



DESCRIZIONE INTERVENTO:					
<div>COMUNE DI ERVE</div> <div></div> <div>OPERE DI ADEGUAMENTO IMPIANTO DI DEPURAZIONE</div>					
COMMITTENTE:				RESPONSABILE PROCEDIMENTO IN FASE DI PROGETTAZIONE:	
<div><div>Lario Reti Holding S.p.A. GESTORE SERVIZIO IDRICO INTEGRATO</div></div>				<div>ing. Silvia Maiocchi Lario Reti Holding S.p.A. Via Fiandra, 13 Lecco LC</div> <div> Tel. + 39 0341 359.130 Interno 130 E-mail: s.maiocchi@larioreti.it</div>	
STUDIO DI PROGETTAZIONE:				PROGETTISTA:	
<div>ing. Matteo Danielli via Gassman, 3 Milano (MI) Ordine Ingegneri di Milano: 23228</div> <div> Tel. + 39 3493108617 E-mail: matteo.danielli@ingpec.eu</div>				<div>ing. Matteo Danielli via Gassman, 3 Milano (MI) Ordine Ingegneri di Milano: 23228</div> <div> Tel. + 39 3493108617 E-mail: matteo.danielli@ingpec.eu</div>	
FASE PROGETTUALE:				C.S.P.:	
PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO				<div>ing. Matteo Danielli via Gassman, 3 Milano (MI) Ordine Ingegneri di Milano: 23228</div> <div> Tel. + 39 3493108617 E-mail: matteo.danielli@ingpec.eu</div>	
ALLEGATO:			NUMERO:		
Relazione di calcolo strutturale			A03		
			SCALA:		
REDATTO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA
MD	10/2019	-	-	-	-
REVISIONE N.	DESCRIZIONE:				DATA
NUMERO INTERVENTO:	PDA 2018-041	CODICE PROGETTO:	AB06	COMMESSA :	49794

1	OGGETTO	2
2	CARATTERISTICHE STRUTTURALI	2
3	NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	2
3.1	NORMATIVE	2
4	MATERIALI	3
4.1	CALCESTRUZZO PER STRUTTURE REALIZZATE IN OPERA	3
5	ANALISI DEI CARICHI	5
5.1	PESI PROPRI DEI MATERIALI STRUTTURALI	5
5.2	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI	5
5.3	CARICHI VARIABILI	6
5.4	SISMA	6
5.5	NEVE	10
5.6	VENTO	10
5.7	DILATAZIONE TERMICA	10
6	CRITERI DI CALCOLO E DI VERIFICA	10
6.1	Dettagli per la combinazione sismica	12
6.2	Progetto e verifica in condizione statica	13
6.3	Progetto e verifica in condizione sismica	15
ALLEGATO A:	CARATTERISTICHE DELL'ANALISI E DEL CODICE DI CALCOLO	16
ALLEGATO B:	ANALISI SISMICA	24
ALLEGATO C:	VERIFICA PRESSIONI SUL TERRENO	36
ALLEGATO D:	PIANO DI MANUTENZIONE	41

1 OGGETTO

La presente relazione di calcolo, predisposta ai sensi Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. del 17.01.2018, descrive i criteri e le modalità di progetto delle opere strutturali previste per la realizzazione di un nuovo manufatto in c.a. gettato in opera comprendente: vasca di alloggiamento delle pompe di sollevamento, vasca di alloggiamento del nuovo filtro a tela e nuovo bacino di disinfezione c/o l'impianto di Depurazione di Erve (LC).

2 CARATTERISTICHE STRUTTURALI

Il manufatto oggetto della seguente relazione sarà realizzato in c.a. gettato in opera avrà di dimensioni in pianta 3,80 x 4,90 m con muri perimetrali in c.a. gettato in opera di spessore 20cm ed altezza 245cm. I muri di separazione interni avranno spessore 20cm. La vasca principale poggerà su una platea di fondazione di altezza 30cm a -120cm rispetto al piano di campagna. All'interno sarà ricavata una fossa di dimensioni 150x150cm con platea di fondazione di altezza 30cm e piano di imposta a -250cm. Tutte le strutture sono parzialmente interrato ed completamente esposte, devono assicurare la tenuta idraulica. La copertura sarà realizzata con griglie in acciaio removibili per facilitare la manutenzione.

3 NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

3.1 NORMATIVE

Il dimensionamento delle strutture sarà condotto nel rispetto delle normative vigenti con particolare riferimento a:

- Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica (Legge 1086/71 del 5 Novembre 1971).
- Norme tecniche per le costruzioni NTC2018.
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018"

Ed inoltre:

- Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento delle costruzioni in zona sismica (Ordinanza n. 3274 G.U. 105 del 08.05.2003) e relativi aggiornamenti.
- Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. (Ordinanza del Consiglio dei Ministri n° 3274 pubb. sulla G.U. n° 105 dell'8/5/2003).
- Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica» (Ordinanza del Consiglio dei Ministri n° 3431 pubb. sulla G.U. n° 107 del 10/05/2005).
- UNI ENV 1992-1-1: Progettazione delle strutture di calcestruzzo Parte 1-1 : Regole generali – Regole generali e regole per gli edifici

- Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione (D.P.R.n.246 del 21.04.1993).
- UNI EN 206-1 :2001 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità.
- UNI 11104:2004 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- UNI EN 1995-1-1:2005 Eurocodice 5 – "Progettazione delle strutture in legno – Parte 1-1 – Regole generali – Regole comuni e regole per gli edifici".
- Appendici nazionali approvate dal Consiglio Superiore dei LL.PP. in data 27/7/2007
- Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" (D.M. del 16.01.1996).
- Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al D.M. 16.01.1996 (Circolare MIN. LL. PP. n°156.AA.GG./STC del 4.07.1996).
- 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 (D.M. del 11.03.1988).
- Istruzioni 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 MIN. LL. PP. n°30483 del 24.09.1988).
- Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche (D.M. del 9.01.1996).
- Istruzioni per l'applicazione delle " Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche " di cui al D.M. 09.01.1996 (Circolare MIN. LL. PP. n°252 AA.GG./STC del 15.10.1996).
- Norma UNI 9502 - Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi strutturali in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso.
- UNI ENV 1992-1-2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali – Progettazione della resistenza all'incendio

4 MATERIALI

Nel dimensionamento delle strutture si farà riferimento a materiali con le seguenti caratteristiche:

4.1 CALCESTRUZZO PER STRUTTURE REALIZZATE IN OPERA

Le opere oggetto della seguente relazione richiedono requisiti di tenuta idraulica per garantire che le acque non fuoriescano dai vani, tale caratteristica è essenziale per evitare la perdita di acqua verso l'esterno della struttura di contenimento. Queste esigenze di tenuta idraulica diventano ancora più stringenti per quelle strutture destinate al contenimento di acque reflue che possono contenere sostanze nocive per l'ambiente per l'ambiente e per le quali risulta di particolare importanza evitare perdite che possano inquinare le acque di falda o i terreni circostanti la struttura.

Per garantire sia il requisito di durabilità che quello di tenuta idraulica, in accordo anche ai dettami della norma UNI 11104 si prescrive di operare come nel seguito descritto:

- le strutture destinate al contenimento di acque reflue, indipendentemente che gli elementi siano o meno completamente o parzialmente sommersi, vengono inquadrati nella classe di esposizione **XC4**. Per questo tipo di strutture il requisito di durabilità in accordo alla norma UNI 11104 deve essere integrato con quello di tenuta idraulica il quale si consegue garantendo un coefficiente di permeabilità inferiore a 1.10-13 m/s. Entrambi i requisiti si conseguono garantendo un rapporto non superiore a **0.50** e una classe di resistenza a compressione minima di **C32/40**. Inoltre, in accordo con gli Eurocodici deve essere adottato un copriferro minimo di **35mm** e 45mm rispettivamente per le strutture in c.a. e c.a.p.

Resta, infine, da segnalare che l'ottenimento del requisito di tenuta idraulica può essere conseguito solo se, unitamente alla scelta di un conglomerato impermeabile, si predispongono in corrispondenza delle riprese di getto tra fondazione e muri verticali degli opportuni profili water-stop finalizzati a garantire la tenuta idraulica anche in corrispondenza di queste sezioni singolari.

4.1.1 Calcestruzzo destinato alla realizzazione di elementi parzialmente o completamente immersi di strutture a tenuta idraulica a contatto con acque reflue

Prescrizioni per gli ingredienti utilizzati per il confezionamento del conglomerato

A1) Acqua di impasto conforme alla UNI-EN 1008

A2) Additivo superfluidificante conforme ai prospetti 3.1 e 3.2 o superfluidificante ritardante conforme ai prospetti 11.1 e 11.2 della norma UNI-EN 934-2

A4) Aggregati provvisti di marcatura CE conformi alle norme UNI-EN 12620 e 8520-2. Assenza di minerali nocivi o potenzialmente reattivi agli alcali (UNI-EN 932-3 e UNI 8520/2) o in alternativa aggregati con espansioni su prismi di malta, valutate con la prova accelerata e/o con la prova a lungo termine in accordo alla metodologia prevista dalla UNI 8520-22, inferiori ai valori massimi riportati nel prospetto 6 della UNI 8520 parte 2. Cemento conforme alla norma UNI-EN 197-1

A6) Ceneri volanti e fumi di silice conformi alla norma UNI-EN 450 e UNI-EN 13263 parte 1 e 2.

Prescrizioni per il calcestruzzo

B1) Calcestruzzo a prestazione garantita (UNI EN 206-1)

B2) Classi di esposizione ambientale: **XC4** (elementi parzialmente immersi);

B3) Rapporto a/c max: **0.50**

B4) Classe di resistenza a compressione minima: **C(32/40)**

B5) Controllo di accettazione: tipo A (tipo B per volumi complessivi di calcestruzzo superiori a 1500 m³)

B6) Dosaggio minimo di cemento: 340 Kg/m³

B7) Aria intrappolata: max. 2,5%

B9) Diametro massimo dell'aggregato: **32 mm** (Per interferri inferiori a 35 mm utilizzare aggregati con pezzatura 20 mm)

B10) Classe di contenuto di cloruri del calcestruzzo: Cl 0.4

B11) Classe di consistenza al getto S4/S5 o slump di riferimento 230 ± 30 mm

B12) Volume di acqua di bleeding (UNI 7122): $< 0.1\%$

B13) Profondità media della penetrazione di acqua (UNI-EN 12390-8): 20 mm

Prescrizioni per la struttura

C1) Copriferro minimo: **35 mm** (45 mm per opere in c.a.p.) per strutture parzialmente immerse

C2) Controllo dell'esecuzione dell'opera: (R_{ck} minima in opera valutata su carote $h/d=1$): $C(x/y)_{opera} > 0,85 C(x/y) \geq 34 \text{ N/mm}^2$

C3) Scassero o durata minima della maturazione umida da effettuarsi mediante ricoprimento della superficie non casserata con geotessile bagnato ogni 24 ore (o con altro metodo di protezione equivalente): 7 giorni

C4) Utilizzo di profili water-stop in corrispondenza delle riprese di getto verticali e orizzontali oppure iniezione con resine espandenti mediante tubi microforati

C5) Acciaio B450C conforme al D.M. 14/01/2018:

Proprietà	Requisito
Limite di snervamento f_y	$\geq 450 \text{ MPa}$
Limite di rottura f_t	$\geq 540 \text{ MPa}$
Allungamento totale al carico massimo A_{gt}	$\geq 7\%$
Rapporto f_t/f_y	$1,13 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto $f_{y \text{ misurato}}/f_{y \text{ nom}}$	$\leq 1,25$
Resistenza a fatica assiale*	2 milioni di cicli
Resistenza a carico ciclico*	3 cicli/sec (deformazione $1,5 \div 4 \%$)
Idoneità al raddrizzamento dopo piega*	Mantenimento delle proprietà meccaniche superato, ai sensi del D.Lgs. 230/1995
Controllo radiometrico**	D. Lgs. 241/2000

5 ANALISI DEI CARICHI

Nell'ambito della normativa vigente la struttura in oggetto sarà soggetta ai seguenti carichi ambientali:

5.1 PESI PROPRI DEI MATERIALI STRUTTURALI

Le azioni dei pesi propri da inserire nelle combinazioni legate all'azione gravitazionale sono state determinate a partire dalle dimensioni geometriche e dai pesi dell'unità di volume dei materiali di cui sarà composta la costruzione nelle parti strutturali.

Per la determinazione dei pesi propri strutturali dei più comuni materiali si sono assunti i valori dei pesi dell'unità di volume riportati nella seguente tabella:

Calcestruzzo armato:	25,0 kN/m ³
Acciaio:	76.8 kN/m ³

5.2 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI

Sono stati considerati come carichi permanenti non strutturali i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione. Essi sono stati valutati sulla base delle dimensioni delle opere e dei pesi dell'unità di volume dei materiali costituenti e sono stati considerati, per le verifiche d'insieme, come uniformemente ripartiti.

Grigliato metallico: 50 kg/m²

5.3 CARICHI VARIABILI

Carico accidentale (Cat. D2) 5,00 kN/m²

Terreno

Le spinte del terreno sull'opera di sostegno sono state calcolate mediante i coefficienti, desunti dalla relazione geologica:

$K_a = f(\phi, \delta, \alpha, \beta)$ spinta attiva (Coulomb)

$K_p = f(\phi, \delta, \alpha, \beta)$ spinta passiva (Caquot-Kerisel)

Assumendo:

- l'angolo di attrito terra-muro $\delta = 17^\circ$
- l'inclinazione del paramento lato terra $\alpha = 90^\circ$
- la pendenza del terrapieno a tergo $\beta = 0^\circ$
- l'angolo di attrito interno $\phi = 27^\circ$

Forze indotte dalla pressione dell'acqua

La struttura in oggetto è soggetta a spinte dovute all'acqua dall'interno, viene considerato nei calcoli un'altezza massima di riempimento pari al bordo superiore del manufatto.

5.4 SISMA

I territori dei comuni di Erve è inserito in zona sismica 3, per la quale è indicato un valore massimo di accelerazione sismica al suolo $a_g = 0,062173 \text{ g}$.

Parametri sismici

Nelle seguenti tabelle vengono riportati parametri utilizzati per la valutazione dell'azione sismica sulla struttura in esame.

Caratteristiche del sito	
Comune: Erve	Provincia: LC
Longitudine: 9,45078 °	Latitudine: 45,817908 °
Categoria di sottosuolo: D	Amplificazione topografica: T1
Caratteristiche dell'edificio	

D081 – Lario Reti Holding S.p.A. – Adeguamento dell'impianto di depurazione di Erve secondo lotto
 Relazione strutturale
Vita nominale V_n : 50 anni

Classe d'uso: II

Coefficiente d'uso C_u : 1

Periodo di riferimento VR: 50,00 anni

	PVR	TR	ag	F0	TC*
Stato Limite di Operatività	81 %	30,00	0,21	2,56	0,17
Stato Limite di Danno	63 %	50,00	0,28	2,53	0,20
Stato Limite di Salvaguardia della Vita	10 %	475,00	0,62	2,60	0,28
Stato Limite di Prevenzione del Collasso	5 %	975,00	0,79	2,61	0,29

Parametri sismici
Componente orizzontale

Coefficiente di amplificazione topografica ST: 1

Fattore di utilizzazione dello spettro elastico η : 1

	SS	S	CC	TB	TC	TD
Stato Limite di Operatività	1,80	1,80	2,99	0,17	0,52	1,69
Stato Limite di Danno	1,80	1,80	2,82	0,18	0,55	1,71
Stato Limite di Salvaguardia della Vita	1,80	1,80	2,36	0,22	0,66	1,85
Stato Limite di Prevenzione del Collasso	1,80	1,80	2,32	0,22	0,67	1,92

Componente verticale

	SS	S	TB	TC	TD	Fv
Parametri dello spettro di risposta elastico verticale	1,0	1,80	0,05	0,15	1,0	2,78

con SS coefficiente di amplificazione stratigrafica
 S coefficiente di amplificazione topografica e stratigrafica
 F0 fattore di amplificazione spettrale massima su sito rigido orizzontale
 Fv fattore di amplificazione spettrale massima
 TC periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro, in [s]
 TB periodo di inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro, in [s]
 TD periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, in [s]

Fattore di comportamento (NTC §7.3.1)

Qui di seguito vengono riportati i parametri utilizzati per stimare il valore del fattore di struttura 'q' adottato nel calcolo.

Tale parametro è espressione della presenza di sistemi strutturali dissipativi e dalla loro valutazione agli stati limite ultimi per ciascuna direzione dell'azione sismica, in funzione della tipologia strutturale, del grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e prende in conto le non linearità del materiale.

L'espressione più generica per il calcolo del fattore di struttura è:

$$q = q_0 K_R K_W$$

Parametri di calcolo	
Classe di duttilità: Non dissipativa	Regolarità in pianta: Regolare
Tipologia di modello strutturale: Edifici a pareti accoppiate o miste equivalenti a pareti	Rapporto di sovrarresistenza α_u/α_1 : 1,2
Tipologia strutturale: Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste	Fattore di comportamento massimo q_0 : 1,5

Regolarità in altezza: Edifici regolari	Fattore riduttivo K_R : 1
Rapporto tra altezza a larghezza delle pareti α_0 : -	Fattore correttivo k_W : 1
Fattore di comportamento	
Fattore di comportamento q_x – componente orizzontale in direzione X: 1,5	
Fattore di comportamento q_y – componente orizzontale in direzione Y: 1,5	
Fattore di comportamento q – componente verticale: 1,5	
Coefficiente di amplificazione	
Coefficiente di amplificazione dell'azione sismica in direzione X: 1	
Coefficiente di amplificazione dell'azione sismica in direzione Y: 1	

Spettro di risposta elastico

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali è definito dalle seguenti espressioni:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T \leq T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \cdot \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T \leq T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \\
 T_C \leq T \leq T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

T = periodo proprio di vibrazione della struttura

S_e = accelerazione spettrale orizzontale

$S = S_s + S_T$ = coefficiente che tiene conto del tipo di sottosuolo e delle condizioni topografiche

Si calcolano le seguenti caratteristiche in funzione del tipo di suolo (nel caso in esame suolo di tipo C e categoria topografica T1):

$$S_s = 1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.2 \quad \text{coeff. di amplificazione stratigrafica}$$

$$S_t = 1 \quad \text{coefficiente di amplificazione topografica}$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0.55$$

fattore che altera lo spettro di risposta elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%;

$$F_0 \geq 2.2$$

fattore che quantifica l'accelerazione spettrale massima;

$$T_C = C_C \cdot T_C^*$$

periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, con C_C coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;

$$C_C = 1.10 \cdot (T_C^*)^{-0.20}$$

coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;

$$T_B = T_C/3$$

periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;

$$T_D = 4.0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1.6$$

periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante dello spettro.

Gli spostamenti della struttura sotto l'azione sismica di progetto SLV si ottengono utilizzando la seguente relazione (N.T.C. par. 7.3.3.3)

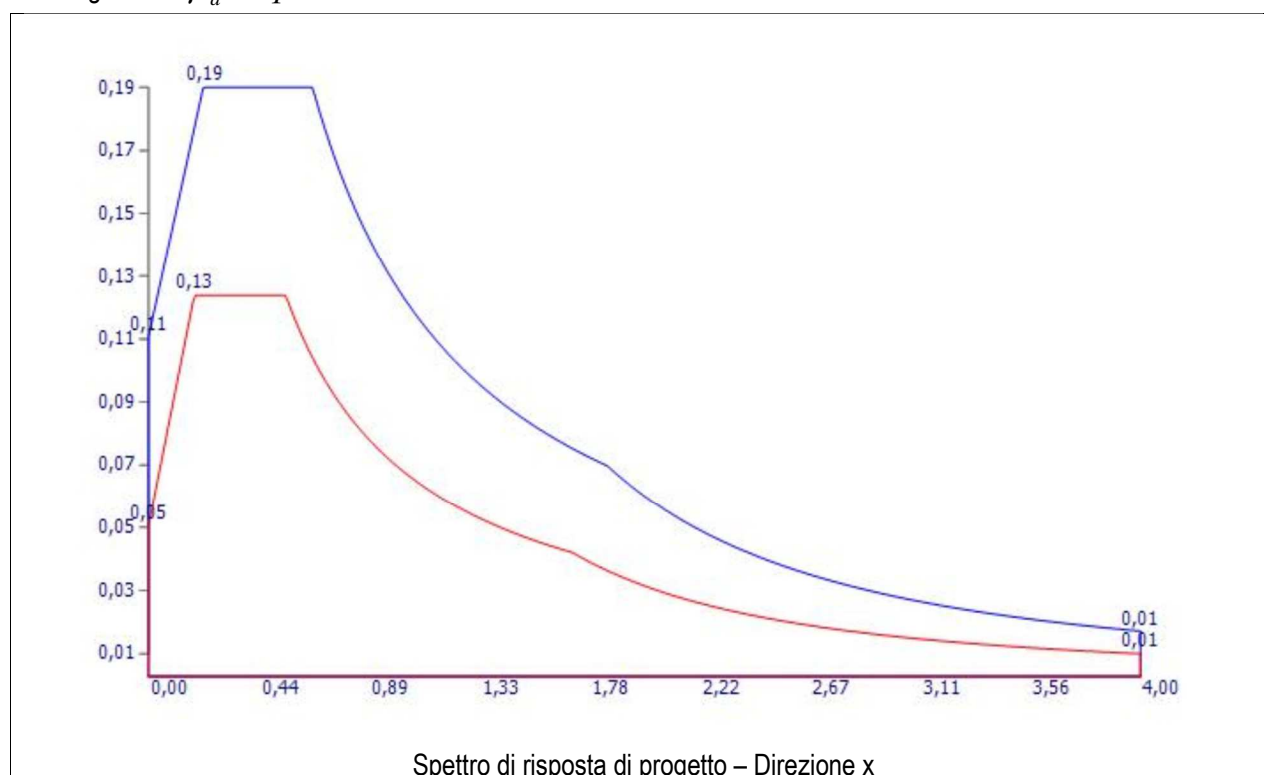
$$d_E = \pm \mu_d \cdot d_{Ee}$$

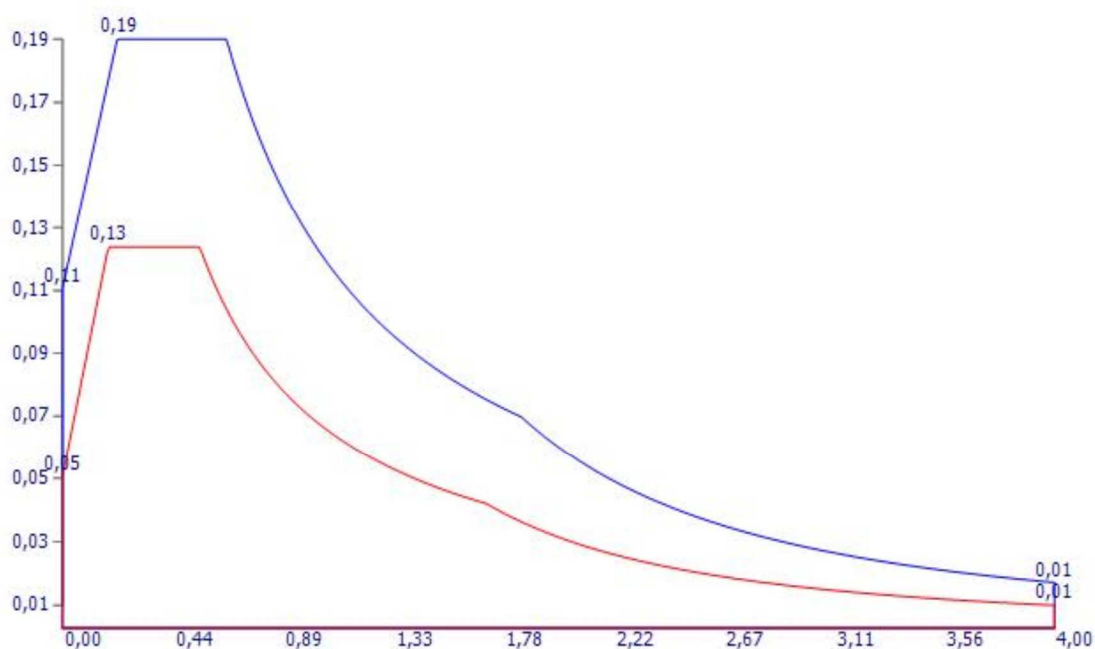
Dove :

$$\mu_d = q \text{ se } T_1 \geq T_c$$

$$\mu_d = 1 + (q - 1) \cdot \frac{T_c}{T_1} \text{ se } T_1 < T_c$$

In ogni caso $\mu_d \leq 5q - 4$





Spettro di risposta di progetto – Direzione y

Spettro di risposta di progetto orizzontale per SLU

Spettro di risposta elastico orizzontale per SLE

5.5 NEVE

Carico non valutato non dimensionante per la tipologia di manufatto da realizzare

5.6 VENTO

Carico non valutato non dimensionante per la tipologia di manufatto da realizzare

5.7 DILATAZIONE TERMICA

La variazione termica massima nell'arco dell'anno per strutture esposte e non è assunta pari a $\Delta t = \pm 10^\circ\text{C}$.

6 CRITERI DI CALCOLO E DI VERIFICA

Le verifiche sono eseguite con riferimento al metodo degli stati limite, in particolare devono essere esaminati gli stati limite ultimi e quelli di esercizio (spostamenti, tensioni di esercizio).

Le resistenze di calcolo sono determinate con la relazione:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m}$$

con

$$f_d = \text{resistenza di progetto;}$$

f_k = resistenza caratteristica

γ_m = coefficiente di sicurezza, assunto pari a:

Stati limite ultimi

Acciaio $\gamma_s = 1.15$

Calcestruzzo $\gamma_c = 1.5$

Stati limite di esercizio

Acciaio $\gamma_s = 1.0$

Calcestruzzo $\gamma_c = 1.0$

La resistenza di calcolo del calcestruzzo f_{cd} risulta pari a:

$$f_{cd} = 0.85 \cdot \frac{0.83 \cdot R_{ck}}{1.5}$$

Per gli stati limite ultimi sono adottate le seguenti combinazioni di carichi:

Combinazione fondamentale

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot Q_3 + \dots$$

Combinazione eccezionale

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

Combinazione con sisma

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} \cdot$$

con

G_1 = valore caratteristico delle azioni permanenti strutturali

G_2 = valore caratteristico dei sovraccarichi variabili

P_k = valore caratteristico della forza di precompressione

Q_{1k} = valore caratteristico dell'azione di base di ogni combinazione

γ_{g1} = 1.3 (1.0 se il suo contributo aumenta la sicurezza)

γ_{g2} = 1.5 (1.0 se il suo contributo aumenta la sicurezza)

$\gamma_p = 0.9$ (1.2 se il suo contributo aumenta la sicurezza)

$\gamma_q = 1.5$ (0 se il suo contributo aumenta la sicurezza)

Per gli stati limite di esercizio sono adottate le seguenti combinazioni di carichi:

Combinazioni di carico rare

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{02} Q_{k2} + \psi_{03} Q_{k3} + \dots$$

Combinazioni di carico frequenti

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

Combinazioni di carico quasi permanenti

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

6.1 Dettagli per la combinazione sismica

La valutazione dell'azione sismica E è condotta secondo le specifiche del capitolo 3.2 e in accordo con le prescrizioni del capitolo 7.3.3 delle NTC per i tipi di analisi sismica lineare sia dinamica che statica.

I risultati così ottenuti per ciascuna direzione, X e Y (eventualmente anche Z), vengono poi combinati secondo le indicazioni del capitolo 7.3.5 delle NTC, ovvero vengono sommati i contributi secondo il seguente criterio:

$$E1 = 1,00 \times E_x + 0,30 \times E_y + 0,30 \times E_z$$

$$E2 = 0,30 \times E_x + 1,00 \times E_y + 0,30 \times E_z$$

$$E3 = 0,30 \times E_x + 0,30 \times E_y + 1,00 \times E_z$$

la rotazione dei coefficienti moltiplicativi permette l'individuazione degli effetti più gravosi, la direzione Z è opzionale in virtù delle prescrizioni al paragrafo 7.2.2 delle NTC.

Nella verifica allo stato limite ultimo si distinguono le combinazioni EQU, STR e GEO (cfr NTC § 2.6.1), rispettivamente definite come: stato limite di equilibrio EQU, che considera la struttura ed il terreno come corpi rigidi; stato limite di resistenza della struttura STR, da riferimento per tutti gli elementi strutturali, e stato limite di resistenza del terreno GEO.

Nelle verifiche STR, per la progettazione di elementi strutturali, si adottano i coefficienti della colonna A1. Nelle verifiche STR e GEO che coinvolgono azioni di tipo geotecnico possono essere adottati in alternativa, due diversi approcci progettuali. Per l'approccio 1 si considerano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali per le azioni, per i materiali e per la resistenza complessiva, nell'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la resistenza globale.

Approccio 1, combinazione 1: si utilizzano per le azioni i coefficienti della colonna A1

Approccio 1, combinazione 2: si utilizzano per le azioni i coefficienti della colonna A2

Approccio 2: si utilizzano per le azioni i coefficienti della colonna A1

Coefficienti parziali per le azioni [cfr. NTC 2018 Tabella 2.6.I]

		Coefficiente γ_f	EQU	A1	A2
Carichi permanenti	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

Coefficiente γ_f EQU A1 A2

Le Norme Tecniche prescrivono i valori dei coefficienti ψ in dipendenza dalle caratteristiche della funzione di ripartizione di ciascuna azione: si ammette infatti che, assieme alle azioni permanenti, esistano combinazioni di azioni in cui una sola azione è presente al valore caratteristico mentre le altre hanno intensità ridotte $\psi_0 Q_k$.

Le categorie di azioni variabili ed i rispettivi coefficienti di combinazione utilizzati nell'applicazione dei carichi al modello sono riportati nella tabella seguente:

Categoria/Azione variabile	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota < 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0

6.2 Progetto e verifica in condizione statica

La verifica degli elementi è condotta considerando i risultati di ciascuna combinazione delle azioni di calcolo in condizione statica, ovvero vengono considerati ed involuppati i risultati massimi e minimi delle seguenti combinazioni:

- Combinazione fondamentale SLU
- Combinazione SLE caratteristica rara
- Combinazione SLE frequente
- Combinazione SLE quasi permanente

Per ciascuna combinazione elencata vengono valutate le distinte configurazioni di carico distinguendo i diversi gruppi di carico e considerando tutte le possibili varianti secondo i metodi del calcolo combinatorio ottenendo così $2^n + 1$ combinazioni, dove 'n' coincide con il numero di carichi accidentali considerati nell'analisi, qui di seguito un esempio esplicativo.

Carico permanente P
Carico accidentale A

Le combinazioni dedotte sono:

P solo carico permanente
P A carico permanente + carico accidentale A

Inoltre per le combinazioni SLU e SLE caratteristica vengono individuate in aggiunta le permutazioni di tali configurazioni aventi di volta in volta un carico accidentale principale differente fra quelli considerati, qui di seguito un esempio esplicativo.

Carico permanente	P
Carico accidentale	A1
Carico accidentale tipo neve	A2
Carico accidentale tipo vento	A3

Le combinazioni dedotte sono:

P	solo carico permanente
P A1	carico permanente + carico accidentale A1
P A2	carico permanente + carico accidentale A2
P A3	carico permanente + carico accidentale A3
P A1 A2	carico permanente + carico accidentale A1 (principale) + carico accidentale A2
P A2 A1	carico permanente + carico accidentale A1 + carico accidentale A2 (principale)
P A1 A3	carico permanente + carico accidentale A1 (principale) + carico accidentale A3
P A3 A1	carico permanente + carico accidentale A1 + carico accidentale A3 (principale)
P A2 A3	carico permanente + carico accidentale A2 (principale) + carico accidentale A3
P A3 A2	carico permanente + carico accidentale A2 + carico accidentale A3 (principale)
P A1 A2 A3	carico permanente + carico accidentale A1 (principale) + carico accidentale A2 + carico accidentale A3
P A2 A1 A3	carico permanente + carico accidentale A1 + carico accidentale A2 (principale) + carico accidentale A3
P A3 A1 A2	carico permanente + carico accidentale A1 + carico accidentale A2 + carico accidentale A3 (principale)

Le effettive combinazioni generate per i diversi stati limite sono riportate nei paragrafi seguenti.

Per gli elementi trave e pilastro, e in generale gli elementi 'asta, vengono involuppati i risultati di ciascuna combinazione e vengono individuati i valori massimi e minimi dando luogo alle seguenti sollecitazioni:

- massima e minima per l'azione assiale N,
- massima e minima per le azioni di flessione attorno agli assi principali di inerzia di ciascun elemento Mz e My,
- massima e minima per le azioni taglianti lungo gli assi principali d'inerzia Tz e Ty.

Nella verifica di travi e pilastri, e in generale gli elementi 'asta, queste 6 sollecitazioni (N+, N-, Mz+, Mz-, My+, My-) vengono considerate in condizione di pressoflessione deviata e vengono ulteriormente combinate tra di loro in modo da garantire la copertura delle condizioni più gravose, dando luogo alle seguenti 8 combinazioni:

- N+, Mz+, My+
- N+, Mz+, My-
- N+, Mz-, My+

- N+, Mz-, My-
- N-, Mz+, My+
- N-, Mz+, My-
- N-, Mz-, My+
- N-, Mz-, My-

Per la verifica delle sezioni a taglio vengono individuati i valori massimi in modulo per ciascuna direzione principale scegliendo tra i valori involuppati di progetto ($Tz+$, $Tz-$, $Ty+$, $Ty-$).

Per gli elementi shell vengono individuati i seguenti valori di verifica:

- massimi e minimi per le tensioni membranali σ_x e σ_y ,
- massimi e minimi per le tensioni membranali τ_{xy} ,
- massimi e minimi per le azioni flessionali M_x , M_y e M_{xy} ,
- massimi e minimi per le azioni taglianti T_{zx} e T_{zy} .

La verifica degli elementi shell di tipo piastra è condotta valutando i valori massimi e minimi delle azioni involupate di flessione M_x , M_y e M_{xy} . Gli elementi bidimensionali a comportamento membranale vengono progettati combinando le sollecitazioni involupate in un calcolo sezionale indipendente.

6.3 Progetto e verifica in condizione sismica

Le verifiche effettuate in condizione statica vengono integrate con i risultati della combinazione sismica (anche SLU sisma) e secondo le specifiche delle Norme Tecniche per le Costruzioni.

I risultati dell'azione sismica E danno luogo a sollecitazioni involupate e prive di segno in accordo con la combinazione quadratica completa (CQC) necessarie per considerare le correlazioni tra i massimi contributi modali. La combinazione dei risultati nelle diverse direzioni, attraverso gli opportuni coefficienti di interazione, dà luogo alla combinazione sismica più gravosa ($E1$, $E2$, $E3$).

Per la verifica di travi e pilastri, e in generale degli elementi 'asta', la componente E della combinazione sismica individuata viene considerata positiva e negativa; la combinazione sismica dà luogo quindi alle sollecitazioni di progetto le quali vengono considerate in condizione di pressoflessione deviata ($NE+$, $NE-$, $ME1+$, $ME1-$, $ME2+$, $ME2-$) e vengono ulteriormente combinate tra di loro in modo da garantire la copertura delle condizioni più gravose, dando luogo alle seguenti 8 combinazioni:

- $NE+$, $MEz+$, $MEy+$
- $NE+$, $MEz+$, $MEy-$

- NE+, MEz-, MEy+
- NE+, MEz-, MEy-
- NE-, MEz+, MEy+
- NE-, MEz+, MEy-
- NE-, MEz-, MEy+
- NE-, MEz-, MEy-

Per la verifica delle sezioni a taglio vengono individuati i valori massimi in modulo per ciascuna direzione principale scegliendo tra i valori involuppati di progetto (TEz+, TEz-, TEy+, TEy-).

Per gli elementi shell vengono individuati i seguenti valori di verifica:

- massimi e minimi per le tensioni membranali σ_x e σ_y ,
- massimi e minimi per le tensioni membranali τ_{xy} ,
- massimi e minimi per le azioni flessionali M_x , M_y e M_{xy} ,
- massimi e minimi per le azioni taglianti T_{zx} e T_{zy} .

La verifica degli elementi shell di tipo piastra è condotta valutando i valori massimi e minimi delle azioni involupate di flessione M_x , M_y e M_{xy} . Gli elementi bidimensionali a comportamento membranale vengono progettati combinando le sollecitazioni involupate in un calcolo sezionale indipendente.

ALLEGATO A: CARATTERISTICHE DELL'ANALISI E DEL CODICE DI CALCOLO

L'analisi strutturale del progetto e le relative verifiche effettuate sono state condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. In conformità con quanto richiesto dalle NTC 2018 § 10.2 si riportano di seguito le caratteristiche riguardanti la tipologia di analisi svolta ed il codice di calcolo utilizzato.

Analisi svolta

L'analisi condotta per la valutazione dell'azione sismica è di tipo lineare, in particolare è stata eseguita un'analisi dinamica modale.

Metodo di verifica

Le verifiche condotte si basano sul metodo degli Stati Limite sia per le condizioni ultime che di esercizio della struttura, così come definito al capitolo 4 e 7 delle Norme Tecniche per le Costruzioni.

Origine e Caratteristiche del Codice di Calcolo

Software	TRAVILOG TITANIUM 6 versione 2019.8
Autore, produttore e distributore	Logical Soft s.r.l – via Garibaldi 253, 20832 Desio (MB)
Metodo numerico adottato	Metodo di calcolo agli elementi finiti
Solutore ad elementi finiti adottato	Xfinest di Harpaceas

La licenza di utilizzo del codice di calcolo è concessa da Logical Soft s.r.l a:

Ing. Matteo Danielli – via Gassman, 3 Milano (MI)
Ordine Ingegneri di Milano: 23228

STUDIOSPS S.R.L., Codice Cliente: 59569
 VIA DANTE 14, 20090, VIMODRONE - MI
 Numero di serie: A119164T27222M34
 Codice di abilitazione:

Caratteristiche dell'Elaboratore	
Sistema Operativo	Sistema Operativo Nome: Microsoft Windows 10 Pro Versione: 6.2.9200.0 RAM: 16305 MByte
Processore	Processore computer Tipo CPU: Intel(R) Core(TM) i7-8700 CPU @ 3.20GHz Intel64 Family 6 Model 158 Stepping 10 Velocità CPU: 3192 MHz
Scheda Video	Scheda grafica Descrizione: NVIDIA GeForce GTX 1050 Ti Versione Driver: 25.21.14.2531 Modalità video: 1920 x 1080 x 4294967296 colori Processore video: GeForce GTX 1050 Ti Accelerazione: sconosciuta RAM: 4.095 MByte

(cfr. NTC - § 10.2)

Descrizione del codice di calcolo
<p>In questo paragrafo si fornisce un inquadramento teorico relativo alle metodologie di calcolo ed all'impostazione generale impiegata nel software di calcolo ad elementi finiti <i>TRAVILOG</i>, utilizzato nella modellazione della struttura.</p> <p>Codice di calcolo</p> <p>Il codice di <i>TRAVILOG</i> è stato sviluppato da Logical Soft s.r.l. in linguaggio Visual Studio 2017 e .Net Framework 4.7 e non può essere modificato o manipolato dall'utente. In allegato alla relazione si accludono alcuni test effettuati al fine di certificare l'affidabilità del codice di calcolo relativamente ad alcuni semplici casi prova, riportando analisi teorica, soluzione fornita da <i>TRAVILOG</i> ed altro codice di calcolo di confronto. Il solutore a elementi finiti utilizzato dal programma è Xfinest 8.5, prodotto da Harpaceas s.r.l. La bontà del solutore è certificata direttamente da CEAS s.r.l., produttore di XFinest 9.0. Per maggiori dettagli in merito si consiglia di consultare le specifiche relative al solutore di calcolo.</p> <p>Metodo numerico adottato</p> <p>Il software esegue l'analisi della struttura tramite metodo di calcolo agli elementi finiti, ovvero mediante la costruzione di un modello matematico costituito da un numero definito di elementi discreti, per ognuno dei quali è stata definita analiticamente una relazione tra forze e spostamenti. Da queste elazioni il programma assembla quindi la matrice di rigidezza e calcola la risposta dell'intera struttura.</p>

Caratteristiche del modello

Ogni telaio, realizzato con materiali caratterizzati da comportamento perfettamente elastico, è modellato con 2 tipologie di elemento finito:

- **Tipo asta**, adatto per elementi aventi proprietà riconducibili ad un comportamento unidirezionale.

L'elemento asta è calcolato mediante funzioni di forma cubiche. Le matrici di rigidezza e di massa associate all'elemento sono costituite sulla base della teoria delle travi snelle, tipo Eulero – Bernoulli. Il programma mostra i diagrammi delle azioni interne discretizzando l'elemento in 17 punti di calcolo.

Se l'asta ha proprietà di suolo elastico, il software valuta le azioni interne e le pressioni sul terreno secondo la teoria delle travi su suolo elastico alla Winkler.

L'elemento finito di XFinest, al cui manuale si rimanda per maggiori dettagli, è l'elemento MBEAM.

- **Tipo shell** (elemento finito tipo QF46) per elementi aventi proprietà riconducibili ad un comportamento bidimensionale.

Il tipo di elemento utilizzato può lavorare in regime membranale e flessionale e, grazie alla linearità del sistema, i due effetti possono essere considerati separatamente.

L'elemento finito QF46 utilizzato è isoparametrico, basato sulla teoria dei gusci secondo Mindlin – Reissner. E' adatto sia per gusci spessi che sottili, non contiene modi spuri, consente di valutare i tagli fuori piano e può degenerare in un triangolo. Tutte le componenti del tensore delle deformazioni sono integrate nel piano medio con ordine di integrazione gaussiana 2×2 . Per maggiori dettagli si può fare riferimento al manuale di XFinest.

Tipologie di analisi svolte dal software

La scelta del metodo di analisi è effettuata dal progettista a seconda delle prescrizioni previste dalla normativa. Tali prescrizioni dipendono in generale dalla destinazione d'utilizzo della struttura, dalla forma in pianta e dallo sviluppo in altezza della stessa, nonché dalla zona sismica di riferimento. Il software esegue i seguenti metodi di analisi:

- **Analisi statica.** La struttura è soggetta a carichi statici, distribuiti o concentrati, applicati alle aste, ai nodi o agli elementi shell. L'equazione risolvibile in tal caso ha la seguente forma:

$$F = K x$$

dove:

F è il vettore dei carichi agenti sulla struttura

K è la matrice di rigidezza

x è il vettore di spostamenti e rotazioni (gradi di libertà del sistema).

- **Analisi sismica statica.** Se la struttura possiede le caratteristiche previste dalla normativa, l'azione del sisma può essere modellata con un sistema di forze di piano equivalenti, valutate e assegnate in funzione della rigidezza degli elementi. La precedente diventa pertanto:

$$F + F_s = K x$$

dove:

F_s è il vettore dei carichi sismici equivalenti agenti sulla struttura, valutati in base alle relative norme di riferimento.

- **Analisi sismica dinamica modale.** In questo caso il programma valuta un comportamento inerziale della struttura, attribuendo un'accelerazione al sistema di riferimento terreno, secondo uno spettro sismico previsto dalla normativa in funzione della classificazione del territorio e altri parametri.

$$M \ddot{x} + K x = - M u$$

dove:

M è la matrice di massa della struttura

K è la matrice di rigidezza

u è il vettore delle accelerazioni imposte

Gli effetti dinamici dovuti al comportamento inerziale della struttura e l'effetto dei carichi statici vengono successivamente combinati, secondo opportuni coefficienti stabiliti dalla norma.

Formulazione del metodo

Il software esegue il calcolo ad elementi finiti formulando un'analisi di tipo lineare. In questo caso la matrice di rigidezza non varia durante lo sviluppo dell'analisi, considerando l'approssimazione per piccoli spostamenti. Sotto tali ipotesi valgono i seguenti benefici:

- Vale il principio di sovrapposizione degli effetti.
- Non influisce la sequenza di applicazione dei carichi sulla struttura.
- La precedente storia di carico della struttura non ha alcuna influenza, pertanto gli sforzi residui possono essere trascurati.

L'applicazione del principio di sovrapposizione degli effetti permette di considerare indipendentemente le ipotesi di carico elementari, per poi combinarle secondo opportuni coefficienti di partecipazione. In questo modo è possibile calcolare la risposta come una combinazione lineare di carichi elementari, rendendo il processo di analisi estremamente efficiente. Le non linearità trascurate in questo tipo di analisi sono le seguenti:

- Non linearità dovuta a effetti geometrici. Grandi spostamenti e rotazioni possono introdurre significativi cambiamenti di forma e orientamento, variando drasticamente la rigidezza totale della struttura.
- Non linearità delle caratteristiche dei materiali, legate al legame costitutivo o a eventuali anisotropie.
- Non linearità delle condizioni di vincolo.
- Non linearità dei carichi. La direzione di applicazione può variare in funzione della deformata della struttura.

Metodo di risoluzione del problema dinamico

La risoluzione del problema dinamico a n gradi di libertà si basa su un **metodo di sovrapposizione modale**. Tale metodo permette di trasformare un sistema di equazioni accoppiate a un sistema di equazioni disaccoppiate, utilizzando le proprietà di ortogonalità di autovalori e autovettori, ovvero i modi di vibrare della struttura. Lo studio della struttura non necessita dell'estrazione di tutti gli autovalori, ma solo di una parte significativa di essi, secondo limiti previsti dalle norme. Il metodo utilizzato dal software per l'estrazione degli autovalori è il metodo di Lanczos, adatto anche per matrici non simmetriche a termini complessi. Nel calcolo della risposta sismica i contributi derivanti dai singoli modi sono combinati secondo il metodo CQC, che consente di tener conto delle singole componenti modali X_k , ottenute da una combinazione quadratica delle componenti X_{kj} secondo opportuni coefficienti.

Metodi di verifica svolti dal software

TRAVILOG è in grado di eseguire analisi di sezioni e di verificare il comportamento delle strutture secondo due metodi principali di verifica:

- **Tensioni ammissibili.** I carichi sono applicati alla struttura con il loro valore nominale. Le tensioni caratteristiche dei materiali vengono divise per opportuni coefficienti ottenendo delle tensioni massime a cui potranno lavorare i materiali stessi. Tali tensioni risultano al di sotto del limite elastico convenzionale.
- **Stati limite.** Le tensioni caratteristiche dei materiali vengono divise per dei coefficienti di sicurezza ottenendo dei valori limite in campo plastico. I carichi di esercizio, accidentali o permanenti vengono incrementati secondo opportuni coefficienti definiti dalla normativa (vedi in seguito). Il programma valuta diverse condizioni di stato limite:
 - o **Stato limite ultimo.** La normativa prevede in questo caso che la struttura sia soggetta in condizioni straordinarie a carichi che possano causare il collasso della stessa, quali ad esempio l'evento sismico.
 - o **Stato limite di esercizio.** Anche in questo caso il calcolo della struttura è effettuato incrementando i carichi secondo opportuni coefficienti. A differenza del caso precedente però la struttura è soggetta a carichi in condizioni di esercizio, sotto l'azione dei quali devono prodursi deformazioni controllate, che non impediscano il funzionamento previsto. Esistono tre diverse condizioni di esercizio: **Rara, Frequente, Quasi permanente.**
 - o **Stato limite di danno.** E' il caso in cui la struttura è soggetta a forze di natura sismica. La verifica al danno è da effettuarsi sugli spostamenti.

La scelta dell'uno o dell'altro metodo dipende dalle prescrizioni previste dalle normative vigenti.

Sistemi di riferimento

Il programma possiede 2 diversi tipi di sistema di riferimento:

- **Riferimento globale.**

Il sistema di riferimento è definito da una terna cartesiana destrorsa, valido per tutti gli elementi della struttura e non dipende dal particolare orientamento di parti di essa.

I vincoli esterni, le reazioni vincolari e gli spostamenti nodali calcolati sono riferiti alla terna globale

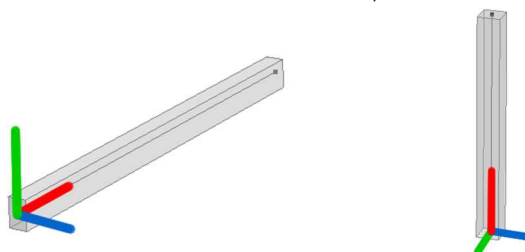


La terna di riferimento globale

- **Riferimento locale.**

In questo caso il sistema di riferimento è ancora definito da una terna cartesiana destrorsa, l'orientamento del quale varia elemento per elemento. Le azioni interne sono sempre riferite alla terna locale

- o **Riferimento locale per le Aste.** Per l'elemento asta la direzione x è coincidente con l'asse baricentrico dell'asta stessa, mentre y e z sono perpendicolari ad x e diretti secondo gli assi principali d'inerzia della sezione assegnata all'asta. Secondo l'impostazione di default y è diretto secondo la direzione di azione del peso, a meno di rotazioni assegnate alla sezione. Selezionando un'asta TRAVILOG mostra la terna locale: asse locale X rosso, asse locale Y verde, asse locale Z blu.



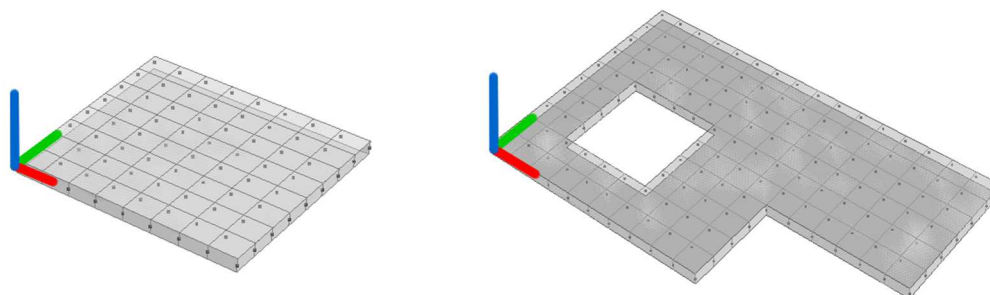
Terne locali dell'elemento asta (trave e pilastro)

- o **Riferimento locale per gli elementi shell.** Per gli elementi bidimensionali TRAVILOG trasforma le azioni interne in un unico sistema di riferimento.

Il riferimento adottato dipende da come vengono costruiti i macro elementi dai quali verrà generata automaticamente la mesh di calcolo:

Elemento poligonale. Si tratta di un macro elemento poligonale o quadrangolare a mesh regolare. La terna locale è così definita:

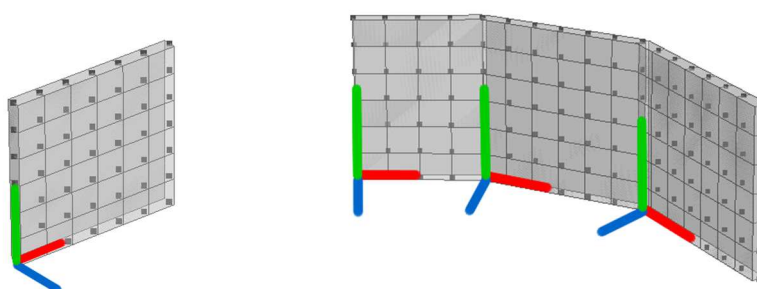
asse X locale (rosso) con origine nel primo nodo cliccato e in direzione primo nodo – secondo nodo. Asse Y locale (verde) ortogonale a X locale, complanare all'elemento ed in direzione del terzo nodo. Asse Z locale (blu) ortogonale al macro elemento. Per questo tipo di elemento è anche possibile definire fori poligonali. La mesh può essere generata manualmente (solo per elementi quadrangolari) o automaticamente.



Esempi terna locale elemento poligonale ed elemento quadrangolare

Elemento estruso (Muro o Nucleo):

Si tratta di un macro elemento a mesh regolare generato per estrusione in direzione delle forze peso a partire da una traccia. Per ciascuna faccia piana la terna locale è definita nel seguente modo: Asse locale X (rosso) lungo i nodi della traccia. Asse locale Y (verde) diretto come la direzione di estrusione. Asse locale Z (blu) ortogonale alla faccia a formare una terna destra con X e Y.



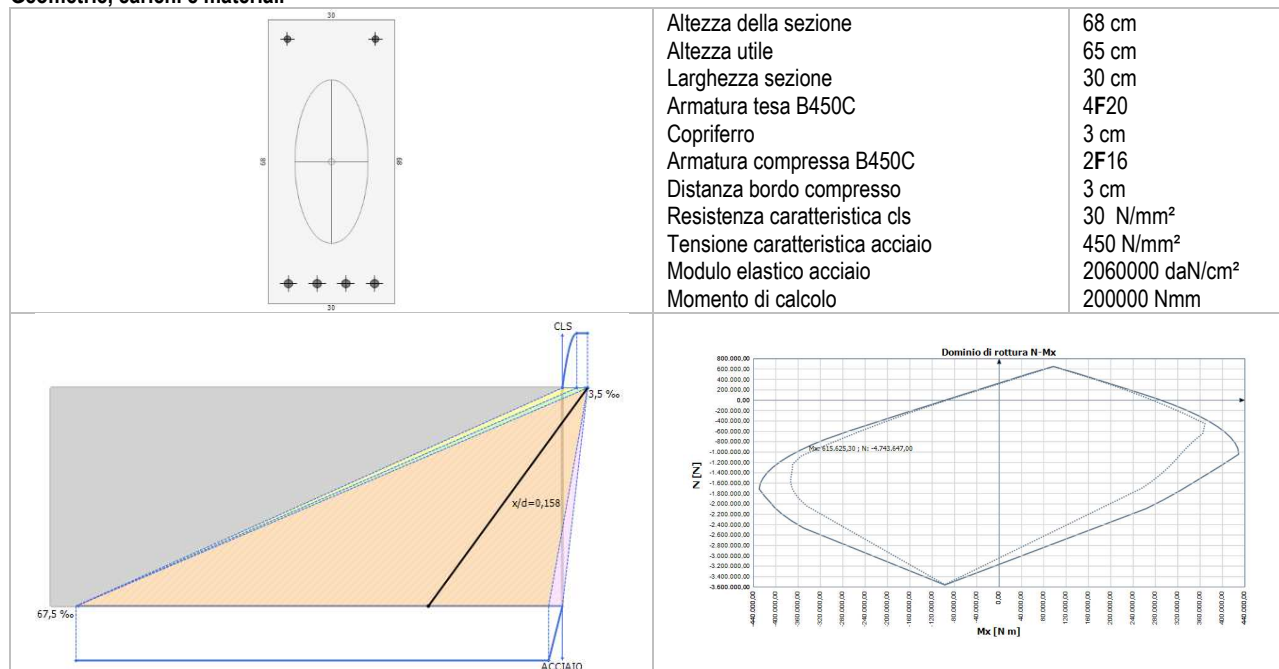
Esempio terne locali elementi estrusi

Test di verifica 1: sezione rettangolare in c.a.

Descrizione

In questo esempio si vogliono valutare allo SLU gli effetti di una flessione semplice applicata ad una sezione rettangolare.

Geometrie, carichi e materiali



Risultati

Azione	Teorico	Calcolato	Scostamento %
--------	---------	-----------	---------------

x/d	0,165	0,156	-5,60
Mu	290000 Nm	289925 Nm	-1,0

Bibliografia: Teoria e pratica delle costruzioni in cemento armato. Mauro Mezzina, Domenico Raffaele, Amedeo Vitone - Edizione: "Città Studi"

Test di verifica 2: trave carico uniforme su tre campate

Descrizione

In questo esempio si valutano gli effetti un carico distribuito su una trave a tre campate. I vincoli introdotti sono delle cerniere.

Geometrie, carichi e materiali

	<p>Lcampate = 4 m Sezione della trave (b x h) 25x40 Carico distribuito p = 20000 N</p>
---	--

Risultati

Azione	Teorico	Calcolato	Scostamento %
V _A		32000	0
V _B		88000	0
V _C		88000	0
V _D		32000	0
T _{Bsx}		-48000	0
T _{Bdx}		40000	0
T _{Csx}		-40000	0
T _{Cdx}		48000	0
T _D		-32000	0
M _A = M _D		0	0
M _B = M _C		-32000	0
M _E = M _G		-25500	-1,0
M _F		-8000	0

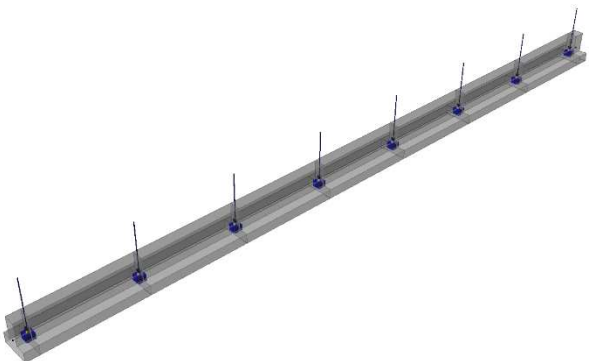
Bibliografia: Prontuario per il calcolo di elementi strutturali. Biagio Furiozzi, Claudio Messina, Leonardo Paolini

Test di verifica 3: trave su suolo elastico

Descrizione

In questo esempio si valuta una trave di fondazione appoggiata su un terreno schematizzabile come suolo elastico alla Winkler. Per la modellazione del telaio sono stati utilizzati elementi ASTA alla WINKLER.

Geometrie, carichi e materiali

	$L_{campata} = 3,20 \text{ m}$ $L_{mensola} = 0,40 \text{ m}$ $P_{interno} = 65000 \text{ N}$ $P_{esterno} = 40000 \text{ N}$ Sezione T rovescia $B = 0,95 \text{ m}$ $b = 0,35 \text{ m}$ $H = 0,30 \text{ m}$ $h = 0,70 \text{ m}$ $J_{trave} = 45,1 \times 10^{-3} \text{ m}^4$ $E = 2,6 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$
---	---

Risultati

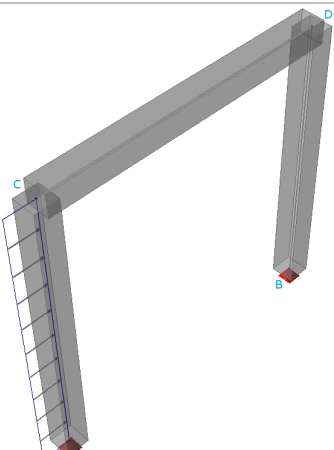
Azione	Bibliografia	Calcolato	Scostamento %
M I camp	182000 Nm	185632 Nm	+1.99
M II camp	92000 Nm	91925 Nm	+0.08
M III camp	80000 Nm	79696 Nm	-0.38
T II camp	322000 N	327802 N	+1.80
P camp cent	20,2 N/cm ²	21,0 N/cm ²	+3.96

Bibliografia: Esercizi di Tecnica delle Costruzioni. Giandomenico Toniolo - Edizione: "Zanichelli"

Test di verifica 4: portale incastrato caricato lateralmente**Descrizione**

In questo esempio si vogliono valutare gli effetti di un carico distribuito verticalmente su di un telaio ad aste ortogonali. I vincoli introdotti sono perfetti e nel calcolo a mano si sono supposte aste assialmente rigide.

Geometrie, carichi e materiali

	$p = 20000 \text{ N}$ $L_{AC} = L_{CD} = L_{DB} = 5 \text{ m}$ $E = 2,85 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ Sezione AC $0,40 \times 0,40 \text{ m}$ $J_{AC} = 2,13 \times 10^{-3} \text{ m}^4$ Sezione CD $0,40 \times 0,40 \text{ m}$ $J_{CD} = 2,13 \times 10^{-3} \text{ m}^4$ Sezione BD $0,40 \times 0,40 \text{ m}$ $J_{BD} = 2,13 \times 10^{-3} \text{ m}^4$
---	--

Risultati

Azione	Teorico	Calcolato	Scostamento %
$X_A \text{ [N]}$		-79200	+1,0
$X_B \text{ [N]}$		20800,05	-1,0
$Y_A \text{ [N]}$		14259,60	-1,0
$Y_B \text{ [N]}$		-14259,60	-1,0
$M_A \text{ [N]}$		127239,60	-3,0
$M_B \text{ [N]}$		-46462,20	-3,0
$M_C \text{ [N]}$		-28760,10	-1,0
$M_D \text{ [N]}$		42538,08	-1,0

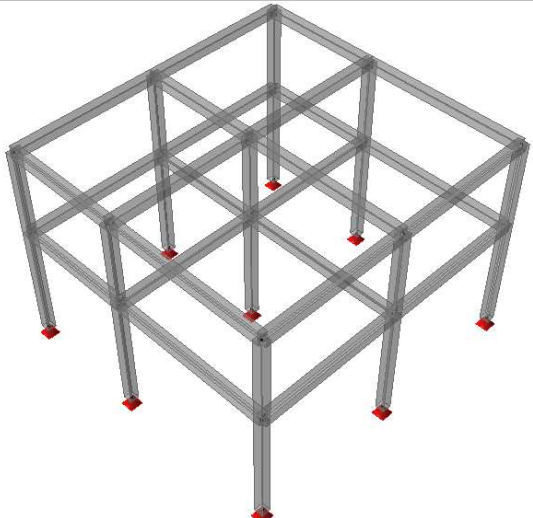
Bibliografia: Manuale dell'Ingegneria, Nuovo Colombo - Edizione: "82 esima edizione, HOEPLI"

Test di verifica 5: calcolo dei taglianti di piano per un telaio in c.a. con due impalcati

Descrizione

In questo esempio si valutano i taglianti di piano alla luce delle prescrizioni del §7.3.3.2 NTC 2018 per l'analisi lineare statica. Si considera un telaio tridimensionale scarico, composto da travi e pilastri. Sono presenti due impalcati considerati rigidi assialmente. Il primo interpiano è a quota 4 m, la copertura a 7 m.

Geometrie, carichi e materiali

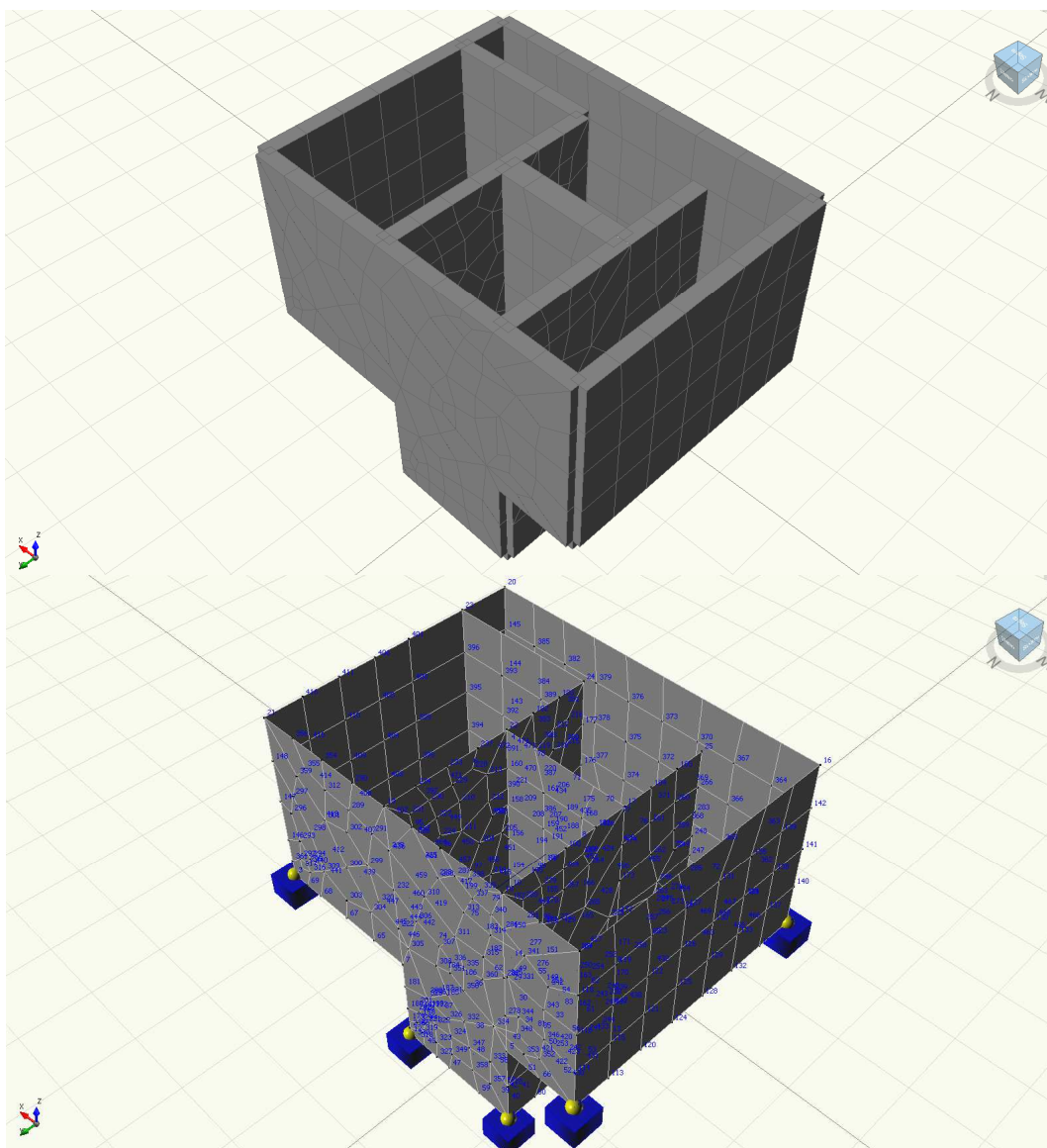
	<p>Sezione pilastri 0,30x0,30 m Sezione travi 0,30x0,30 m</p> <p>IMPALCATO 1 n°pilastri = 9 Lpilastri = 3,5 m n°travi = 6 LTOT,travi = 58,5 m</p> <p>IMPALCATO 2 n°pilastri = 9 Lpilastri = 1,5 m n°travi = 6 LTOT,travi = 58,5 m</p> <p>CALCESTRUZZO 25/30 Densità = 25000 N/m³</p> <p>Periodo proprio della struttura:</p>
--	---

Risultati

Azione	Teorico	Calcolato	Scostamento %
Massa totale [N]		405000	0
Tagliante Impalcato 1 [N]		18254,81	+4,0
Tagliante Impalcato 2 [N]		25556,8	+4,0

Bibliografia: Norme Tecniche per le Costruzioni .

ALLEGATO B: ANALISI SISMICA



Schema Modello

RISULTATI DELL'ANALISI MODALE:

Sulla struttura in esame è stata eseguita l'analisi modale. L'analisi modale consiste nel determinare le frequenze e modi propri di vibrare di un sistema a più gradi di libertà.

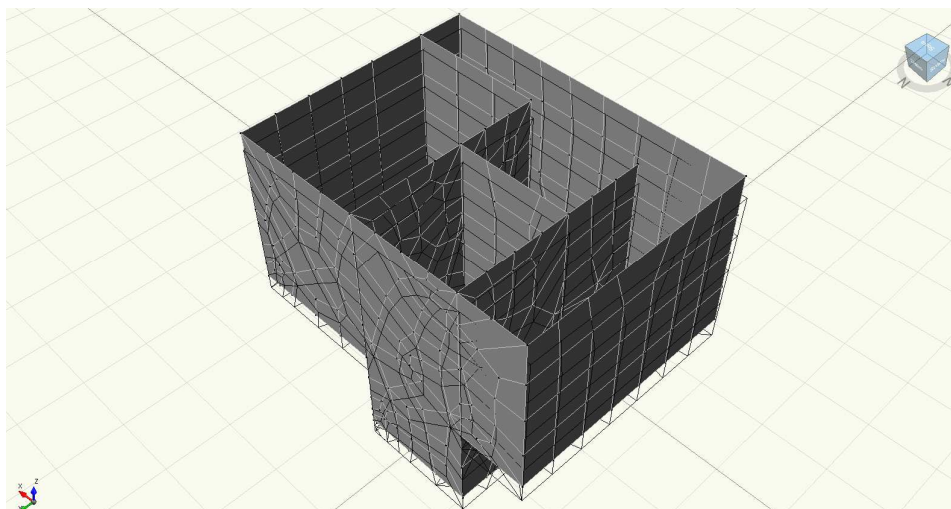
L'analisi modale consiste quindi nella risoluzione di un problema di autovalori e autovettori.

Il numero degli autovalori calcolati è pari a **70** e la tabella che segue contiene i valori dei periodi propri:

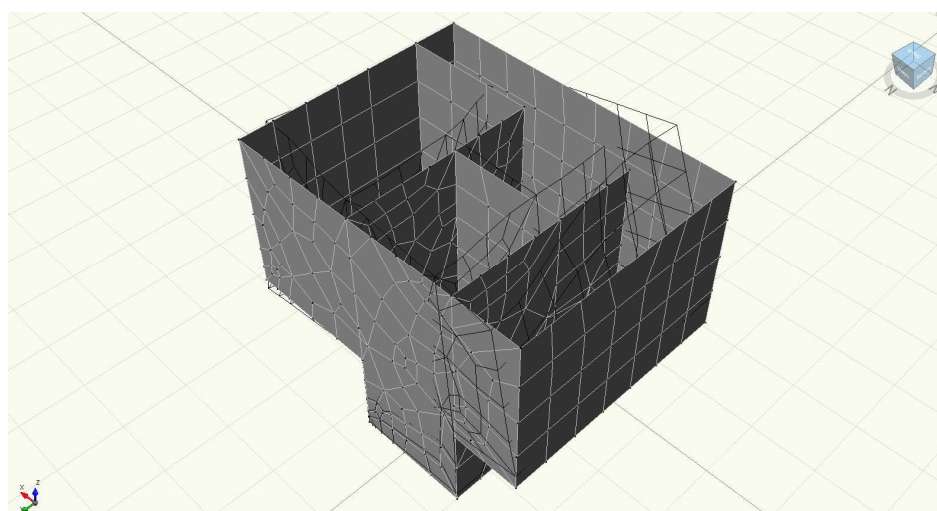
	Frequenza	Periodo	Percentuale massa eccitante in direzione X	Percentuale massa eccitante in direzione Y
	f [Hz]	T [s]	X [%]	Y [%]
Modo 1	19,44	0,051	0,63	0,01
Modo 2	20,94	0,048	18,27	1,72
Modo 3	26,15	0,038	3,29	27,57
Modo 4	34,70	0,029	6,69	0,96
...

Modo 70	341,72	0,003	0,00	1,58
Totale			86,33	86,37

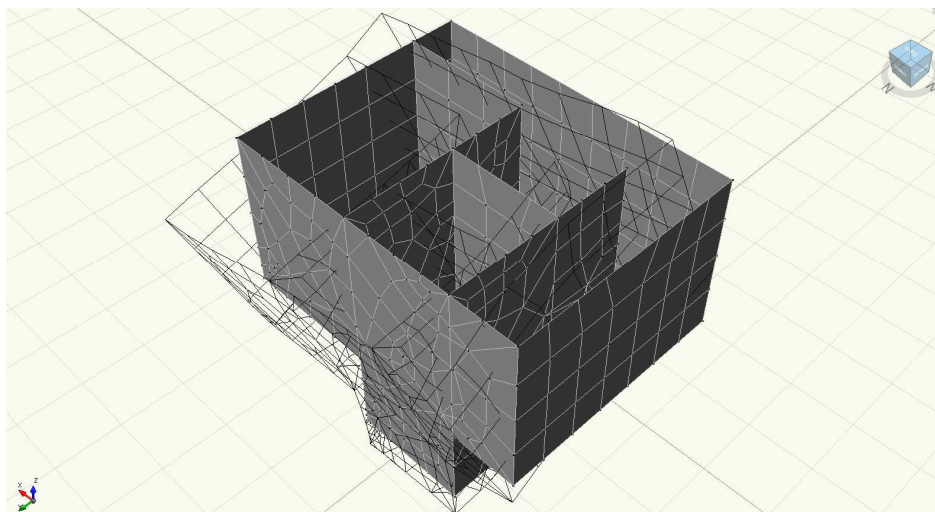
La somma delle masse relative eccitate dai modi considerati è superiore al 85% delle masse totali come richiesto dalla normativa vigente. Si riportano le forme modali della struttura relative ai primi due modi di vibrare.



Rappresentazione della forma modale relativa al modo I - $T 0,051\text{ s}$ - $f 19,44\text{ Hz}$ avente massa eccitata pari al 0,63% in direzione X e 0,01% in direzione Y



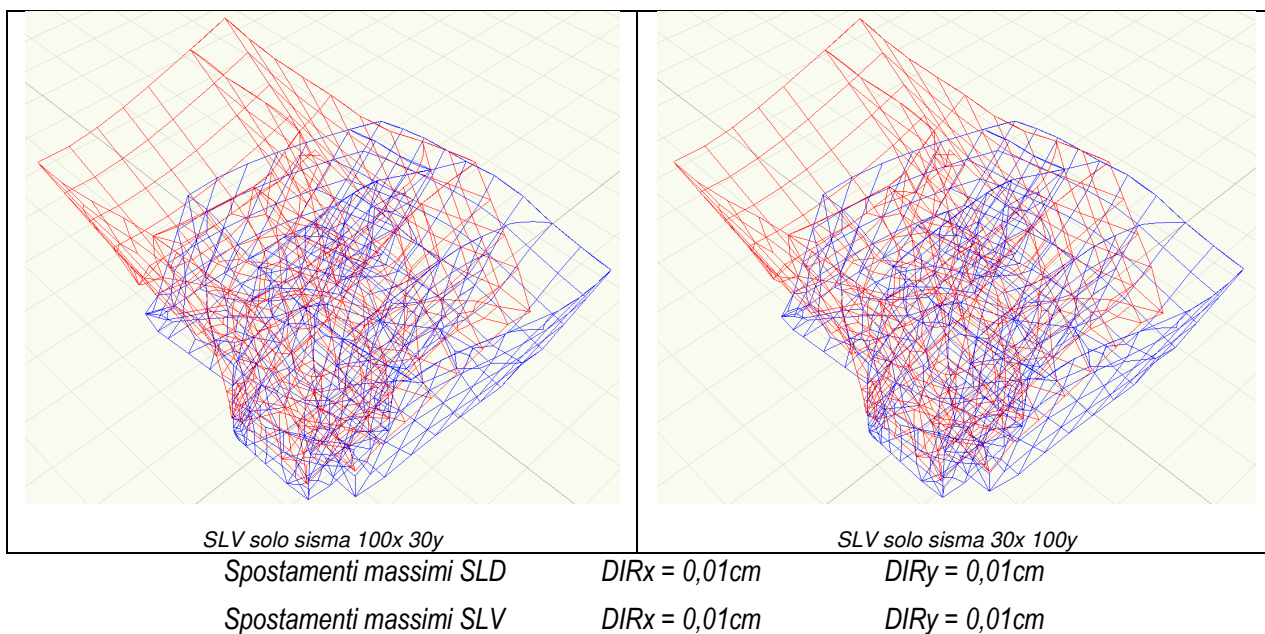
Rappresentazione della forma modale relativa al modo II - $T 0,048\text{ s}$ - $f 20,94\text{ Hz}$ avente massa eccitata pari al 18,27% in direzione X e 1,72% in direzione Y



*Rappresentazione della forma modale relativa al modo III - $T\ 0,038\ s$ - $f\ 26,15\ Hz$
avente massa eccitata pari al 3,29% in direzione X e 27,57% in direzione Y*

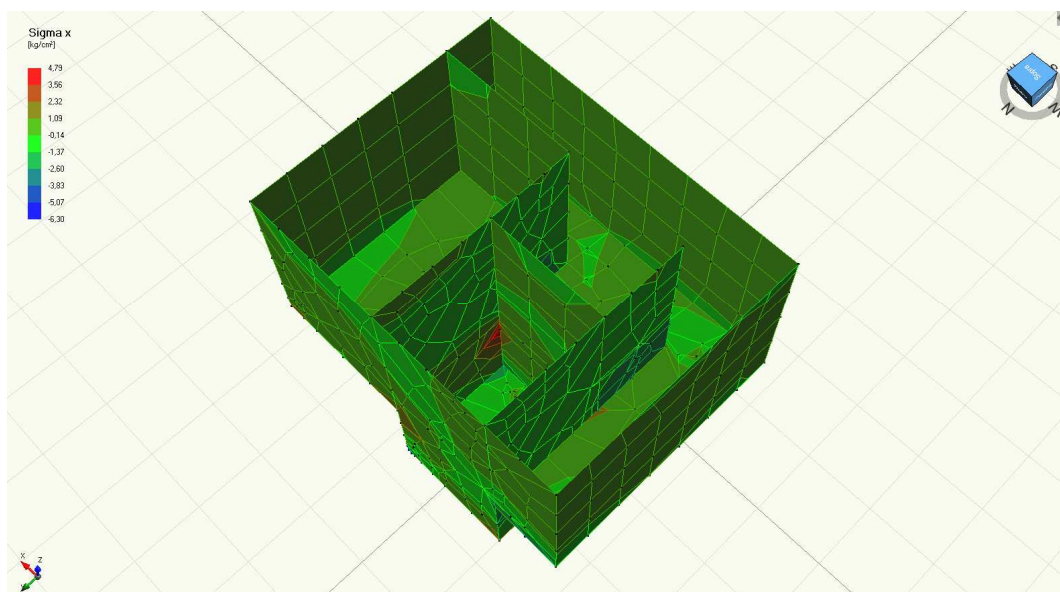
VERIFICA DELLE DEFORMAZIONI

La figura seguente rappresenta i valori degli spostamenti relativi massimo su tutti i punti della struttura. In didascalia è riportato il valore massimo.

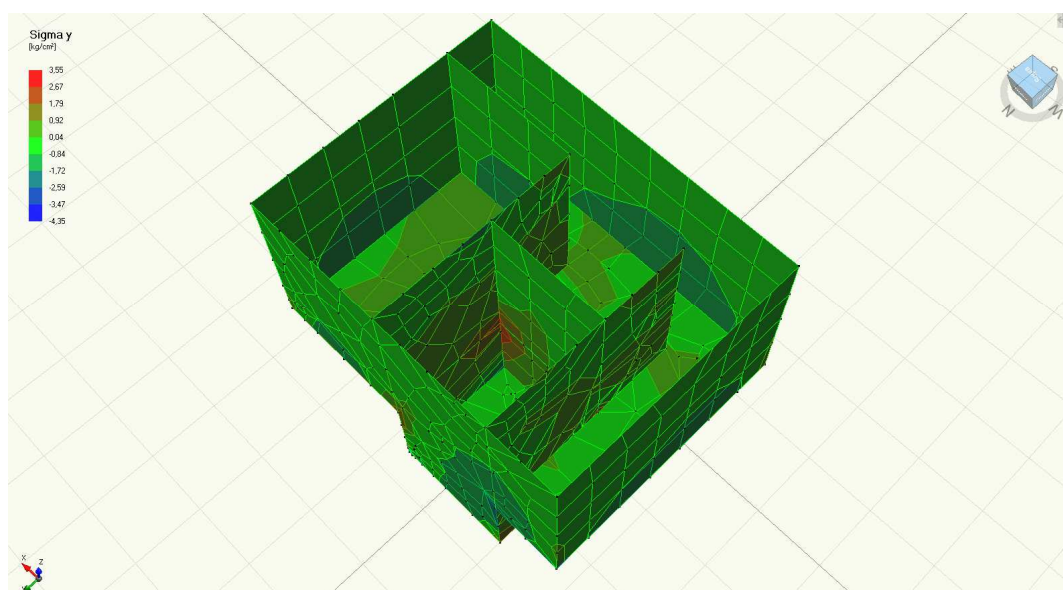


DIAGRAMMI DI INVILUPPO DELLE SOLLECITAZIONI

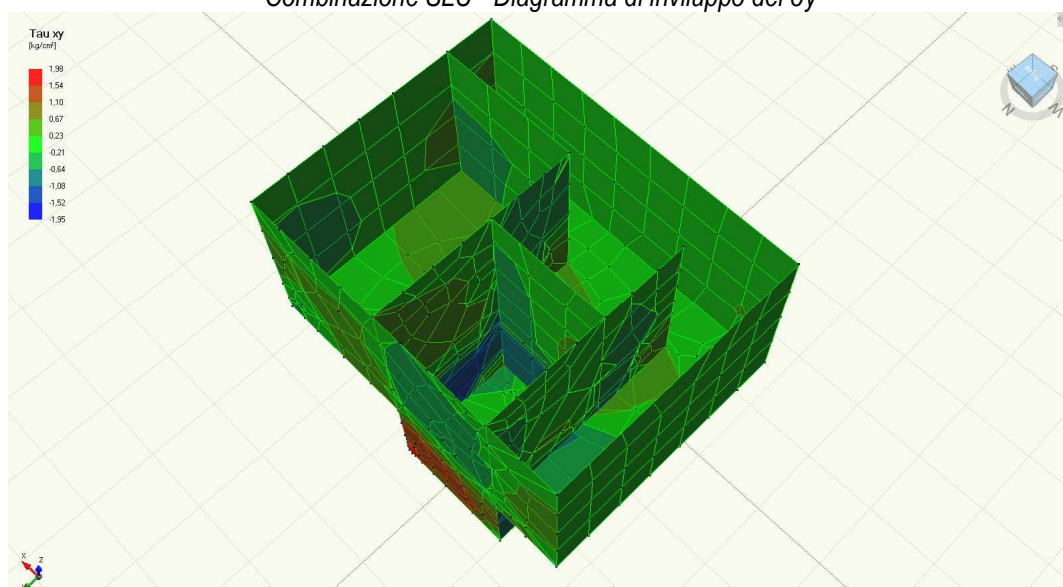
Diagrammi di inviluppo delle sollecitazioni



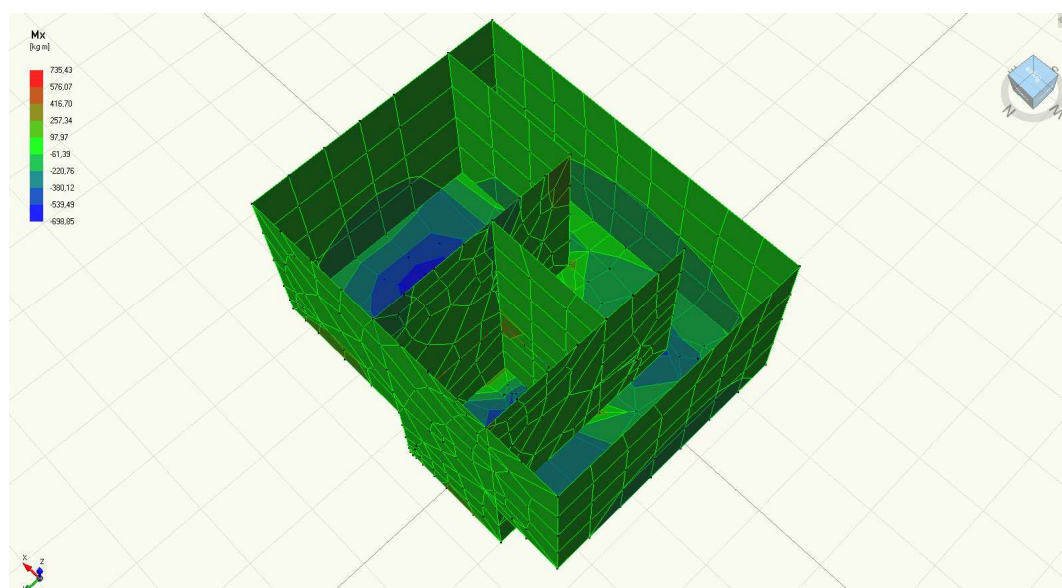
Combinazione SLU - Diagramma di inviluppo del σ_x



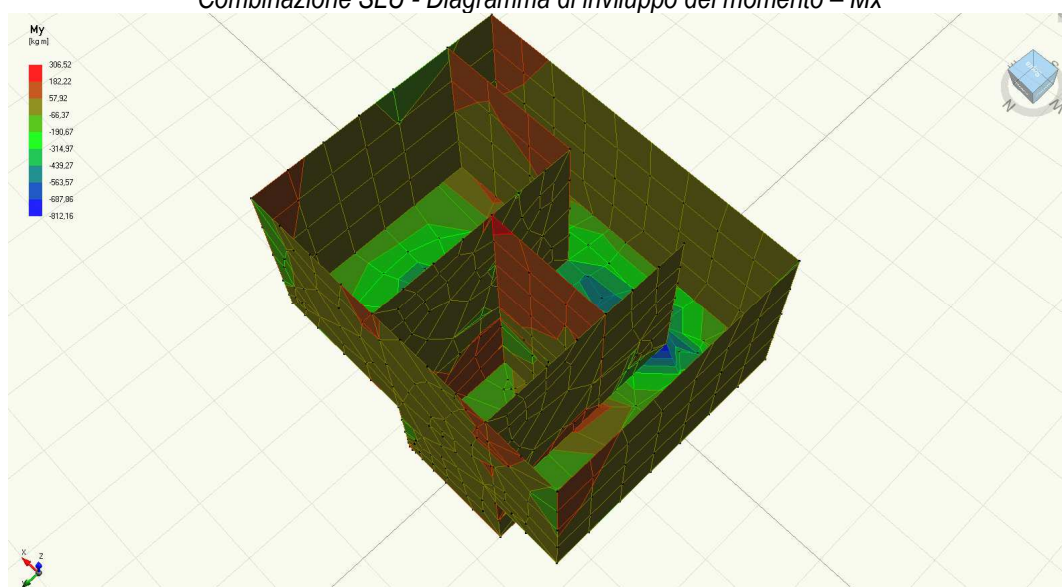
Combinazione SLU - Diagramma di involucro del σ_y



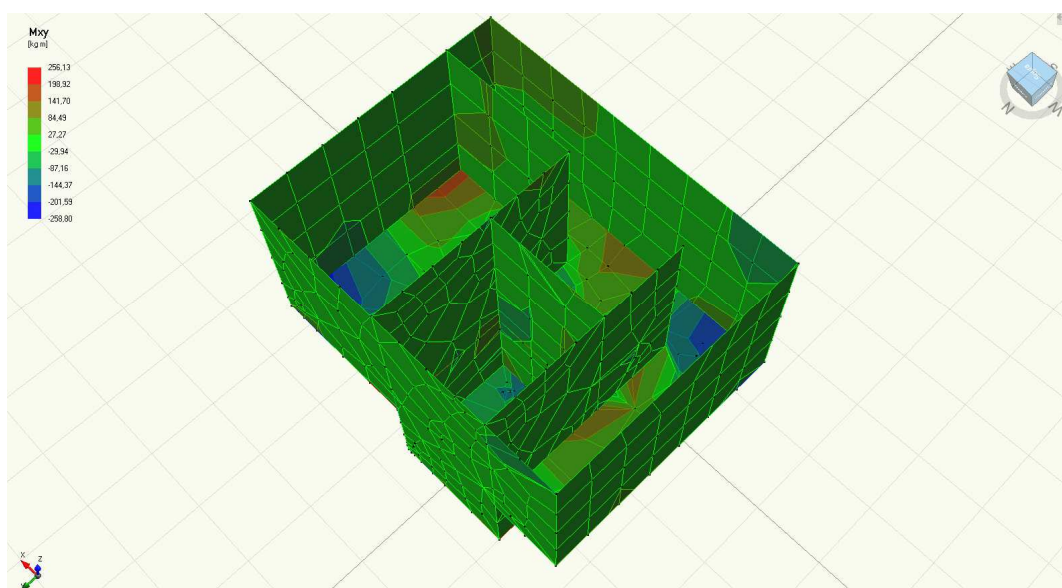
Combinazione SLU - Diagramma di involucro del τ_{xy}



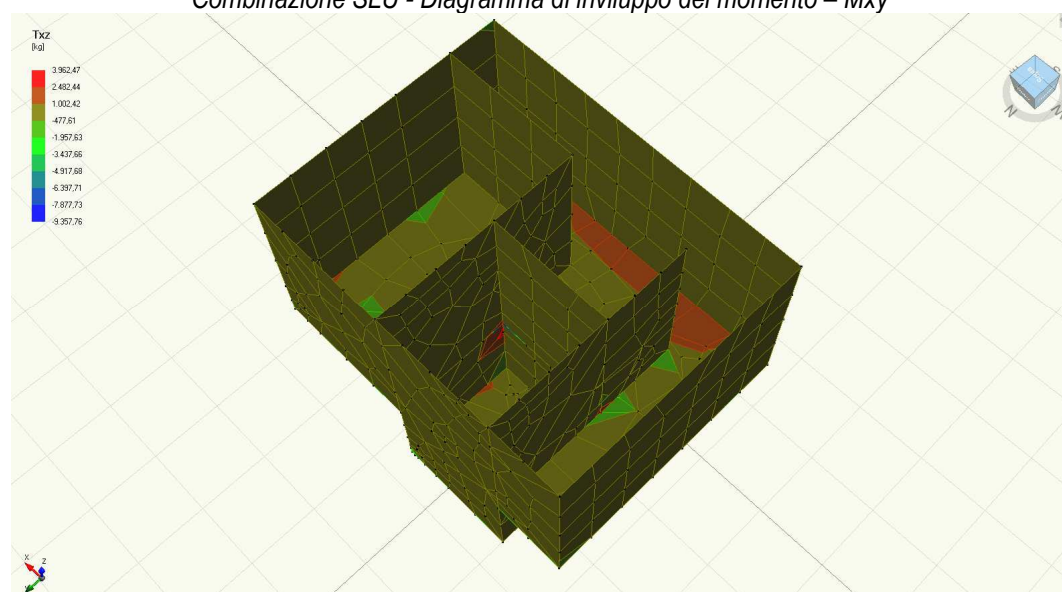
Combinazione SLU - Diagramma di involucro del momento – M_x



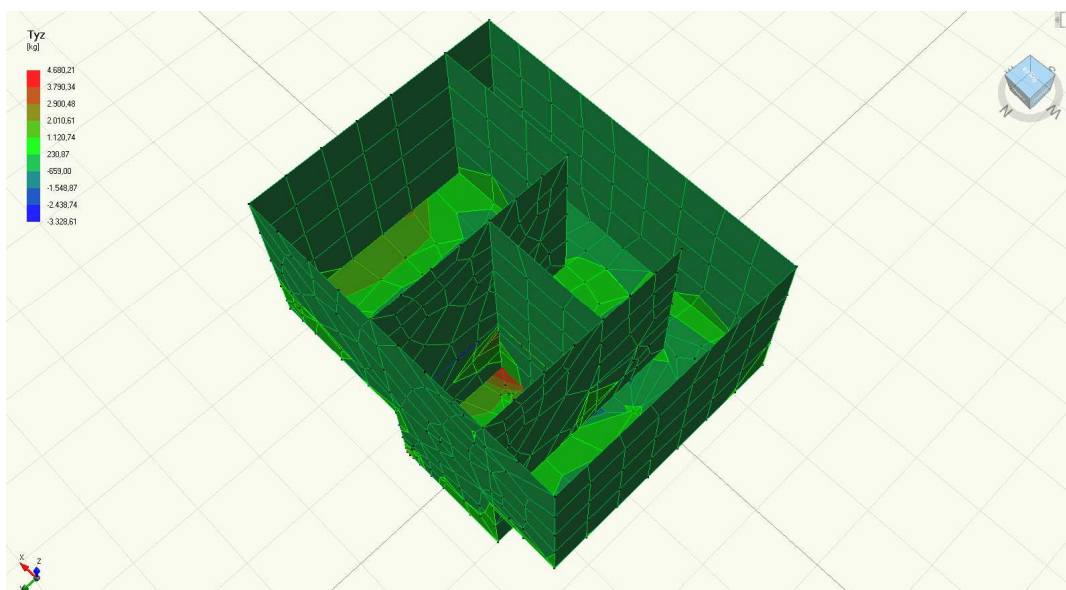
Combinazione SLU - Diagramma di involucro del momento – M_y



Combinazione SLU - Diagramma di involucro del momento – M_{xy}

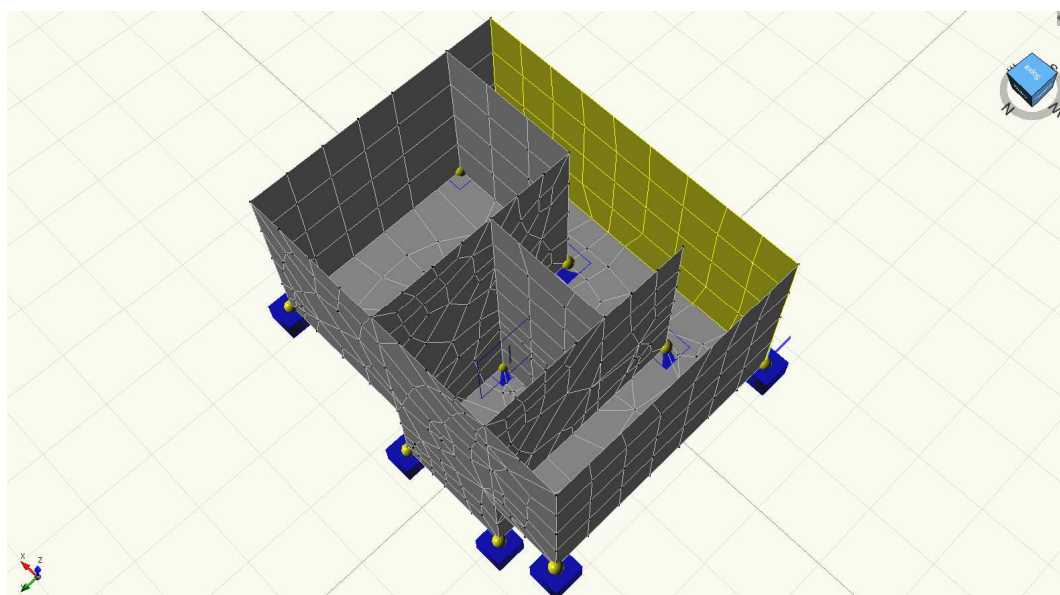


Combinazione SLU - Diagramma di involucro del taglio xz



Combinazione SLU - Diagramma di inviluppo del taglio yz

SETTO



Dati geometrici della sezione

Coordinata baricentrica	xG =	0,00 cm	Coordinata baricentrica	yG =	0,00 cm
Momento statico asse x	Sx =	0,00 cm ³	Momento statico asse y	Sy =	0,00 cm ³
Momento d'inerzia asse x	Ix =	173.038.299,63 cm ⁴	Momento d'inerzia asse y	Iy =	313.333,31 cm ⁴
Momento d'inerzia asse principale 1	I1 =	173.038.299,63 cm ⁴	Momento d'inerzia asse principale 2	I2 =	313.333,31 cm ⁴
Rotazione dell'asse principale 1	α1 =	0,00 °	Rotazione dell'asse principale 2	α2 =	90,00 °
Raggio d'inerzia asse principale 1	i1 =	135,68 cm	Raggio d'inerzia asse principale 2	i2 =	5,77 cm
Momento d'inerzia polare	Ixy =	0,00 cm ⁴	Momento d'inerzia torsionale	It =	1.170.999,51 cm ⁴

Coordinate dei vertici

Vertice	X [cm]	Y [cm]
1	-10,000	235,000
2	10,000	235,000

D081 – Lario Reti Holding S.p.A. – Adeguamento dell'impianto di depurazione di Erve secondo lotto
 Relazione strutturale

3	10,000	-235,000
4	-10,000	-235,000

Coordinate dell'armatura

Ferro	X [cm]	Y [cm]	Ø [mm]
1	7,400	232,400	12
2	7,400	221,300	12
3	7,400	210,200	12
4	7,400	199,100	12
5	7,400	188,000	12
6	7,400	176,900	12
7	7,400	165,800	12
8	7,400	154,700	12
9	7,400	143,600	12
10	-7,400	143,600	12
11	-7,400	154,700	12
12	-7,400	165,800	12
13	-7,400	176,900	12
14	-7,400	188,000	12
15	-7,400	199,100	12
16	-7,400	210,200	12
17	-7,400	221,300	12
18	-7,400	232,400	12
19	7,400	-143,600	12
20	7,400	-154,700	12
21	7,400	-165,800	12
22	7,400	-176,900	12
23	7,400	-188,000	12
24	7,400	-199,100	12
25	7,400	-210,200	12
26	7,400	-221,300	12
27	7,400	-232,400	12
28	-7,400	-232,400	12
29	-7,400	-221,300	12
30	-7,400	-210,200	12
31	-7,400	-199,100	12
32	-7,400	-188,000	12
33	-7,400	-176,900	12
34	-7,400	-165,800	12
35	-7,400	-154,700	12
36	-7,400	-143,600	12
37	-7,400	133,000	12
38	-7,400	114,000	12
39	-7,400	95,000	12
40	-7,400	76,000	12
41	-7,400	57,000	12
42	-7,400	38,000	12
43	-7,400	19,000	12
44	-7,400	0,000	12
45	-7,400	-19,000	12
46	-7,400	-38,000	12
47	-7,400	-57,000	12
48	-7,400	-76,000	12
49	-7,400	-95,000	12
50	-7,400	-114,000	12
51	-7,400	-133,000	12
52	7,400	133,000	12
53	7,400	114,000	12
54	7,400	95,000	12
55	7,400	76,000	12
56	7,400	57,000	12
57	7,400	38,000	12
58	7,400	19,000	12
59	7,400	0,000	12
60	7,400	-19,000	12

D081 – Lario Reti Holding S.p.A. – Adeguamento dell'impianto di depurazione di Erve secondo lotto
 Relazione strutturale

61	7,400	-38,000	12
62	7,400	-57,000	12
63	7,400	-76,000	12
64	7,400	-95,000	12
65	7,400	-114,000	12
66	7,400	-133,000	12

Staffatura

Ø 12 ogni 20 cm, 2 bracci in X

Ø 12 ogni 20 cm, 2 bracci in Y

Sollecitazioni
Carichi Stato Limite Ultimo

Combinazione	Azione assiale N [kg]	Taglio Tx [kg]	Taglio Ty [kg]	Momento flettente Mx [kg m]	Momento flettente My [kg m]	Momento torcente Mt [kg m]
1	-10.351,13	0,00	1.405,17	-2.873,89	0,00	0,00
2	-1.293,83	0,00	1.405,17	-153,85	0,00	0,00
3	-3.534,61	0,00	1.405,17	-2.873,89	0,00	0,00
4	-57,15	0,00	1.405,17	-153,85	0,00	0,00
5	-4.777,99	0,00	264,73	-1.453,48	0,00	0,00
6	-8.243,21	0,00	0,00	-1.920,61	0,00	0,00
7	-847,77	0,00	0,00	-124,15	0,00	0,00
8	-799,59	0,00	0,00	-144,63	0,00	0,00
9	-2.865,19	0,00	0,00	-434,96	0,00	0,00
10	-2.913,37	0,00	0,00	-414,48	0,00	0,00

Carichi Stato Limite di Esercizio

Combinazione	Azione assiale N [kg]	Momento flettente Mx [kg m]	Momento flettente My [kg m]	Condizione di esercizio	Aggressività ambiente
1	-4.890,55	-1.170,75	0,00	rara	bassa
2	-4.890,55	-1.170,75	0,00	rara	bassa
3	-743,85	-10,19	0,00	rara	bassa
4	-743,85	-10,19	0,00	rara	bassa
5	-4.688,08	-1.045,94	0,00	quasi perm.	bassa
6	-4.688,08	-1.045,94	0,00	quasi perm.	bassa
7	-682,36	-65,79	0,00	quasi perm.	bassa
8	-682,36	-65,79	0,00	quasi perm.	bassa
9	-682,36	-65,79	0,00	quasi perm.	bassa
10	-682,36	-65,79	0,00	quasi perm.	bassa

Stato limite ultimo: resistenza ad azione assiale e flettente (cfr. NTC - § 4.1.2.3.4)

Verifica ad azione assiale e flessione semplice

	NEd [kg]	MEd [kg m]	MRd [kg m]	Csicurezza	Verifica I	εc [%]	εs [%]	Campo	ξ	ξlim	Verifica II	δ [%]
A	-10.351,13	-2.873,89	-633.633,39	220,48	SI	3,50	21,39	III	0,141	0,450	SI	0,70
B	-1.293,83	-153,85	-617.731,01	4.015,15	SI	3,50	22,17	III	0,136	0,450	SI	0,70
C	-3.534,61	-2.873,89	-621.509,22	216,26	SI	3,50	21,98	III	0,137	0,450	SI	0,70
D	-57,15	-153,85	-615.516,41	4.000,76	SI	3,50	22,28	III	0,136	0,450	SI	0,70
E	-4.777,99	-1.453,48	-623.702,66	429,11	SI	3,50	21,87	III	0,138	0,450	SI	0,70
F	-8.243,21	-1.920,61	-629.927,68	327,98	SI	3,50	21,57	III	0,140	0,450	SI	0,70
G	-847,77	-124,15	-616.782,87	4.968,05	SI	3,50	22,21	III	0,136	0,450	SI	0,70
H	-799,59	-144,63	-616.782,87	4.264,56	SI	3,50	22,21	III	0,136	0,450	SI	0,70
I	-2.865,19	-434,96	-620.566,82	1.426,72	SI	3,50	22,03	III	0,137	0,450	SI	0,70
J	-2.913,37	-414,48	-620.566,82	1.497,22	SI	3,50	22,03	III	0,137	0,450	SI	0,70

NEd: azione assiale sollecitante (negativa a compressione, positiva a trazione)

MEd: momento sollecitante

MRd: momento resistente ultimo della sezione corrispondente a NEd

Csicurezza: coefficiente di sicurezza calcolato ad azione assiale costante

Verifica: per resistenza a tenso/prezzo – flessione (cfr. NTC par. 4.1.2)

ε_c: deformazione ultima del calcestruzzo**Campo**: campo di rottura della sezione**ξ_{lim}**: limite normativo del rapporto x/d**δ**: percentuale residua minima per la ridistribuzione (solo per travi e solette)**ε_s**: deformazione ultima dell'acciaio**ξ**: rapporto x/d**Verifica**: rottura duttile della sezione ($\xi < \xi_{lim}$)

Stato limite ultimo: resistenza a taglio e torsione (cfr. NTC - § 4.1.2.3.5 e § 4.1.2.3.6)

Verifica con armatura trasversale resistente a taglio in direzione y

	dy [cm]	bw,y [cm]	α_c [-]	σ_{cp} [kg/cm ²]	f'_{cd} [kg/cm ²]	s [-]	α [°]	A_{sw,y} [cm ²]	f_{yd} [kg/cm ²]
A	467,4	20,0	1,0	1,10	95,89	20	90	2,26	3.988,83
B	467,4	20,0	1,0	0,14	95,89	20	90	2,26	3.988,83
C	467,4	20,0	1,0	0,38	95,89	20	90	2,26	3.988,83
D	467,4	20,0	1,0	0,01	95,89	20	90	2,26	3.988,83
E	467,4	20,0	1,0	0,51	95,89	20	90	2,26	3.988,83

dy: altezza minima della sezione (per le sezioni circolari è valutata con $0,45 \cdot D + 0,64 \cdot (d - D/2)$ con D diametro della sezione)**bw,y**: larghezza minima della sezione (per le sezioni circolari è valutata come $0,9 \cdot D$ con D diametro della sezione)**α_c**: coefficiente maggiorativo**σ_{cp}**: tensione media di compressione nella sezione**f'_{cd}**: resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima**s**: interasse tra due armature trasversali consecutive**α**: angolo di inclinazione dell'armatura trasversale**f_{yd}**: tensione caratteristica di snervamento

	θ [°]	ctg θ [-]	VR_{cd,y} [kg]	VR_{sd,y} [kg]	VR_{d,y} [kg]	VE_{d,y} [kg]	CV	Verifica
A	29,0	1,8	344.036,88	342.355,46	342.355,46	1.405,17	243,64	SI
B	29,1	1,8	343.062,79	340.950,70	340.950,70	1.405,17	242,64	SI
C	29,0	1,8	342.743,41	342.355,46	342.355,46	1.405,17	243,64	SI
D	29,1	1,8	342.827,61	340.950,70	340.950,70	1.405,17	242,64	SI
E	29,0	1,8	342.979,35	342.355,46	342.355,46	264,73	1293,23	SI

θ: angolo di inclinazione dei puntoni di cls (cfr. NTC formula 4.1.25)**ctg θ**: cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo**VR_{cd,y}**: azione resistente a taglio dei puntoni di calcestruzzo in direzione y**VR_{sd,y}**: azione resistente a taglio dell'armatura trasversale in direzione y**VR_{d,y}**: azione resistente a taglio in direzione y**VE_{d,y}**: azione sollecitante a taglio in direzione y**Verifica**: per resistenza a taglio (cfr. NTC formula. 4.1.27)

Stati limite di esercizio: tensioni di esercizio e fessurazione (cfr. NTC - § 4.1.2.2)

Verifica tensioni di esercizio (cfr. NTC - § 4.1.2.2.5)

	Combinazione	N_{Ed} [kg]	M_{Ed,x} [kg m]	M_{Ed,y} [kg m]	σ_c [kg/cm ²]	σ_{c,limite} [kg/cm ²]	Verifica I	σ_{s,trazione} [kg/cm ²]	σ_{s,comp} [kg/cm ²]	σ_{s,limite} [kg/cm ²]	Verifica II
A	Rara	-4.890,55	-1.170,75	0,00	-0,60	203,06	SI	-4,92	-9,03	3.669,72	SI
B	Rara	-4.890,55	-1.170,75	0,00	-0,60	203,06	SI	-4,92	-9,03	3.669,72	SI
C	Rara	-743,85	-10,19	0,00	-0,07	203,06	SI	-1,04	-1,08	3.669,72	SI
D	Rara	-743,85	-10,19	0,00	-0,07	203,06	SI	-1,04	-1,08	3.669,72	SI
E	Quasi permanente	-4.688,08	-1.045,94	0,00	-0,57	152,29	SI	-4,85	-8,52	-	-
F	Quasi permanente	-4.688,08	-1.045,94	0,00	-0,57	152,29	SI	-4,85	-8,52	-	-
G	Quasi permanente	-682,36	-65,79	0,00	-0,07	152,29	SI	-0,86	-1,09	-	-
H	Quasi permanente	-682,36	-65,79	0,00	-0,07	152,29	SI	-0,86	-1,09	-	-
I	Quasi permanente	-682,36	-65,79	0,00	-0,07	152,29	SI	-0,86	-1,09	-	-

D081 – Lario Reti Holding S.p.A. – Adeguamento dell'impianto di depurazione di Erve secondo lotto
 Relazione strutturale

J	Quasi permanente	-682,36	-65,79	0,00	-0,07	152,29	SI	-0,86	-1,09	-	-
---	------------------	---------	--------	------	-------	--------	----	-------	-------	---	---

N_{Ed}: azione assiale sollecitante (negativa a compressione, positiva a trazione)

M_{Ed,x}: momento sollecitante attorno all'asse X

M_{Ed,y}: momento sollecitante attorno all'asse Y

σ_c: massima tensione di compressione nel calcestruzzo

σ_{c,limite}: tensione limite di compressione nel calcestruzzo

σ_{s,trazione}: massima tensione di trazione nelle barre di acciaio

σ_{s,compressione}: massima tensione di compressione nelle barre di acciaio

σ_{s,limite}: tensione limite nelle barre di acciaio

Verifica I: tensione massima nel calcestruzzo (cfr. NTC form.4.1.15/17)

Verifica II: tensione massima nelle barre di acciaio (cfr. NTC form.4.1.1416)

Verifica allo stato limite di fessurazione: apertura delle fessure (cfr. NTC - § 4.1.2.2.4)

	Combinazione	N [kg]	M _{Ed,x} [kg m]	M _{Ed,y} [kg m]	ε _{sm} [mm]	Δ _{sm} [mm]	W _m [mm]	W _d [mm]	W _{lim} [mm]	Verifica
E	Quasi permanente	-4.688,08	-1.045,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	SI
F	Quasi permanente	-4.688,08	-1.045,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	SI
G	Quasi permanente	-682,36	-65,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	SI
H	Quasi permanente	-682,36	-65,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	SI
I	Quasi permanente	-682,36	-65,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	SI
J	Quasi permanente	-682,36	-65,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	SI

N_{Ed}: azione assiale sollecitante (negativa a compressione, positiva a trazione)

M_{Ed,x}: momento sollecitante attorno all'asse X

M_{Ed,y}: momento sollecitante attorno all'asse Y

ε_{sm}: deformazione unitaria media delle barre di armatura

Verifica: tensione massima nel calcestruzzo (cfr. NTC form.4.1.15/16)

Δ_{sm}: distanza media tra le fessure

W_m: ampiezza media del fessure

W_d: ampiezza di calcolo delle fessure

W_{lim}: ampiezza nominale delle fessure (w1, w2, w3)

Verifiche dei dettagli costruttivi
Lunghezze critiche e vincoli geometrici (cfr. NTC - § 7.4.6.1.4)

Spessore min [cm]	Spessore [cm]	h Zona critica min [cm]	h Zona critica [cm]	Verifica
15,0	20,0	470,0	470,0	SI

Armatura verticale in zona confinata (cfr. NTC - § 7.4.6.2.4)

Φ _{max} [mm]	Φ [mm]	Verifica	Passo max [cm]	Passo [cm]	L zona conf. min [cm]	L zona conf. [cm]	p _{min}	ρ	p _{max}	Verifica
20	12	SI	30,0	14,1	94,0	94,0	1	1,08	4	SI

Armatura verticale in zona non confinata (cfr. NTC - § 7.4.6.2.4)

Φ _{max} [mm]	Φ [mm]	Verifica	Passo max [cm]	Passo [cm]	p _{min}	ρ	Verifica
20	12	SI	30,0	14,1	0,2	0,38	SI

Armatura orizzontale in zona confinata (cfr. NTC - § 7.4.6.2.4)

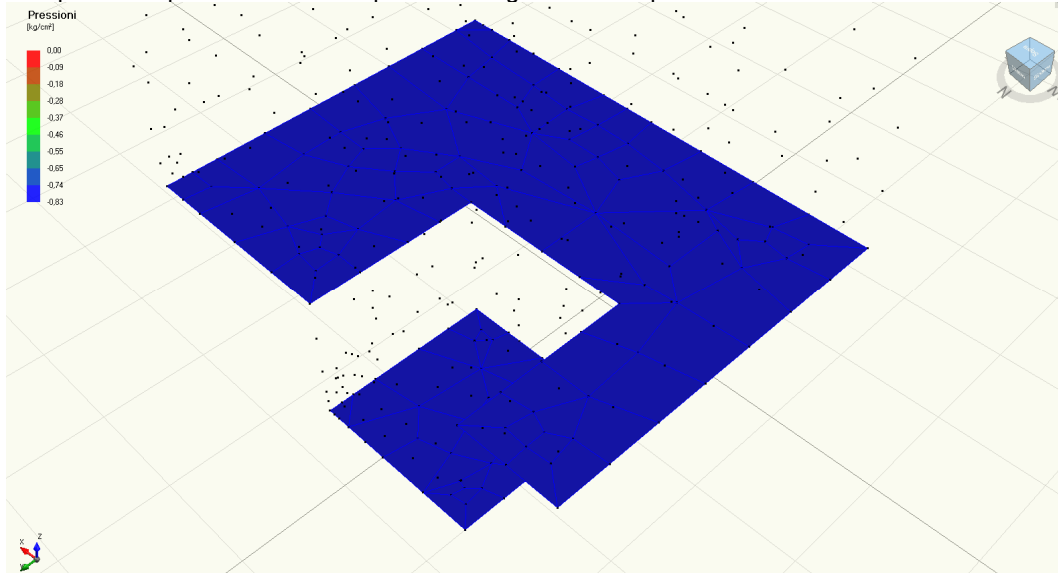
Φ _{min} [mm]	Φ [mm]	Φ _{max} [mm]	Verifica	Passo max [cm]	Passo [cm]
6	12	20	9,6	20,0	SI

Armatura orizzontale in zona non confinata (cfr. NTC - § 7.4.6.2.4)

Φ _{max} [mm]	Φ [mm]	Verifica	Passo max [cm]	Passo [cm]	p _{min}	ρ	Verifica
20	12	SI	30,0	20,0	0,2	0,22	SI

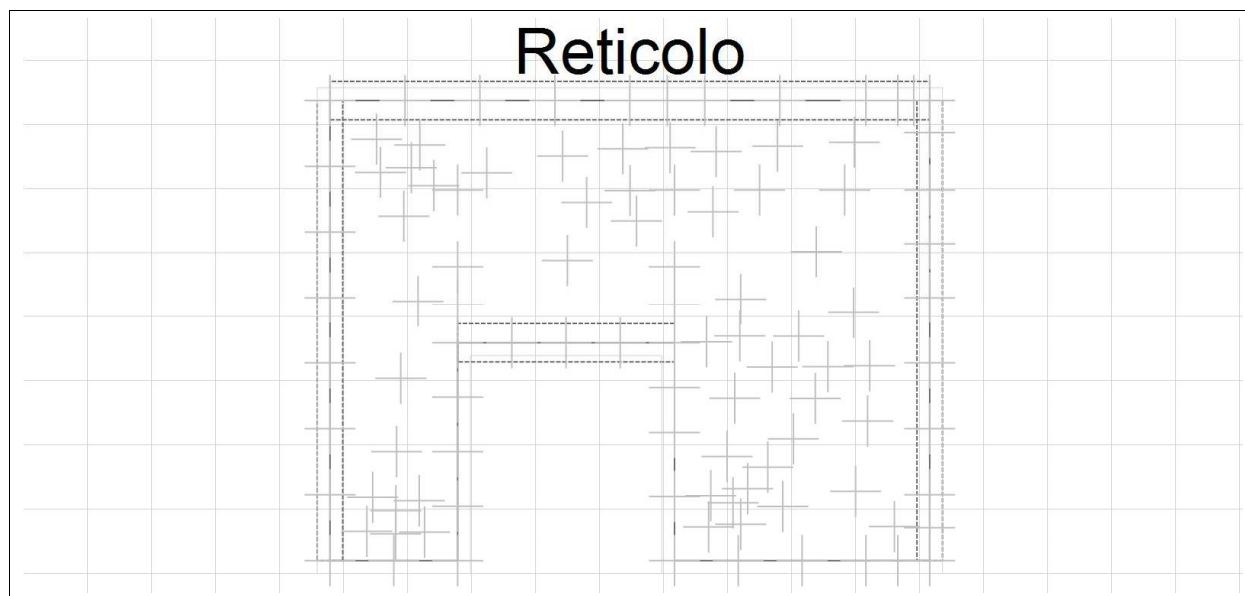
ALLEGATO C: VERIFICA PRESSIONI SUL TERRENO

Per la verifica si prendono come riferimento le caratteristiche del terreno ricavate dalla relazione geologica geotecnica redatta da Dott. Geol. Matteo Rota. In considerazione delle caratteristiche del terreno, si adotta la soluzione di fondazioni di tipo diretto a platea di spessore 30cm. Si riportano i diagrammi delle pressioni sul terreno allo Stato Limite Ultimo.



Pressione massima terreno di fondazione SLU 0,083 kg/cm² < 2,000 kg/cm² - 200kPa **VERIFICATA**

Caratteristiche della piastra in calcestruzzo Nuova piastra 2



Coordinate dei vertici

Vertice	X [m]	Y [m]	Z [m]
2	0,00	3,60	-1,05
1	0,00	0,00	-1,05
4	4,70	0,00	-1,05
3	4,70	3,60	-1,05
7	2,70	3,60	-1,05
10	2,70	1,90	-1,05

D081 – Lario Reti Holding S.p.A. – Adeguamento dell'impianto di depurazione di Erve secondo lotto
 Relazione strutturale

9	1,00	1,90	-1,05
5	1,00	3,60	-1,05

Verifica dell'armatura inserita							
Nodo	coord. X [m]	coord. Y [m]	Ax,sup [cm ²]	Ay,sup [cm ²]	Ax,inf [cm ²]	Ay,inf [cm ²]	Verifica
417	3,172341	3,17	5,55	5,48	5,63	5,65	Si
79	2,7	2,70	5,65	5,65	5,38	5,30	Si
10	2,7	2,70	5,65	5,65	5,45	4,72	Si
418	2,951116	2,95	5,65	5,65	5,31	4,92	Si
419	3,112379	3,11	5,31	5,40	5,61	5,55	Si
75	2,7	2,70	5,65	5,65	5,52	5,32	Si
420	0,6994019	0,70	5,50	5,39	5,65	5,65	Si
421	0,740986	0,74	5,51	5,38	5,65	5,65	Si
422	0,5138958	0,51	5,53	5,46	5,65	5,65	Si
423	0,515783	0,52	5,43	5,31	5,65	5,65	Si
424	2,351311	2,35	5,17	5,52	5,65	5,58	Si
425	2,295128	2,30	5,28	5,48	5,65	5,59	Si
426	2,665073	2,67	5,33	5,58	5,65	5,60	Si
8	2,7	2,70	5,45	5,65	5,65	5,43	Si
427	1,425	1,43	5,62	5,54	5,55	5,65	Si
258	1	1,00	5,60	5,63	5,54	5,54	Si
428	1,860183	1,86	5,39	5,50	5,65	5,65	Si
429	1,85	1,85	5,59	5,30	5,65	5,65	Si
430	0,2889661	0,29	5,44	5,42	5,54	5,55	Si
2	0	0,00	5,54	5,53	5,52	5,52	Si
113	0	0,00	5,52	5,56	5,56	5,52	Si
431	0,3340514	0,33	5,47	5,44	5,62	5,65	Si
9	1	1,00	5,65	5,65	5,37	5,31	Si
432	0,6893196	0,69	5,55	5,55	5,53	5,52	Si
120	0	0,00	5,51	5,41	5,60	5,65	Si
433	0,5216088	0,52	5,46	5,33	5,65	5,65	Si
70	2,9375	2,94	5,47	5,54	5,61	5,56	Si
71	3,525	3,53	5,52	5,50	5,52	5,54	Si
434	3,507043	3,51	5,44	5,50	5,62	5,58	Si
435	3,026533	3,03	5,41	5,56	5,65	5,63	Si
402	4,7	4,70	5,56	5,48	5,65	5,65	Si
407	4,7	4,70	5,45	5,38	5,64	5,65	Si
436	4,21353	4,21	5,25	5,10	5,65	5,65	Si
437	4,229966	4,23	5,38	5,19	5,65	5,65	Si
124	0	0,00	5,56	5,44	5,60	5,65	Si
438	0,5547076	0,55	5,59	5,37	5,59	5,65	Si
439	4,119646	4,12	5,26	5,15	5,65	5,65	Si
412	4,7	4,70	5,27	5,24	5,47	5,48	Si
440	4,7	4,70	5,29	5,32	5,47	5,46	Si
441	4,423215	4,42	5,47	5,40	5,42	5,49	Si
82	1	1,00	5,59	5,30	5,46	5,65	Si
83	1	1,00	5,51	5,31	5,65	5,65	Si

D081 – Lario Reti Holding S.p.A. – Adeguamento dell'impianto di depurazione di Erve secondo lotto
Relazione strutturale

76	2,35	2,35	5,47	5,54	5,61	5,54	Sì
77	2,64375	2,64	5,44	5,58	5,64	5,53	Sì
81	1	1,00	5,59	5,49	5,64	5,65	Sì

D081 – Lario Reti Holding S.p.A. – Adeguamento dell'impianto di depurazione di Erve secondo lotto
 Relazione strutturale

Nodo	coord. X [m]	coord. Y [m]	Ax,sup [cm ²]	Ay,sup [cm ²]	Ax,inf [cm ²]	Ay,inf [cm ²]	Verifica
442	2,984783	2,98	5,31	5,52	5,51	5,32	Si
443	3,273284	3,27	5,16	5,15	5,61	5,60	Si
444	3,158956	3,16	5,23	5,27	5,60	5,55	Si
445	3,2188	3,22	5,38	5,32	5,47	5,50	Si
446	2,967848	2,97	5,31	5,37	5,39	5,33	Si
68	4,2	4,20	5,37	5,33	5,47	5,51	Si
67	3,7	3,70	5,55	5,45	5,55	5,62	Si
447	3,548524	3,55	5,32	5,18	5,65	5,65	Si
448	3,81149	3,81	5,48	5,29	5,65	5,65	Si
449	4,103537	4,10	5,30	5,08	5,65	5,65	Si
450	3,672818	3,67	5,30	4,89	5,65	5,65	Si
451	3,219411	3,22	5,31	5,44	5,55	5,44	Si
452	3,001169	3,00	5,40	5,58	5,65	5,59	Si
453	2,402453	2,40	5,25	5,65	5,65	5,48	Si
69	4,45	4,45	5,49	5,45	5,39	5,41	Si
454	1,228376	1,23	5,15	5,38	5,65	5,65	Si
455	1,822744	1,82	5,29	5,42	5,65	5,65	Si
456	2,011413	2,01	5,07	5,35	5,65	5,65	Si
457	3,465528	3,47	5,34	5,03	5,65	5,65	Si
458	3,212018	3,21	5,44	5,43	5,65	5,65	Si
3	4,7	4,70	5,43	5,56	5,40	5,27	Si
63	1	1,00	5,33	5,39	5,65	5,59	Si
459	3,631592	3,63	5,28	5,04	5,65	5,65	Si
460	3,430972	3,43	5,17	5,07	5,65	5,65	Si
461	3,803409	3,80	5,25	4,89	5,65	5,65	Si
386	3,366667	3,37	5,47	5,45	5,65	5,65	Si
195	2,7	2,70	5,59	5,65	5,64	5,08	Si
462	2,275	2,28	5,62	5,65	5,36	5,23	Si
128	0	0,00	5,56	5,40	5,59	5,65	Si
132	0	0,00	5,59	5,58	5,65	5,65	Si
463	0,5787712	0,58	5,41	5,47	5,65	5,65	Si
464	3,902065	3,90	5,26	4,89	5,65	5,65	Si
26	1	1,00	4,86	5,29	5,65	5,65	Si
465	0,3952165	0,40	5,29	5,44	5,65	5,65	Si
136	0	0,00	5,51	5,60	5,59	5,45	Si
466	0,3650054	0,37	5,32	5,35	5,58	5,52	Si
467	0,7038146	0,70	5,36	5,41	5,65	5,65	Si
468	0,6370894	0,64	5,15	5,33	5,65	5,65	Si
469	0,8138415	0,81	5,21	5,40	5,65	5,65	Si
72	1,175	1,18	5,31	5,47	5,65	5,65	Si
73	1,7625	1,76	5,48	5,52	5,61	5,56	Si
64	2,7	2,70	5,43	5,61	5,43	5,25	Si
397	4,7	4,70	5,46	5,33	5,62	5,65	Si
390	4,033333	4,03	5,65	5,58	5,45	5,58	Si
470	4,110094	4,11	5,56	5,50	5,44	5,50	Si

471	4,7	4,70	5,35	5,16	5,50	5,64	Sì
78	4,2	4,20	5,55	5,53	5,50	5,52	Sì

Nodo	coord. X [m]	coord. Y [m]	Ax,sup [cm ²]	Ay,sup [cm ²]	Ax,inf [cm ²]	Ay,inf [cm ²]	Verifica
78	4,2	4,20	5,55	5,53	5,50	5,52	Sì
6	4,7	4,70	5,48	5,47	5,43	5,44	Sì
472	4,7	4,70	5,51	5,51	5,50	5,50	Sì
473	4,45	4,45	5,50	5,44	5,56	5,63	Sì
65	3,2	3,20	5,56	5,46	5,39	5,47	Sì
474	4,575	4,58	5,55	5,53	5,54	5,56	Sì
4	4,7	4,70	5,53	5,65	5,33	5,21	Sì
1	0	0,00	5,47	5,49	5,51	5,47	Sì
80	0,5875	0,59	5,47	5,46	5,48	5,54	Sì
7	2,7	2,70	5,47	5,60	5,41	5,27	Sì
74	2,7	2,70	5,57	5,65	5,42	5,14	Sì
5	1	1,00	5,62	5,45	5,60	5,65	Sì

ALLEGATO D: PIANO DI MANUTENZIONE

STRUTTURE DI FONDAZIONE

Insieme degli elementi tecnici orizzontali del sistema edilizio avente funzione di trasmettere al terreno il peso della struttura e delle altre forze esterne.

Anomalie riscontrabili

- A01 Cedimenti Dissesti dovuti a cedimenti di natura e causa diverse, talvolta con manifestazioni dell'abbassamento del piano di imposta della fondazione.
- A02 Distacchi murari
- A03 Fessurazioni Degradazione che si manifesta con la formazione di soluzioni di continuità del materiale e che può implicare lo spostamento reciproco delle parti.
- A04 Lesioni Si manifestano con l'interruzione del tessuto murario. Le caratteristiche e l'andamento ne caratterizzano l'importanza e il tipo.
- A05 Non perpendicolarità del fabbricato Non perpendicolarità dell'edificio a causa di dissesti o eventi di natura diversa
- A06 Umidità Presenza di umidità dovuta spesso per risalita capillare

Controlli eseguibili dall'utente

- C01 Controllo struttura

Cadenza: ogni 12 mesi

Tipologia: Controllo a vista

Controllare l'integrità delle pareti e dei pilastri verificando l'assenza di eventuali lesioni e/o fessurazioni. Controllare eventuali smottamenti del terreno circostante alla struttura che possano essere indicatori di cedimenti strutturali. Effettuare verifiche e controlli approfonditi particolarmente in corrispondenza di manifestazioni a calamità naturali (sisma, nubifragi, ecc.).

Requisiti da verificare: 1) Resistenza meccanica.

Anomalie riscontrabili: 1) Cedimenti; 2) Distacchi murari; 3) Fessurazioni; 4) Lesioni; 5) Non perpendicolarità del fabbricato; 6) Umidità.

Ditte specializzate: Tecnici di livello superiore.

Manutenzioni eseguibili da personale specializzato

- I01 Interventi sulle strutture

Cadenza: quando occorre

In seguito alla comparsa di segni di cedimenti strutturali (lesioni, fessurazioni, rotture), effettuare accurati accertamenti per la diagnosi e la verifica delle strutture, da parte di tecnici qualificati, che possano individuare la causa/effetto del dissesto ed evidenziare eventuali modificazioni strutturali tali da compromettere la stabilità delle strutture, in particolare verificare la perpendicolarità del fabbricato. Procedere quindi al consolidamento delle stesse a secondo del tipo di dissesti riscontrati.

STRUTTURE DI ELEVAZIONE

Si definiscono strutture di elevazione gli insiemi degli elementi tecnici del sistema edilizio aventi la funzione di resistere alle azioni di varia natura agenti sulla parte di costruzione fuori terra, trasmettendole alle strutture di fondazione e quindi al terreno.

Requisiti e prestazioni (UT)

- R01 (Attitudine al) controllo delle dispersioni elettriche

Classe di Requisiti Protezione elettrica

Classe di esigenza: Sicurezza

Le strutture di elevazione dovranno in modo idoneo impedire eventuali dispersioni elettriche.

Prestazioni: Tutte le parti metalliche facenti parte delle strutture di elevazione dovranno essere connesse ad impianti di terra mediante dispersori. In modo che esse vengano a trovarsi allo stesso potenziale elettrico del terreno.

Livello minimo della prestazione: Essi variano in funzione delle modalità di progetto.

Riferimenti normativi Legge 1.3.1968 n.186; -Legge 5.3.1990 n.46; -D.P.R. 27.4.1995 n.547; -D.Lgs. 19.9.1994, n.626; -D.Lgs 14.8.1996 n.494; -UNI 8290-2; -CEI 11-1; -CEI 11-8; -CEI 1-11; -CEI 64-8; -CEI 81-1; -CEI S.423.

- R02 Resistenza agli agenti aggressivi

Classe di Requisiti: Protezione dagli agenti chimici ed organici

Classe di esigenza: Sicurezza

Le strutture di elevazione non debbono subire dissoluzioni o disgregazioni e mutamenti di aspetto a causa dell'azione di agenti aggressivi chimici.

Prestazioni: Le strutture di elevazione dovranno conservare nel tempo, sotto l'azione di agenti chimici (anidride carbonica, solfati, ecc.) presenti in ambiente, le proprie caratteristiche funzionali.

Livello minimo della prestazione: Nelle opere e manufatti in calcestruzzo, il D.M. 9.1.1996 prevede che gli spessori minimi del copriferro variano in funzione delle tipologie costruttive, in particolare l'art.6.1.4 del D.M. recita: “ *...+ La superficie dell'armatura resistente, comprese le staffe, deve distare dalle facce esterne del conglomerato di almeno 0,8 cm nel caso di solette, setti e pareti, e di almeno 2 cm nel caso di travi e pilastri. Tali misure devono essere aumentate, e rispettivamente portate a 2 cm per le solette e a 4 cm per le travi ed i pilastri, in presenza di salsedine marina, di emanazioni nocive, od in ambiente comunque aggressivo. Copriferri maggiori possono essere utilizzati in casi specifici (ad es. opere idrauliche).”

Riferimenti normativi D.M. 9.1.1996; -Capitolato Generale Opere Pubbliche; -UNI 7699; -UNI 8290-2; -UNI 8403; -UNI 8744; -UNI 8903; -UNI 8981-7; -UNI 9388; -UNI 9398; -UNI 9535; -UNI 9535 FA 1-92; -UNI 9747; -UNI 9747 FA 1-94; -UNI 9944; -UNI 10322.

- R03 Resistenza agli attacchi biologici

Classe di Requisiti: Protezione dagli agenti chimici ed organici

Classe di esigenza: Sicurezza

Prestazioni: Le strutture di elevazione costituite da elementi in legno non dovranno permettere la crescita di funghi, insetti, muffe, organismi marini, ecc., ma dovranno conservare nel tempo le proprie caratteristiche funzionali anche in caso di attacchi biologici. Gli elementi in legno dovranno essere trattati con prodotti protettivi idonei.

Livello minimo della prestazione: I valori minimi di resistenza agli attacchi biologici variano in funzione dei materiali, dei prodotti utilizzati, delle classi di rischio, delle situazioni generali di servizio, dell'esposizione a umidificazione e del tipo di agente biologico.

DISTRIBUZIONE DEGLI AGENTI BIOLOGICI PER CLASSI DI RISCHIO (UNI EN 335-1)

- CLASSE DI RISCHIO: 1;

Situazione generale di servizio: non a contatto con terreno, al coperto (secco);

Descrizione dell'esposizione a umidificazione in servizio: nessuna;

Distribuzione degli agenti biologici: a)funghi: -; b)*insetti: U; c)termiti: L; d)organismi marini: -.

- CLASSE DI RISCHIO: 2;

Situazione generale di servizio: non a contatto con terreno, al coperto (rischio di umidificazione);

Descrizione dell'esposizione a umidificazione in servizio: occasionale;

Distribuzione degli agenti biologici: a)funghi: U; b)*insetti: U; c)termiti: L; d)organismi marini: -.

- CLASSE DI RISCHIO: 3;

Situazione generale di servizio: non a contatto con terreno, non al coperto;

Descrizione dell'esposizione a umidificazione in servizio: frequente;

Distribuzione degli agenti biologici: a)funghi: U; b)*insetti: U; c)termiti: L; d)organismi marini: -;

- CLASSE DI RISCHIO: 4;

Situazione generale di servizio: a contatto con terreno o acqua dolce;

Descrizione dell'esposizione a umidificazione in servizio: permanente;

Distribuzione degli agenti biologici: a)funghi: U; b)*insetti: U; c)termiti: L; d)organismi marini: -.

- CLASSE DI RISCHIO: 5;

Situazione generale di servizio: in acqua salata;

Descrizione dell'esposizione a umidificazione in servizio: permanente;

Distribuzione degli agenti biologici: a)funghi: U; b)*insetti: U; c)termiti: L; d)organismi marini: U.

DOVE:

U = universalmente presente in Europa

L = localmente presente in Europa

* il rischio di attacco può essere non significativo a seconda delle particolari situazioni di servizio

Riferimenti normativi:

UNI 8662/1; -UNI 8662/2; -UNI 8662/3; -UNI 8290-2; -UNI 8789; -UNI 8795; -UNI 8859; -UNI 8940; -UNI 8976; -UNI 9090; -UNI 9092/1; -UNI EN 335/1; -UNI EN 335/2; -UNI ENV 1099.

- R04 Resistenza al fuoco

Classe di Requisiti: Protezione antincendio

Classe di esigenza: sicurezza

La resistenza al fuoco rappresenta l'attitudine degli elementi che costituiscono le strutture a conservare, in un tempo determinato, la stabilità (R), la tenuta (E) e l'isolamento termico (I). Essa è intesa come il tempo necessario affinché

la struttura raggiunga uno dei due stati limite di stabilità e di integrità, in corrispondenza dei quali non è più in grado sia di reagire ai carichi applicati sia di impedire la propagazione dell'incendio.

Prestazioni: Gli elementi delle strutture di elevazione devono presentare una resistenza al fuoco (REI) non inferiore a quello determinabile in funzione del carico d'incendio, secondo le modalità specificate nella C.M. dell'Interno 14.9.1961 n.91.

Livello minimo della prestazione: In particolare gli elementi costruttivi delle strutture di elevazione devono avere la resistenza al fuoco indicata di seguito, espressa in termini di tempo entro il quale le strutture di elevazioni conservano stabilità, tenuta alla fiamma, ai fumi ed isolamento termico:

Altezza antincendio (m): da 12 a 32 - Classe REI (min): 60;

Altezza antincendio (m): da oltre 32 a 80 - Classe REI (min): 90;

Altezza antincendio (m): oltre 80 - Classe REI (min): 120.

Riferimenti normativi: D.M. 30.11.1983 (Termini, definizioni generali e simboli grafici di prevenzione incendi); -D.M. 6.3.1986 (Calcolo del carico d'incendio per locali aventi strutture portanti in legno); -D.M. 16.5.1987 (Norme di sicurezza antincendi per gli edifici di civile abitazione); -D.M. 26.08.1992; -C.M. Interno 14.9.1961 n.91 (Norme di sicurezza per la protezione contro il fuoco dei fabbricati in acciaio destinati ad uso civile); -UNI FA 100; -UNI FA 100-83; -UNI 7678; -UNI 8290-2; -UNI 9502; -UNI 9503; -UNI 9504; -UNI 9723; -UNI 9504; -ISO 834; -ISO 1182; -C.N.R. 37/1973.

STRUTTURE ORIZZONTALI

Le strutture orizzontali o inclinate sono costituite dagli elementi tecnici con funzione di sostenere orizzontalmente i carichi agenti, trasmettendoli ad altre parti strutturali ad esse collegate. Le strutture di elevazione orizzontali o inclinate a loro volta possono essere suddivise in: strutture per impalcati piani; strutture per coperture inclinate

Anomalie riscontrabili

- A01 Alveolizzazione Degradazione che si manifesta con la formazione di cavità di forme e dimensioni variabili. Gli alveoli sono spesso interconnessi e hanno distribuzione non uniforme. Nel caso particolare in cui il fenomeno si sviluppa essenzialmente in profondità con andamento a diverticoli si può usare il termine alveolizzazione a caratura.
- A02 Bolle d'aria Alterazione della superficie del calcestruzzo caratterizzata dalla presenza di fori di grandezza e distribuzione irregolare, generati dalla formazione di bolle d'aria al momento del getto.
- A03 Cavillature superficiali Sottile trama di fessure sulla superficie del calcestruzzo.
- A04 Crosta Deposito superficiale di spessore variabile, duro e fragile, generalmente di colore nero.
- A05 Decolorazione Alterazione cromatica della superficie.

- A06 Deposito superficiale Accumulo di pulviscolo atmosferico o di altri materiali estranei, di spessore variabile, poco coerente e poco aderente alla superficie del rivestimento.
- A07 Disgregazione Decoesione caratterizzata da distacco di granuli o cristalli sotto minime sollecitazioni meccaniche.
- A08 Distacco Disgregazione e distacco di parti notevoli del materiale che può manifestarsi anche mediante espulsione di elementi prefabbricati dalla loro sede.
- A09 Efflorescenze Formazione di sostanze, generalmente di colore biancastro e di aspetto cristallino o polverulento o filamentoso, sulla superficie del manufatto. Nel caso di efflorescenze saline, la cristallizzazione può talvolta avvenire all'interno del materiale provocando spesso il distacco delle parti più superficiali: il fenomeno prende allora il nome di criptoefflorescenza o subefflorescenza.
- A10 Erosione superficiale Asportazione di materiale dalla superficie dovuta a processi di natura diversa. Quando sono note le cause di degrado, possono essere utilizzati anche termini come erosione per abrasione o erosione per corrosione (cause meccaniche), erosione per corrosione (cause chimiche e biologiche), erosione per usura (cause antropiche).
- A11 Esfoliazione Degradazione che si manifesta con distacco, spesso seguito da caduta, di uno o più strati superficiali subparalleli fra loro, generalmente causata dagli effetti del gelo.
- A12 Esposizione dei ferri di armatura Distacchi di parte di calcestruzzo (copriferro) e relativa esposizione dei ferri di armatura a fenomeni di corrosione per l'azione degli agenti atmosferici.
- A13 Fessurazioni Presenza di rotture singole, ramificate, ortogonale o parallele all'armatura che possono interessare l'intero spessore del manufatto.
- A14 Macchie e graffiti Imbrattamento della superficie con sostanze macchianti in grado di aderire e penetrare nel materiale.
- A15 Mancanza Caduta e perdita di parti del materiale del manufatto.
- A16 Patina biologica Strato sottile, morbido e omogeneo, aderente alla superficie e di evidente natura biologica, di colore variabile, per lo più verde. La patina biologica è costituita prevalentemente da microrganismi cui possono aderire polvere, terriccio.
- A17 Penetrazione di umidità Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua.
- A18 Polverizzazione Decoesione che si manifesta con la caduta spontanea dei materiali sotto forma di polvere o granuli.
- A19 Presenza di vegetazione Presenza di vegetazione caratterizzata dalla formazione di licheni, muschi e piante lungo le superficie.

- A20 Rigonfiamento Variazione della sagoma che interessa l'intero spessore del materiale e che si manifesta soprattutto in elementi lastriformi. Ben riconoscibile essendo dato dal tipico andamento "a bolla" combinato all'azione della gravità.
- A21 Scheggiature Distacco di piccole parti di materiale lungo i bordi e gli spigoli degli elementi in calcestruzzo

Controlli eseguibili da personale specializzato

- C01 Controllo struttura

Cadenza: ogni 12 mesi

Tipologia: Controllo a vista

Requisiti da verificare: 1) Resistenza meccanica.

Anomalie riscontrabili: 1) Alveolizzazione; 2) Bolle d'aria; 3) Cavillature superficiali; 4) Crosta; 5) Decolorazione; 6) Deposito superficiale; 7) Disgregazione; 8) Distacco; 9) Efflorescenze; 10) Erosione superficiale; 11) Esfoliazione; 12) Esposizione dei ferri di armatura; 13) Fessurazioni; 14) Macchie e graffi; 15) Mancanza; 16) Patina biologica; 17) Penetrazione di umidità; 18) Polverizzazione; 19) Presenza di vegetazione; 20) Rigonfiamento; 21) Scheggiature

Manutenzioni eseguibili da personale specializzato

- I01 Interventi sulle strutture

Cadenza: quando occorre

Gli interventi riparativi dovranno effettuarsi a secondo del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.

STRUTTURE VERTICALI

Le strutture verticali sono costituite dagli elementi tecnici con funzione di sostenere i carichi agenti, trasmettendoli verticalmente ad altre parti aventi funzione strutturale e ad esse collegate. Le strutture di elevazione verticali a loro volta possono essere suddivise in: strutture a telaio; strutture ad arco; strutture a pareti portanti.

Anomalie riscontrabili

- A01 Alveolizzazione Degradazione che si manifesta con la formazione di cavità di forme e dimensioni variabili. Gli alveoli sono spesso interconnessi e hanno distribuzione non uniforme. Nel caso particolare in cui il fenomeno si sviluppa essenzialmente in profondità con andamento a diverticoli si può usare il termine alveolizzazione a caviatura.
- A02 Bolle d'aria Alterazione della superficie del calcestruzzo caratterizzata dalla presenza di fori di grandezza e distribuzione irregolare, generati dalla formazione di bolle d'aria al momento del getto.
- A03 Cavillature superficiali Sottile trama di fessure sulla superficie del calcestruzzo.

- A04 Crosta Deposito superficiale di spessore variabile, duro e fragile, generalmente di colore nero.
- A05 Decolorazione Alterazione cromatica della superficie.
- A06 Deposito superficiale Accumulo di pulviscolo atmosferico o di altri materiali estranei, di spessore variabile, poco coerente e poco aderente alla superficie del rivestimento.
- A07 Disgregazione Decoesione caratterizzata da distacco di granuli o cristalli sotto minime sollecitazioni meccaniche.
- A08 Distacco Disgregazione e distacco di parti notevoli del materiale che può manifestarsi anche mediante espulsione di elementi prefabbricati dalla loro sede.
- A09 Efflorescenze Formazione di sostanze, generalmente di colore biancastro e di aspetto cristallino o polverulento o filamentoso, sulla superficie del manufatto. Nel caso di efflorescenze saline, la cristallizzazione può talvolta avvenire all'interno del materiale provocando spesso il distacco delle parti più superficiali: il fenomeno prende allora il nome di criptoefflorescenza o subefflorescenza.
- A10 Erosione superficiale Asportazione di materiale dalla superficie dovuta a processi di natura diversa. Quando sono note le cause di degrado, possono essere utilizzati anche termini come erosione per abrasione o erosione per corrosione (cause meccaniche), erosione per corrosione (cause chimiche e biologiche), erosione per usura (cause antropiche).
- A11 Esfoliazione Degradazione che si manifesta con distacco, spesso seguito da caduta, di uno o più strati superficiali subparalleli fra loro, generalmente causata dagli effetti del gelo.
- A12 Esposizione dei ferri di armatura Distacchi di parte di calcestruzzo (copriferro) e relativa esposizione dei ferri di armatura a fenomeni di corrosione per l'azione degli agenti atmosferici.
- A13 Fessurazioni Presenza di rotture singole, ramificate, ortogonale o parallele all'armatura che possono interessare l'intero spessore del manufatto.
- A14 Macchie e graffi Imbrattamento della superficie con sostanze macchianti in grado di aderire e penetrare nel materiale.
- A15 Mancanza Caduta e perdita di parti del materiale del manufatto.
- A16 Patina biologica Strato sottile, morbido e omogeneo, aderente alla superficie e di evidente natura biologica, di colore variabile, per lo più verde. La patina biologica è costituita prevalentemente da microrganismi cui possono aderire polvere, terriccio.
- A17 Penetrazione di umidità Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua.
- A18 Polverizzazione Decoesione che si manifesta con la caduta spontanea dei materiali sotto forma di polvere o granuli.

- A19 Presenza di vegetazione Presenza di vegetazione caratterizzata dalla formazione di licheni, muschi e piante lungo le superficie.
- A20 Rigonfiamento Variazione della sagoma che interessa l'intero spessore del materiale e che si manifesta soprattutto in elementi lastriformi. Ben riconoscibile essendo dato dal tipico andamento "a bolla" combinato all'azione della gravità.
- A21 Scheggiature Distacco di piccole parti di materiale lungo i bordi e gli spigoli degli elementi in calcestruzzo.

Controlli eseguibili da personale specializzato

- C01 Controllo struttura

Cadenza: ogni 12 mesi

Tipologia: Controllo a vista

Controllare l'integrità delle strutture individuando la presenza di eventuali anomalie come fessurazioni, disgregazioni, distacchi, riduzione del copriferro e relativa esposizione a processi di corrosione dei ferri d'armatura. Verifica dello stato del calcestruzzo e controllo del degrado e/o eventuali processi di carbonatazione.

Requisiti da verificare: 1) Resistenza meccanica.

Anomalie riscontrabili: 1) Alveolizzazione; 2) Bolle d'aria; 3) Cavillature superficiali; 4) Crosta; 5) Decolorazione; 6) Deposito superficiale; 7) Disgregazione; 8) Distacco; 9) Efflorescenze; 10) Erosione superficiale; 11) Esfoliazione; 12) Esposizione dei ferri di armatura; 13) Fessurazioni; 14) Macchie e graffi; 15) Mancanza; 16) Patina biologica; 17) Penetrazione di umidità; 18) Polverizzazione; 19) Presenza di vegetazione; 20) Rigonfiamento; 21) Scheggiature.

Manutenzioni eseguibili da personale specializzato

- I01 Interventi sulle strutture

Cadenza: quando occorre

Gli interventi riparativi dovranno effettuarsi a seconda del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto