



REGIONE LOMBARDIA — PROVINCIA DI MANTOVA — COMUNE DI PORTO MANTOVANO

**PROGETTO DI MESSA IN SICUREZZA
DELLA COPERTURA IN LEGNO
DELLA SCUOLA PRIMARIA DI VIA ROMA**

Tavola

Committente: Comune di PORTO MANTOVANO

Oggetto: RELAZIONE DI SOPRALLUOGO
VERIFICA DI VULNERABILITA' SISMICA DELLA COPERTURA

Scala:

Data:

Luglio 2015

Ing. Trivini Bellini Massimo

Via Libertà, 132 — 46047 Soave di P.to M.no

Tel. fax. 0376/300983

Oggetto: Relazione di sopralluogo congiunto eseguito in data 31/03/2015 alla scuola primaria di via Roma a Porto Mantovano

Su invito del Geom. Paolo Zangelmi responsabile del Settore Lavori Pubblici - Manutenzioni del Comune di Porto Mantovano, il giorno 31/03/15 il sottoscritto ha eseguito il sopralluogo alla scuola primaria sita in via Roma al fine di effettuare le verifiche di vulnerabilità sismica che il Comune sta gradualmente effettuando sugli edifici ad uso scolastico. In sede di sopralluogo si è rilevata in particolare la struttura di copertura in orditura lignea realizzata nel 1954, quando fu progettato il sopralzo di un piano dell'edificio scolastico preesistente. L'orditura è costituita da diagonali Ø 30cm, puntoni 23x31 cm, terzere mediamente del diametro di Ø 20 cm, travetti, lattole, lastre di onduline sottocoppo e coppi. La gronda è stata realizzata in tavelle forate di laterizio ancorate alla muratura in mattoni pieni.

Da una prima analisi visiva si è potuto riscontrare principalmente l'esigua sezione resistente delle strutture lignee. L'analisi di vulnerabilità sismica ha confermato quanto emerso in sopralluogo e dall'analisi dei carichi e dalla verifica statica è emerso che gran parte delle strutture primarie non risultano verificate flessionalmente. Dal punto di vista statico e di analisi dei carichi verticali si ritiene questa situazione non accettabile in quanto in caso di eventi atmosferici quali nevicate anche inferiori a 80 kg/mq previsti dalla normativa le strutture si rivelerebbero insufficienti a sopportare tali carichi.

Pertanto, in attesa di futuri interventi di rinforzo strutturale, è almeno necessario eseguire un puntellamento di rinforzo prima dell'inizio dell'anno scolastico.

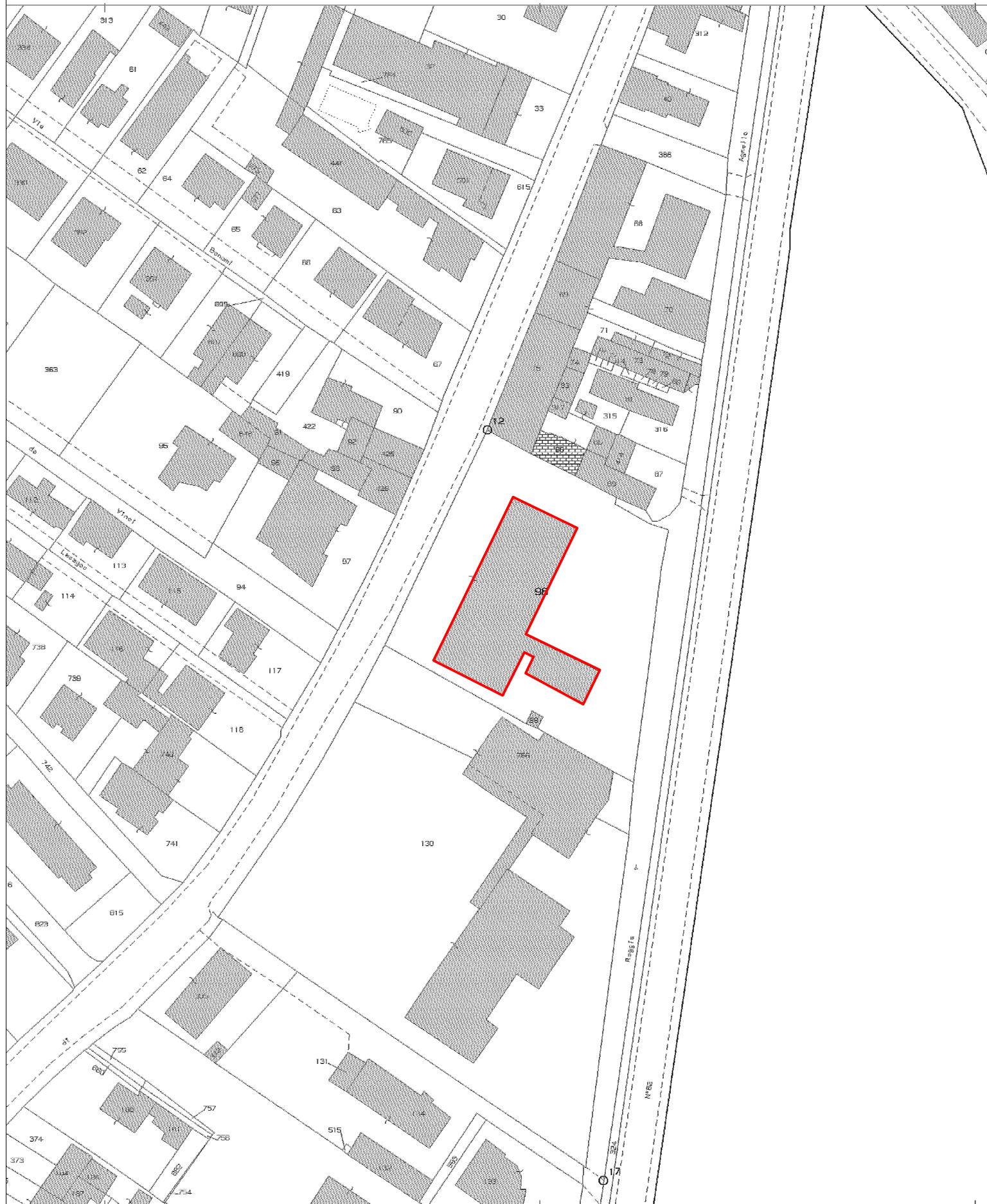
Le opere di messa in sicurezza urgenti proposte sono illustrate nelle schede tecniche d'intervento allegate, e possono riassumersi nell'inserimento di saette mirate a ridurre la luce libera di

Studio di Ingegneria
TRIVINI BELLINI MASSIMO
Via della Libertà, 132
46047 - Porto Mantovano - (MN)
tel/fax: 0376/300983
e-mail: massimo.trivinib@hotmail.it

inflessione delle strutture più sollecitate o all'aumento della sezione resistente mediante
affiancamento di tavole 20x5 cm da entrambe i lati degli elementi lignei esistenti

Porto Mantovano, lì

Ing. Trivini Bellini Massimo



E=1640700

Studio di Ingegneria
TRIVINI BELLINI Massimo
via Libertà 132
46047 – Porto Mantovano – (MN)
tel.fax.: 0376 300983

Porto Mantovano, 09/06/2015

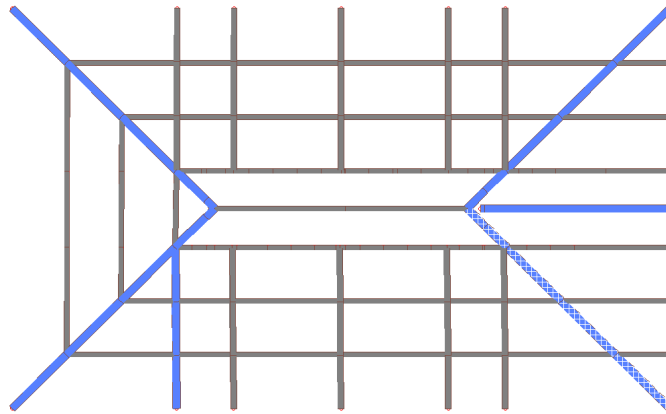
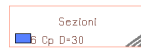
Egr. Arch.
Rosanna MOFFA
Responsabile dell'Area Tecnica
del Comune di Porto Mantovano
Settore Gestione Territorio
strada Cisa, 112
46047 PORTO MANTOVANO

Rif.ti: SOPRALLUOGO CONGIUNTO DEL 31/03/2015 e Verifiche di Vulnerabilità del 21/05/2015 prot. 9610.

Oggetto: Scuola Elementare di via Roma –

1) VERIFICHE STATICHE DELLA COPERTURA (DIAGONALI)

Si riportano di seguito in modo Analitico e puntuale l'analisi dei carichi e la verifica statica dell'elemento ligneo costituente la copertura, maggiormente cimentato dalle azioni statiche, vale a dire il diagonale contraddistinto con tratteggio nella immagine sottostante:



Analisi dei carichi:

– peso proprio trave in legno $\Phi 30$	43	kg/ml	(G1)
– peso proprio terzere e colmi $\Phi 20$	20	kg/ml	(G1)
– peso proprio travetti e tavelloni e Onduline	50	kg/mq	(G1)
– peso proprio manto di copertura in coppi	80	kg/mq	(G2)
– Variabile per neve	80	kg/mq	(Q1)

Coefficienti parziali per la verifica a SLV: $\gamma_G = 1,3$; $\gamma_Q = 1,5$.

Calcolo delle azioni sulle terzere e colmo da applicare sull'elemento considerato:

terzere 1 e 2	$R1 = R2 = 660 * 6,38 / 2 =$	2105 kg; (applicate ai nodi 2 e 3)
terzera 3	$R3 = 573 * 6,38 / 2 =$	1827 kg; (applicata al nodo 4)
colmo	$R4 = 257 * 4,70 / 2 =$	604 kg; (applicata al nodo 5)

VERIFICA DELL'ELEMENTO SECONDO EC5,

Classificazione della specie legnosa: Abete Bianco classe III

Modulo Elastico: $E = 11000 \text{ N/mm}^2$

Tensioni ammissibili: $\sigma_{amm} = 7,5 \text{ N/mm}^2$; $\tau_{amm} = 0,7 \text{ N/mm}^2$;

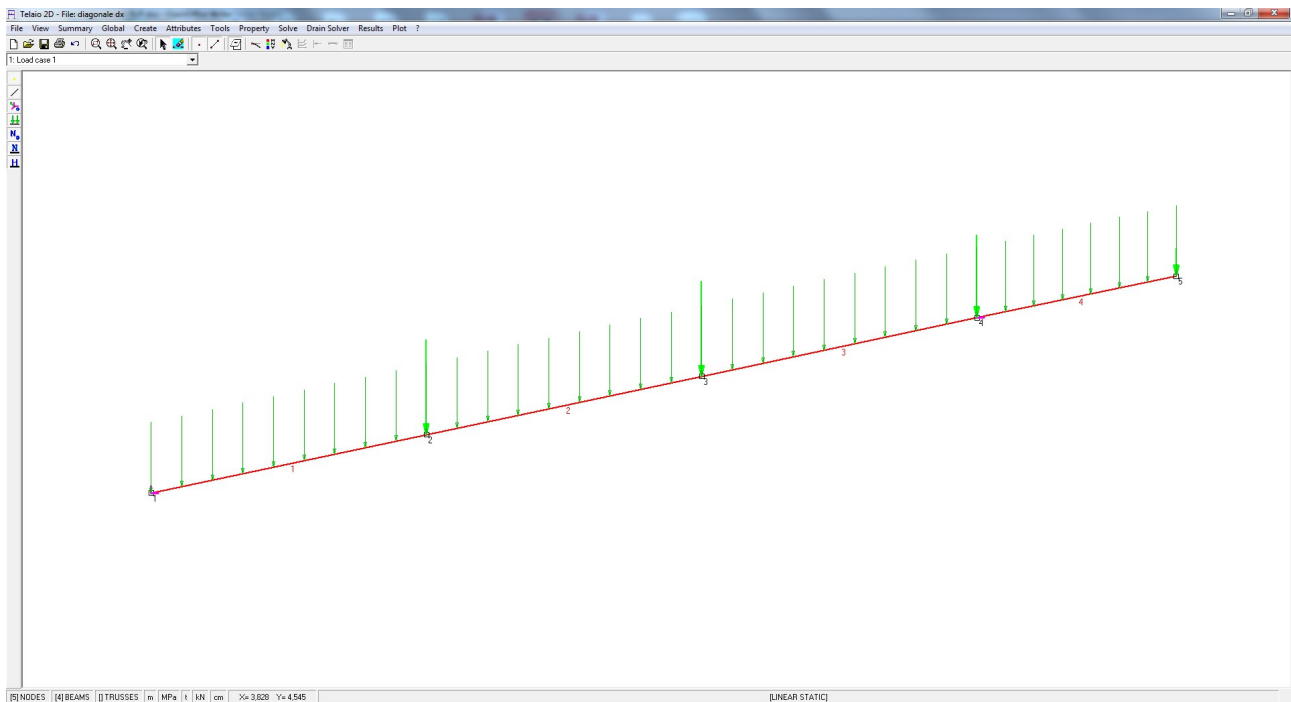
Correlazione dei dati tabellari provenienti da classificazioni secondo metodo alle Tensioni Ammissibili per l'impiego secondo il metodo agli SLV.

$$f_{m,yk} = \sigma_{amm} * \gamma_M * \gamma_{GQ} / K_{mod} = 18,12 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{v,yk} = \tau_{amm} * \gamma_M * \gamma_{GQ} / K_{mod} = 1,90 \text{ N/mm}^2;$$

dove: $\gamma_M = 1,5$; $\gamma_{GQ} = 1,3 + 1,5/2 = 1,45$; $K_{mod} = 0,8$

Di seguito si riporta lo schema statico dell'elemento esaminato, nonché i diagrammi delle sollecitazioni corrispondenti per la successiva verifica tensionale.



Coordinate dei nodi :

Numero nodo	1	2	3	4	5
X_i	0	2,97	5,94	8,91	11,06
Y_i	0	0,63	1,26	1,89	2,34

Vincoli: cerniere in 1 e 4.

Diagramma del Momento Flettente

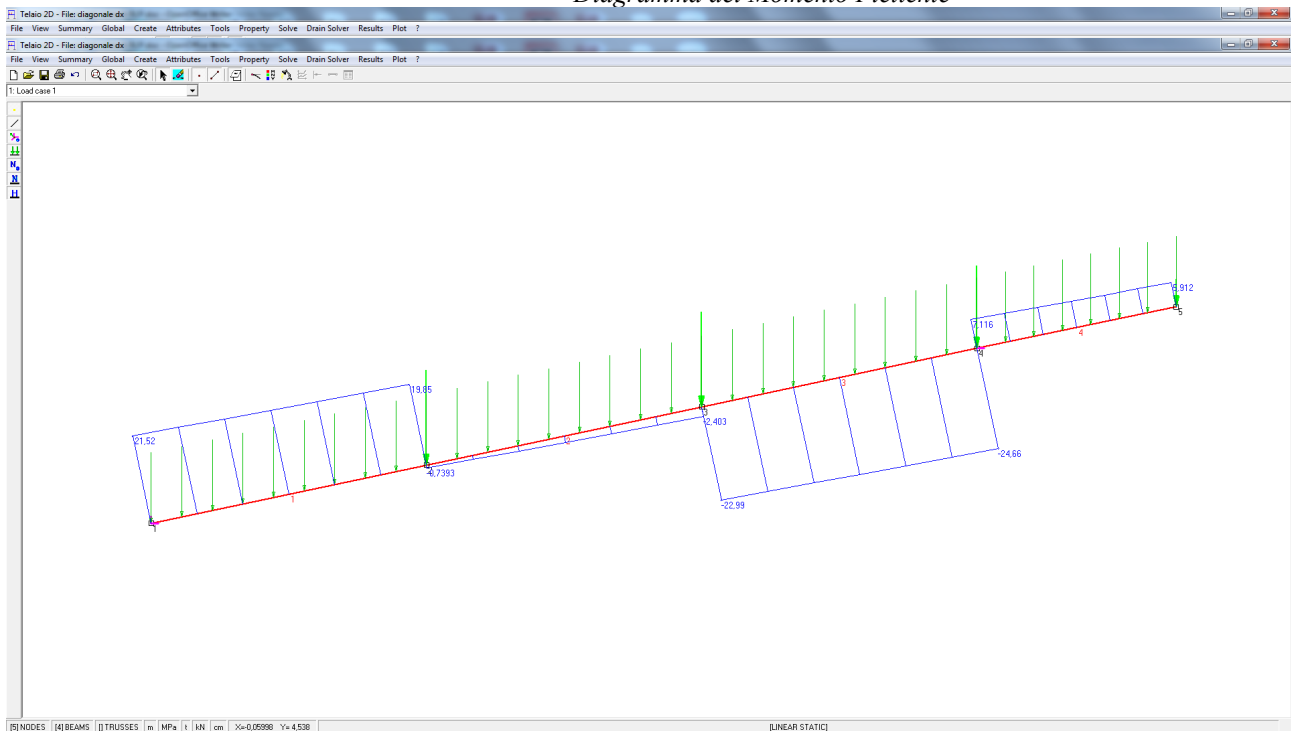
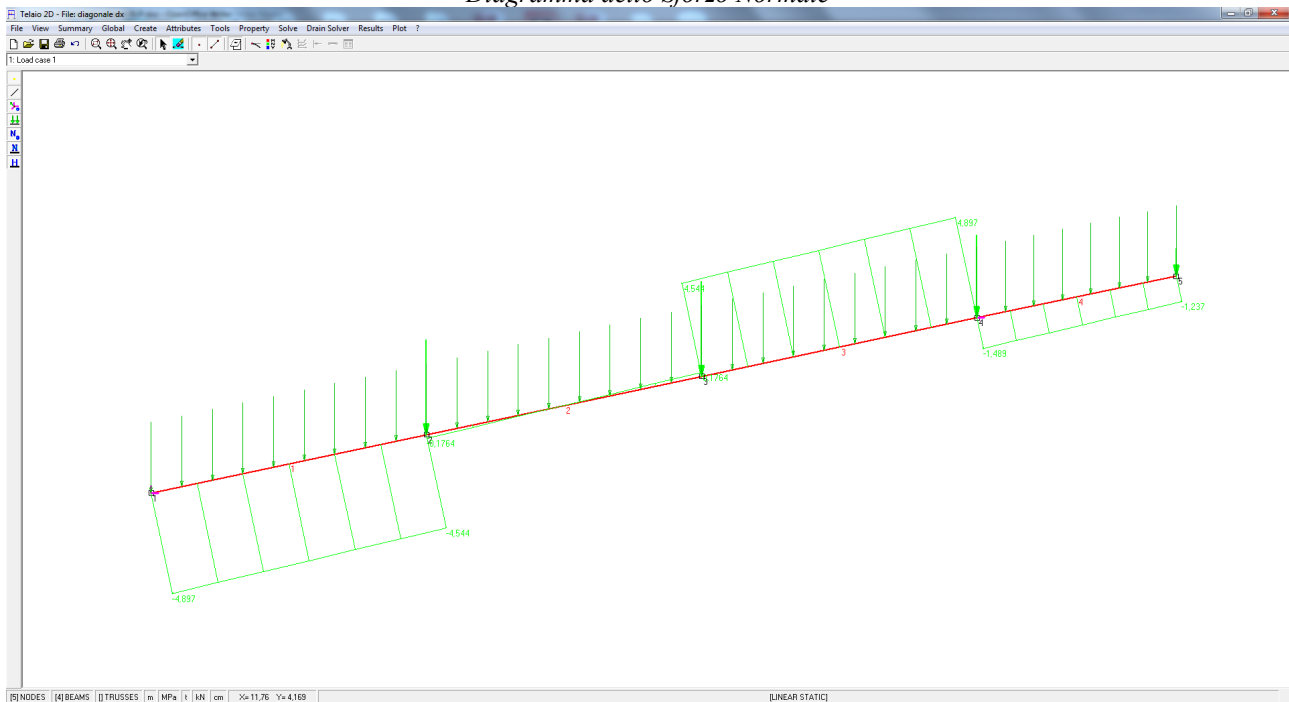


Diagramma del Taglio

Diagramma dello Sforzo Normale



Calcolo delle tensioni di design:

$$f_{m,d} = (f_{m,k} * K_{mod}) / (FC * \gamma_M) = 8,05 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{v,d} = (f_{v,k} * K_{mod}) / (FC * \gamma_M) = 0,84 \text{ N/mm}^2;$$

dove: $\gamma_M = 1,5$; $K_{mod} = 0,9$ (per carichi di breve durata); $FC = 1,35$ (per Livello di Confidenza LC1).

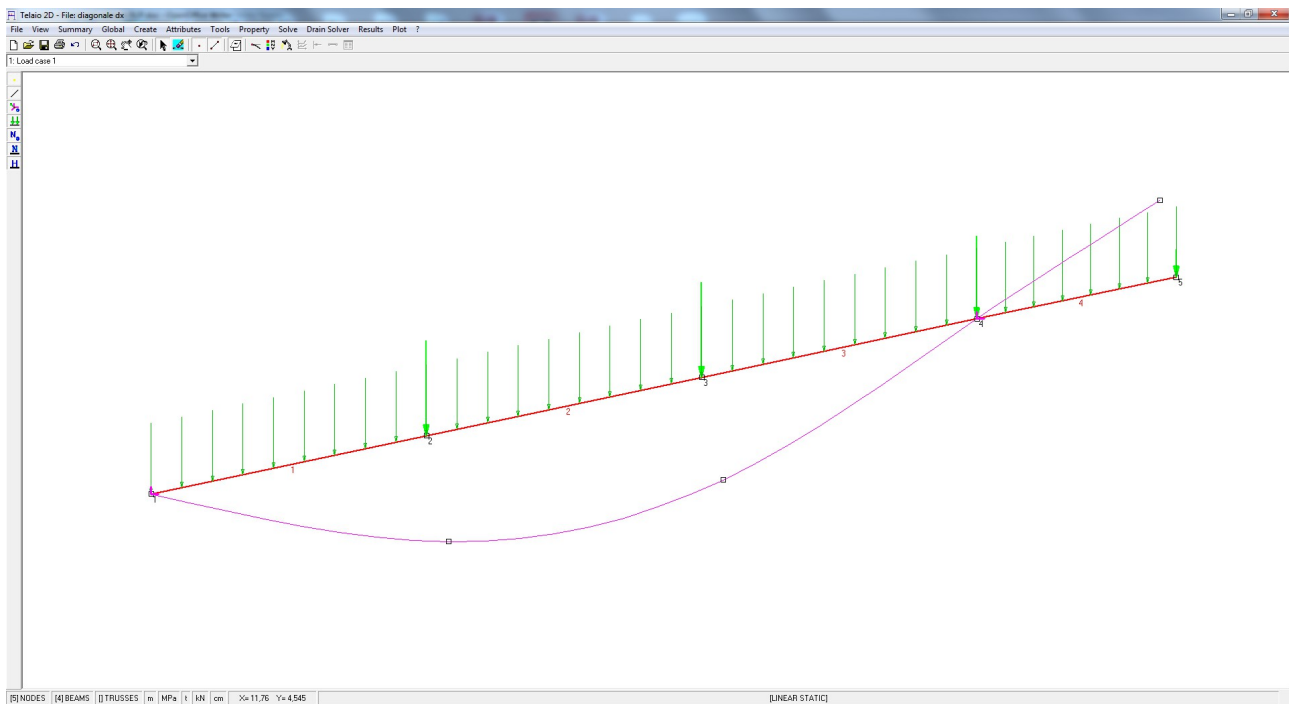


Diagramma della Deformata

Verifica della Sezione

a Flessione

Modulo di Resistenza: $W = \pi R^3/4 = 2650 \text{ cm}^3 = 2.650.000 \text{ mm}^3$

Calcolo di $M_{RD} = W * f_{m,d} = 2.650.000 * 8,05 = 21332500 = 21,33 \text{ KNm}$

dalla risoluzione dello schema statico è derivato che $M_{SD \text{ max}} = 62,8 \text{ KNm}$

Poichè $M_{SD \text{ max}}/M_{RD} = 2,94 \gg 1$ **LA VERIFICA NON E' SODDISFATTA**

a Taglio

Area sezione: $A = \pi R^2 = 706,5 \text{ cm}^2 = 7065000 \text{ mm}^2$

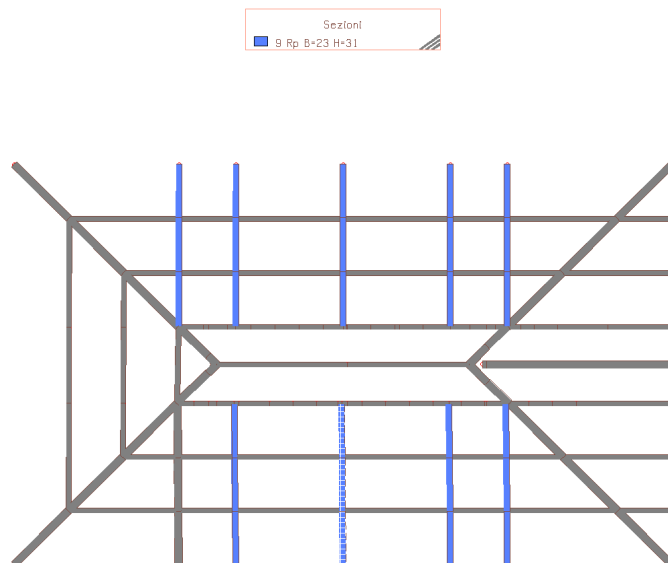
Calcolo di $V_{RD} = A * f_{v,d} = 7065000 * 0,84 = 5934600 = 59,34 \text{ KN}$

dalla risoluzione dello schema statico è derivato che $V_{SD \text{ max}} = 24,66 \text{ KN}$

Poichè $V_{SD \text{ max}}/V_{RD} = 0,41 < 1$ **LA VERIFICA E' SODDISFATTA**

2) VERIFICHE STATICHE DELLA COPERTURA PUNTONI

Si riportano di seguito in modo Analitico e puntuale l'analisi dei carichi e la verifica statica del Puntone ligneo costituente la copertura, maggiormente cimentato dalle azioni statiche, vale a dire quello contraddistinto con tratteggio nella immagine sottostante:



Analisi dei carichi:

– peso proprio trave in legno 23*31	43	kg/ml	(G1)
– peso proprio terzere e colmi $\Phi 20$	20	kg/ml	(G1)
– peso proprio travetti e tavelloni e Onduline	50	kg/mq	(G1)
– peso proprio manto di copertura in coppi	80	kg/mq	(G2)
– Variabile per neve	80	kg/mq	(Q1)

Coefficienti parziali per la verifica a SLV: $\gamma_G = 1,3$; $\gamma_Q = 1,5$.

Calcolo delle azioni sulle terzere da applicare sull'elemento considerato:

terzere 1 e 2	$R1 = R2 = 660 * 4,15 =$	2739 kg; (applicate ai nodi 2 e 3)
terzera 3	$R3 = 573 * 4,15 =$	2378 kg; (applicata al nodo 4)

VERIFICA DELL'ELEMENTO SECONDO EC5,

Classificazione della specie legnosa: Abete Bianco classe III

Modulo Elastico: $E = 11000 \text{ N/mm}^2$

Tensioni ammissibili: $\sigma_{amm} = 7,5 \text{ N/mm}^2$; $\tau_{amm} = 0,7 \text{ N/mm}^2$;

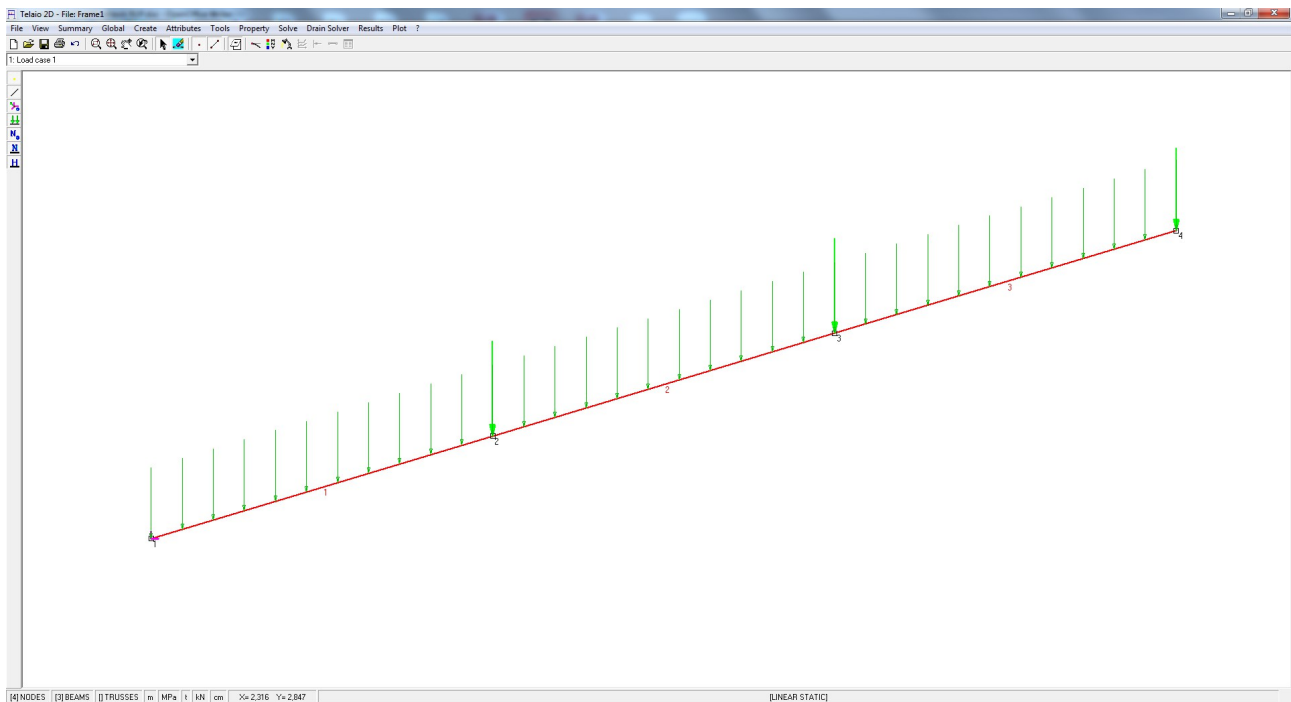
Correlazione dei dati tabellari provenienti da classificazioni secondo metodo alle Tensioni Ammissibili per l'impiego secondo il metodo agli SLV.

$$f_{m,k} = \sigma_{amm} * \gamma_M * \gamma_{GQ} / K_{mod} = 18,12 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{v,k} = \tau_{amm} * \gamma_M * \gamma_{GQ} / K_{mod} = 1,90 \text{ N/mm}^2;$$

dove: $\gamma_M = 1,5$; $\gamma_{GQ} = 1,3 + 1,5/2 = 1,45$; $K_{mod} = 0,8$

Di seguito si riporta lo schema statico dell'elemento esaminato, nonché i diagrammi delle sollecitazioni corrispondenti per la successiva verifica tensionale.



Coordinate dei nodi :

Numero nodo	1	2	3	4
Xi	0	2,1	4,2	6,3
Yi	0	0,63	1,26	1,89

Vincoli: cerniere in 1 e 4.

Diagramma del Momento Flettente

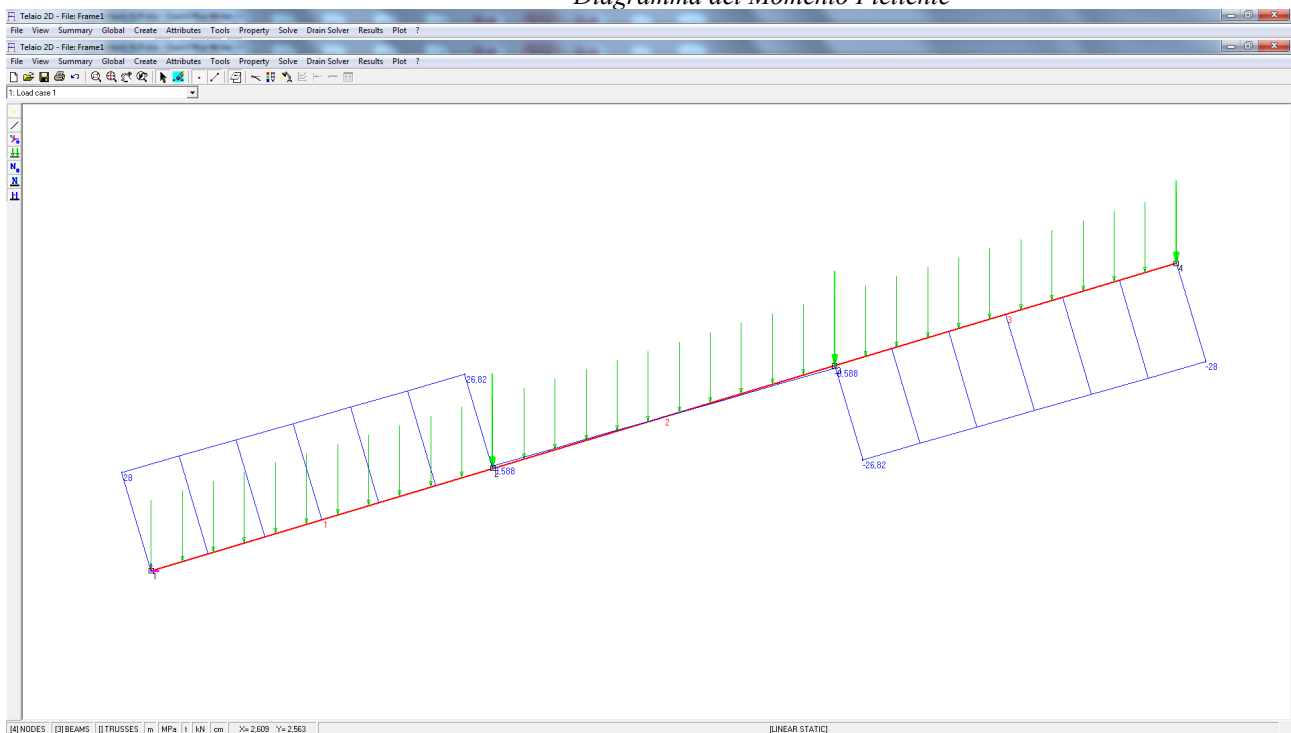
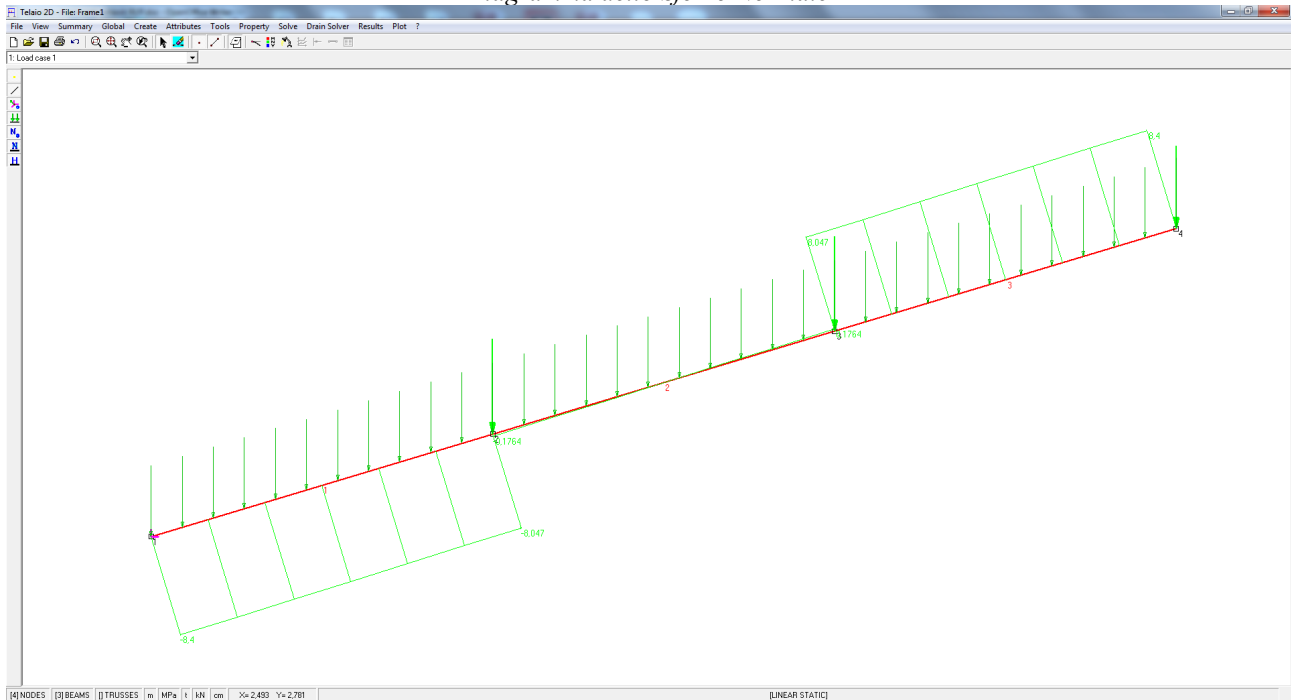


Diagramma del Taglio

Diagramma dello Sforzo Normale



Calcolo delle tensioni di design:

$$f_{m,d} = (f_{m,k} * K_{mod}) / (FC * \gamma_M) = 8,05 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{v,d} = (f_{v,k} * K_{mod}) / (FC * \gamma_M) = 0,84 \text{ N/mm}^2;$$

dove: $\gamma_M = 1,5$; $K_{mod} = 0,9$ (per carichi di breve durata); $FC = 1,35$ (per Livello di Confidenza LC1).

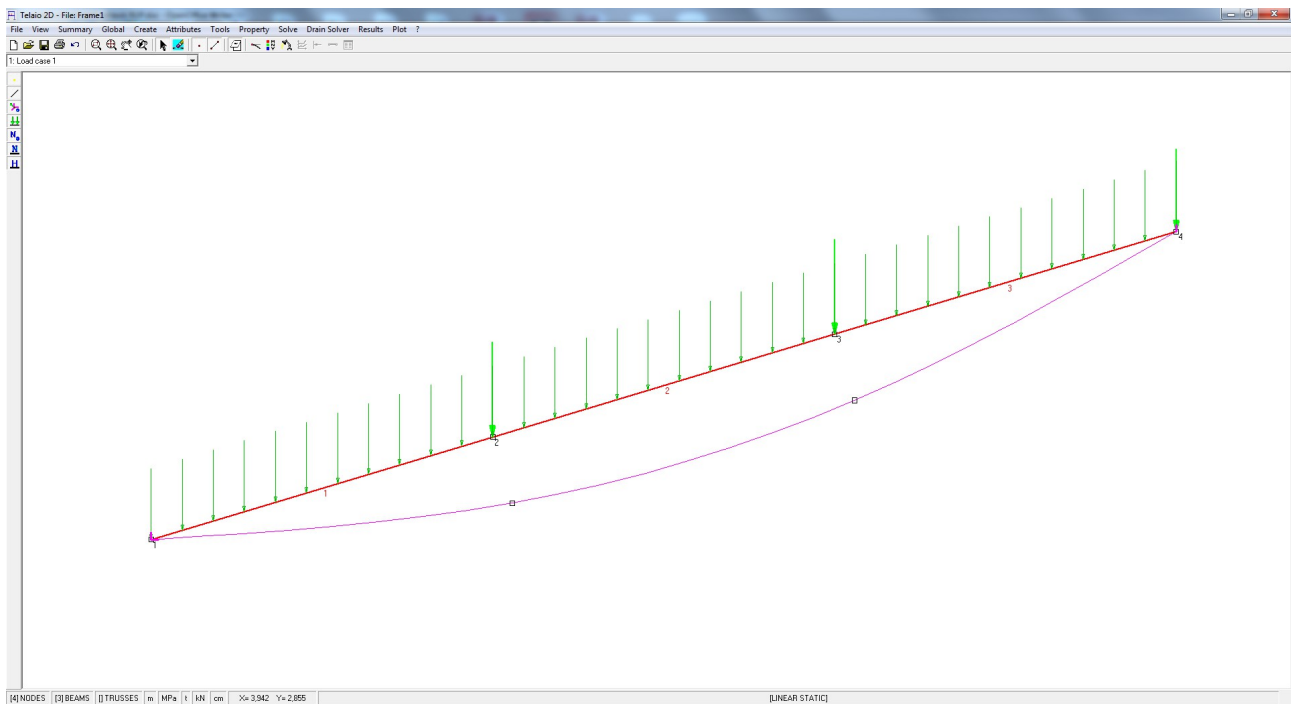


Diagramma della Deformata

Verifica della Sezione

a Flessione

Modulo di Resistenza: $W = bh^2/6 = 230 \cdot 310^2/6 = 3683833 \text{ mm}^3$

Calcolo di $M_{RD} = W \cdot f_{m,d} = 3683833 \cdot 8,05 = 29654858 = 29,65 \text{ KNm}$

dalla risoluzione dello schema statico è derivato che $M_{SD \text{ max}} = 60,10 \text{ KNm}$

Poichè $M_{SD \text{ max}}/M_{RD} = 2,02 \gg 1$ **LA VERIFICA NON E' SODDISFATTA**

a Taglio

Area sezione: $A = bh = 713 \text{ cm}^2 = 7130000 \text{ mm}^2$

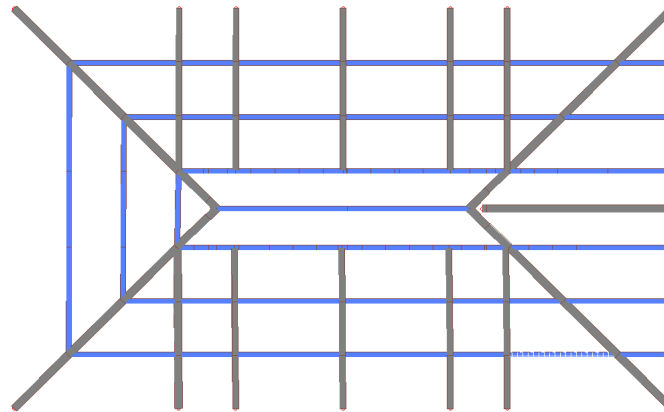
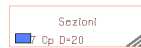
Calcolo di $V_{RD} = A \cdot f_{v,d} = 7130000 \cdot 0,84 = 5989200 = 59,89 \text{ KN}$

dalla risoluzione dello schema statico è derivato che $V_{SD \text{ max}} = 28,00 \text{ KN}$

Poichè $V_{SD \text{ max}}/V_{RD} = 0,47 < 1$ **LA VERIFICA E' SODDISFATTA**

3) VERIFICHE STATICHE DELLA COPERTURA (TERZERE)

Si riportano di seguito in modo Analitico e puntuale l'analisi dei carichi e la verifica statica della TERZERA lignea costituente la copertura, maggiormente cimentata dalle azioni statiche, vale a dire quello contraddistinto con tratteggio nella immagine sottostante:



Analisi dei carichi:

– peso proprio terzere $\Phi 20$	20	kg/ml	(G1)
– peso proprio travetti e tavelloni e Onduline	50	kg/mq	(G1)
– peso proprio manto di copertura in coppi	80	kg/mq	(G2)
– Variabile per neve	80	kg/mq	(Q1)

Coefficienti parziali per la verifica a SLV: $\gamma_G = 1,3$; $\gamma_Q = 1,5$.

Carico agente sulla terza: $2,10 \cdot (50+80) \cdot 1,3 + 20 \cdot 1,3 + 2,10 \cdot 80 \cdot 1,5 = 633 \text{ kg/ml}$

VERIFICA DELL'ELEMENTO SECONDO EC5,

Classificazione della specie legnosa: Abete Bianco classe III

Modulo Elastico: $E = 11000 \text{ N/mm}^2$

Tensioni ammissibili: $\sigma_{amm} = 7,5 \text{ N/mm}^2$; $\tau_{amm} = 0,7 \text{ N/mm}^2$;

Correlazione dei dati tabellari provenienti da classificazioni secondo metodo alle Tensioni Ammissibili per l'impiego secondo il metodo agli SLV.

$$f_{m,k} = \sigma_{amm} \cdot \gamma_M \cdot \gamma_{GQ} / K_{mod} = 18,12 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{v,k} = \tau_{amm} \cdot \gamma_M \cdot \gamma_{GQ} / K_{mod} = 1,90 \text{ N/mm}^2;$$

dove: $\gamma_M = 1,5$; $\gamma_{GQ} = 1,3 + 1,5/2 = 1,45$; $K_{mod} = 0,8$

Di seguito si riporta lo schema statico dell'elemento esaminato, nonché i diagrammi delle sollecitazioni corrispondenti per la successiva verifica tensionale.

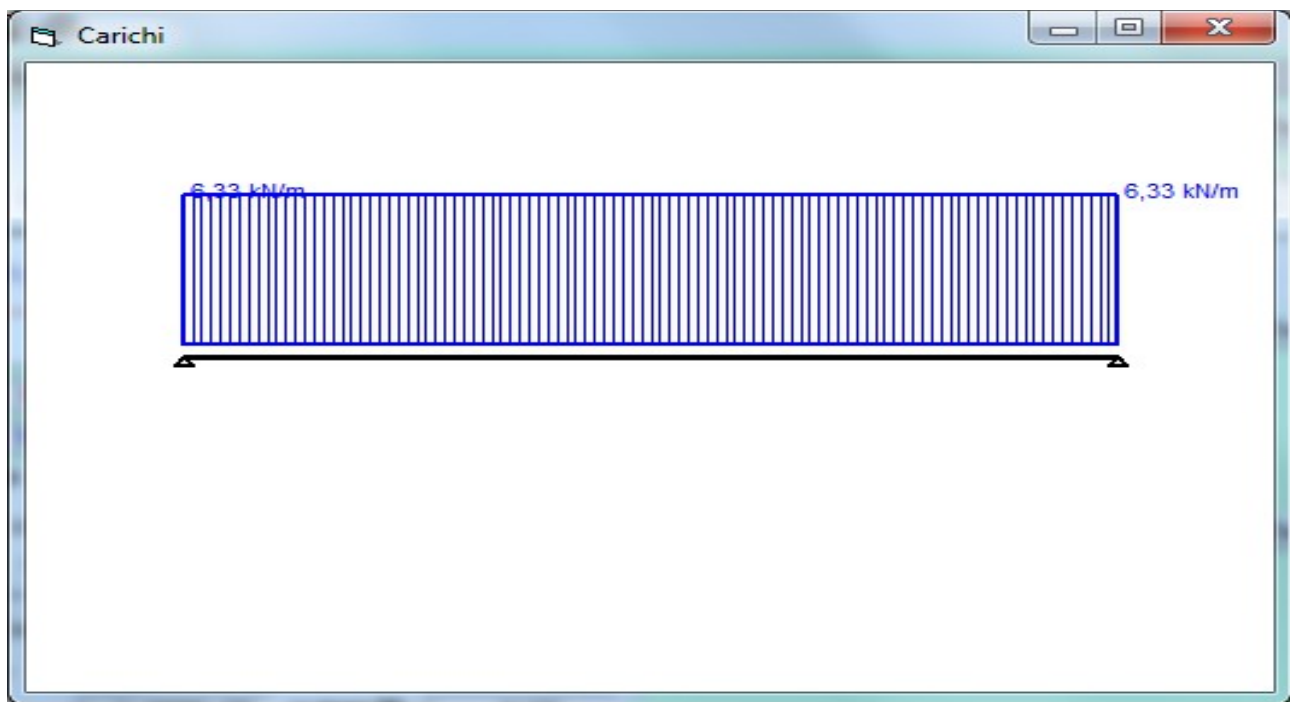
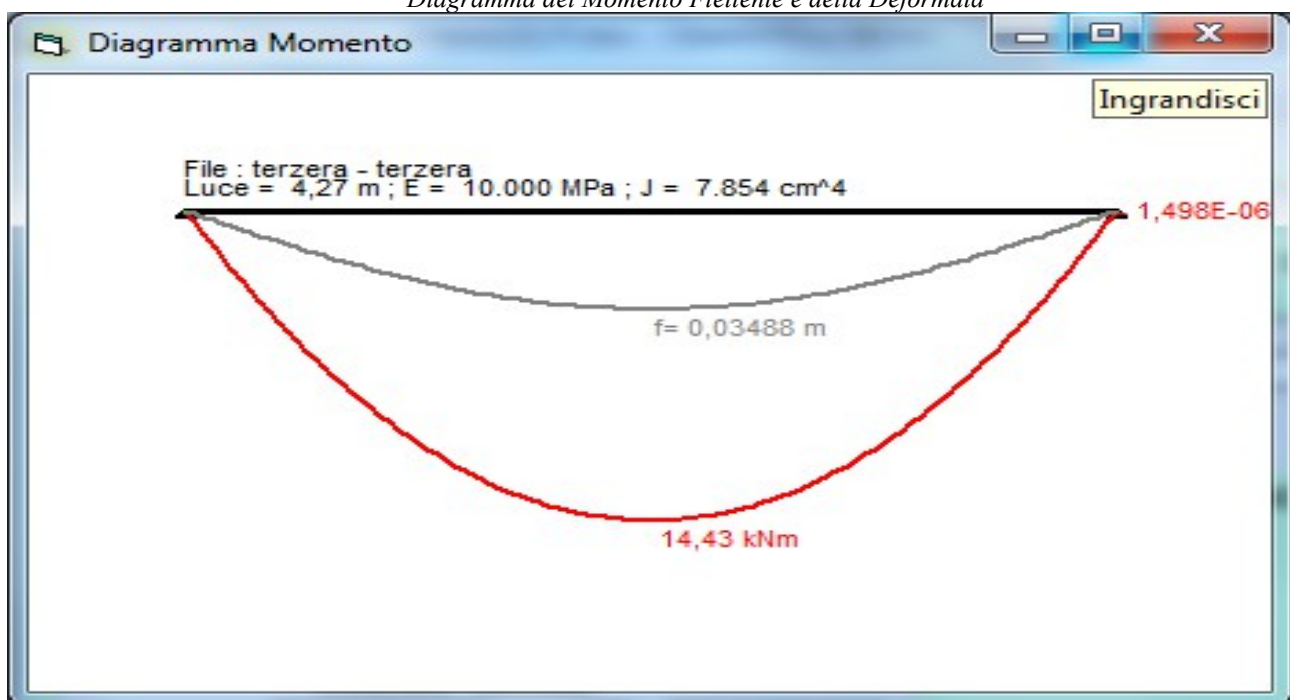


Diagramma del Momento Flettente e della Deformata



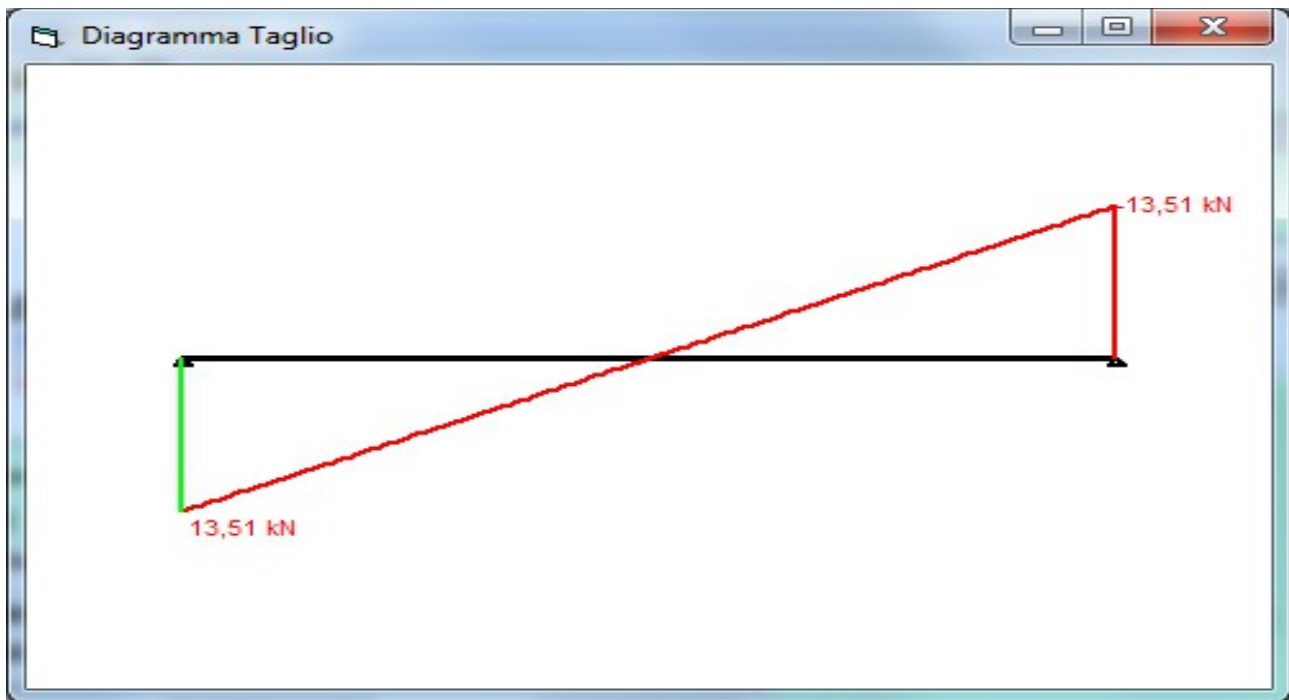


Diagramma del Taglio

Calcolo delle tensioni di design:

$$f_{m,d} = (f_{m,k} * K_{mod}) / (FC * \gamma_M) = 8,05 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{v,d} = (f_{v,k} * K_{mod}) / (FC * \gamma_M) = 0,84 \text{ N/mm}^2;$$

dove: $\gamma_M = 1,5$; $K_{mod} = 0,9$ (per carichi di breve durata); $FC = 1,35$ (per Livello di Confidenza LC1).

Verifica della Sezione

a Flessione

Modulo di Resistenza: $W = \pi R^3 / 4 = 785000 \text{ mm}^3$

Calcolo di $M_{RD} = W * f_{m,d} = 785000 * 8,05 = 6319250 = 6,32 \text{ KNm}$

dalla risoluzione dello schema statico è derivato che $M_{SD \text{ max}} = 14,42 \text{ KNm}$

Poichè $M_{SD \text{ max}} / M_{RD} = 2,28 \gg 1$ **LA VERIFICA NON E' SODDISFATTA**

a Taglio

Area sezione: $A = \pi R^2 = 314 \text{ cm}^2 = 3140000 \text{ mm}^2$

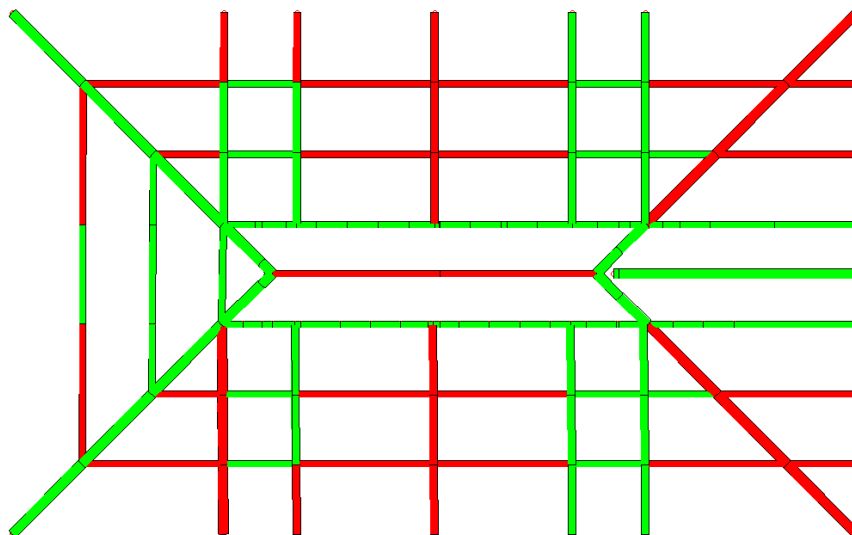
Calcolo di $V_{RD} = A * f_{v,d} = 3140000 * 0,84 = 2637600 = 26,37 \text{ KN}$

dalla risoluzione dello schema statico è derivato che $V_{SD \text{ max}} = 13,51 \text{ KN}$

Poichè $V_{SD \text{ max}} / V_{RD} = 0,47 < 1$ **LA VERIFICA E' SODDISFATTA**

CONCLUSIONI

In sintesi le verifiche effettuate hanno dato esito non positivo per la maggior parte delle strutture primarie della copertura esaminate, si riporta di seguito una esaustiva immagine che raffigura con colorazione in rosso tutte le aste che non risultano verificate, e che pertanto richiederebbero un rinforzo, da attuarsi mediante affiancamento di elementi in legno o di acciaio:



Pertanto è importante per l'Amm. Comunale considerare che nel caso non si disponesse delle risorse per eliminare le insufficienze strutturali che sono state documentate nella Valutazione di Vulnerabilità già consegnata e più specificatamente esaminate nel presente documento, sarà necessario comunque eseguire un puntellamento di rinforzo prima del prossimo inverno.

Il professionista incaricato

_____ *Ing. Trivini Bellini Massimo*