

*Competence Center nazionale specializzato sui Big Data*

bi-REX  
Big Data Innovation & Research Excellence

DEEP  
MON

# Deepmon: Architettura, Use Case, e Test

*Riccardo Venanzi, Michele Solimando*

*Focus sui progetti 4.0 sviluppati  
nell'ambito dei bandi emessi da BI-REX*

# Indice



## Obiettivi di progetto e Architettura Logica



### Ruolo dei partner

- ✓ *Partner aziendali*
- ✓ *Technology Service Provider*



### Attività svolte

- ✓ *Architettura e funzionalità*
- ✓ *Data Flow e Zoom In/Out*



### Use Cases Aziendali

- ✓ *Aetna Robopac*
- ✓ *Sacmi*



### Test e Risultati di progetto

- ✓ *Ambiente di test ed esperimenti*
- ✓ *Risultati sperimentali*

# OBIETTIVI DI PROGETTO E ARCHITETTURA LOGICA



**DeepMon** si pone l'obiettivo di pensare, progettare e sviluppare una soluzione innovativa per il monitoraggio di macchine industriali con tecnologie di Edge Computing per scenari di Advanced Predictive Maintenance in Industry 4.0



Un'architettura multi-layer per la raccolta, monitoraggio dinamico, arricchimento e analisi di dati dalle macchine sullo shop floor



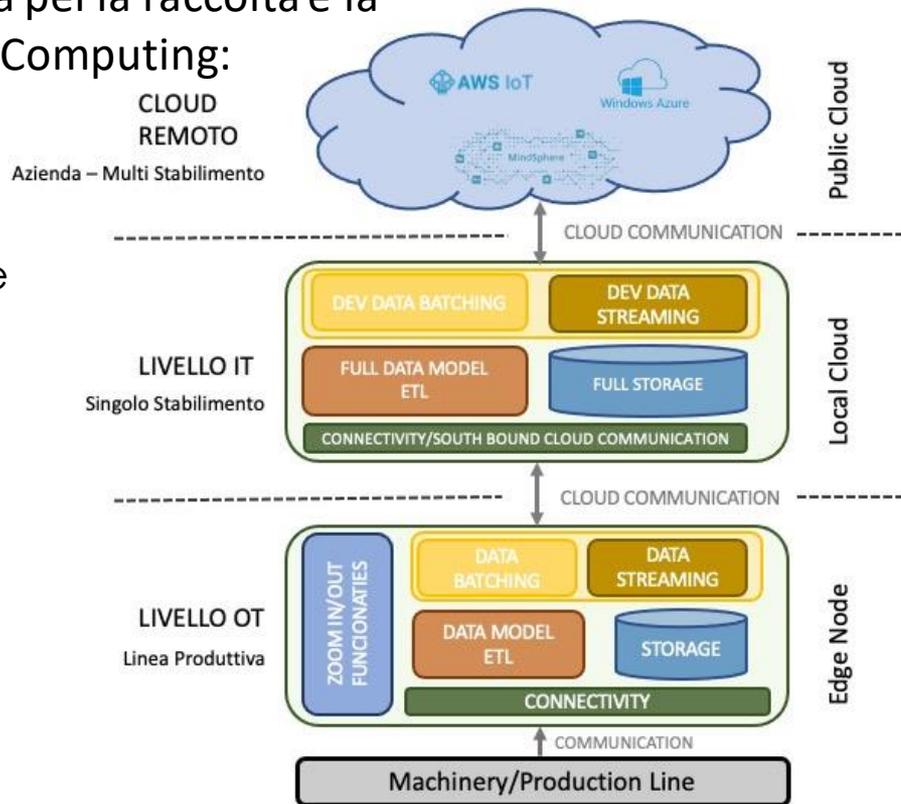
L'architettura fornisce funzionalità di monitoraggio avanzato di macchine industriali abilitando il deployment e la riconfigurazione altamente dinamica di servizi di raccolta e gestione dati

**DeepMon** definisce un'architettura per la raccolta e la gestione dati con tecniche di Edge Computing:

- Multi-layer
- Multi-Platform
  - EdgeX Foundry
  - Siemens Industrial Edge

## Funzionalità:

- Connettività/Comunicazione
  - Shop-Floor
  - Northbound
- Trasformazione Dati
  - Arricchimento
- Storage
- Zoom In/Out
  - Dev Ops/MLOps



# RUOLO DEI PARTNER

## *Open Innovation*

End User

**Sacmi**, Philip Morris (PMI), AETNA, IMA, Poggipolini, EMAG, Bonfiglioli

Technology  
Service Provider

Data River, Siemens

Università

**Università di Bologna**, Università di Ferrara

Use Case  
Provider

**AETNA-Robopac, Sacmi, Poggipolini, EMAG**

**Partner Ospitante: Bi-Rex -> Linea Pilota**

# Data Model

Modello dati											
L I V E L L O  C L O U D	geolocalizzazione	reparto	linea	macchina/controllo qualità in linea	modello						
					id						
					versione						
					stato funzionale	valore					
						timestamp					
					L I V E L L O  O  T	I T	O T	L I V E L L O  O  T	gruppo funzionale	sensore_01	nome
											ID
											unità di misura
											tipo
											scalatura
timestamp											
valore											
range di validità											
freq campionamento											
---											
L I V E L L O  O  T	I T	O T	L I V E L L O  O  T	ricetta	parametro_A	nome					
						unità di misura					
						tipo					
						scalatura					
						timestamp					
						valore					
						range di validità					
						freq campionamento					
						---					
						L I V E L L O  O  T	I T	O T	L I V E L L O  O  T	contatori	contatore_01
unità di misura											
tipo											
scalatura											
timestamp											
valore											
freq campionamento											
---											
L I V E L L O  O  T	I T	O T	L I V E L L O  O  T	eventi	timestamp inizio						
					timestamp fine						
					codice						
					descrizione						

## Data Model:

- Vasto
- Eterogeneo
- Altamente innestato
- Pensato su più livelli
- Flessibile
- Costruito da e per i partner

# Architettura Logica

## Implementazione su due piattaforme IIoT

- Siemens Industrial Edge
- EdgeX Foundry

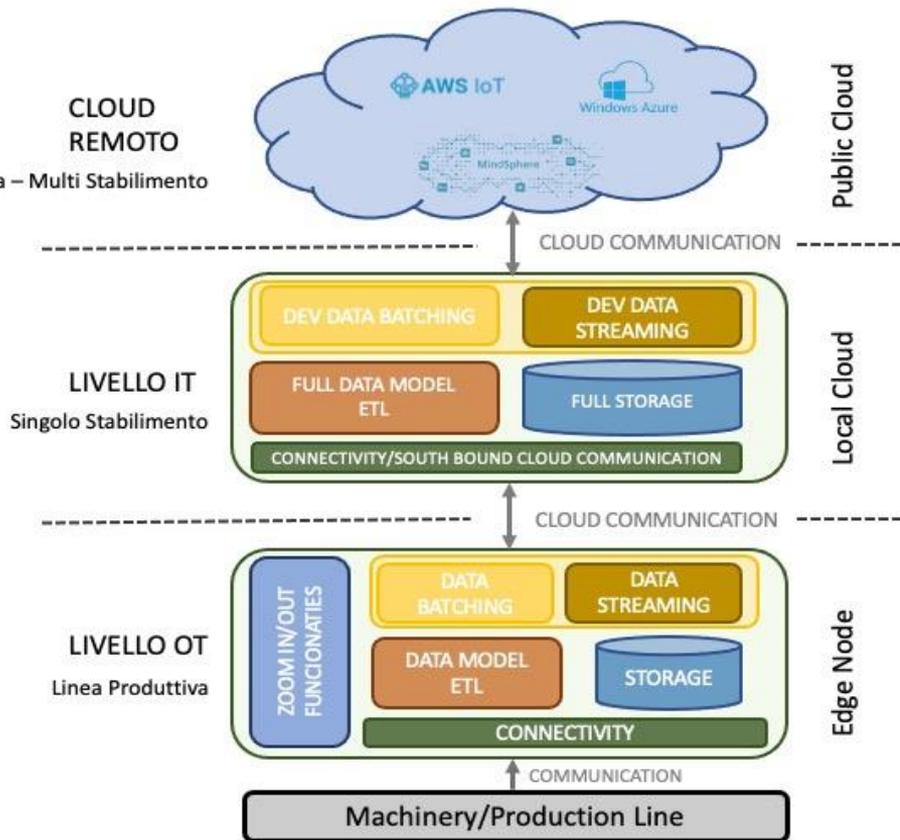
## Una più strutturata, matura, e stabile

- Proprietaria

## Una più flessibile, configurabile, modulare

- Open Source

## Implementate su linea pilota Bi-Rex



# Letture dati e Connettori

## Configure Data Source for edge0102



1/21/2022, 3:15:24 PM node: e8b9f108.5b51e  
ie/d/j/simatic/v1/s7c1/dp/r/DmgMori/default : msg :  
Object

S7 Connector

OPC-UA Connector

Add Data Source

Delete

Deploy

Stop Project

<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Name	Comments	Address	Data Type	Acquisition C...	Acquisition ...	Access Mode	Actions
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>								
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	OPC...							
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Dmg...							
	<input checked="" type="checkbox"/>	tem...		ns=2;s=/Plc/IW...	Int	1 second	CyclicOnChange	Read	
	<input checked="" type="checkbox"/>	exe...		ns=2;s=/Chann...	Real	1 second	CyclicOnChange	Read	

▼ object

topic:

"ie/d/j/simatic/v1/s7c1/dp/r/DmgMori/default"

▼ payload: object

seq: 1

▼ vals: array[2]

▼ 0: object

id: "104"

qc: 3

ts: "2022-01-21T14:15:25.649Z"

val: 0

▼ 1: object

id: "103"

qc: 3

ts: "2022-01-21T14:15:25.649Z"

val: 2392

qos: 0

retain: false

\_msgid: "57fa764e.304418"



Siemens IED

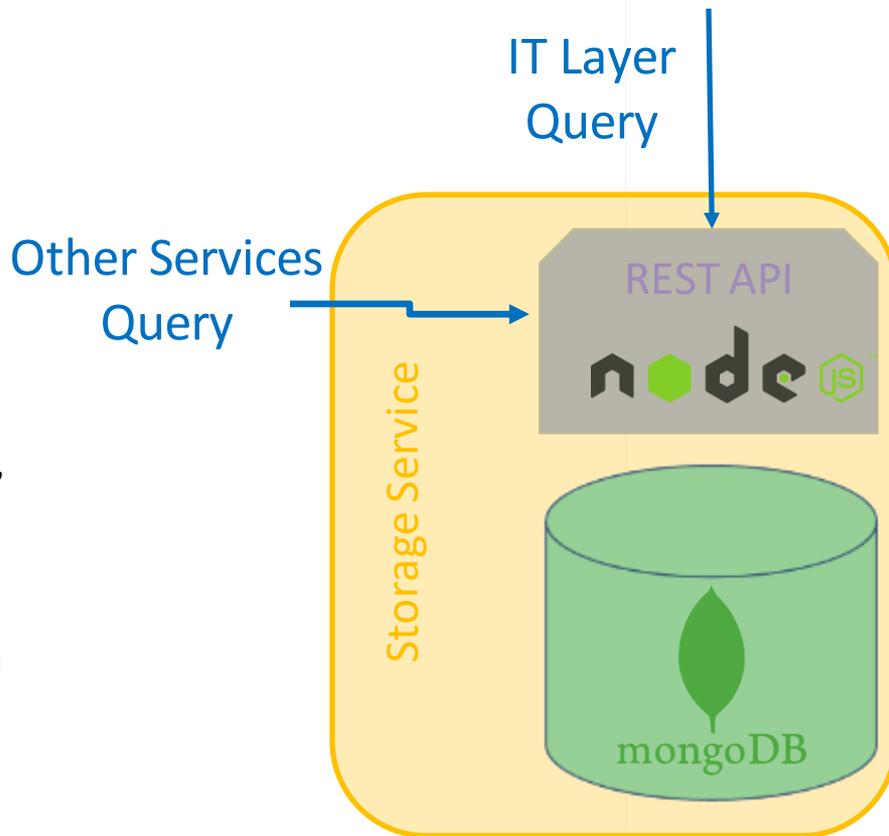
# Storage Service

## Servizio Docker

- Docker-Compose

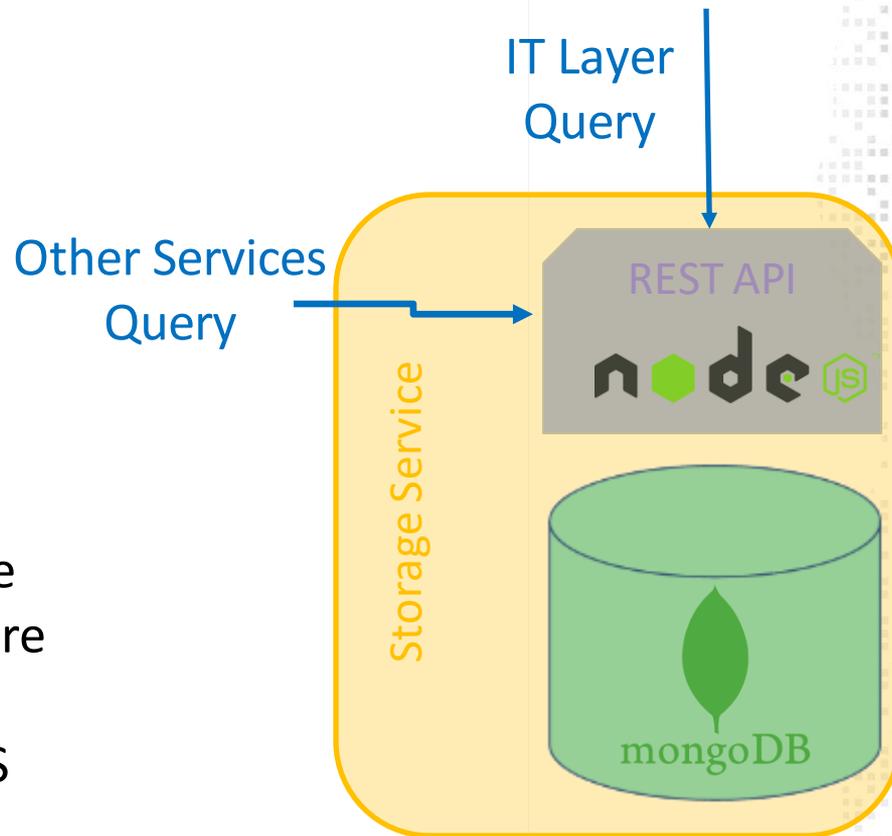
## Funzionalità di storage sull'edge

- Permette il pre-processing, anche per risposte a bassissima latenza
- Salvaguarda da connection discontinuity



# Storage Service: Dettagli Tecnici

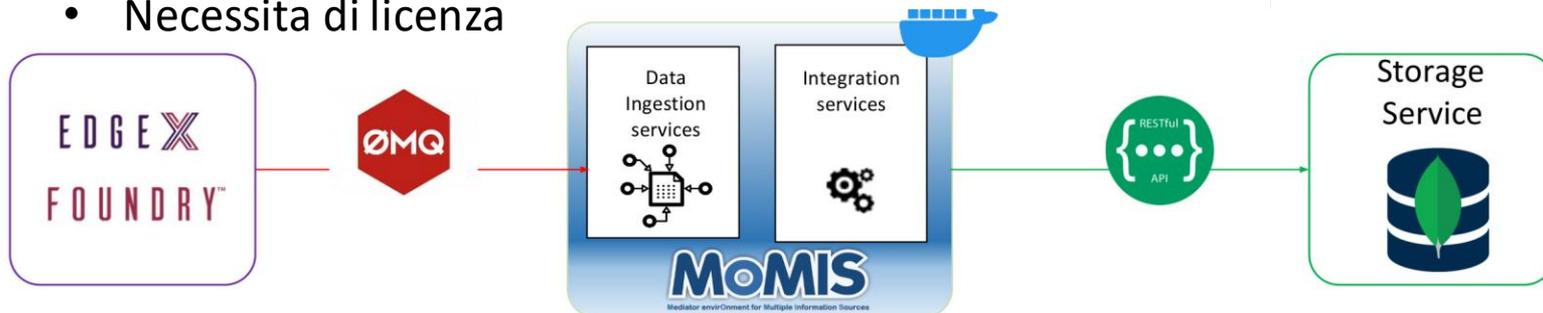
- Data Base NoSql
  - di MongoDB
- Sviluppo di un Front-End REST
  - Espone REST/API per l'interazione col DB
  - Interrogabile direttamente
  - Deployment affidato ai Core Services
  - I Dati non passano per i CS
  - Alta Portabilità



# Momis e Arricchimento Dati

## Componente di manipolazione dati: Momis

- Sviluppato e riadattato per Deepmon da Datariver
- Pulisce e arricchisce il dato grezzo mappandolo sul data model di riferimento
- Applicazione contenerizzata
- Input: dato dal «connettore» Output: Storage Service, Kafka e NorthBound
- Altamente configurabile: Config.json e Mapper.json
- Necessita di licenza



# Dato Arricchito

CAMPO	TIPO DI CAMPO	VALORE/DESCRIZIONE DEL CAMPO
name	string	Nome univoco della variabile
description	string	(OPZIONALE) Descrizione della variabile monitorata
measure_unit	string	(OPZIONALE) Unità di misura della variabile campionata
timestamp	string	timestamp con timezone (ISO 8601 format)
value	string	(OPZIONALE) Valore misurato
parent	string	(OPZIONALE) Nome univoco del nodo padre (deve essere presente nel nodo "name" di uno degli ancestor dell'oggetto)
ancestors	JSON array	(OPZIONALE) JSON ARRAY contenente i JSON OBJECT con nodi padri della gerarchia dell'oggetto

## ancestor

CAMPO	TIPO DI CAMPO	VALORE/DESCRIZIONE DEL CAMPO
name	string	Nome univoco dell'ancestor
description	string	(OPZIONALE) Descrizione dell'ancestor
parent	string	(OPZIONALE) Nome univoco del nodo padre dell'ancestor corrente

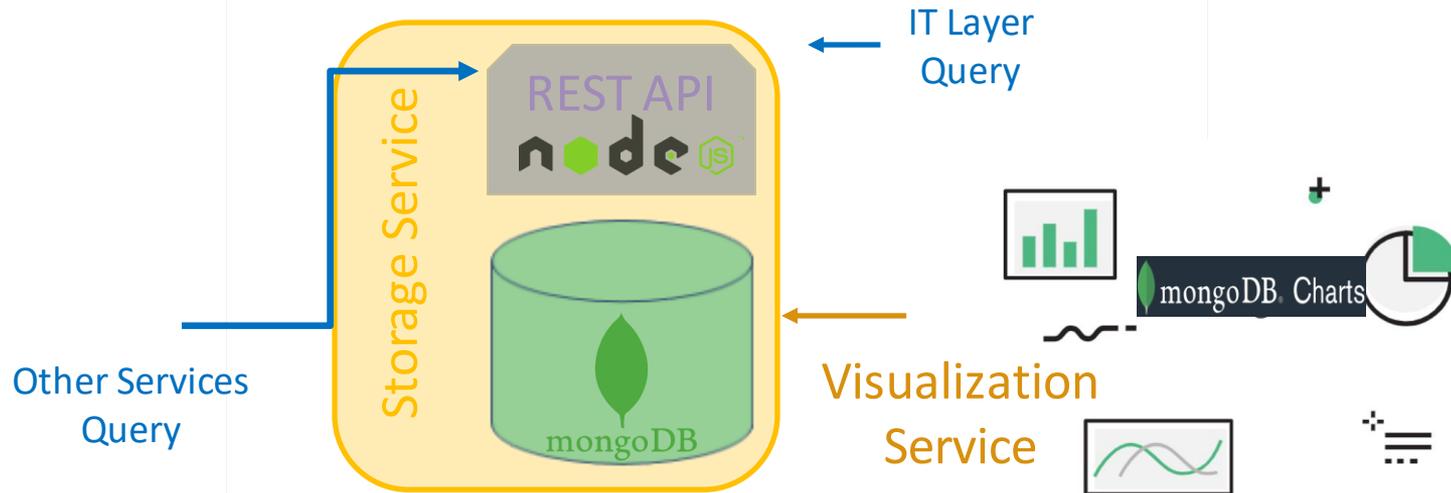
```

"description": "giri al minuto",
"measure_unit": "rpm",
"name": "s1",
"parent": "gp1",
"timestamp": "2021-06-18T08:36:34.266Z",
"value": "5",
"ancestors": [
  {
    "name": "gp1",
    "parent": "m1",
    "description": "gruppo funzionale"
  },
  {
    "name": "m1",
    "parent": "l1",
    "description": "macchina"
  },
  {
    "name": "l1",
    "description": "linea"
  }
]

```

# Visualization Service

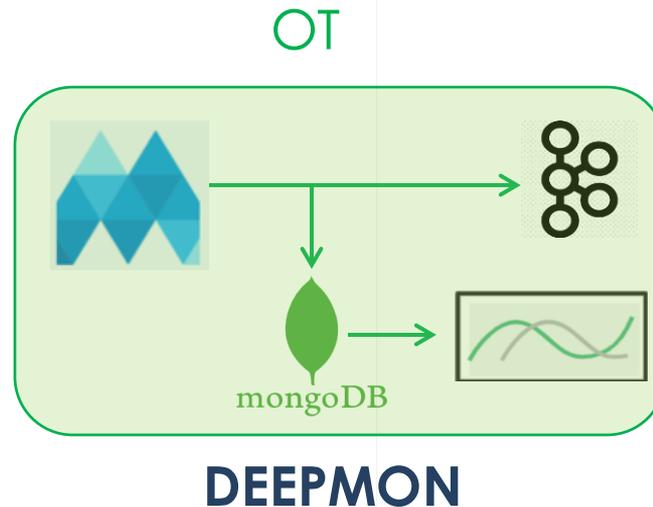
- Integrazione Storage Service con MongoDB con MongoDB Charts  
Integrazione con Charts gratuita – Connettore Built-in
- Completamente trasparente agli altri servizi
- Comunicazione diretta MongoDB - Charts



# Comunicazione OT - IT

## Apache Kafka e il mirroring verso l'IT

- Kafka rappresenta uno degli output di Momis a livello OT
- Kafka introduce **disaccoppiamento**
- elevate performance di data ingestion
  - Throughput, built-in partitioning, replication, and fault-tolerance
- Riceve il dato arricchito da Momis e lo pubblica su un broker in IT
- Funzionalità chiave
  - Retention
  - Persistency



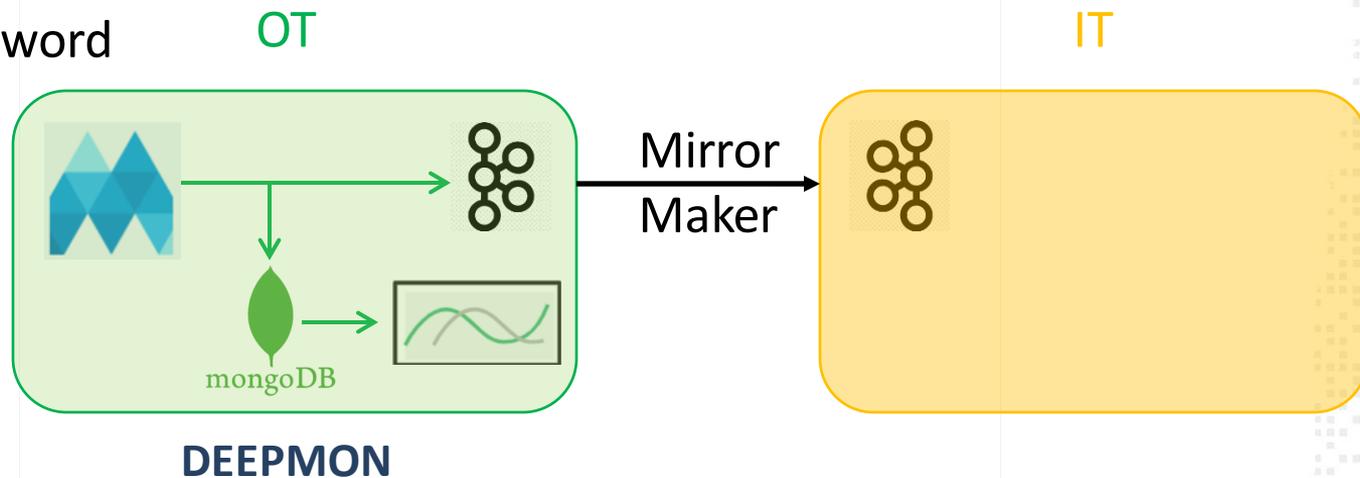
# Kafka Mirror Maker

## Apache Kafka:

- Sicurezza (OT - IT)
- Message buffering in caso di caduta della connessione

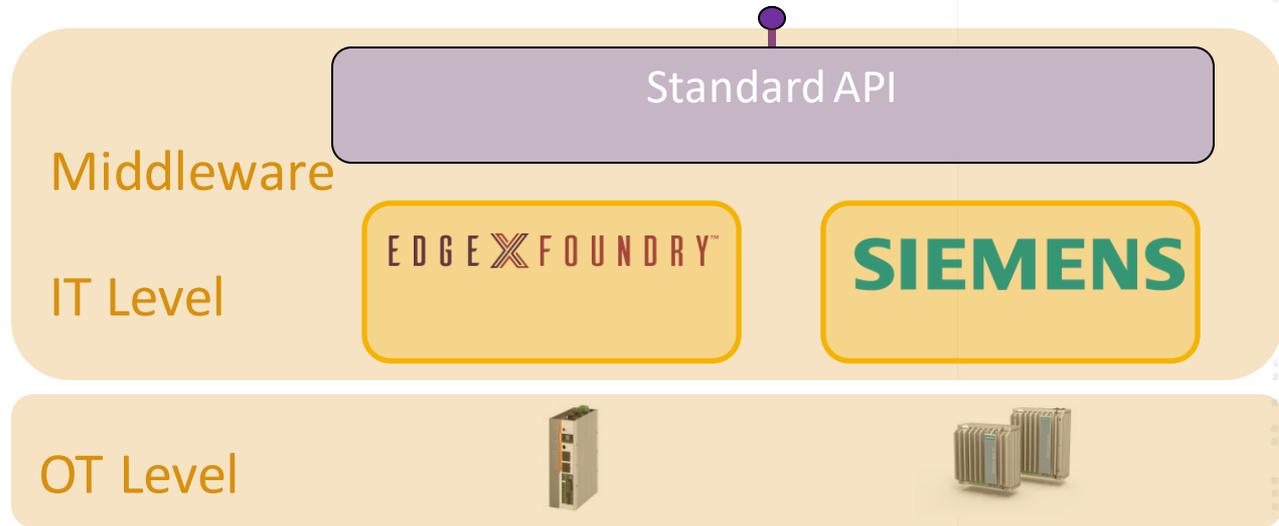
## Politiche di sicurezza

- SSL
- Certificati
- User/Password



# Introduzione alla Funzionalità Zoom In/Out

- Sviluppo di layer di Standardizzazione Cross-Platform
- Orchestrazione dinamica Platform Independent
- Sviluppo di API Standard per funzionalità comuni
  - Es. deployment
- Utente finale ignaro della piattaforma sottostante

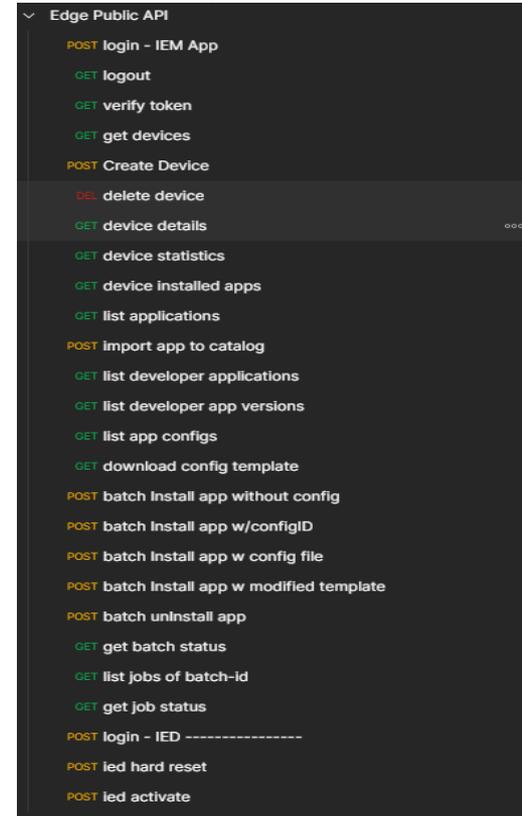


# Siemens Piloting API

Siemens ci ha fornito Piloting API REST per il managing del IED

Le API ci consentiranno di:

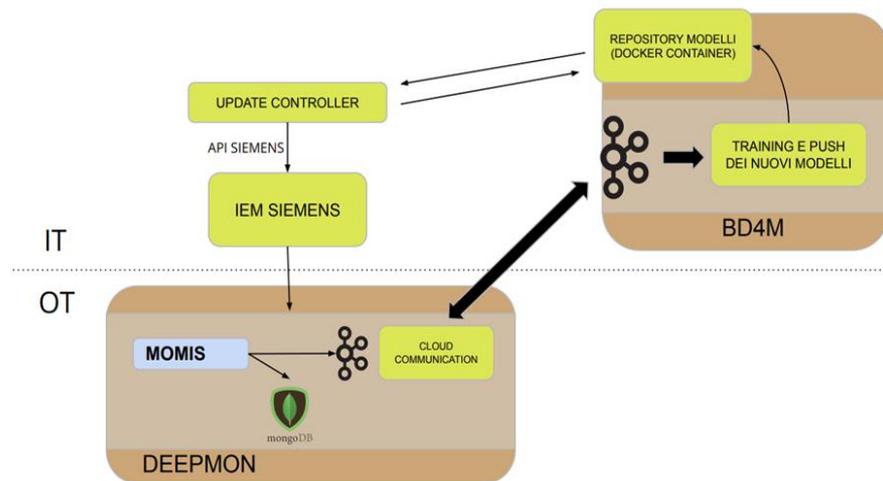
- Deployment of new Service/Application on Edge node
  - Cold Deploy (Stop Service and Restart)
  - Hot Deploy ( live deployment)
- Live Service/Application Configuration changing (Also for connectors)
- Managing of all Edge Functionalities bypassing the Web Graphic Interface (Simatic)



# Deepmon e DB4M

## Prima interazione IT -OT

- DB4M riceve dati dall'OT
- Li analizza e eventualmente pubblica su un repository IT una nuova versione di Servizio/Applicazione
- L'Update Controller controlla la disponibilità di una nuova versione di un servizio
- Scarica l'immagine (Docker)
- Ne fa il deployment automatico sull'Edge Node (Simatic Edge)

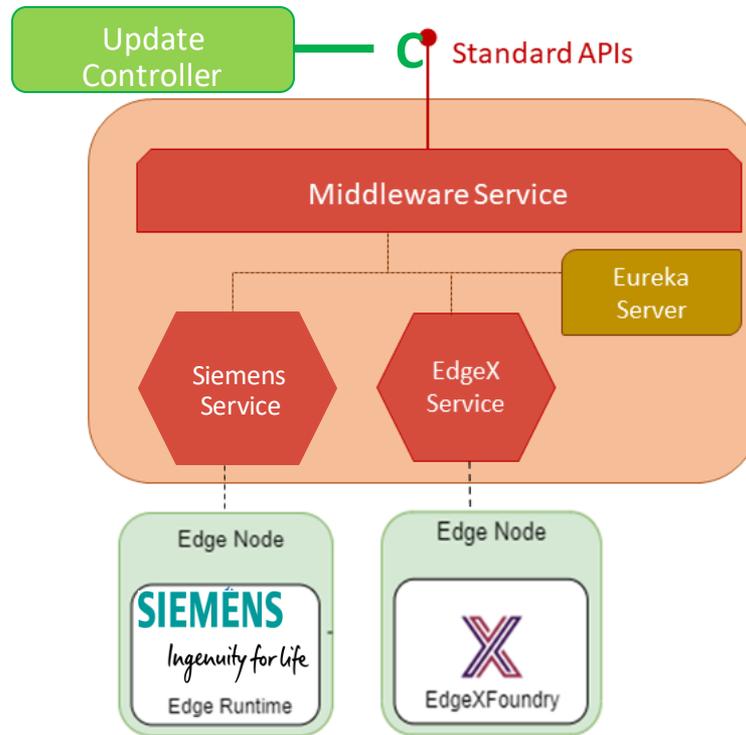


**Sfruttamento delle Funzionalità di Zoom In/Out**

# Zoom In/Out: API Middleware IT

## Progettazione e Sviluppo del Middleware e Standard API

- Middleware a microservizi
  - Livello IT
  - Un Servizio per ogni piattaforma integrata
- Sviluppato in Java
  - Framework Spring
- Deployment di servizi completamente trasparente all'utilizzatore



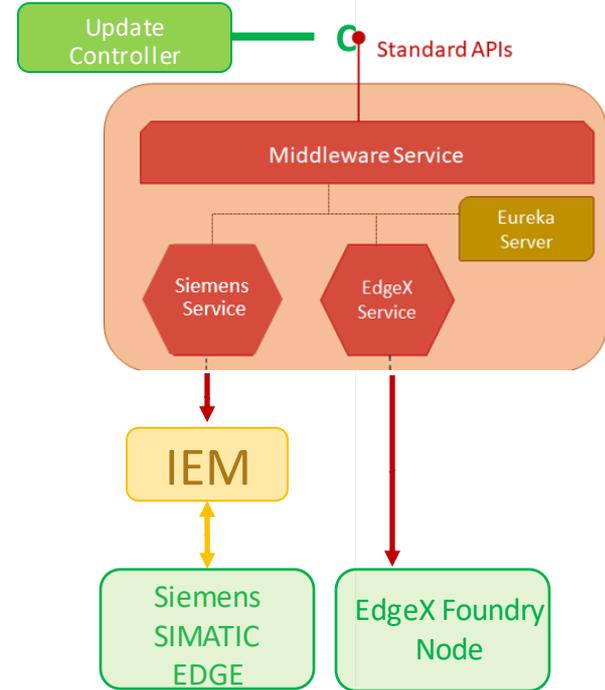
# Middleware e Zoom In/Out: Verso l'OT

## Siemens Flow

1. UC invoca il Middleware Service (MS) -> Standard API di Deployment
2. MS invoca il servizio verticale di riferimento (Siemens Service (SS))
3. SS invoca le Siemens Piloting API sull'IEM
4. L'IEM comanda il deployment del servizio sul nodo

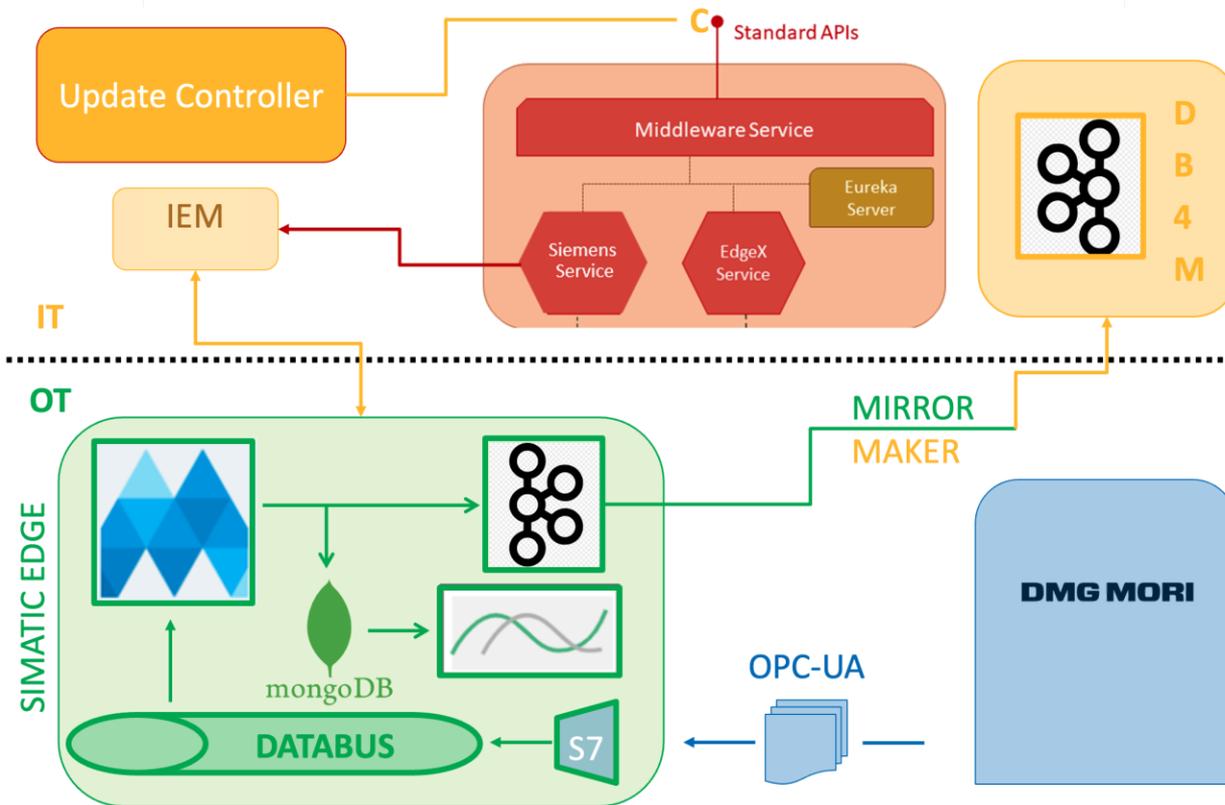
## EdgeX Flow

1. UC invoca il Middleware Service (MS) -> Standard API di Deployment
2. MS invoca il servizio verticale di riferimento (EdgeX Service (ES))
3. ES invoca le pilota il docker engine remoto sul nodo EdgeX



# Deepmon: The Big Picture

## Architettura Completa (Linea Pilota)



# USE CASES AZIENDALI



## Casi d'uso coinvolgendo 4 partner aziendali

### AETNA e SACMI

- ✓ Casi d'uso completi
- ✓ Visita aziendale
- ✓ Accordo sul modello di dati da leggere e arricchire



### EMAG e POGGIPOLINI

- Casi d'uso in via di sviluppo
- ✓ Visita aziendale
- EMAG: lavori in corso per la infrastruttura informatica
- POGGIPOLINI:
  - concordare il modello di dati
  - ✓ Sviluppo di un connettore Fanuc Focas ad-hoc



## AETNA – Robopac Use Case

### Modello dei dati

- OPC UA Siemens Connector
- Modello complesso con dati di tipo array

Dato	Tipo	Significato
Status[0]	Byte	<b>Stati macchina per definire disponibilità macchina</b> 1 - Fermo macchina pianificato (Planned DownTime) 2 - Produzione macchina (Net Production Time) 3 - Fermo macchina non pianificato (Unplanned Dow
Status[1]	Byte	<b>Stati della macchina</b> 1 - Modalità manuale 2 - Modalità allarme 3 - Modalità automatico
Status[2]	Byte	<b>Stati macchina con la macchina in modalità automa</b> 1 - Attesa carico prodotto 2 - Attesa scarico prodotto 3 - Fasciatura prodotto
Status[3]	Byte	<b>Stato macchina (riassume i tre stati precedenti)</b> 1 - Modalità manuale [ <i>Stato manuale</i> ] 2 - Fermo macchina pianificato (Planned DownTime) 3 - Fermo macchina non pianificato (Unplanned Dow 4 - Attesa carico prodotto [ <i>Stato automatico</i> ] 5 - Attesa scarico prodotto [ <i>Stato automatico</i> ] 6 - Fasciatura prodotto [ <i>Stato automatico</i> ]

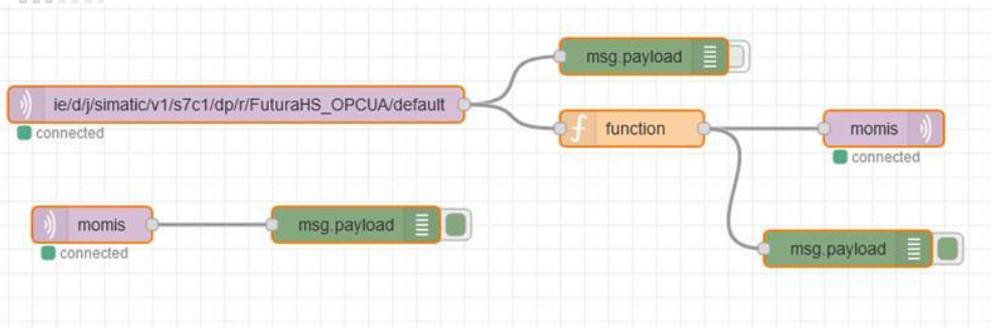
	Name	Comments	Address	Data Type	Acquisition Cycle	Acquisition Mode
<input checked="" type="checkbox"/>	✓ FuturaH...					
<input checked="" type="checkbox"/>	✓ Counter		ns=4;i=15	UDInt Array	500 milliseconds	CyclicOnChange Read & Write
<input checked="" type="checkbox"/>	✓ Warnings		ns=4;i=937	Bool Array	500 milliseconds	CyclicOnChange Read & Write
<input checked="" type="checkbox"/>	✓ Status		ns=4;i=4	Byte Array	500 milliseconds	CyclicOnChange Read & Write
<input checked="" type="checkbox"/>	✓ Recipe		ns=4;i=46	UInt Array	500 milliseconds	CyclicOnChange Read & Write
<input checked="" type="checkbox"/>	✓ FilmUsageStatisti...		ns=4;i=537	DInt Array	500 milliseconds	CyclicOnChange Read & Write
<input checked="" type="checkbox"/>	✓ FilmUsageStatisti...		ns=4;i=544	DInt Array	500 milliseconds	CyclicOnChange Read & Write
<input checked="" type="checkbox"/>	✓ Alarm		ns=4;i=551	Bool Array	500 milliseconds	CyclicOnChange Read & Write



## AETNA – Robopac Use Case

### Data ingestion personalizzata

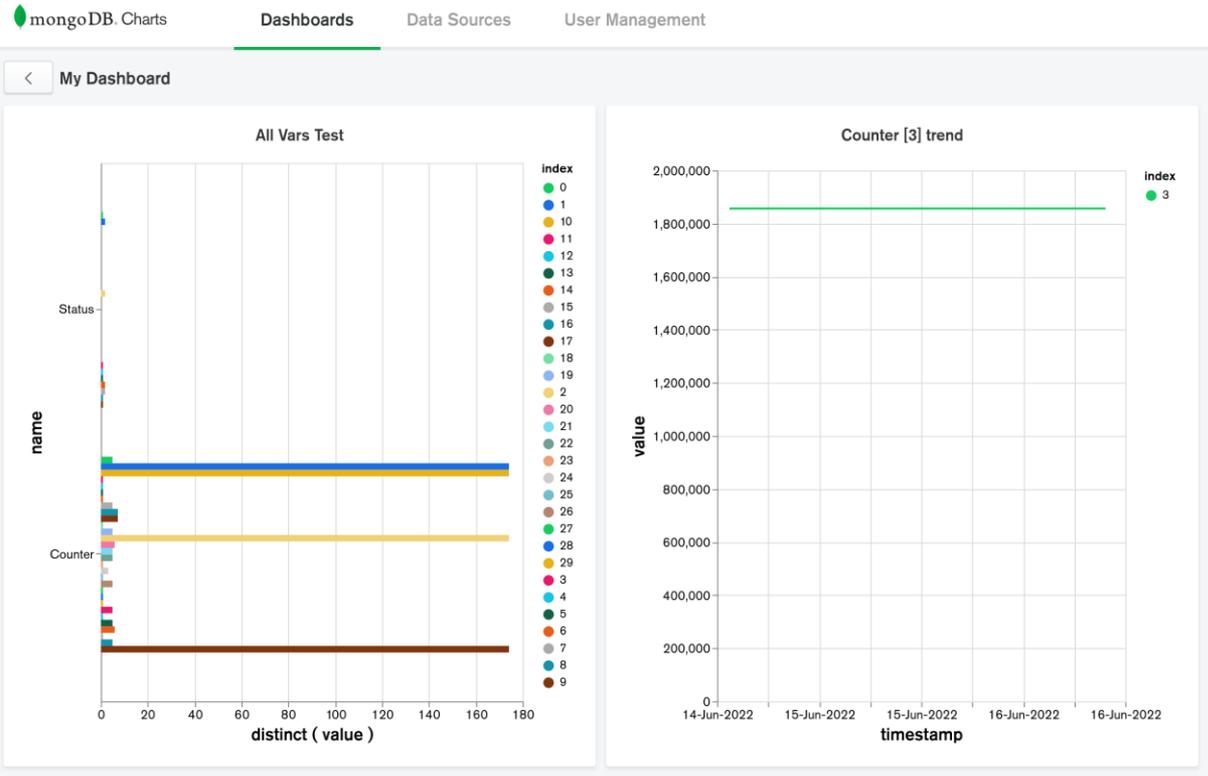
- Aggiornamento Datariver Momis tool
- Soluzione integrata FlowCreator



```
msg.payload : Object
  object
    seq: 0
    vals: array[15]
      [0 ... 9]
        0: object
          id: "127"
          ts:
            "2022-04-27T13:58:51.624Z"
          qc: 3
          index: 0
          val: 9
        1: object
          id: "127"
          ts:
            "2022-04-27T13:58:51.624Z"
          qc: 3
          index: 1
          val: 16
        2: object
        3: object
        4: object
        5: object
        6: object
        7: object
        8: object
        9: object
      [10 ... 14]
```



## AETNA – Robopac Use Case - COMPLETO



# USE CASES AZIENDALI



## SACMI Use Case

### Modello dei dati

- Sorgenti eterogenee: Modbus, MQTT
- Modbus: dati semplice generate dale machine
- MQTT: dati strutturati complessi generate dalla linea
- Pre-processing per dati provenienti da MQTT

LABC	Linea01	Continua	APB	Ricetta	SETP_APB00_Q13	Setpoint posizione motore 13 terminale attivo APB13	centesimi di mm	[-300, 300]	INT
LABC	Linea01	Continua	APB	Ricetta	SETP_APB00_Q14	Setpoint posizione motore 14 terminale attivo APB13	centesimi di mm	[-300, 300]	INT
LABC	Linea01	Continua	APB	Stato funzionale APB	AB_CIC_SC_APB	Abilitazione ciclo di scarico APB	-	0, 256	BOOL
LABC	Linea01	Continua	PCR	Ricetta	V_LINEA_AUT_MMIN	Velocità rulli in automatico	dm/min	[0, 100]	INT
LABC	Linea01	Continua	PCR	Ricetta	SET_FCOMP	Setpoint forza di compattazione	kg	[0, 263000]	DINT
LABC	Linea01	Continua	PCR	Ricetta	SET_POS_GHIERA_1	Obiettivo spessore lastra SX	centesimi di mm	[200, 2200]	UINT

Modbus



MQTT

LABC	Linea01	Continua	Operatore	Evento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• measure: STRING</li> <li>• value: STRING</li> <li>• timestamp: UNIX time ms</li> <li>• id_prova: STRING</li> <li>• note: STRING</li> </ul>	<pre>{   "measure": "crepe",   "value": "sx",   "timestamp": "1618577561301",   "id_prova": "I 22555",   "note": "Note operatore" }</pre>	<p>Il campo "value" può avere valori "no", "sx", "dx", "sx/dx", "centro", "sfogliatura". Quando "value": "no" si indica l'assenza di crepe sulla lastra, ossia pezzo buono. Nel caso in cui l'operatore inserisca solo una nota (campo "note") e nessuna informazione riguardo le crepe, il campo "value" sarà vuoto ("value": ""). Se non viene inserita alcuna nota il campo "note" sarà vuoto ("note": "").</p>
LABC	Laboratorio	Stazione misura 01	Tecnico	Evento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• measure: STRING</li> <li>• value: FLOAT[12]</li> <li>• unit: STRING</li> <li>• timestamp: UNIX time ms</li> <li>• id_prova: STRING</li> <li>• note: STRING</li> </ul>	<pre>{   "measure": "materie_prime",   "value": [0.54, 14.88, 24.24, 16.18, 12.88, 2.69, 6.23, 1.61, 1.34, 19.07, 0.34, 20 (umidità)],   "unit": "%",   "timestamp": "1618577561301",   "id_prova": "I 22555",   "note": "Note operatore" }</pre>	<p>L'ordine dei valori nell'array "measure" è rilevante. L'array è costituito da 12 valori, ripartiti tra 11 valori di granulometria e un valore di umidità della polvere. I 12 valori dell'array fanno riferimento rispettivamente alle percentuali di granulometria a 63 micron, 75 micron, 90 micron, 125 micron, 180 micron, 250 micron, 300 micron, 425 micron, 600 micron, polvere_setacci, polvere_dispersa e alla percentuale di umidità polvere. I 12 valori sono tutti percentuali %. Si utilizzerà il valore -1 per indicare una misura non effettuata nel campo "value". Ad esempio, nel caso in cui il tecnico voglia inviare solo la misura di umidità, tutti i valori di granulometria saranno posti uguali a -1. Altro esempio: se il tecnico invia solo una nota (campo "note"), tutti i 12 valori dell'array saranno pari a -1. Se non viene inserita alcuna nota il campo "note" sarà vuoto ("note": "").</p>

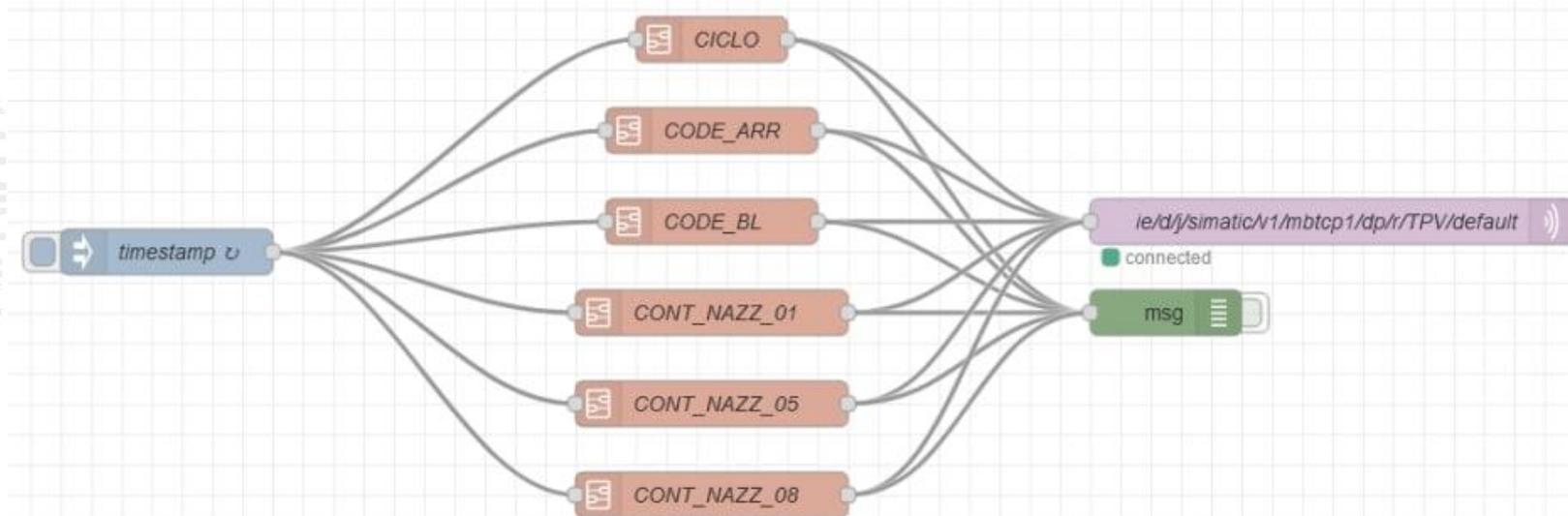
# USE CASES AZIENDALI



## SACMI Use Case

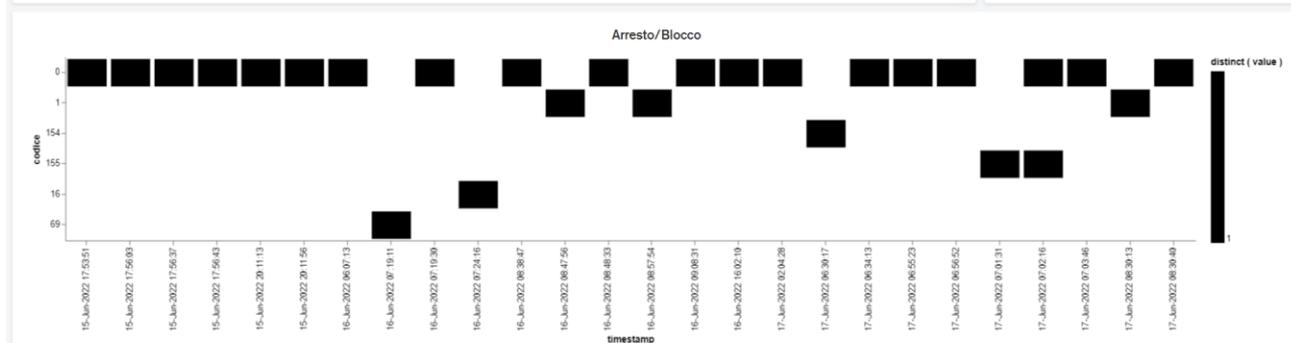
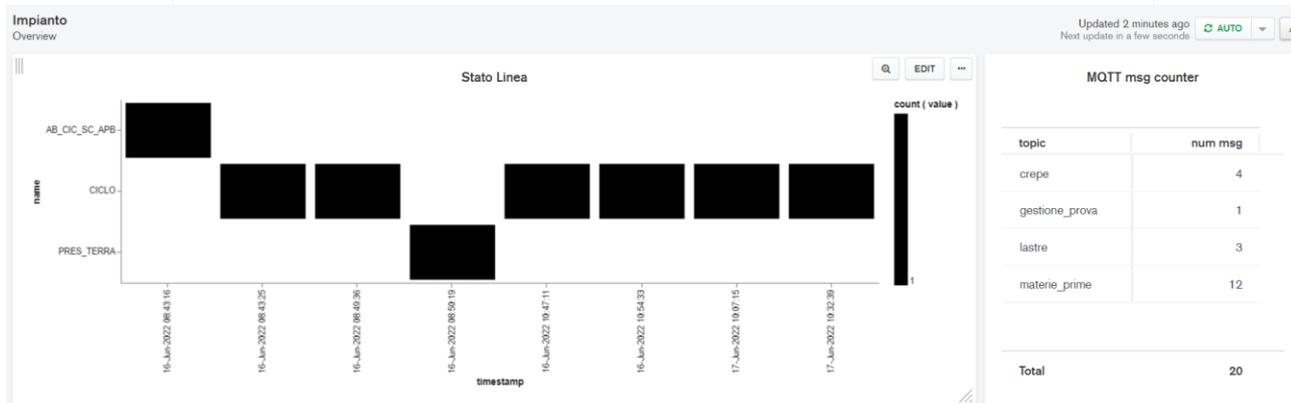
### Data ingestion personalizzata

- Aggiunta di timestamp ai messaggi Modbus
- Soluzione integrata FlowCreator per MQTT





## SACMI Use Case - COMPLETO





## *Ambiente di test ed esperimenti*

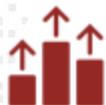
### **TEST DeepMon**

- Performance del *Middleware REST API*
- Performance dei device *Siemens Industrial Edge*
- Performance della piattaforma *EdgeX Foundry*
- Funzionalità di *Zoom IN - Zoom OUT*
- Test eseguiti su *Linea Pilota, Bi-Rex*

### **Strumenti utilizzati**

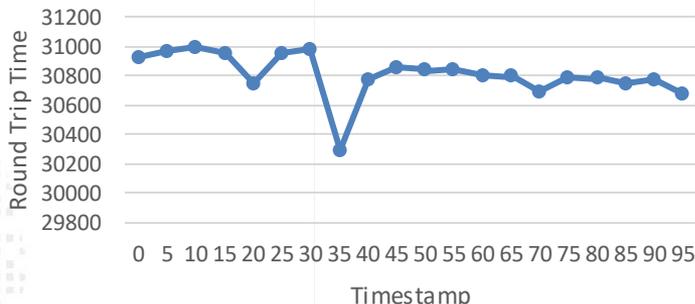
- *Postman* tool per il testing delle REST API
- *Newman* CLI per le REST API Collection
- *Bash* e *Powershell* script per l'automazione dell'esecuzione dei test

# TEST E RISULTATI DI PROGETTO

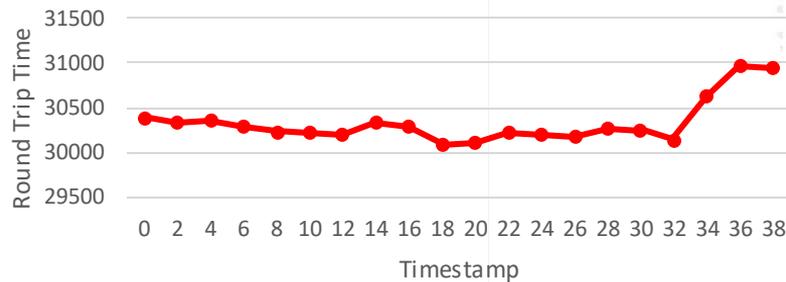


## Tempi di deployment – Siemens Industrial Edge

5 sec delay



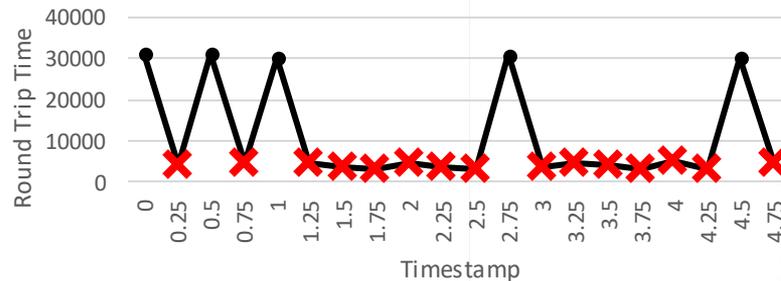
2 sec delay



0.5 sec delay



0.25 sec delay



# TEST E RISULTATI DI PROGETTO

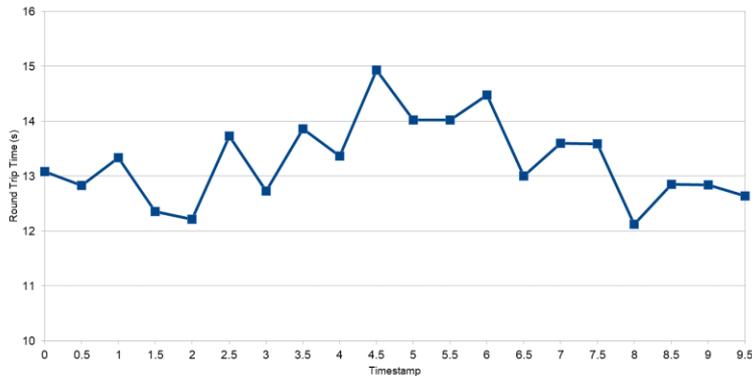


## Tempi di deployment – EdgeX Foundry

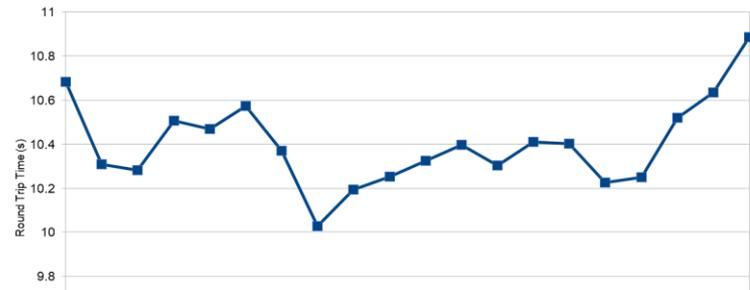
5 Sec Delay



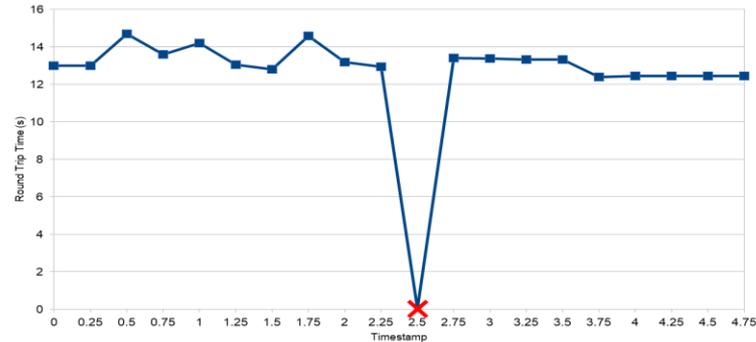
0.5 Sec Delay



2 Sec Delay



0.25 Sec Delay

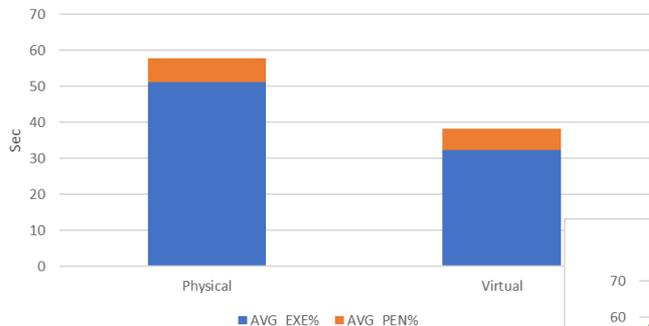


# TEST E RISULTATI DI PROGETTO

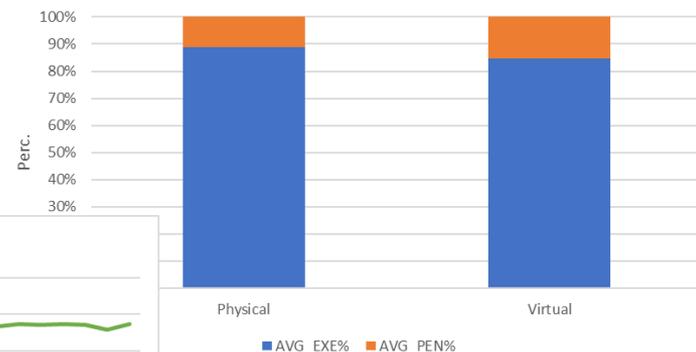


## Test sul Downtime – Siemens Virtual Vs Physical

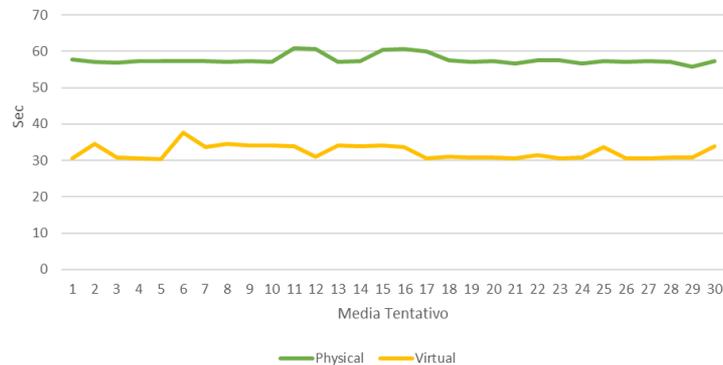
**Physical versus Virtual Average Downtime**

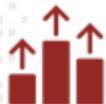


**Physical versus Virtual Deploy Average Percentage**



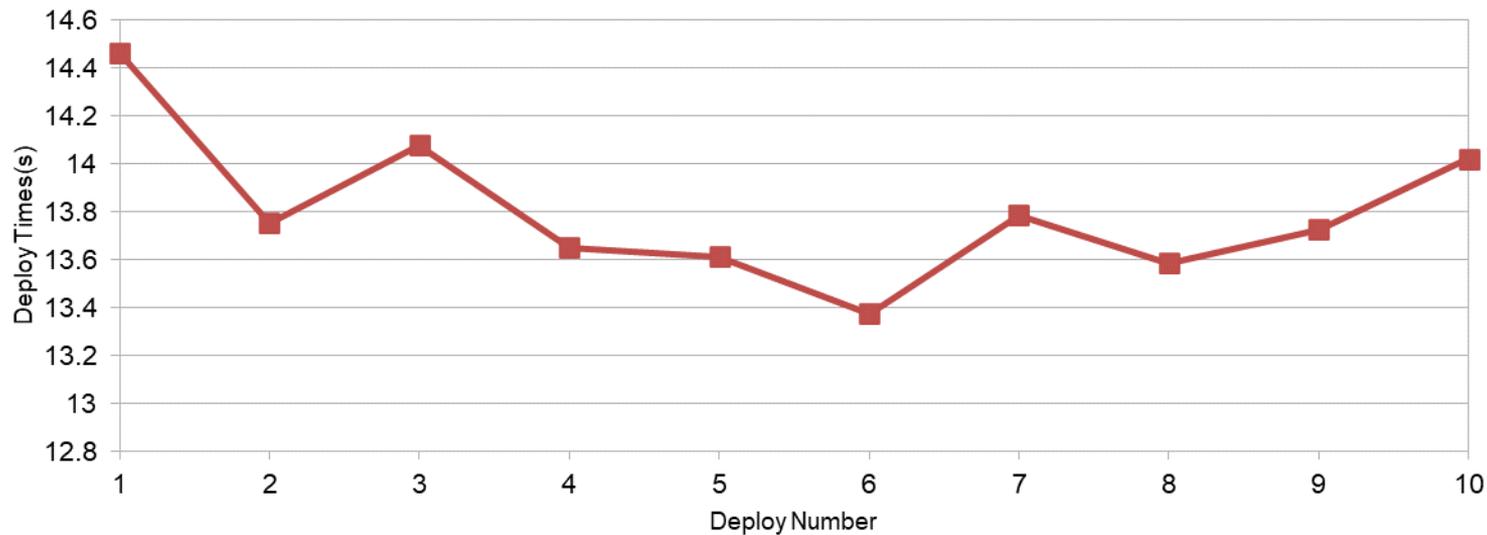
**Physical versus Virtual Downtime**



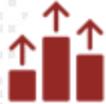


## Test sul Downtime – EdgeX Foundry

### Downtime Deploy Test

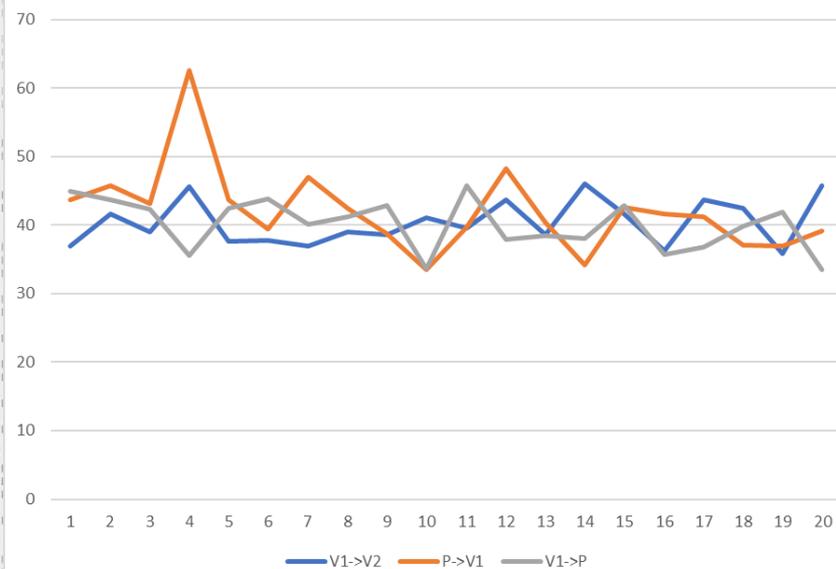


# TEST E RISULTATI DI PROGETTO

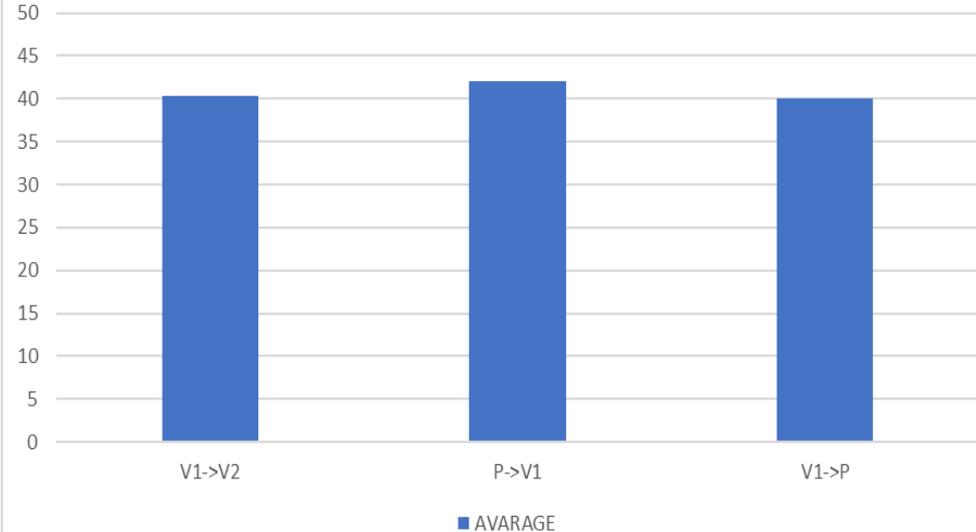


## Test migrazione servizi – Siemens Virtual e Physical

Migration Time Trend



Average Migration Time

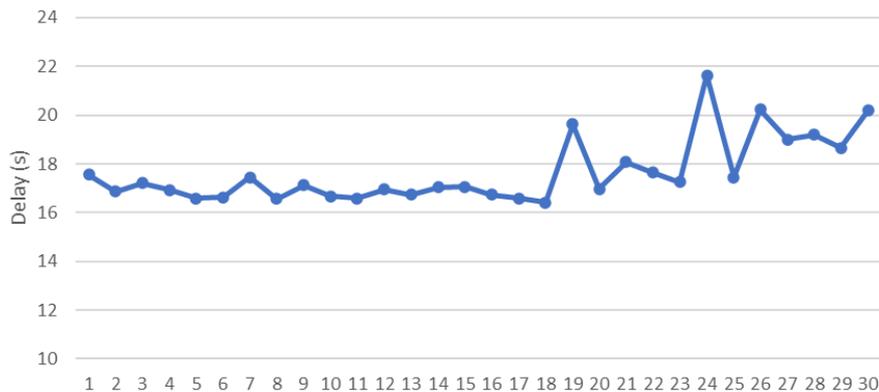


# TEST E RISULTATI DI PROGETTO

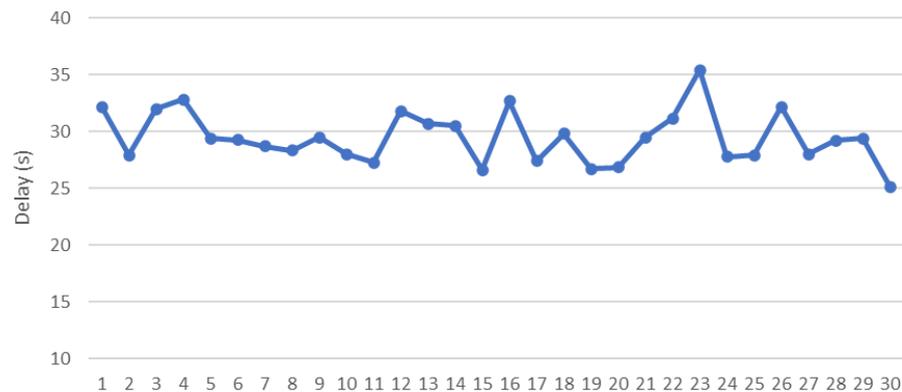


## Test connettori – EdgeX Foundry

*Delay OPC UA Connector Deployment*



*OPC UA Connector - ZoomIN/ZoomOUT Delay*





# RINGRAZIAMENTI FINALI

## Partners con ruolo attivo nel progetto

