



#### MANUTENZIONE PREDITTIVA



La manutenzione predittiva (o Condition Based Maintenance) ha come obiettivo quello di valutare lo stato di un impianto e delle sue componenti allo scopo di prevedere i guasti e prevenirne i possibili effetti negativi:

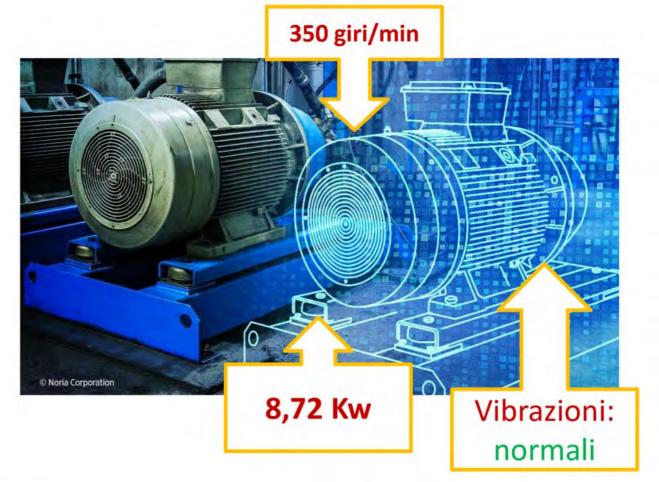
Fermi della produzione Problemi di qualità Effetti collaterali dei guasti

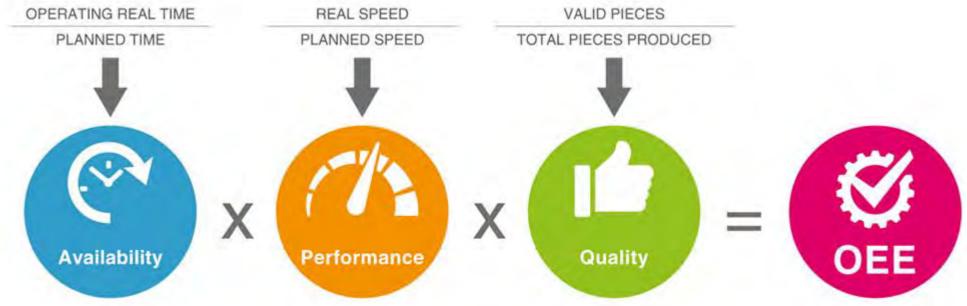
Mentre le pratiche di manutenzione statistica si basano su statistiche che indicano l'MTBF delle componenti critiche, quelle di manutenzione predittiva si basano sul monitoraggio sistematico degli impianti allo scopo di conoscerne lo stato a prevederne le criticità in base a parametri reali.

Le pratiche di manutenzione statistica possono portare alla sostituzione di componenti ancora funzionali e la loro applicazione è spesso ristretta ai soli componenti critici.

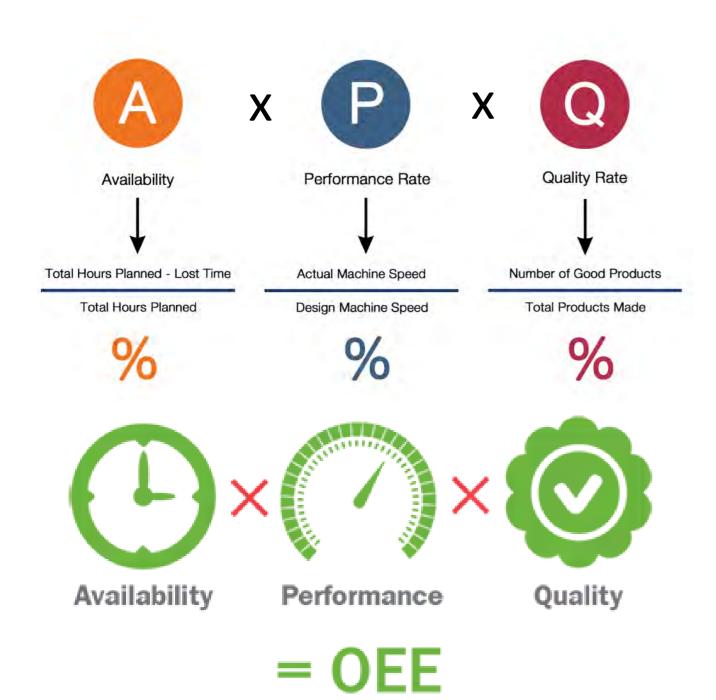


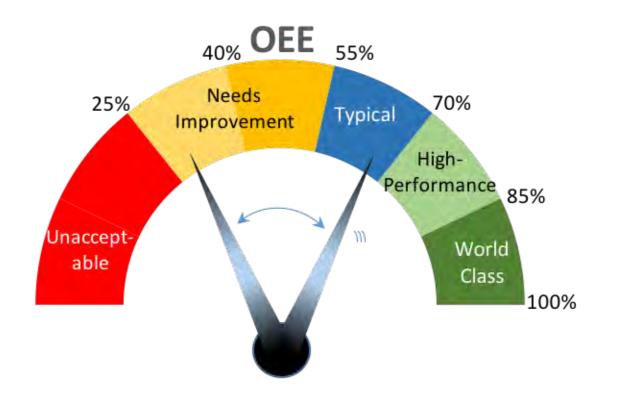
fabbrica «cyber fisiche»





## Overall Equipment Effectiveness



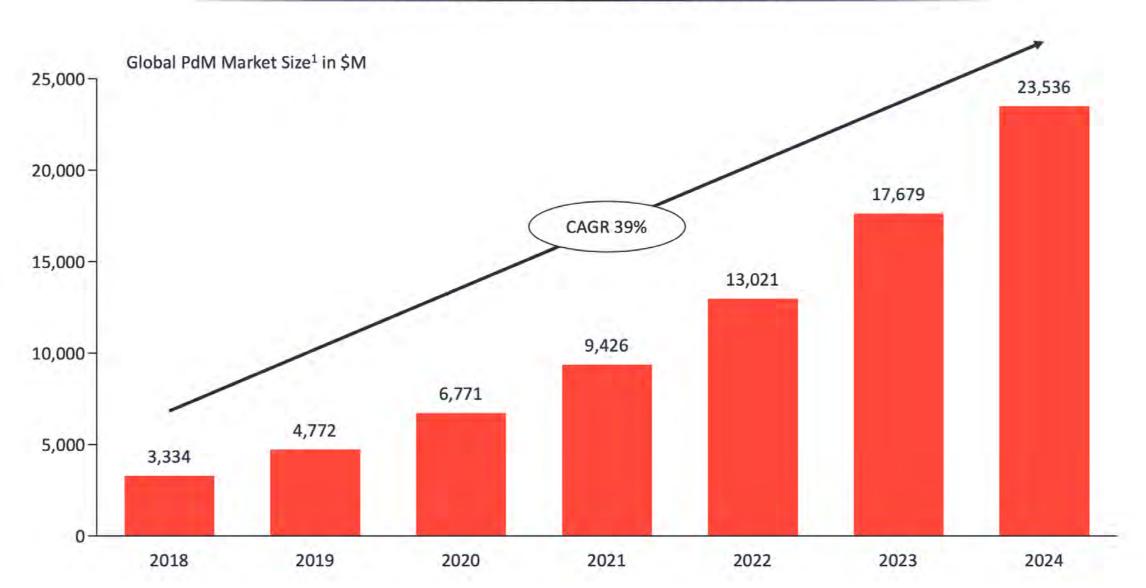


- La concorrenza nel mondo 4.0 è fornire prodotti di alta qualità al giusto prezzo.
- L'efficacia della produzione è uno dei punti nodali.
- L'OEE è l'indice chiave.
- L'OEE (Overall Equipment Effectiveness) è la misura della competitività produttiva.

In questo contesto non stupisce la centralità del tema «Manutenzione predittiva» nel mercato 4.0. Nell'anno 2018 il mercato della manutenzione predittiva valeva 3,3 miliardi di dollari.

Entro il 2024 varrà più di 23,5 miliardi di dollari.

#### **Global Market Development (PdM)**





- L'espressione "Industria 4.0" venne utilizzata per la prima volta alla Fiera di Hannover nel 2011.
- Il piano annunciato si concretizzava nel 2013 con l'obiettivo di riportare la manifattura tedesca ai vertici della competizione globale.
- Il piano prevedeva investimenti su enti di ricerca, sistemi energetici, infrastrutture ed imprese e si basava su una consapevolezza: quella che stiamo vivendo oggi è la quarta rivoluzione industriale.
- Un enorme e rapidissimo cambiamento che ha come innesco la diffusione delle tecnologie e delle modalità di comunicazioni digitali, che rappresentano un nuovo incredibile approccio a tutte le altre attività umane.

#### La differenza:

Spesa pro capite per ricerca e sviluppo (2018)

Germania: \$ 1.326

Francia: \$ 908

**Italia:** \$ 488

Ricercatori per milione di abitanti (2019)

Germania: 4.320

Francia: 4.233

**Italia:** 1.956

Pil pro capite (2019)

Germania: € 35.970.00 (1,34)

Francia: € 33.360.00 (1,24)

UE: € 28.630.00 (1,06)

**Italia:** € 26.860.00 (1)



Nein! 1 vale 1,34·





# L'evoluzione delle strategie di manutenzione

#### REACTIVE



Quando si rompe, si aggiusta.

I guasti possono causare:

- problemi di qualità;
- fermi di produzione;
- danni collaterali.

#### **PREVENTIVE**



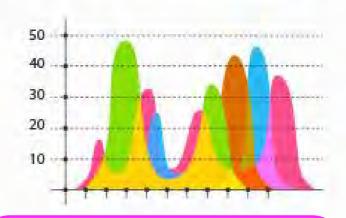
per la sostituzione programmata di componenti critiche sulla base delle statistiche di durata.

# Manutenzione ad intervalli regolari

Le parti critiche identificate sono solo una parte del problema.

Spesso vengono sostituiti componenti ancora in grado di funzionare.

#### **PREDICTIVE**



Identificazione dei possibili guasti imminenti attraverso il monitoraggio delle grandezze fisiche di interesse, prevenendo fermi, effetti collaterali e problemi di qualità

#### **PRESCRIPTIVE**



La macchine prevedono i problemi, chiedono aiuto e guidano le maestranze alla soluzione dei problemi

La manutenzione predittiva è il passaggio chiave verso il futuro



# Guasto → 3.0



# La macchina è guasta!

La macchina non va più. Ora è necessario ripararla.

## Guasto 4.0



## La macchina non è conforme

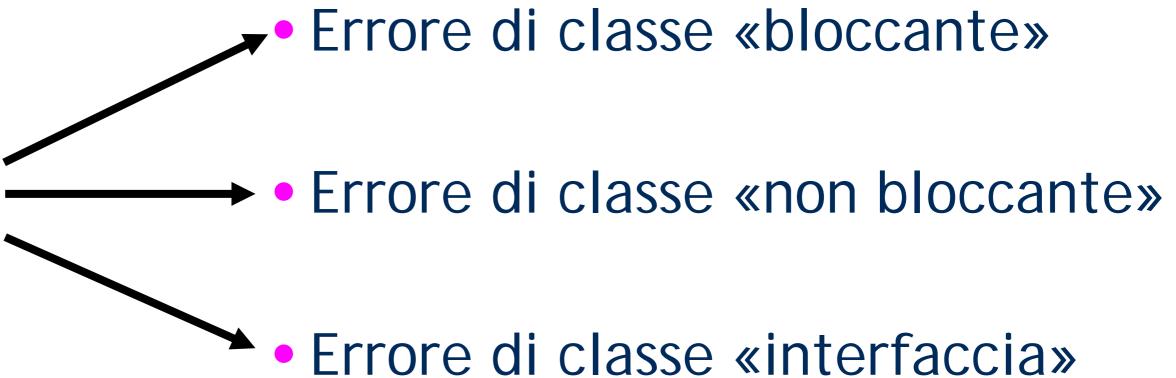
La macchina si comporta diversamente da quanto atteso.

Ora è necessario correggere il suo funzionamento per riportarlo all'ottimale.

## Guasto 4.0



La macchina non è conforme



Le pratiche di manutenzione predittiva si basano sull'utilizzo di strumenti di rilevamento di:

vibrazioni;

aspetti termodinamici;

presenza di polveri o materiali di rilascio nei lubrificanti;

Termografie

• • •



#### Manutenzione predittiva



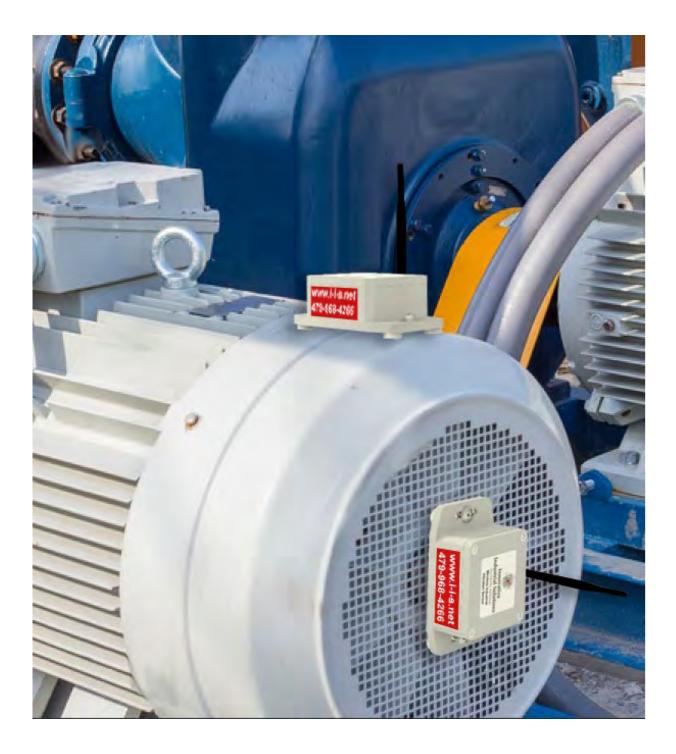




I dati necessari per la manutenzione predittiva vengono raccolti in due modi: attraverso rilevamenti periodici; attraverso sensori installati permanentemente sugli impianti.



- I rilevamenti periodici messi in atto con strumenti portatili sono utili, ma, nella realtà della pratica, non consentono l'acquisizione puntuale di un set di dati che possono essere impiegati per calcolare i trend e alimentare sistemi predittivi intelligenti.
- Non tutte gli elementi dell'impianto sono facilmente accessibili per i controlli degli operatori. Spesso gli elementi più critici sono quelli più difficili da raggiungere.
- Gli intervalli tra una ispezione e l'altra possono risultare comunque eccessivi rispetto alla reale necessità.



- Il sensori permanenti rappresentano certamente la soluzione di maggiore interesse da un punto di vista funzionale.
- I dati delle macchine spesso non sono disponibili o facilmente accessibili o integrabili.
- i sensori presenti sulle macchine non sono «quelli giusti». Questo allunga il «processo di apprendimento» dei sistemi basati su reti neurali
- Il ciclo di obsolescenza di una macchina industriale è decisamente più lungo del ciclo di obsolescenza dei sistemi di analisi e delle tipologie di applicazione produttiva.
- Molte macchine o automazioni presenti nella fabbrica non forniscono alcun dato e, nel contempo, sono in posizioni complesse e scomode anche per le analisi periodiche. Ciò non di meno questi componenti sono necessari alla produzione.



Ogni macchina, durante il proprio funzionamento, dissipa una parte dell'energia che riceve in calore e vibrazioni meccaniche.

Le vibrazioni sono un indicatore importante dello stato di una macchina.

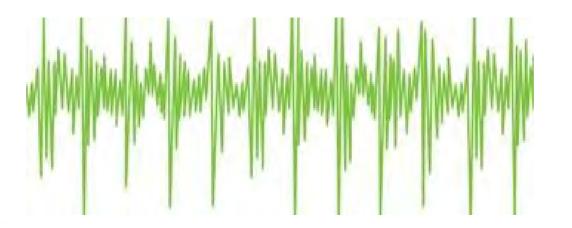
Quando l'intensità delle vibrazioni supera una soglia critica, è necessario un intervento per prevenire guasti, problemi di qualità ed effetti collaterali.

La componente vibrazionale dell'energia dispersa contiene moltissime informazioni sullo stato della macchina e delle sue componenti.

L'aumento dell'intensità delle vibrazioni o le modificazioni nelle loro caratteristiche, indicano di norma uno stato di deterioramento delle componenti meccaniche.

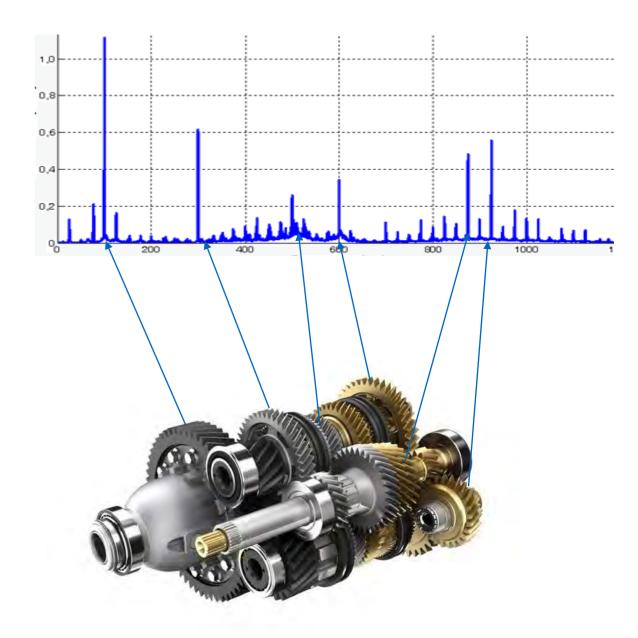


L'onda sonora prodotta da un coro è la **somma delle onde sonore** prodotte da ciascun corista.



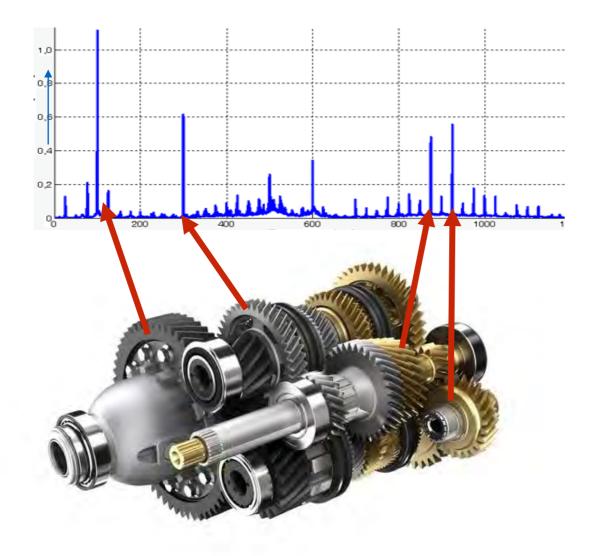
La vibrazione prodotta da una macchina è **la somma delle vibrazioni** delle sue componenti.

Lo spettro della forma d'onda consente di **scomporre** la stessa nelle sue **componenti.** 



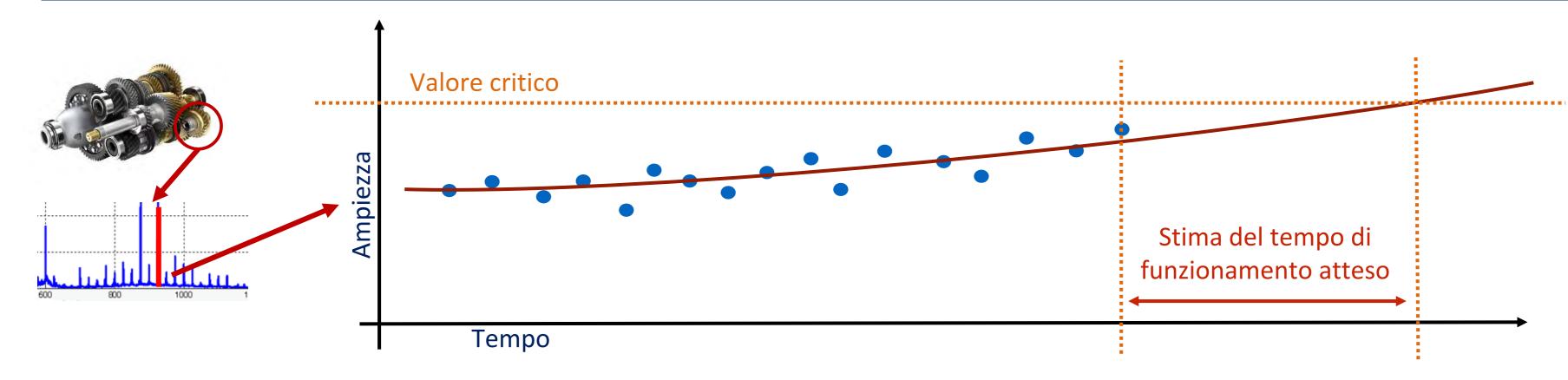


# Elementi meccanici differenti esprimono differenti frequenze.





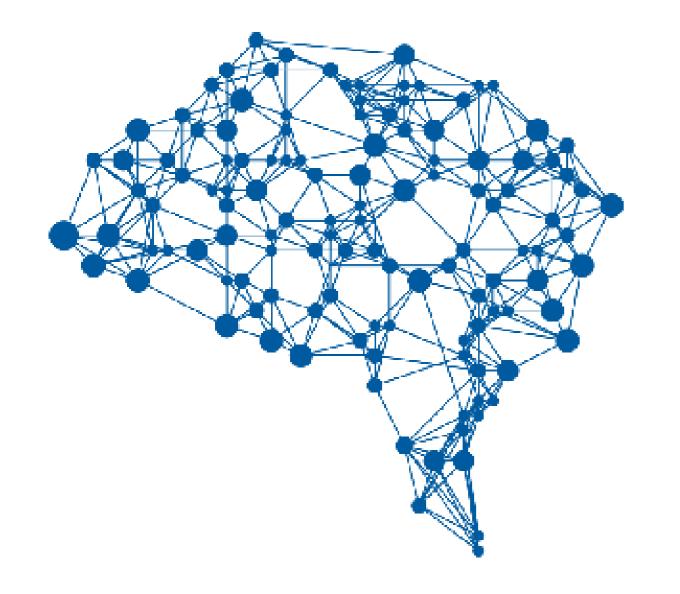
L'incremento dell'ampiezza della vibrazione che si può attribuire ad un dato componente, oltre un certo limite, rappresenta un elemento di attenzione.



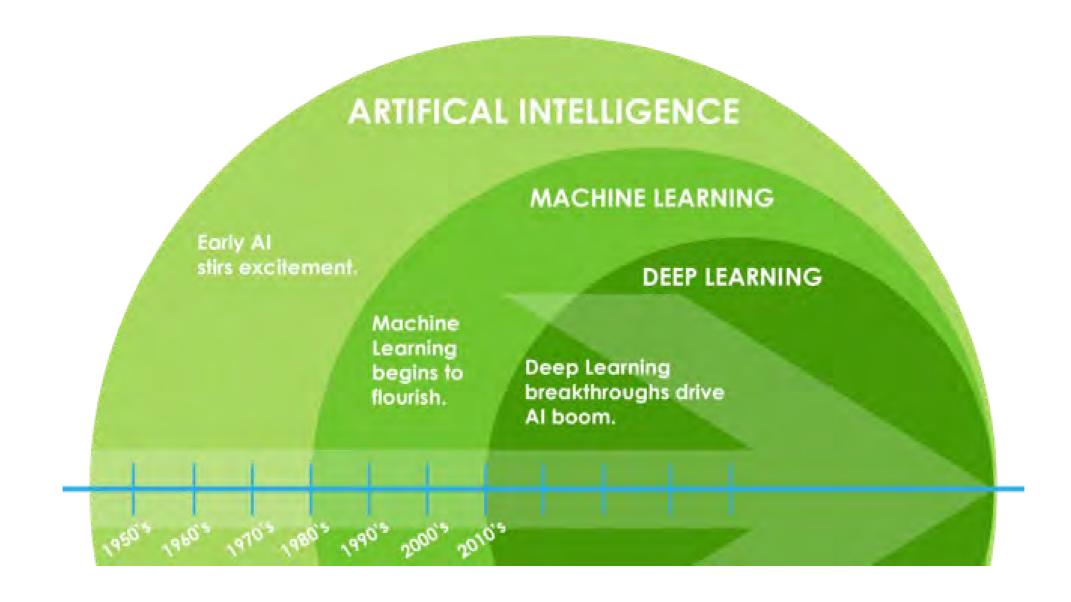
Analizzando la variazione di ciascuna frequenza nel tempo, è possibile fare delle previsioni e valutare il tempo rimanente prima del raggiungimento di un livello critico.

Se il livello critico è ignoto, risulta comunque significativa la velocità con la quale l'ampiezza della vibrazione incrementa, ovvero l'accelerazione del fenomeno.

Il monitoraggio sistematico delle vibrazioni, unito ad un adeguato sistema di tracciamento dei fenomeni collegati e dei riscontri sui controlli effettuati, consente la realizzazione di un sistema di allarme completamente automatico affidabile in tempi relativamente brevi.

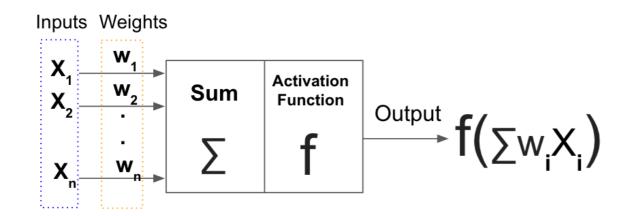


- Le tecnologie dell'intelligenza artificiale rappresentano un punto di svolta per la manutenzione predittiva.
- Bisogna però tenere conto del fatto che queste tecnologie si basano sull'analisi di parametri acquisiti, con la capacità di riconoscere situazioni che, nella maggior parte dei casi, devono già essersi verificate un certo numero di volte.
- Per quanto le tecnologie di machine learning e deep learning rappresentino certamente l'evoluzione naturale della diagnostica in ambito industriale, la loro applicazione richiede certamente impegno e tempo, prima di acquisire una reale efficacia.

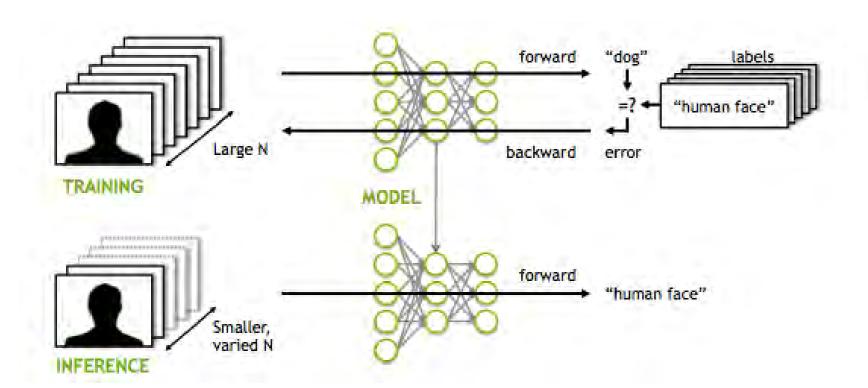


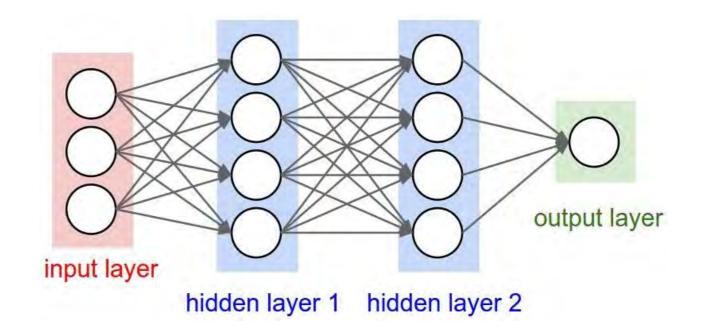
- Si parla di reti neurali da qualche decennio, ed è lecito dire che l'intelligenza artificiale è un processo statistico.
- Solo di recente la disponibilità diffusa di capacità di calcolo e immagazzinamento dei dati rende le teorie effettivamente applicabili ad una molteplicità di ambiti reali.

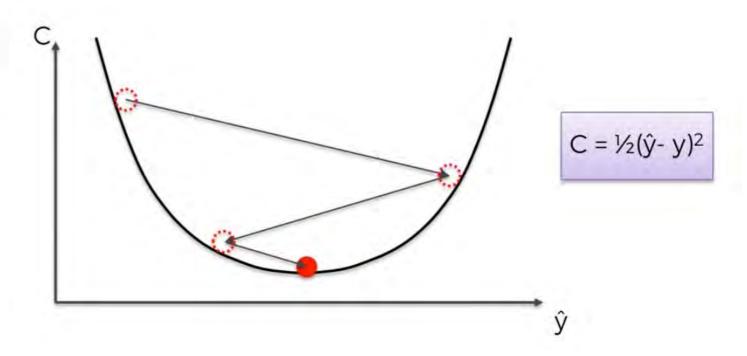
#### Manutenzione predittiva: intelligenza artificiale















- I nuovi processori dedicati alle reti neurali consentono di sviluppare sistemi che portano l'intelligenza dal centro alla periferia. Se serve su ogni singolo sensore.
- Tuttavia, capito il principio, è evidente la necessità di disporre di dati da «eventi campione» per addestrare correttamente i sistemi.
- L'intelligenza artificiale è uno strumento eccezionale, ma il suo impiego difficilmente è immediato. Anzi richiede tempo e applicazione in misura rilevante

# La realizzazione di reti di sensori realmente affidabili, sostenibili e capillari è una scommessa da non sottovalutare.

- Grandi volumi di dati da acquisire, archiviare e analizzare.
- Architettura e trasporto dei dati negli impianti.
- Identificazione e applicazione degli algoritmi di analisi automatica.

Consideriamo uno scenario con 100 punti di misura che integrano:

- un accelerometro a 3 assi con frequenza di campionamento 3200 Hz;
- un accelerometro mono asse con frequenza di campionamento 100.000 Hz;
- un sensore di temperatura.

La misura continua dei 100 punti così configurati produrrebbe:

- circa 165 GByte di dati al giorno per gli accelerometri a tre assi e 3200Hz;
- circa 1720 Gbyte di dati al giorno per gli accelerometri ultrasonici da 100Hz;
- una quantità ulteriore di dati trascurabile in questo contesto per le temperature.

In un anno sono in tutto 688 TByte. In pratica 86 dischi da 8 TByte ciascuno.  Limitare la misura delle vibrazioni ad un controllo del valore efficace (RMS);

 Adottare sistemi di trasporto dati in fibra ottica ed utilizzare strategie di compressione e limitazione dello storico;

 Utilizzare sistemi «Edge Computing», realizzando dispositivi di acquisizione in grado di svolgere una parte del processo a bordo.



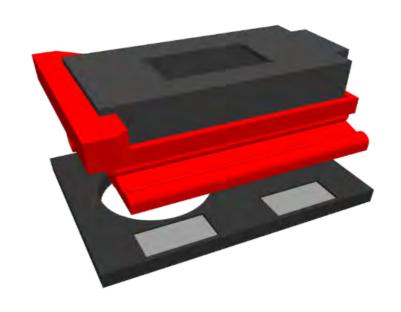
RMS(A) = RMS(B)

ma

Condizione(A) != Condizione(B)

- Il dispositivo include un controller che, oltre all'acquisizione dei dati, consente di mettere in atto gran parte delle attività di analisi necessarie direttamente in campo.
- I dati relativi alle vibrazioni, ad esempio, vengono analizzati in campo e solo gli spettri ottimizzati vengono trasferiti al server centrale, con cadenza oraria. Questo riduce i dati da trasferire e gestire di circa 10.000 volte.
- La prima conseguenza dell'applicazione di questa metodologia brevettata è la netta riduzione dei dati da trasferire, che rende possibile l'utilizzo di una rete Lo.Ra

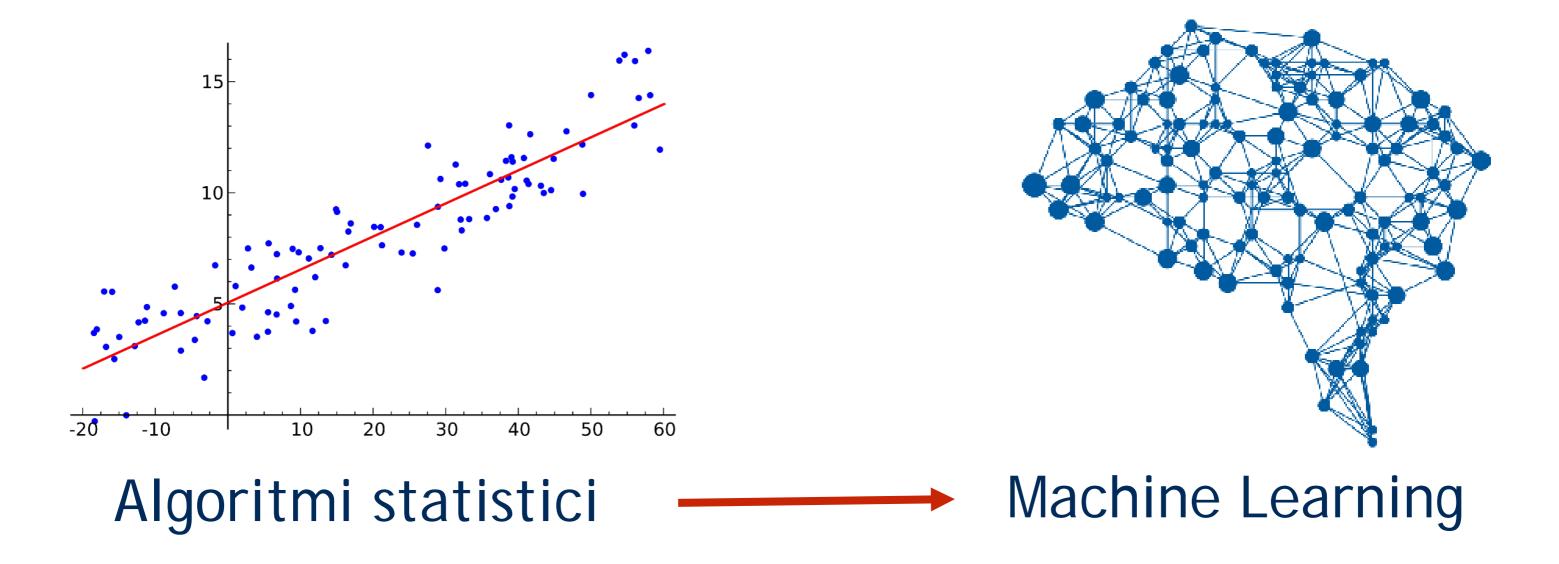


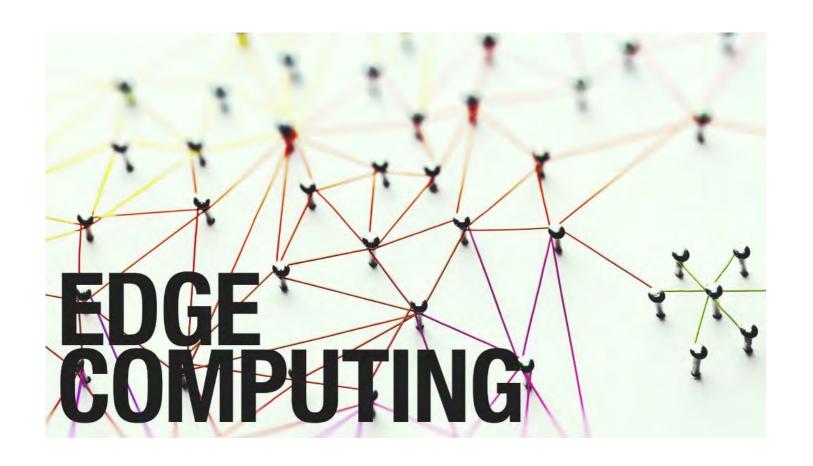




- La tecnologia Lo.Ra. è lo strumento ottimale per il trasferimento di dati su reti di sensori dislocati in grandi stabilimenti o altre tipologie di controllo.
- Questa tecnologia consente di trasferire dati digitali con velocità che non superano i 21 Kbps via radio.
- Il vantaggio di questa tecnologia consiste nella possibilità di coprire distanze davvero considerevoli, che all'interno di un contesto produttivo arrivano fino a 3Km.
- Nella maggior parte dei casi, una sola antenna ed un paio di indirizzi IP allocati sulla rete aziendale sono sufficienti per il monitoraggio capillare di tutto lo stabilimento.

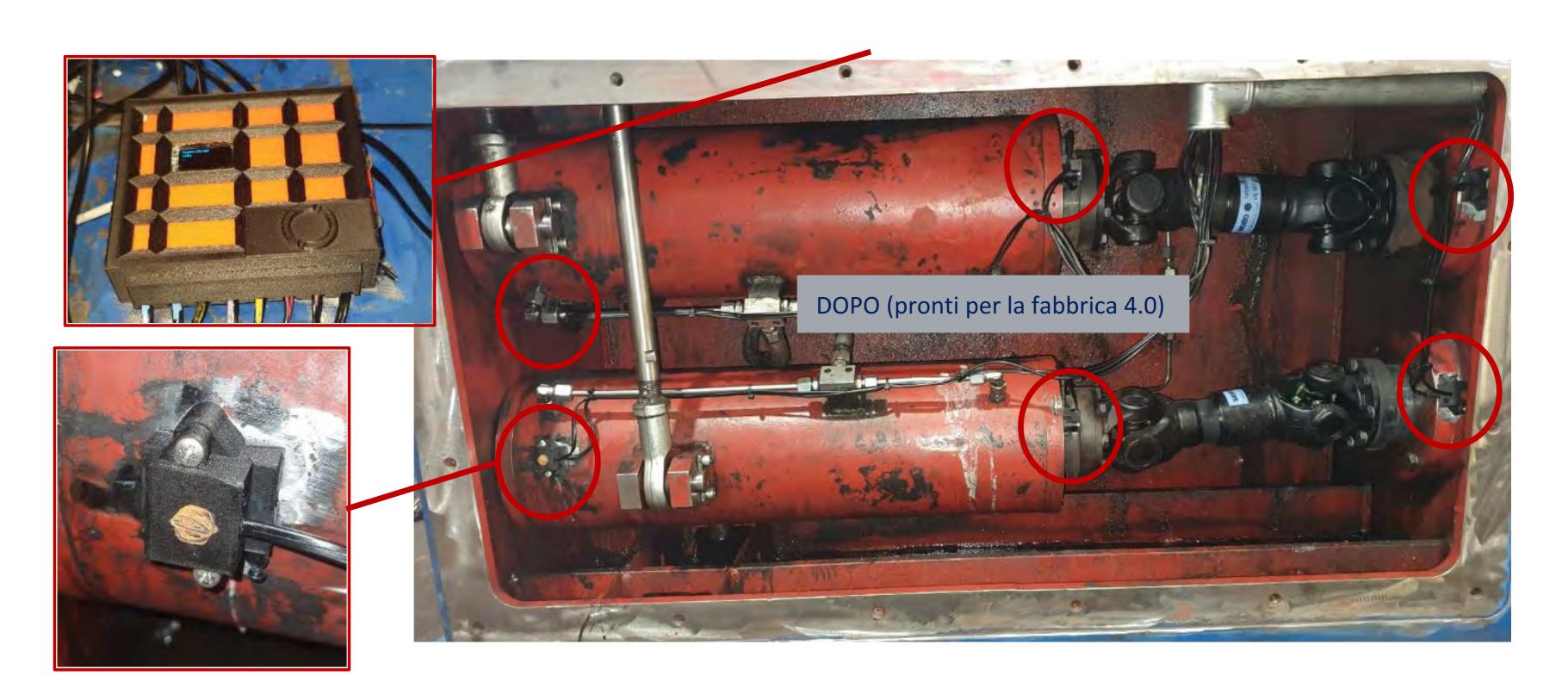
# Algoritmi di analisi



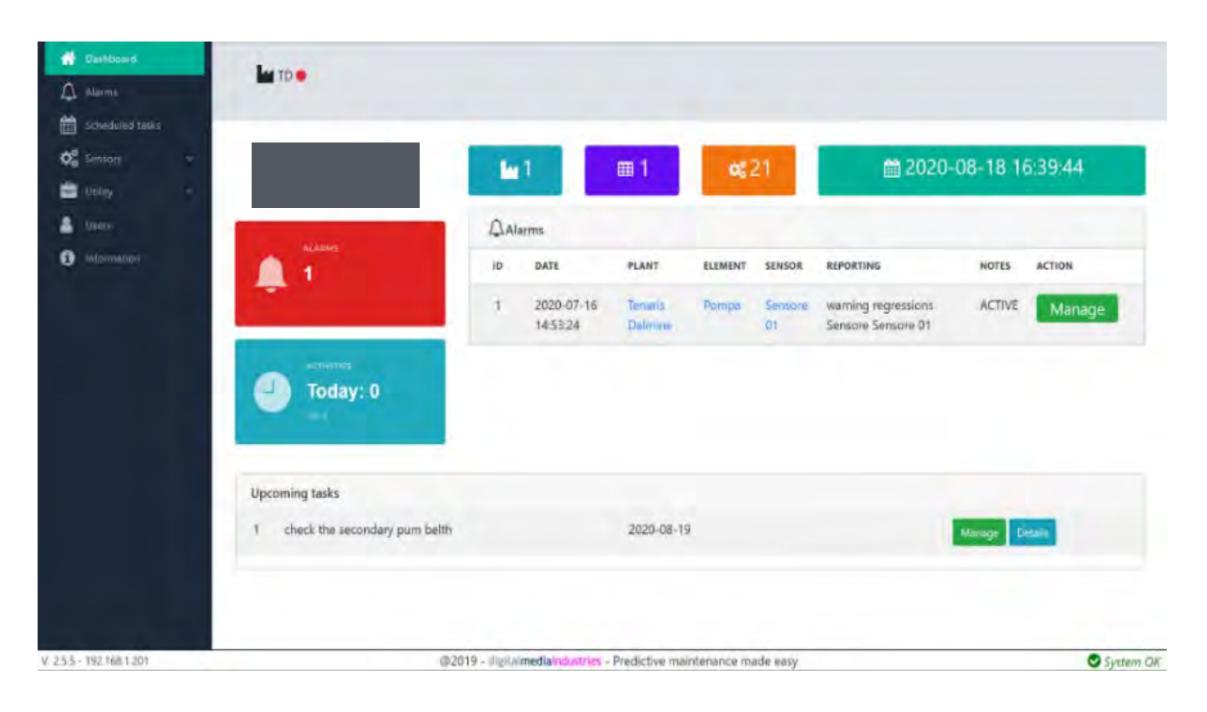












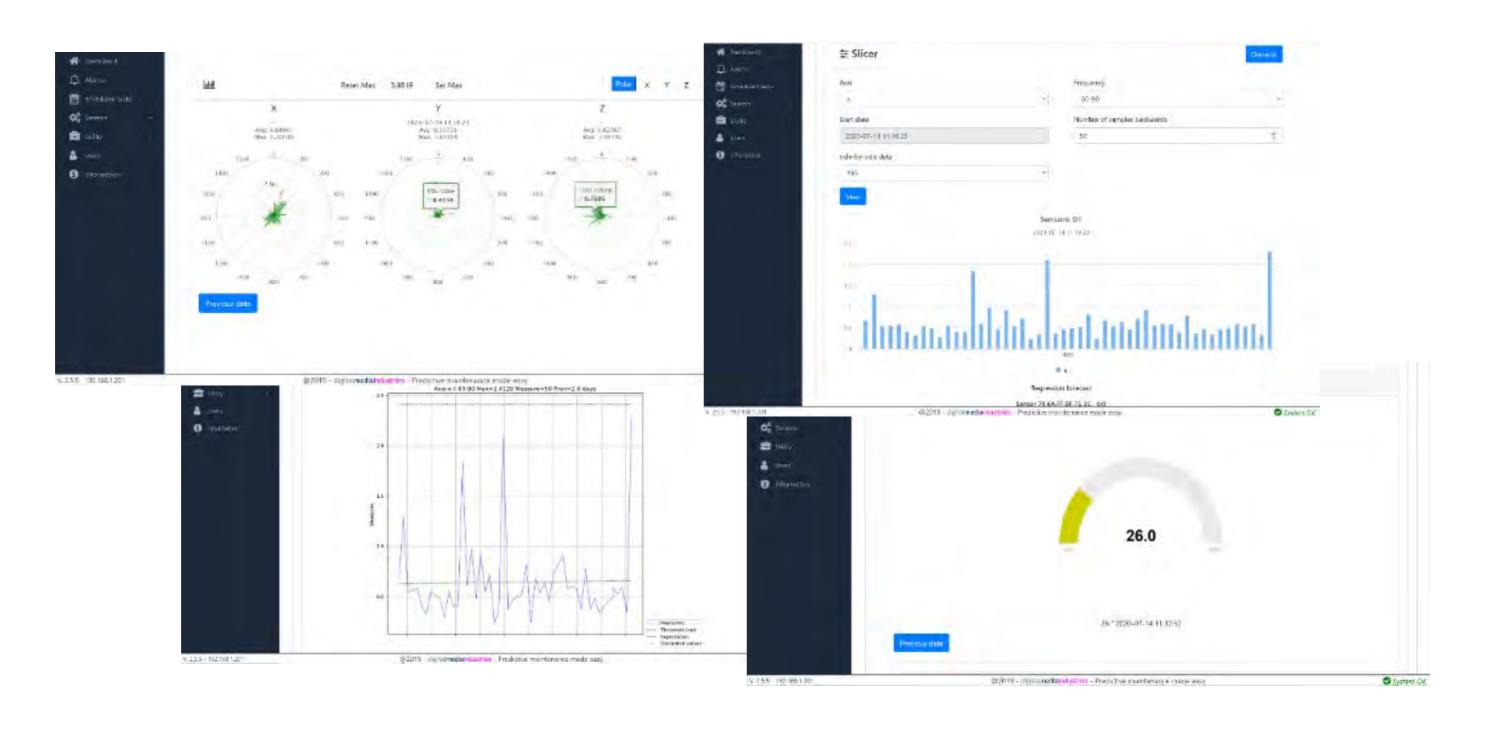
Livello base → gestione corrente





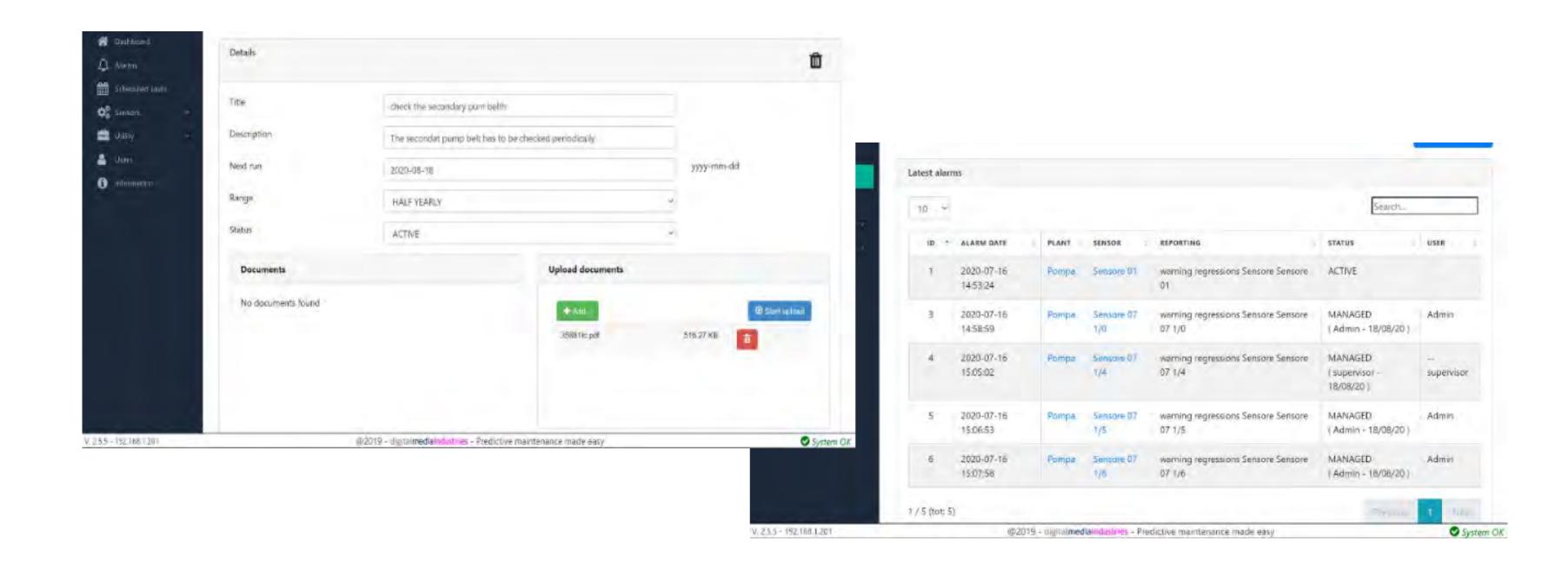






Livello Ingegneristico





Livello prescrittivo



- Macchine rotanti e cuscinetti;
- Miscelatori;
- Pompe e sistemi di compressione;
- Sistemi idraulici;
- Turbine;
- Trasformatori elettrici;
- Infrastrutture;
- •

Imprese manifatturiere



OEE fino a +30%

Costruttori di macchine



- Smart products
- Revamping
- Smart service
- New Business models



Implementazione

Progetto pilota

Definizione obiettivi



Definizione dei bisogni

Prima formazione



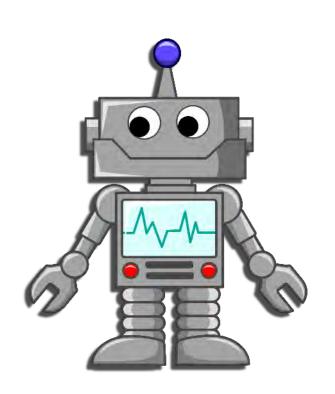
- Fino a pochi anni fa il reperimento di componenti e dispositivi elettronici e meccanici era un'attività che richiedeva tempo, applicazione e risorse.
- Oggi tutta la tecnologia necessaria alla realizzazione dei progetti più complessi è disponibile on line e arriva direttamente in laboratorio in pochi giorni.
- Fino a pochi anni fa la realizzazione di un prototipo industriale o di un prodotto finito di livello professionale richiedeva uno staff importante, per la realizzazione di PCB, parti meccaniche ed involucri adeguati. Oggi gli strumenti disponibili consentono la realizzazione di progetti, prodotti e sistemi incredibili con staff numericamente molto ridotti.
- Sempre più spesso capita che innovazioni di grande interesse siano realizzate da piccoli team di sviluppo dotati di attrezzature, competenze e paradigmi di sviluppo interdisciplinari.

- L'innovazione oggi è più che mai una conquista dell'individuo e della sua capacità di lavorare insieme ad altri
  individui.
- l'antica tassonomia tra "chi fa" e "chi pensa" è obsoleta
- il modo migliore per vedere i propri progetti realizzati è, semplicemente, realizzarli.

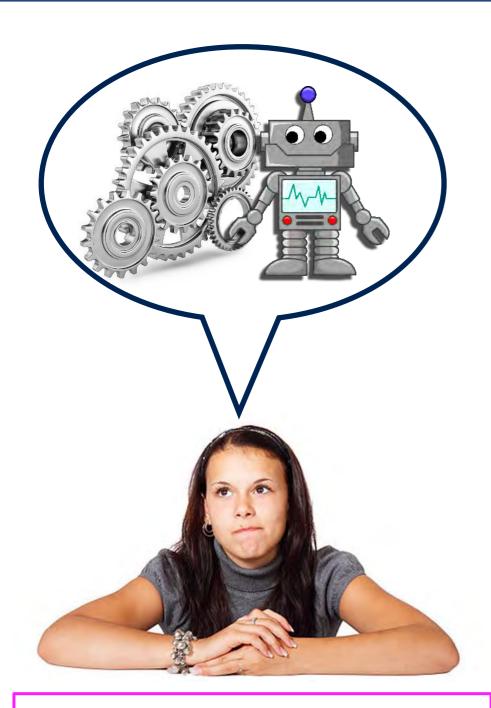
Think as a maker!

Make as a thinker!





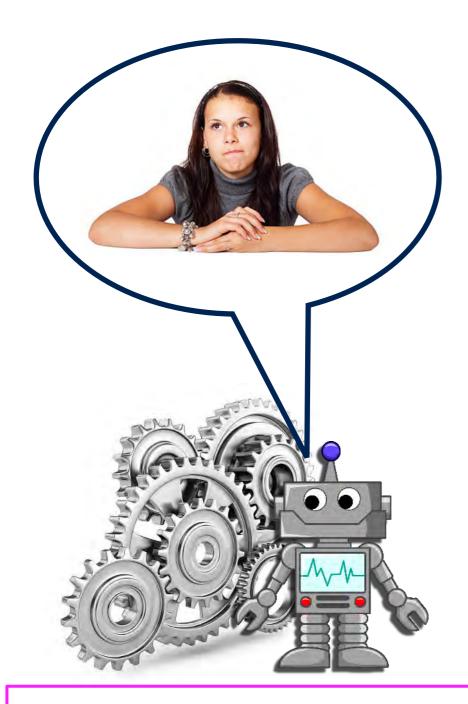




Think as a maker!

## Think as a maker!

- "Pensiero produttivo" significa sapere cosa è possibile, cosa è impossibile e, soprattutto, conoscere la differenza.
- Quando non sai che qualcosa è possibile, puoi porre dei limiti inesistenti a te stesso od alla tua azienda.
- Quando non sai che qualcosa è impossibile, rischi di coinvolgere te stesso e la tua azienda in qualcosa che non funzionerà.
- Chi fa, conosce la differenza tra la teoria e la pratica. Tra possibile e impossibile.
- Se pensi come chi fa, il tuo obiettivo è rendere le cose possibili.



Make as a thinker!

# Make as a thinker!

- Qualcosa che "funziona" non è abbastanza.
- Il mondo è pieno di cose che funzionano, fatte senza pensare.
- Fare senza pensare di norma ha il risultato di creare cose che aumentano la complessità e danno luogo a curve di apprendimento non sostenibili.
- Fare senza pensare significa cercare soluzioni e trovare nuovi problemi.
- Chi pensa, sa che usabilità, automazione, obiettivi e design sono gli attori fondamentali di ogni soluzione di successo.
- Se fai come chi pensa, realizzi soluzioni per gli esseri umani.

# Grazie per l'attenzione

- cgv.srls@gmail.com
- angelo.tracanna@dmiweb.net