



Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Tecnica e
Gestione dei Sistemi Industriali



Corso di laurea Magistrale in
Ingegneria dell'Innovazione del Prodotto

**CONTROTELAI INNOVATIVI E MODULARI
PER ALLESTIMENTI FRIGORIFERI PESANTI**

**DESIGNING INNOVATIVE AND MODULAR SUBFRAMES
FOR LARGE REFRIGERATING VEHICLES**

Relatore: Professor CARACCILO ROBERTO

Correlatore: Ingegnere GOLO MATTEO

Laureando: FURLANI NICOLA

1149671

Anno Accademico: 2017-2018

Indice

Introduzione	1
1. Lo stato dell'arte	5
1.1. Quote e vincoli fondamentali	6
1.1.1. Quota D	7
1.1.2. Lunghezza dell'allestimento	9
1.1.3. Altezza dell'allestimento.....	10
1.1.4. Tipo di telaio.....	11
1.1.5. Larghezza del telaio	13
1.2. Componenti del controtelaio.....	15
1.2.1. Longheroni centrali	16
1.2.2. Traversi centrali.....	20
1.2.3. Testata posteriore	23
1.2.4. Supporti del gruppo frigo	28
1.2.5. Fissaggi all'autotelaio	32
1.3. Produzione di un controtelaio	34
1.3.1. Progettazione dei componenti.....	34
1.3.2. Lotti di acquisto, taglio laser e piega.....	36
1.3.3. Lavorazioni di carpenteria e assemblaggio	37
1.3.4. Trattamento di zincatura e verniciatura	40
1.3.5. Finitura	41

2. Obiettivo della tesi	43
2.1. I problemi.....	44
2.1.1. Produzione artigianale.....	44
2.1.2. Elevato Lead Time di produzione	46
2.1.3. Lotti unitari	47
2.1.4. Limite di produttività ormai raggiunto	49
2.2. Obiettivi specifici.....	50
2.2.1. Standardizzazione del prodotto.....	50
2.2.2. Riduzione del Lead Time di produzione	51
2.2.3. Trasportabilità	51
2.2.4. Facilità di assemblaggio.....	52
2.3. Soluzioni	53
2.3.1. Redesign del controtelaio saldato	53
2.3.2. Nuovo design di un controtelaio innovativo e modulare.....	54
3. Redesign del controtelaio saldato.....	55
3.1. Considerazioni che hanno guidato il redesign.....	55
3.1.1. Zincatura	55
3.1.2. Utilizzo di semiassemblati.....	56
3.1.3. Dima dell'autotelaio posteriore.....	57
3.1.4. Dima per il preassemblaggio della testata posteriore..	58
3.1.5. Dima per i supporti del gruppo frigo.....	59
3.2. Redesign del controtelaio e dei suoi elementi	60
3.2.1. Divisione in tronconi	60
3.2.2. Redesign della testata posteriore	65
3.3. Obiettivi raggiunti.....	68
3.3.1. Minore Lead Time di produzione	68
3.3.2. Minori costi di produzione	70

4. Design di un controltaio innovativo e modulare	71
4.1. Obiettivi del design	73
4.1.1. Assemblaggio senza saldatura.....	73
4.1.2. Trasportabilità	75
4.1.3. Modularità	76
4.1.4. Standardizzazione dei componenti	77
4.2. Design del controltaio modulare e degli elementi.....	78
4.2.1. Normative e direttive coinvolte	78
4.2.2. Longheroni	79
4.2.3. Troncone anteriore	81
4.2.4. Longheroni posteriori.....	86
4.2.5. Unione tra longheroni.....	87
4.2.6. Fissaggi tra autotelaio e controltaio.....	89
4.2.7. Traversi centrali.....	92
4.2.8. Testata posteriore	97
4.2.9. Supporti del gruppo frigo	101
4.2.10. Materiali, spessori e lavorazioni conclusive.....	104
4.3. Dimensionamento e verifica degli elementi più critici	106
4.3.1. Unioni bullonate dei supporti del gruppo frigo	106
4.3.2. Simulazioni FEM.....	108
4.3.2.1. Gruppo frigo caricato sui relativi supporti.....	108
4.3.2.2. Scontro in retromarcia	111
4.3.2.3. Flessione del controltaio sotto peso proprio ...	115
4.4. Obiettivi raggiunti.....	116
4.4.1. Distinta base	117
4.4.2. Guida all'assemblaggio	120
4.4.3. Acquisto in lotti su previsione	120
4.4.4. Trasportabilità	121
4.4.5. Minor peso.....	121

5. Analisi tecnico economica dei risultati	123
5.1. Riduzione del Lead Time di produzione	124
5.2. Analisi cronometrica dei tempi di assemblaggio.....	126
5.3. Lotto economico di acquisto	129
5.4. Lotto economico di zincatura.....	138
5.5. Costi totali dei diversi metodi produttivi	141
5.6. Riepilogo.....	143
Conclusioni e sviluppi futuri.....	147
Bibliografia	149
Ringraziamenti	151

Introduzione

In Italia, l'84.9% delle merci viene trasportata su gomma (fonte: Eurostat 2015) e tra queste vi sono i beni deperibili, come alimenti freschi e prodotti farmaceutici, che richiedono il mantenimento di una temperatura bassa e costante. È quindi indispensabile l'utilizzo di allestimenti frigoriferi su veicoli commerciali, ovvero cassoni isotermitici la cui temperatura interna è forzata e mantenuta a varie temperature, definite ed indipendenti dalla temperatura dell'ambiente circostante.

Un cassone isotermitico, per quanto di qualità, può solo ritardare l'equilibrio termico tra l'interno del cassone e l'ambiente esterno. È dunque necessario aggiungere un gruppo frigo, una macchina frigorifera indipendente dal propulsore del veicolo, capace di mantenere le temperature desiderate. L'allestimento può quindi ottenere la classificazione FRC, che definisce i cassoni frigoriferi rinforzati con temperatura controllata fino a -20°C.

La creazione di un allestimento frigorifero, oltre all'acquisto di un veicolo e di un cassone, richiede l'intervento di un allestitore. Questa figura:

- produce l'allestimento, composto dal controtelaio, elemento di accoppiamento tra il veicolo e il cassone refrigerato, unendo permanentemente questi tre componenti separati dando origine ad un veicolo allestito
- collauda il veicolo allestito, permettendone la circolazione sulle strade pubbliche, nel rispetto delle normative vigenti.

Il presente elaborato intende investigare gli aspetti ingegneristici connessi con la progettazione, la verifica, la realizzazione e l'omologazione di un allestimento per veicolo stradale, utilizzando come caso di studio un veicolo frigorifero pesante.

Lo scopo della tesi è quello di studiare, con i moderni metodi dell'ingegneria, innovativi concetti di allestimento che consentano di pervenire a prodotti modulari e quindi producibili industrialmente, con il controllo dei costi e dei tempi di produzione.

La tesi si svolge in collaborazione con l'azienda Golo Srl, azienda specializzata del settore che, in virtù di accordi commerciali con costruttori di veicoli e di cassoni refrigerati, si sta affacciando ad un mercato più ampio di quello tradizionalmente locale, tipico di molti allestitori.

Gli allestimenti frigoriferi pesanti spiccano tra gli altri in quanto caratterizzati da

- lunghezza del veicolo allestito fino a 12 metri
- lunghezza utile interna del cassone frigorifero fino a 10 metri
- larghezza dell'allestimento pari a 2600mm, ammissibile grazie all'eccezione dell'Art. 61.4 del Codice Stradale, per veicoli rientranti nella categoria ATP (trasporto di merci deperibili a temperatura controllata)
- capacità di carico fino a 24 bancali EUR e circa 13 tonnellate di merci, nei veicoli con massa complessiva di 26 tonnellate.

L'obiettivo della tesi svolta in collaborazione con l'azienda Golo srl è stato pertanto uno studio dei controtelai per allestimenti frigoriferi pesanti, con i seguenti target:

- abbattere i costi di produzione
- abbattere il Lead Time di produzione
- rendere economicamente trasportabile il controtelaio
- abbattere i tempi di progettazione e assemblaggio del singolo controtelaio.

Gli allestimenti frigoriferi costituiscono il 35% dell'intera produzione Golo srl ed il 65% dell'intero fatturato, dunque offrono terreno fertile per un'attività di riprogettazione. Mentre il veicolo, il cassone e il gruppo frigo vengono forniti da produttori esterni, il controtelaio viene tipicamente progettato e prodotto interamente dall'allestitore.

Il percorso ha quindi avuto origine dal controtelaio tradizionale, che è stato studiato in ogni sua caratteristica, funzione e componente. Per ciascuna problematica è stata individuata una soluzione, dando origine al redesign di un primo controtelaio, assemblato tramite saldatura, in grado di raggiungere parzialmente gli obiettivi prefissati.

In occasione della nascita di una partnership tra Lamberet Italia e Golo srl, è stato progettato un nuovo controtelaio, innovativo e modulare

- composto esclusivamente da componenti standard
- assemblabile unicamente tramite imbullonatura
- adattabile a qualunque veicolo pesante
- facilmente trasportabile
- economicamente più vantaggioso.

Nella presente tesi viene quindi analizzato lo stato dell'arte, ovvero il controtelaio tradizionale, nei suoi componenti e vincoli che lo caratterizzano. Viene dunque presentato il redesign, percorrendo le fasi della riprogettazione del controtelaio e dei suoi componenti. Infine viene presentato il nuovo controtelaio modulare e innovativo, di cui verranno analizzati i vantaggi in termini di produttività, logistici ed economici.

Capitolo 1

Lo stato dell'arte

Compito del controtelaio è fungere da interfaccia tra cassone e autotelaio, offrendo contemporaneamente sostegno ad accessori come luci, parafanghi e il gruppo frigo.

Il metodo di produzione di controtelai di Golo srl è completamente artigianale, in quanto facente ampio ricorso ad unioni saldate; così facendo ogni controtelaio è un'opera unica, diversa dalle successive. La produzione è quindi del tipo Make to Order, interamente su commessa.

Nonostante l'ufficio tecnico fornisca disegni tecnici a corredo della singola commessa, la realizzazione del controtelaio è lasciata ampiamente all'esperienza e all'estro degli addetti alla carpenteria. I controtelai prodotti risultano quindi essere estremamente curati e rinforzati, ma con costi e Lead Time di produzione molto elevati, poiché tanto l'approvvigionamento quanto la progettazione e la produzione hanno inizio solo ad ordine avvenuto, risultando sequenziali tra loro.

La progettazione e definizione del controtelaio richiede la conoscenza ed elaborazione di alcune informazioni fondamentali, con dispendio di tempi ed energie.

1.1. Quote e vincoli fondamentali

Ciascun controtelaio è definito da quote fondamentali, che ne governano la geometria e definiscono limiti ed obiettivi dell'allestimento. Affinché il veicolo non venga stravolto per accogliere il cassone frigorifero, le case costruttrici emanano delle Direttive per allestitori. Queste, insieme alle norme del Codice della Strada, offrono una raccolta di regole, vincoli e consigli che guidano l'allestitore nella progettazione e produzione, prima del controtelaio, quindi dell'allestimento completo.

È pertanto necessario citare le fondamentali quote, proprie di ciascun veicolo, che è necessario rispettare nella progettazione preliminare del controtelaio.

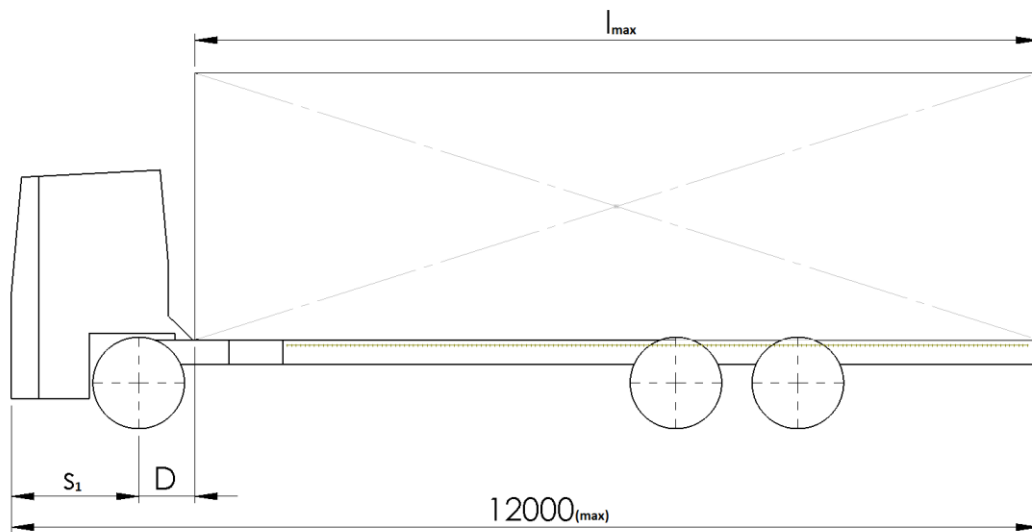


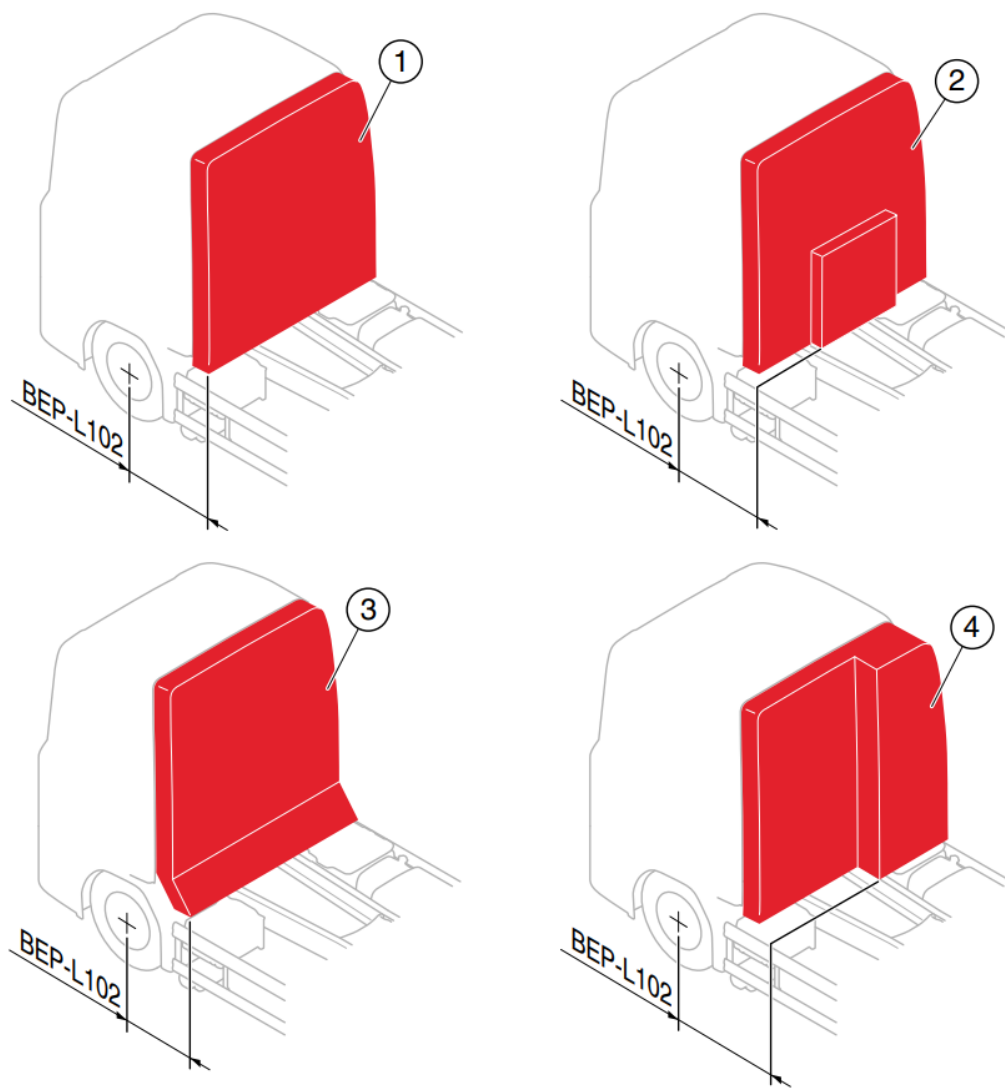
Figura 1.1. Quote fondamentali di un allestimento

1.1.1. Quota D

La quota D è la posizione in cui ha inizio l'allestimento rispetto al primo asse del veicolo. Viene quindi definita come la distanza tra il primo asse e la parete anteriore del cassone frigorifero.

La quota D minima viene sempre imposta dalla casa costruttrice del veicolo, in quanto devono essere permessi gli ondeggiamenti longitudinali caratteristici delle cabine ammortizzate e il ribaltamento della cabina stessa, per permettere l'accesso al vano motore.

Elementi ed accessori solidali alla cabina, come filtri dell'aria e tubazioni possono determinare un aumento della quota D, in quanto deve essere sempre garantita una sufficiente luce tra la cabina stessa e l'allestimento. Similmente, la presenza di una cabina con cuccetta determinerà un notevole aumento della quota D, rispetto ad un allestimento simile, su un veicolo uguale ma con cabina corta.



*Figura 1.1.1. Quota D al variare di cabine ed accessori
(fonte: Scania Trucks Bodybuilders Manual, 2018)*

L'allestitore ha ampia libertà nel posizionamento dell'allestimento, nel rispetto della quota D minima. Tanto più grande la quota D realizzata, tanto più arretrato il cassone, dunque tanto più ampia la luce tra cassone e cabina, a tutto vantaggio della facilità di accesso al retro cabina, necessario per interventi di manutenzione.

1.1.2. Lunghezza dell'allestimento

L'Art. 61.1.c del Codice della Strada impone che la lunghezza del veicolo non ecceda i 12 metri. Una semplice relazione matematica permette di determinare la lunghezza massima del cassone, conoscendo le altre quote fondamentali, quali

- lo sbalzo anteriore s_1 , distanza tra l'inizio del veicolo e il primo asse
- la quota D

$$l_{max} = 12000 \text{ mm} - D - s_1$$

Poiché lo sbalzo anteriore è caratteristica fondamentale di ciascun veicolo, per ottenere la massima lunghezza dell'allestimento è necessario limitare la quota D , avvicinandosi alla quota D minima definita dalla casa costruttrice. Inoltre, tanto più vicino il cassone alla cabina, tanto più vi sarà continuità tra il veicolo e l'allestimento, a tutto vantaggio dell'estetica dell'allestimento e dell'efficienza aerodinamica del mezzo.

È nel pieno interesse del cliente, in quanto utilizzatore del veicolo, disporre della massima capacità di carico, nel rispetto dei limiti di lunghezza imposti.

Negli allestimenti frigoriferi pesanti vengono solitamente preferiti veicoli a cabina corta o con sbalzo anteriore ridotto, così da utilizzare cassoni il più lunghi possibile, anche superiori ai 10000 mm.

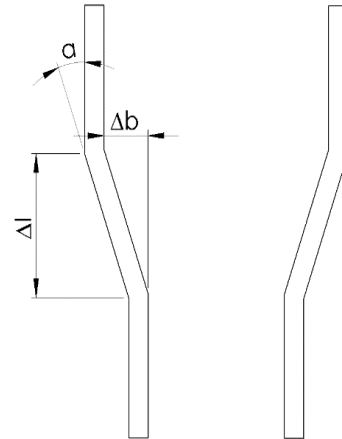
1.1.3. Altezza dell'allestimento

Per l'Art. 61.1.b del Codice della Strada, l'altezza massima del veicolo allestito, in ordine di marcia, deve essere inferiore a 4 metri. A causa dello spessore delle pareti isolanti, per offrire un'elevata altezza interna del vano di carico, un allestimento frigorifero ha bisogno di un controtelaio molto compatto. Golo srl ha quindi individuato la soluzione al problema nell'utilizzo di un controtelaio alto 120 mm.

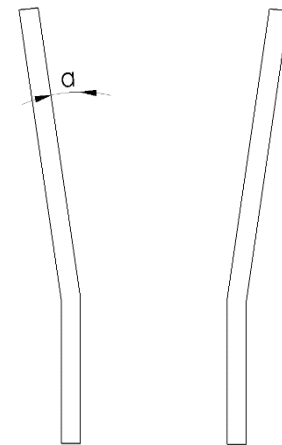
1.1.4. Tipo di telaio

Al variare del modello di veicolo e della casa costruttrice, varia la forma e geometria dell'autotelaio del veicolo stesso. È possibile raccogliere le varie geometrie in 3 fondamentali tipi di autotelai

- autotelaio di tipo A: i longheroni dell'autotelaio, nei pressi della cabina, divergono di un angolo α tale da permettere, dopo Δl , un incremento di larghezza pari a $2\Delta b$, così da contenere il propulsore del veicolo, presentando quindi una doppia piega



- autotelaio di tipo B: i longheroni dell'autotelaio, nei pressi della cabina, divergono di un angolo α , mantenendosi rettilinei prima e dopo l'unica piega



- autotelaio di tipo C: i longheroni dell'autotelaio sono rettilinei e paralleli lungo tutto il veicolo

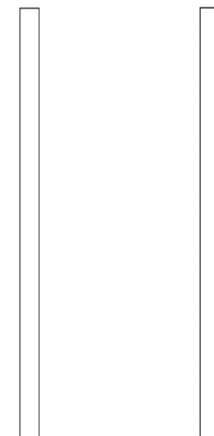


Figure 1.1.4.a,b,c Sagome dei diversi tipi di autotelai

La geometria dell'autotelaio definisce la geometria del controtelaio, che deve essere fedele ad esso. Per ogni veicolo su cui Golo srl ha realizzato allestimenti frigoriferi pesanti è stato quindi determinato

- il tipo di autotelaio, ovvero il numero di pieghe dell'autotelaio
- nei telai di tipo A e B, l'angolo di ogni piega α
- solo nei telai di tipo A, la lunghezza massima del tratto inclinato Δl
- solo nei telai di tipo A, lo spostamento massimo tra le due pieghe Δb

Veicolo	Tipo	α	Δl	Δb
Volvo F	C			
Scania P, G	B	2.71°		
Daf CF	B	2.86°		
Iveco Eurocargo	C			
Iveco Stralis	A	4.25°	538 mm	40 mm
Man TGM	C			
Man TGS	A	4.47°	1150 mm	89 mm
Mercedes Antos	A	3.71°	400 mm	26 mm
Mercedes Actros	A	3.71°	400 mm	26 mm
Mercedes Atego	C			

Tabella 1.1.4.d Quote dei diversi autotelai

1.1.5. Larghezza del telaio

La larghezza del telaio, b_x

- nei veicoli con autotelaio di tipo A è fissa, pari a due valori costanti, b_0 e b_{max}

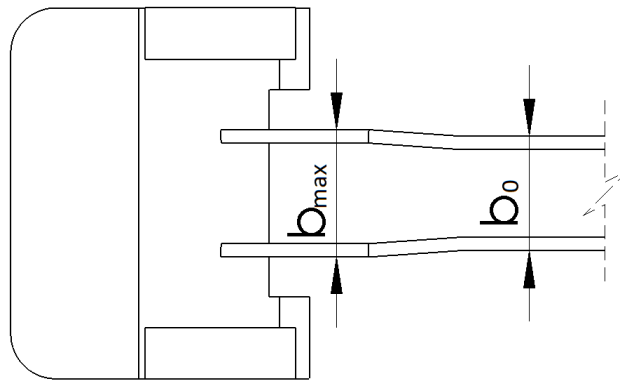


Figura 1.1.5.a Larghezza di un autotelaio di tipo A

- nei veicoli con autotelaio di tipo B è costante e pari a b_0 prima del tratto inclinato, quindi variabile, pari a $b(x_\alpha)$ nel tratto inclinato

$$b(x_\alpha) = b_0 + 2x_\alpha \tan \alpha$$

dove x_α è la direzione longitudinale che ha origine nella piega

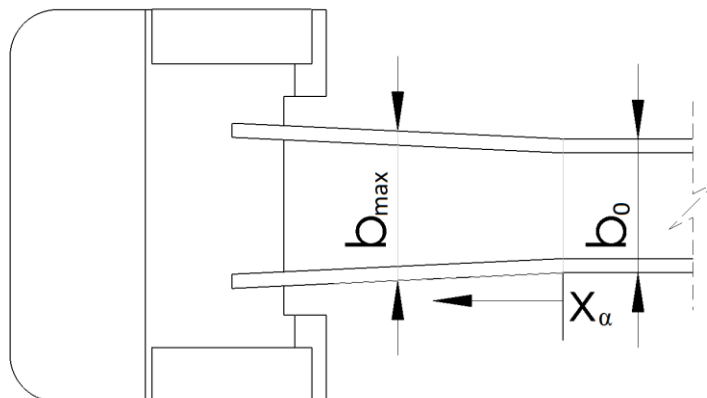


Figura 1.1.5.b Larghezza di un autotelaio di tipo B

- nei veicoli con autotelaio di tipo C, la larghezza del telaio, b_x è costante e pari a b_0

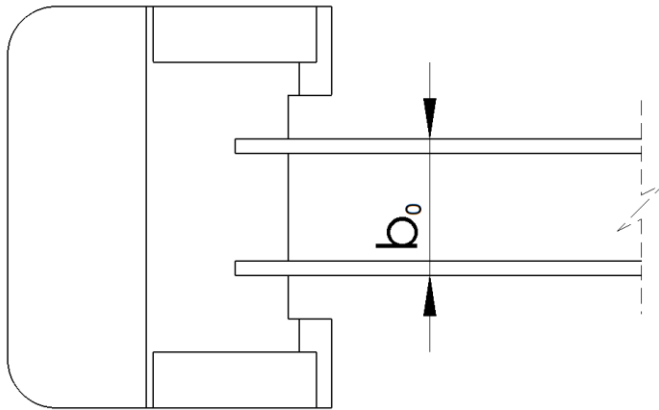


Figura 1.1.5.c Larghezza di un autotelaio di tipo C

La larghezza dell'autotelaio governa la lunghezza di quegli elementi di irrigidimento, detti traversi centrali, che uniscono i due longheroni longitudinali tanto nell'autotelaio quanto nel controtelaio.

Veicolo	Tipo	α	b_0	b_{max}
Volvo F	C		852 mm	
Scania P, G	B	2.71°	770 mm	
Daf CF	B	2.86°	790 mm	
Iveco Eurocargo	C		852 mm	
Iveco Stralis	A	4.25°	770 mm	850 mm
Man TGM	C		864 mm	
Man TGS	A	4.47°	762 mm	940 mm
Mercedes Actros, Antos	A	3.71°	848 mm	900 mm
Mercedes Atego	C		852 mm	

Tabella 1.1.5.d Larghezze dei diversi autotelai

1.2. Componenti del controtelaio

Un controtelaio per allestimenti frigoriferi può essere descritto come una struttura costituita da vari elementi, il cui scopo finale è quello di assolvere le diverse funzioni del controtelaio

- offrire sostegno longitudinale, sostenendo il peso del cassone
- proteggere gli spigoli posteriori del cassone, sostenendone il tratto posteriore, inevitabilmente meno rigido a causa della presenza dei portelloni posteriori
- permettere il montaggio e sostenere rigidamente tutti gli accessori dell'allestimento
- permettere il fissaggio all'autotelaio e, contemporaneamente, al cassone, in modo da rendere solidali cassone e veicolo

Sta quindi alla bravura dell'allestitore riuscire a progettare e produrre un controtelaio che unisca il soddisfacimento delle funzioni fondamentali con economicità, leggerezza e robustezza.

Vengono dunque analizzati i diversi componenti di un controtelaio e come vengano influenzati dal veicolo e allestimento scelti.

1.2.1. Longheroni centrali

I longheroni centrali svolgono la funzione di interfaccia tra veicolo e cassone, rendendo solidali il telaio del primo con il fondo del secondo

- tutti i veicoli commerciali odierni presentano un autotelaio costituito da due longheroni longitudinali con profilo a C. Le dimensioni e spessore del profilo variano da veicolo a veicolo, ma tutti gli autotelai presentano una superficie piana e liscia su cui può essere appoggiato il controtelaio
- i cassoni Lamberet presentano un fondo piatto da cui sporgono delle viti prigioniere, solidali a piastre in acciaio affogate nella resina del fondo del cassone. Queste viti vengono utilizzate per fissare, tramite apposite ganasce, il cassone al controtelaio.

Per questi motivi, la geometria ideale per i longheroni individuata da Golo srl risulta avere una sezione a Z, con quote derivanti dalle posizioni delle ganasce e dalla sezione dei longheroni dell'autotelaio.

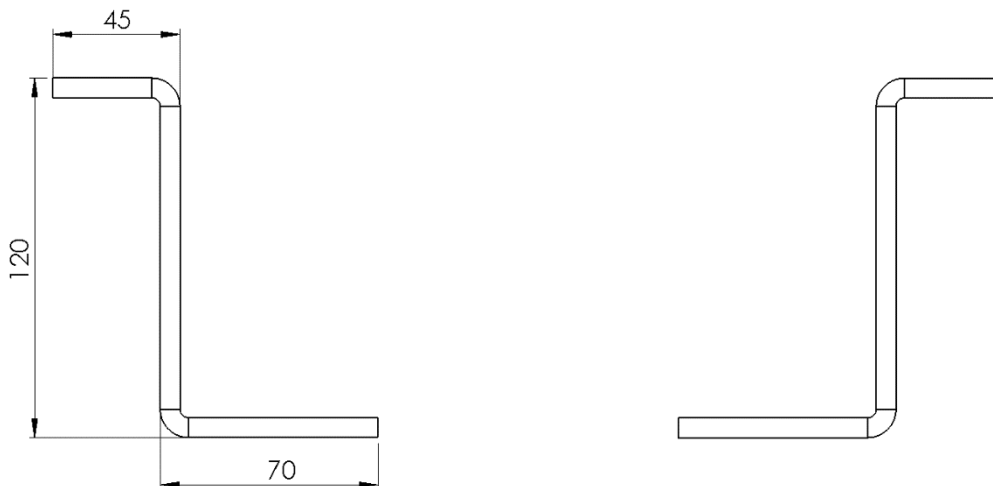


Figura 1.2.1.a Vista in sezione dei longheroni per allestimenti frigoriferi pesanti

I longheroni del controtelaio devono avere una lunghezza di poco superiore alla lunghezza del cassone frigorifero. Le direttive infatti richiedono che i longheroni del controtelaio inizino con una rastrematura di 60° , su cui non deve essere poggiato il cassone. La lunghezza longitudinale di un longherone per un allestimento lungo l_{all} è dunque pari a

$$l_{long} = l_{all} + \frac{h}{\tan \beta}$$

Ad esempio, un allestimento con cassone frigorifero lungo 10055 mm , con controtelaio alto $h = 120 \text{ mm}$ che presenta una rastrematura di $\beta = 60^\circ$ richiede longheroni con una lunghezza longitudinale l_{long}

$$l_{long} = 10055 \text{ mm} + \frac{120 \text{ mm}}{\tan 60^\circ} = 10124.28 \text{ mm} \cong 10120 \text{ mm}$$

L'estremità anteriore, rastremata, dei longheroni è quindi coperta da una piastra di testa inclinata e sagomata, di copertura.

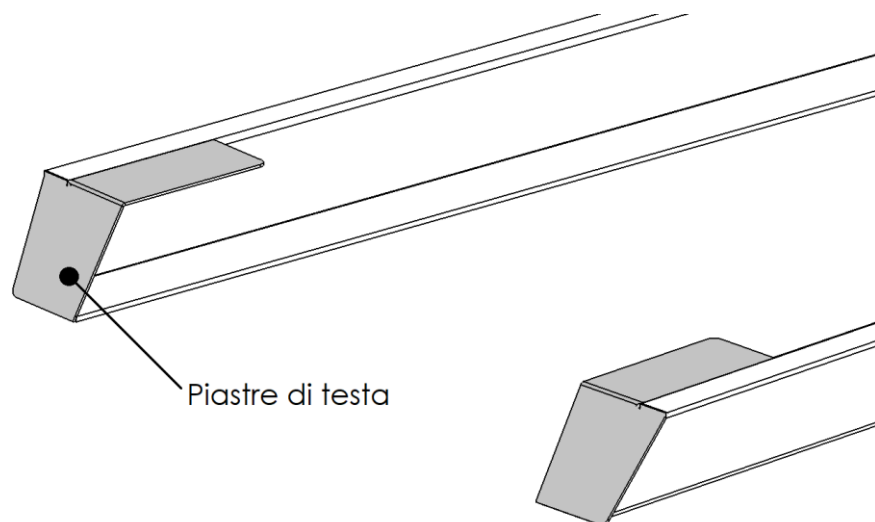


Figura 1.2.1.b Particolare della metà anteriore dei longheroni

Il tipo di autotelaio determina inoltre il numero e l'ampiezza delle pieghe da realizzare sui longheroni del controtelaio, affinché quest'ultimo segua fedelmente la sagoma del primo. Di conseguenza, a parità di lunghezza longitudinale, al variare del tipo di telaio può variare la lunghezza del longherone.

Ad esempio, un allestimento con cassone frigorifero lungo 10055 mm, montato su Scania P320, con una lunghezza longitudinale del tratto inclinato pari a 1620 mm, richiede longheroni con una lunghezza l_l

$$l_l = (10055 \text{ mm} - 1620 \text{ mm}) + \left(\frac{1620 \text{ mm}}{\cos 2.71^\circ} + \frac{120 \text{ mm}}{\tan 60^\circ} \right) = 10126 \text{ mm}$$

$$l_l \cong 10130 \text{ mm}$$

I longheroni sono dunque sempre più lunghi della lunghezza dei profili grezzi, acquistati dal fornitore in verghe lunghe 8 metri. Nel preparare ciascun longherone, l'addetto di carpenteria preleva dal magazzino due grezzi lunghi 8 metri o tronconi equivalenti, per poi tagliarli con la troncatrice ed ottenere i necessari spezzoni dei tratti rettilinei e inclinati.

Ad esempio, per un allestimento da 10055 mm su Scania P320, dei due longheroni da 8000mm sarà necessario tagliare due spezzoni lunghi l_1 e l_2 , rispettivamente per il tratto rettilineo e il tratto inclinato

$$\begin{aligned} l_1 &= 10130 \text{ mm} - \left(\frac{1620 \text{ mm}}{\cos 2.71^\circ} + \frac{120 \text{ mm}}{\tan 60^\circ} \right) \cong 8440 \text{ mm} \\ &= 8000 \text{ mm} + 440 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_2 = \frac{1620 \text{ mm}}{\cos 2.71^\circ} + \frac{120 \text{ mm}}{\tan 60^\circ} \cong 1690 \text{ mm}$$

Pur ricavando gli spezzoni da 440 mm e 1690 mm dallo stesso grezzo, si genera inevitabilmente uno scarto che potrà essere utilizzato per altri scopi.

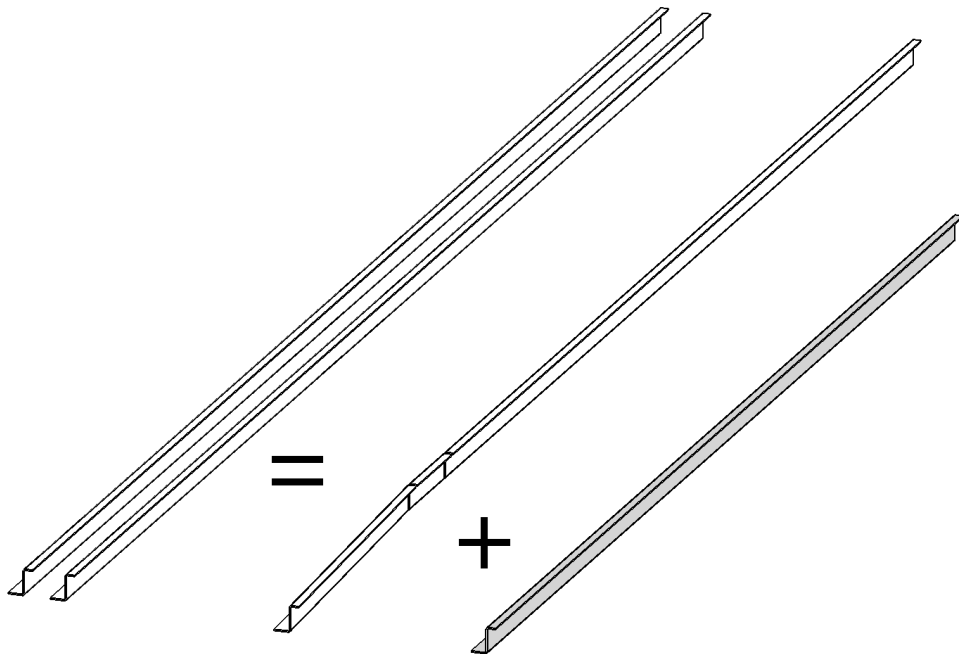


Figura 1.2.1.c Grezzi necessari alla produzione di un longherone e conseguente scarto

L'addetto di carpenteria ricava infine, con il taglio-plasma, delle luci circolari di diametro 35 mm, ad una distanza indicativa di 3000 mm l'una dall'altra, a partire dalle estremità, necessarie per il passaggio dei cablaggi delle luci sagoma.

1.2.2. Traversi centrali

Per aumentare la rigidità dell'allestimento, i due longheroni vengono uniti saldandovi dei traversi, con sezione a C.

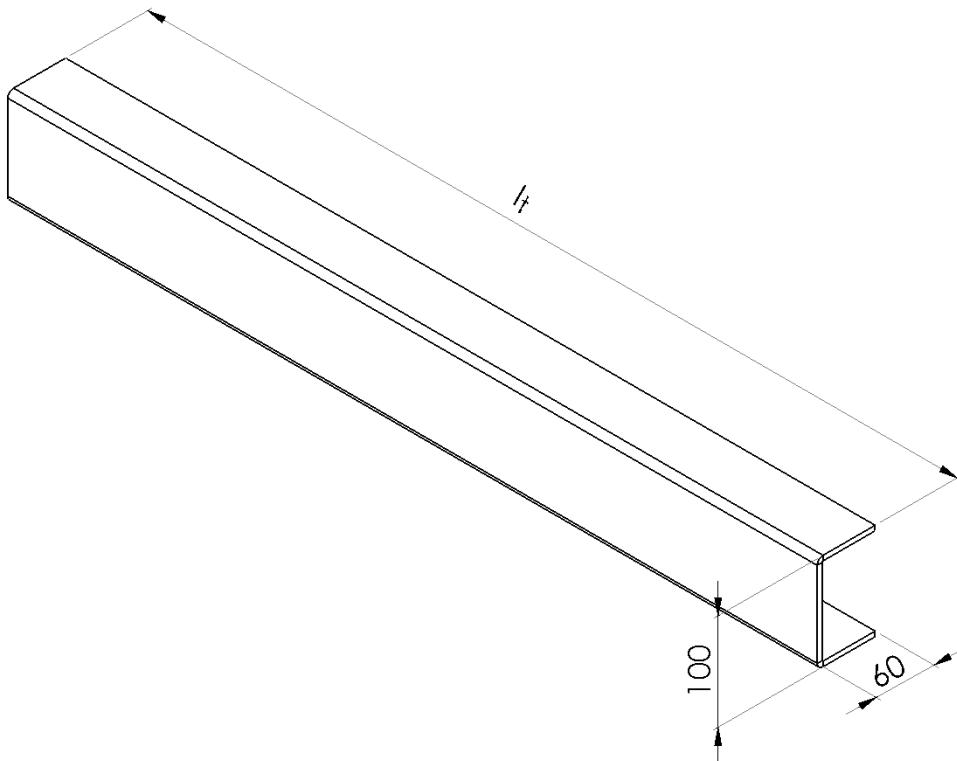


Figura 1.2.2.a Traverso centrale

La lunghezza dei traversi centrali del controtelaio dipende dalla larghezza dell'autotelaio del veicolo a cui è destinato l'allestimento. Poiché questa varia da veicolo a veicolo, i traversi vengono immagazzinati sotto forma di profili grezzi lunghi 8 metri. L'addetto di carpenteria, prelevato un numero sufficiente di verghe, le taglierà per ricavarne le traverse necessarie.

Le traverse hanno lunghezza $l_t < b_i$

$$l_t = (b_0 - 2s - 2w)$$

dove

- b_0 è la larghezza del telaio del veicolo, identificativa del semiassemblato troncone posteriore
- $s = 7 \text{ mm}$ è lo spessore di ogni singolo longherone
- $w \cong 4 \text{ mm}$ è il lasco da lasciare per garantire una piena penetrazione della saldatura.

L'altezza della sezione è invece tale da garantire che nessuna parte del traverso sporga oltre la sagoma del longherone.

Il loro numero e la posizione longitudinale è invece esattamente corrispondente al numero e posizione delle ganasce di fissaggio del cassone al controtelaio, così come definito dal produttore del cassone frigorifero. Questa pratica, nonostante non sia richiesta da nessuna direttiva, è ormai diventata tradizione nella produzione di Golo srl. Per il fissaggio delle traverse è dunque necessario ottenere la documentazione tecnica a corredo del cassone frigorifero, così da poter ottenere le necessarie informazioni relative alle ganasce di fissaggio.

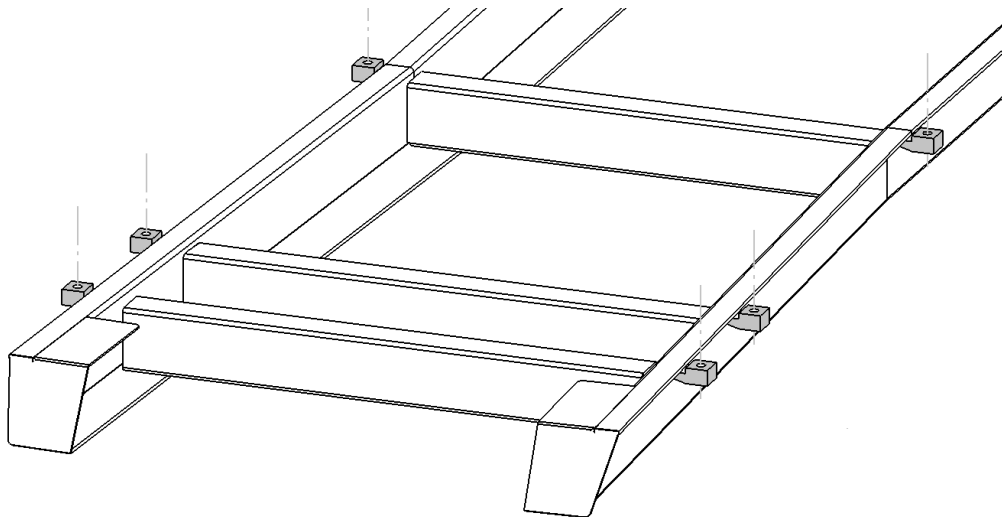


Figura 1.2.2.b Traversi centrali in corrispondenza delle ganasce di fissaggio del cassone

Sulla coda del controtelaio vengono inoltre saldati 8 traversi piatti, in posizioni che permettano il fissaggio delle scalette posteriori che vengono offerte al cliente. Le scalette, sebbene opzionali, permettono un comodo accesso al vano di carico. Ne esistono di due versioni

- la scaletta Lamberet, che scorre su corsie saldate ai piatti inferiori
- la scaletta M, che scorre su corsie saldate ai piatti superiori.

Durante la produzione del controtelaio vengono saldati i traversi piatti sia superiori che inferiori, indipendentemente dalla scaletta che verrà successivamente montata.

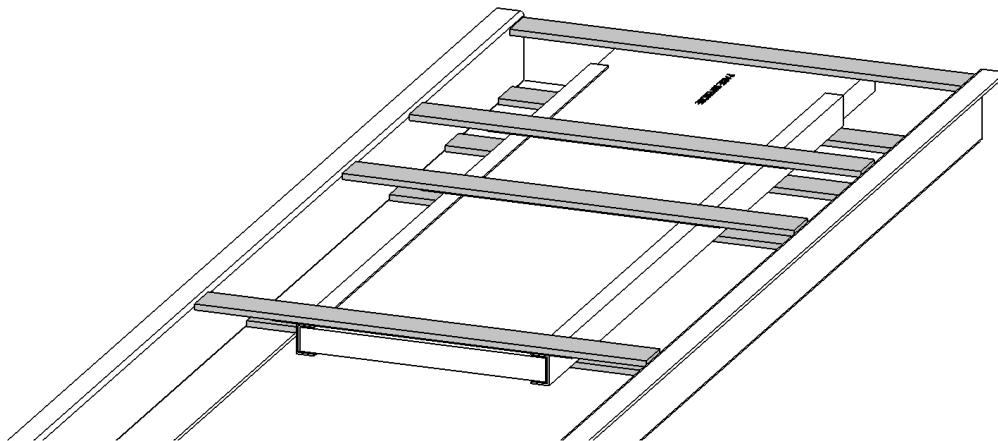


Figura 1.2.2.c Traversi piatti a sostegno della scaletta posteriore

Similmente ai traversi centrali, la lunghezza dei traversi piatti è derivante dalla larghezza dell'autotelaio, dunque variabile da veicolo a veicolo. Anche questi vengono quindi immagazzinati in profili piatti lunghi 8 metri, da cui l'addetto di carpenteria ritaglia i necessari traversi.

1.2.3. Testata posteriore

In un controtelaio, la testata posteriore ha molteplici scopi

- protegge gli spigoli posteriori e il retro del cassone durante le operazioni di manovra, tramite robuste piastre angolari e tamponi in gomma
- sostiene il retro del cassone frigorifero. Questo, a causa della presenza dei portelloni posteriori, risulta essere meno rigido della parete anteriore.

La larghezza complessiva della testata è sempre pari alla larghezza massima dell'allestimento, ovvero 2600 mm, da cui conseguono le dimensioni di tutti i componenti.

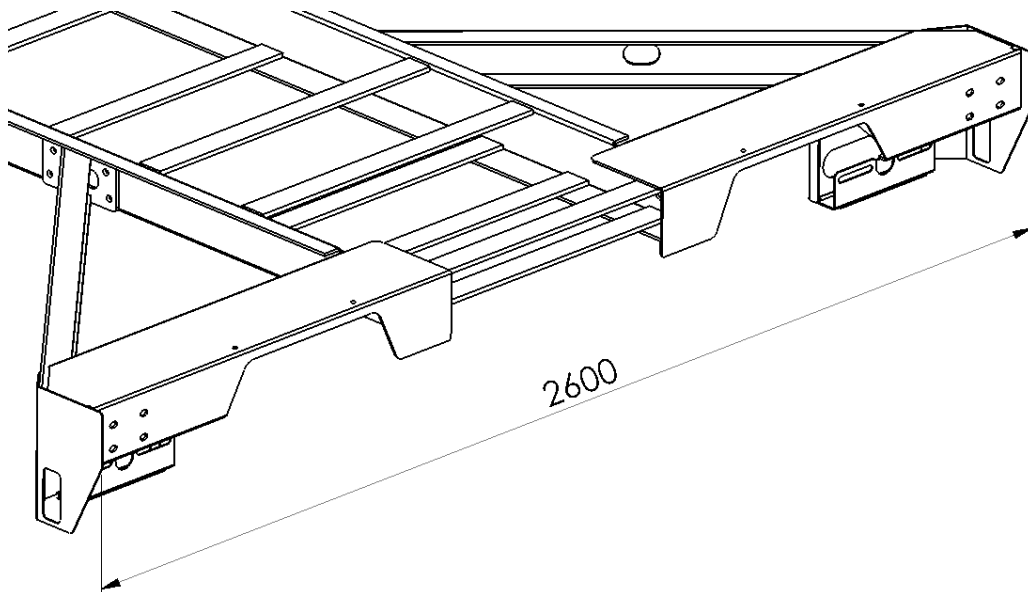


Figura 1.2.3.a Testata posteriore

La testata è costituita da due metà simmetriche, imbullonata ai longheroni del controtelaio. Le dimensioni delle due metà variano con la larghezza b_0 dell'autotelaio.

I principali elementi che compongono la testata posteriore sono i seguenti

- una coppia di mensole portanti, appositamente ottenute per taglio laser e piegatura di lamiera, con dimensioni legate alla larghezza del singolo autotelaio. Le due mensole sono già predisposte per il montaggio dei tamponi a rullo posteriori, come richiesto dalle direttive, e degli scansi per il passaggio dei braccetti della sponda caricatrice posteriore retrattile. L'addetto di carpenteria sagoma con il taglio-plasma i longheroni dell'controtelaio per alloggiare le due mensole. Due piastre forate vengono saldate ciascuna a una mensola portante ed utilizzate per montarle, tramite bulloni, ai longheroni del controtelaio.

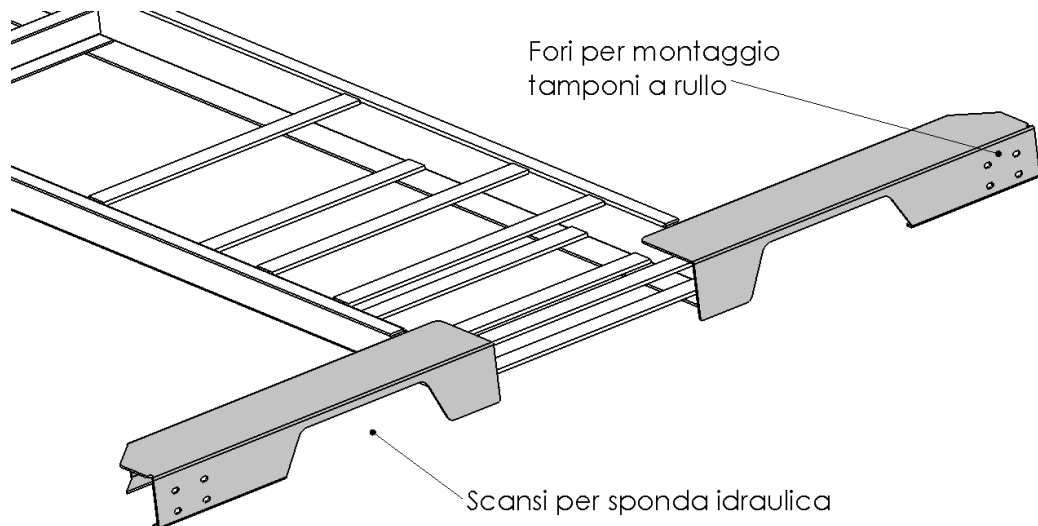


Figura 1.2.3.b Mensole portanti della testata posteriore

Le mensole presentano alcune caratteristiche fondamentali per il montaggio e l'utilizzo di alcuni accessori, quali gli scansi per permettere il moto della sponda idraulica e i fori per il montaggio dei tamponi a rullo.

- una coppia di mensole di rinforzo inclinate, che, imbullonate ai longheroni, sostengono la testata alle sue estremità. Ciascuna mensola di rinforzo presenta una piastra forata per permetterne il montaggio sul longherone. L'estremità opposta viene invece tagliata alla misura corrispondente alla larghezza della testata posteriore, al netto della larghezza dell'autotelaio. L'addetto di carpenteria ricava inoltre, tramite il taglio-plasma, dei fori per permettere il passaggio dei cavi delle eventuali luci posteriori.

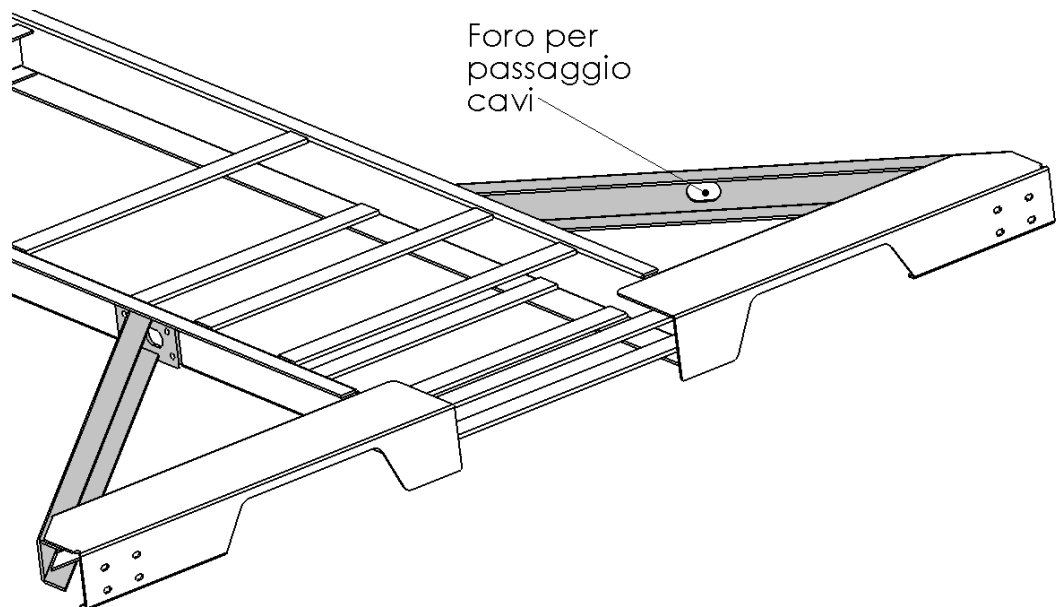


Figura 1.2.3.c Mensole di rinforzo inclinate

- una coppia di piastre angolari, che vengono saldate alle mensole portanti e contro cui vengono saldate le mensole di rinforzo inclinate. Si noti che la presenza di una sponda idraulica posteriore impedisce l'utilizzo del paraurti posteriore originale del veicolo, su cui sono originariamente montate le luci posteriori. Le piastre angolari hanno quindi dimensioni maggiorate e fungono da protezione delle luci posteriori, che vengono posizionate sfruttando delle piastre asolate. Il cablaggio di quest'ultime viene quindi nascosto da un profilo in alluminio, rivettato alla testata stessa.

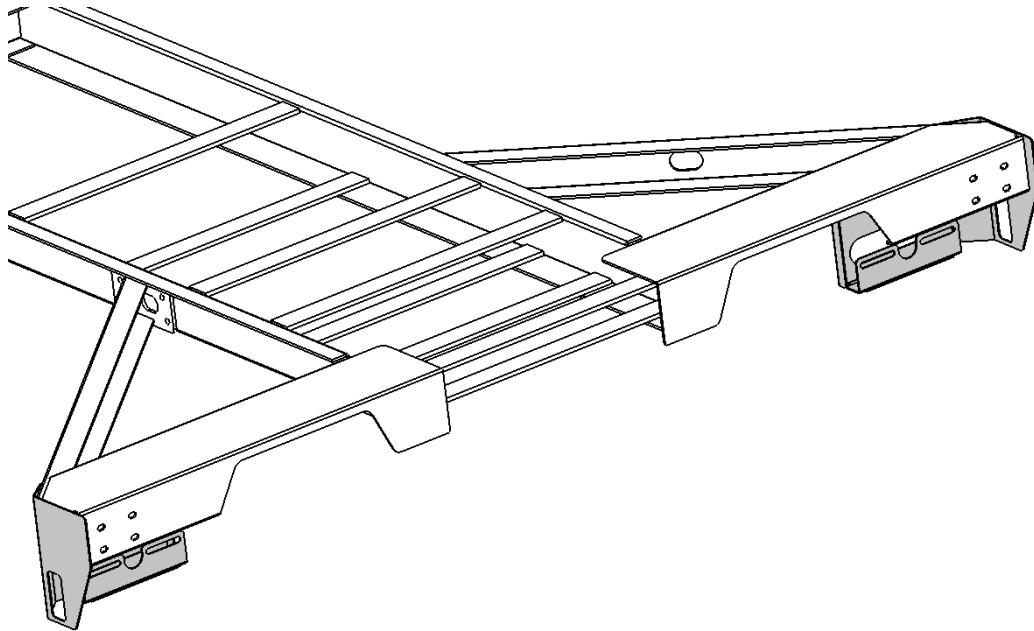


Figura 1.2.3.d Piastre angolari e di supporto delle luci posteriori

Se l'allestimento non prevede una sponda idraulica, vengono mantenute le medesime mensole portanti, ma vengono sostituite le piastre angolari con altre, di dimensioni ridotte. Poiché non più necessari, non vengono realizzati i fori sulle mensole di rinforzo.

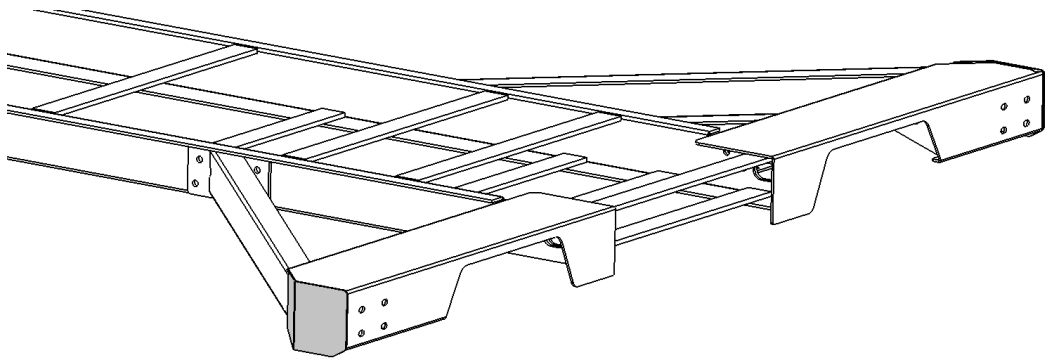


Figura 1.2.3.e Piastre angolari standard

Per realizzare una testata posteriore sono dunque necessari diversi componenti che vengono acquistati in lotti ridottissimi, spesso esclusivamente per la singola commessa. Uniche eccezioni sono le mensole inclinate di supporto, che provengono da grezzi lunghi 8 metri, tagliati al momento.

È quindi necessario un buon sincronismo tra le varie funzioni aziendali: non appena l'ufficio tecnico ha definito il controtelaio, l'ufficio acquisti deve ordinare i componenti tagliati e piegati in modo tale che siano consegnati il più possibile vicino alla data stabilita per l'inizio della produzione del controtelaio.

Gli allestimenti frigoriferi pesanti su veicoli a cabina alta (gran comfort) realizzati da Golo srl utilizzano gruppi frigo sotto-cassone dei marchi Thermoking e Carrier, con potenze che variano dai 4.6 kW ai 7.2 kW e masse da 360 kg a 560 kg. Ogni macchina deve essere fissata all'allestimento da 4 bulloni di supporto, le cui posizioni variano a seconda del modello.

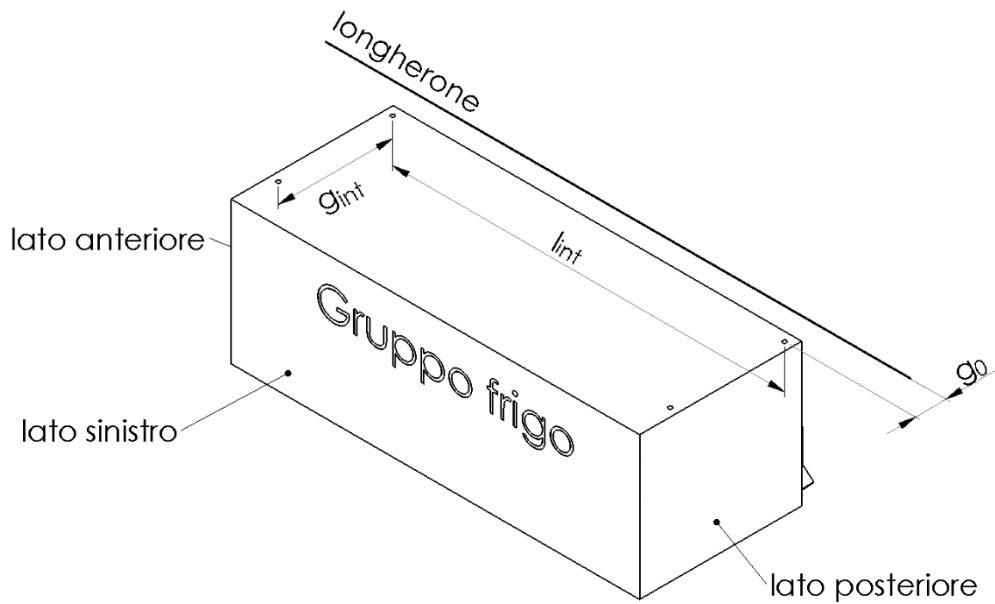


Figura 1.2.4.c Quote e dimensioni dei gruppi frigo

Gruppo frigo	g_{0min} [mm]	g_{int} [mm]	l_{int} [mm]
Thermoking UT1200	105	498	1724
Carrier Supra 1150U, 1050U	105	566	1744
Carrier Supra 950U, 850U	105	503	1645

Tabella 1.2.4.d Quote e dimensioni dei gruppi frigo

I gruppi frigo vengono montati a sbalzo, sostenuti da mensole di supporto con sezione a C aperta, spessa 8 mm, ottenute tagliando a misura una verga da 8 metri.

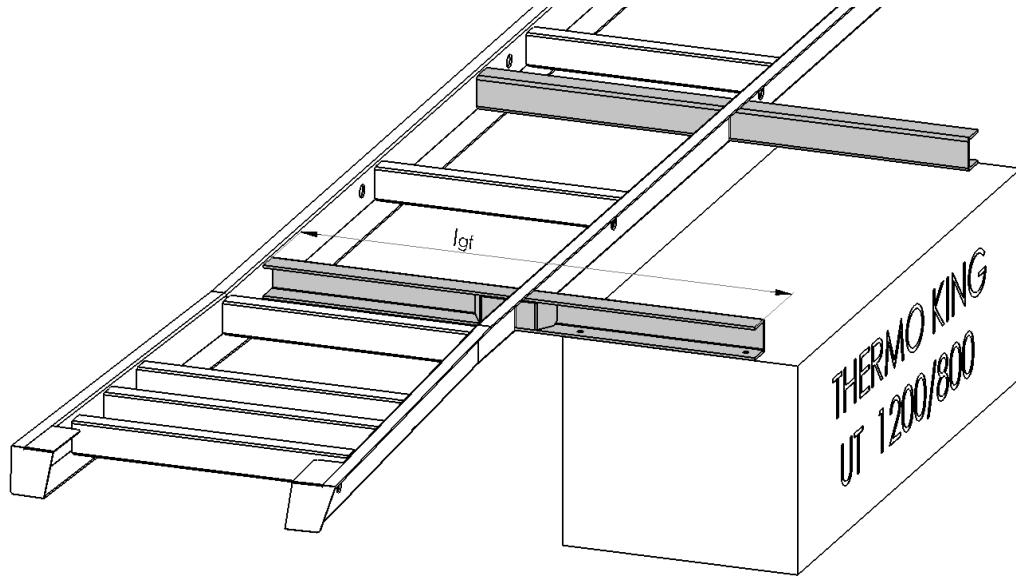


Figura 1.2.4.e Gruppo frigo Thermoking su un controtelaio di tipo B

La lunghezza l_{gf} delle mensole di supporto dei gruppi frigo è derivante dalla larghezza del controtelaio, dunque dell'autotelaio del veicolo.

$$l_{gf} = b_0 + g_0 + g_{int} + 40 \text{ mm}$$

dove b_0 è la larghezza del tratto rettilineo dell'autotelaio, laddove vengono montate le mensole di supporto. La lunghezza della mensola è tale da sporgere circa 40 mm oltre il bullone più esterno del gruppo frigo.

Per il montaggio delle mensole di supporto vengono realizzati, a mano libera con il taglio plasma, due luci rettangolari sul longherone sinistro, distanti l_{int} l'una dall'altra. Le mensole vengono quindi inserite nei tagli, mandate a battuta contro il longherone destro e saldate in posizione. A causa della scarsa precisione del taglio a mano libera, le finestre vengono realizzate con dimensioni ampiamente superiori alla sezione della mensola e gli spazi rimanenti devono essere chiusi con una profusione di fazzoletti e saldature.

In corrispondenza dei bulloni di fissaggio del gruppo frigo, vengono quindi realizzati, sulle ali inferiori del profilo, dei fori per permetterne il montaggio.

1.2.5. Fissaggio all'autotelaio

La struttura del controlaio deve essere saldamente unita all'autotelaio. A tal scopo le direttive propongono dei metodi di fissaggio, che possono essere di tre tipi, a seconda delle direzioni su cui agisce il vincolo

- fissaggi a mensola, con bulloni posti verticalmente, per fissaggi flessibili in direzione longitudinale

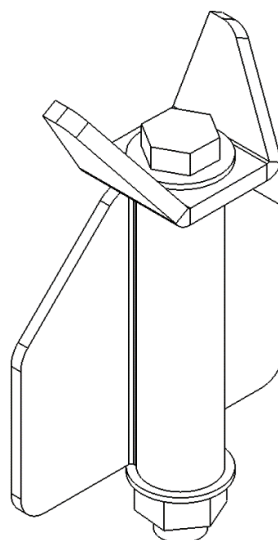
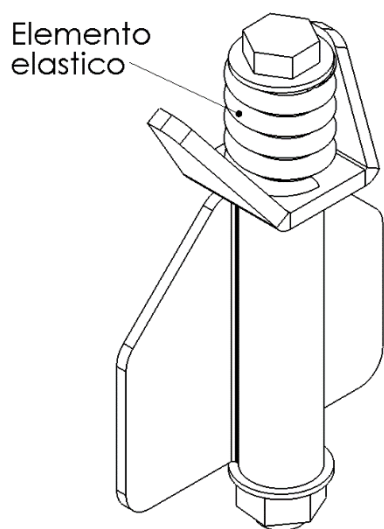


Figura 1.2.5.a Fissaggio flessibile in direzione longitudinale di un veicolo Iveco



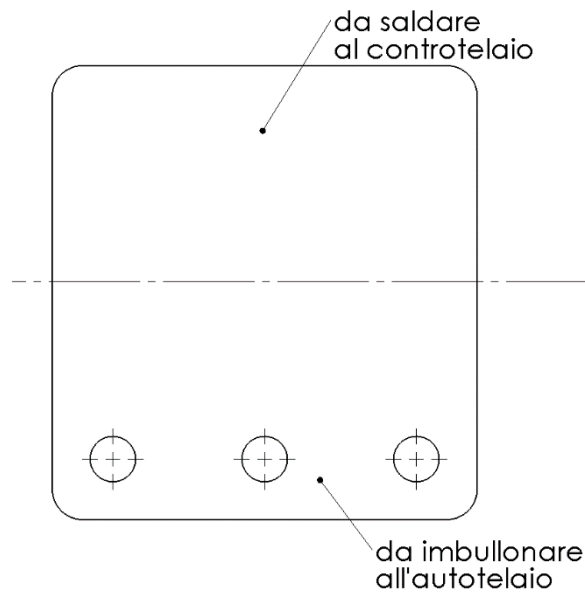
- fissaggi a mensola, flessibili in direzione verticale e longitudinale, realizzati interponendo elementi elastici tra bullone e fissaggio, quali molle, rondelle elastiche o distanziali in gomma.

Figura 1.2.5.b Fissaggio flessibile in direzione verticale e longitudinale di un veicolo Iveco

Nei fissaggi flessibili, le mensole, vengono saldate ai longheroni del controlaio in numero corrispondente ai di fissaggi sui longheroni dell'autotelaio.

- piastre forate, con bulloni che lavorano a taglio, per un fissaggio rigido.

Figura 1.2.5.c Generico fissaggio rigido tramite piastra forata



Le piastre forate vengono realizzate a taglio laser, con l'interasse dei fori corrispondente all'interasse dei fori sui longheroni dell'autotelaio. Sia le piastre che le orecchie vengono prodotte da un'azienda esterna e acquistate in lotto, sfruttando l'elevato consumo derivante anche dagli altri allestimenti in produzione.

Nei fissaggi rigidi, la metà superiore della piastra viene saldata al longherone del controtelaio, mentre sulla metà inferiore vengono realizzati dei fori corrispondenti ai fori sull'autotelaio.

I fissaggi flessibili sono da preferire ai rigidi solo quando la rigidità dell'allestimento è tale da inficiare negativamente sulla flessibilità del veicolo, caratteristica a volte assolutamente necessaria. Ad esempio, un allestimento con vasca montato su un veicolo da cantiere, che deve percorrere strade accidentate, richiede l'utilizzo di fissaggi flessibili. Al contrario, per un allestimento frigorifero su un veicolo che percorre strade ben asfaltate è possibile utilizzare fissaggi rigidi, limitando i flessibili solo immediatamente dietro il primo asse, dove le flessioni torsionali sono massime.

1.3. Produzione di un controtelaio

La produzione di un controtelaio, intesa come produzione dei componenti e successivo assemblaggio, può avere inizio solo a progettazione completata, alla consegna del veicolo e dei grezzi o semilavorati. Il Lead Time di produzione ha origine dal momento dell'ordine tra allestitore e cliente, per poi concludersi con la consegna dell'allestimento a quest'ultimo.

1.3.1. Progettazione dei componenti

La progettazione del controtelaio ha inizio successivamente alla conferma delle caratteristiche del contratto tra cliente e allestitore, ovvero con la definizione di

- tipo di allestimento frigorifero, ovvero le dimensioni del cassone Lamberet, modello del gruppo frigo, scaletta posteriore e presenza dell'eventuale sponda idraulica
- il modello del veicolo.

Golo srl, a differenza di molti allestitori concorrenti, dispone di un ufficio tecnico con accesso ad elaboratori e software CAD. Sfruttando i software e i database, il personale tecnico può quindi svolgere quelle operazioni preliminari che dovrebbero alternativamente essere svolte dagli addetti di carpenteria, direttamente sul veicolo.

Il progettista, consultando le banche dati online delle case costruttrici, ottiene le schede e i disegni tecnici dei veicoli, che utilizza per calcolare le quote e caratteristiche fondamentali del veicolo e dell'allestimento. Determina dunque

- quota D di inizio dell'allestimento
- tipo di autotelaio.

Con l'aiuto del software CAD, il progettista crea le parti e simula l'assemblaggio del controtelaio, verificando le diverse quote e gli ingombri. L'assieme così creato viene quindi utilizzato per generare un semplice esploso, indicando i componenti necessari e le relative dimensioni.

Per quei componenti ottenuti da verghe tagliate al momento, si indicherà dunque il grezzo e la lunghezza finale dello spezzone e del componente finale.

Altri componenti, quali quelli della testata posteriore, sono invece realizzati appositamente per il singolo allestimento. Tra i compiti dell'addetto di magazzino vi è quello di verificare la disponibilità dei grezzi e consegnare all'addetto di carpenteria i componenti ordinati per la commessa in corso.

Affinché siano efficienti, le attività di progettazione e ordine dei componenti devono essere svolte con largo anticipo, non appena vi è la conferma del contratto da parte del cliente.

1.3.2. Lotti di acquisto, taglio laser e piega

La realizzazione in lotti di dimensioni ridottissime (o addirittura in esemplari unici) dei componenti necessari per assemblare un allestimento comporta notevoli disagi e costi per Golo srl

- il lotto di acquisto è spesso inferiore al lotto economico e determina prezzi di acquisto molto alti
- la progettazione e l'acquisto di componenti per lo specifico allestimento si contrappone all'utilizzo di componenti standard collaudati. È quindi facile incappare in errori, tanto di progettazione quanto di realizzazione. I problemi che possono nascere da un'errata progettazione e acquisto dovranno essere risolti dall'addetto di carpenteria. I costi delle eventuali modifiche sono tanto maggiori tanto più si avanza nell'assemblaggio
- la progettazione, realizzazione dei componenti e consegna dal fornitore richiede intorno alle 4 settimane lavorative, influenzando pesantemente il Lead Time di produzione
- nello sfortunato evento che i componenti non possano essere consegnati in tempo, l'addetto di carpenteria dovrà realizzarli di sua mano, utilizzando piegatrici e taglio-plasma, con un notevole aumento del tempo totale delle attività di carpenteria.

Parte di questo metodo produttivo è derivante da scelte che risalgono a periodi in cui l'azienda non si era ancora specializzata in allestimenti frigoriferi. Specializzata in allestimenti curati e su misura, con un volume produttivo minore, Golo srl trattava ogni commessa come un progetto autonomo. Oggi il volume produttivo di Golo srl è notevolmente cresciuto e si rende quindi necessaria l'individuazione di un'alternativa alla progettazione e acquisto in lotti ridotti.

1.3.3. Lavorazioni di carpenteria e assemblaggio

L'operatore di magazzino prepara il bancale contenente tutti i componenti necessari per la produzione del basamento che sono disponibili a magazzino. Un documento tecnico riepilogativo, completo di disegno dell'assieme, accompagna il bancale.

Quando il veicolo viene portato nel reparto di carpenteria, la produzione del controtelaio può finalmente iniziare.

Spetta ora all'addetto di carpenteria il compito di prelevare tutti i grezzi necessari per la produzione dei componenti rimanenti, non a magazzino

- da grezzi di 8 metri, tagliati con la troncatrice, vengono realizzati tronconi dei longheroni del controtelaio con le rastremature a 60°. I tronconi vengono fissati tramite pinze all'autotelaio e dunque saldati tra loro, fino ad ottenere longheroni finiti della sagoma corretta
- l'addetto salda dunque le piastre di testa, nelle versioni destra e sinistra, alla rastrematura di ciascun longherone
- nel longherone di sinistra vengono ricavate, con il taglio plasma, due finestre per il montaggio delle mensole di supporto del telaio, in posizioni corrispondenti a quelle indicate a disegno
- vengono quindi ricavati i fori per il passaggio dei cavi delle luci sagoma laterali
- tagliando profili lunghi 8 metri, l'addetto ricava le traverse centrali nel numero e lunghezza indicate nel disegno tecnico, che vengono quindi fissate con pinze ai longheroni e saldate
- da altri profili grezzi vengono ricavate le mensole di supporto del gruppo frigo, che vengono saldate in posizione. Le luci rimanenti vengono chiuse tramite saldatura
- i fissaggi tra autotelaio del controtelaio vengono posizionati in corrispondenza delle controparti sull'autotelaio, dunque uniti ai longheroni con qualche punto di saldatura.

L'addetto preleva dal bancale i componenti necessari per l'assemblaggio della testata posteriore

- l'ala superiore dei due longheroni viene rimossa per permettere il montaggio delle mensole portanti. Poggiando un profilo angolare dritto sui longheroni, l'addetto genera un piano su cui mandare a battuta le mensole portanti della testata posteriore.
- le piastre forate di fissaggio della testata vengono poggiate ai longheroni, all'interno di ciascuna mensola, dunque rese solidali a quest'ultime con qualche punto di saldatura
- da grezzi di 8 metri vengono ricavate le due mensole inclinate di supporto, nella lunghezza indicata a disegno, alle cui estremità vengono ricavati i tagli a 45°. Le mensole vengono saldate alla piastra di fissaggio al longherone e alla testata
- la saldatura alla testata delle le piastre angolari ne completa l'assemblaggio
- i fori delle quattro piastre forate possono essere utilizzati come guide per realizzare i medesimi fori sui longheroni.

È possibile dunque sganciare la testata dal controtelaio e completare le saldature, tanto della testata quanto del controtelaio. Sfruttando un carro ponte, è possibile muovere le due grandi strutture, per poter accedere ad ogni lato.



Figura 1.3.3. Produzione tradizionale di un controtelaio per un allestimento frigorifero pesante su Mercedes Actros. La struttura, separata dal veicolo con il carro ponte, viene appoggiata su cavalletti per permettere all'operatore di completarne le saldature.

1.3.4. Trattamento di zincatura e verniciatura

Per garantire lunga vita all'allestimento, il controtelaio viene sottoposto a zincatura a caldo. Il trattamento consiste nell'immersione del controtelaio in un bagno di lega ZnAlNi, mantenuta allo stato fuso a oltre 650°C. Il sottile strato continuo di lega di zinco garantisce la passivazione del materiale sottostante.

Per la zincatura, Golo srl si affida a due aziende

- zincaturificio ZA, con vasche di zincatura da 12 metri, ma con tempi di lavorazione e consegna intorno alle 3 settimane
- zincaturificio ZB, con vasche di zincatura da 8 metri e tempi di lavorazione e consegna inferiori ad 1 settimana.

I controtelai per gli allestimenti frigoriferi pesanti, avendo lunghezza certamente superiore agli 8 metri, devono necessariamente essere zincati presso lo zincaturificio ZA, richiedendo anche 2 settimane in più di lavorazione rispetto alla zincatura dei controtelai degli allestimenti più corti, eseguita presso lo zincaturificio ZB.

Un controtelaio più lungo determina inoltre spese di trasporto notevolmente superiori: mentre i controtelai più corti possono essere facilmente caricati su comuni cassoni a pianale aperto, i più lunghi occupano da soli un intero cassone di mezzi da 12 metri complessivi.

Un controtelaio zincato è abbastanza resistente alla corrosione da essere pronto per il definitivo fissaggio all'autotelaio, e viene verniciato unicamente per questioni estetiche. Diversamente, un controtelaio non zincato deve necessariamente essere verniciato nel reparto di verniciatura interno all'azienda.

1.3.5. Finitura

La produzione del controtelaio è finalmente conclusa. La struttura viene dunque sollevata con il carro ponte e definitivamente fissata all'autotelaio, operazione comunemente detta matrimonio: una volta uniti, non verranno più separati.

L'insieme di veicolo e controtelaio può infine passare al reparto di finitura, dove verrà montato il cassone frigorifero e tutti gli accessori che definiscono l'allestimento.

Capitolo 2

Obiettivo della tesi

L'attuale metodo produttivo di Golo srl è interamente artigianale, frutto dell'abilità ed esperienza dell'addetto alla carpenteria. Gli allestimenti Golo sono conosciuti per l'alta qualità e l'estrema personalizzazione, quest'ultima caratteristica necessaria in quanto il veicolo diventa immagine del cliente e della sua azienda. Un eventuale ritardo nella realizzazione dell'allestimento non è quindi visto come un problema, ma come inevitabile conseguenza di una produzione curata, valida, robusta e di qualità.

Diversamente, il settore degli allestimenti frigoriferi è caratterizzato da una scarsa personalizzazione, in quanto il cassone risulta essere un prodotto standard. Ai clienti viene unicamente concessa la libertà di apporre gli adesivi aziendali sulle pareti esterne del cassone frigorifero.

Quando ha iniziato a produrre allestimenti frigoriferi, Golo srl ha trasportato il know-how aziendale di realizzazione di controtelai per allestimenti generici nel settore degli allestimenti frigoriferi. Il controtelaio risultante è dunque un controtelaio assai simile a quelli per cassoni aperti e centine, con l'unica differenza che non sono previste mensole laterali, in quanto il cassone frigorifero è sufficientemente rigido da autosostenersi.

Similmente al disegno del controtelaio, anche il processo produttivo è figlio dell'esperienza precedente: ciascun controtelaio per allestimenti frigoriferi è realizzato come un esemplare unico, artigianale, personalizzato, nonostante siano tutti simili tra loro e il livello di personalizzazione sia pressoché nullo.

2.1. I problemi

Vengono quindi analizzati i singoli problemi che affliggono l'attuale processo produttivo di controtelai per allestimenti frigoriferi. La loro soluzione ha guidato il progettista nella progettazione di nuovi controtelai innovativi.

2.1.1. Produzione artigianale

Il processo produttivo attuale fa ampio utilizzo di saldature per unire tra loro i vari componenti. Questi sono, per la maggior parte, ottenuti tagliando grezzi di una lunghezza pari a 8 metri, utilizzando una sega per metalli o il taglio plasma. A esclusione di quei pochi componenti progettati e realizzati appositamente, non si fa utilizzo di unioni bullonate.

Vengono utilizzate grezzi di 8 metri in quanto questa è la lunghezza originaria delle lamiere lavorate dal produttore, viene così minimizzato il costo di acquisto della singola verga.

Per la produzione dei controtelai si ricorre a personale altamente specializzato e con una lunga esperienza nella realizzazione di allestimenti su veicoli commerciali. L'operatore è quindi inevitabilmente portato a rifiutare le indicazioni proposte dall'ufficio tecnico, preferendo la soluzione del "tanto più acciaio, tanto più robusto, tanto meglio".

Il risultato è che la produzione, e in particolare le attività di assemblaggio, richiedono un monte ore notevole e difficilmente definibile con precisione, impedendo così una corretta definizione del prezzo da proporre al cliente durante la stesura del contratto.

La produzione ideale di un controtelaio per allestimenti frigoriferi pesanti

- segue fedelmente le indicazioni di una guida chiara e ben definita, redatta dall'ufficio tecnico, così da rendere non necessario, se non addirittura impedito, il libero arbitrio nel reparto di carpenteria
- può essere completata da personale non specializzato, facendo ricorso a meno saldature possibile
- deve essere composta da attività di assemblaggio completabili in un tempo dell'attività ben definito. Il tempo totale di assemblaggio deve essere rispettato
- minimizza i costi e il Lead Time di produzione.

2.1.2. Elevato Lead Time di produzione

Il successo di un allestimento frigorifero è definito dal prezzo e, in particolare, dal suo Lead Time di produzione. Questo è definito come l'intervallo di tempo che intercorre tra la definizione del contratto e la consegna dell'allestimento al cliente.

Il processo produttivo attuale è caratterizzato da un elevato Lead Time di produzione, che raggiunge di media le 12 settimane. Concorrono a questo Lead Time di produzione

- la consegna del veicolo su cui realizzare l'allestimento può richiedere pochi giorni, nel caso il veicolo sia già disponibile nel concessionario, o anche molti mesi, nel caso il veicolo sia prodotto su esclusiva richiesta del cliente. La presenza fisica del veicolo in Golo srl è necessaria per iniziare la produzione, in quanto l'autotelaio viene utilizzato come riferimento per la produzione dei componenti e l'assemblaggio del controtelaio
- eventuali ritardi nella consegna od errori nell'ordine dei componenti specifici per il singolo allestimento costringono a ritardare l'inizio della produzione del controtelaio. Poiché il progetto del controtelaio vengono completati in anticipo rispetto all'inizio della produzione, può capitare che nel mentre del materiale venga consumato per altre commesse. È quindi imperativo che il responsabile del magazzino comunichi celermente al responsabile dell'ufficio acquisti qualunque mancanza di materiale
- la concomitanza con altre commesse, dunque la non disponibilità di operatori di carpenteria più esperti, ritarda l'inizio della produzione del controtelaio
- la zincatura di controtelai per allestimenti frigoriferi pesanti richiede inevitabilmente una media di 2 settimane in più rispetto a controtelai più corti.

2.1.3. Lotti unitari

La grande diversità tra i vari veicoli ed allestimenti genera innumerevoli varianti di prodotto. Alle numerose varianti note si aggiungono le numerosissime derivanti dalle diverse lunghezze delle casse e le posizioni delle ganasce di fissaggio del cassone. Risulta dunque impossibile produrre controtelai completi su previsione.

Origine	Varianti
Autotelai	9
Gruppo frigo	4
Sponda posteriore	2
Lunghezza dell'allestimento	L
Posizione delle ganasce di fissaggio	G
Totale	$72 \cdot L \cdot G$

Tabella 2.1.3. Varianti di controtelai derivanti dalle caratteristiche di autotelai e allestimenti

Il processo produttivo attuale consiste in lotti unitari di controtelaio e di conseguenza anche l'acquisto dei componenti necessari avviene in lotti di dimensioni molto ridotti.

Le conseguenze sono molteplici

- nei periodi di maggiore richiesta si accumulano ritardi nella produzione dei controtelai
- i costi di acquisto dei componenti, e di produzione dei controtelai, è molto alto
- l'attività di assemblaggio deve essere eseguita da personale specializzato, responsabile del processo produttivo dal suo principio al completamento.

Idealmente, durante i periodi di bassa richiesta, gli addetti di carpenteria dovrebbero essere impiegati per produrre lotti di controtelai standardizzati, che verranno richiesti solo successivamente. I lotti, tanto di produzione quanto di acquisto, possono avere dimensioni maggiori, permettendo inoltre di scorporare le attività di assemblaggio

- le attività più semplici e ripetitive possono essere eseguite da personale meno specializzato, con una buona efficienza
- le attività più complesse e critiche possono essere svolte da operatori esperti.

Al crescere delle dimensioni dei lotti è possibile avvicinarsi al volume del lotto economico, che permette di minimizzare i costi di produzione e/o di acquisto.

2.1.4. Limite di produttività ormai raggiunto

Poiché viene utilizzato l'autotelaio del veicolo come riferimento per l'assemblaggio del controtelaio, è richiesta la presenza fisica del veicolo nel reparto di carpenteria di Golo srl durante tutto il processo di produzione.

Le dimensioni del reparto di carpenteria sono limitate dalle dimensioni dello stabile che lo contengono: solo 5 motrici pesanti possono trovarvi spazio contemporaneamente. Di conseguenza, il numero massimo di commesse contemporaneamente attive è pari a 5. Eventuali ritardi di una qualunque delle commesse attive determinano un ritardo delle commesse successive.

Non potendo ampliare lo stabile, per aumentare il numero di controtelai contemporaneamente in produzione è necessario ridurre il tempo di permanenza di questi nel reparto di carpenteria

- individuando processi alternativi che permettano ridurre al minimo le attività che richiedono la presenza fisica del veicolo nel reparto
- generando componenti e preassemblati che possono essere realizzati senza richiedere la presenza fisica del reparto.

2.2. Obiettivi specifici

2.2.1. Standardizzazione del prodotto

È necessario individuare delle comunanze tra i vari controtelai, in modo da generare un prodotto standard, ben definito, che non richieda modifiche o interventi successivi da parte degli addetti di carpenteria.

Laddove possibile, devono essere generati componenti o semiassemblati standard, utilizzabili su più controtelai, da produrre su previsione e mantenere a magazzino. In questa maniera, viene abbattuto ampiamente il tempo totale delle attività di carpenteria.

Se vengono utilizzati componenti standard, è possibile acquistarli in maggiori quantità, avendo individuato il lotto economico di acquisto. I costi derivanti dall'acquisto dei componenti vengono quindi abbattuti.

È necessario operare un'attenta gestione di magazzino, attraverso il controllo giacenza minima e con il metodo del Lead Time di sicurezza, avendo definito una distinta base precisa, è possibile generare un bancale completo di tutti i componenti necessari alla produzione, senza incorrere in ritardi a causa delle eventuali mancanze.

2.2.2. Riduzione del Lead Time di produzione

È necessario individuare delle soluzioni per contenere il Lead Time di produzione, agendo sulle varie attività che lo definiscono

- rendendo necessaria la presenza fisica del veicolo solo nelle fasi più avanzate dell'assemblaggio del controllo
- sostituendo, dove possibile, le saldature con giunzioni bullonate
- rivolgendosi unicamente allo zincaturificio ZB per il trattamento di zincatura, anche per controllo di lunghezza complessiva superiore agli 8 metri
- utilizzando il più possibile componenti standard o preassemblati, direttamente assemblabili.

2.2.3. Trasportabilità

È necessario individuare una soluzione per rendere più facilmente trasportabile il controllo e i suoi componenti, non solo per contenere i costi di trasporto durante il trattamento di zincatura, ma anche per asservire ditte terze legate a Golo srl.

Infatti, in seguito ad un accordo stretto nel 2014, Golo srl ha l'esclusiva della fornitura dei controlli per allestimenti frigoriferi pesanti a Lamberet Italia, filiale a Lainate (MI) di Lamberet spa. Dal 2014 Golo srl consegna i progetti ad una carpenteria dell'interland milanese, che si occupa della produzione dei controlli e della consegna a Lamberet Italia. Rendendo economicamente trasportabili i controlli, è possibile produrli in Golo srl e inviarli a Lainate, eliminando l'intermediario.

2.2.4. Facilità di assemblaggio

La produzione e l'assemblaggio del controtelaio tradizionale fanno largo uso di saldature, richiedendo dunque personale altamente specializzato. La qualità del prodotto finale è legata alla produzione manuale dei diversi elementi, al loro posizionamento e alla qualità delle saldature, dunque direttamente derivante dalla bravura dell'operatore.

È necessario rendere più facile l'assemblaggio attraverso la predefinizione dei posizionamenti dei componenti e sostituendo, ove possibile, la saldatura con unioni bullonate. Il controtelaio può così essere assemblato da personale meno specializzato, a tutto vantaggio dei costi di produzione e del Lead Time di assemblaggio.

2.3. Soluzioni

Sono state individuate due diverse soluzioni.

2.3.1. Redesign del controtelaio saldato

La prima, in ordine anche cronologico, consiste nel redesign del controtelaio e dei suoi componenti, con l'obiettivo di abbatterne il numero di varianti e il Lead Time di produzione. Le caratteristiche fondamentali del redesign sono

- divisione del controtelaio in due tronconi, ciascuno con lunghezza inferiore agli 8 metri. Il controtelaio può quindi essere zincato presso lo zincaturificio ZB
- redesign dei singoli componenti e dei metodi produttivi, per ridurre il numero di varianti
- definizione di componenti standard, da realizzare al taglio e piega
- individuazione di semiassemblati da produrre su previsione
- necessità del veicolo nel reparto di carpenteria limitata all'assemblaggio del solo troncone anteriore.

2.3.2. Nuovo design di un controtelaio innovativo e modulare

La seconda soluzione prevede la progettazione di un controtelaio innovativo, completamente modulare ed assemblabile unicamente tramite giunzioni bullonate. Le caratteristiche fondamentali del nuovo design sono

- tramite un numero ridotto di componenti e varianti è possibile realizzare controtelai di qualunque lunghezza e versione
- avendo completamente sostituito le saldature con unioni bullonate, l'assemblaggio può essere completato anche da personale non specializzato e con meno rischi per l'operatore
- il controtelaio può essere spedito in un bancale contenente i componenti necessari direttamente a Lamberet Italia, che può quindi assemblarlo autonomamente
- le operazioni di manutenzione e riparazioni sono facilitate, in quanto l'unione tra i componenti non è permanente
- è costituito completamente da componenti standard, che possono essere acquistati in lotto e mantenuti a magazzino. Individuando il lotto economico di acquisto è possibile abbattere i costi dei componenti
- poiché facilmente assemblabile tramite componenti standard, il Lead Time di produzione viene notevolmente ridotto.

Capitolo 3

Redesign del controtelaio saldato

3.1. Considerazioni che hanno guidato il redesign

L'analisi del ciclo di progettazione e produzione dei controtelai ha permesso di individuare alcune criticità che sono state prese come guida per la riprogettazione. Sono state raccolti consigli e osservazioni da ogni figura aziendale, primi tra tutti gli addetti di carpenteria, protagonisti nel ciclo di produzione del controtelaio, ma anche l'ufficio acquisti e l'azienda esterna di zincatura.

3.1.1. Zincatura

Sono stati analizzati i costi legati alla zincatura di un generico controtelaio

Zincaturificio	€/kg	Tempo
ZA	0.95	>20 gg
ZB	0.88	<5 gg

Tabella 3.1.1. Costi e tempi del trattamento di zincatura a caldo

I costi di trasporto sono compresi nei costi di zincatura, a patto che la mole di materiale da lavorare sia tale da motivare la spedizione.

Il redesign propone di dividere i controtelai in due tronconi, di lunghezza massima 6 metri, così da poter eseguire la zincatura presso ZB.

I costi di zincatura di un generico controtelaio da 10100 mm, pesante intorno ai 450 kg, vengono quindi abbattuti da 430 € a 400 €. I tempi di zincatura vengono invece abbattuti di circa due settimane, passando dai 20 giorni lavorativi a soli 5 giorni lavorativi.

3.1.2. Utilizzo di semiassemblati

Sia la concorrenza e sia la produzione storica di Golo srl fa larghissimo uso delle saldature per unire tra loro i vari componenti, in particolare

- per unire la testata posteriore al controtelaio
- per unire i longheroni posteriori ai longheroni anteriori.

Golo srl, dal 2014, ha iniziato a unire la testata posteriore al controtelaio utilizzando delle piastre bullonate. Grazie ad opportune modifiche è stato possibile ridurre le varianti della testata posteriore, rendendola così un potenziale semiassemblato.

Avendo deciso di dividere il controtelaio in più parti, si nota che il troncone posteriore è sempre costituito da longheroni rettilinei e paralleli, indipendentemente dal veicolo a cui è destinato. È quindi possibile produrlo a fronte magazzino, utilizzando un modello previsionale adeguato e quindi utilizzarlo per un successivo allestimento.

Il semiassemblato Testata posteriore può essere unito tramite imbullonatura al troncone posteriore, il quale può a sua volta essere imbullonato al troncone anteriore grazie ad opportune piastre forate.

3.1.3. Dima dell'autotelaio posteriore

La produzione del controtelaio sottoposto a redesign richiede la presenza fisica del veicolo nel reparto di carpenteria, poiché l'operatore lo utilizza come riferimento durante l'assemblaggio. La mole del veicolo comporta grandi difficoltà di movimentazione e posizionamento dello stesso all'interno dell'officina, rendendo necessario lo spalancare i portoni dello stabile per garantire il ricambio dell'aria, inquinata dai gas di scarico. L'ingombro delle ruote e degli accessori, quali serbatoi del carburante e bombole dell'aria compressa per le sospensioni pneumatiche rende difficile l'assemblaggio. Non ultimo le operazioni di saldatura del controtelaio sull'autotelaio possono danneggiare quei componenti in plastica e la verniciatura del mezzo.

È quindi stata creata una semplice dima, costituita da longheroni paralleli, regolabili in larghezza e lunghezza. I longheroni, fissati nella posizione opportuna, simulano il tratto posteriore dell'autotelaio del veicolo. Così facendo è possibile assemblare il troncone posteriore del controtelaio senza richiedere la presenza fisica del veicolo nel reparto di carpenteria.



Figura 3.1.3. Dima per l'assemblaggio del troncone posteriore

3.1.4. Dima per il preassemblaggio della testata posteriore

La testata posteriore verrà sottoposta a redesign e prodotta come semiassemblato. L'unica variabile che ne influenzerà l'assemblaggio di quest'ultima è la larghezza del controtelaio, da cui deriva la posizione delle piastre forate di fissaggio ai longheroni.

È stata quindi realizzata una dima per l'assemblaggio degli elementi della testata posteriore, che ne permette l'assemblaggio e la regolazione della posizione delle piastre forate, saldate alla testata.



Figura 3.1.4. Dima per la produzione del semiassemblato Testata posteriore

3.1.5. Dima per i supporti del gruppo frigo

Una semplice dima con finestre rettangolari, fissata al longherone, guida l'operatore nel taglio al plasma della luce per il montaggio delle mensole di supporto del gruppo frigo. La finestra ha una forma tale da minimizzare l'apporto di materiale di saldatura per il riempimento degli spazi tra bordo della finestra e mensola di supporto del gruppo frigo.

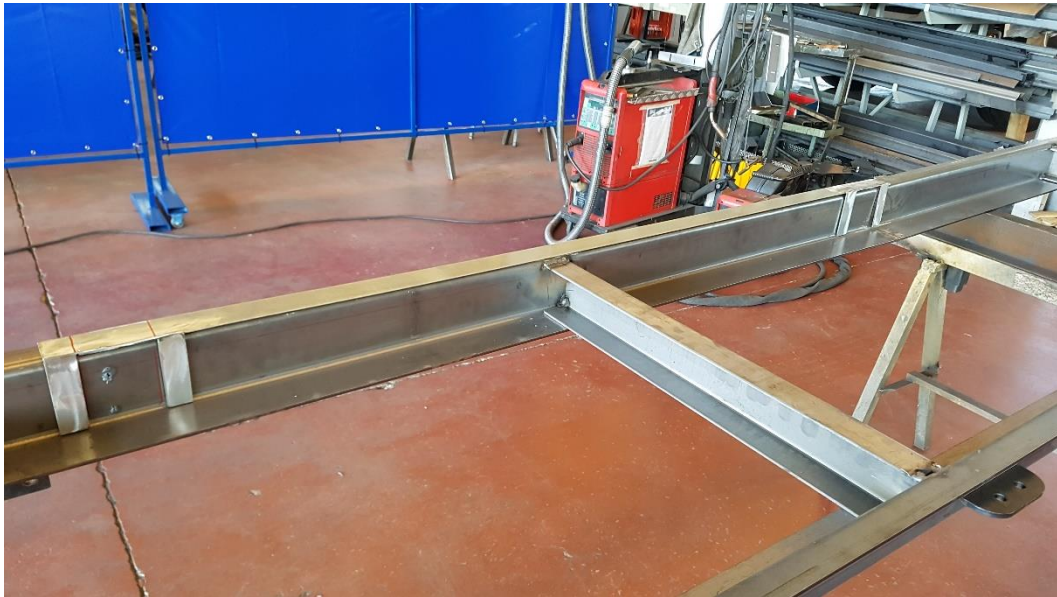


Figura 3.1.5. Dima per la realizzazione delle finestre dei supporti dei gruppi frigo sul troncone anteriore già parzialmente assemblato

3.2. Redesign del controtelaio e dei suoi elementi

Le proposte e considerazioni appena presentate definiscono il redesign del controtelaio. Questo

- è ancora costituito da componenti saldati tra loro
- sfrutta 2 semiassemblati, utilizzabili per realizzare controtelai per più autotelai
- è diviso in due tronconi
- presenta un ridotto numero di varianti.

3.2.1. Divisione in tronconi

Il controtelaio è costituito da più tronconi separati che verranno uniti, durante il matrimonio tra controtelaio e autotelaio, tramite opportune piastre imbullonate.

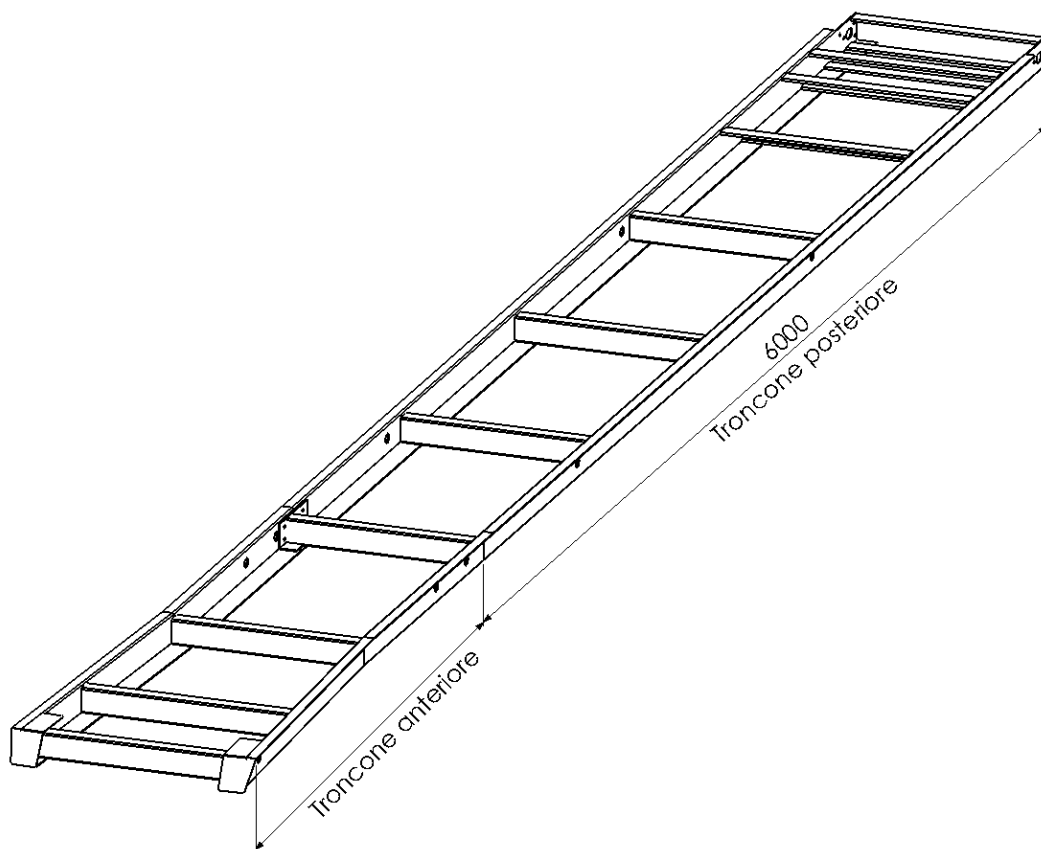


Figura 3.2.1.a Divisione in tronconi del controtelaio

La resistenza del controtelaio non viene influenzata, in quanto sono nulle le forze in direzione longitudinale agenti sui longheroni, mentre le forzanti di torsione sono minime, in quanto l'unione tra i longheroni è molto lontana dall'asse anteriore del veicolo.

Le operazioni di movimentazione sono facilitate, in quanto si riduce la lunghezza della struttura da spostare.

I tronconi posteriori hanno lunghezza fissa, pari a 6 metri, mentre la lunghezza dei tronconi anteriori sarà derivante dalla lunghezza di ciascun allestimento.

Il troncone posteriore è dunque un preassemblato che ha origine da un kit, da produrre su previsione in tante varianti quante le larghezze dei veicoli.

Troncone posteriore [semiass.]	b_0 [mm]	Veicoli compatibili
121K10068	762	Man TGS
121K10069	770	Scania, Iveco Stralis
121K10070	790	Daf
121K10071	848	Mercedes Antos e Actros
121K10072	852	Mercedes Atego, Iveco Eurocargo
121K10073	864	Man TGM

Tabella 3.2.1.b *Semiassemblati Troncone posteriore*

Lungo i longheroni vengono ricavati, in sede di taglio laser

- i fori necessari all'imbullonaggio delle piastre della testata posteriore
- i fori necessari all'unione con il troncone anteriore, tramite opportune piastre bullonate
- i fori, a distanza regolare, per permettere il passaggio dei cablaggi delle luci sagoma.

Così facendo, sono state rese non più necessarie le lavorazioni al taglio plasma.

Questi longheroni vengono utilizzati per realizzare tronconi posteriori standard, da produrre durante i periodi di bassa richiesta, in un numero derivante dalle previsioni delle vendite future di allestimenti superiori agli 8 metri.

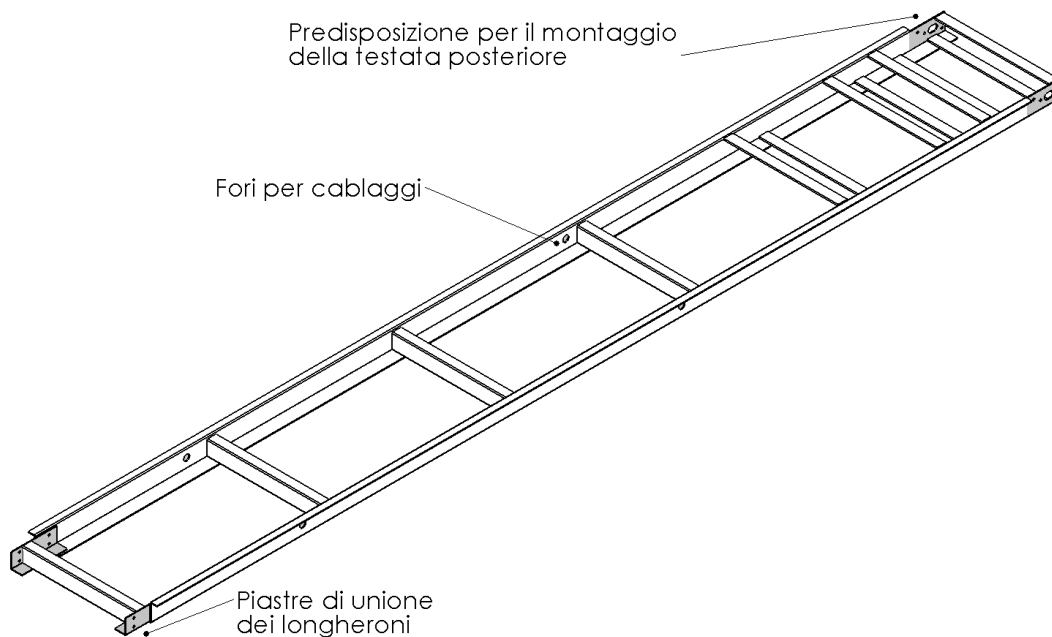


Figura 3.2.1.c Lavorazioni e particolari dei longheroni del troncone posteriore

Il processo produttivo proposto condivide le fasi produttive della produzione classica dei controtelai completi, così differenziandosi:

- la dima dell'autotelaio sostituisce l'autotelaio, rendendo non necessaria la presenza del veicolo nel reparto
- ciascun troncone posteriore non è destinato ad uno specifico autotelaio, bensì parte di un lotto, destinato a un insieme di modelli tra loro simili
- il lotto di produzione non è legato a una richiesta da parte del cliente, bensì alle previsioni di vendita.

La produzione di un troncone posteriore di un lotto ha inizio dall'ufficio commerciale, che comunica all'ufficio tecnico le future richieste previste per i singoli veicoli. Consultate le banche dati delle case costruttrici e i disegni tecnici dei vari modelli, l'ufficio tecnico può individuare la larghezza di ciascun autotelaio.

Sulla dima, regolata sulla larghezza dell'autotelaio, vengono fissati i longheroni posteriori, lunghi 6 metri.

Il design originale prevede la saldatura dei traversi centrali in numero e posizione corrispondente alle ganasce di fissaggio del cassone al controtelaio. Invece, nel redesign proposto, nel rispetto delle direttive delle case costruttrici, ai longheroni posteriori sono saldati solo 5 traversi centrali, a distanza di 1 metro l'uno dall'altro e dalle estremità.

I traversi centrali sono ottenuti tagliando da un grezzo di 6 metri e avranno lunghezza l_t

$$l_t = (b_0 - 2s - 2w)$$

dove

- b_0 è la larghezza del telaio del veicolo, identificativa del semissemblato troncone posteriore
- $s = 7 \text{ mm}$ è lo spessore di ogni singolo longherone
- $w \cong 4 \text{ mm}$ è il lasco da lasciare per garantire una piena penetrazione della saldatura.

Una quinta traversa centrale di lunghezza l_5 andrà saldata alle piastre di unione dei due tronconi, che hanno il medesimo spessore dei longheroni. La traversa in questione risulta quindi essere lievemente più corta alle precedenti

$$l_5 = (b_0 - 4s - 2w)$$

Anche il nuovo troncone posteriore presenta i traversi piatti per il montaggio delle due scalette posteriori, di lunghezza pari a l_t

Il lotto di produzione dei tronconi posteriori ha dimensione di 4 pezzi, tali da minimizzare i costi legati al trattamento di zincatura: sul cassone del mezzo di ritiro e consegna possono infatti essere alloggiati un massimo di 4 tronconi posteriori e 4 testate posteriori.

Fino a 24 tronconi posteriori, corrispondenti a 6 lotti da 4 pezzi, da lotti di acquisto di 48 longheroni, possono essere immagazzinati contemporaneamente in rack verticali, al coperto in un magazzino di proprietà.

Quando richiesto dalla commessa, è possibile posare il troncone posteriore sull'autotelaio del veicolo. La produzione del solo troncone anteriore completerà l'assemblaggio del controtelaio.



Figura 3.2.1.d Durante fasi iniziali dello sviluppo del controtelaio saldato, un operatore realizza il troncone posteriore separato dall'anteriore.

3.2.2. Redesign della testata posteriore

Si ribadiscono le funzioni di una testata posteriore in un allestimento frigorifero pesante

- proteggere gli spigoli posteriori dell'allestimento, tramite robuste piastre angolari
- proteggere il retro dell'allestimento, tramite tamponi in gomma o rotolanti
- sostenere la metà posteriore del cassone frigorifero
- permettere il montaggio delle luci posteriori, nell'eventualità che l'allestimento preveda una sponda caricatrice posteriore retrattile.

Originariamente, nel catalogo di Golo srl erano presenti ben 8 varianti di testata posteriore

- la larghezza del controtelaio genera 6 varianti
- la presenza o meno della sponda caricatrice posteriore genera 2 varianti

Origine variante	Varianti
Larghezza controtelaio	6
Sponda posteriore	2
Totale	12

Tabella 3.2.2.a Varianti della Testata posteriore

Sono quindi stati riprogettati quegli elementi che hanno il compito di sostenere e proteggere le luci posteriori negli allestimenti con sponda caricatrice posteriore retrattile. È stata proposta una piastra asolata di posizionamento e protezione delle luci posteriori, di dimensioni maggiorate. È

quindi possibile montare la piastra angolare standard invece della maggiorata, indipendentemente dalla necessità di proteggere o meno le luci posteriori.

È quindi possibile generare le due versioni di testata posteriore semplicemente aggiungendo una coppia di piastre imbullonate. L'operazione non richiede saldature, quindi non deve essere svolta a monte del processo di produzione, ma bensì la finitura dell'allestimento, anche da operatori non specializzati.

La coppia di piastre asolate va quindi a sostituirsi a ben 3 codici, per altrettante coppie di articoli.

Inoltre, nella testata originale, i cablaggi delle luci posteriori vengono protetti e coperti alla vista da un profilo angolare in alluminio, a cui sono fissati tramite fascette.

Maggiorando i bordi ripiegati delle piastre superiori, da 12 mm a 30 mm, è possibile sostenere i cavi con fissacavi adesivi rendendo non più necessario il profilo angolare in alluminio di copertura e semplificando notevolmente le operazioni di finitura.

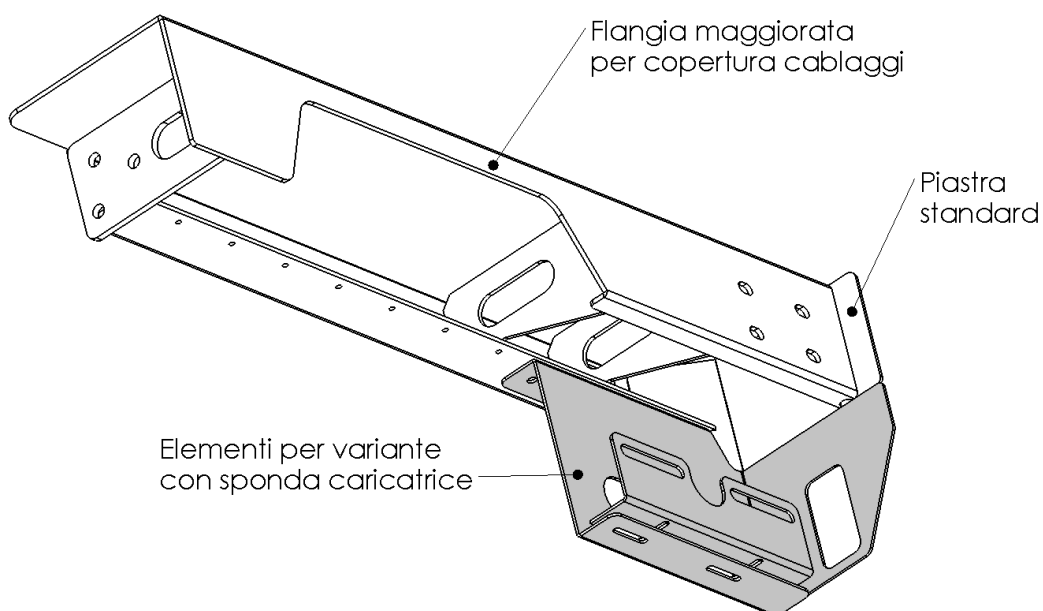


Figura 3.2.2.b Redesign della testata posteriore

Similmente ai tronconi posteriori, le traverse posteriori vengono prodotte in lotti da 4 pezzi, a seconda della larghezza dei controtelai a cui sono destinate.

Testata posteriore [semiass.]	b_0 [mm]	Veicoli compatibili
121K10037	762	Man TGS
121K10038	770	Scania, Iveco Stralis
121K10039	790	Daf
121K10040	848	Mercedes Antos e Actros
121K10041	852	Mercedes Atego, Iveco Eurocargo
121K10042	864	Man TGM

Tabella 3.2.2.c Semiasssemblati Testata posteriore

Una volta prodotte e zincate, fino a 24 testate posteriori, originate da lotti di acquisto di 48 longheroni, possono essere immagazzinate accanto ai relativi tronconi posteriori nel magazzino di proprietà.

3.3. Obiettivi raggiunti

La produzione del nuovo controtelaio saldato riprende parte dei processi del controtelaio tradizionale, primo fra tutti, l'unione dei componenti tramite saldatura. Tuttavia, grazie ad alcune accortezze e all'utilizzo di semiassemblati, offre molti vantaggi.

3.3.1. Minore Lead Time di produzione

In Golo srl, il periodo estivo è caratterizzato da un calo della domanda, causa accavallarsi di ferie delle aziende dei clienti. È possibile utilizzare questo periodo per produrre tronconi e testate posteriori sufficienti a soddisfare la domanda delle stagioni future.

La produzione di un controtelaio può quindi sfruttare i semi assemblati prodotti precedentemente: le uniche operazioni di carpenteria richieste interessano la produzione del troncone anteriore: questo è specifico alla singola commessa e al relativo veicolo, in quanto la sua lunghezza e sagoma dipendono dal veicolo e dall'allestimento.

L'operazione conclusiva è la zincatura del troncone anteriore (invece che l'intero controtelaio), che grazie alla sua lunghezza certamente inferiore ai 6 metri, può essere eseguita presso lo zincaturificio ZB.

In conclusione, poiché la produzione dei semiassemblati non influenza il Lead Time di produzione, questo può essere abbattuto di almeno 15 giorni.

Attività	Stato dell'arte	Redesign, controtelaio saldato
Approvvigionamento	7 d	7 d
Prelavorazioni	0	1 d
Definizione dell'ordine	<1 d	<1 d
Progettazione	1 d	<1 d
Assemblaggio	22 h	15 h
Zincatura	21 d	5 d
Totale LTP	26 d	9 d

Tabella 3.3.1. Riduzione del Lead Time di Produzione

3.3.2. Minori costi di produzione

Per la produzione dei controtelai tradizionali vengono utilizzati grezzi di 8 metri, corrispondenti alla massima lunghezza disponibile dal fornitore, che garantisce quindi un prezzo di acquisto più basso.

L'utilizzo di grezzi di lunghezza pari o inferiore a 6 metri permette di rifornirsi presso altri fornitori, con costi potenzialmente inferiori e conseguente riduzione dei costi di trasporto.

Le lavorazioni al laser dei grezzi comportano inevitabilmente un costo maggiore di acquisto, ma che viene ampiamente mitigato dalla riduzione delle operazioni di carpenteria altrimenti necessarie.

La riduzione di costo non è stata quantificata, in quanto questo redesign è stato presto soppiantato dal nuovo controtelaio innovativo e modulare, presentato nei capitoli seguenti.

Capitolo 4

Design di un controtelaio innovativo e modulare

Conseguentemente ad un incontro con alcune case costruttrici, tra cui Daf e Scania, sono state evidenziate le potenzialità di un controtelaio innovativo e modulare, capace di seguire fedelmente la sagoma del veicolo e adattarsi a qualunque lunghezza dell'allestimento.

Dal redesign presentato nel capitolo precedente, il nuovo controtelaio ha ereditato tutte quelle idee ritenute più valide, quali:

- componenti già lavorati, disponibili a magazzino, per semplificare le attività di carpenteria
- divisione in più tronconi, per abbattere tempi e costi legati alla zincatura
- posizionamento dei traversi centrali indipendente dalle ganasce di fissaggio del cassone frigorifero.

Alcune caratteristiche del redesign appena presentato non sono state invece ritenute valide, in quanto

- non rappresenta una reale evoluzione dello stato dell'arte.
- il controtelaio è, in maniera intrinseca e inevitabile, ancora prodotto su commessa. L'intero troncone anteriore deve essere prodotto specificamente per l'allestimento. Inoltre, le 6 le varianti di tronconi e testate posteriori comportano un notevole rischio di immobilizzazione
- per la produzione del controtelaio è richiesto personale altamente qualificato.

Il nuovo controtelaio innovativo e modulare deve idealmente essere capace di superare i limiti del design originale e permettere a Golo srl di cogliere nuove opportunità, in primis la possibilità di offrire il prodotto a quegli allestitori che si rivolgono a Golo srl per la progettazione e produzione di controtelai da utilizzare per i loro allestimenti.

4.1. Obiettivi del design

4.1.1. Assemblaggio senza saldatura

È negli interessi tanto di Golo srl, quanto degli allestitori terzi a cui l'azienda fornisce i controtelai, il poter minimizzare i costi di assemblaggio. I costi e i tempi totali di assemblaggio sono dovuti principalmente

- alle operazioni di taglio con la troncatrice o con la torcia al plasma, necessarie per adattare i vari componenti alla sagoma dell'autotelaio e alla lunghezza del cassone frigorifero
- alle lavorazioni di saldatura per unire i vari componenti, lavorazioni che richiedono l'utilizzo di manodopera altamente specializzata.

Storicamente, i controtelai vengono prodotti tramite saldatura in quanto le Direttive per gli allestitori, redatte dalle case costruttrici, suggeriscono questa pratica. È tuttavia possibile ottenere dei permessi per la produzione di controtelai, ottenuti utilizzando giunzioni bullonate in luogo della saldatura.

L'assemblaggio tramite unioni bullonate risulta essere preferibile in quanto

- non richiede personale altamente specializzato
- richiede utensili più economici e meno pericolosi, quali chiavi e avvitatori in sostituzione a saldatrici
- è potenzialmente più rapido,
- non produce fumi tossici per l'operatore, rendendo non necessario l'utilizzo di aspiratori
- non altera termicamente il materiale.

Nel rispetto dei principi del Design for Assembly, durante la progettazione del controtelaio assemblabile per bullonatura è necessario progettare componenti ed ingombri tali da permettere l'accesso agli utensili necessari per serrare viti e dadi.

4.1.2. Trasportabilità

A seguito di un accordo stipulato nel 2014, Golo srl è diventata concessionaria esclusiva nel Triveneto dei prodotti Lamberet spa su veicoli commerciali pesanti. L'azienda è così entrata a far parte di un gruppo costituito da altre grandi realtà, capaci di distribuire allestimenti frigoriferi in tutto il territorio nazionale. Come conseguenza dell'accordo, l'ufficio tecnico di Golo srl condivide con Lamberet Italia l'intero know-how di progettazione e produzione di controtelai per allestimenti frigoriferi pesanti, fornendo, a richiesta i progetti e disegni tecnici agli altri allestitori.

A seguito di un accordo del marzo 2018, Golo srl fornisce a Lamberet Italia anche i controtelai completi per i loro allestimenti.

È stato quindi necessario realizzare un controtelaio facilmente trasportabile. Il design originale ha come risultato una struttura lunga fino a 10 metri, difficilmente trasportabile se non rivolgendosi a corrieri specializzati. Le spese di trasposto possono dunque impattare pesantemente sul costo totale del controtelaio. Il redesign del controtelaio precedentemente proposto, dividendo la struttura in più tronconi di lunghezza massima è 6 metri, facilita il trasporto ma comunque non lo rende economicamente vantaggioso.

Gli elementi che compongono il telaio innovativo e modulare possono invece essere spediti sotto forma di kit in bancale. L'assemblaggio, non richiedendo saldature, può essere completato facilmente da personale non specializzato, seguendo una guida, direttamente presso Lamberet Italia.

Tanto la spedizione quanto l'assemblaggio diventano celeri, facili e economicamente vantaggiosi per entrambe le parti.

4.1.3. Modularità

La caratteristica di modularità del nuovo controtelaio gli permette di adattarsi facilmente ai diversi autotelai.

Con un numero minimo di componenti a disposizione, diventa possibile realizzare i più svariati controtelai:

- di larghezza derivante dalla larghezza dei diversi autotelai
- con sagoma corrispondente alla sagoma dei diversi autotelai
- di lunghezza derivante dalla lunghezza totale dei diversi allestimenti.

Le lavorazioni di taglio per adattare un componente alla lunghezza o larghezza dell'autotelaio sono ridotte al minimo indispensabile, sostituite perlopiù da regolazioni realizzabili tramite fori asolati.

All'interno del kit del controtelaio, il personale di Golo srl e di Lamberet Italia troverà componenti standard e modulari, sufficienti a realizzare un'ampia varietà di controtelai per altrettanti autotelai e allestimenti.

4.1.4. Standardizzazione dei componenti per acquisto in lotti di grandi dimensioni e magazzino

Originariamente, i diversi autotelai richiedevano altrettanti controtelai, da cui avevano origine numerosissime varianti di componenti. Questi vengono sostituiti con componenti standard, con cui realizzare controtelai modulari, adattabili ai diversi autotelai.

Sostituendosi alle numerose varianti, il numero di componenti standard diventa pari alla somma di tutti i diversi componenti prima utilizzati. Deve inoltre essere considerato l'aumento della produzione dovuto alla fornitura dei controtelai a Lamberet Italia.

Inevitabilmente, il costo dei componenti standard per i controtelai modulari sarà superiore a quello dei componenti che vanno a sostituire, a causa delle numerose lavorazioni che garantiscono la modularità del controtelaio. Diventa necessario definire le dimensioni dei lotti economici di acquisto, tale da minimizzare i costi legati all'acquisto dei componenti.

4.2. Design del controtelaio modulare e degli elementi

4.2.1. Normative e direttive

I diversi elementi che compongono il controtelaio vengono uniti tramite unioni bullonate. La progettazione deve dunque rispettare le normative e direttive vigenti

- la progettazione dei componenti rispetta le Direttive per gli allestitori, emanate dalle case costruttrici. Laddove le direttive non prevedono l'assemblaggio tramite unioni bullonate, è stata presentata una richiesta di nulla osta alla casa madre
- la progettazione delle unioni bullonate è stata completata nel rispetto della normativa UNI EN 14399:2015, "Bulloneria strutturale a serraggio controllato"
- per permettere la circolazione su strade pubbliche del mezzo allestito, deve essere rispettato il Codice della Strada italiano, in particolare gli articoli 61, "Sagoma limite", e 62, "Massa limite"
- il materiale scelto deve ricevere la conformità CE, soddisfacendo i requisiti delle normative EN 1090-1, "Requisiti per la valutazione di conformità delle caratteristiche prestazionali dei componenti strutturali in acciaio", UNI EN 14149:2013, "Prodotti piani in acciaio, ottenuti tramite laminazione termomeccanica, ad alto limite di snervamento, per formatura a freddo" nonché UNI EN 10219:2006, "Profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali di acciai a grana fine"
- in quanto parte di un allestimento su veicolo commerciale, è preferibile che il controtelaio innovativo e modulare soddisfi i "Requisiti minimi di resistenza strutturale dei veicoli commerciali" imposti dalla normativa UNI EN 12642:2017.

4.2.2. Longheroni

I longheroni vengono ricavati da profili piegati a Z, con geometria identica al profilo originale (ad esclusione dello spessore della lamiera).

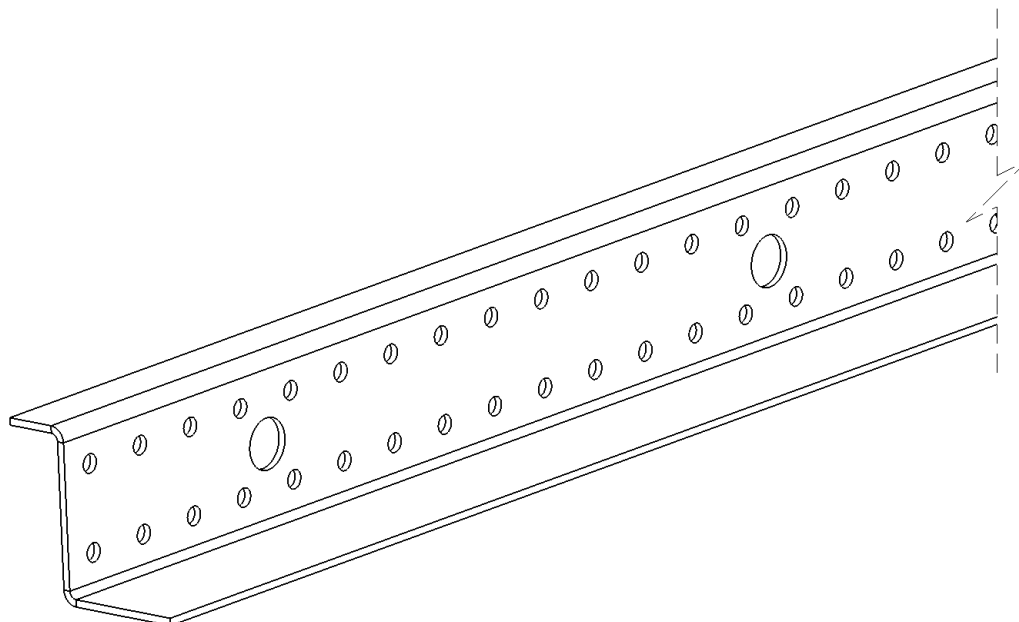


Figura 4.2.2.a Geometria dei longheroni

Viene mantenuta la divisione del controtelaio in due tronconi, con il troncone posteriore lungo 6000 mm, mentre l'anteriore è lungo 4200 mm. Si potranno quindi realizzare controtelai anche sui veicoli a cabina corta, sfruttando interamente i 12000 mm di lunghezza massima e i cassoni più lunghi, da oltre 10000 mm.

Sull'intera lunghezza dei longheroni vengono realizzati 3 file di fori

- due file parallele, di fori di diametro 13 mm. Questi verranno utilizzati per il montaggio, tramite bulloni M12, dei vari componenti da assemblare sul longherone. Si noti che l'interasse $\Delta l = 50 \text{ mm}$ dei fori sui longheroni del controtelaio coincide con l'interasse dei fori sull'autotelaio della maggior parte dei veicoli, ad esclusione dei veicoli Iveco, i cui fori sono posti con interasse 45 mm.

Casa costruttrice del veicolo	Δl_{fori}
Volvo	50 mm
Scania	50 mm
Mercedes	50 mm
Daf	50 mm
Man	50 mm
Iveco	45 mm

Tabella 4.2.2.b Interassi dei fori sui longheroni nei diversi veicoli

- una fila centrale di fori diametro 35 mm, utilizzati per permettere il passaggio dei cablaggi elettrici, posti a distanza di 500 mm l'uno dall'altro.

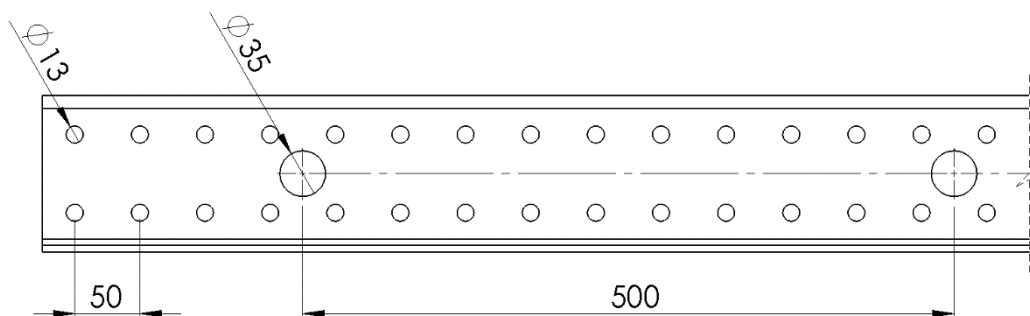
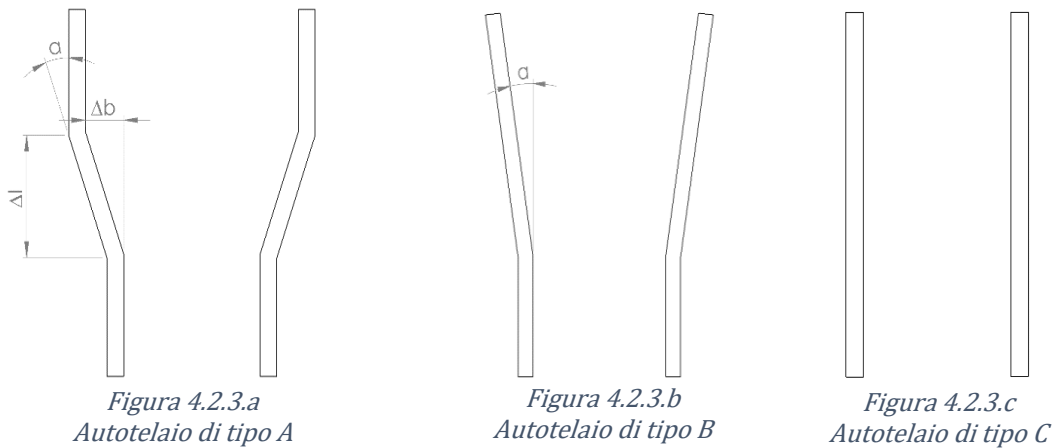


Figura 4.2.2.c Set di fori per garantire la modularità del controtelaio

I fori per unioni bullonate soddisfano le condizioni geometriche imposte dalla normativa UNI EN 14399.

4.2.3. Troncone anteriore

I longheroni del troncone anteriore del controtelaio devono seguire fedelmente la sagoma dell'autotelaio, il cui tipo varia a seconda del modello del veicolo.



Veicolo	Tipo	α	Δl	Δb
Volvo F	C			
Scania P, G	B	2.71°		
Daf CF	B	2.86°		
Iveco Eurocargo	C			
Iveco Stralis	A	4.25°	538 mm	40 mm
Man TGM	C			
Man TGS	A	4.47°	1150 mm	89 mm
Mercedes Antos	A	3.71°	400 mm	26 mm
Mercedes Actros	A	3.71°	400 mm	26 mm
Mercedes Atego	C			

Tabella 4.2.3.d Quote caratteristiche dei tratti anteriori dei diversi autotelai

Le diverse pieghe vengono sempre realizzate sui longheroni anteriori. Questi, originariamente di lunghezza 4200 mm, devono essere tagliati in più pezzi, tali da realizzare i diversi tratti rettilinei del troncone anteriore del controtelaio.

Per realizzare un controtelaio lungo L su un veicolo con autotelaio di tipo A, è necessario tagliare i longheroni anteriori in 3 spezzoni di lunghezza a , b e c

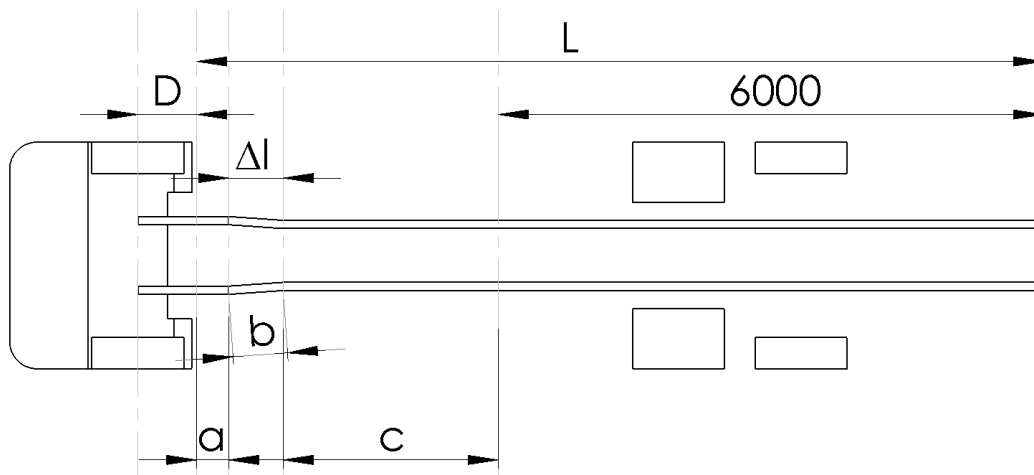


Figura 4.2.3.e Spezzoni di longheroni in un controtelaio di tipo A

- il primo spezzone è lungo a . La lunghezza a deriva dalla distanza tra l'inizio dell'allestimento (quota D) e la seconda piega dell'autotelaio. Può dunque essere determinato sulla base dei disegni tecnici dei veicoli
- la lunghezza b del secondo spezzone è sempre pari alla lunghezza del tratto inclinato, fissa per ogni veicolo

$$b = \Delta l \cdot \cos \alpha$$

Veicolo	Δl	α	b
Man TGS	1150 mm	4.47°	1146.5 mm
Iveco Stralis	538 mm	4.25°	536.5 mm
Mercedes Actros, Antos	400 mm	3.71°	399.2 mm

Tabella 4.2.3.f Lunghezza del tratto b nei veicoli con autotelaio di tipo A

- la lunghezza c del terzo spezzone è dipendente dalla lunghezza dell'allestimento

$$L - 6000 \text{ mm} = a + \Delta l + c$$

$$c = L - 6000 \text{ mm} - a - \Delta l$$

Per realizzare un controtelaio lungo L su un veicolo con autotelaio di tipo B, è necessario tagliare i longheroni anteriori in 2 spezzoni di lunghezza b e c

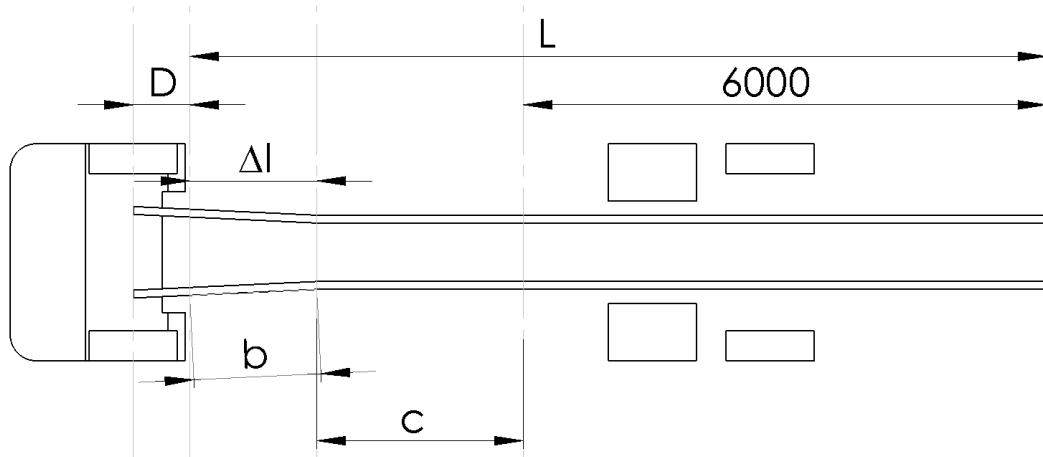


Figura 4.2.3.g Spezzoni dei longheroni in un controtelaio di tipo B

- la lunghezza b del primo spezzone deriva dalla distanza, in direzione longitudinale, tra l'inizio dell'allestimento e la piega dell'autotelaio

$$b = \Delta l \cdot \cos \alpha$$

- la lunghezza c del secondo spezzone è dipendente dalla lunghezza dell'allestimento

$$L - 6000 \text{ mm} = \Delta l + c$$

$$c = L - 6000 \text{ mm} - \Delta l$$

Per realizzare un controtelaio lungo L su un veicolo con autotelaio di tipo C, è sufficiente tagliare uno spezzone lungo c

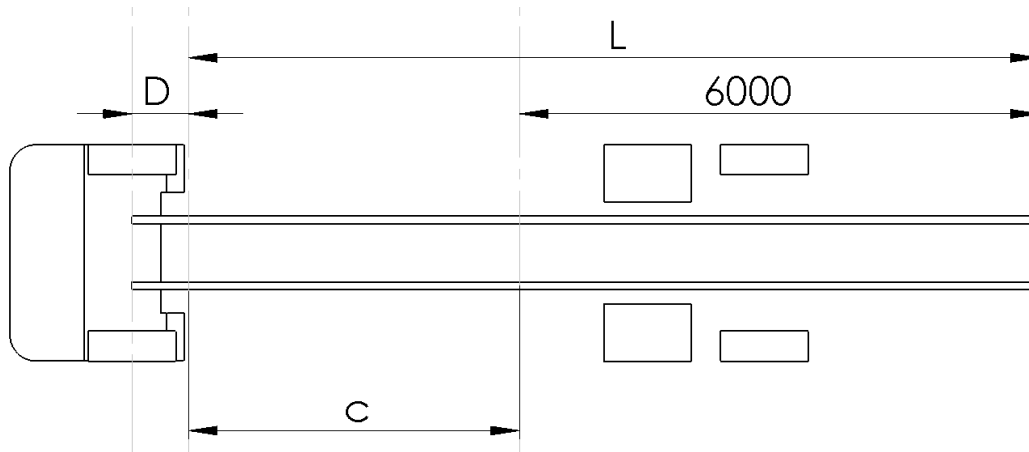


Figura 4.2.3.h Spezzoni dei longheroni in un controtelaio di tipo C

dove la lunghezza c

$$c = L - 6000 \text{ mm}$$

I diversi spezzoni di longheroni possono essere uniti tra loro utilizzando le piastre piegate di unione, ottenendo così la sagoma del troncone anteriore.

Sui longheroni anteriori grezzi viene ricavata, già in fase di taglio e piega, la rastrematura a 60° di testa. La piastra inclinata di testa può quindi essere imbullonata con il longherone sfruttando gli appositi fori. Il primo spezzone del longherone anteriore deve sempre essere ricavato dal lato con la rastrematura.

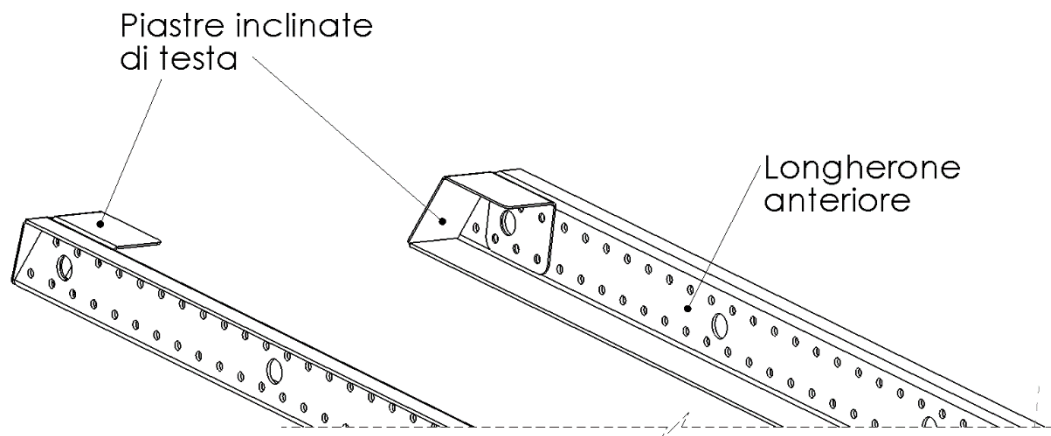


Figura 4.2.3.i Particolare del primo spezzone del troncone anteriore

I longheroni anteriori sono l'unico componente del nuovo controtelaio che richiedono una lavorazione specifica per la singola commessa. Tutti gli altri componenti sono standard, pronti all'assemblaggio.

È presente, in definitiva, un'unica variante di longheroni anteriori, nella versione destra e sinistra.

4.2.4. Longheroni posteriori

I longheroni posteriori vengono prodotti in un'unica variante, con interasse dei fori da 50 mm e lunghezza pari a 6000 mm.

L'estremità posteriore dei longheroni posteriori è opportunamente lavorata, in sede di taglio laser, per ospitare la testata posteriore.

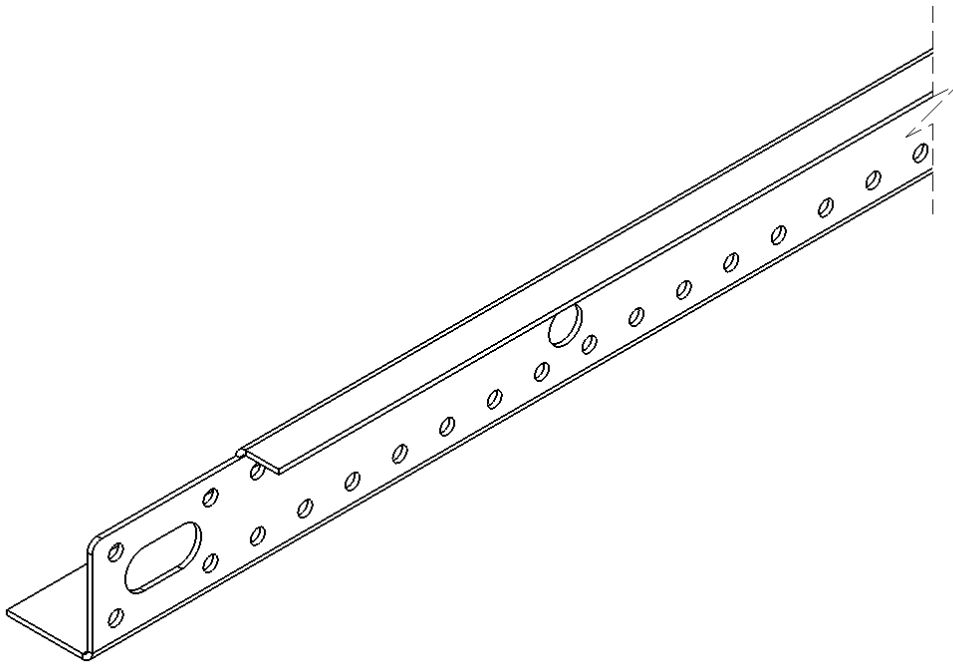


Figura 4.2.4. Particolari lavorati al taglio laser del tratto posteriore dei longheroni posteriori

È presente, in definitiva, una variante di longherone posteriore, nella versione destra e sinistra.

4.2.5. Unione tra longheroni

L'unione degli spezzoni che realizzano le pieghe del troncone anteriore è realizzata con delle piastre con fori asolati, per permettere un facile fissaggio dei due componenti.

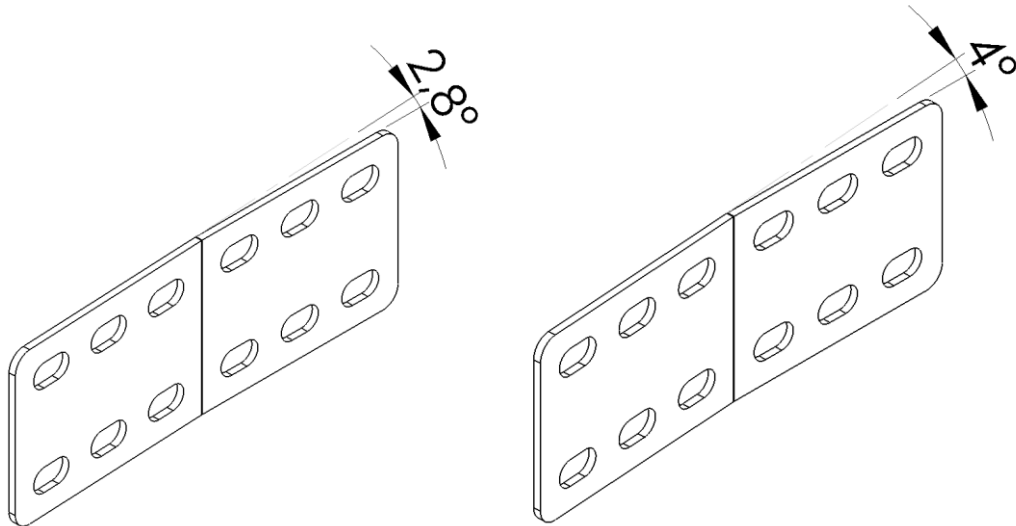


Figura 4.2.5.a Piastre piegate di unione dei longheroni anteriori

Sono necessarie 2 diverse piastre di piega dei longheroni anteriori.

- le piastre piegate a 2.8° possono realizzare le pieghe dei veicoli Scania e Daf, con telaio di tipo B
- le piastre piegate a 4° possono realizzare le pieghe dei Iveco Stralis, Man e Mercedes che la richiedono, con telaio di tipo A. Le medesime piastre possono essere usate tanto per realizzare la prima piega, uscente, quanto la seconda, entrante.

In quanto simmetriche, le piastre vengono fissate sia internamente che esternamente ad entrambe le coppie di longheroni da unire.

Anche nel nuovo controtelaio innovativo e modulare, similmente al redesign precedentemente presentato, l'unione tra il troncone anteriore e posteriore viene realizzata tramite piastre forate. Corte asole, che riprendono i fori sui longheroni, ne permettono il corretto posizionamento.

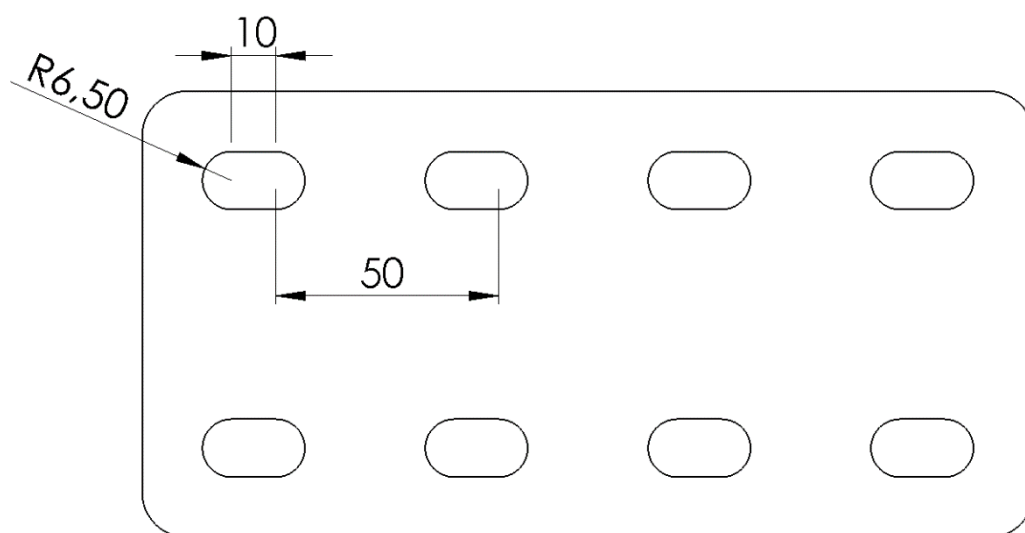


Figura 4.2.5.b Piastra dritta di unione dei tronconi dei controtelaio

4.2.6. Fissaggi tra autotelaio e controtelaio

Nel rispetto delle Direttive per gli allestitori, emanate dalle case costruttrici, il fissaggio tra controtelaio e autotelaio deve essere realizzato tramite

- fissaggi a mensola, con bulloni posti verticalmente, per fissaggi flessibili in direzione longitudinale
- fissaggi a mensola, per fissaggi flessibili in direzione verticale e longitudinale, realizzati interponendo elementi elastici tra bullone e fissaggio
- piastre forate, con bulloni che lavorano a taglio, per un fissaggio rigido

Le mensole per i fissaggi flessibili vengono realizzate con asole che ne permettono un posizionamento preciso tanto sul controtelaio, quanto in corrispondenza dei relativi controfissaggi sull'autotelaio. Il montaggio al controtelaio è realizzato con bulloni M12, mentre il fissaggio all'autotelaio richiede bulloni M16.

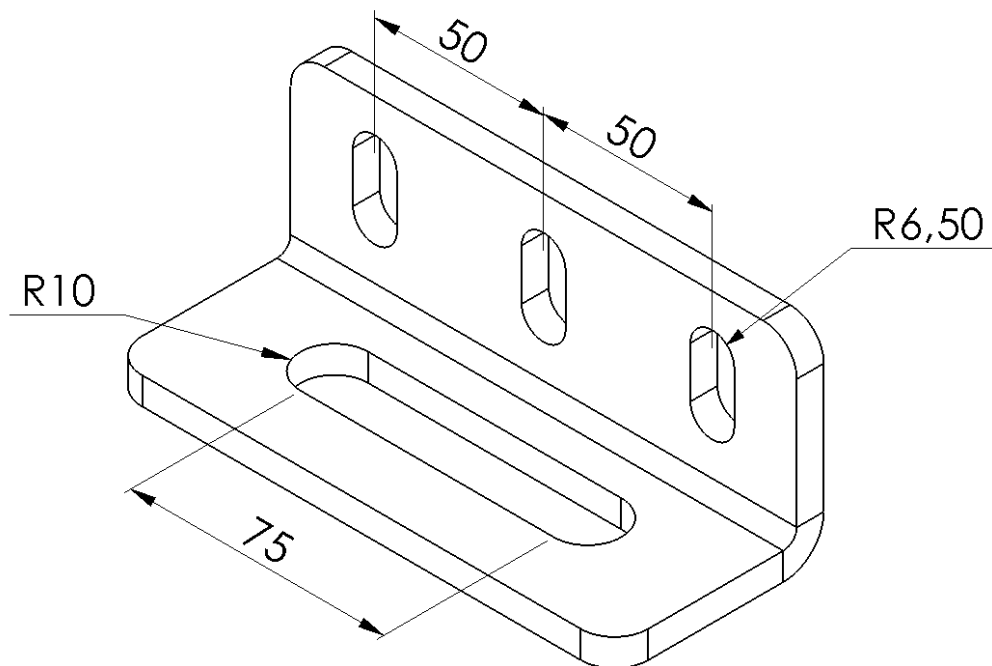


Figura 4.2.6.a Mensola per fissaggi flessibili

Le mensole vengono realizzate tramite semplice lamiera piegata: lo spessore di 8 mm garantisce robustezza al fissaggio, mentre la geometria garantisce la flessibilità necessaria.

La maggior parte dei veicoli presenta fissaggi a filo tra autotelaio e controtelaio. La mensola può dunque essere fissata al longherone utilizzando la fila inferiore di fori (A, in figura). Diversamente, nei veicoli Iveco Stralis caratterizzati da fissaggi dell'autotelaio che sporgono dal piano tra autotelaio e controtelaio, le mensole di fissaggio possono essere fissate sulla fila superiore di fori del longherone (B, in figura).

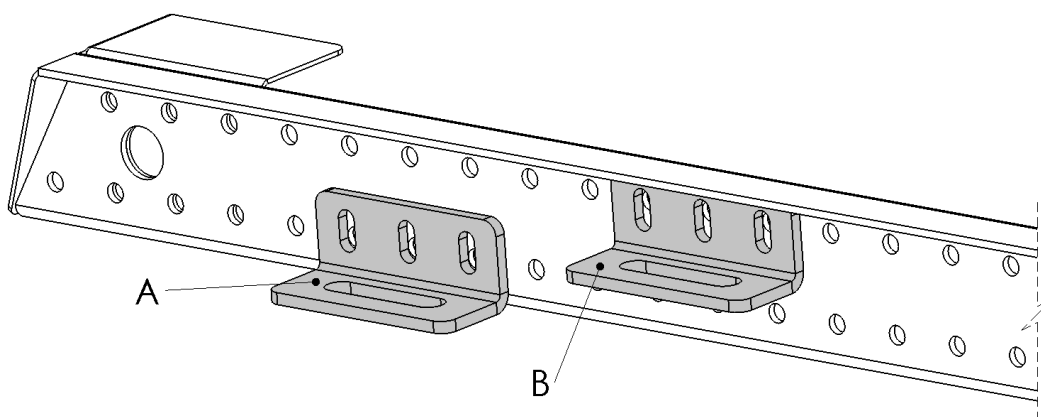


Figura 4.2.6.b Variando la posizione del fissaggio è possibile utilizzarlo sui diversi veicoli

Alcuni fissaggi flessibili, quali i BAM2 di Daf e i fissaggi anteriori di Scania richiedono due bulloni consecutivi sullo stesso fissaggio, a distanza di 50 mm l'uno dall'altro. L'asola inferiore della mensola di fissaggio proposta, con la sua lunghezza utile di 75 mm, può ospitare fino a due bulloni contemporaneamente.

Le piastre forate di fissaggio sono unite al controtelaio attraverso 3 bulloni, mentre all'autotelaio attraverso una coppia di bulloni. I fori asolati longitudinalmente ne permettono il montaggio

- sia sui veicoli Iveco, con interasse dei fori sull'autotelaio di 45 mm
- sia sugli altri veicoli, con interasse dei fori sull'autotelaio di 50 mm.

La posizione dei fori superiori è invece fissa in direzione longitudinale, poiché derivante dai fori sui longheroni del controtelaio, mentre è regolabile in direzione verticale, per potersi adattare ad ogni autotelaio.

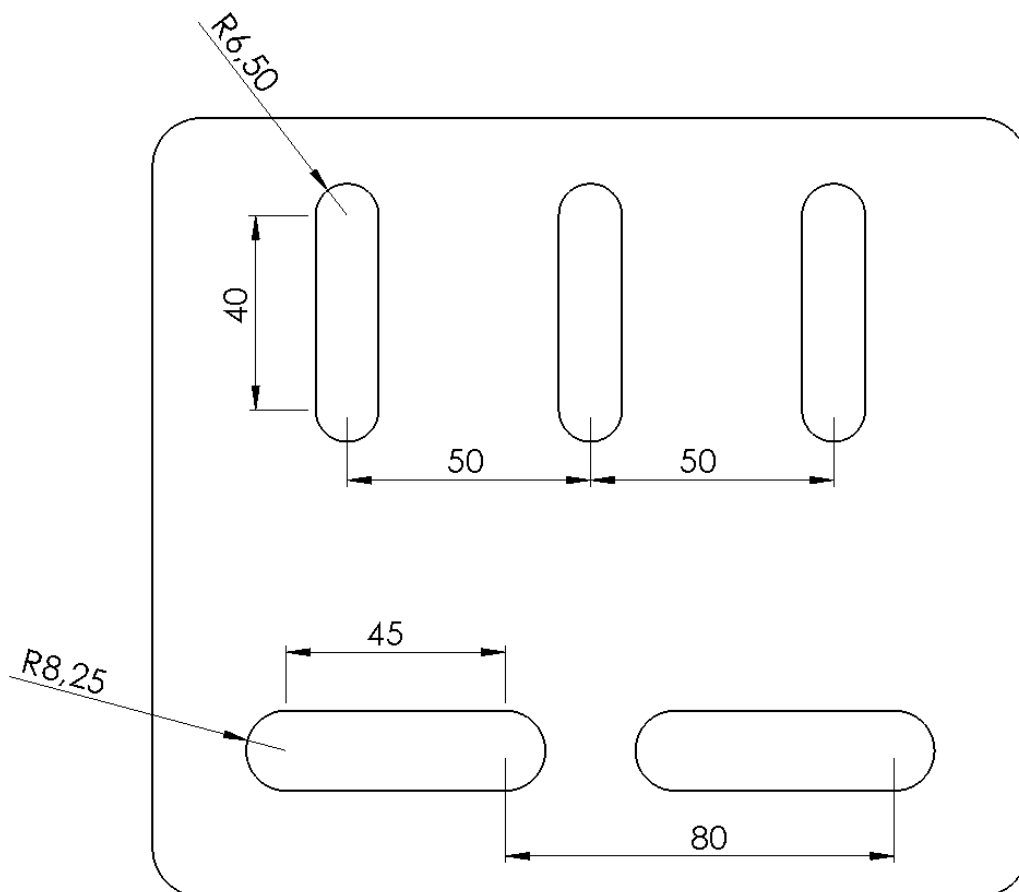


Figura 4.2.6.c Piastra per fissaggi rigidi

Sulla metà inferiore le piastre per fissaggi rigidi presentano fori per bulloni M14.

4.2.7. Traversi centrali

La lunghezza dei traversi centrali deve essere tale che la larghezza del controtelaio e dell'autotelaio combacino.

Veicolo	Tipo	α	b_0	b_{max}
Volvo F	C		852 mm	
Scania P, G	B	2.71°	770 mm	
Daf CF	B	2.86°	790 mm	
Iveco Eurocargo	C		852 mm	
Iveco Stralis	A	4.25°	770 mm	850 mm
Man TGM	C		864 mm	
Man TGS	A	4.47°	762 mm	940 mm
Mercedes Actros, Antos	A	3.71°	848 mm	900 mm
Mercedes Atego	C		852 mm	

Tabella 4.2.7.a Larghezza del controtelaio nei diversi veicoli

I traversi centrali devono pertanto essere regolabili, adattandosi tanto al più stretto quanto al più largo degli autotelai e controtelai.

I traversi centrali sono quindi costituiti da tre componenti

- due mensole centrali simmetriche, con due file parallele di asole (A) per bulloni M12
- un profilo di unione, con due file parallele di fori asolati (B) per bulloni M12

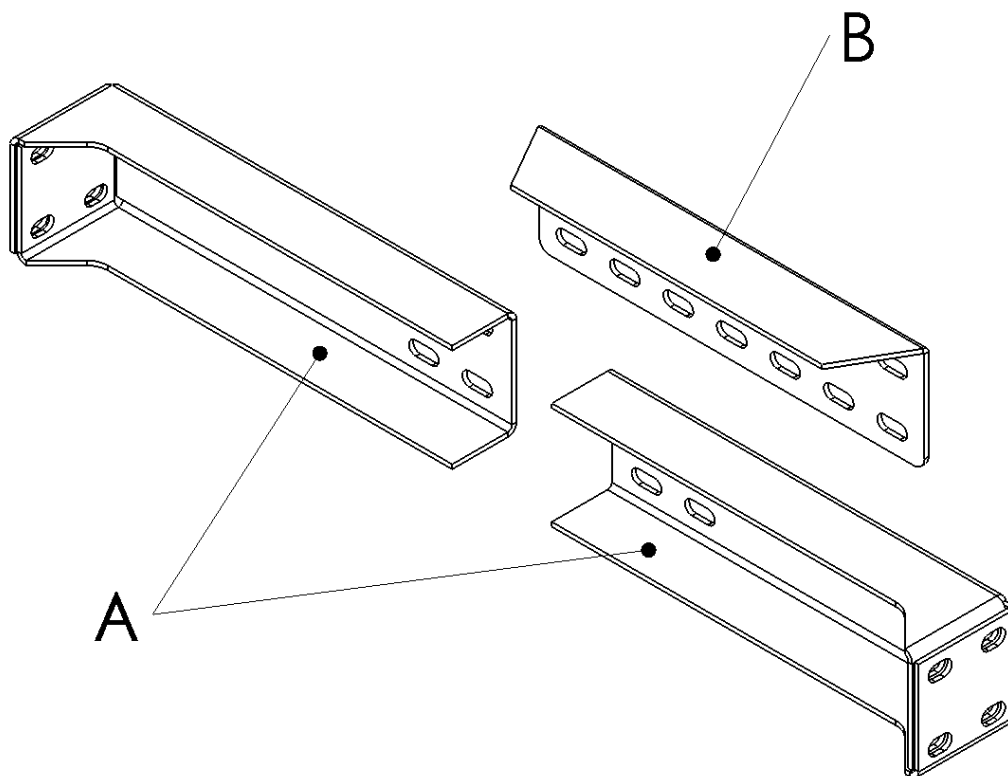


Figura 4.2.7.b Componenti dei traversi centrali

Ciascuna mensola centrale presenta una coppia di flange perpendicolari forate le quali, strette tra loro tramite bulloni, la fissano al longherone. I fori hanno il medesimo interasse dei fori sui longheroni.

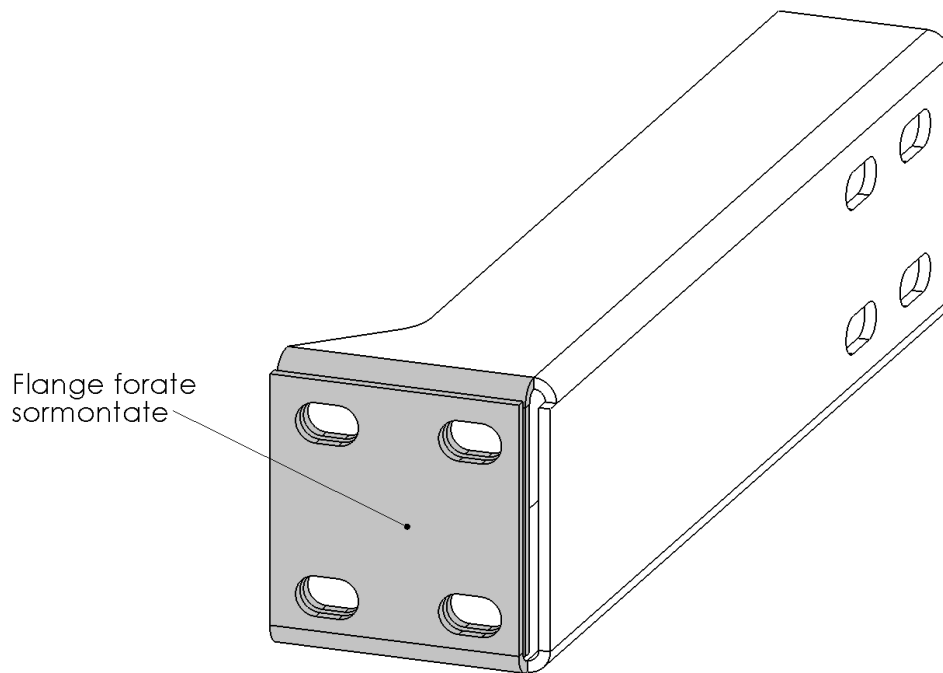


Figura 4.2.7.c Particolare delle flange piegate forate

Facendo scorrere il profilo di unione contro le mensole, è possibile realizzare controtelai di larghezza compresa tra i 758 mm e i 936 mm, coprendo sia il più stretto che il più largo dei telai.

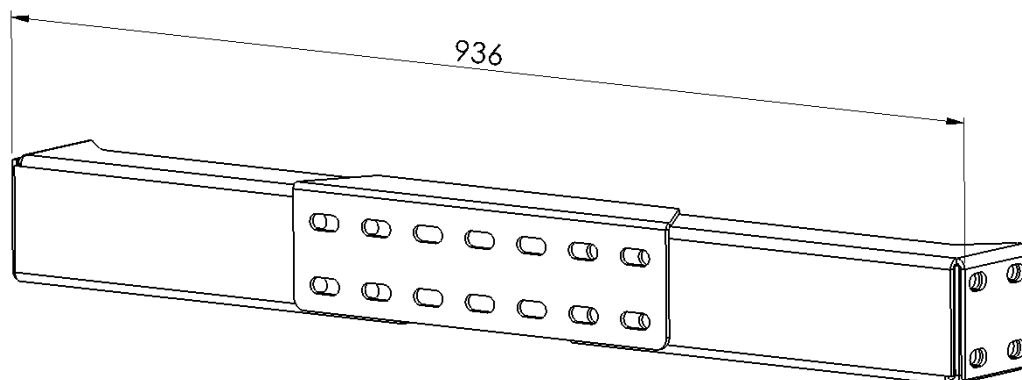


Figura 4.2.7.d Traverso centrale regolato sulla massima larghezza

Nei controtelai di tipo A e C, le traverse centrali sono fissate ai longheroni unicamente nei tratti rettilinei e paralleli.

Nei controtelai su Man TGS ($\alpha = 4.47^\circ$) e nei controtelai di tipo B (α massimo di 2.86°) è necessario montare traversi centrali anche sui tratti inclinati. Vengono dunque utilizzati dei profili di unione piegati ad un angolo doppio dell'angolo di apertura dell'autotelaio.

Vengono realizzati due diversi profili di unione dei traversi centrali, aventi origine dallo stesso grezzo tagliato al laser.

Veicoli	α
Man TGS	9°
Scania P,G	5.5°
Daf CF	5.5°

Tabella 4.2.7.e Diversi angoli di piega dei traversi centrali nei controtelai di tipo B e su Man TGS

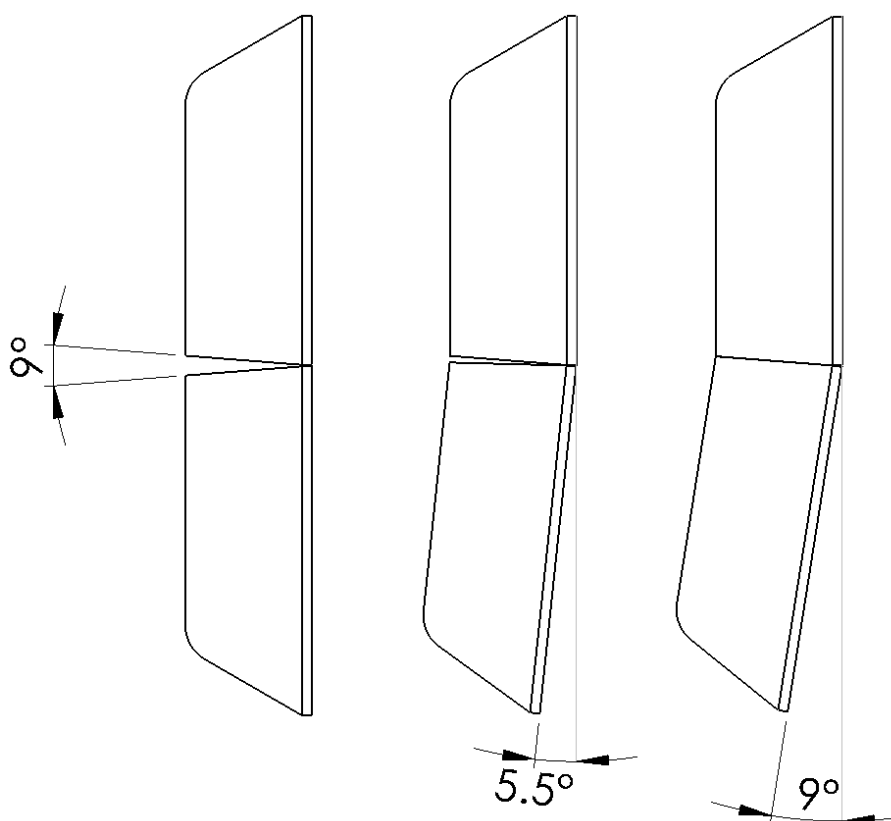


Figura 4.2.7.f Da sinistra: unione dei traversi anteriori grezza, per Scania e Daf, per Man TGS

Le traverse vengono montate omogeneamente, su tutta la lunghezza del controtelaio, ad intervalli di circa 1 metro (altri ingombri permettendo), nel pieno rispetto delle direttive che prevedono una distanza massima tra le traverse di 1200 mm. La prima traversa, detta di testa, viene posizionata in nelle vicinanze della piastra inclinata di testa.

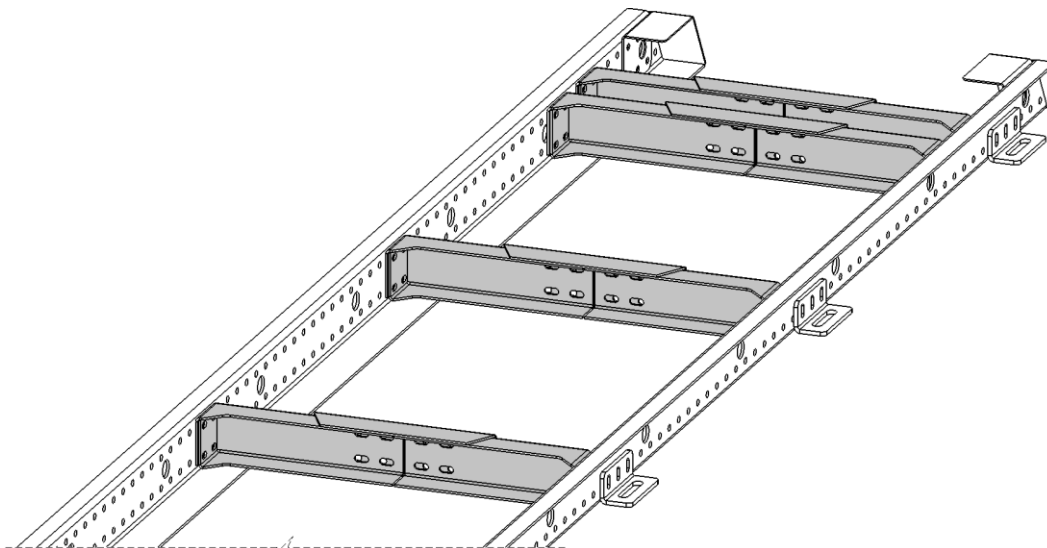


Figura 4.2.7.g Posizionamento dei traversi centrali lungo il controtelaio

4.2.8. Testata posteriore

Il cuore della testata posteriore, di larghezza fissa pari a 2600 mm, è costituito principalmente da un unico elemento ottenuto da lamiera piegata, la cui rigidità è garantita da flange ripiegate, imbullonate tra loro.

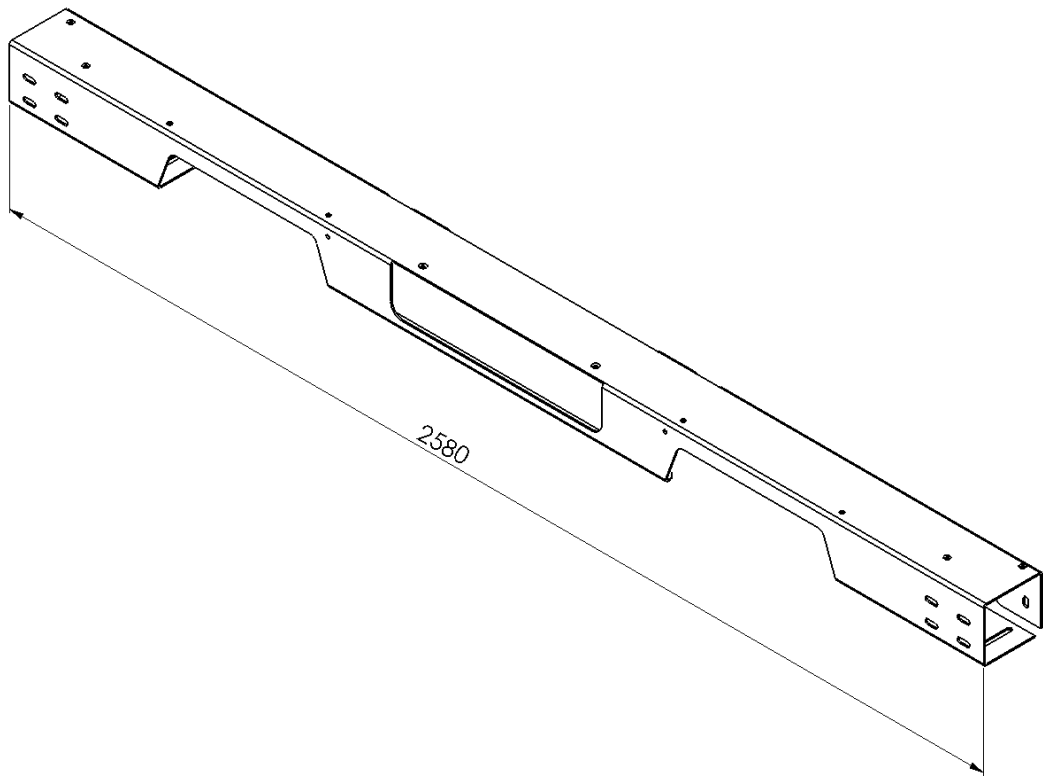


Figura 4.2.8.a Elemento principale della testata posteriore

La testata posteriore è fissata ai longheroni del controtelaio

- lateralmente, tramite mensole inclinate (A) con fori asolati, progettati con lo stesso principio dei traversi centrali, che permettono di adattare le diverse larghezze dei controtelai alla testata posteriore standard
- centralmente, tramite piastre piegate (B) con fori asolati

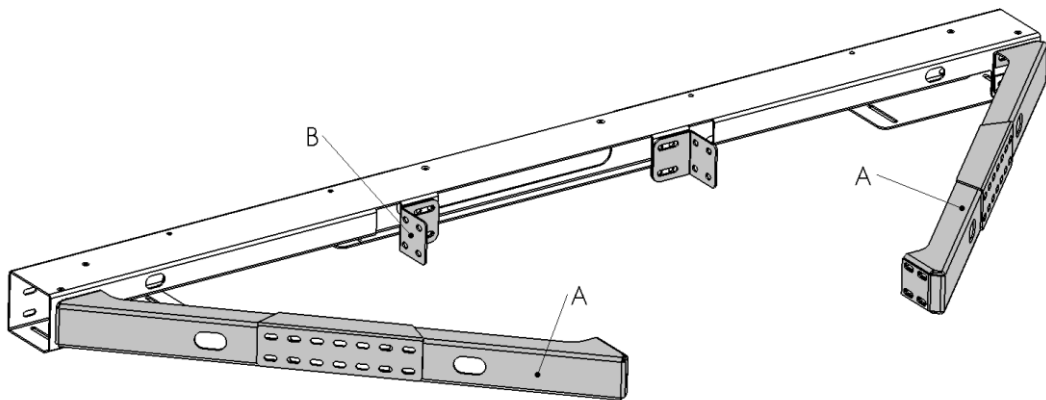


Figura 4.2.8.b Elementi di fissaggio della testata posteriore al controtelaio

Gli elementi di fissaggio sono regolabili, così da poter permettere il montaggio della testata posteriore su tutti i controtelai, dal più stretto al più largo.

La scaletta del fornitore M. viene fissata al longherone tramite 6 supporti appositamente realizzati, ottenuti da lamiera tagliata al laser e piegata.

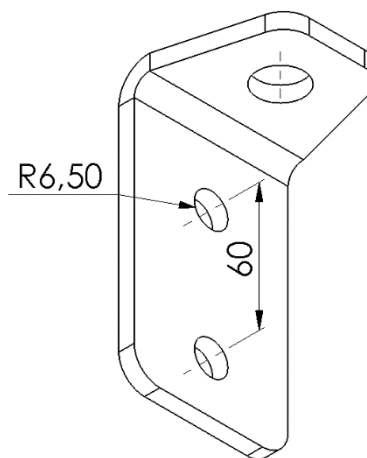


Figura 4.2.8.c Supporto della scaletta posteriore

Per sostenere le luci posteriori, negli allestimenti con sponda idraulica, vengono utilizzate delle staffe regolabili (C), che fungono anche da protezione delle luci posteriori e degli spigoli dell'allestimento (D), con lo stesso principio delle piastre proposte nel redesign del controtelaio saldato.

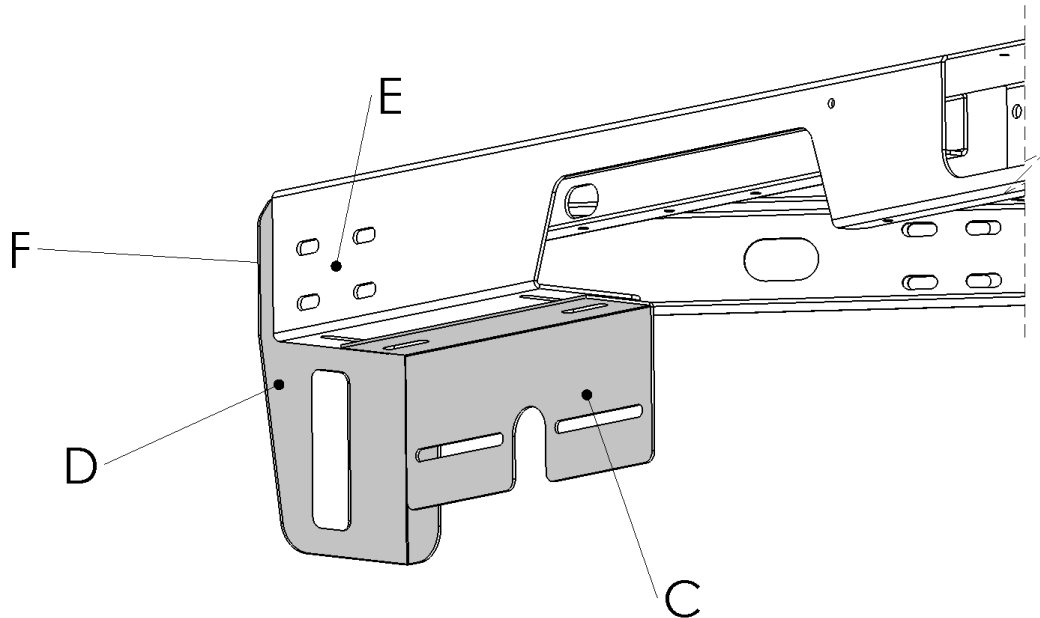


Figura 4.2.8.d Staffe di montaggio, regolazione e protezione delle luci posteriori

La staffa (D) presenta inoltre delle flange forate che, sfruttando i fori per i tamponi a rullo (E) e per le mensole inclinate (F), irrigidiscono notevolmente la testata posteriore.

L'intera testata posteriore è in definitiva costituita da

- 1 elemento testata posteriore
- 4 mensole di supporto, identiche tra loro
- 2 profili di unione, identici tra loro
- 2 profili asolati, identici tra loro
- 2 piastre di regolazione delle luci posteriori, identiche tra loro
- 2 piastre di regolazione e protezione delle luci posteriori, nella versione destra e sinistra.

Seguendo i principi del Design for Maintenance, la finestra ricavata nella nuova testata posteriore rende possibile lo smontare e sfilare completamente la scaletta anche senza richiedere il sollevamento dell'intero cassone frigorifero. Su richiesta, la finestra può essere coperta da una piastra in alluminio anodizzato, oppure verniciata con i colori e loghi del cliente.

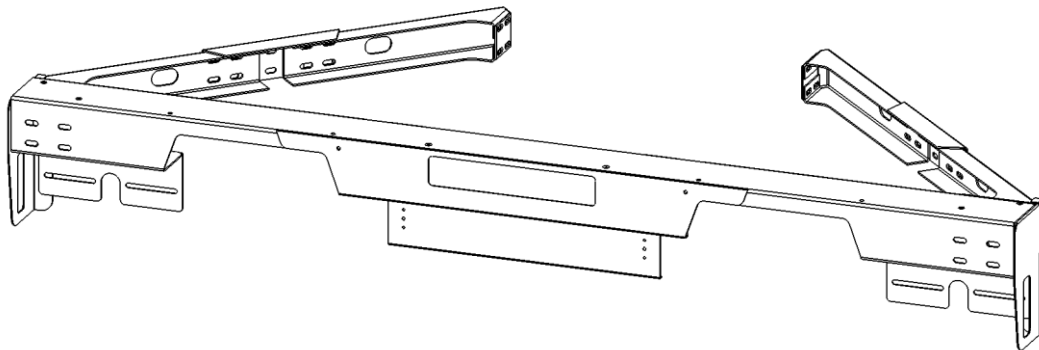


Figura 4.2.8.e Testata posteriore completa

La testata posteriore della variante priva di sponda caricatrice posteriore viene ottenuta tramite una piastra angolare di dimensioni minori.

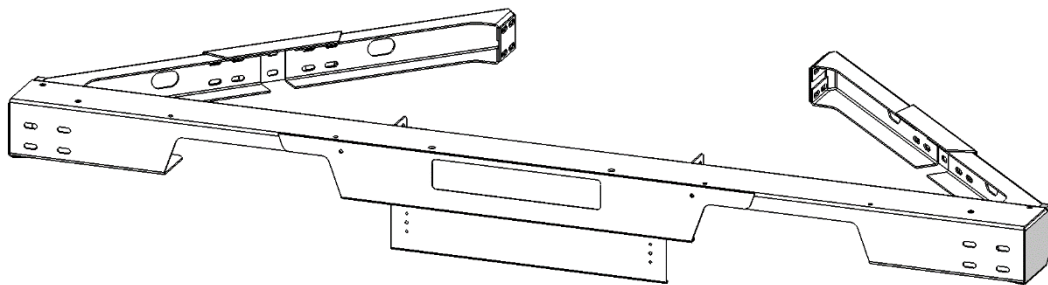


Figura 4.2.8.f Testata posteriore nella variante priva di sponda caricatrice posteriore

4.2.9. Supporti dei gruppi frigo

Gli allestimenti che prevedono il montaggio del gruppo frigo in posizione ribassata, sotto la cassa, richiedono delle mensole di supporto dei gruppi frigo. Diversamente, negli allestimenti con gruppo frigo montato sopra cabina non è necessario utilizzare le mensole di supporto.

I supporti sono quindi stati riprogettati, al fine di massimizzarne la resistenza, tanto statica quanto a fatica, utilizzando un tubolare rettangolare standard UNI 7813/83, con dimensioni 100x50 [mmxmm] e spessore 6 mm, prodotto in Domex Tube 500MH da SSAB, ottenuto per formatura a freddo e saldatura ad alta frequenza di lamiere d'acciaio a bassa impurità.

Rispetto ai supporti del design originale, i nuovi tubolari godono di un momento di inerzia lievemente inferiore

$$\frac{(J_{xx})_1}{(J_{xx})_0} \cong \frac{100^3 \cdot 50 - (88^3 \cdot 38)}{100^3 \cdot 60 - (84^3 \cdot 52)} \left[\frac{mm^4}{mm^4} \right] = -17\%$$

La resistenza del supporto viene comunque garantita grazie all'utilizzo di un acciaio altoresistenziale e allo spostamento dei fori, in cui si concentrano le tensioni, nei pressi dell'asse neutro di flessione.

La lunghezza totale del singolo supporto è tale da permettere il montaggio dei gruppi frigo sul veicolo con il controtelaio più largo (Man TGM, con larghezza 864 mm) rispettando la larghezza massima di 2600 mm dell'allestimento. Nei veicoli con controtelaio più stretto (Man TGS, con larghezza 762 mm), il fianco del gruppo frigo risulterà semplicemente 51 mm più interno.

Fori sulle pareti verticali del tubolare permettono il fissaggio, tramite bulloni M12, del gruppo frigo tramite i medesimi supporti della scaletta posteriore. La posizione dei fori è tale da permettere il montaggio di qualunque dei quattro gruppi frigo.

I supporti precedenti, con sezione a C, presentavano i fori per il fissaggio sull'ala inferiore, laddove sono massime le tensioni derivanti dalla flessione. Diversamente, nei nuovi supporti tubolari, i fori sono posizionati vicino all'asse neutro di flessione, garantendo un'ottima resistenza del componente.

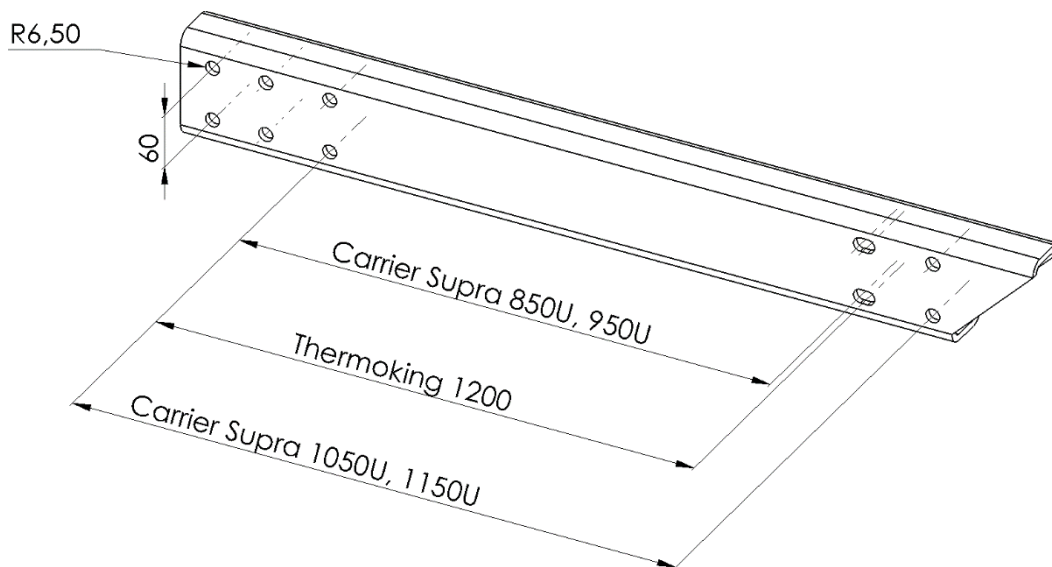


Figura 4.2.9.a Tubolare di supporto dei gruppi frigo

Il tubolare è reso solidale al controtelaio tramite robuste piastre piegate spesse 8 mm, con fori asolati così da poterne regolare finemente la posizione. Per limitare le tensioni sul longherone nascenti dal peso del gruppo frigo, ciascun supporto deve essere sostenuto, internamente, da un traverso centrale.

Poiché la mensola gode di simmetria, le versioni destra e sinistra sono identiche tra loro. In definitiva, con un'unica versione di mensola di supporto è possibile montare qualunque gruppo frigo.

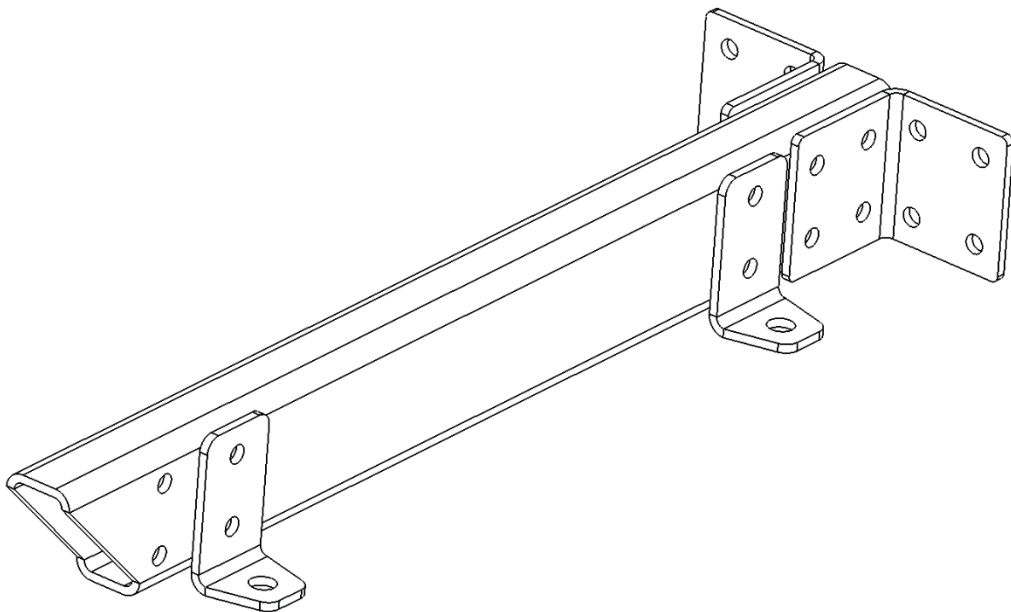


Figura 4.2.9.b Un supporto regolato per un Carrier Supra 850U, pronto al montaggio

Seguendo i principi del Design for Maintenance, la parete superiore del gruppo frigo viene tenuta separata di circa 6~10 mm a seconda del modello, così da permettere una comoda rimozione del guscio superiore durante il tagliando della macchina, senza che sia necessario rimuoverla dall'allestimento.

La forma rastremata dell'estremità del tubolare è stata scelta per accompagnare lo stacco tra il fondo del cassone frigorifero e il gruppo frigo. Risulta quindi essere una caratteristica puramente estetica.

4.2.10. Materiali, spessori e lavorazioni conclusive

I componenti del controtelaio modulare finora presentati vengono realizzati in Domex 500MC, acciaio altoresistenziale ($\sigma_{sn} = 500 \text{ MPa}$) prodotto da SSAB tramite laminazione controllata, in sostituzione al Fe510 ($\sigma_{sn} = 355 \text{ MPa}$) della produzione tradizionale di Golo srl. Si noti che la maggior parte degli allestitori concorrenti è solita utilizzare acciai comuni con $\sigma_{sn} \cong 200\sim 250 \text{ MPa}$.

	Materiale utilizzato
Stato dell'arte	Strenx 500MC/MH ($\sigma_{sn} = 500 \text{ MPa}$)
Innovativo e modulare	Fe510 ($\sigma_{sn} = 355 \text{ MPa}$)

Tabella 4.2.10.a Materiali utilizzati nella fabbricazione dei controtelai

Come verificato e attestato dal fornitore, il materiale selezionato soddisfa i "Requisiti per la valutazione di conformità delle caratteristiche prestazionali dei componenti strutturali in acciaio", ricevendo la conformità EN 1090-1. Le lamiere soddisfano inoltre i requisiti della normativa UNI EN 14149:2013, "Prodotti piani in acciaio, ottenuti tramite laminazione termomeccanica, ad alto limite di snervamento, per formatura a freddo", mentre il tubolare dei supporti del gruppo frigo soddisfa i requisiti della normativa UNI EN 10219:2006, "Profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali di acciai a grana fine".

L'utilizzo di un acciaio altoresistenziale ha spinto a svolgere prove teoriche e pratiche (anche distruttive) su componenti sperimentali, arrivando a una riduzione degli spessori dei vari elementi, tanto maggiore tanto meno caricato il componente durante l'esercizio.

Un riepilogo non esaustivo degli spessori dei principali componenti viene di seguito presentato

Riduzione di spessore del componente	Stato dell'arte	Innovativo e modulare
Longheroni	8 mm	5 mm
Traversi centrali e inclinati	6 mm	4 mm
Testata posteriore	6 mm	4 mm
Supporto gruppo frigo	8 mm	6 mm

Tabella 4.2.10.b Riduzione dello spessore dei principali componenti

La riduzione di spessore determina una riduzione di peso del controtelaio, mentre l'utilizzo di materiali altoresistenziali garantisce un'elevata resistenza e lunga vita all'allestimento.

I componenti del controtelaio innovativo e modulare sono ottenuti da lamiera tagliata al laser e piegata, o dal fornitore dell'acciaio o dall'azienda che lavora le lamiere. Le diverse parti, una volta prodotte, devono essere sottoposte a zincatura a caldo. Poiché l'elemento con lunghezza massima è il longherone posteriore (6000 mm), è possibile rivolgersi allo zincaturificio ZB.

Le lavorazioni appena citate vengono realizzate direttamente dal produttore, che invia i componenti tagliati e piegati alla zincatura a caldo. A Golo srl vengono quindi consegnati pronti all'assemblaggio.

Diversamente dal design tradizionale e dal redesign del controtelaio saldato, nessun componente richiede saldature. L'unica lavorazione da eseguire durante l'assemblaggio è il taglio dei longheroni anteriori nei controtelai di tipo A e B. L'operazione può essere eseguita con una troncatrice o una mola da taglio ed il materiale esposto dovrà essere coperto con una vernice protettiva a base di zinco.

4.3. Dimensionamento e verifica degli elementi più critici

4.3.1. Unione bullonata dei supporti del gruppo frigo

Nell'intero controtelaio, le giunzioni bullonate vanno a sostituirsi alla saldatura dei diversi componenti, garantendone l'unione.

La giunzione più sollecitata risulta essere quella tra la piastra del supporto del gruppo frigo e il longherone. I bulloni sono sollecitati sia a taglio che a flessione, dovendo sostenere il peso del gruppo frigo.

È quindi necessario verificare questa giunzione secondo la normativa UNI EN 14399 (Unioni bullonate in acciaio a serraggio controllato). Si desidera utilizzare viti M12, classe 10.9, a passo fino.

Si consideri il sistema in figura, rappresentante un tubolare del supporto del gruppo frigo, solidale alla piastra, a sua volta imbullonata al longherone, sotto l'azione di metà del peso del gruppo frigo più pesante (ovvero il Thermoking UT1200 da 560 kg). Le Direttive per gli allestitori delle case costruttrici suggeriscono di considerare un coefficiente di sicurezza aggiuntivo pari a $v_d = 1.25$, per le sollecitazioni dovute al veicolo in marcia.

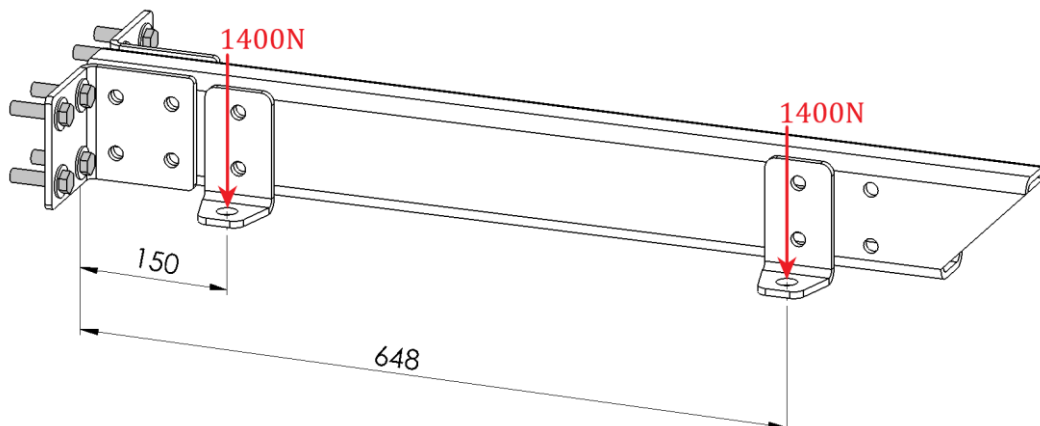


Figura 4.3.1. Carichi dovuti al peso del gruppo frigo, agenti sul supporto

Ciascun bullone è soggetto ad un'azione tagliante V e ad un momento flettente M_{ZZ} , che genera un'azione normale N . Si consideri uno dei quattro bulloni superiori, sottoposti a taglio e trazione.

$$V = v_d \cdot \frac{2745N}{8} = 430 N$$

$$M_{ZZ} = (1400 N \cdot 648 mm) + (1400 N \cdot 150 mm) = 1117200 Nmm$$

$$N = v_d \cdot \frac{M_{ZZ} \cdot y_{f,max}}{4 \cdot \sum_f y_f^2} = v_d \cdot \frac{M_{ZZ} \cdot 80}{4 \cdot (20^2 + 80^2)} \left[\frac{Nmm \cdot mm}{mm^2} \right] = 3285.88 N$$

Le caratteristiche della vite M12 10.9 sono le seguenti

$$f_t = 1000 MPa$$

$$f_y = 900 MPa$$

$$f_{K,N} = 700 MPa$$

$$\sigma_{adm} = \frac{f_{K,N}}{1.5} = 467 MPa$$

$$\tau_{adm} = \frac{\sigma_{adm}}{\sqrt{2}} = 330 MPa$$

$$A_r = 84.3 mm^2$$

Le tensioni derivanti dal carico sono

$$\tau = \frac{V}{A_r} = 5.1 MPa$$

$$\sigma = \frac{N}{A_r} = 38.98 MPa$$

Si noti che

$$\left(\frac{\sigma}{\sigma_{adm}} \right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{adm}} \right)^2 = 0.007 \ll 1$$

i bulloni M12 classe 10.9 sono dunque adatti all'applicazione.

Per garantirne la funzionalità, si dovrà applicare una coppia di serraggio di 125 Nm, come indicato dalla normativa UNI EN 14399:2015.

4.3.2. Simulazione FEM

Con il software FEM Solidworks Simulation è stato possibile determinare tensioni e deformazioni derivanti dai carichi, sia su componenti del controtelaio tradizionale che su componenti del controtelaio innovativo e modulare. È stato così possibile confrontare i due design.

4.3.2.1. Gruppo frigo caricato sui relativi supporti

I modelli CAD dei supporti dei due gruppi frigo sono stati sottoposti al seguente un carico simulato, derivante dal peso di metà gruppo frigo Thermoking. Nel rispetto delle Direttive per gli allestitori, è inoltre stato applicato il fattore di intensificazione dei carichi $v_d = 1.25$, per le sollecitazioni dovute al veicolo in marcia.

Relativamente all'analisi del supporto tradizionale, sono stati applicate le seguenti forze e vincoli

- intera superficie di saldatura vincolata (ALLDOF) per rappresentare la saldatura sul longherone del controtelaio
- Forza F_y agente sui fori sull'ala inferiore del supporto tradizionale, corrispondente alla forza peso generata da metà gruppo frigo Thermoking 1200

$$F_y = v_d \cdot \frac{1}{2} \cdot 560 \text{ kg} \cdot g \cong 3440 \text{ N}$$

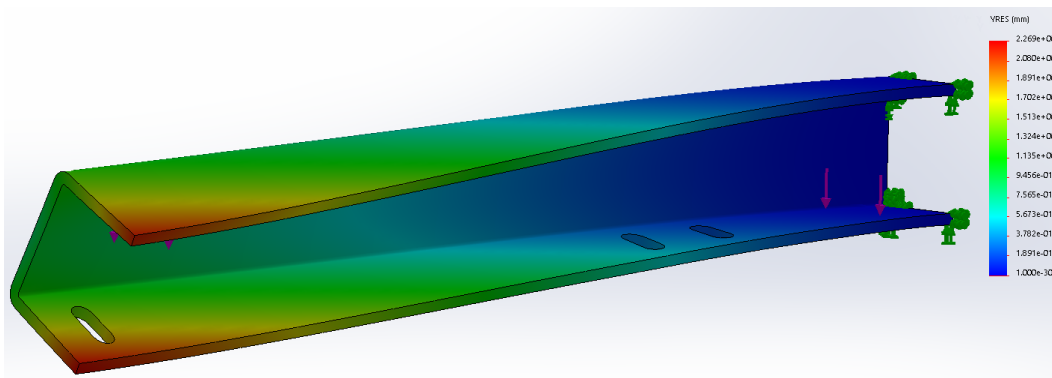


Figura 4.3.2.1.a Deformazioni nel supporto tradizionale caricato dal gruppo frigo

I risultati dell'analisi evidenziano uno spostamento verticale massimo dei fori per i bulloni di fissaggio del gruppo frigo di 1.7 mm. Questo è dovuto principalmente alla mancata simmetria della sezione: il foro è infatti posizionato sull'ala, mentre l'anima è notevolmente meno deformata. Si consideri che, percorrendo strade con fondo molto dissestato, questo spostamento sarà inevitabilmente maggiore.

Relativamente all'analisi del nuovo supporto, sono stati applicate le seguenti forze e vincoli

- sede dei bulloni di fissaggio al longherone interamente vincolati (ALLDOF)
- Forza F_y' agente su ciascuno dei fori dei bulloni di supporto del gruppo frigo. Si noti che $\sum F_y' \cong F_y$

$$F_y' = v_d \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 560 \text{ kg} \cdot \frac{9.81 \text{ m}}{\text{s}^2} \cong 1720 \text{ N}$$

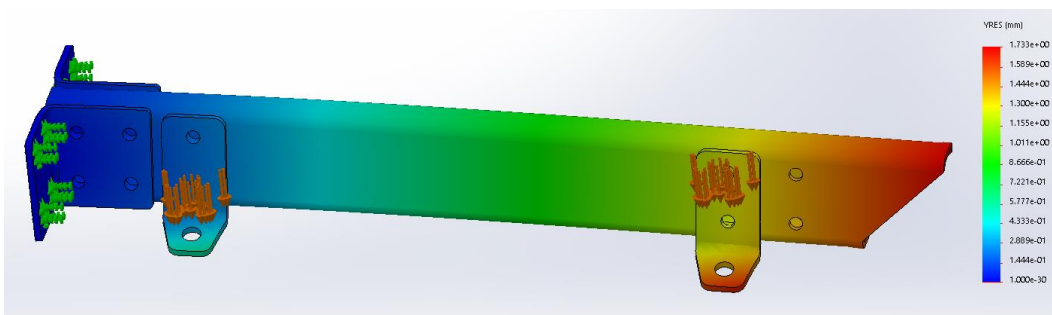


Figura 4.3.2.1.b Deformazioni nel nuovo supporto caricato dal gruppo frigo

Lo spostamento verticale massimo dei fori dei bulloni di supporto del gruppo frigo è pari a 1.25 mm.

L'utilizzo dei nuovi supporti comporta una riduzione dello spostamento del gruppo frigo pari a Δf_y [%], confermato da prove pratiche condotte in azienda

$$\Delta f_y = \frac{1.25}{1.7} \left[\frac{mm}{mm} \right] = -26.5\%$$

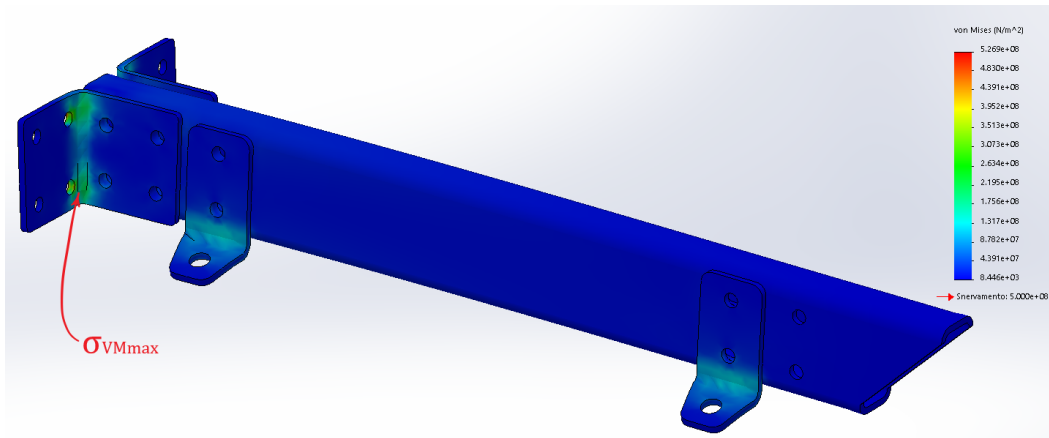


Figura 4.3.2.1.c Tensioni nel nuovo supporto, derivanti dal carico

A esclusione dei bordi del foro, in cui il software ha determinato un picco di tensioni pari a $\sigma_{VMforo} = 527 MPa$, le tensioni derivanti dal carico massime sono localizzati nelle pieghe dei fissaggi al controtelaio, dove

$$\sigma_{VMmax} = 186 MPa$$

In aggiunta al coefficiente di sicurezza derivante dal fattore di intensificazione dei carichi $v_d = 1.25$, la struttura risulta quindi godere di un coefficiente di sicurezza statico v_s

$$v_s = \frac{500MPa}{\sigma_{VMmax}} = 2.69$$

Il nuovo supporto dei gruppi frigo risulta, in definitiva, pienamente valido.

4.3.2.2. Scontro in retromarcia

La testata posteriore ha la funzione di proteggere l'allestimento dagli urti che possono colpire gli spigoli. Tra questi si cita l'eventualità che un autista disattento dimentichi di azionare i freni mentre il veicolo, completamente carico, sta procedendo in retromarcia in una conca da carico, appoggiando la testata posteriore contro la barra paraconca. Parte della forza viene assorbita dal cassone frigorifero, a cui la testata posteriore è imbullonata.

Sulla testata posteriore agisce dunque una forza F così definita

$$a = g \cdot \sin\alpha = 2.54 \frac{m}{s^2}$$
$$F = \frac{2}{3} (M \cdot a) = \frac{2}{3} \left(26 \text{ tons} \cdot 2.54 \frac{m}{s^2} \right) = 44000 \text{ N}$$

La simulazione evidenzia come la testata posteriore del controtelaio Stato dell'arte sia ottimamente rigida, merito delle numerose piastre di irrigidimento saldate all'interno della testata.

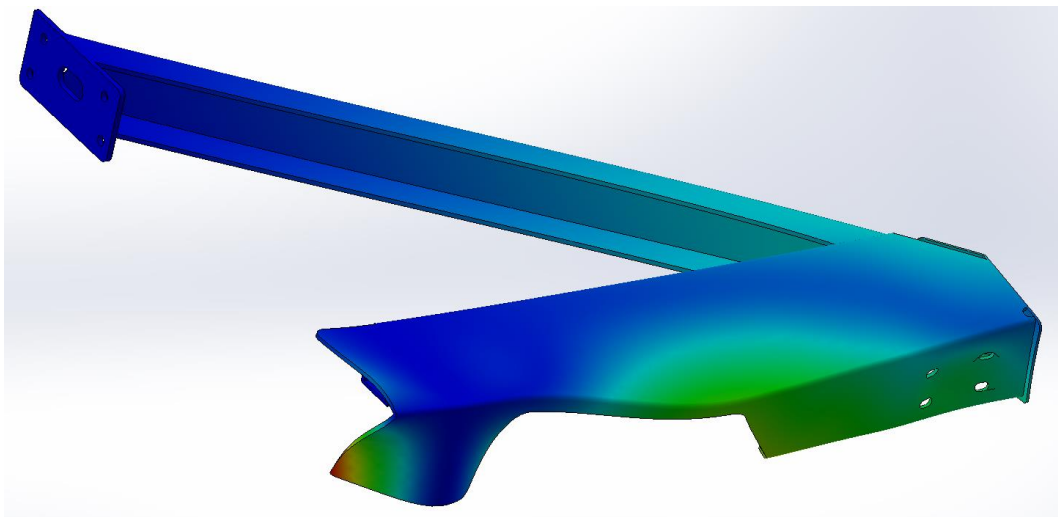


Figura 4.3.2.2.a Deformazione della testata posteriore tradizionale sottoposta al carico

La testata posteriore del controlaio innovativo e modulare, a causa della minore rigidità, flette maggiormente.



Figura 4.3.2.2.b Deformazione della testata posteriore del controlaio innovativo e modulare, sottoposta al carico

Gli spostamenti complessivi delle estremità superiori delle due testate posteriori, a protezione degli spigoli esterni del cassone frigorifero, sono i seguenti

	Δu
Stato dell'arte	1.7 mm
Innovativo e modulare	6.1 mm

Tabella 4.3.2.2.c Deformazione delle estremità della testata posteriore

In entrambi i casi, le deformazioni risultano essere ampiamente contenute entro i 35 mm offerti dai tamponi in gomma, a protezione aggiuntiva del cassone frigorifero.

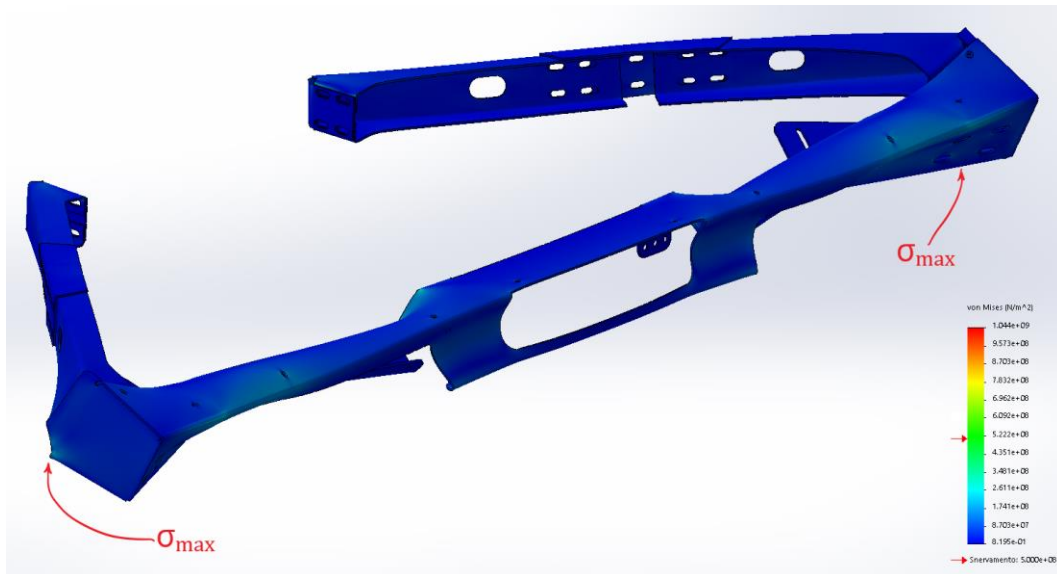


Figura 4.3.2.2.d Tensioni derivanti dal carico

Similmente, nella testata posteriore del controtelaio innovativo e modulare, le tensioni derivanti dal carico sono superiori. È stata riscontrata una tensione massima, localizzata nelle pieghe inferiori dei traversi inclinati di supporto, pari a

$$\sigma_{VMmax} = 261 \text{ MPa}$$

L'utilizzo di acciaio altoresistenziale, con $\sigma_{sn} = 500 \text{ MPa}$, offre comunque un coefficiente di sicurezza v_s tale da garantire il comportamento elastico del componente

$$v_s = \frac{500 \text{ MPa}}{\sigma_{VMmax}} = 1.92$$

La testata posteriore del controtelaio innovativo e modulare soddisfa dunque i requisiti consigliati dal costruttore del cassone frigorifero.

La testata posteriore, inoltre, soddisfa pienamente i requisiti della normativa UNI EN 12642:2017, "Requisiti minimi di resistenza strutturale dei veicoli commerciali". La normativa richiede che la struttura resista ad una forza F'

$$F' = x \cdot F$$

Per ottenere la dicitura "XL", il fattore x ha valore $x = 0.3$.

$$v_{XL} = \frac{500 \text{ MPa}}{\sigma_{XL}} = \frac{500 \text{ MPa}}{0.3 \cdot \sigma_{VMmax}} = 6.4$$

La normativa, sebbene originariamente destinata all'intero lato posteriore del veicolo, offre un valido metro di giudizio relativamente alla resistenza della testata posteriore.

4.3.2.3. Flessione del controtelaio sotto peso proprio

Viene condotta un'ultima analisi per simulare i diversi controtelai, appesi al carroponte per le estremità, sotto l'effetto del loro peso proprio.

Il controtelaio stato dell'arte, a causa del suo peso di 456 kg, presenta una flessione, nel tratto centrale, pari a 46.18 mm.

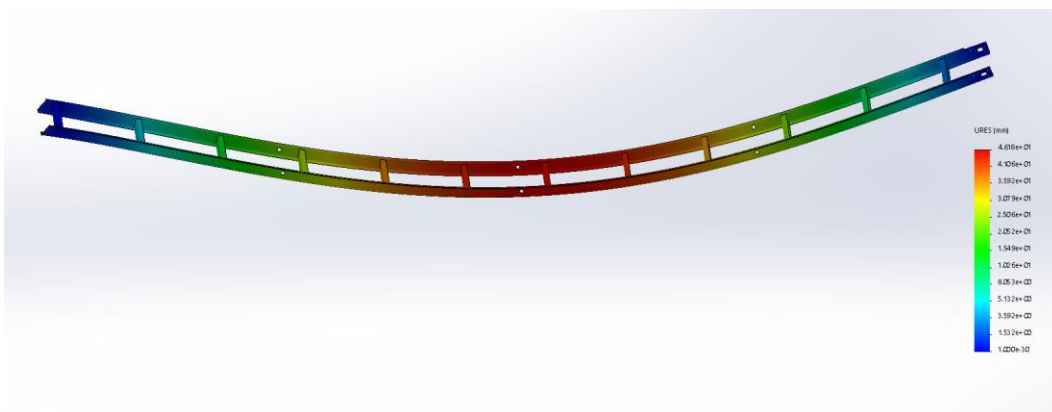


Figura 4.3.2.3.a Flessione, derivante dal suo peso proprio, del controtelaio stato dell'arte vincolato alle estremità

Ugualmente vincolato, il controtelaio innovativo e modulare presenta una flessione contenuta entro i 35.51 mm, merito della riduzione di peso che mitiga la minor rigidità flessionale.

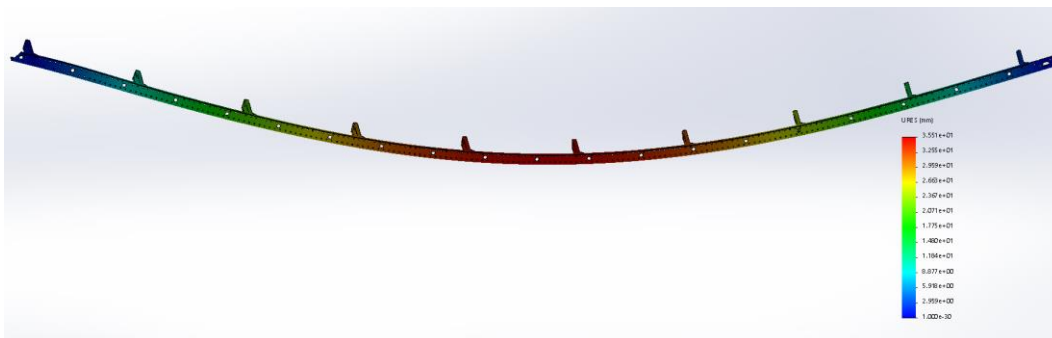


Figura 4.3.2.3.b Minor flessione del controtelaio innovativo e modulare derivante dal minor peso

Flessione	-10.67 mm
-----------	-----------

4.4. Obiettivi raggiunti

La riprogettazione del controllo ha dato origine ad una struttura modulare, costituita da elementi standard, assemblabile unicamente tramite bullonatura ed adattabile a qualunque veicolo ed allestimento.

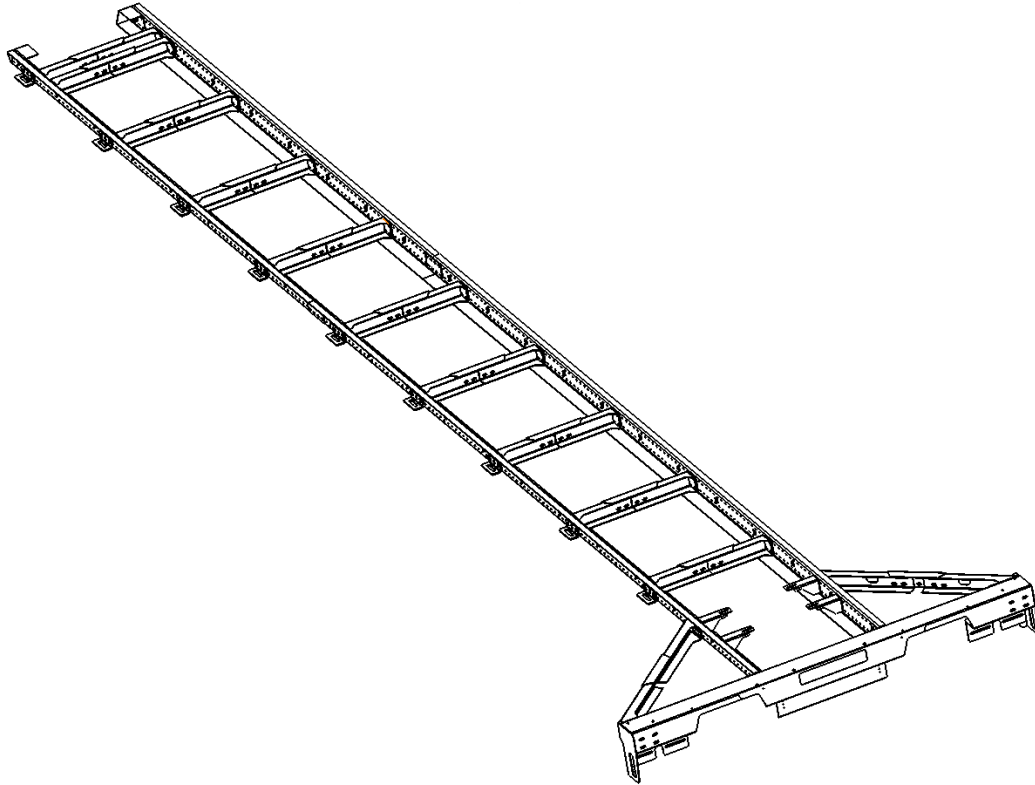


Figura 4.4. Immagine da software CAD di un controllo innovativo e modulare assemblato

4.4.1. Distinta base

È stato possibile definire un “Kit controtelaio modulare Lamberet”, composto unicamente da componenti standard, organizzabili in una distinta base precisa e compatta.

Comprendendo eventuali, pochi optional sarà possibile realizzare controtelai per qualunque allestimento.

Grazie al nuovo design, il compito di raccogliere i componenti per la produzione del controtelaio non spetta più al personale specializzato del reparto di carpenteria, bensì all’addetto al magazzino, che li organizza in un apposito bancale, comprensivo di tutti gli elementi necessari.

- Kit base

Codice	Lvl.	Articolo	Q.tà	U.M.
121K10036	0	KIT BASAMENTO MODULARE LAMBERET PESANTE	1	Kit
121W11005	1	Longherone anteriore modulare h120	1	Coppia
121W11004	1	Longherone posteriore modulare h120	1	Coppia
121W18005	1	Chiusura inclinata anteriore h120	1	Coppia
121A18024	1	Unione longheroni modulari dritta	4	Pz
121K24002	1	Testata posteriore completa	1	Kit
<i>121B12005</i>	<i>2</i>	<i>Testata posteriore</i>	<i>1</i>	<i>Pz</i>
<i>121B18023</i>	<i>2</i>	<i>Staffa montaggio testata posteriore</i>	<i>2</i>	<i>Pz</i>
<i>121K24003</i>	<i>2</i>	<i>Traverso inclinato posteriore completo</i>	<i>2</i>	<i>Kit</i>
<i>121B16005</i>	<i>2</i>	<i>Traverso inclinato posteriore</i>	<i>4</i>	<i>Pz</i>
<i>121B18021</i>	<i>2</i>	<i>Flangia unione traversi</i>	<i>2</i>	<i>Pz</i>
<i>121W18010</i>	<i>2</i>	<i>Piastra angolare piccola</i>	<i>1</i>	<i>Coppia</i>
121K24001	1	Traversa centrale completa	9	Kit
<i>121B15037</i>	<i>2</i>	<i>Traversa centrale</i>	<i>2</i>	<i>Pz</i>
<i>121B18021</i>	<i>2</i>	<i>Flangia unione traversi</i>	<i>1</i>	<i>Pz</i>
121B05002	1	Fissaggio verticale anteriore	6	Pz
121A05001	1	Piastra fissaggio rigido	12	Pz
		Kit vite, rondella e dado M12 10.9 L40	100	Pz
		Kit vite, rondella e dado M12 10.9 L50	124	Pz
		Kit vite, rondella e dado M14 10.9 L60	24	Pz
		Kit vite, rondella e dado M16 10.9 L200	6	Pz

- Varianti obbligatorie su allestimenti con cabina alta

Codice	Lvl.	Articolo	Q.tà	U.M.
121K78001	1	Supporto frigo	2	Kit
121G84001	2	<i>Tubolare supporto frigo</i>	1	Pz
121B28024	2	<i>Staffa fissaggio tubolare</i>	2	Pz
121B28025	2	<i>Supporto scaletta gruppo frigo</i>	2	Pz
		Kit vite, rondella e dado M12 10.9 L40	20	Pz
		Kit vite, rondella e dado M12 10.9 L100	16	Pz

- Varianti obbligatorie su autotelai di tipo A e B

Codice	Lvl.	Articolo	Q.tà	U.M.
121B18025	1	Unione longheroni modulari 4°	8	Pz
121B18026	1	Unione longheroni modulari 2°	4	Pz
121B18027	2	Unione traverse centrali 5.5°	3	Pz
121B18028	2	Unione traverse centrali 9°	3	Pz
		Kit vite, rondella e dado M12 10.9 L50	64	Pz

- Varianti opzionali su allestimenti con scaletta o sponda retrattile posteriore

Codice	Lvl.	Articolo	Q.tà	U.M.
121K10038	1	Kit scaletta	1	Kit
121B28025	2	Supporto scaletta gruppo frigo	6	Pz
121Z29004	2	Scaletta Maioli	1	Pz
121B18022	2	Porta fanali	2	Pz
121W1806	2	Riparo fanale	1	Coppia
		Kit vite, rondella e dado M12 10.9 L40	24	Pz
		Kit vite, rondella e dado M12 10.9 L50	16	Pz

4.4.2. Guida all'assemblaggio

È stata redatta una Guida all'assemblaggio, consistente in una serie di istruzioni dettagliate e ricche di immagini, comprensive di tutte le attività necessarie all'assemblaggio del controtelaio.

L'assemblaggio, non richiedendo saldatura, può essere realizzato da personale non specializzato, seguendo le indicazioni della guida.

4.4.3. Acquisto in lotti su previsione

È possibile acquistare il necessario per la produzione dei controtelai sulla base delle previsioni di vendite di allestimenti frigoriferi. Inoltre,

- poiché composto unicamente da componenti standard, indipendenti dal modello di veicolo,
- poiché venduto anche a Lamberet Italia, per i suoi allestimenti,

la dimensione del lotto di acquisto cresce, raggiungendo più facilmente il lotto economico di acquisto.

4.4.4. Trasportabilità

Grazie alla distinta base è possibile preparare bancali comprensivi di tutti i componenti necessari per l'assemblaggio di un controtelaio per un allestimento frigorifero.

Grazie alle dimensioni contenute dei componenti, notevolmente inferiori rispetto al controtelaio originale, è possibile spedire il kit completo direttamente alle aziende partner che lo richiedono.

4.4.5. Minor peso

In virtù degli spessori ridotti e dei numerosi fori presenti, un controtelaio modulare di lunghezza totale 10000 mm pesa complessivamente 342 kg, contro i 456 kg di un controtelaio prodotto con il design tradizionale. Considerando anche una media di 32 kg di bulloneria, il controtelaio proposto ha un peso da assemblato pari a 374 kg. Il risparmio di peso, indicativamente pari a 82 kg, offre al cliente una maggior capacità di carico.

	Peso	Riduzione %
Stato dell'arte	~456 kg	
Innovativo e modulare	~374 kg	-18%

Tabella 4.4.5. Peso dei due controtelai a confronto

Capitolo 5

Analisi tecnico economica dei risultati

Il primo redesign, del controtelaio saldato, è frutto di numerosi piccoli cambiamenti apportati nell'arco di molti mesi, che sono andati a semplificare la produzione dei controtelai. Il redesign non rappresenta una profonda innovazione rispetto allo stato dell'arte e la produzione è stata relegata a pochi esemplari, giusto il tempo di venire soppiantata dal controtelaio innovativo e modulare.

La progettazione del secondo controtelaio, modulare e innovativo, è infatti frutto di più profonde considerazioni progettuali, tecniche ed economiche, tenendo in considerazione anche la partnership con Lamberet Italia.

Vengono quindi confrontati i risultati tecnico economici derivanti dalla produzione dei nuovi controtelai innovativi e modulari, confrontandola con lo stato dell'arte e, dove possibile, con il redesign proposto. Tutti i dati sono derivanti da più lotti di controtelai per allestimenti frigoriferi pesanti, realizzati su Scania P e Mercedes Actros, durante il secondo trimestre 2018.

5.1. Riduzione del Lead Time di produzione

Nel febbraio 2018 è stato prodotto il primo dei controtelai comprensivi di tutte le modifiche proposte nel redesign del controtelaio saldato.

Nel maggio 2018 sono stati invece prodotti i primi controtelai innovativi e modulari, frutto dell'attività di progettazione.

È stato quindi possibile confrontare il Lead Time di produzione dei 3 cicli produttivi

Attività	Stato dell'arte	Redesign, controtelaio saldato	Innovativo e modulare
Approvvigionamento	7 d	7 d	35 d
Prelavorazioni	0	1 d	0
Definizione dell'ordine	<1 d	<1 d	<1 d
Progettazione	1 d	<1 d	2 h
Assemblaggio	22 h	15 h	6 h
Zincatura	21 d	5 d	0
Totale LTP	26 d	9 d	2 d

Tabella 5.1. Riduzione del Lead Time di produzione

La produzione del controtelaio innovativo e modulare comporta una drastica contrazione del Lead Time di produzione, principalmente grazie ad una riduzione del tempo necessario per il trattamento di zincatura, che può essere effettuato presso lo zincaturificio ZB. Inoltre, il tempo richiesto per l'assemblaggio cala notevolmente, garantendo una maggiore soddisfazione del cliente, nonché una gestione più snella per Golo srl.

L'acquisto dei componenti per il nuovo controtelaio innovativo e modulare, diversamente dagli altri, comporta un Lead Time di approvvigionamento più lungo, a causa della necessità di zincare i vari componenti prima dell'assemblaggio. È dunque necessario prevedere un Lead Time di sicurezza nel riacquistare i componenti in esaurimento.

Assemblando il controtelaio direttamente nel reparto di finitura, si alleggerisce il carico sul reparto di carpenteria, che smette così di essere il collo di bottiglia del ciclo produttivo. È quindi possibile un aumento della produzione.

5.2. Analisi cronometrica dei tempi delle attività di assemblaggio

Ogni operatore del reparto di carpenteria, verniciatura e finitura in Golo srl dispone di terminali per registrare il tempo impiegato nelle attività di produzione di ciascun allestimento. L'analisi dei dati storici evidenzia che il tempo medio impiegato per l'assemblaggio di un controtelaio per allestimenti frigoriferi pesanti, all'interno del reparto di carpenteria, è pari a 22 ore.

È stato quindi cronometrato l'assemblaggio di controtelai innovativi e modulari per allestimenti frigoriferi pesanti su motrici Scania P e Mercedes Actros. A due operatori del reparto di finitura è stato fornito il bancale completo di tutti i componenti e utensili necessari del Kit Basamento Modulare Lamberet Pesante, insieme alla Guida per l'assemblaggio

I tempi di assemblaggio riscontrati sono stati i seguenti

Controtelaio	Operatore	t_{tot} [min]
1	A1	603
2	A1	422
3	A1	352
4	A1	342
5	A2	752
6	A2	533
7	A2	446
8	A1+A2	256

Tabella 5.2.a Tempi di assemblaggio rilevati

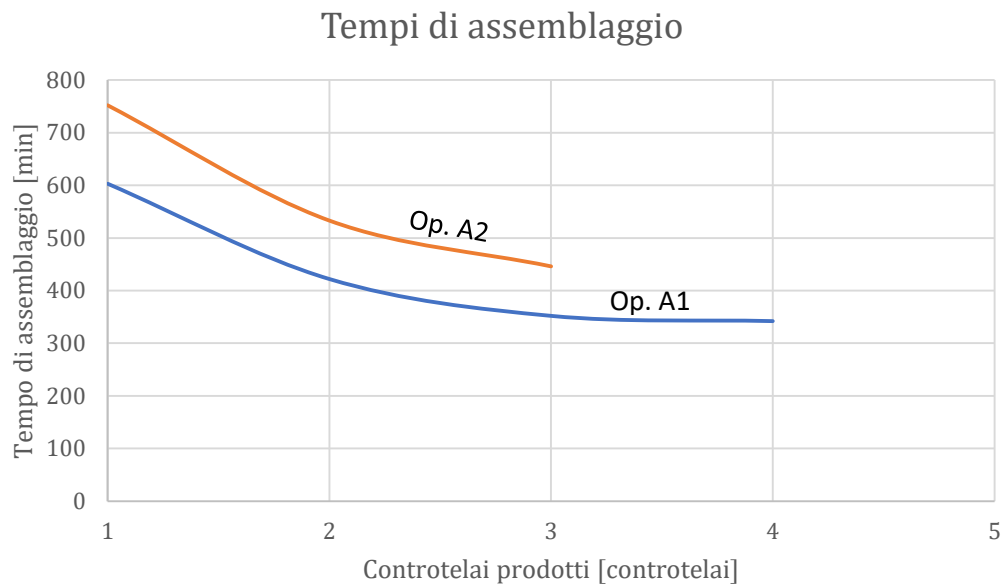


Grafico 5.2.b Tempi di assemblaggio rilevati

Si noti che il componente più pesante, ovvero il longherone posteriore da 53 kg, richiede l'utilizzo di un carrellino elevatore per essere movimentato. Non è comunque necessario utilizzare il carro ponte, dunque l'assemblaggio può essere completato direttamente nel reparto di finitura.

Dai risultati si apprende che

- il design modulare e l'assemblaggio per unioni bullonate hanno permesso di contrarre notevolmente i tempi di assemblaggio e produzione, indipendentemente dal modello del veicolo
- l'assemblaggio è stato pulito, inodore e privo dei fumi e disagi causati dalla saldatura
- la Guida per l'assemblaggio, indicando chiaramente il componente necessario e il suo posizionamento, fornisce un valido aiuto all'operatore durante le attività.

Man mano che l'assemblaggio viene ripetuto, questo richiede sempre meno tempo. I tempi di assemblaggio, ripetendo s volte le varie operazioni, rispecchiano l'andamento dell'equazione empirica

$$t(s) = M \cdot t_{tot}(1) + \frac{(1 - M) \cdot t_{tot}(1)}{s^{0.32}}$$

con un coefficiente di irriducibilità $M \cong 57\%$.

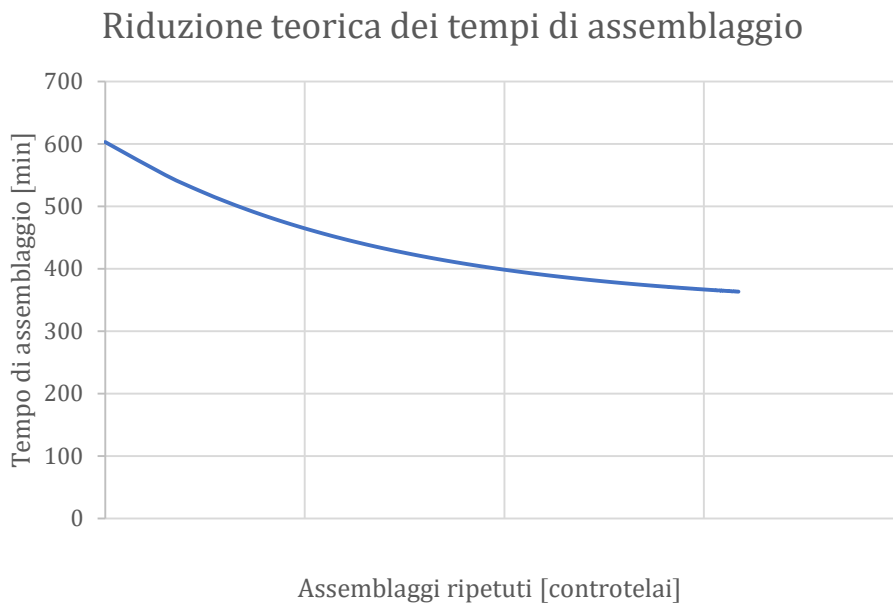


Grafico 5.2.c Riduzione teorica dei tempi di assemblaggio

Viene quindi previsto un tempo totale di assemblaggio medio di 6 ore. È stato inoltre osservato che se vengono impiegati contemporaneamente due operatori, questi si aiutano tra loro nella movimentazione, posizionamento delle parti e nel serraggio dei bulloni. Si arriva così ad un'ulteriore contrazione dei tempi di assemblaggio, che può essere completato entro le 4 ore.

5.3. Lotto economico di acquisto

I componenti necessari all'assemblaggio del controtelaio modulare vengono progettati e acquistati da Golo srl (buyer), ma realizzati dal fornitore P, che procura le lamiere, ne completa le lavorazioni e infine li consegna allo zincaturificio ZB, per la zincatura.

Nell'individuazione della dimensione del lotto economico di acquisto L è necessario considerare

- i costi di acquisto, legati al setup delle macchine e di produzione, nonché all'emissione dell'ordine e all'acquisto per il buyer
- i costi di giacenza dei componenti nei magazzini di del buyer.

Ipotizzando un consumo di $D = 100$ controtelai l'anno, pari alle vendite complessive attuali di Golo srl e Lamberet Italia, è quindi possibile definire il costo di acquisto di ogni componente come somma di costi fissi, variabili di produzione e fissi di emissione dell'ordine.

Ciascun controtelaio è la somma dei componenti che lo compongono. Di conseguenza, il costo relativo all'acquisto di N controtelai innovativi e modulari consiste nei costi di setup per la produzione di ciascun lotto di componenti e nei costi di produzione, direttamente proporzionali al numero di componenti necessari.

$$C_{TOT}(N) = \sum_x C_{SU}(x) + N \cdot m(x) \cdot c_p(x)$$

dove

- N [pz] è il numero di controtelai da acquistare
- $C_{SU}(x)$ [€] è il costo fisso di setup creazioni dei codici macchina da parte del vendor, variabile da componente a componente. Tanto più complessi i componenti più complessi, tanto più elevato C_{SU}
- $m(x)$ [pz] è il quantitativo di componenti (x) necessari per realizzare un controtelaio

- $c_p(x) \left[\frac{\text{€}}{\text{pz}} \right]$ è il costo variabile di produzione di ogni componente (x).
 $c_p(x)$ è indipendente dal volume produttivo ed è funzione di molteplici fattori, tra i quali il costo del materiale, (inteso anche come superficie in cui è inscritto lo sviluppo spianato del componente tagliato al laser e piegato) e il costo delle lavorazioni (funzione del percorso utensile e del numero di pieghe da realizzate).

Similmente, il costo unitario di ogni componente x , acquistato in $N \cdot m$ pezzi, potrà essere determinato come

$$c_u(x) = \frac{C_{SU}(x) + N \cdot m(x) \cdot c_p(x)}{N \cdot m}$$

Costi totali di acquisto

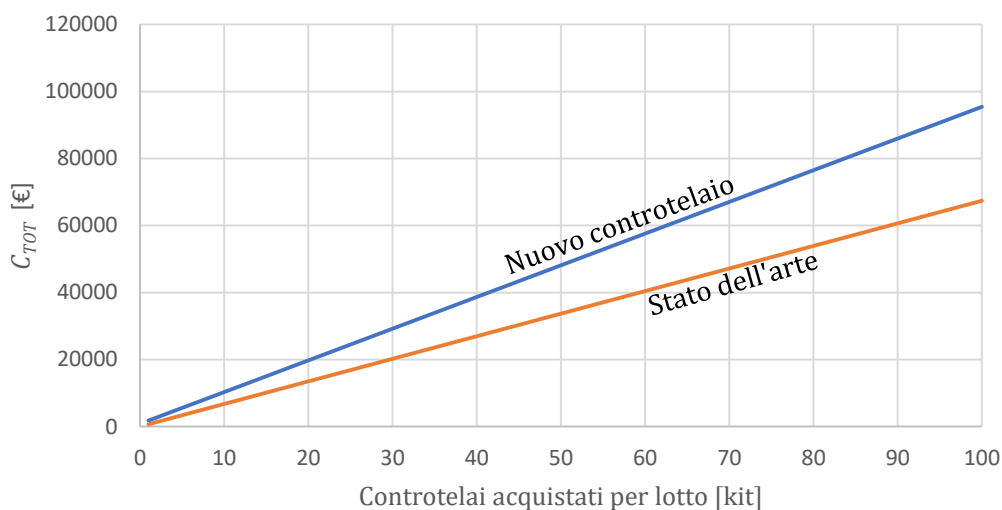


Grafico 5.3.a Costi totali di acquisto di un lotto, al variare della dimensione del lotto stesso

Il grafico dei costi totali di acquisto evidenzia come i maggiori costi di setup e il maggior costo variabile dei componenti comportino costi superiori all'acquisto dei componenti per il controtelaio originale. Questi, infatti, richiedendo pochissime lavorazioni, sono caratterizzati da costi di setup e variabili inferiori. I due costi possono essere descritti dalle equazioni, ottenute regredendo i dati delle offerte dai fornitori

$$C_{TOT_OLD}(N) = 23 + N \cdot 673,08 \text{ [€]}$$

$$C_{TOT_NEW}(N) = 845 + N \cdot 944,90 \text{ [€]}$$

Si noti che nei costi variabili dei nuovi controtelai, innovativi e modulari, sono anche compresi i bulloni necessari per assemblare un controtelaio di 10100mm di lunghezza. I costi variabili di acquisto del controtelaio tradizionale sono invece influenzati dalla notevole mole di materiale da lavorare, inteso come peso e spessore delle lamiere grezze in acciaio.

Il costo totale unitario dei controtelai è

$$c_u = \frac{\sum_x (C_{SU}(x) + N \cdot m(x) \cdot c_p(x))}{N}$$

Similmente, il costo unitario di ogni componente x , acquistato in $N \cdot m$ pezzi

$$c_u(x) = \frac{C_{SU}(x) + N \cdot m(x) \cdot c_p(x)}{N \cdot m}$$

Costo unitario di acquisto

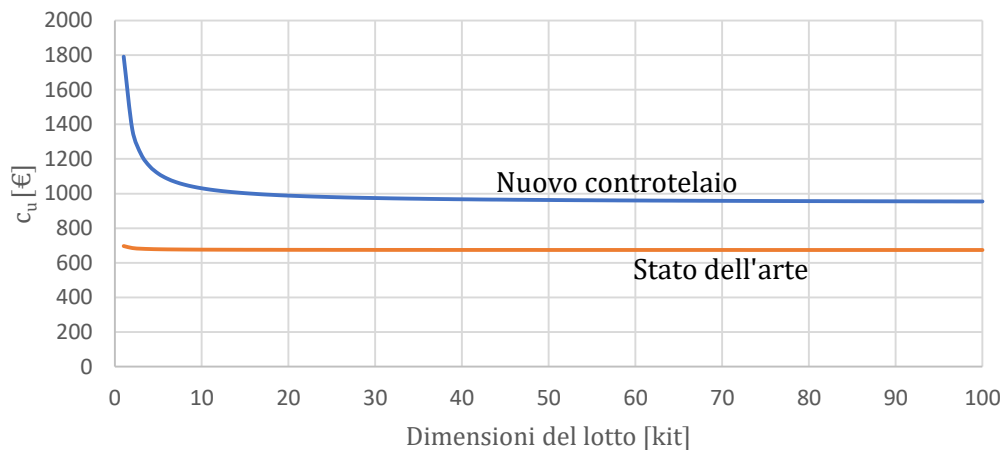


Grafico 5.3.b Costi unitari di acquisto al variare della dimensione del lotto

Il grafico dei costi unitari di acquisto evidenzia come il costo unitario del nuovo controtelaio innovativo e modulare sia superiore al costo del controtelaio originale, ma che ben presto (con $N = 16$) viene raggiunta la soglia psicologica di 1000 €/pz .

Nel calcolo del lotto economico di acquisto, è necessario fare alcune considerazioni

- i costi fissi C_{SU} [€] devono essere sostenuti ogni qualvolta viene effettuato un ordine di un lotto del componente, ovvero indicativamente $\frac{D_i}{L_i}$ volte l'anno.
- il costo variabile di produzione c_p $\left[\frac{\text{€}}{\text{pz}}\right]$ è indipendente dal volume produttivo.
- il costo fisso di emissione dell'ordine C_E [€], da sostenere $\frac{D_i}{L_i}$ volte l'anno, è dovuto al personale dell'ufficio acquisti che gestisce l'ordine. È indipendente dalla natura e quantità dei componenti acquistati

$$C_E = c_e \cdot \frac{D_i}{L_i}$$

La domanda annuale del singolo componente x è $D(x)$

$$D(x) = D \cdot m(x) \left[\frac{\text{pz}}{\text{y}}\right]$$

Per facilitare la gestione degli acquisti, sarà necessario accettare che qualche componente venga acquistato in lotti di dimensione non corrispondente al lotto economico.

I costi di giacenza di ogni componente sono derivanti principalmente dai costi per la gestione, mantenimento del magazzino e immobilizzazione. Possono essere espressi come

$$C_G = \sum_x \bar{g}(x) \cdot p(x) \cdot i$$

dove

- $\bar{g}(x)$ [pz] è la giacenza media, idealmente pari a metà del lotto di acquisto
- $p(x)$ $\left[\frac{\text{€}}{\text{pz}}\right]$ è il prezzo del singolo componente, è derivante dal prezzo di vendita del controtelaio e dalla sua influenza (o presenza)

$$p(x) = P \cdot \frac{m(x)}{\sum m}$$

- i è il tasso di giacenza, pari a $i = 0.25 \frac{1}{y}$

Quindi, i reali costi totali, di acquisto e giacenza, di ogni componente x sono funzione della dimensione del lotto di acquisto

$$C(x) = \left[(C_{SU} + c_p \cdot L(x)) + C_G \right]_x + C_E$$

Naturalmente, in un ordine verranno sicuramente acquistati più componenti contemporaneamente. Il costo di emissione dell'ordine viene dunque momentaneamente ignorato.

$$C(x) = \left(c_{su}(x) \cdot \frac{D(x)}{L(x)} + c_p(x) \cdot D(x) \right) + \frac{L(x)}{2} \cdot p(x) \cdot i$$

La dimensione del lotto economico di acquisto del componente x è tale da minimizzare i costi di acquisto e gestione delle giacenze

$$\frac{dC(x)}{dL(x)} = -c_{su}(x) \cdot \frac{D \cdot m(x)}{L(x)^2} + \frac{p(x) \cdot i}{2} = 0$$

$$L^*(x) = \sqrt{\frac{2(c_{su}(x)) \cdot D \cdot m(x)}{p(x) \cdot i}}$$

Costi annui di acquisto e giacenza dei principali componenti

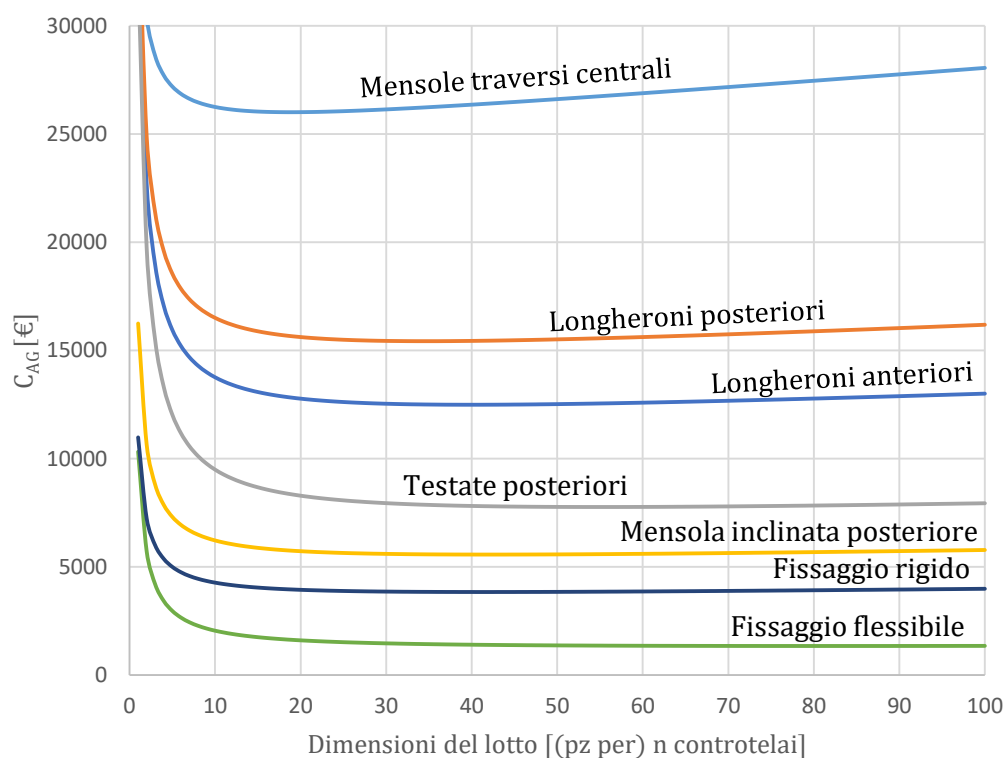


Grafico 5.3.c Costi annui di acquisto e giacenza dei principali componenti

	Lotto economico [per n controtelai]
Longheroni anteriori	40
Longheroni posteriori	40
Testate posteriori	55
Mensole inclinate posteriori	42
Mensole traversi centrali	19
Fissaggi flessibili	96
Fissaggi rigidi	42

Tabella 5.3.d Dimensione dei lotti economici di acquisto dei principali componenti

Risulta evidente come, a causa dei diversi consumi $m(x)$ per controtelaio e complessità dei componenti, siano tra loro molto diversi i costi di acquisto e giacenza, dunque anche le dimensioni dei lotti economici dei vari componenti.

Si vuole determinare dunque la dimensione del lotto economico di acquisto del Kit Controtelaio Innovativo e Modulare 121K10036 (ad esclusione di bulloni e scaletta posteriore), tale da minimizzare i costi di acquisto e gestione del Kit, considerati, ma non direttamente derivanti dai costi di acquisto dei singoli componenti. Il costo minimo di acquisto del Kit non sarà pari alla somma dei costi minimi di acquisto di ciascun componente, ma permetterà una gestione di magazzino e ordini molto più snella.

$$C = \sum_x \left(c_{su}(x) \cdot \frac{m(x) \cdot D}{m(x) \cdot L} + c_p(x) \cdot m(x) \cdot D + \frac{m(x) \cdot L}{2} \cdot p(x) \cdot i \right) + c_e \cdot \frac{D}{L}$$

$$C = \sum_x (c_{su}(x)) \cdot \frac{D}{L} + \sum_x (c_p(x) \cdot m(x) \cdot D) + c_e \cdot \frac{D}{L} + \sum_x (m(x) \cdot p(x)) \cdot i \cdot \frac{L}{2}$$

La dimensione del lotto economico di acquisto di controtelai minimizza i costi di acquisto

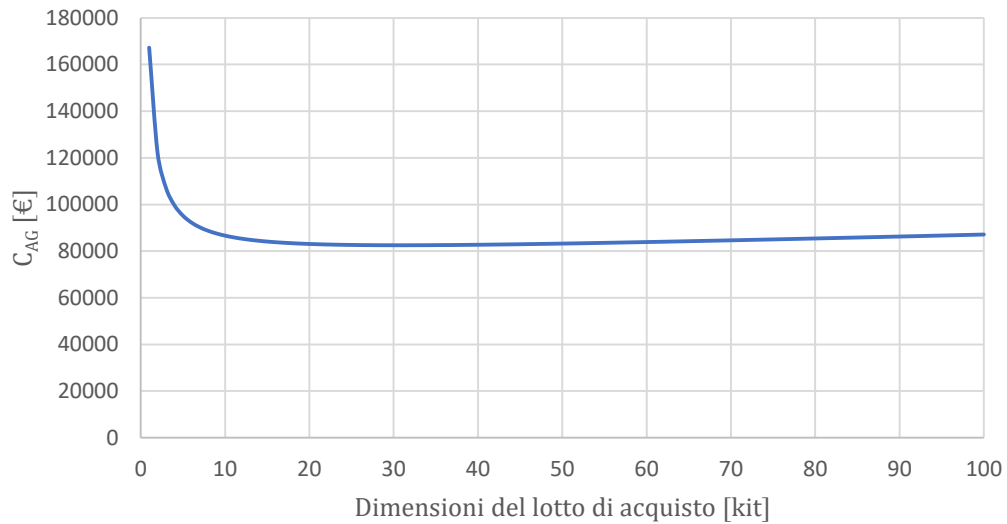
$$\frac{dC}{dL} = - \sum_x (c_{su}(x)) \cdot \frac{D}{L^2} - c_e \cdot \frac{D}{L^2} + \frac{\sum_x (m(x) \cdot p(x)) \cdot i}{2} = 0$$

$$L^* = \sqrt{\frac{2(\sum_x (c_{su}(x)) + c_e) \cdot D}{\sum_x (m(x) \cdot p(x)) \cdot i}}$$

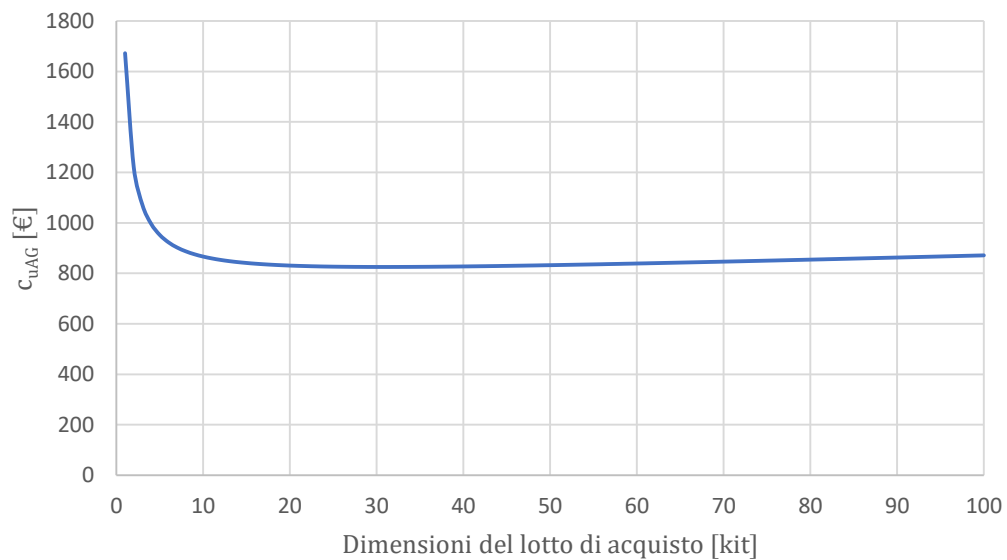
Si noti che l'espressione può essere considerata come un'equazione di Goyal estesa, per il calcolo del lotto congiunto tra buyer e vendor.

I costi di acquisto e gestione dei componenti per soddisfare una domanda di 100 controtelai, al variare delle dimensioni del lotto di acquisto, sono i seguenti

Costi annui di acquisto e giacenza



Costo unitario di acquisto e giacenza del controtelaio in kit



Grafici 5.3.e,f Costi congiunti, annui e unitari, di acquisto dei controtelai

La curva dei costi raggiunge un minimo con un lotto di acquisto di 31 controtelai, cui corrisponde un costo stimato annuo di acquisto e gestione dei componenti pari a 82529 €.

Per soddisfare la domanda di 100 controtelai annuali, sarà necessario eseguire circa 3 ordini l'anno, uno a quadrimestre, con una minore frequenza nel periodo estivo.

In questa configurazione di lotto di acquisto, il costo unitario di acquisto e gestione del singolo controtelaio, comprensivo dei necessari bulloni, è di 1003.80 €.

Il corrispondente costo di puro acquisto è invece pari a 973.16 €.

Controtelaio	Costo minimo unitario di acquisto del materiale
Stato dell'arte	673.08 €
Innovativo e modulare	973.16 €

Tabella 5.3.g Costi minimi unitari di acquisto a confronto

La bulloneria, in quanto materiale di largo consumo, viene gestita separatamente, con lotti di riordino.

5.4. Lotto economico di zincatura

Ciascun lotto, una volta prodotto e lavorato, deve essere inviato allo zincaturificio ZB per la zincatura a caldo. I costi annui di zincatura sono pari a

$$C_Z(L) = (C_{Tr} + C_E) \cdot \frac{D}{L} + c_z \cdot M_{[kg]}$$

dove

- C_{Tr} [€] è il costo fisso di trasporto, mentre C_E [€] è il costo di emissione dell'ordine, entrambi da effettuare $\frac{D}{L}$ volte l'anno. Solitamente, i costi di trasporto sono compresi nel costo di zincatura, ma è necessario tenerne conto nell'eventualità che si debba zincare una mole minore di componenti.
- $c_z = 0.86 \frac{\text{€}}{\text{kg}}$ è il costo di zincatura di un kg di componenti, indipendentemente dalla loro natura
- $M_{[kg]} = D \cdot 342 \text{ kg}$ è il peso totale di componenti da zincare, tale da soddisfare la domanda annuale D

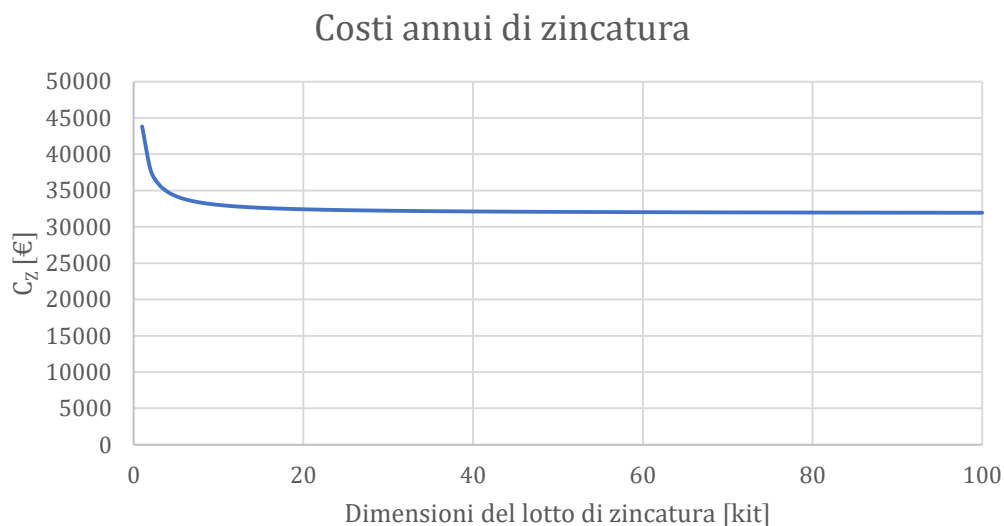


Grafico 5.4.a Costi annui di zincatura al variare della dimensione del lotto

I costi annui di zincatura diminuiscono tanto meno frequenti i trasporti, dunque tanto maggiori le dimensioni del lotto.

È necessario tuttavia considerare che un lotto di zincatura di dimensioni maggiori del lotto di acquisto comporta costi aggiuntivi di immagazzinamento dei componenti non zincati, nonché la necessità di trasportare i componenti prima dal fornitore P a Golo srl, quindi da Golo srl allo zincaturificio ZB. Non solo: componenti per 31 controtelai hanno un peso totale inferiore alle 12 tonnellate, risultando ancora trasportabili da un unico mezzo, mentre lotti più grandi richiedono più trasporti. La conseguenza più immediata è un notevole aumento dei costi di trasporto e di gestione dell'ordine.

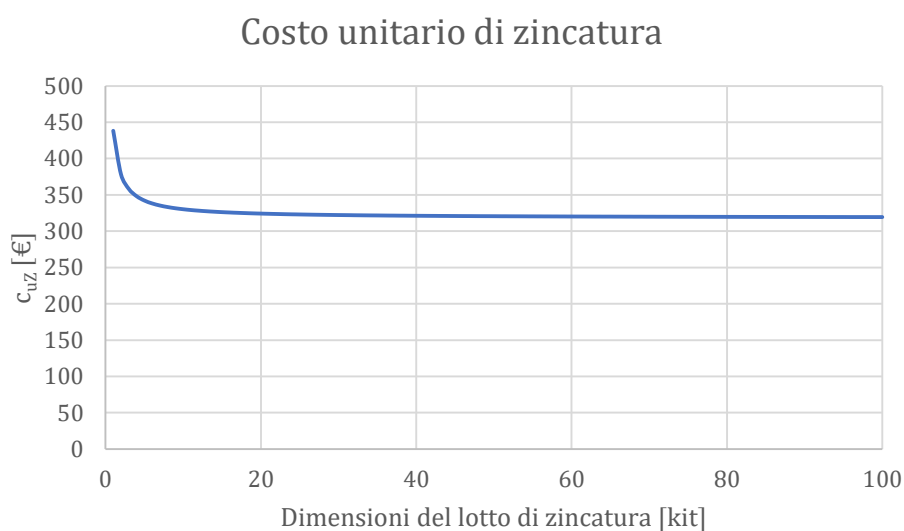


Grafico 5.4.b Costo unitario di zincatura al variare della dimensione del lotto

Dal grafico del costo unitario di zincatura al variare delle dimensioni del lotto, si nota che lotti di 31 controtelai sono sufficienti per abbattere l'influenza dei costi di trasporto. Il corrispondente costo di zincatura è pari a 322 € a controtelaio.

Nel processo produttivo classico, solo raramente si zincavano più di 2 controtelai contemporaneamente e a causa dei maggiori costi di trasporto e del trattamento presso lo zincaturificio ZA, il costo medio di zincatura a controtelaio era di 570 €.

Controtelaio	Costo di zincatura
Stato dell'arte	570 €
Innovativo e modulare	322 €

Tabella 5.4.c Costi unitari di zincatura dei controtelai a confronto

La zincatura di un lotto di controtelai presso il nuovo zincaturificio comporta dunque una riduzione dei costi di zincatura di 248 €, pari al -44%.

5.5. Costi totali dei diversi metodi produttivi

Vengono quindi analizzati i costi legati alla produzione di un controtelaio tradizionale e di un controtelaio modulare.

I costi unitari di acquisto e zincatura sono i seguenti

Controtelaio	Costo <i>ready to be assembled</i>
Stato dell'arte	1243.08 €
Innovativo e modulare	1295.16 €

Tabella 5.5.a Costo totale di fornitura dei controtelai, pronti all'assemblaggio

Il nuovo controtelaio, innovativo e modulare, appare come lievemente più costoso. I reali vantaggi del nuovo controtelaio innovativo e modulare derivano principalmente da

- utilizzo di componenti standard e modularità, che eliminano la necessità delle lavorazioni di taglio dei grezzi per ricavare componenti su misura, nonché semplificano la progettazione del controtelaio
- assemblaggio tramite unioni bullonate, che rendono non necessarie le operazioni di saldatura durante l'assemblaggio.

Il costo medio di progettazione e assemblaggio di un controtelaio, derivante dall'impiego del personale dell'ufficio tecnico, degli addetti di carpenteria e delle attrezzature, si riduce di conseguenza.

Attività	Stato dell'arte	Innovativo e modulare
Progettazione	8 h	2 h
Costi di progettazione (50 €/h)	400 €	100 €
Assemblaggio	22 h	6 h
Costo di assemblaggio (30 €/h)	660 €	180 €
Costo totale manodopera [1/controtelaio]	1060 €	280 €

Tabella 5.5.b Costi dovuti alla manodopera necessaria per progettare e assemblare i singoli controtelai

Il costo industriale unitario, relativo all'intero processo produttivo del nuovo controtelaio innovativo e modulare, viene dunque ridotto del -32% consentendo un risparmio a controtelaio di circa 730 €.

	Stato dell'arte	Innovativo e modulare
Costo di fornitura	1243.08 €	1295.16 €
Costo di manodopera	1060 €	280 €
Costo industriale unitario	2303.08 €	1575.16 €

Tabella 5.5.c Costo industriale unitario dei controtelai a confronto

5.6. Riepilogo

Il controtelaio innovativo e modulare proposto è costituito da elementi standard imbullonati tra loro, in luogo del controtelaio tradizionale di Golo srl, ottenuto tramite taglio e saldatura di profili ottenuti da grezzi di grandi dimensioni.

Il Lead Time di Produzione, che nel processo produttivo tradizionale era pari a 26 giorni, viene potenzialmente concentrato a 2 giorni. Questo è possibile grazie a

- una semplificazione delle attività di progettazione: il personale dell'ufficio tecnico è ora in grado di generare un disegno completo per lo specifico allestimento in meno di 2h, contro le 8h del design precedente
- utilizzo di componenti standard: questi sono organizzati in una distinta base, da mantenere a magazzino nello stato di *ready to be assembled*
- modularità: con i componenti standard è possibile realizzare controtelai per qualunque veicolo, riducendo il ricorso ad operazioni di taglio e giunzione dei grezzi
- utilizzo di unioni bullonate, che eliminano la necessità di saldature durante l'assemblaggio.

	Stato dell'arte	Innovativo e modulare
Lead Time di produzione	26 giorni	2 giorni

Tabella 5.6.a Lead Time di produzione dei controtelai a confronto



Figura 5.6.b Assemblaggio di un controtelaio innovativo e modulare, direttamente nel reparto di finitura. In secondo piano, un allestimento con controtelaio innovativo e modulare completato.

I costi di produzione del controtelaio vengono ridotti, agendo sulle voci di costo diverse dall'acquisto del materiale

- riduzione dei costi derivanti da eventuali modifiche al progetto: la modularità consente correzioni anche negli stadi più avanzati dell'assemblaggio
- riduzione dei tempi di assemblaggio: un operatore può completare l'assemblaggio del controtelaio in 6 h, mentre l'assemblaggio del controtelaio tradizionale richiedeva ad un operatore qualificato fino a 22 h
- riduzione dei costi totali di acquisto dei componenti: il nuovo design permette di zincare a caldo i componenti presso uno zincaturificio con costi di zincatura minori e una consegna più rapida, in grado di abbattere i maggiori costi di produzione dei componenti del controtelaio innovativo e modulare.

Il tutto concorre per una riduzione del 32% del costo medio industriale del controtelaio, che raggiunge i 1575 € a controtelaio contro i 2305 € a controtelaio del prodotto tradizionale realizzato attraverso il processo tradizionale.

	Stato dell'arte	Innovativo e modulare
Costo industriale unitario	2303.08 €	1575.16 €

Tabella 5.6.c Costo industriale unitario dei controtelai a confronto

Ipotizzando una domanda annua interna di 100 controtelai, il presente studio può portare a una riduzione dei costi pari a circa 72500€, a tutto vantaggio sia dell'azienda che del cliente.

Riduzione dei costi (100 kit/y)	-72500 €/y
------------------------------------	------------

Tabella 5.6.d Riduzione dei costi stimata

La riduzione dei costi e tempi di produzione offrirà all'azienda rinnovata potere nel mercato, con interessanti prospettive di crescita. Tra queste, la fornitura a Lamberet Italia di controtelai in kit su bancale.

Conclusioni e sviluppi futuri

Nel presente lavoro di tesi è stata studiata la possibilità di progettare e conseguentemente produrre controtelai per allestimenti di tipo innovativo.

Il lavoro di tesi è stato svolto in 3 fasi principali

- analisi dello stato dell'arte, dei processi produttivi e delle normative coinvolte
- riprogettazione di un controtelaio saldato
- ideazione, progettazione e realizzazione di un controtelaio composto da parti unite mediante giunzioni bullonate.

Il lavoro di tesi ha consentito di raggiungere i seguenti risultati

- standardizzazione del prodotto
- riduzione del Lead Time di produzione
- riduzione dei costi di produzione
- apertura di nuovi orizzonti commerciali grazie alla possibilità di spedire il controtelaio in kit.

I risultati di questo studio, dedicato in particolare agli allestimenti frigoriferi pesanti, possono anche essere estesi ad allestimenti diversi, mediamente più complessi. La produzione, tanto di Golo srl quanto quella dell'intero settore dell'allestimento di veicoli commerciali, potrà essere trasformata da artigianale ad industriale.

Bibliografia

- Codice della Strada Italiano, Art. 61, *Sagoma limite*
- Codice della Strada Italiano, Art. 62, *Massa limite*

- Volvo Trucks, *Direttive per gli allestitori*,
<http://vbi.truck.volvo.com>, 2018
- Scania Veicoli industriali, *Direttive per gli allestitori*,
<https://bodybuilderhomepage.scania.com>, 2018
- Daf Trucks, *Direttive per gli allestitori*, <http://eportal.daf.com/>, 2018
- Iveco, *Direttive per gli allestitori*, <http://ibb.iveco.com>, 2018
- Man Truck Italia, *Direttive per gli allestitori*,
<http://portal.man-mn.com>, 2018
- Mercedes-Benz Trucks, *Direttive per gli allestitori*,
<http://bb-portal.mercedes-benz.com>, 2018

- Würth Italia, *Giunzioni bullonate secondo UNI EN 14399*, 2015
- UNI EN 14399:2015, parte 1: *Assiemi di bulloneria strutturale ad alta resistenza da precarico – requisiti generali*
- UNI EN 14399:2015, parte 4: *Assiemi di bulloneria strutturale ad alta resistenza da precarico - assiemi vite e dado esagonali*
- Michele Zappalorto, *Appunti del corso di Meccanica dei Materiali*, 2016

- SSAB, *Domex 500MC – Scheda tecnica*,
<http://www.ssab.it/products/>, 2018
- SSAB, *Domex Tube 500MH – Scheda tecnica*,
<http://www.ssab.it/products/>, 2017

- UNI EN 12642:2017, *Requisiti minimi di resistenza strutturale dei veicoli commerciali*

Ringraziamenti

I più calorosi ringraziamenti vanno a coloro che mi hanno aiutato e supportato durante lo sviluppo di questo lavoro di tesi.

Grazie a Matteo Golo e a tutti i colleghi in azienda, per la fiducia e pazienza dimostrata, nonché per i preziosi consigli.

Grazie ai partner e fornitori di Golo srl, tra cui Lamberet Italia e Italscania, per aver dimostrato interesse nel progetto. Grazie anche SSAB e a Würth Italia per le informazioni fornitemi.

Grazie all'Università di Padova, al Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali per la qualità del servizio. In particolare, grazie al professor Roberto Caracciolo, per avermi seguito in questi ultimi, lunghi mesi.

Grazie e infinita riconoscenza a parenti e affetti, per l'essersi dimostrati ottimi ascoltatori e scoglio di salvezza nei (rari) momenti di sconforto.