

Trasformazione digitale del trasporto ferroviario

Il Digital Twin per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria



Il Digital Twin per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria

I numeri dell'infrastruttura ferroviaria



Linea Ferroviaria in esercizio		~ 17.000 km
CLASSIFICAZIONE	Linee Fondamentali	6.453 km
	• Linee AV/AC	1.097 km
	Linee Complementari	9.477 km
TIPOLOGIA	Singolo Binario	12.160 km
	Doppio Binario	7.756 km
ALIMENTAZIONE	Linee elettrificate	12.277 km
	• doppio binario	7.679 km
	• singolo binario	4.598 km
	Linee non elettrificate (diesel)	4.602 km
LUGHEZZA COMPLESSIVA BINARI		~ 24.700 km

Il Digital Twin per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria

La sfida del Piano Industriale 2025-2029

I **sistemi di Diagnostica Predittiva** previsti nel Piano si pongono alcuni **OBIETTIVI CHIAVE**:

- ❑ **riduzione dei guasti e dei costi** di manutenzione;
- ❑ **aumento disponibilità**;
- ❑ **estensione della vita utile** degli asset;
- ❑ **globale aumento della qualità del servizio**, della **competitività** del trasporto su ferro e della **sostenibilità**.

L'**iniziativa** si compone di tre **STREAM PRINCIPALI**:

- potenziamento dei sistemi di monitoraggio e diagnostica fissa avanzati;
- potenziamento dei sistemi di diagnostica mobile avanzata;
- sviluppo del Digital Twin dell'infrastruttura ferroviaria nazionale.

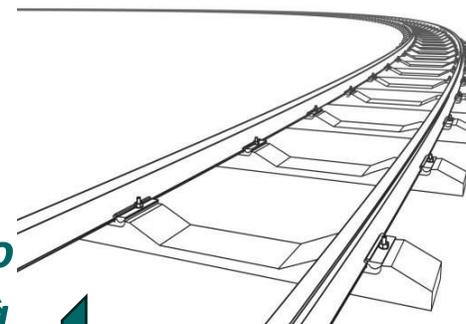


Il Digital Twin per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria

Il Digital Twin – Definizione dell'ecosistema

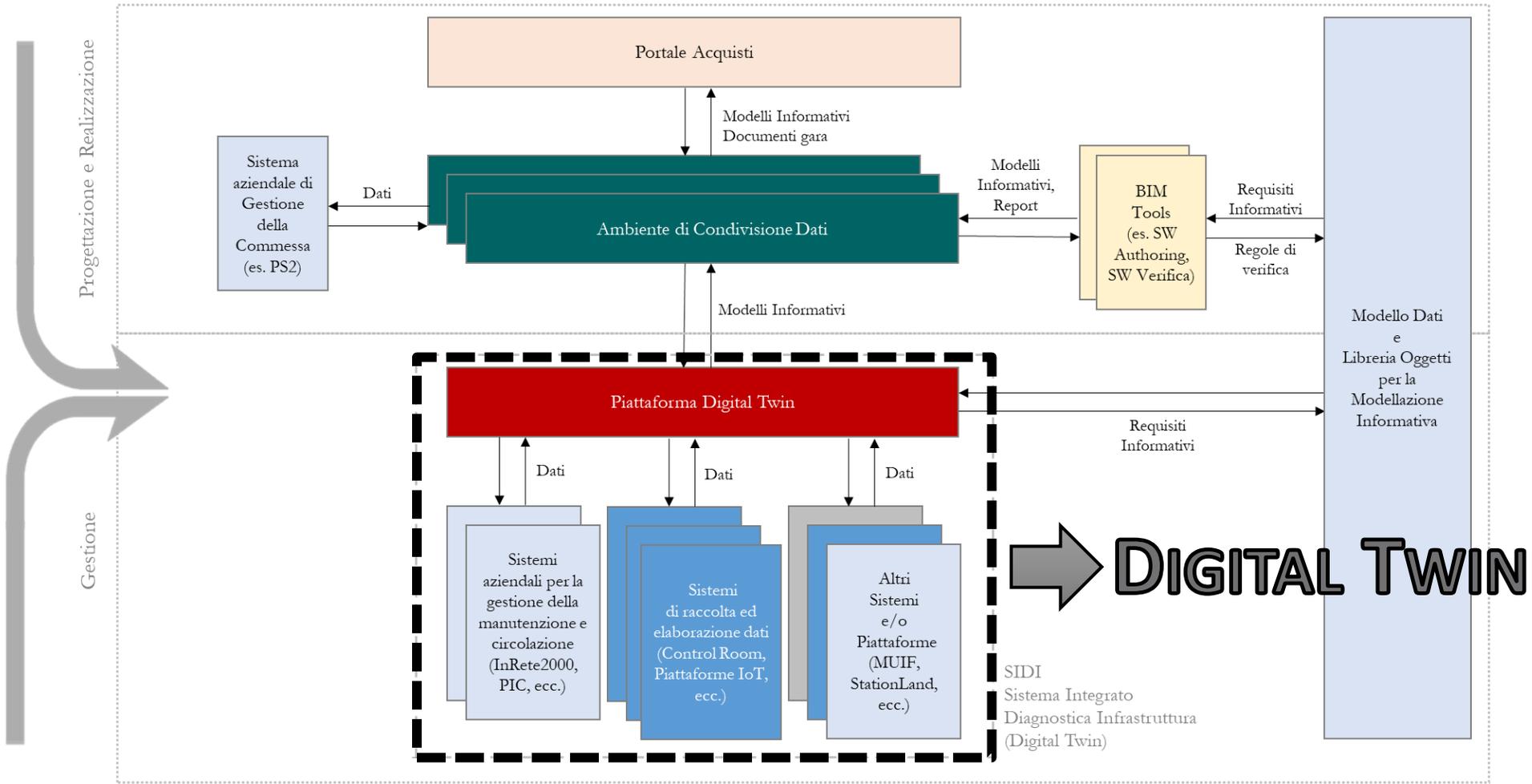
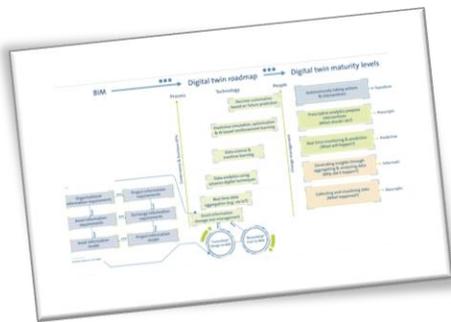
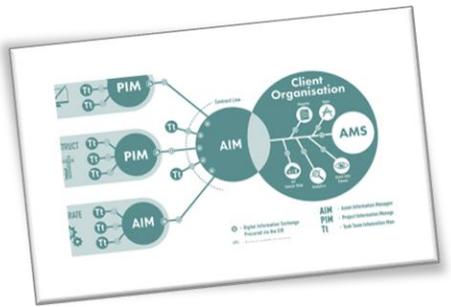
- «Un Digital Twin è una **rappresentazione virtuale di un'entità fisica o di un sistema che utilizza dati in tempo reale e modelli digitali** per comprendere, analizzare e ottimizzare le prestazioni dell'entità fisica corrispondente. Il Digital Twin si basa sull'integrazione di tecnologie come **Internet of Things (IoT), Big Data, Cloud Computing, Intelligenza Artificiale e simulazione**» (Grieves & Vickers, 2017)
- «Il Digital Twin è un sistema digitale intelligente che **integra modelli virtuali con dati in tempo reale**, consentendo il monitoraggio, la simulazione e l'ottimizzazione dei sistemi fisici attraverso il ciclo di vita del prodotto» Tao et al. (2019)
- «Un Digital Twin è una **simulazione digitale completa** e integrata di un sistema fisico che sfrutta modelli, dati sensoriali e capacità computazionali per **supportare operazioni e decisioni**» Glaessgen & Stargel (2012) (NASA)
- «Un Digital Twin è una rappresentazione digitale di un'entità osservabile nel mondo fisico, che **si aggiorna dinamicamente in base ai dati raccolti dal sistema reale**» ISO 23247-1:2021

L'importanza del Digital Twin nella gestione degli asset ferroviari risiede nel **miglioramento dell'efficienza, della sicurezza e la sostenibilità delle infrastrutture ferroviarie.**



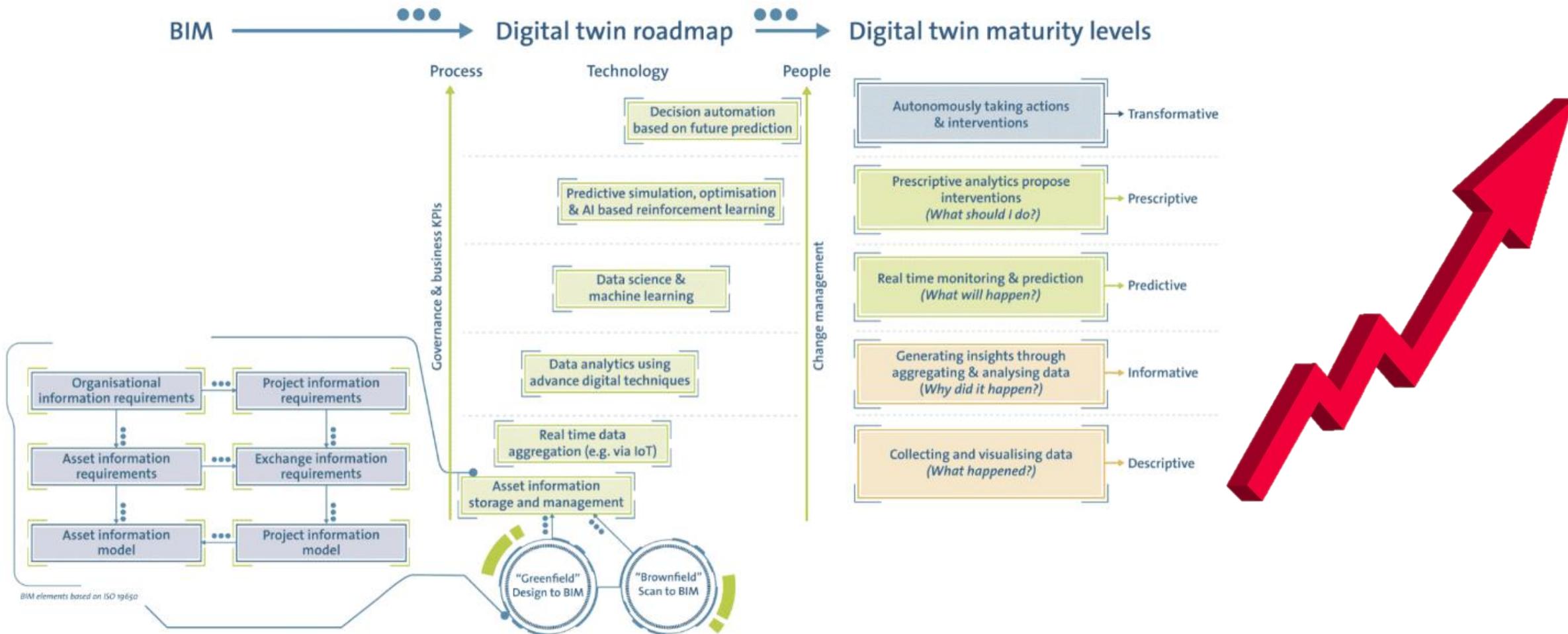
Il Digital Twin per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria

Il Digital Twin – Definizione dell'ecosistema



Il Digital Twin per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria

Il Digital Twin – Evoluzione dell'ecosistema



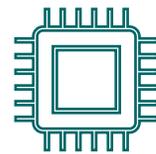
Fonte: "Take BIM Processes to the next level with Digital Twins" (<https://www.buildingsmart.org/take-bim-processes-to-the-next-level-with-digital-twins/>)

Il Digital Twin per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria

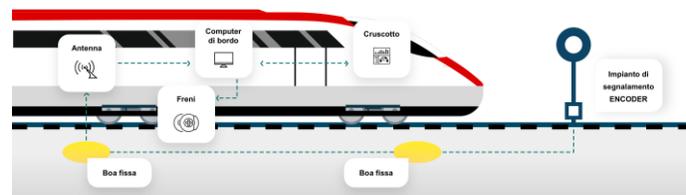
L'ecosistema – Diagnostica fissa 1/2



CONTROL ROOM



**SISTEMI E DISPOSITIVI
EMBEDDED
DI CONTROLLO E
MONITORAGGIO**

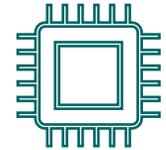


Il Digital Twin per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria

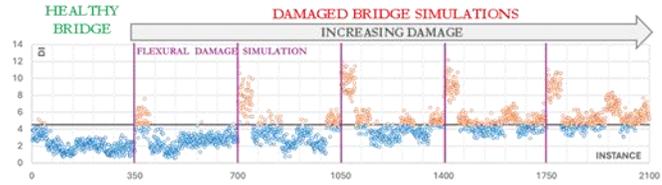
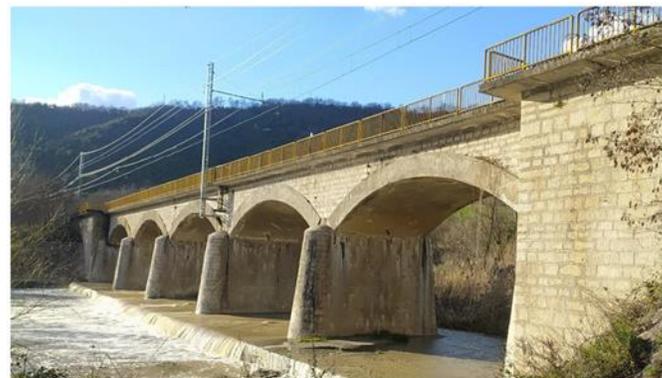
L'ecosistema – Diagnostica fissa 2/2



PIATTAFORME IOT



SISTEMI DI MONITORAGGIO



Il Digital Twin per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria

L'ecosistema – Diagnostica mobile

La diagnostica mobile di RFI è un approccio innovativo che sfrutta:

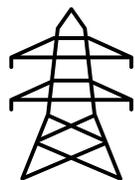
TRENI COMMERCIALI



TRENI DIAGNOSTICI



Componenti



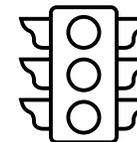
TE



TLC



Armamento



Segnalamento

Vantaggi:

- Monitoraggio continuo senza fermare il traffico.
- Predizione e pianificazione della manutenzione.
- Raccolta di dati su vasta scala per analisi predittive.

Obiettivo:

Migliorare la sicurezza e l'efficienza del sistema ferroviario con un monitoraggio non invasivo e in tempo reale.

Il Digital Twin per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria

L'ecosistema – applicazioni IA per il Digital Twin



- *Analisi ed interpretazione dei guasti*
- *Monitoraggio Avanzato e Diagnostica Predittiva*
- *Riconoscimento degli oggetti ferroviari*
- *Aggiornamento automatico dei modelli informativi*
- ...

Il Digital Twin per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria

Progetto Digital Twin – Pilota: contesto, obiettivi e benefici

DEFINIZIONE

Il Sistema Integrato Diagnostica Infrastruttura (SIDI), relativo all'impianto pilota oggetto d'indagine, ha lo scopo di trarre lo sviluppo prototipale di un Digital Twin aziendale, il quale, sulla base di dati e informazioni acquisiti anche real-time tramite opportuna sensoristica, mira ad una gestione integrata delle stesse al fine di implementare logiche di diagnostica predittiva a supporto delle attività manutentive, anche grazie all'ausilio di algoritmi di IA.

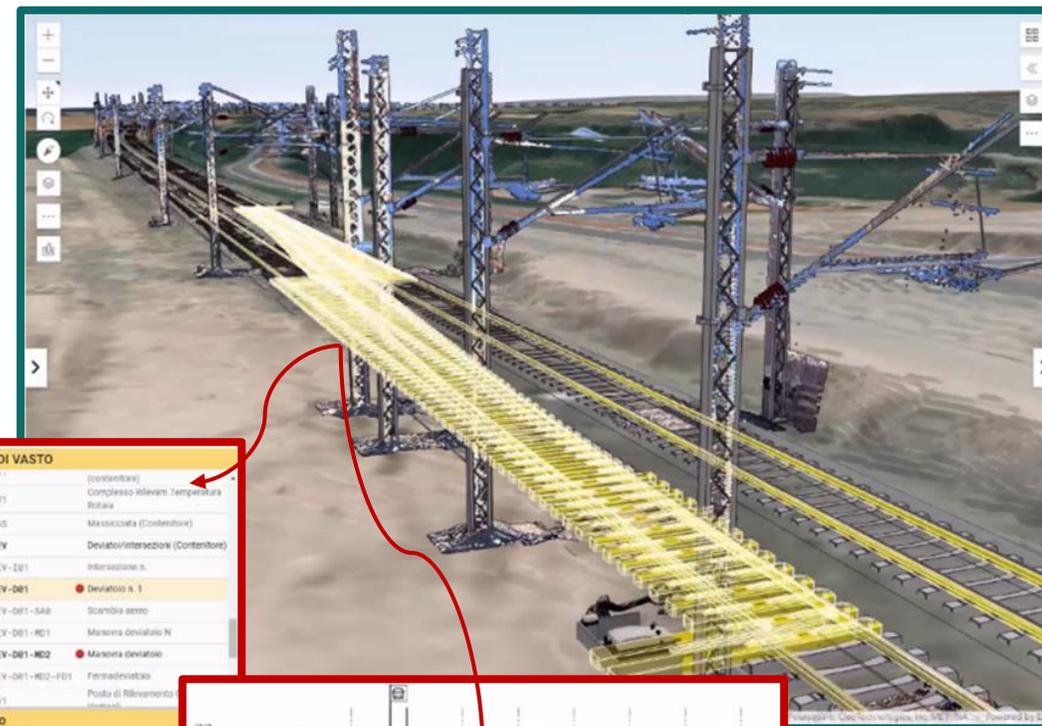
SCOPO

L'obiettivo del progetto Digital Twin – Pilota è quello di definire lo standard per l'integrazione delle logiche della diagnostica predittiva nel processo manutentivo, sfruttando i vantaggi del Gemello Digitale.

FUNZIONALITÀ RICERCATE

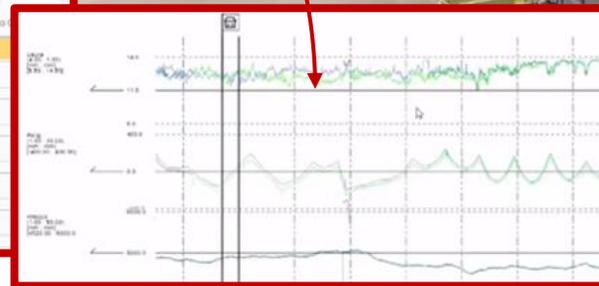
La soluzione ricercata deve essere sviluppata per i seguenti scopi:

- **Visualizzazione integrata del dato;**
- **Modifica del dato;**
- **Elaborazione del dato.**



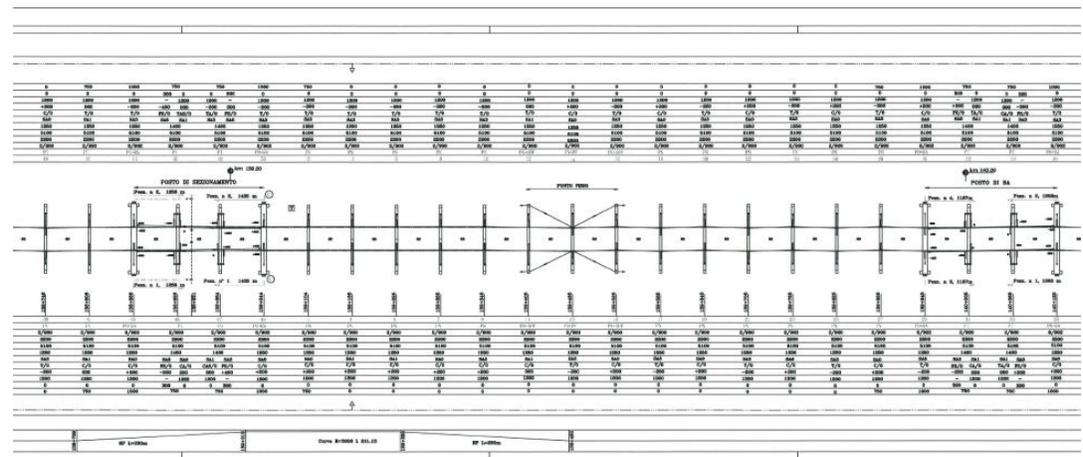
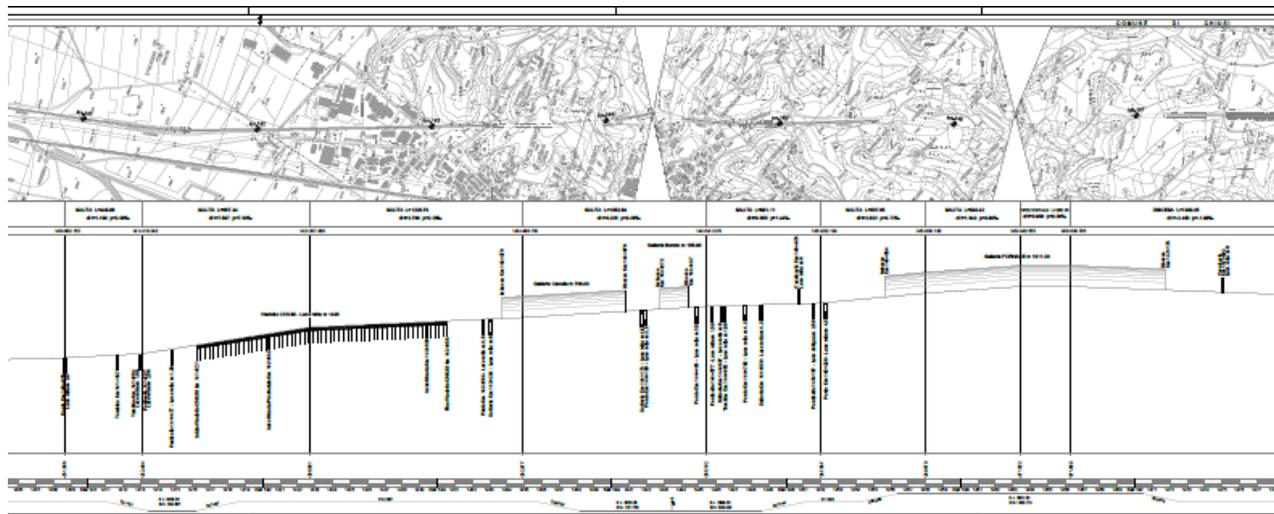
L02252 - PORTO DI VASTO	
L02252-BC-BC02-NR1	(contenitore) Complesso rilevanti: Temperatura Stativa
L02252-BC-BC02-RAS	Masucciata (Contenitore)
L02252-BC-BC02-DEV	Deviatori/intersezioni (Contenitore)
L02252-BC-BC02-DEV-DE1	Intervenzioni s.
L02252-BC-BC02-DEV-DE1	Deviatore n. 1
L02252-BC-BC02-DEV-DE1-SAB	Scambio asse
L02252-BC-BC02-DEV-DE1-ME1	Maschera deviatore N
L02252-BC-BC02-DEV-DE1-ME2	Maschera deviatore
L02252-BC-BC02-DEV-DE1-ME2-FD1	Ferme deviatore
L02252-BC-BC02-DEV-DE1-ME2-FD1	Punto di Rilevamento

S22050 - Deviatore	
0080	DX
0100	Raggio ramo principale (m)
0120	Raggio ramo secondario (m)
0130	Velocità ramo secondario (km/h)
0150	Ditta costruttrice deviatore



Il Digital Twin per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria

Progetto Digital Twin – Pilota: il caso pilota



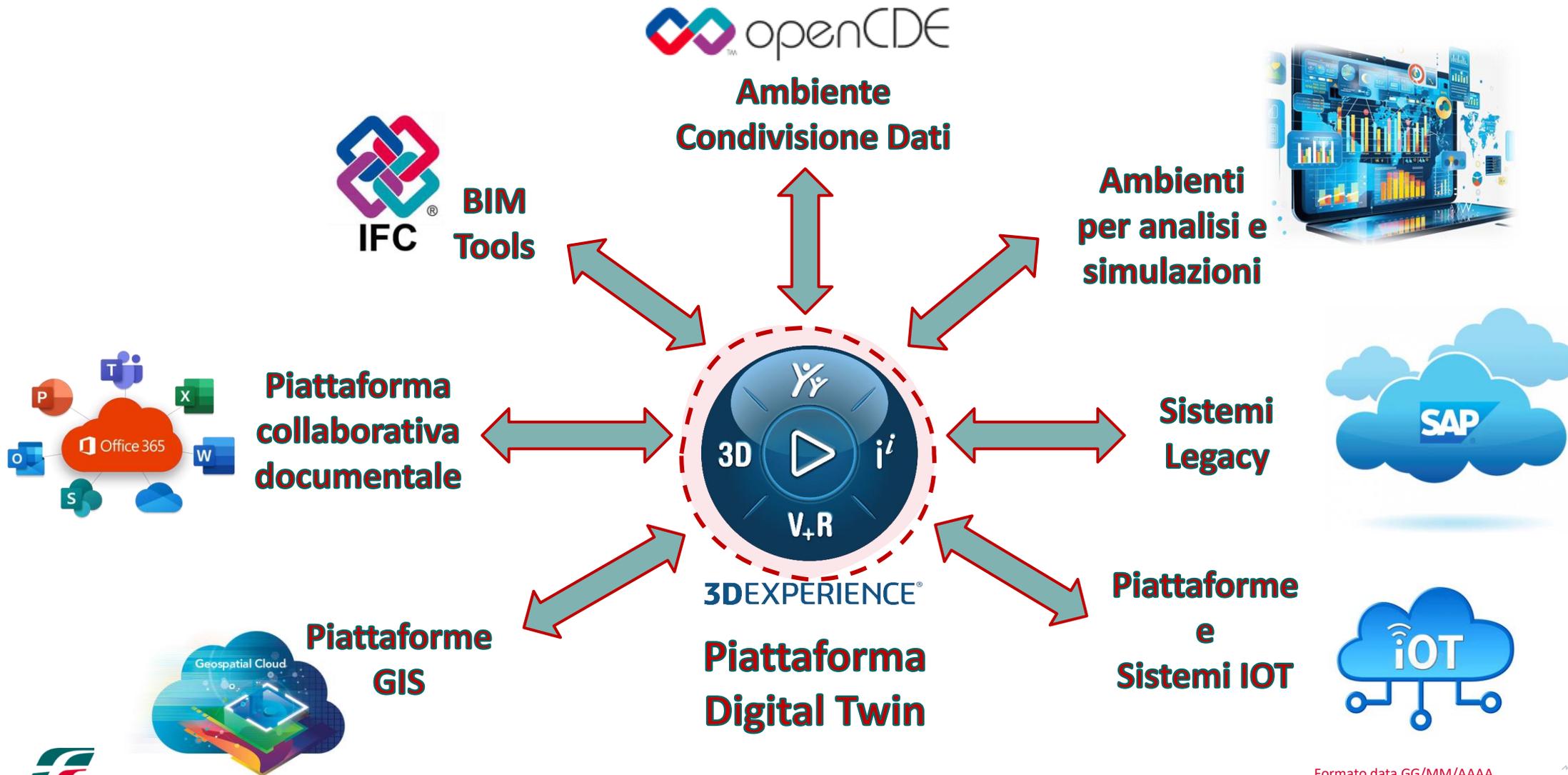
Il Digital Twin per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria

Progetto Digital Twin – Pilota: pianificazione



Il Digital Twin per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria

Progetto Digital Twin – Pilota: soluzione IT per il pilota



Il Digital Twin per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria

Progetto Digital Twin – Pilota: requisiti funzionali

6. INTEGRAZIONE CON L'ECOSISTEMA IT

Integrazione con gli altri sistemi aziendali (SAP PM, SOI, I-MAN, etc.) e, in particolare, **interfacciamento** con il mondo del **traffico** (TP/TM)

5. ALLOCAZIONE OTTIMALE DELLE RISORSE

Ottimizzazione della pianificazione di risorse umane, materiali e mezzi d'opera.

Soluzione per la **pianificazione efficiente** degli interventi manutentivi in funzione delle **priorità**, delle **disponibilità** delle risorse e della **sostenibilità rispetto alla circolazione**.

4. GESTIONE DI NOTIFICHE E ALLARMI

Semplificazione della comunicazione verso l'operatore con notifiche e allarmi selettivi legati all'intervento, evitando la generazione di falsi allarmi e fornendo **supporto alle decisioni**.

Gestione in pianificazione di tutti gli altri interventi.

1. ATTREZZAGGIO DI CAMPO

Monitoraggio **continuo** e real time degli **asset strategici** tramite **operation technology** e sensori fissi e mobili per la generazione dei dati significativi relativi al loro «stato di salute».

2. CONNETTIVITÀ

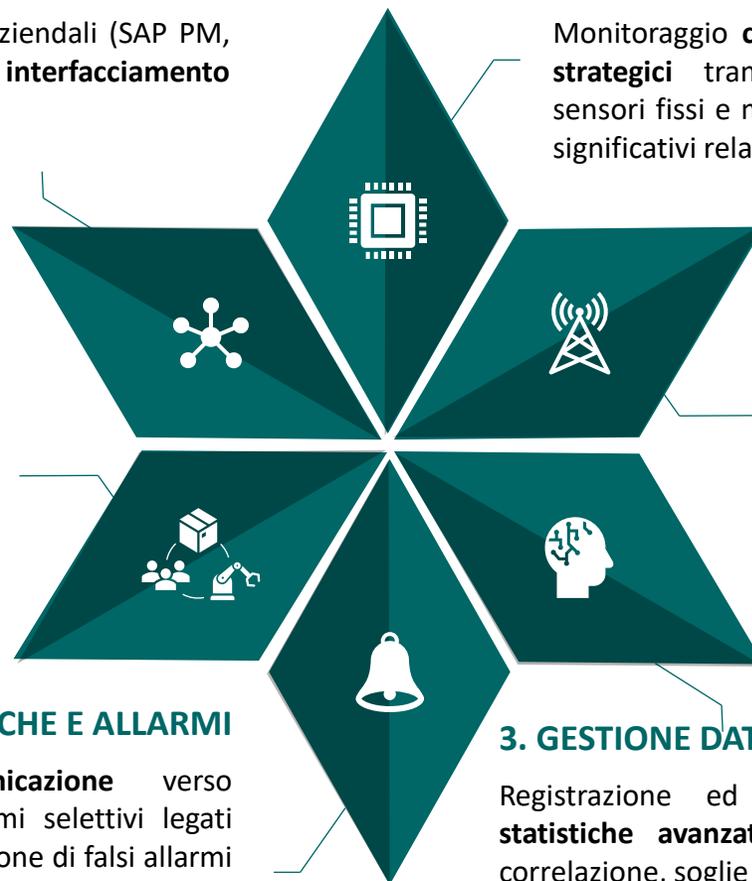
Realizzazione delle **reti TLC** per garantire **connettività** ad elevate prestazioni per la **trasmissione** dei dati dai sistemi di campo verso sistemi centralizzati.

3. GESTIONE DATI E ALGORITMI

Registrazione ed elaborazione dei dati, **analisi statistiche avanzate** per definizione di modelli di correlazione, soglie e trend.

Governance e **training** degli algoritmi predittivi di AI per l'**identificazione precoce di anomalie** e per la proposizione di **scenari di intervento**.

Formato data GG/MM/AAAA



Il Digital Twin per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria

Progetto Digital Twin – Pilota: sfide di implementazione 1/2

Proprietà	Posizione	Classificazione	Relazioni	
	Nome	Valore		U.m.
Element Specific				
Guid	239KU1w\$yBOhAJ3GXNSvUQ			
IfcEntity	IfcSlab			
Name	PI_C2_SFO_Fondazione-Standard:Tipo 1:998212			
ObjectType	PI_C2_SFO_Fondazione-Standard:Tipo 1			
PredefinedType	BASESLAB			
Tag	998 212.000			
Profile				
ProfileName	Tipo 1			
XDim	1.150	m		
YDim	4.903	m		
Analysis Results				
014_RA_IDP				
Constraints				
Default Elevation				
m				
Constraints				
Height Offset From Level				
1.099				
m				
Host				
Level : 00 - Linea di Terra				
Level				
Level: 00 - Linea di Terra				
Moves With Grids				
No				
Dimensions				
altezza				
0.500				
m				
Area				
5.638				
m2				
Length				
4.903				
m				
Volume				
2.819				
m3				
Width				
1.150				
m				
Identity Data				
Assembly Code				
Assembly Description				
Code Name				
OmniClass Number				
OmniClass Title				
Type Name				
Tipo 1				
Identity Data				
001_KP_GRS				
SOTTOSTRUTTURE				
002_KP_CAM				
P06				
003_KP_ELE				
PILA				
004_KP_IDE				
CFP				

YOUR LEGACY SYSTEM → **MIGRATION** → **NEW SYSTEM**

Higher Maintenance Cost

Data Loss

Lower Performance

Technical Limitation

Total Cost Optimization

Data Quality

Higher Performance

Scalability

Complessità nella gestione dei dati - Integrazione con Sistemi Legacy

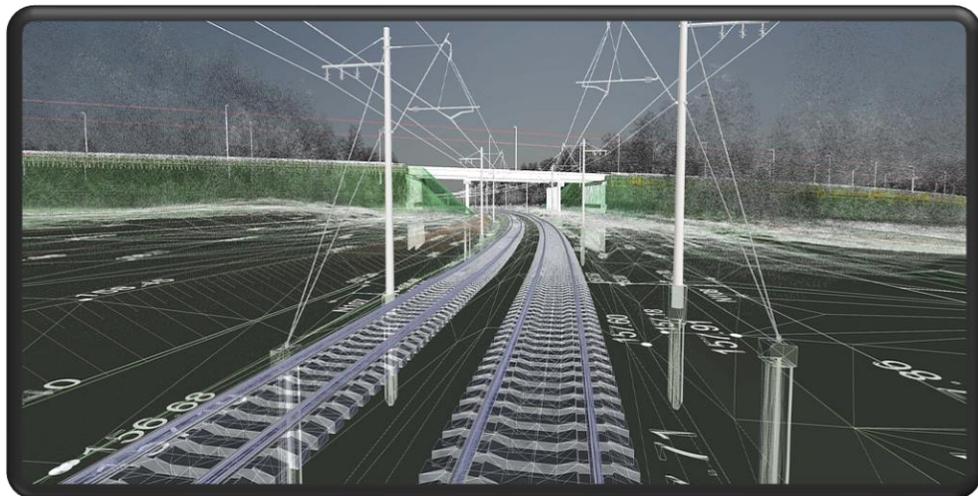
Il Digital Twin per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria

Progetto Digital Twin – Pilota: sfide di implementazione 2/2

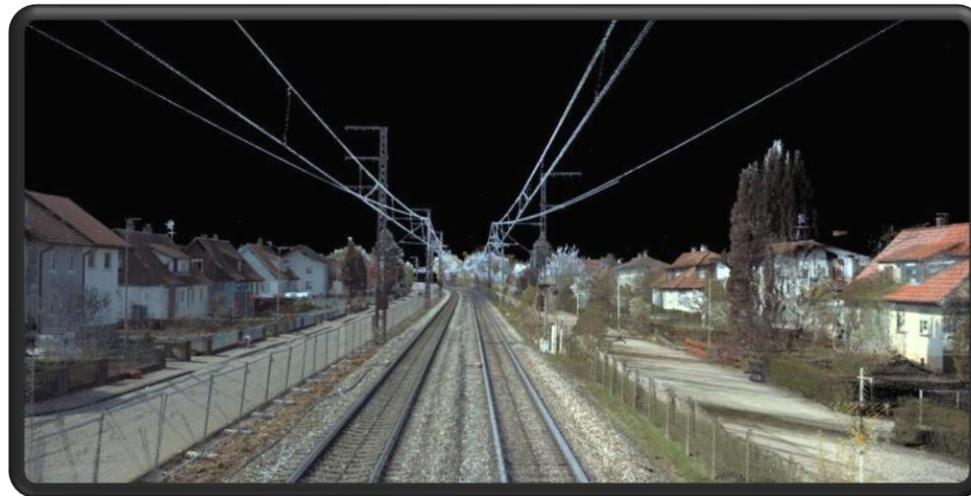


Il Digital Twin per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria

Progetto Digital Twin – Pilota: composizione del MIDI



Modelli informativi (BIM)



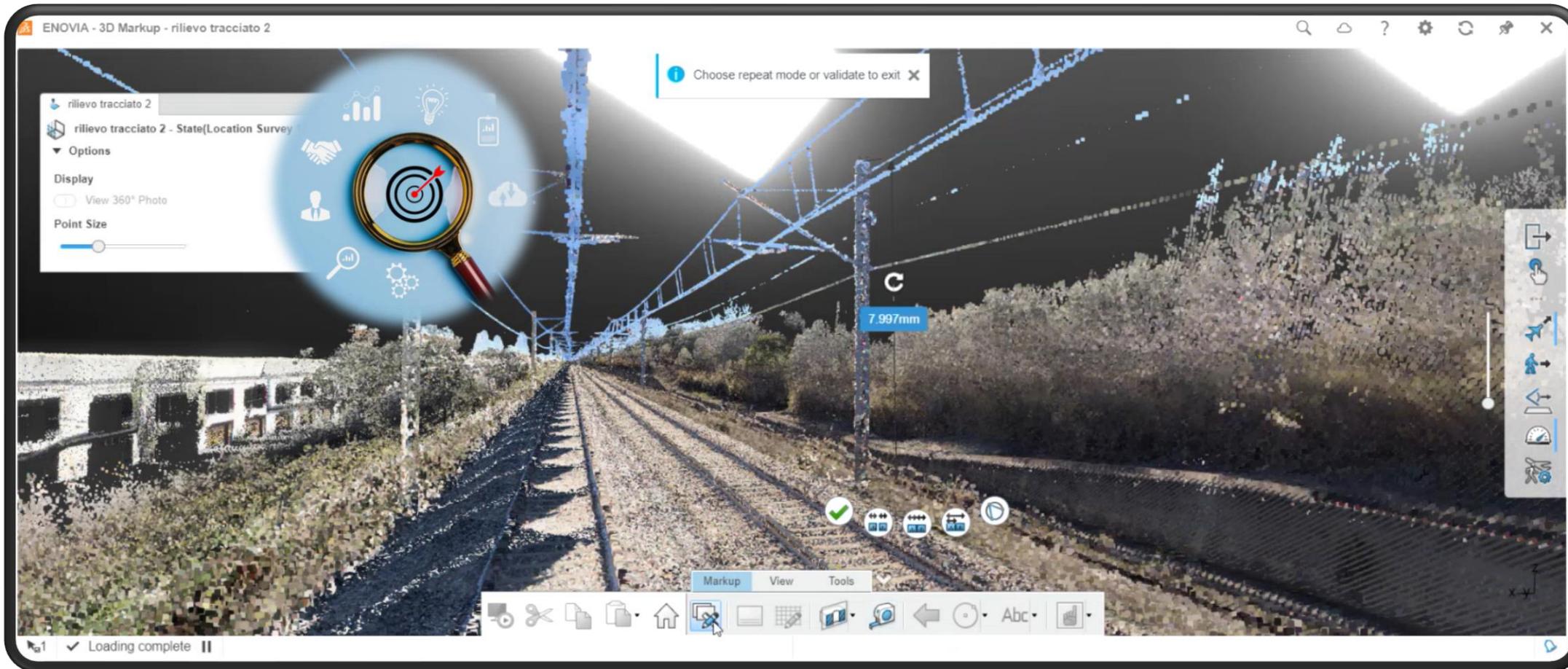
Nuvole di punti e mesh 3D

Altro tipo di contenitore informativo (Elaborato grafico e non grafico, Foto, DTM, ecc.)

Modelli Informativo Digitale Infrastruttura (MIDI)

Il Digital Twin per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria

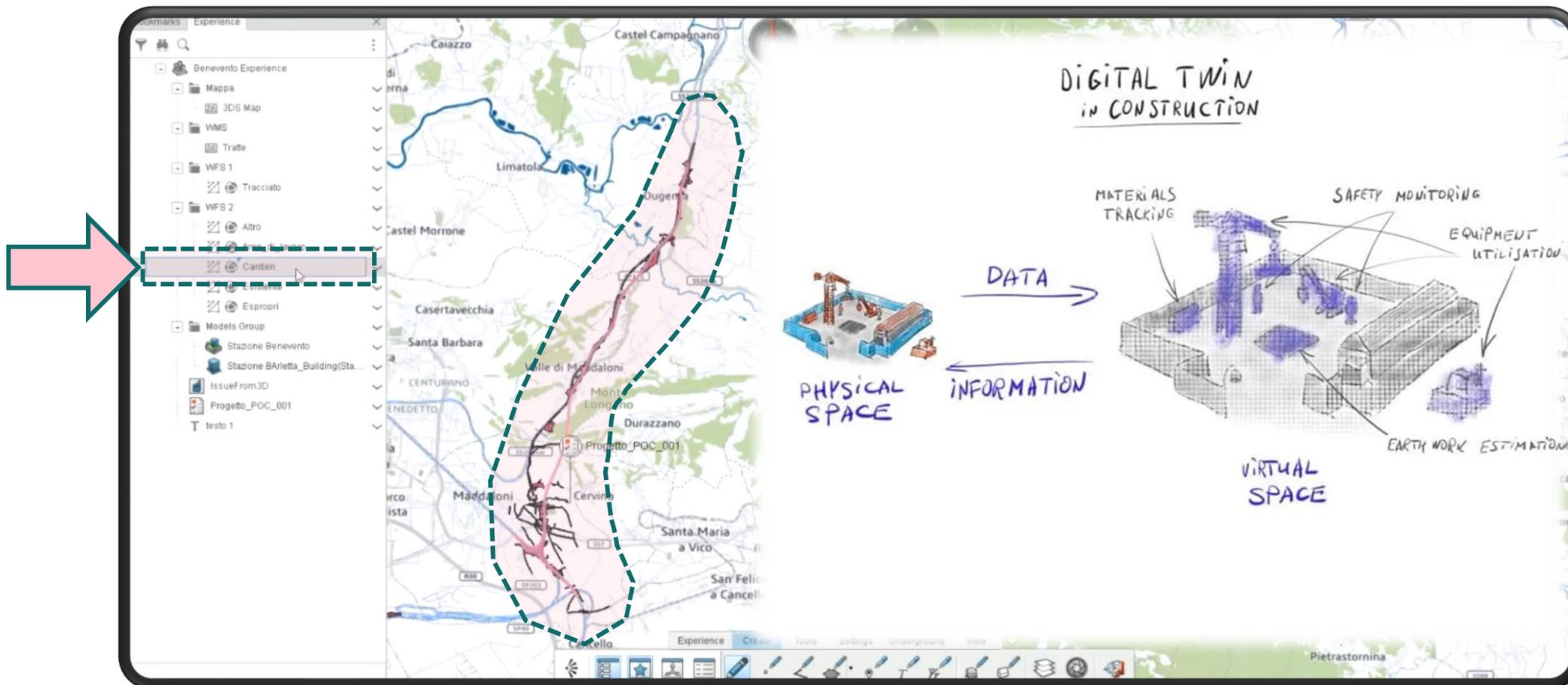
Progetto Digital Twin – Pilota: funzionalità 1/4



Fruizione del dato (geometrico, alfanumerico e documentale)

Il Digital Twin per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria

Progetto Digital Twin – Pilota: funzionalità 2/4



Geolocalizzazione dei Cantieri

Il Digital Twin per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria

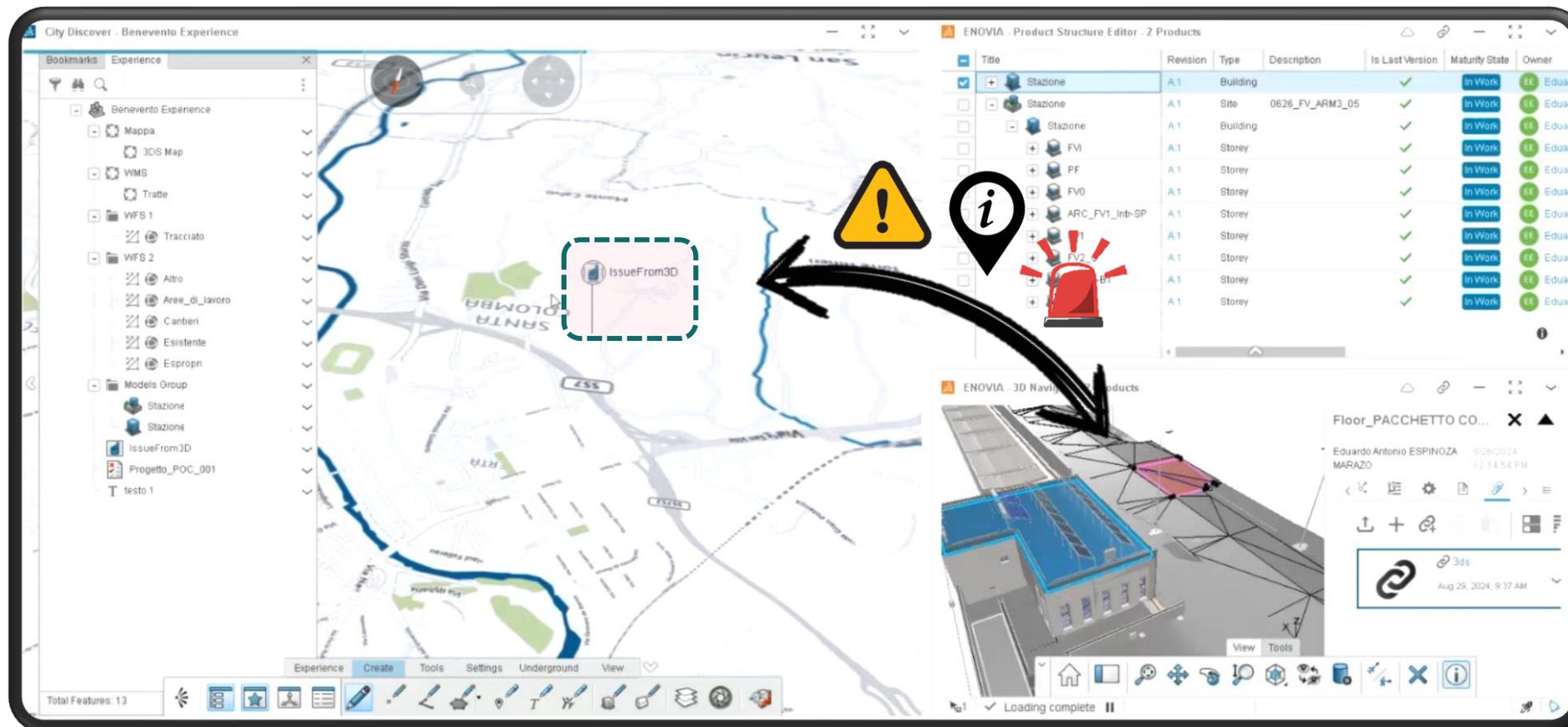
Progetto Digital Twin – Pilota: funzionalità 3/4



Geolocalizzazione delle aree oggetto di procedure di esproprio

Il Digital Twin per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria

Progetto Digital Twin – Pilota: funzionalità 4/4



Gestione delle segnalazioni, avvisi e allarmi

Il Digital Twin per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria

Progetto Digital Twin – Pilota: futuri sviluppi



Estensione del Digital Twin a tutta la rete nazionale

Connessione bidirezionale con i sistemi di gestione della circolazione

Il Digital Twin per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria

Cybersecurity e protezione dati nel Digital Twin ferroviario



Grazie

