

“Sistemi di monitoraggio e diagnostica di difetti in ruote per movimentazione industriale: L'ESPERIENZA DI TELLURE RÔTA SpA”

Ing. Malagò Marco
MechLav

Dott. Pierluigi Borghi
Tellure Rota SpA

- Presentazione dell'azienda Tellure Rôta
- Obiettivi della collaborazione con MechLAV: **SISTEMA DI MONITORAGGIO E DIAGNOSTICA DI DIFETTI IN RUOTE PER MOVIMENTAZIONE INDUSTRIALE**
- Procedura adottata per la realizzazione di un algoritmo di monitoraggio automatico
- Sistema hardware/software di controllo
- Diagnostica basata su modello
- Conclusioni



[A]

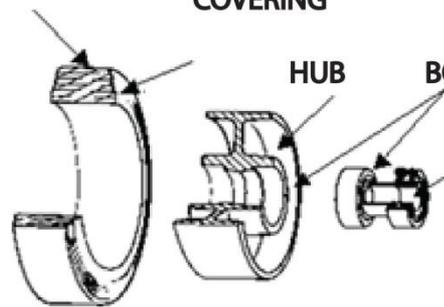
TREAD

COVERING

HUB

BORE

ROLLING ACTION



[B]

Produzione

Lean production, le esigenze del cliente al centro

Il processo produttivo di Tellure Rôta è basato sui principi della **lean production**, che consente di reagire con flessibilità alle richieste dei clienti, garantendo affidabilità nel servizio e rapidità di consegna.

La produzione di ruote e supporti è realizzata nei 3 stabilimenti di Formigine, su una superficie coperta di 15.000 mq, ed è controllata in ogni fase della lavorazione per garantire la qualità del prodotto.

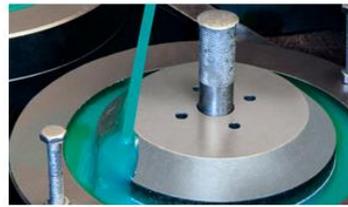
STAMPAGGIO DELLA LAMIERA



La produzione dei supporti e dei dischi in lamiera di acciaio è eseguita con diverse presse di capacità fino a 800 tonnellate e stampi a passo.

Questo consente alta produttività ed elevati standard qualitativi.

PRODUZIONE DEL POLIURETANO



E' costituita da impianti di preparazione delle diverse mescole di poliuretano (Vulkollan®, Poliuretano TR, Poliuretano TR ROLL), abbinati ad impianti di colata automatici e manuali per consentire flessibilità unita ad una capacità produttiva elevata.

PRODUZIONE DI TERMOPLASTICI



Si articola in diversi flussi attraverso macchine dedicate per le ruote in poliammide, polipropilene, gomma termoplastica e poliuretano iniettato.

Le ruote vengono stampate con presse di portata fino a 370 ton completamente automatizzate.

MONTAGGIO RUOTA + SUPPORTO



I montaggi delle ruote e dei supporti vengono realizzati su linee automatiche, anch'esse progettate e realizzate secondo le specifiche esigenze di Tellure Rôta.

In caso di produzioni speciali in piccoli lotti, il montaggio viene realizzato manualmente da addetti specializzati.



Laboratorio "TR Lab - Test & Research" di Tellure Rôta S.p.A.

Accreditato alla Rete Alta Tecnologia della Regione Emilia-Romagna (delibera della Giunta Regionale nr 115 del 06/02/2012)

Il laboratorio "Test & Research" di Tellure Rôta S.p.A. è una struttura di ricerca scientifica in ambito industriale, la cui attività è dedicata in modo prevalente al **settore di ruote e supporti**, tramite la ricerca, lo sviluppo ed il collaudo di soluzioni innovative per soddisfare le esigenze di movimentazione di clienti operanti in ambito industriale.

L'attività del laboratorio "Test & Research" si articola in:

- proposta di **soluzioni innovative nei materiali e nelle tecnologie**
- servizi di **collaudo su materiali elastomerici, termoplastici e metallici e sul prodotto finito** (secondo le normative



Componente analizzato: possibili criticità

Le difettosità più critiche sono:

- Mancato incollaggio tra battistrada e mozzo;
- Presenza di ruggine sulla superficie del mozzo



Battistrada in poliuretano

Mozzo in ghisa

Lo scopo è verificare **sperimentalmente** la presenza di difettosità in **una particolare tipologia di ruote** attraverso l'analisi vibratoria effettuata su banco prova: **diagnostica basata su condizione**



Applicazione di metodologie per il monitoraggio basata su tecniche avanzate ed innovative di analisi sperimentale delle vibrazioni e di analisi del segnale



Determinazione di valori di soglia tramite opportuno algoritmo decisionale



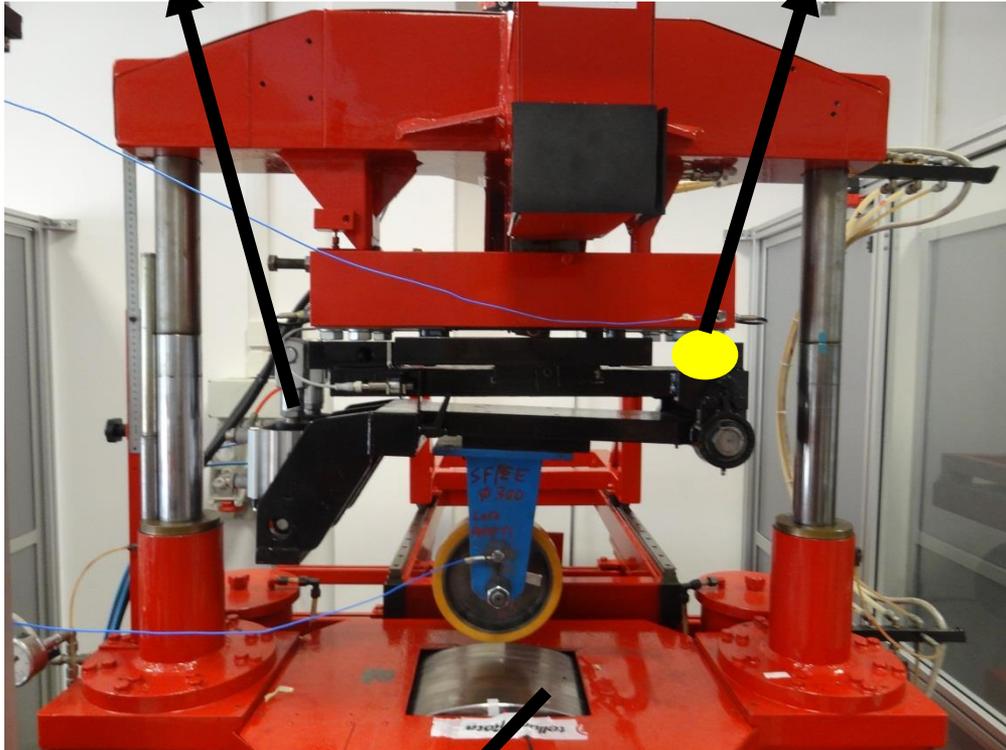
Realizzazione di un sistema hardware/software di monitoraggio-diagnostica



Realizzazione di un modello parametrico del sistema (ruota-supporto-rotolo motore) per simulare il funzionamento, tenendo conto dell'influenza delle condizioni operative e delle caratteristiche dei componenti (on-going).

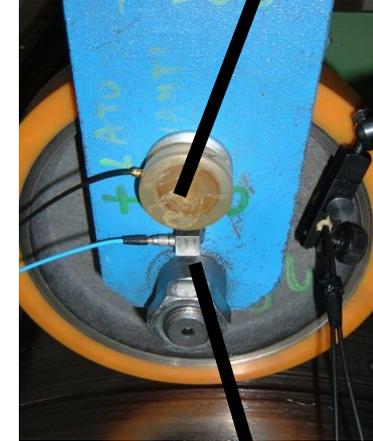
università di ferrara
DA SEICENTO ANNI GUARDIAMO AVANTI.
Attuatori pneumatici

Celle di carico



**Rullo guidato da un motore elettrico
comandato da inverter**

Sensore di emissione acustica



Accelerometro triassiale



Microfono

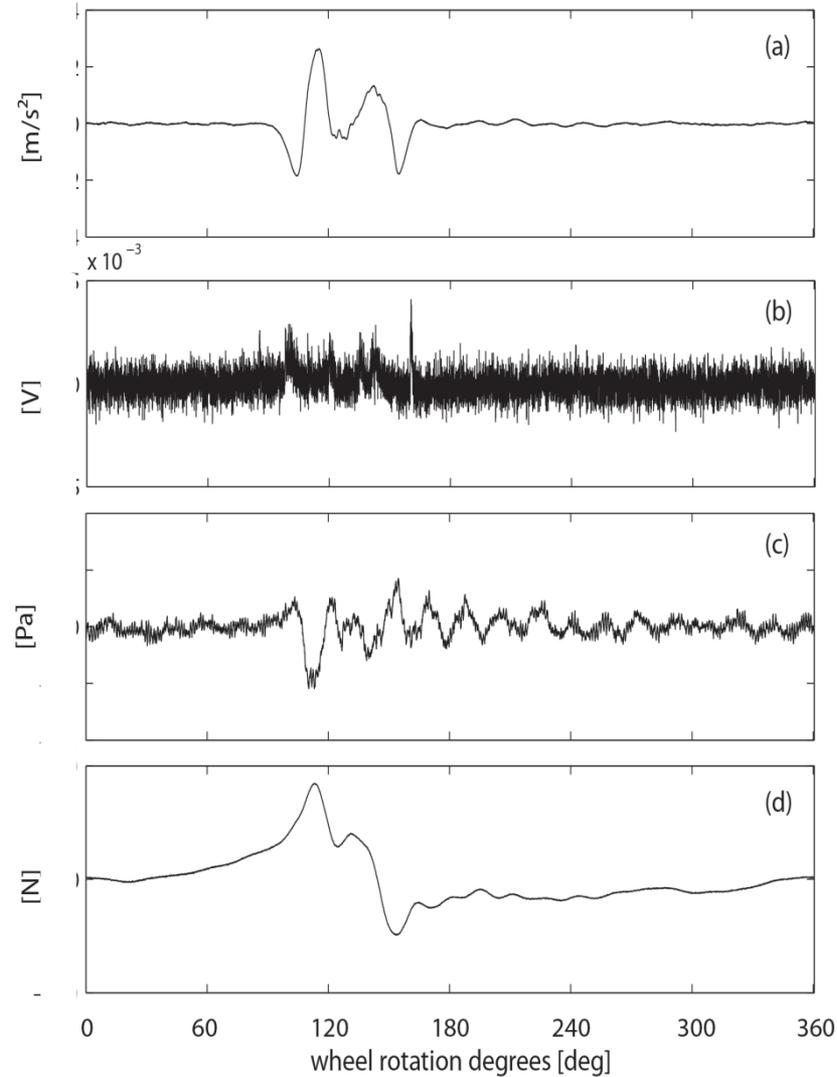
Determinazione del sensore più adatto

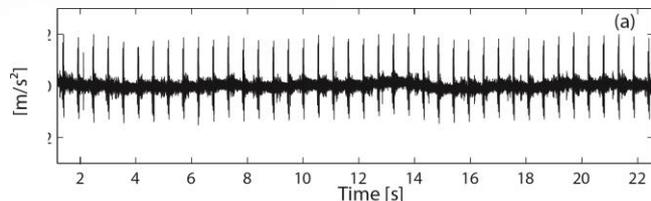
Segnale di accelerazione

Segnale di emissione acustica

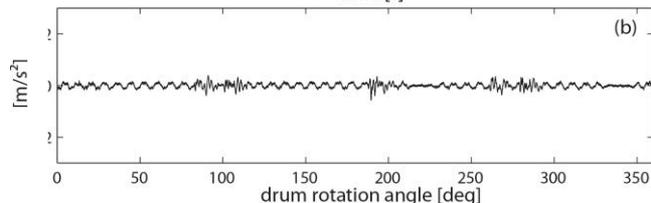
Segnale microfonico

Segnale della cella di carico

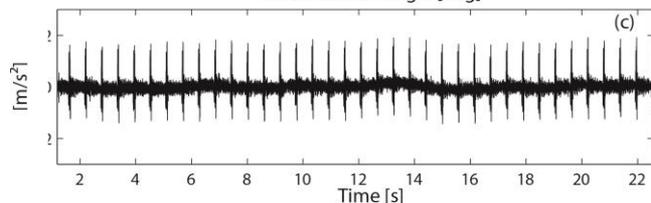




Segnale acquisito



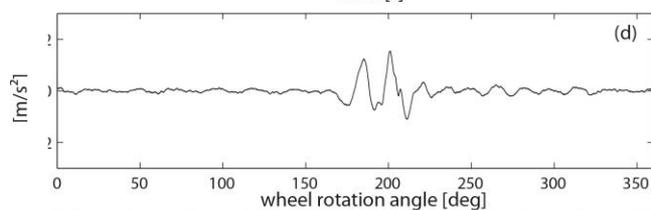
Segnale mediato con il giro del rullo



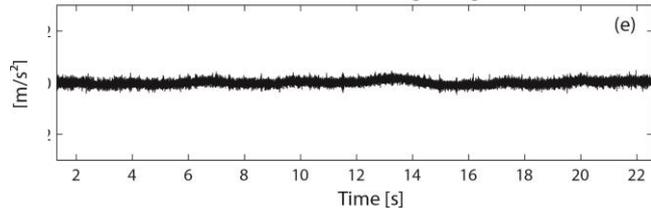
Segnale depurato dalla periodicità del rullo



**ANALISI
CICLOSTAZIONARIETA'
DEL PRIMO ORDINE**



Segnale mediato con il giro della ruota



Segnale residuo



**ANALISI
CICLOSTAZIONARIETA'
DEL SECONDO ORDINE**

$$K = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^{M-1} \frac{(\hat{m}_x [i] - \bar{m}_x)^4}{\sigma^4}$$

$$x_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^{M-1} \hat{m}_x^2 [i]}$$

$$ICS_{1x} = \frac{\sum_{\alpha \neq 0} |\hat{C}_{1x}^\alpha|^2}{|\hat{C}_{2x}^0(0)|}$$

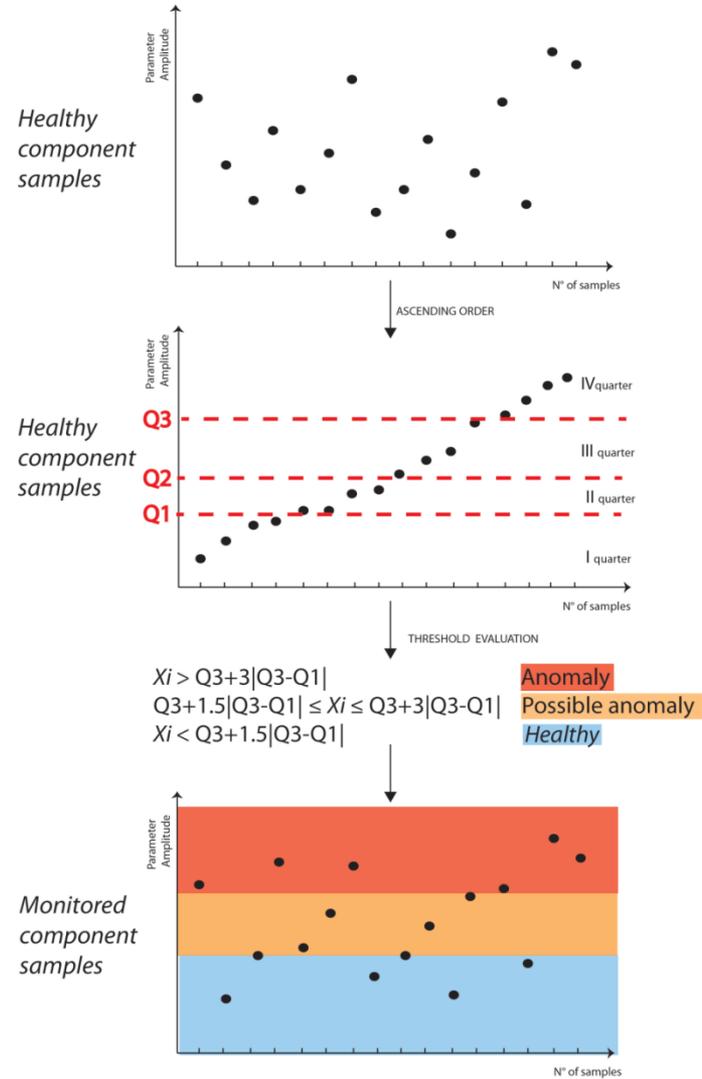
$$ICS_{2x} = \frac{\sum_{\alpha \neq 0} |\hat{C}_{2x}^\alpha(0)|^2}{|\hat{C}_{2x}^0(0)|^2}$$

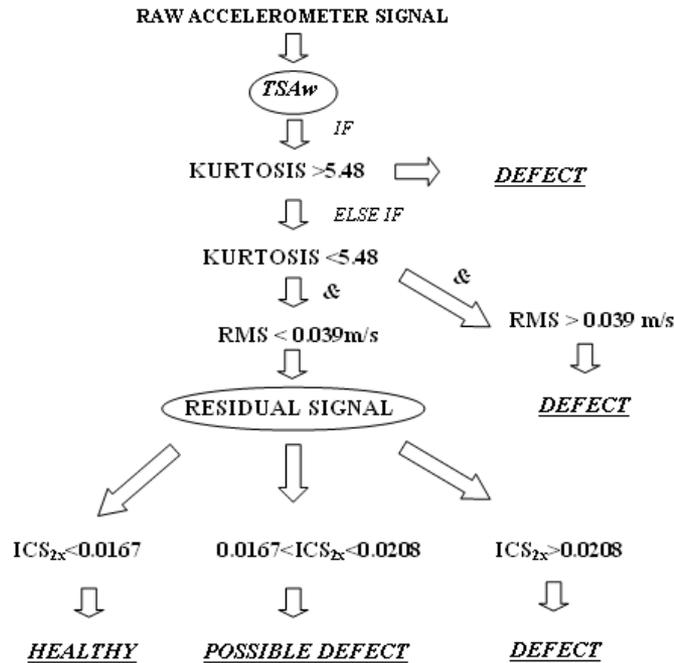
Parametri statistici applicati alla media
sincrona

Indicatori di ciclostazionarietà del primo e del
secondo ordine

Tukey method:

- È una procedura semplice ed efficace per l'identificazione di anomalie
- Tale tecnica non si basa su alcuna distribuzione statistica dei dati.





I parametri statistici applicati alla media sincrona, valutata sul giro di rotazione della ruota, sono sensibili a difetti di mancato incollaggio di dimensione minima pari a circa 8 mm di estensione circonferenziale



L'indicatore di ciclostazionarieta' del secondo ordine permette di evidenziare la presenza di difetti di mancato incollaggio piu' piccoli o difetti di ruggine

Sistema di monitoraggio e diagnostica: **HARDWARE**

Sistema di acquisizione dati con:

- convertitore analogico/digitale;
- un sensore accelerometrico per la misura delle vibrazioni;
- sensori tachimetrici per la stima della velocità di rotazione delle ruote.

All'interno di questa attività è stato inoltre sviluppato un software di gestione dell'apparato prototipale in ambiente Labview. Il software è stato adattato in base alle esigenze di Tellure Rota.

- SCHEDA ACQUISIZIONE NATIONAL INSTRUMENTS



- ACCELEROMETRO INDUSTRIALE



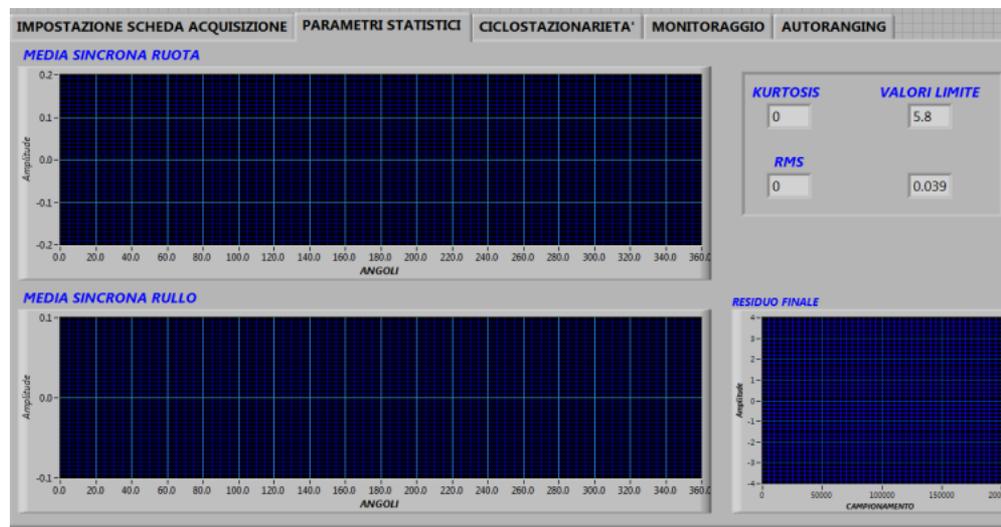
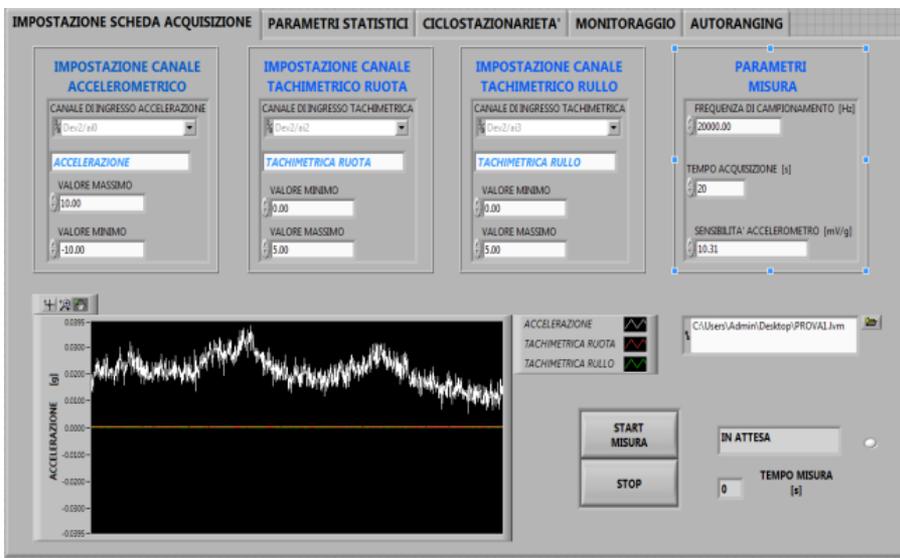
- KIT TACHIMETRICO.

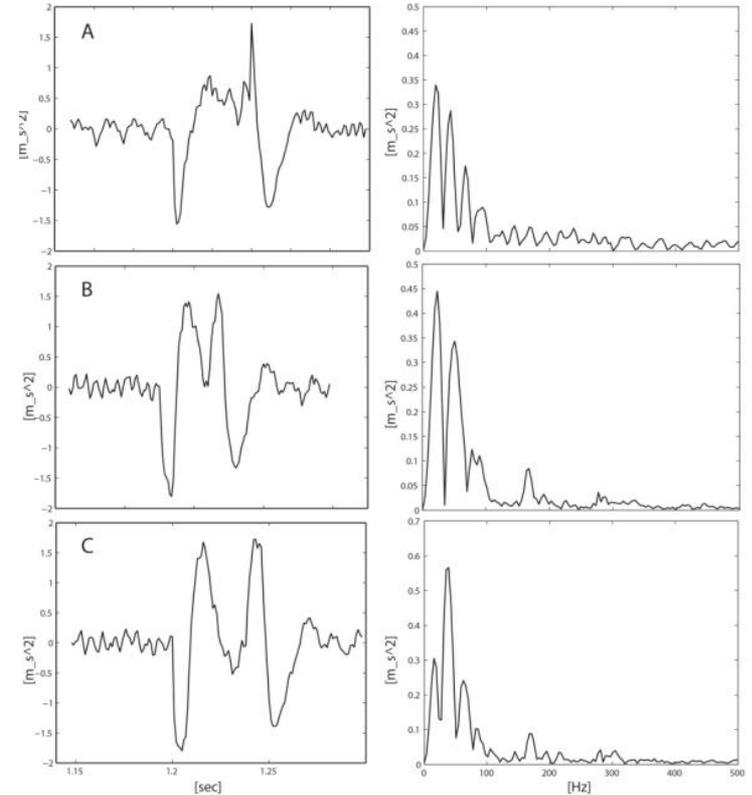
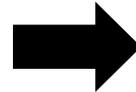
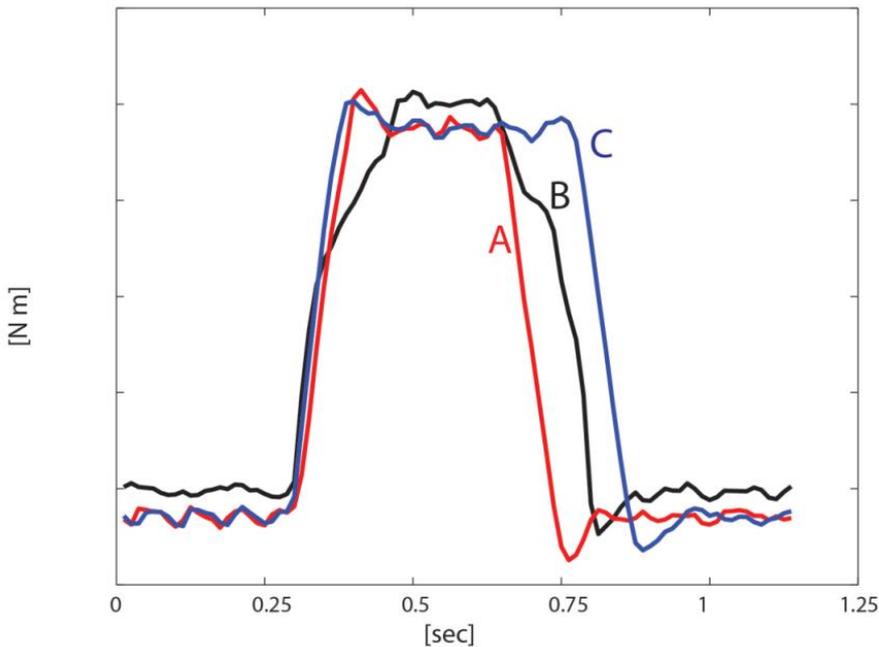
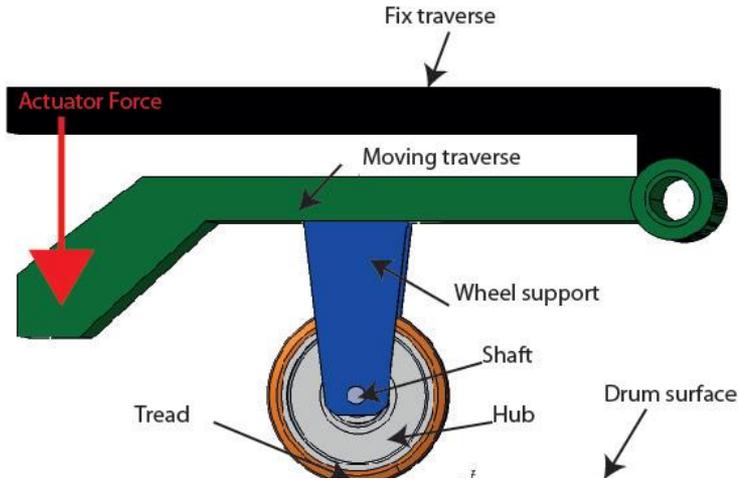


Sistema di monitoraggio e diagnostica: SOFTWARE

Il software è suddiviso in 5 tabelle di comando, selezionabili con il menù a tendina, per agevolare le fasi di gestione e controllo del processo, in sequenza sono:

- **IMPOSTAZIONE SCHEDA DI ACQUISIZIONE,**
- **PARAMETRI STATISTICI,**
- **CICLOSTAZIONARIETA',**
- **MONITORAGGIO,**
- **AUTORANGING.**





- Sviluppo ed implementazione di tecniche avanzate di monitoraggio e diagnostica applicate a ruote per la movimentazione industriale;
- Realizzazione di un algoritmo di monitoraggio e del sistema hardware da utilizzare a fine linea di produzione
- Vantaggi riscontrati dall'azienda.

Grazie per l'attenzione