

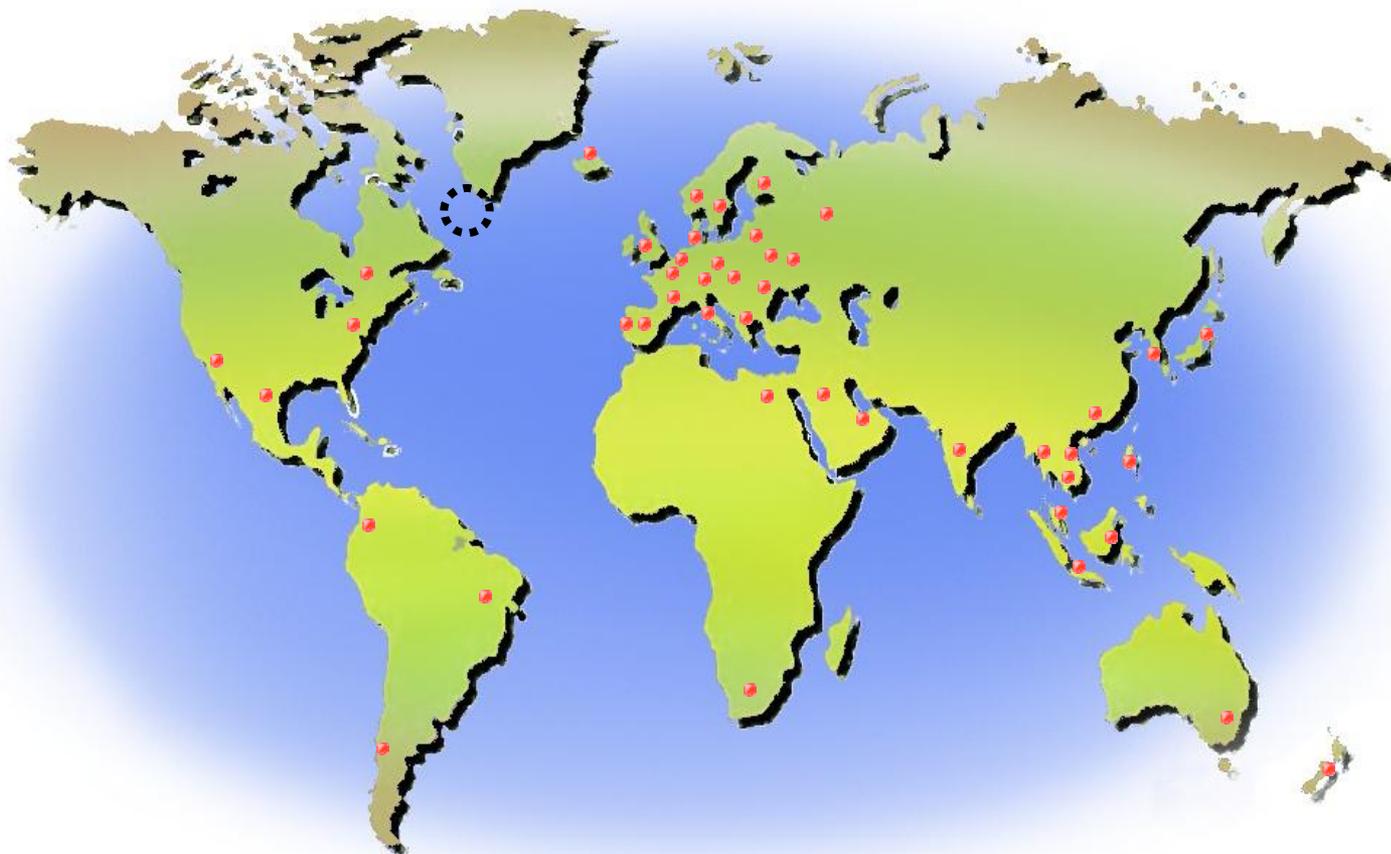


# Condition Monitoring

*sicurezza e affidabilità*

*Claudio Cola*

# CHI SIAMO

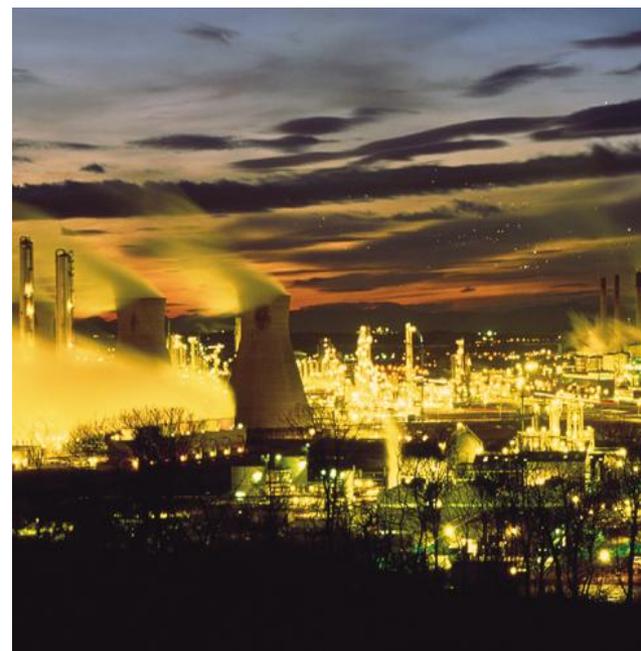


## KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM

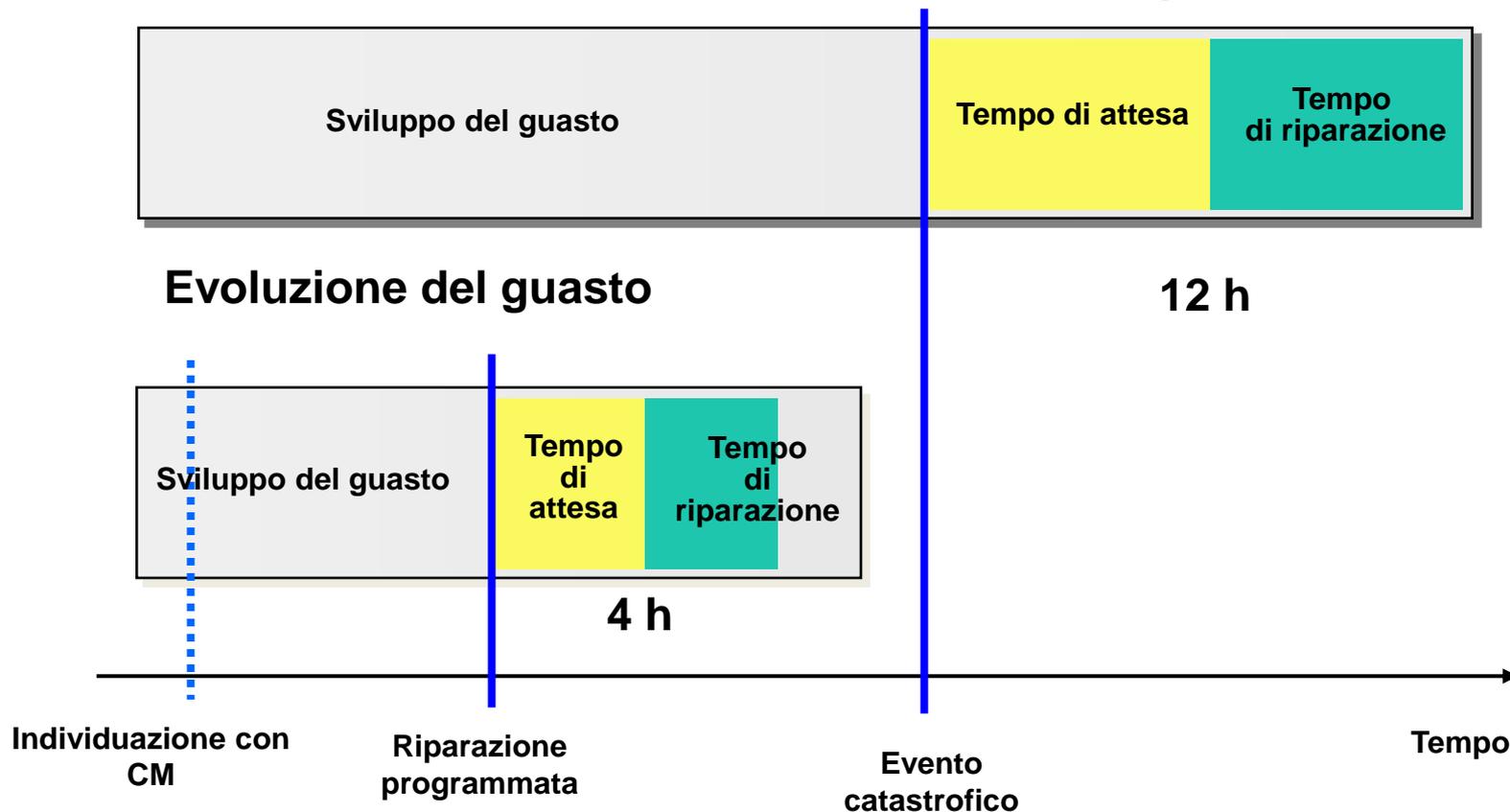
Vietata la riproduzione parziale o totale del presente documento senza espressa autorizzazione di SPM Instrument Srl

# Perché il monitoraggio delle condizioni operative dei macchinari?

- ❑ Incremento dei ritmi di produzione
- ❑ Riduzione continua dei costi
- ❑ Intollerabilità economica degli arresti non programmati nella produzione
- ❑ **Incremento della sicurezza degli impianti**  
✓ **(per gli operatori e verso l'ambiente)**
- ❑ Aziende di successo offrono una produzione affidabile (qualità e immagine)

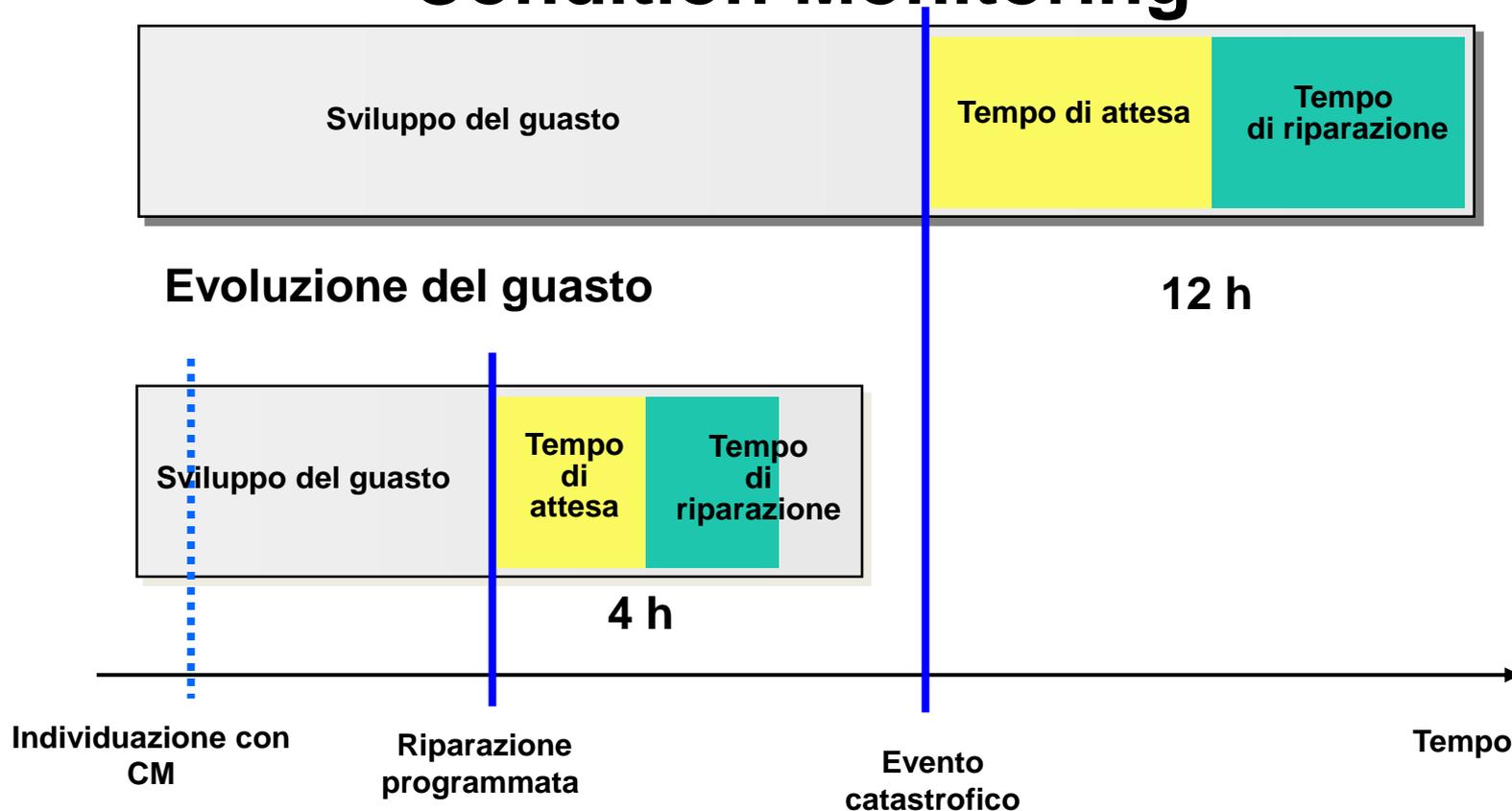


# Condition Monitoring



**Il principale argomento a favore del Condition Monitoring è la considerevole riduzione dei costi determinata dalla riduzione del tempo impiegato in una riparazione necessaria. Difatti, una riparazione programmata significa minor tempo di attesa e minor tempo per effettuare il lavoro. A questo bisogna aggiungere il costo del danno economico che deriva da una fermata imprevista.**

# Condition Monitoring



**SPESSO SI SOTTOVALUTA L'IMPATTO DEL GUASTO CHE HA SULLA SICUREZZA DELLE PERSONE E VERSO L'AMBIENTE**

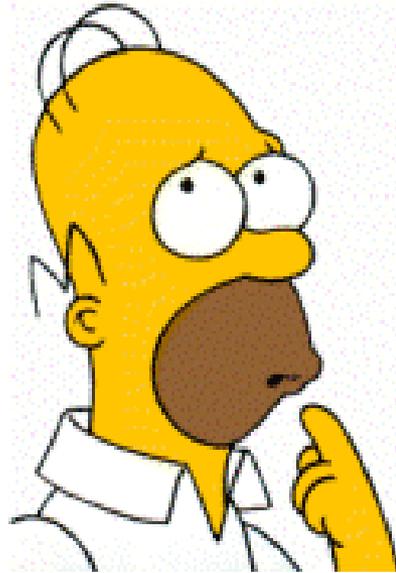
# Possibilità nascoste:

[Una corretta strategia manutentiva deve essere condivisa e parte di una visione allargata in tutte le aree di una azienda]



**Spesso gli effetti visibili della manutenzione sono solo la punta dell'iceberg. Gli effetti reali, molte volte sotto forma di mancati risultati, sono nascosti, o riemergono in qualche altro dipartimento.**

# Cosa significa fare manutenzione per la tua azienda?



**KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM**

Vietata la riproduzione parziale o totale del presente documento senza espressa autorizzazione di SPM Instrument Srl

# riparare le macchine dopo che si sono guastate?



**KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM**

Vietata la riproduzione parziale o totale del presente documento senza espressa autorizzazione di SPM Instrument Srl

# limitare le conseguenze dei guasti e le conseguenze secondarie?



**solamente perché viene imposto un certo tipo di comportamento da enti di certificazione o assicurativo?**



**KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM**

Vieta la riproduzione parziale o totale del presente documento senza espressa autorizzazione di SPM Instrument Srl

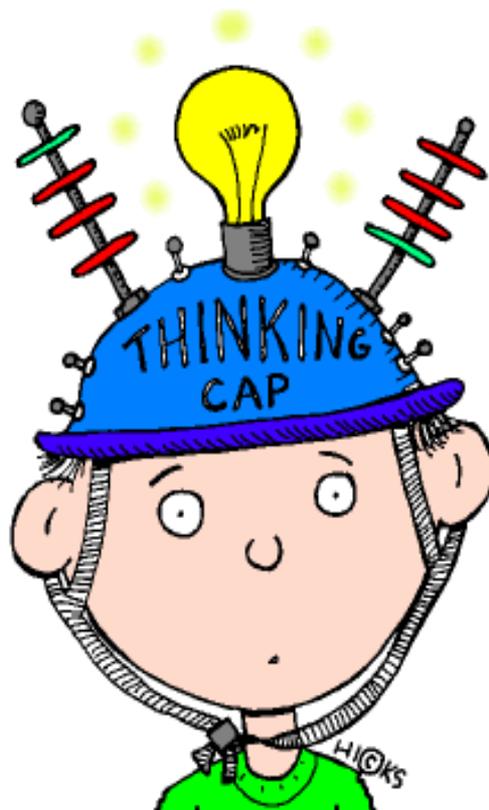
per mantenere un alta qualità produttiva e rendere gli impianti più disponibili a produrre ricchezza in sicurezza e qualità?



**KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM**

Vietata la riproduzione parziale o totale del presente documento senza espressa autorizzazione di SPM Instrument Srl

# STABILISCI UNA TUA STRATEGIA DI MANUTENZIONE



**KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM**

Vietata la riproduzione parziale o totale del presente documento senza espressa autorizzazione di SPM Instrument Srl

# QUATTRO POSSIBILI SCENARI



**KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM**

Vieta la riproduzione parziale o totale del presente documento senza espressa autorizzazione di SPM Instrument Srl

# LA MANUTENZIONE A GUASTO:

## [REATTIVA, O MANUTENZIONE ISTERICA]

- il guasto avviene casualmente (spesso di notte o il sabato mattina)
- al danno primario si aggiunge sempre un danno secondario.
- provoca inevitabilmente il fermo dell'impianto (mancata produzione)
- **rischio aumentato per gli infortuni**
- potenziale rischio ambientale
- i tempi di riparazione sono sempre lunghi (reperibilità dei pezzi di ricambio e delle persone competenti)



**KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM**

# LA MANUTENZIONE A GUASTO: [REATTIVA, O MANUTENZIONE ISTERICA]

Quale clima si respira in aziende che mettono in atto questa strategia?

- Il dipartimento tecnico è costantemente stressato e i manutentori sempre impegnati e oberati di lavoro

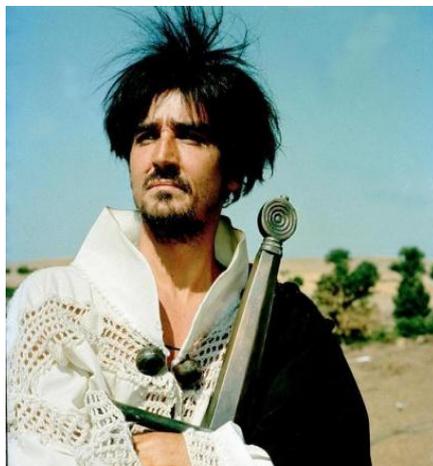
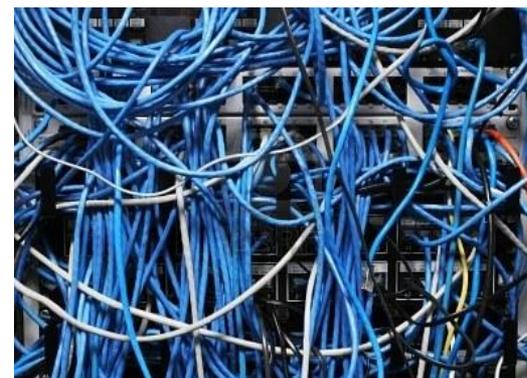
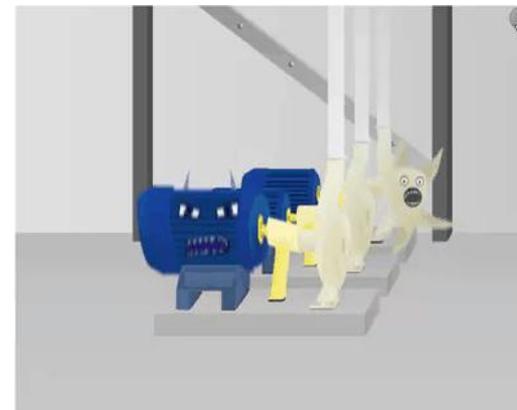


## KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM

# LA MANUTENZIONE A GUASTO: [REATTIVA, O MANUTENZIONE ISTERICA]

Quale clima si respira in aziende che mettono in atto questa strategia?

- non c'è programmazione della attività
- **alta incidenza infortuni**
- si ricorre spesso agli straordinari
- nessun controllo sulla produzione
- aziende disordinate e disorganizzate

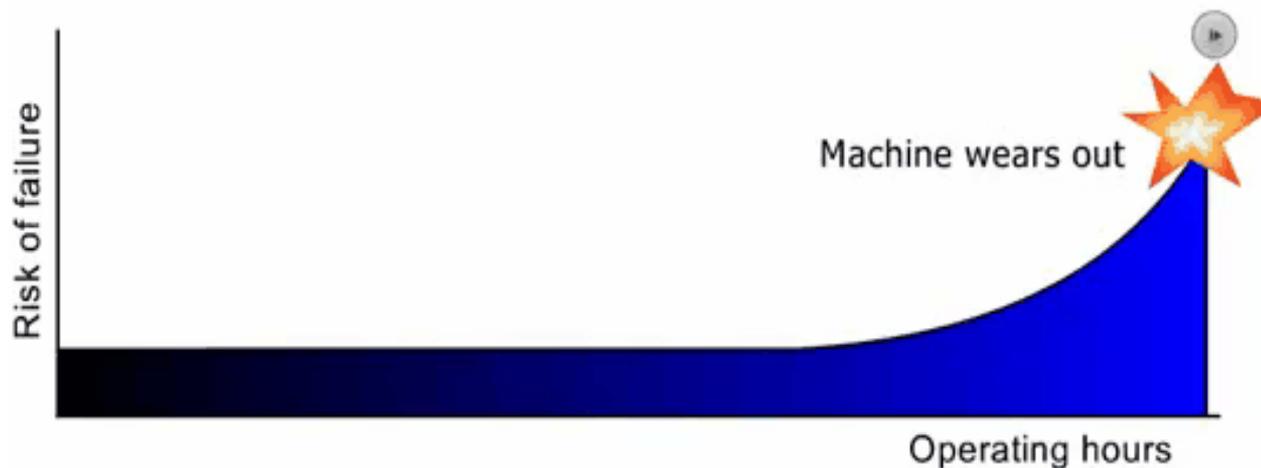


# QUATTRO POSSIBILI SCENARI



# LA MANUTENZIONE PREVENTIVA: [PROGRAMMATA, CALENDARIZZATA, TIME BASED]

Il concetto di base è quello di regolari revisioni del macchinario prima che sopraggiunga un guasto, considerando solo la probabilità di vita del componente soggetto a normale usura:

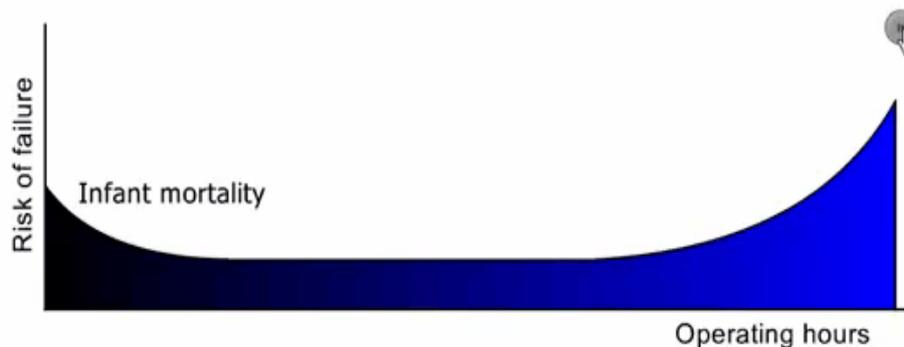


Ovvero si considera solo la possibilità di vita utile di un componente.

# LA MANUTENZIONE PREVENTIVA: [PROGRAMMATA, CALENDARIZZATA, TIME BASED]

In realtà non è solo così, infatti bisogna considerare la “mortalità infantile” dei componenti che aumenta la probabilità dei guasti proprio nel periodo di avviamento o inizio vita operativa:

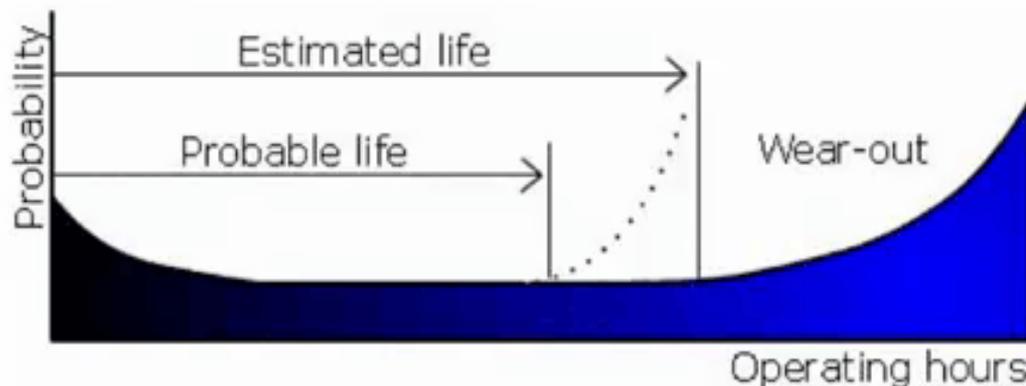
- **assestamento della macchina**
- **allineamento e posizionamento**
- **lubrificazioni inadeguate**
- **cattivo stoccaggio e conservazione delle macchine**
- **problemi di trasporto**
- **ecc...**



# LA MANUTENZIONE PREVENTIVA: [PROGRAMMATA, CALENDARIZZATA, TIME BASED]

In sintesi:

- è possibile stimare la corretta tempistica di sostituzione del componente solo dopo una determinazione statistica dei guasti
- non tiene conto dei guasti indipendenti dal componente
- è fortemente condizionata da fattori esterni come:
  - buona o cattiva conduzione
  - lubrificazione
  - pulizia
  - ecc...



# LA MANUTENZIONE PREVENTIVA: [PROGRAMMATA, CALENDARIZZATA, TIME BASED]

Quale clima si respira in aziende che mettono in atto questa strategia?

- il dipartimento tecnico è molto impegnato e non c'è mai abbastanza tempo per fare le manutenzioni programmate.
- c'è ancora molto lavoro non programmato che genera **guasti improvvisi**.
- c'è molto lavoro straordinario
- **alta incidenza degli infortuni per la manipolazione delle macchine**
- non c'è controllo sulla produzione
- grossi costi per la ricambistica e per il lavoro di revisione

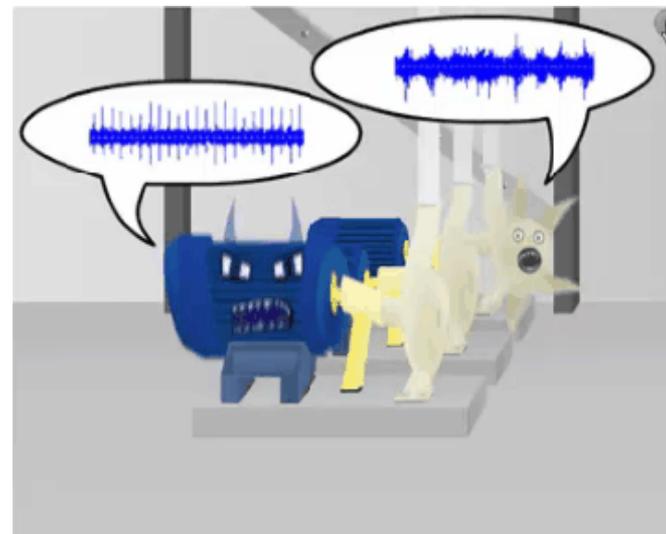
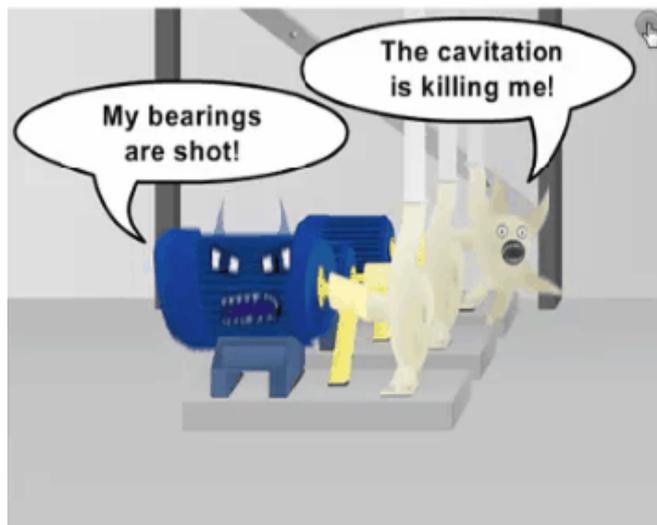


## QUATTRO POSSIBILI SCENARI



# LA MANUTENZIONE PREDITTIVA: [MANUTENZIONE SU CONDIZIONE]

Il concetto di base è: **“SE NON C’E’ NIENTE DI ROTTO, NON RIPARARLO”**. Le macchine manifestano le loro necessità attraverso una serie di **“segnali deboli”** prima che questo possa costituire un problema serio di guasto, le macchine esprimono la loro condizione operativa attraverso vibrazioni, shock, rumore, temperatura ecc...



# LA MANUTENZIONE PREDITTIVA: [MANUTENZIONE SU CONDIZIONE]

La possibilità di monitorare questi segnali ci da potere decisionale sulle nostre macchine umentando la sicurezza per gli operatori e verso l'ambiente.



**KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM**

Vietata la riproduzione parziale o totale del presente documento senza espressa autorizzazione di SPM Instrument Srl

# LA MANUTENZIONE PREDITTIVA: [MANUTENZIONE SU CONDIZIONE]

- permette di vedere con largo anticipo i cambiamenti di condizione operativa.
- determina la natura e la severità del problema
- permette di operare sulle macchine in piena programmazione e **sicurezza** senza interferire con i programmi di produzione
- permette di organizzare le attività di ripristino con largo anticipo e ottimizzando la ricambistica e il **personale che eseguirà tali operazioni**



# LA MANUTENZIONE PREDITTIVA: [MANUTENZIONE SU CONDIZIONE]

Quale clima si respira in aziende che mettono in atto questa strategia?

- il personale di manutenzione non è sovraccarico
- c'è tutto il tempo per gestire le manutenzioni programmate come tutte le maggiori attività manutentive
- ci sono pochi lavori straordinari
- **bassissima incidenza degli infortuni**
- ambiente generalmente più rilassato
- la produzione è sotto controllo
- riduzione dei costi generali della manutenzione



# QUATTRO POSSIBILI SCENARI



**KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM**

Vietata la riproduzione parziale o totale del presente documento senza espressa autorizzazione di SPM Instrument Srl

# LA MANUTENZIONE PROATTIVA:

## [MANUTENZIONE MIGLIORATIVA]

Il concetto di base è rimuovere le possibili cause di guasto riconosciute, prima che possano costituire un problema da gestire.

- ✓ corretto allineamento
- ✓ adeguato bilanciamento
- ✓ corretta revisione delle macchine
- ✓ analisi delle cause di guasto
- ✓ corretta lubrificazione
- ✓ training del personale
- ✓ ecc...



# LA MANUTENZIONE PROATTIVA: [MANUTENZIONE MIGLIORATIVA]

... come essere “proattivi”, e perché le macchine tendono ad avere problemi?



**KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM**

Vietata la riproduzione parziale o totale del presente documento senza espressa autorizzazione di SPM Instrument Srl

# LA MANUTENZIONE PROATTIVA: [MANUTENZIONE MIGLIORATIVA]

Specifiche tecniche carenti e non appropriate strategie di acquisto .

(si risparmia su piccole cose senza pensare al costo sostenuto per tutto il ciclo di vita della macchina o impianto, alla sua manutenibilità e alla sicurezza di chi dovrà farla)



# LA MANUTENZIONE PROATTIVA: [MANUTENZIONE MIGLIORATIVA]

Installazioni non appropriate e cattivo posizionamento delle macchine.

(Basamenti non idonei, allineamento delle macchine, bilanciamento degli organi rotanti, e a tutte le situazioni favorevoli per una corretta e sicura manutenzione.)



**KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM**

Vieta la riproduzione parziale o totale del presente documento senza espressa autorizzazione di SPM Instrument Srl

# LA MANUTENZIONE PROATTIVA: [MANUTENZIONE MIGLIORATIVA]

Mantenimento delle macchine non appropriato.  
(mancata pulizia, cattiva conduzione rappresentano aumenti di rischio per  
la sicurezza degli operatori, dell'impianto e verso l'ambiente)



# LA MANUTENZIONE PROATTIVA: [MANUTENZIONE MIGLIORATIVA]

Scarsa qualità delle revisioni e non appropriati test di accettazione delle macchine.

(producono un incremento del rischio di guasto degli impianti)



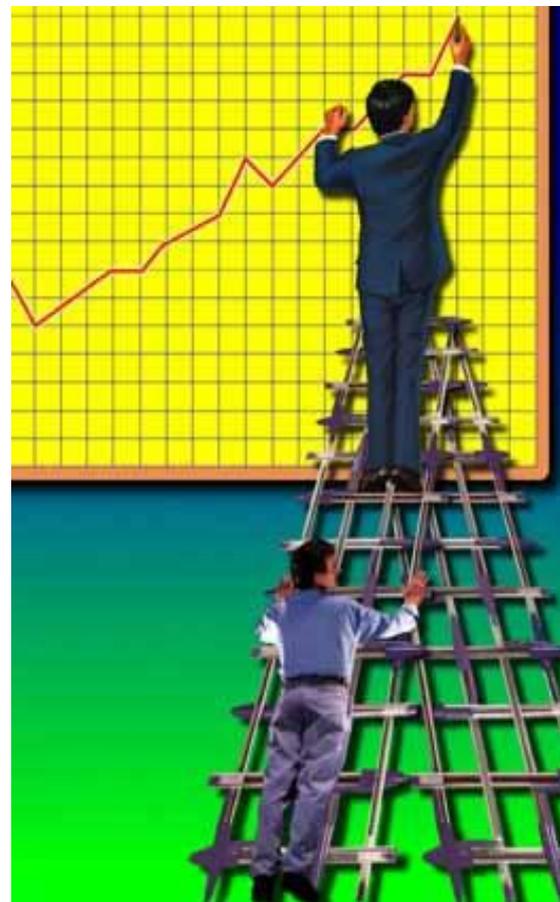
**KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM**

Vietata la riproduzione parziale o totale del presente documento senza espressa autorizzazione di SPM Instrument Srl

# LA MANUTENZIONE PROATTIVA: [MANUTENZIONE MIGLIORATIVA]

Quale clima si respira in aziende che mettono in atto questa strategia?

- i risultati della strategia manutentiva sono sotto gli occhi di tutti
- la produzione è sotto controllo
- l'azienda è **sicura**, pulita e ordinata. Rispettosa verso l'ambiente
- le spese per i ricambi e della manutenzione in generale sono minimizzati
- il profitto aziendale è alto



# Condition Monitoring

**L'IMPORTANTE E' UTILIZZARE LE OPPORTUNE  
TECNICHE DIAGNOSTICHE :**



**KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM**

Vietata la riproduzione parziale o totale del presente documento senza espressa autorizzazione di SPM Instrument Srl

# TECNICHE DIAGNOSTICHE



**KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM**

Vietata la riproduzione parziale o totale del presente documento senza espressa autorizzazione di SPM Instrument Srl

## Metodo SPM®



Condizioni dei cuscinetti  
Lubrificazione dei cuscinetti

## Intensità delle vibrazioni



Sbilanciamento  
Difetto di allineamento  
Parti allentate  
Debolezza strutturale

## Metodo EVAM®



Danni agli ingranaggi  
Analisi FFT

## Motortesting Analisi MCA ed ESA



Danni agli avvolgimenti  
Efficienza energetica

# SPM<sup>®</sup>

Il metodo brevettato  
degli impulsi d'urto

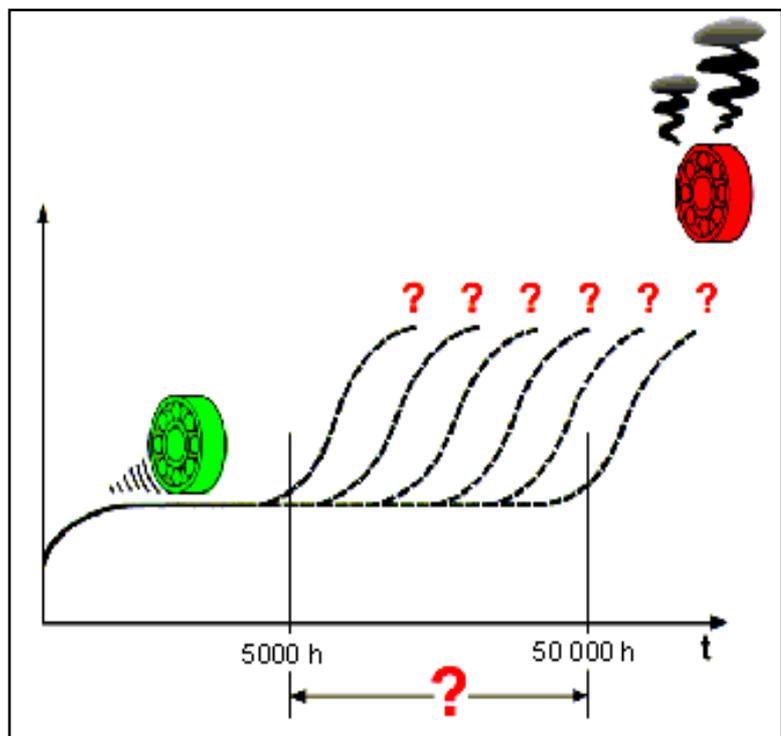


# SPM HD

**KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM**

Vieta la riproduzione parziale o totale del presente documento senza espressa autorizzazione di SPM Instrument Srl

# LA DURATA DI UN CUSCINETTO NON È PREVEDIBILE SENZA UN ADEGUATO MONITORAGGIO



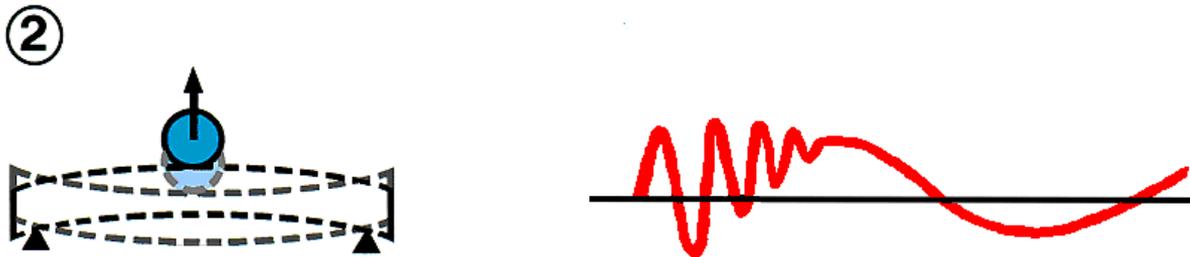
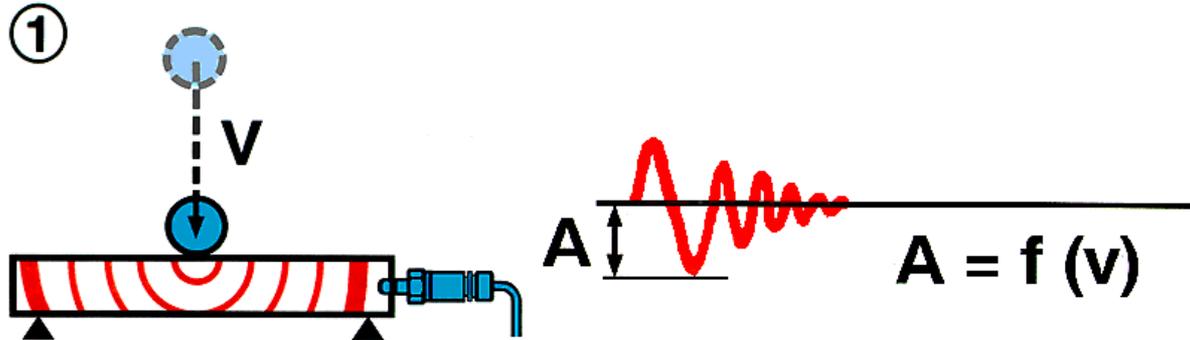
La manutenzione programmata è inefficiente per i cuscinetti, poiché la durata di servizio del singolo cuscinetto non può essere prevista.

La sostituzione basata sulla vita di catalogo del cuscinetto L10 implica:

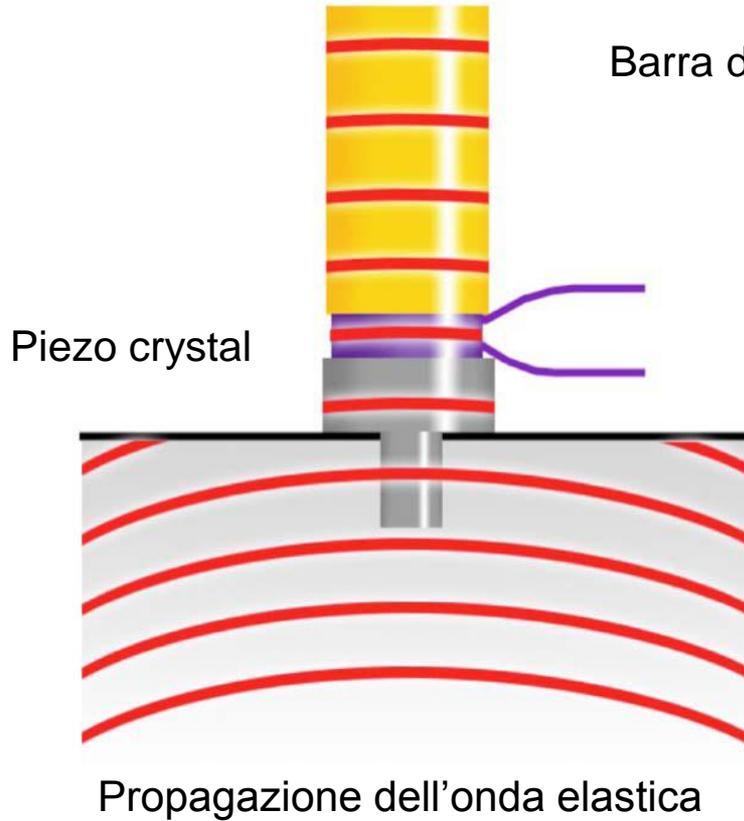
- L'accettazione di un tasso statistico di guasti del 10% dei cuscinetti prima della data stabilita per la sostituzione.
- Un grande spreco rispetto alla durata potenziale dei cuscinetti. La maggior parte dei cuscinetti rimossi sarà in perfetta regola per quanto riguarda il funzionamento.
- Trascurare completamente i fattori che riducono la durata dei singoli cuscinetti in una data applicazione, come una scarsa lubrificazione, l'eccessiva vibrazione, lo scarso allineamento dell'albero, ecc.

A parte il costo del materiale e del lavoro, c'è il rischio di guasti per l'installazione ogni volta che un cuscinetto viene sostituito.

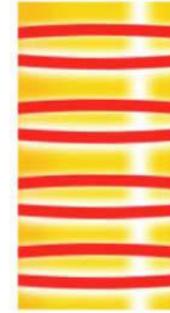
# Teoria degli shock



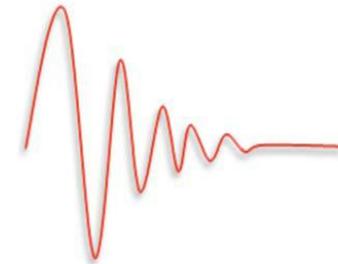
# Shock Pulse Method



Barra di ottone



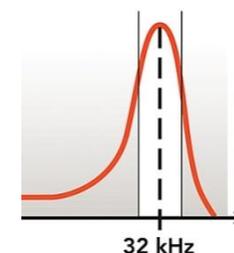
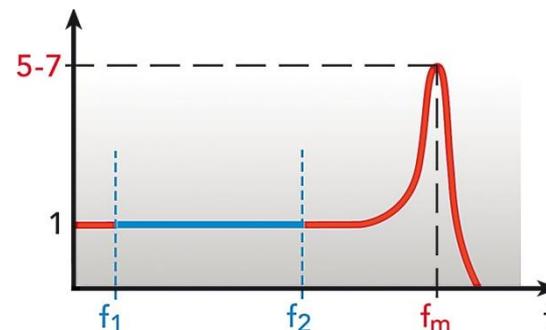
Onda elastica riflessa  
32 KHz



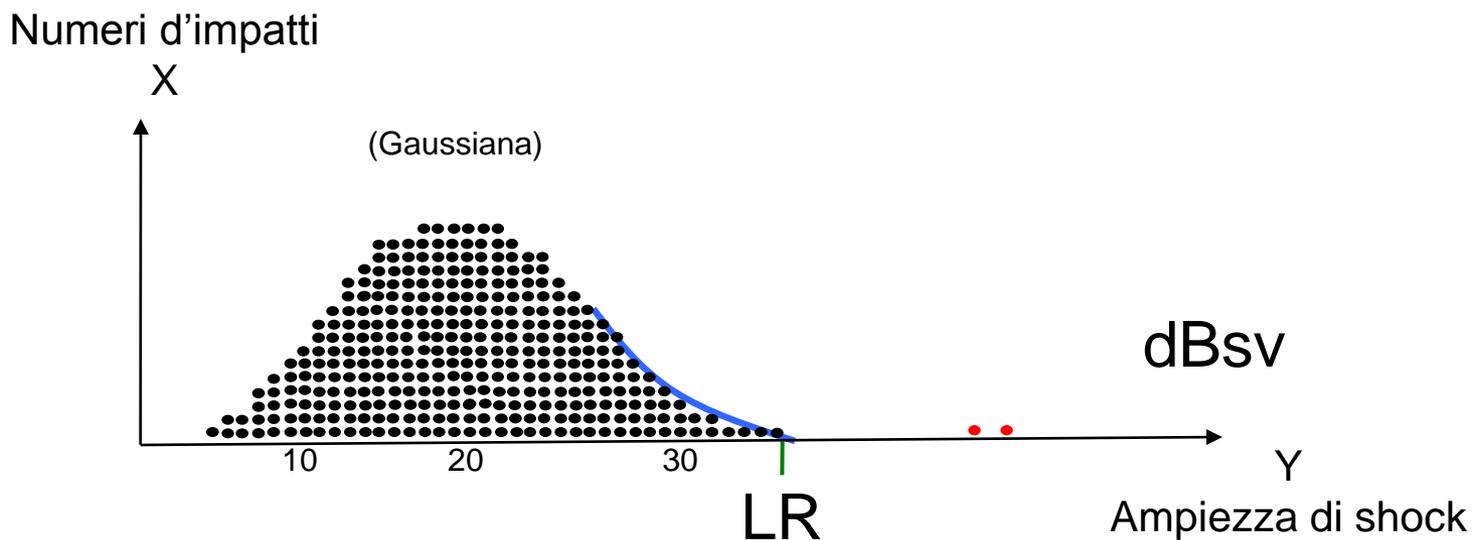
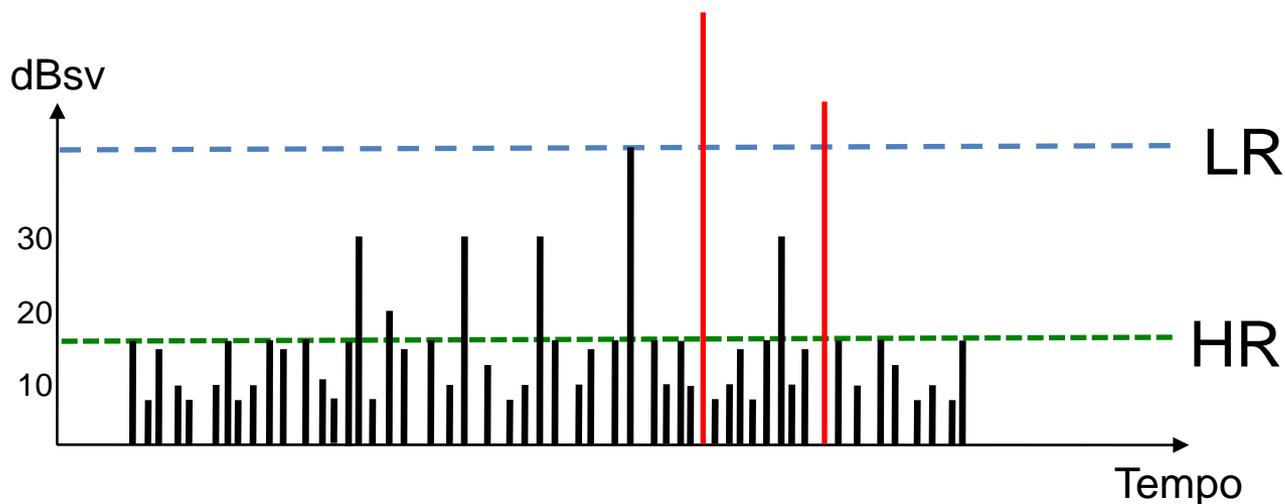
*Smorzamento rapido*

# Il trasduttore SPM

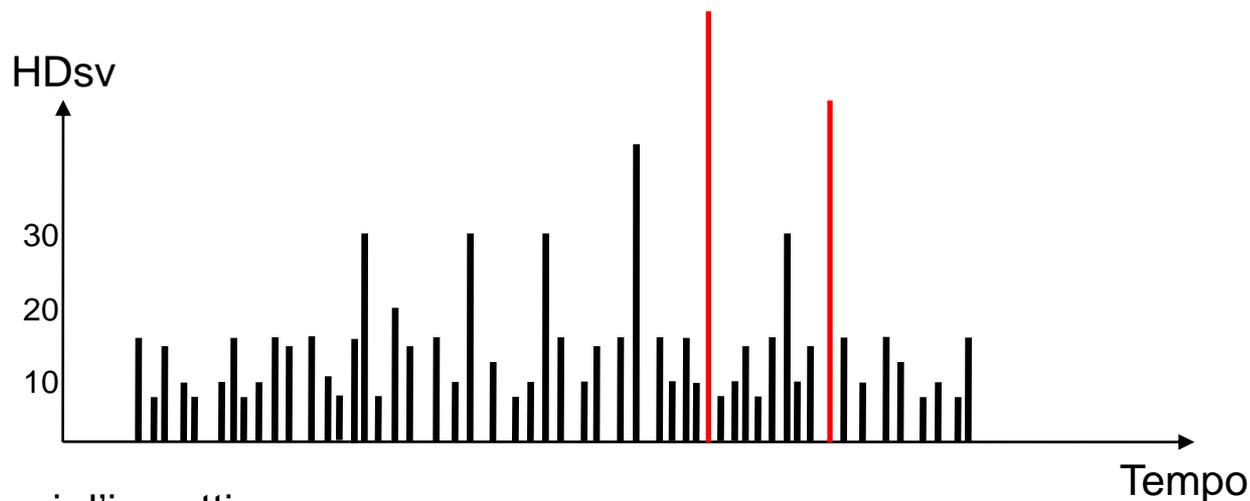
1. 5-7 volte più sensibile agli shock di un normale sensore di vibrazioni
2. Ampiezza ben definita alla sua frequenza di risonanza
3. Sintonizzazione meccanica, filtraggio delle vibrazioni (filtro passa banda)
4. Risposta immediata agli shock e smorzamento rapido della risonanza (dampening)
5. Sintonizzazione elettrica con le apparecchiature



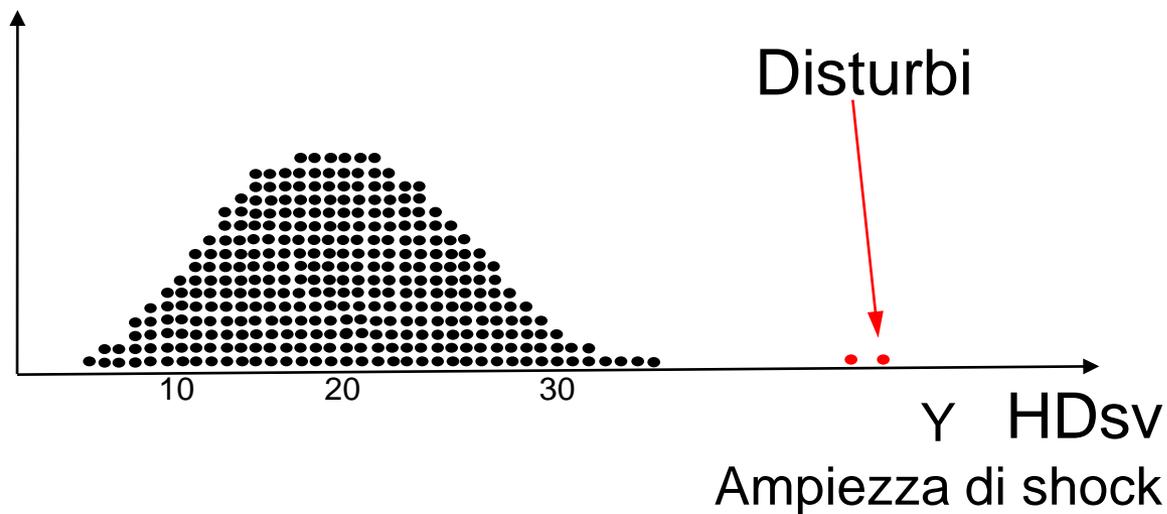
# Filtrazione dei disturbi



# Impatti casuali vengono filtrati

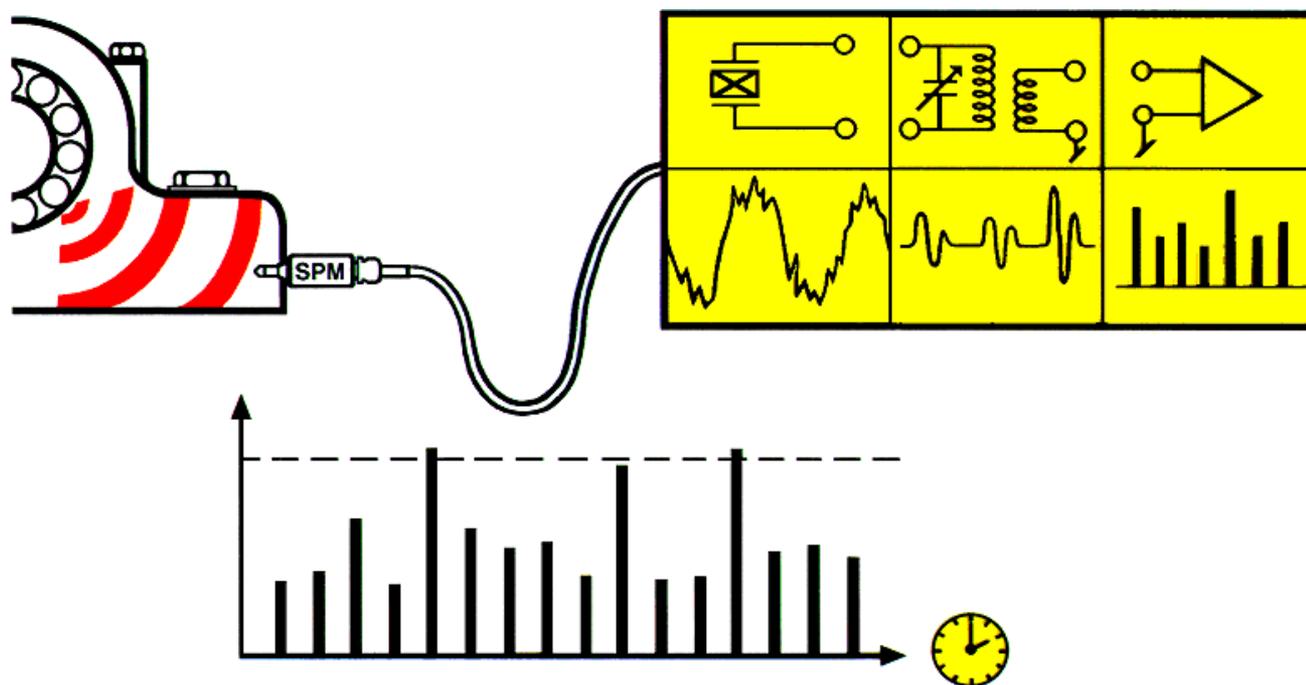


Numeri d'impatti  
X

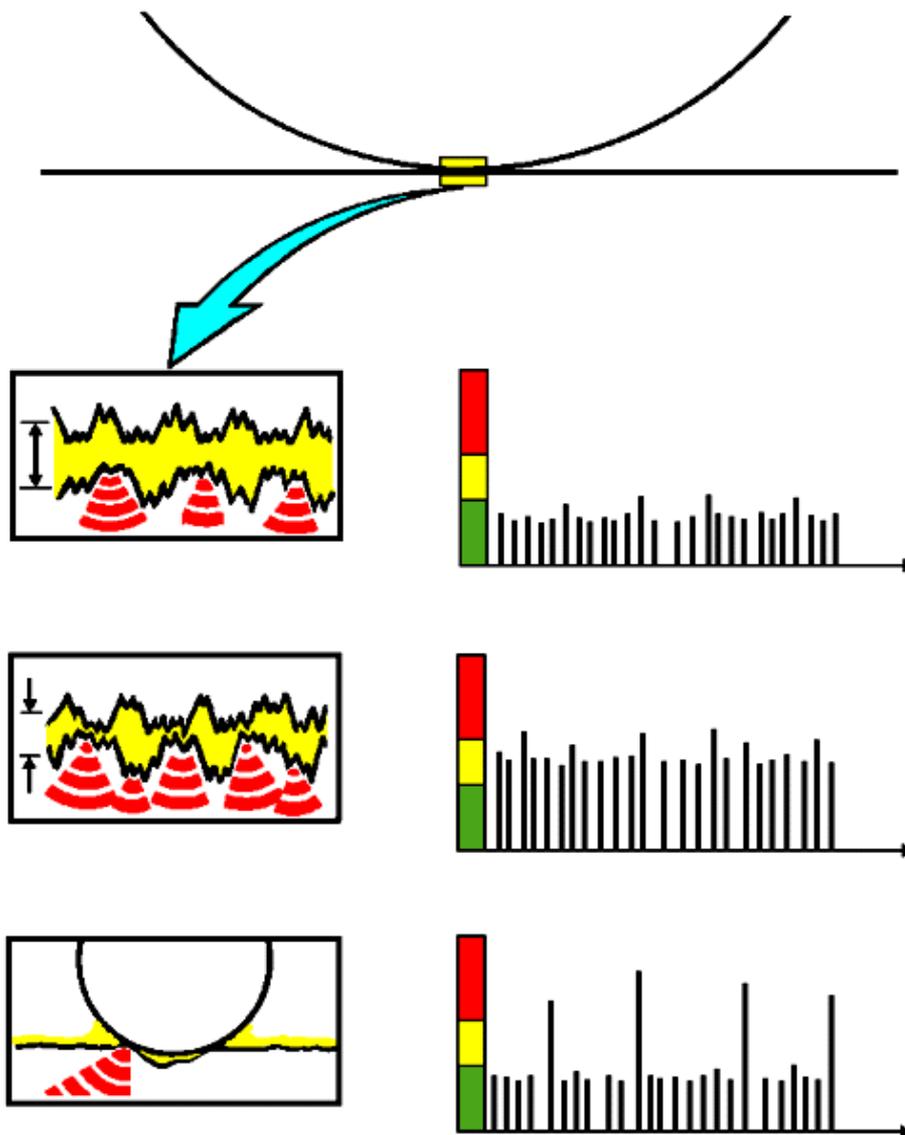


**KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM**

# Processing shock pulse signals.



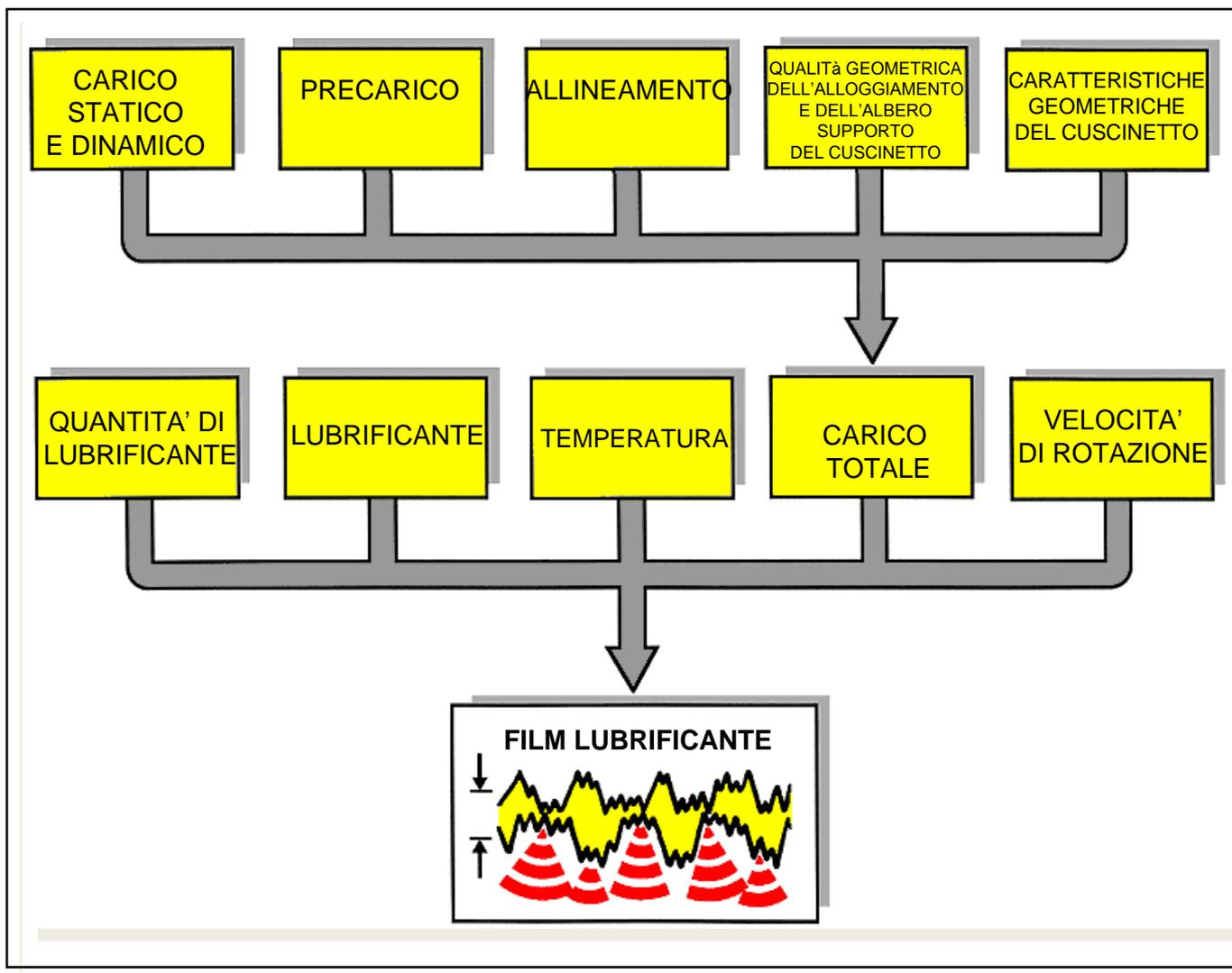
# Generazione di shock sotto la zona caricata dei cuscinetti volventi



## KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM

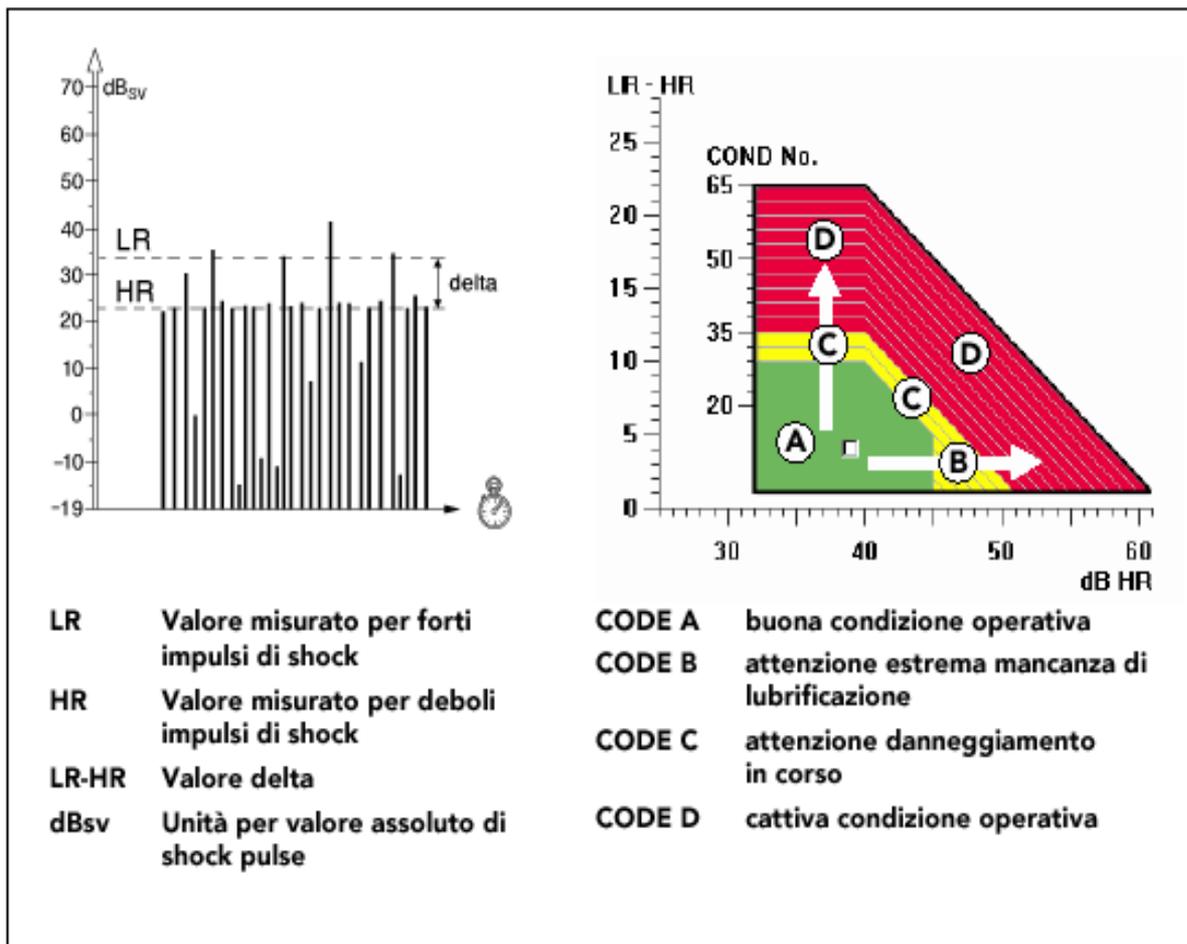
Vietata la riproduzione parziale o totale del presente documento senza espressa autorizzazione di SPM Instrument Srl

# FATTORI CHE INFLUENZANO IL FILM LUBRIFICANTE





# Valutazione della condizione operativa (Metodo SPM)



**LR** Valore misurato per forti impulsi di shock

**HR** Valore misurato per deboli impulsi di shock

**LR-HR** Valore delta

**dBsv** Unità per valore assoluto di shock pulse

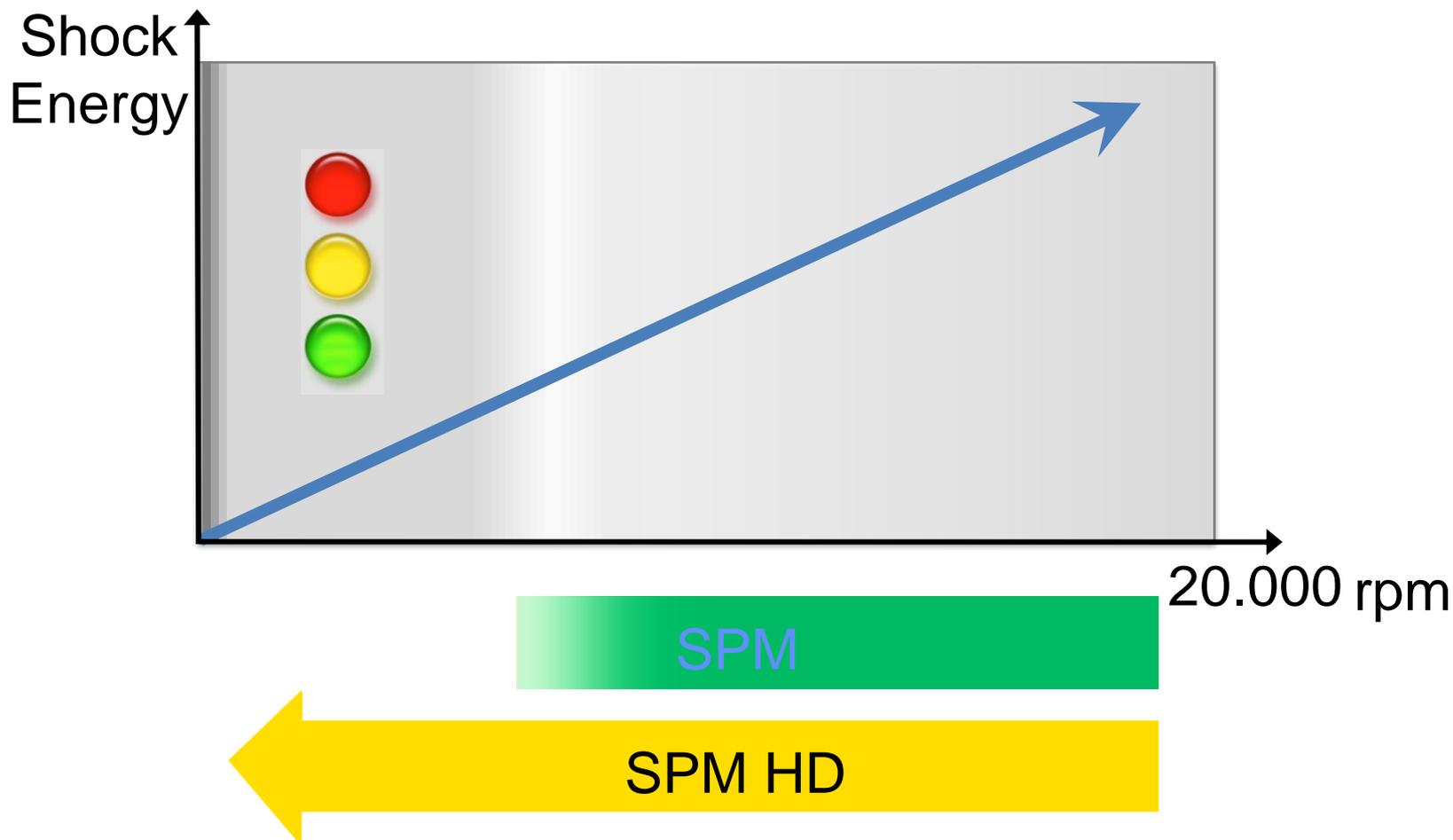
**CODE A** buona condizione operativa

**CODE B** attenzione estrema mancanza di lubrificazione

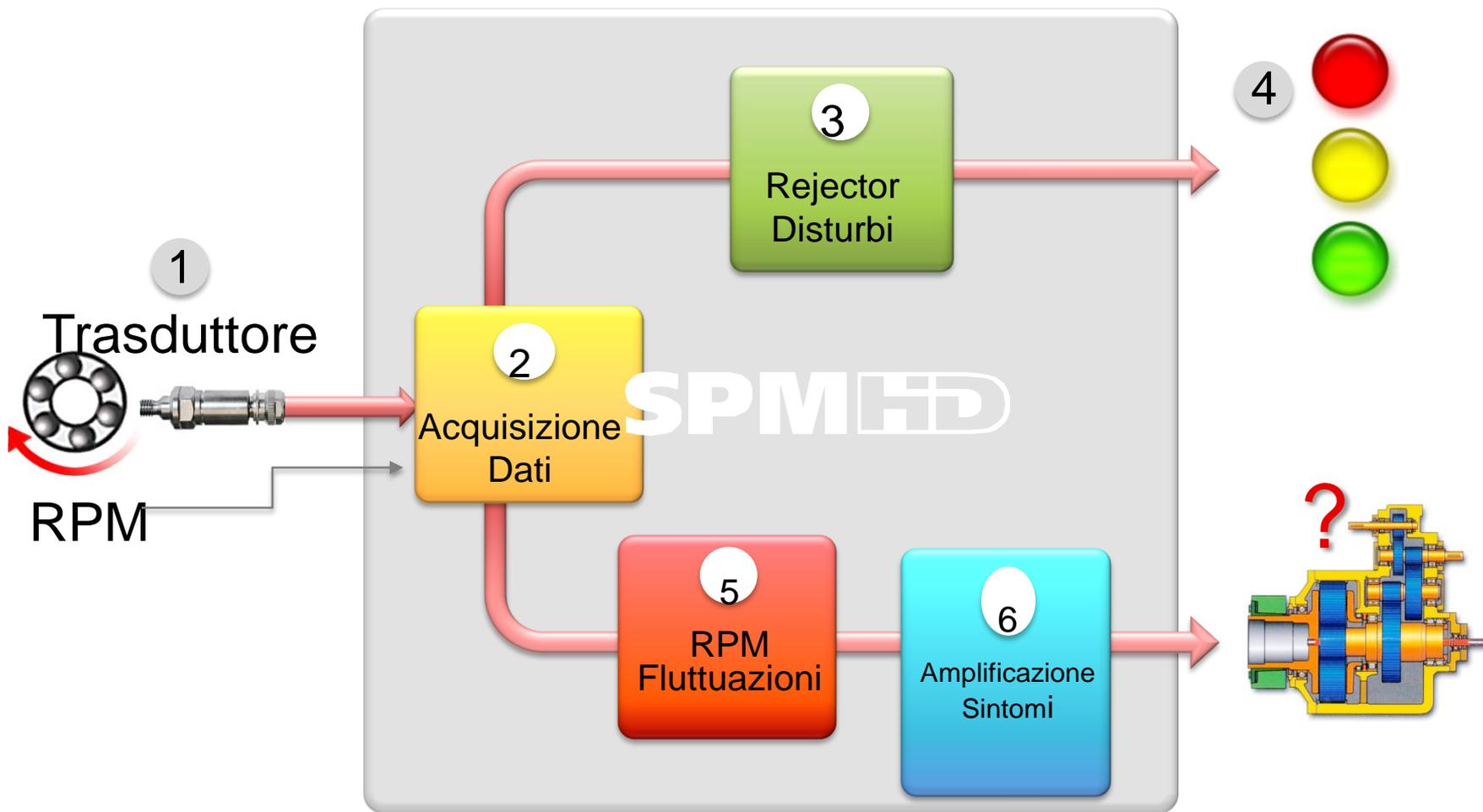
**CODE C** attenzione danneggiamento in corso

**CODE D** cattiva condizione operativa

# Condizioni operative per basso RPM



# SPM HD overview



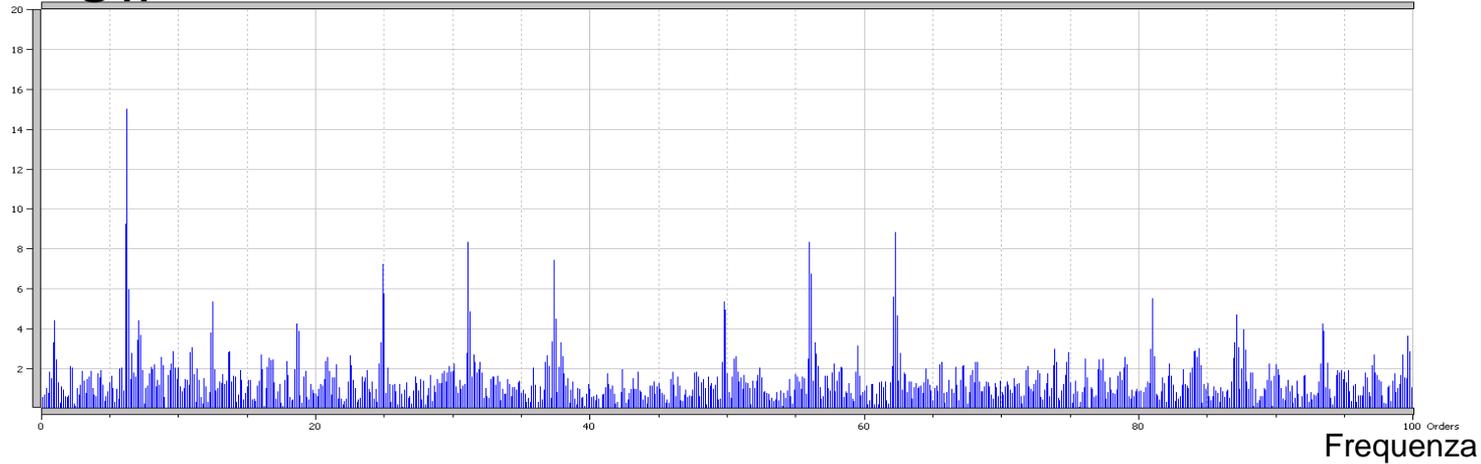
**KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM**

Vietata la riproduzione parziale o totale del presente documento senza espressa autorizzazione di SPM Instrument Srl

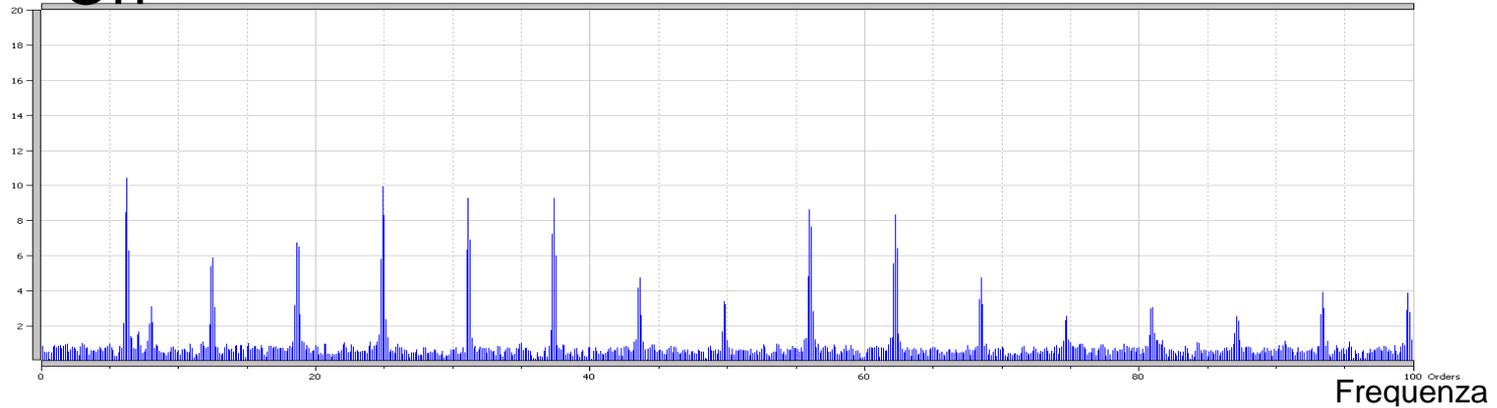
# Amplificatore di Sintomi – dominio delle frequenze



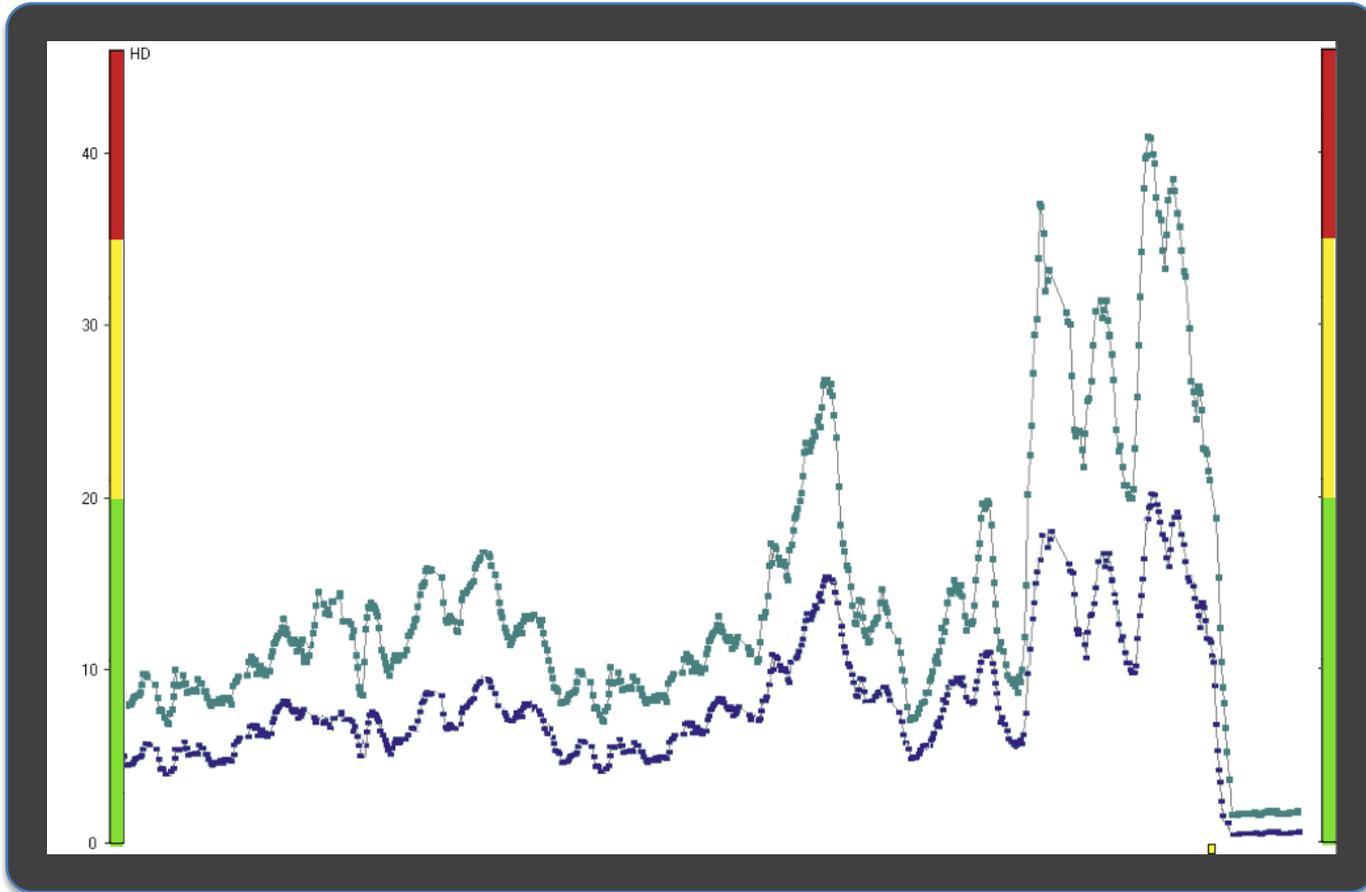
Off



On



# Curva di tendenza tipica



September 11

January 12

**KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM**

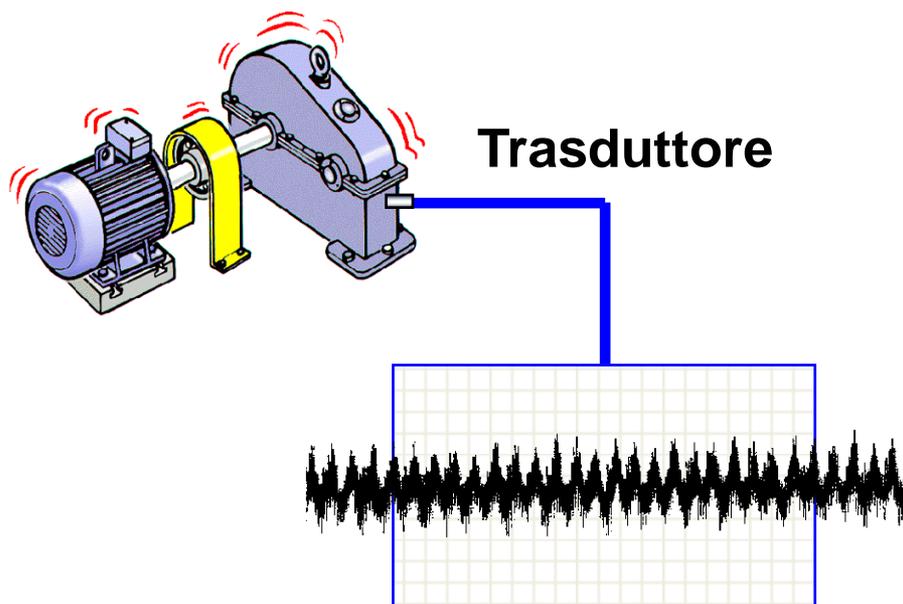
Vietata la riproduzione parziale o totale del presente documento senza espressa autorizzazione di SPM Instrument Srl

# VIB

**Intensità delle vibrazior  
[ ISO 10816 ]**

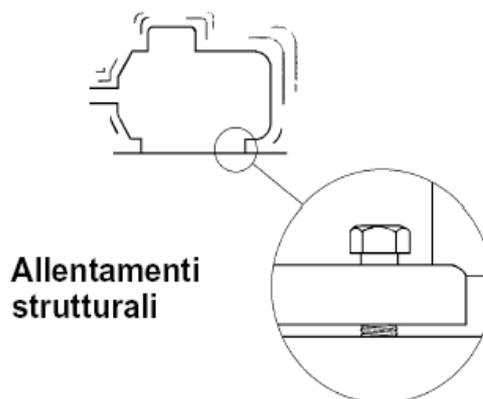
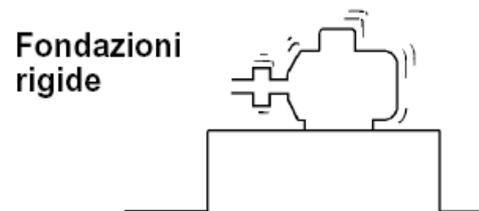
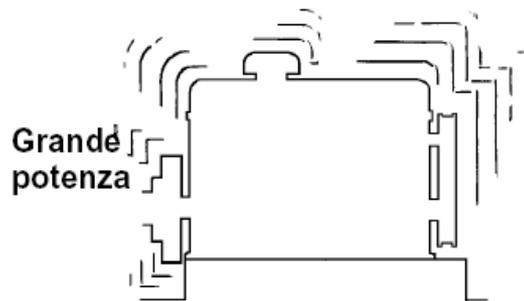


# Definizione di Vibrazione



In ogni macchina **ROTANTE**, la parte della forza che effettua il lavoro agisce **SULLA SUA MASSA**. Poiché nessuna struttura o macchina è perfettamente rigida, qualsiasi forza che agisce su di essa causerà **vibrazione**, ovvero un movimento periodico della massa intorno il suo punto di equilibrio.

# Tipologie di macchine



**Fino a un certo grado la vibrazione è tollerata, semplicemente perché non può essere evitata.**

**I macchinari sono progettati per sopportare una normale quantità di vibrazione per un lungo periodo di tempo.**

**Per giudicare le condizioni di una parte specifica dell'impianto, si deve stabilire il suo livello normale di vibrazione e fare i raffronti.**

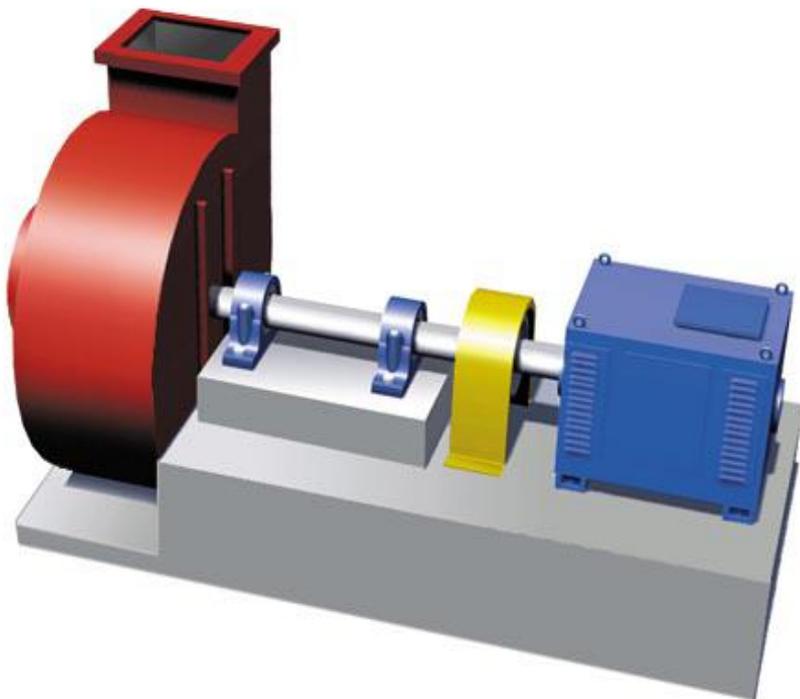
# Normative ISO 2372 - 10816

- Le letture della severità di vibrazione sono utili per una valutazione generale delle condizioni della macchina.
- Le macchine industriali devono essere suddivise in sei classi di vibrazione e vi sono dei valori limite per condizioni buone, accettabili e cattive.

**ISO 2372 10-1000 Hz**

**ISO 10816 2-1000 Hz**

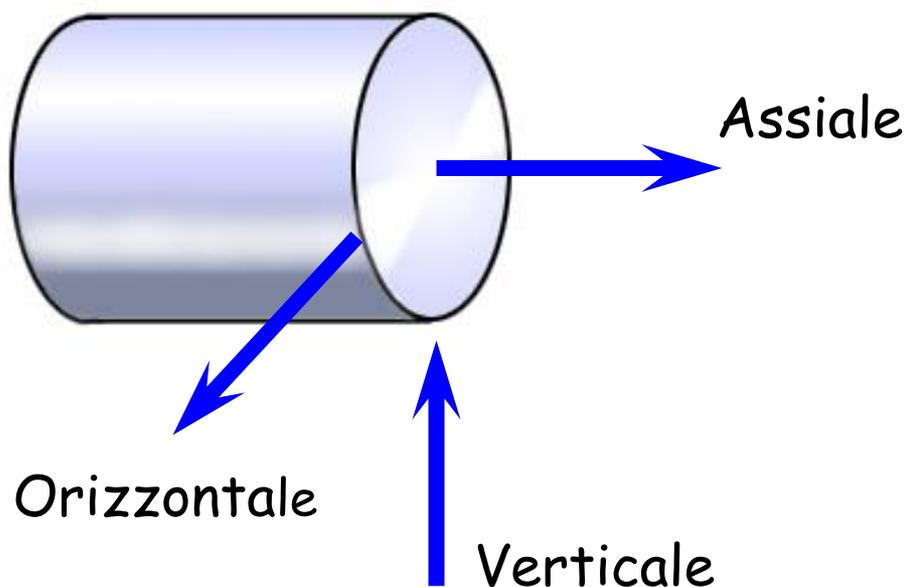
# Punti di misurazione per vibrazione



La vibrazione al punto di misurazione dovrebbe essere rappresentativa del modello di vibrazione totale della macchina. Le forze coinvolte sono generalmente trasmesse alla base della macchina attraverso i cuscinetti e i loro alloggiamenti. Di conseguenza, i punti di misurazione dovrebbero essere collocati sopra o vicino gli alloggiamenti dei cuscinetti.

Le protezioni delle macchine, i pannelli di copertura ed altre parti che sono considerevolmente meno rigide della struttura principale non sono adatte come punti di misurazione.

## Direzione della misurazione

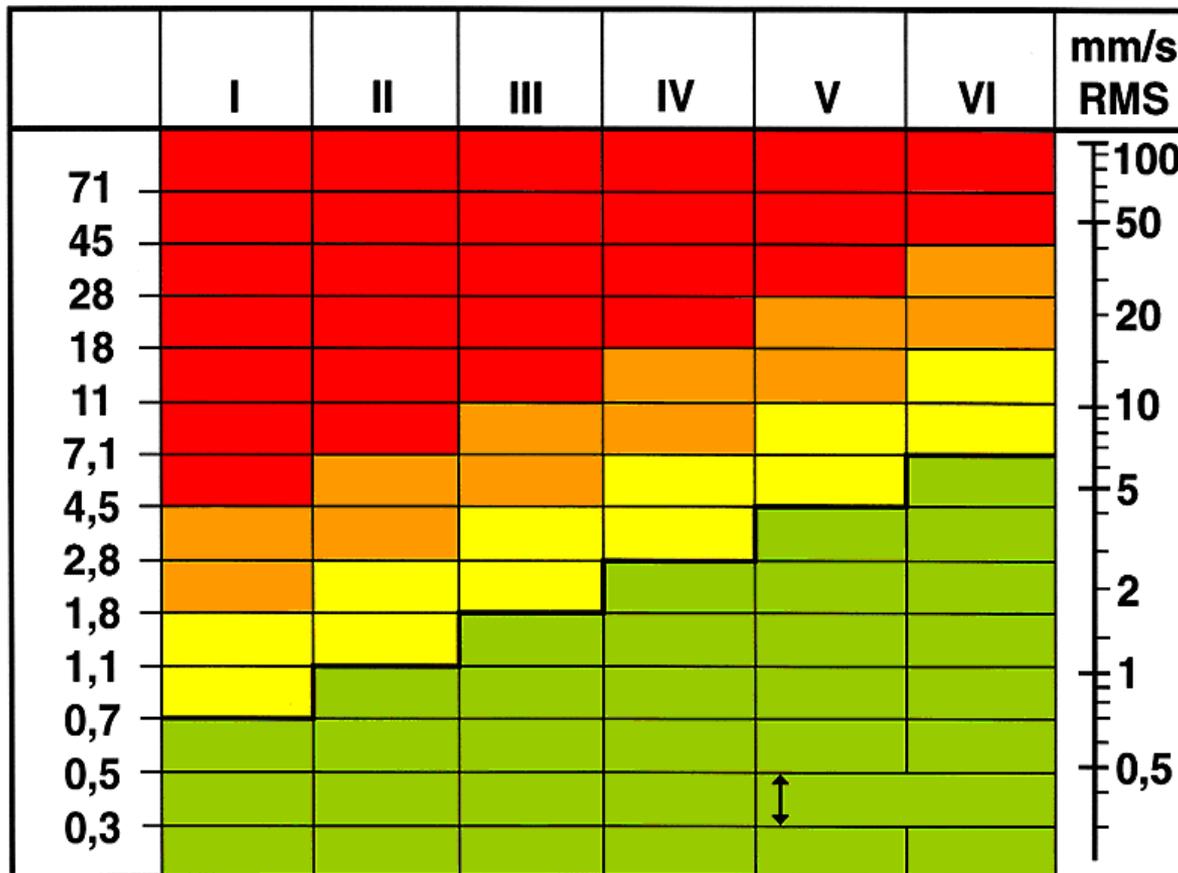


Le forze di sbilanciamento ruotano con l'albero e determinano vibrazioni radiali che agiscono in tutte le direzioni all'interno del piano di rotazione.

La vibrazione assiale, lungo la linea dell'albero, di solito è causata dall'allineamento difettoso, per esempio giunti di accoppiamento montati in maniera sbagliata, oppure alberi flessi.

La pratica normale è raccogliere letture in tre direzioni per ogni punto di misurazione: verticale (V), orizzontale (H) e assiale (A). Delle due misure radiali, una lettura nella direzione verticale tende a dare informazioni sulla debolezza strutturale. La lettura orizzontale è più rappresentativa delle condizioni di equilibrio.

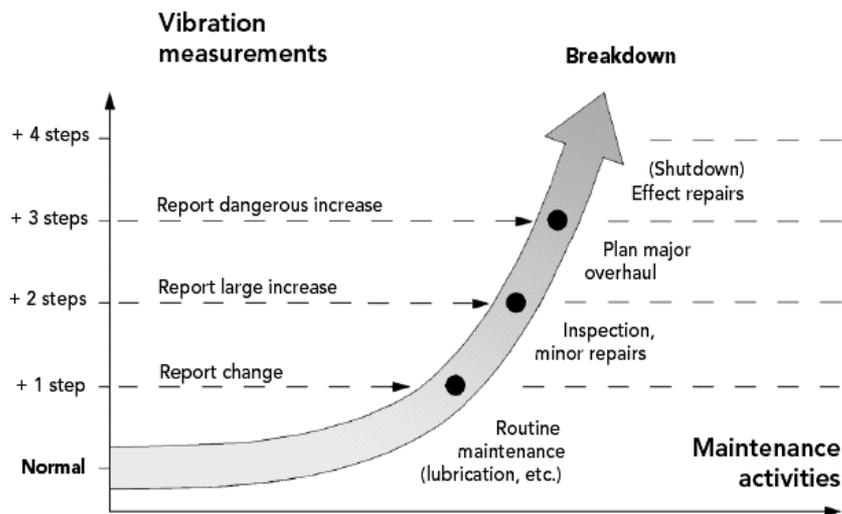
# ISO 2372 - 10816



**KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM**

Vietata la riproduzione parziale o totale del presente documento senza espressa autorizzazione di SPM Instrument Srl

# Deviazione dei valori di vibrazione globale e loro pericolosità



Lo scopo principale delle misurazioni della severità di vibrazione è scoprire un aumento o una diminuzione significativa nel livello di vibrazione di una macchina, ed indirizzare il lavoro di manutenzione in maniera appropriata. Il dato importante è il livello di variazione, non la lettura delle vibrazioni. Segnalare la variazione in “livelli in aumento” e “livelli in diminuzione” è il modo più semplice per indicare quanto è vasto ed urgente un problema di manutenzione

# EVAM<sup>®</sup>

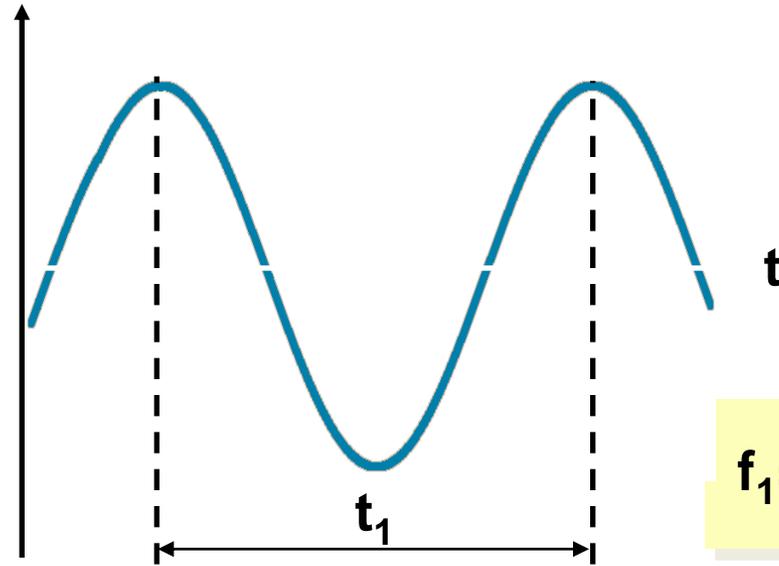
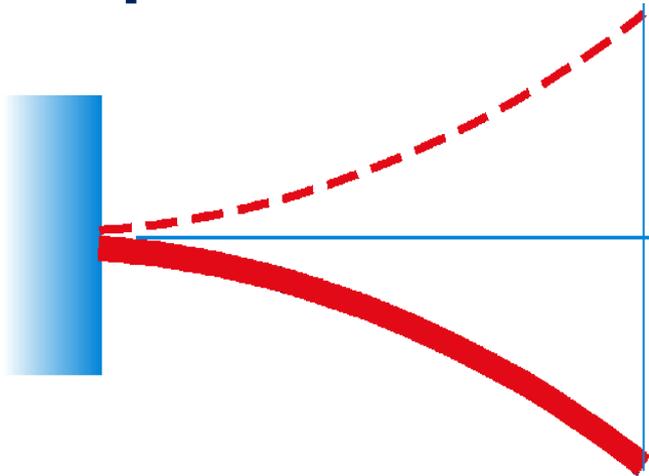
Metodo  
dell'analisi  
valutata  
delle vibrazioni



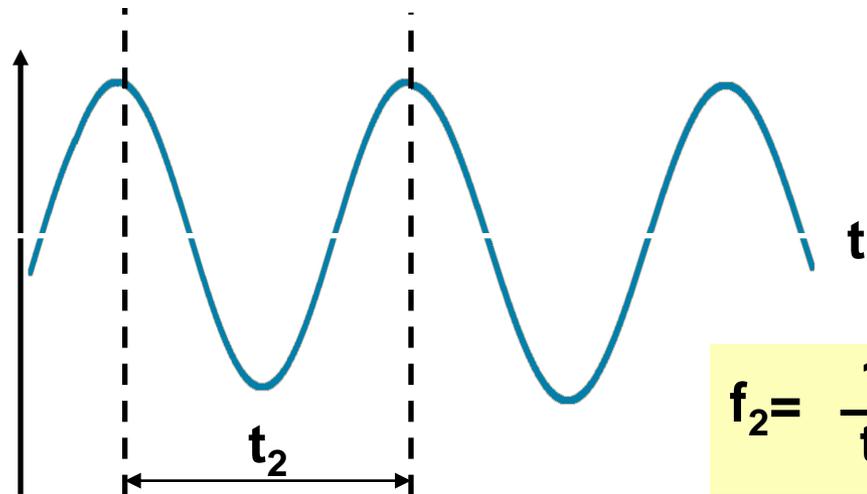
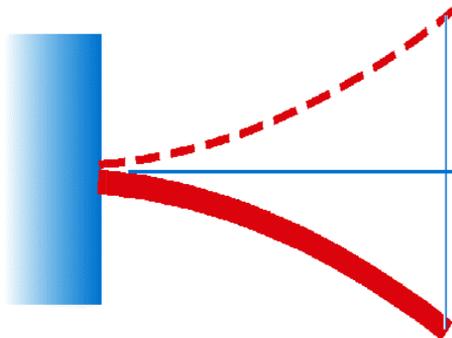
**KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM**

Vietata la riproduzione parziale o totale del presente documento senza espressa autorizzazione di SPM Instrument Srl

# Frequenza:

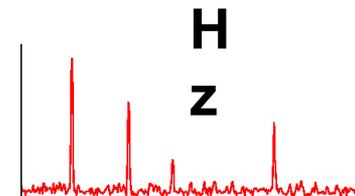
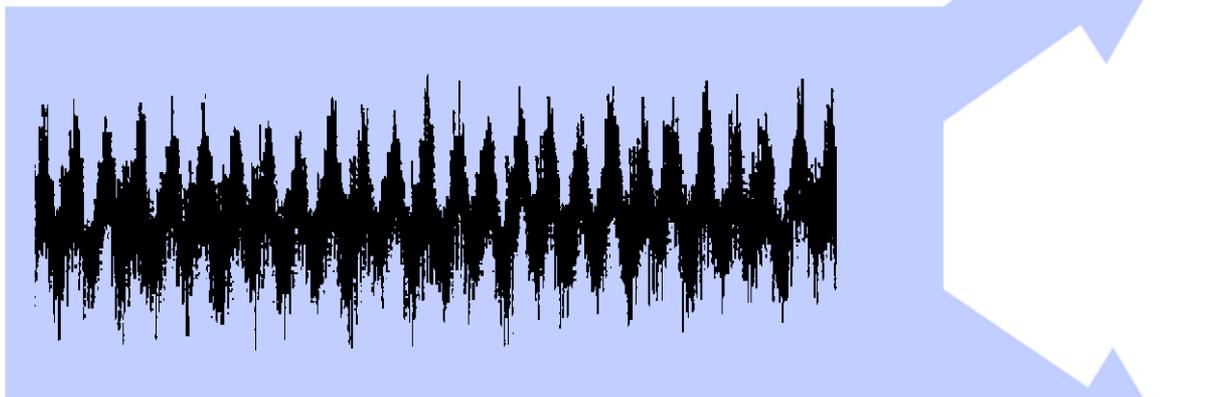


$$f_1 = \frac{1}{t_1}$$



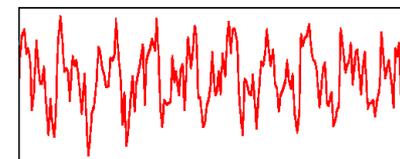
$$f_2 = \frac{1}{t_2}$$

# Due modi per descrivere la vibrazione



**Dominio della  
frequenza**

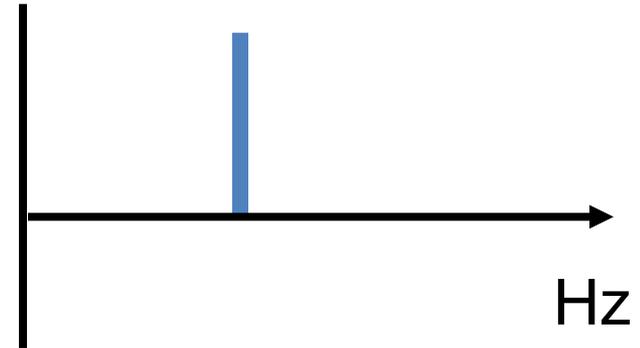
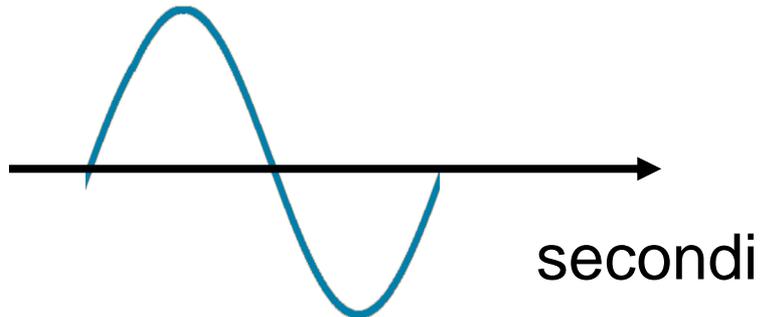
**Dominio del tempo**



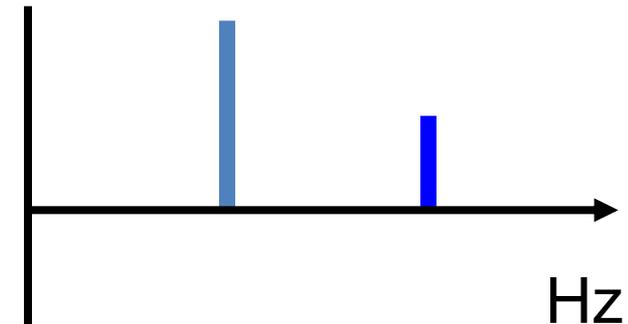
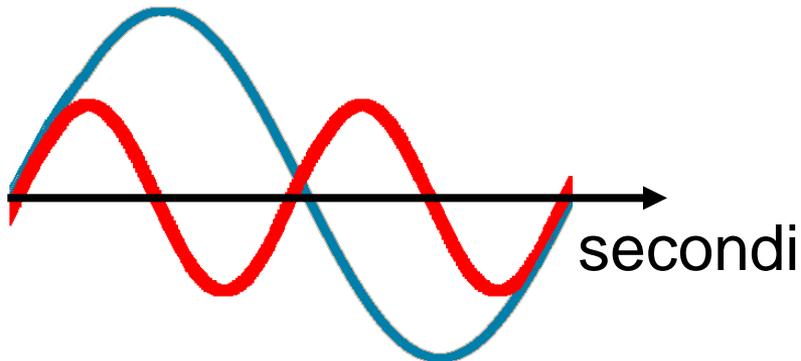
**secondi**

# Frequenze di onde sinusoidali

## Sinusoide pura



## 2 sinusoidi

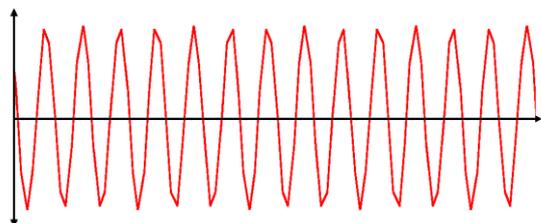


Dominio del  
tempo

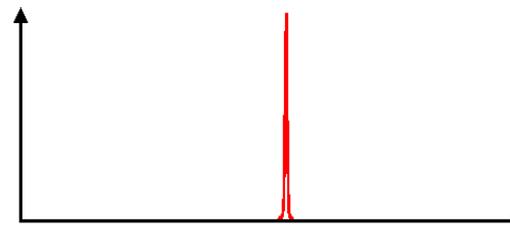
Dominio della  
frequenza

# Onde sinusoidali, moto complesso

## Sinusoidi pure

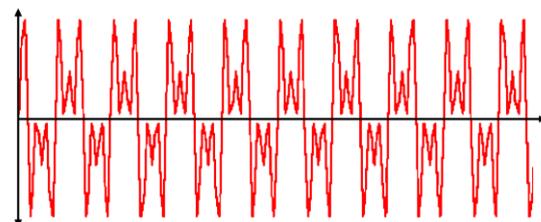


secondi

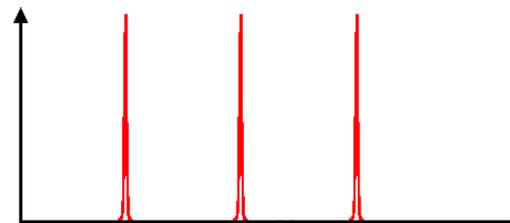


H  
Z

## 3 sinusoidi

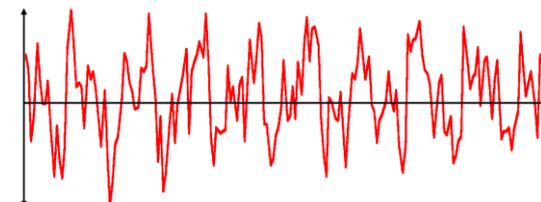


secondi

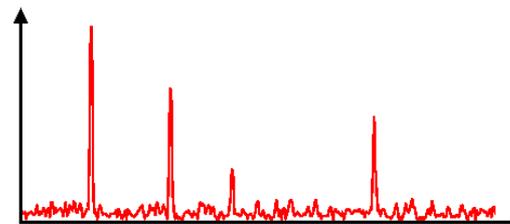


H  
Z

## Moto complesso

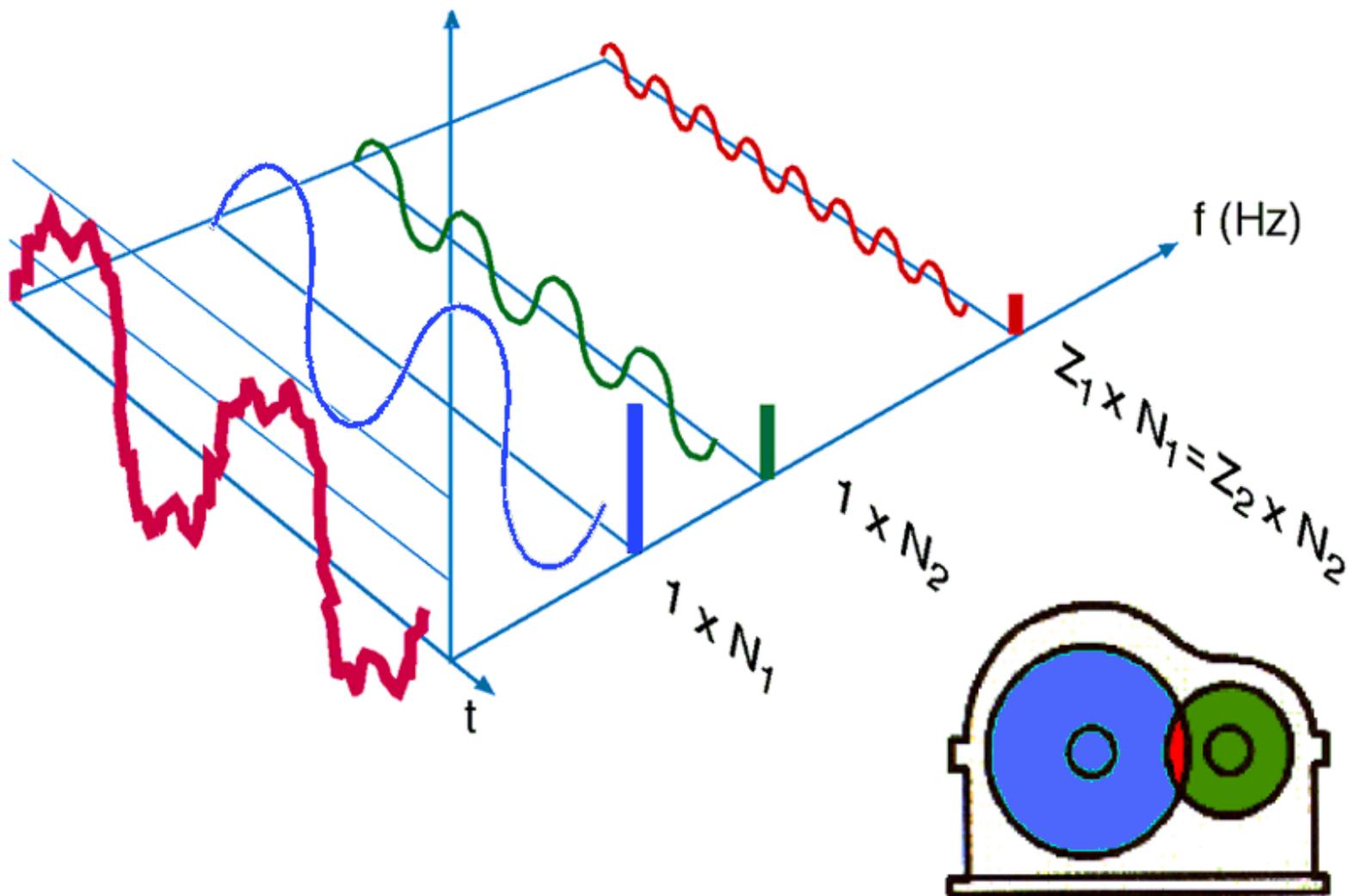


secondi



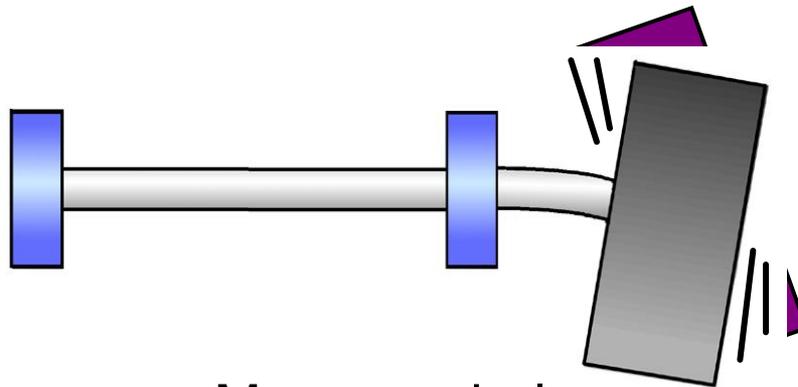
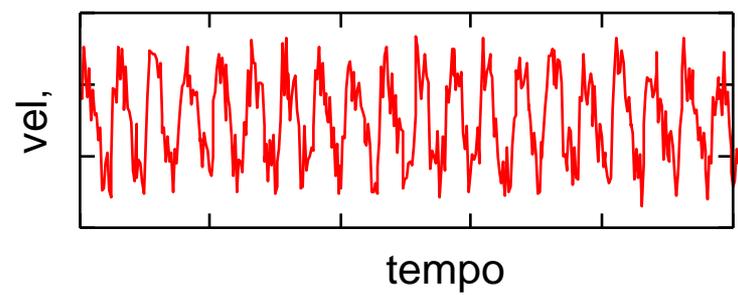
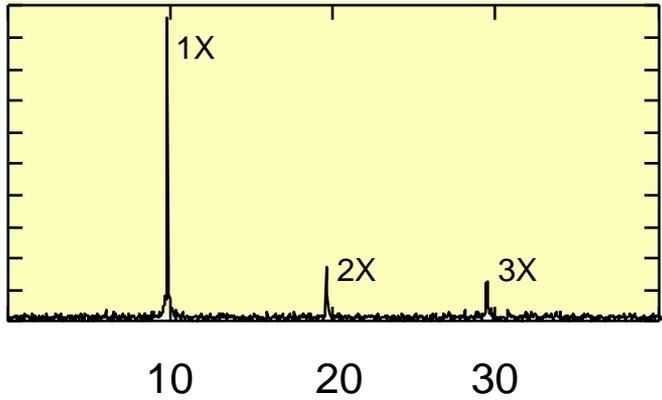
H  
Z

# Frequenze caratteristiche di parti di macchine



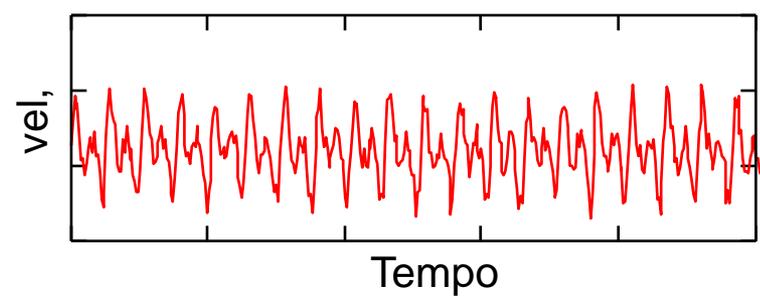
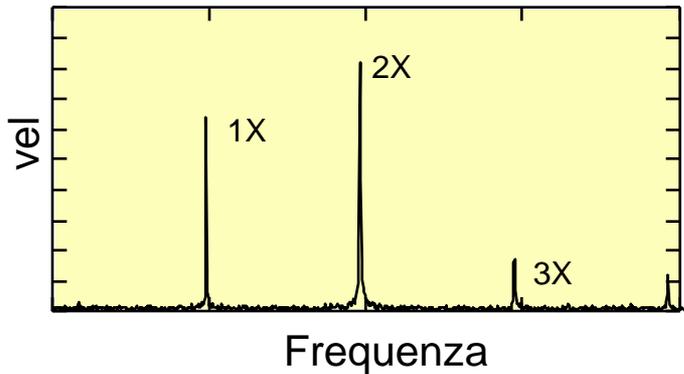
# PRINCIPALI SINTOMI E LORO RICONOSCIMENTO

# Squilibrio



Massa a sbalzo

# Disallineamento



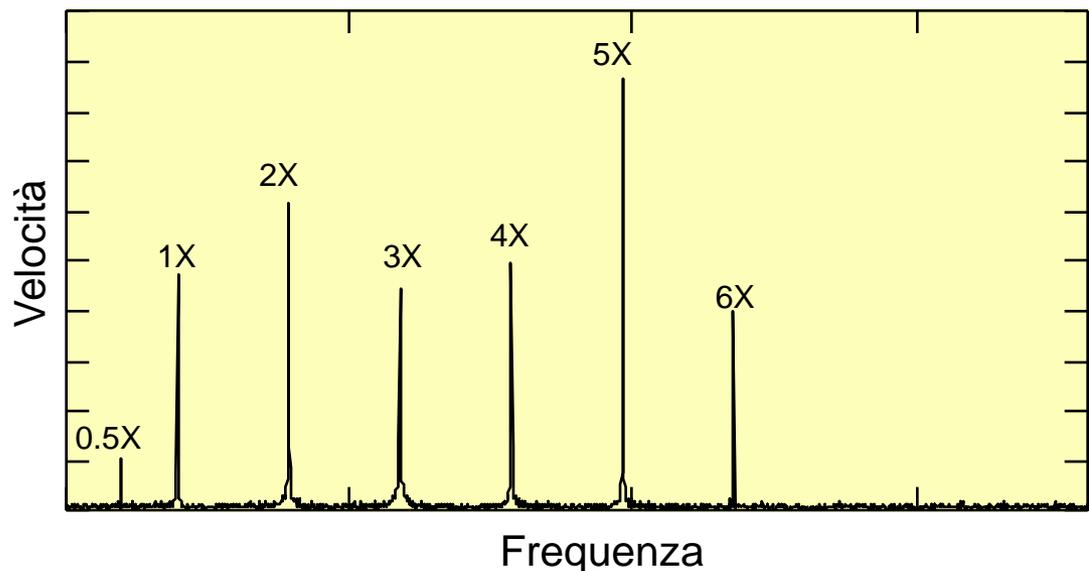
## Di parallelismo

Radiale, 2X domina su 1X.

## Angolare

Assiale a 1X e 2X.

# Allentamento meccanico



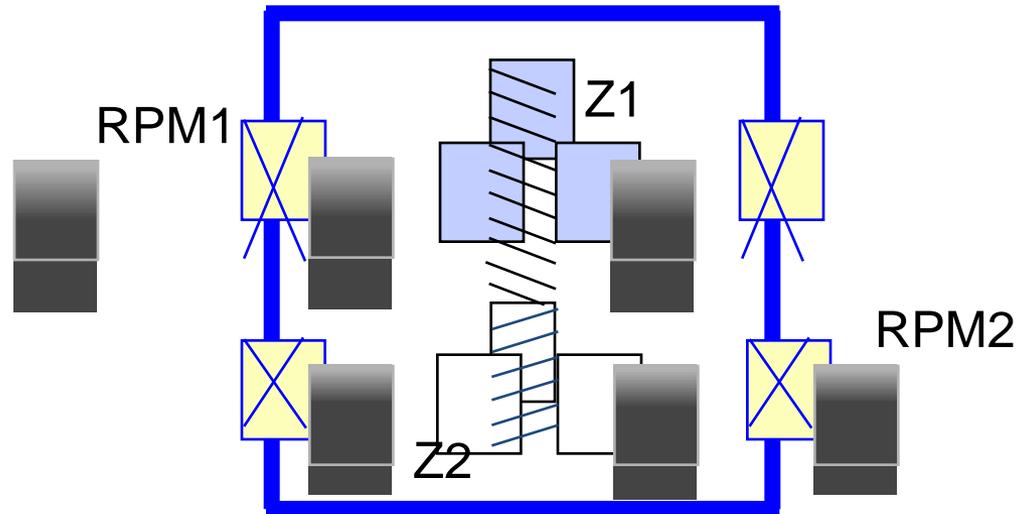
Due tipi:

Rotante o non rotante.

Entrambi i tipi sono meccanici non lineare

che producono armoniche della velocità di rotazione

# Riduttore

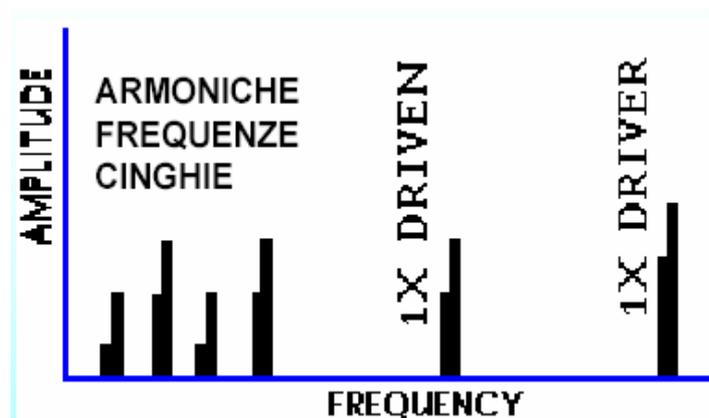
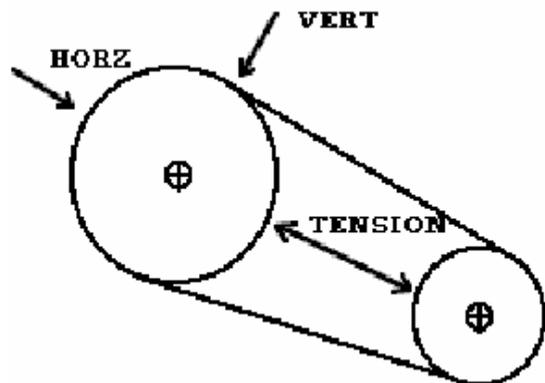


$$Z1 \cdot \text{RPM1} = Z2 \cdot \text{RPM2}$$

dove Z = n. di denti e RPM la velocità dell'albero

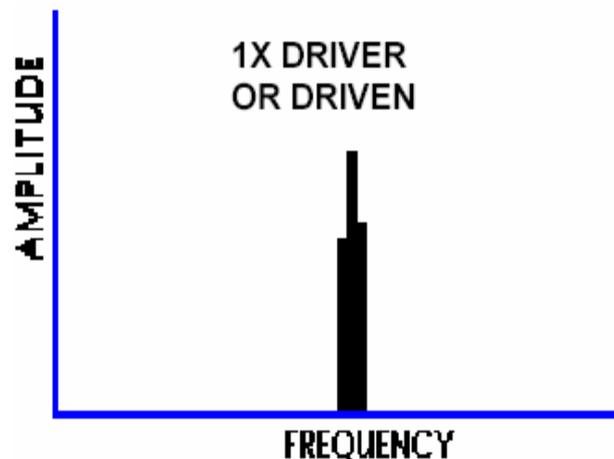
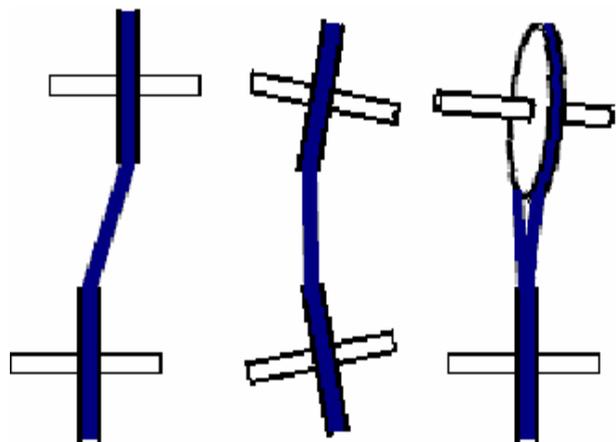
**Ingranaggi che si accoppiano producono un'unica "Frequenza di Ingranamento"**

# Problemi delle cinghie: Usura, allentamento, cinghie non corrette



- Spesso dominante la freq. a 2X RPM Spesso dominante la freq. a 2X RPM
- Intensità normalmente instabile, talvolta pulsante a freq. pari alla motrice oppure alla parte trascinata
- Usura o allentamento delle cinghie danno origine ad intensità pari alla frequenza delle stesamento delle cinghie
- La frequenza delle cinghie è sempre inferiore a quelle della parte trascinata o trascinante

# Problemi delle cinghie: Disallineamento cinghia/puleggia



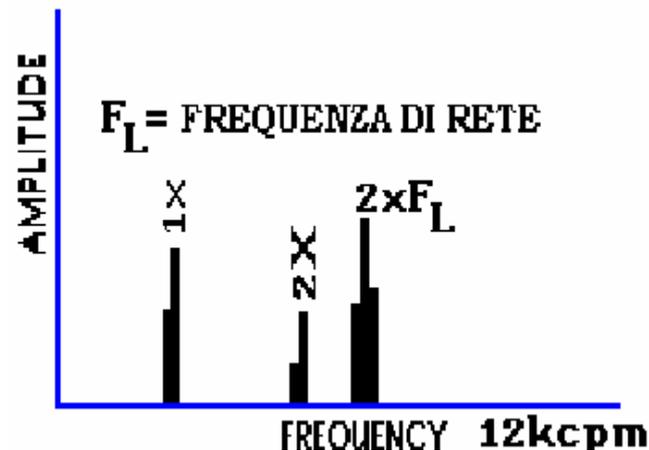
- Disallineamento della Puleggia genererà vibrazioni elevate in assiale a 1X RPM
- Spesso elevate intensità sul motore saranno presenti agli RPM della parte trascinata

# Problemi elettrici

**ECCENTRICITA' STATORICA E  
ROTORICA**

**PARTI METALLICHE ALLENTATE**

**PARTI IN CORTO**



- Problemi statorici generano intensità elevata a  $2F_L$  ( $2X$  frequenza di rete )
- Eccentricità statorica produce una riduzione di intraferro, con vibrazioni elevate in una certa direzione
- Il piede zoppo crea una eccentricità statorica

# Frequenza prodotte da Motori Elettrici

Frequenza di linea. (FL) = 50Hz = 3000 cpm.

60HZ = 3600 cpm

N°. di poli (P)

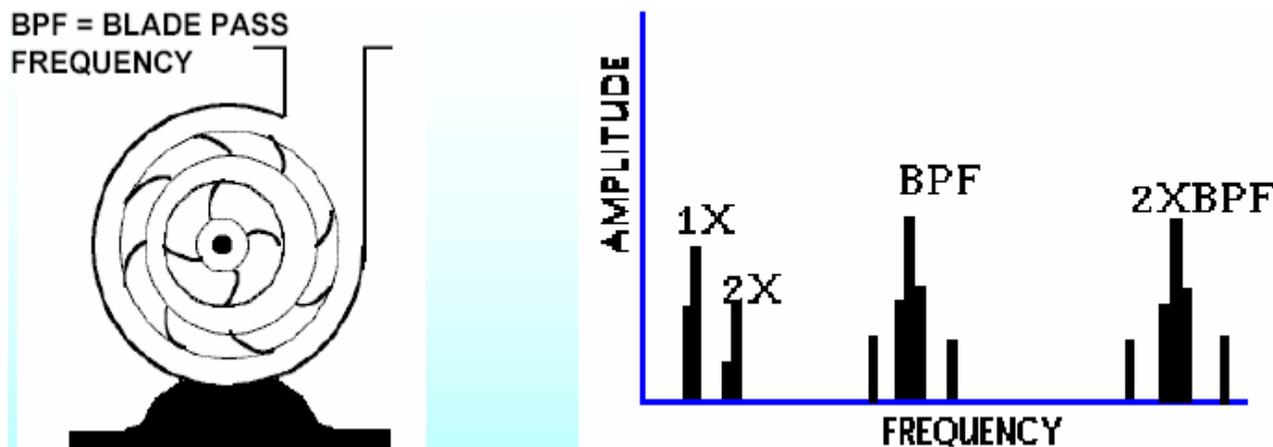
Freq. passaggio Barre Rot. (Fb) = N° Barre X RpmRotore

Velocità Sincrona (Ns)=  $\frac{2 \times FL}{P}$

Frequenza di Slittamento ( FS)= Ns–Rpm

Freq. Passaggio Poli (F<sub>p</sub>)=F<sub>s</sub> x N° di Poli

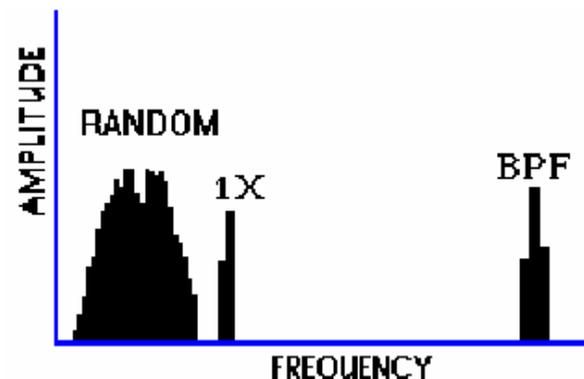
# Forze idrauliche e aereodinamiche



- Se l'intraferro tra vani e voluta non risultasse uniforme, la freq. relativa al passaggio palette (BPF) risulterà elevata
- Elevata BPF può essere presente se gli anelli di tenuta risultano usurati o grippati, usura della girante. Irregolarità del fluido.
- Eccentricità rotorica può causare intensità eccessive a BPF

# Forze idrauliche e aereodinamiche

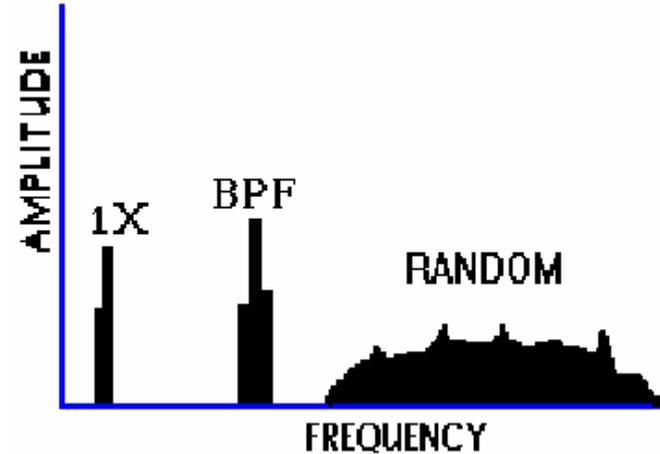
## TURBOLENZA DEL FLUSSO



- Turbolenza del flusso spesso avviene in una soffiante quando vi sono repentine variazioni di pressione o velocità dell'aria nelle condutture
- Si generano frequenze di vibrazioni random in un campo compreso tra 50 -2000 CPM

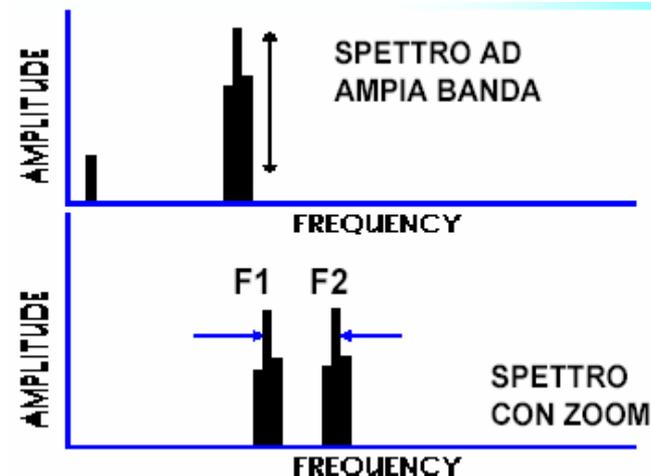
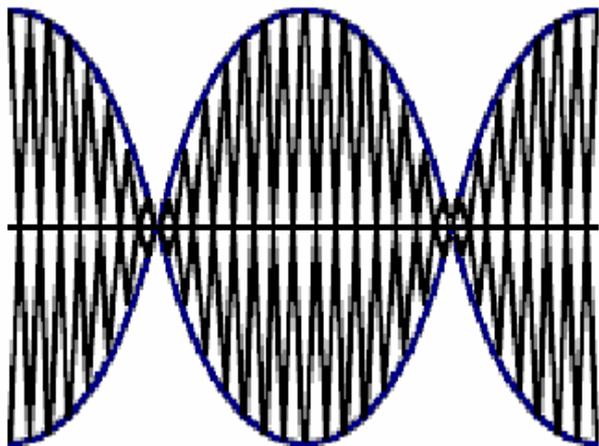
# Forze idrauliche e aereodinamiche

## CAVITAZIONE



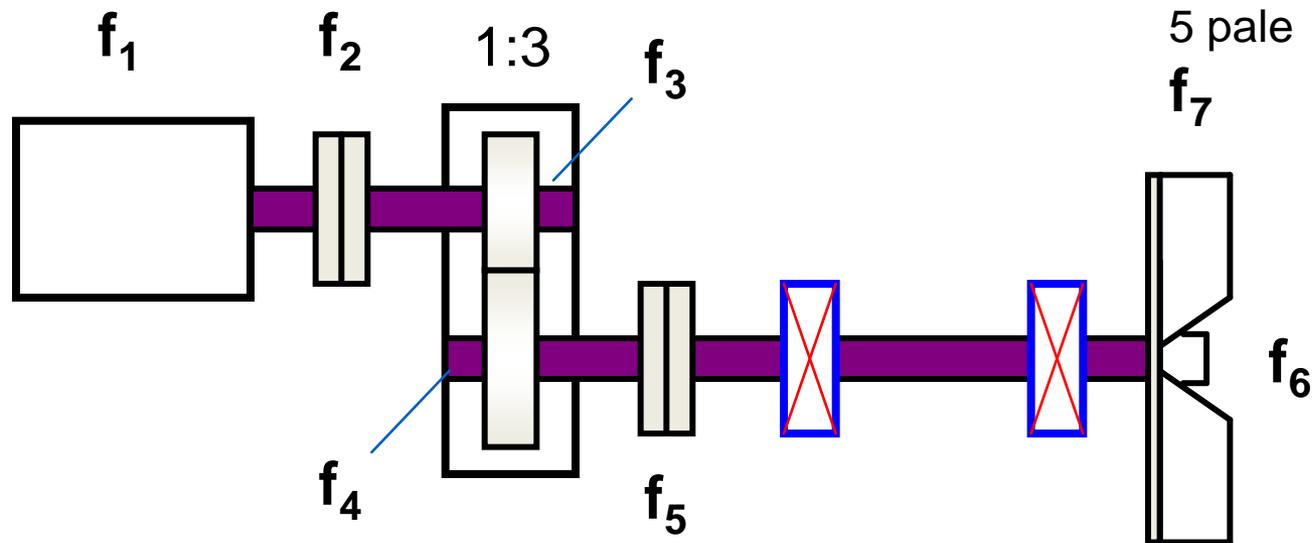
- La cavitazione genererà in modo casuale , una banda energetica ad alta frequenza con base imposta da BPF e armoniche
- Normalmente indica inadeguata pressione in aspirazione
- Erosione della girante o della cassa può avvenire se non si eseguono controlli periodici
- Il rumore generato sembra come ghiaia passante nella pompa

# Battimenti

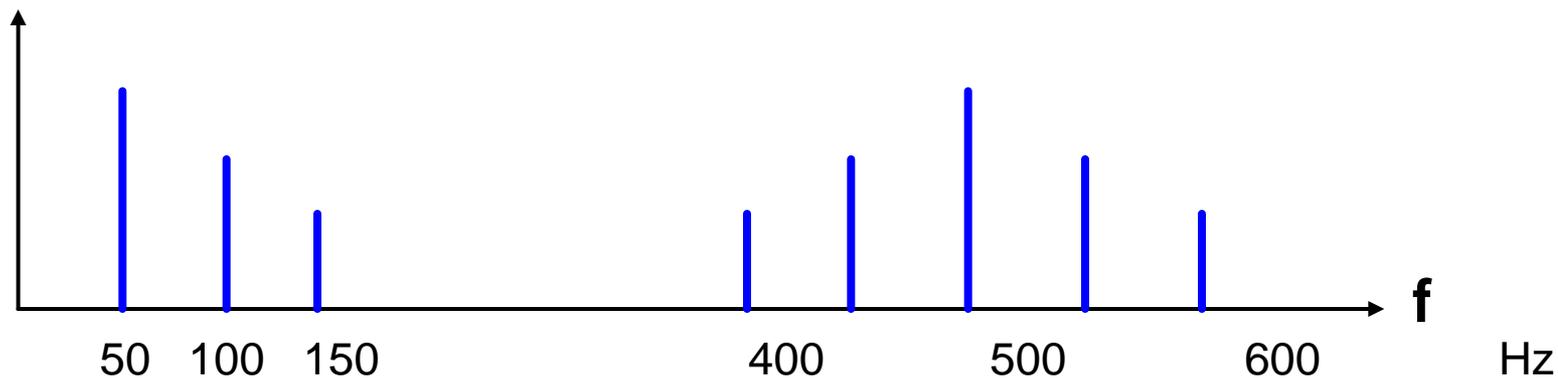
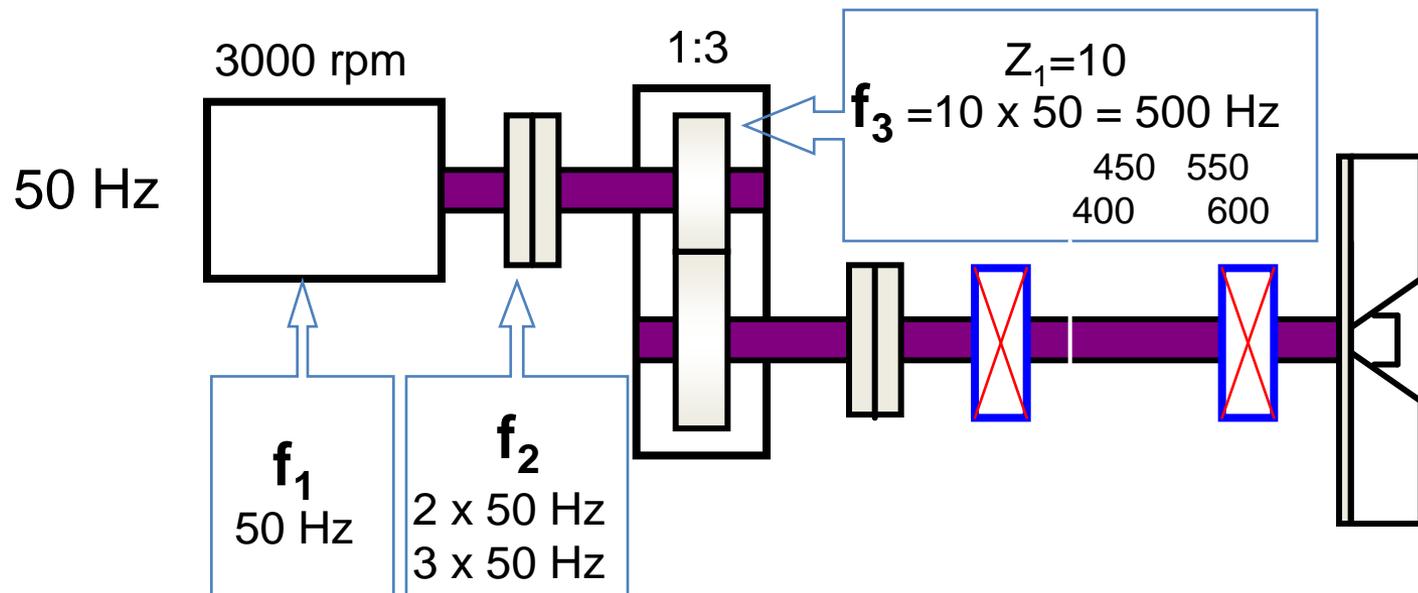


- Un battimento è il risultato di due freq. molto prossime tra loro che risultano in e fuori fase tra loro
- Un'analisi a larga banda visualizzerà un picco che pulsa su e giù
- La differenza tra i due picchi è la freq. di battimento che risulta inoltre presente nell'analisi a larga banda

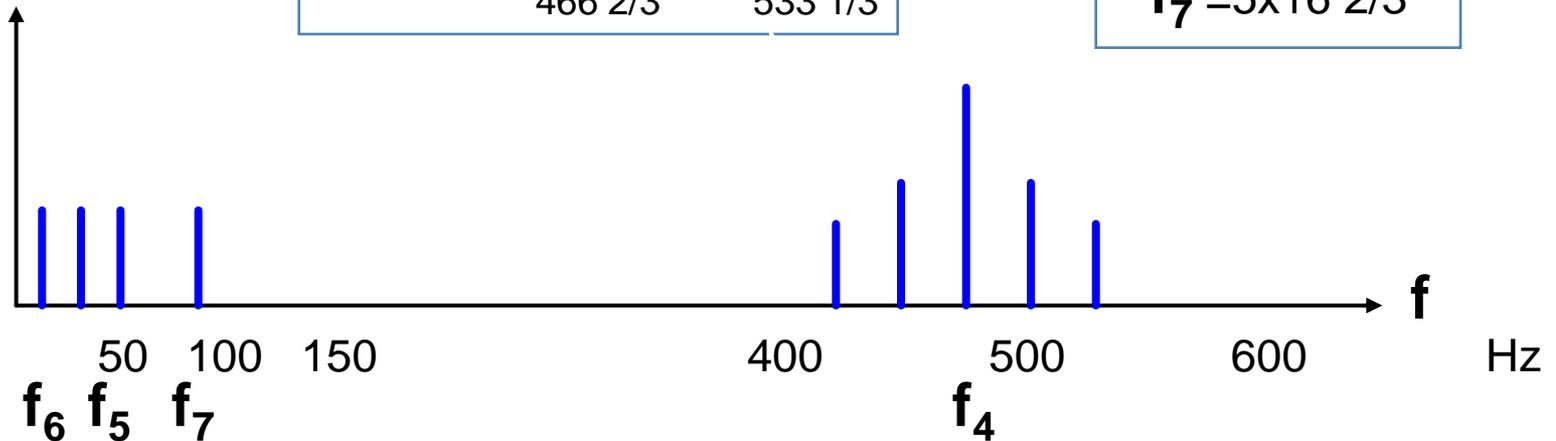
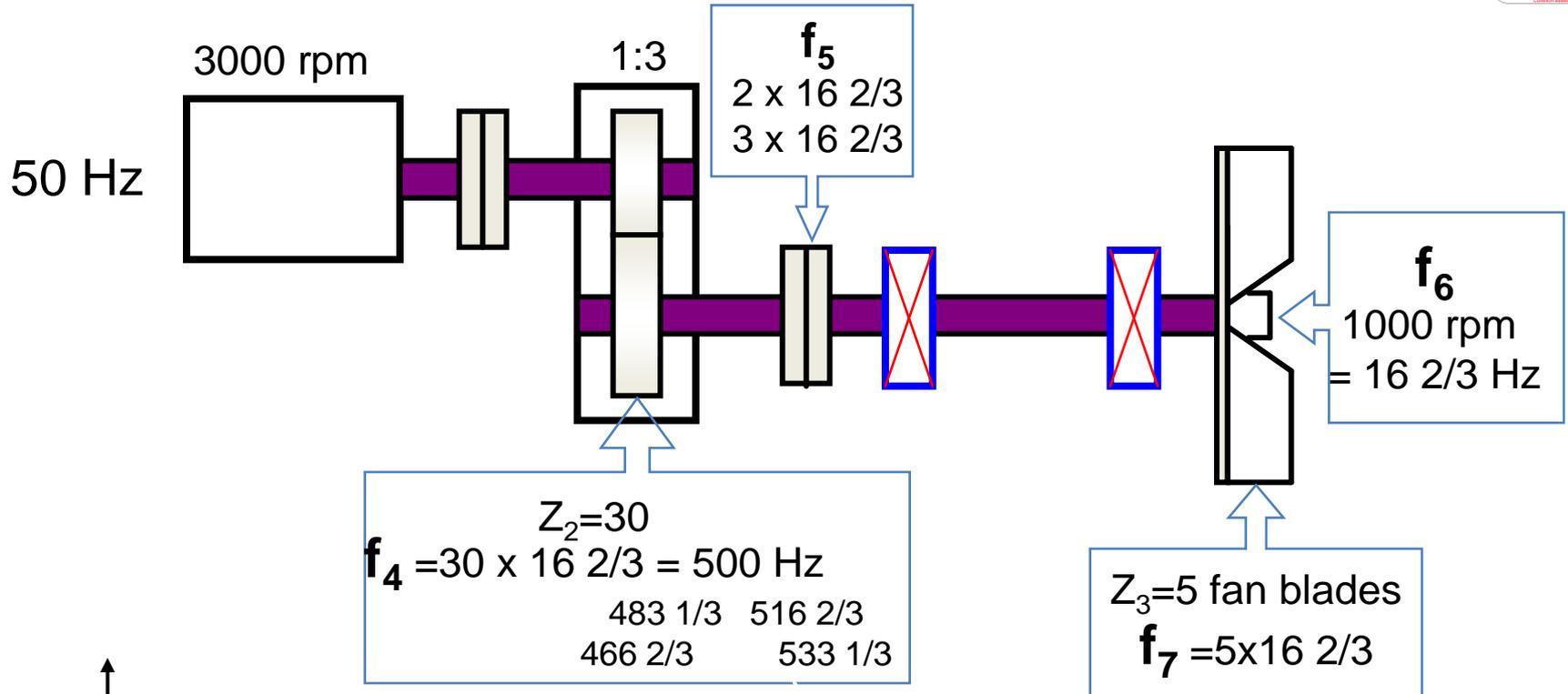
# Applicazione pratiche: Metodo EVAM



# Applicazione pratiche: Metodo EVAM



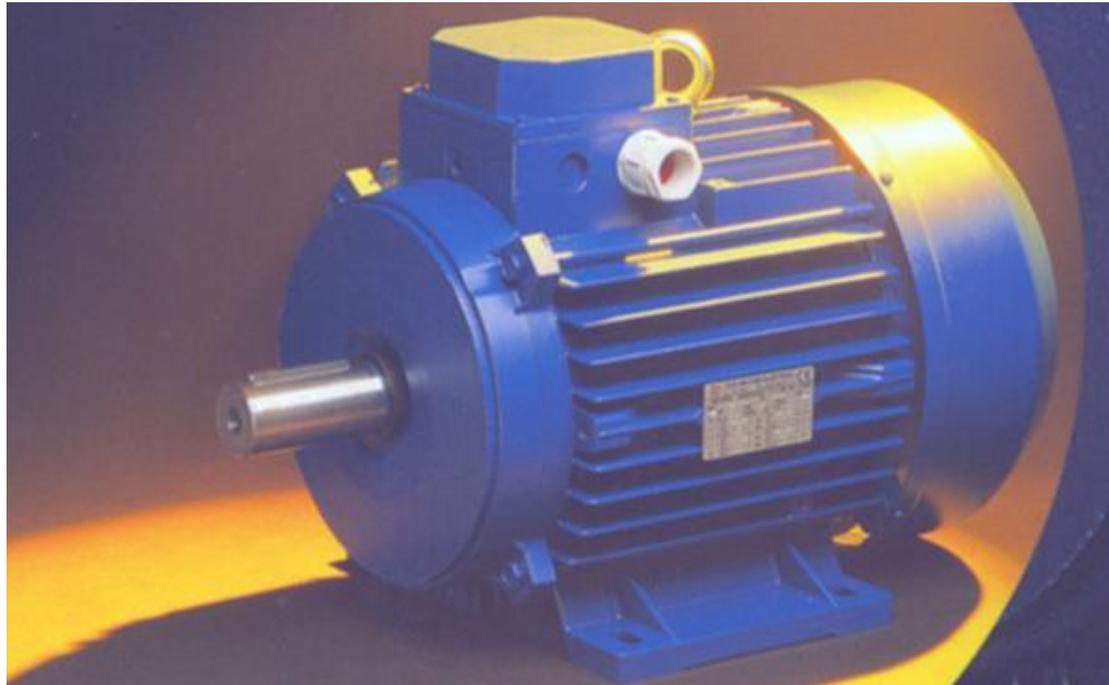
# Applicazione pratiche: Metodo EVAM



**KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM**

# Motor Testing

## Principi ed applicazioni



**KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM**

Vietata la riproduzione parziale o totale del presente documento senza espressa autorizzazione di SPM Instrument Srl



# Manutenzione su condizione di motori elettrici con AT PRO

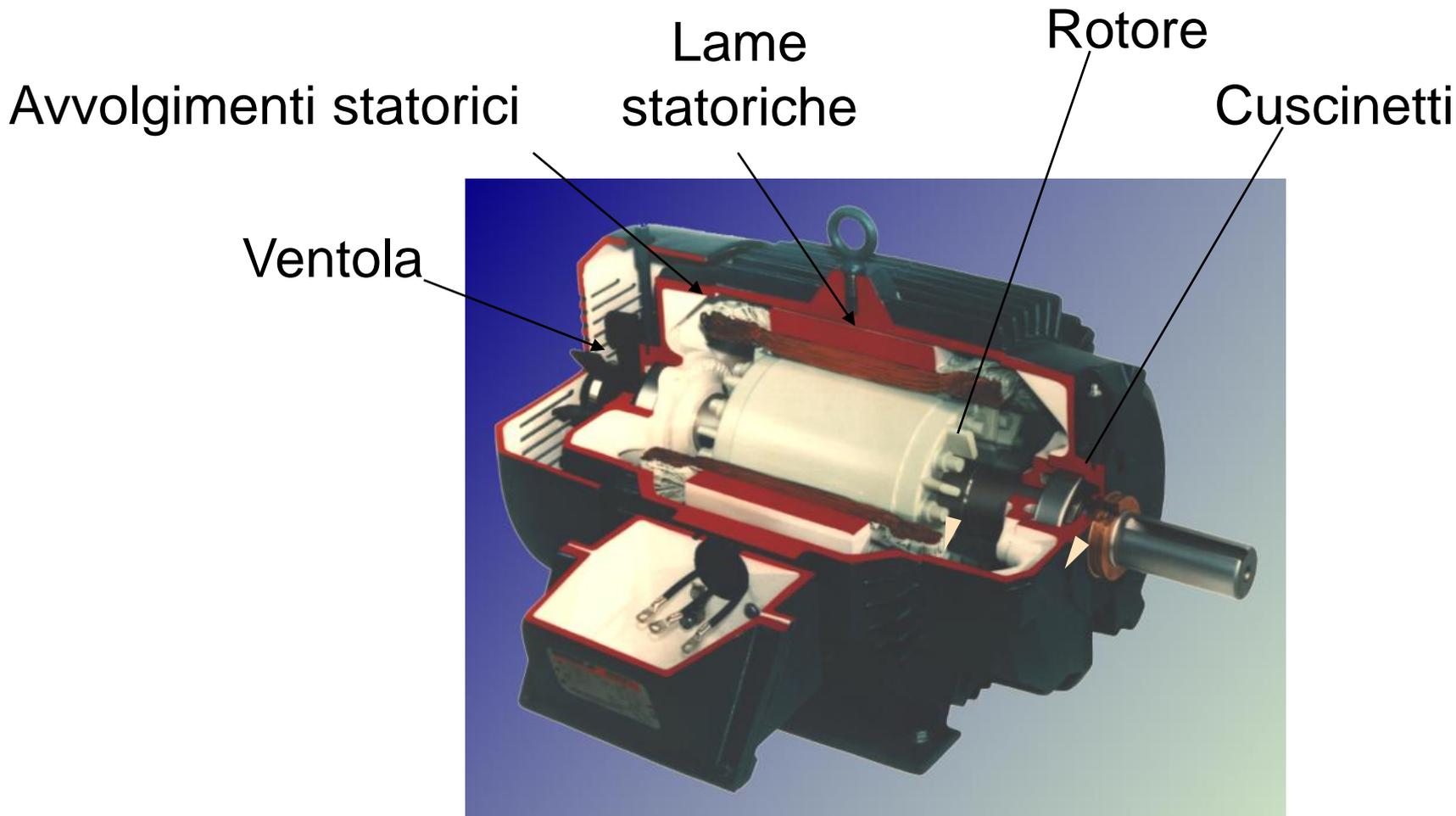
MCA (motor circuit analysis).  
ESA (electrical signature analysis)

## Opportunità di efficientamento energetico

# Finalità del Motor Testing

- Effettuare una diagnosi completa dello stato di “salute” del motore (difetti agli avvolgimenti, al rotore, alle connessioni).
- Stimare la vita residua e affidabilità del motore.
- Risparmio energetico

# Il Motore a induzione



**KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM**

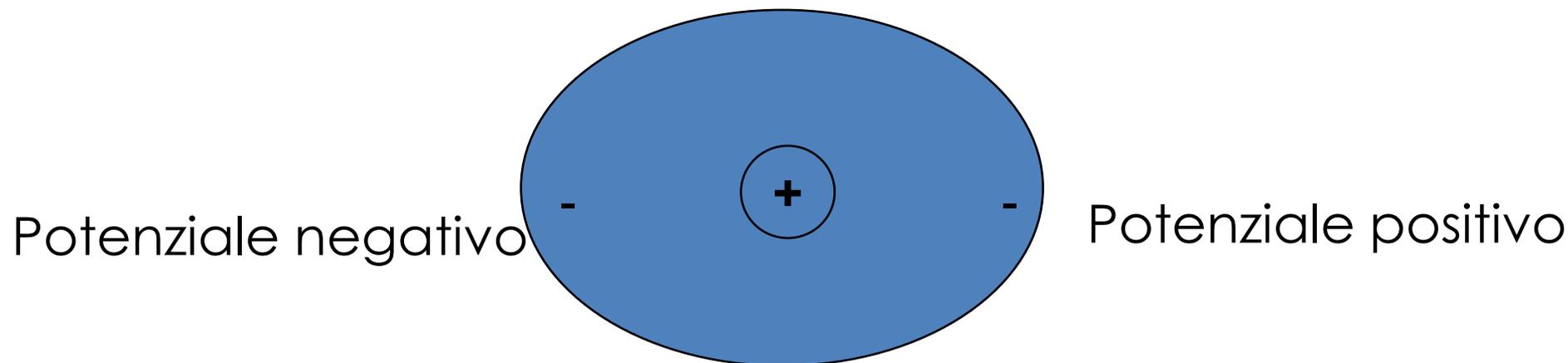
Vietata la riproduzione parziale o totale del presente documento senza espressa autorizzazione di SPM Instrument Srl

# Isolante statorico

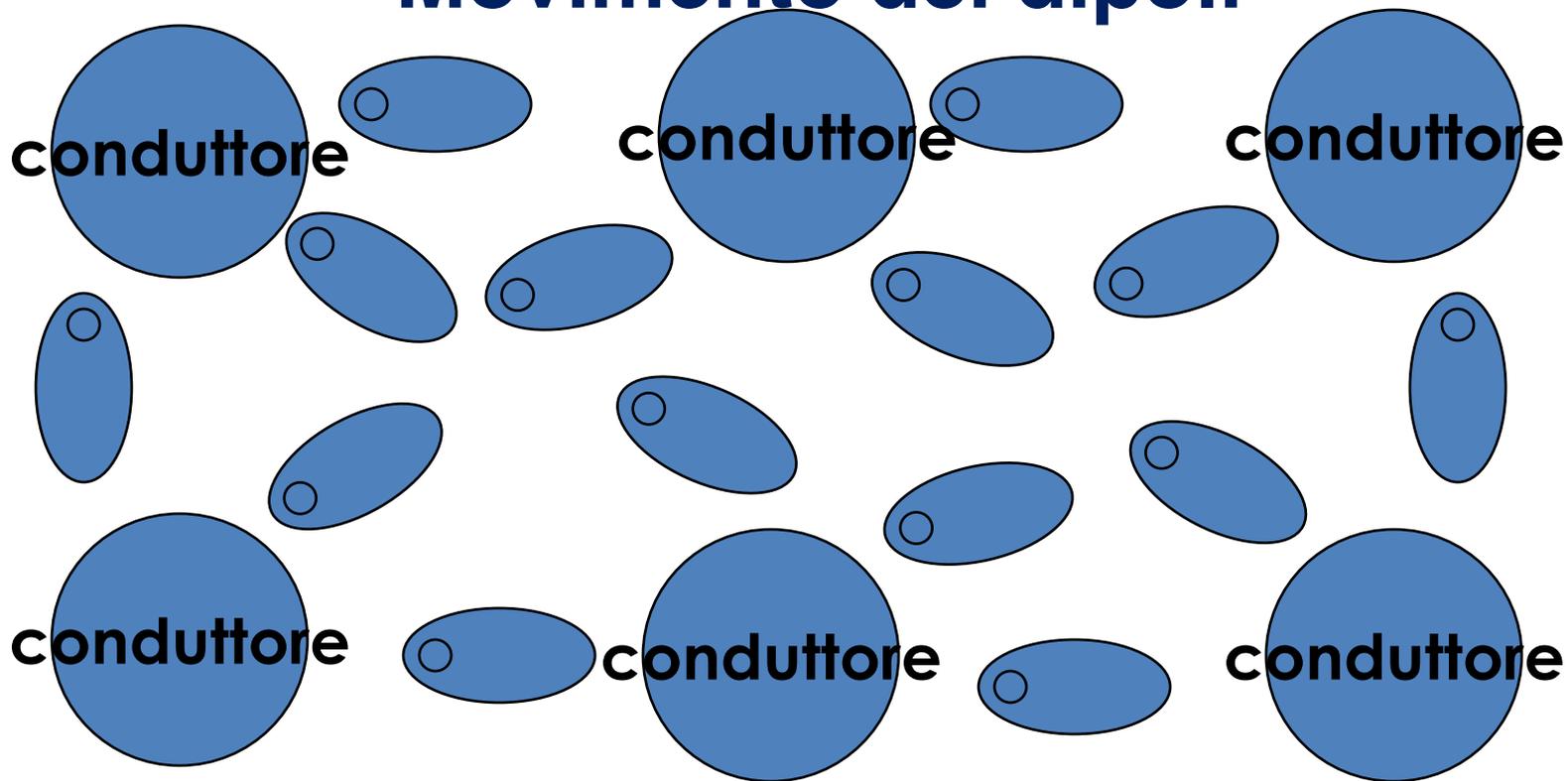
Si comporta come un dielettrico

# Il dipolo elettrico

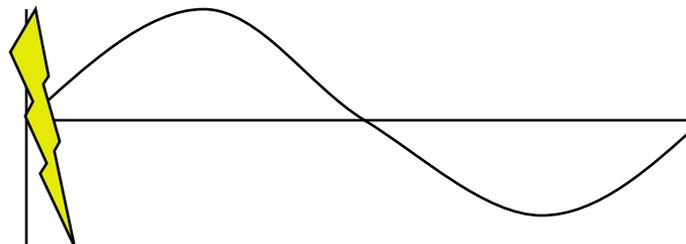
- L'orbita dell'elettrone si decentra, la capacità dell'isolante aumenta.
- Interrompendo il campo elettrico, gli atomi ritornano alla loro posizione originaria rilasciando l'energia accumulata (es. la scarica che si percepisce qualora a seguito di una prova di isolamento col Meger si va a toccare il terminale del circuito).
- L'atomo diventa più resistivo al passaggio di corrente elettrica fino al valore massimo di resistività dielettrica.



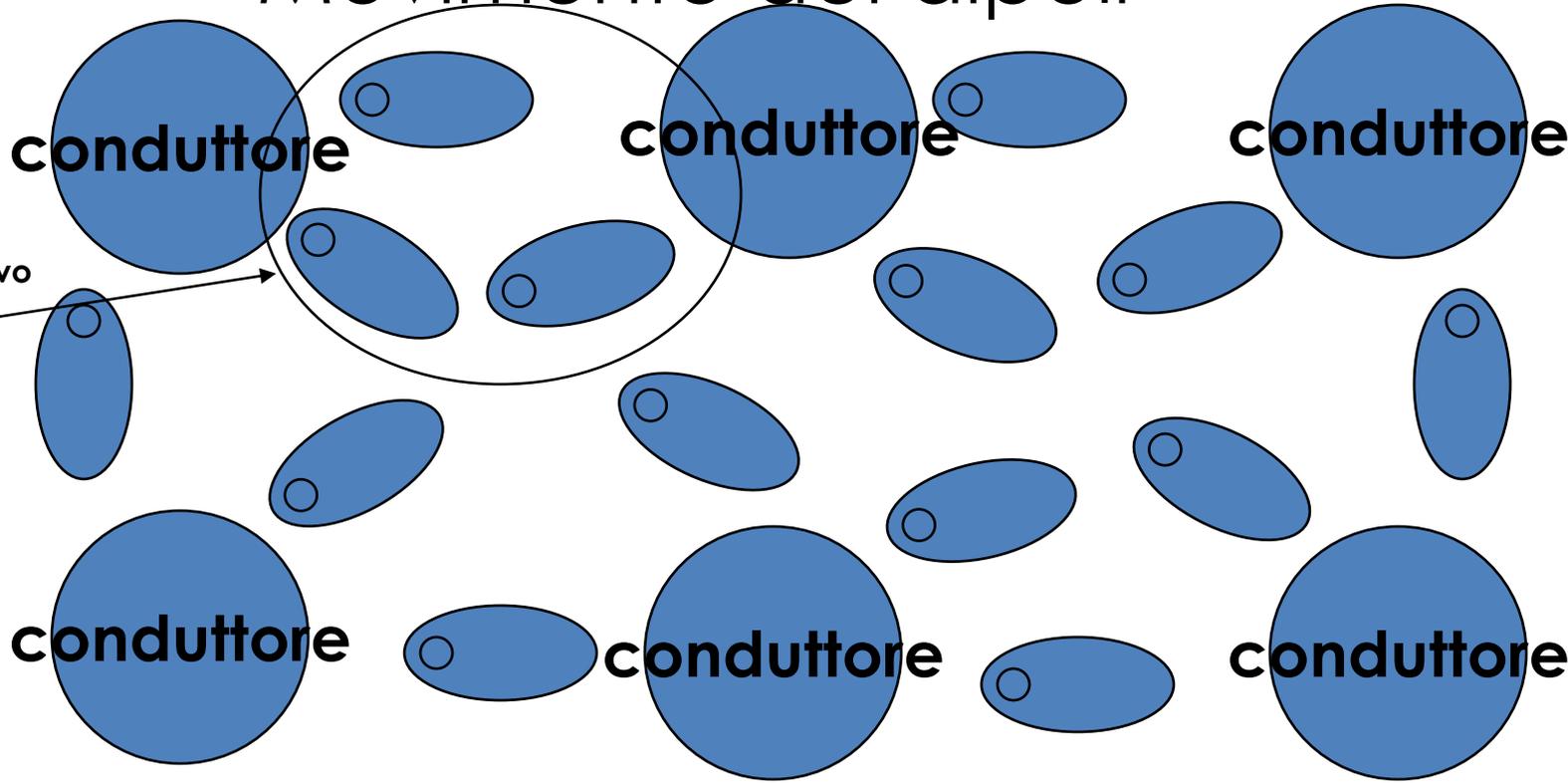
# Movimento dei dipoli



**Isolante OK**



# Movimento dei dipoli



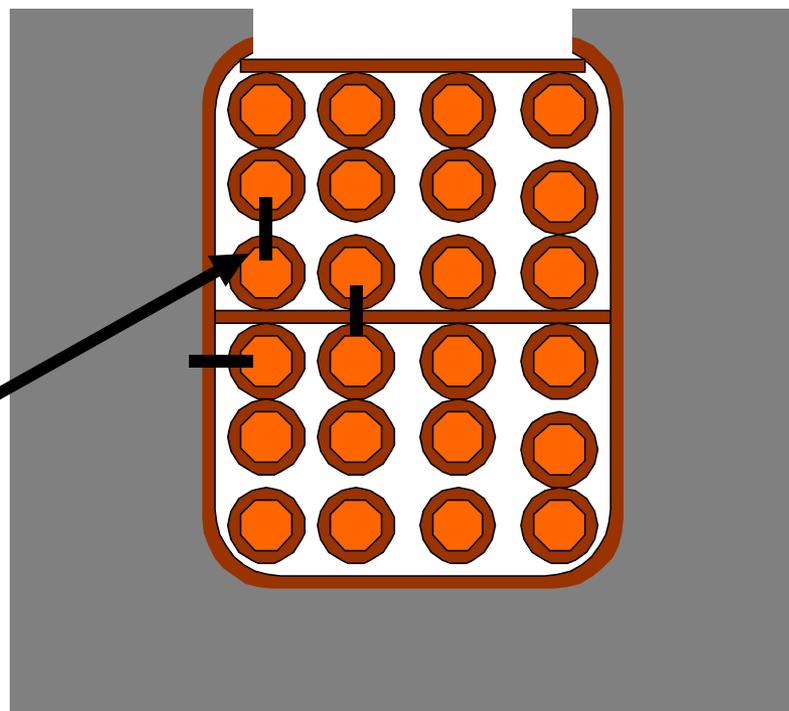
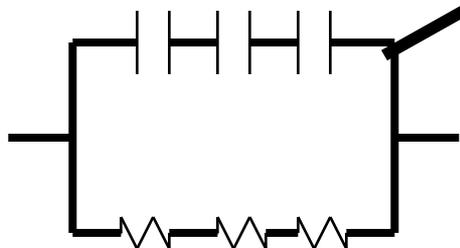
**Isolante con difetto**

# In sintesi

- L'isolante è un dielettrico.
- Il campo elettrico induce la polarizzazione degli atomi con conseguente variazione della capacitanza.
- I dipoli si orientano man mano che la tensione e la corrente aumenta creando una continua variazione della capacitanza
- Il Motor Testing eccita l'isolante a bassa tensione e a frequenza variabile. Piccoli difetti influenzano la capacitanza del sistema .
- Il Motor Testing permette l'individuazione dei difetti in uno stadio molto prematuro permettendo di seguirne l'evoluzione nel tempo eliminando i guasti improvvisi e i rischi ad essi collegati.

# Modi di guasto di un avvolgimento statorico

- Filo-Filo
- Matassa-Matassa
- Circuito aperto
- Fase-Fase
- Fase verso terra



# Evolversi del guasto

- Il guasto ad un motore elettrico è inevitabile e solo questione di tempo

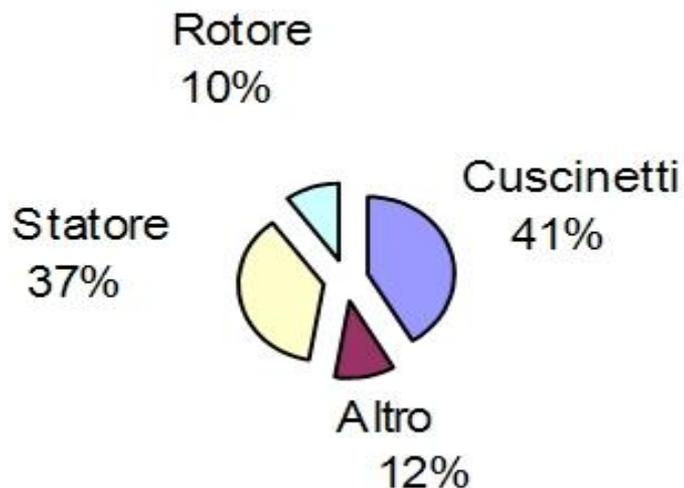
Video ripreso all'avvio di un motore elettrico.

Molti dei guasti nascono come filo-filo e poi terminano in guasti

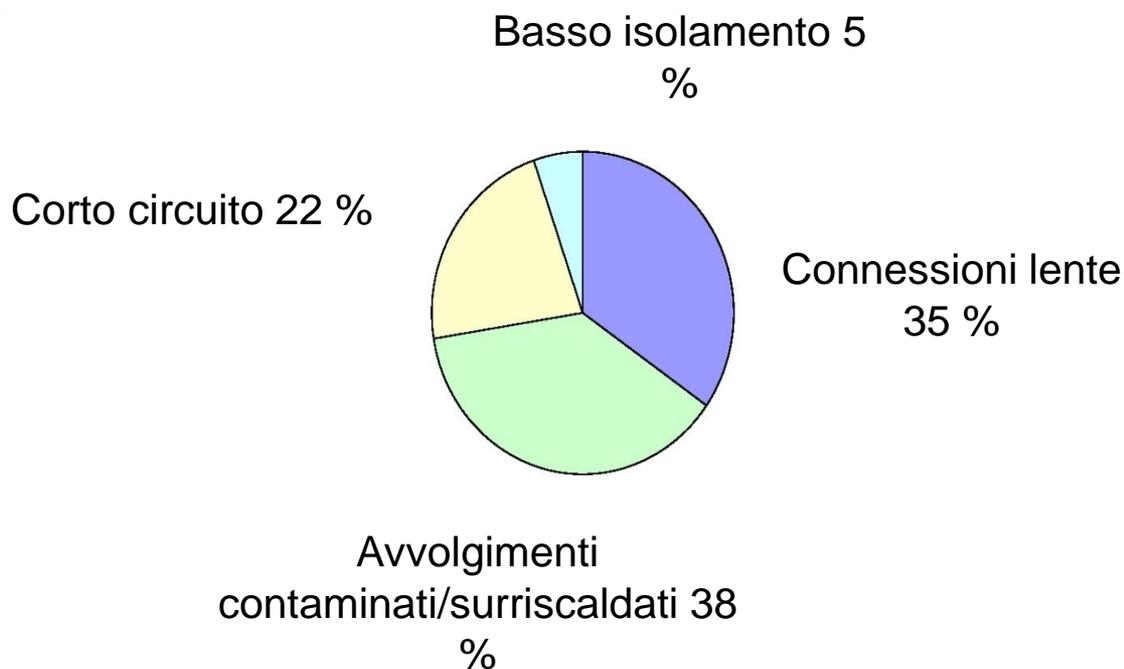


# Necessità di implementare un programma di Motor Testing

## Cause di rottura motore

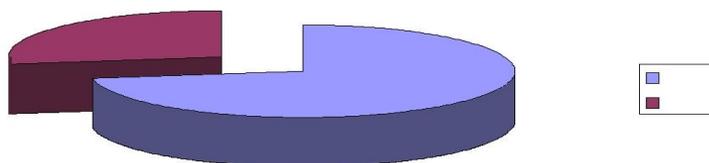


# Tipico risultato di seconda indagine



# Tipico risultato di prima indagine

28 % in allarme



72 % OK

# Esecuzione dei test

**Iniezione di un segnale di test di tipo sinusoidale a 9 V e frequenza variabile (da 20 a 800 Hz)**

**Le misure si effettuano dal quadro elettrico e non richiede lo smontaggio dei motori**

**I test si possono estendere anche ai motori in magazzino e dopo le riparazioni (rischio di primo avviamento)**



# Come opera il Motor Testing ?

**Rilievo ed analisi delle seguenti grandezze:**

- Resistenza (R  $\Omega$  )
- Induttanza (L Henry)
- Impedenza (Z  $\Omega$  )
- Angolo di fase (Gradi)
- Risposta corrente/frequenza (I/F)
- Capacitanza (C)

# Valutazione stato avvolgimenti

- **Corti circuiti**
  - Angolo di fase a Risposta corrente/tensione
- **Connessioni difettose**
  - Resistenza (rischio incendi)
- **Avvolgimenti contaminati/surriscaldati**
  - Induttanza, Impedenza & Capacitanza
- **Stato rotore**
  - Forma d'onda Induttanza and Impedenza

# Criteri di valutazione

- **Valori di angolo di fase e I/F**
  - Sia  $F_i$  che  $I/F > +/- 2$  – Corto tra filo e filo della stessa fase
  - $F_i > +/- 1$ ,  $I/F$  Bilanciato – Corto tra matasse della stessa fase
  - $F_i$  Bilanciato,  $I/F > +/- 2$  – Corto tra due fasi
- **La soglie sono indipendenti dalla grandezza del motore**
- **Resistenza  $\sim +/- 5\%$**

# Criteri di valutazione

- **Impedenza, Induttanza & Capacitanza**
  - Se Z ed L sono parallele, gli avvolgimenti sono puliti.
  - Se Z ed L non sono parallele, gli avvolgimenti sono contaminati o surriscaldati.
  - Se la capacitanza cambia nel tempo, gli avvolgimenti sono contaminati oppure soggetti a scariche elettriche.

# Criteri di valutazione

- **Rotor Test**
  - Rilievi di L in corrispondenza di diverse posizioni del rotore ci suggerisce lo stato delle barrature rotoriche.
  - Il Rotor test deve produrre un onda simmetrica e non necessariamente una perfetta sinusoide

# Riepilogo criteri di accettabilità

Test	Soglie	Descrizione
Impedenza e Induttanza	3%	Devono essere equilibrate ed avere lo stesso "andamento"
Resistenza	5 %	Devono essere equilibrati
Fi	+ - 1 punto	Indica la presenza di corti circuiti. Una lettura di 35 36 37 è buona, mentre 35 32 32 indica la presenza di un corto
I/F	+ - 2 punti	Indica la presenza di corti circuiti. Una lettura di -44-45-46 è buona, mentre -42-45-45 indica la presenza di un corto
Isolamento	>5 MΩ	Per motori fino a 600 V
Isolamento	>100 MΩ	Per motori maggiori di 600 V e motori DC

# Stadi di guasto agli avvolgimenti

## FASE 1

- L'isolante dei conduttori viene sollecitato
- I valori di R e C tra gli avvolgimenti cambiano
- La temperatura aumenta
- Iniziano I fenomeni di carbonizzazione dell'isolante
- Il Motor Testing rileva tali cambiamenti

## FASE 2

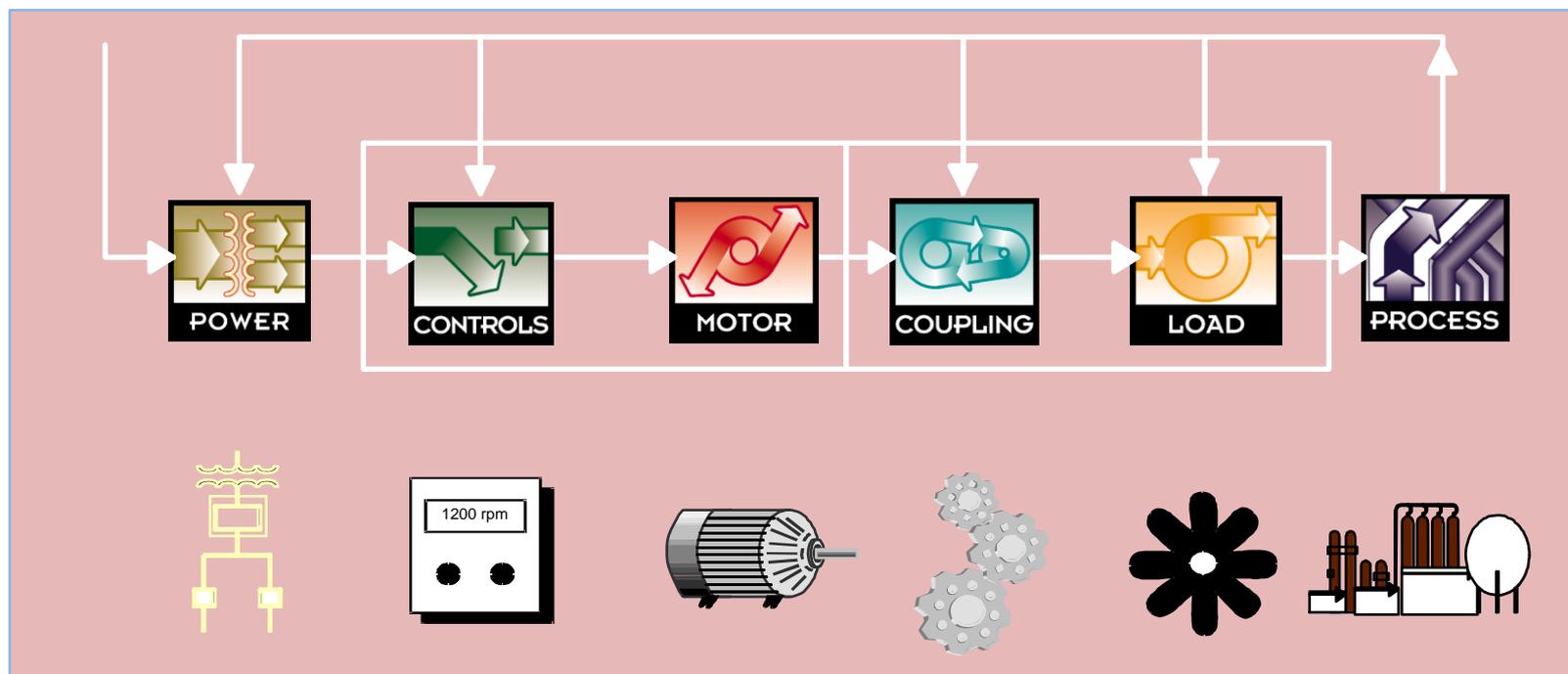
- La temperatura aumenta fortemente
- Il motore si ferma e poi riparte dopo un periodo di raffreddamento
- I guasti iniziano ad essere visibili con l'analisi vibrazionale ed agli infrarossi

## FASE 3

- Perdita di isolamento e guasto al motore

# Il sistema elettrico

## (altre indagini possibili)



**KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM**

Vietata la riproduzione parziale o totale del presente documento senza espressa autorizzazione di SPM Instrument Srl

# Srategia di Condition Monitoring (By SPM)

**KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM**

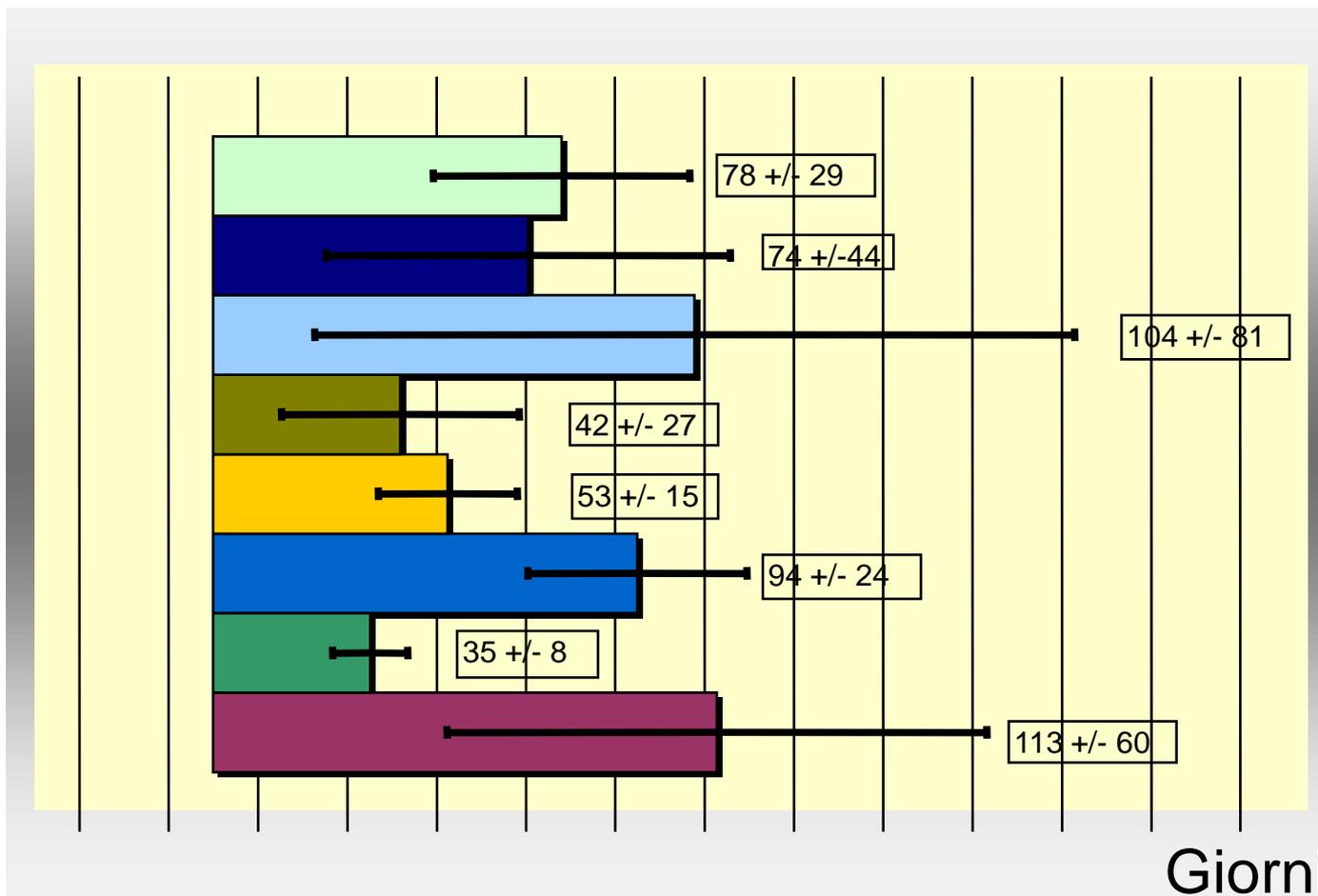
Vietata la riproduzione parziale o totale del presente documento senza espressa autorizzazione di SPM Instrument Srl

# Pre - Warning Time del guasto

## Tipi di macchine

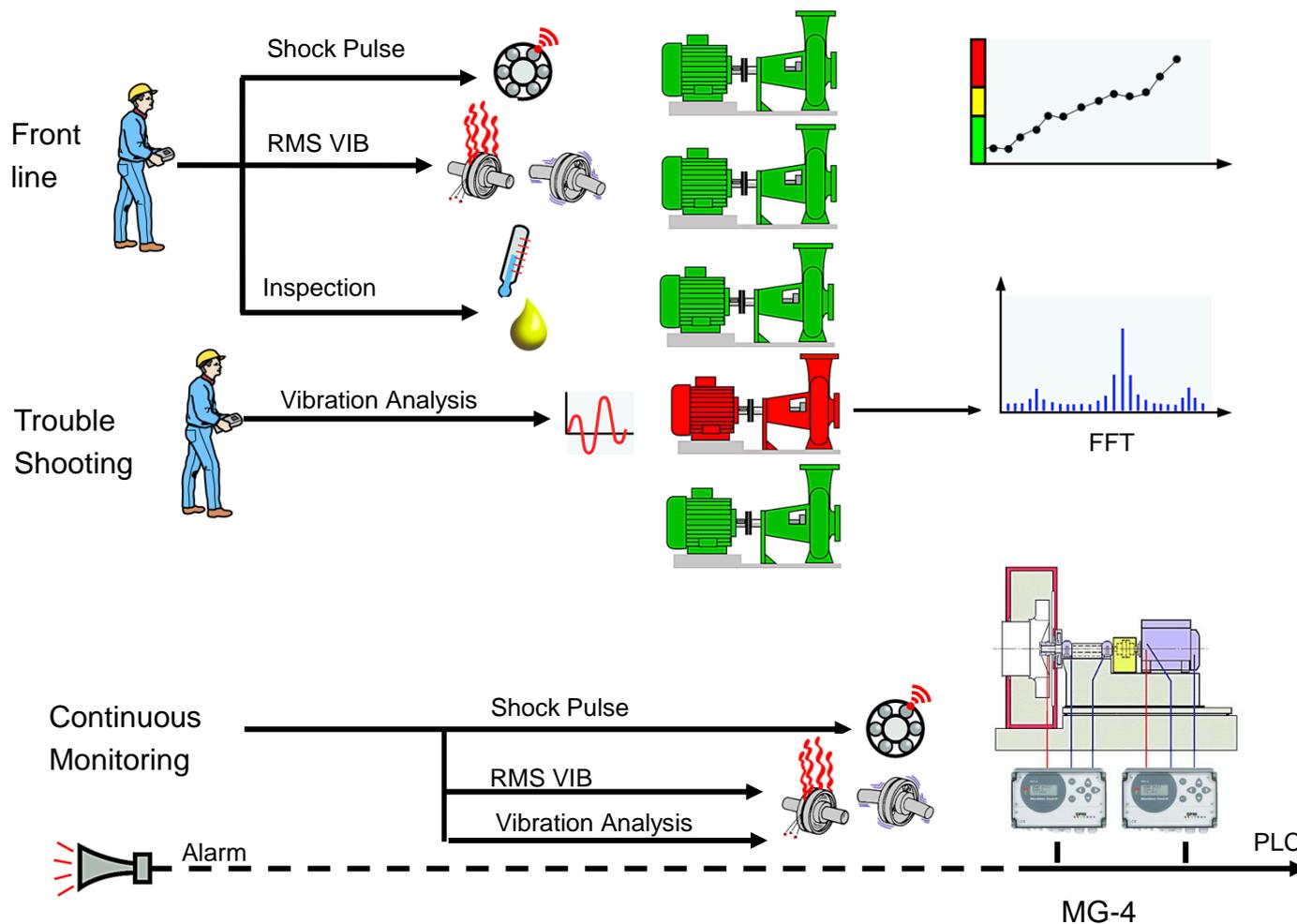
(no. di eventi)

- Presse umide (52)
- Presse asciutte (22)
- Essiccatori (18)
- Raffinatori (11)
- Pompe (101)
- Motori El. (83)
- Rulli (89)
- Ventilatori (26)



Grado di attendibilità stimato al 95%.

# Strategia di Condition Monitoring



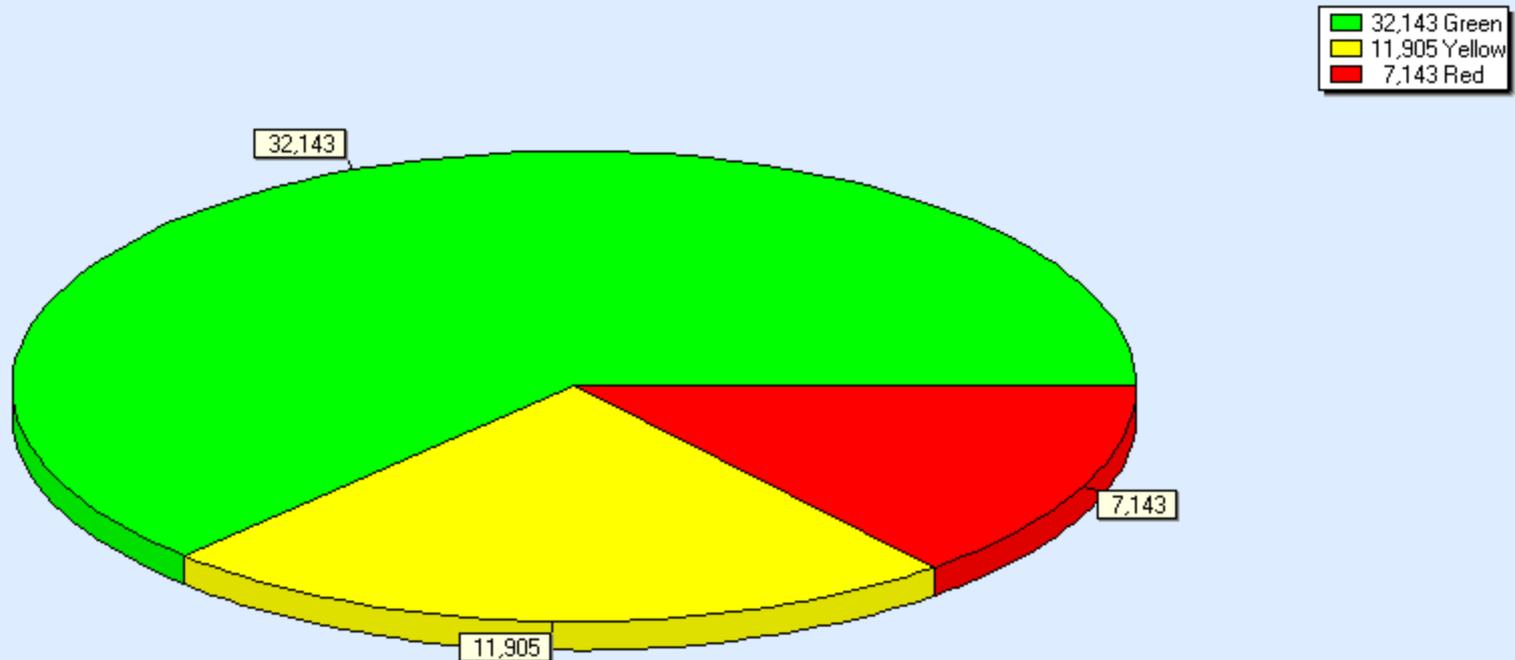
**KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM**

# SPM CONDMASTER Pro

## Plant Performer

### Condizione Statistica dei Macchinari

Distribution of colors



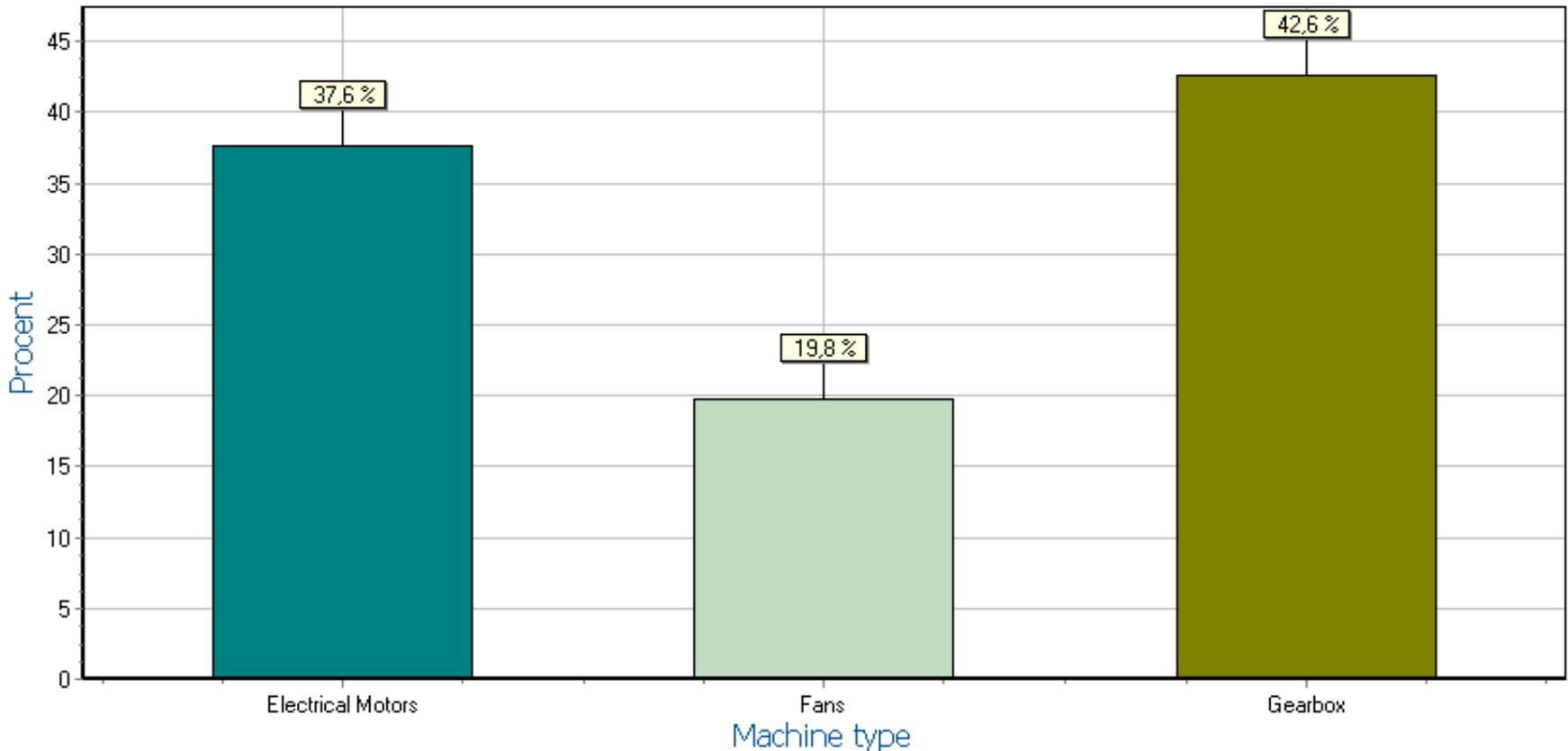
**KNOWLEDGE MAINTENANCE SYSTEM**

Vietata la riproduzione parziale o totale del presente documento senza espressa autorizzazione di SPM Instrument Srl

# SPM CONDMASTER Pro

## Plant Performer

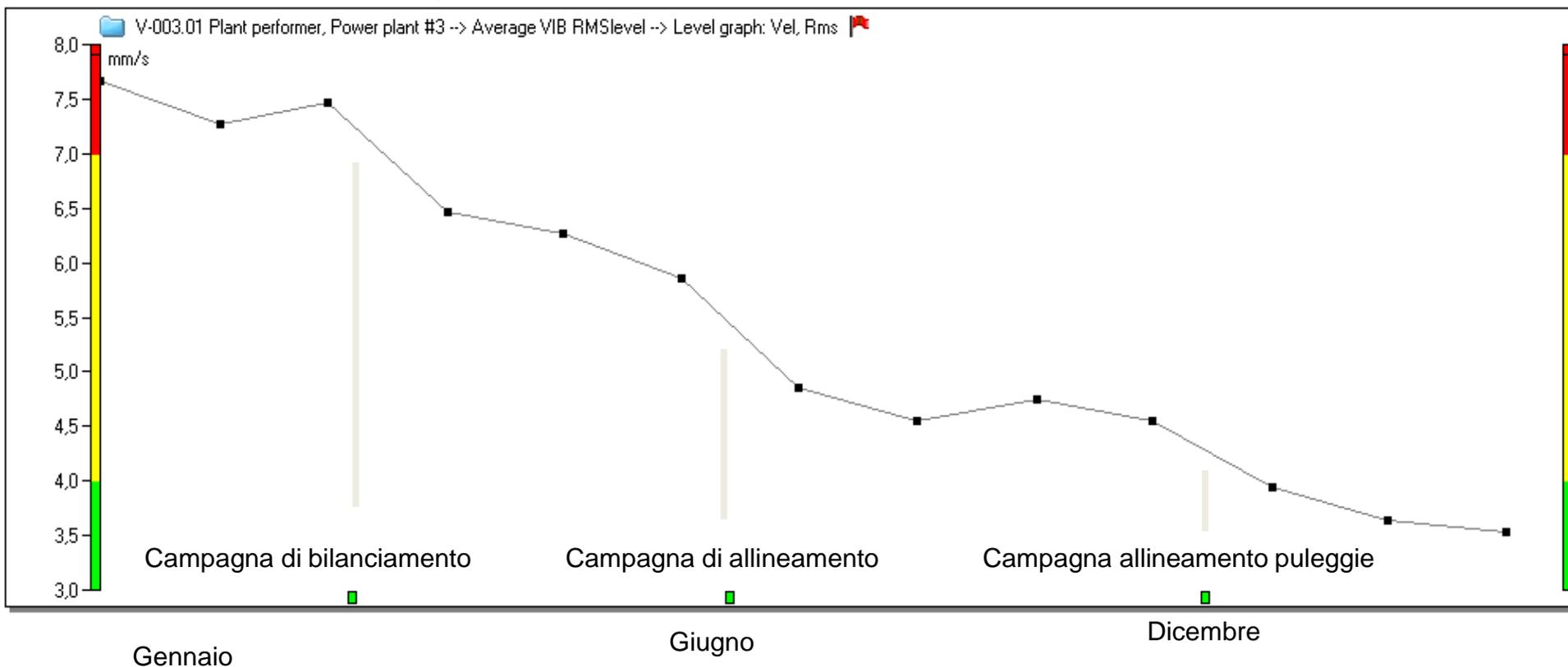
Alarms per machine type



# SPM CONDMASTER Pro

## Plant Performer

KPI: Key Performance Indicator: Vel



*Grazie per  
l'attenzione!*

*Relatore Presentazione  
claudio@spminstrument.it*