

## 1 INDICE

|          |   |          |
|----------|---|----------|
| <b>1</b> | <b>INDICE</b>                           | <b>1</b> |
| <b>2</b> | <b>PREMESSE</b>                         | <b>2</b> |
| 2.1      | GENERALITÀ                              | 2        |
| 2.2      | LA STRUTTURA PORTANTE IN LEGNO          | 2        |
| 2.3      | NORMATIVE DI RIFERIMENTO                | 2        |
| 2.4      | METODOLOGIA VERIFICHE E SOFTWARE        | 2        |
| 2.5      | MATERIALI                               | 2        |
| <b>3</b> | <b>VERIFICHE STATICHE</b>               | <b>3</b> |
| 3.1      | CARICO MASSIMO COPERTURA                | 3        |
| 3.1.1    | Modello con facciata larga 2,00 m       | 3        |
| 3.1.2    | Modello con facciata larga 2,50 m       | 4        |
| 3.1.3    | Modello con facciata larga 3,00 m       | 4        |
| 3.1.4    | Modello con facciata larga 3,50 m       | 5        |
| 3.1.5    | Modello con facciata larga 4,00 m       | 6        |
| <b>4</b> | <b>VERIFICHE SISMICHE</b>               | <b>7</b> |
| 4.1      | Premesse                                | 7        |
| 4.1.1    | Zona sismica 4                          | 7        |
| 4.1.2    | Zone sismiche 3 e 2                     | 7        |
| 4.1.3    | Zona sismica 1                          | 8        |
| <b>5</b> | <b>VERIFICHE DI RESISTENZA AL FUOCO</b> | <b>9</b> |
| 5.1.1    | Premesse                                | 9        |
| 5.1.2    | Verifiche                               | 9        |

## 2 PREMESSE

### 2.1 GENERALITÀ

La presente relazione riguarda le verifiche di sicurezza svolte per le cassette da giardino del tipo Cubo. Si tratta di strutture monopiano di dimensioni ridotte con larghezza variabile da 2 a 4 m e lunghezza variabile da 2 a 4 m. Saranno calcolati i carichi accidentali massimi per la copertura e le pareti in condizioni statiche, e le verifiche sismiche per determinare in che zone siano realizzabili e quali accorgimenti adottare.

### 2.2 LA STRUTTURA PORTANTE IN LEGNO

- Pareti:

Gli elementi strutturali verticali saranno composti da pannelli di legno multistrato a 3 strati dello spessore totale di 32 mm e montati in moduli verticali da 50 cm di larghezza..

- Copertura:

La copertura è composta da trevetti di sezione 43x86 o 43x143 in base alle dimensioni della struttura, al di sopra sono poste perline di spessore 20 mm rivestite da guaina bituminosa per garantirne l'impermeabilizzazione.

### 2.3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Le verifiche che verranno effettuate prendono come riferimento le normative utilizzate per l'edilizia standard, con dei coefficienti di sicurezza richiesti molto elevati. **Le cassette di giardino non devono rispettare tali normative**, quindi i risultati presentati sono a favore di sicurezza.

#### RIFERIMENTI TECNICI:

- D.M. 14.01.2008

“Norme tecniche per le costruzioni”.

- C.S.LL.PP. 02.02.2009 n° 617

“Istruzioni per l'applicazione delle “nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al DM 14 gennaio 2008”.

- EUROCODICE 5

“Progettazione delle strutture in legno: UNI EN 1995:2005”.

- EUROCODICE 8

“Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture: UNI ENV 1998”.

- CNR-DT 206/2007

“Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo delle Strutture in Legno”.

### 2.4 METODOLOGIA VERIFICHE E SOFTWARE

Le verifiche strutturali sono state condotte con il metodo agli stati limite. Sono state realizzate sia le verifiche agli stati limite ultimi che agli stati limite di esercizio. L'analisi strutturale di tipo lineare è stata effettuata tramite l'utilizzo di fogli di calcolo Excel e software agli elementi finiti Mastersap 2012. Le verifiche realizzate tramite fogli di calcolo sono da considerarsi accettabili in quanto ogni tabella e quindi ogni schema statico è stato validato tramite elaborazione di un modello fem con software affidabile, Mastersap 2012, utilizzato anche per il calcolo delle fondazioni e degli elementi in calcestruzzo armato. Mastersap 2012 è un programma di analisi strutturale ad elementi finiti destinato in modo particolare alle applicazioni dell'Ingegneria civile. L'analisi strutturale sismica può essere condotta in conformità al D.M 14/1/2008 (NTC 2008), all'Ordinanza 3274 (e successivi aggiornamenti), all'Eurocodice 8. A seguito dell'analisi strutturale MasterSap realizza il dimensionamento di opere in c.a., metalliche (acciaio e alluminio), legno, muratura. Il solutore principale (denominato LIFE) è stato sottoposto ad una serie intensiva di test di validazione prendendo in esame, come di prassi, casi significativi tratti dalla letteratura scientifica, soluzioni esatte proposte dalla teoria classica, nonché realizzando confronti con solutori di provata affidabilità. Tutti i test significativi sono raccolti in un documento specifico di validazione del solutore, in attuazione di quanto disposto dal cap. 10 delle NTC 2008.

### 2.5 MATERIALI

Tutti i materiali utilizzati sono certificati. Per quanto riguarda il legno si allegano le dichiarazioni di conformità CE e il PEFC. La marcatura CE per i materiali da costruzione indica la rispondenza del materiale a determinate caratteristiche imposte dalle normative italiane ed europee sui materiali da costruzione. Gli elementi che compongono la parete e la copertura rispettano le regole definite nella UNI EN 14915:2015. Il PEFC riguarda invece

la provenienza del legname di base e certifica che le forme di gestione boschiva siano regolarmente controllate e rispettino determinati requisiti di sostenibilità.

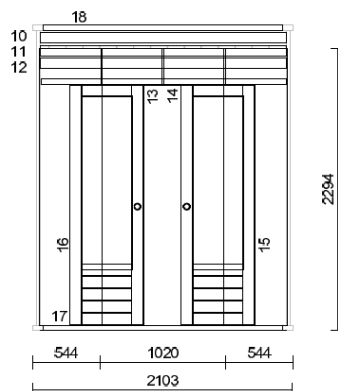
### 3 VERIFICHE STATICHE

#### 3.1 CARICO MASSIMO COPERTURA

Tramite verifiche allo stato limite ultimo verrà valutato per ogni tipologia di casetta il carico massimo consentito, il quale verrà confrontato con la zonizzazione dei carichi da neve presente in normativa per valutare la miglior soluzione caso per caso. Sono stati calcolati il carico massimo per le perline, per i travetti, per i pannelli presenti sopra le porte o finestre e la pressoflessione delle pareti in ogni singola combinazione di casetta. Il minore di questi valori per la singola combinazione determina il carico massimo risultante. **Ricordiamo che i carichi massimi non sono carichi a rottura, ma carichi a snervamento e che quindi una volta raggiunti le sezioni in legno conservano ancora sufficienti margini di resistenza.**

##### 3.1.1 Modello con facciata larga 2,00 m

Nella prima tabella verrà calcolato il carico massimo con 2 travetti per entrambe le sezioni mentre nella seconda tabella verrà indicato il numero di travetti necessario per raggiungere un carico massimo corrispondente alla zona I di carico neve.



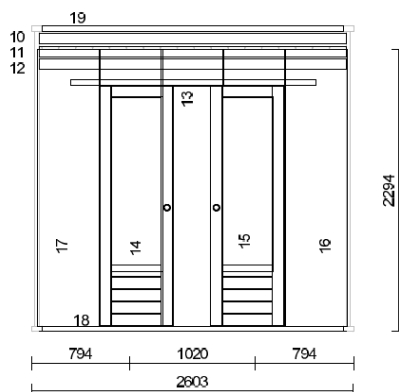
| Facciata (mm) | Lunghezza (mm) | N° travetti | Carico massimo per travetti 43x86 (kg/m <sup>2</sup> ) | Zona Neve | N° travetti | Carico massimo per travetti 43x143 (kg/m <sup>2</sup> ) | Zona Neve |
|---------------|----------------|-------------|--|-----------|-------------|---|-----------|
| 2000          | 2000           | 2           | 127  | I         | 2           | 396   | I         |
| 2000          | 2500           | 2           | 96   | II        | 2           | 312   | I         |
| 2000          | 3000           | 2           | 76   | III       | 2           | 255   | I         |
| 2000          | 3500           | 2           | 61   | III       | 2           | 215   | I         |
| 2000          | 4000           | 2           | 50   | III       | 2           | 185   | I         |

| Facciata (mm) | Lunghezza (mm) | N° travetti | Carico massimo per travetti 43x86 (kg/m <sup>2</sup> ) | Zona Neve | N° travetti | Carico massimo per travetti 43x143 (kg/m <sup>2</sup> ) | Zona Neve |
|---------------|----------------|-------------|--|-----------|-------------|---|-----------|
| 2000          | 2000           | 2           | 127  | I         | 2           | 396   | I         |
| 2000          | 2500           | 3           | 137  | I         | 2           | 312   | I         |
| 2000          | 3000           | 4           | 144  | I         | 2           | 255   | I         |
| 2000          | 3500           | 4           | 120  | I         | 2           | 215   | I         |
| 2000          | 4000           | 5           | 127  | I         | 2           | 185   | I         |

Per altitudini superiori ai 200 m il carico neve aumenta e quindi deve essere valutato caso per caso.

### 3.1.2 Modello con facciata larga 2,50 m

Nella prima tabella verrà calcolato il carico massimo con 2 travetti per entrambe le sezioni mentre nella seconda tabella verrà indicato il numero di travetti necessario per raggiungere un carico massimo corrispondente alla zona I di carico neve.



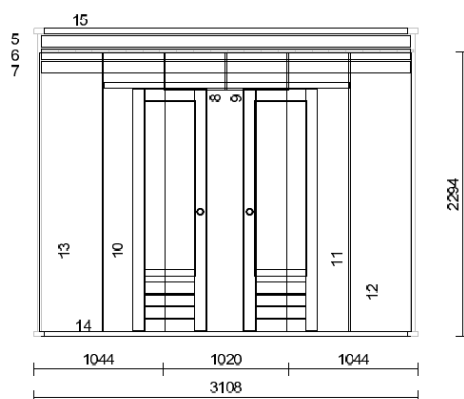
| Facciata (mm) | Lunghezza (mm) | N° travetti | Carico massimo per travetti 43x86 (kg/m <sup>2</sup> ) | Zona Neve | N° travetti | Carico massimo per travetti 43x143 (kg/m <sup>2</sup> ) | Zona Neve |
|---------------|----------------|-------------|--|-----------|-------------|---|-----------|
| 2500          | 2000           | 2           | 72   | III       | 2           | 244   | I         |
| 2500          | 2500           | 2           | 52   | -         | 2           | 190   | I         |
| 2500          | 3000           | 2           | 39   | -         | 2           | 154   | I         |
| 2500          | 3500           | 2           | 30   | -         | 2           | 128   | I         |
| 2500          | 4000           | 2           | 23   | -         | 2           | 109   | II        |

| Facciata (mm) | Lunghezza (mm) | N° travetti | Carico massimo per travetti 43x86 (kg/m <sup>2</sup> ) | Zona Neve | N° travetti | Carico massimo per travetti 43x143 (kg/m <sup>2</sup> ) | Zona Neve |
|---------------|----------------|-------------|--|-----------|-------------|---|-----------|
| 2500          | 2000           | 4           | 137  | I         | 2           | 244   | I         |
| 2500          | 2500           | 5           | 130  | I         | 2           | 190   | I         |
| 2500          | 3000           | 6           | 126  | I         | 2           | 154   | I         |
| 2500          | 3500           | 7           | 123  | I         | 2           | 128   | I         |
| 2500          | 4000           | 8           | 121  | I         | 3           | 154   | I         |

Per altitudini superiori ai 200 m il carico neve aumenta e quindi deve essere valutato caso per caso.

### 3.1.3 Modello con facciata larga 3,00 m

Nella prima tabella verrà calcolato il carico massimo con 2 travetti per entrambe le sezioni mentre nella seconda tabella verrà indicato il numero di travetti necessario per raggiungere un carico massimo corrispondente alla zona I di carico neve.



| Facciata (mm) | Lunghezza (mm) | N° travetti | Carico massimo per travetti 43x86 (kg/m <sup>2</sup> ) | Zona Neve | N° travetti | Carico massimo per travetti 43x143 (kg/m <sup>2</sup> ) | Zona Neve |
|---------------|----------------|-------------|--|-----------|-------------|---|-----------|
| 3000          | 2000           | 2           | 42   | -         | 2           | 162   | I         |

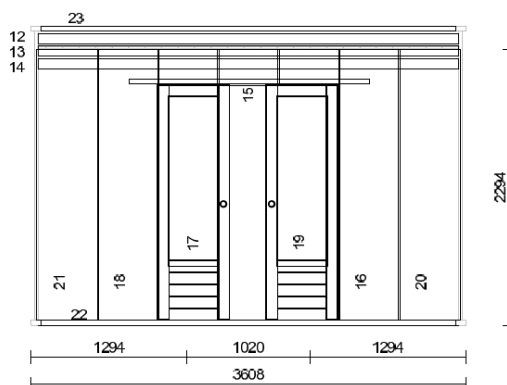
|      |      |   |    |   |   |     |     |
|------|------|---|----|---|---|-----|-----|
| 3000 | 2500 | 2 | 28 | - | 2 | 124 | I   |
| 3000 | 3000 | 2 | 19 | - | 2 | 99  | II  |
| 3000 | 3500 | 2 | 13 | - | 2 | 81  | II  |
| 3000 | 4000 | 2 | 8  | - | 2 | 68  | III |

| Facciata (mm) | Lunghezza (mm) | N° travetti | Carico massimo per travetti 43x86 (kg/m <sup>2</sup> ) | Zona Neve | N° travetti | Carico massimo per travetti 43x143 (kg/m <sup>2</sup> ) | Zona Neve |
|---------------|----------------|-------------|--|-----------|-------------|---|-----------|
| 3000          | 2000           | 6           | 132  | I         | 2           | 162   | I         |
| 3000          | 2500           | 7           | 119  | I         | 2           | 124   | I         |
| 3000          | 3000           | 9           | 125  | I         | 3           | 141   | I         |
| 3000          | 3500           | -           | -  | -         | 4           | 153   | I         |
| 3000          | 4000           | -           | -  | -         | 4           | 130   | I         |

Per altitudini superiori ai 200 m il carico neve aumenta e quindi deve essere valutato caso per caso.

### 3.1.4 Modello con facciata larga 3,50 m

Nella prima tabella verrà calcolato il carico massimo con 3 travetti per entrambe le sezioni mentre nella seconda tabella verrà indicato il numero di travetti necessario per raggiungere un carico massimo corrispondente alla zona I di carico neve.



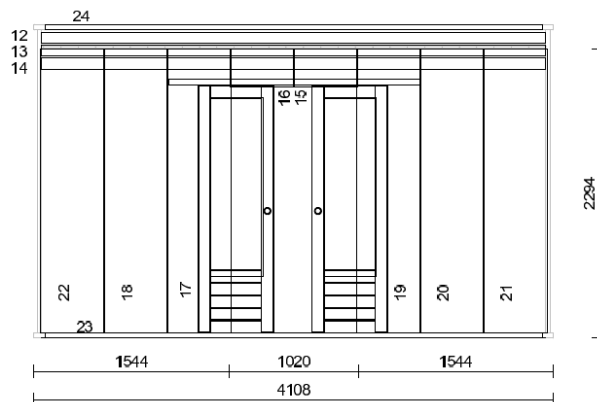
| Facciata (mm) | Lunghezza (mm) | N° travetti | Carico massimo per travetti 43x86 (kg/m <sup>2</sup> ) | Zona Neve | N° travetti | Carico massimo per travetti 43x143 (kg/m <sup>2</sup> ) | Zona Neve |
|---------------|----------------|-------------|--|-----------|-------------|---|-----------|
| 3500          | 2000           | 3           | 40   | -         | 3           | 158   | I         |
| 3500          | 2500           | 3           | 27   | -         | 3           | 121   | I         |
| 3500          | 3000           | 3           | 18   | -         | 3           | 97  | II        |
| 3500          | 3500           | 3           | 12   | -         | 3           | 79  | III       |
| 3500          | 4000           | 3           | 7  | -         | 3           | 66  | III       |

| Facciata (mm) | Lunghezza (mm) | N° travetti | Carico massimo per travetti 43x86 (kg/m <sup>2</sup> ) | Zona Neve | N° travetti | Carico massimo per travetti 43x143 (kg/m <sup>2</sup> ) | Zona Neve |
|---------------|----------------|-------------|--|-----------|-------------|---|-----------|
| 3500          | 2000           | 8           | 124  | 1         | 3           | 158   | I         |
| 3500          | 2500           | -           | -  | -         | 3           | 121   | I         |
| 3500          | 3000           | -           | -  | -         | 4           | 127   | I         |
| 3500          | 3500           | -           | -  | -         | 5           | 132   | I         |
| 3500          | 4000           | -           | -  | -         | 6           | 135   | I         |

Per altitudini superiori ai 200 m il carico neve aumenta e quindi deve essere valutato caso per caso.

### 3.1.5 Modello con facciata larga 4,00 m

Nella prima tabella verrà calcolato il carico massimo con 4 travetti per entrambe le sezioni mentre nella seconda tabella verrà indicato il numero di travetti necessario per raggiungere un carico massimo corrispondente alla zona I di carico neve.



| Facciata (mm) | Lunghezza (mm) | N° travetti | Carico massimo per travetti 43x86 (kg/m <sup>2</sup> ) | Zona Neve | N° travetti | Carico massimo per travetti 43x143 (kg/m <sup>2</sup> ) | Zona Neve |
|---------------|----------------|-------------|--|-----------|-------------|---|-----------|
| 4000          | 2000           | 4           | 38   | -         | 4           | 150   | I         |
| 4000          | 2500           | 4           | 25   | -         | 4           | 115   | II        |
| 4000          | 3000           | 4           | 16   | -         | 4           | 91  | II        |
| 4000          | 3500           | 4           | 10   | -         | 4           | 74  | III       |
| 4000          | 4000           | 4           | 6  | -         | 4           | 62  | III       |

| Facciata (mm) | Lunghezza (mm) | N° travetti | Carico massimo per travetti 43x86 (kg/m <sup>2</sup> ) | Zona Neve | N° travetti | Carico massimo per travetti 43x143 (kg/m <sup>2</sup> ) | Zona Neve |
|---------------|----------------|-------------|--|-----------|-------------|---|-----------|
| 4000          | 2000           | -           | -  | -         | 4           | 150   | I         |
| 4000          | 2500           | -           | -  | -         | 5           | 143   | I         |
| 4000          | 3000           | -           | -  | -         | 6           | 138   | I         |
| 4000          | 3500           | -           | -  | -         | 7           | 135   | I         |
| 4000          | 4000           | -           | -  | -         | 8           | 132   | I         |

Per altitudini superiori ai 200 m il carico neve aumenta e quindi deve essere valutato caso per caso.

## 4 VERIFICHE SISMICHE

### 4.1 Premesse

Il calcolo sismico per questo tipo di strutture non è richiesto, ma a titolo informativo si esegue il calcolo della resistenza nelle varie condizioni operative.

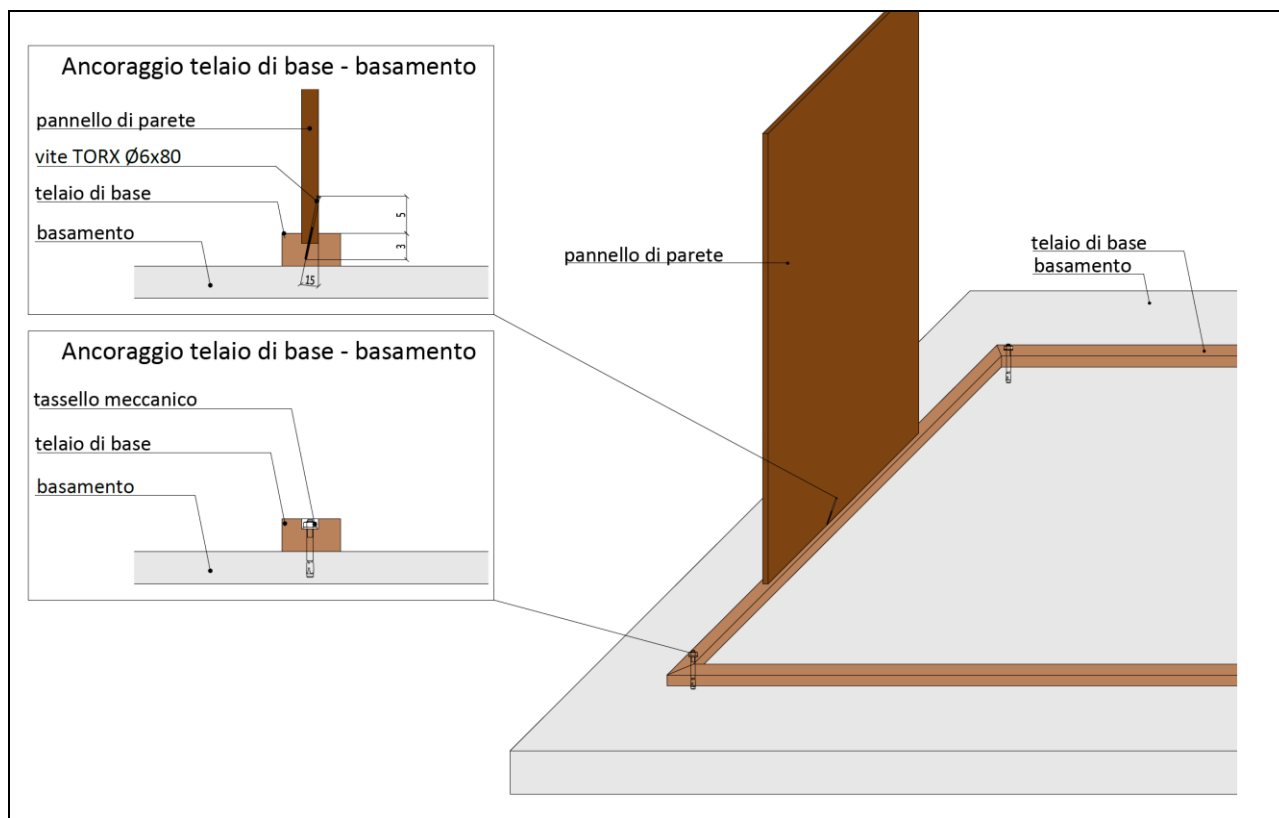
#### 4.1.1 Zona sismica 4

In zona sismica 4 tutte le configurazioni di casetta Cubo risultano verificate e non sono necessari accorgimenti per aumentarne la resistenza.

#### 4.1.2 Zone sismiche 3 e 2

Nelle zone sismiche 3 e 2 è necessario collegare il telaio che sostiene il pavimento al basamento con un tassello  $\phi$  6 x 100 ad ogni angolo della casetta e due viti da legno 6x80 per facciata di collegamento tra pannelli e telaio del pavimento. In questo modo la struttura è in grado di assorbire le azioni taglienti derivanti dal sisma. Si verifica quindi quale massima accelerazione sismica può sostenere la struttura per ogni configurazione dimensionale.

| Facciata (mm) | Lunghezza (mm) | Accelerazione sismica massima (g) | Zona sismica |
|---------------|----------------|-----------------------------------|--------------|
| 2000          | 2000           | 0,242                             | 2            |
| 2000          | 2500           | 0,214                             | 2            |
| 2000          | 3000           | 0,192                             | 2            |
| 2000          | 3500           | 0,174                             | 2            |
| 2000          | 4000           | 0,159                             | 2            |
| 2500          | 2000           | 0,214                             | 2            |
| 2500          | 2500           | 0,190                             | 2            |
| 2500          | 3000           | 0,171                             | 2            |
| 2500          | 3500           | 0,156                             | 2            |
| 2500          | 4000           | 0,143                             | 3            |
| 3000          | 2000           | 0,192                             | 2            |
| 3000          | 2500           | 0,171                             | 2            |
| 3000          | 3000           | 0,155                             | 2            |
| 3000          | 3500           | 0,141                             | 3            |
| 3000          | 4000           | 0,130                             | 3            |
| 3500          | 2000           | 0,174                             | 2            |
| 3500          | 2500           | 0,156                             | 2            |
| 3500          | 3000           | 0,141                             | 3            |
| 3500          | 3500           | 0,129                             | 3            |
| 3500          | 4000           | 0,119                             | 3            |
| 4000          | 2000           | 0,159                             | 2            |
| 4000          | 2500           | 0,143                             | 3            |
| 4000          | 3000           | 0,130                             | 3            |
| 4000          | 3500           | 0,119                             | 3            |
| 4000          | 4000           | 0,110                             | 3            |



Schema ancoraggi aggiuntivi

#### 4.1.3 Zona sismica 1

Per la zona sismica 1 il raggiungimento di un adeguato livello di sicurezza è molto difficoltoso. Si può valutare l'aumento di resistenza delle pareti ottenibile dall'aumento delle viti di collegamento tra i vari elementi. Nello specifico si valuta il raddoppiamento dei tasselli alla base, il raddoppiamento delle viti di collegamento tra pannelli e telaio di base, il raddoppiamento delle viti di collegamento degli angoli e di quelle tra telaio superiore e pannelli.

| Facciata (mm) | Lunghezza (mm) | Accelerazione sismica massima (g) | Zona sismica |
|---------------|----------------|-----------------------------------|--------------|
| 2000          | 2000           | 0,483                             | 1            |
| 2000          | 2500           | 0,428                             | 1            |
| 2000          | 3000           | 0,383                             | 1            |
| 2000          | 3500           | 0,347                             | 1            |
| 2000          | 4000           | 0,318                             | 1            |
| 2500          | 2000           | 0,428                             | 1            |
| 2500          | 2500           | 0,380                             | 1            |
| 2500          | 3000           | 0,343                             | 1            |
| 2500          | 3500           | 0,312                             | 1            |
| 2500          | 4000           | 0,286                             | 1            |
| 3000          | 2000           | 0,383                             | 1            |
| 3000          | 2500           | 0,343                             | 1            |
| 3000          | 3000           | 0,310                             | 1            |
| 3000          | 3500           | 0,283                             | 1            |
| 3000          | 4000           | 0,260                             | 1            |
| 3500          | 2000           | 0,347                             | 1            |
| 3500          | 2500           | 0,312                             | 1            |



|             |      |       |   |
|-------------|------|-------|---|
| <b>3500</b> | 3000 | 0,283 | 1 |
| <b>3500</b> | 3500 | 0,259 | 1 |
| <b>3500</b> | 4000 | 0,251 | 1 |
| <b>4000</b> | 2000 | 0,318 | 1 |
| <b>4000</b> | 2500 | 0,286 | 1 |
| <b>4000</b> | 3000 | 0,260 | 1 |
| <b>4000</b> | 3500 | 0,254 | 1 |
| <b>4000</b> | 4000 | 0,250 | 1 |

## 5 VERIFICHE DI RESISTENZA AL FUOCO

### 5.1.1 Premesse

Il legno è uno dei migliori materiali da costruzione nei confronti della resistenza al fuoco: se è vero che brucia, è altrettanto vero che ha alte temperature di innesco, è quindi molto improbabile, se non impossibile, che si verifichino fenomeni di autocombustione in strutture lignee. E' per questo motivo che talvolta risulta difficile accendere il fuoco del camino senza un opportuno accelerante, ed è sempre per questo motivo che le strutture in legno non vengono considerate come carico incendio dai vigili del fuoco.

Il fenomeno di combustione si verifica sulla superficie del legno a contatto con il fuoco, la combustione crea uno strato di legno carbonizzato che avanza lentamente verso l'interno del legno con il passare del tempo. Questo strato carbonizzato ha una velocità di avanzamento molto lenta, 0,7 mm al minuto in media, da cui ne deriva che in un incendio di 10 minuti ho consumato circa 7 mm di sezione strutturale.

### 5.1.2 Verifiche

È possibile valutare quanto ci mette un incendio dall'esterno a compromettere la struttura della casetta, oppure quanto ci mette un incendio dall'interno a far crollare la copertura. I risultati saranno espressi in minuti.

|                         |               |
|-------------------------|---------------|
| <b>INCENDIO ESTERNO</b> | <b>20 min</b> |
| <b>INCENDIO INTERNO</b> | <b>15 min</b> |

Ovviamente date le sezioni ridotte non si raggiungono i livelli di prestazioni tipici delle strutture ordinarie che sono tipicamente richieste a seconda dei casi (30, 60, 120 minuti) ma questi risultati si ritengono più che accettabili viste le dimensioni delle strutture in esame.