Allegato B - Regolamento della Festa dei Gigli

Sicurezza e tradizioni costruttive dei Gigli di Nola

ing. Mario ARIENZO

INDICE

1 INTRODUZIONE 1

1.1 PREMESSA 1

1.2 ESPOSIZIONE DEL QUESITO 1

1.3 ASPETTI PRELIMINARI ALLA DISCUSSIONE DEL QUESITO ... 2

2 MODELLAZIONE 3

2.1 MODELLO GEOMETRICO 5

2.1.1 Geometria 5

2.1.1.1 Base 5

2.1.1.2 Portamusica 8

2.1.1.3 Borda 10

2.1.1.4 Schiene 11

2.1.1.5 I Pezzo 13

2.1.1.6 II Pezzo 16

2.1.1.7 III Pezzo 18

2.1.1.8 IV Pezzo 20

2.1.1.9 V Pezzo 22

2.1.1.10 VI Pezzo 24

2.1.2 Condizioni di Vincolo 26

2.2 MODELLO MECCANICO 28

2.2.1 Pioppo 34

2.2.2 Abete 35

2.2.3 Castagno 35

2.3 MODELLO DELLE AZIONI 36

2.3.1 Azioni Permanenti (G) 36

2.3.2 Azioni Variabili 39

2.3.3 Azioni Eccezionali 39

2.3.4 Combinazione delle Azioni 41

3 VERIFICHE 42

3.1 VERIFICHE SLU 43

3.1.1 Verifiche di Resistenza 43

3.1.1.1 Trazione parallela alla fibratura 43

3.1.1.2 Compressione parallela alla fibratura 43

3.1.1.3 Compressione perpendicolare alla fibratura 44

3.1.1.4 Flessione 44

3.1.1.5 Tensoflessione 44

3.1.1.6 Pressoflessione 45

3.1.1.7 Taglio 45

3.1.1.8 Torsione 45

3.1.1.9 Taglio e Torsione 46

3.1.2 Verifiche di Stabilità 46

3.1.2.1 Elementi Inflessi (Instabilità di Trave) 46

3.1.2.2 Elementi Compressi (Instabilità di Colonna) 47

3.1.3 Verifica a Ribaltamento 48

3.2 SCENARI DI CALCOLO 48

3.2.1 Giglio Vestito con Musicanti in Condizioni Statiche 50

3.2.1.1 Verifica SLU 51

3.2.1.2 Cuonce cuonce e jette 61

3.2.2 Giglio Vestito con Musicanti in Movimento 74

3.2.2.1 Verifica SLU 74

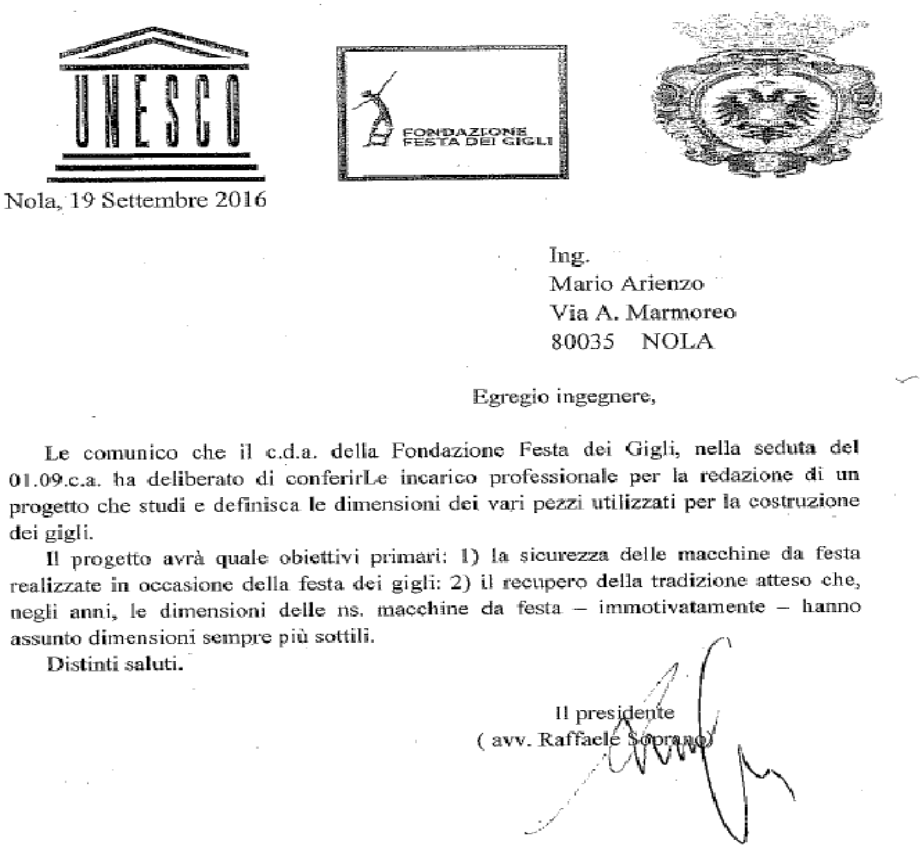
4 ELABORAZIONE DEI RISULTATI 83

5 CONCLUSIONI 84

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

Il sottoscritto ing. Mario ARIENZO, nato a Nola (NA) il 15.06.1957, con studio in Nola alla Via Anfiteatro Marmoreo n. 36, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di NAPOLI al n. 8122 dal 1982, è stato incaricato dalla Fondazione Festa dei Gigli di Nola, della verifica delle dimensioni dei profili in legno utilizzati per la costruzione delle Macchine da festa "i Gigli" che si realizzano a Nola in occasione della festa omonima in onore di San Paolino.
Si riporta qui di seguito la nota dell'incarico a firma del presidente della Fondazione Festa dei Gigli.



UNESCO

FONDAZIONE FESTA DEI GIGLI

Nola, 19 Settembre 2016

Ing.
Mario Arienzo
Via A. Marmoreo
80035 NOLA

Egregio ingegnere,

Le comunico che il c.d.a. della Fondazione Festa dei Gigli, nella seduta del 01.09.c.a. ha deliberato di conferirLe incarico professionale per la redazione di un progetto che studi e definisca le dimensioni dei vari pezzi utilizzati per la costruzione dei gigli.

Il progetto avrà quale obiettivi primari: 1) la sicurezza delle macchine da festa realizzate in occasione della festa dei gigli: 2) il recupero della tradizione atteso che, negli anni, le dimensioni delle ns. macchine da festa – immotivatamente – hanno assunto dimensioni sempre più sottili.

Distinti saluti.

Il presidente
(avv. Raffaele Soprano)

1.2 ESPOSIZIONE DEL QUESITO

Per rispondere al quesito posto saranno di seguito determinate le aste maggiormente sollecitate e le dimensioni ottimali per ridurre al minimo i rischi di collasso delle stesse, evitando così le interruzioni della processione per sostituire gli elementi collassati.
Tutte le considerazioni non prescindono sia da quanto tramandato dalla tradizione atteso che negli anni addietro si verificavano con minore frequenza cedimenti di elementi costituenti i gigli che dal proposito di tenere basso il baricentro della struttura per aumentarne la stabilità.

Lo studio ha esaminato il giglio da fermo e durante il trasporto a spalla ad opera dei “cullatori” ed in particolare il momento della “posata”.
Nulla si dice delle fasi di realizzazione del giglio tranne che deve essere eseguita nel rispetto di un piano operativo della sicurezza redatto dagli artigiani costruttori ai sensi del **D. Lgs. 81/2008 - Titolo IV.**

1.3 ASPETTI PRELIMINARI ALLA DISCUSSIONE DEL QUESITO

I gigli hanno struttura reticolare in legno, rivestimento solitamente in cartapesta e sono realizzati secondo consolidate tecniche di costruzione che si tramandano da sempre.
Contestualmente all’affidamento dell’incarico, espresso in una riunione presso la sede della Fondazione, alla quale hanno partecipato oltre al sottoscritto e al presidente, i consiglieri della Fondazione, sia costruttori che i “capi paranza”, e poi formalizzato con nota del 19 settembre 2016, è stato consegnato un capitolato deliberato dal Consiglio di Amministrazione dell’Ente Festa dei Gigli con atto n. 13 del 22.02.2002.
Partendo da quanto in questo riportato, da pubblicazioni dedicate e confrontandosi con alcuni operatori del settore, si è risaliti al modello geometrico di riferimento, nel rispetto del recupero storico-tradizionale.
Come già detto la conoscenza della manifestazione, la sensibilità e l’esperienza hanno indirizzato alla modellazione della struttura reticolare in legno tale che l’azimut del baricentro delle masse si collocasse non più in alto della sommità della “base”.
Nello studio in oggetto, non essendo note le specifiche e le classi di resistenza delle specie legnose utilizzate da tradizione, ai fini delle verifiche, è stato necessario ipotizzarne delle categorie e, quindi, delle qualità.
Si sottolinea che le dimensioni minime degli elementi costituenti la struttura, sono univocamente legate alle ipotesi fatte in merito alle classi di resistenza delle specie legnose adottate ai fini del calcolo. Le successive considerazioni, quindi, sono valide solo se riferite a specie legnose aventi caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle considerate.
Riguardo i collegamenti, non avendo a disposizione informazioni sufficientemente dettagliate sulle modalità di realizzazione e sulle caratteristiche dell’assemblaggio degli elementi costituenti la macchina da festa, si è ipotizzato che questi fossero sovraresistenti rispetto agli elementi convergenti in essi; in altri termini, non sono state considerate la possibilità di crisi degli stessi collegamenti e le possibili modalità di collasso da essi innescate.
Pertanto nello studio che segue nulla si dice in merito a chiodature, bullonature e confinamenti, prendendo atto dell’esperienza e del protocollo di qualità della bottega d’arte.

2 MODELLAZIONE

Lo studio di una struttura è fatto di diverse fasi, una prima fase è quella della **modellazione**, ovvero si rende necessario ricondurre la struttura oggetto di studio ad un modello che sia rappresentativo del reale comportamento.

La modellazione si articola in tre step successivi:

- Modello geometrico
- Modello meccanico
- Modello delle azioni

Nel modello geometrico si esplicita la geometria degli elementi costituenti la struttura e le condizioni di vincolo degli stessi.

Nel modello meccanico si definiscono le proprietà e le caratteristiche meccaniche dei materiali con cui è realizzata la struttura.

Nel modello delle azioni si schematizzano idealmente le stesse azioni come forze e/o coppie concentrate oppure carichi distribuiti.

2.1 MODELLO GEOMETRICO

2.1.1 GEOMETRIA

2.1.1.1 BASE

È la parte strutturale più importante e complessa del giglio in quanto infatti ingloba la “borda” che è l’asse portante del giglio. La giusta posizione della “Borda”, all’interno della base, ovvero la centratura della stessa sugli assi verticali, anteriore e posteriore, con l’adeguato angolo di inclinazione in base alla tipologia ed al peso del “vestimento”, consente di spostare il baricentro delle masse verso la parte posteriore della “macchina”, migliorando la ridistribuzione del peso sui “cullatori” agevolando il trasporto a spalla.

È a sezione quadrangola di dimensioni a filo piedi m **240x260** e altezza cm **310÷330** circa.

Le spalliere, anteriore e posteriore, vengono assemblate in bottega e sono costituite da due piedi tenuti insieme da due traverse a sezione rettangolare superiore ed inferiore ed una centrale a sezione quadrata, la centrale posteriore funge anche da portabarre.

Le tre traverse di ogni spalliera sono inchiodate perpendicolarmente all'asse verticale dei piedi.

La regione tra la traversa centrale e quella superiore è irrigidita da due squadri grandi, mentre quella tra la centrale e quella inferiore è irrigidita da due croci di S. Andrea.

Le spalliere vengono unite tra loro con tre traversoni per lato in modo da formare un parallelepipedo “base”, i traversoni centrali e quelli inferiori aggettano anteriormente per sorreggere la struttura del portamusica.

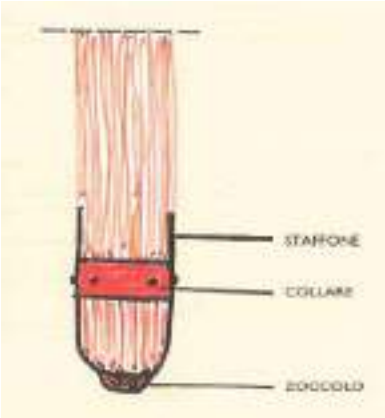
La borda è fissata alla base da due croci orizzontali e da dieci tondi trasversali, quattro superiori, quattro centrali e due inferiori paralleli alle spalliere e chiodati sopra i traversoni.

2.1.1.1.1 PIEDI

In numero di quattro, sono in legno massiccio di pioppo e si presentano come parallelepipedi allungati di dimensioni cm **20x20x310÷330**.

Alla base di ogni piede opportunamente smussato, viene alloggiato e inchiodato un apposito “staffone” in ferro alto circa cm 65 e largo cm 6 alla cui base è saldato uno zoccolo in ferro per il contatto con il suolo.

Questa staffatura oltre a prevenire lo sfibramento del legno e quindi la prevedibile rottura, ha lo scopo di ammortizzare l’urto, aumentando il tempo di arresto, e quindi le sollecitazioni alla struttura tutta a seguito delle posate. La posa di un collare di ferro calzato e fermato con chiodature completa la solidarizzazione della staffatura al piede stesso.



2.1.1.1.2 TRAVERSONI

In numero di sei sono in legno massiccio di pioppo, quelli centrali sono lunghi cm **360÷370**, spessi cm **9** e alti cm **17**; quelli inferiori sono lunghi cm **310÷320**, spessi cm **8** e alti cm **13**; quelli superiori sono lunghi cm **275÷285**, spessi cm **10** ed alti cm **13**.

2.1.1.1.3 TRAVERSE

Sono sei e di legno massiccio di pioppo. Le due trasversali, superiori ed inferiori, sono lunghe cm **240** ed hanno sezione cm **8x13**; quella centrale anteriore è lunga cm **280÷290** ed ha sezione di cm **8x8** mentre la centrale posteriore ha sezione **10x10** e funge da portabarre.

2.1.1.1.4 TRAVERSE PORTABARRE

Sono due e di legno massiccio di pioppo, sono lunghe cm. **270** ed hanno sezione di cm **10x10**. Una è la traversa centrale della spalliera posteriore mentre l'altra fa parte del complesso del portamusica ed è posta alla stessa quota della precedente, cm **144÷145** dal suolo.

2.1.1.1.5 CROCI ORIZZONTALI

Le due croci orizzontali sono realizzate con elementi troncoconici allungati di legno massiccio di pioppo lunghi circa cm **360÷380** ed hanno sezione circolare con diametro medio di cm **8.5**.

2.1.1.1.6 TONDI

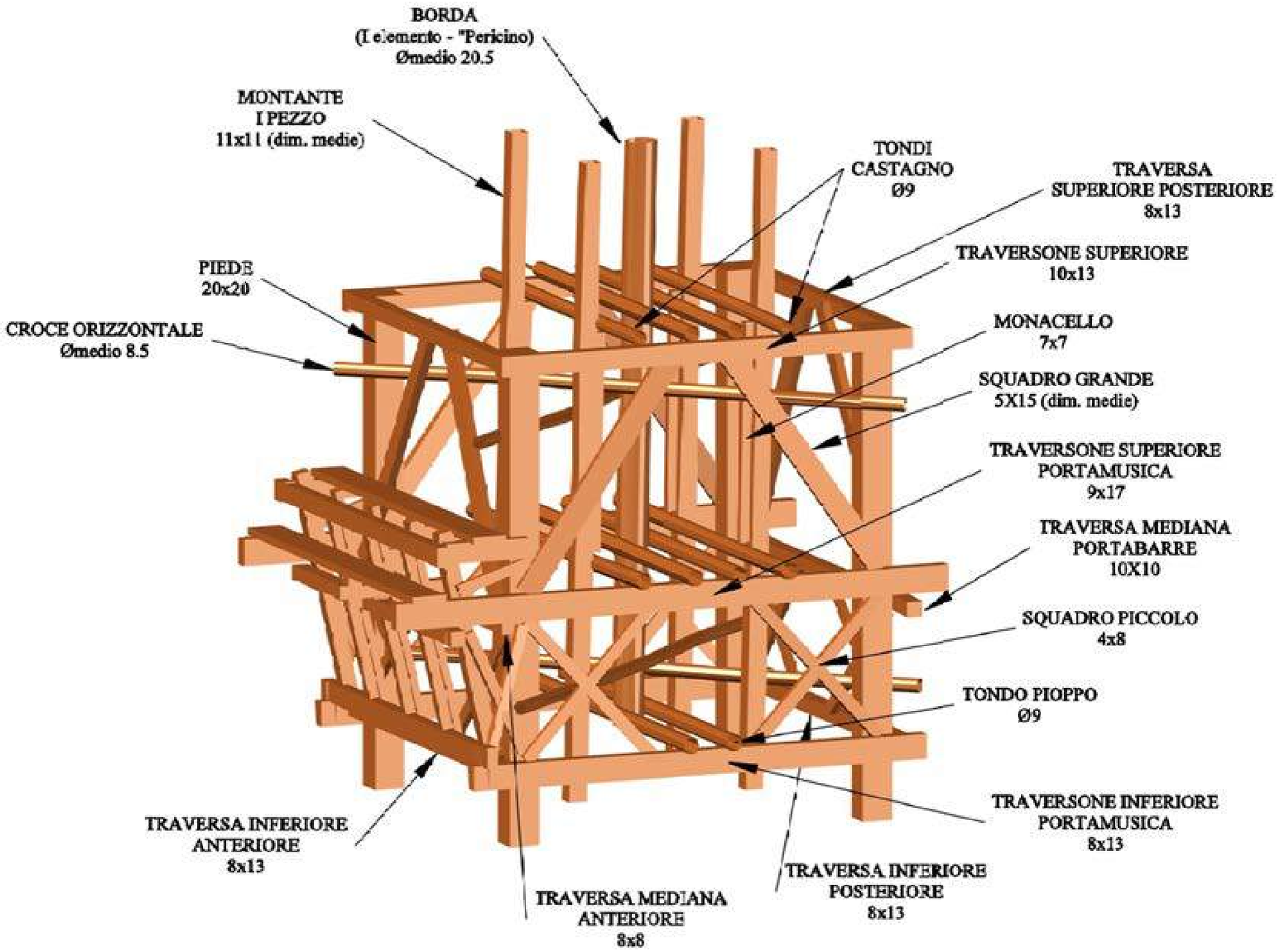
In totale sono dieci e solitamente sono otto in legno massiccio di pioppo e due in legno massiccio di castagno. Quattro poggiano sui traversoni superiori, di questi fanno parte i due di castagno, quattro sui mediani e due poggiano sui traversoni inferiori. Hanno una lunghezza media di cm **290** e un diametro di cm **9.**

2.1.1.1.7 SQUADRI GRANDI

Sono otto in legno massiccio di pioppo; sono lunghi all'incirca cm **200** con sezione media di cm **5x15**.

2.1.1.1.8 SQUADRI PICCOLI

Le otto croci irrigidenti lo spartito inferiore della base tra i traversi centrali e quelli inferiori, sono realizzate con elementi in legno massiccio di pioppo di lunghezza circa cm **150** e sezione di cm **4x8**.


BORDA
(I elemento - "Pericino)
Ømedio 20.5
MONTANTE
I PEZZO
11x11 (dim. medie)
TONDI
CASTAGNO
Ø9
TRAVERSA
SUPERIORE POSTERIORE
8x13
TRAVERSONE SUPERIORE
10x13
PIEDE
20x20
CROCE ORIZZONTALE
Ømedio 8.5
MONACELLO
7x7
SQUADRO GRANDE
5X15 (dim. medie)
TRAVERSONE SUPERIORE
PORTAMUSICA
9x17
TRAVERSA MEDIANA
PORTABARRE
10X10
SQUADRO PICCOLO
4x8
TONDO PIOPPO
Ø9
TRAVERSONE INFERIORE
PORTAMUSICA
8x13
TRAVERSA INFERIORE
ANTERIORE
8x13
TRAVERSA INFERIORE
POSTERIORE
8x13
TRAVERSA MEDIANA
ANTERIORE
8x8

2.1.1.2 PORTAMUSICA

È realizzato in bottega e poi fissato agli aggetti dei traversoni longitudinali, è formato da tre traverse orizzontali, di cui quella centrale funge anche da portabarre, e cinque verticali.
Presenta due squadri porta tavola che sostengono la tavola superiore di alloggio dei musicanti, mentre la tavola inferiore poggia direttamente sugli aggetti dei traversoni mediani. Per evitare l'eccessiva inflessione delle tavole si inserisce un pezzo speciale fissato sulla traversa portabarre e su quella centrale anteriore che dimezza la luce delle tavole.

2.1.1.2.1 TRAVERSE VERTICALI

Sono le due laterali, in legno massiccio di pioppo, misurano circa cm **170** ed hanno sezione quadrata con lato di cm **10**.

2.1.1.2.2 TRAVERSE ORIZZONTALI

Sono due lati verticali del portamusica e sono in legno massiccio di pioppo, lunghe circa cm **290÷300** hanno sezione rettangolare cm **8x10** più una terza mediana portabarre di cm **10x10**.

2.1.1.2.3 SQUADRI GRANDI VERTICALI

I tre squadri verticali paralleli alle traverse laterali sono in legno massiccio di pioppo, hanno una lunghezza di circa cm **170** e sezione di cm **10x6**.

2.1.1.2.4 IRRIGIDIMENTI SQUADRI GRANDI (TRAVERSINI)

Sono sei e in legno massiccio di pioppo di sezione quadrata di lato cm **7**, sono lunghi tre circa cm **70** e gli altri tre circa cm **40**.

2.1.1.2.5 PORTA TAVOLA SUPERIORE

Sono i due elementi utilizzati come pezzi di raccordo nella parte tra il portamusica e il piede, sui quali poggiano le estremità della tavola superiore. Sono in legno massiccio di pioppo, lunghi cm **70** e sezione cm **8x10**.

2.1.1.2.6 TAVOLE

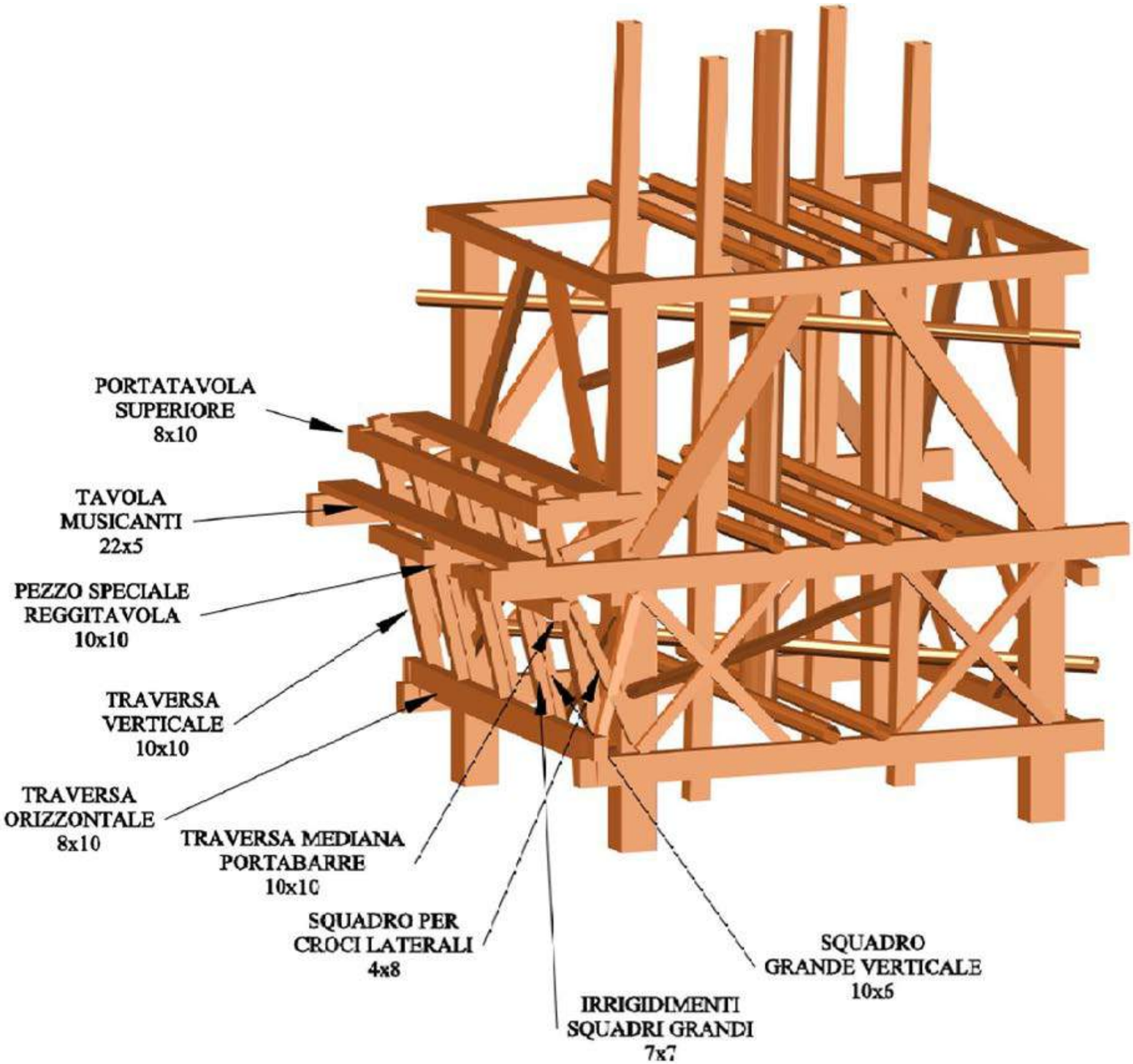
Le due tavole in legno di abete sono lunghe cm **300**, larghe cm **22** e spesse cm **5**; al centro poggiano anche sul supporto cosiddetto pezzo speciale.

2.1.1.2.7 PEZZO SPECIALE (REGGITAVOLA)

Trattasi di due traverse in legno massiccio di pioppo lunghe cm **85** e sezione cm **10x10** che sostengono al centro le tavole che portano gli orchestrali.

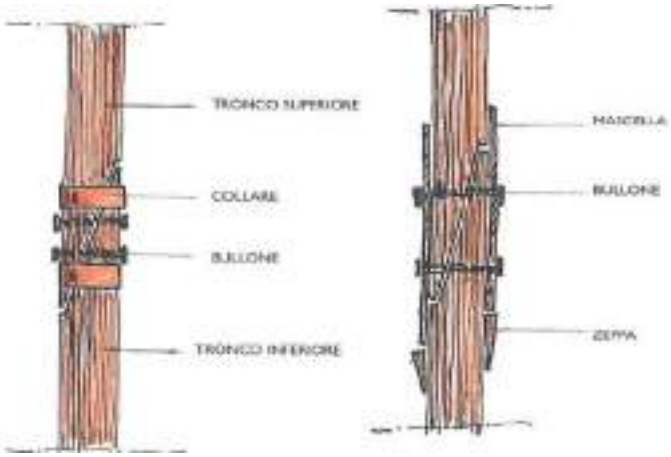
2.1.1.2.8 SQUADRI PER CROCI LATERALI

Le croci laterali sono realizzate con squadri in legno massiccio di pioppo; sono lunghi cm **80** ed hanno sezione cm **4x8**.


PORTATAVOLA
SUPERIORE
8x10
TAVOLA
MUSICANTI
22x5
PEZZO SPECIALE
REGGITAVOLA
10x10
TRAVERSA
VERTICALE
10x10
TRAVERSA
ORIZZONTALE
8x10
TRAVERSA MEDIANA
PORTABARRE
10x10
SQUADRO PER
CROCI LATERALI
4x8
IRRIGIDIMENTI
SQUADRI GRANDI
7x7
SQUADRO
GRANDE VERTICALE
10x6

2.1.1.3 BORDA

Corrisponde all' asse centrale e portante di tutta la struttura che si eleva dal piede. È costituita da tre elementi realizzati in legno massiccio di abete, raggiungendo la misura complessiva di circa 24 metri. Essa è collocata a circa cm 50 dal suolo, piano di appoggio dei piedi. Partendo dal basso, il primo dei tre elementi è detto "pericino" che trasmette alla base tutti i carichi statici e dinamici della sovrastruttura del giglio nelle varie fasi di riposo e movimento. Le tre parti sono solidarizzate con giunture ad incastro con le estremità che presentano un taglio ad unghia detta "scarpa" per combaciare con lo stesso taglio delle altre parti; vengono fissate con perni passanti e bullonatura, i nodi sono poi rinforzati da cerchiature con strisce di lamierino per confinare i profili aumentandone le resistenze alle sollecitazioni.



In alcuni casi vengono applicate, in corrispondenza dei giunti, delle zeppe (cunei) con la parte più lunga verso l'alto, aventi funzioni di mensole per l'appoggio più sicuro del tronco superiore su quello inferiore.

2.1.1.3.1 PRIMO ELEMENTO ("PERICINO")

In legno massiccio di abete è lungo circa cm **1000** e ha diametro medio di cm **20.5**. Sulla parte terminale e per una lunghezza che varia da cm **180** a **200**, presenta l'incastro (taglio di connessione ad unghia) per la congiunzione all'elemento sovrastante.

2.1.1.3.2 SECONDO ELEMENTO

In legno massiccio di abete, è lungo circa cm **1100** e ha diametro medio di cm **16**. Per questo gli incastri, sempre dello stesso tipo, sono presenti su entrambe le estremità.

2.1.1.3.3 TERZO ELEMENTO

Sempre in legno massiccio di abete, è lungo circa cm **700** e ha diametro medio di cm **10.5**. Per questo l'incastro è realizzato solo all'estremità inferiore per il collegamento con l'elemento mediano.

2.1.1.3.4 CUNEI ("ZOCCOLETTI")

Gli elementi che rinforzano e sostengono le giunzioni sono dei cunei in legno massiccio di pioppo di lunghezza e spessore adeguato.

2.1.1.4 SCHIENE

Sono tre, una nel piano longitudinale retrostante la borda e le altre due sui lati della stessa nel piano trasversale.

La retrostante corre parallelamente all'asse della "borda" cui è fissata per mezzo di due rami di pioppo ad una distanza di circa cm -100 dalla sommità del primo pezzo e poi, salendo verso la cima, è collegata alla borda a partire dal secondo pezzo con delle varretelle e croci laterali.

Le schiene laterali sono poste nel piano a filo anteriore della borda in direzione orizzontale, e sono collegate ad essa da un ramo di pioppo ad una distanza di circa cm -100 dalla sommità del primo pezzo e con varretelle e croci di S. Andrea a partire dal secondo pezzo.

Alla quota della sommità del primo pezzo, la schiena centrale è fissata all'elemento reggischiena che poggia sulla traversa superiore posteriore del primo pezzo e su un elemento reggiborda cui sono fissate anche le schiene laterali.

Per la realizzazione delle schiene vengono utilizzati più elementi di opportuna lunghezza collegati, come per la borda, tramite incastri ad unghia.

2.1.1.4.1 SCHIENA CENTRALE POSTERIORE

È realizzata con 3 "muraletti" in legno massiccio di pioppo lunghi ognuno circa cm **500** a sezione quadrata con lato da cm **7**; ogni elemento presenta i tagli paralleli per ricavare gli incastri ad unghia che consentono l'assemblaggio degli stessi.

2.1.1.4.2 SCHIENE LATERALI

Presentano caratteristiche analoghe a quella centrale sia geometricamente che per il materiale, con la sezione quadrata dei muraletti ridotta a cm **6**.

2.1.1.4.3 RAMI DI PIOPPO

Sono quattro e fissano le schiene alla borda. Sono lunghi mediamente cm **100** ed hanno sezione di cm **4x8**.

2.1.1.4.4 SQUADRI PER SCHIENA CENTRALE (CROCI LATERALI)

I dieci squadri che formano le croci verticali ancoranti la schiena posteriore alla borda sono realizzati in legno massiccio di pioppo, hanno lunghezza variabile da cm **140÷160** e sezione cm **4x8**. Le croci sono posizionate in corrispondenza delle sovrapposizioni della borda, in particolare, due nel secondo pezzo, una in corrispondenza della seconda giunzione della borda e le altre due equidistanti tra la seconda giunzione e la sommità del secondo pezzo.

2.1.1.4.5 SQUADRI PER CROCI DI S. ANDREA REGGI SCHIENE (CROCI FRONTALI)

Le croci che collegano le schiene laterali tra di loro e alla borda, presenti nel secondo, nel terzo e nel quarto pezzo, sono formate da sei profili in legno massiccio di pioppo, lunghi circa cm **300** e sezione cm **4x8**.

2.1.1.4.6 REGGIBORDA

È un elemento in legno massiccio di pioppo che poggia sulle traverse laterali superiori del primo pezzo. Al reggiborda sono fissate sia la borda che le schiene laterali, inoltre, con la traversa superiore anteriore del primo pezzo sostiene il reggischiena. Ha lunghezza di circa cm **160** e sezione quadrata di cm **10x10**.

2.1.1.4.7 REGGISCHIENA

È un elemento realizzato in legno massiccio di pioppo che poggia sulla traversa posteriore superiore del primo pezzo e sul reggiborda. Ad esso è fissata la schiena centrale posteriore. Ha lunghezza di circa cm **120** e sezione quadrata di cm **10x10**.

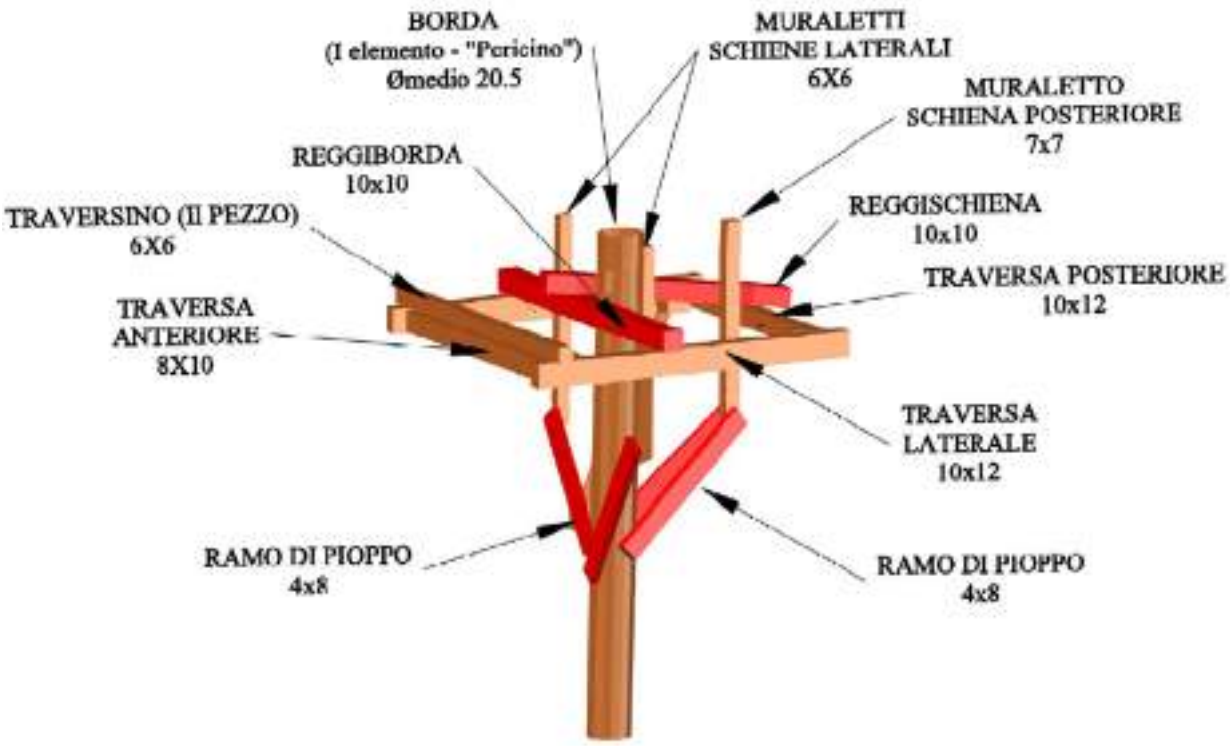
2.1.1.4.8 VARRETELLE

Sono piccole aste in legno massiccio di pioppo, in numero di 145 ed hanno una lunghezza di cm **30÷110** e sezione di cm **3x7**. Vengono utilizzate per realizzare il reticolo che tiene insieme le facciate dei pezzi alla borda e per collegare e distanziare opportunamente le schiene tra loro. In particolare:

- 3 vengono sistemate nel terzo, quarto e quinto pezzo per mantenere in parallelo le schiene laterali con la borda
- 4, di cui 2 nel terzo e quarto pezzo e 2 nel quinto pezzo hanno la funzione di distanziare opportunamente la schiena centrale dalla borda.

Le altre 138 sono distribuite come segue:

- 30 varretelle per pezzo dal secondo al quinto pezzo
- 18 per il sesto pezzo.



2.1.1.5 I PEZZO

È il primo dei sei pezzi a partire dalla base ed è l'unico che conserva la forma parallelepipeda, con lato a filo montanti di cm **130x130**. È composto da quattro montanti in legno massiccio di abete, in gergo detti "stacchini", alle estremità superiori fissate otto traversi che formano su ciascuna faccia uno spartito rettangolare la cui altezza a filo è di cm **110**. Ciascuno dei quattro spartiti è irrigidito da due croci realizzate con profili lignei in legno massiccio di pioppo.
La struttura, così realizzata, fuoriesce dalla base per un'altezza di cm **390-400**.
La quota stabilita si ottiene fissando i quattro montanti su due pali tondi, detti in gergo "ripuosi", inchiodati ai traversoni superiori della base.
I montanti sono fissati anche ad altri due tondi poggianti sui traversoni mediani della base. Quattro muraletti, detti "monacelli", sono "castigati" negli spazi tra i tondi superiori e intermedi, e vengono inchiodati sui montanti.
La struttura è resa ancor più solidale la base con la "borda" con il fissaggio alle due croci orizzontali della base stessa, questi elementi costruttivi, assolvono la funzione di ammortizzare i carichi verticali della struttura durante la fase dinamica del giglio.
Ogni croce, così come indica la parola è formata da due elementi che vengono posizionati lungo la diagonale che passa dagli spigoli dei piedi e tocca i montanti del primo pezzo, avendo come punto mediano la "borda".
Le parti terminali vengono inchiodate sugli spigoli dei piedi, mentre la parte centrale alla "borda".
Nella parte sottostante i punti di contatto tra le croci e i quattro piedi e tra queste e la "borda", vengono inchiodate delle zeppe, dette "zoccoletti" che assolvono alla funzione di creare un ulteriore punto di sostegno.
Altre due croci, formate da rami di pioppo, sono sistemate nella parte centrale del pezzo allo scopo di irrigidire e mantenere l'ortogonalità dello stesso.

2.1.1.5.1 MONTANTI ("STACCHINI")

I quattro montanti sono in legno massiccio di abete, hanno lunghezza cm **700** e sezione media di diametro cm **11**. Sono inglobati nella base per circa cm **300**, collegati alle due croci orizzontali della base, ai quattro tondi esterni poggianti sui traversoni longitudinali mediani e superiori nonché alle croci orizzontali del primo pezzo stesso.

2.1.1.5.2 TRAVERSE ANTERIORI E POSTERIORI

In legno massiccio di pioppo e lunghe cm **130**, quelle anteriori hanno sezione cm **8x10**, quelle posteriori, invece, hanno sezione **10x12**.

2.1.1.5.3 TRAVERSE LATERALI

Sono in legno massiccio di pioppo, lunghe circa cm **160** ed hanno sezione di cm **10x12**.

2.1.1.5.4 MONACELLI

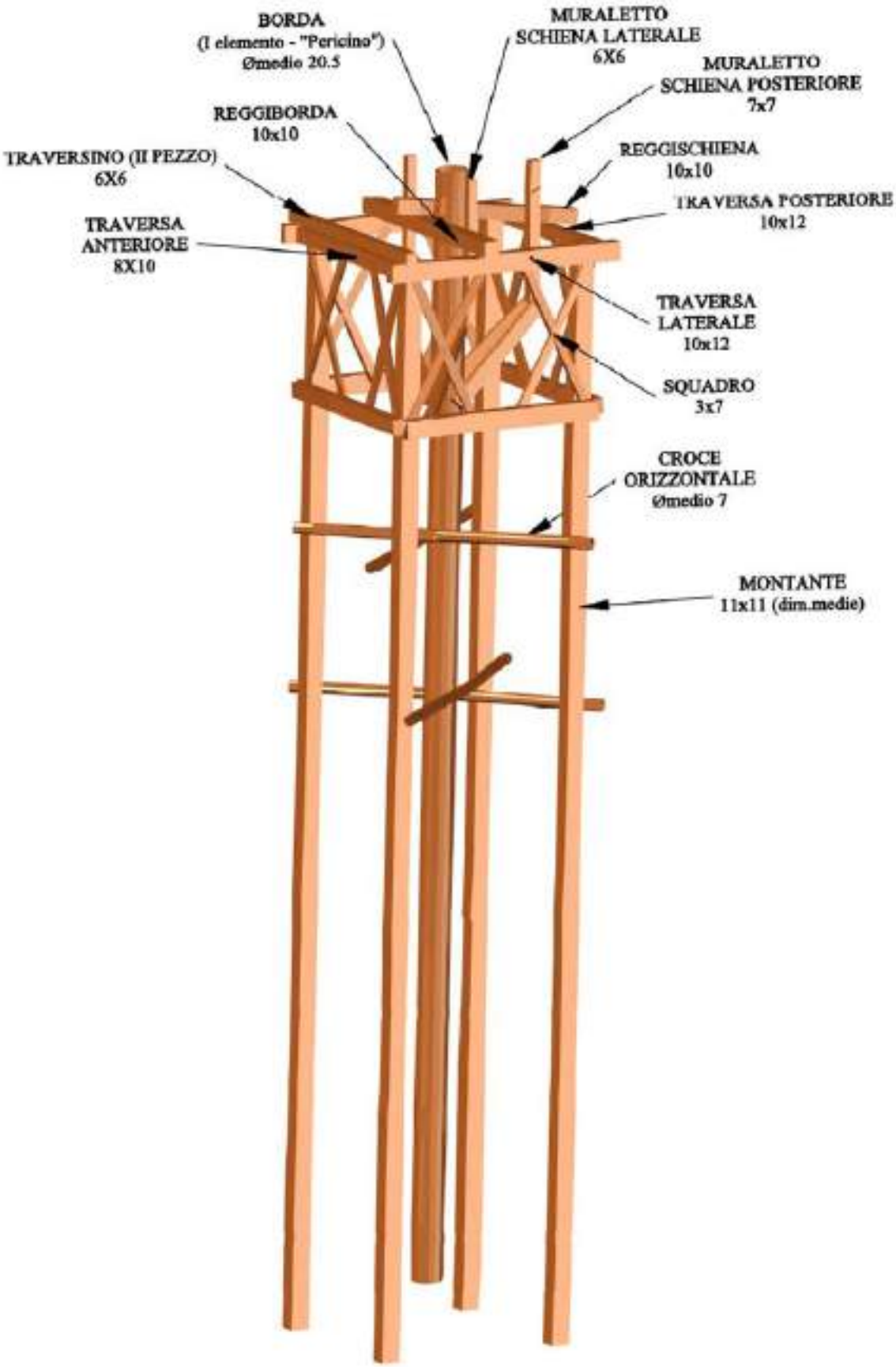
Sono in legno massiccio di pioppo, lunghi circa cm **140** ed hanno sezione di cm **7x7**, sono quelli collocati tra le croci orizzontali della base e aggrappati ai montanti del primo pezzo.

2.1.1.5.5 CROCI ORIZZONTALI

Sono due e realizzate con profili lignei in legno massiccio di pioppo ad altezza media tra l'estradosso della base ed i trasversi inferiori del primo pezzo, i profili sono lunghi circa cm **210** con sezione circolare di diametro medio cm **7**.

2.1.1.5.6 SQUADRI PER CROCI VERTICALI

Sono realizzati con profili in legno massiccio di pioppo, in numero di sedici formano le otto croci verticali negli spartiti definiti dalle traverse superiori ed inferiori sulle quattro facce, sono lunghi circa cm **110** con sezione di cm **3x7**.


BORDA
(I elemento - "Pericino")
Ømedio 20.5
MURALETTO
SCHIENA LATERALE
6X6
MURALETTO
SCHIENA POSTERIORE
7x7
REGGIBORDA
10x10
TRAVERSINO (II PEZZO)
6X6
REGGISCHIENA
10x10
TRAVERSA POSTERIORE
10x12
TRAVERSA
ANTERIORE
8X10
TRAVERSA
LATERALE
10x12
SQUADRO
3x7
CROCE
ORIZZONTALE
Ømedio 7
MONTANTE
11x11 (dim.medie)

2.1.1.6 II PEZZO

A differenza del primo pezzo e come i successivi, è costituito da una sola "spalliera" (facciata), così da definire, con le varretelle che lo collegano alla borda e alle schiene laterali, una forma prismatica poligonale rastremata verso l'alto. La facciata si realizza impiegando due montanti in legno massiccio di abete ("stacchini"), sulla cui parte superiore sono inchiodate ortogonalmente due traverse che formano uno spartito rettangolare alto, a filo, cm **100,** irrigidito con una croce verticale. Ad una quota di cm **-370** dall'alto, viene fissato un elemento detto "traversino" che poggia sul trasverso trasversale anteriore del pezzo sottostante.

Così come terzo, quarto e quinto pezzo, è caratterizzato dalla presenza di 30 varretelle:

- 2 varretelle per congiungere la parte alta del pezzo con la borda;
- 8, quattro per lato per unire i montanti del pezzo alla borda;
- 10, cinque per lato per unire i montanti con le schiene laterali;
- 10, cinque per lato per unire le schiene laterali a quella centrale posteriore.

Come già descritto al § 2.1.1.4, nel secondo pezzo, sito della prima unione della borda, sono posizionate due croci laterali che uniscono la schiena centrale posteriore con la borda ed una croce frontale che collega le due schiene laterali tra loro e alla borda.

2.1.1.6.1 MONTANTI ("STACCHINI")

I due montanti sono in legno massiccio di abete e lunghi cm **600** hanno sezione media di cm **10x10**, si affiancano dall'interno ai montanti anteriori del primo pezzo e sono a questi fissati.

2.1.1.6.2 TRAVERSE

Le due traverse sono in legno massiccio di pioppo, lunghe cm **110** ed hanno sezione di cm **7x10**.

2.1.1.6.3 CROCE

È costituita da due profili lignei in legno massiccio di pioppo lunghi circa cm **105** e con sezione di cm **3x7**.

2.1.1.6.4 TRAVERSINO

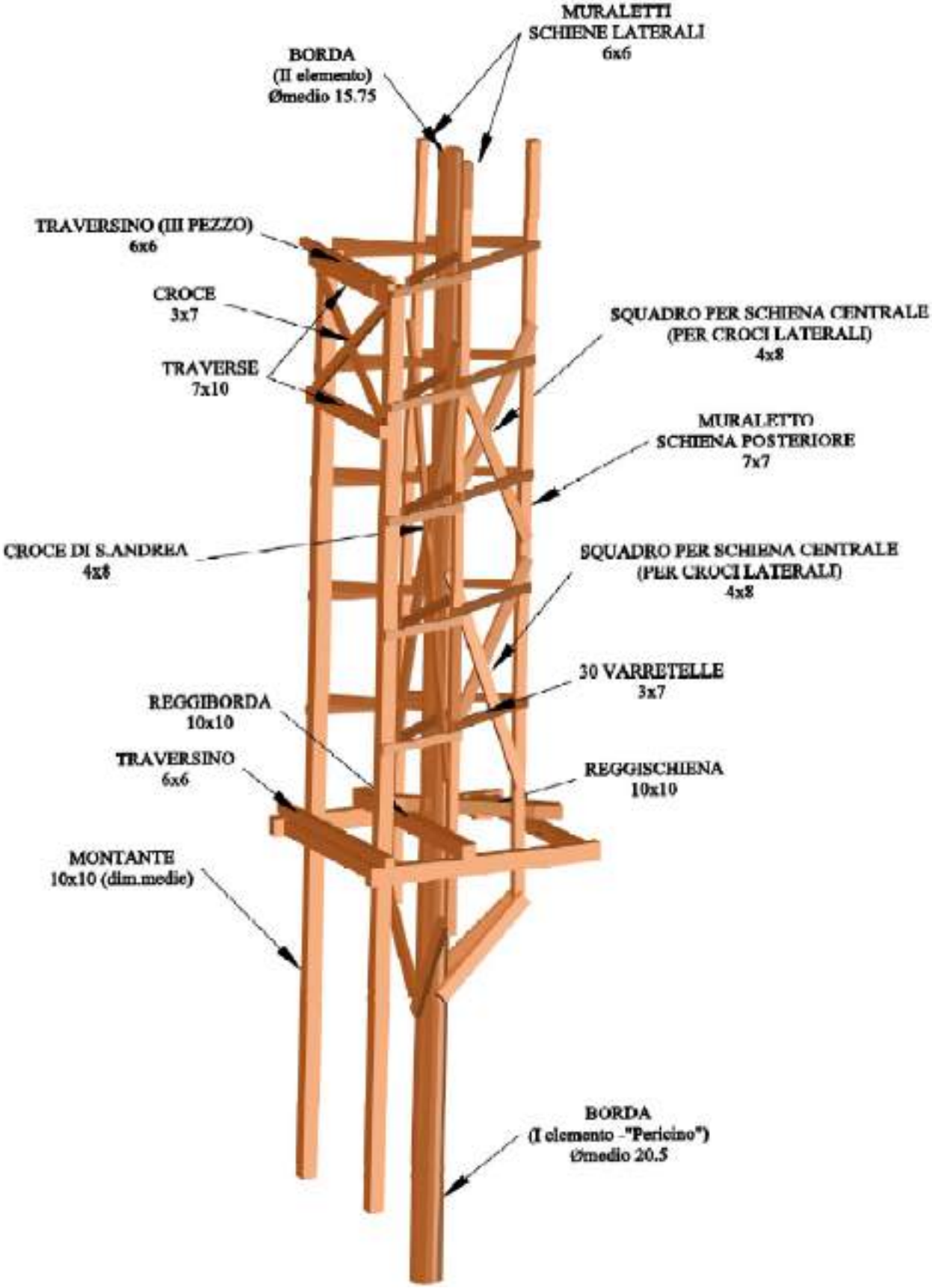
È in legno massiccio di pioppo, lungo circa cm **160** con sezione di cm **6x6**, poggia sulla traversa superiore del pezzo immediatamente sottostante.

2.1.1.6.5 CROCE DI S. ANDREA (CROCE FRONTALE)

Elemento descritto al § 2.1.1.4.5.

2.1.1.6.6 SQUADRI PER SCHIENA CENTRALE (CROCI LATERALI

Elemento descritto al § 2.1.1.4.4.


MURALETTI
SCHIENE LATERALI
6x6
BORDA
(II elemento)
Ømedio 15.75
TRAVERSINO (III PEZZO)
6x6
CROCE
3x7
TRAVERSE
7x10
SQUADRO PER SCHIENA CENTRALE
(PER CROCI LATERALI)
4x8
MURALETTO
SCHIENA POSTERIORE
7x7
CROCE DI S.ANDREA
4x8
SQUADRO PER SCHIENA CENTRALE
(PER CROCI LATERALI)
4x8
30 VARRETELLE
3x7
REGGIBORDA
10x10
TRAVERSINO
6x6
REGGISCHIENA
10x10
MONTANTE
10x10 (dim.medie)
BORDA
(I elemento -"Pericino")
Ømedio 20.5

2.1.1.7 III PEZZO

Come il secondo pezzo e i successivi, è costituito da una sola "spalliera" (facciata) che si realizza impiegando due montanti in legno massiccio di abete ("stacchini"), sulla cui parte superiore sono inchiodate ortogonalmente due traverse che formano uno spartito rettangolare la cui altezza a filo è di cm **90,** lo spartito è irrigidito da una croce verticale. Partendo dall'alto, ad una quota di cm **-350**, viene inchiodato il "traversino" che poggiando sulla traversa superiore del pezzo sottostante ne fissa l'altezza.

Così come secondo, quarto e quinto pezzo, è caratterizzato dalla presenza di 30 varretelle:

- 2 varretelle per congiungere la parte alta del pezzo con la borda;
- 8, quattro per lato per unire i montanti del pezzo alla borda;
- 10, cinque per lato per unire i montanti con le schiene laterali;
- 10, cinque per lato per unire le schiene laterali a quella centrale posteriore.

Come descritto al § 2.1.1.4, al di sopra del secondo pezzo, è presente una croce laterale che unisce la schiena centrale posteriore con la borda.

2.1.1.7.1 MONTANTI ("STACCHINI")

I due montanti sono in legno massiccio di abete, lunghi cm **550** hanno sezione media di cm **9x9**, si affiancano dall'interno ai montanti del pezzo sottostante e sono a questi aggrappati.

2.1.1.7.2 TRAVERSE

Le due traverse sono in legno massiccio di pioppo, lunghe circa cm **90** hanno sezione cm **6x10**.

2.1.1.7.3 CROCE

È realizzata da due profili in legno massiccio di pioppo lunghi circa cm **105** e sezione cm **3x7**.

2.1.1.7.4 TRAVERSINO

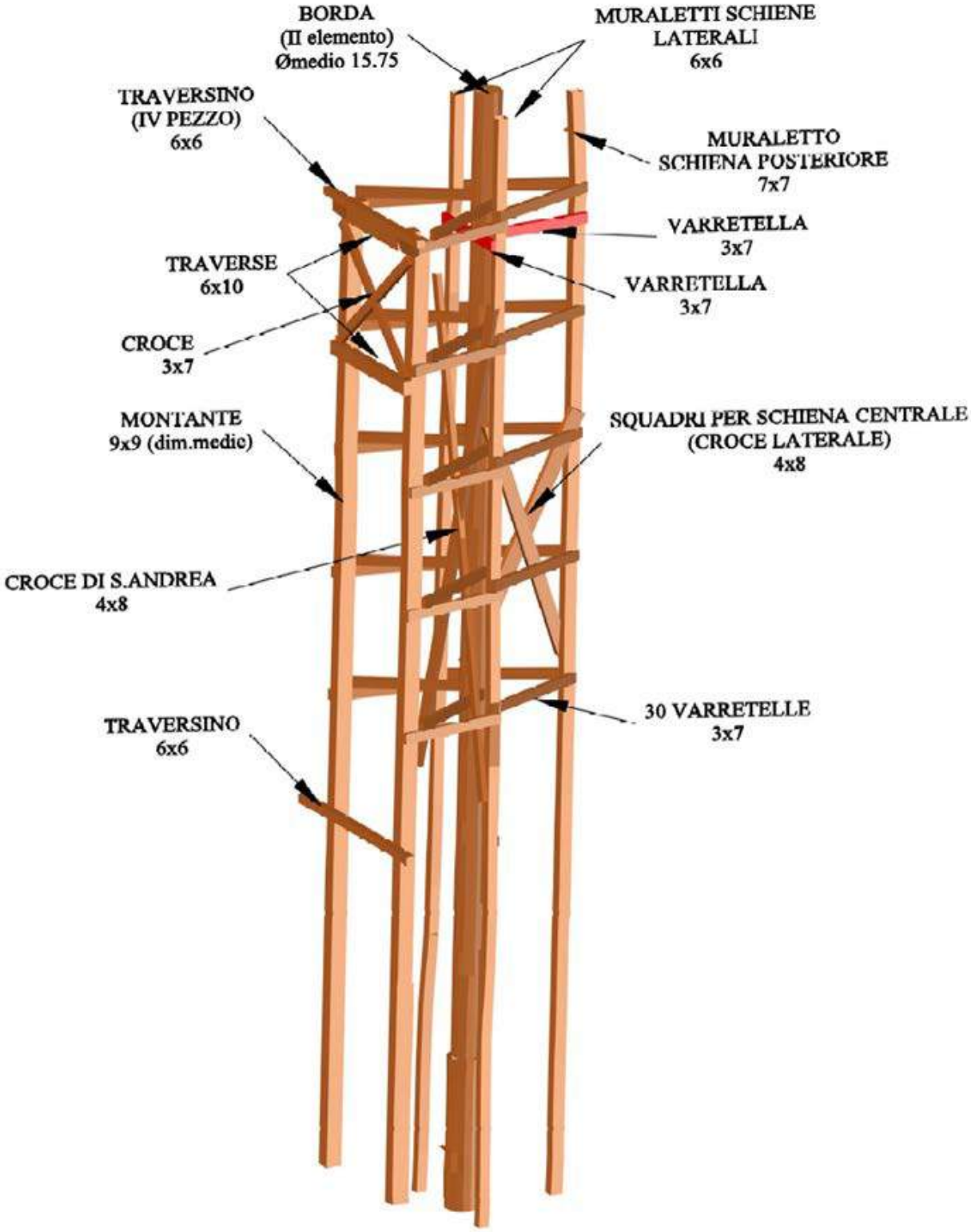
È l'elemento in legno massiccio di pioppo lungo circa cm **120** con sezione cm **6x6** che poggiando sulla traversa superiore del pezzo immediatamente sottostante fissa l'altezza del pezzo.

2.1.1.7.5 CROCE DI S. ANDREA (CROCE FRONTALE)

Elemento descritto al § 2.1.1.4.5.

2.1.1.7.6 SQUADRI PER SCHIENA CENTRALE (CROCE LATERALE)

Elemento descritto al § 2.1.1.4.4.


BORDA
(II elemento)
Ømedio 15.75
MURALETTI SCHIENE
LATERALI
6x6
TRAVERSINO
(IV PEZZO)
6x6
MURALETTO
SCHIENA POSTERIORE
7x7
VARRETELLA
3x7
TRAVERSE
6x10
VARRETELLA
3x7
CROCE
3x7
MONTANTE
9x9 (dim.medic)
SQUADRI PER SCHIENA CENTRALE
(CROCE LATERALE)
4x8
CROCE DI S.ANDREA
4x8
30 VARRETELLE
3x7
TRAVERSINO
6x6

2.1.1.8 IV PEZZO

È costituito da una sola "spalliera" (facciata) formata da due montanti in legno massiccio di abete ("stacchini") sulla cui parte superiore sono inchiodate ortogonalmente due traverse che formano uno spartito rettangolare alto a filo cm **80**, tale spartito è irrigidito da una croce verticale. Partendo dall'alto, ad una quota di cm **-330**, viene inchiodato il "traversino".
È caratterizzato dalla presenza di 30 varretelle:

- 2 varretelle per congiungere la parte alta del pezzo con la borda;
- 8, quattro per lato per unire i montanti del pezzo alla borda;
- 10, cinque per lato per unire i montanti con le schiene laterali;
- 10, cinque per lato per unire le schiene laterali a quella centrale posteriore.

Come descritto al § 2.1.1.4, al di sopra del terzo pezzo, è presente una croce laterale che unisce la schiena centrale posteriore con la borda ed una croce frontale che unisce le due schiene laterali alla borda.

2.1.1.8.1 MONTANTI ("STACCHINI")

I due montanti sono in legno massiccio di abete, lunghi cm **500** hanno sezione media di cm **8x8**, si affiancano dall'interno ai montanti del pezzo sottostante e sono a questi fissati.

2.1.1.8.2 TRAVERSE

Le due traverse sono in legno massiccio di pioppo, sono lunghe circa cm **70** ed hanno sezione di cm **4x8**.

2.1.1.8.3 CROCE

È realizzata da due elementi in legno massiccio di pioppo lunghi circa cm **85** e sezione di cm **3x7**.

2.1.1.8.4 TRAVERSINO

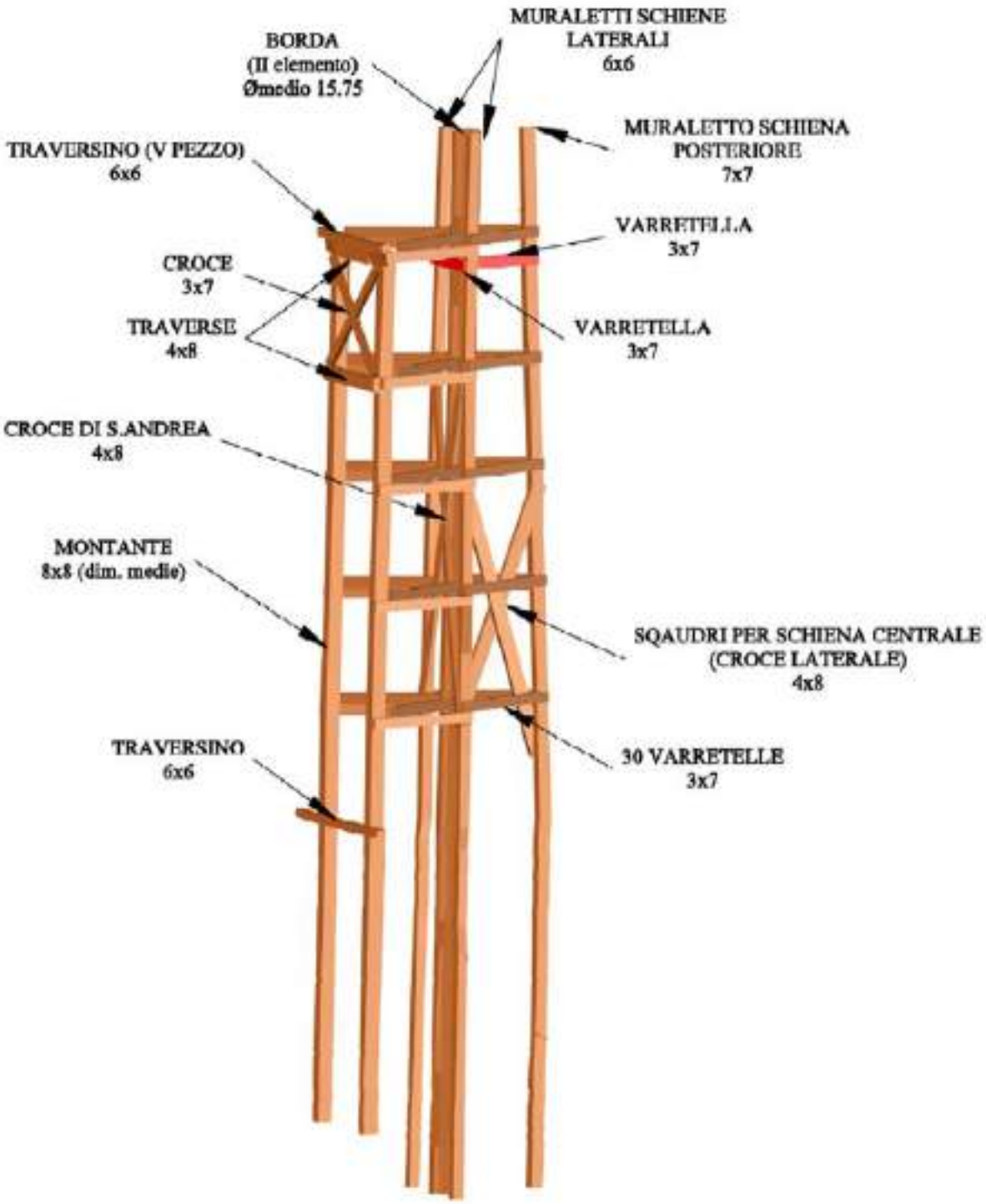
È un elemento realizzato in legno massiccio di pioppo, è lungo circa cm **95** ed ha sezione di cm **6x6**.

2.1.1.8.5 SQUADRI PER SCHIENA CENTRALE (CROCE LATERALE)

Elemento descritto al § 2.1.1.4.4.

2.1.1.8.6 CROCE DI S. ANDREA (CROCE FRONTALE)

Elemento descritto al § 2.1.1.4.5.


MURALETTI SCHIENE
LATERALI
6x6
BORDA
(II elemento)
Ømedio 15.75
MURALETTO SCHIENA
POSTERIORE
7x7
TRAVERSINO (V PEZZO)
6x6
VARRETELLA
3x7
CROCE
3x7
TRAVERSE
4x8
VARRETELLA
3x7
CROCE DI S.ANDREA
4x8
MONTANTE
8x8 (dim. medie)
SQAUDRI PER SCHIENA CENTRALE
(CROCE LATERALE)
4x8
TRAVERSINO
6x6
30 VARRETELLE
3x7

2.1.1.9 V PEZZO

È costituito da una sola "spalliera" (facciata) ottenuta con due montanti in legno massiccio di abete ("stacchini"), sulla parte superiore le traverse a questi chiodate formano lo spartito rettangolare di altezza a filo cm **70**, lo spartito è irrigidito con un unico squadro. Dall'alto, ad una quota di cm **-310**, viene inchiodato il "traversino".

È caratterizzato dalla presenza di 30 varretelle:

- 2 varretelle per congiungere la parte alta del pezzo con la borda;
- 8, quattro per lato per unire i montanti del pezzo alla borda;
- 10, cinque per lato per unire i montanti con le schiene laterali;
- 10, cinque per lato per unire le schiene laterali a quella centrale posteriore.

Come descritto al § 2.1.1.4 è presente una croce che unisce la schiena centrale posteriore con la borda.

2.1.1.9.1 MONTANTI ("STACCHINI")

I due montanti sono in legno massiccio di abete, lunghi cm **450** hanno sezione media di cm **7x7**, si affiancano dall'interno ai montanti anteriori del pezzo sottostante e a questi sono fissati.

2.1.1.9.2 TRAVERSE

Le due traverse sono in legno massiccio di pioppo, lunghe circa cm **50** hanno sezione di cm **4x8**.

2.1.1.9.3 SQUADRO

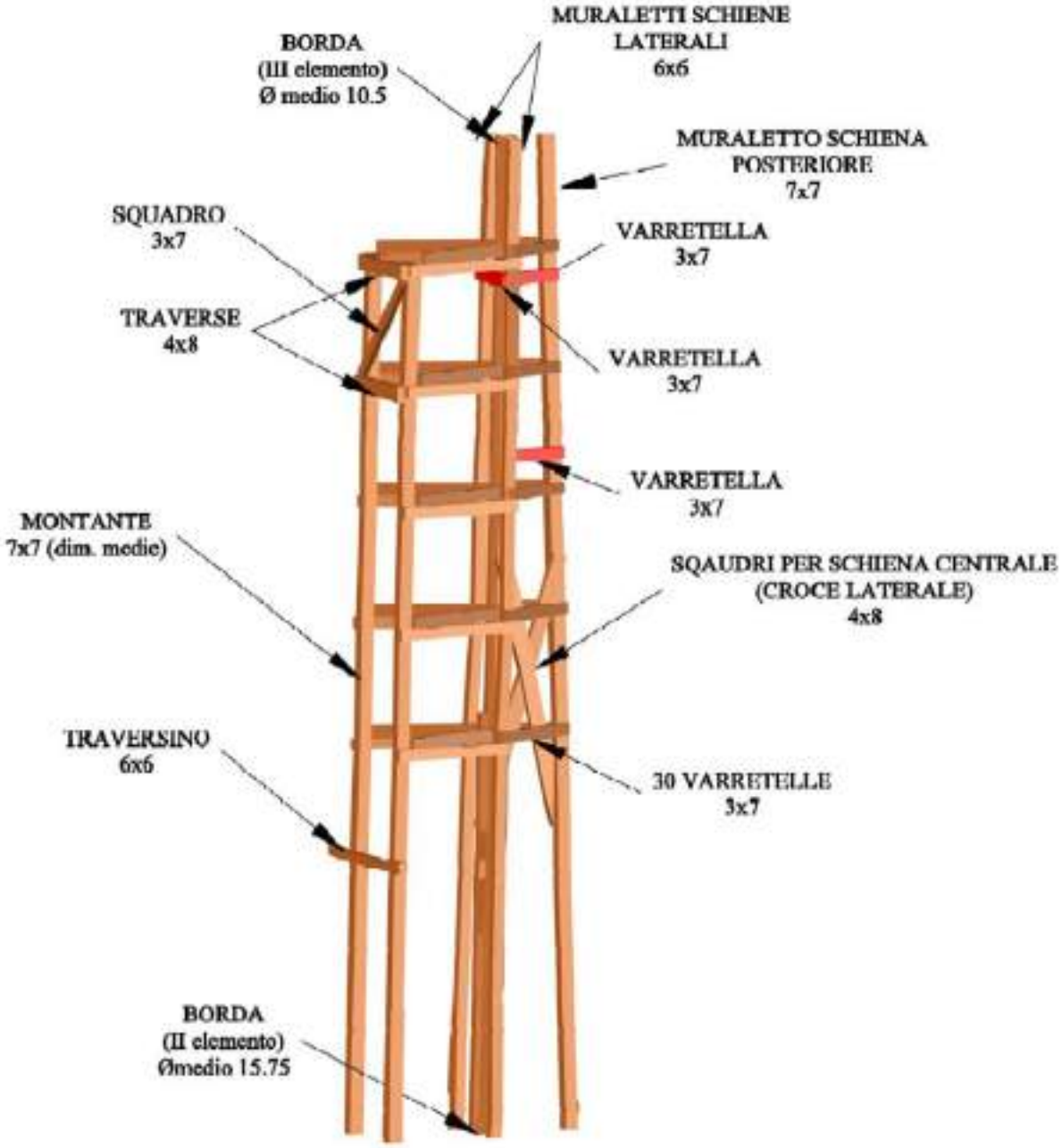
È in legno massiccio di pioppo, ha lunghezza di circa cm **65** e sezione di cm **3x7**.

2.1.1.9.4 TRAVERSINO

È l'elemento realizzato in legno massiccio di pioppo, lungo circa cm **70** con cm **6x6**, poggia sulla traversa superiore del pezzo sottostante.

2.1.1.9.5 SQUADRI PER SCHIENA CENTRALE (CROCE LATERALE)

Elemento descritto al § 2.1.1.4.4.


MURALETTI SCHIENE
LATERALI
6x6
BORDA
(III elemento)
Ø medio 10.5
MURALETTO SCHIENA
POSTERIORE
7x7
SQUADRO
3x7
VARRETELLA
3x7
TRAVERSE
4x8
VARRETELLA
3x7
VARRETELLA
3X7
MONTANTE
7x7 (dim. medie)
SQAUDRI PER SCHIENA CENTRALE
(CROCE LATERALE)
4x8
TRAVERSINO
6x6
30 VARRETELLE
3x7
BORDA
(II elemento)
Ømedio 15.75

2.1.1.10 VI PEZZO

Anch'esso costituito da una sola "spalliera" che si realizza con due montanti in legno massiccio di abete ("stacchini"), sulla parte superiore due traverse formano uno spartito rettangolare alto a filo è di cm **60**. Alcune volte, a differenza degli altri pezzi, lo spartito è retrostante la facciata, ed è irrigidito con un unico squadro.
Il traversino è posto ad una quota di cm **-300** fissandone l'altezza.
È caratterizzato dalla presenza di 18 varretelle.

2.1.1.10.1 MONTANTI ("STACCHINI")

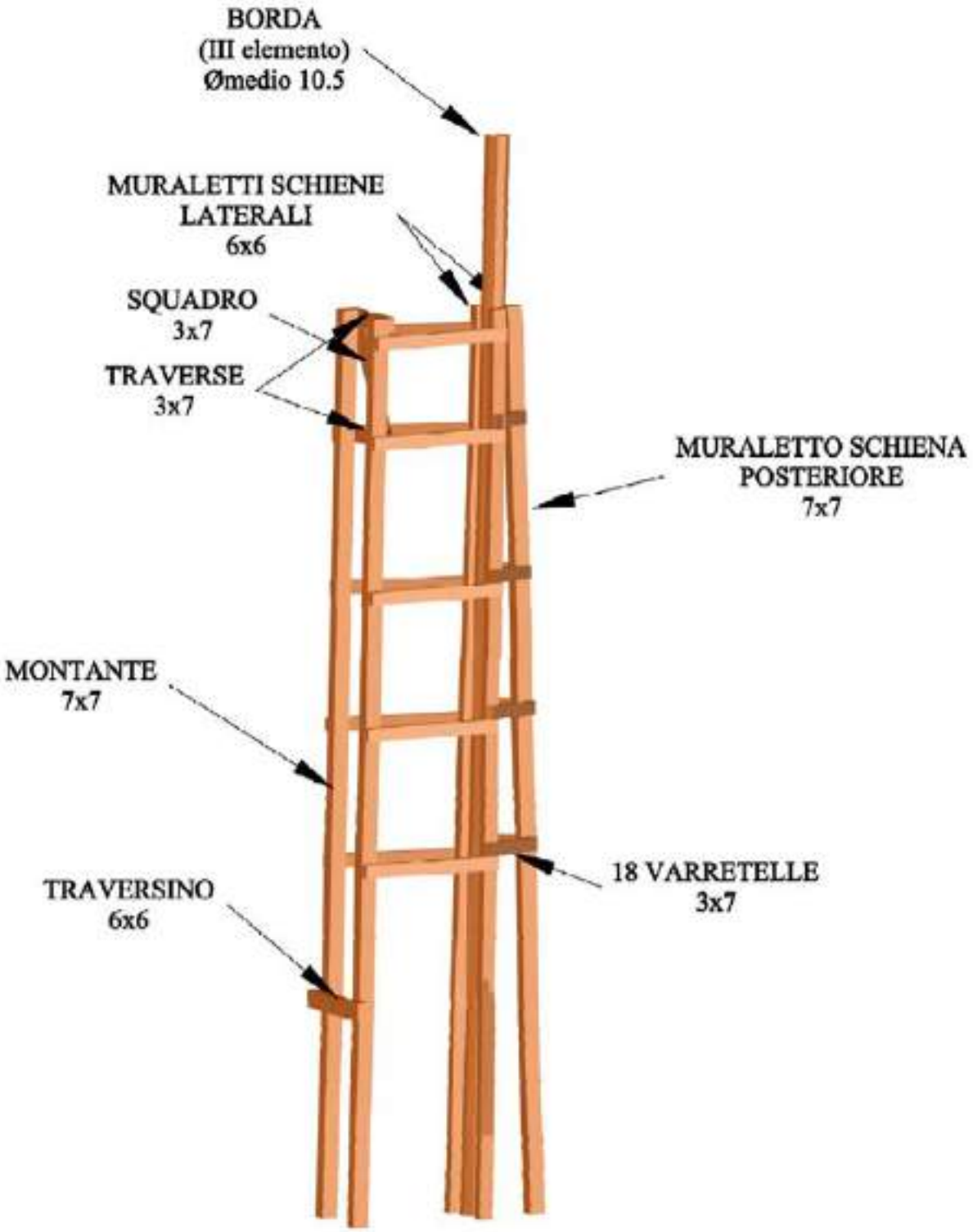
I due montanti sono in legno massiccio di pioppo, lunghi cm **400** hanno sezione di cm **7x7**, si affiancano dall'interno ai montanti del pezzo sottostante ai quali si aggrappano.

2.1.1.10.2 TRAVERSE

Sono in legno massiccio di pioppo e lunghe circa cm **35** con sezione di cm **3x7**.

2.1.1.10.3 SQUADRO

In legno massiccio di pioppo, ha lunghezza di circa cm **50** e sezione di cm **3x7**.


BORDA
(III elemento)
Ømedio 10.5
MURALETTI SCHIENE
LATERALI
6x6
SQUADRO
3x7
TRAVERSE
3x7
MURALETTO SCHIENA
POSTERIORE
7x7
MONTANTE
7x7
18 VARRETELLE
3x7
TRAVERSINO
6x6

2.1.2 CONDIZIONI DI VINCOLO

Nello studio effettuato, non avendo a disposizione informazioni sufficientemente dettagliate sulle modalità di realizzazione e sulle caratteristiche dei collegamenti tra gli elementi costituenti la macchina da festa, si è ipotizzato che questi fossero sovraresistenti rispetto agli elementi in essi convergenti; in altri termini, non sono state considerate la possibilità di crisi degli stessi collegamenti e le possibili modalità di collasso da essi innescate.

Al momento, quindi, si prende atto dell'esperienza e del protocollo di qualità della bottega d'arte.

Tutti i collegamenti, ad esclusione di quelli che devono garantire la continuità dell'elemento, per i quali si sono considerati degli incastri perfetti, sono stati modellati come delle cerniere perfette. Tale ipotesi trova conforto in quanto indicato al **§ C4.4.2** della **Circolare n. 617 del 02/02/2009**: *"I collegamenti normalmente utilizzati nelle costruzioni lignee, per i quali la rigidezza flessionale è trascurabile, possono essere schematizzati, da un punto di vista cinematico, come cerniere".*

Sebbene sarebbe necessario uno studio di dettaglio finalizzato alla definizione di un Manuale della Qualità, a scopo puramente indicativo, si riporta quanto raccomandato al **§ C4.4.15** della **Circolare n.617 del 02/02/2009**, con riferimento alle regole per l'esecuzione di costruzioni in legno: *"Se non diversamente previsto in sede progettuale ed espressamente specificato, si raccomanda che i chiodi siano infissi ortogonalmente rispetto alla fibratura e fino a una profondità tale che le superfici delle teste risultino a filo della superficie del legno.*
*Si raccomanda che il diametro delle preforature non sia maggiore di 0,8 d, (nel nostro caso si consiglia max **0,6** dmin per chiodi conici) essendo d il diametro del chiodo. Si raccomanda che i fori nel legno per i bulloni abbiano un diametro che non sia più grande di 1 mm rispetto al diametro d del bullone. Si raccomanda che i fori nelle piastre di acciaio per i bulloni abbiano un diametro non maggiore di max (2mm; 0,1d).*
Al di sotto della testa del bullone e del dado si raccomanda che siano utilizzate rondelle aventi lunghezza del lato o diametro pari ad almeno 3d e spessore pari ad almeno 0,d e che le superfici di contatto tra rondella, legno, dado, testa del bullone siano conformi su tutto il loro contorno.
Si raccomanda che bulloni e tirafondi siano serrati in modo tale che gli elementi siano perfettamente accostati. Quando il legno raggiunge l'umidità di equilibrio in fase di costruzione, si deve procedere ad un ulteriore controllo del serraggio al fine di assicurare il mantenimento della capacità portante e della rigidezza della struttura.
Per le unioni con spinotti si raccomanda che il diametro dello spinotto non sia minore di 6 mm, che le tolleranze sul suo diametro siano entro 0/+0,1 mm, che le preforature negli elementi di legno abbiano un diametro non maggiore di quello dello spinotto e che i fori delle eventuali piastre di acciaio abbiano un diametro non superiore a 1 mm rispetto al diametro dello spinotto.

Per viti infisse in legno di conifera, con diametro del gambo liscio d ≤ 6 mm, non è richiesta preforatura. Per tutte le viti infisse in legno di latifoglie e per viti in legno di conifere aventi un diametro d > 6 mm, è richiesta preforatura tale che:

- *il foro-guida per il gambo abbia diametro uguale a quello del gambo stesso e profondità uguale alla lunghezza del gambo;*
- *il foro-guida per la porzione filettata abbia un diametro pari approssimativamente al 70% del diametro del gambo.*

Per legno con massa volumica maggiore di 500 kg/m^3, si raccomanda che il diametro di preforatura sia determinato tramite prove. […] In fase di montaggio della struttura si raccomanda di evitare sovraccarichi sugli elementi o sulle connessioni, di porre particolare attenzione alla rispondenza degli elementi strutturali alle prescrizioni progettuali con riferimento alle condizioni di umidità, alla presenza di distorsione, di spaccature, difetti o imprecisioni di lavorazione in corrispondenza dei giunti, prevedendo eventualmente la sostituzione degli elementi difettosi".

2.2 MODELLO MECCANICO

La modellazione delle caratteristiche meccaniche dei materiali costituenti la Macchina da festa è fondamentale per la caratterizzazione del comportamento della struttura.
Essendo la macchina da festa una costruzione a struttura portante in legno massiccio, si è fatto riferimento a quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni vigenti. Come prescritto al **capitolo 4** delle **NTC '08**, tali strutture devono essere realizzate con elementi in legno "strutturale".
La classificazione del legno strutturale in funzione della propria resistenza è prescritta dalle **NTC '08** al **capitolo 11 - §11.7**:
*"Il progetto e la verifica di strutture realizzate con legno massiccio, lamellare o con prodotti per uso strutturale derivati dal legno, richiedono la conoscenza dei valori di resistenza, modulo elastico e massa volumica costituenti il profilo resistente, che deve comprendere almeno quanto riportato nella **Tabella 11.7.I**".*

Tabella 11.7.I

Proprietà di resistenza		Proprietà di modulo elastico		Massa volumica	
Flessione	$f_{m,k}$	Modulo elastico parallelo medio **	$E_{0,mean}$	Massa volumica caratteristica	ρ_k
Trazione parallela	$f_{t,0,k}$	Modulo elastico parallelo caratteristico	$E_{0,05}$	Massa volumica media *,**	ρ_{mean}
Trazione perpendicolare	$f_{t,90,k}$	Modulo elastico perpendicolare medio **	$E_{90,mean}$		
Compressione parallela	$f_{c,0,k}$	Modulo elastico tangenziale medio **	G_{mean}		
Compressione perpendicolare	$f_{c,90,k}$				
Taglio	$f_{v,k}$				

* La massa volumica media può non essere dichiarata.
** Il pedice *mean* può essere abbreviato con m

Al **§11.7.2** delle **NTC '08**, con riferimento al legno massiccio, è prescritto quanto segue:
"[…] *la classificazione può avvenire assegnando all'elemento una Categoria, definita in relazione alla qualità dell'elemento stesso con riferimento alla specie legnosa e alla provenienza geografica, sulla base di specifiche prescrizioni normative. Al legname appartenente a una determinata categoria, specie e provenienza, può essere assegnato uno specifico profilo resistente, utilizzando le regole di classificazione previste base nelle normative applicabili. La Classe di Resistenza di un elemento è definita mediante uno specifico profilo resistente unificato, a tal fine può farsi utile riferimento alle norme UNI EN 338:2004 ed UNI EN 1912:2005, per legno di provenienza estera, ed **UNI 11035:2003 parti 1 e 2** per legno di provenienza italiana. Ad ogni tipo di legno può essere assegnata una classe di resistenza se i suoi valori caratteristici di resistenza, valori di modulo elastico e valore caratteristico di massa volumica, risultano non inferiori ai valori corrispondenti a quella classe".*

Nello studio in oggetto, non essendo note le specifiche e le classi di resistenza delle specie legnose utilizzate da tradizione, ai fini delle verifiche, è stato necessario ipotizzarne delle categorie e, quindi, delle qualità.

Si è fatto riferimento a quanto indicato nella **Norma UNI 11035-2:2010**: "*Legno strutturale - Regole per la classificazione a vista secondo la resistenza e i valori caratteristici per i tipi di legname strutturale italiani*".

I parametri caratterizzanti le differenti categorie di legno sono stati ricavati con riferimento all'aggiornamento contenuto nella **UNI EN 11035-2:2010** nelle **Tabelle 18.3** delle **CNR-DT 206/2007**, che si riferivano alla **UNI EN 11035-2:2003**.

Categorie e profili resistenti delle varie classi di resistenza di legno massiccio di conifera così come individuate nella norma UNI 11035-2:2010

Specie/provenienza		Abete / Italia		Pino laricio / Italia			Larice / Nord Italia		Douglasia / Italia		Altre conifere(2) / Italia		
Categoria		S2	S3	S1	S2	S3	S2	S3	S1(1)	S2/3	S1	S2	S3
Corrispondenza classe di resistenza EN 338		C24	C18	C40	C22	C14	C22	C18	C35	C22			
Proprietà di resistenza in N/mm²													
Flessione	$f_{m,k}$	25	18	40	22	15	23	18	35	22	33	26	22
Trazione parallela	$f_{t,0,k}$	15	11	24	13	9	14	11	21	13	20	16	13
Trazione perpendicolare	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Compressione parallela	$f_{c,0,k}$	21	18	28	20	17	20	18	25	20	24	22	20
Compressione perpendicolare	$f_{c,90,k}$	2,6	2,6	3,2	3,0	3,0	3,6	3,6	3,2	2,9	3,7	3,7	3,7
Taglio	$f_{v,k}$	4,0	3,4	4,0	3,8	3,0	3,8	3,4	4,0	3,8	4,0	4,0	3,8
Proprietà di rigidezza in N/mm²													
Modulo di elasticità parallelo medio	$E_{0,mean}$	11 800	10 500	15 000	12 000	11 000	12 500	11 500	15 800	13 000	12 300	11 400	10 500
Modulo di elasticità parallelo caratteristico	$E_{0,k}$	7 900	7 000	10 000	8 000	7 400	8 400	7 700	11 000	8 700	8 200	7 600	7 000
Modulo di elasticità perpendicolare medio	$E_{90,mean}$	390	350	500	400	370	420	3808	530	430	410	380	350
Modulo di taglio medio	G_{mean}	740	660	940	750	690	780	720	990	810	770	710	660
Massa volumica in kg/m³													
Massa volumica	ρ_k	375	375	455	425	430	510	520	450	415	530	530	530
Massa volumica media	ρ_{mean}	450	450	550	520	520	610	620	540	500	575	575	575

(1) Massima altezza e larghezza 100mm.
(2) Pino silvestre, Pino nero, Pino marittimo, Pino domestico, Pino strobo, Cipresso, Cedro

Categorie e profili resistenti delle varie classi di resistenza di legno massiccio di latifoglia così come individuate nella norma UNI 11035-2:2010

Specie/provenienza		Castagno / Italia	Querce caducifoglie / Italia	Pioppo e Ontano / Italia	Altre latifoglie(2) / Italia
Categoria		S	S	S	S
Corrispondenza classe di resistenza EN 338		D24(1)			
Proprietà di resistenza in N/mm²					
Flessione	$f_{m,k}$	28	42	26	27
Trazione parallela	$f_{t,0,k}$	17	25	16	16
Trazione perpendicolare	$f_{t,90,k}$	0,6	0,6	0,6	0,6
Compressione parallela	$f_{c,0,k}$	22	27	22	22
Compressione perpendicolare	$f_{c,90,k}$	7,3	11	6,3	7,7
Taglio	$f_{v,k}$	4	4	2,7	4
Proprietà di rigidezza in N/mm²					
Modulo di elasticità parallelo medio	$E_{0,mean}$	12 500	12 000	8 000	11 500
Modulo di elasticità parallelo caratteristico	$E_{0,k}$	10 500	10 100	6 700	9 700
Modulo di elasticità perpendicolare medio	$E_{90,mean}$	830	800	530	770
Modulo di taglio medio	G_{mean}	780	750	500	720
Massa volumica in kg/m³					
Massa volumica caratteristica	ρ_k	485	760	420	515
Massa volumica media	ρ_{mean}	580	825	460	560

(1) Massima altezza e larghezza 100mm.
(2) Faggio, Robinia, Frassino, Olmo

Si sottolinea che le dimensioni minime degli elementi costituenti la struttura, sono univocamente legate alle ipotesi fatte in merito alle classi di resistenza delle specie legnose adottate ai fini del calcolo. Le successive considerazioni, quindi, sono valide solo se riferite a specie legnose aventi caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle considerate.

Per gli elementi in legno di **abete**, si è considerata la **classe di resistenza S2 (EN 11035)**, così come evidenziato nella tabella sopra riportata.
Per quelli in legno di **pioppo** e quelli in legno di **castagno**, si è considerata la **classe di resistenza prevista per specie legnose di provenienza italiana (EN 11035)**, così come evidenziato nella tabella precedente.

Come prescritto al **§ 11.7.1.1** delle **NTC '08**, si definiscono valori caratteristici di resistenza di un tipo di legno i valori del frattile 5% della distribuzione delle resistenze, ottenuti sulla base dei risultati di prove sperimentali effettuate con una durata di 300 secondi su provini all'umidità di equilibrio del legno corrispondente alla temperatura di 20 ± 2°C ed umidità relativa dell'aria del 65 ± 5 %. Per il modulo elastico, si fa riferimento sia ai valori caratteristici di modulo elastico corrispondenti al frattile 5% sia ai valori medi, ottenuti nelle stesse condizioni di prova sopra specificate. Si definisce massa volumica caratteristica il valore del frattile 5% della relativa distribuzione con massa e volume misurati in condizioni di umidità di equilibrio del legno alla temperatura di 20 ± 2°C ed umidità relativa dell'aria del 65 ± 5 %.

Per gli elementi in legno massiccio con un lato della sezione trasversale inferiore a mm 150, al **§ 11.7** delle **NTC ’08** è prescritto quanto segue:
“*[…] i valori caratteristici di resistenza, desunti da indagini sperimentali, sono riferiti a dimensioni standardizzate del secondo le norme pertinenti. In particolare, per la determinazione della resistenza a flessione l’altezza della sezione trasversale del campione di prova è pari a 150 mm, mentre per la determinazione della resistenza a trazione parallela alla fibratura, il lato maggiore della sezione trasversale del campione di prova è pari a 150 mm.*
Pertanto, per elementi di legno massiccio sottoposti a flessione o a trazione parallela alla fibratura che presentino rispettivamente una altezza o il lato maggiore della sezione trasversale inferiore a 150 mm, i valori caratteristici $f_{m,k}$ *e* $f_{t,0,k}$ *, indicati nei profili resistenti, possono essere incrementati tramite il coefficiente moltiplicativo* k_h*, così definito:*

$$k_h = min\left\{\left(\frac{150}{h}\right)^{0.2}; 1.3\right\}$$

essendo h, in millimetri, l’altezza della sezione trasversale dell’elemento inflesso oppure il lato maggiore della sezione trasversale dell’elemento sottoposto a trazione”.

A partire dai valori caratteristici, si sono definiti i valori di calcolo delle proprietà meccaniche di interesse, le quali, per elementi in legno strutturale, sono influenzate dalla durata del carico e dall’umidità del legno.

I criteri per determinare i valori di calcolo delle proprietà del materiale, sono prescritti dalle NTC ’08 con riferimento combinato alle classi di servizio e alle classi di durata del carico.
La Norma definisce cinque classi di durata del carico e tre classi di servizio attraverso cui tener conto della durata del carico e dell’umidità **[Tab. 4.4.I & Tab. 4.4.II – NTC ’08]**.

Tabella 4.4.I - *Classi di durata del carico*

Classe di durata del carico	Durata del carico
Permanente	più di 10 anni
Lunga durata	6 mesi -10 anni
Media durata	1 settimana – 6 mesi
Breve durata	meno di 1 settimana
Istantaneo	--

Tabella 4.4.II -*Classi di servizio*

Classe di servizio 1	È caratterizzata da un’umidità del materiale in equilibrio con l’ambiente a una temperatura di 20°C e un’umidità relativa dell’aria circostante che non superi il 65%, se non per poche settimane all’anno.
Classe di servizio 2	È caratterizzata da un’umidità del materiale in equilibrio con l’ambiente a una temperatura di 20°C e un’umidità relativa dell’aria circostante che superi l’85% solo per poche settimane all’anno.
Classe di servizio 3	È caratterizzata da umidità più elevata di quella della classe di servizio 2.

Ai fini del calcolo in genere si può assumere quanto segue:

- il peso proprio e i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della struttura**,** appartengono alla classe di durata permanente;
- i carichi permanenti suscettibili di cambiamenti durante il normale esercizio della struttura e i carichi variabili relativi a magazzini e depositi**,** appartengono alla classe di lunga durata;
- i carichi variabili degli edifici, ad eccezione di quelli relativi a magazzini e depositi, appartengono alla classe di media durata;
- il sovraccarico da neve riferito al suolo q_{sk}, calcolato in uno specifico sito ad una certa altitudine, è da considerare in relazione alle caratteristiche del sito;
- l'azione del vento e le azioni eccezionali in genere, appartengono alla classe di durata istantanea.

Il valore di calcolo $\mathbf{X_d}$ di una proprietà del materiale viene calcolato mediante la relazione:

$$X_d = \frac{k_{mod} \cdot X_k}{\gamma_M}$$

Dove:

- X_k è il valore caratteristico della proprietà del materiale, come specificato al **§ 11.7** delle **NTC '08**;
- γ_M è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al materiale, i cui valori sono riportati nella **Tab. 4.4.III** delle **NTC '08**:

Tabella 4.4.III -*Coefficienti parziali γ_M per le proprietà dei materiali*

Stati limite ultimi	γ_M
- combinazioni fondamentali	
legno massiccio	1,50
legno lamellare incollato	1,45
pannelli di particelle o di fibre	1,50
compensato, pannelli di scaglie orientate	1,40
unioni	1,50
- combinazioni eccezionali	1,00

- k_{mod} è un coefficiente correttivo che tiene conto dell'effetto, sui parametri di resistenza, sia della durata del carico sia dell'umidità della struttura mediante la classe di servizio. I valori di $\mathbf{k_{mod}}$ sono forniti nella **Tab. 4.4.IV** delle **NTC '08**:

Tabella 4.4.IV -*Valori di k_{mod} per legno e prodotti strutturali a base di legno*

Materiale	Riferimento		Classe di servizio	Classe di durata del carico				
				Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantanea
Legno massiccio Legno lamellare incollato	EN 14081-1 EN 14080		1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
			2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
			3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Compensato	EN 636	Parti 1, 2, 3	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
		Parti 2, 3	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
		Parte 3	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Pannello di scaglie orientate (OSB)	EN 300	OSB/2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,00
		OSB/3 - OSB/4	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,00
			2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Pannello di particelle (truciolare)	EN 312	Parti 4, 5	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,00
		Parte 5	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
		Parti 6, 7	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,00
		Parte 7	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Pannello di fibre, alta densità	EN 622-2	HB.LA, HB.HLA 1 o 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,00
		HB.HLA 1 o 2	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Pannello di fibre, media densità (MDF)	EN 622-3	MBH.LA1 o 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
		MBH.HLS1 o 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
			2	-	-	-	0,45	0,80
	EN 622-5	MDF.LA, MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
		MDF.HLS	2	-	-	-	0,45	0,80

Si precisa che se una combinazione di carico comprende azioni appartenenti a differenti classi di durata del carico si dovrà scegliere un valore di k_{mod} che corrisponde all'azione di minor durata.

L'analisi della struttura, in accordo a quanto indicato nella **Circolare n. 617 del 02/02/2009**, è stata condotta considerando un comportamento elastico lineare del materiale.

Si evidenzia quanto riportato al **§ C4.4.6** della **Circolare n. 617 del 02/02/2009**: "*Per tenere conto della particolare situazione italiana, che vede per la prima volta una regolamentazione delle costruzioni di legno, il coefficiente parziale di sicurezza relativo al materiale* γ_M *ed il coefficiente di correzione* k_{mod}*, che tiene conto dell'effetto della durata del carico e dell'umidità del legno, assumono valori più cautelativi rispetto a quelli previsti da analoghe normative europee*".

2.2.1 PIOPPO

Nel seguito si riportano sinteticamente le proprietà meccaniche utilizzate per gli elementi realizzati in legno massiccio di pioppo di provenienza italiana.

- $f_{m,k}$ = **26 MPa**
- $f_{t,0,k}$ = **6 MPa**
- $f_{t,90,k}$ = **0.6 MPa**
- $f_{c,0,k}$ = **22 MPa**
- $f_{c,90,k}$ = **6.3 MPa**
- $f_{V,k}$ = **2.7 MPa**
- $E_{0,mean}$ = **8000 MPa**
- $E_{0,05}$ = **6700 MPa**
- $E_{90,mean}$ = **530 MPa**
- G_{mean} = **500 MPa**
- ρ_k = **420 kg/m^3**
- ρ_{mean} = **460 kg/m^3**
- γ_M = **1.50**

2.2.2 ABETE

Nel seguito si riportano sinteticamente le proprietà meccaniche utilizzate per gli elementi realizzati in legno massiccio di abete di provenienza italiana, **classe S2**.

- $f_{m,k}$ = **25 MPa**
- $f_{t,0,k}$ = **15 MPa**
- $f_{t,90,k}$ = **0.4 MPa**
- $f_{c,0,k}$ = **21 MPa**
- $f_{c,90,k}$ = **2.6 MPa**
- $f_{V,k}$ = **4 MPa**
- $E_{0,mean}$ = **11800 MPa**
- $E_{0,05}$ = **7900 MPa**
- $E_{90,mean}$ = **390 MPa**
- G_{mean} = **740 MPa**
- ρ_k = **375 kg/m^3**
- ρ_{mean} = **450 kg/m^3**
- γ_M = **1.50**

2.2.3 CASTAGNO

Nel seguito si riportano sinteticamente le proprietà meccaniche utilizzate per gli elementi realizzati in legno massiccio di castagno di provenienza italiana.

- $f_{m,k}$ = **28 MPa**
- $f_{t,0,k}$ = **17 MPa**
- $f_{t,90,k}$ = **0.6 MPa**
- $f_{c,0,k}$ = **22 MPa**
- $f_{c,90,k}$ = **7.3 MPa**
- $f_{V,k}$ = **4.0 MPa**
- $E_{0,mean}$ = **12500 MPa**
- $E_{0,05}$ = **10500 MPa**
- $E_{90,mean}$ = **830 MPa**
- G_{mean} = **780 MPa**
- ρ_k = **485 kg/m^3**
- ρ_{mean} = **580 kg/m^3**
- γ_M = **1.50**

2.3 MODELLO DELLE AZIONI

Al **§ 2.5.1** delle **NTC '08** si definisce un'azione come ogni causa o insieme di cause capace di indurre uno stato limite in una struttura. Per stato limite si intende la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata o specifici requisiti prestazionali.

La classificazione delle azioni può essere condotta in accordo alle **NTC '08**, che definiscono:

- Azioni permanenti (**G**), tra cui:
  - Peso proprio di tutti gli elementi strutturali (**G_1**)
  - Peso proprio di tutti gli elementi non strutturali (**G_2**)
- Azioni variabili (**Q**), tra cui:
  - Carichi variabili
  - Azione del vento
- Azioni eccezionali (**A**):
  - Azioni dovute ad urti e impatti.

2.3.1 AZIONI PERMANENTI (G)

Le azioni permanenti di cui si è tenuto conto sono:

- Peso proprio di tutti gli elementi strutturali (**G_1**)
- Peso proprio di tutti gli elementi non strutturali (**G_2**):
  - Vestimento;
  - Musicanti;
  - Attrezzature.

Le azioni permanenti legate al peso proprio degli elementi strutturali sono state determinate a partire dalle dimensioni geometriche e dai pesi dell'unità di volume dei materiali di cui è composta la costruzione.

Sono stati considerati pesi dell'unità di volume differenti per le diverse specie legnose di cui è composta la struttura, in particolare:

- **ρ = 460 kg/m^3 per il pioppo**;
- **ρ = 450 kg/m^3 per l'abete**;
- **ρ = 460 kg/m^3 per il castagno**.

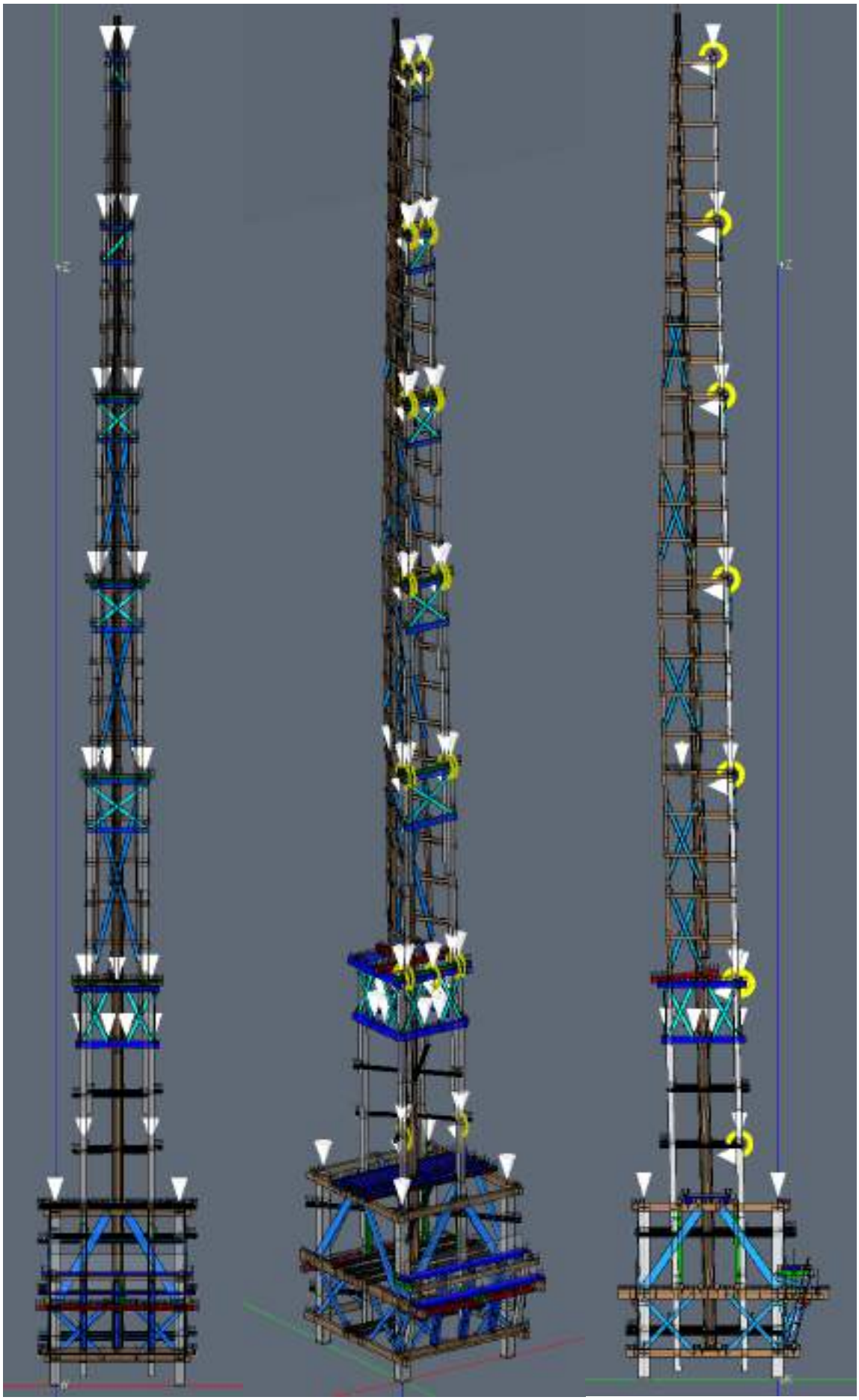
L'azione così determinata è stata applicata come carico uniformemente distribuito sugli elementi strutturali.

Come azioni permanenti legate al peso proprio degli elementi non strutturali, sono state considerate quelle relative al peso proprio del "vestimento", generalmente realizzato in cartapesta. Questo è fissato nella parte superiore e inferiore dei montanti di tutti i pezzi a partire dal primo.

Per tale vestimento si è considerata una incidenza di **kg 100 per pezzo**, attraverso forze e coppie concentrate per tener conto dell'eccentricità del vestimento stesso dalla faccia anteriore dei singoli pezzi, supposta pari a cm 50.
Sono stati considerati quattro punti di aggancio, due nella parte superiore e due nella parte inferiore dei montanti, per i pezzi dal II al VI e cinque punti di aggancio per il I pezzo poiché il vestimento è fissato anche a metà della traversa anteriore superiore.

Le azioni relative al peso proprio dei "musicanti" che occupano le due tavole del Portamusica e la parte superiore della Base, oltre ai carichi dovuti alle varie attrezzature (gruppo elettrogeno, casse, altoparlanti ecc), sono state considerate come dei carichi permanenti non strutturali.
Queste azioni sono state modellate ipotizzando:

- per ciascuna delle due tavole del Portamusica la possibilità di ospitare cinque persone, applicando su esse un carico gravitazionale uniformemente distribuito, la cui risultante è pari a **kg 400**;
- la presenza di una persona in ciascuno dei quattro piedi in corrispondenza della sommità della Base, applicando quattro forze concentrate verticali pari a **kg 100** in tali punti;
- un carico gravitazionale uniformemente distribuito con risultante pari a **kg 400**, applicato sulla tavola poggiante sui due tondi fissati sui traversoni superiori;
- otto forze verticali di **kg 10** ciascuna, due per ciascuna delle traverse inferiori anteriori, posteriori, e laterali del primo pezzo, per tener conto del peso degli altoparlanti eventualmente fissati ad esse.



2.3.2 AZIONI VARIABILI

L'unica azione variabile di cui si poteva tener conto è quella del vento.
Tale verifica avrebbe avuto un senso solo se la struttura fosse stata ancorata al suolo, cosa questa non vera nel nostro caso specifico, infatti i gigli sono solo poggiati al suolo.
Per quanto innanzi non sono state condotte elaborazioni per questa azione in quanto la struttura in questione assolutamente non resiste alle sollecitazioni dovute al vento e quindi in caso di vento i gigli devono essere fermati e ancorati come nelle fasi di riposo.

2.3.3 AZIONI ECCEZIONALI

Le azioni eccezionali modellate sono quelle relative all'urto dovuto all'impatto al suolo che la macchina da festa subisce quando i "cullatori" effettuano la cosiddetta manovra del **"cuonce cuonce e jette"**. Durante tale manovra, la Macchina da festa, viene lasciata cadere al suolo da una altezza pari circa a cm 20.
La modellazione delle azioni indotte dalla posata, è stata effettuata avvalendosi della teoria dell'impulso.
Il calcolo è stato condotto valutando in primis la velocità di impatto al suolo ed in secundis stimando il valore della forza di impatto. È stato così possibile calcolare un coefficiente di amplificazione delle forze gravitazionali che riproducesse staticamente gli stessi effetti dinamici indotti a seguito dell'impatto.

La velocità di impatto al suolo è stata valutata tramite l'equazione del moto relativa alla caduta libera di un corpo rigido da un'altezza h con velocità iniziale nulla:

$$\begin{cases} v(t) = g \cdot t + \ v(t=0) & (1) \\ x(t) - x(t=0) = \dfrac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + v(t=0) \ \cdot t & (2) \end{cases}$$

Dove:

- ***g = 9.806 m/s²*** è l'accelerazione di gravità;
- ***v (t=0) = 0 m/s*** è il valore della velocità iniziale posseduta dal corpo supposto rigido, considerato fermo all'istante iniziale ***t=0***;
- ***t*** è il tempo di caduta al suolo del corpo supposto rigido;
- ***v (t)*** è la velocità di impatto al suolo del corpo supposto rigido;
- ***x (t) – x (t=0) = h = 0.2 m*** è la differenza tra la quota finale e quella iniziale del corpo supposto rigido, ovvero l'altezza da terra del piede quando la macchina da festa grava sulle spalle dai "cullatori".

Ricavando il tempo di caduta dalla (2) e sostituendo quest'ultimo nella (1), si ottiene:

$$v\,(t) = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = 1.98\,m/s = 7{,}13\,km/h$$

Nota la velocità di impatto al suolo, la forza impulsiva di impatto è stata valutata applicando il **Teorema dell'Impulso**.

$$F = \frac{m \cdot dv}{dt} = 2.02 \cdot P$$

Dove:

- ***dt*** è il tempo di impatto, ovvero l'intervallo temporale necessario affinché la velocità finale di impatto si azzeri. Si è assunto un ***dt=0.1 s***;
- ***dv*** è la variazione di velocità, dalla velocità d'impatto alla velocità a seguito dell'urto che si è supposta nulla;
- ***m*** è la massa del corpo;
- ***P=m·g*** è la forza peso.

Nella seguente tabella vengono riportati tutti i calcoli così effettuati:

CALCOLO FORZA IMPULSIVA A SEGUITO DELLA CADUTA ("*Cuonce cuonce e jette*")								
g	**massa**	**peso**	**altezza caduta**	**$v_{iniziale}$**	**v_{finale}**	**dt**	**F**	**coefficiente amplificativo peso proprio + vestimento + musicanti**
[m/s^2]	[kg]	[N]	[m]	[m/s]	[m/s]	[s]	[kg]	
9.806	**1.000**	0.102	0.200	1.981	0.000	0.100	2.020	3.020

A vantaggio di sicurezza le calcolazioni sono state condotte con i carichi amplificati di un coefficiente pari a **3.5**, per tener conto delle azioni dinamiche indotte dall'urto della Macchina col suolo.

2.3.4 COMBINAZIONE DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite sono state considerate le seguenti combinazioni delle azioni:

- Combinazione fondamentale (**SLU**) **[§ 2.5.3 – NTC '08]**

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1}$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi ad azioni eccezionali di progetto

$$G_1 + G_2 + A_d + \Psi_{21} \cdot Q_{k1}$$

  La combinazione eccezionale è stata impiegata per il calcolo delle sollecitazioni relative al **"cuonce cuonce e jette"**.

I coefficienti γ_i sono i coefficienti parziali di sicurezza e sono forniti dalle **NTC '08** nella **Tabella 2.6.I**, di seguito riportata.

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

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali[1]	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	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

[1] Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

I coefficienti Ψ_{ij} sono i coefficienti combinazione dei carichi variabili, che tengono conto della non contemporaneità degli stessi e sono forniti dalle **NTC '08** nella **Tabella 2.5.I**, di seguito riportata.

Tabella 2.5.I – *Valori dei coefficienti di combinazione*

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

3 VERIFICHE

Per le verifiche di resistenza degli elementi si è fatto riferimento al **§ 4.4.8.1** delle **NTC '08**, in cui sono riportate le prescrizioni relative alle verifiche di resistenza di elementi strutturali in legno massiccio o di prodotti derivati dal legno aventi direzione della fibratura coincidente sostanzialmente con il proprio asse longitudinale e sezione trasversale costante, soggetti a sforzi agenti prevalentemente lungo uno o più assi principali dell'elemento stesso (**Fig. 4.4.1**).

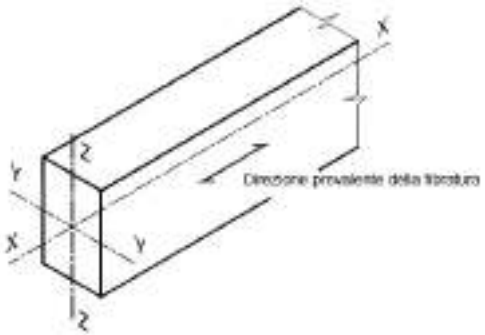


Figura 4.4.1 - *Assi dell'elemento*

Le resistenze di calcolo di una proprietà del materiale X_d, come già detto poc'anzi, viene calcolato mediante la relazione:

$$X_d = \frac{k_{mod} \cdot X_k}{\gamma_M}$$

Il valore del coefficiente correttivo k_{mod} è funzione della classe di servizio della struttura, della classe di durata del carico e dunque della combinazione di carico considerata **[Tab 4.4.IV - NTC '08]**.

Nel caso in cui una combinazione di carico comprenda azioni appartenenti a differenti classi di durata del carico il valore k_{mod} da adottare è quello corrispondente all'azione di minore durata.

Nel caso della struttura in esame, gli elementi lignei sono esposti direttamente alle intemperie e all'irraggiamento solare, quindi è stata considerata una **classe di servizio 3**.

Tabella 4.4.II -*Classi di servizio*

Classe di servizio 1	È caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20°C e un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 65%, se non per poche settimane all'anno.
Classe di servizio 2	È caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20°C e un'umidità relativa dell'aria circostante che superi l'85% solo per poche settimane all'anno.
Classe di servizio 3	È caratterizzata da umidità più elevata di quella della classe di servizio 2.

Per quanto riguarda la classe di durata del carico, invece, è possibile assumere una classe di durata BREVE e dunque k_{mod}=0.7 nel caso della combinazione SLU delle azioni, mentre una classe di durata istantanea e quindi k_{mod}=0.9 per la combinazione eccezionale delle azioni.

A causa dell'anisotropia del materiale, le verifiche degli stati tensionali di trazione e compressione si devono eseguire tenendo conto dell'angolo tra direzione della fibratura e direzione della tensione.

3.1 VERIFICHE SLU

3.1.1 VERIFICHE DI RESISTENZA

Dato che i valori caratteristici dei materiali sono determinati in base all'assunzione che esista una relazione lineare tra tensione e deformazione fino a rottura, la verifica di resistenza dei singoli elementi deve essere anch'essa basata sulla medesima relazione lineare.

Le verifiche di resistenza di una sezione consistono in **verifiche tensionali**, del tipo:

$$\sigma_{max} \leq f_d$$

Con:

- σ_{max} - tensione di calcolo;
- f_d - resistenza di calcolo.

3.1.1.1 TRAZIONE PARALLELA ALLA FIBRATURA

Si è verificato che:

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$$

Dove:

- $\sigma_{t,0,d}$ è la tensione di calcolo a trazione parallela alla fibratura calcolata sulla sezione netta;
- $f_{t,0,d}$ è la corrispondente resistenza di calcolo.

3.1.1.2 COMPRESSIONE PARALLELA ALLA FIBRATURA

Si è verificato che:

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$$

Dove:

- $\sigma_{c0,d}$ è la tensione di calcolo a compressione parallela alla fibratura;
- $f_{c,0,d}$ è la corrispondente resistenza di calcolo.

3.1.1.3 COMPRESSIONE PERPENDICOLARE ALLA FIBRATURA

Si è verificato che:

$$\sigma_{c,90,d} \leq f_{c,90d}$$

Dove:

- $\sigma_{c,90,d}$ è la tensione di calcolo a compressione ortogonale alla fibratura;
- $f_{c,90,d}$ è la corrispondente resistenza di calcolo.

3.1.1.4 FLESSIONE

Si è verificato il soddisfacimento di entrambe le condizioni seguenti:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

Dove:

- $\sigma_{m,y,d}$ e $\sigma_{m,z,d}$ sono le tensioni di calcolo massime per flessione rispettivamente nei piani xz e xy determinate assumendo una distribuzione elastico lineare delle tensioni sulla sezione;
- $f_{m,y,d}$ e $f_{m,z,d}$ sono le corrispondenti resistenze di calcolo a flessione, determinate tenendo conto anche delle dimensioni della sezione trasversale mediante il coefficiente $\mathbf{k_h}$, come definito al **§ 11.7.1.1** delle **NTC '08**.

I valori da adottare per il coefficiente $\mathbf{k_m}$, che tiene conto convenzionalmente della ridistribuzione delle tensioni e della disomogeneità del materiale nella sezione trasversale, sono:

- k_m = 0,7 per sezioni trasversali rettangolari;
- k_m = 1,0 per altre sezioni trasversali.

3.1.1.5 TENSOFLESSIONE

Nel caso di sforzo normale di trazione accompagnato da sollecitazioni di flessione attorno ai due assi principali dell'elemento strutturale, si è verificato il soddisfacimento di entrambe le condizioni seguenti:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

I valori adottati per il coefficiente $\mathbf{k_m}$, che tiene conto convenzionalmente della ridistribuzione delle tensioni e della disomogeneità del materiale nella sezione trasversale, sono:

- k_m = 0,7 per sezioni trasversali rettangolari;
- k_m = 1,0 per altre sezioni trasversali.

3.1.1.6 PRESSOFLESSIONE

Nel caso di sforzo normale di compressione accompagnato da sollecitazioni di flessione attorno ai due assi principali dell'elemento strutturale, si è verificato il soddisfacimento di entrambe le condizioni seguenti:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

I valori da adottare per il coefficiente $\mathbf{k_m}$, che tiene conto convenzionalmente della ridistribuzione delle tensioni e della disomogeneità del materiale nella sezione trasversale, sono:

- k_m = 0,7 per sezioni trasversali rettangolari;
- k_m = 1,0 per altre sezioni trasversali.

3.1.1.7 TAGLIO

Si è verificato che:

$$\tau_d \leq f_{V,d}$$

Dove:

- τ_d è la tensione massima tangenziale di calcolo, valutata secondo la teoria di Jourawski;
- $f_{v,d}$ è la corrispondente resistenza di calcolo a taglio.

3.1.1.8 TORSIONE

Si è verificato che:

$$\tau_{tor,d} \leq k_{sh} \cdot f_{V,d}$$

Dove:

- $\tau_{tor,d}$ è la tensione massima tangenziale di calcolo per torsione;
- k_{sh} è un coefficiente che tiene conto della forma della sezione trasversale
- $f_{v,d}$ è la resistenza di calcolo a taglio.

Per il coefficiente $\mathbf{k_{sh}}$ si sono assunti i valori:

- k_{sh} = 1,2 per sezioni circolari piene;
- k_{sh} = 1+ 0,15 h/b ≤ 2 per sezioni rettangolari piene, di lati b e h, b ≤ h;
- k_{sh} = 1 per altri tipi di sezione.

3.1.1.9 TAGLIO E TORSIONE

Nel caso di torsione accompagnata da taglio si è eseguita una verifica combinata adottando la formula di interazione:

$$\frac{\tau_{tor,d}}{k_{sh} \cdot f_{V,d}} + \left(\frac{\tau_d}{f_{V,d}}\right)^2 \leq 1$$

3.1.2 VERIFICHE DI STABILITÀ

Per gli elementi compressi, ove necessario, sono state effettuate le verifiche di stabilità, di seguito esplicitate.

3.1.2.1 ELEMENTI INFLESSI (INSTABILITÀ DI TRAVE)

Nel caso di flessione semplice, con momento flettente agente attorno all'asse forte *y* della sezione (cioè nel piano ortogonale a quello di possibile svergolamento), con riferimento alla tensione dovuta al massimo momento agente nel tratto di trave compreso tra due successivi ritegni torsionali, si è verificato che:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit,m} f_{m,d}} \leq 1$$

Con:

- $\sigma_{m,d}$ tensione di calcolo massima per flessione;
- $k_{crit,m}$ coefficiente riduttivo di tensione critica per instabilità di trave, per tener conto della riduzione di resistenza dovuta allo sbandamento laterale;
- $f_{m,d}$ resistenza di calcolo a flessione, determinata tenendo conto anche delle dimensioni della sezione trasversale mediante il coefficiente k_h.

Per travi aventi una deviazione laterale iniziale rispetto alla rettilineità nei limiti di accettabilità del prodotto, si sono assunti i seguenti valori del coefficiente di tensione critica $k_{crit,m}$:

$$k_{crit,m} = \begin{cases} 1 & per \quad \lambda_{rel,m} \leq 0.75 \\ 1.56 - 0.75\lambda_{rel,m} & per \; 0.75 < \lambda_{rel,m} \leq 1.4 \\ \dfrac{1}{\lambda_{rel,m}^2} & per \quad 1.4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$$

- $\lambda_{rel,m} = \sqrt{f_{m,k}/\sigma_{m,crit}}$ è la snellezza relativa di trave
- $f_{m,k}$ è la resistenza caratteristica a flessione;
- $\sigma_{m,crit}$ è la tensione critica per flessione calcolata secondo la teoria classica della stabilità, con i valori dei moduli elastici caratteristici (frattile 5%) $E_{0,05}$.

3.1.2.2 ELEMENTI COMPRESSI (INSTABILITÀ DI COLONNA)

Nel caso di asta soggetta solo a sforzo normale, si è verificato che:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{crit,c} f_{c,0,d}} \leq 1$$

- $\sigma_{c,0,d}$ tensione di compressione di calcolo per sforzo normale;
- $f_{c,0,d}$ resistenza di calcolo a compressione;
- $k_{crit,c}$ coefficiente riduttivo di tensione critica per instabilità di colonna valutato per il piano in cui assume il valore minimo.

Il coefficiente riduttivo $\mathbf{k_{crit,c}}$ si calcola in funzione della snellezza relativa di colonna $\boldsymbol{\lambda_{rel,c}}$, che vale:

$$\lambda_{rel,c} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda}{\pi}\sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

- $f_{c,0,k}$ resistenza caratteristica a compressione parallela alla fibratura;
- $\sigma_{c,crit}$ tensione critica calcolata secondo la teoria classica della stabilità, con i valori dei moduli
- elastici caratteristici (frattile 5%);
- λ snellezza dell'elemento strutturale valutata per il piano in cui essa assume il valore massimo.

Quando $\lambda_{rel,c} \leq 0{,}3$ si deve porre $k_{crit,c} = 1$, altrimenti

$$k_{crit,c} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}$$

Con:

- $k = 0{,}5\,(1 + \beta_c(\lambda_{rel,c} - 0.3) + \lambda_{rel,c}^2)$
- β_c coefficiente di imperfezione, che, se gli elementi rientrano nei limiti di rettilineità definiti al **§ 4.4.15** delle **NTC '08**, può assumere i seguenti valori:
  - per legno massiccio $\boldsymbol{\beta_c} = 0{,}2$;
  - per legno lamellare $\boldsymbol{\beta_c} = 0{,}1$.

3.1.3 VERIFICA A RIBALTAMENTO

Si è verificato che il momento stabilizzante risultasse non inferiore a quello ribaltante, considerando quale possibile meccanismo di ribaltamento quello in avanti (lato portamusica) rispetto ai piedi anteriori.

Nel caso in esame, il momento stabilizzante è stato assunto, a vantaggio di sicurezza, pari a quello dovuto al solo peso proprio della struttura lignea applicato nel baricentro delle masse, mentre il momento ribaltante è stato valutato considerando quali azioni ribaltanti quelle dovute al peso dei musicanti che occupano le tavole del portamusica.

La verifica è stata effettuata in accordo a quanto previsto dalle **NTC '08** con riferimento a uno stato limite ultimo di tipo **EQU**, ovvero stato limite di equilibrio come corpo rigido.

I valori dei coefficienti di sicurezza coefficienti parziali di sicurezza forniti nella **Tab. 2.6.I** delle **NTC '08**, in relazione ad uno stato limite di questo tipo (EQU).

VERIFICA RIBALTAMENTO (rispetto al ribaltamento intorno ai piedi anteriori)

MOMENTO STABILIZZANTE			
Peso Proprio Struttura	**braccio**	$\gamma_{G1,FAV,EQU}$	M_{stab}
[kg]	[m]	[-]	[kgm]
1703	1.25	0.90	1915.88

MOMENTO RIBALTANTE			
Peso Musicanti (tavole)	**braccio**	$\gamma_{G2,SFAV,EQU}$	$M_{rib,tot}$
[kg]	[m]	[-]	[kgm]
1000	0.45	1.50	675.00

F.S.	2.84
[-]	

3.2 SCENARI DI CALCOLO

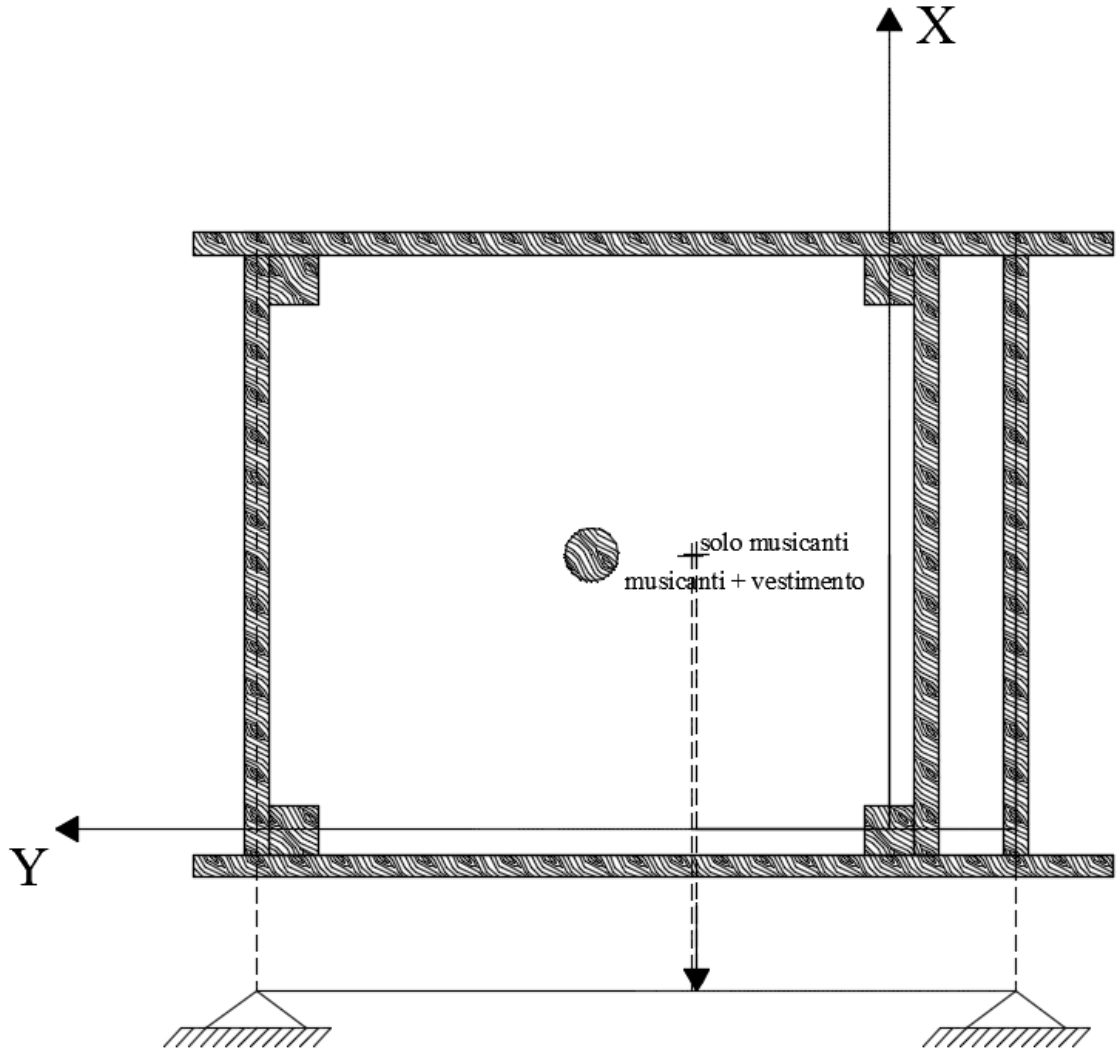
Sono stati studiati diversi modelli della Macchina da festa, tutti soggetti a diversi scenari di calcolo. Si è prima analizzato un modello di Giglio con la borda baricentrica e non inclinata, successivamente, per favorire una quanto più possibile uniformità di distribuzione del carico portato dai cullatori anteriori e posteriori.

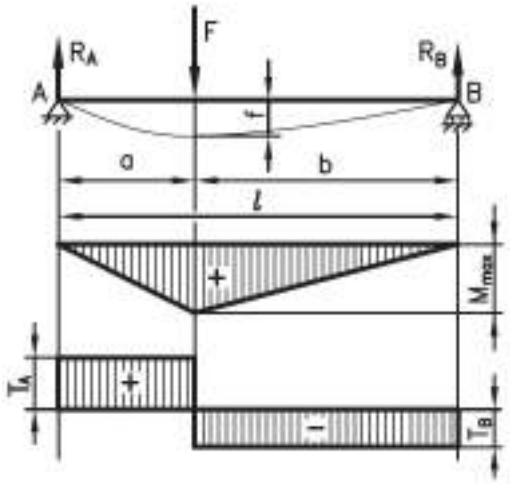
La borda è stata inclinata e contestualmente tutti gli elementi ad essa collegati per traslare il baricentro delle masse verso retro in quanto nella parte anteriore della Macchina, come noto, grava la maggior parte del carico sia per il peso del vestimento che per la presenza dei musicanti.

Iterativamente si è inclinata la borda, assumendo come centro di rotazione la congiungente i punti medi dei traversoni superiori e il filo anteriore della borda, calcolando in funzione della posizione del baricentro delle masse, l'aliquota di peso portata dai cullatori anteriori e posteriori tendendo alla parificazione.

Le barre che consentono il trasporto a spalla del Giglio, sono state considerate come delle travi doppiamente appoggiate di luce pari alla distanza tra i due portabarre anteriore (annesso al portamusica) e posteriore (annesso alla spalliera anteriore).
Nel caso specifico, risulta che, inclinando la borda facendo in modo che la proiezione della sommità della stessa ricadesse in corrispondenza della facciata posteriore del primo pezzo, il peso del giglio grava per il 60% sui cullatori anteriori e il 40% sui posteriori.

	COORDINATE BARICENTRO DELLE MASSE		
	X	**Y**	**Z**
	[cm]	[cm]	[cm]
solo musicanti	**110.675**	**77.330**	**315**
musicanti + vestimento	**111.019**	**79.576**	**315**





$$R_A = \frac{b}{l} \cdot F; \quad R_B = \frac{a}{l} \cdot F$$

$$T_A = R_A; \quad T_B = -R_B$$

$$M_A = M_B = 0$$

$$M_{max} = R_A \cdot a = R_B \cdot b = \frac{a \cdot b}{l} \cdot F$$

$$f = \frac{1}{3} \cdot \frac{F \cdot a^2 \cdot b^2}{E \cdot I \cdot l}$$

Per ogni scenario si riportano i risultati ritenuti significativi afferenti lo scopo dello studio cui la presente si riferisce. In particolare si consegnano i grafici della deformata e delle sollecitazioni con l'abaco graduato nonché la tabella dei coefficienti di sicurezza delle aste maggiormente sollecitate.

Con i profili proposti e per gli scenari analizzati tutti gli elementi, più o meno sollecitati, risultano verificati mentre per lo scenario che simula la posata risultano non verificati i tondi e le croci orizzontali della base, per questi si evidenziano i coefficienti di sicurezza al fine di stimolare la sensibilità ad una maggiore attenzione alla loro lavorazione e montaggio non potendo aumentarne le sezioni che non consentirebbe l'elasticità necessaria al trasporto.
L'andamento dei diagrammi delle deformate e delle sollecitazioni, ovviamente a meno dei valori, sono simili per le due fasi studiate, giglio sulle spalle dei cullatori e posato al suolo, pertanto si graficizzano tali andamenti per partecipare l'importanza di tutte le aste assemblate.

3.2.1 GIGLIO VESTITO CON MUSICANTI IN CONDIZIONI STATICHE

I risultati che si consegnano qui di seguito si riferiscono allo scenario di calcolo che considera il Giglio così come realizzato e fermo, con la presenza di tutti i carichi derivanti dai musicanti e dal vestimento, con riferimento alla Macchina avente la borda inclinata come detto poc'anzi.

3.2.1.1 VERIFICA SLU

Tale verifica è stata effettuata considerando la combinazione fondamentale allo SLU:

$$1.3 \cdot G_{1k} + 1.5 \cdot G_{2k}$$

Il peso proprio, quindi, è stato amplificato del 30%, il carico dovuto ai musicanti ed al vestimento, invece, è stato amplificato del 50%.

Di seguito si riporta la tabella contenente i coefficienti di sicurezza degli elementi non verificati.

VERIFICA SLU	
ELEMENTO	**COEFF. SICUREZZA**
Tondo castagno superiore anteriore	**0,811**
Croce orizzontale inferiore	**0,935**

Diagramma Deformata – combo SLU

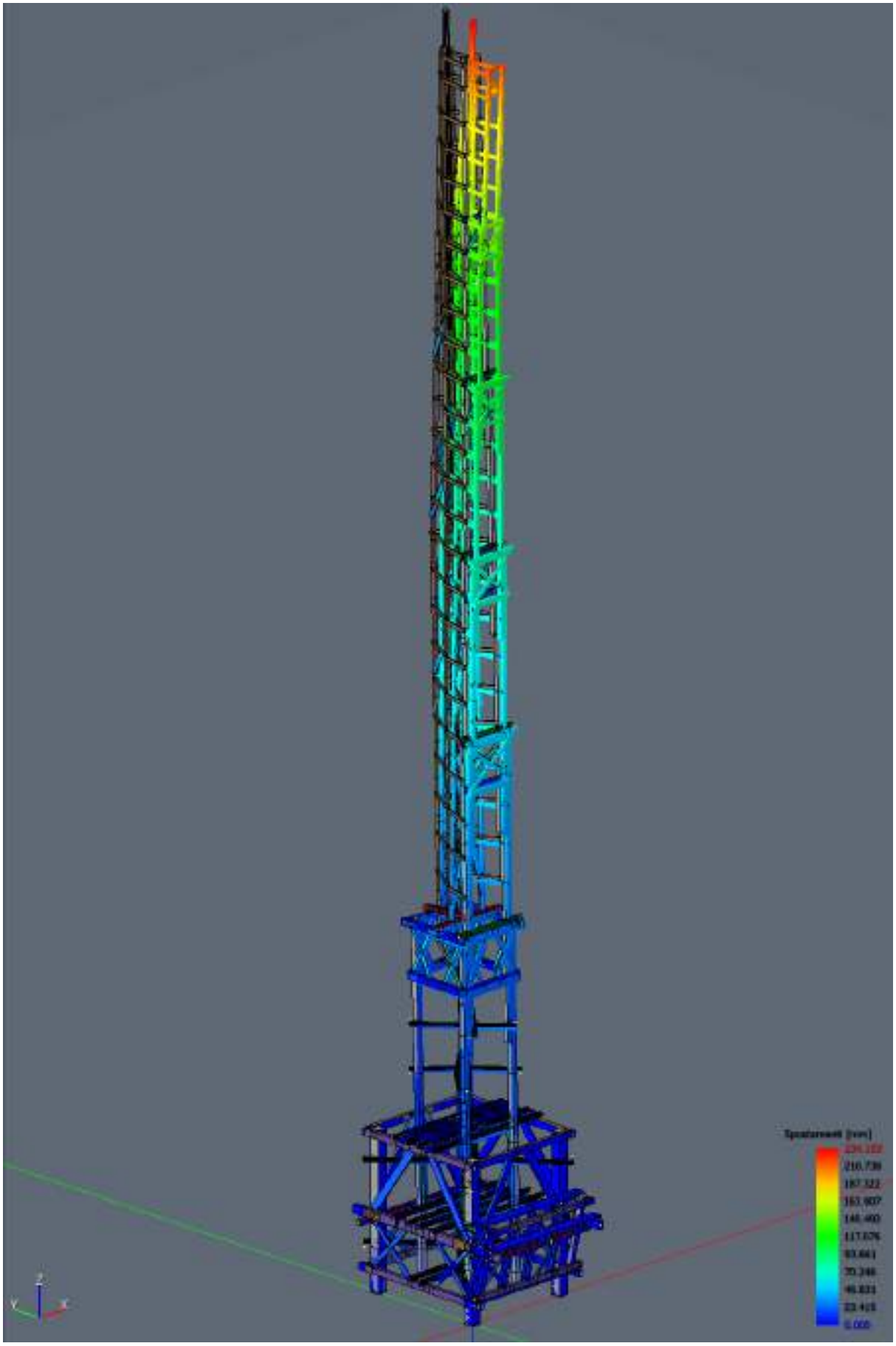


Diagramma Deformata – combo SLU

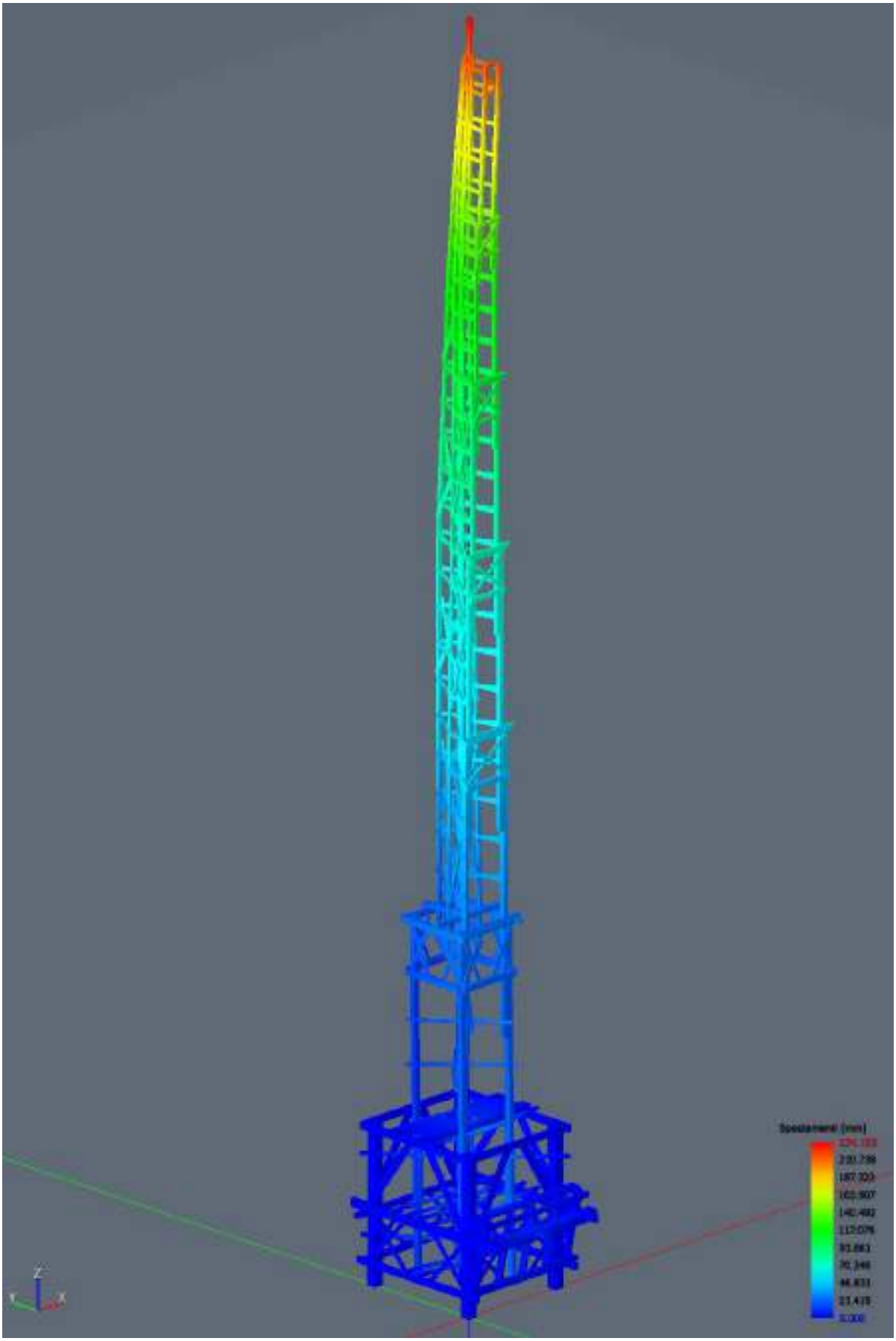


Diagramma dello Sforzo Normale – combo SLU

Diagramma dello Sforzo Normale – combo SLU

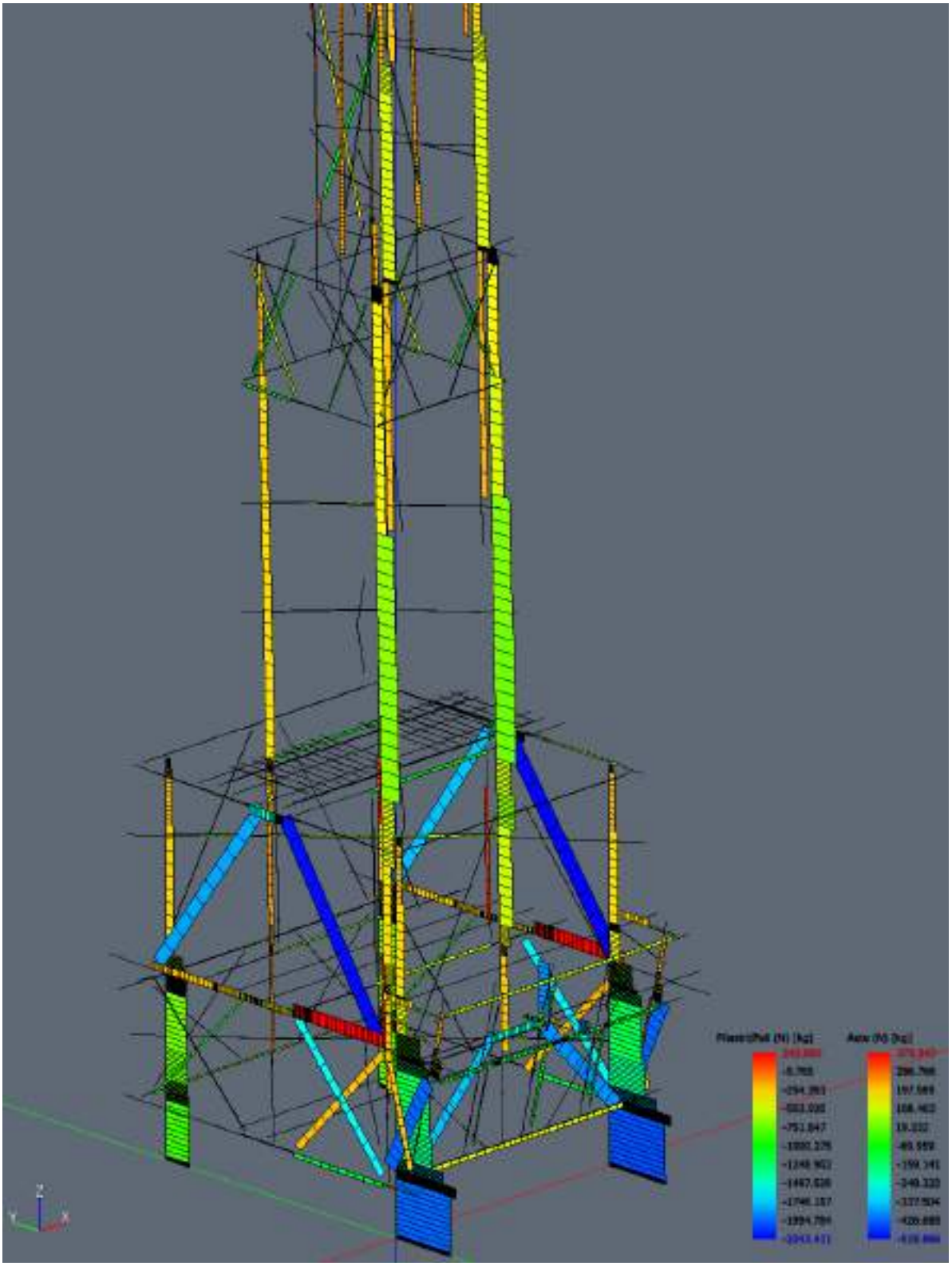


Diagramma del Momento Flettente M_{fy} – combo SLU

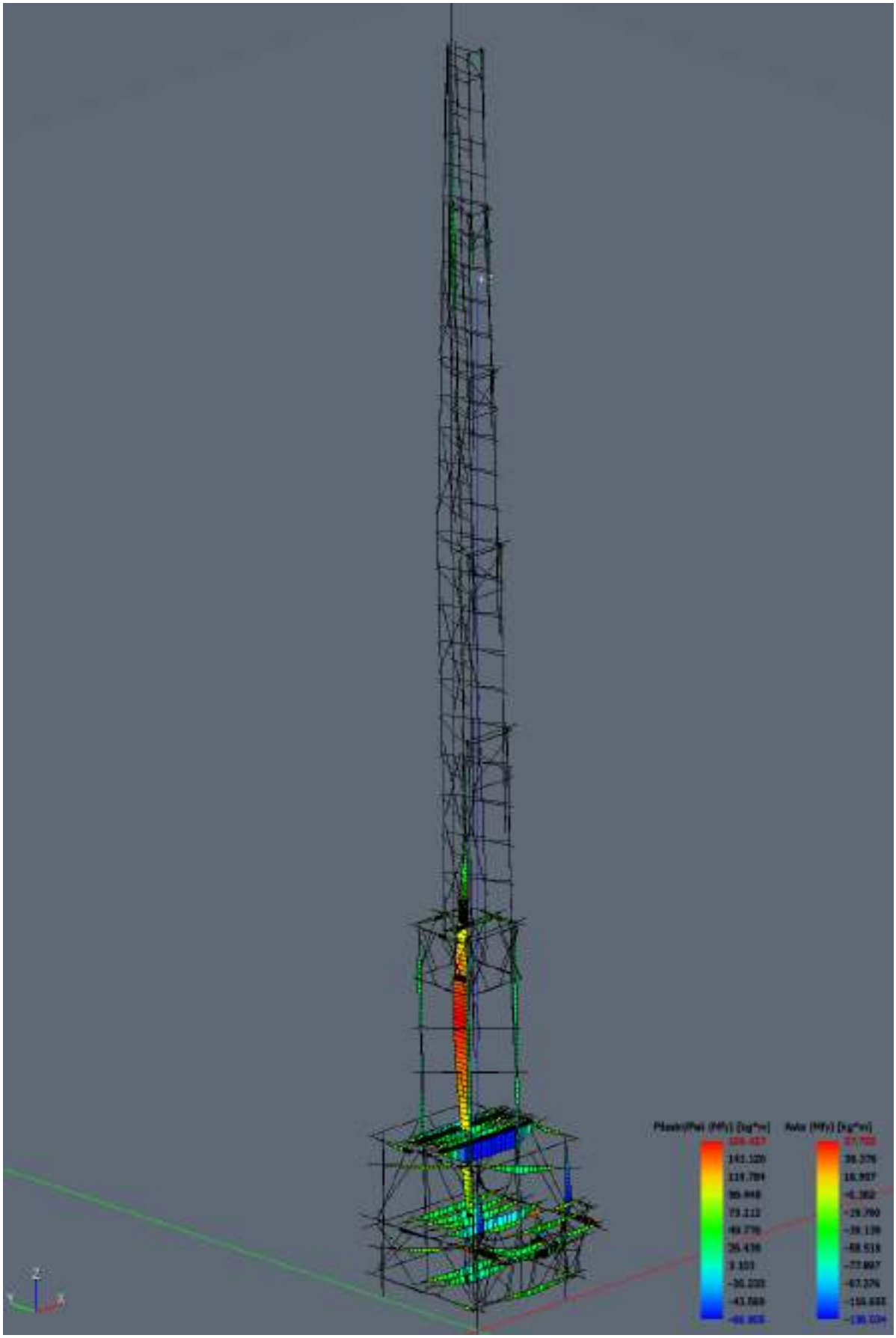


Diagramma del Momento Flettente M_{fz} – combo SLU

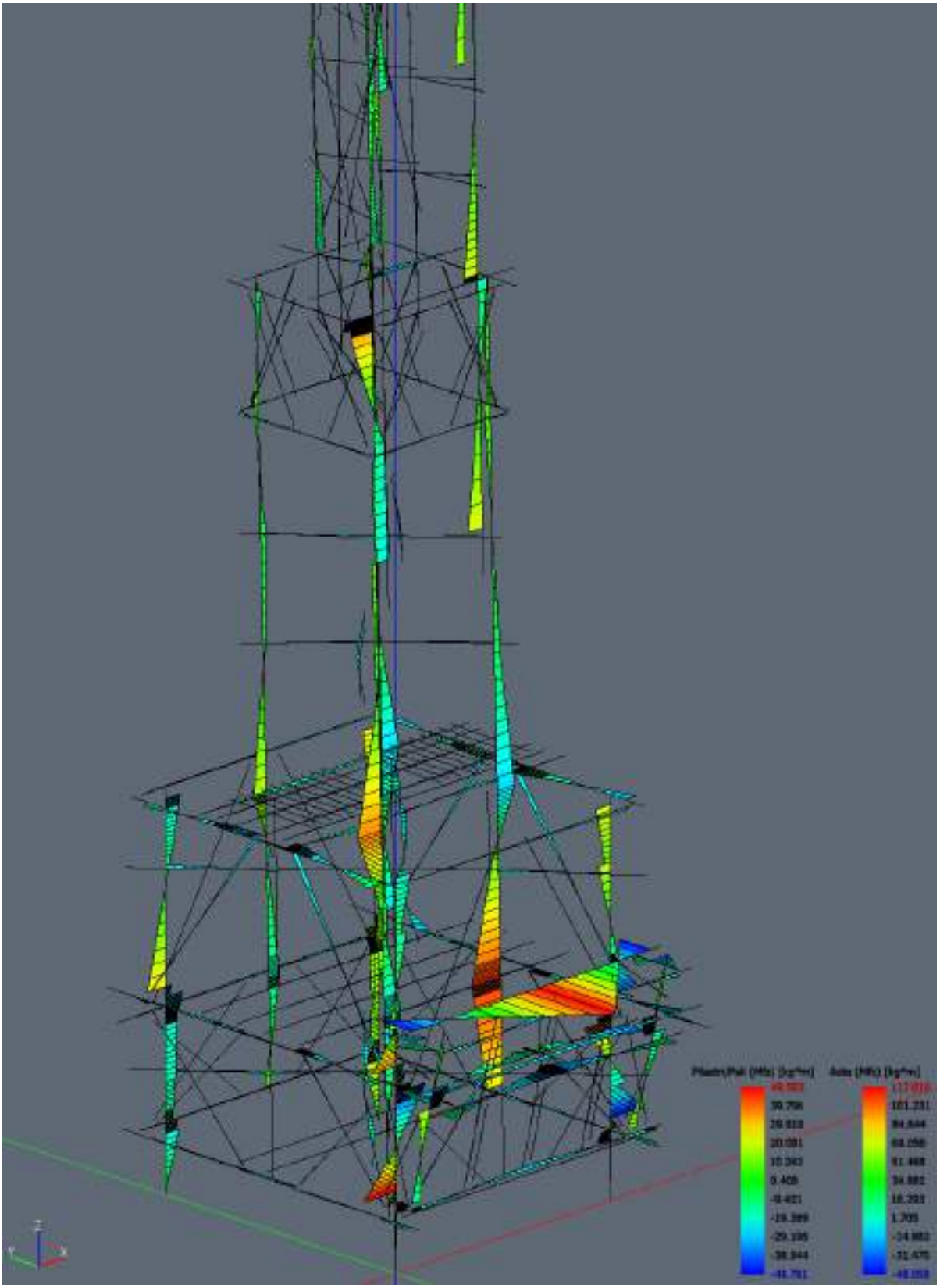


Diagramma del Taglio T_y – combo SLU

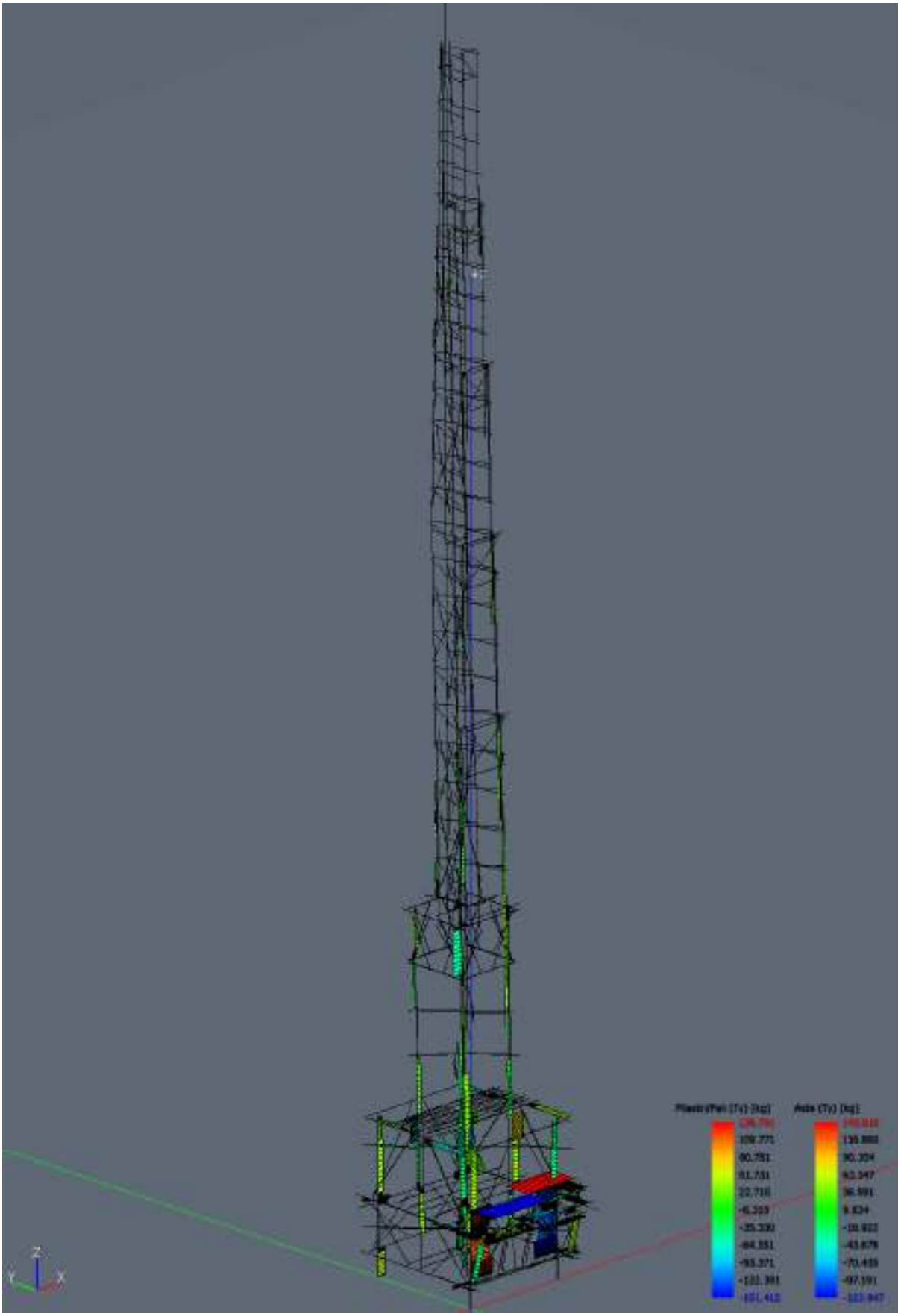


Diagramma del Taglio T_y – combo SLU

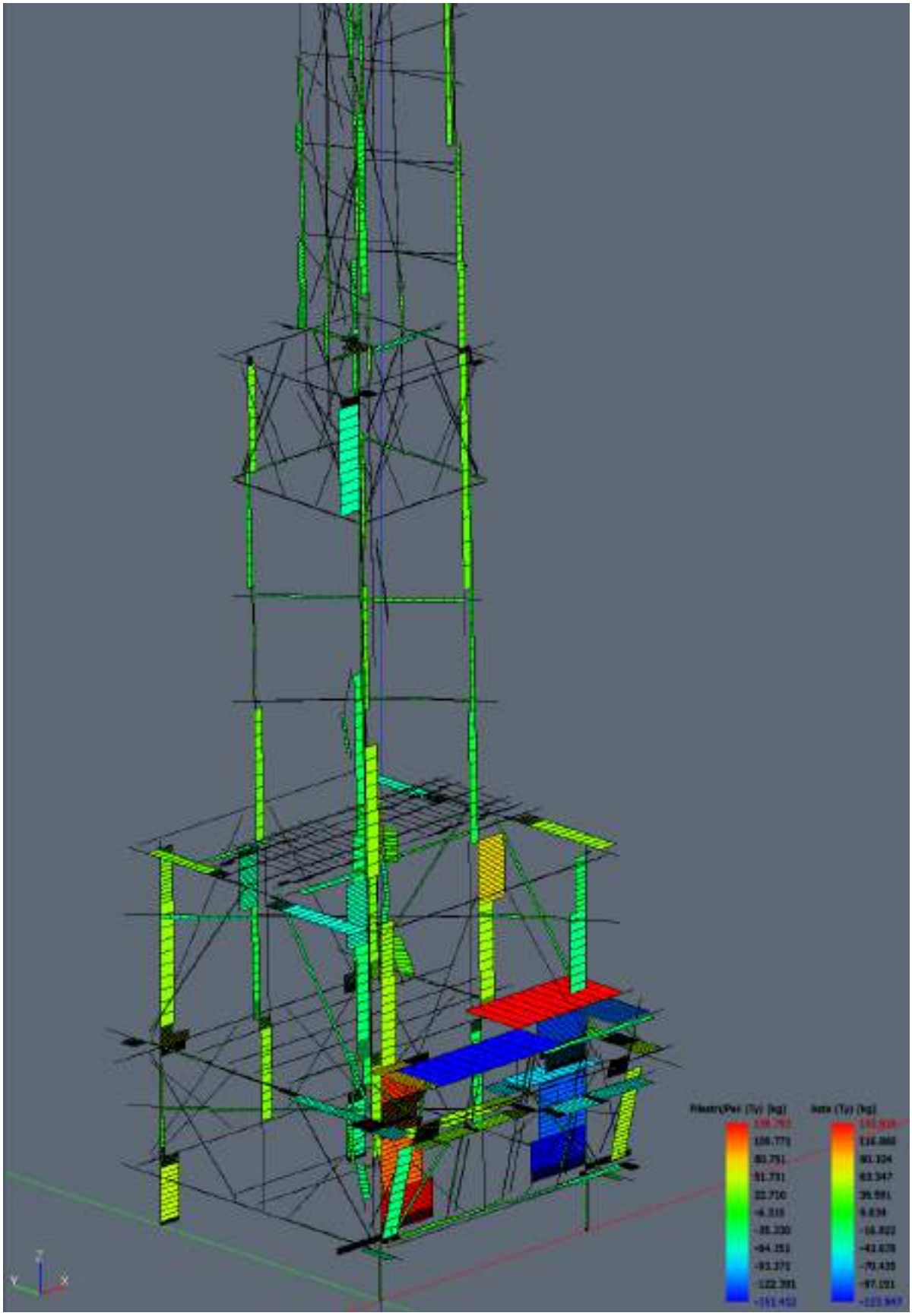


Diagramma del Taglio T_z – combo SLU

3.2.1.2 CUONCE CUONCE E JETTE

Tale verifica è stata effettuata considerando l'amplificazione dei carichi che si ha a seguito della manovra del "cuonce cuonce e jette".

Si è considerata la seguente combinazione di carico:

$$3.5 \cdot G_{1k} + 3.5 \cdot G_{2k}$$

Sia il peso proprio che i carichi dovuti ai musicanti ed al vestimento sono stati moltiplicati per un coefficiente amplificativo pari a 3.5.

Di seguito si riporta la tabella contenente i coefficienti di sicurezza degli elementi non verificati.

VERIFICA SLU	
ELEMENTO	**COEFF. SICUREZZA**
Tondo castagno superiore anteriore (montanti I pezzo)	**0.466**
Tondo castagno superiore posteriore (montanti I pezzo)	**0.794**
Tondi pioppo superiori (borda)	**0.807**
Tondo pioppo centrale anteriore (montanti I pezzo)	**0.691**
Tondi pioppo centrali (borda)	**0.818**
Tondi pioppo inferiori	**0.826**
Croce orizzontale superiore	**0.708**
Croce orizzontale inferiore	**0.544**

Diagramma Deformata – combo "cuonce cuonce e jette"

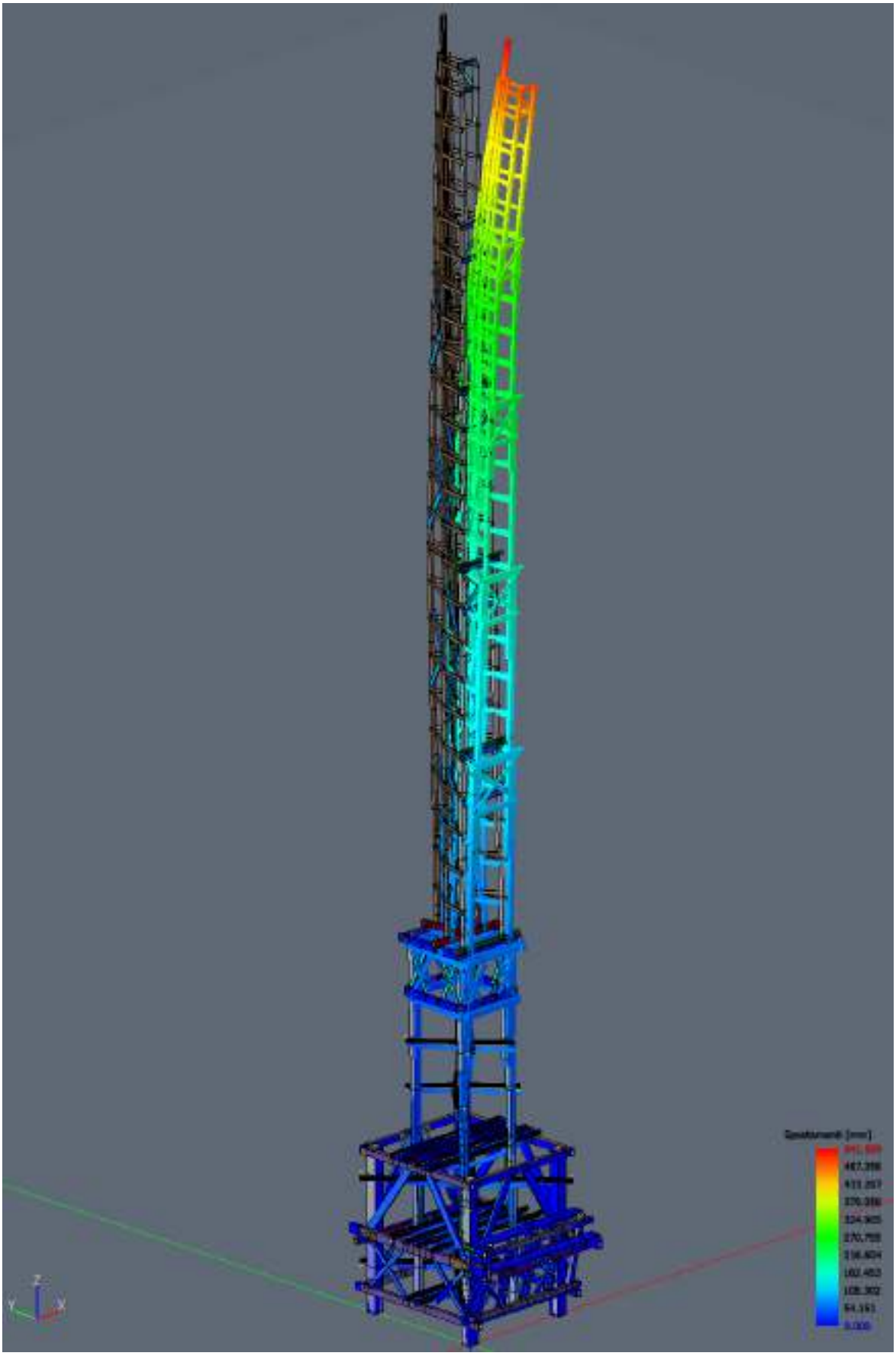


Diagramma Deformata – combo "cuonce cuonce e jette"

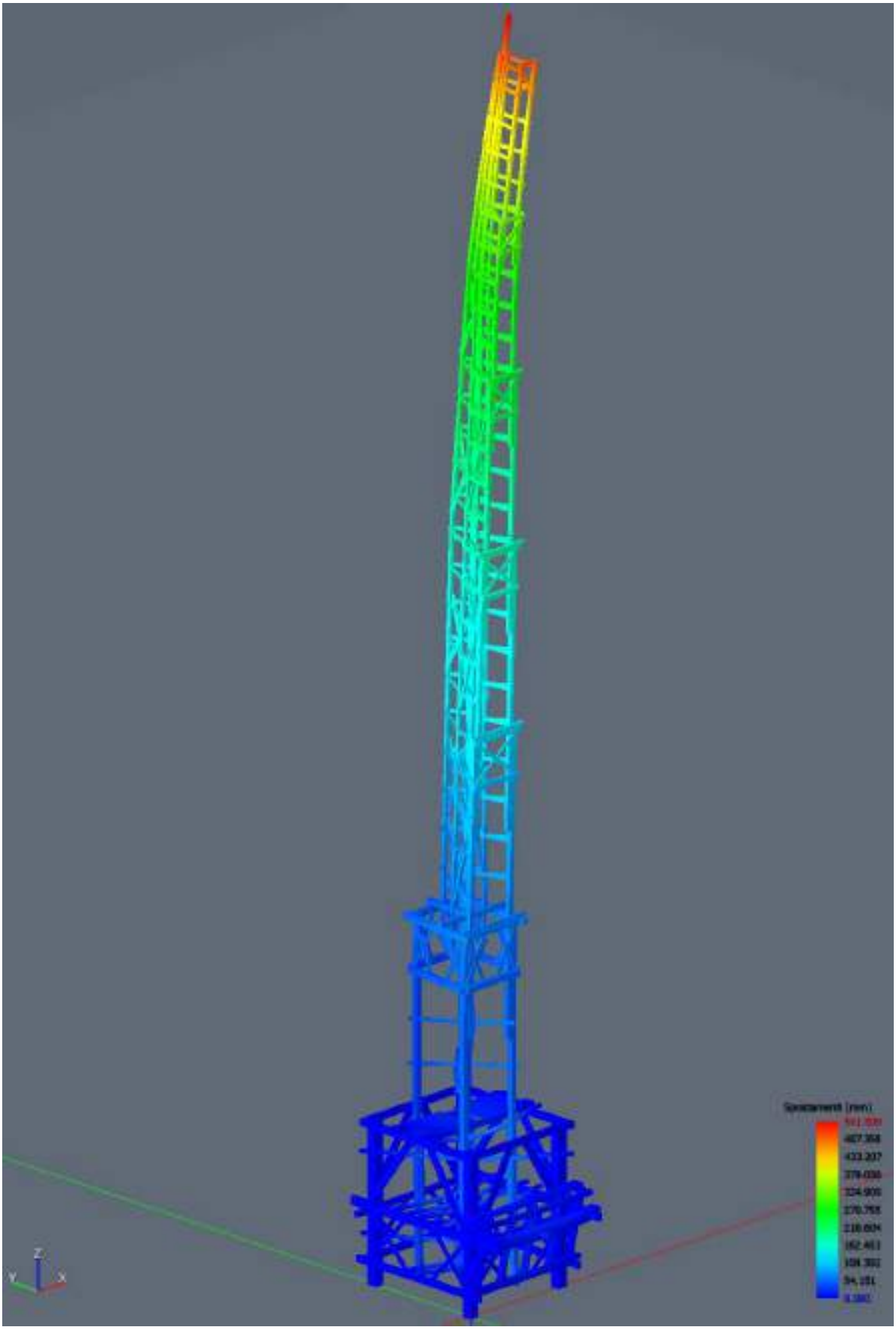


Diagramma dello Sforzo Normale – combo "cuonce cuonce e jette"

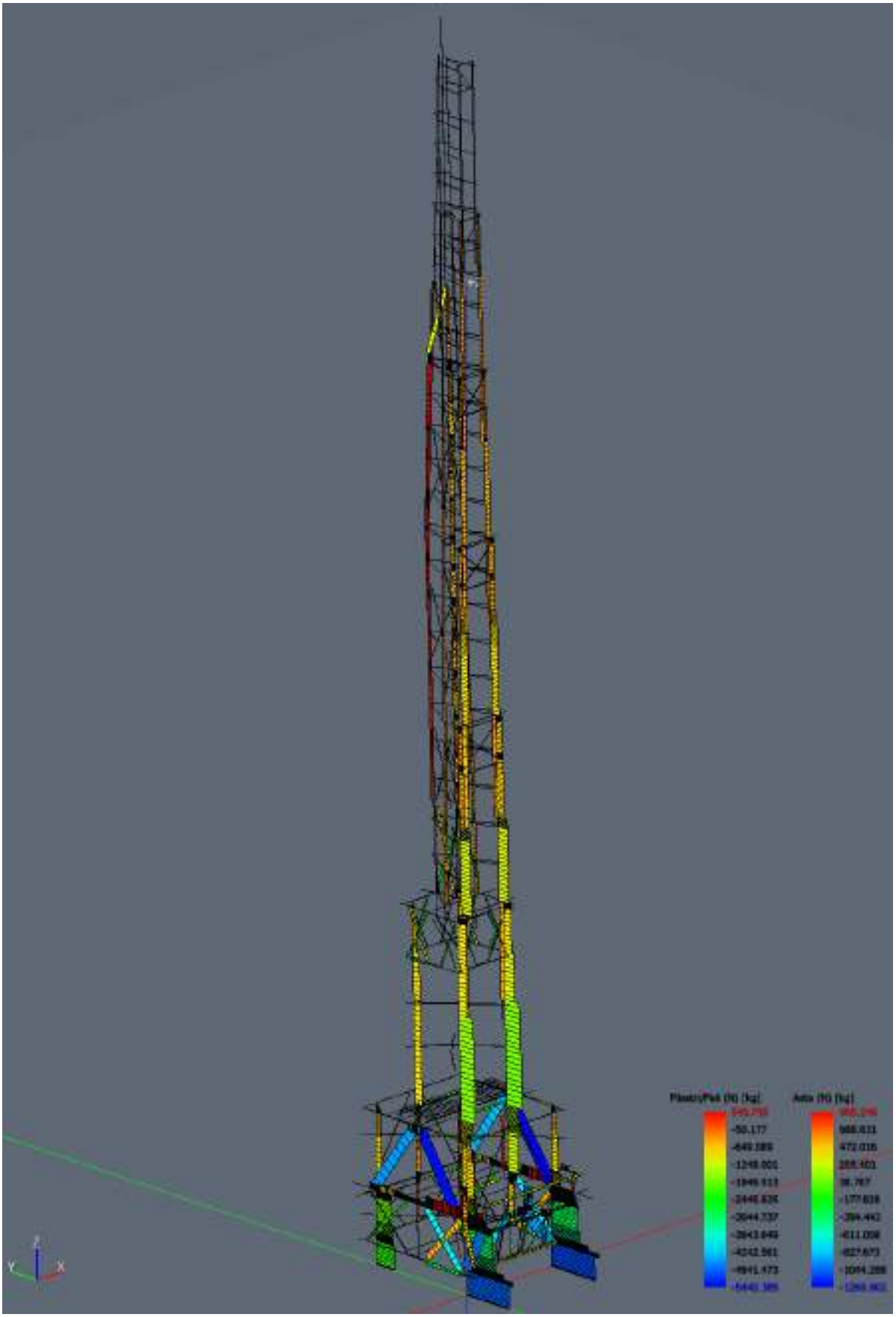


Diagramma dello Sforzo Normale – combo "cuonce cuonce e jette"

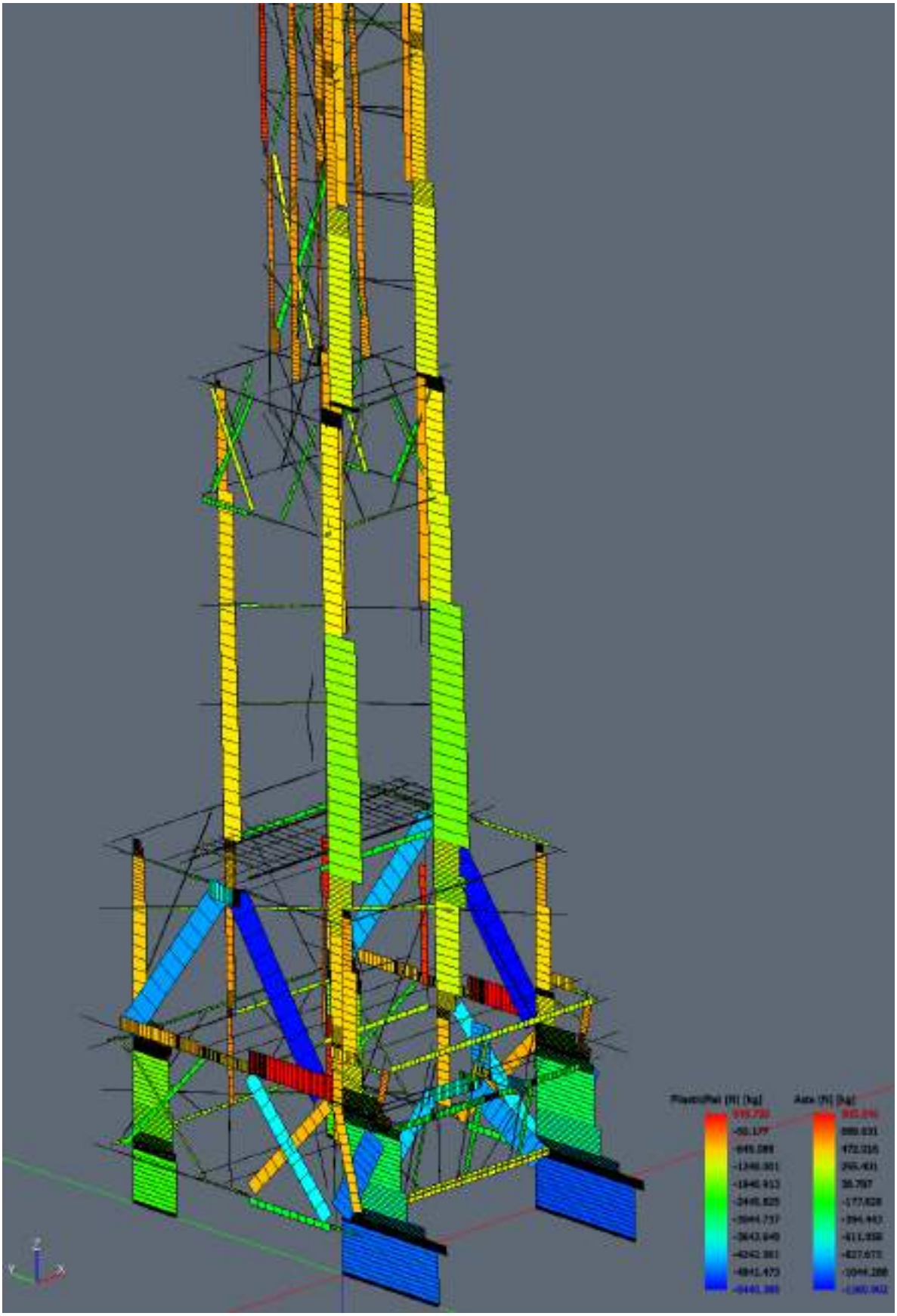


Diagramma del Momento Flettente M_{fy} – combo "cuonce cuonce e jette"

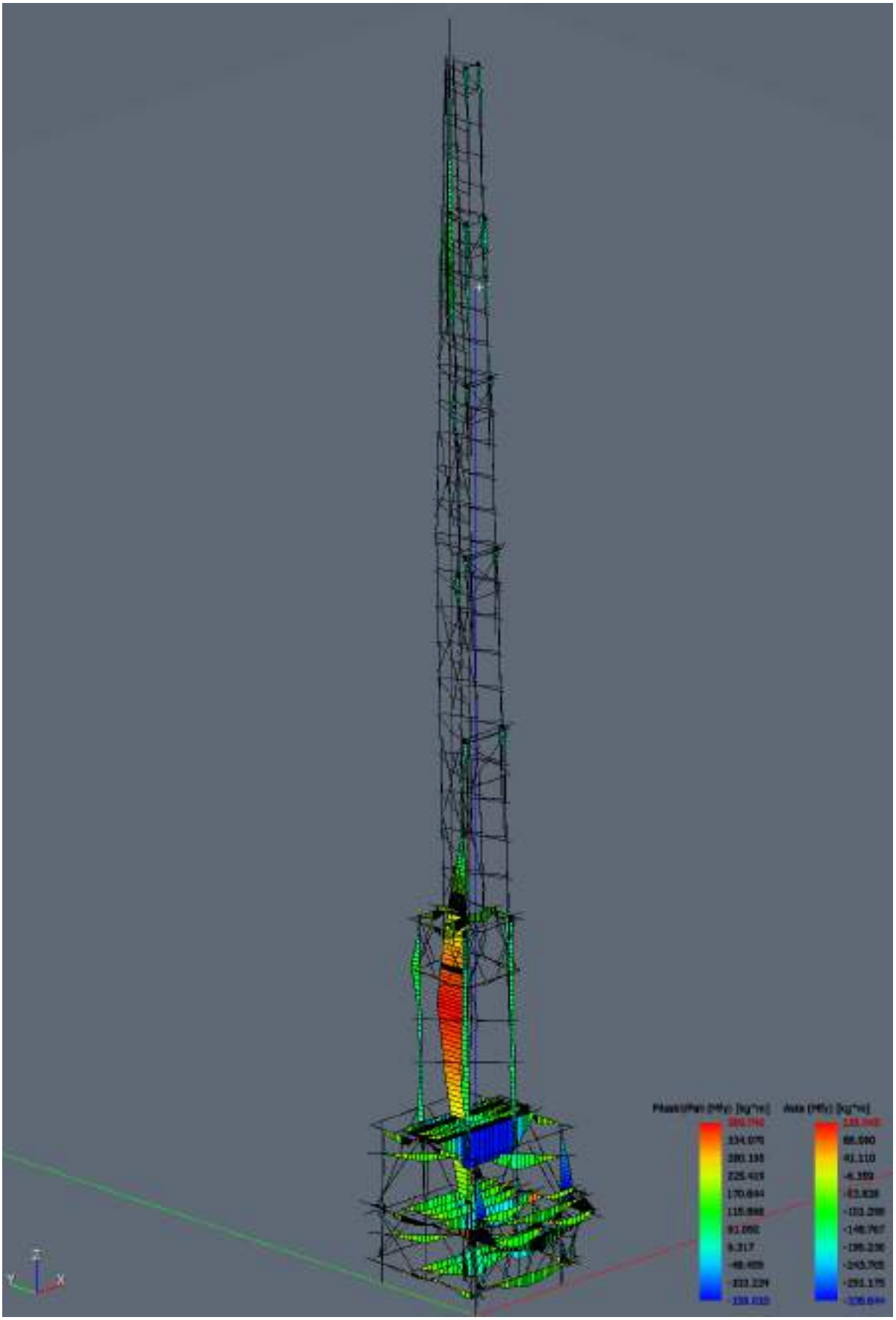


Diagramma del Momento Flettente M_{fy} – combo "cuonce cuonce e jette"

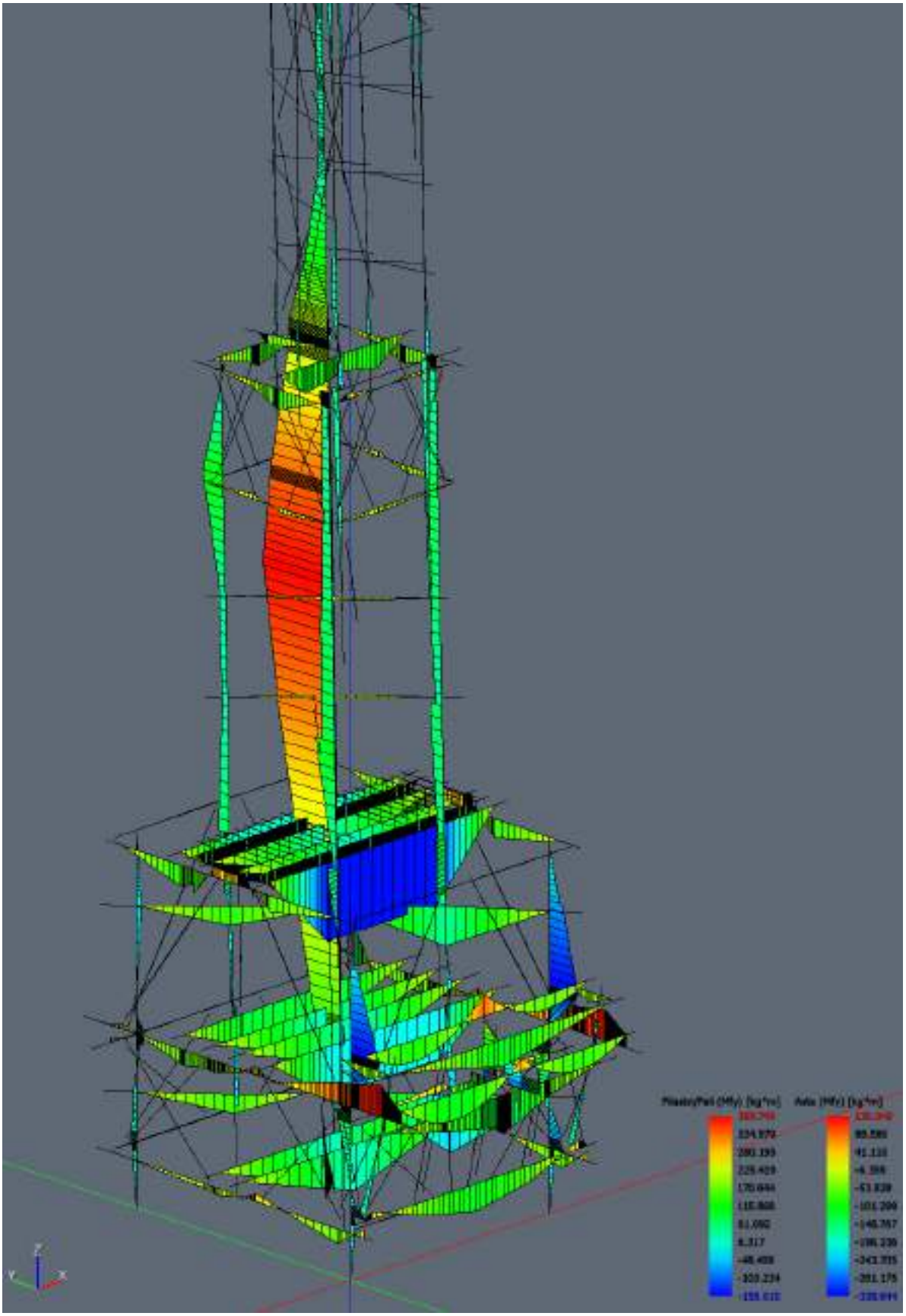


Diagramma del Momento Flettente M_{fz} – combo "cuonce cuonce e jette"

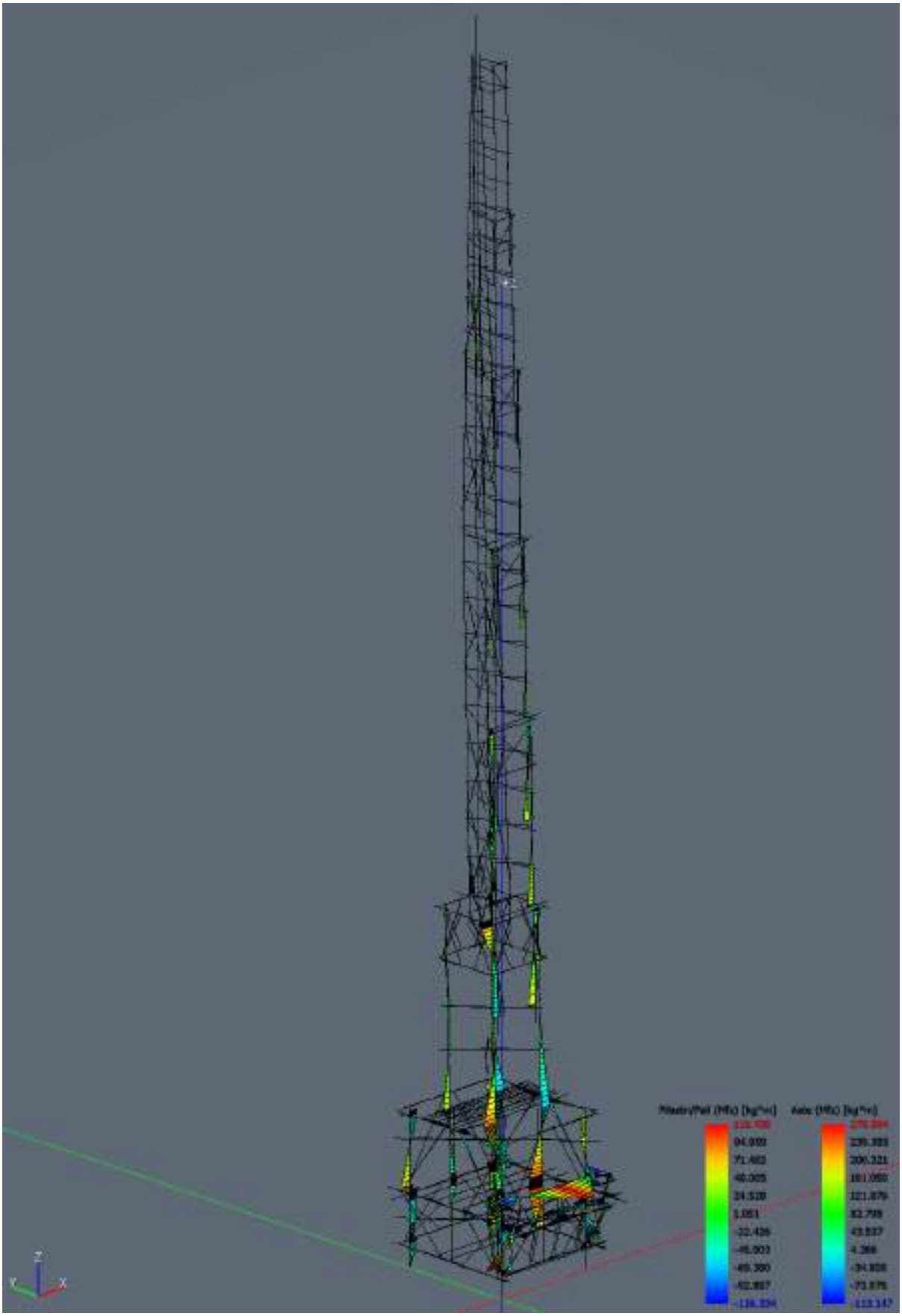


Diagramma del Momento Flettente M_{fz} – combo "cuonce cuonce e jette"

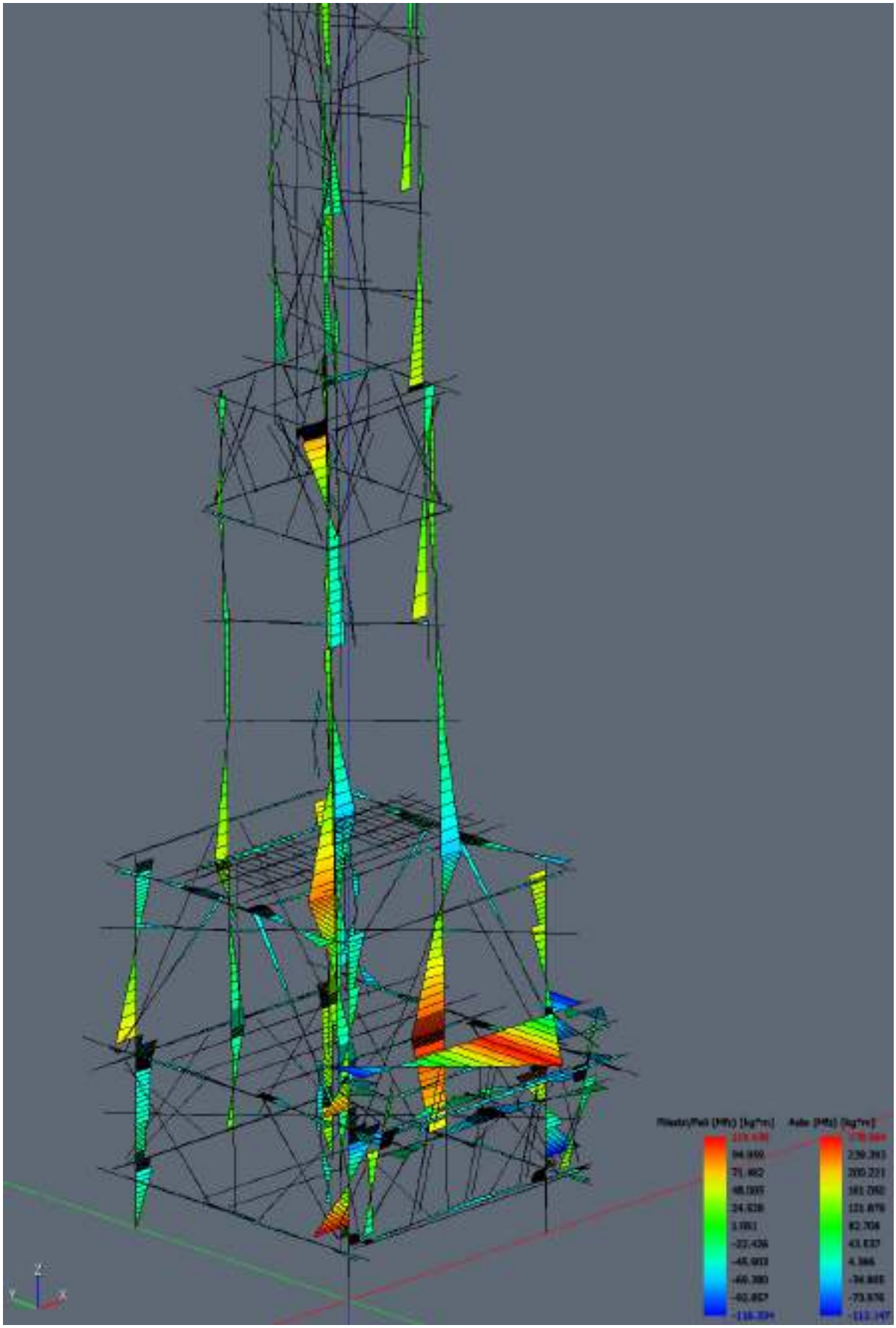


Diagramma del Taglio T_y – combo "cuonce cuonce e jette"

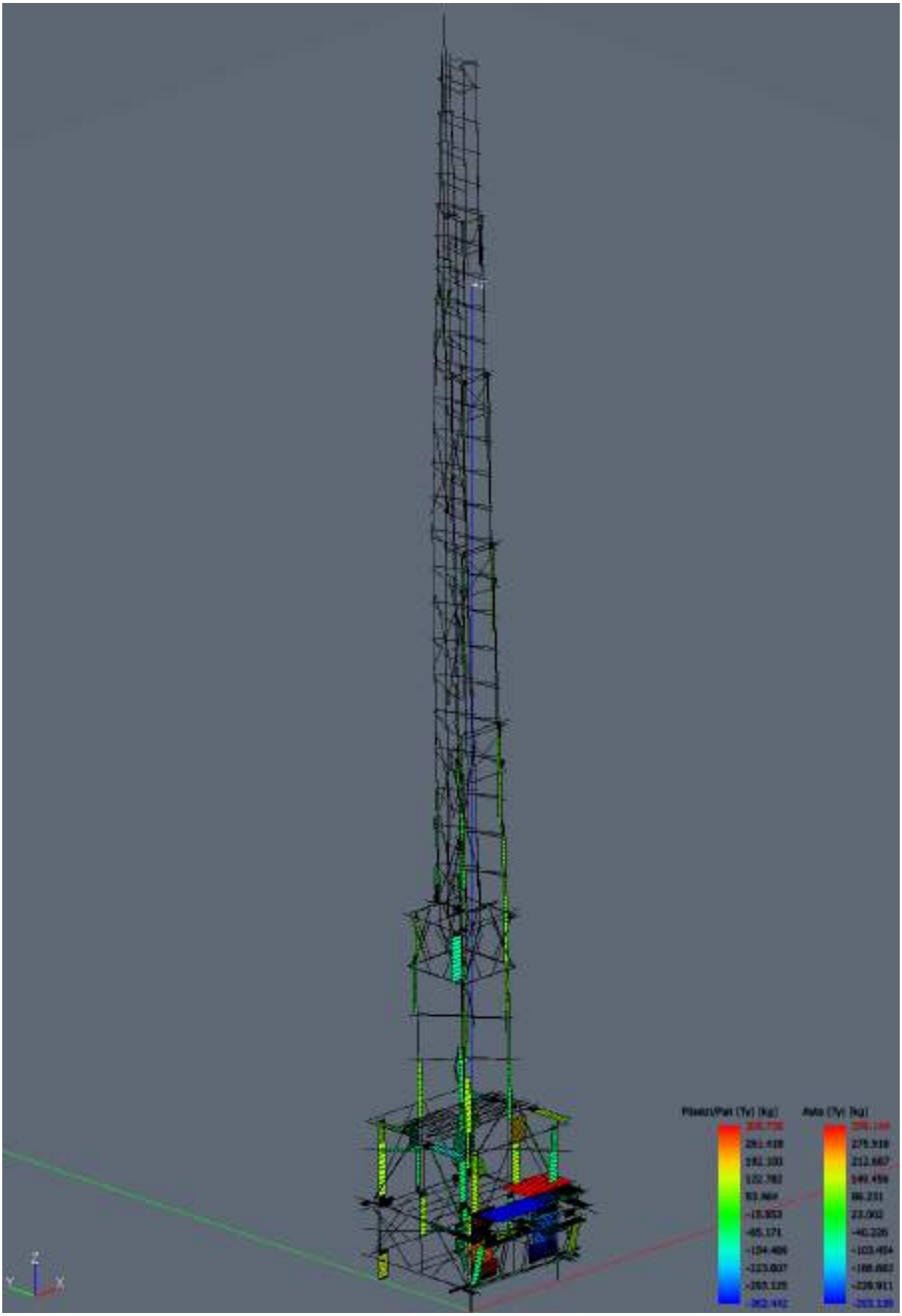


Diagramma del Taglio T_y – combo "cuonce cuonce e jette"

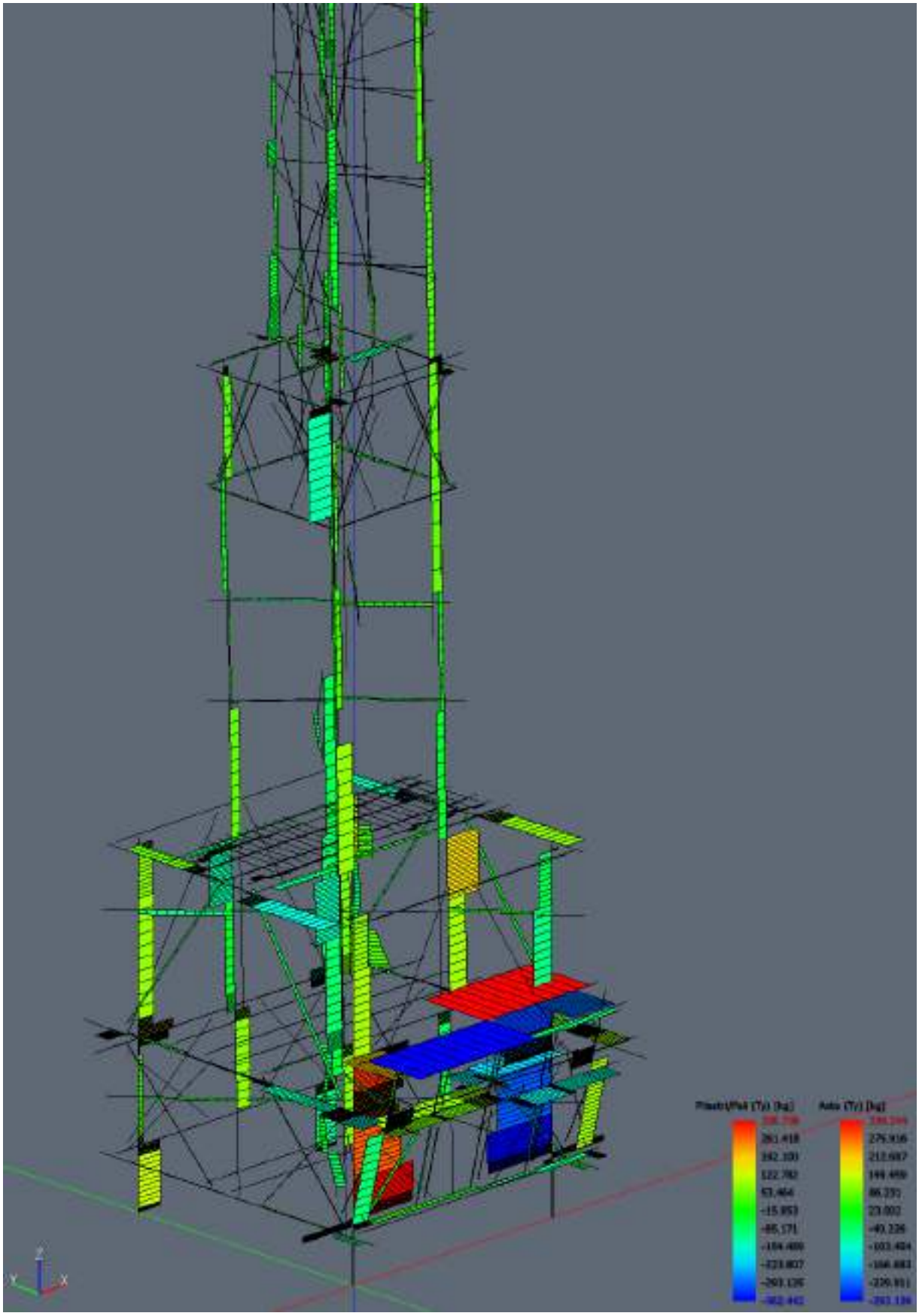


Diagramma del Taglio T_z – combo "cuonce cuonce e jette"

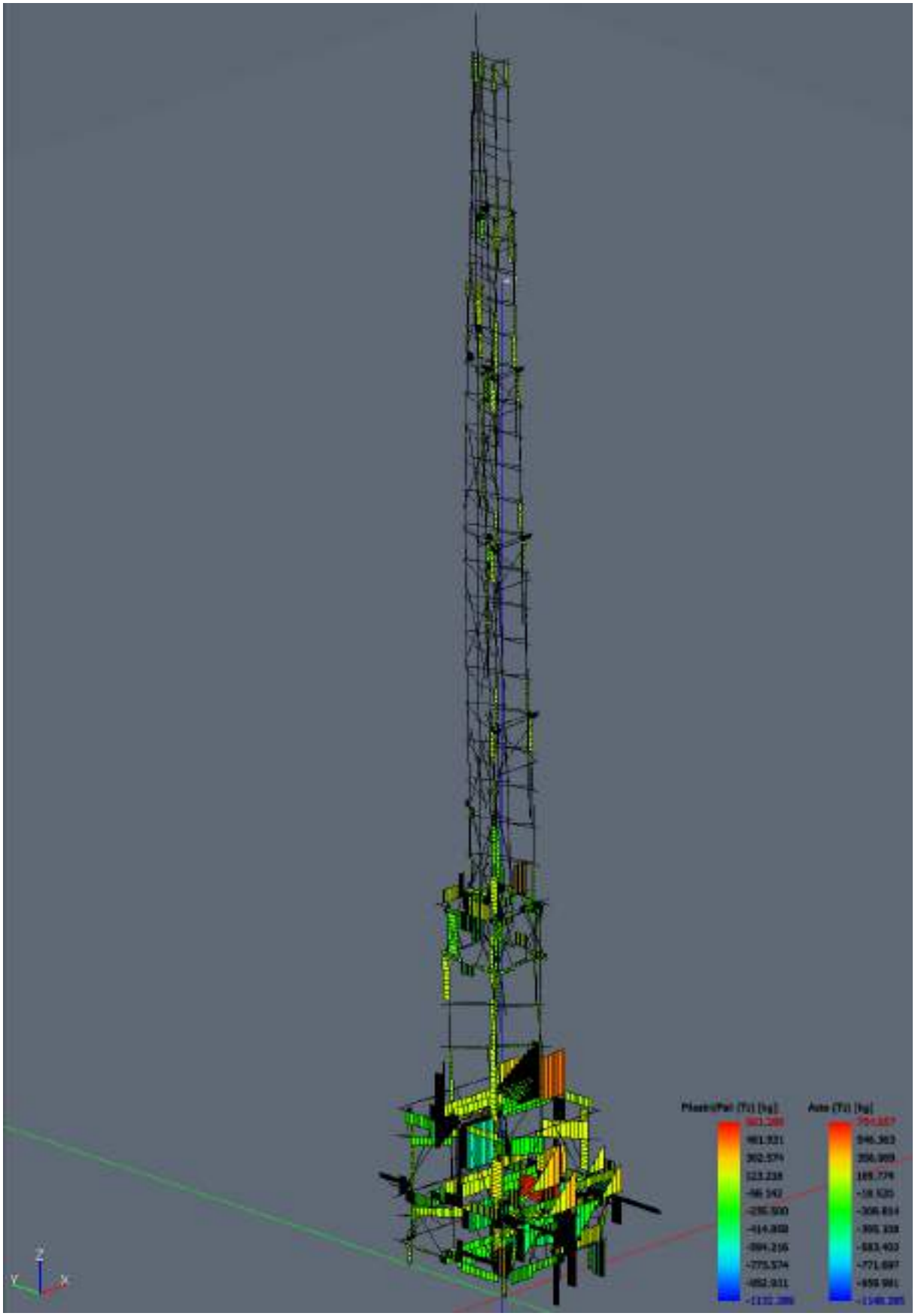
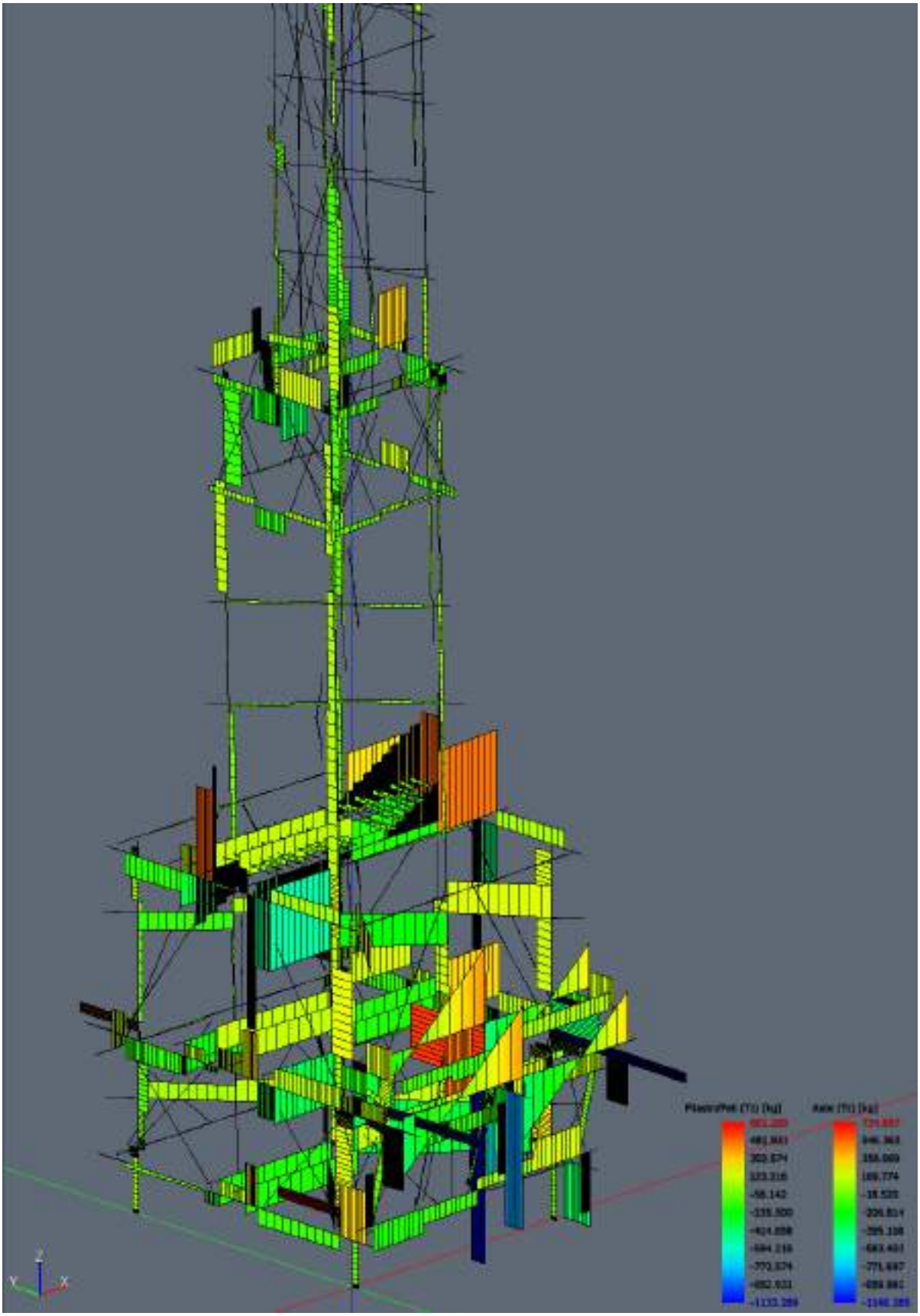


Diagramma del Taglio T_z – combo "cuonce cuonce e jette"



3.2.2 GIGLIO VESTITO CON MUSICANTI IN MOVIMENTO

In questo scenario di calcolo è stato considerato il Giglio appoggiato sulle varre e sui varretielli, allo scopo di simulare le condizioni di vincolo che interessano la Macchina quando questa è portata a spalla dai cullatori.

3.2.2.1 VERIFICA SLU

È stata considerata la combinazione fondamentale allo Stato Limite Ultimo.

$$1.3 \cdot G_{1k} + 1.5 \cdot G_{2k}$$

Il peso proprio, quindi, è stato amplificato del 30%, il carico dovuto ai musicanti ed al vestimento, invece, è stato amplificato del 50%.

Di seguito si riporta la tabella contenente i coefficienti di sicurezza degli elementi non verificati.

VERIFICA SLU	
ELEMENTO	**COEFF. SICUREZZA**
Tondo castagno superiore anteriore	**0.820**
Croce orizzontale inferiore	**0.951**

Diagramma Deformata – combo SLU

Diagramma Deformata – combo SLU

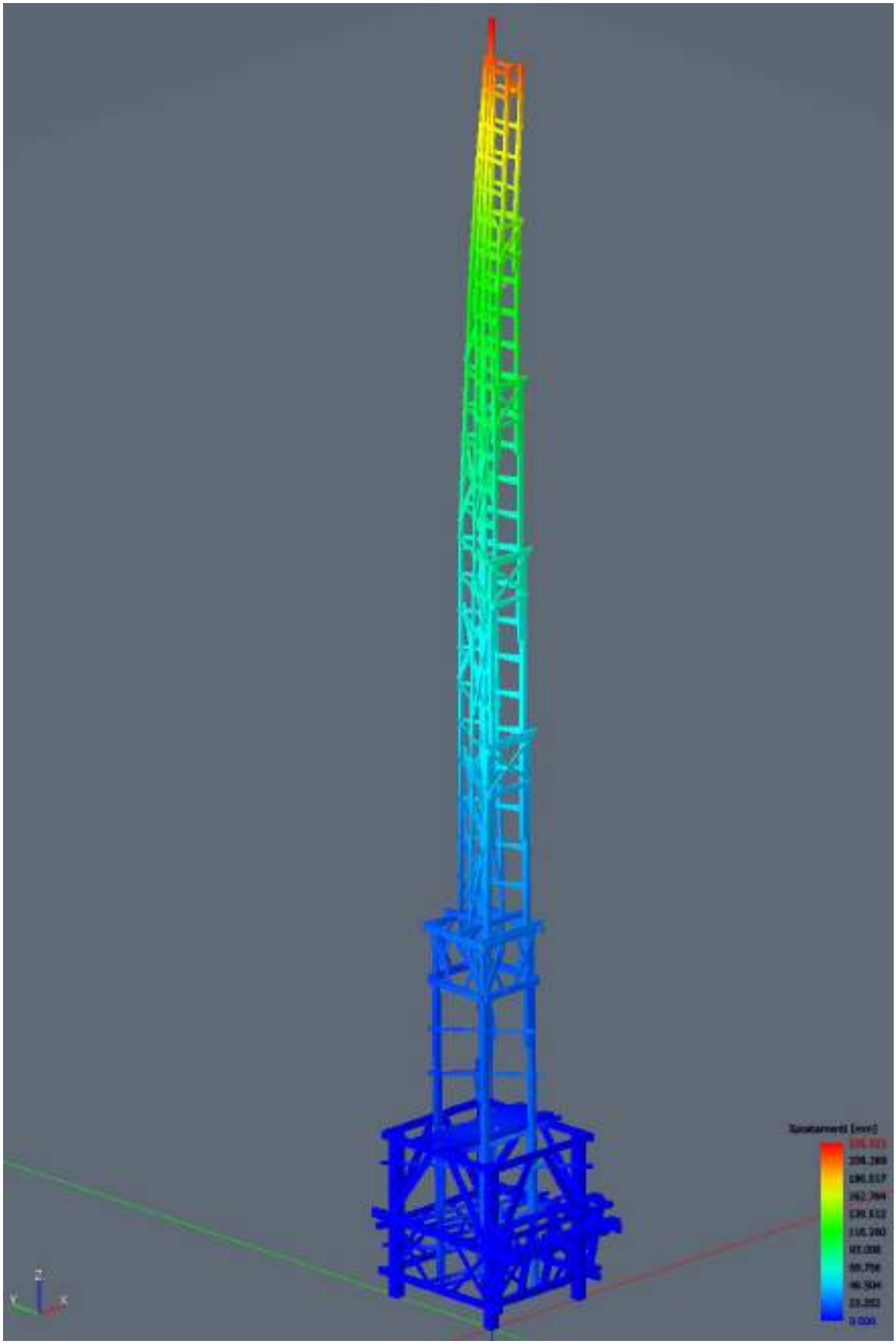


Diagramma dello Sforzo Normale – combo SLU

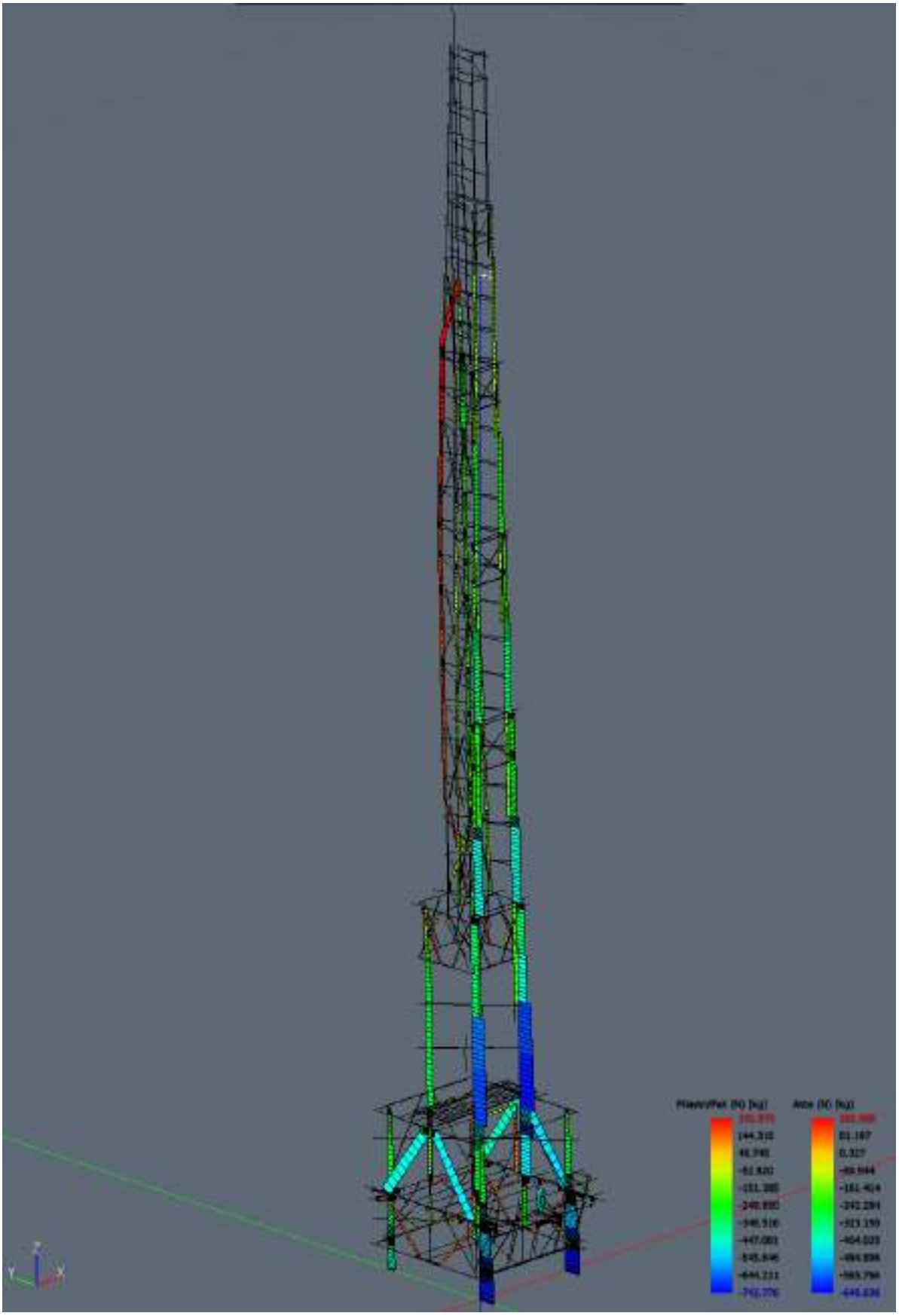


Diagramma dello Sforzo Normale – combo SLU

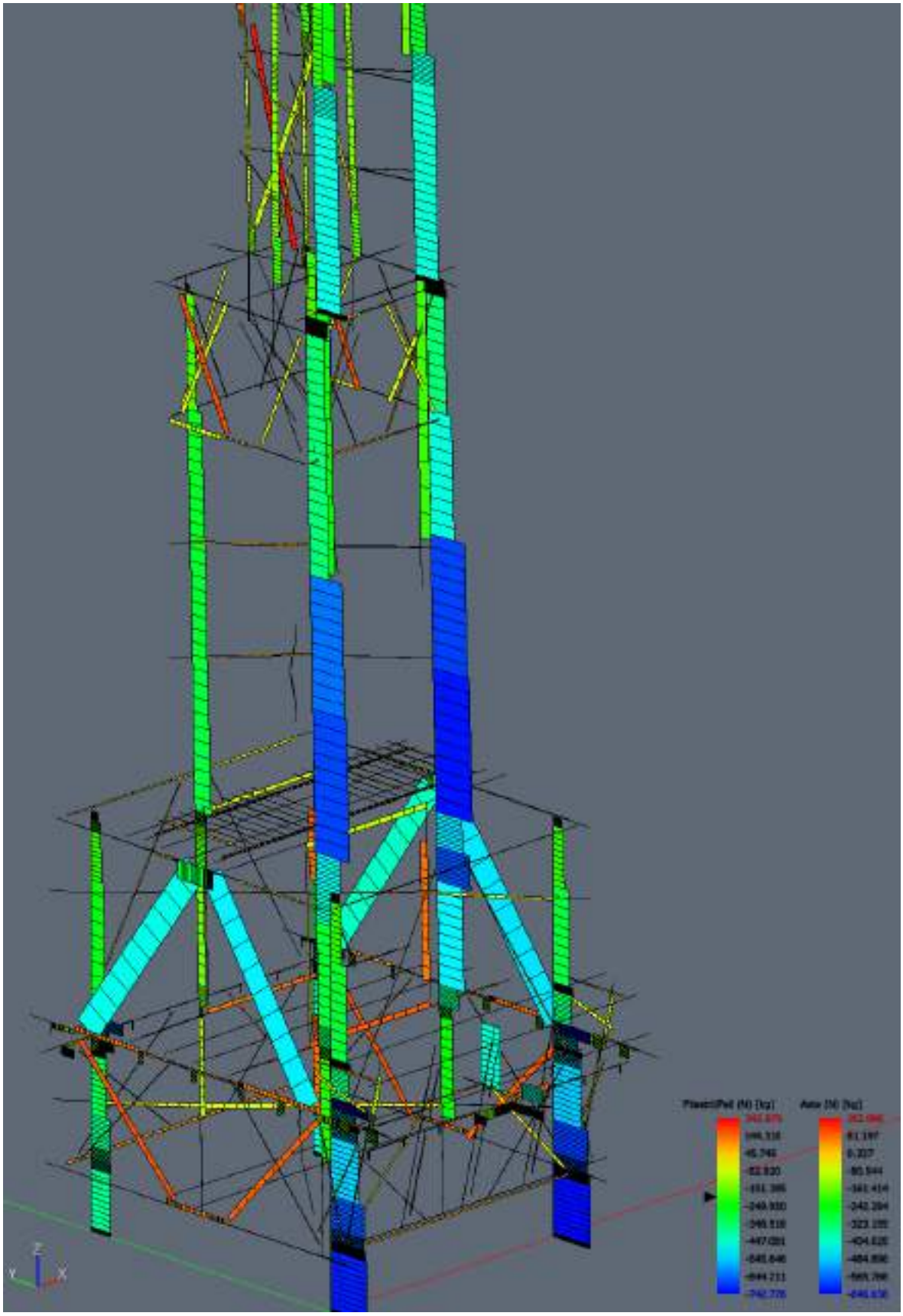


Diagramma del Momento Flettente M_{fy} – combo SLU

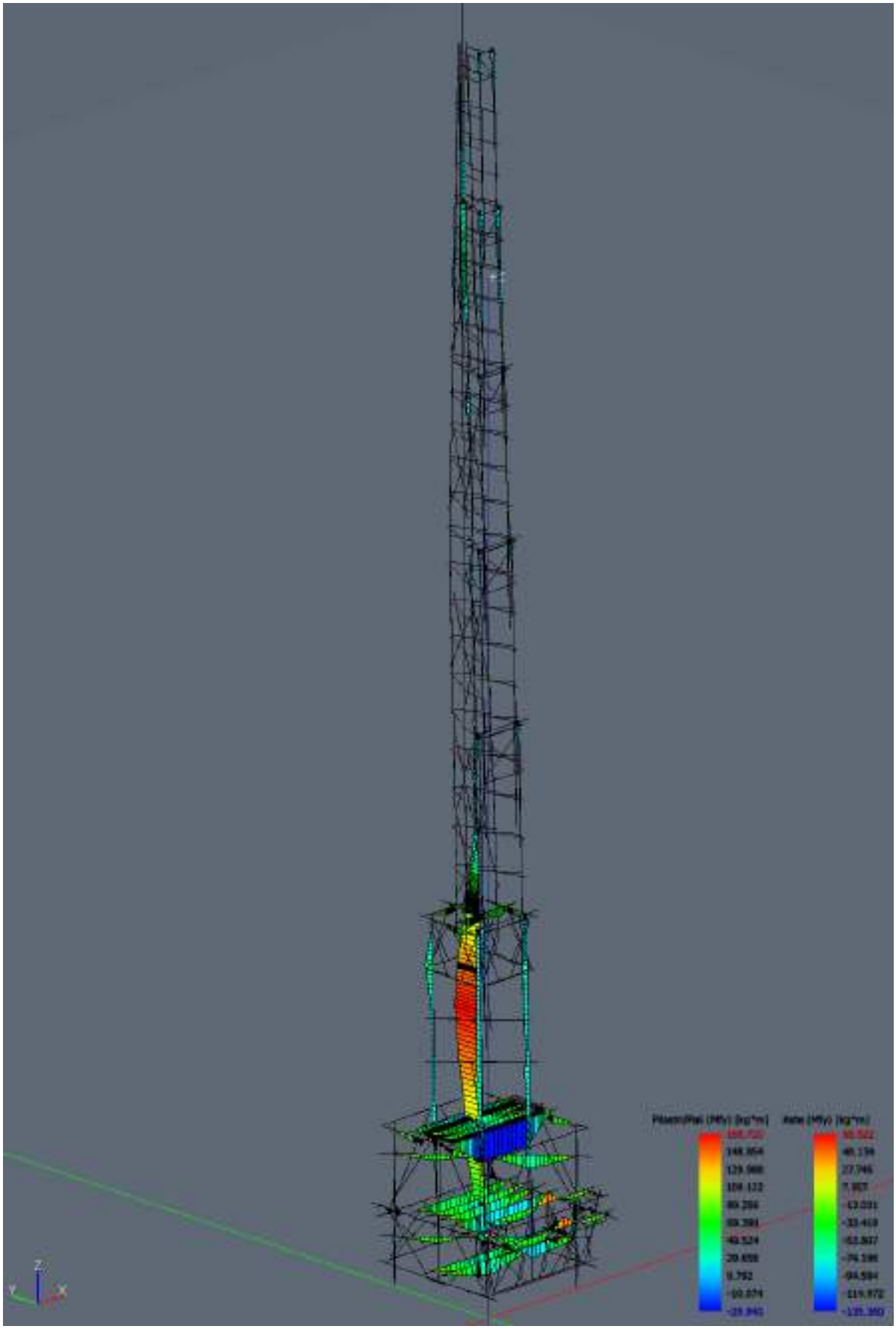


Diagramma del Momento Flettente M_{fy} – combo SLU

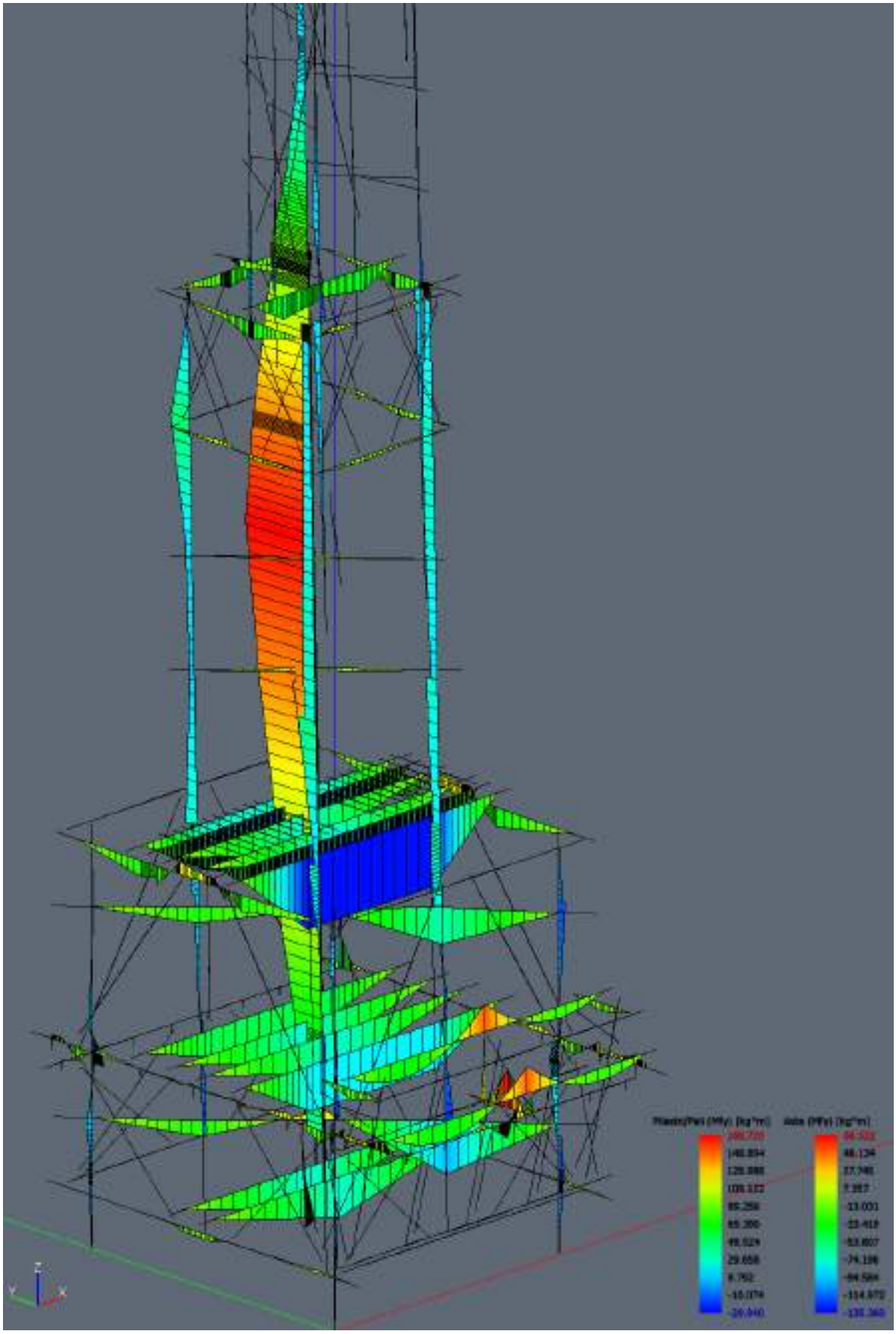


Diagramma del Taglio T_y – combo SLU

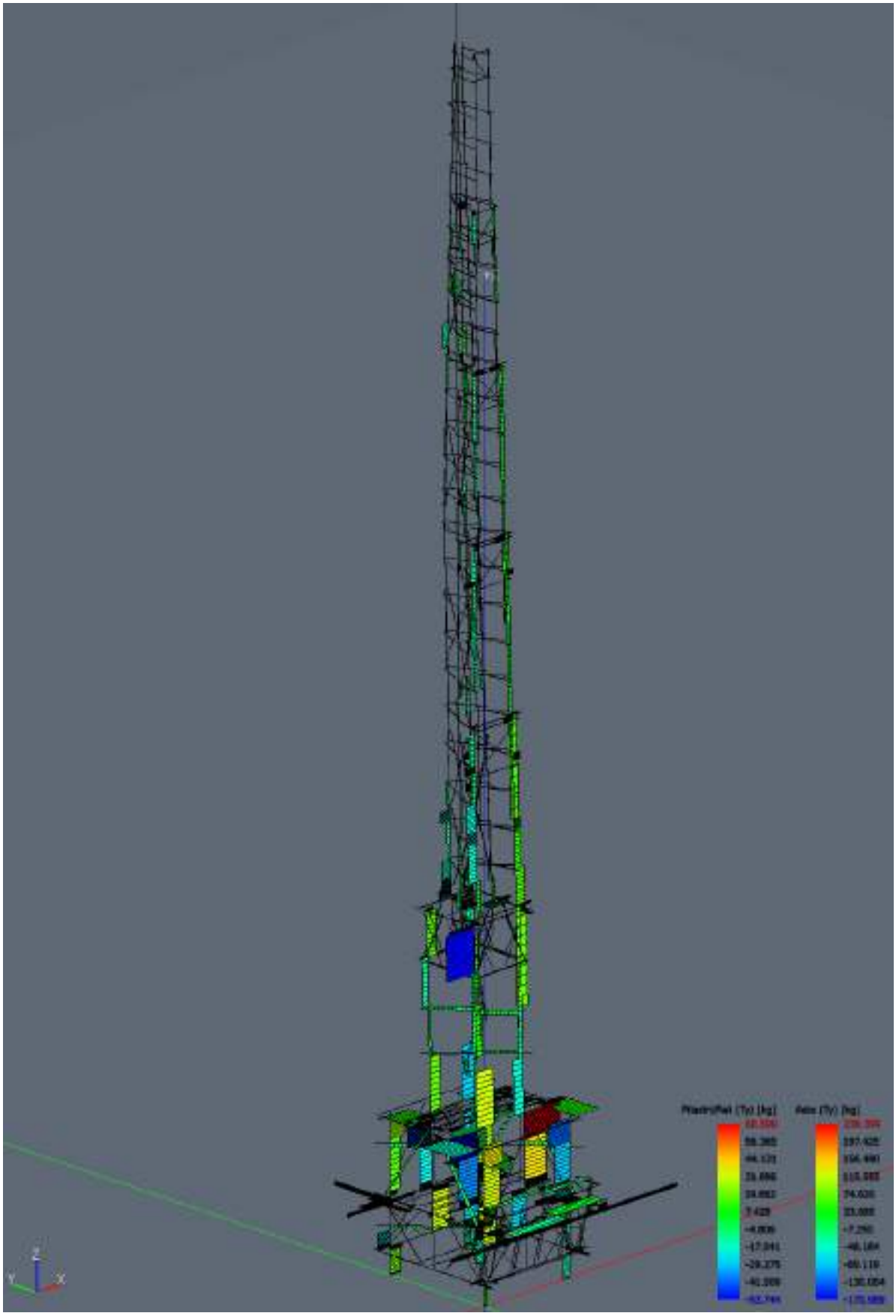
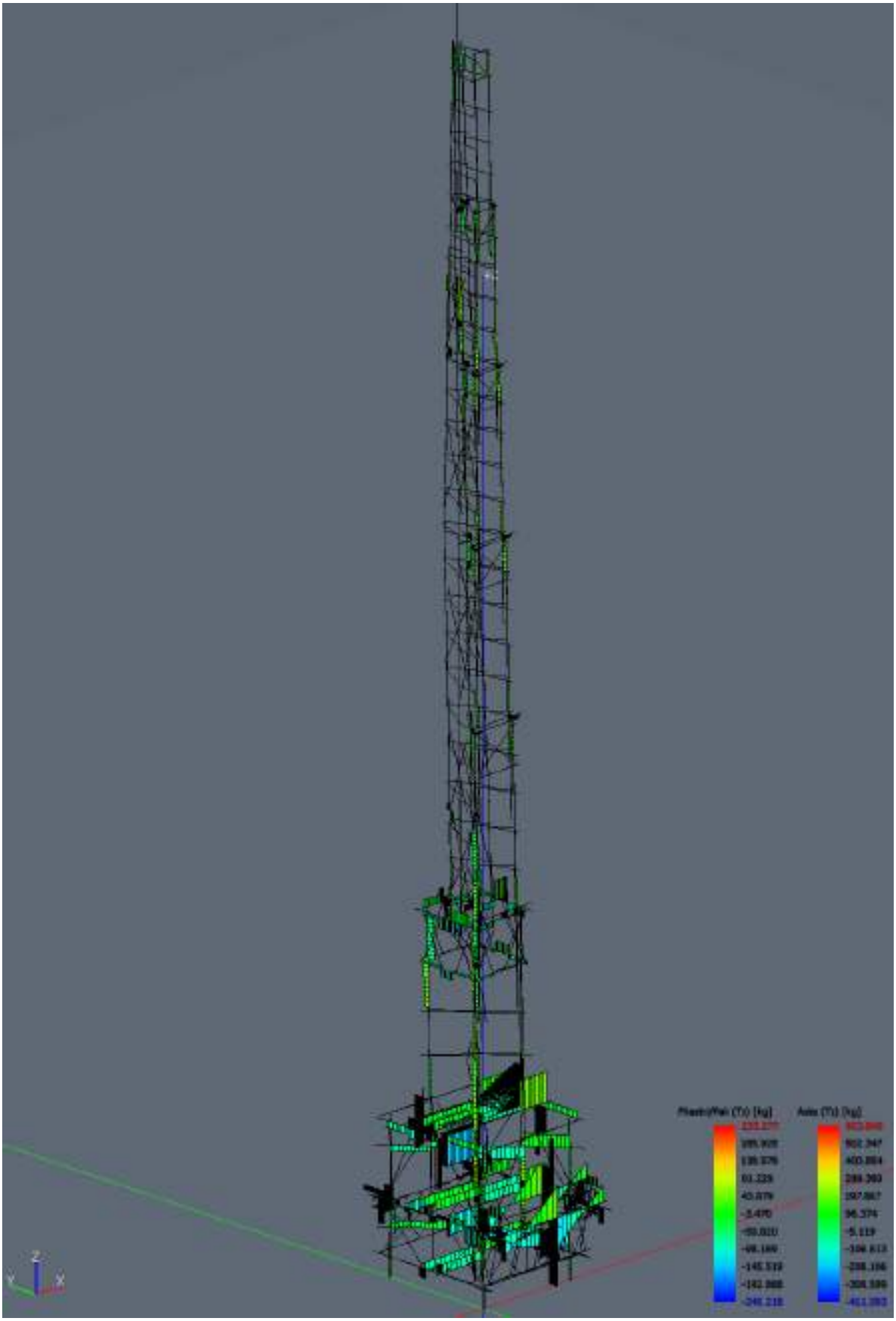


Diagramma del Taglio T_z – combo SLU



4 ELABORAZIONE DEI RISULTATI

	SEZIONE	BASE [cm]	ALTEZZA [cm]	DIAMETRO [cm]
BASE	CROCI ORIZZONTALI	-	-	8,5
	PIEDI	20	20	-
	SQUADRI GRANDI (B,H medie)	5	15	-
	SQUADRI PICCOLI	4	8	-
	TONDI CASTAGNO	-	-	9
	TONDI PIOPPO	-	-	9
	TRAVERSA mediana anteriore	8	8	-
	TRAVERSE inferiori anteriori & posteriori	8	13	-
	TRAVERSE mediane PORTABARRE	10	10	-
	TRAVERSE superiori anteriori & posteriori	8	13	-
	TRAVERSONI inferiori portamusica	8	13	-
	TRAVERSONI superiori	10	13	-
	TRAVERSONI superiori portamusica	9	17	-
I PEZZO	CROCI ORIZZONTALI	-	-	7
	MONACELLI	7	7	-
	MONTANTI (B,H medie)	11	11	-
	SQUADRI	3	7	-
	TRAVERSE anteriori	8	10	-
	TRAVERSE posteriori	10	12	-
	TRAVERSE laterali	10	12	-
II PEZZO	CROCE	3	7	-
	CROCE S.ANDREA (frontale)	4	8	-
	MONTANTI (B,H medie)	10	10	-
	REGGIBORDA	10	10	-
	REGGISCHIENA	10	10	-
	SQUADRI per schiena centrale (croci laterali)	4	8	-
	TRAVERSE	7	10	-
	TRAVERSINO	6	6	-
III PEZZO	CROCE	3	7	-
	MONTANTI (B,H medie)	9	9	-
	CROCE S.ANDREA (frontale)	4	8	-
	SQUADRI per schiena centrale (croci laterali)	4	8	-
	TRAVERSE	6	10	-
	TRAVERSINO	6	5	-
IV PEZZO	CROCE	3	7	-
	CROCE S.ANDREA	4	8	-
	MONTANTI (B,H medie)	8	8	-
	SQUADRI per schiena centrale (croci laterali)	4	8	-
	TRAVERSE	4	8	-
	TRAVERSINO	6	6	-
V PEZZO	MONTANTI (B,H medie)	7	7	-
	SQUADRO	3	7	-
	SQUADRI per schiena centrale (croci laterali)	4	8	-
	TRAVERSE	4	8	-
	TRAVERSINO	6	6	-
VI PEZZO	MONTANTI	7	7	-
	SQUADRO	3	7	-
	TRAVERSE	3	7	-
BORDA	BORDA 1 (d medio)	-	-	20,5
	BORDA 2 (d medio)	-	-	15,75
	BORDA 3 (d medio)	-	-	10,5
PORTA MUSICA	IRRIGIDIMENTI SQUADRI GRANDI	7	7	-
	PEZZO SPECIALE (reggitavola)	10	10	-
	PORTATAVOLA superiore	8	10	-
	SQUADRI GRANDI verticali	10	6	-
	SQUADRI per croci laterali	4	8	-
	TAVOLE musicanti	22	5	-
	TRAVERSE ORIZZONTALI	8	10	-
	TRAVERSE VERTICALI	10	10	-
SCHIENE	MURALETTI centrale posteriore	7	7	-
	MURALETTI laterali	6	6	-
	RAMI DI PIOPPO	4	8	-
VARRETELLE		3	7	-

5 CONCLUSIONI

Come detto nelle premesse le calcolazioni condotte, più che alle resistenze, sono state mirate all'individuazione degli elementi maggiormente sollecitati al fine di prestare il massimo dell'attenzione per questi sia nella scelta che nella posa degli stessi.
I profili più sollecitati in relazione alla loro resistenza sono risultati tutti i tondi e le due croci orizzontali reggiborda presenti nella base ed in particolare i tondi anteriori, infatti, per questi, i coefficienti di sicurezza valutati analiticamente con un algoritmo automatico di calcolo sono inferiori all'unità.
Non si è ritenuto ricorrere a sezioni maggiori in quanto non garantirebbero la deformabilità necessaria ad agevolare il trasporto a spalla dei gigli.
Per tutte le altre sezioni i coefficienti di sicurezza sono superiori all'unità e quindi le stesse sezioni risultano verificate per le sollecitazioni afferenti; se pure alcune sezioni sono palesemente sovradimensionate, non sono state ridotte al fine di avere un baricentro basso che aumenta la stabilità del giglio nel suo complesso.
Si ribadisce che le dimensioni minime degli elementi costituenti la struttura, sono univocamente legate alle ipotesi fatte in merito alle classi di resistenza delle specie legnose adottate ai fini del calcolo e quindi le precedenti considerazioni sono valide solo se riferite a specie legnose aventi caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle considerate.
Riguardo i collegamenti, non avendo a disposizione informazioni sufficientemente dettagliate sulle modalità di realizzazione e sulle caratteristiche dell'assemblaggio degli elementi costituenti la macchina da festa, si è ipotizzato che questi fossero sovraresistenti rispetto agli elementi convergenti in essi; in altri termini, non sono state considerate la possibilità di crisi degli stessi collegamenti e le possibili modalità di collasso da essi innescate.
Pertanto nulla si dice in merito a chiodature, bullonature e confinamenti, prendendo atto dell'esperienza e del protocollo di qualità della bottega d'arte.
Per le caratteristiche, classe e resistenza dei materiali fare riferimento al punto 2.2 della presente.

Nola 29 settembre 2016

Il tecnico
ing. Mario ARIENZO

BIBLIOGRAFIA

[1] A. M. Russo: *Arte e Tecnica nei Gigli di Nola, forme ed espressioni dell'attività artigianale campana*, Sellino Edizioni Mezzogiorno, 1995.

[2] CNR-DT 206/2007: *Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo delle Strutture di Legno*, Consiglio Nazionale delle Ricerche, 2007.

[3] Deliberazione del Consiglio di Amministrazione N. 13 22-02-2002: *Capitolato Tecnico Speciale per il vincolo costruttivo delle "Macchine da Festa"*, Ente Festa dei Gigli, 2002.

[4] Min.LL.PP, DM 14 gennaio 2008. (2008): *Norme tecniche per le Costruzioni* (*NTC*),Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana,29.

[5] Min.LL.PP, Circolare 617-2009: *Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni*, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana,47.

[6] UNI EN 11035-2: *Legno strutturale Regole per la classificazione a vista secondo la resistenza meccanica e valori caratteristici per i tipi di legname strutturale italiani*, UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione, 2010.

COMUNE DI NOLA
PROVINCIA DI NAPOLI

TITOLARE

FONDAZIONE FESTA DEI GIGLI

PROGETTISTA

Ing. Luigi Fedele

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI NAPOLI
DOTT. ING. FEDELE LUIGI
SEZIONE A
N° ISCR. 18175

FEDELEINGEGNERIA

PROGETTO

VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA STRUTTURALE GIGLI DI NOLA: GIGLIO CON STRUTTURA AD "UNA FACCIA"

ELABORATO

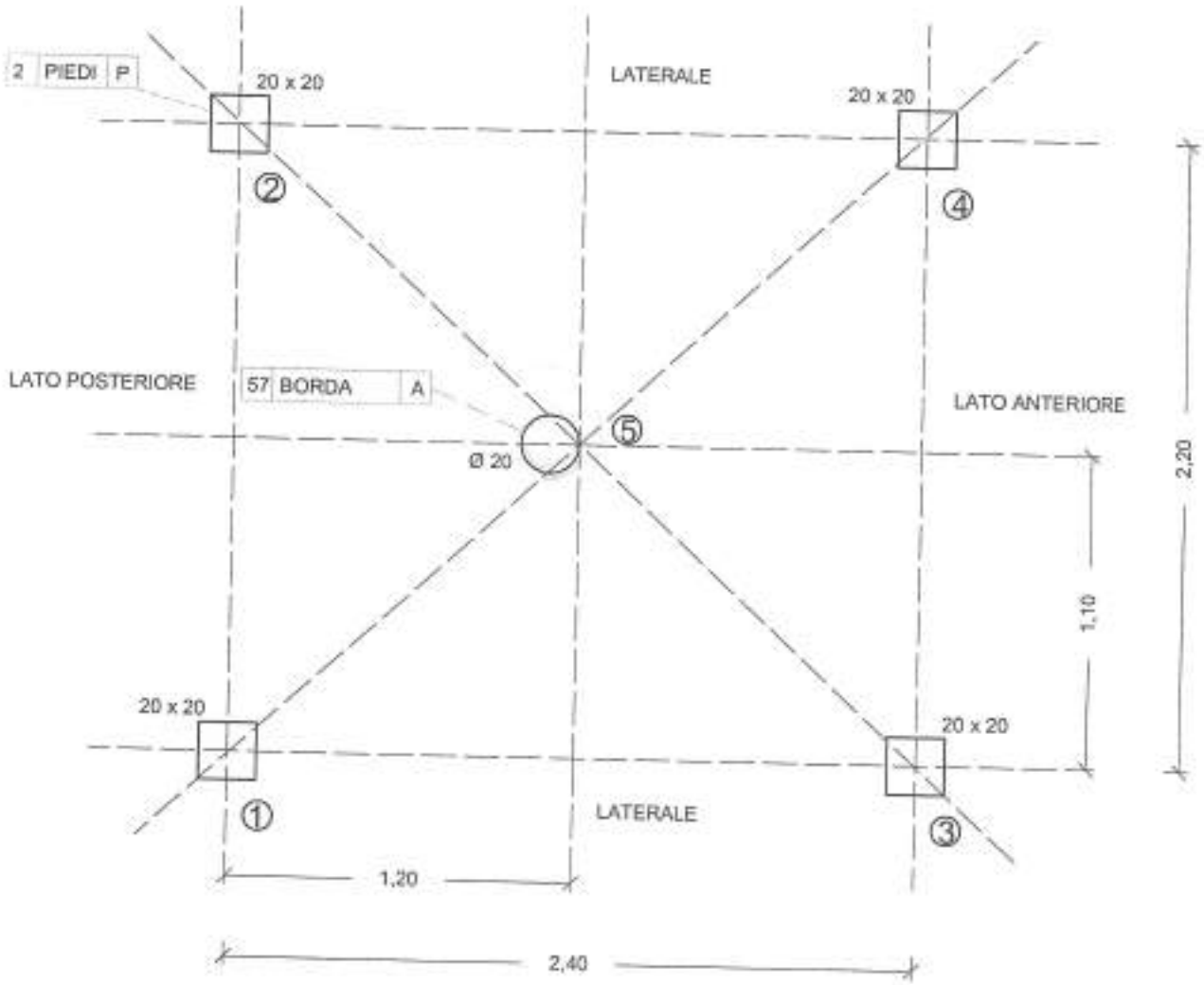
SCHEDE TECNICHE COSTRUTTIVE

Data

APRILE_2018

COMUNE DI NOLA
PROVINCIA DI NAPOLI

PROGETTO
VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA STRUTTURALE GIGLI DI NOLA:
GIGLIO CON STRUTTURA AD "UNA FACCIA"



N.B.: i fili fissi sono riferiti alla quota +3.30 m

LEGENDA:

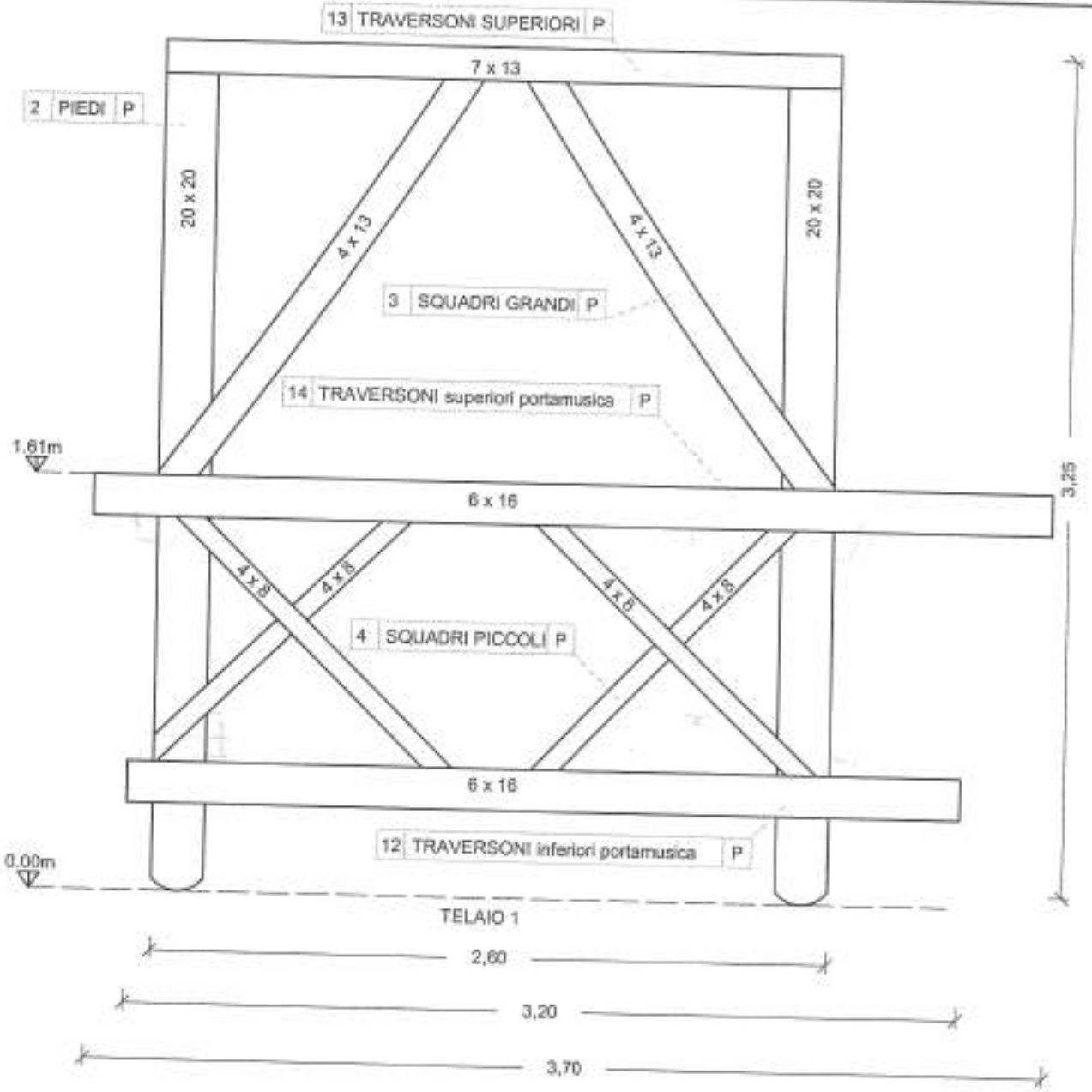
A = ABETE
P = PIOPPO
C = CASTAGNO

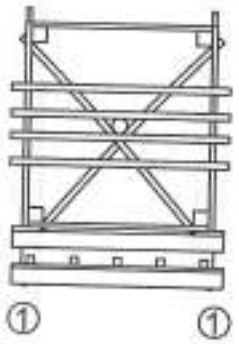
SCHEDA	OGGETTO DELLA SCHEDA		
A_01	FILI FISSI: PIEDI E BORDA		
	Scala 1:25	Data APRILE_2018	GI_04_18_03_001

La diffusione o copia del presente documento è vietata senza opportuna autorizzazione

COMUNE DI NOLA
PROVINCIA DI NAPOLI

PROGETTO
VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA STRUTTURALE GIGLI DI NOLA: GIGLIO CON STRUTTURA AD "UNA FACCIA"





SCHEMA DI RIFERIMENTO

LEGENDA:

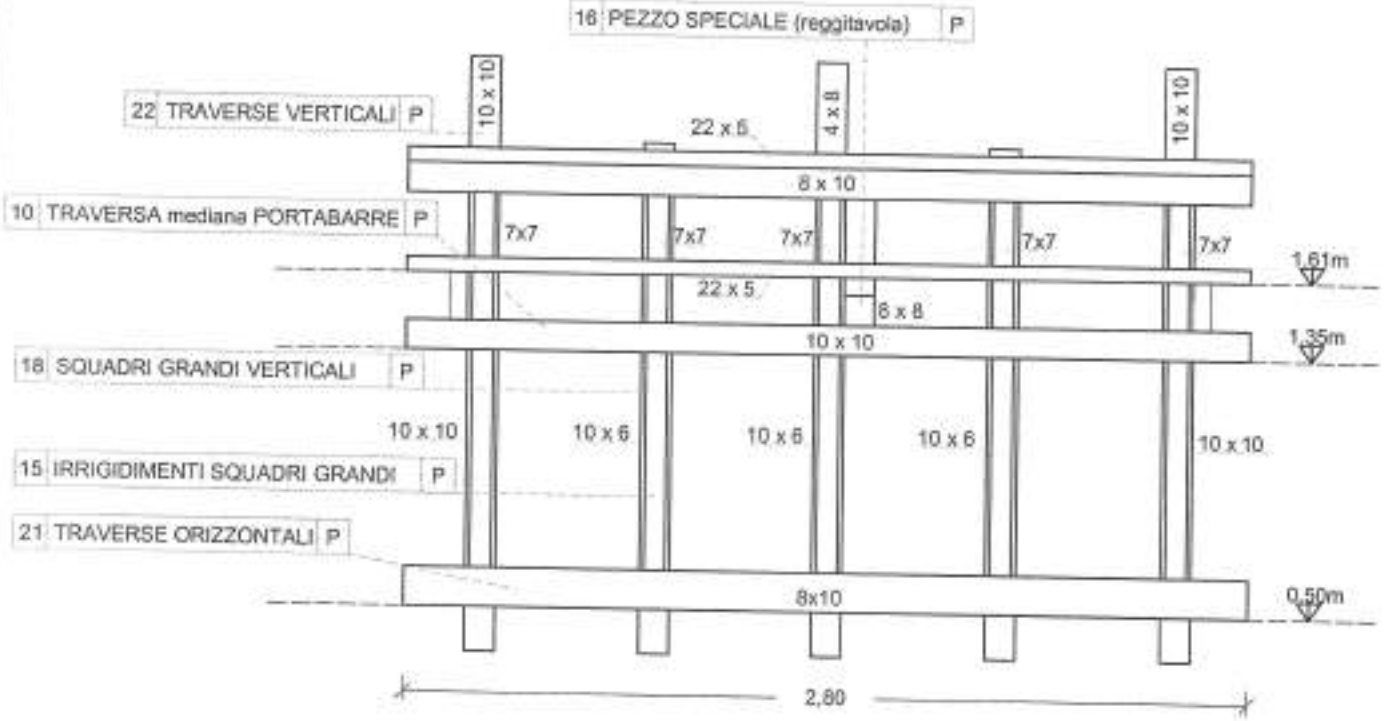
A = ABETE
P = PIOPPO
C = CASTAGNO

I. SCHEDA	OGGETTO DELLA SCHEDA		
A_02	BASE		
	Scala 1:25	Data APRILE_2018	GI_04_18_03_002

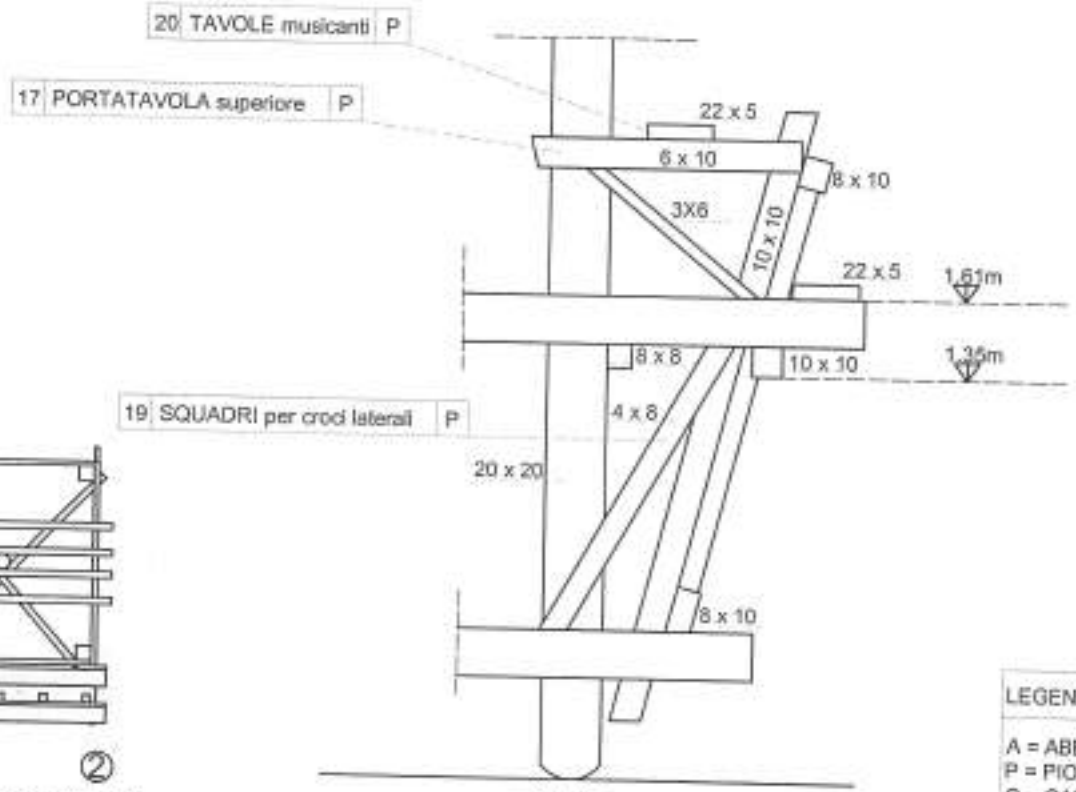
La diffusione o copia del presente documento è vietata senza opportuna autorizzazione

COMUNE DI NOLA
PROVINCIA DI NAPOLI

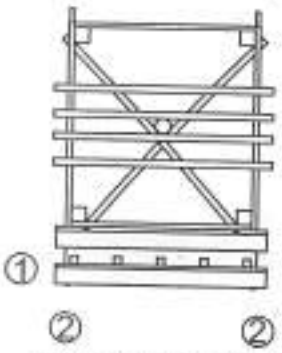
PROGETTO
VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA STRUTTURALE GIGLI DI NOLA: GIGLIO CON STRUTTURA AD "UNA FACCIA"



TELAIO 1



TELAIO 2



SCHEMA DI RIFERIMENTO

LEGENDA:

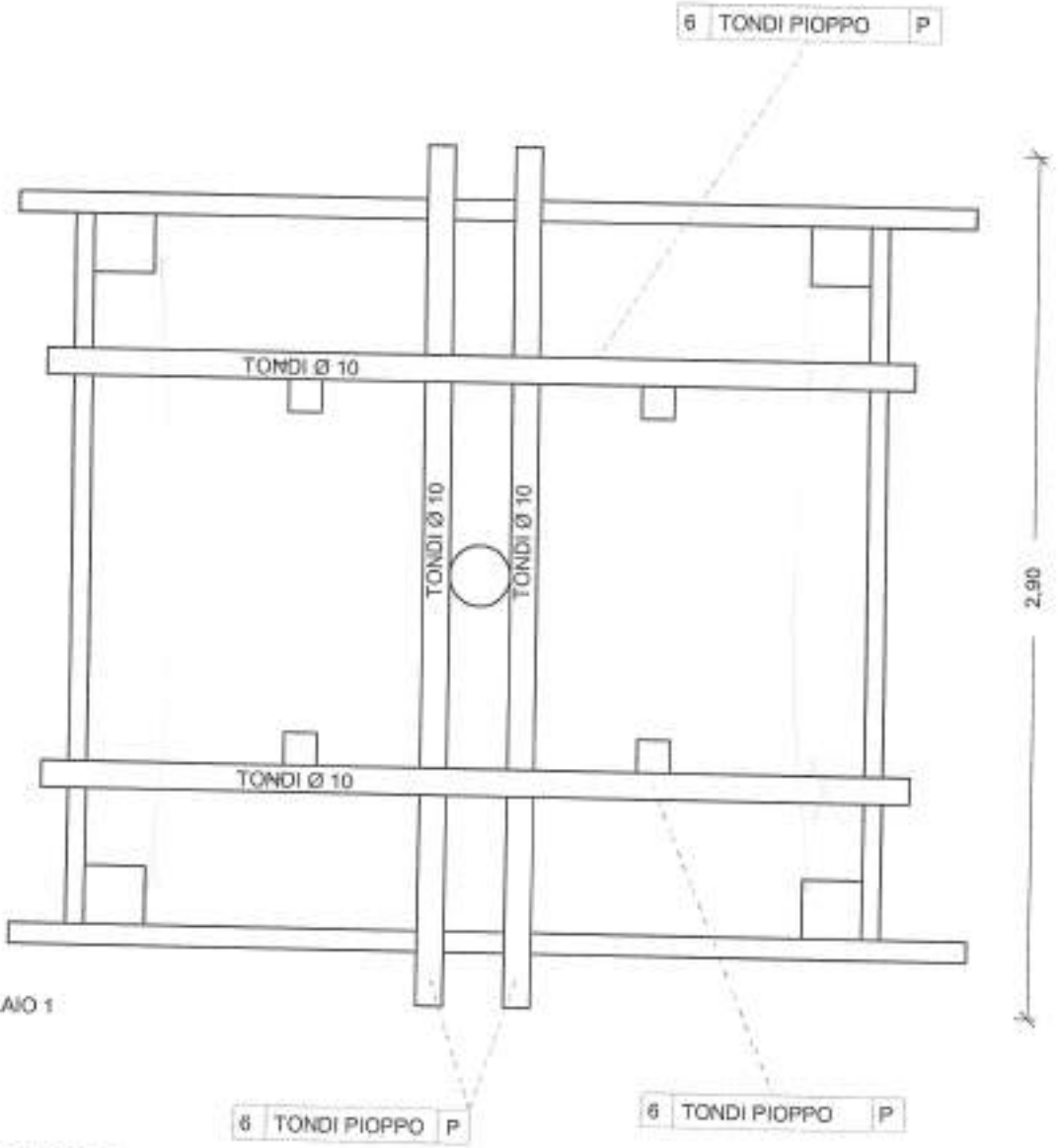
A = ABETE
P = PIOPPO
C = CASTAGNO

4. SCHEDA	OGGETTO DELLA SCHEDA			
A_03	PORTA MUSICA (BASE)			
	Scala 1:25	Data APRILE_2018	N. prot. GI_04_18_03_003	

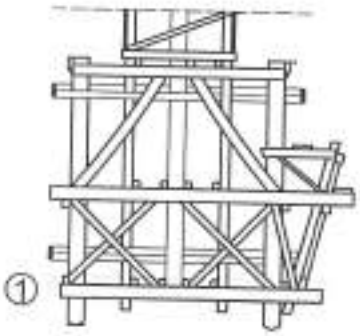
La diffusione o copia del presente documento è vietata senza opportuna autorizzazione

COMUNE DI NOLA
PROVINCIA DI NAPOLI

PROGETTO
VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA STRUTTURALE GIGLI DI NOLA: GIGLIO CON STRUTTURA AD "UNA FACCIA"



TELAIO 1



SCHEMA DI RIFERIMENTO

LEGENDA:

A = ABETE
P = PIOPPO
C = CASTAGNO

N. SCHEDA
A_04

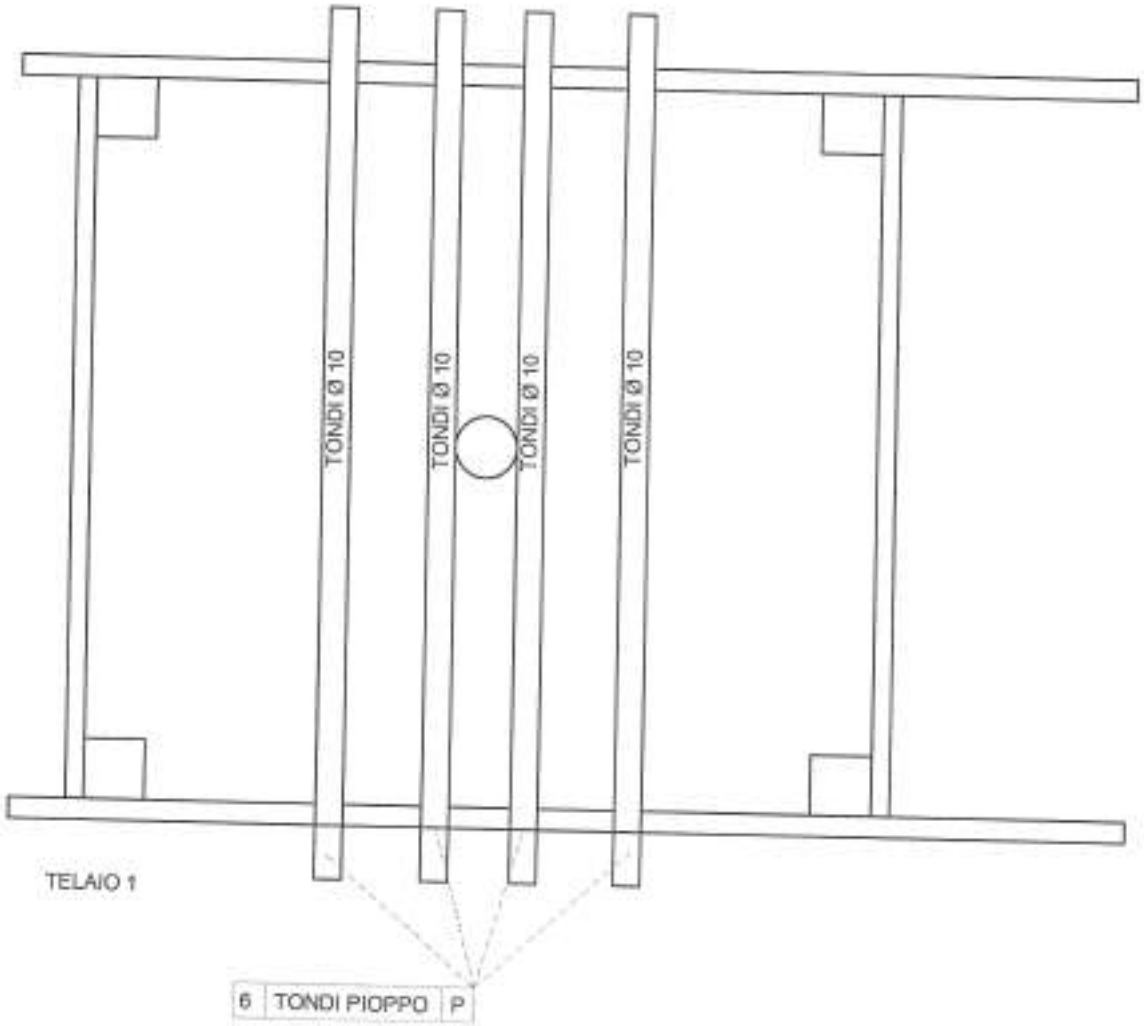
OGGETTO DELLA SCHEDA
BASE

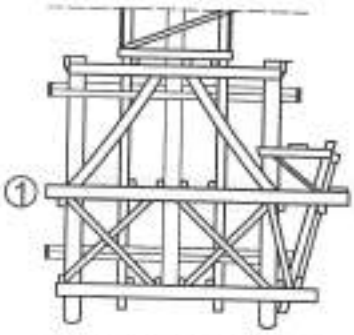
Scala	1:25	Data	APRILE_2018	GI_04_18_03_004

La diffusione o copia del presente documento è vietata senza opportuna autorizzazione

COMUNE DI NOLA
PROVINCIA DI NAPOLI

PROGETTO
VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA STRUTTURALE GIGLI DI NOLA:
GIGLIO CON STRUTTURA AD "UNA FACCIA"





SCHEMA DI RIFERIMENTO

LEGENDA:

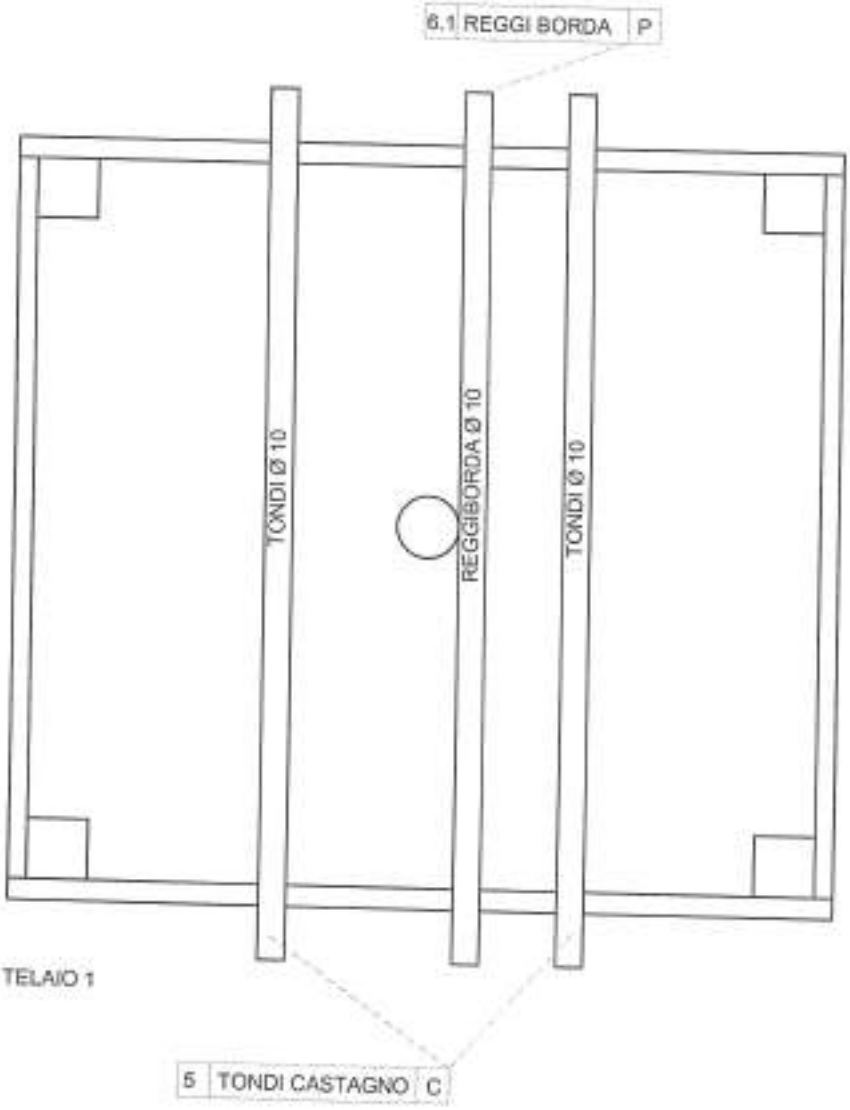
A = ABETE
P = PIOPPO
C = CASTAGNO

N. SCHEDA	OGGETTO DELLA SCHEDA			
A_05	BASE			
	Scala 1:25	Data APRILE_2018		GI_04_18_03_005

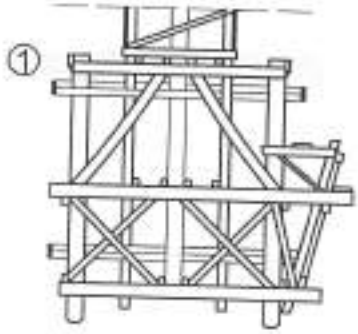
La diffusione o copia del presente documento è vietata senza preventiva autorizzazione

COMUNE DI NOLA
PROVINCIA DI NAPOLI

PROGETTO
VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA STRUTTURALE GIGLI DI NOLA:
GIGLIO CON STRUTTURA AD "UNA FACCIA"



TELAIO 1



SCHEMA DI RIFERIMENTO

LEGENDA:

A = ABETE
P = PIOPPO
C = CASTAGNO

N. SCHEDA
A_06

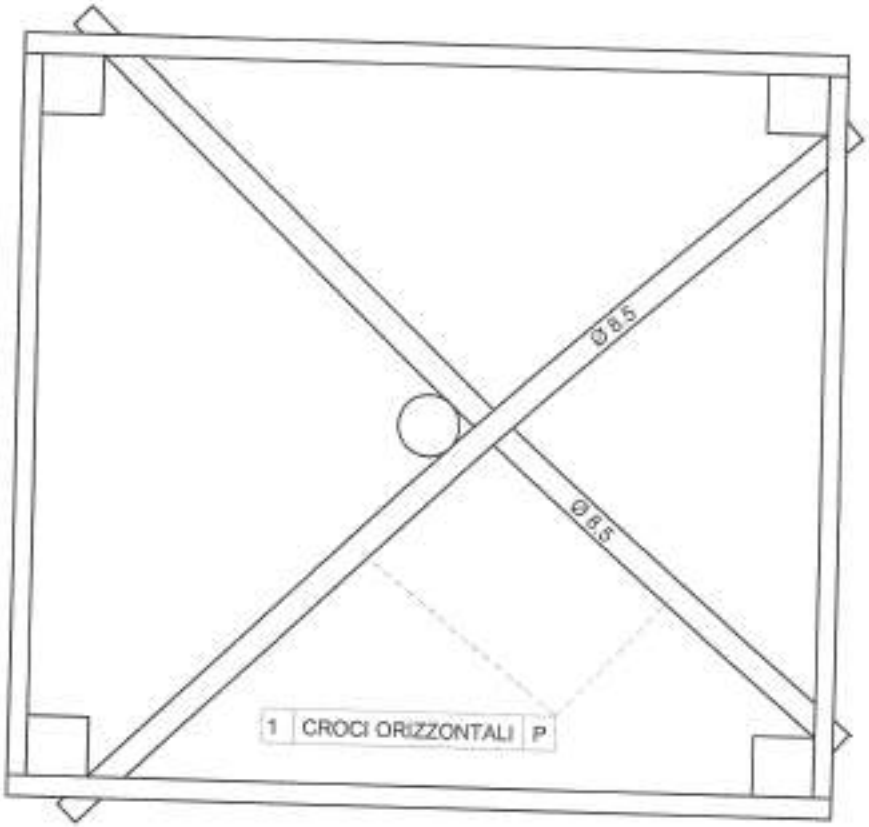
OGGETTO DELLA SCHEDA
BASE

Scala	Data	
1:25	APRILE_2018	GI_04_18_03_006

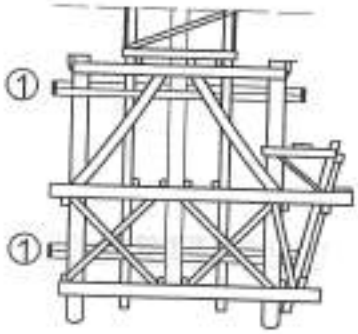
La diffusione o copia del presente documento è vietata senza autorizzazione

COMUNE DI NOLA
PROVINCIA DI NAPOLI

PROGETTO
VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA STRUTTURALE GIGLI DI NOLA:
GIGLIO CON STRUTTURA AD "UNA FACCIA"



TELAIO 1



SCHEMA DI RIFERIMENTO

LEGENDA:

A = ABETE
P = PIOPPO
C = CASTAGNO

N. SCHEDA
A_07

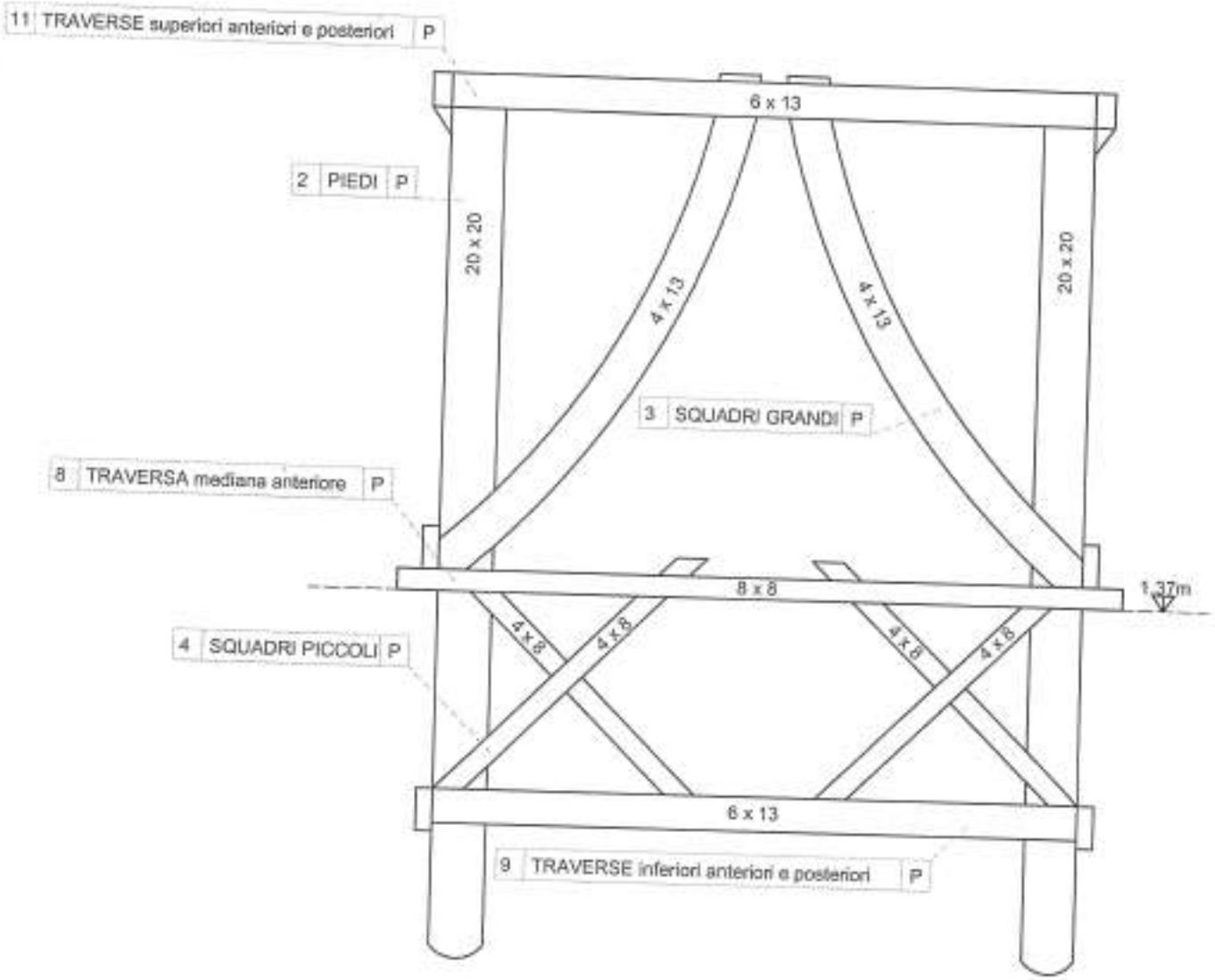
OGGETTO DELLA SCHEDA
BASE

Scala 1:25 | Data APRILE_2018 | GI_04_18_03_007

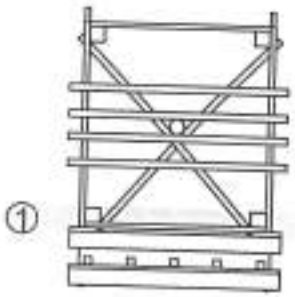
La diffusione o copia del presente documento è vietata senza opportuna autorizzazione

COMUNE DI NOLA
PROVINCIA DI NAPOLI

PROGETTO
VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA STRUTTURALE GIGLI DI NOLA: GIGLIO CON STRUTTURA AD "UNA FACCIA"



TELAIO 1



SCHEMA DI RIFERIMENTO

LEGENDA:

A = ABETE
P = PIOPPO
C = CASTAGNO

N. SCHEDA
A_08

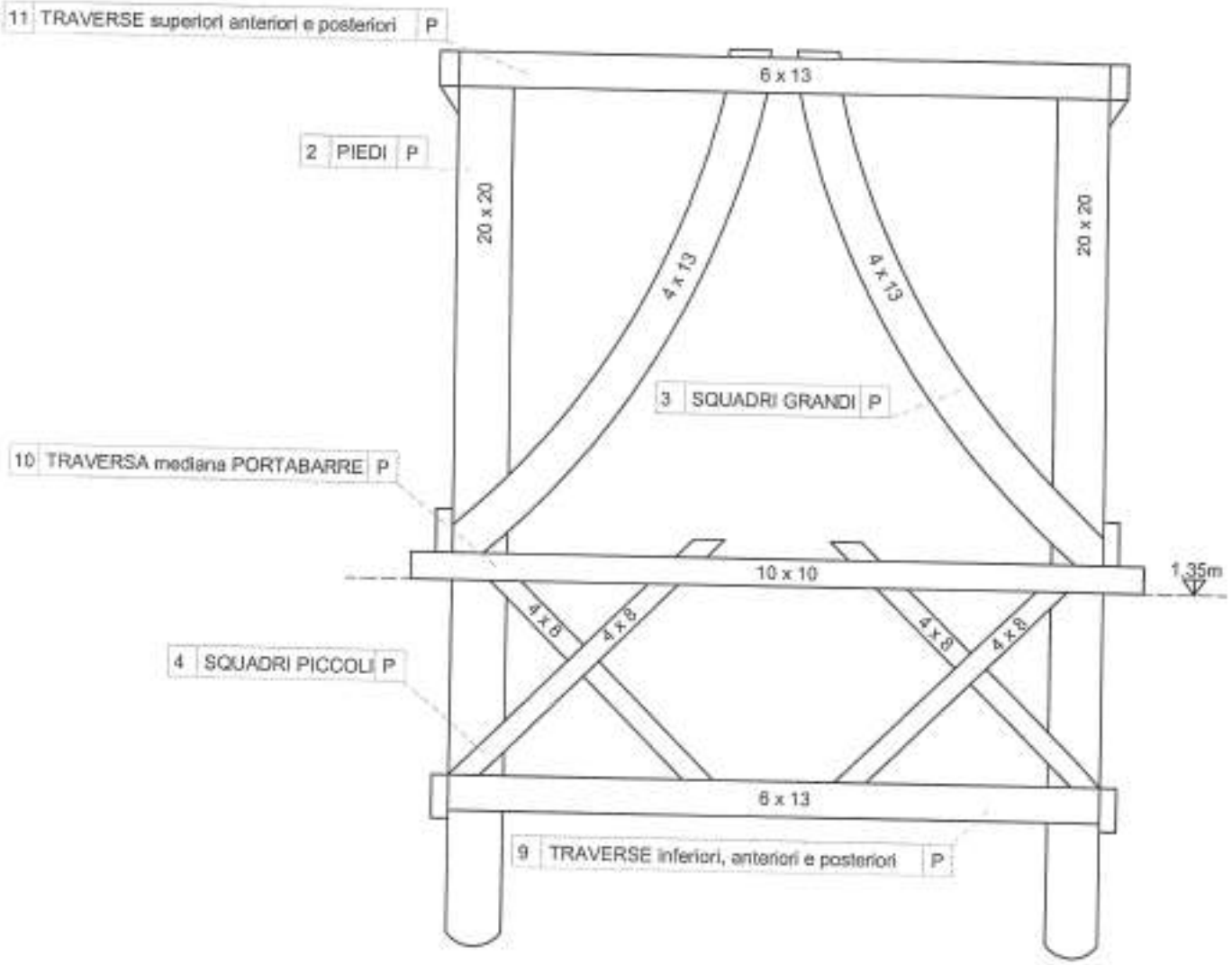
OGGETTO DELLA SCHEDA
BASE

Scala 1:25 | Data APRILE_2018 | GI_04_18_03_008

La riproduzione o copia del presente documento è vietata senza alcuna autorizzazione

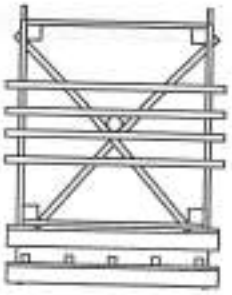
COMUNE DI NOLA
PROVINCIA DI NAPOLI

PROGETTO
VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA STRUTTURALE GIGLI DI NOLA: GIGLIO CON STRUTTURA AD "UNA FACCIA"



TELAIO 1

①



SCHEMA DI RIFERIMENTO

LEGENDA:

A = ABETE
P = PIOPPO
C = CASTAGNO

N. SCHEDA
A_09

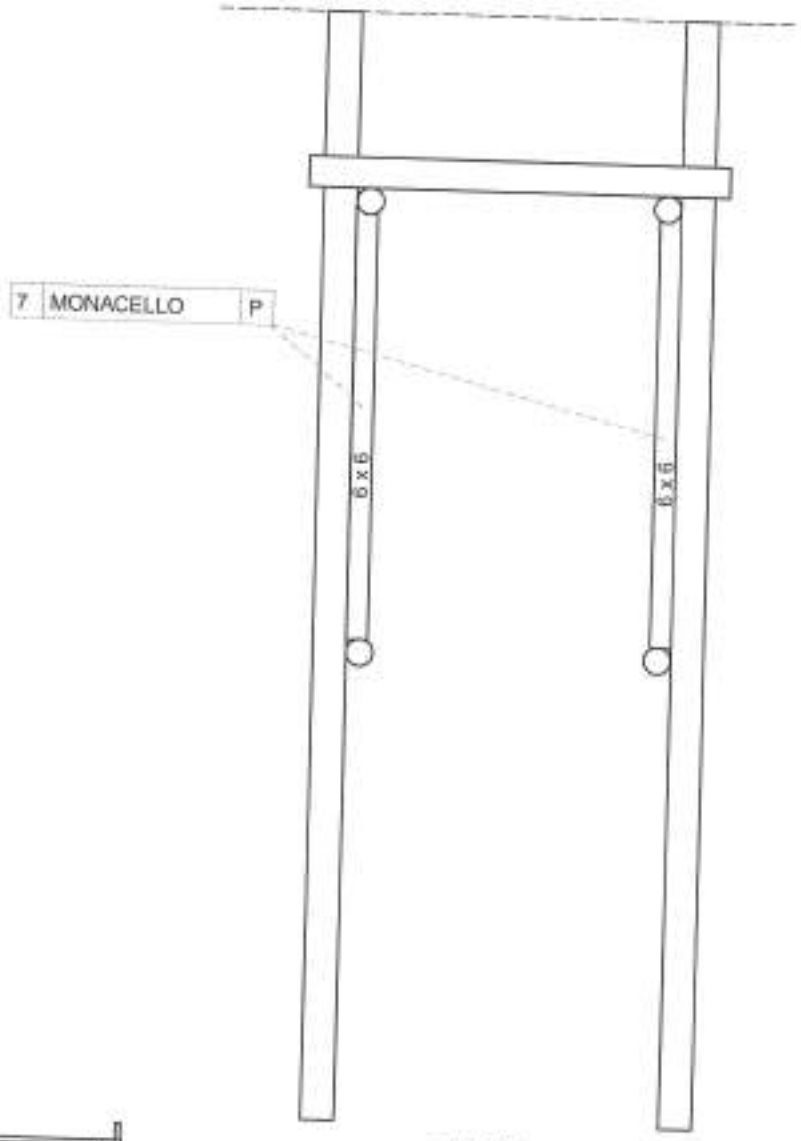
OGGETTO DELLA SCHEDA
BASE

Scala 1:25 | Data APRILE_2018 | GI_04_18_03_009

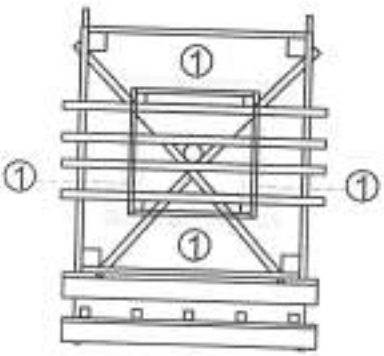
La diffusione o copia del presente documento è vietata senza conforme autorizzazione

COMUNE DI NOLA
PROVINCIA DI NAPOLI

PROGETTO
VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA STRUTTURALE GIGLI DI NOLA:
GIGLIO CON STRUTTURA AD "UNA FACCIA"



TELAIO 1



SCHEMA DI RIFERIMENTO

LEGENDA:

A = ABETE
P = PIOPPO
C = CASTAGNO

N. SCHEDA
A_10

OGGETTO DELLA SCHEDA
BASE

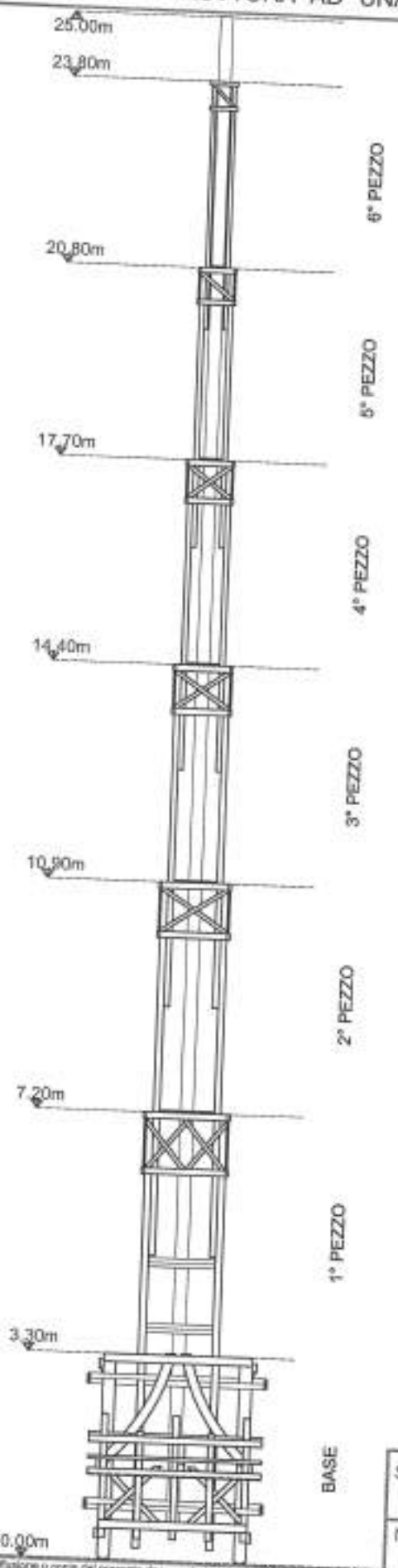
Scala 1:25 | Data APRILE_2018 | GI_04_18_03_010

La diffusione o copia del presente documento è vietata senza opportuna autorizzazione

COMUNE DI NOLA
PROVINCIA DI NAPOLI

PROGETTO

VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA STRUTTURALE GIGLI DI NOLA: GIGLIO CON STRUTTURA AD "UNA FACCIA"



PROSPETTO PRINCIPALE

N. SCHEDA

B_00

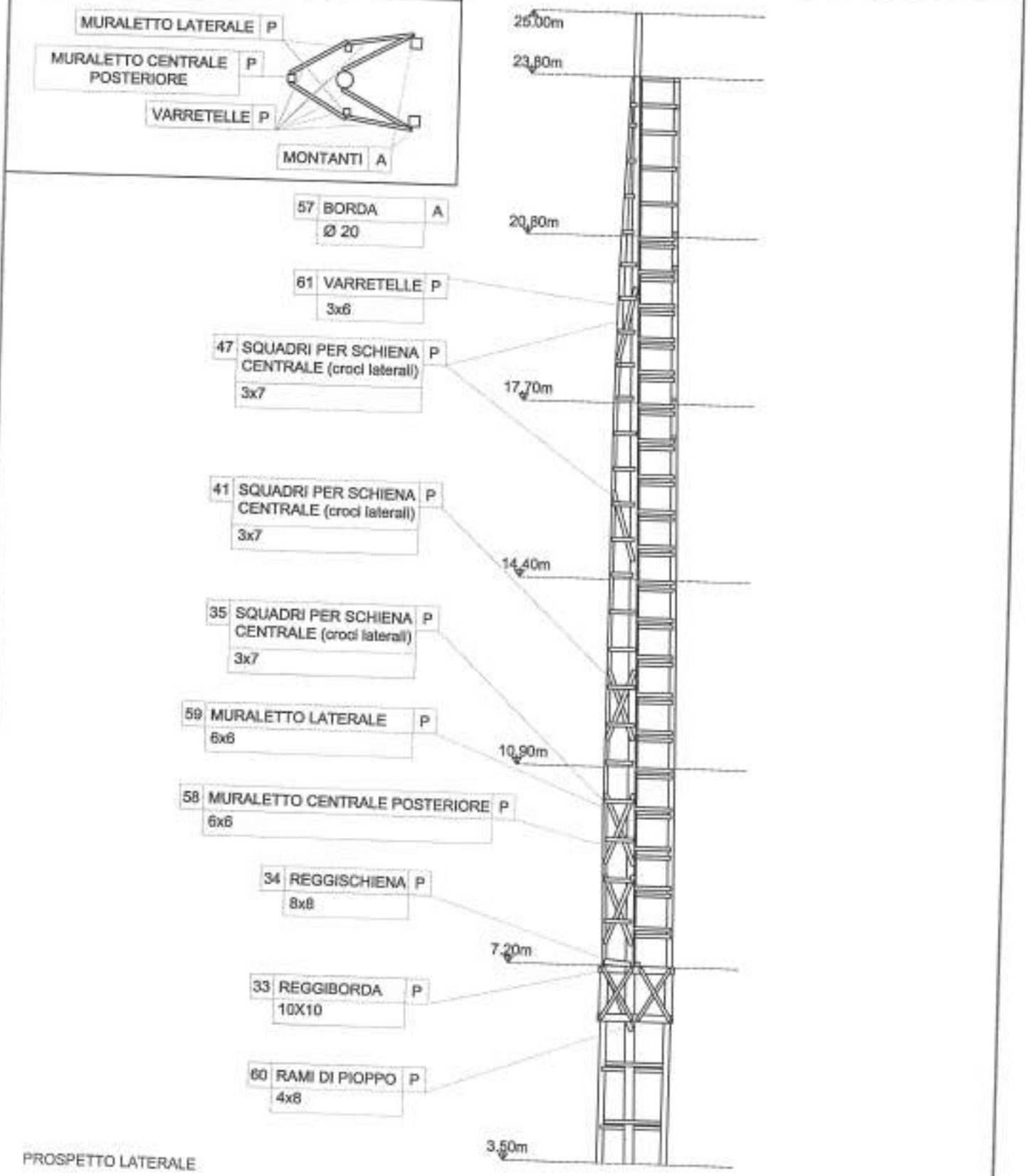
Scala	Data
1:100	APRILE_2018
N. prot.	GI_04_18_03_011

La diffusione o copia del presente documento è vietata senza opportuna autorizzazione

COMUNE DI NOLA
PROVINCIA DI NAPOLI

PROGETTO
VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA STRUTTURALE GIGLI DI NOLA:
GIGLIO CON STRUTTURA AD "UNA FACCIA"

SEZIONE TIPO 1° - 6° PEZZO



PROSPETTO LATERALE

N. SCHEDA
B_01

OGGETTO DELLA SCHEDA
1° - 6° PEZZO - BORDA - SCHIENE - VARRETELLE - PROSP. LATERALE

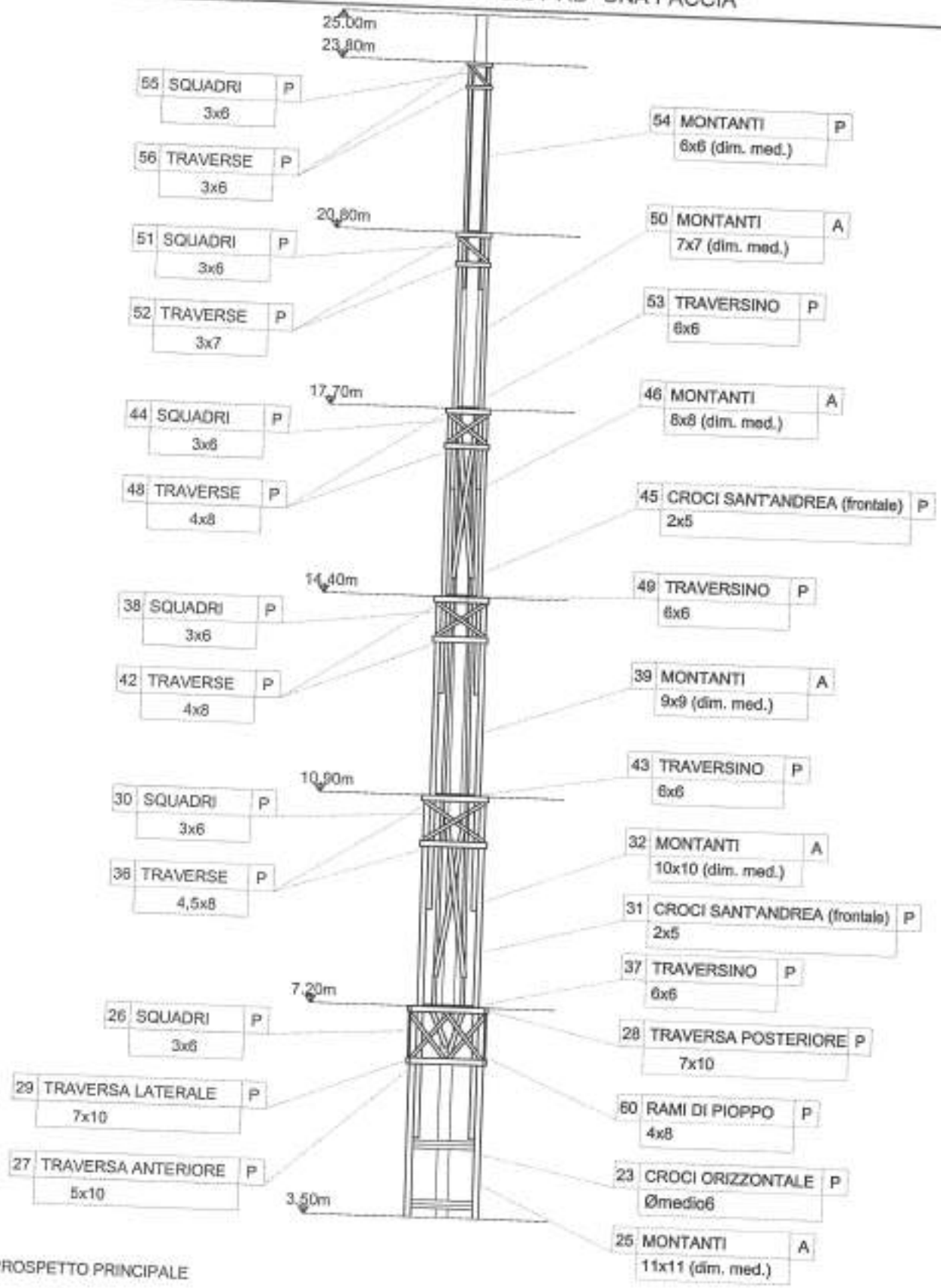
Scala	1:100	Data	APRILE_2018	GI_04_18_03_012

La diffusione o copia del presente documento è vietata senza opportuna autorizzazione

COMUNE DI NOLA
PROVINCIA DI NAPOLI

PROGETTO

VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA STRUTTURALE GIGLI DI NOLA: GIGLIO CON STRUTTURA AD "UNA FACCIA"



PROSPETTO PRINCIPALE

N. SCHEDA

B_02

OGGETTO DELLA SCHEDA

1° - 6° PEZZO - BORDA - SCHIENE - VARRETELLE - PROSP. PRINCIPALE

Scala	1:100	Data	APRILE_2018	GI_04_18_03_013

La diffusione o copia del presente documento è vietata senza adeguata autorizzazione

TOLLERANZE SEZIONI

POSIZIONE	N.	NOME PEZZO	TIPO TOLLERANZA
BASE	1	CROCI ORIZZONTALI	1
	2	PIEDI	3
	3	SQUADRI GRANDI (B, H MEDIE)	1
	4	SQUADRI PICCOLI	1
	5	TONDI CASTAGNO	0
	6	TONDI PIOPPO	1
	6.1	REGGIBORDA	1
	7	MONACELLO	2
	8	TRAVERSA mediana anteriore	0
	9	TRAVERSE inferiori anteriori e posteriori	1
	10	TRAVERSE mediane PORTABARRE	0
	11	TRAVERSE superiori anteriori e posteriori	1
	12	TRAVERSONI inferiori portamusica	0
	13	TRAVERSONI superiori	0
	14	TRAVERSONI superiori portamusica	0
PORTA MUSICA (BASE)	15	IRRIGIDIMENTI SQUADRI GRANDI	3
	16	PEZZO SPECIALE (reggitavola)	2
	17	PORTATAVOLA superiore	2
	18	SQUADRI GRANDI verticali	2
	19	SQUADRI per croci laterali	1
	20	TAVOLE musicanti	3
	21	TRAVERSE ORIZZONTALI	1
	22	TRAVERSE VERTICALI	1
1° PEZZO	23	CROCI ORIZZONTALI	1
	25	MONTANTI (B,H medie)	1
	26	SQUADRI	1
	27	TRAVERSE anteriori	1
	28	TRAVERSE posteriori	1
	29	TRAVERSE laterali	1
2° PEZZO	30	SQUADRI	1
	31	CROCE S.ANDREA (frontale)	1
	32	MONTANTI (B,H medie)	1
	33	REGGIBORDA	1
	34	REGGISCHIENA	1
	35	SQUADRI per schiena centrale (croci laterali)	1
	36	TRAVERSE	1
	37	TRAVERSINO	1
3° PEZZO	38	SQUADRI	1
	39	MONTANTI (B,H medie)	1
	41	SQUADRI per schiena centrale (croci laterali)	1
	42	TRAVERSE	1
	43	TRAVERSINO	1
4° PEZZO	44	SQUADRI	1
	45	CROCE S.ANDREA (frontali)	1
	46	MONTANTI (B,H medie)	1

4° PEZZO	47	SQUADRI per schiena centrale (croci laterali)	1
	48	TRAVERSE	1
	49	TRAVERSINO	1
5° PEZZO	50	MONTANTI (B,H medie)	1
	51	SQUADRI	1
	52	TRAVERSE	1
	53	TRAVERSINO	1
6° PEZZO	54	MONTANTI	1
	55	SQUADRI	1
	56	TRAVERSE	1
BORDA	57	BORDA	1
SCHIENE	58	MURALETTI centrale posteriore	1
	59	MURALETTI laterali	1
	60	RAMI DI PIOPPO	1
VARRETELLE	61	VARRETELLE	1

TOLLERANZE	PERCENTUALE
0	±2%
1	±5%
2	±10%
3	±15%