

# DATI, MODELLI E MATERIALI INNOVATIVI: ECOSISTEMI CYBER-FISICI PER L'INDUSTRIA CHE AVANZA

4 NOVEMBRE 2025

VIA PAOLO NANNI COSTA 20, BOLOGNA

 **DATHA**  
DAta Transformation and Homogenization pLatform

**DAREDEVIL**  
Digital Twins A supporto d'El  
DEVOps in ambienti Industriali

**CYPHER**  
CyberPhysical Components and advanced matERials for monitoring and sensing

**HEATBETA** 

A decorative graphic consisting of numerous thin, parallel green lines that curve and flow across the lower half of the image, creating a sense of motion and data flow.

# BI-REX COMPETENCE CENTER

BI-REX è uno degli **8 Competence Center nazionali** istituiti dal Ministero delle Imprese e del Made in Italy (ex MISE) nel quadro del piano governativo **Industria 4.0**.

Il nostro **Consorzio pubblico-privato**, nato nel 2018 e con sede a **Bologna e Palermo**, riunisce in partenariato **64 player** tra Università, Centri di Ricerca ed Imprese di eccellenza e ha un focus specializzato sul tema **Big Data**.

**BI-REX è l'unico Competence Center a guida industriale.**

# LA NOSTRA MISSION



Supportare le aziende nei loro processi di digitalizzazione, sostenibilità ed innovazione e nell'adozione delle tecnologie abilitanti in ottica Industria 4.0.



Facilitare lo scambio di «best practices» ed il Trasferimento Tecnologico.

# IL CONSORZIO 64 PARTNERS

13

Enti



24

Aziende  
End User



27

Technology  
Service  
Provider



I Digital Innovation Hub &  
Competence Center Europei

Città Metropolitana Bologna  
BIS - CTE

**L'ECOSISTEMA**  
**bi-REX**  
Big Data Innovation & Research Excellence

Tecnopolo e Rete Alta  
Tecnologia Emilia-Romagna

MIMIT & 7 Competence Center

Innovation Hub Sicilia

# BI-REX SICILIA

## Apertura sede a Palermo

In collaborazione con UNIPA per supportare le imprese siciliane

## Utilizzo fondi PNRR

Supporto per canalizzare verso imprese del Sud il 40% dei fondi destinati

## Trasferimento Tecnologico

Per l'erogazione di servizi, fondi e competenze alle imprese

## Nuovi progetti innovativi

Assieme a Università, associazioni, imprese e PA per la digitalizzazione

## Transizione digitale e crescita competenze

Implementazione attività all'interno di PMI, start-up ed enti locali

## Business & Networking

Creazione relazioni dal valore aggiunto tra imprese locali e rete BI-REX



# ATTIVITÀ REALIZZATE

- Emissione e assegnazione 5 bandi per progetti innovativi;
- Completamento Linea Pilota e private network 5G;
- Messa a punto Catalogo dei Servizi;
- Organizzazione webinar, eventi e workshop tematici;
- 3 edizioni Executive Master Tekné 5.0 e +800 ore di formazione erogate;
- Lancio di Osservatorio Industria 4.0 e di BI-REX for Life Science;
- Attuatore PNRR MIMIT & polo EDIH «BI-REX ++»;
- Apertura seconda sede a Palermo;
- Partner di 2 Progetti Europei, 3 Progetti PNRR + Partner CTE COBO;
- Partner di I-Tech Innovation Program (acceleratore start-up) con Golinelli/Crif.

# KPI



INVESTIMENTI  
IN TECNOLOGIE E  
COMPETENZE



FINANZIAMENTI  
ASSEGNATI ALLE  
IMPRESE



AZIENDE  
INTERCETTATE  
>60% PMI



VALORE SERVIZI  
EROGATI

# INNOVATION ONE STOP SHOP *PNRR implementer*



- Demos
- Industrial PoCs
- Integrated Projects



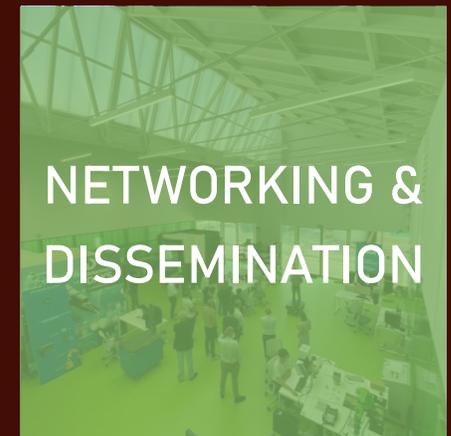
- Technological Innovation & Project Management
- Access to Finance
- Startups



- 4.0 & 5.0



- Courses on Catalogue
- Tailor made courses
- Executive Master Teknè 5.0



# LA LINEA PILOTA

La Linea Pilota è una **linea di produzione** dove le tecnologie di Industria 4.0 vengono integrate con quelle tradizionali, in un **ambiente digitalmente interconnesso**.

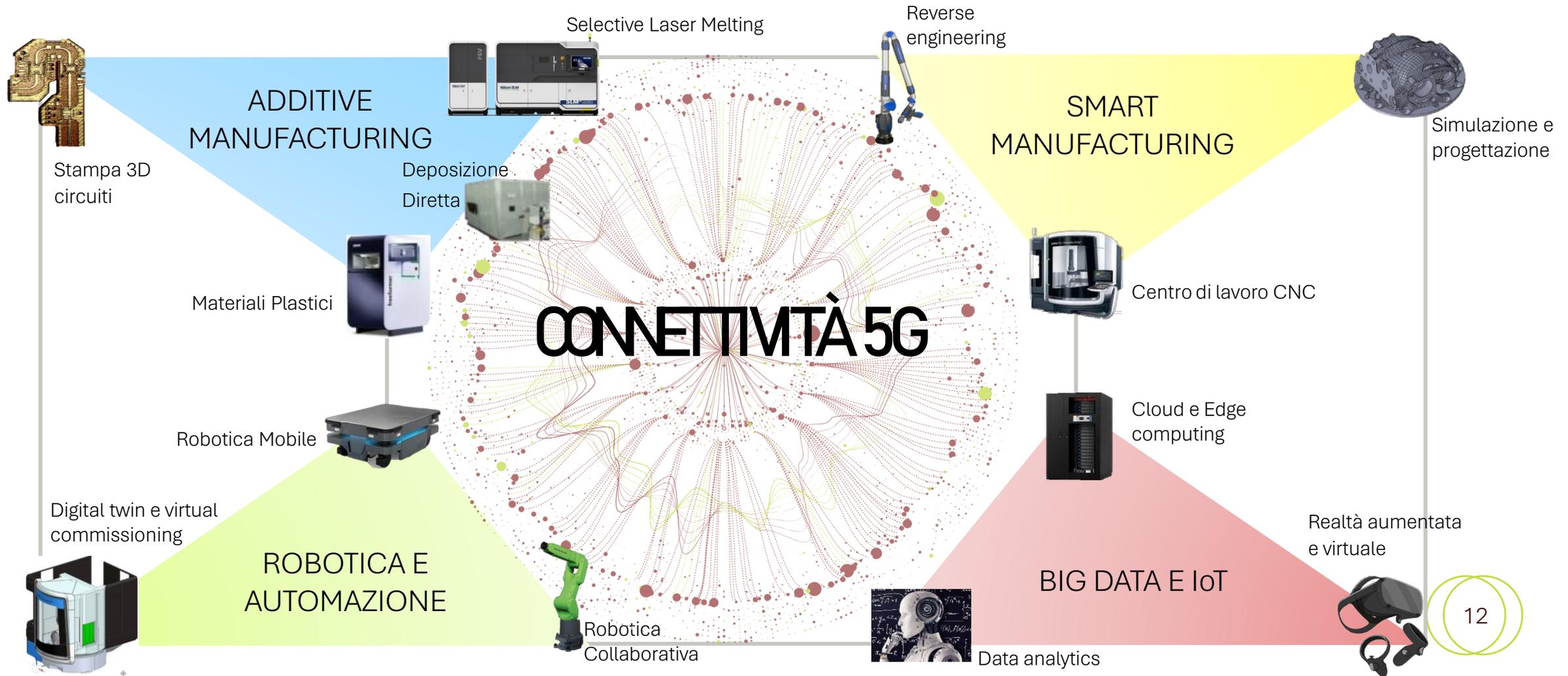
Una fabbrica digitale del futuro dove poter testare soluzioni e processi ad alto valore aggiunto.

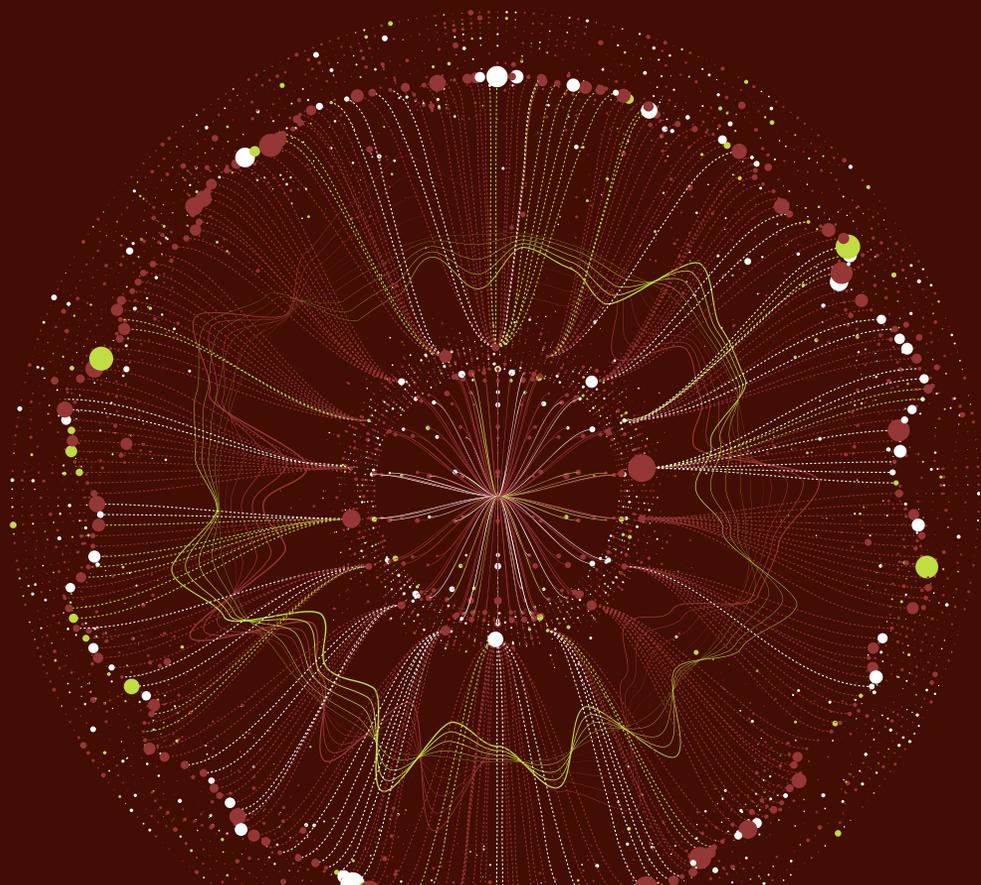
L'impianto è stato progettato per:

- Mettere a disposizione un'ambiente di **produzione senza vincoli** per servizi **Test Before Invest**;
- **Supportare l'innovazione tecnologica** delle imprese;
- Supportare i servizi di BI-REX come **formazione «hands on»** e orientamento alle imprese.



# LA LINEA PILOTA





Antonio Candido

[antonio.candido@bi-rex.it](mailto:antonio.candido@bi-rex.it)

[www.bi-rex.it](http://www.bi-rex.it)

CONTATTI



# DATI, MODELLI E MATERIALI INNOVATIVI: ECOSISTEMI CYBER-FISICI PER L'INDUSTRIA CHE AVANZA

4 NOVEMBRE 2025

VIA PAOLO NANNI COSTA 20, BOLOGNA

 **DATHA**  
DAta Transformation and Homogenization pLatform

**DAREDEVIL**  
Digital Twins A supporto d'El  
DEVOps in ambienti Industriali

**CYPHER**  
CyberPhysical Components and advanced matERials for monitoring and sensing

**HEATBETA** 

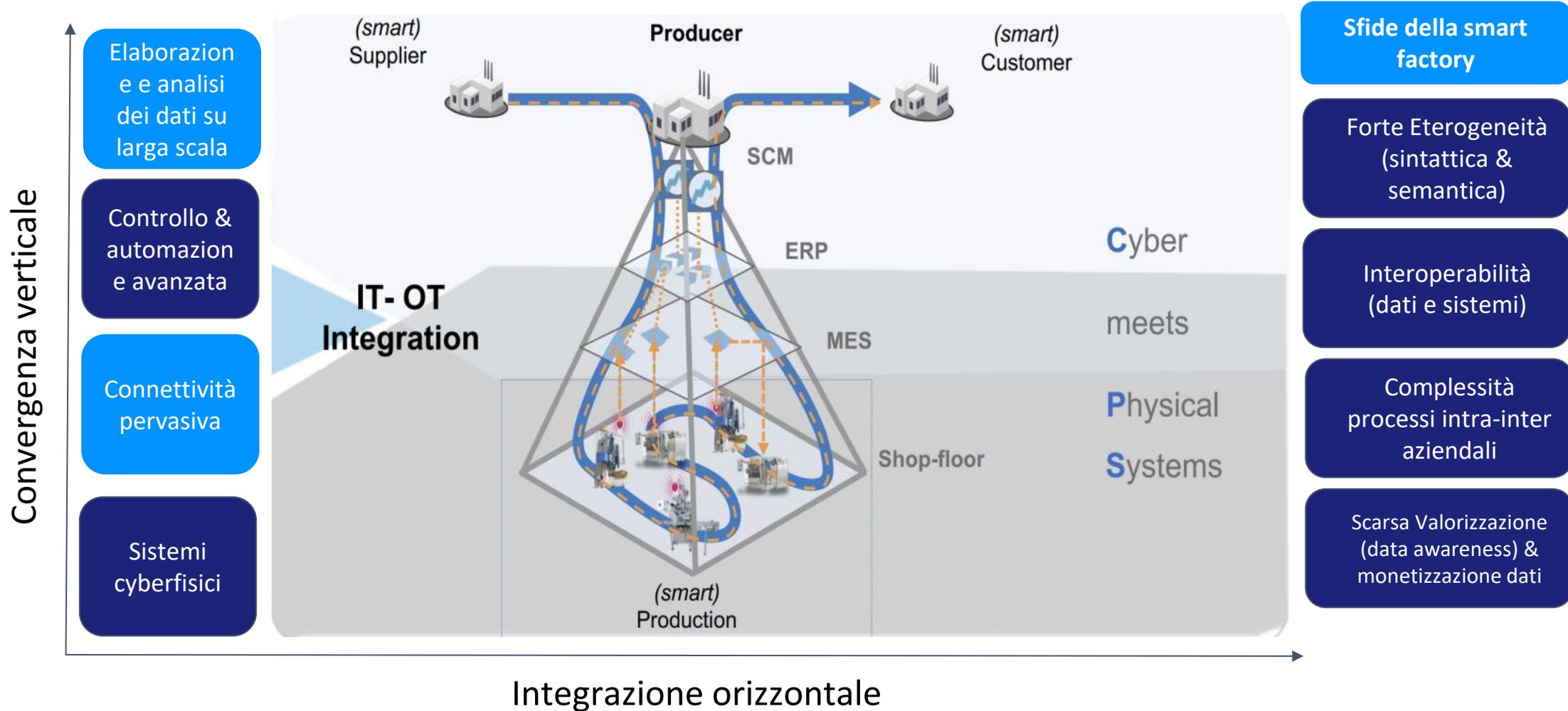


**DATHA**  
Data Transformation and Homogenization plAtform

# Indice

- Contesto progetto
- Obiettivi
- Use Case e descrizione piattaforma
- Sviluppi futuri e conclusioni

# Contesto di progetto: imprese e digitalizzazione



## Che cosa è Datha

- Piattaforma per **l'incremento della competitività** in aiuto a **processi decisionali**
- **Raccolta, preparazione e analisi trasparente di dati di produzione/processo**
- **Facile installazione e integrazione** di dati/modelli/asset industriali

## Perché è utile

- **Integra dati provenienti da sistemi e fonti eterogenee**, abilitando una visione unificata
- **Rende i dati e i modelli facilmente fruibili** grazie a un **Marketplace per modelli e dati**
- **Si adatta** a una vasta gamma di contesti industriali, garantendo **scalabilità, flessibilità e interoperabilità**

## A chi è rivolta

- Realtà produttive che vogliono sfruttare i dati di linea (**processo o prodotto**)
- Figure aziendali (responsabile di R&S; responsabile di progetto, responsabile di produzione)
- Team interfunzionali

## Partner del progetto DATHA



30+  
ricercatori

- 20+ ricercatori
- 10+ progettisti aziendali

10+  
enti

- 4 Partner di ricerca
- 4 Aziende
- 2 partner diffusione



# Analisi necessità potenziali utilizzatori

## Aziende / Organizzazioni



Settore alimentare



Settore ceramico



Settore componentistica avanzata

**bi-r3x**  
Big Data Innovation & Research Excellence



Competence center (6)



## Figure professionali

Responsabile laboratorio e R&S

Project manager

Responsabile R&S

Responsabile trasferimento tecnologico /  
Relazioni esterne / di Progetto

## Analisi necessità potenziali utilizzatori

### Necessità



### Problematiche

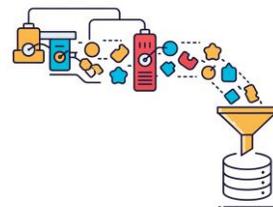


## Obiettivi chiave di DATHA



### **Supportare lo sviluppo della data economy:**

con una piattaforma avanzata per l'integrazione, la preparazione e la trasformazione dei dati.



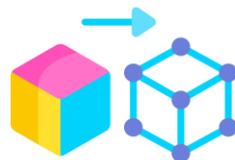
### **Elaborazione dei dati accessibile:**

con una piattaforma intuitiva e semplificata a utenti che pensata per utenti non possiedono competenze informatiche specifiche.



### **Scalabilità in ambiente Edge-Cloud:**

permettere l'adattamento dei servizi offerti dalle imprese alle proprie esigenze industriali specifiche.



### **Stimolare la digitalizzazione aziendale:**

Anche con l'adozione di Digital Twins, semplificando creazione dei modelli dei dati.



### **Semplificazione analisi e scambio dati e modelli:**

Microservizi per analisi e scambio intra/inter azienda dei dati e modelli elaborati anche con supporto LLM

## Use case: BI-REX

Design e sviluppo di una **piattaforma IT** basata su tecnologie Edge l'acquisizione dei dati da macchinari industriali presenti sulla linea pilota di BI-REX e la realizzazione dinamica di un pool di **servizi data-oriented**.



NIKON SLM 280 PS



# Data Preparation Platform

La Data Preparation Platform è stata realizzata a partire da DataRiver MOMIS i4.0 piattaforma edge-cloud per la Big Data Integration in ambito Industry 4.0 & 5.0



Impiega tecnologie di integrazione semantica e machine learning per:

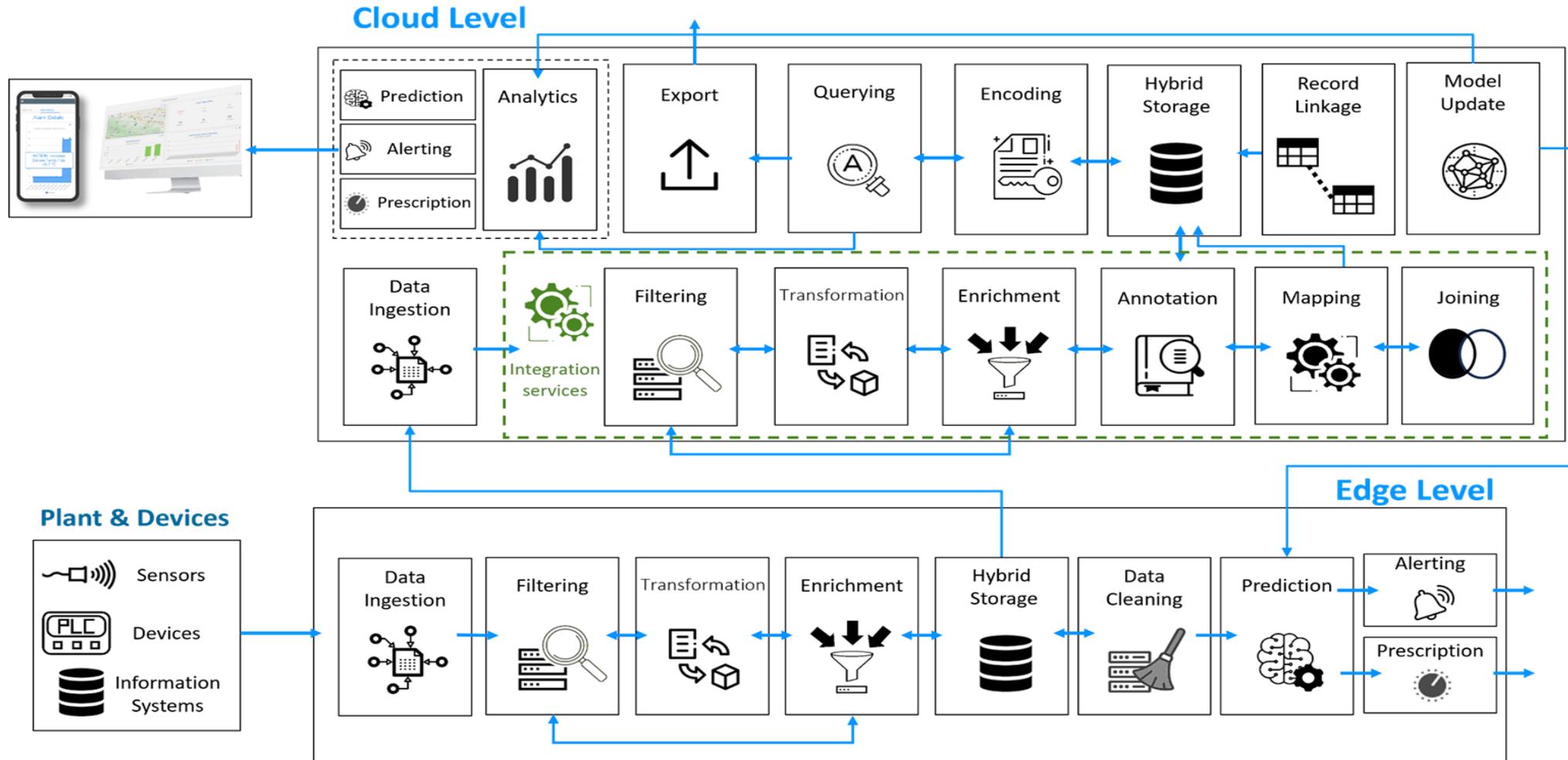
Rendere omogenei i dati provenienti dai sistemi e dai macchinari trasmessi tramite formati e protocolli differenti

Creare processi di data processing molto articolati e adatti a diversi contesti applicativi.

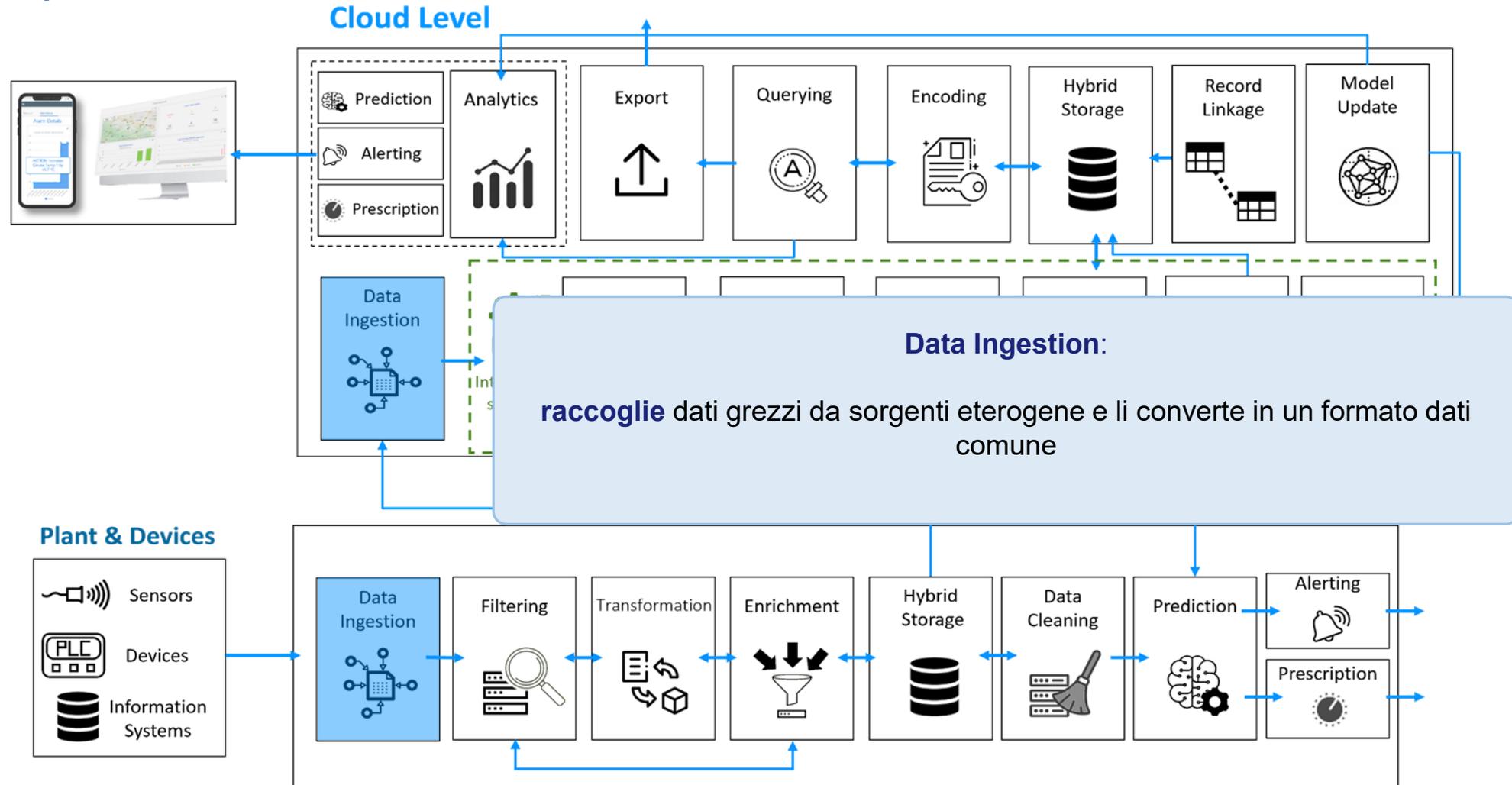
Visualizzare i dati raccolti a diversi livelli di astrazione: impianto, processo, linea di produzione, singolo macchinario

Visualizzare i dati raccolti a diversi livelli di granularità/risoluzione temporale (es. analisi future di anomalie)

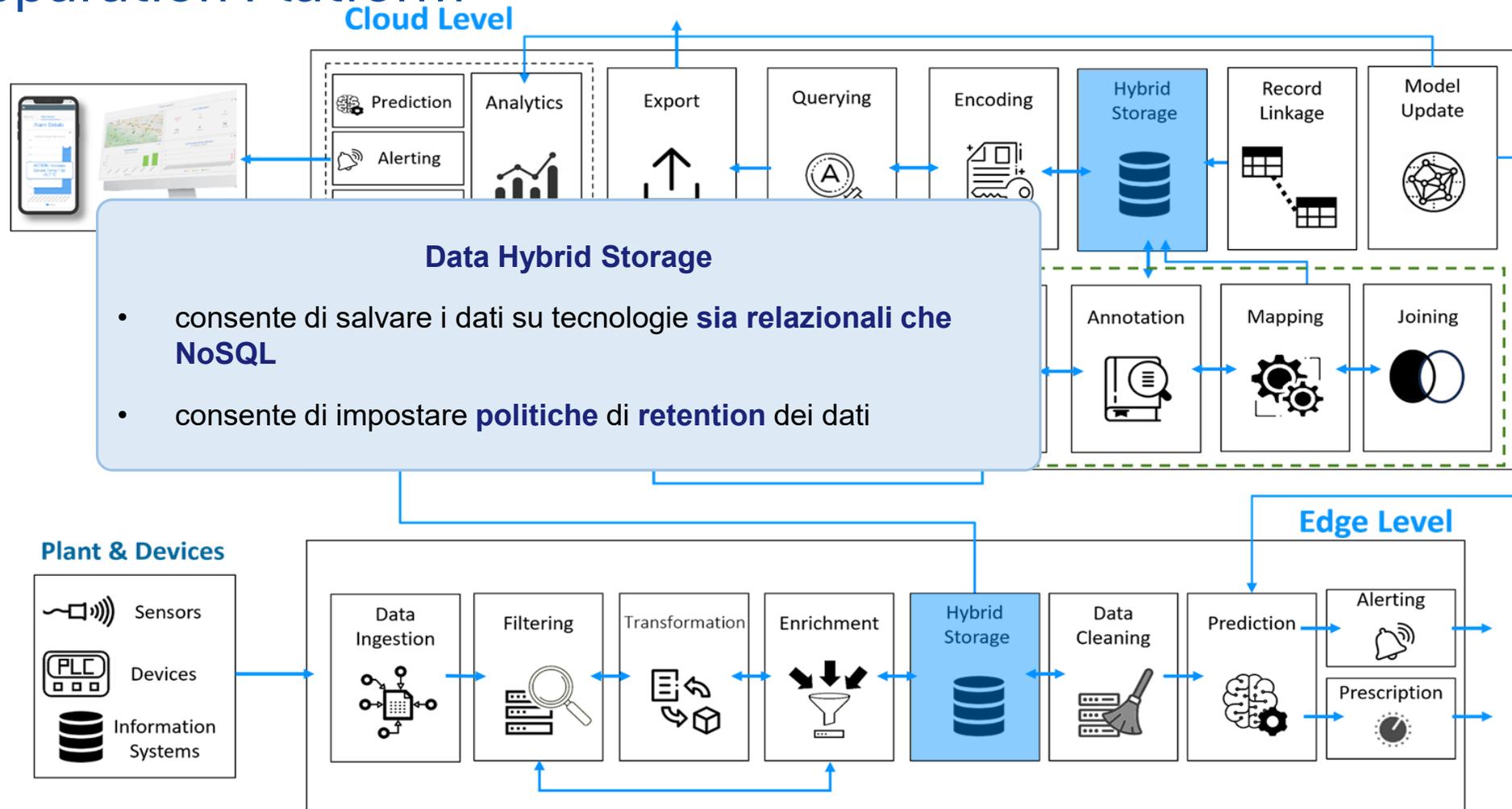
## Data Preparation Platform



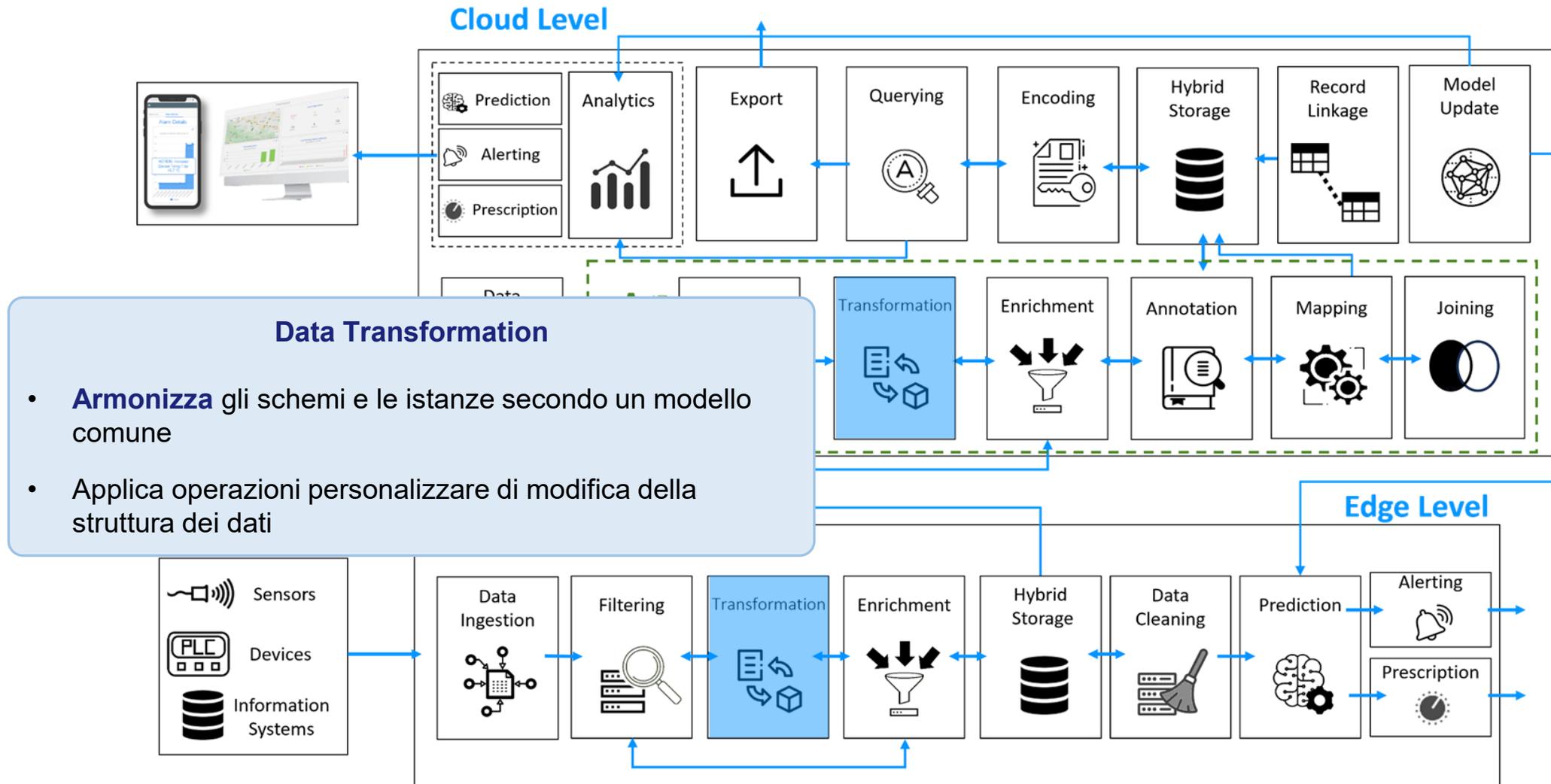
# Data Preparation Platform



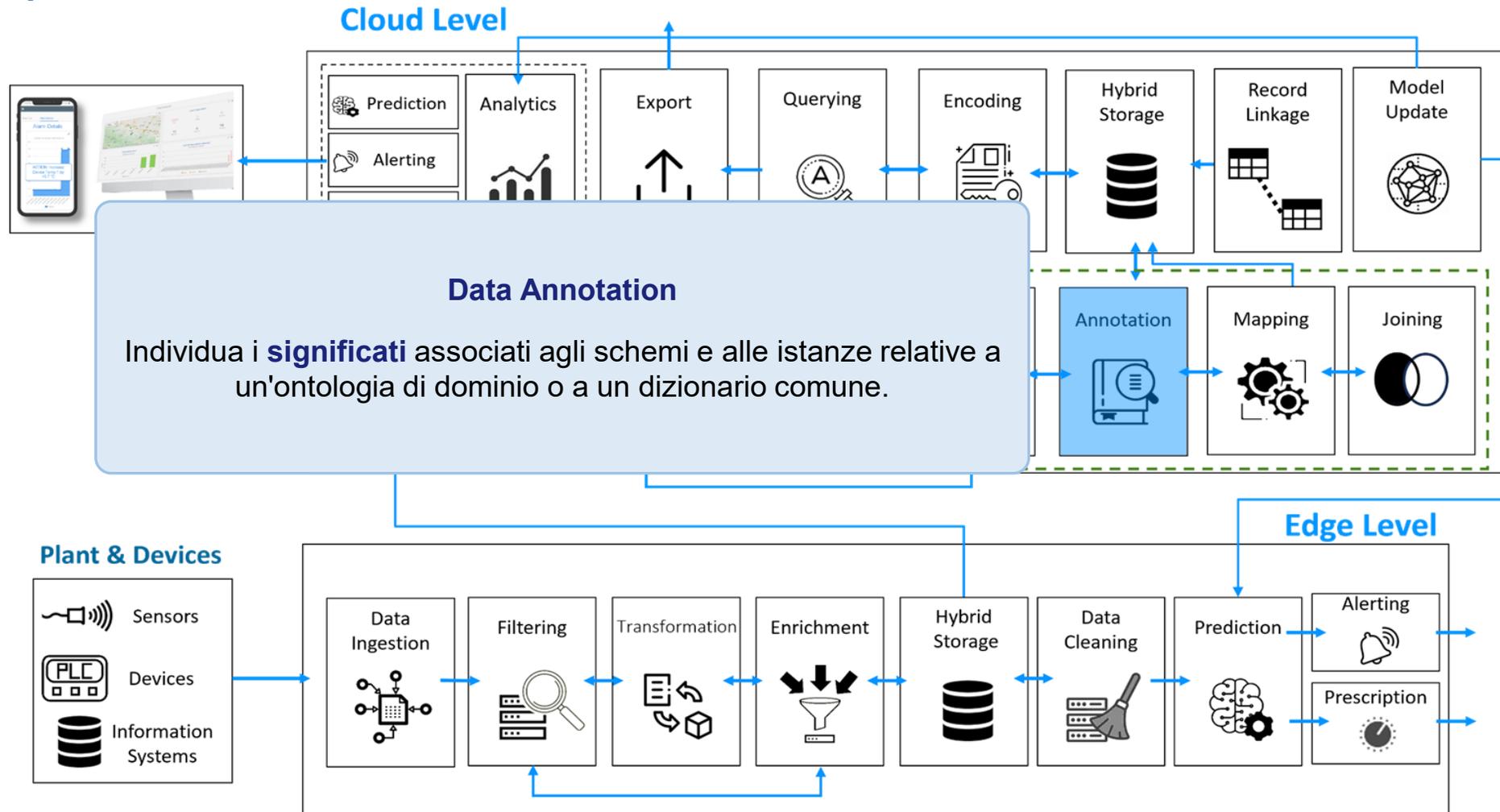
## Data Preparation Platform



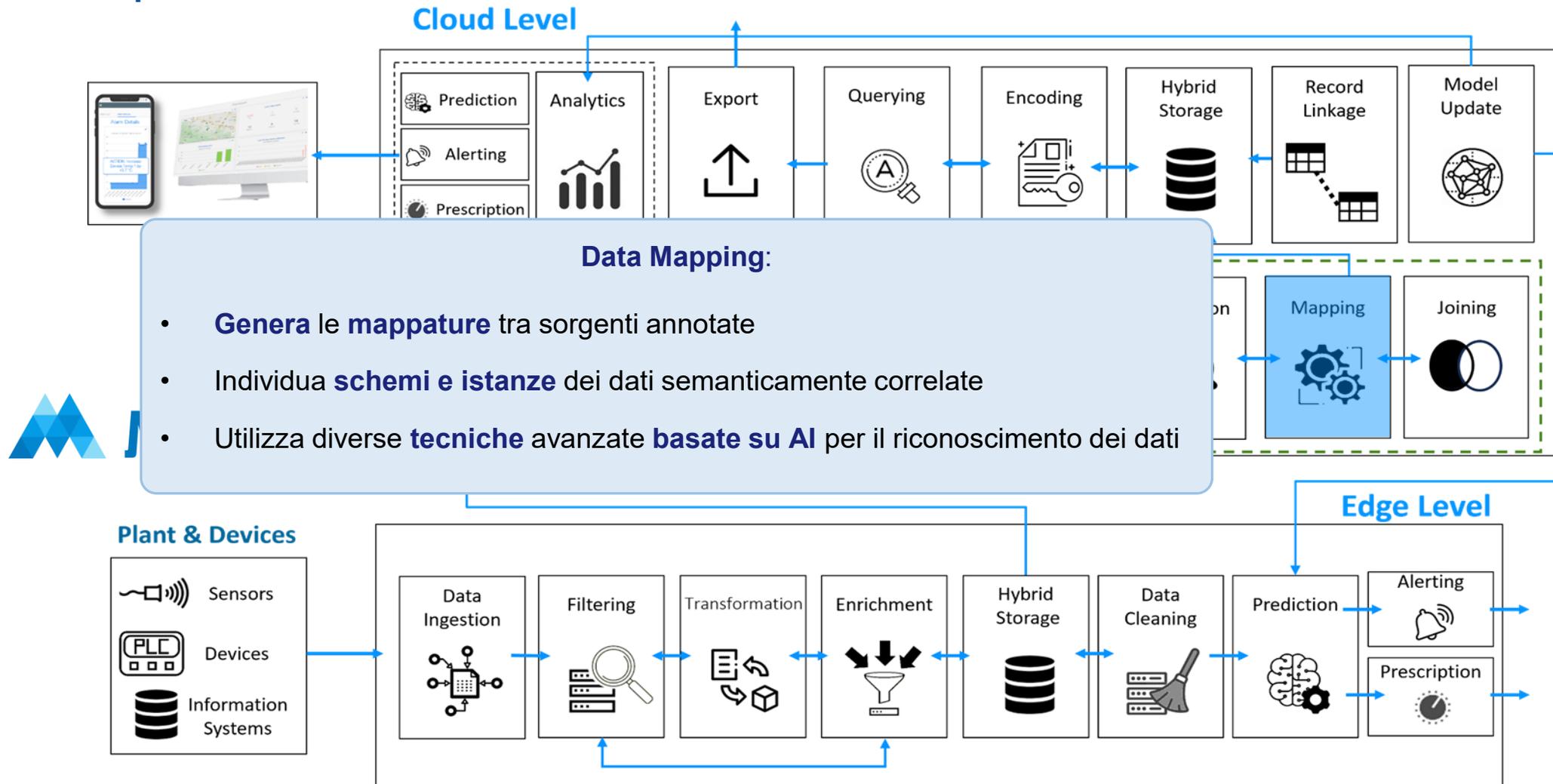
# Data Preparation Platform



# Data Preparation Platform



## Data Preparation Platform



Il designer consente la creazione di flussi di data preparation per la raccolta, integrazione e analisi dati sia on-premise che in cloud.



Interfaccia intuitiva per la visualizzazione e comprensione delle varie fasi.



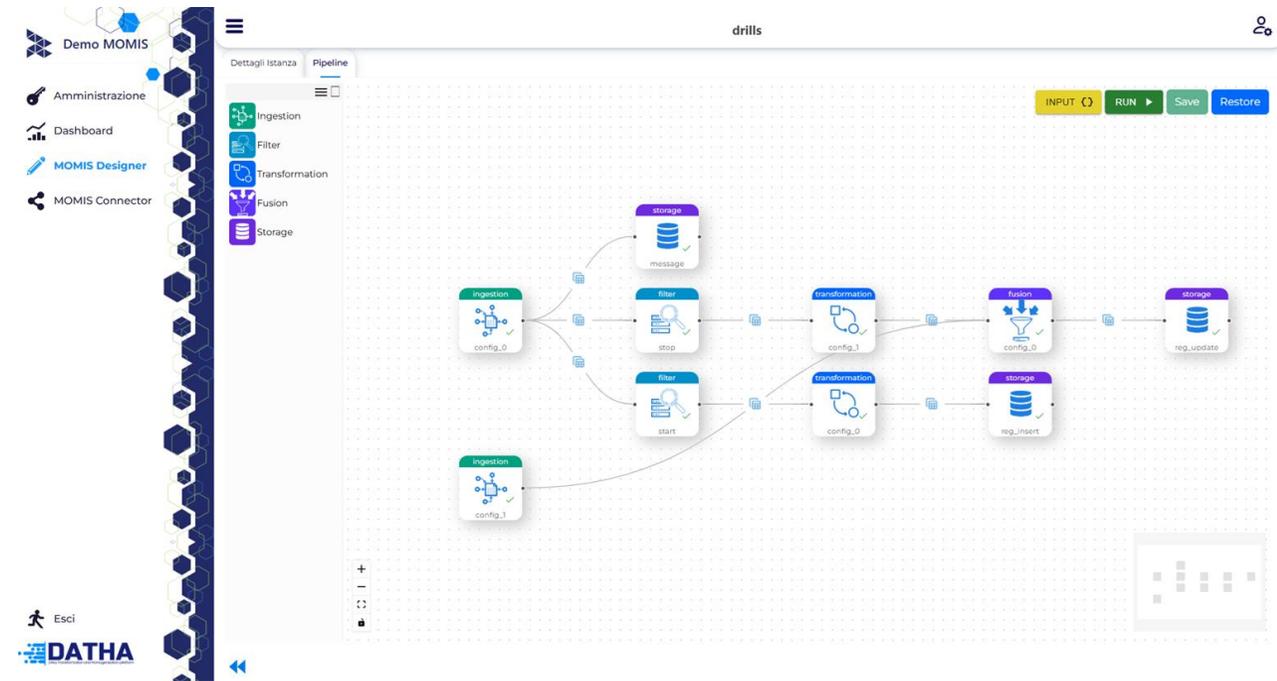
Strumento low-code adatto anche a figure senza conoscenze specifiche di data mining e data science.



Moduli software indipendenti che consentono di creare soluzioni adatti ai diversi scenari industriali.



Pubblicazione dati processati verso dei servizi di storage condivisi o Marketplace.



# Data Analytics

Il modulo di data analytics si basa su DataRiver **MOMIS Dashboard** e consente di creare e visualizzare indicatori costruiti sui dati processati:



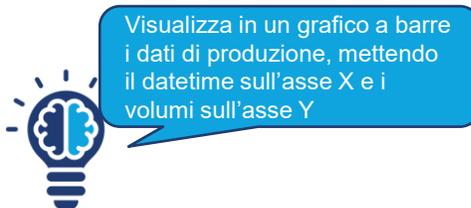
**Monitoraggio continuo**  
delle performance delle linee di  
produzione, del magazzino e della qualità  
dei prodotti



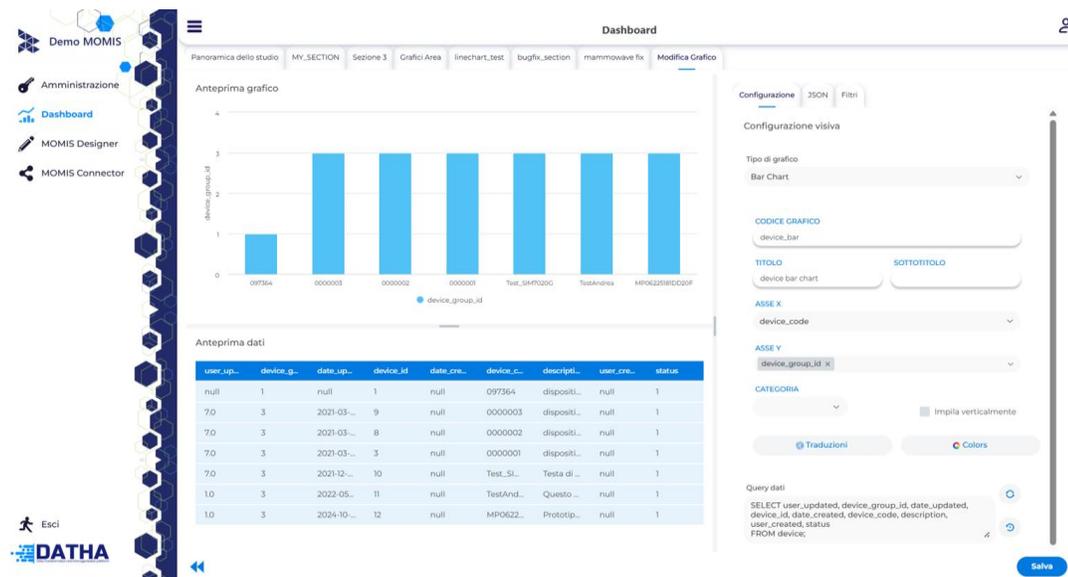
**Analisi in tempo reale**  
dei parametri di funzionamento dei  
macchinari per la generazione tempestiva  
di allarmi e notifiche ai supervisori



**Manutenzione predittiva**  
con algoritmi di Machine Learning per  
apprendere dall'esperienza per ottimizzare i  
processi produttivi e ridurre i consumi energetici



**Design supportato da AI**  
degli indicatori tramite interfaccia  
testuale di creazione grafici



# Data Prediction

Il modulo di Data Analytics funziona in sinergia con il modulo di Data Prediction:

Si occupa del processamento dei dati con i modelli di funzionamento per fornire dati previsionali:



**Analisi predittiva dei dati**  
per poter a partire dai dati storicizzati dai flussi di data preparation

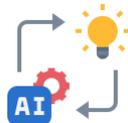


**Analisi prescrittiva dei dati**  
per poter rilevare in real time segnali precoci dei problemi (anomaly detection)



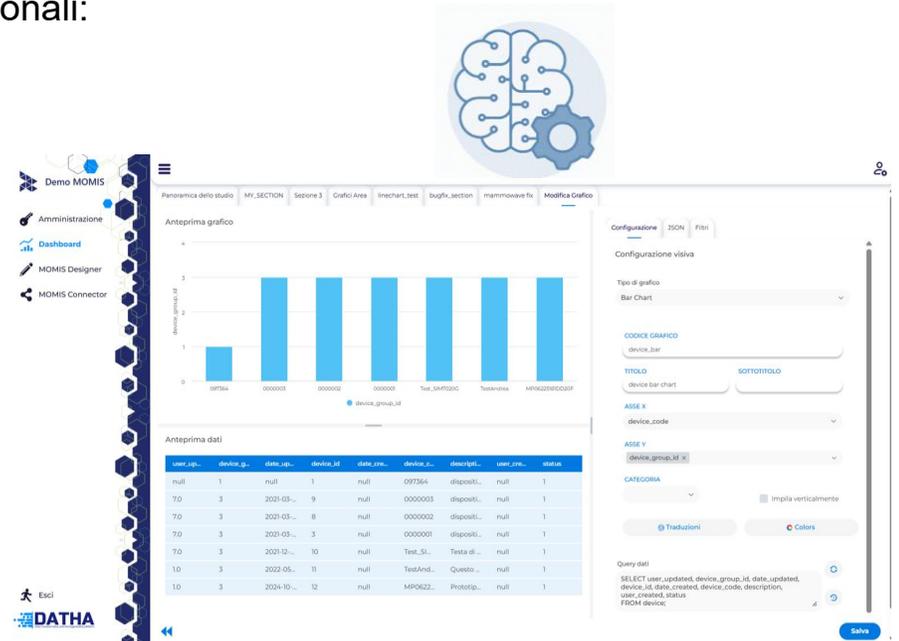
**Supporto a modelli di Machine e Deep Learning**

Per poter utilizzare il modello più adatto scenario d'uso e a dati disponibili



**Training Edge-Cloud**

per poter allenare i modelli su sistemi ad alte prestazioni e utilizzo di modelli allenati su dispositivi IIoT



Se volessi utilizzare altri modelli già allenati?  
 **DATA MARKETPLACE MODELLI**

# DATHA Marketplace

Powerful semantic search for datasets and ML models



## Search Datasets

**POST** /search/datasets

Find datasets using semantic search. Describe what you're looking for and get relevant results.

What are you looking for?

sentiment analysis for movie reviews

[Search Datasets](#)



## Search Models

**POST** /search/models

Find machine learning models using semantic search. Describe what you're looking for and get relevant results.

Describe your use case

text generation for customer support chatbot

[Search Models](#)



## Browse Datasets

**GET** /datasets

Browse a sample of available datasets in the catalog with key details and metadata in a user-friendly card

[View a sample](#)



## Browse Models

**GET** /models

Browse a sample of available machine learning models in the catalog with key details and metadata in a user-friendly card

[View a sample](#)



## Add Dataset

Upload a new dataset to the catalog



## Add Model

Upload a new model to the catalog

# DATHA Marketplace

Powerful semantic search for datasets and ML models

Retrieval-Augmented  
Generation  
(RAG)



## Search Datasets

POST /search/datasets

Find datasets using semantic search. Describe what you're looking for and get relevant results.

What are you looking for?

sentiment analysis for movie reviews

Search Datasets



## Search Models

POST /search/models

Find machine learning models using semantic search. Describe what you're looking for and get relevant results.

Describe your use case

text generation for customer support chatbot

Search Models



## Browse Datasets

GET /datasets

Browse a sample of available datasets in the catalog with key details and metadata in a user-friendly card

[View a sample](#)



## Browse Models

GET /models

Browse a sample of available machine learning models in the catalog with key details and metadata in a user-friendly card

[View a sample](#)



## Add Dataset

Upload a new dataset to the catalog



## Add Model

Upload a new model to the catalog



## Search Datasets

POST /search/datasets

Find datasets using semantic search.  
Describe what you're looking for  
and get relevant results.

What are you looking for?

I'm searching for a predictive maintenance or anomaly detection dataset in the field of additive manufacturing

Search Datasets

[← Back to Home](#)

## Dataset Search Results

Found 3 result(s)

### BIREX-CompetenceCenter/SISMA-3DPrinter-Logs

Download

System logs from SISMA metal 3D printers with process parameters and sensor readings for anomaly detection and predictive maintenance.

500 downloads

25 likes

2024-01-15

LICENSE	LANGUAGE	MULTILINGUALITY	SIZE	TASK CATEGORIES
<span style="background-color: #6666ff; color: white; padding: 2px 5px; border-radius: 5px;">cc-by-nc-4.0</span>	none	nonlinguistic	100K<n<1M	time-series-analysis

TAGS

industrial

additive-manufacturing

logs

predictive-maintenance

machine-learning

anomaly-detection

time-series

### BIREX-CompetenceCenter/SLM-NIKON-3DPrinter-Images

Download

Optical images from NIKON SLM metal 3D printers annotated for surface defects and irregularities in additive manufacturing processes.

850 downloads

42 likes

2024-01-15

LICENSE	LANGUAGE	MULTILINGUALITY	SIZE	TASK CATEGORIES
<span style="background-color: #6666ff; color: white; padding: 2px 5px; border-radius: 5px;">cc-by-nc-4.0</span>	none	nonlinguistic	10K<n<100K	image-classification, object-detection

TAGS

industrial

computer-vision

image-analysis

additive-manufacturing

defect-detection

COESIONE  
ITALIA 21-27  
EMILIA-ROMAGNA



Cofinanziato  
dall'Unione europea





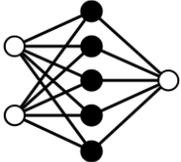
Regione Emilia-Romagna



## Marketplace: Microservizi



python™



Jina v3

Logica di backend



Rappresentazione semantica dei dataset e dei modelli



Storage dei dataset e dei modelli

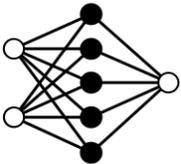


Il marketplace è progettato e implementato come una applicazione a microservizi

# Marketplace: Microservizi



python™



**Jina v3**

Logica di backend




Rappresentazione semantica dei dataset e dei modelli




Storage dei dataset e dei modelli



What are you looking for?

I'm searching for a predictive maintenance or anomaly detection dataset in the field of additive manufacturing

Search Datasets



Rappresentazione semantica del prompt



Ricerca delle rappresentazioni più simili nel database



Recupero della risorsa associata al miglior risultato

# Marketplace APIs

**"DATHA Marketplace"** 0.1.0 OAS 3.1

[/openapi.json](#)

"DATHA Marketplace API for searching and retrieving catalog items."

default ^

GET	/	Root	▼
GET	/datasets	View Datasets	▼
GET	/api/datasets	Api Sample Datasets	▼
GET	/api/models	Api Sample Models	▼
GET	/datasets/add	Show Add Dataset Form	▼
POST	/datasets/add	Add Dataset	▼
POST	/search/datasets	Search Datasets	▼
GET	/search/datasets/{search_id}	Get Search Results	▼
GET	/datasets/{dataset_id}/data	Download Dataset Data	▼
GET	/models	View Models	▼
GET	/models/add	Show Add Model Form	▼
POST	/models/add	Add Model	▼
POST	/search/models	Search Models	▼
GET	/search/models/{search_id}	Get Model Search Results	▼
GET	/models/{model_id}/weights	Download Model File	▼
POST	/api/search/datasets	Api Search Datasets	▼
POST	/api/search/models	Api Search Models	▼

- Il marketplace DATHA mette a disposizione delle funzionalità anche tramite APIs
- Una applicazione può interagire con il marketplace direttamente senza passare dalla interfaccia web
  - **Ricerca dei dataset** (linguaggio naturale);
  - **Download** di un **dataset**;
  - **Ricerca dei modelli** pre-trained (linguaggio naturale);
  - **Download** di un **modello** pre-trained;
  - **Upload** di modelli / dataset.



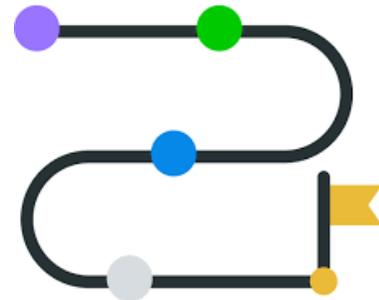
## Roadmap & Sviluppi Futuri

Sviluppi di progetto in corso (scadenza metà 2026):

- Nuovi formati dati e modelli di analisi
- Miglioramento user-experience per abbattere barriere tecnologiche
- Potenziamento interazione Data Preparation – Data Marketplace
- Miglioramento funzionalità intelligenti della piattaforma

Sviluppi futuri piattaforma DATHA :

- Creazione di valore
  - Sostenibilità
  - Efficienza
  - Innovazione
  - Decision-making
- Scalabilità del progetto
- Creazione di nuovi scenari di mercato



# Conclusioni

## Benefici ottenibili tramite la piattaforma DATHA

1. data awareness per trovare valore dalle informazioni intrinseche;
2. gestione efficace dei dati aziendali grazie funzionalità comuni;
3. superamento delle barriere tecnologiche dei tool di data preparation;
4. diffusione multi-settoriale e adattamento a contesti molto diversi.



**DAREDEVIL**  
*Digital Twins A supporto d'El  
DEVOps in ambienti Industriali*

- **Il contesto**
- **I partner di progetto**
- **Retrospektiva su devops**
- **Gli obiettivi chiave**
- **La piattaforma Daredevil**
- **Real Use Case: Banco Prova Festo**
- **Conclusioni e Sviluppi Futuri**

# Il contesto e la sfida della manifattura moderna

**Competere** in un mercato che non si ferma mai è diventata una **sfida obbligatoria!**



## Competitività Globale

La pressione per ridurre i costi e aumentare la qualità è costante. Bisogna produrre meglio, più velocemente e a costi inferiori.



## Transizione Digitale (Industria 4.0/5.0)

I vostri impianti diventano sempre più intelligenti, connessi e guidati dai dati. Il software non è più un accessorio, è il cervello della produzione.



## Agilità e Resilienza

La capacità di adattarsi rapidamente a nuovi prodotti, a cambiamenti nella domanda, alle interruzioni della supply chain è diventata un fattore critico di successo e ai rischi sulla cybersecurity.



## Sostenibilità (Green Deal)

L'efficienza non è solo economica, ma anche ambientale. Ridurre sprechi, consumi energetici e scarti è un imperativo, non più un'opzione.

I nostri processi di sviluppo e gestione del software sono all'altezza di queste sfide?

# Il ciclo di vita del sw tradizionale di automazione

Il **Processo Attuale** è un modello "a cascata" , cioè lento, sequenziale e ad alto rischio



- **Processo Rigido e Sequenziale:** Ogni fase deve essere completata prima di passare alla successiva. Non si torna indietro facilmente.
- **Test Tardivi e Rischiosi:** Il vero test, il "momento della verità", avviene spesso solo alla fine del processo, direttamente sull'hardware fisico.
- **Necessità di Fermo Macchina:** Testare nuove routine di controllo PLC significa quasi sempre una cosa: interrompere la produzione. Un costo diretto e un'enorme inefficienza.
- **Scarsa Collaborazione:** Gli sviluppatori creano il codice, lo passano agli operatori e ai manutentori. I team lavorano in "silos", con una comunicazione spesso difficile.

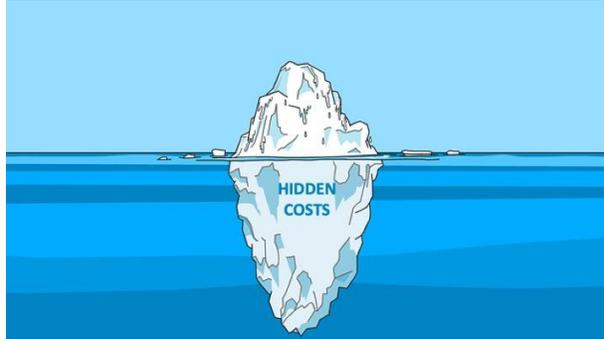
## Il paradosso del "Vendor Lock-in"



- **Ecosistemi Chiusi e Proprietari:** Software spesso sono "scatole nere".
- **Costi di Licenza Elevati e Ricorrenti:** L'investimento iniziale è solo l'inizio. I costi di licenza, manutenzione e supporto rappresentano una spesa continua e significativa.
- **Dipendenza Tecnologica (Vendor Lock-in):** Una volta adottata una piattaforma, uscirne è estremamente complesso e costoso. L'azienda è legata alle decisioni, ai tempi e ai prezzi di un singolo fornitore.
- **Scarsa Flessibilità e Interoperabilità:** Integrare strumenti innovativi di terze parti è difficile, se non impossibile. Si è costretti a usare solo ciò che l'ecosistema del vendor offre.

# L'impatto sul business: Un freno all'innovazione

## Costi, tempi e rischi che limitano la crescita



### Rallentamento del Time-to-Market

Lanciare un nuovo prodotto o modificare una linea richiede più tempo, facendovi perdere preziose finestre di mercato, specialmente sul mercato internazionale.

### Aumento dei Costi Operativi (TCO)

Sommando licenze, fermi macchina, trasferte dei tecnici e correzione di errori tardivi, il costo totale di gestione del software è molto più alto di quanto sembri.

### Fragilità dei Processi e Riluttanza al Cambiamento

La paura di introdurre errori e causare fermi macchina crea una cultura aziendale riluttante al cambiamento e all'innovazione. Si preferisce non toccare ciò che "funziona", anche se potrebbe funzionare molto meglio.

### Una Barriera Insormontabile per le PMI

Per le Piccole e Medie Imprese, questi costi e questa complessità rendono tecnologie come il Virtual Commissioning praticamente inaccessibili, creando un divario competitivo.

# Gli obiettivi del progetto DAREDEVIL

Un'altra industria ( quella del software ) ha già affrontato (e risolto) le sfide del mercato industriale manifatturiero

**Verso un Nuovo Paradigma > con DAREDEVIL porsi e rispondere alle seguenti domande:**

- Come possiamo abbattere i muri tra chi sviluppa e chi gestisce le operations?
- Come possiamo testare in modo continuo e automatico, invece che solo alla fine?
- Come possiamo rilasciare valore al cliente in giorni, in modo incrementale, invece che in mesi?



# I partner del progetto DAREDEVIL

- Il team : Bi-Rex, Ciri-Ict, Ciri- Mam, Datariver



**CIRI ICT - TECNOLOGIE DELL'INFORMAZIONE  
E DELLA COMUNICAZIONE**

**CIRI MECCANICA AVANZATA E MATERIALI**



- Le aziende exploiter: Arca tecnologie, Imola informatica, Sacmi



- I componenti del testbed



## ← BACK Prima di DevOps

- **Silos organizzativi** tra Dev e Ops → comunicazione frammentata
- **Rilasci lenti e rischiosi** → cicli di sviluppo lunghi
- **Gestione manuale** dell'infrastruttura → alta probabilità di errore
- **Scarsa visibilità** sullo stato delle applicazioni

## 🚀 Cosa ha Permesso DevOps

- **Automazione** dei processi di build, test, deploy
- **Collaborazione continua** tra team cross-funzionali
- **Infrastructure as Code (IaC)** → ambienti replicabili e scalabili
- **Monitoraggio proattivo** → feedback immediato e miglioramento continuo
- **Cultura del miglioramento** → sperimentazione, apprendimento, adattamento

# DevOps come Ponte tra Mondi Distanti nell'Industria 5.0

## Una Metodologia, Molti Linguaggi

DevOps non è solo un insieme di strumenti, ma una **filosofia operativa** che:

- Promuove **collaborazione continua**
- Abilita **integrazione fluida** tra sistemi e competenze
- Favorisce **automazione e feedback** in tempo reale

## Ops Industriali (Meccanica/Elettronica)

- Sistemi fisici, PLC, robotica, sensoristica
- Focus su **affidabilità, sicurezza, tempo reale**

## IT Tradizionale

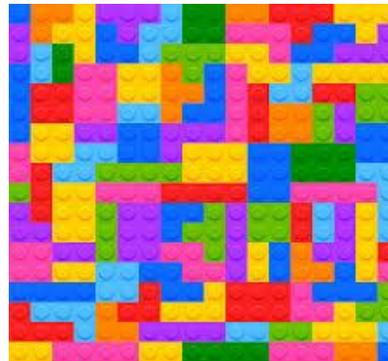
- Applicazioni, infrastrutture, cloud, microservizi
- Focus su **scalabilità, manutenibilità, ciclo di rilascio**



Fornire alle imprese manifatturiere un framework concreto per la loro trasformazione digitale che permetta di integrare un **Approccio DevOps** per **automatizzare** e **facilitare** lo sviluppo, il test e il rilascio del software di controllo dei PLC.



**Creare una Piattaforma Open Source:** Per il Virtual Commissioning e la simulazione "Hardware-in-the-Loop" (HIL).



**Sviluppare Moduli Digitali Intelligenti:** Digital Twin basati su modelli fisici (White Box) e su AI (Black Box) per emulare il comportamento degli impianti.

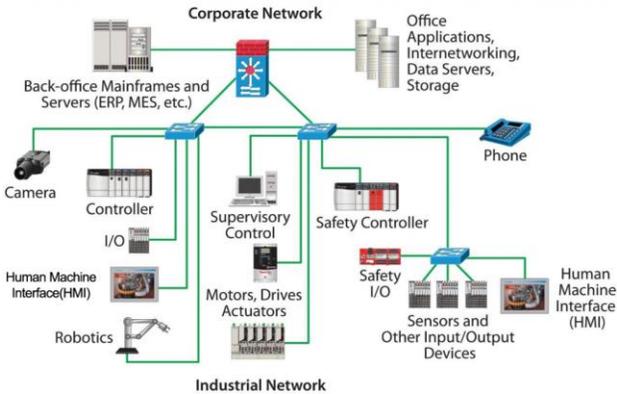


**Abbassare i Costi e i Tempi:** Ridurre la dipendenza da soluzioni commerciali e accelerare i cicli di innovazione.

# La Piattaforma DAREDEVIL

La piattaforma DAREDEVIL stabilisce un'architettura a microservizi, modulare e scalabile, organizzata su quattro livelli logici:

## Physical Layer



L'impianto industriale di test e produzione **OT** (macchinari, PLC) e l'infrastruttura IT (Cloud/Edge).

## Data Layer



Gestisce la raccolta dati e astrae il controllo dei dispositivi fisici.

## Layer Component Emulation



Gestisce i componenti **virtuali e fisici** permettendone l'integrazione nelle varie fasi DevOps

## CI/CD Layer



Fornisce gli strumenti per **versionare e automatizzare** tutte le fasi del ciclo di vita di un servizio

# Layer Physical

**Physical/Ops Layer** rappresenta la base infrastrutturale IT/OT che abilita l'intero ciclo di vita delle soluzioni digitali, dall'ideazione alla produzione.

## **Funzionalità Chiave:**

- **Orchestrazione** e esecuzione di servizi IT
- Suddivisione e **gestione** risorse fisiche
- **Documentazione** e Versionamento configurazioni
- Supporto per il training e l'esecuzione di modelli ML
- Hardware riconfigurabile per processi Hardware-in-the-Loop (HiL)

GRUPPO	FUNZIONE
 <b>Supporto allo Sviluppo</b>	Ambienti per sviluppo software, simulazione, provisioning dinamico
 <b>Supporto al Test</b>	Infrastruttura per test automatici, validazione HiL, monitoraggio
 <b>Endpoint di Produzione</b>	Sistemi runtime, deployment edge/cloud, orchestrazione servizi

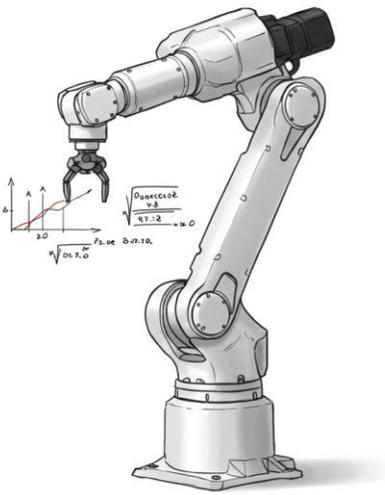
Le varie fasi DevOps del ciclo di vita di un «prodotto» richiedono una raccolta di dati pervasiva.

Il Data layer fornisce le funzionalità essenziali per abilitare:

1. **Monitoraggio Pervasivo:** Raccolta di informazioni da componenti fisici e virtuali in tutte le fasi (sviluppo, test, produzione).
2. **Duplicazione dei Flussi di Controllo e Dati:** Replica e reindirizzamento delle connessioni tra servizi e dispositivi.
3. **Storage Permanente:** Conservazione e catalogazione a lungo termine dei dati raccolti.
4. **Streaming in Tempo Reale:** Fornitura di dati aggiornati sullo stato dei componenti.
5. **Model Training & Model Catalog:** Addestramento di modelli di Machine Learning e loro versionamento e archiviazione.

# Layer Component Emulation

## Due Approcci per un Gemello Digitale



White Box



Black Box

**White Box:** Modelli basati sulla fisica e la matematica. Sappiamo esattamente come funzionano, perché replicano le leggi meccaniche ed elettriche del componente reale. Sono precisi ma complessi da creare.

**Black Box:** Modelli basati su Intelligenza Artificiale. Il modello impara direttamente dai dati raccolti sul campo (es. da EdgeX Foundry) a comportarsi come il componente reale. È più veloce da implementare per sistemi complessi.



**Gray Box:** Modelli combinati che uniscono l'output dei modelli *White* e *Black*, che vengono combinati sia in serie per emulare due componenti differenti interconnessi che in parallelo per emulare lo stesso componente.

# Layer CI/CD

## Versionamento e Automazione

- Configurazioni fisiche
- Codice dei servizi
- Modelli di Machine Learning

## Funzionalità chiave

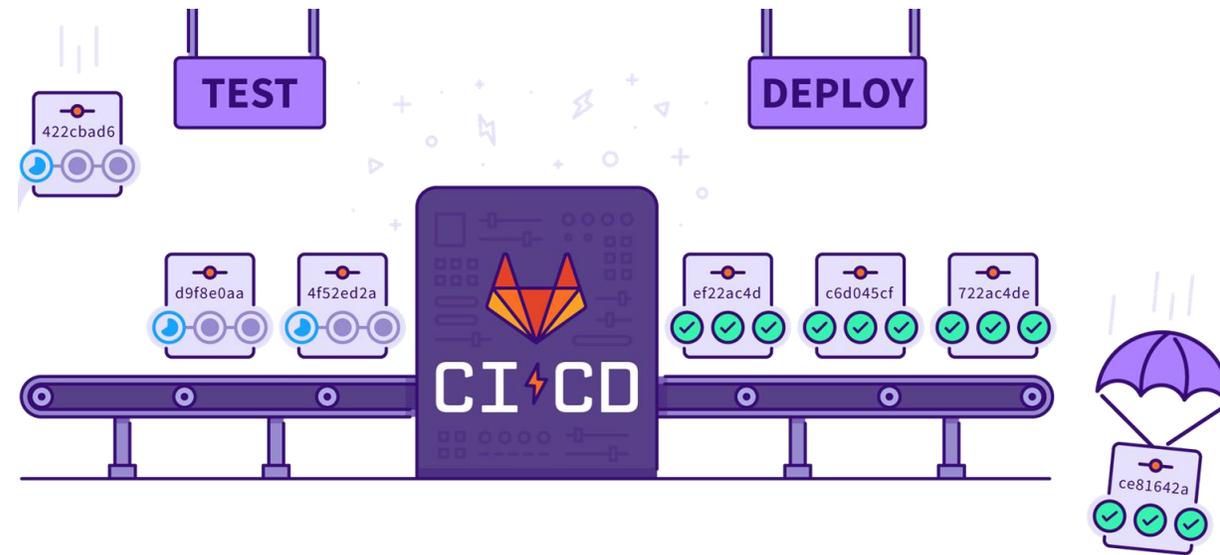
- Ri-creazione automatica di condizioni operative
- Strutturazione dei flussi di rilascio in **pipeline composta da stages**

Ogni stage:

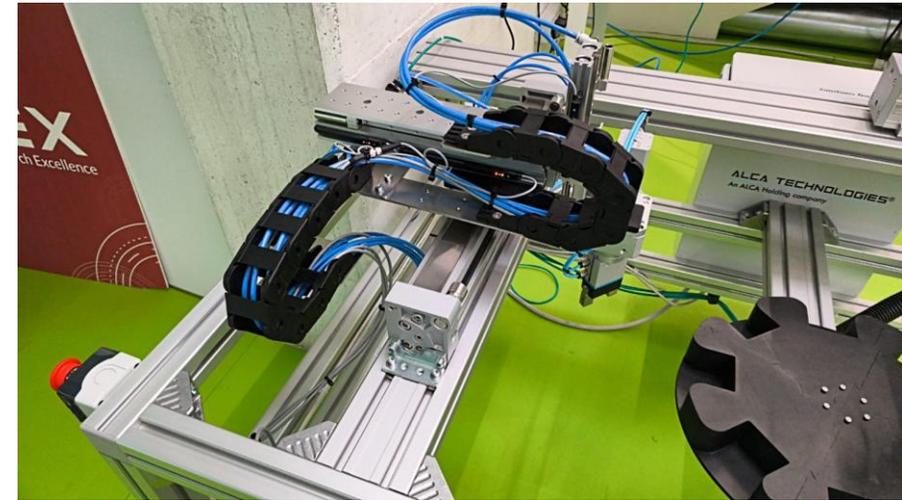
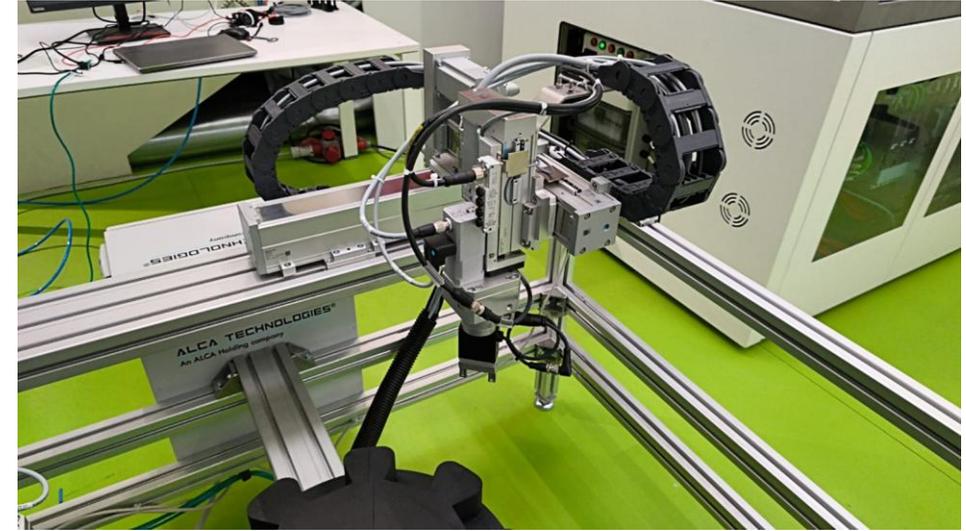
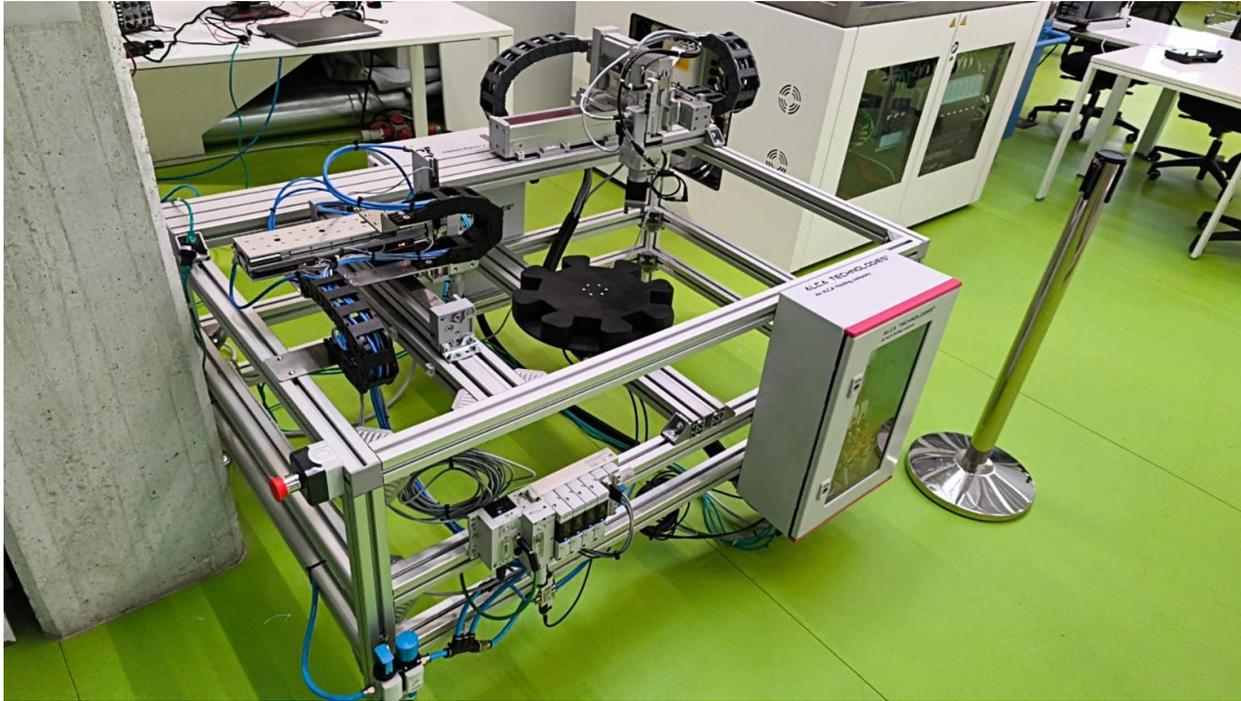
- Identifica un punto della pipeline
- Può fungere da punto di sincronizzazione del team
- Raggruppa obiettivi, condizioni di funzionamento, risultati di test

## Valore aggiunto

- Piattaforma collaborativa per rilasci sicuri
- Coinvolgimento di diverse professionalità nelle fasi critiche (nuove configurazioni, servizi, versioni in produzione)

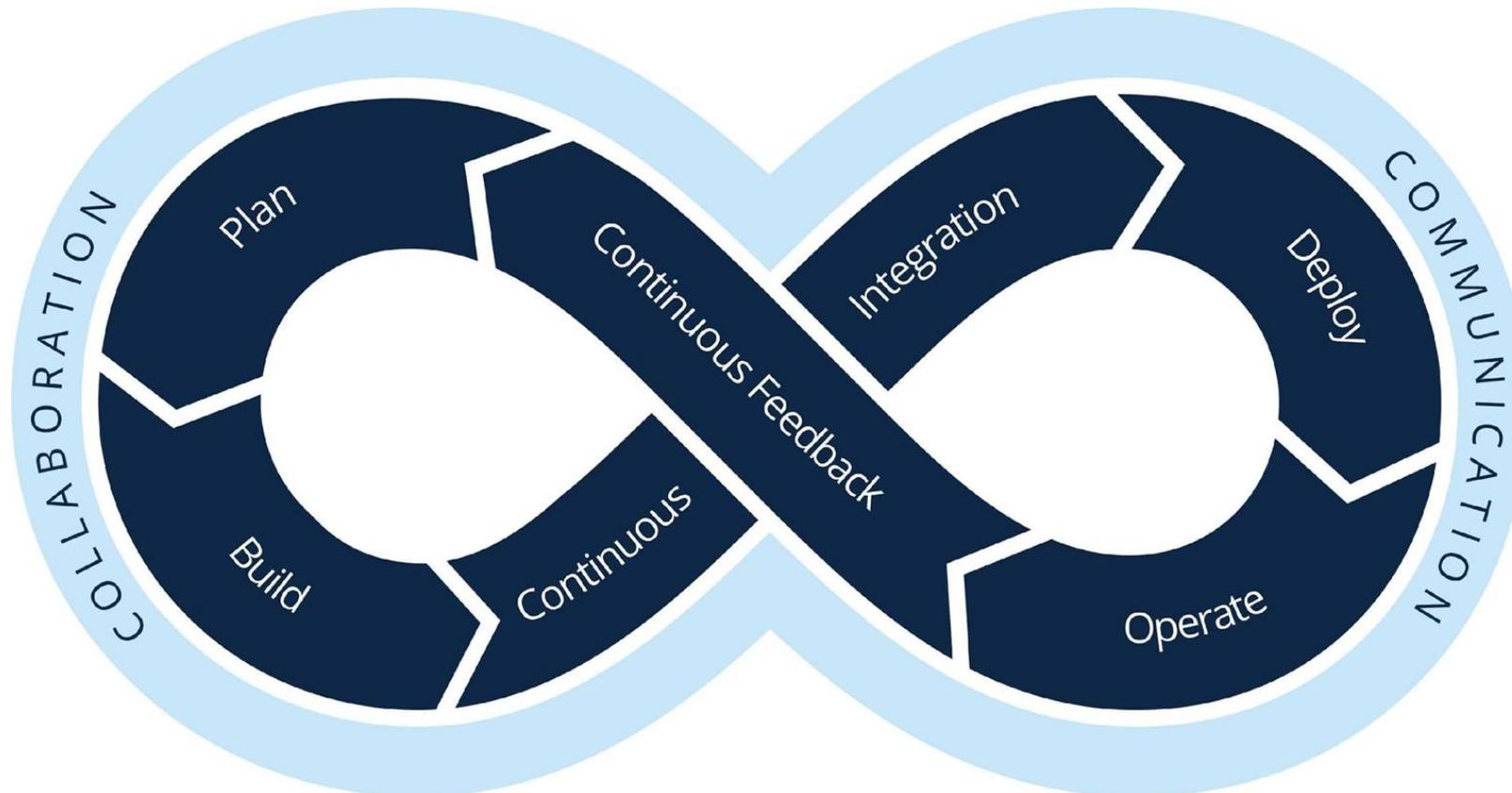


# Real Use Case: Banco Prova Festo



# Real Use Case: Banco Prova Festo

*Come un programmatore PLC usa la piattaforma DAREDEVIL per aggiornare una linea di produzione?*



# Real Use Case: Sviluppo

*Come un programmatore PLC usa la piattaforma per aggiornare una linea di produzione senza fermarla?*

## Come interviene DAREDEVIL:

- **Ambiente Virtuale di sviluppo:** Creazione di un ambiente di sviluppo che emula l' OT (White Box e Black Box).
- **Pipeline CI/CD: Versionamento** del codice e configurazioni.
- **Collaborazione Multi-Team:** Punti di sincronizzazione tra sviluppatori, data scientist e operatori OT.

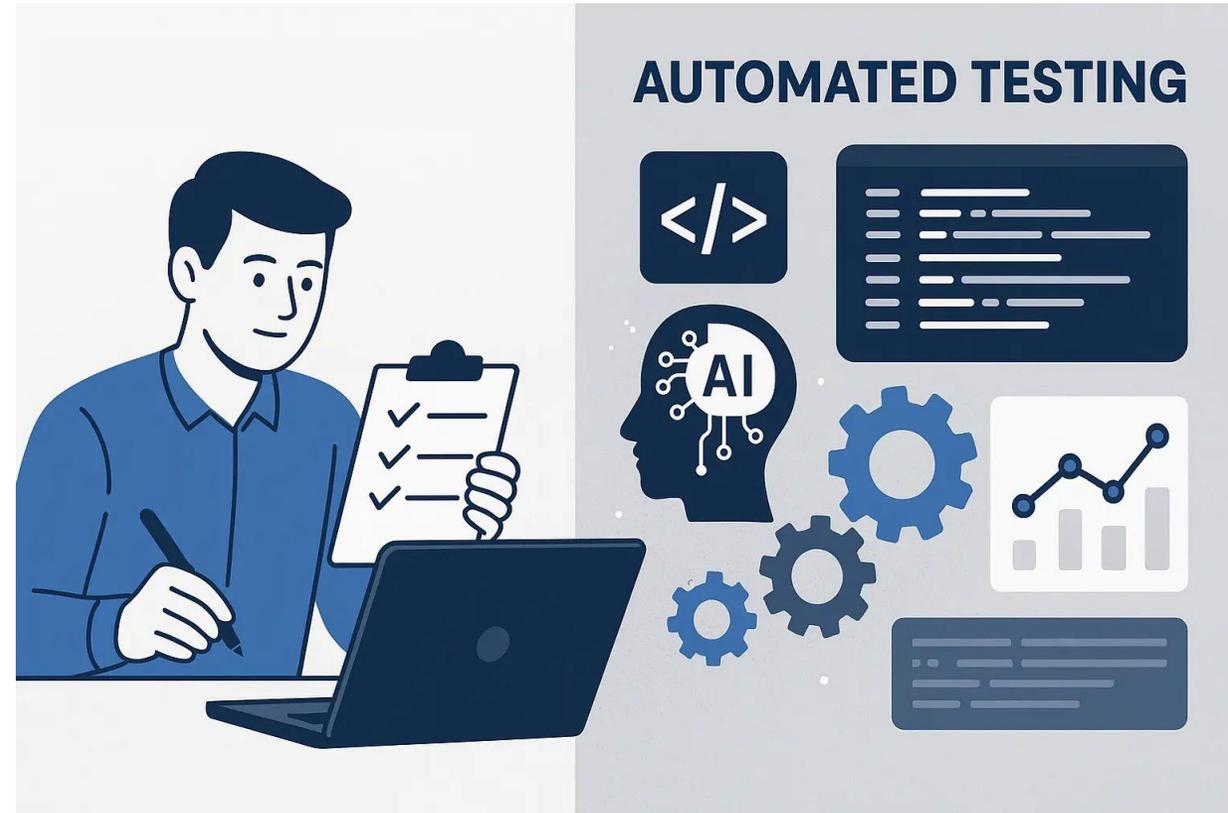


# Real Use Case: Test

*Come un programmatore PLC usa la piattaforma per aggiornare una linea di produzione senza fermarla?*

## Come interviene DAREDEVIL:

- **Ambiente di Test Virtuale:** Digital Twin del banco prova (White Box e/o Black Box) + Hardware-in-the-Loop per test realistici.
- **Pipeline CI/CD:** Esecuzione automatica dei test sviluppati su più fasi organizzate tramite un grafo. Se tutti i test dello stage precedente non hanno avuto successo il test si ferma e segnala gli errori.
- **Data Layer:** Raccolta dei risultati di test e metriche di performance e associazione con la versione rilasciata.
- **Punto di Sincronizzazione:** Supporto alla discussione dei risultati tra team OT, IT e Data Science. Validazione dei requisiti prima del rilascio.



# Real Use Case: Deploy

*Come un programmatore PLC usa la piattaforma per aggiornare una linea di produzione senza fermarla?*

**Come interviene DAREDEVIL:**

- **Rilascio automatizzato:** Pipeline CI/CD per deploy rapido e tracciabile.
- **Monitoraggio continuo:**
  - Migliora la conoscenza del sistema.
  - Fornisce feedback sul rilascio specifico.
  - Genera insights per ottimizzazione.
- **Rollback automatizzati/assistiti:**
  - Ripristino a versioni precedenti.
  - Verifica automatica dei requisiti (es. stesse condizioni di esecuzione).



## Conclusioni

**DAREDEVIL** abilita un approccio integrato per la trasformazione digitale delle imprese manifatturiere.

- Combina **CI/CD**, **Emulazione** e **Data Layer** per garantire:
- Automazione dei processi di sviluppo e rilascio.
- Riduzione dei tempi e dei costi di test.
- Maggiore affidabilità e sicurezza nelle operazioni.
- Favorisce la **collaborazione tra diverse professionalità** (IT, OT, Data Science).
- Costruisce le basi per **Industria 5.0**: resilienza, flessibilità e innovazione continua.

## Sviluppi Futuri

- Sviluppo del framework per abilitare la collaborazione
- Integrazione di automazioni per requisiti di certificazione
- MLOPS in contesto industriale
- Estendere supporto ad HW, Software, Protocolli
- Valutare l'integrazione di Test Bed non Deterministici

# Q&A

Alessandro Morandi, Consulente tecnico e project manager per Bi-Rex,  
[alessandro.morandi@abeatbeyond.com](mailto:alessandro.morandi@abeatbeyond.com)

Andrea Sabbioni, Università di Bologna, CIRI-ICT  
[andrea.sabbioni5@unibo.it](mailto:andrea.sabbioni5@unibo.it)

**CYPHER**  
CYberPHysical Components and advanced  
matERials for monitoring and sensing

## Indice

- Contesto progetto ente emittente , partecipanti
- Obiettivi progetto Cypher
- Use case
- Sviluppi futuri e ricadute sul mercato
- Conclusioni

## Contesto di progetto

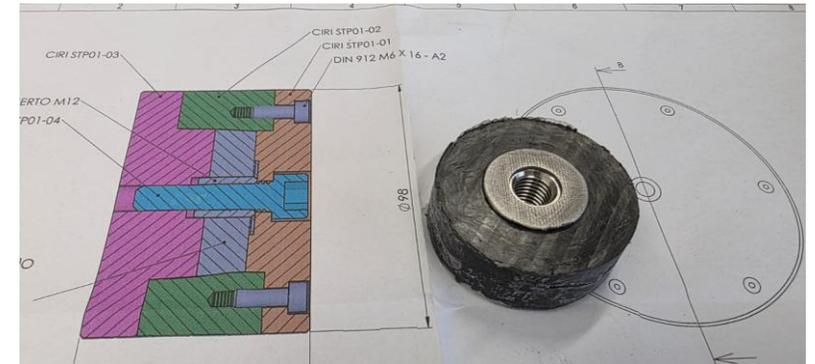
- Progetto PR-FESR 2021-2027 regione Emilia Romagna , priorità RICERCA INNOVAZIONE E COMPETITIVITA', strategia di SPECIALIZZAZIONE INTELLIGENTE
- Risponde agli ambiti tematici prioritari S3 Innovazione nei Materiali, Sviluppo/produzione/omologazione/qualificazione di materiali per Additive Manufacturing, Materiali per attuatori/smorzatori/sensori, Alleggerimento strutturale.

## Contesto di progetto

- il progetto vede la partecipazione di 3 partner principali costituito allo scopo in ATS : BI-REX, Ciri-Mam UniBO, Ciri-Ict UniBo.
- I partner sono il Bi-Rex con il compito di coordinamento tecnico, creazione del laboratorio e gestione della disseminazione di progetto, Ciri Mam studia la parte self sensing e la costruzione della medesima con tecnologie additive e la giunzione con la fibra di carbonio riciclata, Ciri Ict si occupa del sistema di trasmissione dei dati integrata al sensore e della piattaforma di cyber-simulazione.
- Imprese exploiter del territorio : Applied, Bucci Industries, Curti, Poggipolini, Studio Pedrini.

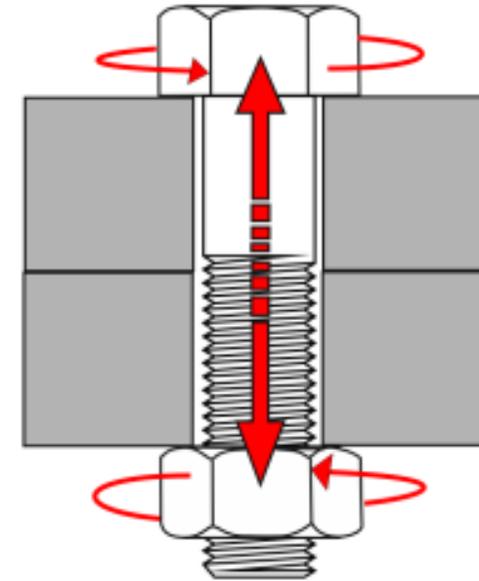
## Sviluppi futuri:

- applicazioni nell'industria mobilità sostenibile
- applicazioni come rondella "intelligenti" per moduli di fissaggio "smart"
- applicazioni nel settore impiantistica , ad esempio settore oil & gas
- applicazioni in macchine di processo ad elevata automazione in settori quali ad es. packaging

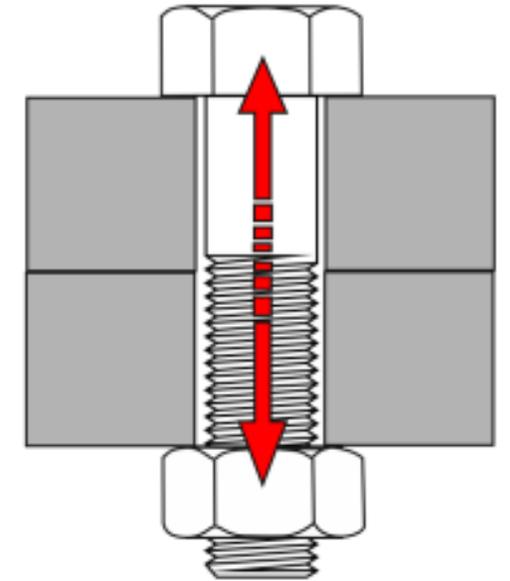


# Why monitor preload in bolted joints?

- Loosening of threaded fasteners can cause preload decline, induce bolt fatigue fracture, and severely compromise the **reliability** of mechanical products.
- Conventional checks like are time consuming, operator consuming and not continuous.
- Need for *in situ*, embedded, maintenance-free sensing



**SELF-LOOSENING**  
Nut, or the bolt, rotates  
reducing the preload



**NON-ROTATIONAL  
LOOSENING**  
No nut or bolt rotation  
but the preload reduces

# SoA on loosening detection methods:

## ❑ Sensor based detection

### • Explicit Detection (Strain gauge, FBG, Ultrasonic):

- Accurate
- A drilled hole can reduce strength
- Complex and expensive technology
- Intricate cabling or batteries

### • Implicit Detection

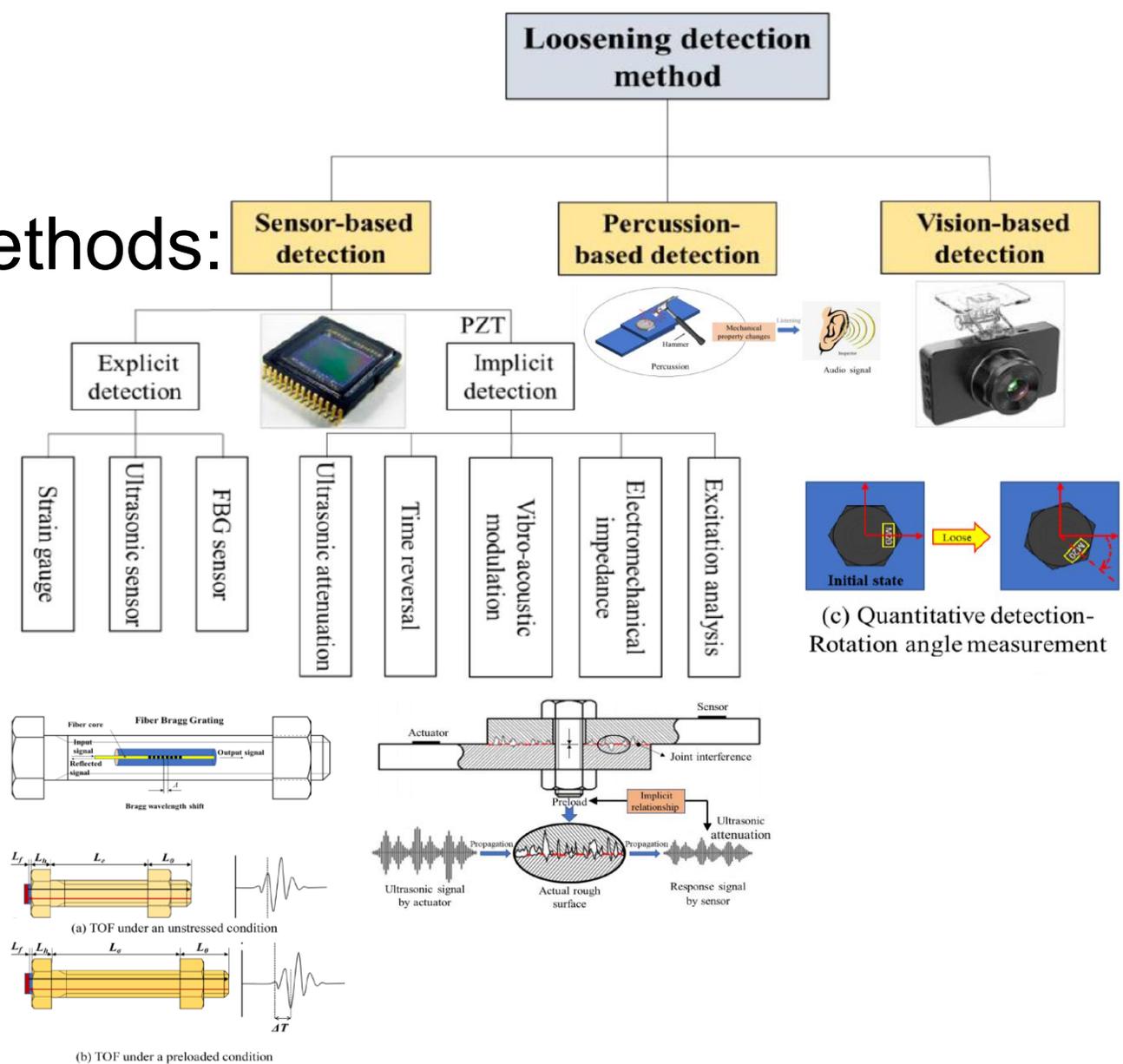
- No bolt strength reduction
- Less accurate (indirect measurement)
- Complex and expensive process technology
- Intricate cabling

## ❑ Vision based detection

- Inexpensive and NO sensing & cabling
- Less accurate
- Can measure only self-loosening from one side

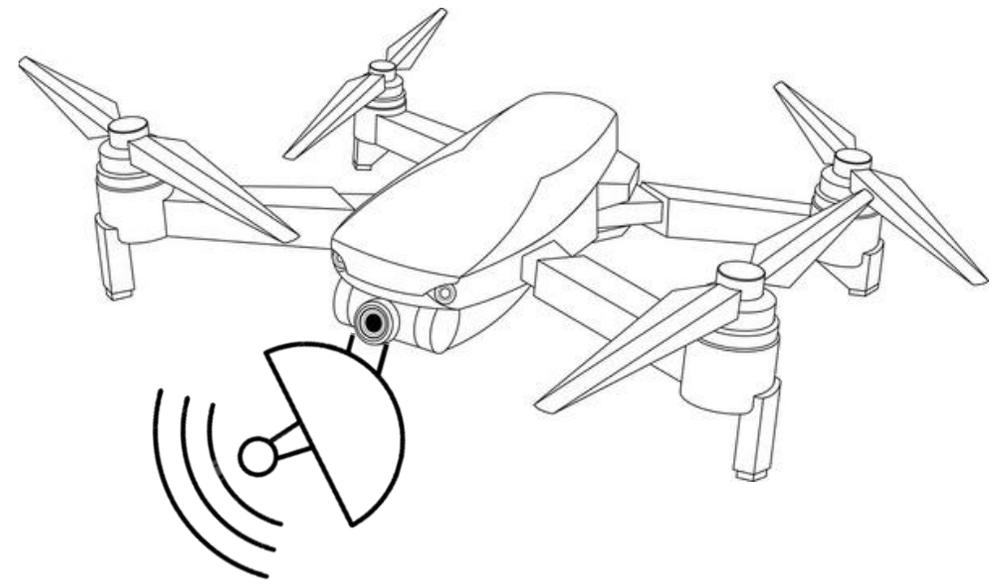
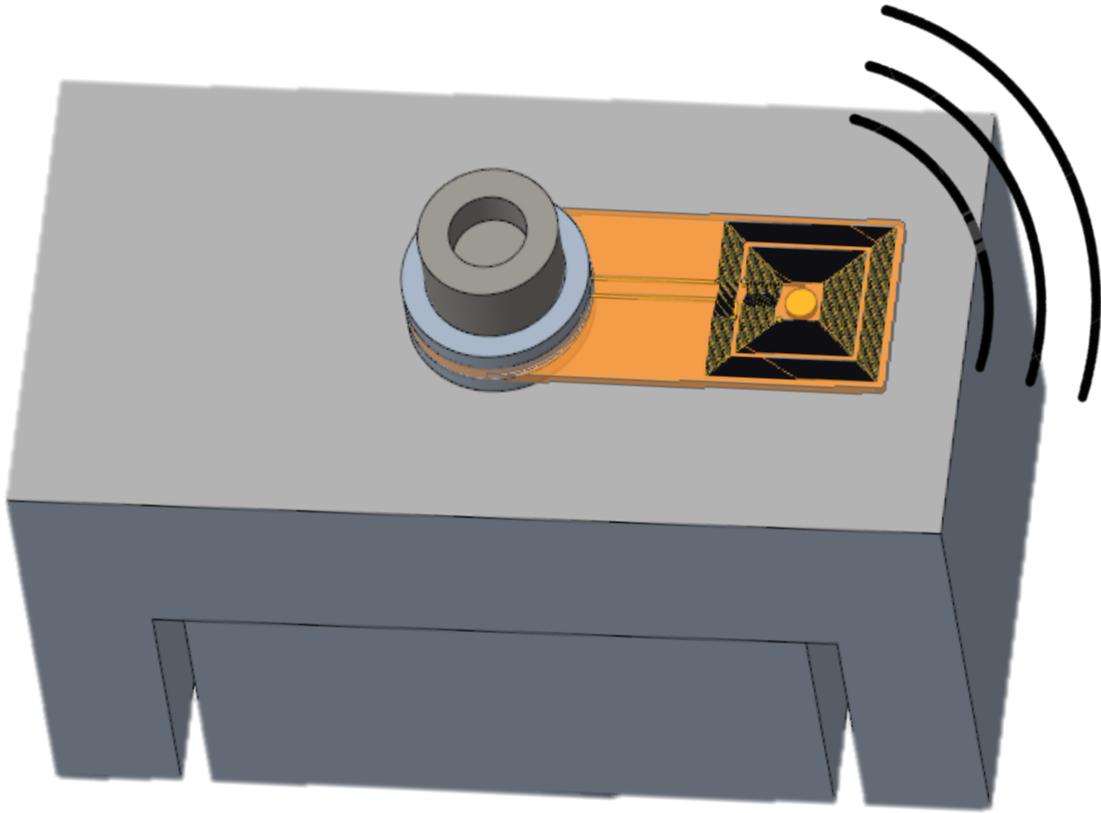
## ➤ Passive sensor based detection

- Acceptable accuracy
- Detect both self & no-rotational loosening
- Economic
- No cabling or batteries

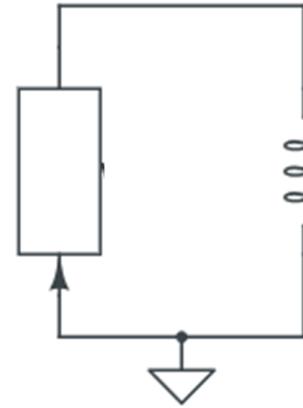


Adapted from: J. Huang, J. Liu, H. Gong, and X. Deng, "A comprehensive review of loosening detection methods for threaded fasteners," Mechanical Systems and Signal Processing 2022

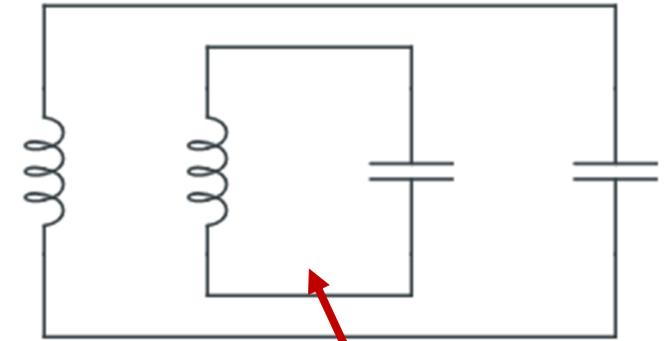
# Concept



**Reader**

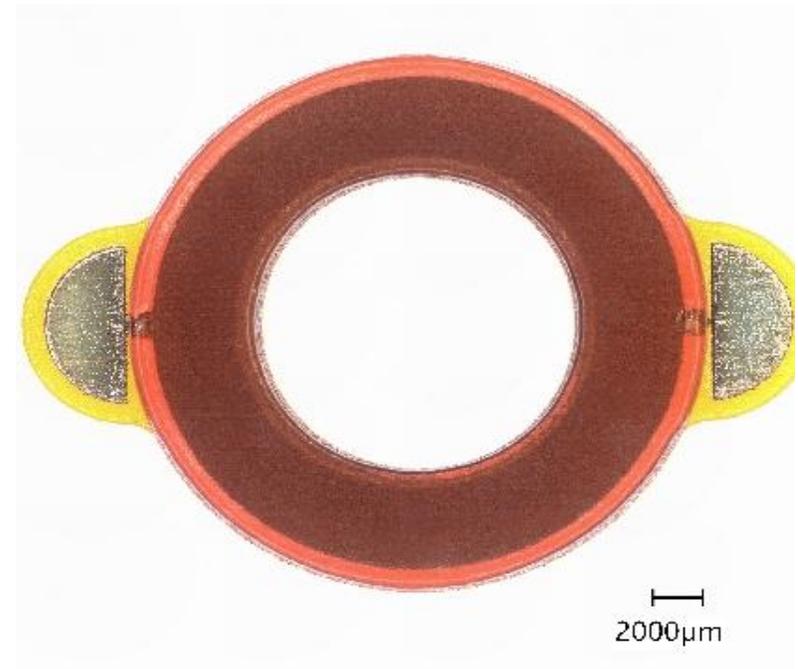
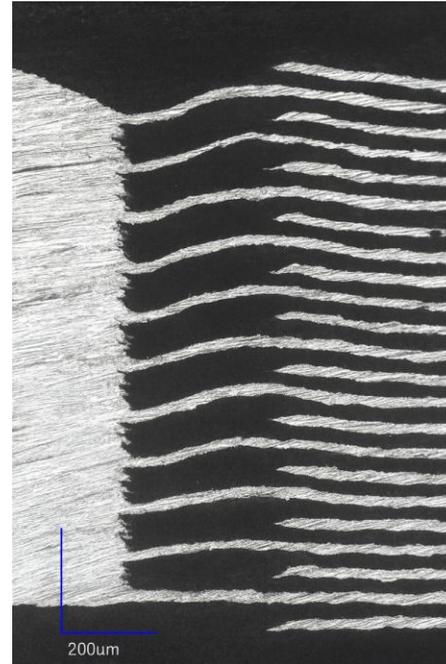
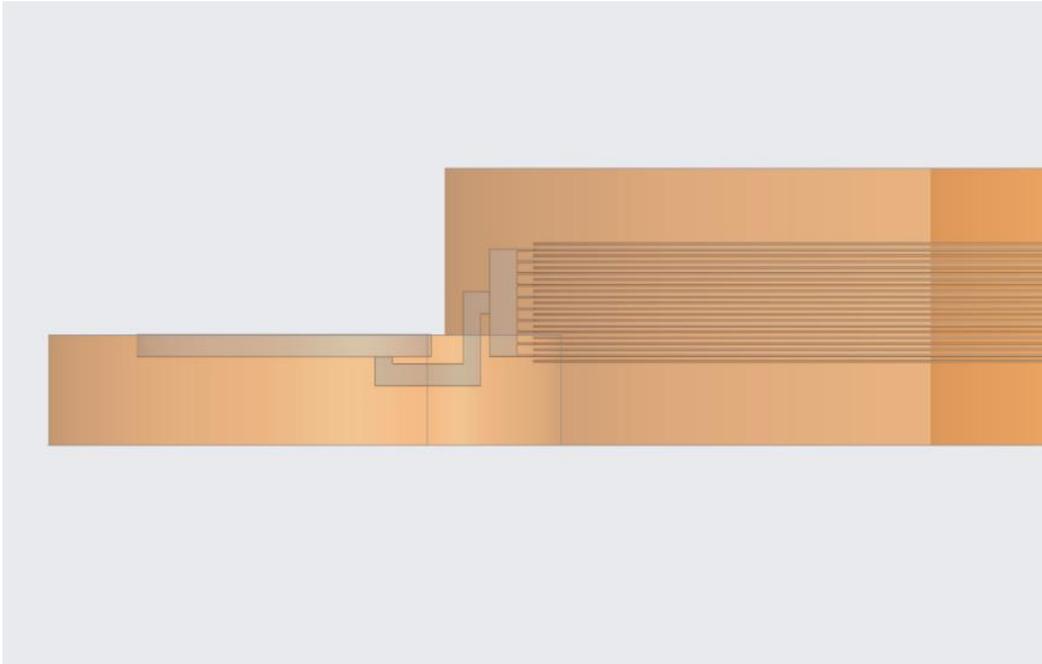


**Compression Sensor**



**Reference Resonator**

# Capacitance: Interdigitated 3D Printed

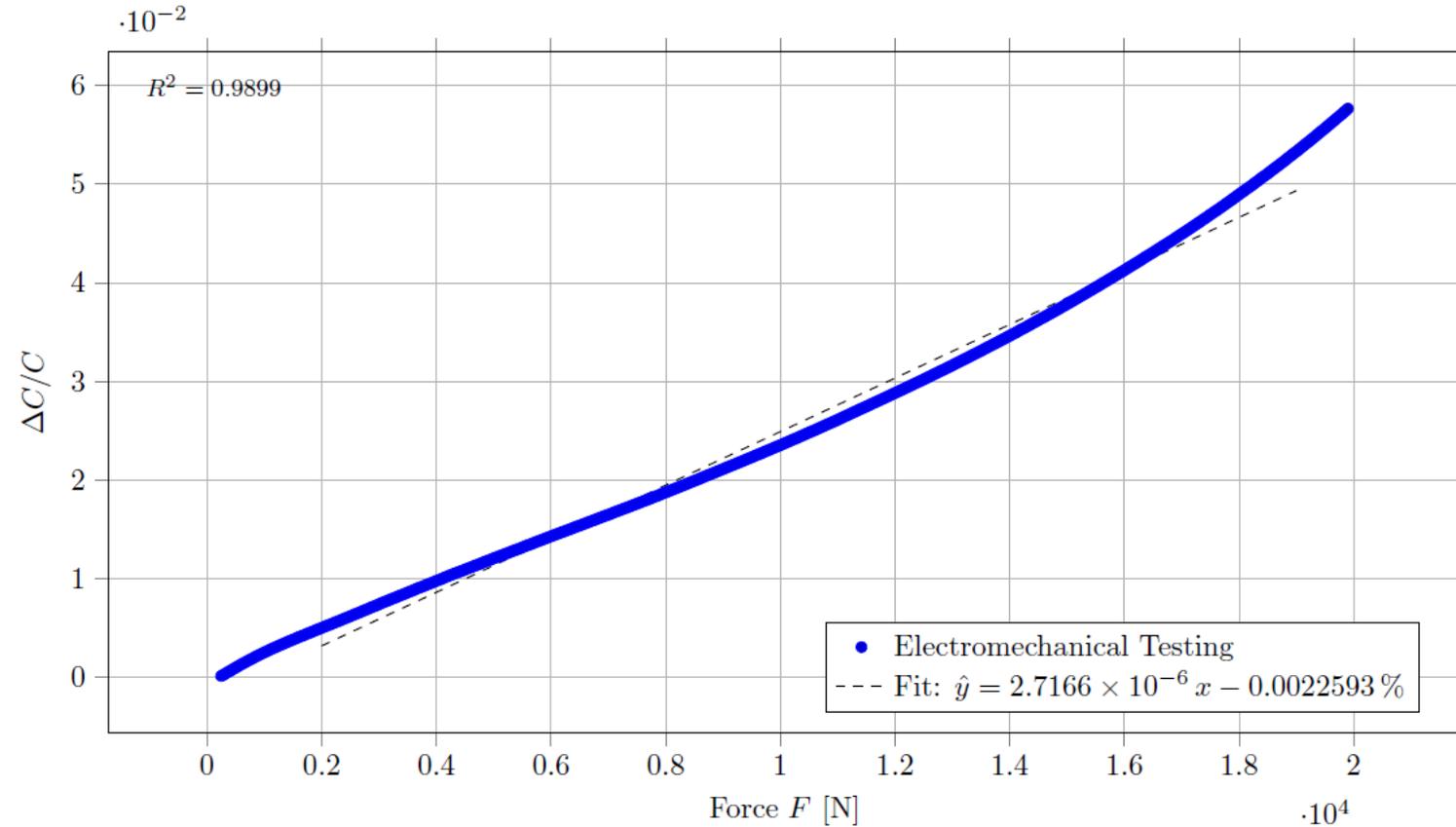


## CAPACITANCE:

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{h} (n - 1) = 3.98 nF$$

- $\epsilon_0$ : Vacuum Permittivity
- $\epsilon_r$ : Relative Permittivity
- $A$ : Capacitor's Area
- $h$ : Distance between plates
- $n$ : Number of plates

# Capacitance vs Pre-Load

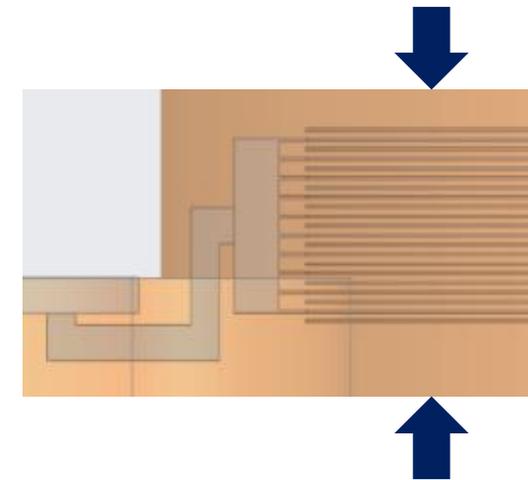


## CAPACITANCE

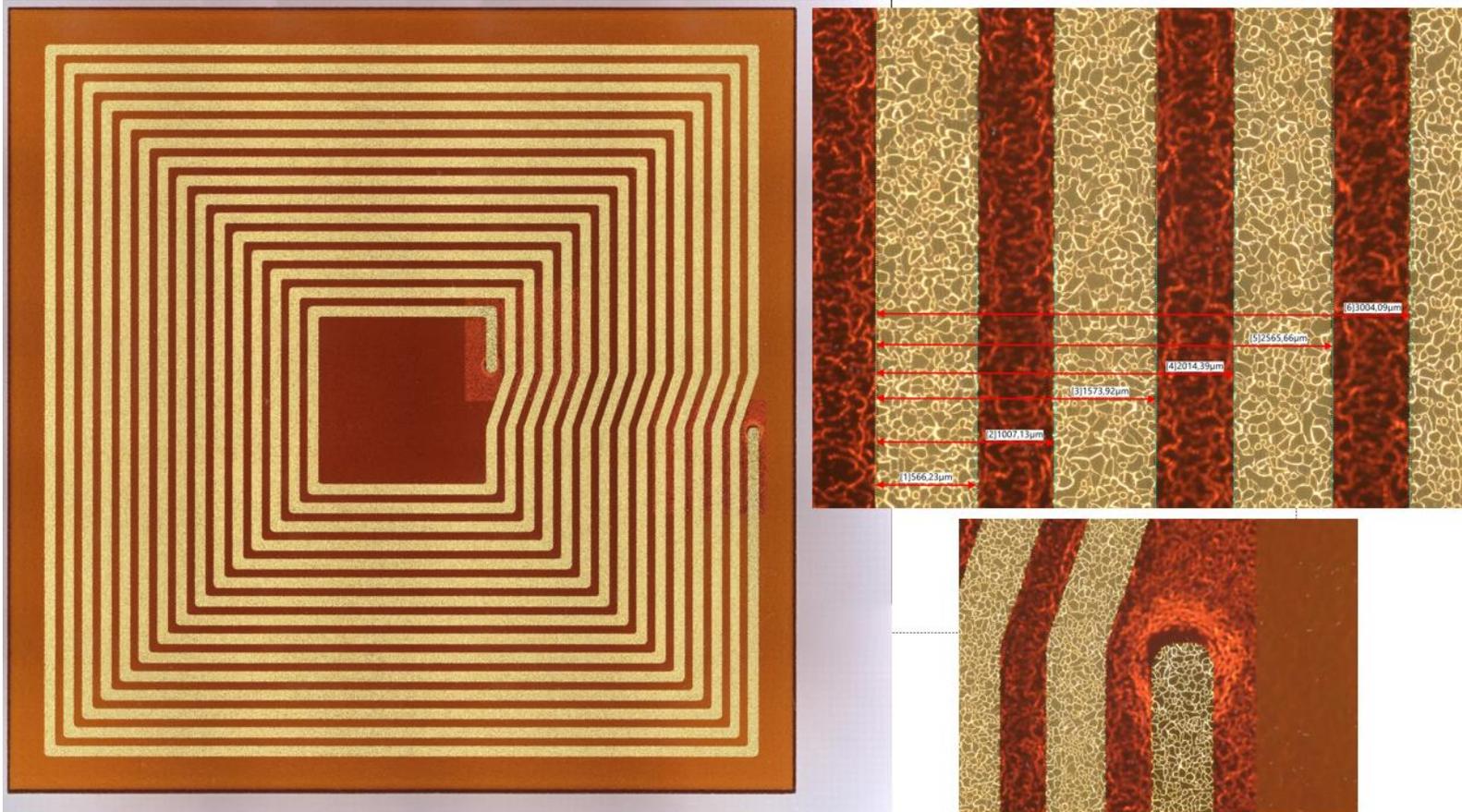
$\propto$  **THICKNESS**

$\propto$  **PRE-LOAD**

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{h} (n - 1)$$



# Planar Antenna (3D printed)



**INDUCTANCE:**

$$L = k_1 \mu_0 \frac{n \phi_{avg}}{k_2 \rho}$$

$\mu_0$  = *magnetic permeability*

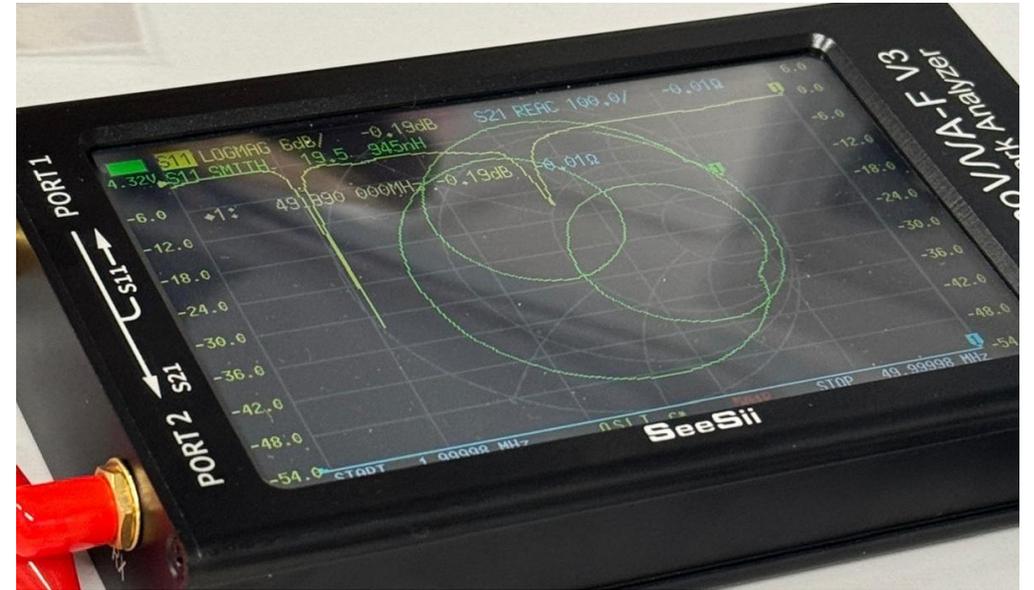
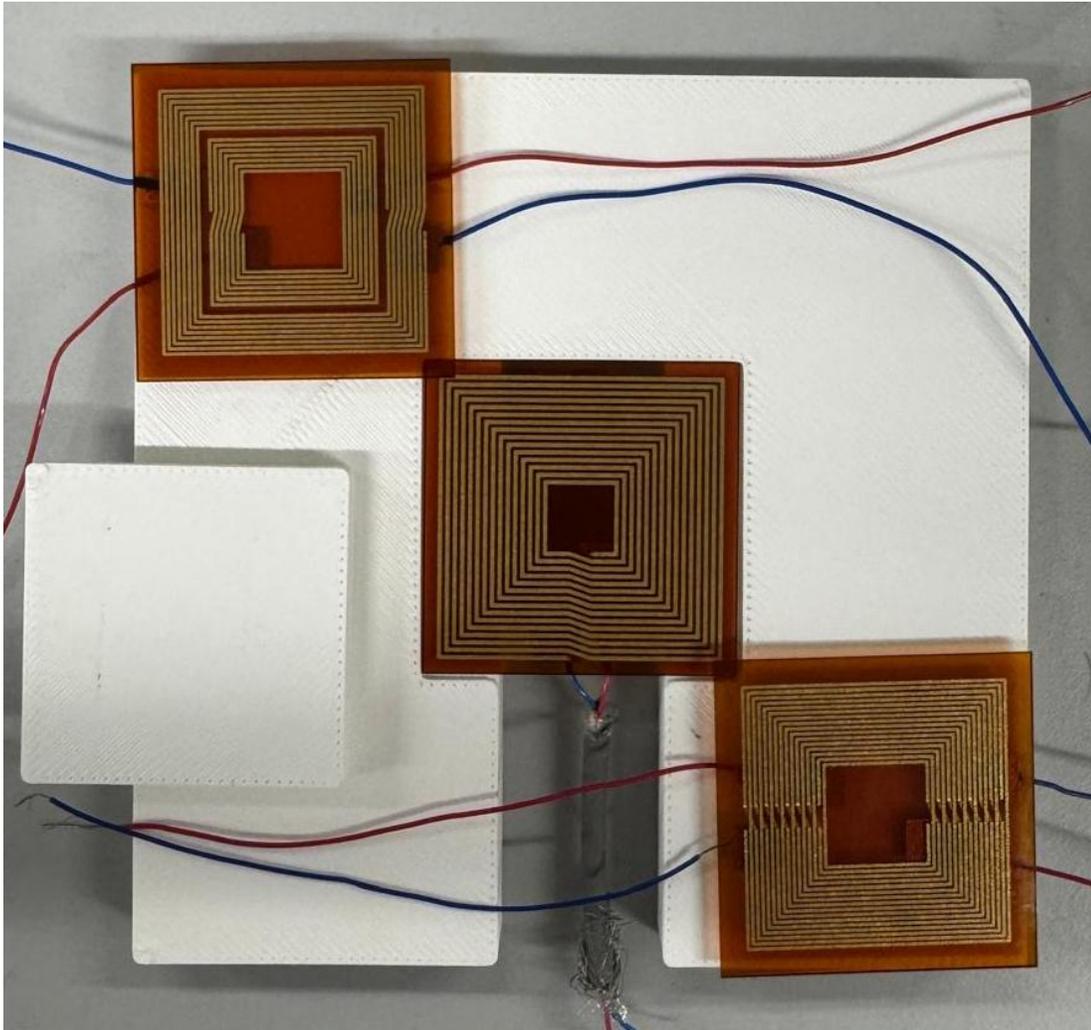
$n$  = *number of coils*

$\phi_{avg}$  = *average diameter*

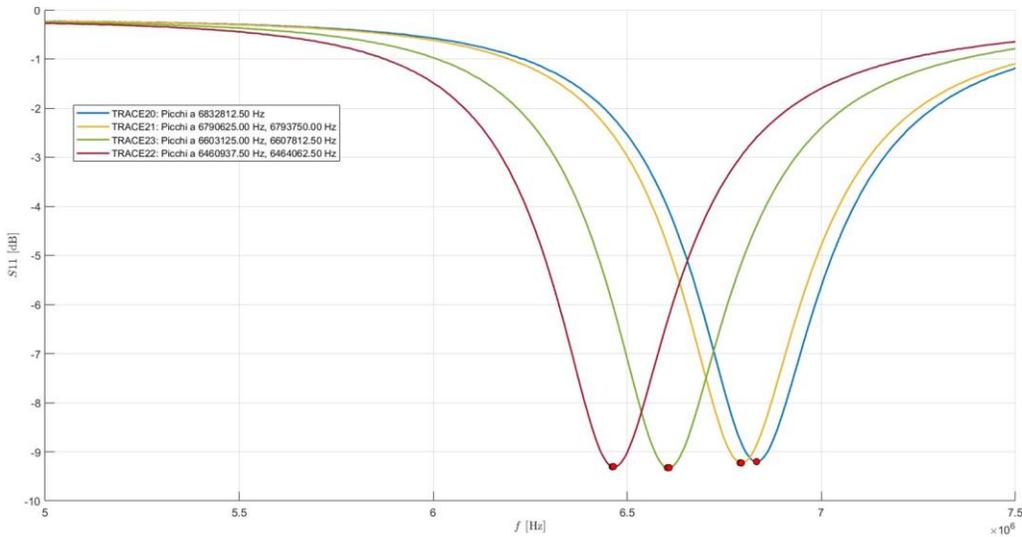
$\rho$  = *diameter factor*

$k_1, k_2$  = *shape coefficients*

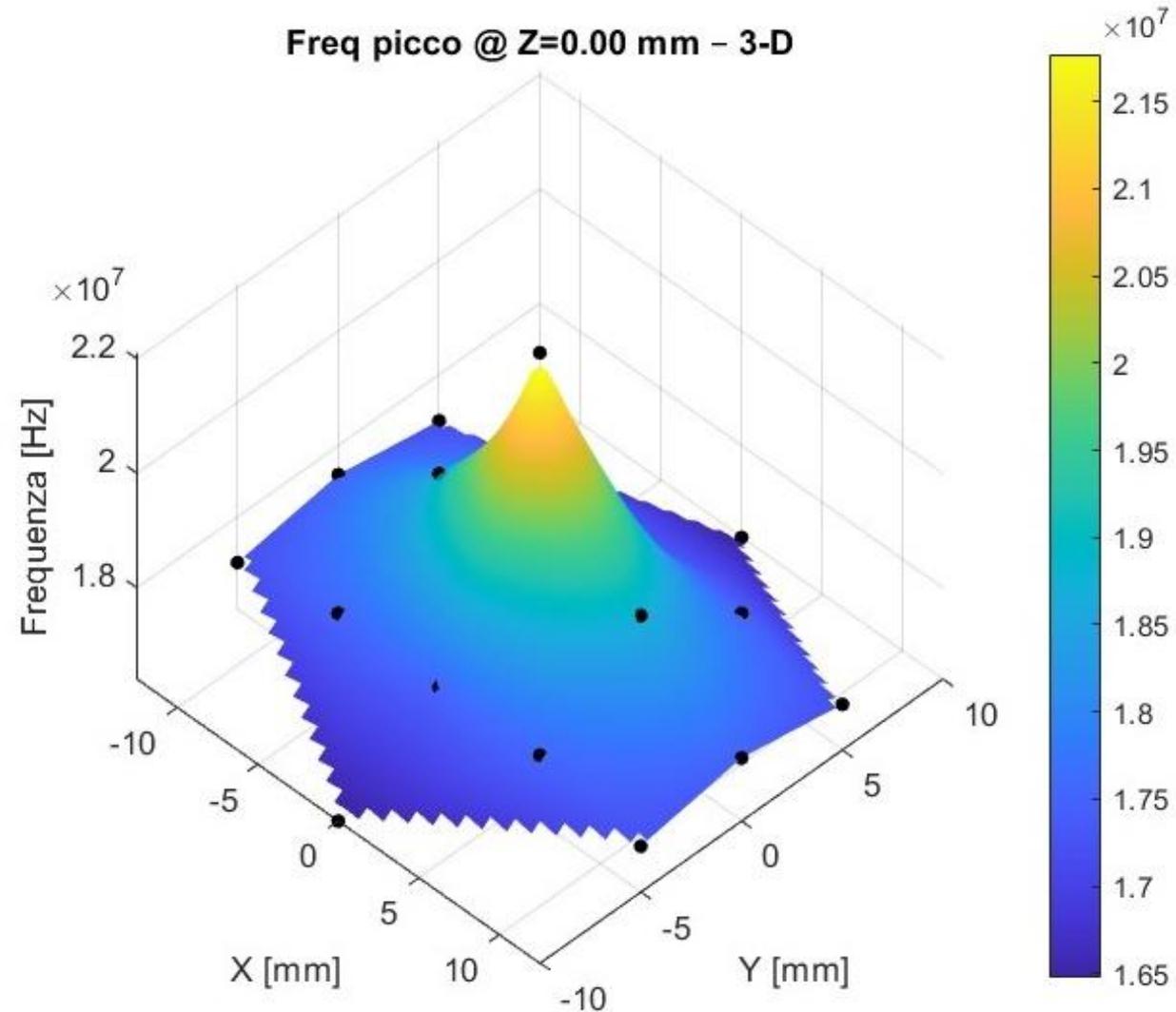
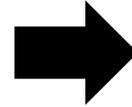
# Antenna frequency response vs Reader position: Setup



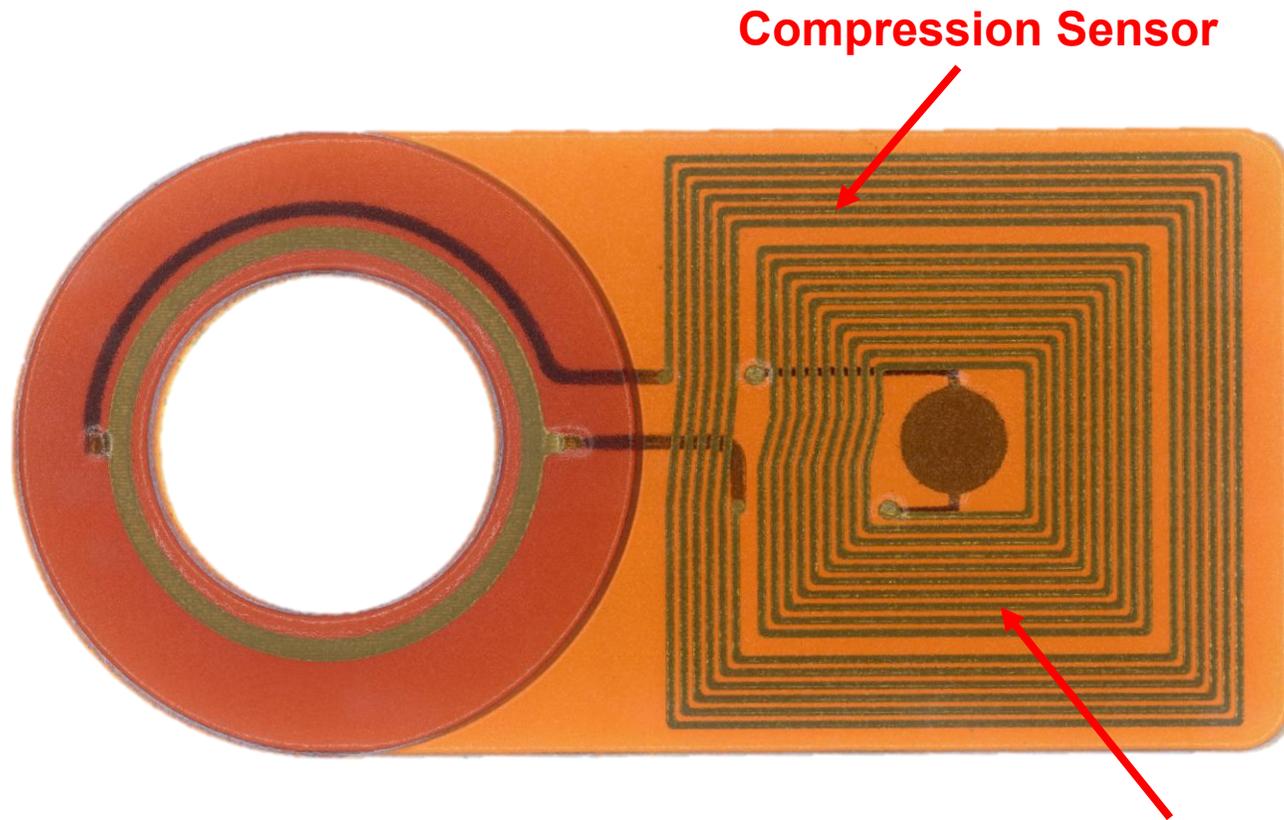
# Antenna Frequency response vs reader Position: Results



$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$



# Sensor Final design: Comp LC sensor + Ref LC resonator



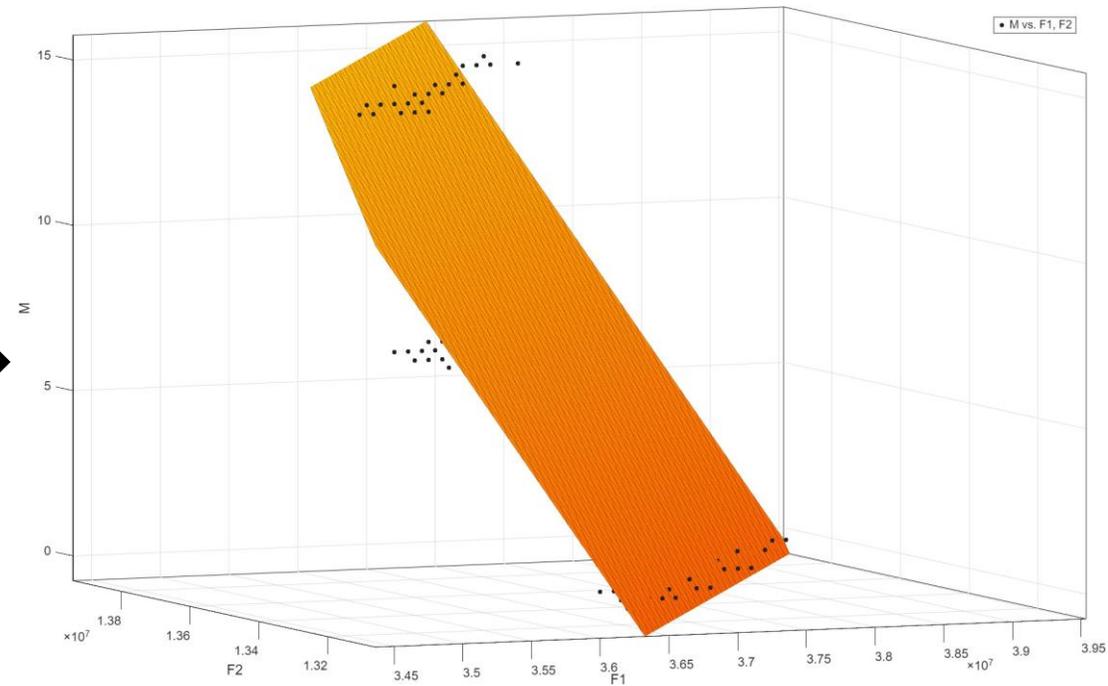
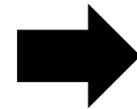
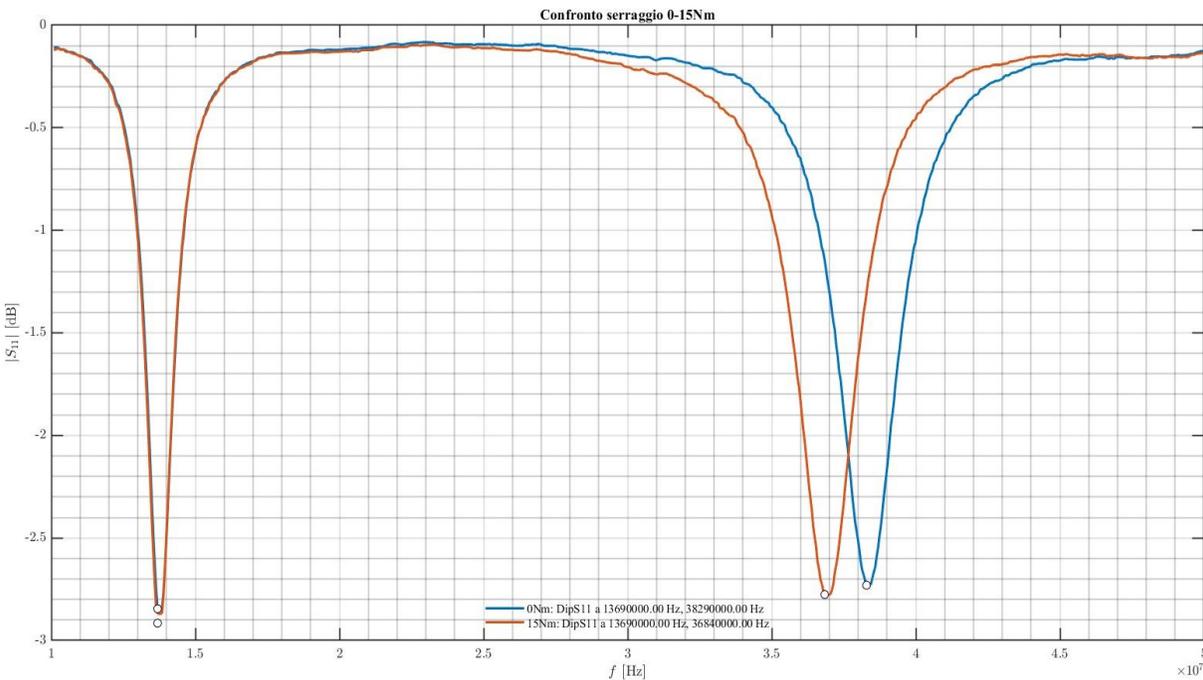
**Compression Sensor**

Reference Resonator	
Capacitance (fixed)	101 pF
Inductance	1.32 $\mu$ H
Frequency	13.8 MHz

Compression Sensor	
Capacitance	10.5 pF
Inductance	1.44 $\mu$ H
Frequency	40.7 MHz

**Reference Resonator**

# Sensor Final design: Comp LC sensor + Ref LC resonator



$$M = \alpha_{11}F1 + \alpha_{21}F2 + \beta$$

$$R^2 = 0.87$$

## Conclusioni

Il progetto Cypher è un eccellente esempio di integrazione di tecnologie finalizzando due approcci smart e cybernetico , sino alla generazione di dati/informazioni , con modalità sia fisiche (self-sensing sensor) in edge computing, o in server remoti  
Il mercato è pronto, e ricco di temi ai quali applicare i risultati di Cypher



Design and Fabrication of a Turbine Blade for Elevated Temperature Applications made by a Laser Engineered Net Shaping Technique Manufactured High Entropy Alloy

(PG/2023/303121), CUP J47G22000820003

PR FESR 2021-2027 AZIONE 1.1.2 BANDO PER PROGETTI DI RICERCA INDUSTRIALE STRATEGICA RIVOLTI AGLI AMBITI PRIORITARI DELLA STRATEGIA DI SPECIALIZZAZIONE INTELLIGENTE



## Contesto di progetto

Lo stato dell'arte relativo alla costruzione di pale di turbina per propulsori aeronautici si basa sull'impiego di superleghe di Nichel. Le palette in superlega di Ni valgono il 50% della massa del propulsore.

**Turbine per propulsori aeronautici**  
**Focus: palette stadio alta  $p$ , alta  $T$**

### Condizioni operative

- Alte temperature ( $\approx 1300^{\circ}\text{C}$ )
- Elevati stress meccanici
- Ossidazione, corrosione

**Alti costi di manutenzione**  
**Breve durata**

### Stato dell'arte

Superleghe di Nichel



Resistenza ad alte  $T$



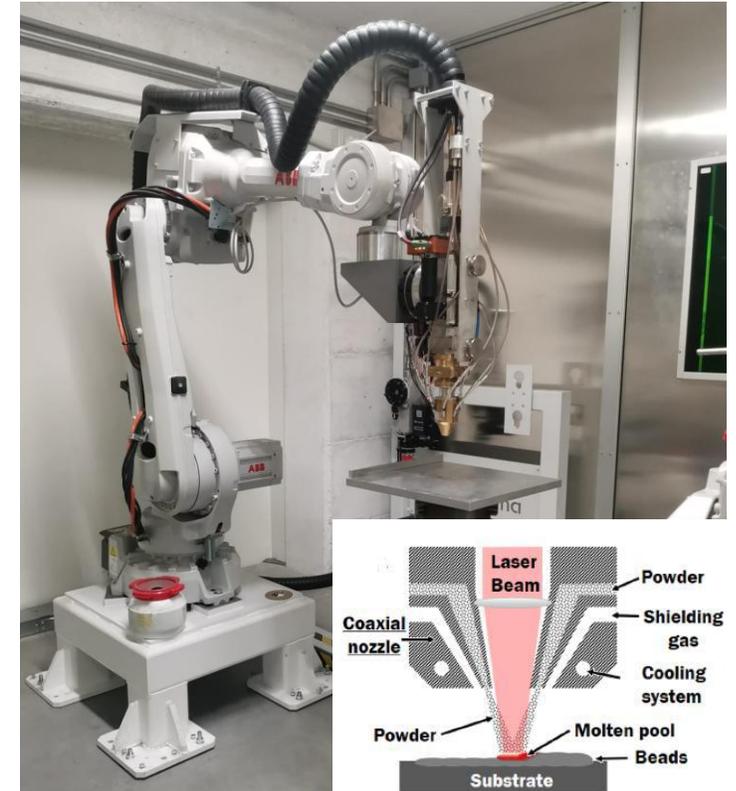
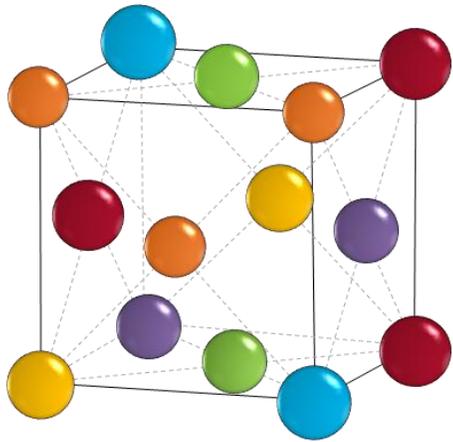
Elevata densità  
Critical raw materials

## Contesto di progetto

### Le leghe ad alta entropia (HEA)

Cinque o più elementi, ognuno in concentrazione 5 – 35 %:

- Struttura dual-phase (BCC – FCC)
- Elevata resistenza statica
- Elevata durezza
- Elevata resistenza ad usura
- Elevata resistenza ad ossidazione
- Densità inferiore ( $\approx 7000 \text{ kg/m}^3$ ) rispetto a superleghe di Nichel ( $8900 \text{ kg/m}^3$ )



Il processo: DED – Direct Energy Deposition

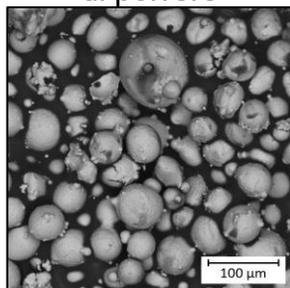
## Contesto di progetto

### Il processo DED

Tecnologia di metal additive manufacturing. Una fonte di energia concentrata (laser) fonde il materiale mentre questo viene depositato.

#### Sistema di alimentazione

Materiale sotto forma di polvere



#### Testa di deposizione

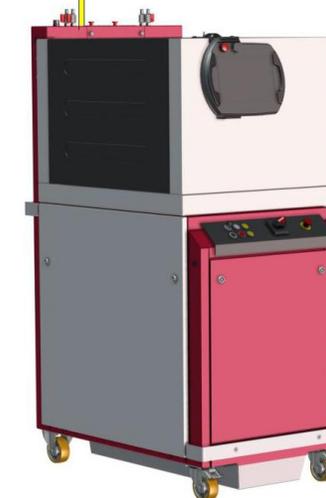


Fibra di trasporto



#### Sistema di movimentazione

Robot a 6 assi + posizionatore



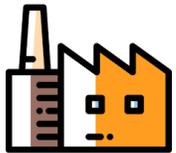
## Obiettivi

Realizzazione di una pala di turbina ( $\uparrow p$ ,  $\uparrow T$ ) per propulsori aeronautici, in lega ad alta entropia, mediante tecnologia DED.



### Quali sono i risultati attesi?

Il progetto ha il duplice scopo di validare l'uso del processo di deposizione diretta DED per produrre componenti con HEA e sfruttare questo know-how per la fabbricazione di pale di turbina per applicazioni aerospace.



### Perché interessa alle imprese?

Perché la tecnologia sviluppata può essere impiegata per la costruzione di componenti ad elevate prestazioni meccaniche. Inoltre, la tecnologia additiva permette la riduzione del rapporto *buy-to-fly*, fino ad un 10% rispetto allo standard attuale.



### PRESTAZIONI

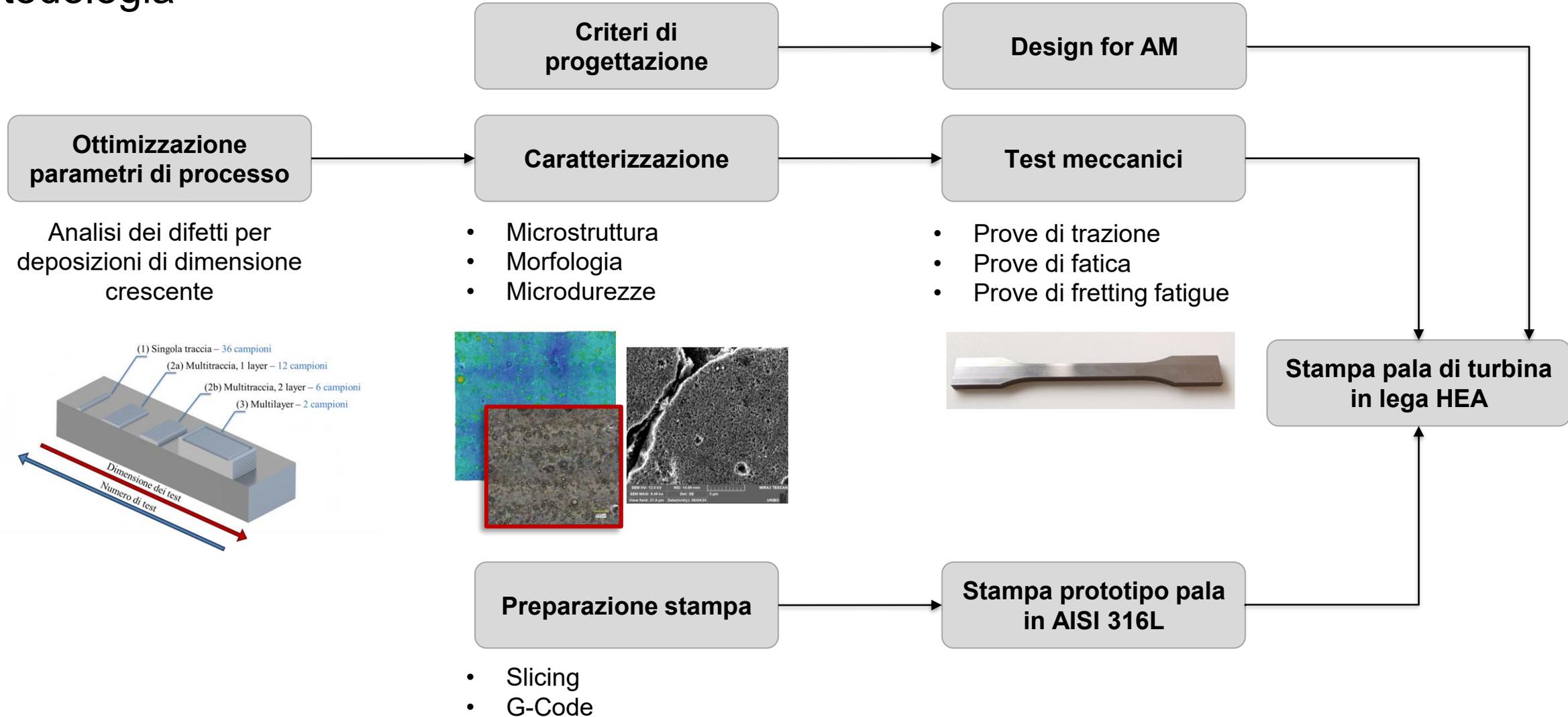
- Incremento della resistenza meccanica
- Miglioramento della stabilità termica



### IMPATTO AMBIENTALE

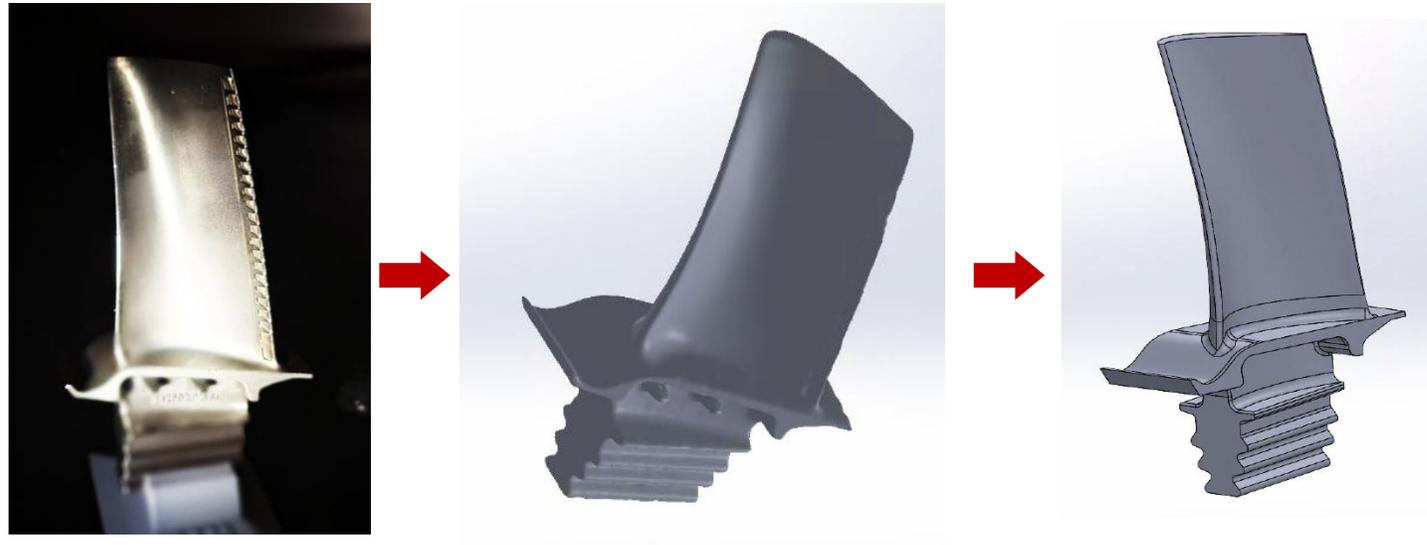
- Alleggerimento
- Riduzione materie prime critiche impiegate

## Metodologia



## Progettazione

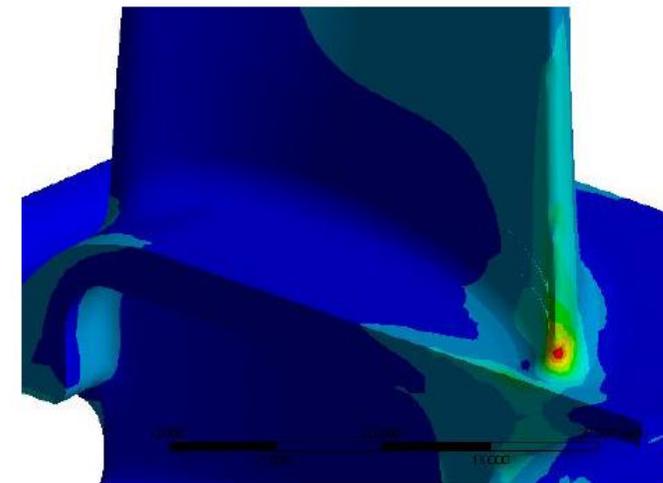
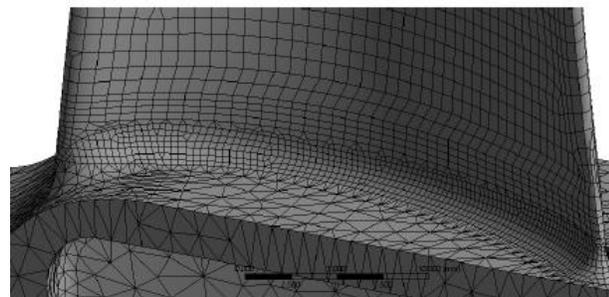
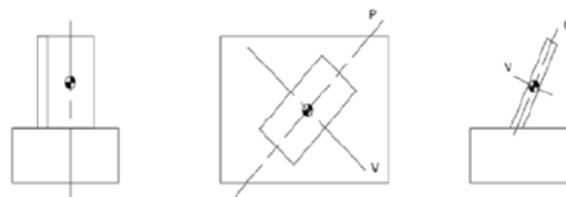
Paletta stadio ( $\uparrow p$ ,  $\uparrow T$ ) motore IAEV2500 (AirbusA320): scansione 3d e ricostruzione.



## Progettazione

Paletta stadio ( $\uparrow p$ ,  $\uparrow T$ ) motore IAEV2500 (AirbusA320): definizione metodologia di calcolo strutturale, analitico e FEM

Forze e momenti					
Forza centrifuga	$F_c$	319035	N	319	kN
Velocità tangenziale	$V_{tan}$	234	m/s		
Velocità relativa	$V_{rel}$	266	m/s		
Velocità assiale aria, in	$V_{aria,ass,in}$	187	m/s		
Velocità tangenziale aria, in	$V_{aria,tan,in}$	423	m/s		
Velocità assiale aria, out	$V_{aria,ass,out}$	180,42	m/s		
Angolo velocità relativa	$\beta_{out}$	0,66	rad		
Velocità relativa aria uscita	$V_{rel,out}$	294	m/s		
Velocità aria in uscita	$V_{aria,out}$	180	m/s		
Angolo assoluto in uscita	$\alpha_{out}$	1,56	rad		



## Prove sperimentali

Due leghe testate:

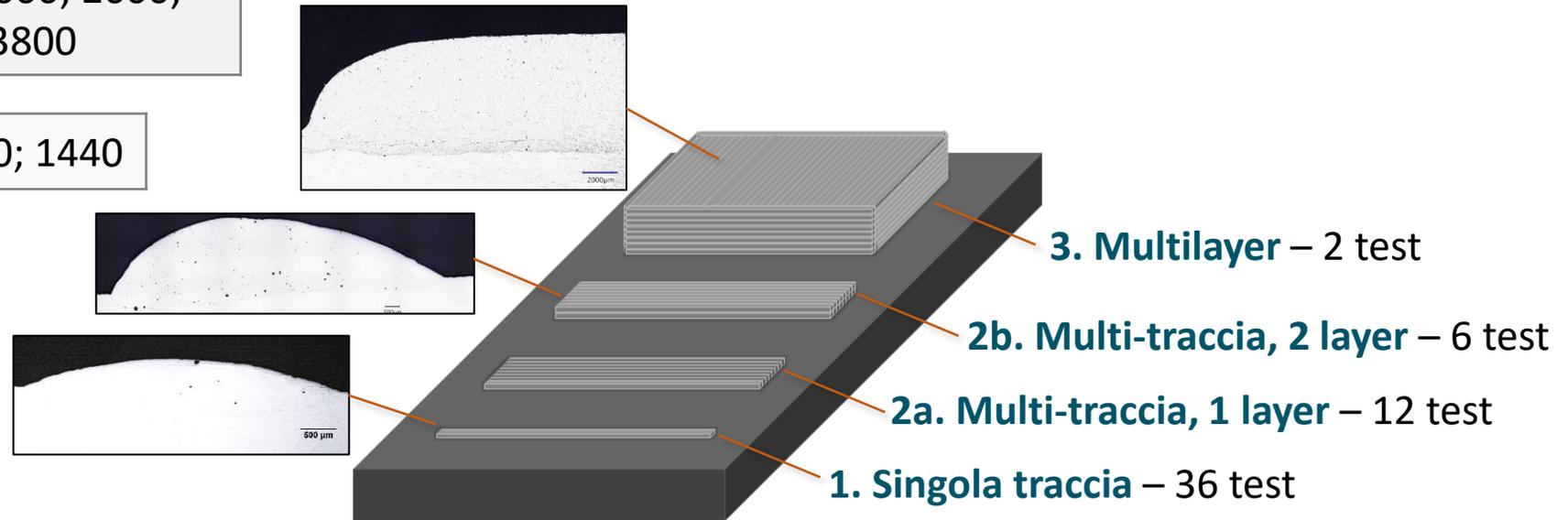
- 1) AlCoCrFeNiMo
- 2) CoCrFeNiMn

Ottimizzazione parametri di processo: campagna sperimentale a step di complessità crescente e numero di prove decrescente

<b>Potenza laser [W]</b>	800; 1400; 2000; 2600; 3200; 3800
--------------------------	--------------------------------------

<b>Velocità [<math>mm \cdot min^{-1}</math>]</b>	600; 1020; 1440
--	-----------------

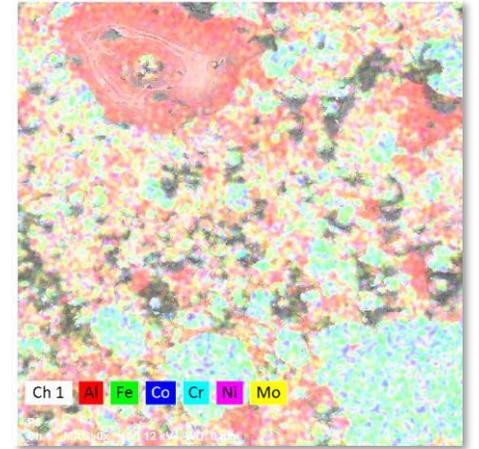
<b>Portata [<math>g \cdot min^{-1}</math>]</b>	10; 17
--	--------



## Prove sperimentali

AlCoCrFeNiMo 

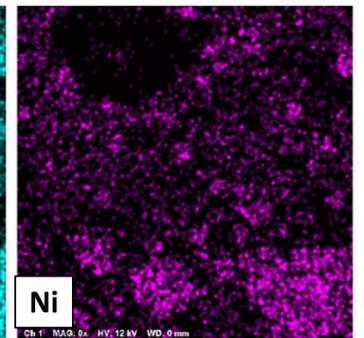
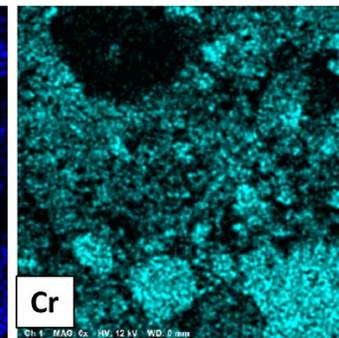
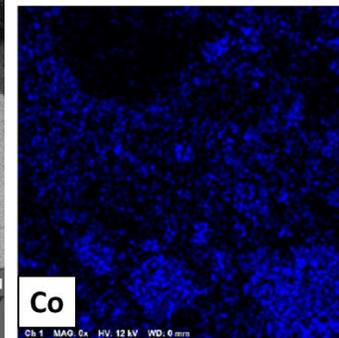
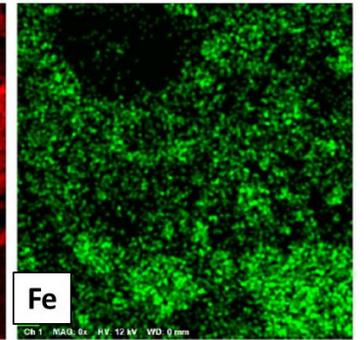
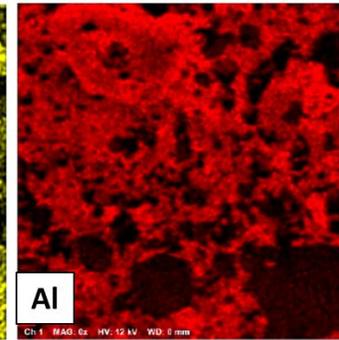
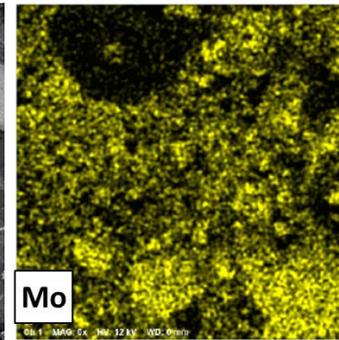
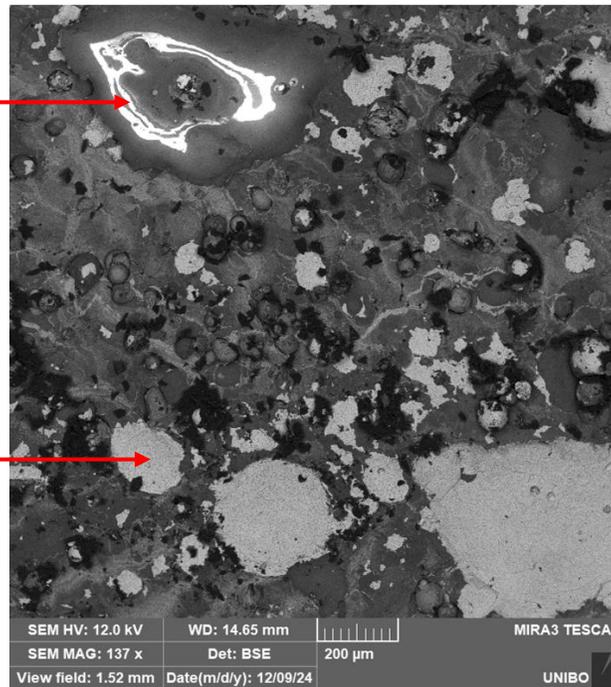
- Durezza elevata, comportamento fragile per stampe di grandi dimensione
- Presenza di cricche trasversali
- Possibili cause: segregazione dell'alluminio, formazione del composto intermetallico *sigma*



Cluster alluminio



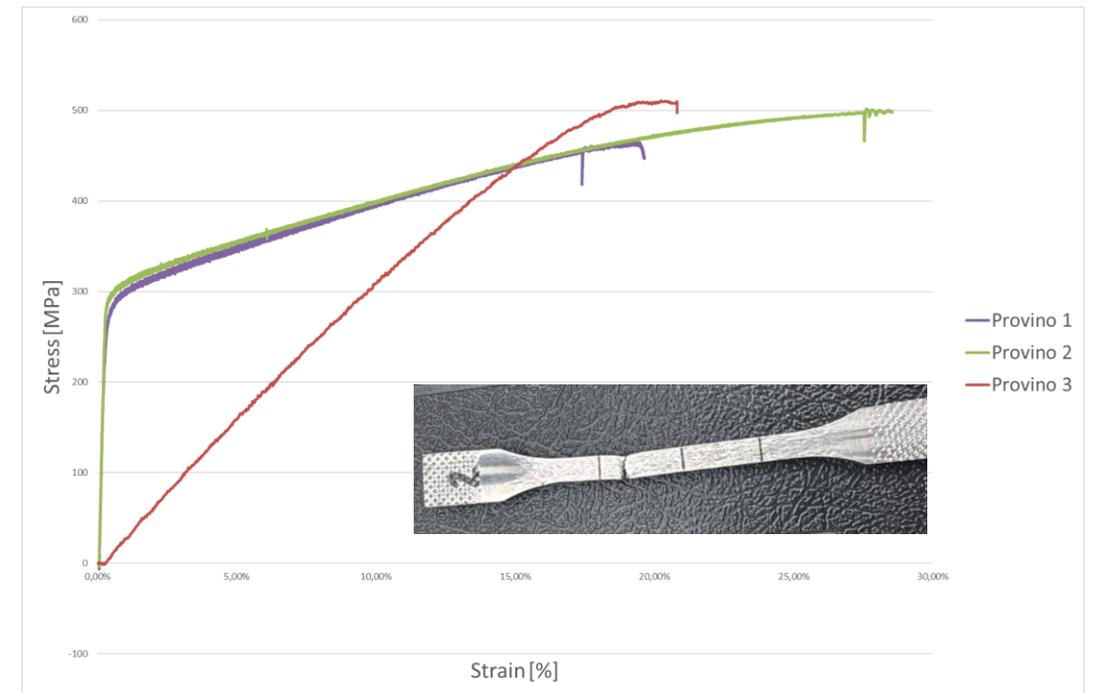
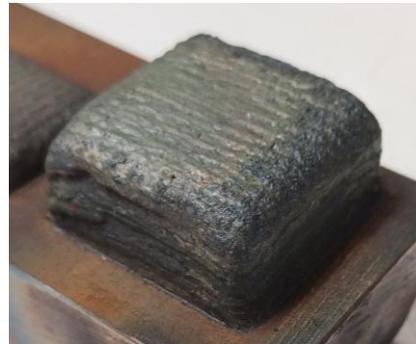
Cluster di altri elementi



## Prove sperimentali

CoCrFeNiMn ?

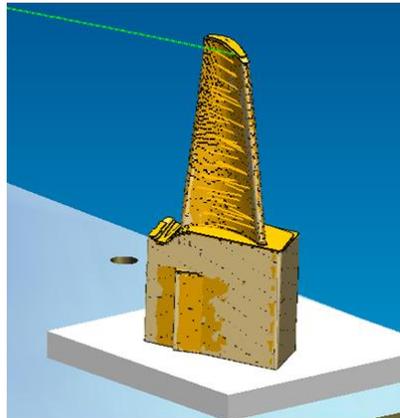
- Minore durezza ma assenza di difetti di stampa
- Caratteristiche meccaniche inferiori alle attese senza TT ( $S_Y=352$  MPa,  $UTS=497$  MPa,  $A\%=30\%$ )



## Prove sperimentali

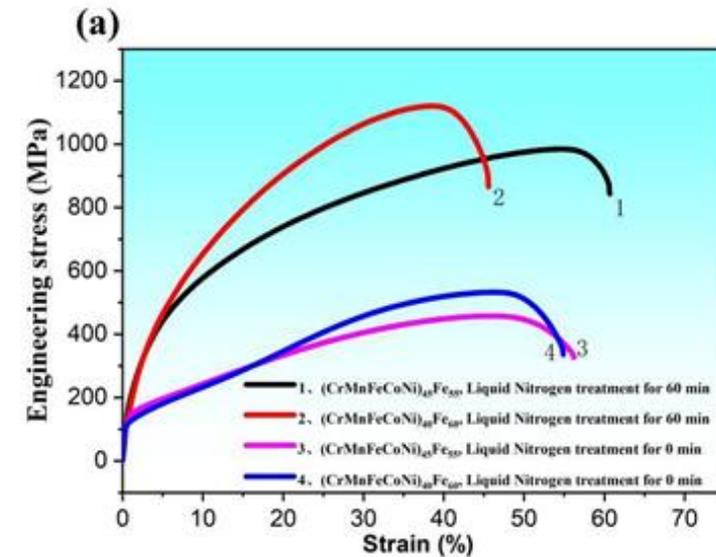
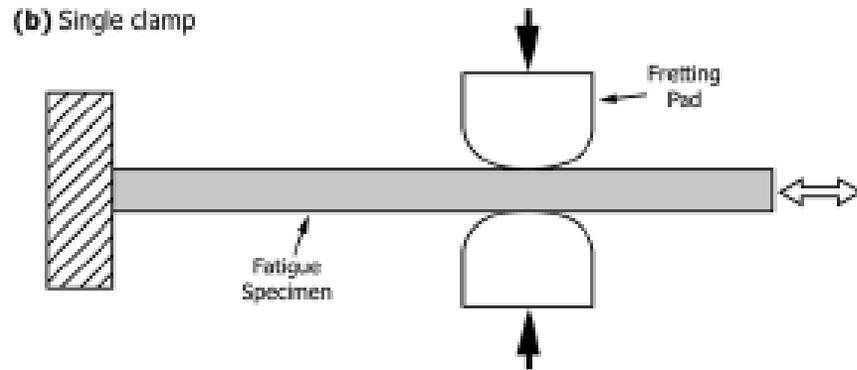
### Stampa paletta in AISI 316L

- Definiti parametri di slicing e G-code
- Stampata paletta in AISI 316 L impiegando la geometria ricostruita



## Sviluppi futuri

- Analisi dei trattamenti termici disponibili e relativi test (azoto liquido?) per incremento prestazioni lega CoCrFeNiMn
- Prove di caratterizzazione a fatica (+fretting)
- Stampa DED pala in lega CoCrFeNiMn
- Lavorazione di finitura



## Conclusioni

- Definiti i requisiti di progettazione della paletta
- Analizzati due materiali HEA: AlCoCrFeNiMo (non stampabile) e CoCrFeNiMn (stampabile - con basse caratteristiche meccaniche).
- Verificata fattibilità del semilavorato della paletta mediante DED

L'analisi delle proprietà meccaniche, statiche ed a fatica della lega CoCrFeNiMn dopo TT darà indicazioni sulle prestazioni attualmente raggiungibili su HEA stampate per DED.