

**gianni corbetta**

studio di architettura

iscritto all'albo dei geometri laureati della provincia di monza e brianza al n. 459

Spett.le

**COMUNE DI DESIO**

*Ufficio Lavori Pubblici*

Residenza Municipale

COMUNE DI DESIO



UFFICIO PROTOCOLLO

Nr.0006947 Data 07/03/2016

Tit. 06.05 Arrivo

Oggetto: **LO SCIAME COOP. SOCIALE ONLUS  
SERVIZI IGIENICI VILLA TITTONI**

Con la presente si trasmette la seguente documentazione:

- Relazione di Calcolo e di Verifica opere relative alla realizzazione dei nuovi servizi igienici.

Cordiali saluti.

Il Tecnico incaricato



Arcore, marzo 2016

P1%tecnicopratiche edilizietrasmissione doc

20862 arcore (mb)-via abate d'adda 24-tel.039.616072-fax 039.6012951-p.iva 00126020965  
e-mail: gianni.arcore@libero.it

**gianni corbetta**

studio di architettura

iscritto all'albo dei geometri laureati della provincia di monza e brianza al n. 459

Relazione di Calcolo opere lignee  
relative alla realizzazione di nuovi servizi igienici  
nel comune di Desio (MB).

Villa Tittoni

Via Piermarini – Via Cavalieri di Vittorio Veneto

Marzo 2016

## **1 PREMESSA**

La presente relazione di calcolo è relativa alle strutture lignee per la realizzazione di nuovi servizi igienici che verranno posizionati nel Parco di Villa Tittoni nel comune di Desio (Mb).

La struttura portante sarà composta da pilastri e travi in legno collegate da pannelli OSB di spessore pari a 1,5 cm.

Il progetto e la verifica alle azioni statiche e sismiche dell'edificio in oggetto sono stati condotti secondo le norme tecniche N.T.C. del 14 gennaio 2008.

Nel seguito sono illustrati i risultati delle elaborazioni effettuate e delle verifiche svolte per la progettazione delle strutture di cui sopra. In particolare vengono descritti i carichi considerati, le loro combinazioni, gli schemi statici utilizzati per le elaborazioni, i modelli ad elementi finiti per lo studio della struttura e le verifiche effettuate.

Per le conversioni fra Kg e N si utilizza il fattore 10.0 anziché 9.81.

## **2 NORMATIVE**

Si riportano nel seguito le normative specifiche che sono utilizzate per il dimensionamento e la verifica delle strutture in esame:

1. Legge 5 Novembre 1971 n. 1086:

"Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e a struttura metallica"

2. SISMICAD e BEAMCAD Programmi di calcolo per strutture di proprietà della Concrete di Padova(VE)

3. Decreto Ministero LL.PP. 14 Gennaio 2008:

"Norme tecniche per le costruzioni"

4. Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009:

Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.

5. Eurocodice n. 5: Progettazione delle strutture in legno

### **3 CODICE DI CALCOLO, SOLUTORE E AFFIDABILITA' DEI RISULTATI**

Si riportano nel seguito i software che sono stati utilizzati per la modellazione matematica ed il calcolo numerico dei singoli elementi strutturali, delle pertinenti sezioni resistenti, e della struttura tridimensionale nel suo insieme.

#### **1) SISMICAD e BEAMCAD Programmi di calcolo per strutture di proprietà della Concrete di Padova(VE)**

La modellazione della struttura e la rielaborazione dei risultati del calcolo sono stati effettuati con il codice di calcolo di riferimento SismiCad 12.6 sviluppato da Concrete srl, via della Pieve n. 15 - 35121 PADOVA – Italy, come descritto nel dettaglio successivamente.

Come previsto al punto 10.2 delle norme tecniche di cui al D.M. 14.01.2008 l'affidabilità dei codici utilizzati è stata verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal produttore stesso.

Il software è inoltre dotato di filtri e controlli di autodiagnistica che agiscono ai vari livelli sia della definizione del modello che del calcolo vero e proprio.

I controlli vengono visualizzati, sotto forma di tabulati, di videate a colori o finestre di messaggi.

In particolare il software è dotato dei seguenti filtri e controlli:

- Filtri per la congruenza geometrica del modello di calcolo generato.
- Controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate.
- Filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su eventuali mal condizionamenti delle matrici, verifica dell'indice di condizionamento.
- Controlli sulla verifiche sezionali e sui limiti dimensionali per i vari elementi strutturali in funzione della normativa utilizzata.
- Controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti.

#### **3.1 Valutazione dei risultati e giudizio motivato della loro accettabilità**

Il software utilizzato permette di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello permettono di controllare sia la coerenza geometrica che le azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre, la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi, quali sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti, reazioni vincolari, hanno permesso un immediato controllo con

i risultati ottenuti mediante schemi semplificati di cui è nota la soluzione in forma chiusa nell'ambito della Scienza delle Costruzioni.

Si è, inoltre, controllato che le reazioni vincolari diano valori in equilibrio con i carichi applicati, in particolare per i valori dei taglienti di base delle azioni sismiche, provvedendo a confrontarli con valori ottenuti da modelli semplificati.

Per gli elementi inflessi di tipo bidimensionale si è provveduto a confrontare i valori ottenuti dall'analisi FEM con i valori di momento flettente ottenuti con gli schemi semplificati della Tecnica delle Costruzioni.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodagnostica del software abbiano dato esito positivo.

#### 4 MATERIALI

Le caratteristiche principali dei materiali utilizzati nel presente progetto sono di seguito riportate:

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

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

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

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

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

**$\alpha$ :** coefficiente longitudinale di dilatazione termica. [°C-1]

**Lavorazione:** tipo di lavorazione.

**orm,amm:** tensione ammissibile per flessione. [daN/cm<sup>2</sup>]

**St,0,a:** tensione ammissibile per trazione parallela alle fibre. [daN/cm<sup>2</sup>]

**St,90,a:** tensione ammissibile per trazione ortogonale alle fibre. [daN/cm<sup>2</sup>]

**Sc,0,a:** tensione ammissibile per compressione parallela alle fibre. [daN/cm<sup>2</sup>]

**Sc,90,a:** tensione ammissibile per compressione ortogonale alle fibre. [daN/cm<sup>2</sup>]

**Tau,a:** t ammissibile. [daN/cm<sup>2</sup>]

**fm,k:** resistenza caratteristica per flessione. [daN/cm<sup>2</sup>]

**ft,0,k:** resistenza caratteristica per trazione parallela alle fibre. [daN/cm<sup>2</sup>]

**ft,90,k:** resistenza caratteristica per trazione ortogonale alle fibre. [daN/cm<sup>2</sup>]

**fc,0,k:** resistenza caratteristica per compressione parallela alle fibre. [daN/cm<sup>2</sup>]

**fc,90,k:** resistenza caratteristica per compressione ortogonale alle fibre. [daN/cm<sup>2</sup>]

**fv,k:** resistenza caratteristica a taglio. [daN/cm<sup>2</sup>]

**E0,05:** modulo di elasticità parallelo alla fibratura 5-percentile. [daN/cm<sup>2</sup>]

**G0,05:** modulo di elasticità tangenziale parallelo alla fibratura 5-percentile. [daN/cm<sup>2</sup>]

**Essenza:** essenza, specie, di legno.

Descr.	E	G	Pois.	Gam.	$\alpha$	Lavorazione	orm,amm	St,0,a	St,90,a	Sc,0,a	Sc,90,a	Tau,a	fm,k	ft,0,k	ft,90,k	fc,0,k	fc,90,k	fv,k	E0,05	G0,05
Massi c. cl.3	80000	5000	0.3	3.6E-4	1.0E-5	Massi cchio	70	60	0	60	20	9	140	80	3	160	43	17	53600	3350

## 5 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DELLE VARIE PARTI

### 5.1 Carichi

#### 5.1.1 Carichi Solaio di copertura in getto pieno

Carichi permanenti distribuiti per unità di sup.

Peso proprio più permanente portato	30 daN/mq
Variabile (neve)	130 daN/mq

### 5.2 Dati sismici

Il Comune di Desio ricade, secondo la classificazione sismica nazionale, in zona 3.

La struttura in oggetto, inoltre, è di tipo 2 con vita nominale  $V_N \geq 50$  anni, appartiene alla classe d'uso II e è classificabile come struttura a “bassa duttilità”.

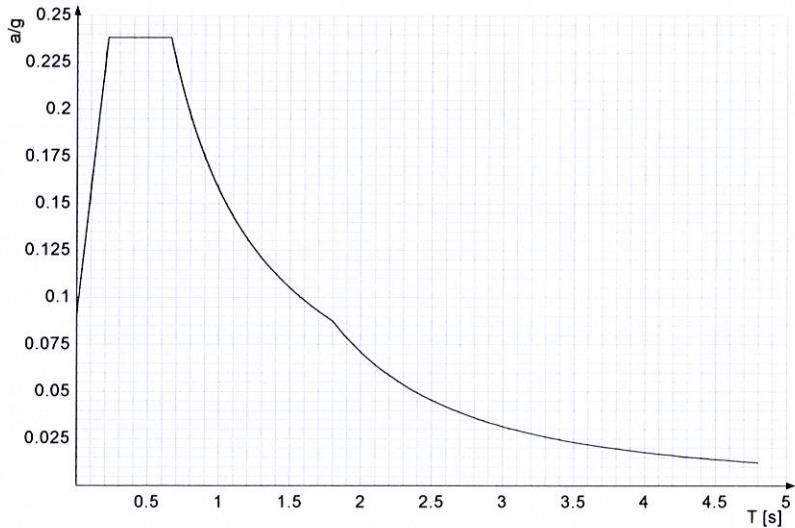
L’accelerazione di ancoraggio su suolo rigido con tempo di ritorno di 475 anni che caratterizza il sito è pari a  **$ag=0,0502g$** .

Le analisi sono state condotte imponendo una categoria di sottosuolo di tipo “D” che identifica *“depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti con spessori superiore a 30 m e con  $V_s < 180 \text{ m/s}$ ”*, e una categoria topografica pari a “T1” attinente a *“superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i < 15^\circ$ ”*.

Le forze di progetto a carico della struttura sismo-resistente, sono state determinate mediante analisi dinamica modale con spettro di risposta. In tale analisi si sono considerati un numero di modi di vibrare atto a garantire che la somma delle masse modali partecipanti fosse almeno pari al 85% della massa totale dell’edificio, e che tutti i modi con massa modale  $\geq 5\%$  della massa totale fossero inclusi.

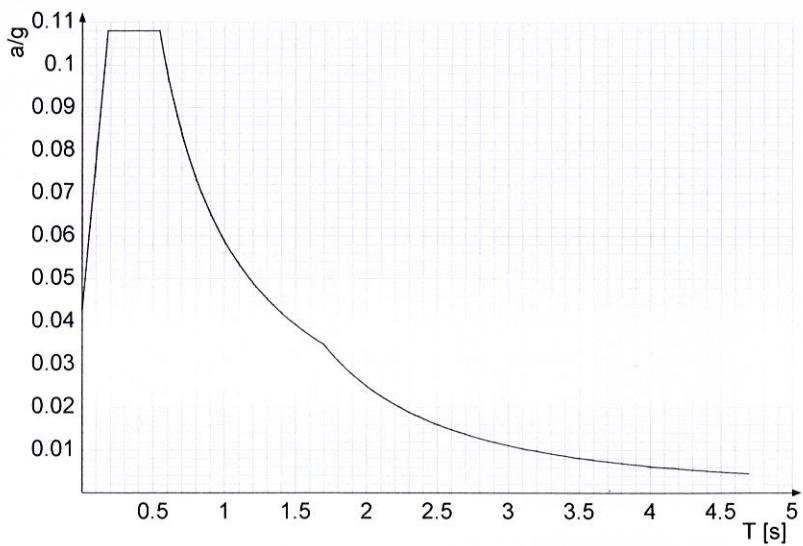
Lo spettro di risposta elastico rende conto della massima accelerazione indotta a regime su un oscillatore armonico ad un grado di libertà, ancorato su suolo rigido, al variare del periodo proprio dell’oscillatore stesso. Tale spettro è definito ai sensi della norma come una funzione del periodo proprio dell’oscillatore armonico secondo alcuni parametri.

Lo spettro elastico della componente orizzontale dell'accelerazione, allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), è nel seguito rappresentato:



La determinazione degli spostamenti massimi d'interpiano, significativi delle capacità della struttura di limitare il proprio danneggiamento, deve essere effettuata in presenza di eventi sismici con una probabilità di occorrenza più elevata dell'evento sismico di progetto SLV. A tale scopo, la verifica di protezione nei confronti del danno, viene effettuata annoverando azioni sismiche desunte dallo spettro di progetto allo SLD.

Lo spettro elastico della componente orizzontale dell'accelerazione, allo stato limite di danno (SLD), è nel seguito rappresentato:



La valutazione delle sollecitazioni di progetto SLV, che avviene in campo lineare, si avvale del fattore di struttura  $q$ , riduttivo delle forze elastiche di origine sismica. L'azione sismica di progetto si può desumere dagli spettri elastici, pur di ridurne le ordinate secondo il fattore  $q$ . I valori numerici di  $q$  dipendono dai materiali, dalle tipologie strutturali, e dai criteri di progetto.

Nel caso in esame si è considerata la struttura come scarsamente dissipativa e il valore del coefficiente di struttura scelto è pari a  $q = 1$ , pertanto lo spettro di progetto elastico della componente orizzontale dell'accelerazione allo stato limite di salvaguardia della vita coincide con quello sopra presentato.

### **5.3 Condizioni elementari di carico e combinazioni di carico**

Le condizioni elementari di carico considerate ed i coefficienti parziali di sicurezza da utilizzare nelle combinazioni SLU statiche e sismiche e SLE statiche, conformemente alle N.T.C. 2008, sono:

#### **5.3.1 Condizioni elementari di carico**

*Descrizione: Nome assegnato alla condizione elementare.*

*Nome breve: Nome breve assegnato alla condizione elementare.*

*I/II: Descrivere la classificazione della condizione (necessario per strutture in acciaio e in legno).*

*Durata: Descrivere la durata della condizione (necessario per strutture in legno).*

*Psi0: Coefficiente moltiplicatore Psi0. Il valore è adimensionale.*

*Psi1: Coefficiente moltiplicatore Psi1. Il valore è adimensionale.*

*Psi2: Coefficiente moltiplicatore Psi2. Il valore è adimensionale.*

*Var.segno: Descrivere se la condizione elementare ha la possibilità di variare di segno.*

Descrizione	Nome breve	I/II	Durata	Psi0	Psi1	Psi2	Var.segno
Pesi strutturali	Pesi		Permanente	0	0	0	
Permanenti portati	Port.	I	Permanente	0	0	0	
Neve	Neve	I	Media	0.5	0.2	0	

#### **5.3.2 Combinazioni di carico**

Tutte le combinazioni di carico vengono raggruppate per famiglia di appartenenza. Le celle di una riga contengono i coefficienti moltiplicatori della  $i$ -esima combinazione, dove il valore della prima cella è da intendersi come moltiplicatore associato alla prima condizione elementare, la seconda cella si riferisce alla seconda condizione elementare e così via.

#### **Famiglia SLU**

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Neve	Dt
1	SLU 1	1	0	0	0
2	SLU 2	1	0	1.5	0
3	SLU 3	1	1.5	0	0
4	SLU 4	1	1.5	1.5	0
5	SLU 5	1.3	0	0	0
6	SLU 6	1.3	0	1.5	0
7	SLU 7	1.3	1.5	0	0
8	SLU 8	1.3	1.5	1.5	0

#### **Famiglia SLE rara**

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Neve	Dt
1	SLE RA 1	1	1	0	0
2	SLE RA 2	1	1	1	0

### Famiglia SLE frequente

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Neve	Dt
1	SLE FR 1	1		1	0
2	SLE FR 2	1		1	0.2

### Famiglia SLE quasi permanente

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Neve	Dt
1	SLE QP 1	1		1	0

### Famiglia SLD

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Neve	Dt	X SLD	Y SLD	Z SLD	EY SLD	EX SLD	Tr x SLD	Try SLD	Tr z SLD
1	SLD 1	1	1	0	0	-1	-0.3	0	-1	0.3	-1	-0.3	0
2	SLD 2	1	1	0	0	-1	-0.3	0	1	-0.3	-1	-0.3	0
3	SLD 3	1	1	0	0	-1	0.3	0	-1	0.3	-1	0.3	0
4	SLD 4	1	1	0	0	-1	0.3	0	1	-0.3	-1	0.3	0
5	SLD 5	1	1	0	0	-0.3	-1	0	-0.3	1	-0.3	-1	0
6	SLD 6	1	1	0	0	-0.3	-1	0	0.3	-1	-0.3	-1	0
7	SLD 7	1	1	0	0	-0.3	1	0	-0.3	1	-0.3	1	0
8	SLD 8	1	1	0	0	-0.3	1	0	0.3	-1	-0.3	1	0
9	SLD 9	1	1	0	0	0.3	-1	0	-0.3	1	0.3	-1	0
10	SLD 10	1	1	0	0	0.3	-1	0	0.3	-1	0.3	-1	0
11	SLD 11	1	1	0	0	0.3	1	0	-0.3	1	0.3	1	0
12	SLD 12	1	1	0	0	0.3	1	0	0.3	-1	0.3	1	0
13	SLD 13	1	1	0	0	1	-0.3	0	-1	0.3	1	-0.3	0
14	SLD 14	1	1	0	0	1	-0.3	0	1	-0.3	1	-0.3	0
15	SLD 15	1	1	0	0	1	0.3	0	-1	0.3	1	0.3	0
16	SLD 16	1	1	0	0	1	0.3	0	1	-0.3	1	0.3	0

### Famiglia SLV

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Neve	Dt	X SLV	Y SLV	Z SLV	EY SLV	EX SLV	Tr x SLV	Try SLV	Tr z SLV
1	SLV 1	1	1	0	0	-1	-0.3	0	-1	0.3	-1	-0.3	0
2	SLV 2	1	1	0	0	-1	-0.3	0	1	-0.3	-1	-0.3	0
3	SLV 3	1	1	0	0	-1	0.3	0	-1	0.3	-1	0.3	0
4	SLV 4	1	1	0	0	-1	0.3	0	1	-0.3	-1	0.3	0
5	SLV 5	1	1	0	0	-0.3	-1	0	-0.3	1	-0.3	-1	0
6	SLV 6	1	1	0	0	-0.3	-1	0	0.3	-1	-0.3	-1	0
7	SLV 7	1	1	0	0	-0.3	1	0	-0.3	1	-0.3	1	0
8	SLV 8	1	1	0	0	-0.3	1	0	0.3	-1	-0.3	1	0
9	SLV 9	1	1	0	0	0.3	-1	0	-0.3	1	0.3	-1	0
10	SLV 10	1	1	0	0	0.3	-1	0	0.3	-1	0.3	-1	0
11	SLV 11	1	1	0	0	0.3	1	0	-0.3	1	0.3	1	0
12	SLV 12	1	1	0	0	0.3	1	0	0.3	-1	0.3	1	0
13	SLV 13	1	1	0	0	1	-0.3	0	-1	0.3	1	-0.3	0
14	SLV 14	1	1	0	0	1	-0.3	0	1	-0.3	1	-0.3	0
15	SLV 15	1	1	0	0	1	0.3	0	-1	0.3	1	0.3	0
16	SLV 16	1	1	0	0	1	0.3	0	1	-0.3	1	0.3	0

### Famiglia SLV fondazioni

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Neve	Dt	X SLV	Y SLV	Z SLV	EY SLV	EX SLV	Tr x SLV	Try SLV	Tr z SLV
1	SLV FO 1	1	1	0	0	-1.1	-0.33	0	-1.1	0.33	-1.1	-0.33	0
2	SLV FO 2	1	1	0	0	-1.1	-0.33	0	1.1	-0.33	-1.1	-0.33	0
3	SLV FO 3	1	1	0	0	-1.1	0.33	0	-1.1	0.33	-1.1	0.33	0
4	SLV FO 4	1	1	0	0	-1.1	0.33	0	1.1	-0.33	-1.1	0.33	0
5	SLV FO 5	1	1	0	0	-0.33	-1.1	0	-0.33	1.1	-0.33	-1.1	0
6	SLV FO 6	1	1	0	0	-0.33	-1.1	0	0.33	-1.1	-0.33	-1.1	0
7	SLV FO 7	1	1	0	0	-0.33	1.1	0	-0.33	1.1	-0.33	1.1	0
8	SLV FO 8	1	1	0	0	-0.33	1.1	0	0.33	-1.1	-0.33	1.1	0
9	SLV FO 9	1	1	0	0	0.33	-1.1	0	-0.33	1.1	0.33	-1.1	0
10	SLV FO 10	1	1	0	0	0.33	-1.1	0	0.33	-1.1	0.33	-1.1	0
11	SLV FO 11	1	1	0	0	0.33	1.1	0	-0.33	1.1	0.33	1.1	0
12	SLV FO 12	1	1	0	0	0.33	1.1	0	0.33	-1.1	0.33	1.1	0
13	SLV FO 13	1	1	0	0	1.1	-0.33	0	-1.1	0.33	1.1	-0.33	0
14	SLV FO 14	1	1	0	0	1.1	-0.33	0	1.1	-0.33	1.1	-0.33	0
15	SLV FO 15	1	1	0	0	1.1	0.33	0	-1.1	0.33	1.1	0.33	0
16	SLV FO 16	1	1	0	0	1.1	0.33	0	1.1	-0.33	1.1	0.33	0

## Famiglia Calcolo rigidezza torsionale/flessionale di piano

Nome	Nome breve	R Ux	R Uy	R Rz
Rig. Ux+	CRTFP Ux+	1	0	0
Rig. Ux-	CRTFP Ux-	-1	0	0
Rig. Uy+	CRTFP Uy+	0	1	0
Rig. Uy-	CRTFP Uy-	0	-1	0
Rig. Rz+	CRTFP Rz+	0	0	1
Rig. Rz-	CRTFP Rz-	0	0	-1

### 5.4 Modelli meccanici di simulazione

Le analisi per lo studio del comportamento globale della struttura sotto i carichi statici e sismici e della interazione terreno-struttura sono state condotte su modelli tridimensionali ad elementi finiti, utilizzando il programma Sismicad 12.6 di proprietà della Concrete di Padova, di cui si riporta una descrizione.

#### 5.4.1 Descrizione del software

##### Descrizione del programma Sismicad

Si tratta di un programma di calcolo strutturale che nella versione più estesa è dedicato al progetto e verifica degli elementi in cemento armato, acciaio, muratura e legno di opere civili .Il programma utilizza come analizzatore e solutore del modello strutturale un proprio solutore agli elementi finiti tridimensionale fornito col pacchetto. Il programma è sostanzialmente diviso in tre moduli: un pre processore che consente l'introduzione della geometria e dei carichi e crea il file dati di input al solutore; il solutore agli elementi finiti; un post processore che a soluzione avvenuta elabora i risultati eseguendo il progetto e la verifica delle membrature e producendo i grafici ed i tabulati di output.

##### Specifiche tecniche

Denominazione del software: Sismicad 12.6

Produttore del software: Concrete

Concrete srl, via della Pieve, 15, 35121 PADOVA - Italy

<http://www.concrete.it>

Rivenditore: CONCRETE SRL - Via della Pieve 19 - 35121 Padova - tel.049-8754720

Versione: 12.6

Identificatore licenza: SW-9301831

Versione regolarmente licenziata

##### Schematizzazione strutturale e criteri di calcolo delle sollecitazioni

Il programma schematizza la struttura attraverso l'introduzione nell'ordine di fondazioni, poste anche a quote diverse, platee, platee nervate, plinti e travi di fondazione poggianti tutte su suolo elastico alla Winkler, di elementi verticali, pilastri e pareti in c.a. anche con fori, di orizzontamenti costituiti da solai orizzontali e inclinati (falde), e relative travi di piano e di falda; è ammessa anche l'introduzione di elementi prismatici in c.a. di interpiano con possibilità di collegamento in inclinato a solai posti a quote diverse. I nodi strutturali possono essere connessi solo a travi, pilastri e pareti, simulando così impalcati infinitamente deformabili nel piano, oppure a elementi lastra di spessore dichiarato dall'utente simulando in tal modo impalcati a rigidezza finita. I nodi appartenenti agli impalcati orizzontali possono essere connessi rigidamente ad uno o più nodi principali giacenti nel piano dell'impalcato; generalmente un nodo principale coincide con il baricentro delle masse. Tale opzione, oltre a ridurre significativamente i tempi di elaborazione, elimina le approssimazioni numeriche connesse all'utilizzo di elementi lastra quando si richiede l'analisi a impalcati infinitamente rigidi. Per quanto concerne i carichi, in fase di immissione dati, vengono definite, in numero a scelta dell'utente, condizioni di carico elementari le quali, in aggiunta alle azioni sismiche e variazioni termiche, vengono combinate attraverso coefficienti moltiplicativi per fornire le combinazioni richieste per le verifiche successive. L'effetto di disassamento delle forze orizzontali, indotto ad esempio dai torcenti di piano per costruzioni in zona sismica, viene simulato attraverso l'introduzione di eccentricità planari aggiuntive le quali costituiscono ulteriori condizioni elementari di carico da cumulare e combinare secondo i criteri del paragrafo precedente. Tipologicamente sono ammessi sulle travi e sulle pareti carichi uniformemente distribuiti e carichi trapezoidali; lungo le aste e nei nodi di incrocio delle membrature sono anche definibili componenti di forze e coppie concentrate comunque dirette nello spazio. Sono previste distribuzioni di temperatura, di intensità a scelta dell'utente, agenti anche su singole porzioni di struttura. Il calcolo delle sollecitazioni si basa sulle seguenti ipotesi e modalità: - travi e pilastri deformabili a sforzo normale, flessione deviata, taglio deviato e momento torcente. Sono previsti coefficienti riduttivi dei momenti di inerzia a scelta dell'utente per considerare la riduzione della rigidezza flessionale e torsionale per effetto della fessurazione del conglomerato cementizio. E' previsto un moltiplicatore della rigidezza assiale dei pilastri per considerare, se pure in modo approssimato, l'accorciamento dei pilastri per sforzo normale durante la costruzione. - le travi di fondazione su suolo alla Winkler sono risolte in forma chiusa tramite uno specifico elemento finito; - le pareti in c.a. sono analizzate schematizzandole come elementi lastra-piastre discretizzati con passo massimo assegnato in fase di immissione dati; - le pareti in

muratura possono essere schematizzate con elementi lastra-piastra con spessore flessionale ridotto rispetto allo spessore membranale.- I plinti su suolo alla Winkler sono modellati con la introduzione di molle verticali elastoplastiche. La traslazione orizzontale a scelta dell'utente è bloccata o gestita da molle orizzontali di modulo di reazione proporzionale al verticale. - I pali sono modellati suddividendo l'asta in più aste immerse in terreni di stratigrafia definita dall'utente. Nei nodi di divisione tra le aste vengono inserite molle assialsimmetriche elastoplastiche precaricate dalla spinta a riposo che hanno come pressione limite minima la spinta attiva e come pressione limite massima la spinta passiva modificabile attraverso opportuni coefficienti. - i plinti su pali sono modellati attraverso aste di rigidezza elevata che collegano un punto della struttura in elevazione con le aste che simulano la presenza dei pali;- le piastre sono discretizzate in un numero finito di elementi lastra-piastra con passo massimo assegnato in fase di immissione dati; nel caso di platee di fondazione i nodi sono collegati al suolo da molle aventi rigidezze alla traslazione verticale ed richiesta anche orizzontale.- La deformabilità nel proprio piano di piani dichiarati non infinitamente rigidi e di falde (piani inclinati) può essere controllata attraverso la introduzione di elementi membranali nelle zone di solaio. - I disassamenti tra elementi asta sono gestiti automaticamente dal programma attraverso la introduzione di collegamenti rigidi locali.- Alle estremità di elementi asta è possibile inserire svincolamenti tradizionali così come cerniere parziali (che trasmetterebbero in condizioni di collegamento rigido) o cerniere plastiche.- Alle estremità di elementi bidimensionali è possibile inserire svincolamenti con cerniere parziali del momento flettente avente come asse il bordo dell'elemento.- Il calcolo degli effetti del sisma è condotto, a scelta dell'utente, con analisi statica lineare, con analisi dinamica modale o con analisi statica non lineare, in accordo alle varie normative adottate. Le masse, nel caso di impalcati dichiarati rigidi sono concentrate nei nodi principali di piano altrimenti vengono considerate diffuse nei nodi giacenti sull'impalcato stesso. Nel caso di analisi sismica vengono anche controllati gli spostamenti di interpiano.

#### **Verifiche delle membrature in cemento armato**

Nel caso più generale le verifiche degli elementi in c.a. possono essere condotte col metodo delle tensioni ammissibili (D.M. 14-1-92) o agli stati limite in accordo al D.M. 09-01-96, al D.M. 14-01-08 o secondo Eurocodice 2. Le travi sono progettate e verificate a flessione retta e taglio; a richiesta è possibile la verifica per le sei componenti della sollecitazione. I pilastri ed i pali sono verificati per le sei componenti della sollecitazione. Per gli elementi bidimensionali giacenti in un medesimo piano è disponibile la modalità di verifica che consente di analizzare lo stato di verifica nei singoli nodi degli elementi. Nelle verifiche (a presso flessione e punzonamento) è ammessa la introduzione dei momenti di calcolo modificati in base alle direttive dell'EC2, Appendice A.2.8. I plinti superficiali sono verificati assumendo lo schema statico di mensole con incastri posti a filo o in asse pilastro. Gli ancoraggi delle armature delle membrature in c.a. sono calcolati sulla base della effettiva tensione normale che ogni barra assume nella sezione di verifica distinguendo le zone di ancoraggio in zone di buona o cattiva aderenza. In particolare il programma valuta la tensione normale che ciascuna barra può assumere in una sezione sviluppando l'aderenza sulla superficie cilindrica posta a sinistra o a destra della sezione considerata; se in una sezione una barra assume per effetto dell'aderenza una tensione normale minore di quella ammissibile, il suo contributo all'area complessiva viene ridotto dal programma nel rapporto tra la tensione normale che la barra può assumere per effetto dell'aderenza e quella ammissibile. Le verifiche sono effettuate a partire dalle aree di acciaio equivalenti così calcolate che vengono evidenziate in relazione. A seguito di analisi inelastiche eseguite in accordo a OPCM 3431 o D.M. 14-01-08 vengono condotte verifiche di resistenza per i meccanismi fragili (nodi e taglio) e verifiche di deformabilità per i meccanismi duttili.

#### **5.4.2 Il modello di analisi**

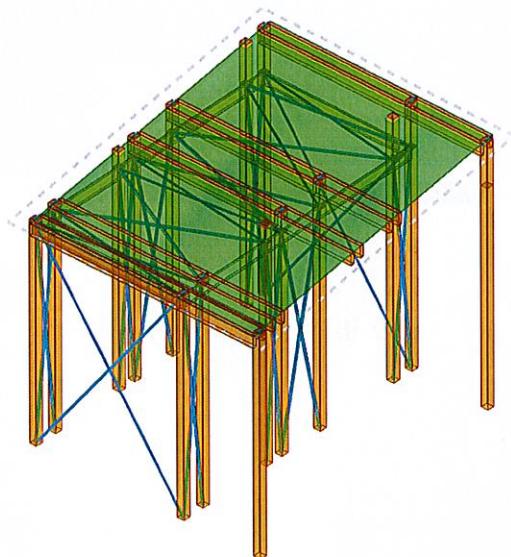
E' stato implementato un modello per lo studio, la progettazione e la verifica del comportamento globale della struttura e degli elementi strutturali. Lo studio è stato condotto secondo una analisi dinamica lineare che consente la determinazione dei modi di vibrare della struttura (analisi modale) ed il calcolo degli effetti dall'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare.

Tutti gli elementi strutturali sono stati progettati e verificati secondo i seguenti dati di input:

Metodo di analisi	D.M. 14-01-08 (N.T.C.)
Tipo di costruzione	
Vn	2
Classe d'uso	50
Vr	II
Tipo di analisi	50
Località	Lineare dinamica
37'	Monza E Della Brianza, Desio; Latitudine ED50 45,6196° (45°
s.l.m.	11''); Longitudine ED50 9,2088° (9° 12' 32''); Altitudine
Zona sismica	198,33 m.
Categoria del suolo	Zona 3
Categoria topografica	D - terreni sciolti o inconsistenti
Ss orizzontale SLD	T1
Tb orizzontale SLD	1.8
Tc orizzontale SLD	0.182 [s]
Td orizzontale SLD	0.545 [s]
Ss orizzontale SLV	1.694 [s]
Tb orizzontale SLV	1.8 [s]
	0.22 [s]

Tc orizzontale SLV	0.661	[s]
Td orizzontale SLV	1.801	[s]
St	1	
PVr SLD (%)	63	
Tr SLD	50	
Ag/g SLD	0.0236	
Fo SLD	2.541	
Tc* SLD	0.19	
PVr SLV (%)	10	
Tr SLV	475	
Ag/g SLV	0.0502	
Fo SLV	2.636	
Tc* SLV	0.28	
Smorzamento viscoso (%)	5	
Classe di duttilità	CD"B"	
Rotazione del sisma	0	[deg]
Quota dello '0' sismico	0	[cm]
Regolarità in pianta	No	
Regolarità in elevazione	No	
Edificio esistente	No	
Edificio legno	Si	
Tipologia legno	Scarsamente dissipativa q=1.5 (§ 7.7.1 punto b))	
Altezza costruzione	310	[cm]
C1	0.05	
T1	0.117	[s]
Lambda SLD	1	
Lambda SLV	1	
Numeri modi	21	
Metodo di Ritz	applicato	
Torsione accidentale semplificata	No	
Torsione accidentale per piani (livelli e falde) flessibili	No	
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Fondazione"	0	[cm]
Eccentricità X (per sisma X) livello "Fondazione"	0	[cm]
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Livello basso"	0	[cm]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Livello basso"	0	[cm]
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Livello alto"	0	[cm]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Livello alto"	0	[cm]
Limite spostamenti interpiano	0.005	
Moltiplicatore sisma X per combinazioni di default	1	
Moltiplicatore sisma Y per combinazioni di default	1	
Fattore di struttura per sisma X	1	
Fattore di struttura per sisma Y	1	
Fattore di struttura per sisma Z	1.5	
Applica 1% (§ 3.1.1)	No	

Segue lo schema del modello implementato:



### 1. Il modello della struttura

Come si desume dall'immagine precedente, l'effetto controventante dei pannelli OSB, presenti in corrispondenza di alcune pareti e del piano orizzontale di chiusura dei due locali che ospiteranno i servizi igienici, oltre che in corrispondenza della copertura in falda, è stato modellato tramite l'inserimento di controventi di parete e di piano che collegano le strutture verticali stabilizzandole nei confronti di eventuali spostamenti indotti da forze orizzontali.

I pilastri, inoltre, sono stati tutti incernierati alla base, così come le travi sono state incernierate in corrispondenza degli appoggi.

#### 5.4.2.1 L'analisi modale

Lo studio è stato condotto, come precedentemente accennato, secondo una analisi dinamica lineare che consente la determinazione dei modi di vibrare della struttura (analisi modale) e il calcolo degli effetti dall'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare.

Vengono di seguito riportati i periodi propri della struttura derivati dal modello ad elementi finiti utilizzato per descrivere il comportamento reale della stessa.

**Modo:** identificativo del modo di vibrare.

**Periodo:** periodo. [s]

**Massa X:** massa partecipante in direzione globale X. Il valore è adimensionale.

**Massa Y:** massa partecipante in direzione globale Y. Il valore è adimensionale.

**Massa Z:** massa partecipante in direzione globale Z. Il valore è adimensionale.

**Massa rot X:** massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale X. Il valore è adimensionale.

**Massa rot Y:** massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Y. Il valore è adimensionale.

**Massa rot Z:** massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Z. Il valore è adimensionale.

##### **Totale masse partecipanti:**

Traslazione X: 0.999189

Traslazione Y: 0.982192

Traslazione Z: 0

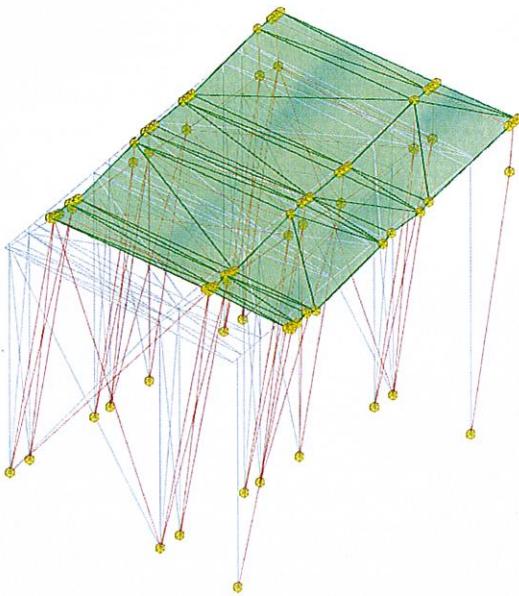
Rotazione X: 0.989131

Rotazione Y: 0.996991

Rotazione Z: 0.976149

Modo	Periodo	Massa X	Massa Y	Massa Z	Massa rot X	Massa rot Y	Massa rot Z
1	0.105558185	0.985809681	0.002432773	0	0.002849005	0.984665502	0.000222743
2	0.065282861	0.009756206	0.683016062	0	0.722325353	0.009221478	0.797917072
3	0.047029139	0.003622673	0.296743608	0	0.263956231	0.003103952	0.178009237

Viene di seguito riportata l'immagine del primo modo di vibrare della struttura a cui è associata la granparte della massa partecipante.



## 2. Il primo modo di vibrare della struttura

### 5.4.3 Le verifiche

Di seguito vengono riportati gli output di verifica generati dal programma Sismicad relativamente alle colonne e alle travi di copertura in legno.

#### 5.4.3.1 La verifica della colonna più sollecitata

Superelemento in legno composto da 2 aste: 47, 65

Unita di misura: cm, daN, deg, .C, s

Superelemento di lunghezza complessiva L= 301.1 cm composto da:

asta 47: Colonna in legno tronco Fondazione - Livello basso filo 12 (L = 267 cm)

asta 65: Colonna in legno tronco Livello basso - Falda 2 filo 12 (L = 34.1 cm)

Sezione: R 9x9

Materiale: Massic. cl.3

Beta,x = 1

Beta,y = 1

Rapporto luce/freccia elastica limite = 300

Rapporto luce/freccia elastica differita = 200

Mensola Y: Nessuno

Mensola X: Nessuno

Classe di servizio Due

DM 14-01-08 Paragrafo 4.4.8.2.2: Verifica di colonna soggetta a pressoflessione

Sezione ad ascissa 301.1 cm

$f_{c,0,k} = 160$

fm,k = 140  
 Kmod = 0,80  
 Coefficiente parziale di sicurezza del materiale gamma = 1,50  
 fc,0,d = Kmod \* fc,0,k / gamma = 85,3  
 fm,d = K \* Kmod \* fm,k / gamma = 82,7  
 K = 1,11  
 leff,x (per sbandamento attorno all'asse x della sezione) = BetaX \* L =  
 301,1  
 leff,y (per sbandamento attorno all'asse y della sezione) = BetaY \* L =  
 301,1  
 Snellezza l,x = L,x/ Sqrt(Jx / Area)= 115,9  
 Snellezza l,y = L,y/ Sqrt(Jy / Area)= 115,9  
 E,0.5% = 53600  
 Sig,crit,x = PI^2 \* E,0.5% / \* (l,x^2) = 39,4  
 Sig,crit,y = PI^2 \* E,0.5% / \* (l,y^2) = 39,4  
 Snellezza relativa lrel,x = Sqrt(Fc,0,k / Sig,crit,x) = 2,02  
 Snellezza relativa lrel,y = Sqrt(Fc,0,k / Sig,crit,y) = 2,02  
 Beta,c = 0,20  
 Kx = 0.5 \* (1 + Beta,c \* (l,relx - 0.3) + l,relx ^ 2) = 2,70  
 Kcx = 1 / (Kx + Sqrt(Kx ^ 2 - l,relx ^ 2)) = 0,22  
 Ky = 0.5 \* (1 + Beta,c \* (l,rely - 0.3) + l,rely ^ 2) = 2,70  
 Kcy = 1 / (Ky + Sqrt(Ky ^ 2 - l,rely ^ 2)) = 0,22  
 Sc,0,d/(fc,0,d\*Kc,z)+ Sm,z,d/fm,z,d + Km\*(Sm,y,d/fm,y,d) <= 1  
 Sc,0,d/(fc,0,d\*Kc,y)+ Km\*(Sm,z,d/fm,z,d) + Sm,y,d/fm,y,d <= 1  
 6.6/(0.22\*85.3)+0.7\*4.7/82.7+11.7/82.7=0.53 <= 1  
 Combinazione:SLU, 8  
 Mx = -567.3 daN\*cm  
 My = 1423.6 daN\*cm  
 N = -533.4 daN

EC5 Paragrafo EC5 2.2.3 (2): Verifica della freccia istantanea  
 Sezione ad ascissa 291.8 cm  
 Kdef = 0  
 Uinst in x = 0 cm  
 Uinst in y = 0 cm  
 Uinst = 0 cm  
 Luce/Uinst > limite  
 301.1/0=102280.2 > 300  
 Combinazione:SLE rara, 2

EC5 Paragrafo EC5 2.2.3 (3): Verifica della freccia finale  
 Sezione ad ascissa 291.8 cm  
 Kdef = 0,80  
 Ufin in x = 0 cm  
 Ufin in y = 0 cm  
 Ufin = 0 cm  
 Luce/Ufin > limite  
 301.1/0=88592.1 > 200  
 coefficienti combinatori impiegati:  
 Pesi strutturali = 1,000 + 0,800 = 1,800  
 Permanenti portati = 1,000 + 0,800 = 1,800  
 Neve = 0,500 + 0,500 = 1,000

---

### 5.4.3.2 La verifica della trave in copertura più sollecitata

Superelemento in legno composto da 2 aste: 26, 27

Unita di misura: cm, daN, deg, .C, s

Superelemento di lunghezza complessiva L= 293 cm composto da:  
asta 26: Trave in legno a falda Falda 2 fili 26-12 (L = 100 cm)  
asta 27: Trave in legno a falda Falda 2 fili 12-13 (L = 193 cm)

Sezione: R 4,5x14,5

Materiale: Massic. cl.3

Beta,x = 1

Beta,y = 1

Rapporto luce/freccia elastica limite = 300

Rapporto luce/freccia elastica differita = 200

Mensola Y: Nessuno

Mensola X: Nessuno

Classe di servizio Due

DM 14-01-08 Paragrafo 4.4.8.2.2: Verifica di colonna soggetta a pressoflessione

Sezione ad ascissa 100 cm

fc,0,k = 160

fm,k = 140

Kmod = 1,00

Coefficiente parziale di sicurezza del materiale gamma = 1,50

fc,0,d = Kmod \* fc,0,k / gamma = 106,7

fm,d = K \* Kmod \* fm,k / gamma = 94,0

K = 1,01

leff,x (per sbandamento attorno all'asse x della sezione) = BetaX \* L =  
293,0

leff,y (per sbandamento attorno all'asse y della sezione) = BetaY \* L =  
293,0

Snellezza l,x = L,x/ Sqrt(Jx / Area)= 70,0

Snellezza l,y = L,y/ Sqrt(Jy / Area)= 225,6

E,0.5% = 53600

Sig,crit,x = PI^2 \* E,0.5% / \* (l,x^2) = 108,0

Sig,crit,y = PI^2 \* E,0.5% / \* (l,y^2) = 10,4

Snellezza relativa lrel,x = Sqrt(Fc,0,k / Sig,crit,x) = 1,22

Snellezza relativa lrel,y = Sqrt(Fc,0,k / Sig,crit,y) = 3,92

Beta,c = 0,20

Kx = 0.5 \* (1 + Beta,c \* (l,relx - 0.3) + l,relx ^ 2) = 1,33

Kcx = 1 / (Kx + Sqrt(Kx ^ 2 - l,relx ^ 2)) = 0,53

Ky = 0.5 \* (1 + Beta,c \* (l,rely - 0.3) + l,rely ^ 2) = 8,56

Kcy = 1 / (Ky + Sqrt(Ky ^ 2 - l,rely ^ 2)) = 0,06

Sc,0,d/(fc,0,d\*Kc,z)+ Sm,z,d/fm,z,d + Km\*(Sm,y,d/fm,y,d) <= 1

Sc,0,d/(fc,0,d\*Kc,y)+ Km\*(Sm,z,d/fm,z,d) + Sm,y,d/fm,y,d <= 1

0/(0.53\*106.7)+7.5/94+0.7\*0.4/94=0.08 <= 1

Combinazione: SLV, 14

Mx = 1183.6 daN\*cm

My = -17.6 daN\*cm

N = -0.6 daN

DM 14-01-08 Paragrafo 4.4.8.2.1: Verifica della stabilità laterale

torsionale  
 Sezione ad ascissa 100 cm  
 $f_m, k = 140$   
 $K_{mod} = 0,80$   
 $\gamma = 1,50$   
 $f_m, d = K_{mod} * f_m, k / \gamma = 75$   
 Lunghezza efficace  $l_{ef,y} = \beta \cdot Y * L = 293,0$   
 $E, 0,5\% = 53600$   
 $G, 0,5\% = 3350$   
 $Sig, m, crit = \pi * Sqr(E, 0,05 * J_y * G, 0,05 * J_t) / (W_x * l_{ef,y}) = 199,3$   
 $W_x = 157,7$   
 $J_t = 354,3$   
 Snellezza relativa per la flessione (formula 6.30)  
 $L_{rel} = \sqrt{f_m, k / Sig, m, crit} = 0,84$   
 $0,75 < L_{rel} \leq 1,4 \rightarrow K_{crit} = 1,56 - 0,75 * L_{rel} = 0,93$   
 $S_m, d \leq K_{crit} * f_m, d$   
 $55,2 \leq 0,931 * 75,2$   
 Combinazione: SLU, 8  
 $M_x = 8311,7 \text{ daN} \cdot \text{cm}$   
 $M_y = -123,6 \text{ daN} \cdot \text{cm}$   
 $N = 0,5 \text{ daN}$

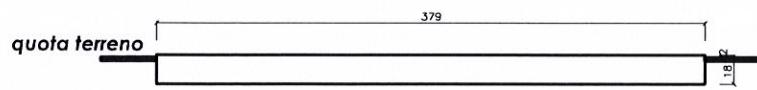
EC5 Paragrafo EC5 2.2.3 (2): Verifica della freccia istantanea  
 Sezione ad ascissa 96,7 cm  
 $K_{def} = 0$   
 $U_{inst} \text{ in } x = -0,02 \text{ cm}$   
 $U_{inst} \text{ in } y = 0,12 \text{ cm}$   
 $U_{inst} = 0,12 \text{ cm}$   
 $Luce/U_{inst} > \text{limite}$   
 $293/0,12 = 2437,1 > 300$   
 Combinazione: SLE rara, 2

EC5 Paragrafo EC5 2.2.3 (3): Verifica della freccia finale  
 Sezione ad ascissa 96,7 cm  
 $K_{def} = 0,80$   
 $U_{fin} \text{ in } x = -0,02 \text{ cm}$   
 $U_{fin} \text{ in } y = 0,14 \text{ cm}$   
 $U_{fin} = 0,14 \text{ cm}$   
 $Luce/U_{fin} > \text{limite}$   
 $293/0,14 = 2092,7 > 200$   
 coefficienti combinatori impiegati:  
 Pesi strutturali =  $1,000 + 0,800 = 1,800$   
 Permanenti portati =  $1,000 + 0,800 = 1,800$   
 Neve =  $0,500 + 0,500 = 1,000$

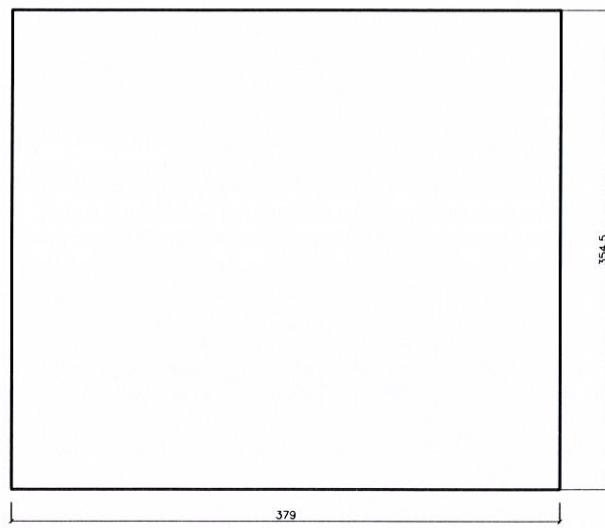


## PIANTA PLATEA

scala 1: 50



*platea in C.A. con rete elettrosaldata 20x20*



## PIANTA PILASTRI

scala 1: 50

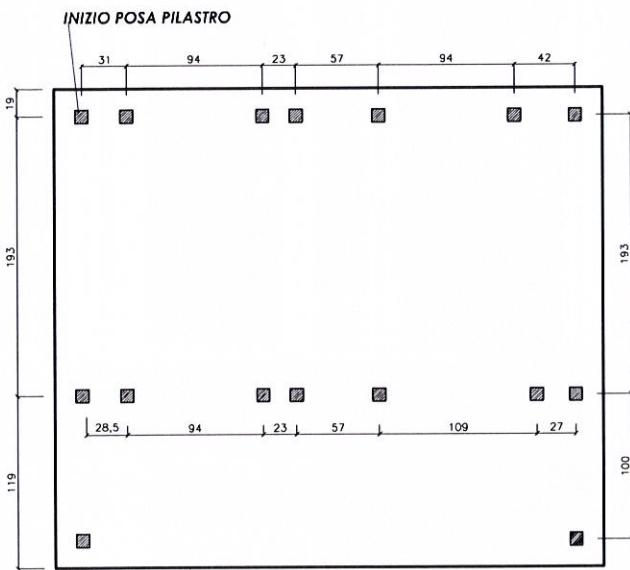
N° 16 Pilastri in legno di pino nordico impregnato in autoclave sezione cm 9x9 (B)

Fissaggio al suolo mediante n°16 portapilastro regolabile con barra passante a base quadrata.  
dimensioni:

piastra inf. mm 100x100x6  
piastra sup. mm 70x70x6  
barra passante (M) diam 16 x 99h

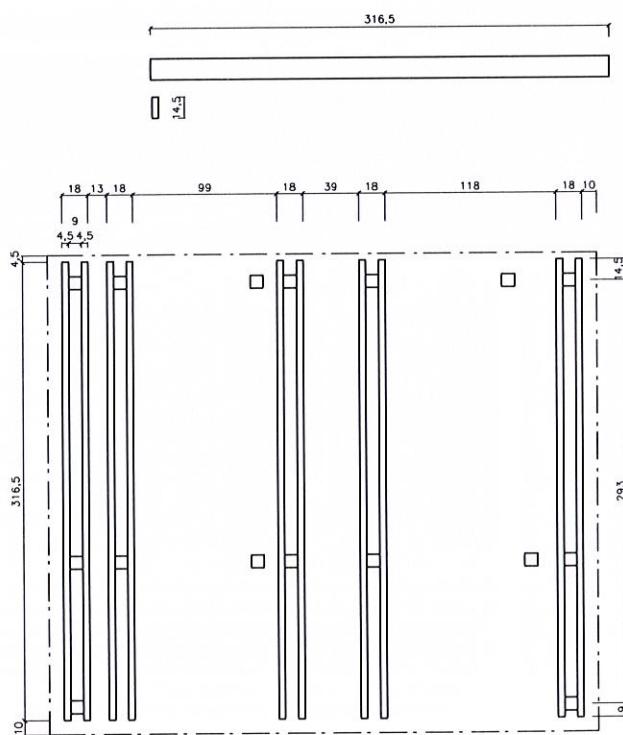
Fissaggio del portapilastro al pilastro mediante n°64 viti a filetto parziale dimensioni: mm 6x70

Fissaggio alla platea mediante n°64 barre filettate e fissaggio con colla epossidica dimensioni: M8x150 mm



## **POSIZIONE TRAVETTI**

scala 1: 50

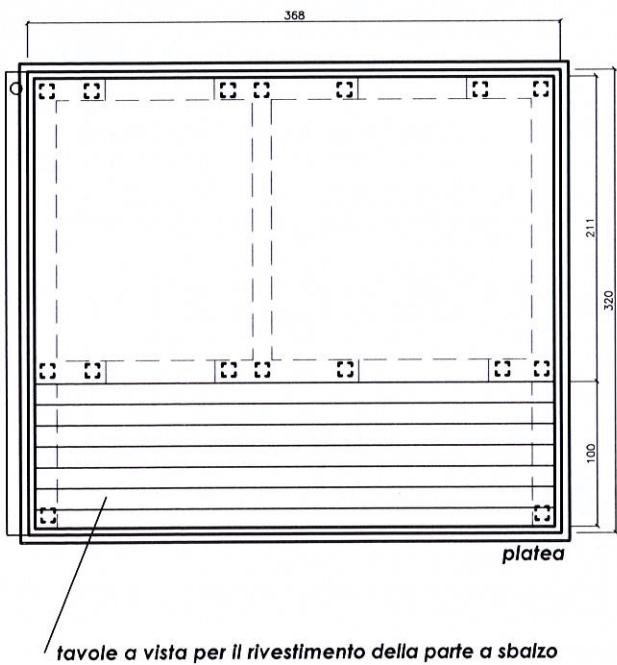


## SCHEMA COPERTURA

scala 1: 50

*utilizzo di tavole in legno di pino nordico trattato in autoclave  
dimensione cm. 316.50 x 14.5x 2.8  
Fissaggio alla trave con viti strutturali in acciaio zincato a testa  
autosvasante ed elica alesatrice dimensioni: 5 x 52*

*Rivestimento copertura in lamiera di acciaio acidato*



*tavole a vista per il rivestimento della parte a sbalzo*

## SCHEMA STRUTTURA

scala 1: 40

