite spostamento nello stato finale (mensola)	cm	L/100.00
Limite spostamento dovuto ai soli carichi variabili	cm	L/250.00
Limite spostamento dovuto ai soli carichi variabili (mensola)	cm	L/125.00

<b>CLS TraviSpessore ND</b>		
<b>Generici</b>		
Resistenza caratteristica Rck	MPa	45.00
Tensione caratteristica snervamento acciaio barre fyk	MPa	450.00
Tensione caratteristica snervamento acciaio staffe fyk	MPa	450.00
Deformazione unitaria εc0		0.002
Deformazione ultima εcu		0.0035
εfu (solo incrudimento)		0.002
Modulo elastico E acciaio	MPa	2.10E05
Copriferro di calcolo	mm	46.00
Copriferro di disegno	mm	30.00
Coefficiente di sicurezza γCls		1.5
Coefficiente di sicurezza γAcc		1.15
Riduzione fcd calcestruzzo		0.85

	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE)</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b><u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 54 di 62

Usa staffe minime di normativa in assenza di sisma		Si
Usa staffe minime di normativa in presenza di sisma		No
<b>Generici N.T.</b>		
Inclinazione bielle compresse $\cotg(\theta)$		1.00
Modello acciaio		Incrudente
Incrudimento Ey/E0		0.000
Elemento esistente		No
<b>Generici D.M. 96 T.A.</b>		
Tensione ammissibile $\sigma_c$	MPa	13.50
Tensione ammissibile $\sigma_c$ in trazione	MPa	4.02
Tensione ammissibile $\sigma_c$ acciaio	MPa	260.00
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c0}$	MPa	0.80
Tensione tangenziale massima $\tau_{cl}$	MPa	2.26
Coefficiente di omogeneizzazione n		15
Coefficiente di omogeneizzazione n in trazione		0.5
Sezione interamente reagente		No
<b>Fessurazioni</b>		
Verifica a decompressione		No
Verifica formazione fessure		No
Verifica aperture fessure		Si
Classe di esposizione		XC4
Tipo armatura		Poco sensibile
Combinazione Rara		No
Combinazione QP		Si
W ammissibile Combinazione QP	mm	0.200
Combinazione Freq.		Si
W ammissibile Combinazione Freq.	mm	0.300
Valore caratteristico apertura fessure $w_k(*w_m)$		1
Resistenza media a trazione $f_{ctm}$	MPa	3.35
Coefficiente di breve o lunga durata $k_t$		0.40
Coefficiente di aderenza $k_l$		0.80
<b>Tensioni ammissibili di esercizio</b>		
Verifica Combinazione Rara		Si
Tensione ammissibile $\sigma_{Cls}$	MPa	22.41
Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$	MPa	360.00
Verifica Combinazione QP		No
Verifica Combinazione Freq.		No
<b>Coefficienti di omogeneizzazione</b>		
Acciaio - Cls compresso		15
Cls teso - Cls compresso		0.5
<b>Armatura travi</b>		
Numero di bracci delle staffe		4
Numero minimo di ferri superiori		2
Numero minimo di ferri inferiori		2
Numero minimo di ferri di parete		0
Numero reggistaffe superiori		2
Numero reggistaffe intermedi		0
Numero reggistaffe inferiori		2
Diametro ferri superiori	mm	16
Diametro ferri inferiori	mm	16
Diametro staffe	mm	8
Percentuale armatura rispetto alla base per verifica a taglio	%	100.00
Minima percentuale armatura compressa rispetto alla tesa	%	100.00
Minima percentuale armatura rispetto al Cls	%	0.31
Massima percentuale armatura rispetto al Cls	%	1.55
<b>Calcolo travi</b>		
Traslazione momento		No
<b>Verifica travi</b>		
Verifica a torsione		No
Verifica a pressoflessione retta		No
Trave a spessore		Si
<b>Verifica N.T. travi</b>		
Trave tozza		No
Gerarchia Flessione-Taglio		No
Escludi dalla gerarchia trave-pilastro		No
<b>Verifica a taglio DM 3274 travi</b>		
Coefficiente di sovra resistenza $\gamma_{Rd}$		1.2
Includi effetto della pressoflessione nel taglio		Si
<b>Verifica a taglio N.T. travi</b>		
Includi effetto spinotto nel taglio		Si
Considera la resistenza a taglio VRDns		NO
Coefficiente di sovra resistenza $\gamma_{Rd}$ (CDA)		1.2
Coefficiente di sovra resistenza $\gamma_{Rd}$ (CDB)		1.1
<b>Verifica Duttilità N.T. 2018</b>		

	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 55 di 62

Verifica di duttilità		NO
Fattore confinamento minimo		1.000
Calcolo Fattore confinamento		SI
<b>Verifica a taglio D.M. 96 T.A. travi</b>		
Percentuale taglio alle staffe	%	1e+02
Percentuale taglio ferri parete	%	0
<b>Stampa travi</b>		
Stampa informazioni relative all'asse neutro		Si

## 12. COMBINAZIONI DI CARICO

Tutte le combinazioni di carico vengono riportate dettagliatamente nei tabulati di calcolo. Le combinazioni di carico adottate sono:

- SLU
- SLE Rara
- SLE Frequente
- SLE Quasi Permanente
- SLV
- SLD
- SLO

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:


$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

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

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Con i coefficienti parziali per le azioni e per gli effetti delle azioni di cui alle tabelle seguenti delle NTC 2018.



	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE)</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b><u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 56 di 62

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

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1	A2
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6

Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

### 13. CODICI DI CALCOLO UTILIZZATI

<b>Autori:</b>	dott. ing. Dario PICA prof. ing. Paolo BISEGNA dott. ing. Donato Sista
<b>Produzione e distribuzione</b>	SOFT.LAB srl via Borgo II - 82030 PONTE (BN) tel. ++39 (824) 874392 fax ++39 (824) 874431 internet: <a href="http://www.soft.lab.it">http://www.soft.lab.it</a> e.mail: <a href="mailto:info@soft.lab.it">info@soft.lab.it</a>
<b>Sigla:</b>	IperSpaceBim 6.0.3
<b>Licenza n.</b>	Concesso in licenza a NACCI FRANCO codice utente C04936

Il calcolo automatico è stato eseguito su un elaboratore con le seguenti caratteristiche:

Tipo: GenuineIntel - 13th Gen Intel(R) Core(TM) i9-13980HX

Capacità di memoria: 32386 MB

Unità di memoria di massa: Disco C 300.48 GB

Sistema operativo e sua versione: Windows 10 (Build :22621)

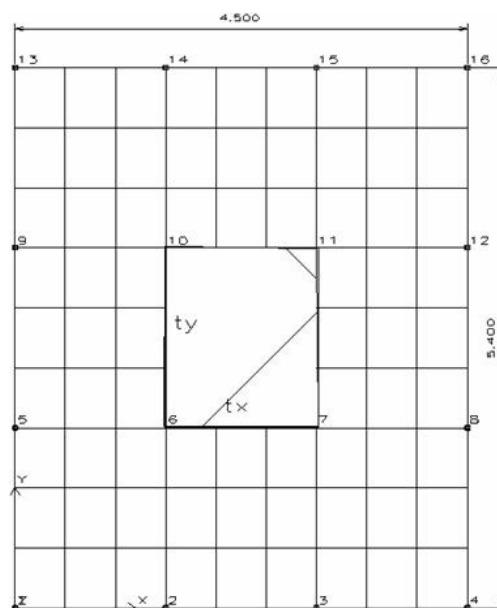
## 14.VALIDAZIONI DEL CALCOLO

La valutazione sulla correttezza dei dati in ingresso e sulla accuratezza dei risultati è stata effettuata sia mediante le visualizzazioni grafiche del post processore sia mediante il controllo dei tabulati numerici. La verifica che la soluzione ottenuta non sia viziata da errori di tipo numerico, legati all'algoritmo risolutivo ed alle caratteristiche dell'elaboratore, è stata effettuata considerando il numero di cifre significative utilizzate nei procedimenti numerici è 12 e che all'interno della matrice di rigidezza il rapporto tra il pivot massimo e minimo è accettabile quando risulta minore di 10 elevato al numero di cifre significative. Pertanto i risultati si ritengono accettabili per quanto riguarda la correttezza del calcolo automatico.

### 14.1 CASI PROVA


L'affidabilità dei codici utilizzati è stata testata attraverso la risoluzione manuale di alcuni schemi semplici della struttura e la risoluzione di alcuni casi prova, che il Produttore fornisce all'Utente, e vengono di seguito documentati.

#### CASO PROVA 2 - Piastra rettangolare



Siano  $L_x$  ed  $L_y$  i lati della piastra ( $L_y \geq L_x$ ) e  $t_x$   $t_y$  i corrispondenti lati del rettangolo caricato, si ha:

p carico uniforme;

	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 58 di 62

$P = p \cdot t_x \cdot t_y$  carico totale;

$M_{xm} = a_{xm} \cdot P$  momento al centro, agente parallelamente al lato  $L_x$  (cioè nella sezione di mezzeria parallela al lato  $L_y$ );

$M_{ym} = a_{ym} \cdot P$  momento al centro, agente parallelamente al lato  $L_y$  (cioè nella sezione di mezzeria parallela al lato  $L_x$ ).

Nel caso in esame essendo:

$L_x = 4.5$  [m];  $L_y = 5.4$  [m];  $t_x = 1.5$  [m];  $t_y = 1.8$  [m];  $p = 5000$  [dN/mq]; si ha:

$P = 13500$  [dN]

e per  $n = 0$  sarà:  $a_{xm} = 0.1377$ ;  $a_{ym} = 0.1050$  e pertanto si ha:

$M_{xm} = 1860$  [dNm];  $M_{ym} = 1418$  [dNm].

Se consideriamo la piastra discretizzata come in figura (9 x 9) con IperSpace si hanno i seguenti valori:

$M_{xx} = 1731$  [dNm];  $M_{yy} = 1314$  [dNm] con un errore  $< 8$  %

Se la discretizzazione è di  $15 \times 15$  elementi i valori sono:

$M_{xx} = 1810$  [dNm];  $M_{yy} = 1382$  [dNm] con un errore  $< 3$  %

Se la discretizzazione è di  $21 \times 21$  elementi i valori sono:

$M_{xx} = 1832$  [dNm];  $M_{yy} = 1400$  [dNm] con un errore  $< 1.5$  %.

### CASO PROVA 3 - Mensola inflessa


Prendiamo in considerazione la mensola di acciaio ( $E = 20.000$  kN/cm<sup>2</sup> e  $n = 0.25$ ) delle dimensioni  $48 \times 4 \times 1$  cm, sollecitata all'estremità da un taglio di 40 kN, riportata a pag. 121 del testo di C.A. BREBBIA e J.J. CONNOR. Il limite superiore dello spostamento all'estremo caricato, ottenuto con la Teoria delle travi è: cm 0.53374. Nella tabella che segue vengono riportati i valori dello spostamento per vari tipi di elementi finiti e varie discretizzazioni.

#### Risultati estratti dal Testo di Trebbia e Connor

Tipo di elemento	Numero elementi	Freccia di estremità	Errore %
Elemento triangolare a deformazione costante	160	0.45834	14.59
	576	0.51282	3.92
Elemento triangolare a deformazione lineare	160	0.53259	0.22
	576	0.53353	0.04
Elemento triangolare a deformazione quadratica	68	0.53059	0.17
	214	0.53259	0.22
Elemento rettangolare di primo ordine	160	0.51679	3.18
Elemento rettangolare del terzo ordine	52	0.52807	1.25

#### Risultati del solutore di IperSpace

Tipo di elemento	Numero	Freccia di estremità	Errore %
------------------	--------	----------------------	----------

	<b>Potenziamento dell'impianto di depurazione e del recapito finale a servizio dell'agglomerato del Comune di SQUINZANO (LE) PROGETTO DEFINITIVO <u>Relazione generale di calcolo strutturale</u></b>	<b>R.35</b>
		Maggio 2021
		Pagina 59 di 62

	<b>elementi</b>		
Elemento rettangolare	16	0.5198	2.60
“	36	0.5298	0.74
“	64	0.5311	0.49
“	100	0.5322	0.29
“	144	0.5328	0.18

L'elemento piastra consente, con una discretizzazione molto piccola ( $12 \times 3 = 36$  elementi), di avere un errore inferiore all'1%. Per ottenere risultati simili occorre eseguire non solo discretizzazioni più spinte, ma scegliere anche elementi a deformazione quadratica o di ordine superiore. L'impiego di tale elemento risulta particolarmente indicato per seguire le prescrizioni delle Norme Tecniche (D.M. 2018), che impongono la sostituzione ai pilastri snelli delle pareti. La risoluzione di questo problema di modellazione consente di evitare errori grossolani sulla stima di sforzi e deformazioni degli elementi bidimensionali.

## 15.TABULATI DI CALCOLI

Nei tabulati di calcolo allegati sono riportati i modelli ritenuti più significativi. A tal fine, relativamente a tali modelli, risultano inseriti tutti i dati di input contenenti le informazioni necessarie a consentire la riproduzione dell'elaborazione da terzi; sono inseriti anche i risultati di output (spostamenti, sollecitazioni, stati tensionali, verifiche numeriche).

Nel presente punto si procede al dimensionamento delle scale in c.a. realizzate mediante soletta di spessore di 20 cm oltre il gradino. Tale soletta risulta incastrata nei setti delle vasche; di tale elemento si riporta nel presente paragrafo la verifica di dettaglio.

I valori riportati di seguito sono riferiti ad una fascia di dimensioni 100x20 cm con luce di calcolo di 120 cm.

Dall'analisi dei carichi si ottengono i seguenti risultati:

*Carichi Permanenti Strutturali G1*- Soletta rampante spessore medio con scalino  $0,30 \text{ m} \times 2.500 \text{ daN/m}^3 =$   
750 daN/m<sup>2</sup>

*Carichi Permanenti non Strutturali G2*-Ringhiera =  
30daN/m

*Carichi Accidentali* =  
400 daN/m<sup>2</sup>

*Carichi Accidentali* Spinta sulla ringhiera=  
200 daN/m

*Carichi Accidentali* Neve=  
48 daN/m<sup>2</sup>

combinazione di carico SLU:  $q_{slu} = 2007,00 \text{ daN/m}$

combinazione di carico SLE RARA:  $q_{sle,rara} = 1458 \text{ daN/m}$

combinazione di carico SLE FREQUENTE:  $q_{sle,qp} = 1285 \text{ daN/m}$

combinazione di carico SLE QUASI PERMANENTE:  $q_{sle,qp} = 1218 \text{ daN/m}$

La verifica viene effettuata considerando la scala perfettamente incastrata per cui allo S.L.U. risulta:

$M_{max} = 750 \text{ daN/m}^2 \times 1,20 \text{ m} \times 1,20 \text{ m} / 2 \times 1,3 + 30 \text{ daN/m} \times 1,20 \text{ m} \times 1,5 + 400 \text{ daN/m}^2 \times 1,20 \times 1,20 \text{ m} / 2 \times 1,5 + 200 \text{ daN/m} \times 1,10 \text{ m} \times 1,5 + 80 \text{ daN/m}^2 \times 0,5 \times 1,5 \times 1,2 \text{ m} / 2 = 1561 \text{ daNm}$

$V_{Ed,max} = 750 \text{ daN/m}^2 \times 1,20 \text{ m} \times 1,3 + 30 \text{ daN/m} \times 1,5 + 400 \text{ daN/m}^2 \times 1,20 \times 1,5 + 80 \text{ daN/m}^2 \times 0,5 \times 1,5 \times 1,2 \text{ m} = 2007 \text{ daN}$

### Armatura adottata e verifiche

Viene adottata un'armatura costituita da 2 monconi  $\Phi 16$  a gradino, ossia 2+2 $\Phi 16/30 \text{ cm}$

- Verifiche allo SLU per tensioni normali

#### DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA

##### SEZIONE TRASVERSALE

Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	200	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	50	[mm]
Altezza utile della sezione	d	150	[mm]

##### ARMATURA TESA

Diametro dei ferri correnti	$\phi_1$	16	[mm]
Numero dei ferri correnti	$n_1$	6	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n_2$	0	[-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	1206	[mm <sup>2</sup> ]

##### ARMATURA COMPRESSA

Diametro dei ferri correnti	$\phi'_1$	16	[mm]
Numero dei ferri correnti	$n'_1$	6	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi'_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n'_2$	0	[-]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	1206	[mm <sup>2</sup> ]

#### DETERMINAZIONE DEL MOMENTO RESISTENTE

Determinazione della percentuale meccanica di armatura tesa	$\omega_s$	[-]
Rapporto tra copriferro e altezza utile	$\delta$	[-]
Rapporto tra armatura compressa e armatura tesa	$\rho$	[-]

Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 2a	$\xi_{2a}$	[-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 2b	$\xi_{2b}$	[-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 3	$\xi'_3$	[-]
Coefficiente di riempimento per il Campo 2a	$\xi_{2a}$	[-]
Coefficiente di riempimento per il Campo 2b	$\xi_{2b}$	[-]
Coefficiente $\alpha'_s$ per il Campo 2a	$\xi'_{s(a)}$	[-]
Coefficiente $\alpha'_s$ per il Campo 2b	$\xi'_{s(b)}$	[-]
Coefficiente $\alpha'_s$ per il Campo 3	$\xi'_{s(3)}$	[-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 2a	$\xi_{2a}$	[-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 2b	$\xi_{2b}$	[-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 3	$\xi_3$	[-]
	$\xi'_3$	[-]

CAMPO 3b

**Armatura simmetrica**

Posizione adimensionale dell'asse neutro	$\xi$	[-]
Posizione dell'asse neutro	x	[mm]
Deformazione massima nel calcestruzzo	$\xi_{c,max}$	[-]
Deformazione massima dell'acciaio	$\xi_{s,max}$	[-]
Coefficiente di riempimento	$\xi$	[-]
Coefficiente di baricentro	$\xi$	[-]
Coefficiente $\alpha'_s = \sigma'_s / f_{yd}$	$\xi'_s$	[-]
Tensione nell'armatura compressa	$\xi'_s$	[MPa]
Deformazione dell'armatura compressa	$\xi'_s$	[-]
<b>Momento resistente della sezione</b>	<b><math>M_{Rd}</math></b>	<b>47,21</b> [kNm]
<b>Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto</b>	<b><math>M_{Ed}</math></b>	<b>15,6</b> [kNm]

$$M_{max} = 1561 \text{ daNm} < M_{Rd} = 4721 \text{ daNm}$$

- Verifiche allo SLU per sollecitazioni taglianti

**DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE**

**§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

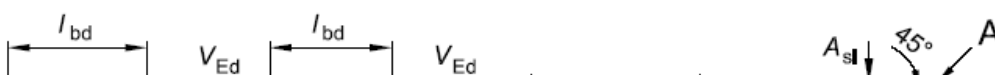
Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	$V_{Ed}$	21
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0,12
Coefficiente k	k	2,15
		2,00
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	$\xi_1$	0,0080425
		0,0080425

figura 6.3

**Definizione di  $A_{sl}$  nella espressione (6.2)**

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	106,29
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	84,00
<b>Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>106,29</b>

$$V_{Ed,max} = 2007 \text{ daN} < V_{Rd} = 10629 \text{ daN}$$