

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

**Dipartimento di Ingegneria Industriale - DII**

**Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali - DTG**

**Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica**

**LA SICUREZZA NEI VEICOLI FURGONATI: STUDIO DI UN  
SISTEMA DELLA FISSAZIONE DEL CARICO**

**Relatore: Prof. Fabio Sgarbossa**

**Supervisore: Sig. Luca Milani**

**Laureando: Enrico Bertoncello**

**Matricola: 1061180**

**Anno Accademico 2016-2017**



## **SOMMARIO**

Questo lavoro analizza la direttiva sulla sicurezza del carico redatta dalla commissione europea, la 2014/47/UE.

Sono state analizzate alcune soluzioni per adeguare il veicolo alla normativa, in particolare la determinazione del coefficiente di attrito di alcuni pianali in legno. In aggiunta si è preso in esame una particolare soluzione applicativa per l'utilizzo come punto singolo di ancoraggio, verificandone la resistenza strutturale del componente e del fissaggio sul pianale e sul veicolo.

Per ultimo, un'analisi sulle capacità di carico di un veicolo con allestimento per corrieri, valutato sia in termini di volume e organizzazione del carico, sia dal punto di vista dei tempi di prelievo dei colli.



# INDICE

<b>Introduzione</b> .....	1
La sicurezza dei veicoli commerciali furgonati.....	1
La Direttiva 2014/47/UE.....	2
<b>1. Principi in materia di fissazione del carico</b> .....	11
1.1. Metodologia per la fissazione del carico.....	12
1.2. Cinghie ed altri elementi di fissaggio.....	13
<b>2. Determinazione dei coefficienti d'attrito</b> .....	15
2.1. La prova Taber.....	15
2.2. Il coefficiente di scivolamento.....	18
2.3. La prova di attrito.....	19
2.3.1. L'attrito.....	19
2.3.2. Scelta dei campioni di prova.....	20
2.4. Apparato di prova.....	24
2.5. Esecuzione delle prove.....	25
2.6. Analisi dei dati.....	28
2.7. Commenti sui risultati.....	31
2.8. La scelta del pianale.....	31
<b>3. Analisi e prove del punto singolo di ancoraggio</b> .....	33
3.1. Il problema del punto singolo di ancoraggio.....	33
3.2. Verifiche meccaniche sul componente.....	36
<b>4. L'allestimento CEP</b> .....	39
4.1. Il sistema CEP.....	40
4.2. Average Model.....	41
4.3. Il metodo MTM.....	45
4.4. Calcolo dei tempi di prelievo.....	46
4.5. Costruzione del modello.....	50
<b>Conclusioni</b> .....	53
<b>Bibliografia</b> .....	55
<b>Appendice</b> .....	57



# INTRODUZIONE

Fami è un'azienda manifatturiera situata a Rossano Veneto (VI), che produce arredi industriali. Nel 2003 nasce la divisione StoreVan, che si occupa di allestimenti per veicoli commerciali. I target sono i veicoli di massa massima inferiore o uguale alle 3,5 tonnellate, per i quali vengono progettate e fabbricate scaffalature e accessori che vengono successivamente installati sul vano di carico dei mezzi.

A seguito della emissione della Direttiva 2014/47/UE, l'azienda ha deciso di anticiparne il recepimento, elaborando un sistema integrato di soluzioni per l'ancoraggio ed il fissaggio del carico, al fine di adeguare il mezzo alle prescrizioni.

A questo scopo si è avviato uno studio delle possibili alternative per l'assicurazione del carico con l'intento di scegliere le più efficaci, con l'accortezza nei riguardi dell'essenzialità e della semplicità di utilizzo. Si sono analizzate le proprietà di attrito del pianale di carico, si è sviluppato un sistema di ancoraggio a terra per i pali ferma-carico e per le cinghie di ancoraggio, infine, un sistema completo per i veicoli cosiddetti CEP (Courier Express Parcel) utilizzato dai corrieri.

## **La sicurezza nei veicoli commerciali furgonati**

Nell'ambito del trasporto merci, l'importanza del comparto su ruote è rilevante. Si pensi che circa il 76% del trasporto merci che avviene in territorio europeo è fatto su ruota (statistiche Eurostat) e con un volume di merci che si aggira attorno a trentacinquemila milioni di tonnellate annue, ne consegue che gli aggiornamenti normativi influenzano gran parte della movimentazione delle merci.

In questo elaborato ci occuperemo esclusivamente della sezione riguardante la fissazione del carico, in particolare nella sua applicazione sui veicoli furgonati di massa massima consentita inferiore alle 3,5 tonnellate. Questa tipologia di veicoli, al contrario delle classi superiori, presenta un notevole problema di struttura. Infatti, negli autocarri il vano di carico è solitamente una sovrastruttura a forma di parallelepipedo, quindi, gli eventuali accorgimenti adottati per la sicurezza (come travature aggiuntive, pareti divisorie, etc.) sono facilmente installabili. Nei mezzi furgonati invece, il telaio è esso stesso elemento strutturale

e di forma variabile tra modelli e case produttrici differenti. Quindi, la progettazione dei sistemi di fissazione è sicuramente più impegnativa.

## **La Direttiva 2014/47 UE**

La sicurezza stradale è un tema particolarmente sentito dagli organi di governo nazionali ed europei. Il traffico, ed i danni ad esso correlati, sono in continuo studio. Tra le principali cause di incidente stradale possiamo individuare queste categorie:

- a. scontro tra veicoli
- b. scontro tra persone e veicoli
- c. oggetti che cadono dal veicolo

Nello specifico, il settore dei trasporti su ruota incide particolarmente sul computo totale degli incidenti stradali, visto che il 42% dei sinistri vede coinvolto un veicolo industriale o commerciale [5].

Questo si ripercuote sui tassi di mortalità dei lavoratori del settore, che hanno una probabilità di incidente fatale pari a circa 1 su 8000. Fino ad un terzo degli incidenti è legato allo svolgimento di un lavoro, arrivando a 800 morti all'anno per i guidatori di veicoli pesanti, e questo numero aumenta sensibilmente se si estende la statistica ai veicoli di massa inferiore alle 3,5 t (European Agency for Safety and Health at Work).

Ci sono differenti spiegazioni in letteratura che motivano gli elevati numeri di incidenti che vedono coinvolti i veicoli ad uso commerciale. In generale, visto il tempo che passano alla guida i lavoratori del settore, il rischio di incorrere in sinistri è, ovviamente, elevato, a causa dei lunghi viaggi, anche in orario serale, dove la fatica e la stanchezza pesano sull'allerta del conducente.

È stato stimato che circa il 25% degli incidenti che coinvolgono i veicoli commerciali sono imputabili ad un inadeguato fissaggio del carico, raggiungendo i 2300 sinistri all'anno solo in Germania [6].

Il carico mal posizionato e assicurato, influenza sulla sicurezza della circolazione stradale nei seguenti modi:

- i. il cattivo bilanciamento influisce sul bilanciamento del veicolo in strada
- ii. il cattivo fissaggio può determinare caduta del carico



- iii. il cattivo fissaggio può portare a rotture delle paratie con conseguente fuoriuscita del carico o con eventuali lesioni al guidatore

Ciascuno degli stati membri ha la sua normativa di riferimento, ma spesso queste differiscono tra loro per scopo e contenuto. Per questo motivo, la Comunità Europea ha deciso di legiferare in materia, e porre una regola comunitaria sul trasporto merci europeo.

La Direttiva 2014/47/UE regola la circolazione dei veicoli sulle strade europee. In particolare, la presente prevede l'introduzione di un sistema di controlli tecnici sui veicoli commerciali circolanti nei territori degli Stati membri dell'Unione Europea, al fine di aumentare la sicurezza della circolazione stradale.

I controlli tecnici sono un elemento essenziale per raggiungere un livello elevato e costante di idoneità alla circolazione dei veicoli commerciali durante tutta la vita utile. Tali controlli non si limitano a migliorare la sicurezza stradale e a ridurre le emissioni dei veicoli, ma contribuiscono anche ad evitare la concorrenza sleale nel trasporto stradale derivante dall'accettazione di diversi livelli di controllo degli Stati membri. [8]

La direttiva sarà recepita a partire dal 20 maggio 2017 e applicata con decorrenza 20 maggio 2018 sui veicoli commerciali con velocità di progetto superiore a 25 km/h, suddivisi nelle seguenti categorie:

1. Veicoli costruiti e progettati per il trasporto di persone aventi più di otto posti a sedere oltre al conducente, veicoli di categorie M<sub>2</sub> e M<sub>3</sub> (quindi con peso inferiore e superiore alle 5 t).
2. Veicoli a motore progettati per il trasporto merci aventi massa massima superiore a 3,5 t, veicoli di categorie N<sub>2</sub> (massa fino a 12t) e N<sub>3</sub> (massa superiore a 12 t).
3. Rimorchi per trasporto merci o per l'alloggiamento di persone e aventi massa massima superiore a 3,5 t, delle categorie O<sub>3</sub> e O<sub>4</sub>.
4. Trattori a ruote della categoria T5, utilizzati principalmente sulle strade pubbliche per il trasporto commerciale di merci su strada e aventi una velocità massima superiore a 40 km/h.

La direttiva non include i veicoli commerciali per il trasporto merci di massa massima inferiore alle 3,5 t, ma non pregiudica gli Stati membri di sottoporre a controlli tecnici anche i veicoli che esulano dalle categorie citate sopra, con particolare riguardo, per l'appunto, ai mezzi che rientrano nella categoria N<sub>1</sub> (veicoli commerciali leggeri di massa massima inferiore alle 3,5 t, adibiti al trasporto merci).

Sarà quindi approntato un sistema di controlli tecnici su strada, da effettuare da ciascuno degli stati membri dell'Unione: Questi controlli dovranno essere fatti su un numero di mezzi pari ad almeno il 5% dei veicoli immatricolati in ciascuno stato membro, appartenenti alle categorie illustrate qui sopra. Quindi l'Italia dovrà controllare un numero di veicoli pari o superiore al 5% dei veicoli commerciali immatricolati sul suolo nazionale. Poiché il parco veicolare dei mezzi commerciali ammonta a circa 4,5 milioni di veicoli, quindi i veicoli da controllare annualmente saranno circa 225 mila.

I dati riguardanti i veicoli controllati con questo sistema, saranno inseriti in un database che servirà a stilare una classifica di rischio. Questa classifica sarà redatta sulla base della gravità delle carenze rilevate sui mezzi, e saranno organizzate per imprese, quindi ciascuna azienda avrà collegato un indice di rischiosità. Tale classifica di rischi sarà utilizzata per sottoporre a controlli più rigorosi le aziende con un fattore di rischio più alto. Il computo di questa rischiosità sarà effettuato mediante due indici: la *classificazione generale di rischio* (RR) e la *classificazione annuale di rischio*.

Il sistema di classificazione del rischio prende in considerazione i seguenti parametri

- Numero di carenze
- Gravità delle carenze
- Numero di controlli tecnici su strada o controlli tecnici periodici e dei controlli tecnici volontari
- Fattore tempo

In base alla gravità delle carenze sarà assegnato un punteggio:

- Carenza pericolosa → 40 punti
- Carenza grave → 10 punti
- Carenza lieve → 1 punto

Questo punteggio avrà un'incidenza sul fattore di rischio in funzione del tempo trascorso dall'infrazione, le carenze più recenti peseranno di più di quelle vecchie. Questo si realizza moltiplicando il punteggio legato alla carenza per un fattore moltiplicativo:

- Ultimi 12 mesi = fattore 3
- Da 13 a 24 mesi = fattore 2
- Da 25 a 36 mesi = fattore 1

Siano questi i parametri necessari al computo dei due indici:

RR = punteggio della classificazione generale di rischio

AR = punteggio annuale di rischio

$D_{Yi}$  = totale delle carenze negli anni 1, 2 e 3

#DD = numero di carenze pericolose

#MaD = numero di carenze gravi

#MiD = numero di carenze lievi

# $C_{Yi}$  = numero verifiche e controlli tecnici negli anni 1, 2 e 3

Con questi valori si possono calcolare i due indici:

$$RR = \frac{(D_{Y1} \times 3) + (D_{Y2} \times 2) + (D_{Y3} \times 1)}{\#C_{Y1} + \#C_{Y2} + \#C_{Y3}}$$

$$AR = \frac{(\#DD \times 40) + (\#MaD \times 10) + (\#MiD \times 1)}{\#C}$$

Tenendo conto che il valore  $D_{Yi}$  è così calcolato:

$$D_{Yi} = (\#DD \times 40) + (\#MaD \times 10) + (\#MiD \times 1)$$

I due indici ricavati qui sopra hanno lo scopo di tenere monitorata l'evoluzione delle aziende in materia di sicurezza del carico. Sulla base della caratteristica di rischio di generale invece, si identificano tre categorie di pericolosità:

- RR < 30% rischio basso
- 30% ≤ RR ≤ 80% rischio medio
- RR > 80% rischio alto

Il livello di rischio non influenzerà solamente la frequenza di controlli da effettuare alle aziende più a rischio, ma determinerà anche una ammenda pecuniaria allo stato membro che avrà i veicoli con più infrazioni. In pratica, se il livello cumulativo di rischio massimo è detenuta da veicoli immatricolati in un certo paese, questo stato sarà multato.

Durante i controlli gli ispettori si dovranno accertare che il carico sia fissato in modo tale da non interferire con la guida sicura del veicolo o costituire una minaccia per la vita, la salute, le cose o l'ambiente, verificando che:

- I carichi possano subire solo minimi cambiamenti di posizione gli uni rispetto agli altri e rispetto alle pareti e superfici del veicolo
- I carichi non possano fuoriuscire dal compartimento destinato alle merci o muoversi al di fuori della superficie di carico.

Successivamente vengono introdotte una serie di violazioni, definite come “lieve”, “grave” o “pericolosa”, nelle quali si specificano le tipologie di infrazioni e si può meglio comprendere meglio quali siano le prescrizioni della normativa. In particolare:

- Carezza lieve: si verifica quando il carico è stato fissato correttamente ma potrebbero essere opportuni consigli di prudenza.
- Carezza grave: si verifica quando il carico non è stato fissato adeguatamente ed esiste un rischio di movimenti significativi o di ribaltamento del carico o di parti di esso.
- Carezza pericolosa: si verifica quando la sicurezza stradale è minacciata direttamente da un rischio di caduta del carico o di parti di esso o da un pericolo derivante direttamente dal carico o da un pericolo immediato per le persone.

Nel caso di verificarsi di più inadempienze di entità differente, la carezza sarà classificata come quella di maggiore gravità, se il numero delle carenze fosse invece eccessivo si prevede che il loro effetto combinato ne aumenti l'intensità, il trasporto è quindi classificato nel gruppo di violazioni di entità superiore.

Il metodo di controllo, consiste in un esame visivo dell'utilizzazione corretta di procedimenti appropriati in misura adeguata per fissare il carico e/o nella misurazione delle forze di tensione, nel calcolo dell'efficienza della fissazione e nel controllo di certificati, se del caso.

Di seguito si riportano le violazioni in formato tabulare

Carenze	Valutazione delle carenze		
	Lieve	Grave	Pericolosa
<b>Fissaggio diretto del carico</b>			
Distanza eccessiva dalla parete anteriore, se utilizzata per il fissaggio diretto del carico		X	

Superiore a 15 cm e pericolo di perforazione della parete			X
Distanza eccessiva dalla parete laterale, se utilizzata per il fissaggio diretto del carico Superiore a 15 cm e pericolo di perforazione della parete		X	X
Distanza eccessiva dalla parete posteriore, se utilizzata per il fissaggio diretto del carico Superiore a 15 cm e pericolo di perforazione della parete		X	X
Dispositivi di fissazione quali barre di ancoraggio, travi di bloccaggio, sbarre e zeppe; anteriori laterali e posteriori			
Fissaggio inadeguato al veicolo	X		
Fissaggio insufficiente		X	
Non in grado di sopportare forze di ritenuta, allentati			X
Fissazione inadeguata	X		
Fissazione insufficiente		X	
Del tutto inefficace			X
Parziale inadeguatezza delle attrezzature di fissazione		x	
<b>Carenze</b>	<b>Valutazione delle carenze</b>		
	<b>Lieve</b>	<b>Grave</b>	<b>Pericolosa</b>
Totale inadeguatezza delle strutture di fissazione			X
Metodo prescelto di fissazione dell'imballaggio parzialmente inadeguato		X	
Il metodo prescelto è del tutto inadeguato			X
<b>Fissazione diretta con reti e teli</b>			
Stato delle reti e dei teli (etichetta mancante o danneggiata ma dispositivo tuttora in buono stato)	X		
Dispositivi di ritenuta del carico danneggiati		X	

Dispositivi di ritenuta del carico gravemente deteriorati e non più idonei all'utilizzazione			X
Resistenza insufficiente di reti e teli		X	
In grado di sopportare meno di 2/3 delle forze di ritenuta richieste			X
Fissaggio insufficiente di reti e teli		X	
Fissaggio in grado di sopportare meno di 2/3 delle forze di ritenuta richieste			X
Reti e teli parzialmente inadeguati alla fissazione delle merci		X	
Del tutto inadeguati			X
<b>Ancoraggio diretto (orizzontale, trasversale, diagonale, ad anello e antirimbalzo)</b>			
Forze di fissazione richieste inadeguate		X	
Meno di 2/3 della forza richiesta			X
<b>Fissazione anti-attrito (ottenimento della forza di fissazione richiesta)</b>			
Ottenimento della forza di fissazione richiesta			
Forze di fissazione richiesta inadeguate		X	
Meno di 2/3 della forza richiesta			X
<b>Dispositivi di ritenuta del carico utilizzati</b>			
Inadeguatezza dei dispositivi di ritenuta del carico		X	
Dispositivo del tutto inadeguato			X
Etichetta (per esempio targa/fascia) mancante, ma dispositivo tuttora in buono stato	X		
Dispositivi di ritenuta del carico danneggiati		X	
Dispositivi di ritenuta del carico gravemente deteriorati e non più idonei all'utilizzazione			X
Verricelli di ancoraggio usati in modo scorretto		X	
Verricelli di ancoraggio difettosi			X
Uso scorretto della ritenuta del carico (per esempio assenza di protezione dei bordi)		X	

Uso difettoso dei dispositivi di ritenuta del carico (per esempio nodi)			X
Fissaggio dei dispositivi di ritenuta del carico inadeguato		X	
Meno di 2/3 della forza richiesta			X
<b>Attrezzature supplementari (per esempio tappeti anti-slittamento, protettori di spigoli)</b>			
Uso di attrezzature inadeguate	X		
Uso di attrezzature scorrette o difettose		X	
Uso di attrezzature del tutto inadeguate			X
<b>Trasporto di materiale alla rinfusa e di materiale leggero e sfuso</b>			
Materiale alla rinfusa asportato dal vento durante l'uso del veicolo su strada con rischio di distrarre i conducenti di altri veicoli		X	
Pericolo per la circolazione			X
Materiale alla rinfusa non adeguatamente fissato		X	
Caduta del carico con pericolo per la circolazione			X

Tab.1: Classificazione delle carenze secondo la Direttiva 2014/47/UE

Come si evince da questo elenco, le prescrizioni non sono prettamente tecniche, ma lasciano spazio all'interpretazione. Perciò, elaborare una serie di specifiche progettuali è difficoltoso. Si è quindi scelto di appoggiarsi alla linea guida della associazione di ingegneri tedeschi (VereinDeutscherIngenieure o VDI) che è da anni riferimento per la stesura di normative/direttive in ambito di trasporto stradale, e che è stata utilizzata anche per la stesura della Direttiva 2014/47/UE.

In particolare, il testo di riferimento è la VDI 2700 che si occupa proprio di fissazione del carico.





# CAPITOLO 1: Principi in materia di fissazione del carico

In materia di fissazione del carico sono due i riferimenti principali. Il primo è la direttiva 2014/47/UE, il secondo è la linea guida VDI 2700 Blatt 16. Quest'ultima, nel capitolo 16, tratta delle metodologie di fissazione del carico, per veicoli di massa inferiore alle 7,5 tonnellate.

Poiché il carico è soggetto alle forze di inerzia durante il movimento, si rende necessario contrastare queste forze per assicurare che il carico non crei danni.

A causa dell'inerzia, il carico resiste ad ogni cambiamento del suo stato di moto. Questa forza, che agisce con effetto contrario alla direzione dell'accelerazione in momenti come partenza, frenata e cambio di direzione. Per assicurarsi che queste forze siano adeguatamente contrastate, il carico va opportunamente fissato.

Sia definita  $F_G$  la forza peso del carico, calcolata come  $F_G = m \cdot g$ . I sistemi di ritenuta devono quindi assicurare una resistenza nelle quattro direzioni che sia pari a:

- $0,8 \cdot F_G$  nella direzione di marcia
- $0,5 \cdot F_G$  nelle direzioni laterali ( $0,6 \cdot F_G$  nella VDI)
- $0,5 \cdot F_G$  nella direzione contraria a quella di marcia
- Deve, in generale, impedire l'inclinazione o il ribaltamento del carico

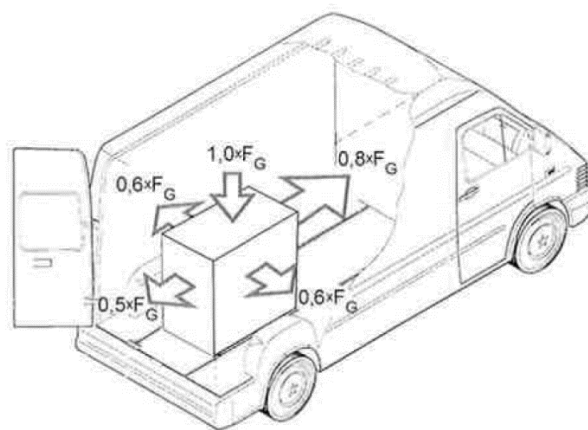


Fig. 1.1: Forze agenti sul carico da contrastare

La forza di attrito agisce in direzione opposta rispetto a quella di movimento del carico ed è calcolata moltiplicando la forza peso del carico per il coefficiente di attrito  $\mu$ .

Per ottenere una descrizione realistica delle condizioni di trasporto reale si considera il coefficiente di attrito dinamico  $\mu_d$ , ottenuto con delle prove illustrate in seguito.

La forza di fissaggio sarà quindi calcolata come differenza tra la forza peso e la forza di attrito:

$$F_L = k \cdot F_G - F_{att}$$

(dove  $k$  è il coefficiente calcolato in base alla direzione della forza di inerzia).

### 1.1 Metodologie per la fissazione del carico

Il carico deve essere assicurato in maniera tale che anche in caso di frenata o durante brusche manovre evasive, la sicurezza degli occupanti o quella stradale non siano compromessi da eventuali spostamenti, rotolamenti o cadute del carico.

Vi sono differenti metodi per la fissazione del carico, qui sono esemplificati i principali:

- A. *Fissazione per mezzo di attrito.* Con questa metodologia si sfrutta il fenomeno dell'attrito potenziandolo con l'uso di cinghie. Al carico è impedito il movimento grazie ad una forza di pensionamento  $S_{TF}$  (Standard Tension Force), che aggiunta alla forza peso  $F_G$ , incrementa il valore della forza di attrito  $F_R$ . Solitamente è previsto l'uso di tappetini anti scivolamento.
- B. *Fissazione meccanica ad incastro.* Questo metodo implica supportare e fissare il carico occupando tutto lo spazio possibile del vano di caricamento. Le direzioni di movimento sono quindi bloccate fisicamente dal carico stesso, vi è inoltre la presenza di cinghie come ulteriore mezzo di sicurezza.
- C. *Metodologia combinata.* Utilizzato quando la dimensione del carico o la sua forma, impediscono l'utilizzo di solo uno dei metodi. Possono essere di ausilio le reti di fissaggio o pali ferma carico.

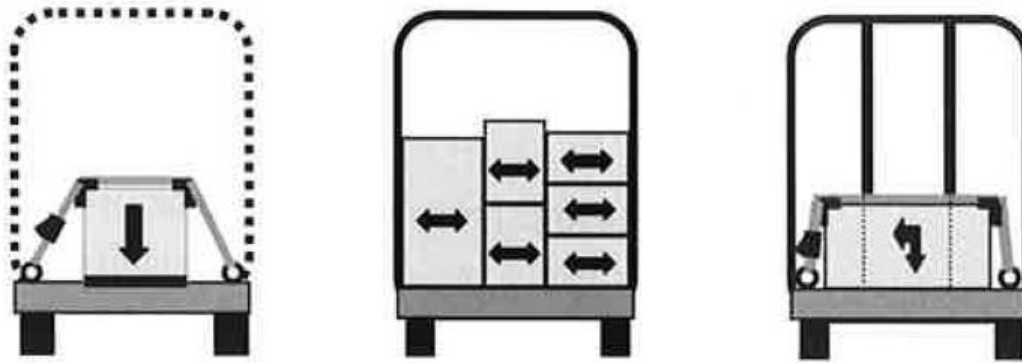


Fig. 1.2: Differenti metodologie di fissazione del carico: per mezzo di attrito (a sinistra), fissazione meccanica ad incastro (centro), metodo combinato (a destra).

In alcuni casi, per applicazioni specifiche, possono essere presenti scaffalature che sono di ausilio per il posizionamento del carico. Le scaffalature devono assicurare la resistenza meccanica alle forze che possono generarsi durante il trasporto a causa dei differenti stati dinamici causati dalla guida, senza incorrere in deformazioni permanenti o danneggiamento del veicolo.

Si distinguono in due categorie: i sistemi rigidi fissati permanentemente al veicolo (i quali devono essere collaudati dalla Motorizzazione Civile e dichiarati *Officina Mobile*), oppure sistemi con piani ribaltabili, che permettono di recuperare spazio di carico una volta richiusi.

## 1.2 Cinghie ed altri elementi di fissaggio

Per il fissaggio del carico sono ampiamente utilizzate cinghie e reti di fissaggio. Le cinghie sono utilizzate assicurandone le estremità a punti di ancoraggio predisposti sul piano di carico o sulle paratie del veicolo. Consistono in un sistema di tensionamento (ad esempio a cricchetto), la cinghia stessa, e alcuni elementi di ancoraggio come ganci ed uncini e sono regolamentati dalla normativa EN 12195. Le forze di tensionamento sono ricavabili dalle normative EN 12640 e ISO 27956 che riguardano i veicoli di massa complessiva inferiore alle 3,5 tonnellate. L'entità di queste forze può essere ridotta con l'uso di materiali anti scivolo, o mediante l'utilizzo di incastro meccanico dei materiali.

Il punto di ancoraggio non può essere caricato a piacere. La normativa regolamenta la forza massima a cui può essere sottoposto ciascun punto singolo, ed è pari a 500 daN (valido per i veicoli di massa compresa tra 2,0 e 5,0 tonnellate).



Fig. 1.3: Esempio delle caratteristiche tecniche di una cinghia rappresentate in etichetta.

La massa del carico determina anche il valore minimo di *LC*, detta *Lashing Capacity*, ovvero la massima tensione applicabile alla cinghia. Ciò significa è possibile calcolare una forza minima richiesta  $F_N$  che la cinghia di ancoraggio deve garantire, computata come segue:

$$F_N = \frac{1}{3} \cdot m_p \cdot g$$

Dove  $m_p$  è la massa è la massa del carico.

Sulla paratia o sul pianale di carico possono essere montate barre forate, agganci ad ancora o guide di fissaggio (le più conosciute sono le barre Airline), che sono utilizzate per il l'ancoraggio di tutti gli elementi ausiliari per la fissazione, come cinghie, reti o pali ferma carico. Questa tipologia di dispositivi deve essere correttamente fissata alle superfici sopra descritte e capace di sostenere le forze indicate. Tra gli elementi ausiliari per la sicurezza del carico vi sono anche altre soluzioni:

- Materiale ausiliario di fissaggio, come cunei, blocchi, barre di contenimento, aste di serraggio, barriere di partizione.
- Materiale di riempimento vario, per colmare i vuoti tra parti del carico o per assicurare fissaggio mediante incastro.
- Reti su misura, sia di conformazione a rete sia con foglia di telo.
- Materiale anti-scivolo come tappetini o gomme.

## **CAPITOLO 2: Determinazione dei coefficienti di attrito**

La prima parte di questo lavoro di tesi è riguardata la caratterizzazione prestazionale dei materiali da utilizzare come pianale per il vano di carico.

Lo scopo è stato quello di determinare dei parametri che permettessero di fare confronti tra le merci presenti sul mercato, e la soluzione che attualmente è in uso in ambito aziendale.

Insieme a questa caratterizzazione, le prove sperimentali servivano da linea guida per la successiva certificazione, per avere una stima attendibile dei parametri così da presentare all'azienda certificatrice solo i pianali migliori.

Le caratteristiche principali prese in considerazione riguardano le proprietà del materiale base, solitamente legno di betulla o compensato, disposti in strati. Lo spessore, parametro caratteristico ma con poca variabilità, è 9 o 12 mm, essendo il mercato orientato prevalentemente su queste due misure.

Il rivestimento è invece uno dei componenti fondamentali, perché influisce sul coefficiente d'attrito, sulle prove di scivolamento e sul coefficiente di abrasione Taber.

Nel caso dei pannelli considerati, il rivestimento è un film di carta e resina fenolica, di grammatura di 220 g/m<sup>2</sup>. Per la determinarne la resistenza all'abrasione, si applica una metodologia di prova con un'apparecchiatura Taber.

### **2.1 La prova Taber**

Poiché il fenomeno dell'usura è di difficile caratterizzazione, dipendendo da fattori come lo spessore della carta, la resistenza meccanica delle fibre, la natura degli additivi aggiunti nel processo produttivo e la struttura del foglio. Le condizioni stesse di prova influenzano tale resistenza, ad esempio la natura del mezzo abrasivo, la pressione di contatto, il tipo di azione meccanica di sfregamento e la dissipazione del calore durante la prova.

La prova di abrasione Taber si svolge, in rispetto della normativa EN 438-2, con le seguenti modalità. Il provino di carta è fissato ad una tavola rotante, posta in rotazione ad una velocità costante, ed è sottoposta in condizioni di sfregamento per attrito volvente mediante due mole standard, disposte su un piano verticale che ruotano in folle esclusivamente per causa

dell'attrito causato dal carico applicato. Ne risulta che la rotazione delle ruote è discorde a quella del piano. Le ruote, inoltre, sono inclinate in maniera tale che una abbia uno spostamento radiale verso l'esterno e una verso l'interno.

L'apparecchiatura di test, è così costituita:

- a) Il disco rotante, che ha frequenza di rotazione compresa tra 52 e 62 giri/min e al quale è fissato il provino
- b) e ruote abrasive, in coppia e ricoperte di gomma, di spessore  $12,7 \pm 0,1$  mm e del diametro di 50 mm che ruotano liberamente attorno ad un asse comune. La superficie di gomma delle ruote deve essere spessa almeno 6 mm di durezza Shore  $65 \pm 3$  (secondo la normativa ISO 48 o  $65 \pm 3$  Shore A secondo la ISO 7267-2).
- c) Il sistema di fissaggio a cui sono calettate le ruote sia tale da poter garantire  $5,4 \pm 0,2$  N.
- d) Un contatore di giri.
- e) Due ugelli, posti internamente alle due ruote abrasive, i cui centri siano distanziati da 77 mm e rialzati di  $2,0 \pm 0,5$  mm. Ad ugelli chiusi vi sia un vuoto di 1,5-1,6 kPa.

La prova deve essere condotta in atmosfera standard secondo la ISO 291 a temperatura di  $23 \pm 2$  °C con umidità relativa  $50 \pm 5\%$ .

### Key

- 1 abrasive paper
- 2 rubber
- 3 abrasive wheel
- 4 suction nozzle
- 5 clamping screw
- 6 specimen
- 7 specimen holder disc
- 8 holding and lifting device

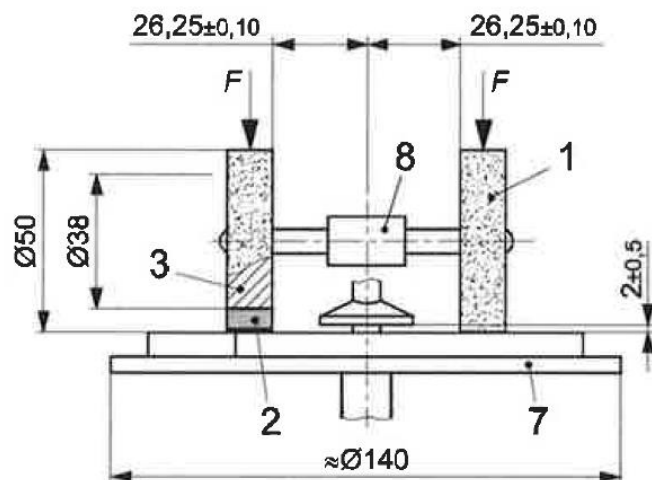


Fig. 2.1: Esempio della macchina per la prova Taber (dalla EN 438-2)

Il provino solitamente può avere due forme: un disco del diametro di 130 mm oppure un quadrato di 100 mm di lato con gli angoli raccordati.

La prova mira ad identificare quando si possono vedere visivamente i segni dell'abrasione. Le ruote sono rivestite di materiale abrasivo e posizionate sul provino. Il campione viene quindi messo in rotazione e monitorato ogni 25 rivoluzioni. La carta abrasiva delle ruote viene sostituita ogni 500 giri, all'avvicinarsi della condizione di abrasione iniziale, il controllo è effettuato ogni 10 rotazioni.

Il punto di abrasione iniziale (o initial wear point – IP) è il punto in cui è chiaramente riconoscibile la superficie al di sotto del rivestimento, e il legno è visibile in tre dei quadranti del provino.



1

2

3

**Key**

- 1 IP not yet reached
- 2 IP reached
- 3 exceeded IP

Fig. 2.2: Esempio di identificazione del *initial wear point*

Nello specifico, la prova ha termine quando un'area di almeno 0,60 mm<sup>2</sup> in due quadranti presenta abrasione che oltrepassa il rivestimento e comincia a risultare visibile nel terzo quadrante.

Al raggiungimento di questa condizione, si effettua la prova altre due volte. Il valore finale di Taber sarà pari alla media del numero di giri raggiunto nelle tre prove, arrotondato cinquantesimo giro più vicino.

## 2.2 Il coefficiente di scivolamento

Il coefficiente di scivolamento rappresenta un indice per identificare quanto una superficie possa essere rischiosa per gli operatori che vi camminano sopra.

La prova per la classificazione di questa caratteristica è regolamentata secondo la DIN 51130. La procedura è così strutturata: un operatore cammina sopra la superficie di prova che è posta inizialmente orizzontale. La superficie è successivamente inclinata finché non si raggiunge un angolo di accettabilità. Questo angolo è determinato utilizzando un rivestimento della superficie impregnato di lubrificante. La prova termina quando l'operatore non è più in grado di camminare in sicurezza. La media tra gli angoli raggiunti in tre prove è utilizzata come classificazione del coefficiente di resistenza allo scivolamento.

Inizialmente si procede con una calibrazione, l'operatore viene fatto camminare su tre superfici di rivestimento e proprietà note, così da poter effettuare una correzione sugli angoli che saranno misurati successivamente.

Si procede quindi con le prove sulle superfici da testare, l'operatore cammina in discesa, con passi della lunghezza di mezza scarpa, avanti e indietro lungo la pavimentazione di prova. La superficie parte inizialmente in posizione orizzontale, ed è inclinata gradualmente di 1°/s approssimativamente.

Nel momento in cui la camminata non è più sicura, l'operatore cammina ancora un certo ammontare di volte, per determinare il range di variabilità dell'angolo di accettazione. Tale procedura è ripetuta tre volte, previa rimozione e ri-applicazione del lubrificante, con inclinazione iniziale nulla o di 10° inferiore all'angolo di accettazione precedente. La procedura è successivamente ripetuta con un altro operatore.

Gli angoli ricavati dalle tre prove per operatore sono mediati ottenendo i valori di  $\alpha_{0.1}$  e  $\alpha_{0.2}$ . Questi due angoli sono corretti secondo le tabelle reperibili nella DIN 51130 risultanti dalla procedura di calibrazione. Gli angoli così ricavati sono mediati e se ne ricava l'angolo  $\alpha_{ges}$  che è il parametro rappresentativo del coefficiente di scivolamento. Infine, la superficie è classificata come da tabella.



<b>Angolo di accettazione corretto</b> $\alpha_{ges}$	<b>Classe di resistenza allo scivolamento</b>
Da 6° a 10°	R9
Maggiore di 10° fino a 19°	R10
Maggiore di 19° fino a 27°	R11
Maggiore di 27° fino a 35°	R12
Maggiore di 35°	R13

Tab. 2.1: Classificazione dei materiali in funzione dell'angolo di inclinazione del piano di prova

## 2.3 La prova di attrito

Il parametro fondamentale e più interessante è il coefficiente d'attrito. Nell'interesse del rispetto delle prescrizioni di normativa, il coefficiente d'attrito funge da aspetto fondamentale nell'assicurazione del carico, limitando l'entità delle forze necessarie da applicare con le cinghie di fissaggio.

Purtroppo tale dato non è trasmesso dai produttori, quindi si è dovuto procedere con le misurazioni.

La linea guida VDI 2700 suggerisce una metodologia di prova per la misurazione dei coefficienti di attrito dinamico di rivestimenti per pavimentazione per veicoli.

Poiché però il coefficiente dipende dalle superfici che interagiscono nel fenomeno dell'attrito, il primo problema che si è presentato è stato comprendere quali materiali provare.

### 2.3.1 L'attrito

La forza d'attrito è una forza di contatto passiva, ovvero generata dal semplice contatto tra due superfici e tale da opporsi al movimento di un corpo.

La tipologia di attrito coinvolta è l'attrito radente, che è definito così perché agisce parallelamente alle superfici che, scivolando l'una sull'altra, lo generano. Il fenomeno è causato da fenomeni di adesione chimica tra le superfici in contatto. Ciascuna coppia di materiali, posti in contatto fra loro, possiede due coefficienti di attrito, uno statico ed uno dinamico.

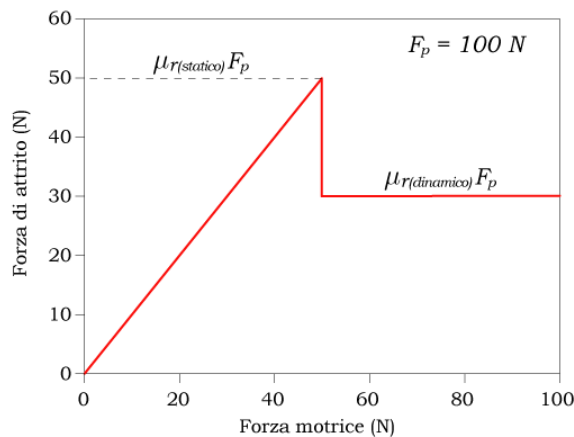


Fig. 2.3: Andamento teorico della curva di attrito. In ascissa la forza applicata, in ordinata la forza di attrito

L'attrito statico è una forza che impedisce ai corpi che sono in contatto, ed in quiete, di poter entrare in movimento, se sottoposti ad una forza di direzione parallela alla superficie di contatto. Se la forza supera una certa soglia (pari al coefficiente di attrito statico moltiplicato per la forza peso, cioè  $\vec{F}_s = \mu_s \cdot \vec{F}_G$ ) allora l'attrito statico smette di creare opposizione al movimento (cessa del tutto) e entra in gioco l'attrito dinamico. La forza che si oppone a quella che genera il movimento è pari al coefficiente di attrito dinamico  $\mu_d$ , moltiplicato per la forza peso (quindi  $\vec{F}_d = \mu_d \cdot \vec{F}_G$ ).

L'entità della forza di opposizione causata dal fenomeno di attrito dinamico è inferiore a quella causata dall'attrito statico, ne risulta, quindi, che per essere messo in movimento la forza necessaria ha un valore superiore di quella necessaria per mantenerlo in movimento.

### 2.3.2 Scelta dei campioni di prova

I campioni di pianale considerati, sono tre e li chiameremo per comodità campione A, B e C. Le caratteristiche di tutti e tre sono simili, anche se differiscono in alcune particolarità.

Il materiale di base è legno di betulla o abete di provenienza finlandese, con impiallacciatura incrociata.

La colla è una resina fenolica adesiva a base di formaldeide e rispetta gli standard della normativa europea EN 314-2.

Il pannello di compensato di betulla è assemblato sovrapponendo strati di betulla di circa 1,4 mm, incrociando le venature. Il film fenolico di rivestimento è pressato su entrambe le facce del pannello di compensato e sigillato per minimizzare le infiltrazioni di umidità, insetti, agenti chimici. E varia tra un peso di 120 g/mm<sup>2</sup> fino a 220 g/mm<sup>2</sup>. Solitamente sulla resina fenolica di rivestimento è impressa una trama per aumentarne le caratteristiche di resistenza allo strisciamento e migliorarne il coefficiente di scivolamento (quindi rendere la superficie meno scivolosa).

I parametri interessanti per la scelta del pianale sono tre, il coefficiente di scivolamento, il valore del Taber, e il coefficiente d'attrito. Due di questi (i primi) sono comunicati dal produttore e hanno i valori seguenti:

<b>Campione</b>	<b>Coefficiente di scivolamento</b>	<b>Taber</b>
CAMPIONE A	R10	600 Taber
CAMPIONE B	R11	1200 Taber
CAMPIONE C	R11	370 Taber

Tab. 2.2: Caratteristiche tecniche dei campioni di prova



Fig. 2.4: I tre campioni: Campione A (in alto a sinistra), Campione B (in alto a destra), Campione C (in basso).

Poiché quando si tratta della caratterizzazione del coefficiente d'attrito entrano in gioco due superfici che strisciano l'una sull'altra, si è reso necessario interrogarsi su quali fossero i materiali da sottoporre a test, cercando di comprendere i materiali che sono abitualmente in uso nel trasporto della merce, ma anche cercando un compromesso con il volume di materiali disponibili sul mercato, visto l'evidente dispendio di tempo che comporterebbe verificare un ammontare considerevole di campioni.

Si è quindi cercato di individuare quali fossero i mezzi di trasporto del materiale più frequentemente utilizzati, così da fare una riduzione preliminare del volume di materiale su cui concentrarsi.

Il primo mezzo considerato è stato la scatola di cartone. Visto l'impiego di alcune delle soluzioni proposte nell'ambito dei corrieri espresso, poiché la maggior parte del trasporto di merce in questo settore avviene mediante scatola di cartone, questo è stato il primo materiale considerato. Il problema è stato nel decidere quale o quali fossero i cartoni esistenti e quali valesse la pena provare. Esistono quattro varianti principali di carta per cartone ondulato:

1. *Kraft*. Cartone molto resistente che sopporta bene trazione, urto, pressione e piegatura. Composto per almeno l'80% da cellulosa al solfato di conifera (quindi a fibra lunga) e 20% circa di altra materia fibrosa. Nulla vieta che la cellulosa sia sostituita da materie prime secondarie ma comunque altamente selezionate (rendendo il Kraft un cartone di qualità elevata) [13].
2. *Liner*. Questo tipo di carta è prodotto utilizzando macero senza una composizione fibrosa ben stabilita, spesso in più strati, con grammatura minima di 125 g/cm<sup>2</sup>.
3. *Test-Liner* o *T-Liner*. Simile al Liner ma con caratteristiche meccaniche leggermente inferiori.
4. *Camoscio*. IL cartone con le prestazioni più scadenti, viene prodotto con macero misto di medio-bassa qualità.

Nonostante queste quattro tipologie, solo due sono principalmente utilizzate nell'imballo delle merci: il cartone Kraft e il T-Liner. La sostanziale differenza tra i due è la composizione: il Kraft è un cartone di alta qualità, con materie prime di provenienza nota e di elevato pregio. Il T-Liner, invece, è un cartone che viene prevalentemente costituito da materiale di riciclo.

Il secondo mezzo considerato è il principale imballo usato in ambito industriale: il pallet: abbiamo quindi scelto un Europallet (800x1200 mm) in buono stato per determinarne il

coefficiente d'attrito. La scelta dell'Europallet è stata dettata anche dal fatto che, nonostante la notevole varietà di costruttori sul mercato, e della conseguente varietà di prodotti, il processo di costruzione è sostanzialmente standardizzato e quindi di facile caratterizzazione. Poiché l'orientamento delle fibre del pallet influenza le prestazioni dal punto di vista dello strisciamento, si è proceduto a sottoporre a prova l'Europallet disponendolo in modo che il movimento fosse orientato come le fibre e ortogonale alle fibre.

Restavano due macrocategorie di materiali ancora inesplorati: le materie plastiche e i materiali metallici.

Per quanto riguarda i materiali metallici, si è optato per l'acciaio, perché è materiale che è quotidianamente in uso in azienda e perché tutti i contenitori per uso industriale (pallet-gabbia, cassoni, casse impilabili, box...) sono in acciaio.

In ambito di materie plastiche invece, la scelta è ricaduta sul polipropilene. Questo materiale la fa da padrone nelle applicazioni per la logistica sotto forma di cassette impilabili. Questo inoltre è un prodotto che l'azienda produce e quindi c'era l'interesse di testarne il comportamento.



Fig. 2.5: Due dei provini: cartone Kraft e cassetta in polipropilene.

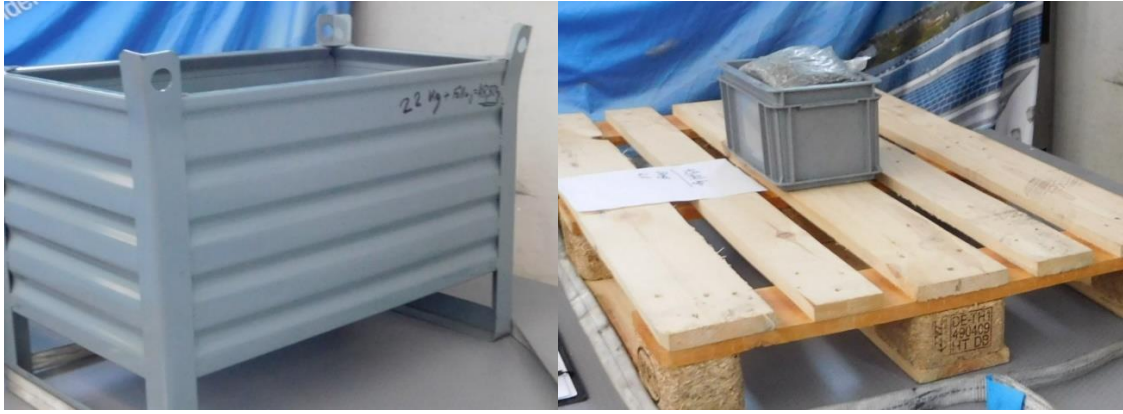


Fig. 2.6: Cassa in acciaio e Europallet



Fig. 2.7: Provino in gomme fissato ad una base in legno

## 2.4 Apparato di prova

Per effettuare le prove ci si è adattati alle risorse aziendali. Il macchinario utilizzato è un adattamento di una macchina di prova per la verifica della mobilità dei cassetti. L'azienda infatti ha come business principale la produzione di arredi industriali, come armadi, banchi da lavoro e cassettiere.

La macchina è costituita da un carrello servo guidato, azionato da un circuito idraulico e controllato elettronicamente.

La scheda di controllo permette la movimentazione del carrello lungo un solo asse, in entrambe le direzioni, per uno spazio prefissato e a velocità controllata. La guida di corsa

permette fino a 150 cm di movimento, alla quale vanno sottratti la lunghezza del carrello pari a 25 cm. Poiché il perno è ancorato al centro della slitta, in tutto si possono fare traslazioni di 125 cm massimo.

Sulla superficie di lavoro è stato fissato un banco di legno, di spessore 250 mm, in due pezzi, sul quale è stato effettuato un controllo di planarità, per assicurare che lo strisciamento dei provini avvenga nelle migliori condizioni.

Su questa superficie è fissato il pianale di prova. Per la fissazione sono state predisposte delle viti, avvitate lungo tutti i bordi del pianale e anche due al centro, per evitare che l'aria che naturalmente resta intrappolata deformasse la superficie di prova.

Lo strumento di misura è un dinamometro professionale digitale, la frequenza di acquisizione sia di almeno 50 Hz.



2.7: Apparato di prova

## 2.5 Esecuzione delle prove

La VDI 2700 fornisce tutte le informazioni per strutturare la metodologia di prova. Perciò si è scelto di replicare le linee guida suggerite dal testo. Lo scopo delle metodologie prescritte, e quindi la motivazione per cui si è scelto tale metodo, è assicurare la riproducibilità delle misurazioni e la possibilità di comparare i risultati.

Per la seguente trattazione si farà riferimento a *superficie di prova* quando si parla dei pianali oggetto dello studio, *provino* o *oggetto di prova* quando si parla del carico che viene fatto strisciare sulla superficie.



La prova si svolge nel seguente modo: per ogni coppia di superfici da verificare (ad esempio acciaio su legno) vengono effettuati tre “tiri” in trazione o in spinta, ciascuno consistente in almeno 50 mm di spostamento orizzontale. Al raggiungimento dello spostamento previsto, il sistema arresta il movimento traslatorio per assicurarsi che si ripristino le condizioni di attrito statico nel prossimo tiro. Nei suggerimenti della linea guida vi sarebbe la prescrizione di rimuovere il carico posto sopra l’oggetto di prova come zavorra, per assicurare la condizione statica citata qui sopra. Poiché c’è stata l’esigenza di velocizzare il processo di misura, viste le tempistiche ristrette, si è deciso di non rimuovere la massa che agiva da zavorra ma semplicemente allentare la forza di trazione della cinghia, arretrando il carrello di qualche decina di millimetri. In pratica, arrestato il movimento alla quota prefissata, manualmente si operava sul comando del movimento per far arretrare il carrello di circa 10-15 mm così da assicurare che il provino non fosse più in movimento.

In aggiunta, la VDI 2700 suggerisce di far compiere al provino almeno 50 mm, quindi con l’ausilio di un metro ci siamo assicurati che fosse raggiunto almeno quello spostamento prima di arrestare il carrello servo-guidato.

Tra un provino e l’altro si è provveduto nel ripulire la superficie da ogni impurità o residuo dalla prova precedente mediante l’utilizzo di una pistola ad aria compressa.

La procedura così descritta va ripetuta per tre volte. Si ottengono quindi, in tutto, nove tiri, raggruppati in terne, tra i quali viene effettuata la pulizia del ripiano e azzerato il dinamometro.

La linea guida richiede anche che il sistema di ancoraggio dell’oggetto di prova da far strisciare sulla superficie abbia forza di ancoraggio massima almeno doppia di quella che si prevede richieda la prova, l’elongazione massima permessa sia pari al 7%. Questi vincoli sono ampiamente rispettati con l’uso di normali cinghie di fissaggio in uso nei veicoli commerciali.

Per quanto riguarda gli oggetti della prova, la VDI richiede che questi siano in condizione di essere utilizzati. Poiché la maggior parte dei materiali verificati erano già stati usati, ma in buone condizioni (quindi senza evidenti segni di usura, come strisci, ruggine, vernice deteriorata o mancante, evidente abrasione del polipropilene), si sono utilizzati i medesimi provini con tutti e tre i pianali. Invece, per le due tipologie di cartone, si è reso necessario utilizzare diverse scatole ogni volta che si cambiava pianale, poiché era evidente una notevole abrasione della superficie strisciante e quindi per mantenere l’integrità dei risultati.



Caso a parte quando si tratta della gomma antiscivolamento. Poiché era impossibile sottoporre a trazione un tappetino di 3 mm di spessore, è stato necessario incollare con una resina epossidica il tappetino ad un blocco di legno di 4 cm di spessore, da poter caricare poi con una zavorra.

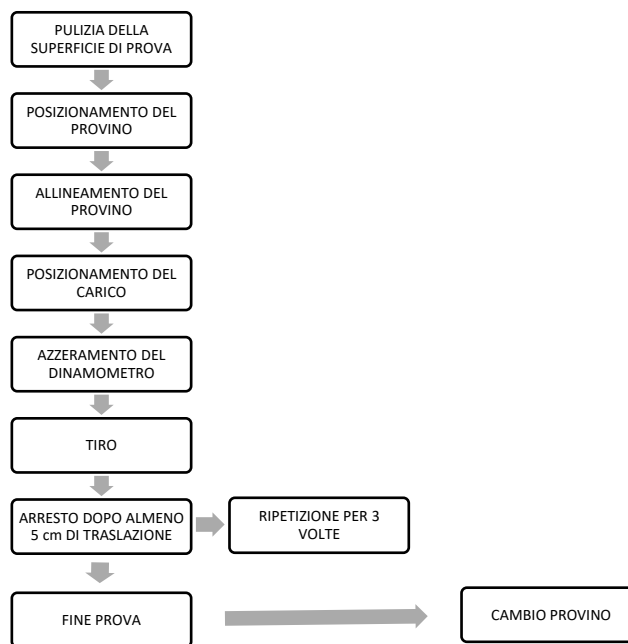


Fig. 2.8: Diagramma di flusso delle prove

Posizionato il provino sulla superficie di prova, si procede con l'allineamento, verificando che vi sia lo spazio necessario per effettuare i tre tiri, che la direzione di tiro e la cinghia siano in asse tra di loro. Viene poi assicurata la cinghia, ma in posizione allentata, e azzerato il dinamometro. Si imposta la macchina per effettuare il tiro, alla velocità di avanzamento prefissata, che è prescritta a 100 mm/min.

I provini sono stati caricati con ulteriori masse di 30 e 50 kg. Essendo il coefficiente di attrito un rapporto tra forze (quella peso e quella di attrito, che è proporzionale alla forza peso) il posizionamento di una massa aggiuntiva non cambia il risultato, ma potrebbe rendere più visibile il picco dovuto all'attrito statico e quindi facilitare la interpretazione dei dati mediante grafico.

La misurazione comincia con l'inizio del movimento del carrello servo guidato e continua finché non si è stabilito un chiaro movimento del provino, la registrazione è mantenuta finché

la traslazione non sia almeno pari a 50 mm. Si arresta quindi il movimento, si allenta la tensione della cinghia (retrocedendo il carrellino come detto sopra) dopodiché si può ripartire con l'esperimento. L'acquisizione dei dati deve avvenire ad una frequenza di almeno 5 Hz.

## 2.6 Analisi dei dati

Nella valutazione grafica dei risultati, che assumono la forma mostrata in figura, la media è estratta tra le curve di massimo e minimo registrati durante la prova.

Questo significa identificare per prima cosa il picco di forza registrato, questo corrisponde alla forza necessaria per vincere l'attrito statico, quindi il rapporto tra la forza così ricavata e la forza peso sarà il valore  $\mu_s$  di attrito statico. Il minimo registrato successivamente sarà quello da tenere in considerazione come minimo globale del singolo tiro (anche se occasionalmente il minimo da considerare sarà un altro, in relazione alla conformazione della curva). Si registrerà analogamente il massimo di forza prodotta. I due valori così ottenuti sono gli estremi del range di valutazione, entro il quale si effettuerà la media.

La scelta di questa procedura è dovuta alla difficoltà di individuare un range adeguato per le valutazioni. La curva di misurazione, infatti, può avere una tendenza negativa, rendendo le valutazioni difficoltose. Inoltre, l'arresto del movimento non avviene in un momento certo, perfettamente definito, quindi si rende necessario escogitare un metodo per l'individuazione di un intervallo sul quale poter operare.

Siano quindi  $F_{min}$  e  $F_{max}$  i due valori di forza minima e massima registrati:

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{F} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{n} \\ F_{min} \leq F_i \leq F_{max} \end{array} \right.$$

Ottenuti i coefficienti di attrito dinamico  $\mu_{d,i}$  di ciascuno dei nove cicli di prova per singolo provino, il coefficiente risultante sarà calcolato facendo la media di tali valori:

$$\mu_d = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_{d,i}}{n}$$

Sui risultati va operato un controllo ulteriore: per ogni ciclo di tre prove effettuate si calcola il valore medio del coefficiente  $\mu_d$  e si confronta con quello ricavato nel primo ciclo. Se il valore è maggiore del 10% del valore calcolato per il primo ciclo, allora l'intero ciclo va scartato. Non si è rispettato questa prescrizione della VDI 2700, per esigenze temporali. Le analisi dei dati non sono state fatte in tempo reale, e non c'è stata la possibilità di ripetere le prove, quindi si sono conservati tutti i valori facendo le dovute considerazioni in ogni caso presentatosi.

L'ultima operazione consiste nel moltiplicare i risultati ottenuti per un coefficiente pari a 0.95, come coefficiente di sicurezza. La linea guida prevede anche che si scelga un coefficiente di correzione diverso, inferiore al precedente, per tenere conte di alcune non-idealità presenti nelle misurazioni.

Purtroppo la linea guida propone una metodologia che non è sempre strettamente applicabile ai grafici che si ottengono. Si verificano infatti alcuni fenomeni che rendono complicata l'individuazione del range per effettuare la media.

In alcuni casi non è chiaramente identificabile il passaggio da attrito statico a dinamico, il cui grafico non presenta un vero picco di forza nella prima parte della prova. Questo si è riscontrato principalmente nelle prove della cassa in acciaio e del pallet. Vista la superficie liscia del contenitore in acciaio è abbastanza comprensibile tale comportamento, mentre non è facile spiegarlo per l'Europallet, visto che tale comportamento si è riscontrato in entrambe le direzioni di orientamento del provino. Questo comportamento è in parte imputabile alla superficie di prova, infatti questo fenomeno si è attenuato con il campione B e C.

Probabilmente, quello che si incontra nel caso del pianale è il cosiddetto effetto *stick-slip*, ovvero un susseguirsi di fenomeni di adesione e di scivolamento che sono identificabili con una forte variazione tra i picchi inferiori e superiori di forza. Questo è spiegabile con la natura irregolare della superficie legnosa, che presenta le fibre che creano dei piccoli dossi che generano attrito. Tale ipotesi sarebbe verificata dall'attenuazione del fenomeno quando le fibre sono orientate nel senso della trazione.

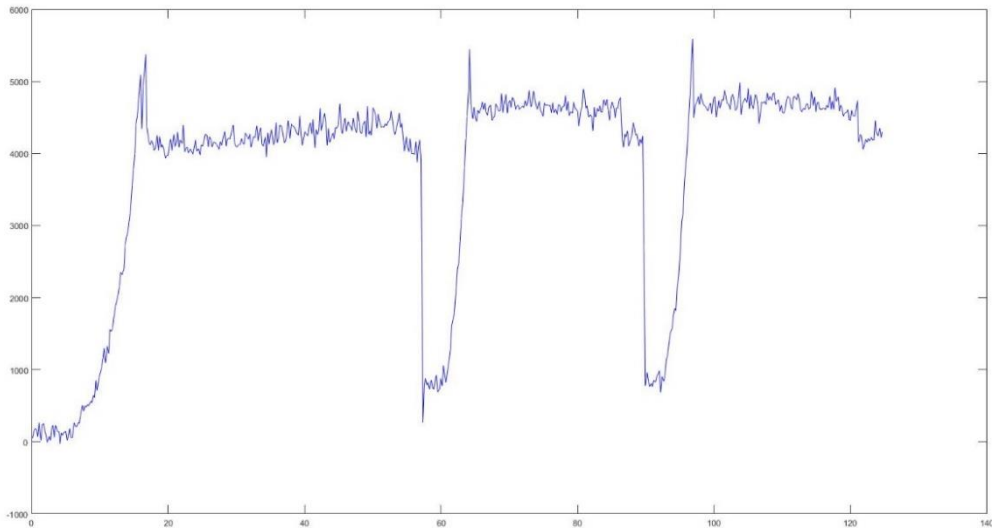


Fig. 2.9: Esempio di grafico di prova, con il picco corrispondente alla forza resistente causata dall'attrito statico

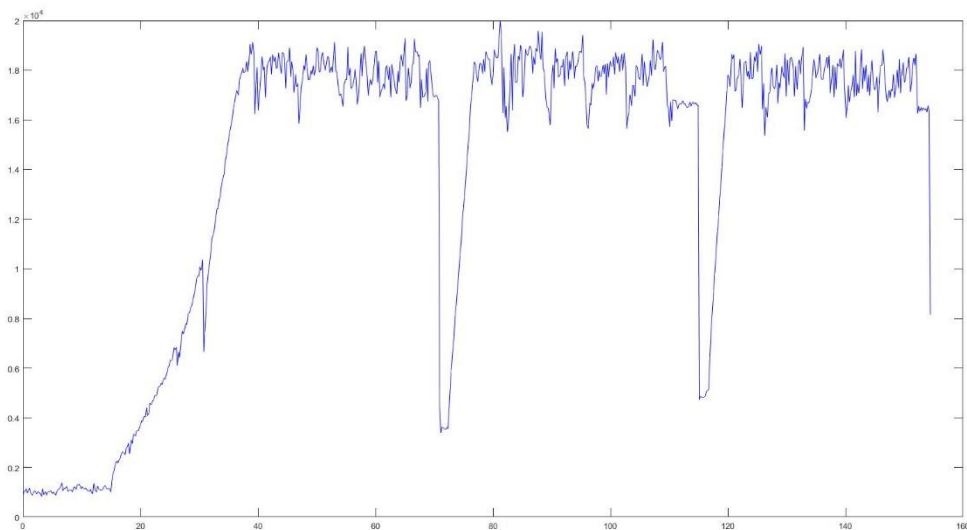


Fig. 2.10: Forza di attrito statico non perfettamente distinguibile.

## 2.7 Commenti sui risultati

Dall'analisi dei coefficienti, si possono fare alcune considerazioni: ad esempio per il cartone il T-Liner è sicuramente una scelta migliore del Kraft, nonostante sia fatto di materiali di inferiore qualità, si comporta meglio nel caso di attrito.

Per quanto riguarda invece il comportamento dei pianali, si vede come il campione C sia meglio di tutti ad eccezione del coefficiente di attrito con il tappeto in gomma. Per quanto riguarda questo materiale, c'è da fare una nota: il campione di gomma utilizzato è stato sempre il medesimo, nonostante si sia riscontrata un discreto deterioramento e graffiatura della superficie della gomma. Poiché era impossibile sostituire il campione nelle prove successive alla prima, si devono considerare i coefficienti di attrito come semplici stime.

	SUPERFICIE DI PROVA		
	CAMPIONE A	CAMPIONE B	CAMPIONE C
MATERIALE	$\mu_d$	$\mu_d$	$\mu_d$
Cartone Kraft	0.15	0.27	0.41
Cartone T-Liner	0.25	0.36	0.51
Cassetta PP	0.22	0.30	0.39
Cassa Acciaio	0.15	0.17	0.33
Europallet (long.)	0.33	0.36	0.47
Europallet (trasv.)	0.30	0.32	0.50
Tappeto Gomma	0.80	0.62	0.76

Tab. 2.3: Riassunto dei risultati delle prove

## 2.8 La scelta del pianale

Nella scelta del pianale sono entrati diversi fattori: nonostante le prestazioni eccellenti del campione C, la scelta è ricaduta sul B.

Questo principalmente a causa del valore del Taber del pianale C. Essendo molto basso, significa che la superficie si deteriora facilmente compromettendone la durabilità. Il pianale è infatti esso stesso molto abrasivo rispetto agli altri due campioni, garantendo un coefficiente di attrito elevato, ma penalizzando il suo comportamento nel tempo.

Altri fattori che hanno influenzato la scelta sono stati il prezzo (qui non indicato) e il colore.

## Capitolo 3: Analisi e prove del punto singolo di ancoraggio

### 3.1 Il problema del punto singolo di ancoraggio

Altro dispositivo fondamentale per la fissazione del carico è il punto di ancoraggio al pianale.

In commercio esistono diversi sistemi di fissazione a terra della merce, alcuni dei quali sono visibili in figura. Nel caso di punti singoli di ancoraggio, questi sono strutturati per alloggiare un ancoraggio fatto su misura, solitamente opportunamente progettato dall'azienda produttrice. Nel caso di barre di ancoraggio, invece, queste sono disposte orizzontalmente (trasversali o longitudinali) sul pianale, dopo aver preventivamente ricavato un alloggiamento. Questo tipo di soluzione presenta alcuni problemi. In primis, costringe il produttore a muoversi su pianali di spessore 12 mm. Infatti, ancorare queste barre senza che queste sporgano dal piano di carico (impedendo di poter movimentare la merce nel piano per trascinamento, soluzione che qualche produttore ha comunque adottato) richiede spessori maggiori, a causa del notevole indebolimento della struttura, causato da un intaglio così esteso, oppure, fissare la barra sopra il piano, migliorando il comportamento strutturale ma compromettendo la praticità della soluzione.

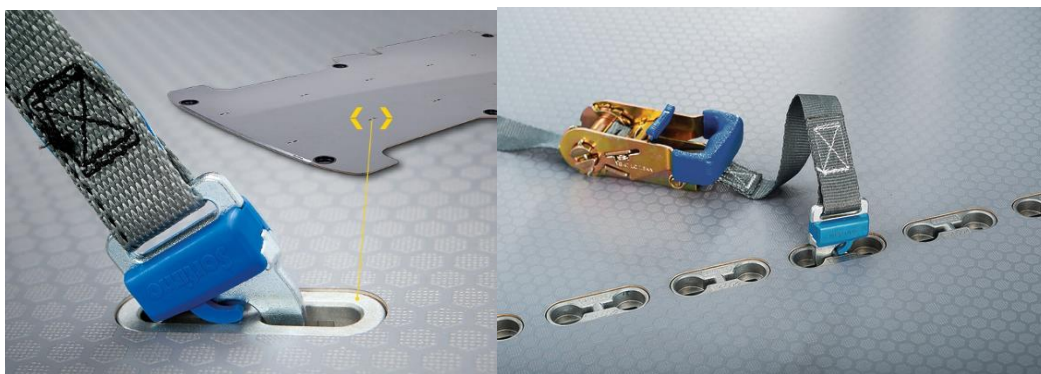


Fig. 3.1: Esempi di punto singolo presenti sul mercato



Fig. 3.2: Esempi di ancoraggio con barra Airline

Quindi, la soluzione pensata in ambito aziendale, aveva come obiettivo replicare la facilità di installazione del punto singolo di ancoraggio, che non sporgesse rispetto al piano di carico, che non compromettesse l'integrità strutturale del pannello di legno.

È stato quindi sviluppato un dispositivo, applicato come punto singolo di ancoraggio, sul quale poi sono state eseguite delle prove di verifica.

Il dispositivo è costituito di lamiera metallica, ripiegata ad U e provvisto di due alette forate, che permettono di fissarlo al pianale mediante viti. Sul pianale è ricavato un alloggiamento che permette al dispositivo di essere a raso sul pianale.



Fig. 3.3: Punto singolo di ancoraggio sviluppato in Fami.

La disposizione di questi punti singoli è fissata a priori. Per ogni veicolo sono stati fatti i rilievi e predisposti gli alloggiamenti in modo che non interferiscano con le greche del mezzo (le greche sono le piegature della lamiera del veicolo, che hanno scopo strutturale)



e sono predisposte in modo da avere che la distanza tra i punti di ancoraggio in linea sia multiplo di 25 mm (per garantire allineamento con le eventuali barre Airline poste sul tetto). L'incavo predisposto nel dispositivo è a forma di "osso di cane" e è perfettamente compatibile con l'aggancio tipo "Airline" e con i pali telescopici, entrambi diffusi sul mercato. Questo rende il prodotto facilmente utilizzabile con prodotti che l'azienda non vende personalmente.

Il difetto di questo sistema è che non garantisce un posizionamento a completa discrezione dell'utilizzatore. Una barra, invece, essendo continua, permette di posizionare il punto di ancoraggio dove si vuole, e quindi, nell'ottica di utilizzare i pali telescopici ferma carico, permette di fissare un pannello di uno spessore qualsiasi senza difficoltà, cosa che un sistema discreto non può garantire. Si è quindi pensato di introdurre un ulteriore dispositivo, ma che funga solo da base di appoggio per i pali ferma carico. Questo punto singolo di fissaggio quindi, non permette l'ancoraggio, ma funzione esclusivamente in compressione. Sul pianale sono quindi previsti una serie di fori, a discrezione dell'utilizzatore, che permettono di coprire qualsiasi esigenza operativa.

Il pannello in legno è fresato per ospitare il dispositivo, ma non è forato, quindi l'integrità strutturale è preservata.

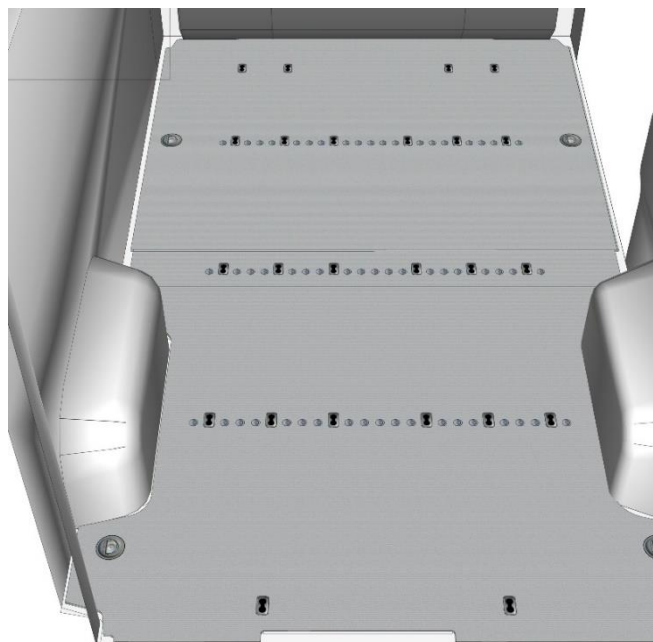


Fig. 3.4: Disposizioni dei punti singoli di ancoraggio e di fissaggio sul pianale.

### 3.2 Verifiche meccaniche sul componente

Per la verifica strutturale del punto singolo di ancoraggio si opera come da normativa, secondo la ISO 27956. Secondo la guida, per effettuare le prove di verifica, si deve considerare una superficie, a cui è vincolato il provino, identica a quella di esercizio. Ora, poiché si deve verificare contemporaneamente sia la resistenza strutturale del pianale, sia la tenuta del fissaggio del pianale al veicolo, si è deciso di effettuare due prove separate, la prima effettuata esclusivamente sul provino e pianale, la seconda con pianale fissato al veicolo.

Scelta la forza da applicare  $F_N$ , questa deve essere applicata con un angolo che deve essere compreso tra la verticale e i 60° gradi da essa. La procedura di prova procede come segue:

#### Step 1.

1. applicare un precarico pari al 5% della tensione nominale  $F_N$
2. impostare la deformazione a zero

#### Step 2.

3. aumentare il carico fino alla forza nominale  $F_N$  entro 20 s.
4. mantenere il carico per almeno 30 s
5. rilasciare la forza a zero
6. riportare il sistema alle condizioni di precarico (5% della forza nominale  $F_N$ )
7. misurare la deformazione permanente del punto di fissaggio (e della struttura del veicolo) sul punto di applicazione della forza, il test è passato se la deformazione è minore o uguale a 12 mm (misurata nella direzione di applicazione della forza).

#### Step 3.

8. Riapplicare del carico in 20 secondi fino alla forza nominale  $F_N$
9. Mantenere la forza per 30 secondi
10. Rilasciare il carico a zero
11. Riportare il sistema in condizioni di precarico
12. Misurare la deformazione permanente con gli stessi vincoli della misurazione precedente

Step 4.

13. Portare il carico in 25 secondi alla forza di trazione pari a  $1,25 \cdot F_N$

14. Mantenere per 30 secondi

15. Rilasciare a zero

16. Se il punto di ancoraggio rimane intatto allora il test è superato.

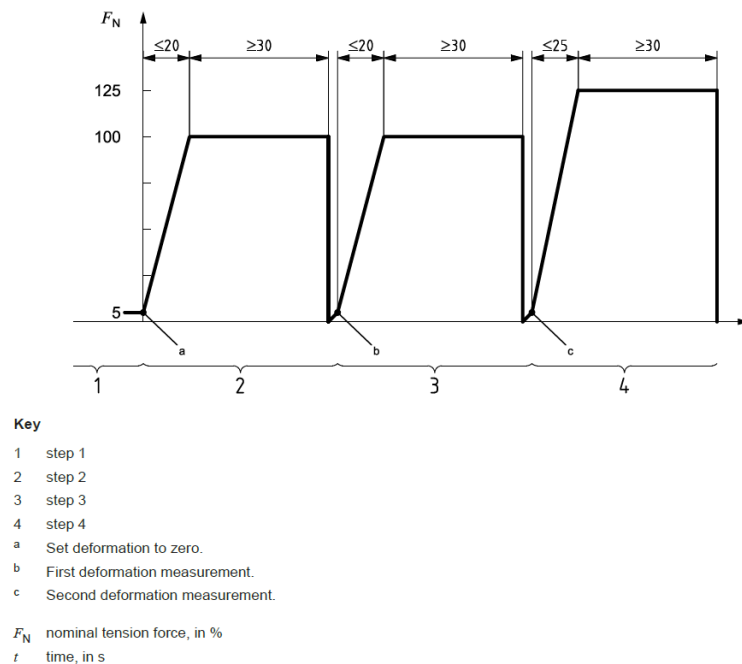


Fig. 3.5: Curva ideale di trazione della prova (ISO 27956)

Le prove sono state effettuate su uno spezzone di pianale di dimensioni  $300 \times 300 \text{ mm}^2$ , con pannelli di spessore 9 mm. La forza di trazione  $F_N$  è di 200 daN, per comodità si è impostata la macchina per compiere le tre trazioni a 225 daN. Non si sono misurate deformazioni permanenti, quindi il punto di ancoraggio è conforme alla normativa. Per quanto riguarda l'incollaggio del pianale al veicolo, si sono incollati tre campioni di pianale, sempre di  $300 \times 300 \text{ m}^2$ , ad uno spezzone di veicolo, mediante adesivo sigillante poliuretano. Per metterne alla prova l'efficacia, si sono effettuate le prove con trazione fino a 630 daN, fino ad arrivare a rottura, con lo scopo di determinare quale fosse il primo vincolo a cedere, se l'incollaggio del pianale o la resistenza strutturale del pannello.

Ne è risultato che il punto singolo di ancoraggio resiste alle tensioni prescritte, e che l'incollaggio sopporta ampiamente le tensioni di esercizio. Di seguito i grafici delle prove:

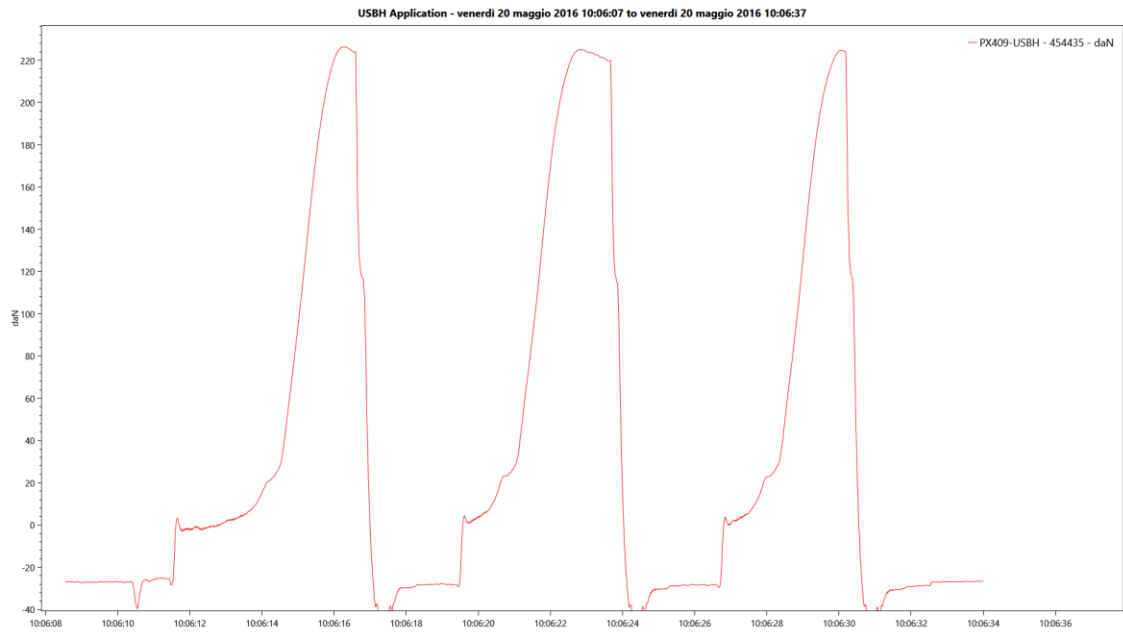


Fig. 3.6: Grafico delle prove eseguite sul componente.

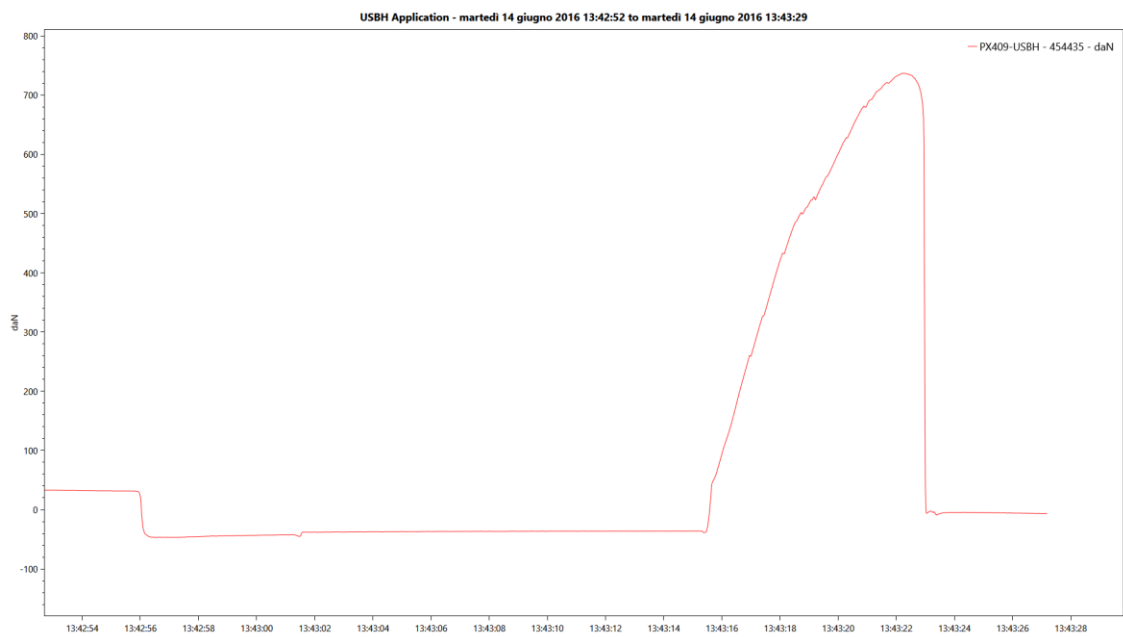


Fig. 3.7: Grafico della prova di trazione del componente con pianale fissato al veicolo.

## CAPITOLO 4: L'allestimento CEP

Tra i prodotti che l'azienda propone, vi è un veicolo con specifiche applicazioni per il settore degli spedizionieri.

Il settore, in forte crescita negli ultimi anni, nonostante la crisi iniziata nel 2008, aveva solide basi nelle trattative B2B. Ma con l'avanzare dei portali di e-commerce (Amazon, Alibaba, Ebay, ...) una componente importante del volume di merce consegnata ha come destinatari i privati. Secondo le statistiche circa il 30% del volume di merce movimentata è consegnata al consumatore diretto, mentre circa il 65% è destinato alle aziende, le previsioni però parlano di un aumento del 6,5% del volume del B2C [2].

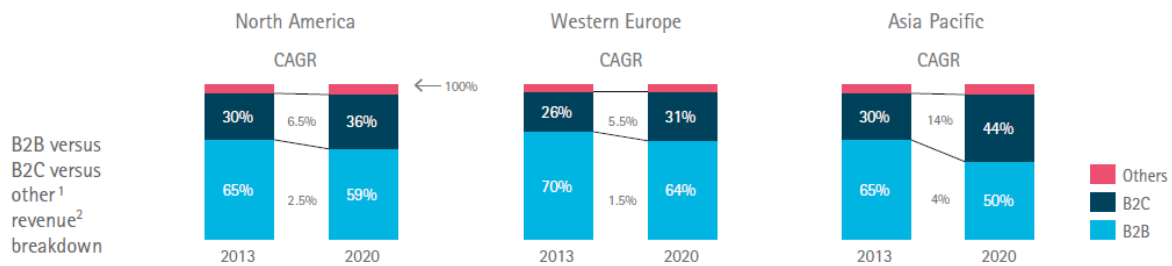


Fig. 4.1: Proiezioni della quota di mercato del B2B.

Un altro problema che caratterizza questo settore è la volatilità del mercato: vi sono forti picchi in termini di volumi di consegne sia nel corso della settimana sia nel corso dell'anno, e questo non è sempre a carattere nazionale. Basti pensare a periodi chiave come le festività natalizie, dove il volume è in aumento, oppure iniziative commerciali tipiche del settore di e-commerce come il Black Friday o il Cyber Monday.

Tale fenomeno di volatilità è parecchio significativo, con stagionalità o picchi giornalieri di volume di merce anche cinque volte superiore alla media [3].

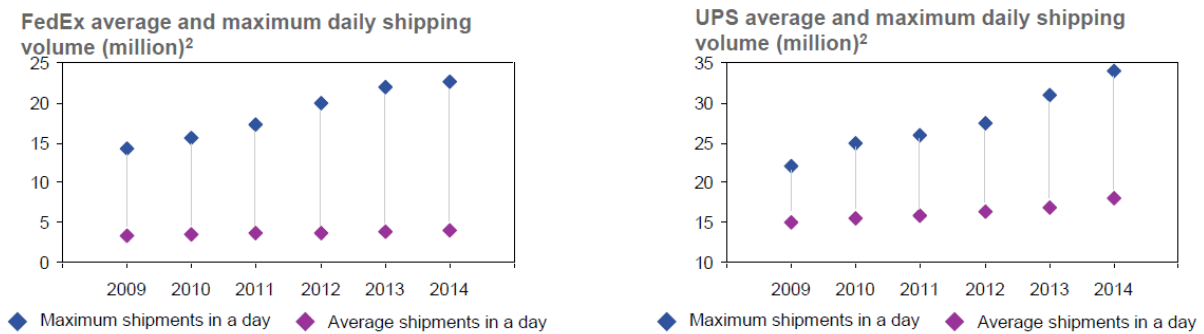


Fig. 4.2: Entità della volatilità.

Considerando quindi che il solo settore e-commerce, ha generato circa un miliardo di consegne (dati 2013), e che ci si aspetta che questo numero cresca a 1,35 miliardi per il 2018 [18], risulta importante approntare soluzioni per far fronte a questo trend.

Concentrandosi momentaneamente sui metodi di consegna, ad oggi, il consumatore privilegia i metodi diretti di consegna, quindi pacchetti consegnati direttamente all'indirizzo specificato (circa il 72,3 % nel Regno Unito) mentre i restanti preferiscono ritirare la merce ordinata in punti di raccolta predefiniti come negozi o caselle postali (34,5%). Nonostante quest'ultimo dato sia in aumento, non bisogna trascurare che questi valori possono dipendere molto dai tempi e costi di spedizione, se questi sono alti il consumatore può finire per preferire una consegna in negozio, più veloce ed economica. Questo può essere intuibile dalle valutazioni di soddisfazione dell'esperienza dei consumatori: la velocità è sempre il valore più importante nella scelta di un servizio di consegna.

#### 4.1 Il sistema CEP

L'allestimento CEP consiste in una serie di sei ripiani pieghevoli, montati sugli appositi supporti sulle due paratie interne del vano di carico, quattro sul lato sinistro e due sul lato destro.

Il vano di carico è rivestito in multistrato in legno di betulla, rivestito da un film fenolico di base cartacea.

Sul pianale sono stati installati 19 punti di ancoraggio aggiuntivi, che, accoppiati con le file di barre Airline installate sui montanti, permettono di fissare i pali ferma-carico per il corretto ancoraggio dei carichi più ingombranti. Gli scaffali sono dotati di un fermo in acciaio mobile,

che permette di essere spostato per agire da fermo sui colli, così da mantenere sempre stabile il carico.



Fig. 4.3: Interno dell'allestimento CEP.

## 4.2 Average model

Per cercare di comprendere quali vantaggi il sistema CEP porta all'utilizzatore si è pensato di determinare quali fossero i tempi di prelievo medi e confrontare i valori ottenuti con il sistema di scaffalature ribaltabili con quelli del veicolo sprovvisto di tale dispositivo.

Per poterlo fare, si è prima dovuto determinare un modello medio di riempimento del veicolo, un average model, che fosse rappresentativo del carico usuale di un corriere.

Un fattore chiave, per comprendere come meglio sviluppare prodotti per il settore delle consegne, è comprendere la dimensione dei colli che abitualmente vengono trasportati. Royal Mail individua tre categorie di scatola: *letterbox*, *small parcel*, *larger deliveries*. Questa classificazione è d'aiuto per capire meglio come costruire il modello di caricamento.

Il primo non è nient'altro che la comune lettera, il secondo è un pacco delle dimensioni di una scatola da scarpe, quindi delle dimensioni di 300x180x140 mm, mentre il terzo è un pacco delle dimensioni maggiori di quest'ultimo.

Poiché nell'ambito delle spedizioni esistono più confezioni di dimensione superiore alla scatola da scarpe, si è indagato tra le soluzioni offerte dalle compagnie quali fossero disponibili. Alla fine si è scelta la confezione che nella gamma è di dimensioni subito superiori, pari a 322x337x180 mm.

Scelte le scatole per la costruzione di questo modello, era necessario capire come andasse riempito il vano di carico, che proporzione mantenere tra il numero di pacchi di una tipologia rispetto all'altra. Sempre utilizzando le statistiche di Royal Mail, il volume di colli del tipo *small parcel* è di 344,6 milioni di pacchi in un anno (2013) mentre i *larger parcel* 360 milioni l'anno. Nei dati era presente anche il volume di lettere spedite in un anno (185,4 milioni) ma si è deciso di trascurare questo valore per due motivi: innanzitutto la metodologia di consegna delle missive non è uniforme, può essere trasportata a piedi, in bicicletta o motociclo, inoltre, introducendo nel modello il volume di lettere in proporzione ai pacchi, la dimensione fisica occupata sul veicolo era trascurabile e quindi si è optato per l'esclusione di tale formato.

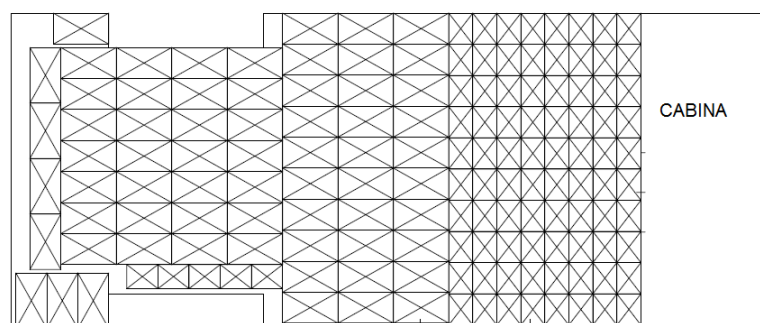


Fig. 4.4: Vista in pianta del piano di carico con i colli del veicolo convenzionale



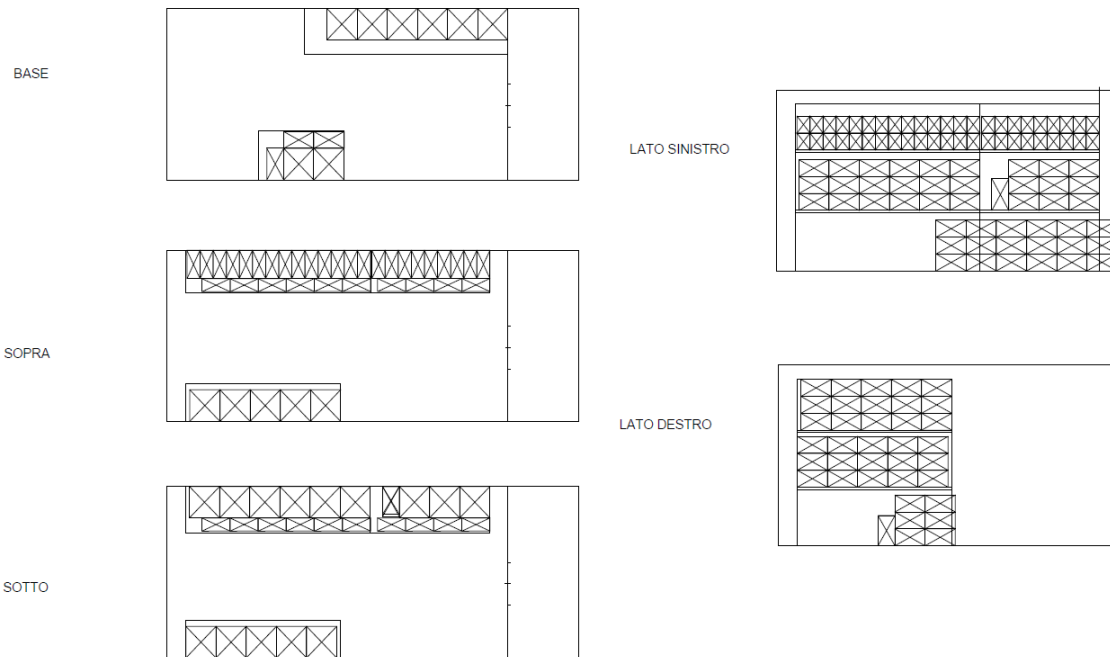


Fig. 4.5: Allocazione della merce all'interno del veicolo con allestimento CEP (tre viste in pianta e due delle scaffalature).

Si è quindi proceduto a riempire il vano di carico delle due alternative di furgone. La versione base è stata riempita disponendo i colli su un livello sul piano di carico, cercando di posizionarli con la faccia di ingombro minore verso il basso, in modo da non penalizzare ulteriormente questa configurazione.

Così facendo, i due veicoli sono stati riempiti il più possibile, con un totale di 183 colli per il CEP e 151 per il mezzo convenzionale.

IL sistema di scaffalature permette un utilizzo più razionale dello spazio, a fronte di una parziale riduzione della superficie di carico. Nel veicolo senza allestimento il piano di carico ha area di  $7,2 \text{ m}^2$ , mentre allestito si attesta sui  $5,2 \text{ m}^2$ . Questo perché, in ottica di sicurezza del carico, non si utilizza il corridoio che si crea tra i due scaffali. Questo sarebbe teoricamente utilizzabile, ma poiché la fissazione in quella zona richiederebbe l'acquisto di dispositivi aggiuntivi, non se ne è tenuto conto.

Vista questa differenza di superficie, non ha senso, dal punto di vista concettuale, computare il coefficiente di saturazione superficiale. Quindi si è calcolato il coefficiente di saturazione volumetrico, indice di quanto viene occupata la superficie.

	Veicolo non allestito	CEP
Totale colli	151	183
N° di pacchi tipo 1 (140x180x300 mm <sup>3</sup> )	85 (56,2%)	98 (53,5%)
N° di pacchi tipo 2 (337x322x180 mm <sup>3</sup> )	66 (43,7%)	85 (46,4%)
Totale volume caricato	1,93 m <sup>3</sup>	2,41 m <sup>3</sup>
Volume disponibile	13,0 m <sup>3</sup>	13,0 m <sup>3</sup>
Saturazione Volumetrica	14,8%	18,4%

Tab. 4.1: Riepilogo delle caratteristiche delle due soluzioni

Per quanto riguarda la soluzione CEP analogamente si sono posizionati i pacchi cercando di riempire il più possibile la superficie disponibile, ma anche tenendo conto del riempimento volumetrico.

Il vantaggio del sistema CEP, proposto da Fami, è l'accesso al vano di carico, che avviene attraverso una porta sulla paratia del retro cabina. L'operatore, munito di telecomando e chiave, aprirà la porta inserendo la chiave e azionando il remoto. La chiave resta sulla serratura e sarà prelevata all'uscita.



Fig. 4.6: Porta alla paratia del sistema CEP.

### 4.3 Il metodo MTM

Il sistema MTM è una metodologia di calcolo dei tempi per le operazioni in ambito industriale e si basa sulla scomposizione di ogni gesto in movimenti elementari e sul calcolo del tempo che ciascuna operazione impiega per essere effettuata [19]. In pratica, sono stati codificati una serie di movimenti, anche con alcune complessità, che permettono l'agevole identificazione del gesto coinvolto, e, mediante la somma di questi tempi elementari, calcolare il totale necessario per compiere un gesto complesso.

I movimenti elementari di braccia e gambe codificati sono:

- Raggiungere
- Muovere
- Applicare pressione
- Afferrare
- Posizionare
- Disaccoppiare
- Rilasciare

Mentre i movimenti del corpo, della gamba o del piede:

- Piegarsi
- Inginocchiarsi
- Ruotare il corpo di 45° - 50°
- Camminare
- Muovere le gambe
- Muovere il piede
- Movimento del piede con pressione
- Passo laterale

Per passare dal conteggio delle TMU ai secondi, basta operare la conversione:

1 TMU = 0,00001 ore

1 TMU = 0,0006 minuti

1 TMU = 0,036 secondi

#### 4.4 Calcolo dei tempi di prelievo

Costruito il modello medio di caricamento, si è passati al calcolo del tempo medio di prelievo del collo. Per farlo si è deciso di utilizzare il metodo MTM.

La scelta del metodo MTM, nonostante sia abbastanza datato è stata fatta sulla base della sua semplicità di utilizzo. Inoltre le altre metodologie esistenti, nonostante siano di applicazione più rapida, non sono facilmente estendibili ad un ambito come questo. La procedura MTM, invece, descrive in maniera dettagliata i tempi necessari per compiere un ampio spettro di movimenti, quindi è sembrata adatta al problema.

Per poter calcolare i tempi di prelievo, è stato necessario analizzare nel dettaglio tutte le operazioni che l'operatore compie da quando il mezzo si ferma, a quando il pacco è consegnato.

Analizziamo quindi le operazioni che l'operatore compie, in un veicolo di configurazione standard, per raggiungere un pacco:

- I. A veicolo fermo, spegne il mezzo ed estrae la chiave.
- II. Apre la portiera, scende dal veicolo, chiude la porta a chiave (questo dettaglio è abbastanza importante, infatti il furto del veicolo o della merce, soprattutto in Italia è un fenomeno rilevante).
- III. Raggiunge uno dei due portelloni (quello posteriore o quello laterale a seconda di quale sia quello più comodo per prelevare il pacco).
- IV. Apre il portellone, sale sul mezzo.
- V. Raggiungere il pacco e prelevarlo.
- VI. Uscire e chiudere a chiave.

Ciascuna di queste azioni va a sua volta suddivisa nei suoi movimenti elementari, che sono qui riassunte in tabella (sono esclusi movimenti di raggiungimento del portello e del pacco):

AZIONE	TMU
<b>Spegnere il mezzo ed estrarre la chiave</b>	
Raggiungere (la chiave)	1.8
Orientare (ruotare la chiave di 90°)	5.4
Raggiungere (estrarre la chiave)	1.8

<b>Totale</b>	<b>9.0 TMU</b>
<b>Apertura della portiera</b>	
Raggiungere la maniglia	1.8
Separare (aprire la maniglia)	4.0
Spingere (aprire la porta)	19.2
Alzarsi	43.4
Scendere	10.6
<b>Totale</b>	<b>79.0 TMU</b>
<b>Chiusura portiera</b>	
Spingere (la portiera)	<b>12.8</b>
Raggiungere posizione prefissata (inserire la chiave)	14.1
Orientare (girare la chiave)	5.4
Raggiungere	1.7
<b>Totale</b>	<b>34 TMU</b>

<b>AZIONE</b>	<b>TMU</b>
<b>Apertura portellone</b> (valido per portellone posteriore o laterale, se è necessario aprire entrambe le porte posteriori alcuni valori sono indicati tra parentesi)	
Raggiungere (inserire la chiave)	1.8
Raggiungere posizione prefissata (inserire la chiave)	14.1
Orientare	5.4
Trasportare	1.7
Separare (azionare la maniglia)	4.0
Spingere/Tirare (aprire la porta)	19.2
Passo laterale/indietro	17.0
Separare (estrarre la chiave)	4.0
Raggiungere (la seconda porta)	(1.8)
Separare (azionare la maniglia della seconda porta)	(4.0)
Spingere (la seconda porta)	(19.2)
<b>Totale</b>	<b>67.2 (92.2) TMU</b>

<b>Salita/discesa dal portellone</b>	
Alzare la gamba/Scendere dal mezzo	23.9
Passo	5.3
<b>Totale</b>	<b>29.2 TMU</b>
<b>Chiusura portellone</b>	
Raggiungere	1.8
Spingere	12.8
Passo laterale	(17.0)
Raggiungere	(1.8)
Spingere	(12.8)
Raggiungere posizione prefissata (inserire la chiave)	14.1
Orientare	5.4
<b>Totale</b>	<b>35.9 (65.7) TMU</b>

Tab. 4.2: Tempi delle principali azioni di prelievo del pacco.

Nel mezzo preparato con l'allestimento CEP, proprio per risolvere il problema dei furti di veicoli o di merce, è stata predisposta una porta sulla paratia di separazione, comandabile con codice numerico o chiave, che permette di restare all'interno del veicolo e accedere comunque al vano di carico. Inoltre, il sedile del passeggero è stato sostituito con un piccolo sedile ribaltabile, che, in posizione chiusa, lascia libero il passaggio e permette all'operatore di poter scendere dal lato del passeggero, annullando il rischio di incorrere in incidenti dovendo scendere dal lato sinistro.

Di seguito le operazioni che deve compiere l'operatore nel sistema CEP:

- I. Spegnerne il mezzo ed estrarre la chiave
- II. Raggiungere la porta alla paratia ed aprirla
- III. Raggiungere il pacco (e ritorno)
- IV. Chiudere la porta
- V. Aprire la portiera sinistra
- VI. Scendere, chiudere la portiera sinistra

<b>AZIONE</b>	<b>TMU</b>
<b>Apertura porta alla paratia</b>	
Alzarsi	43.4
Ruotare il corpo	18.6
Passo	5.3
Raggiungere (Inserire la chiave)	1.8
Raggiungere (tasto)	1.8
Orientare (la chiave)	5.4
Spingere (la porta)	19.2
Passo	5.3
<b>Totale</b>	<b>100.8 TMU</b>

<b>AZIONE</b>	<b>TMU</b>
<b>Chiusura porta alla paratia</b>	
Passo	5.3
Spingere (la porta)	12.8
Raggiungere	1.8
Trasportare (estrarre la chiave)	1.7
<b>Totale</b>	<b>21.6 TMU</b>
<b>Scendere dal veicolo</b>	
Passo (x3)	15.9
Raggiungere (maniglia)	1.8
Separare (maniglia)	4.0
Spingere (portiera)	19.2
Scendere	10.6
<b>Totale</b>	<b>51.5 TMU</b>

Tab. 4.3: Tempi delle principali azioni di prelievo nel veicolo CEP.

Sommando i contributi che ciascuna azione comporta, escludendo il movimento verso il pacco e ritorno, si ricavano i totali.

- Veicolo tradizionale: 283,5 TMU (338,3 TMU)
- Veicolo CEP: 182,9 TMU

## 4.5 Costruzione del modello

Per il calcolo dei tempi necessari a raggiungere il pacco, si è utilizzato il modello medio costruito precedentemente. Individuando il baricentro di ciascuno dei colli, si è calcolata la distanza che l'operatore deve percorrere per prelevare la scatola. Nel caso di mezzo tradizionale, questo implica, andare dalla porta laterale sinistra al portellone posteriore, oppure al portellone laterale (si è calcolato sempre quale delle due distanze sia complessivamente più breve) e ritorno. Per il CEP invece, il tragitto prevede avvicinarsi alla porta presente sulla paratia, e dopo aver azionato il meccanismo di apertura, raggiungere il pacco e il ritorno.

Calcolati quindi tutti i percorsi e sommato il tempo necessario per prelevare il carico (29 TMU), si sono addizionati i risultati tra loro e calcolata la media di tempo di accesso per ogni collo che è denominata  $\bar{t}$ .

Con questo risultato intermedio, previa la conversione in secondi, si è potuto procedere con la stima del tempo totale di consegna necessario per ogni pacco.

Un fattore da tenere in considerazione, è quello che può essere definito *fattore di coordinazione* o *FC*, ovvero, in analogia con la proprietà dei reticoli cristallini, rappresenta il numero di pacchi che è necessario spostare per accedere ad un singolo pacco. Con questo valore, effettuandone il valore medio tra tutti i colli si può avere un'idea della difficoltà di prelevare un pacco:

$$FC = \frac{\sum_{i=1}^n FC_i}{n}$$

Dagli studi presenti in letteratura [4] il tempo medio di consegna o *TC*, cioè quello che l'operatore impiega per far firmare i documenti e consegnare il pacco (escluso il prelievo della scatola), che risulta essere pari a circa 150 s. Il tempo medio  $\bar{t}$  è moltiplicato per il coefficiente *FC*, che rappresenta la difficoltà media di prelevare il pacco. Sempre da studi in letteratura, il tempo di consegna è circa il 40% del tempo che un operatore impiega nell'arco del suo turno lavorativo, quindi dividendo la somma dei tempi precedenti tempi  $\bar{t} + TC$ , per 0,4 si ottiene il tempo medio per consegnare un pacco  $\bar{T}_{tot}$ .

$$\bar{T}_{tot} = \frac{FC \cdot \bar{t} + TC}{0.4}$$



Di seguito i dati relativi alle due configurazioni:

	CEP	Convenzionale	Differenza
Capacità di carico totale [n° colli]	183	151	+21.2%
$\bar{t}$ [s]	11.1	16.3	-32.0%
$\sum FC_i$	278	737	-62.9%
FC	1.52	4.88	-68.9%
$\bar{T}_{tot}$ [min]	6.78	9.16	-25.9%

Tab. 4.3: Risultati e confronto tra le due soluzioni.

Nel computo finale del tempo necessario per la consegna del singolo pacco, si vede un miglioramento del 25%, questo effetto, combinato con una capacità di carico aumentata del 20% lo porta ad essere di enorme vantaggio per l'utente.



## CONCLUSIONI

La sicurezza del carico è un tema che coinvolgerà molto i mezzi leggeri negli anni a venire, e il settore che ne risentirà maggiormente sarà quello della logistica.

L'adozione di soluzioni versatili e razionalizzate permetterà un miglioramento del servizio. I tempi di consegna, ed in generale i tempi operativi richiedono soluzioni che siano di semplice utilizzo e che si adattino a prodotti differenti.

Il sistema proposto unisce un contenuto costo al consumatore, per via della semplicità progettuale dei componenti, la possibilità dei dispositivi di adattarsi agli usi più disparati.

Dal punto di vista operativo, la spesa sostenuta per dotare un mezzo delle scaffalature tipo CEP, danno un discreto miglioramento dei tempi di consegna e dei volumi trasportabili. Questo permette anche una flessibilità durante i picchi stagionali per far fronte all'incremento locale delle consegne.

Per poter ottenere risultati paragonabili, andrebbero effettuati investimenti più cospicui in termini di mezzi, noleggi durante le stagionalità oppure dotare il magazzino di una composizione dei carichi ottimizzata. Questo comporterebbe un'organizzazione del piano di carico secondo la schedulazione delle consegne, ma significherebbe intraprendere investimenti in termini di software e automatizzazione del magazzino che non sono certo di entità paragonabile.



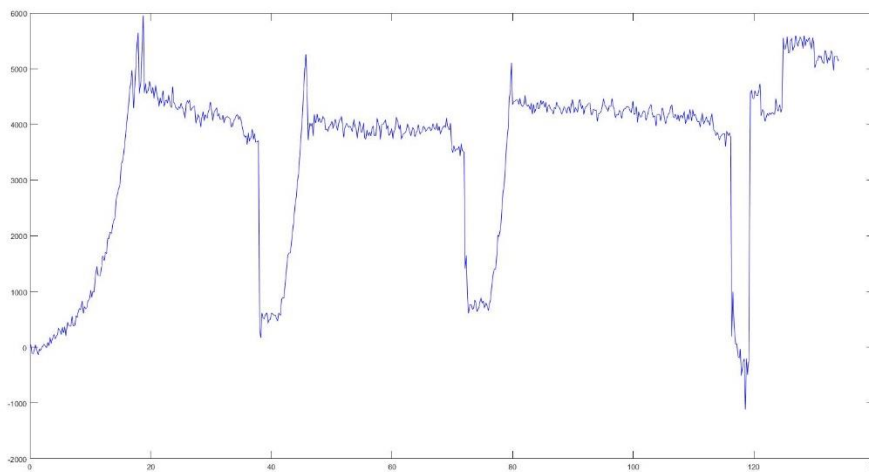
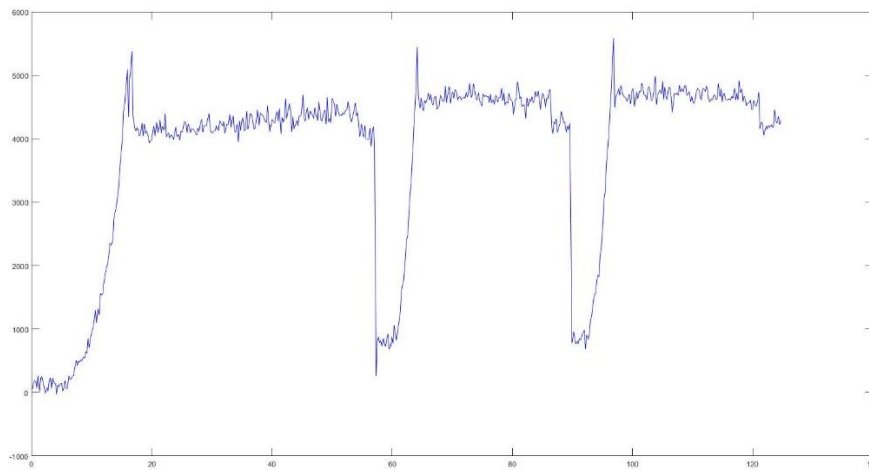
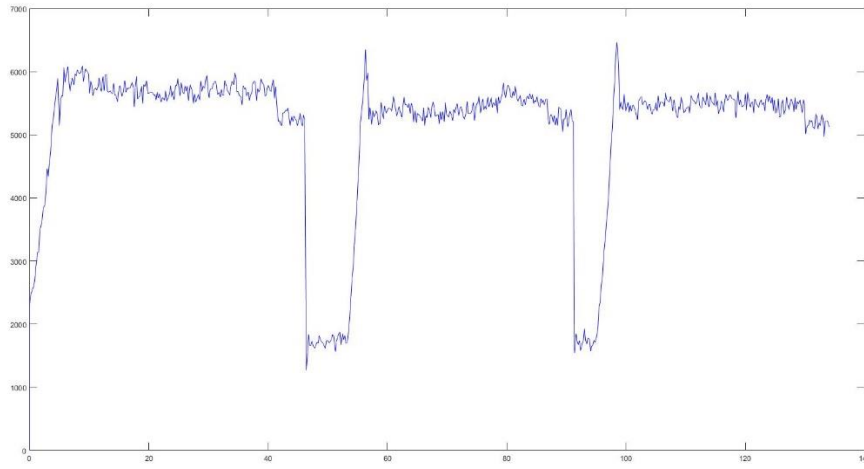
## BIBLIOGRAFIA

- [1] EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK, S. COPSEY, A review of accidents and injuries to road transport drivers, 2010
- [2] B. BUHLER, A. PHARAND - ACCENTURE, Achieving High Performance in the Post and Parcel Industry, 2015
- [3] T. BATEMAN, B. BUHLER, A. PHARAND - ACCENTURE, Adding value to parcel delivery, 2015
- [4] J. ALLEN, M. PIECYK, M. PIOTROWSKA, An analysis of the parcels market and parcel carriers' operations in the UK, 2016
- [5] EUROPEAN COMMISSION, Causes and circumstances of accidents at work, 2009
- [6] Deutscher Verkehrssicherheitsrat, 2008
- [7] DIN 51130, 2004
- [8] Direttiva 2014/47/UE, 2014
- [9] EN 12195, 2010
- [10] EN 12640, 2001
- [11] EN 314-2, 1992
- [12] EN 438-2, 2016
- [13] E. NEGRI, Il cartone ondulato e le caratteristiche delle carte per onduttore, 2006
- [14] ISO 27956, 2009
- [15] ISO 291, 2008
- [16] ISO 48, 2010
- [17] ISO 7267-2 2008
- [18] R. LOWE, M. RIGBY - BARCLAYS, Last mile report, 2014
- [19] H.B. MAYNARD, G.J. STEGEMERTEN, J.L. SCHWAB, M.T.M. Lo studio dei metodi e dei tempi di lavorazione, 1948
- [20] VDI, VDI 2700 - Blatt 14,15,16, 2004

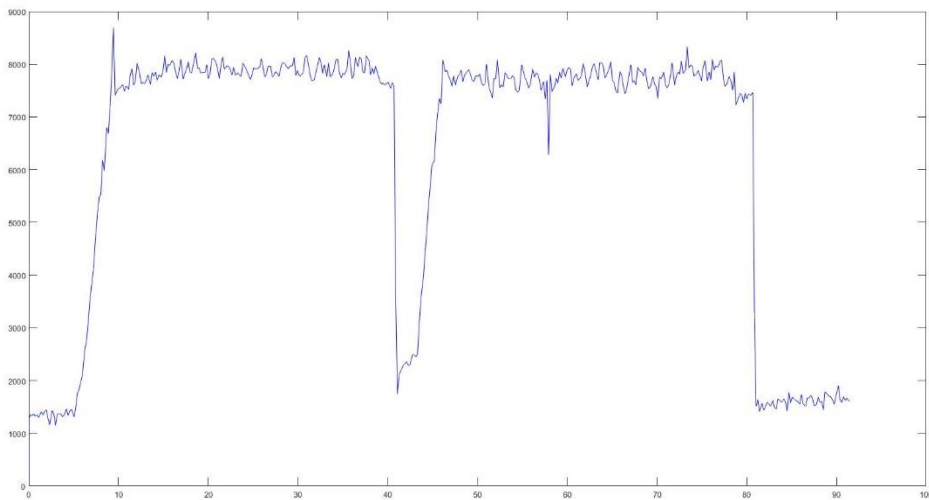
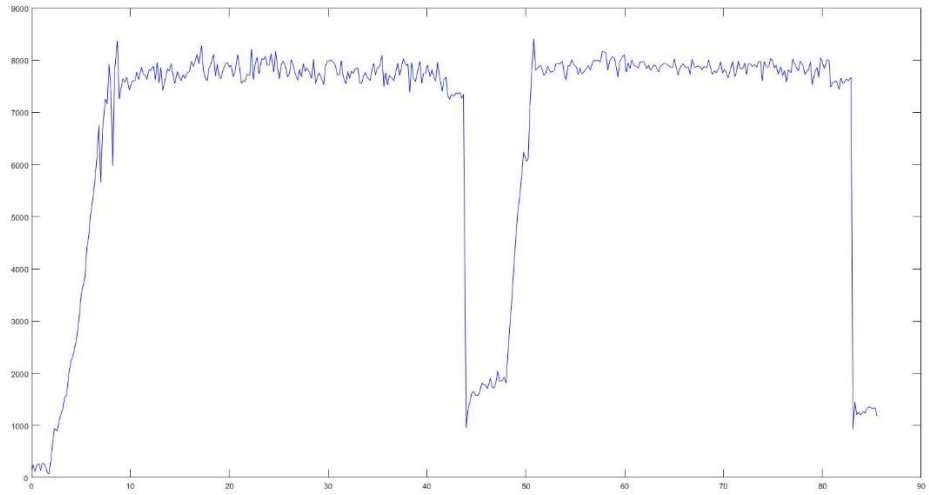
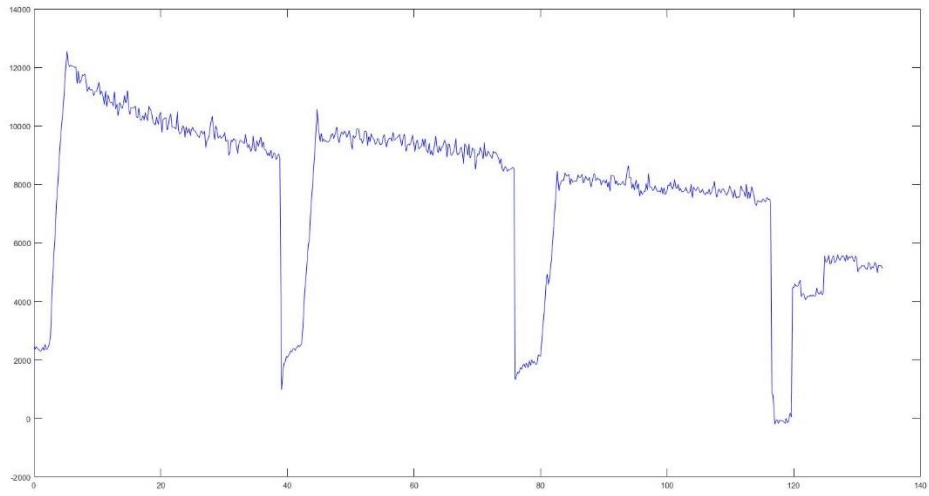


# APPENDICE

## CAMPIONE A – CARTONE KRAFT

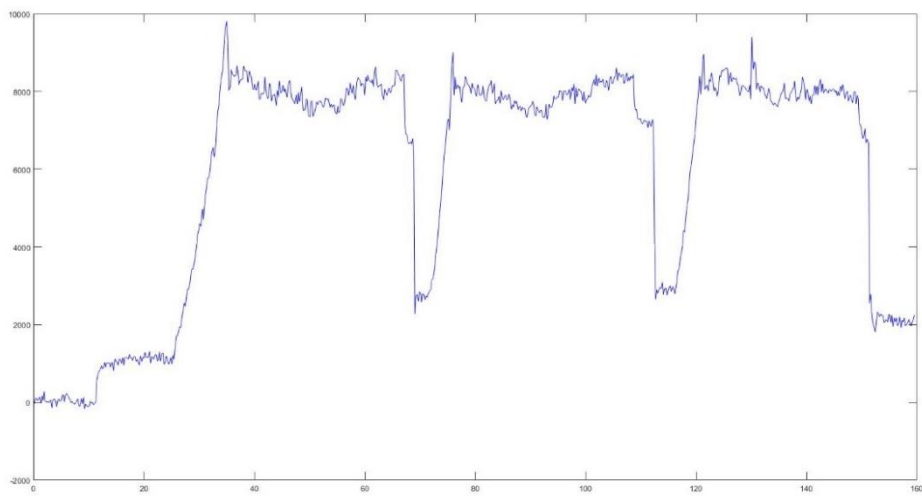
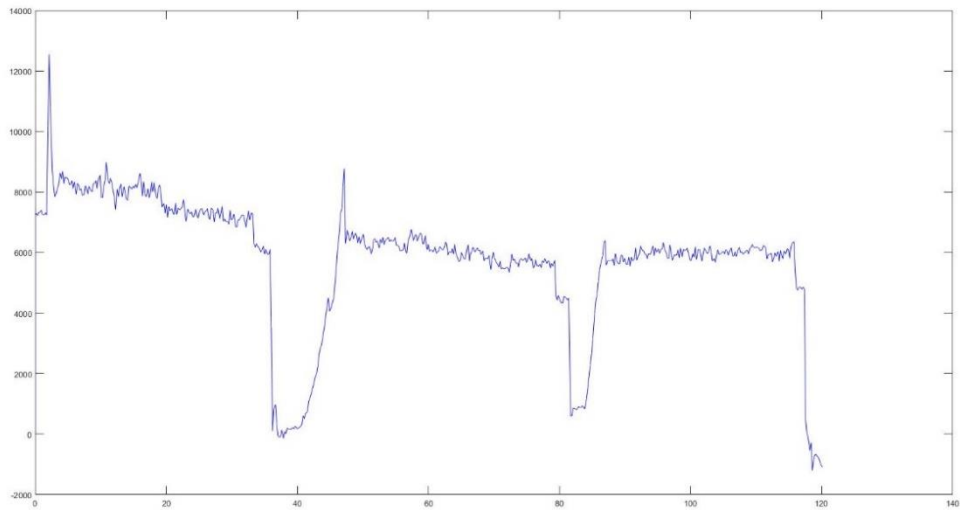
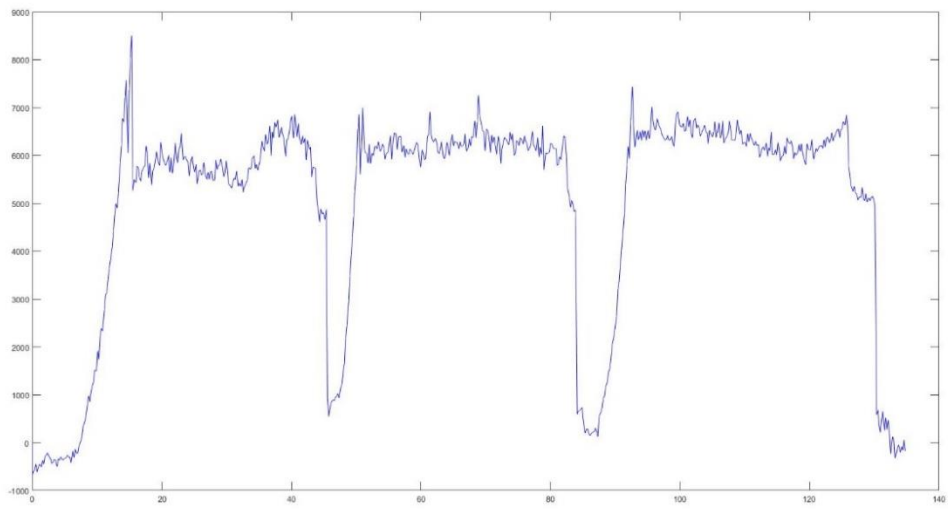


# CAMPIONE A – CARTONE TEST – LINER

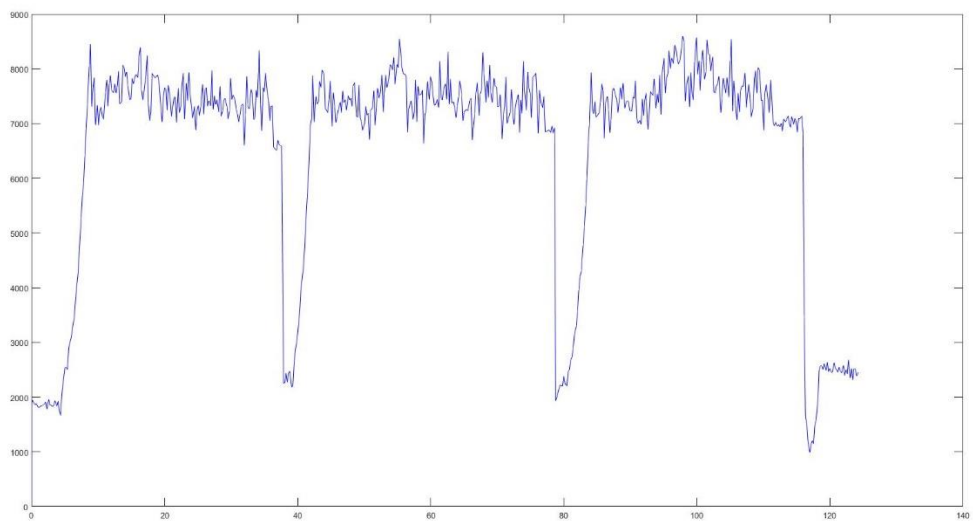
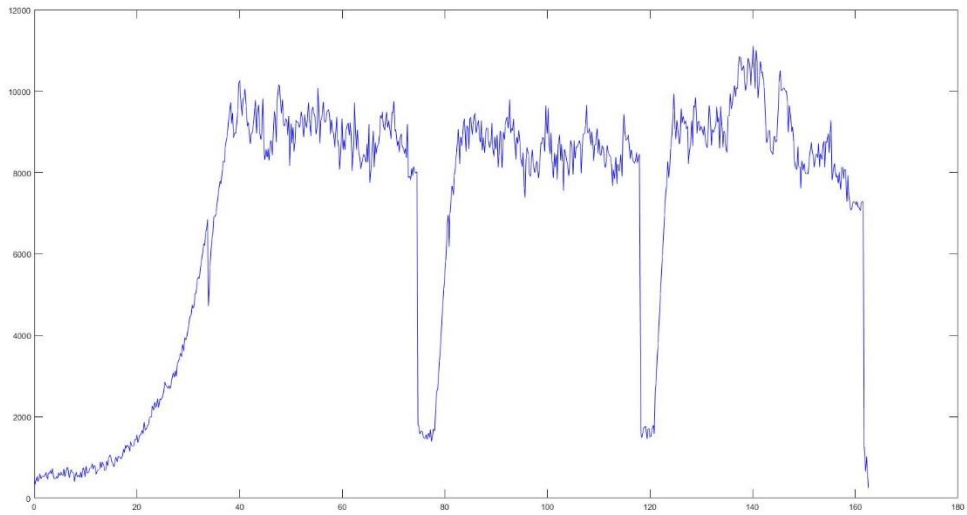
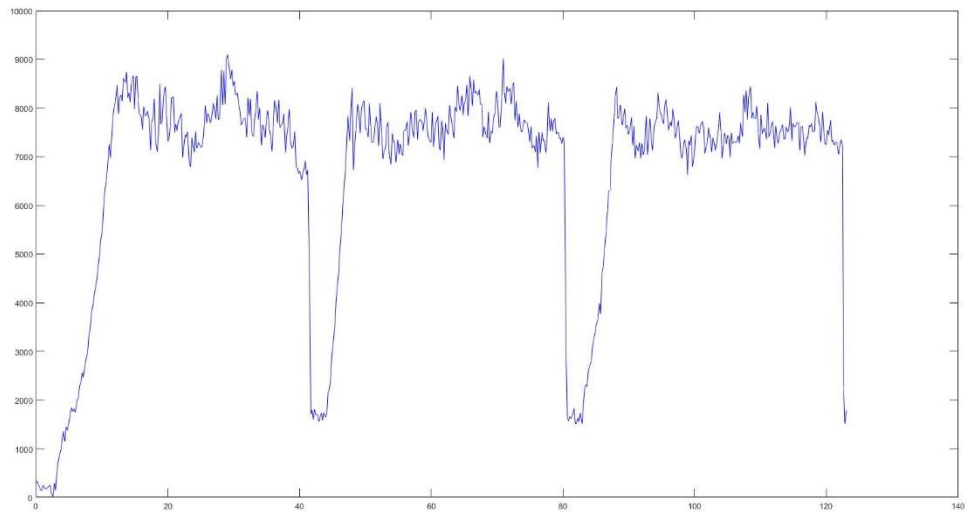




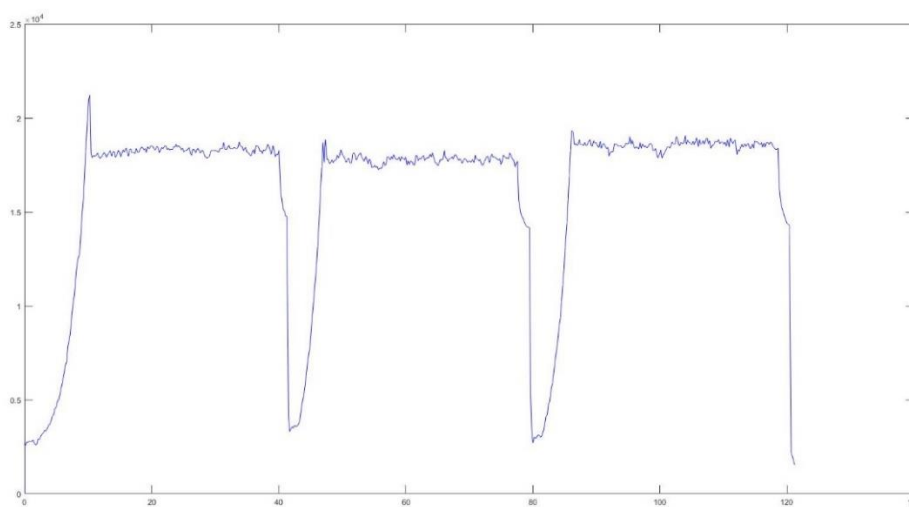
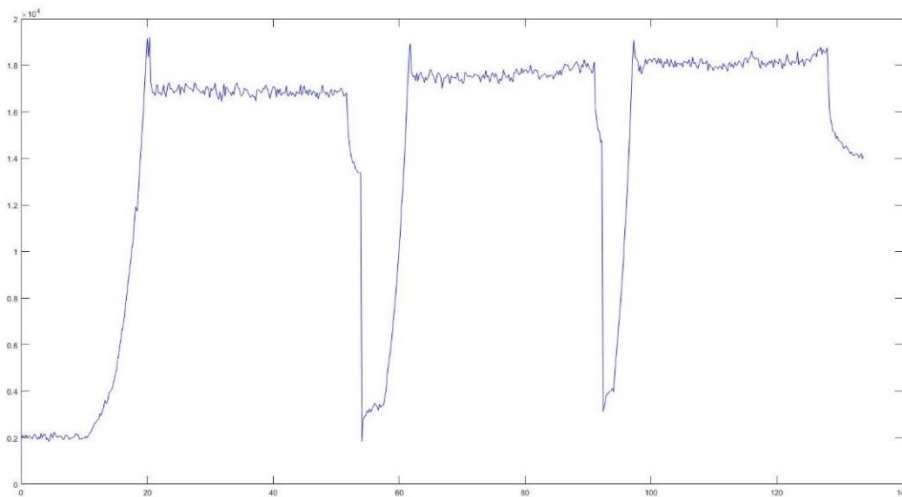
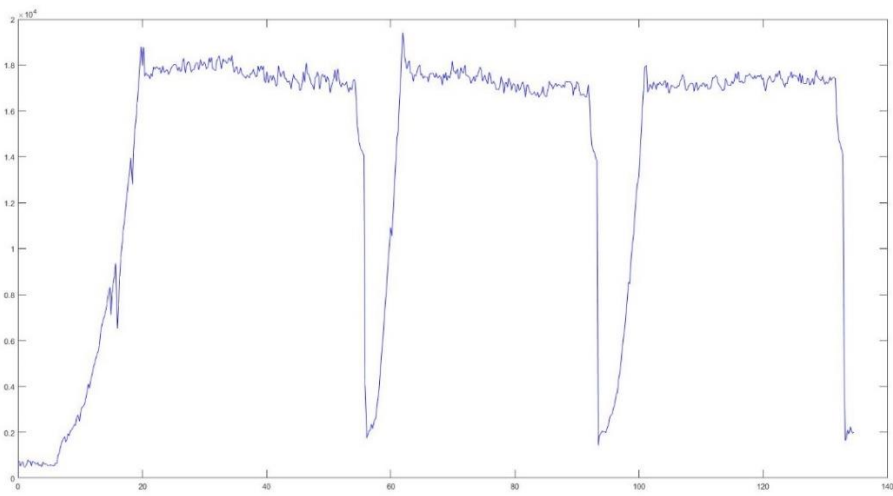
# CAMPIONE A – CASSETTA POLIPROPILENE



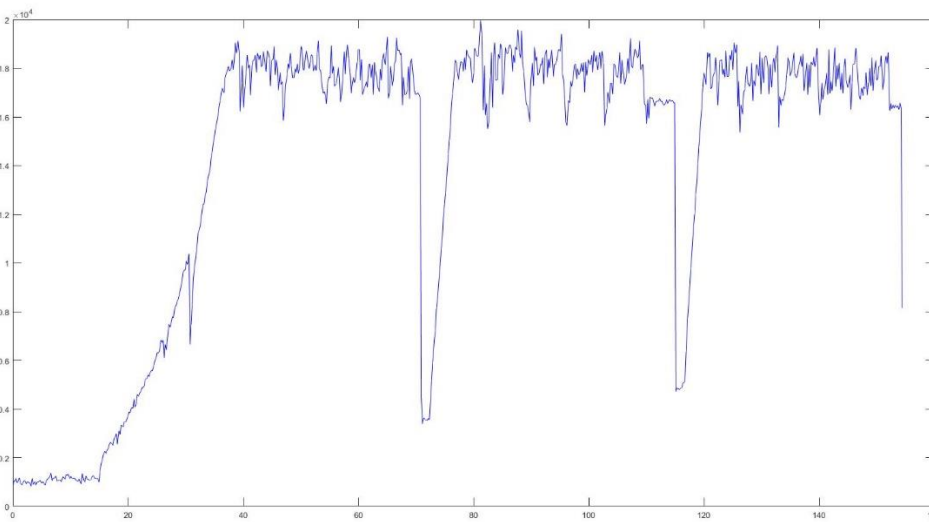
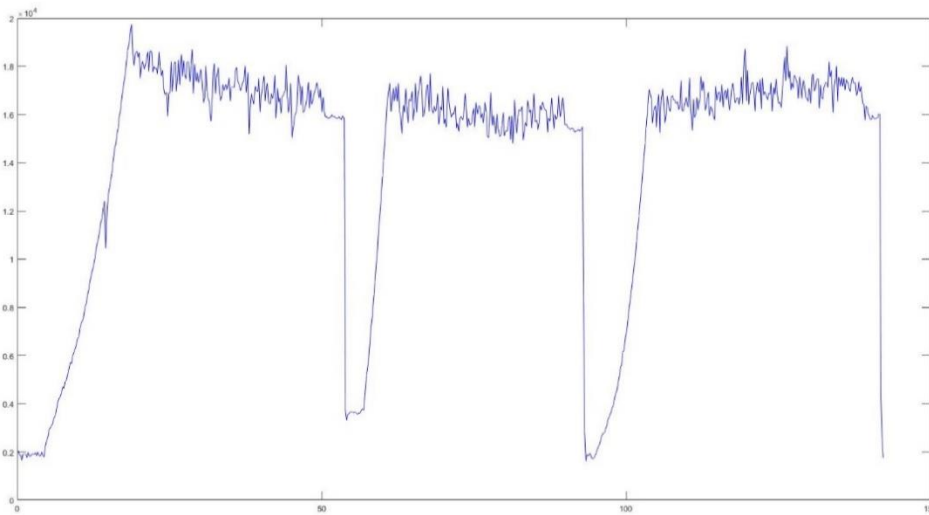
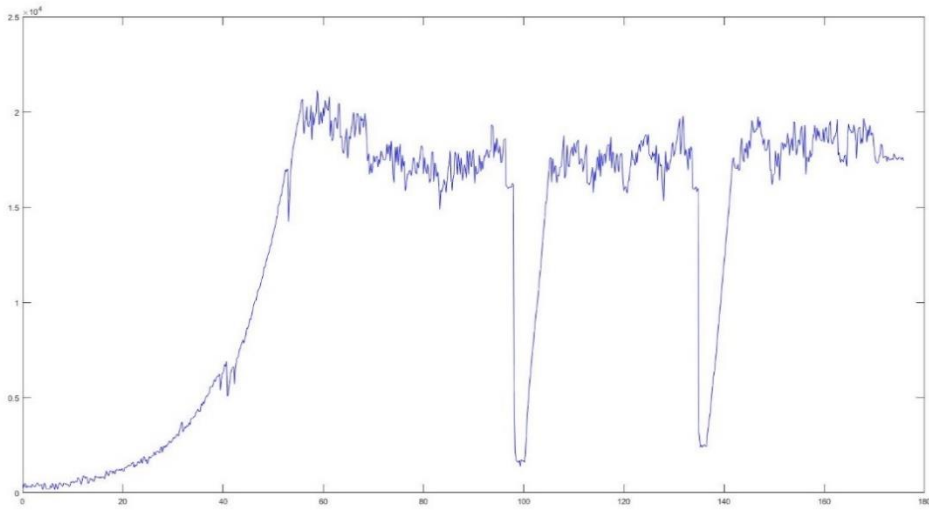
# CAMPIONE A – CASSA ACCIAIO



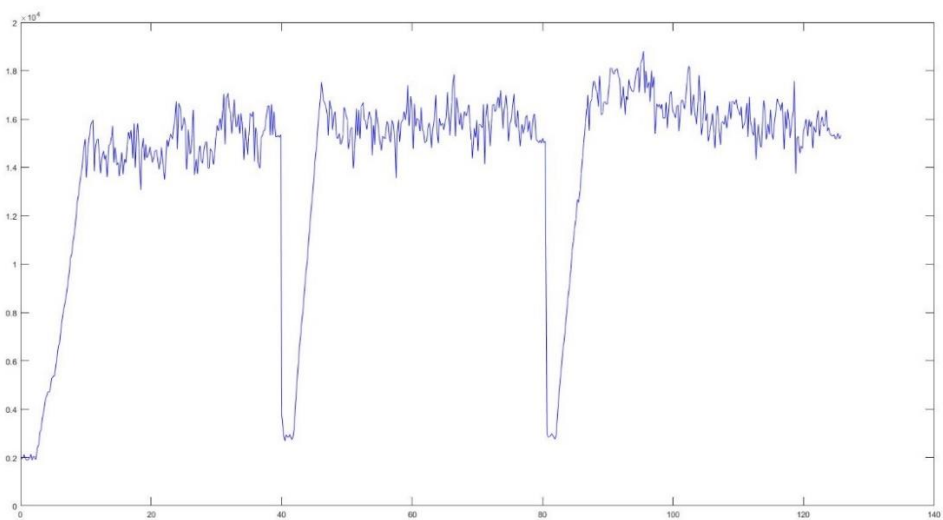
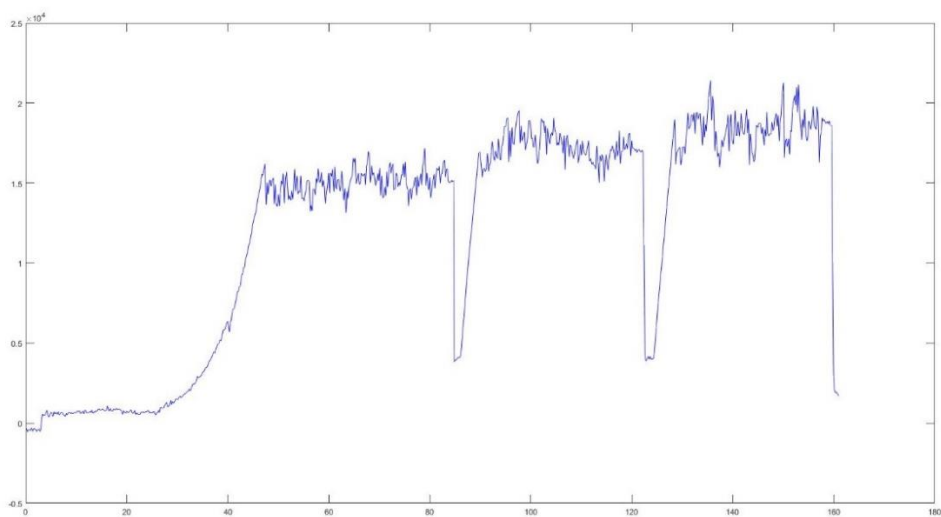
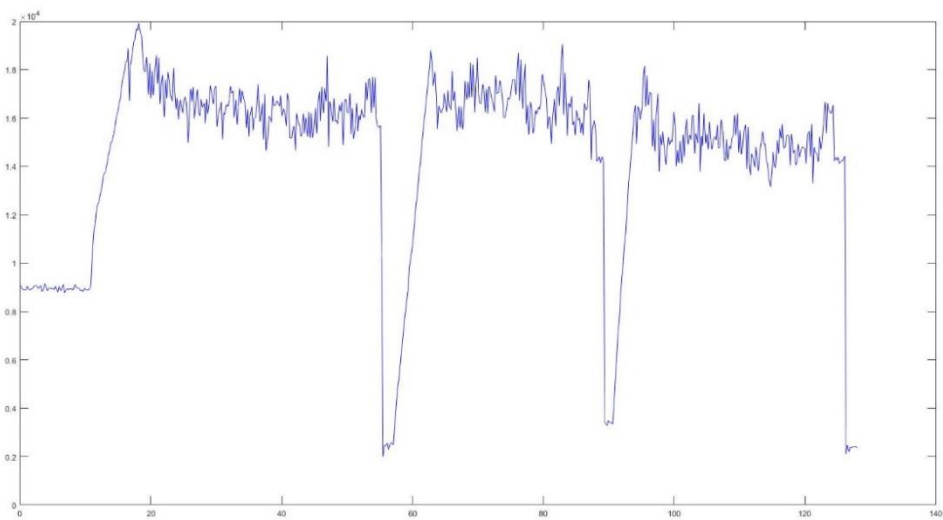
# CAMPIONE A – EUROPALLET (Orientamento trasversale)



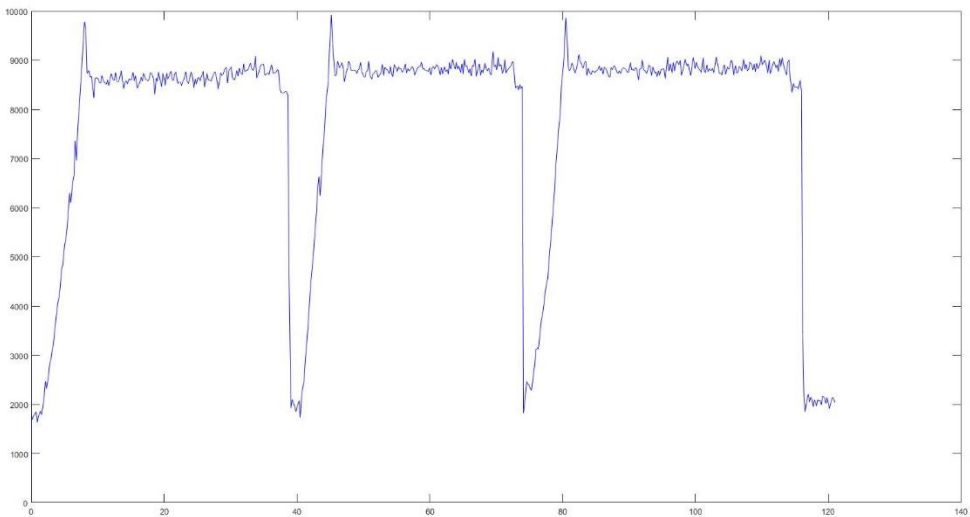
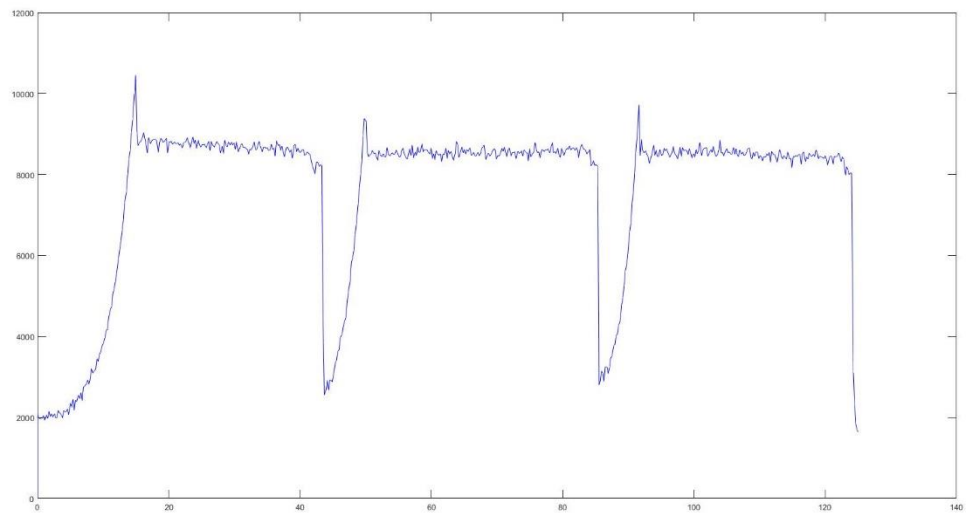
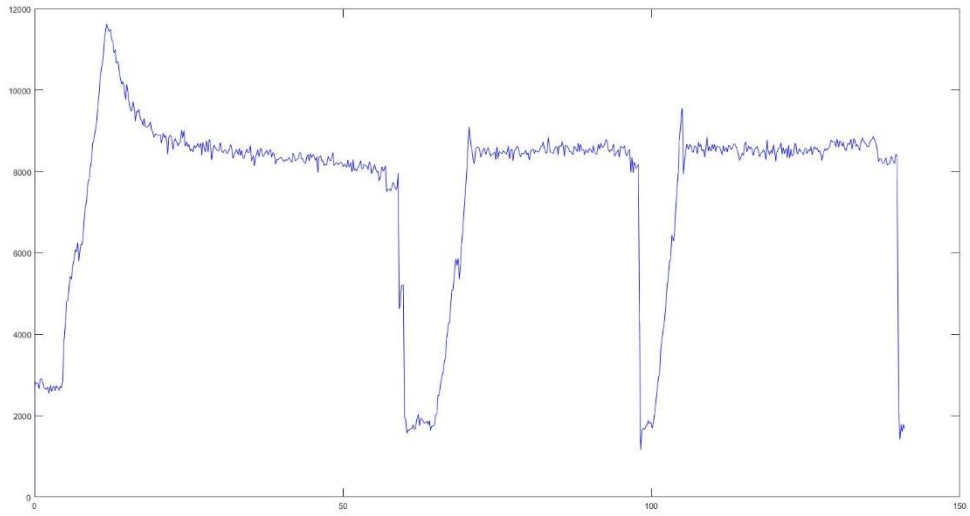
# CAMPIONE A – EUROPALLET (Orientamento longitudinale)



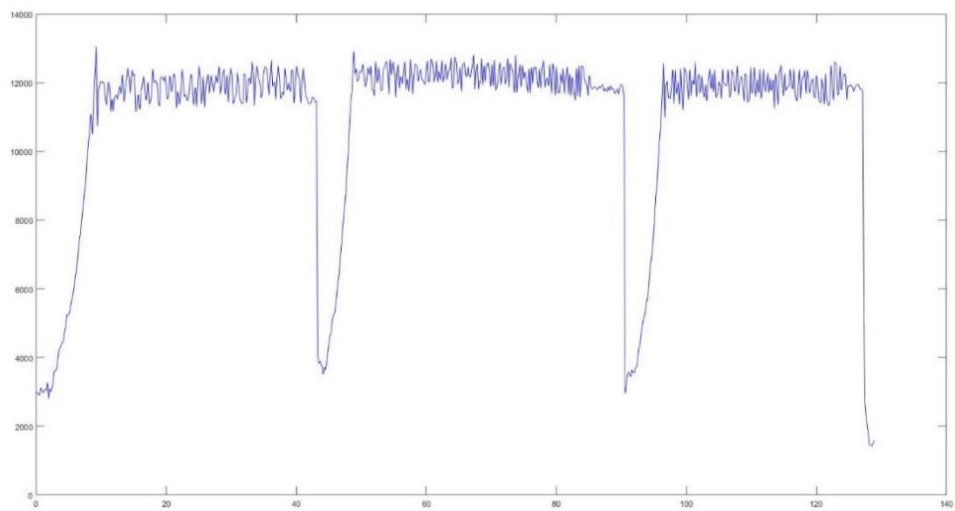
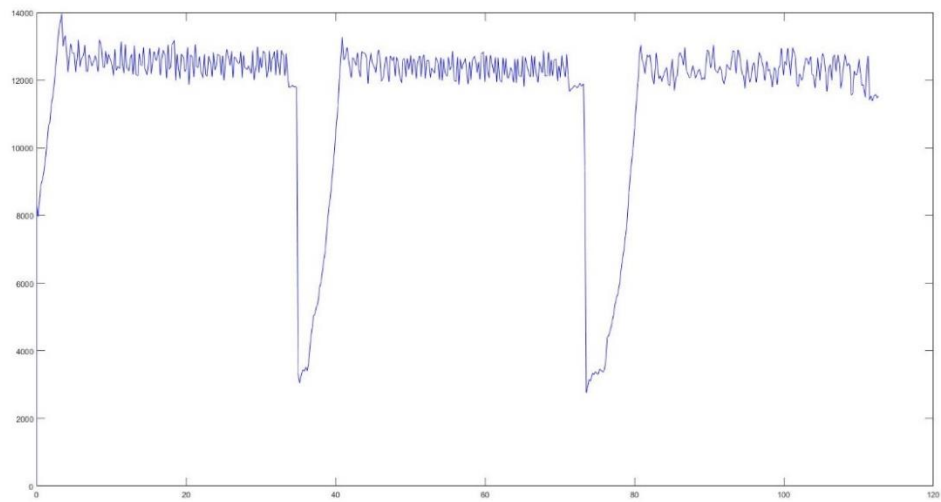
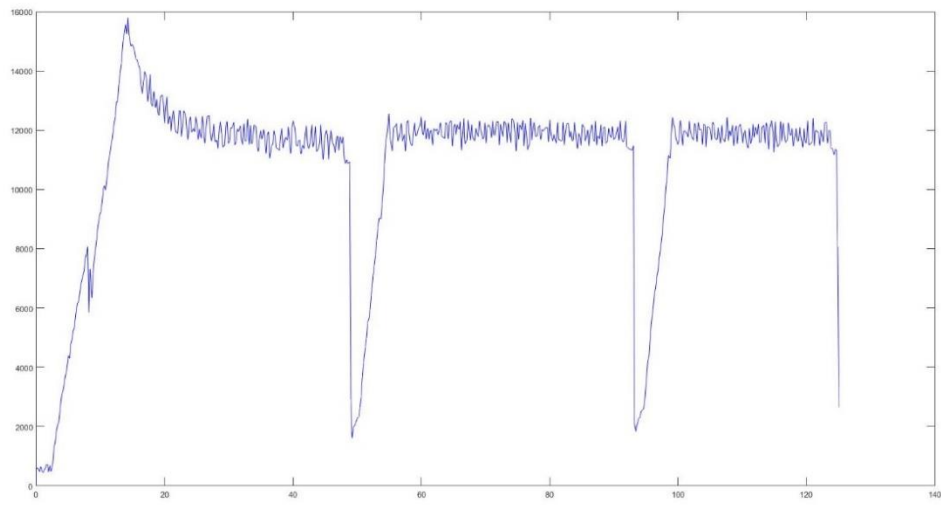
# CAMPIONE A – TAPPETINO IN GOMMA



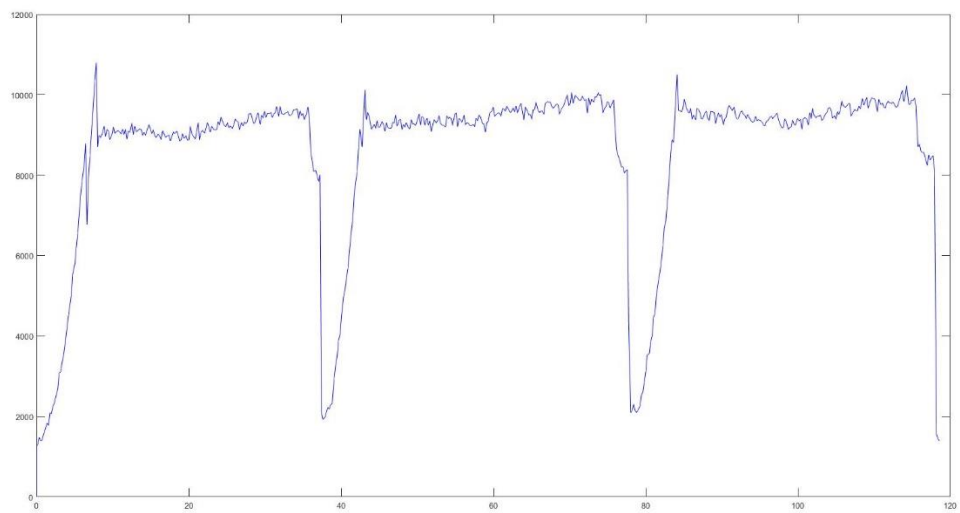
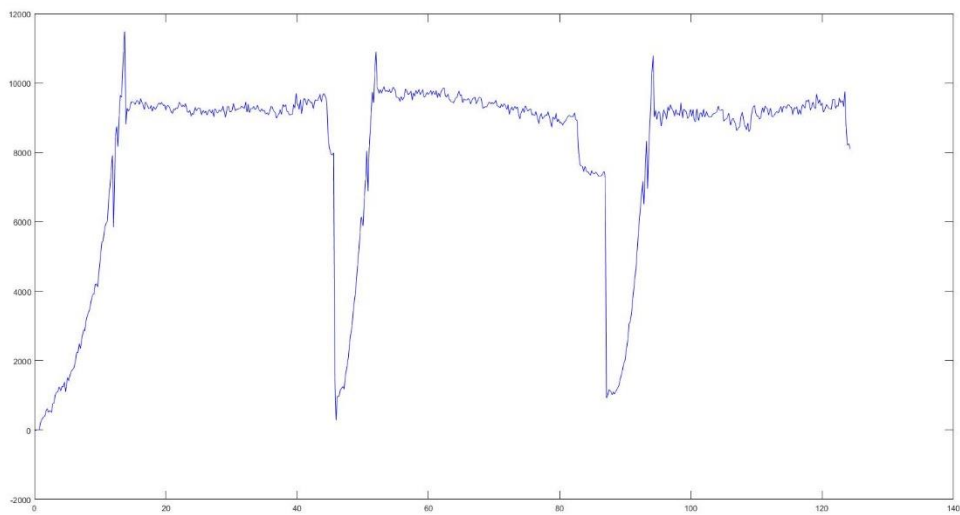
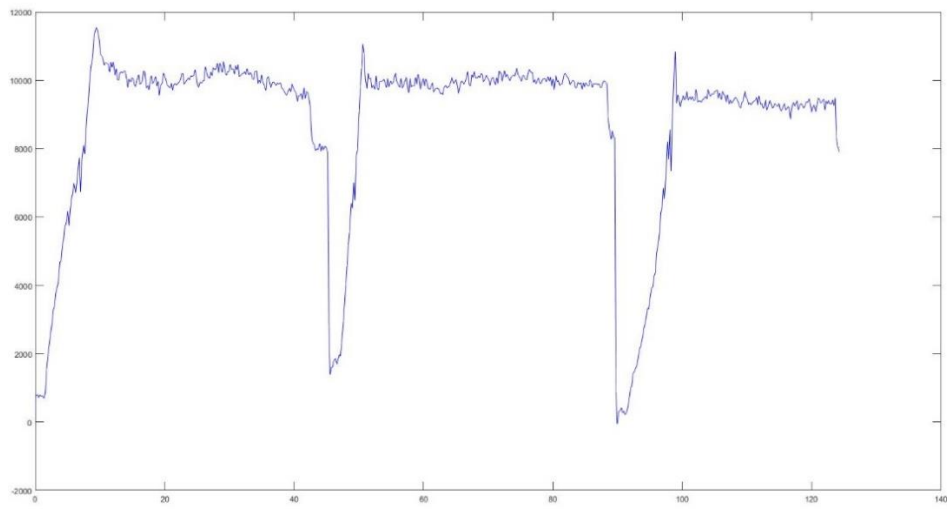
# CAMPIONE B - CARTONE KRAFT



# CAMPIONE B - CARTONE TEST LINER

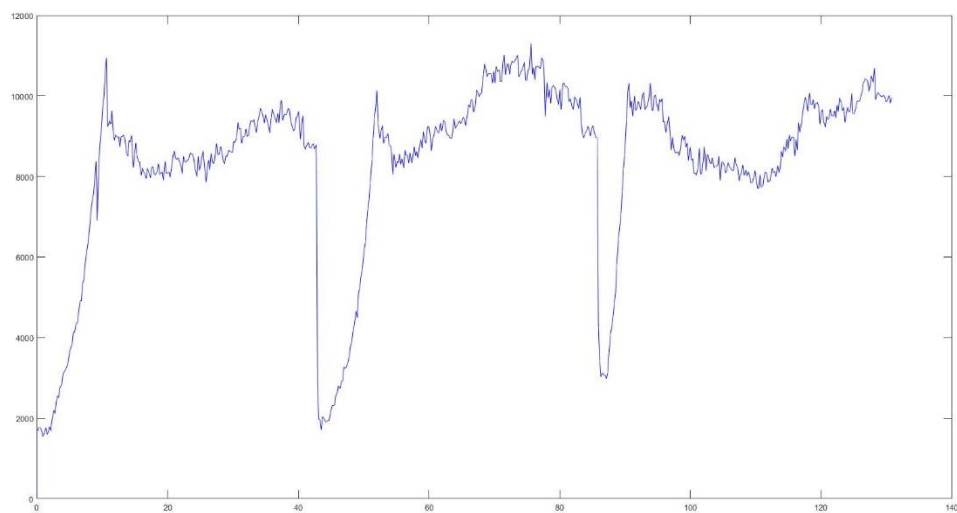
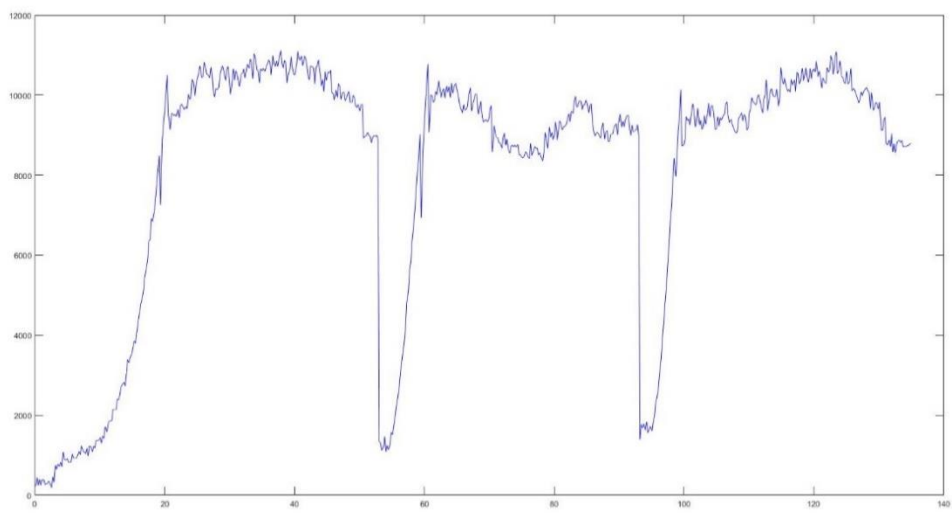
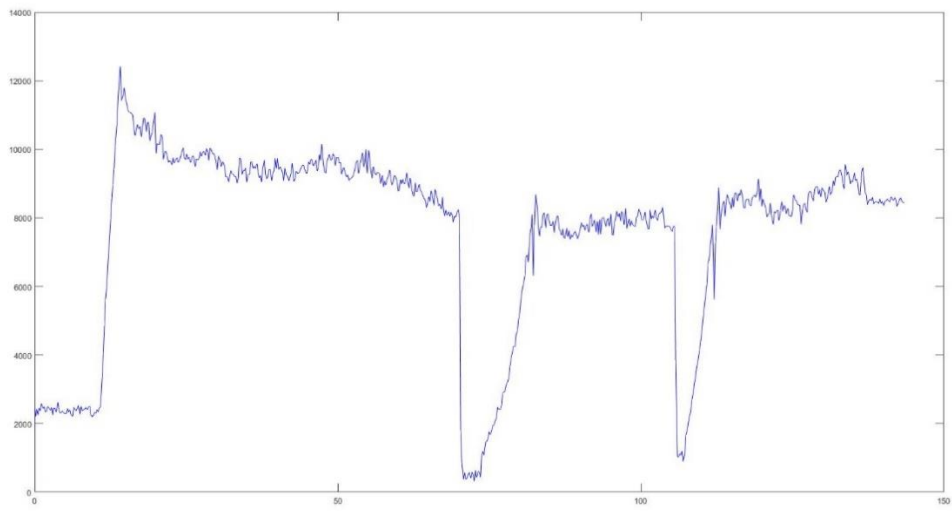


## CAMPIONE B – CASSETTA POLIPROPILENE

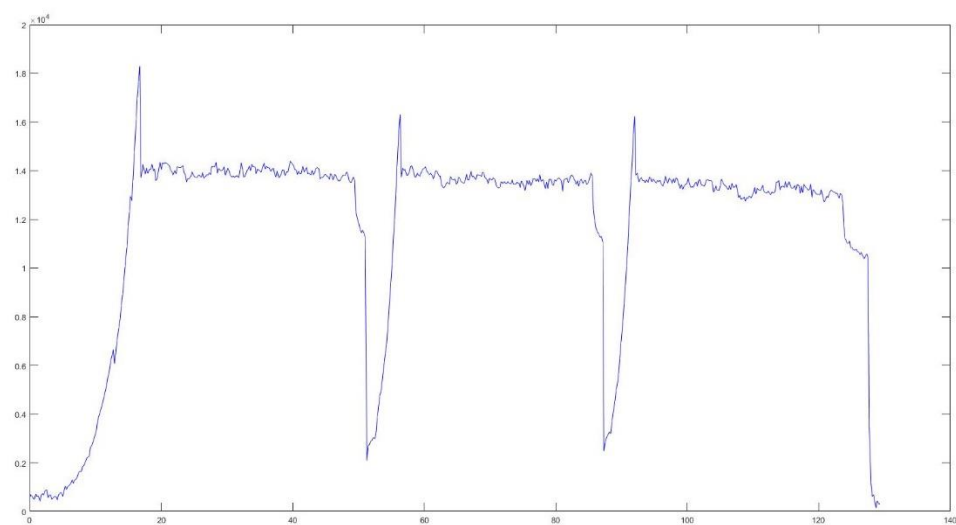
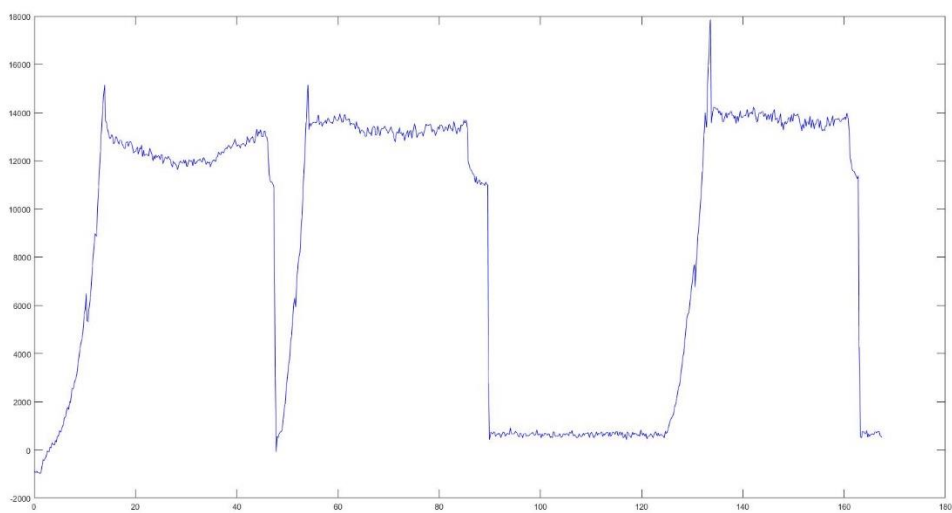
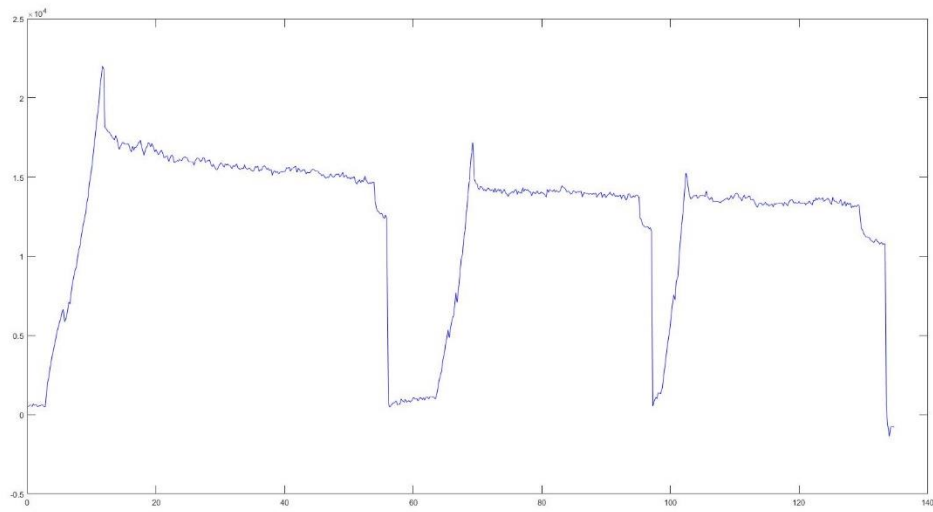




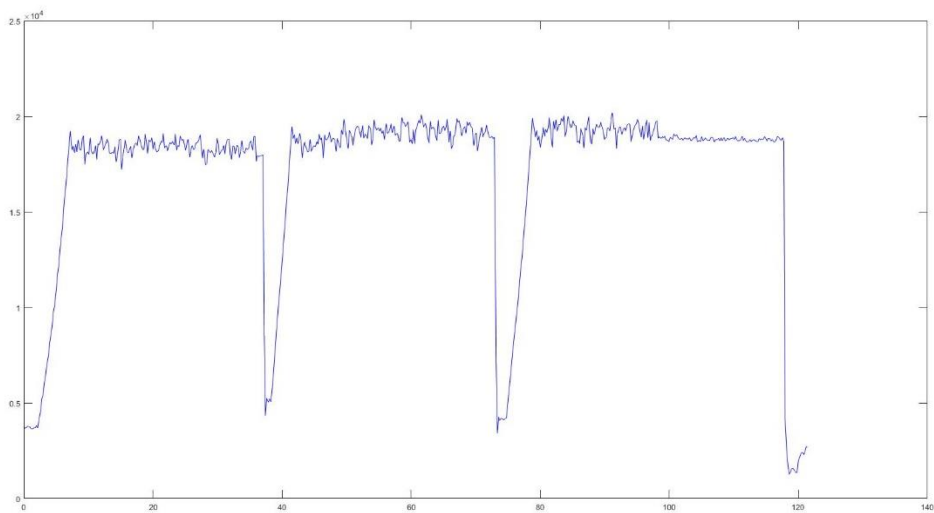
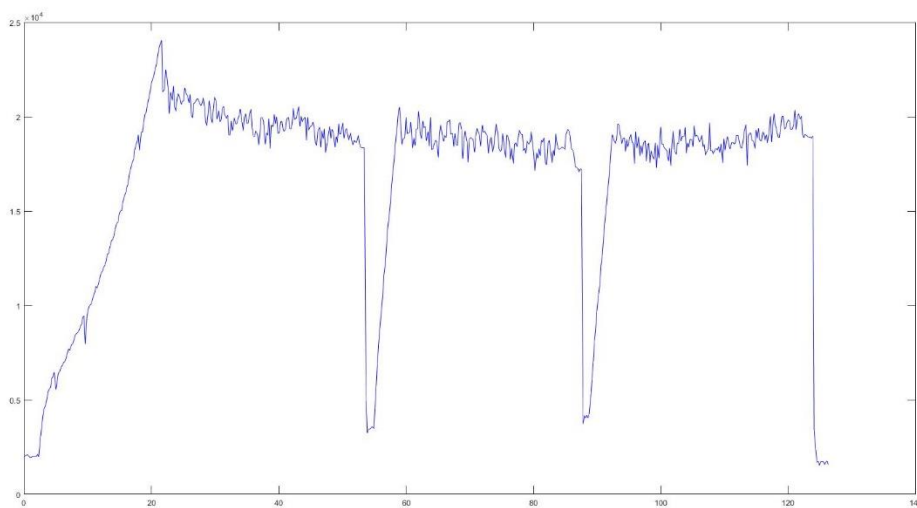
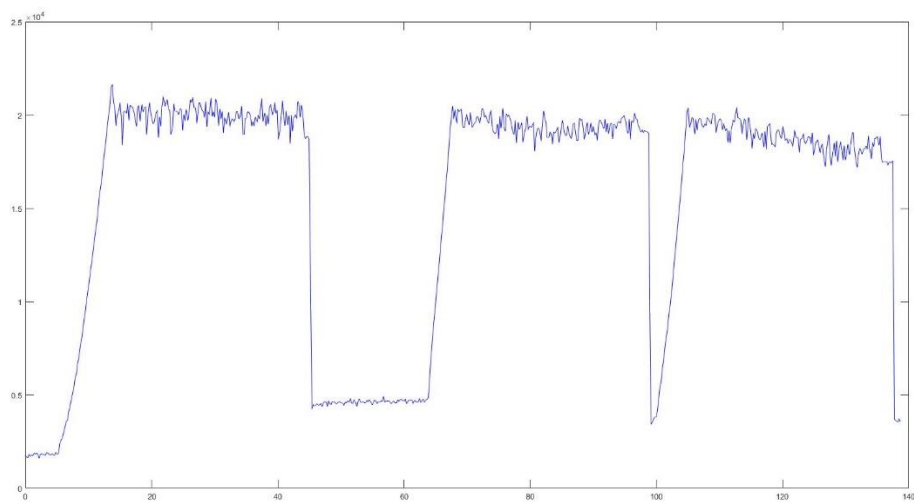
## CAMPIONE B – CASSA ACCIAIO



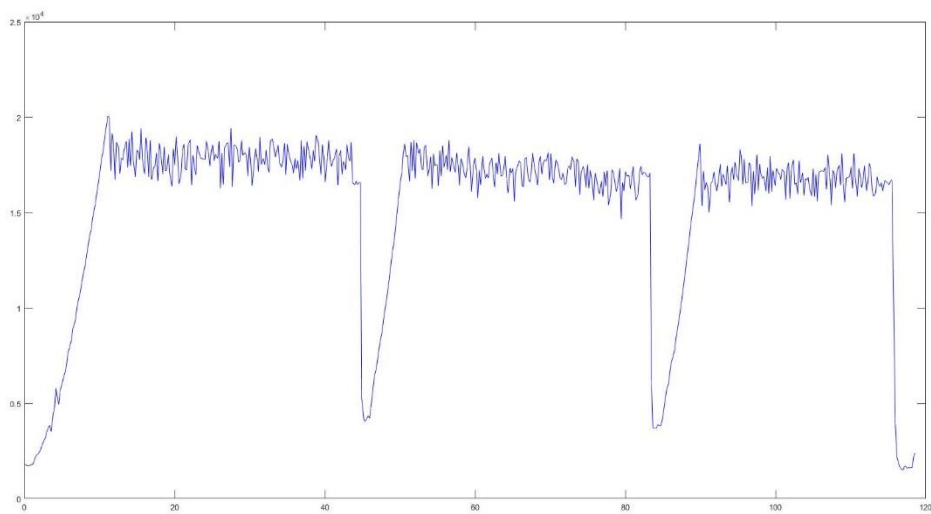
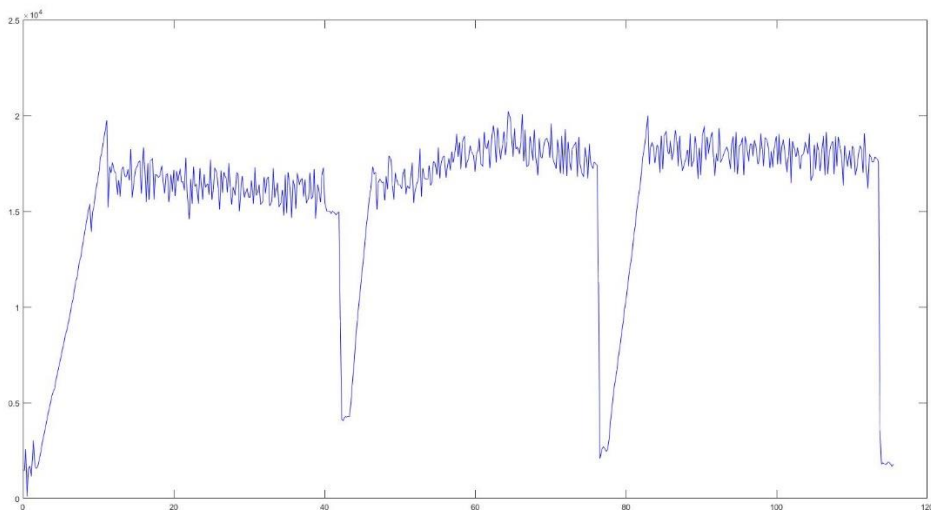
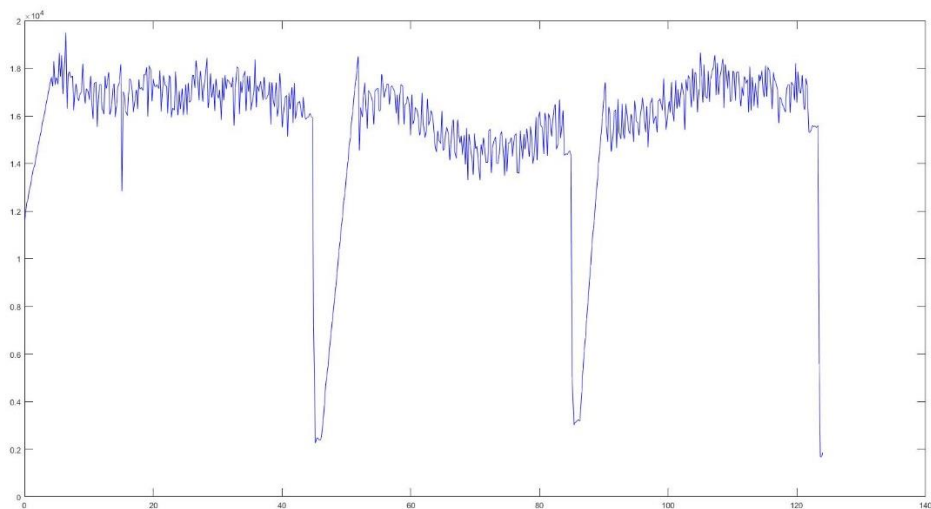
## CAMPIONE B – EUROPALLET (Orientamento trasversale)



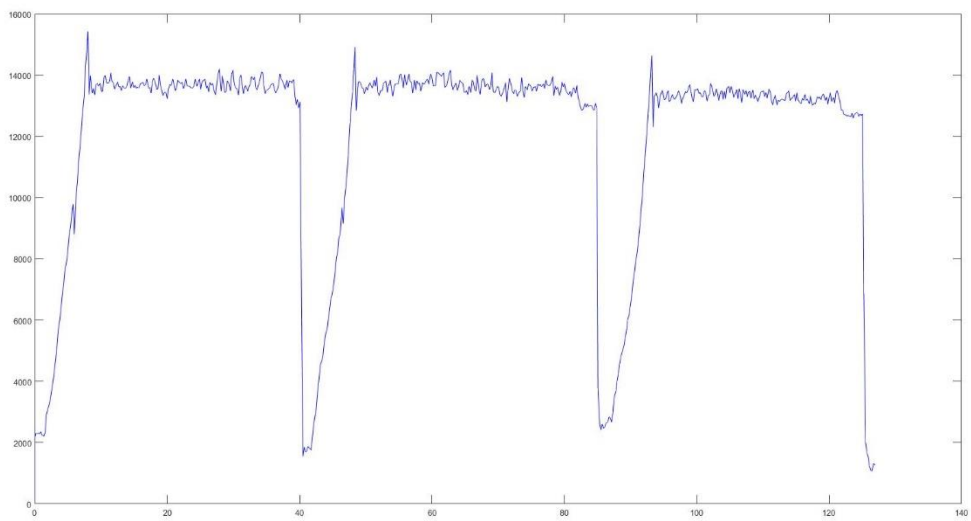
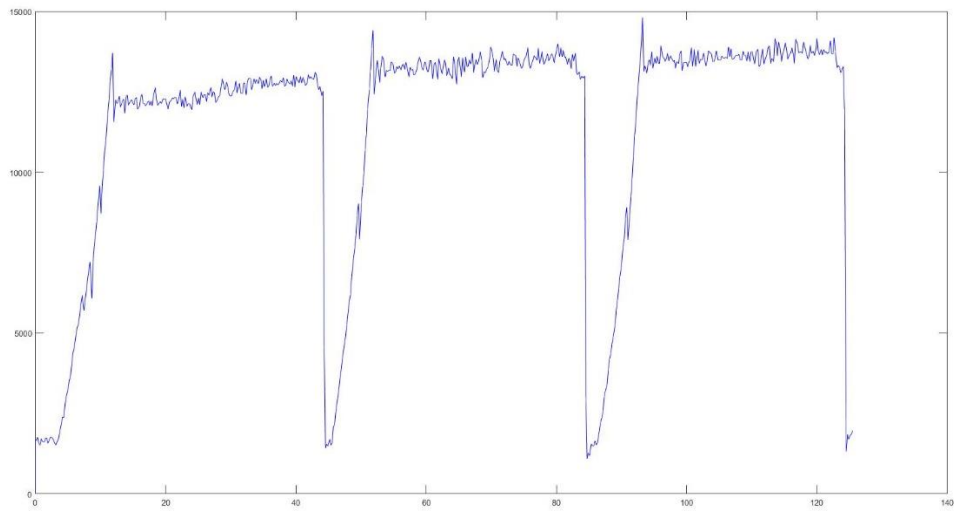
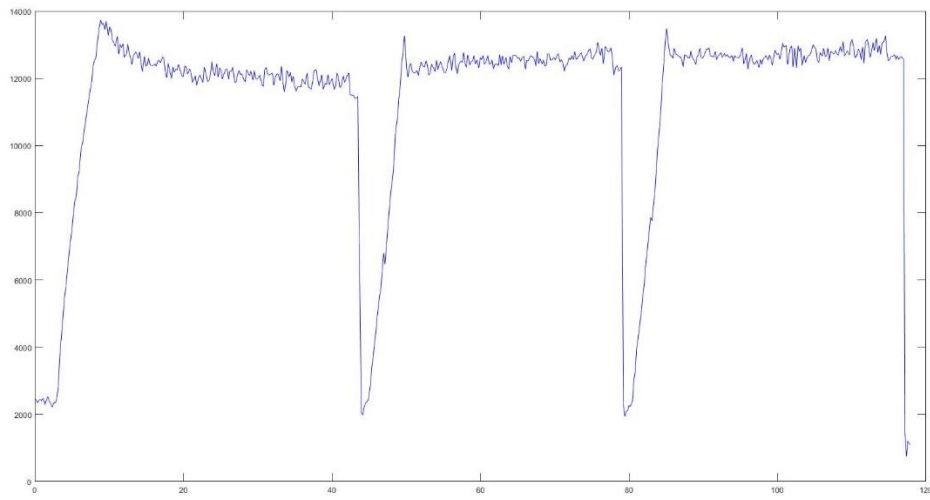
## CAMPIONE B - EUROPALLET (Orientamento longitudinale)



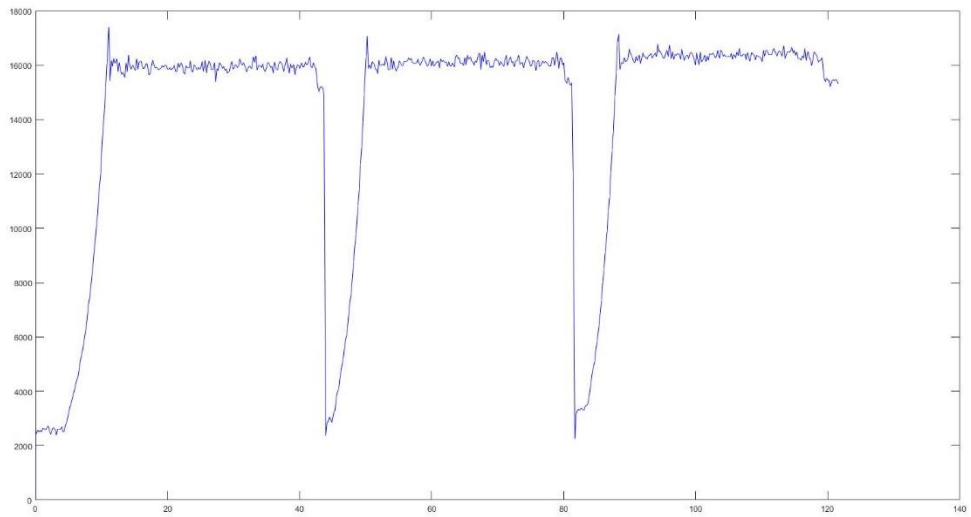
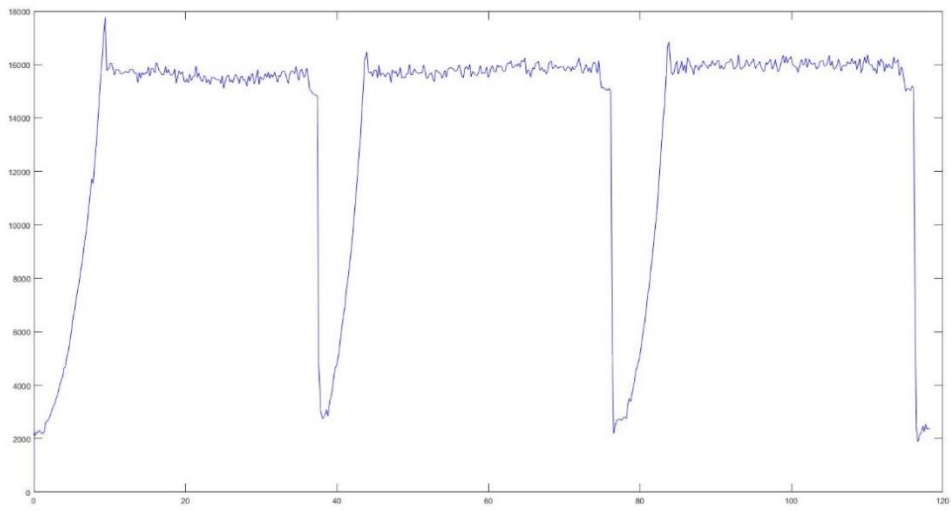
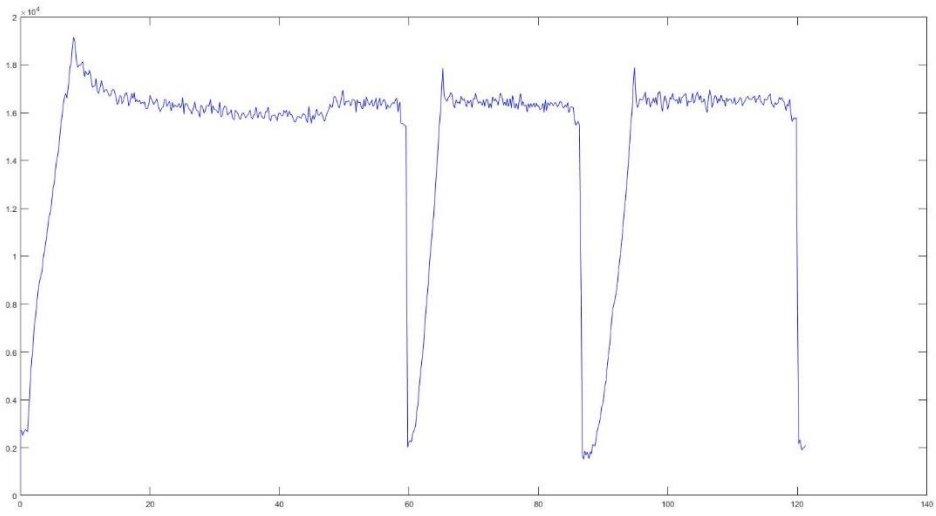
# CAMPIONE B – TAPPETINO IN GOMMA



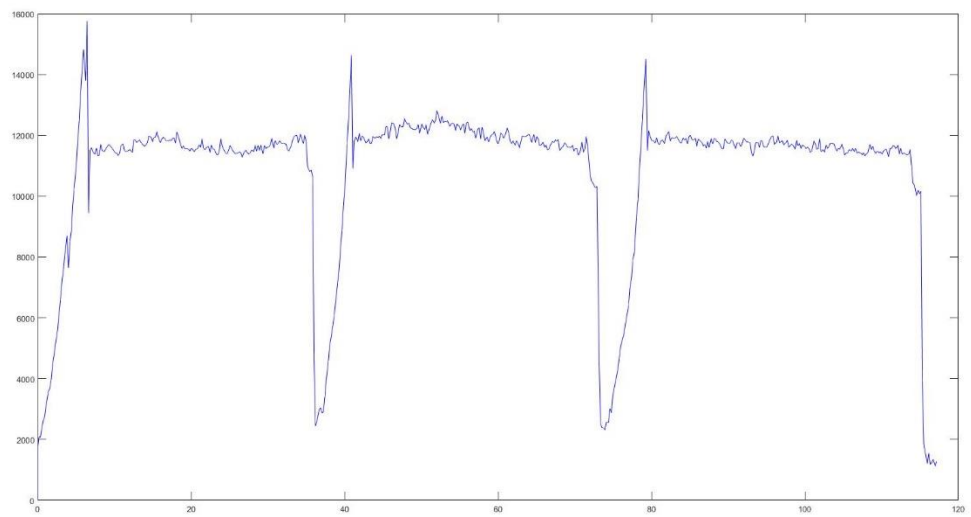
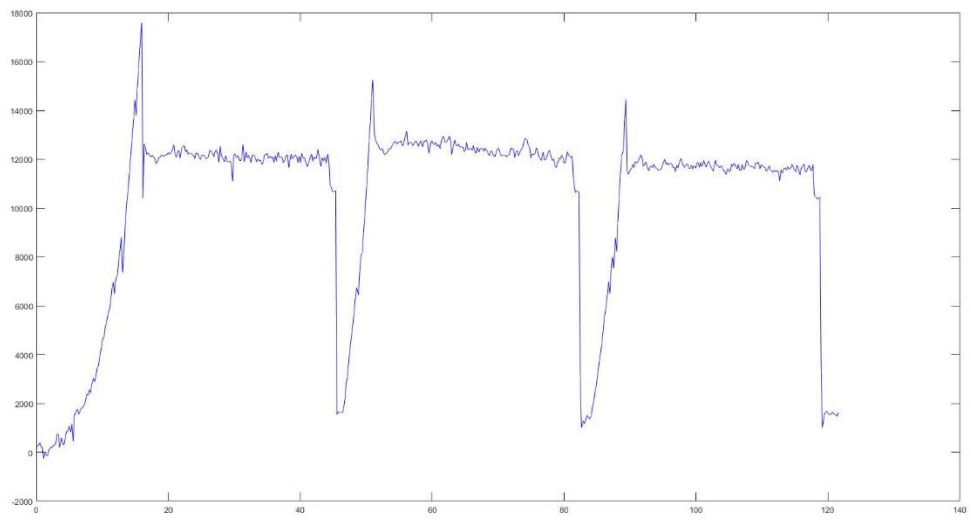
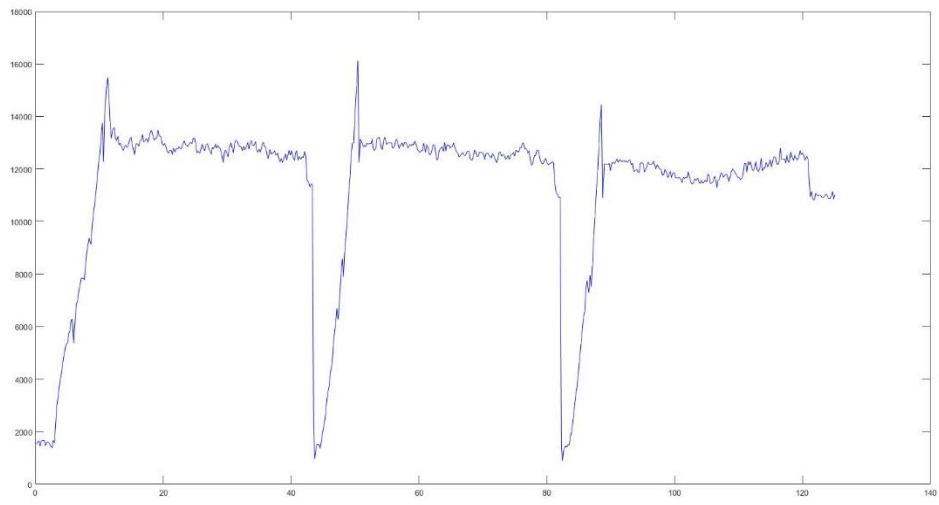
# CAMPIONE C – CARTONE KRAFT



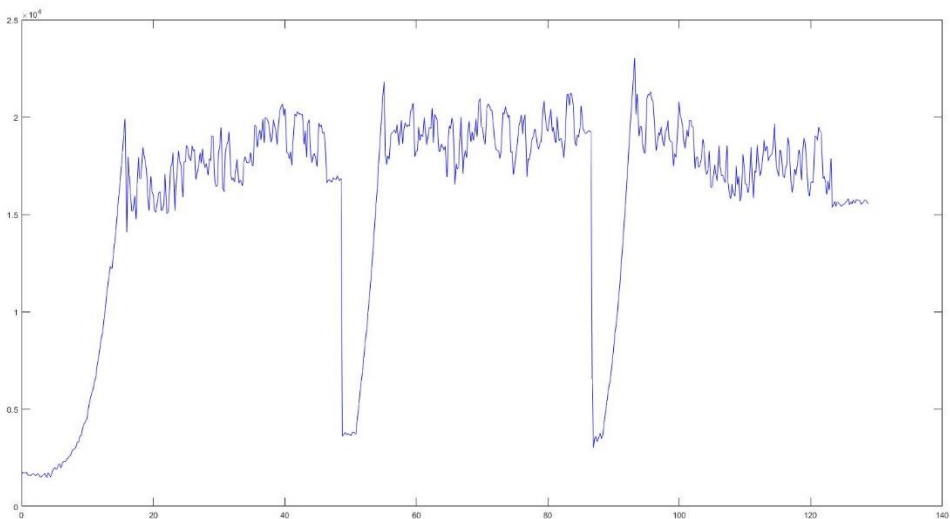
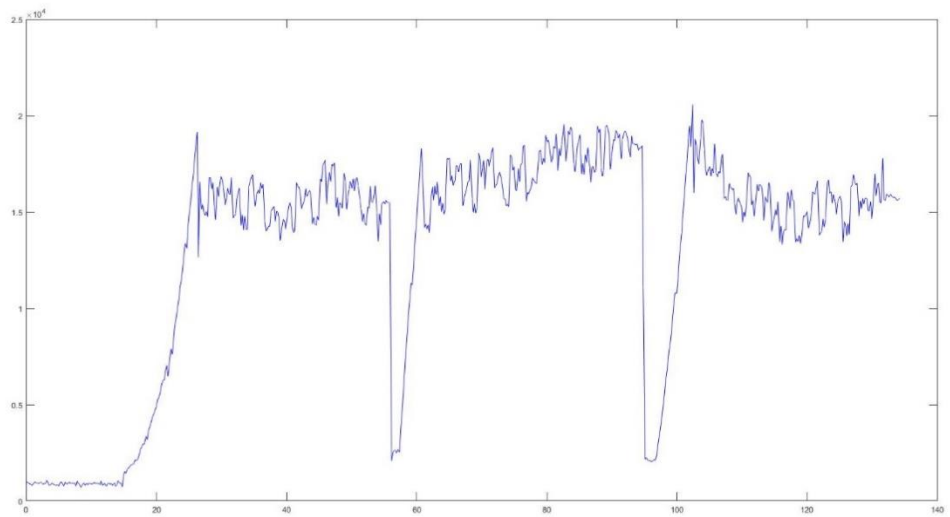
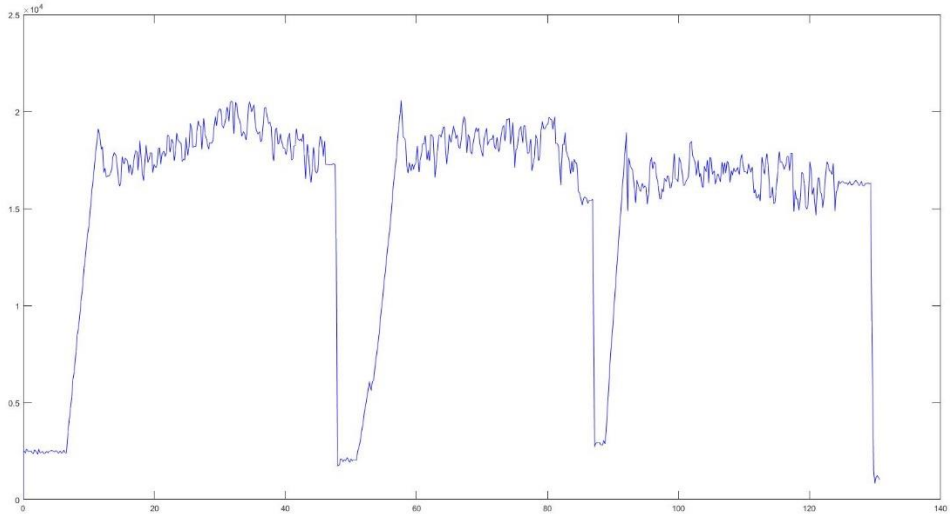
# CAMPIONE C – CARTONE TEST LINER



# CAMPIONE C – CASSETTA POLIPROPILENE

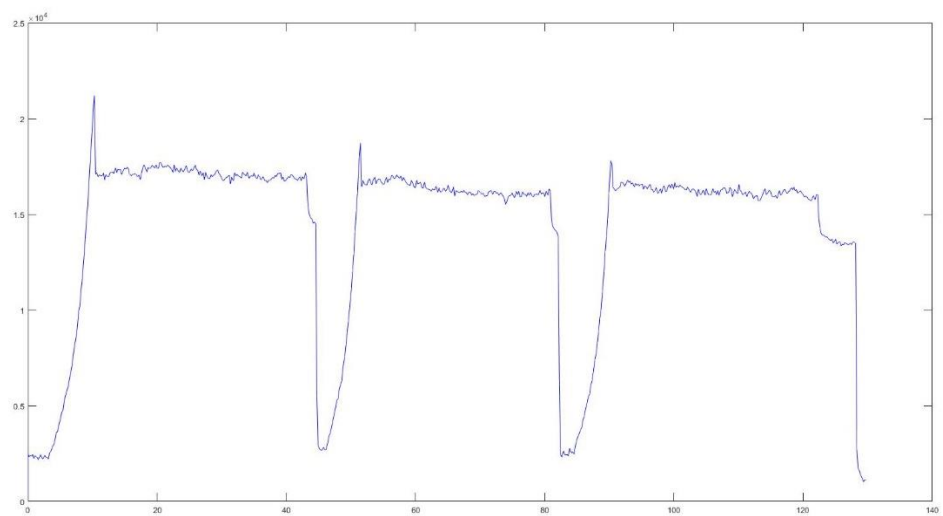
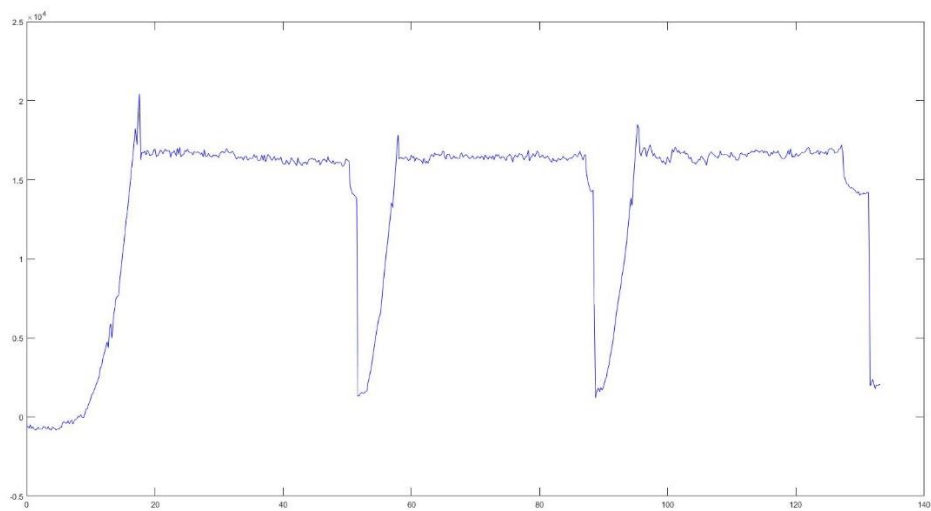
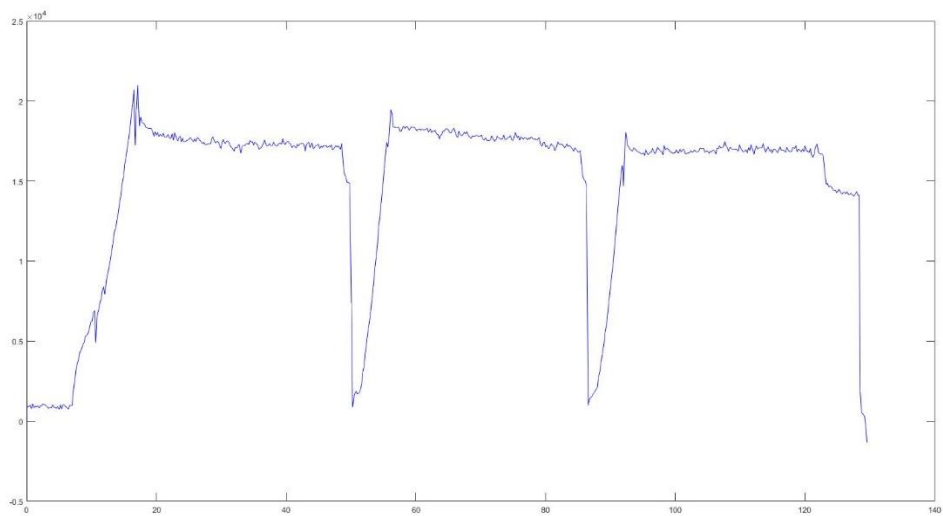


# CAMPIONE C – CASSA ACCIAIO

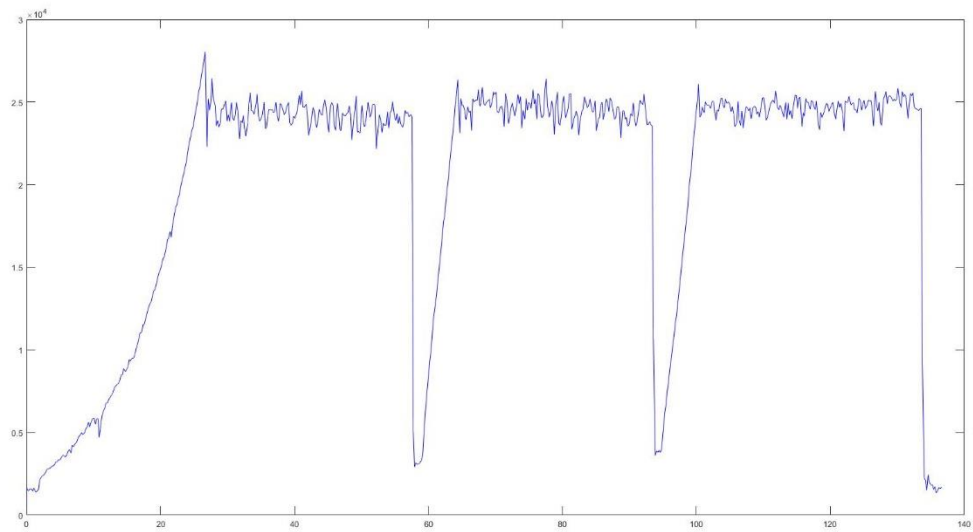
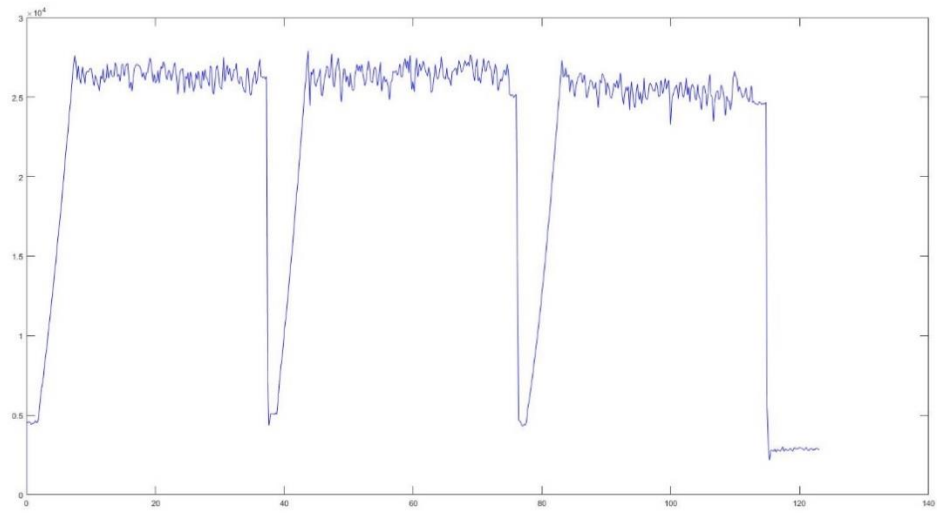
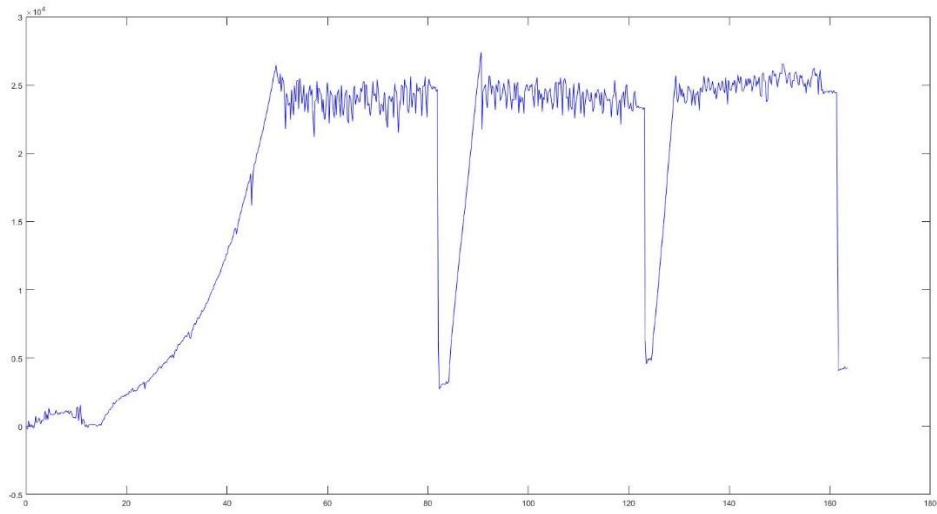




# CAMPIONE C – EUROPALLET (Orientamento trasversale)



# CAMPIONE C – EUROPALLET (Orientamento longitudinale)



# CAMPIONE C – TAPPETINO IN GOMMA

