

Gruppo di Lavoro SIIV «Smart Road»

Prof. Marco Guerrieri

Prof. Dario Ticali

Dott.ssa Rosalba Simeone

Prof. Salvatore A. Biancardo

--

Sapienza Università di Roma

24 giugno 2025



COMPONENTI GRUPPO DI LAVORO

1. **Autelitano** Federico - Università di Parma
2. **Biancardo** Salvatore Antonio – Università Federico II, Napoli
3. **Dell'Acqua** Gianluca – Università Federico II, Napoli
4. **Guerrieri** Marco – Università degli Studi di Trento
5. **Ingrassia** Lorenzo Paolo - Università Politecnica delle Marche
6. **Lantieri** Claudio – Università di Bologna
7. **Napolitano** Antonio – Uniroma2
8. **Lo Presti** Davide – Università degli Studi di Palermo
9. **Pappalardo** Giuseppina – Università degli Studi di Catania
10. **Simeone** Rosalba - Università di Parma
11. **Sollazzo** Giuseppe – Università degli Studi di Messina
12. **Ticali** Dario – Università di Enna Kore
13. **Celauro Clara** – Università degli Studi di Palermo

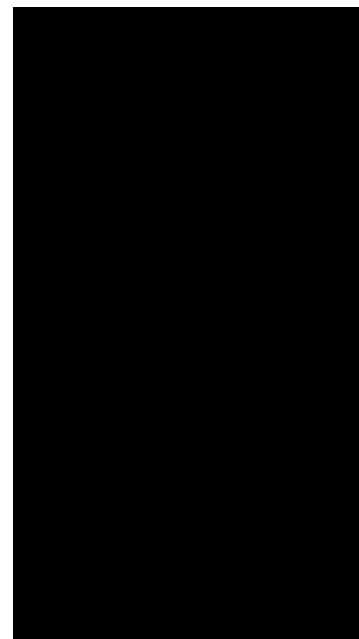


Riunioni

- 29 gennaio 2025
- 11 febbraio 2025 – 1° conferenza programmatica GdL S.I.I.V.
- 24 marzo 2025
- 29 maggio 2025
- 24 giugno 2025 – 2° conferenza programmatica GdL S.I.I.V.

Organizzazione e partecipazione eventi tecnico-scientifici

Visita tecnica presso il laboratorio **ANAS Smart Road Center** di Roma, organizzata dal Prof. Davide Lo Presti



Normative italiane sulle SMART ROAD



DECRETO 1 febbraio 2013

Diffusione dei sistemi di trasporto intelligenti (ITS) in Italia. (13A02463) (GU Serie Generale n.72 del 26-03-2013)



DECRETO 28 febbraio 2018

Modalità attuative e strumenti operativi della sperimentazione su strada delle soluzioni di Smart Road e di guida connessa e automatica. (18A02619) (GU Serie Generale n.90 del 18-04-2018)

Tipi di Smart Road	Specifiche funzionali nel caso di nuova Costruzione e manutenzione straordinaria	Specifiche funzionali nel caso di adeguamento delle infrastrutture esistenti	
		Entro il 2025	Entro il 2030
Smart Road Tipo I	Tutte, da 1 a 12	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	10,11, 12
Smart Road Tipo II	4, 5, 6, 7, 8, 9	4, 5, 6	7, 8, 9

Elenco dei servizi C-ITS "Day-1"

Notifiche di punti pericolosi:

- avviso di veicolo lento o fermo e avvicinamento a un ingorgo;
- avviso di lavori stradali;
- condizioni meteorologiche;
- luce di frenata di emergenza;
- veicolo di emergenza in avvicinamento;
- altri pericoli.

Applicazioni di segnaletica:

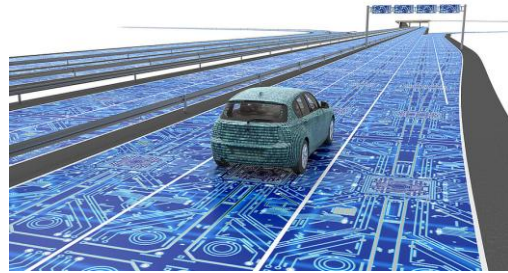
- segnaletica di bordo;
- limiti di velocità a bordo;
- violazione della segnaletica / della sicurezza ad un incrocio;
- richiesta di precedenza al semaforo da parte di veicoli designati;
- velocità ottimale consigliata al passaggio con semaforo verde;
- dati cooperativi dei veicoli;
- smorzamento di onda d'urto [rientrante nella categoria "avviso di pericolo locale" dell'Istituto europeo per le norme di telecomunicazione (ETSI)].

Elenco dei servizi C-ITS "day 1,5"

- informazioni sulle stazioni di rifornimento e di ricarica per i veicoli a carburante alternativo;
- protezione degli utenti vulnerabili della strada;
- gestione dei parcheggi situati sulla sede stradale e relative informazioni;
- informazioni sui parcheggi situati non direttamente sulla sede stradale;
- informazioni sui parcheggi scambiatori;
- navigazione connessa e cooperativa in entrata e in uscita dalla città (primo e ultimo chilometro, parcheggi, consigli sull'itinerario, semafori coordinati);
- informazioni sul traffico e instradamento intelligente.

LE SMART ROADS

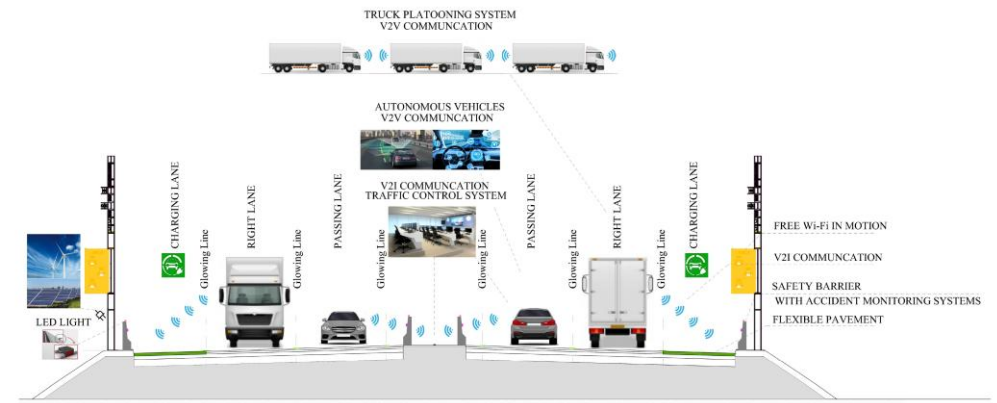
Le **smart road** rappresentano il nuovo paradigma della mobilità e puntano ad essere più sostenibili, sicure, innovative e inclusive, modificando l'interazione tra veicoli, utenti e infrastruttura/ambiente.



Una **smart road** può essere definita come una **infrastruttura digitalizzata** nella quale vengono integrati **sensori, tecnologie delle telecomunicazioni, cloud computing, big data, algoritmi di intelligenza artificiale**, al fine di migliorare la sicurezza e la **funzionalità del sistema**.

La Smart Road è l'evoluzione del concetto di strada, da «semplice» opera civile a **infrastruttura tecnologica**

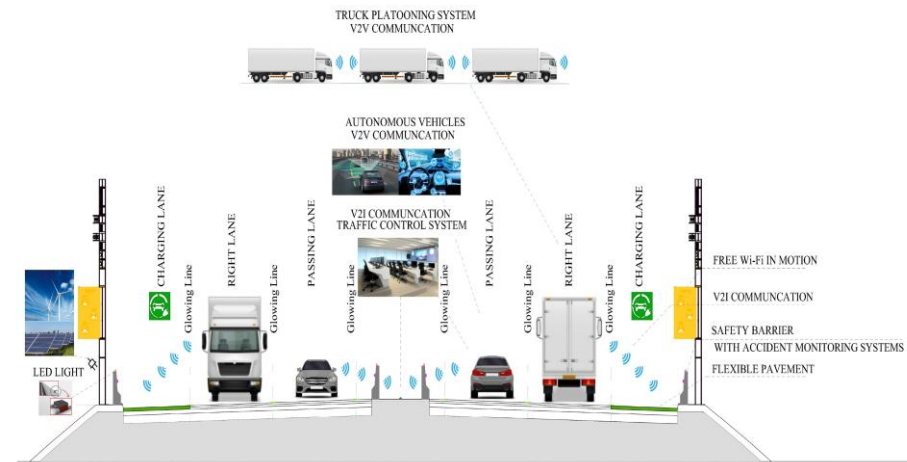
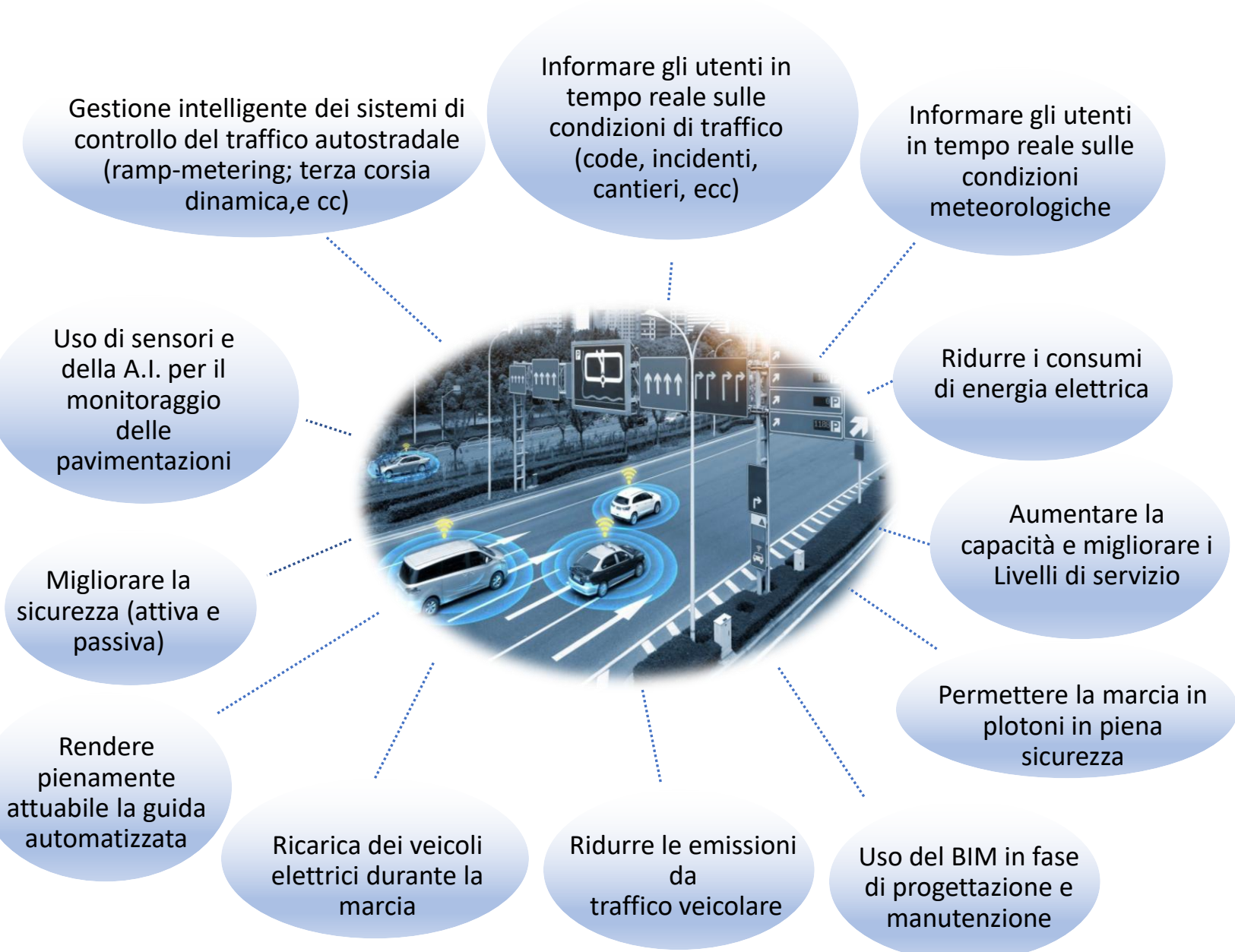
Le **smart roads** sono finalizzate a creare un **ecosistema tecnologico** favorevole alla **interoperabilità** tra infrastrutture e veicoli di nuova generazione (veicoli a guida autonoma).



In generale, oltre ai servizi **C-ITS** possono essere implementati, tra gli altri, uno o più dei seguenti sistemi:

- **Corsie dedicate alla guida automatizzata** (veicoli dei tipi AV e CAV);
- **Corsie dedicate alla marcia plotonizzata**;
- **Internet of Things (IOT)** e **sensori per il monitoraggio del traffico, delle strutture** (ponti, viadotti, barriere stradali, ecc.), **della pavimentazione**, delle condizioni meteorologiche e degli inquinanti atmosferici;
- **Sistemi di ramp-metering**;
- **Sistemi HSR (Hard Shoulder Running system)**, cioè la temporanea abilitazione al transito della corsia di emergenza;
- **Sistemi VLS (Variable Speed Limits)** per migliorare la sicurezza degli utenti in specifiche condizioni dell'infrastruttura e/ ambientali e per limitare fenomeni di instabilità del deflusso per elevati valori della densità veicolare;
- **Green Islands**: siti multi-tecnologici (ad es. uno per ogni 30 km di tracciato) per la generazione e la trasformazione di energia da fonti rinnovabili (es. fotovoltaico, mini-eolico). All'interno di ogni Green Island si possono anche prevedere punti di ricarica elettrica, aree di partenza ed atterraggio di droni per il monitoraggio della strada e per la consegna di kit di emergenza come ad esempio i defibrillatori portatili;
- **Electric priority lanes**: corsie riservate munite di tecnologie per la ricarica in modalità wireless dei veicoli elettrici;
- **Dispositivi piezoelettrici per generare energia elettrica dal movimento delle autovetture**;
- **Luci e paline informative smart**;
- **Vernici Hi-tech fotoluminescente per la segnaletica orizzontale**;
- **Dispositivi di ritenuta smart** equipaggiati con sistemi di accelerometri ed altri sensori per il rilevamento degli impatti veicolati e di **alert** per gli utenti (**Accidents Monitoring System - AMS**)
- **Sistemi di pesatura dinamica dei veicoli (Weigh-in-Motion - WIM)** per rilevare il peso dei mezzi in transito su un tratto stradale
- **Smart motorway toll booths**, caselli autostrada smart equipaggiati con **ATPM (Automatic Toll Payment Machine)** per il pagamento automatico dei pedaggi autostradali.

Alcune potenzialità della smart road



Rapporto tecnico scientifico

Nel volume sono consegnati alcuni criteri metodologici per la progettazione, il monitoraggio e la manutenzione delle Smart Road.

Vengono esaminati i riferimenti normativi sulle Smart Road e sui veicoli a guida autonoma ed affrontati i temi riguardanti la progettazione geometrica, i modelli di stima della capacità e dei livelli di servizio, il Dominio di Progettazione Operativa (ODD) dei sistemi avanzati di assistenza alla guida (ADAS) per il mantenimento in corsia dei veicoli, gli strumenti di gestione informativa digitale BIM delle Smart Road, l'uso di sensori nelle pavimentazioni, i sistemi di ricarica dei veicoli elettrici del tipo "Dynamic Wireless Power Transfer", i dati di traffico "FCD" e quelli satellitari per il monitoraggio delle Smart Road, le tecniche di gestione dell'infrastruttura e della sovrastruttura in condizioni ambientali avverse.

Data pubblicazione: settembre 2025

Copyright Information: SIIV 2025

ISBN: 978-3-031-96143-4

Federico Autelitano · Salvatore Antonio Biancardo
Clara Celauro · Gianluca Dell'Acqua
Marco Guerrieri · Lorenzo Paolo Ingrassia
Claudio Lantieri · Davide Lo Presti
Antonio Napolitano · Giuseppina Pappalardo
Rosalba Simeone · Giuseppe Sollazzo
Dario Ticali

Le SMART ROAD – Stato dell'arte e scenari futuri

Rapporto tecnico della S.I.I.V.



 Springer

CONTENUTI

- nel **capitolo 1** sono introdotti alcuni [referimenti tecnici e normativi riguardanti l'utilizzo degli ITS e dei Cooperative Intelligent Transportation Systems \(C-ITS\)](#). Vengono poi riportati i requisiti essenziali che in Italia devono possedere le Smart Road ai sensi del D.M. n. 70 del 28/2/2018. Infine, si descrivono brevemente [le prime iniziative italiane in tema di Smart Road](#);
- nel **capitolo 2** si propone una rassegna di possibili [criteri teorici di progettazione dell'asse stradale di Smart Road](#) basati su alcune caratteristiche prestazionali sinora note dei veicoli a guida autonoma;
- nel **capitolo 3** sono descritti alcuni semplici [modelli di Ingegneria del Traffico applicabili allo studio della funzionalità di Smart Road](#) interessate da flussi veicolari composti da diverse aliquote di CAVs (Connected and Automated Vehicles);
- nel **capitolo 4** è consegnato un quadro comparativo delle principali [esperienze internazionali sulla evoluzione e lo sviluppo della guida autonoma](#), analizzando i relativi punti di forza e criticità nel contesto regolatorio internazionale;
- nel **capitolo 5** è presentato il quadro generale di definizione [dell'Operational Design Domain \(ODD\)](#) per i veicoli automatici e si analizzano anche i fattori relativi all'infrastruttura e alle condizioni ambientali nell'ambito del ODD per i sistemi ADAS di mantenimento in corsia dei veicoli;
- nel **capitolo 6** sono descritti i [Floating Car Data \(FCD\)](#), ovvero dati GPS provenienti dalle unità di bordo (OBU) dei veicoli, divenuti di fondamentale importanza con il Decreto Ministeriale n. 70 del 2018 per il rilievo dei dati di traffico delle Smart Road;
- nel **capitolo 7** è sintetizzata l'evoluzione dei sistemi di gestione delle pavimentazioni stradali ([Pavement Management System, PMS](#)) nel passaggio dalle strade convenzionali alle Smart Road. Dopo aver riportato alcuni concetti base sulle pavimentazioni, vengono prima descritti i PMS tradizionali e poi introdotti i principali elementi di novità dei PMS nell'era delle Smart Road;

- nel **capitolo 8** sono analizzate le [tecnologie impiegate per il monitoraggio termico delle pavimentazioni](#) (rilevatori di temperatura con resistenza, termoresistori e termocoppie) e viene descritto il loro impatto sulla gestione della rete stradale;
- nel **capitolo 9** si offre un'approfondita analisi delle [tecnologie di monitoraggio intelligenti progettate per supportare la transizione verso le pavimentazioni stradali automatizzate](#), anche in ottica di una migliore programmazione nel tempo delle attività manutentive;
- nel **capitolo 10** sono descritte le [potenzialità della digitalizzazione dell'infrastruttura stradale, nella gestione dei servizi di manutenzione invernale](#). Viene evidenziata l'efficacia degli algoritmi data-driven che, sfruttando tecnologie quali IoT, intelligenza artificiale e big data analytics, sono in grado di fornire un supporto alle scelte attuative degli Enti gestori;
- nel **capitolo 11** si affronta il ruolo strategico delle [tecnologie satellitari nel contesto delle Smart Road](#), approfondendo i concetti e l'integrazione tra dati di Osservazione della Terra (EO), posizionamento GNSS e comunicazione satellitare. Particolare attenzione è dedicata al ruolo del Digital Twin, inteso come modello dinamico, aggiornabile in tempo reale tramite l'integrazione di dati da satellite, sensori in situ e rilievi geospaziali;
- nel **capitolo 12** si propone la disamina degli Electric Road Systems e, in particolare, del [“Dynamic Wireless Power Transfer System”](#). Vengono inoltre descritte le attività di ricerca sperimentale svolte in Italia nell'ambito del circuito [“Arena del Futuro”](#);
- nel **capitolo 13** sono descritti i principi che regolano la [digitalizzazione BIM delle opere stradali, in particolare delle Smart Road](#). Vengono esaminati i flussi informativi fondamentali, le modalità di gestione dei dati, le specificità dei modelli InfraBIM, l'interoperabilità delle applicazioni, i formati dei file e una piattaforma web per il facility management delle Smart Road;
- nel **capitolo 14** sono esaminate le [potenzialità delle applicazioni BIM per la gestione della manutenzione delle infrastrutture stradali nell'ottica della loro continua e progressiva trasformazione in Smart Road](#). In questo contesto, il BIM può rappresentare un utile strumento per potenziare i sistemi di gestione della manutenzione, semplificando le procedure di manipolazione e visualizzazione dei dati di rilievo mediante vere e proprie ispezioni virtuali delle opere civili.

ATTIVITÀ REGOLATORIE – DIFFICOLTÀ OPERATIVE

UTILITA'

In Europa si registra una carenza di 105 mila autisti. A fare una stima è l'Unione internazionale del trasporto su strada (Iru), che prevede nel 2028 un raddoppio dei numeri, fino ad arrivare a una carenza di 275 mila conducenti d'autobus

COSA SERVE :

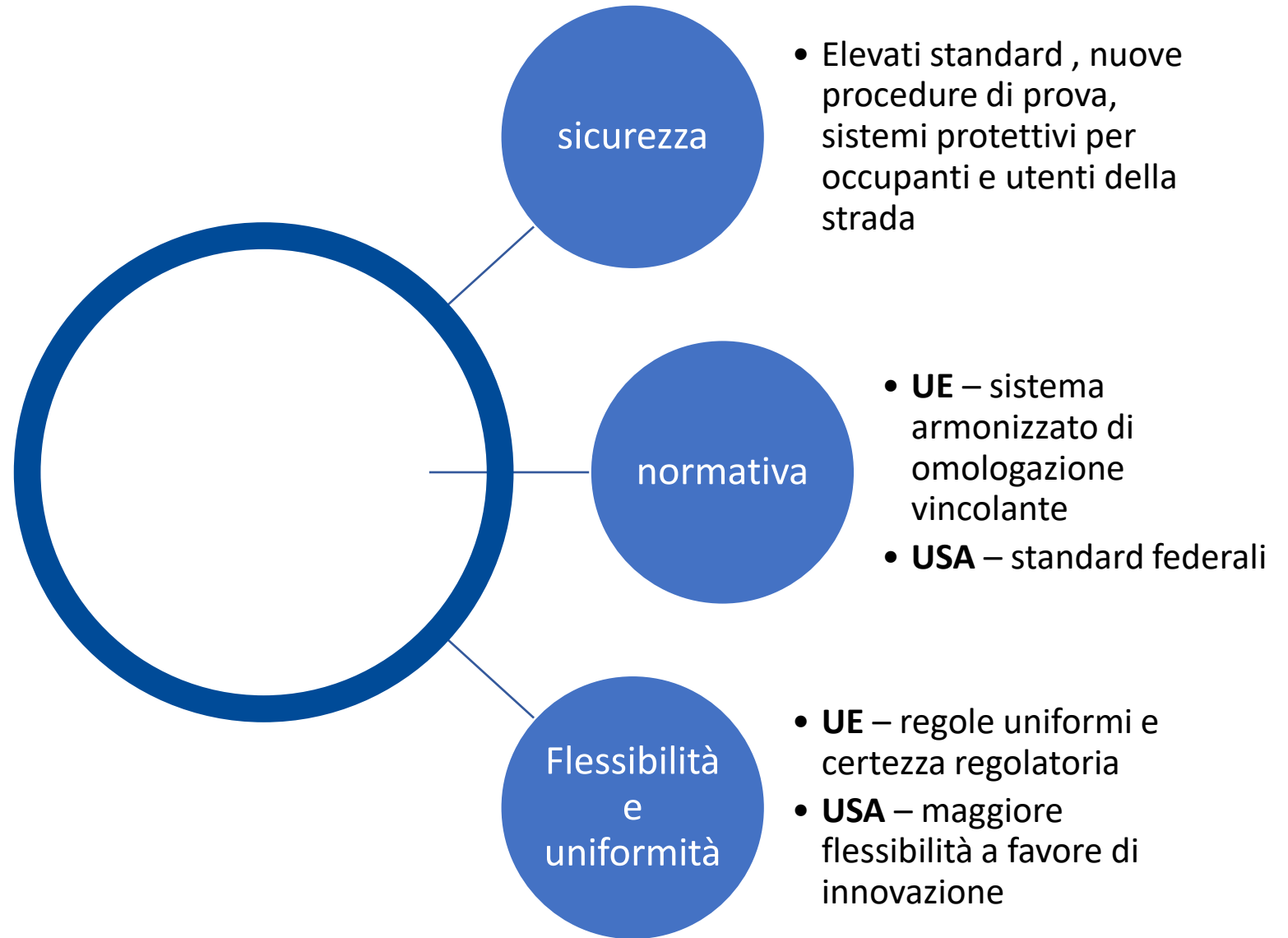
infrastrutture interoperabili per garantire l'integrazione sicura dei veicoli autonomi.

Sono previste linee guida relative agli standard per la segnaletica orizzontale e verticale, affinché risulti leggibile dai sistemi ottici dei veicoli, la creazione di mappe digitali ad alta definizione condivise e l'utilizzo di reti 5G lungo i corridoi TEN-T.

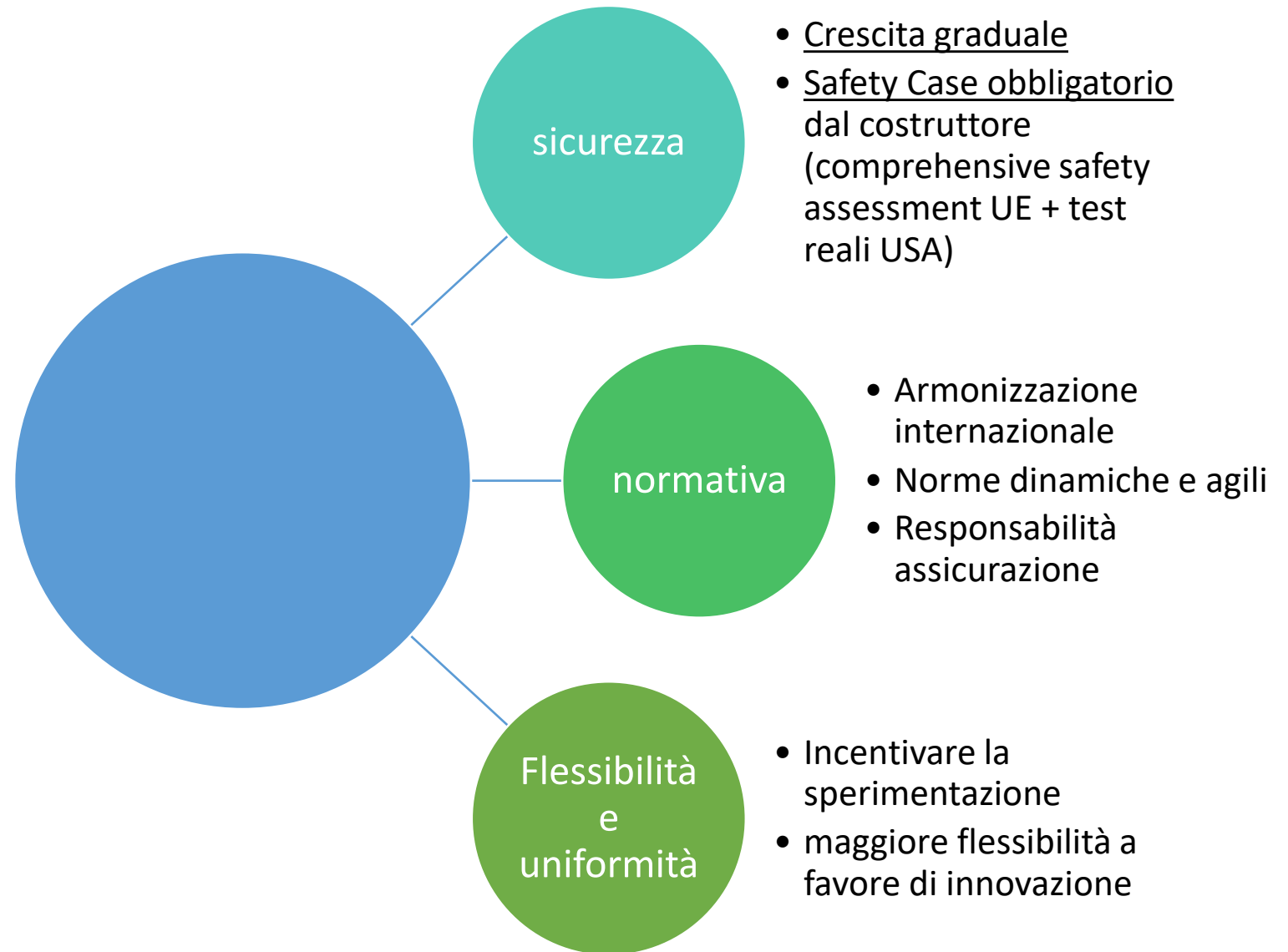
CRITICITA' :

l'implementazione fisica di queste infrastrutture è demandata ai singoli Stati membri e, in molti casi, agli enti locali, determinando così notevoli differenze nel livello di preparazione infrastrutturale tra i Paesi

Principi fondamentali



Come fare



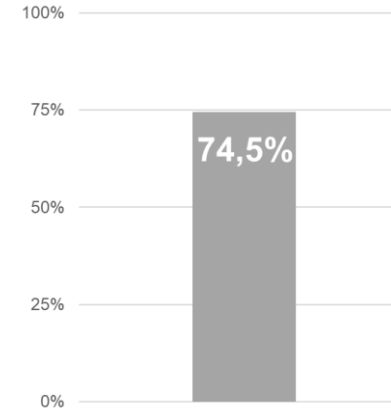
Le attuali normative trattano scenari strutturati (es. autostrada per L3, parcheggi per valet), ma occorre sviluppare standard di prova per edge cases, metriche di sicurezza (ad es. tasso di incidenti per milione di km) condivisi globalmente evitando che ogni Paese possa richiedere test differenti.

Lo Standard tecnico risulta incompleto e manca un consenso su come provare che un L5 sia considerato sicuro.

Le SMART ROADS diventano strategia di DECARBONIZZAZIONE dei sistemi di trasporto



Oltre il 74,5% delle emissioni di CO₂ proviene dai sistemi di trasporto*
 *Secondo una ricerca dell'AIE (Agenzia Internazionale dell'Energia)

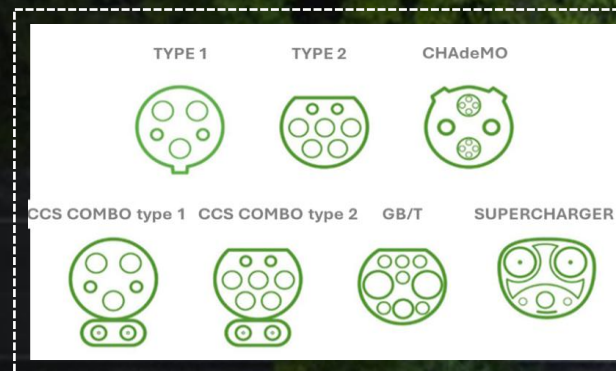


Le attuali **politiche Europee** definiscono la **eMobility** come una delle soluzioni principali per raggiungere la **decarbonizzazione nel settore dei trasporti su strada**

Sviluppo delle infrastrutture e Responsabilità Ambientale...

...oltre ai vantaggi, la tecnologia eMobility presenta alcune sfide...

-  **Range Anxiety**
-  **Tempo di ricarica**
-  **Usò del suolo**
-  **Problemi di **sicurezza** durante la ricarica rapida (incendio)**
-  **Domanda di **elettricità****
- Peso e Volume della batteria =**
 - Riduzione capacità a bordo
 - deterioramento della strada



ARENA DEL FUTURO

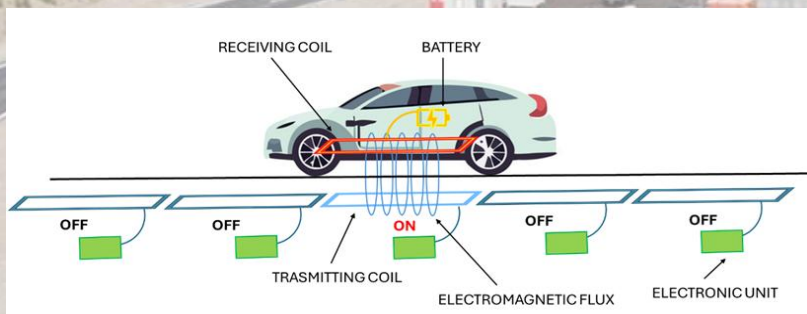
Il progetto Italiano di Electric Road System

Chiari Est (BS)
A35 BraBeMi

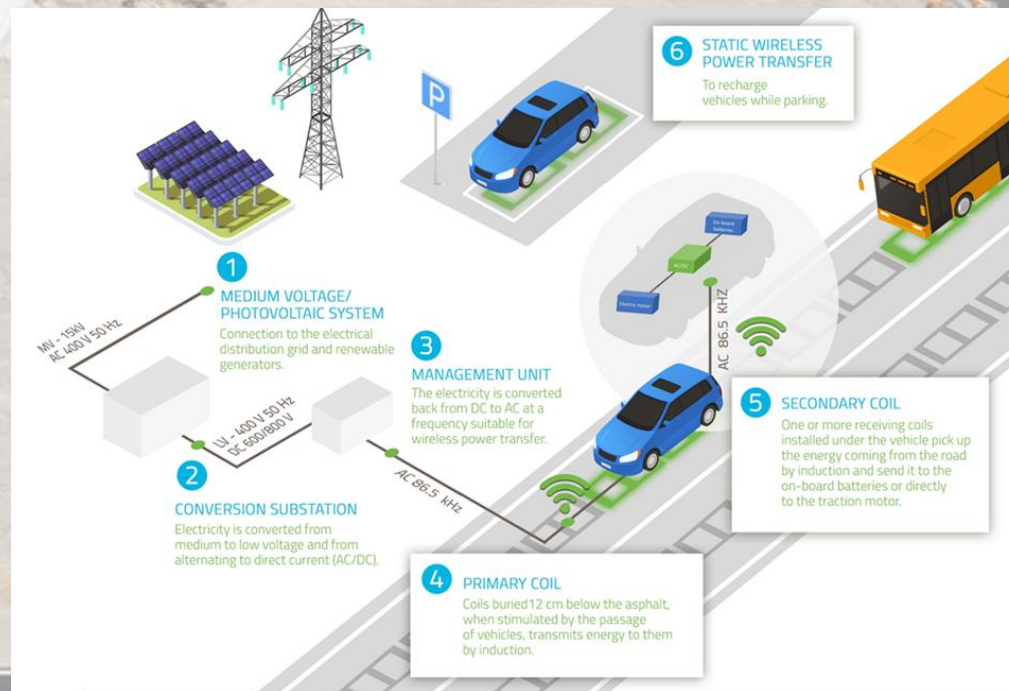
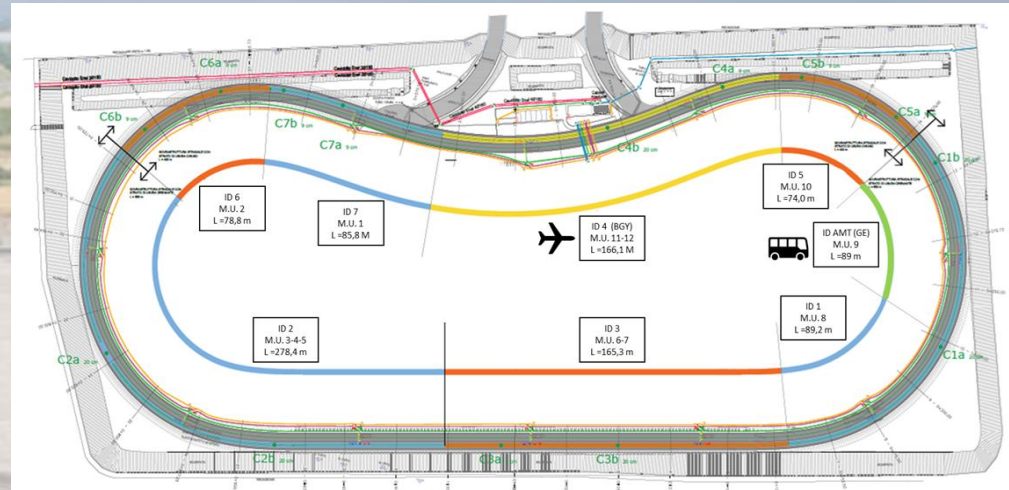


- 1 MW alimentazione elettrica di rete
- 8 progetti di pavimentazione
- 12 management units
- 1050 m lunghezza
- 2 corsie

DYNAMIC WIRELESS POWER TRANSFER



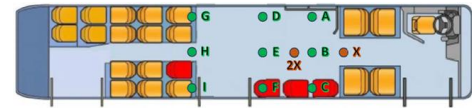
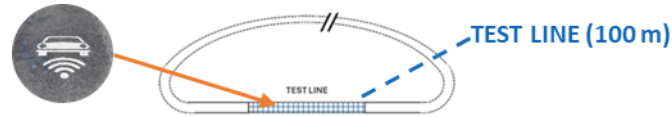
Accoppiamento ID tra coil sorgente e ricevitore
Controllo del sistema in rete: sicurezza ed efficienza
Comunicazione e integrazione IoT (5G)



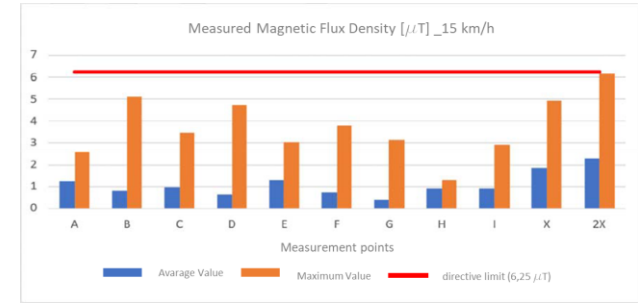
EFFICIENZA E SICUREZZA DELLA DENSITÀ DI FLUSSO ELETTRIMAGNETICO



Dynamic Wireless Power Transfer System Efficiency			
Vehicle	Speed [km/h]	Energy consumed for 1 km [kWh]	Energy stored for 1 km [kWh]
Fiat 500 car	70/100	0,16/0,20	0,35/0,25
Iveco Bus	70/80	1,3/1,5	1,1/0,9



1995/519/EC 6.25 μ T

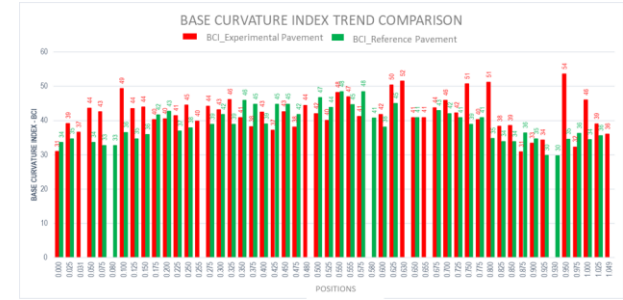
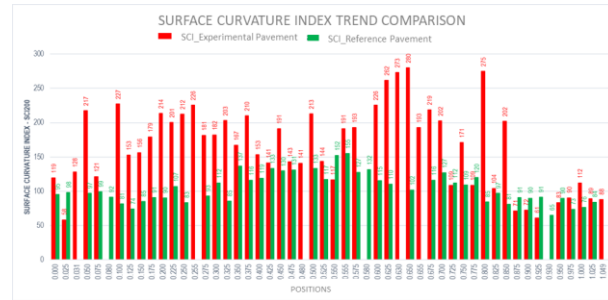


CARATTERIZZAZIONE DEL MULTISTRATO CON FWD

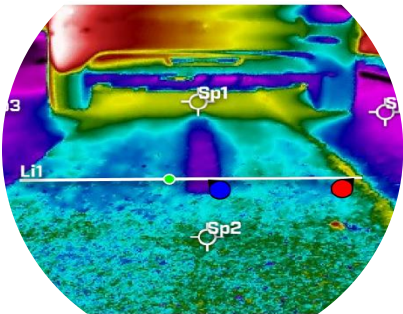


PAVIMENTAZIONE SPERIMENTALE

PAVIMENTAZIONE DI RIFERIMENTO



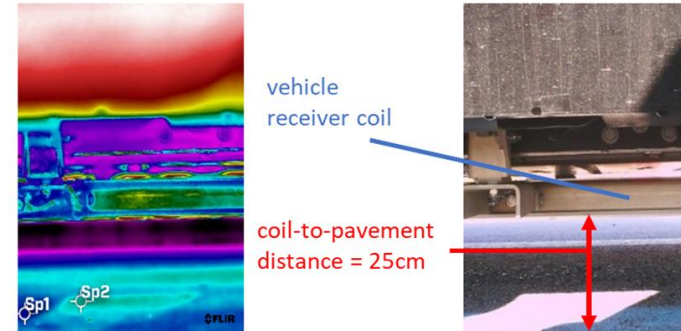
MONITORAGGIO DEL GRADIENTE DI TEMPERATURA TEMPERATURA



Dic, 2023
h 7:00 a.m. T=1°C
h 9:50 a.m. T=7°C

STATIC WPT

DYNAMIC WPT



2020-21

January
2021

March - July
2022

July 2022 -
April 2023

April - Nov.
2023

Nov. 2023 -
May 2024

October
2024

Oct. 24 -
NOW

FUTURE

L'IDEA DEL PROGETTO NASCE

- **Studio** delle variabili del sistema complesso

COSTRUZIONE CIRCUITO ARENA DEL FUTURO

- **1° ciclo**

- **Corto circuito** con 300 m di bobine bruciate da sostituire

ATTIVITÀ DI LABORATORIO

- **Umidità**
- **Temperatura**

NUOVO PROGRAMMA SPERIMENTALE

- **Correlazione** tra attività in sito e in laboratorio

ATTIVITÀ DI LABORATORIO

- **Ricostruzione** del tratto di circuito danneggiato
- **2° ciclo**

INDAGINI IN SITO

- **Efficienza di ricarica**
- **Sicurezza DWPT**
- **Analisi strutturale**
- **Temperatura**

- **Installazione coils non alimentati in A35**

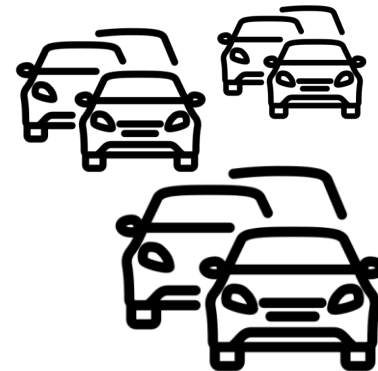
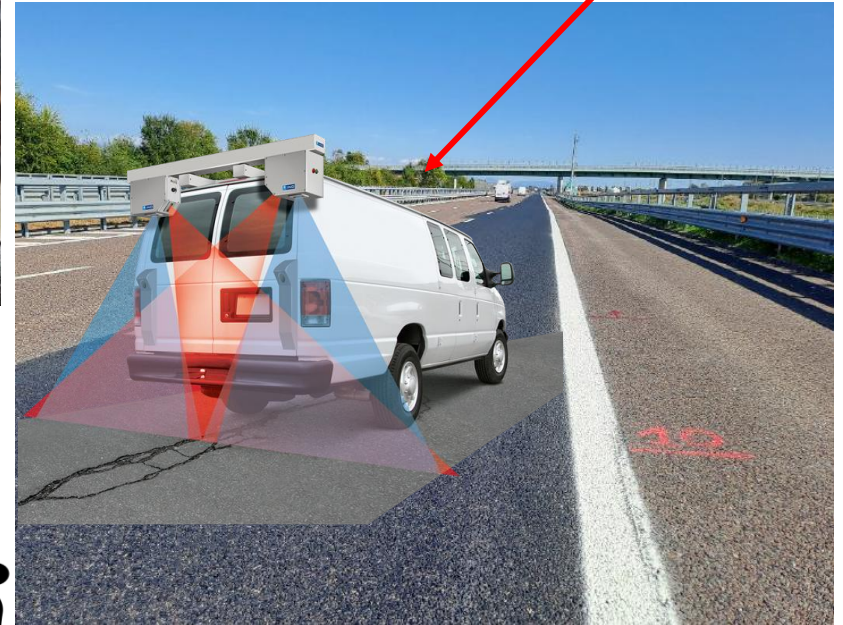
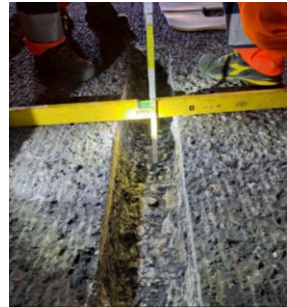
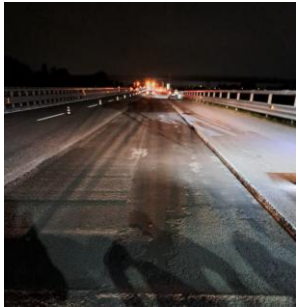
CONTINUO MONITORAGGIO DELLE VARIABILI

- **Attività sperimentale** in sito e in laboratorio

MONITORAGGIO

- **NUOVI COIL**
- **NUOVI MIX DESIGNS**

TERRESTRIAL LASER SCANNER

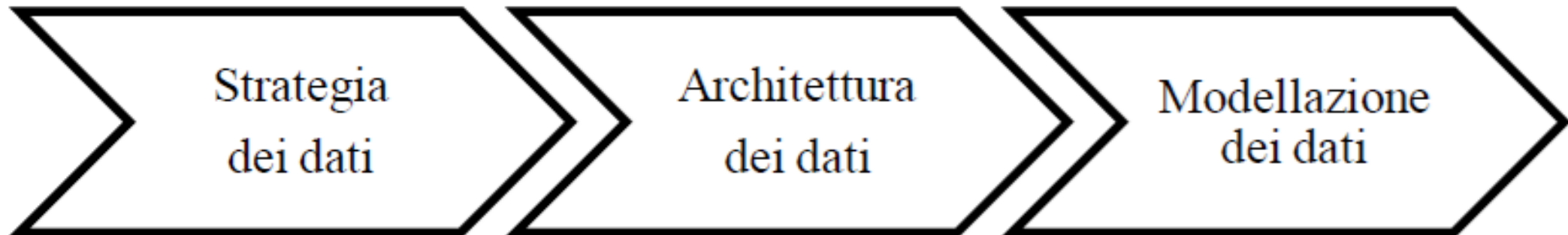


La gestione informativa digitale delle Smart Road










DECRETO 28 febbraio 2018

Il Digital Twin (DT) di una Smart Road è una virtualizzazione dell'infrastruttura stradale utile per monitorare le prestazioni, identificare le interferenze e selezionare gli eventuali interventi.

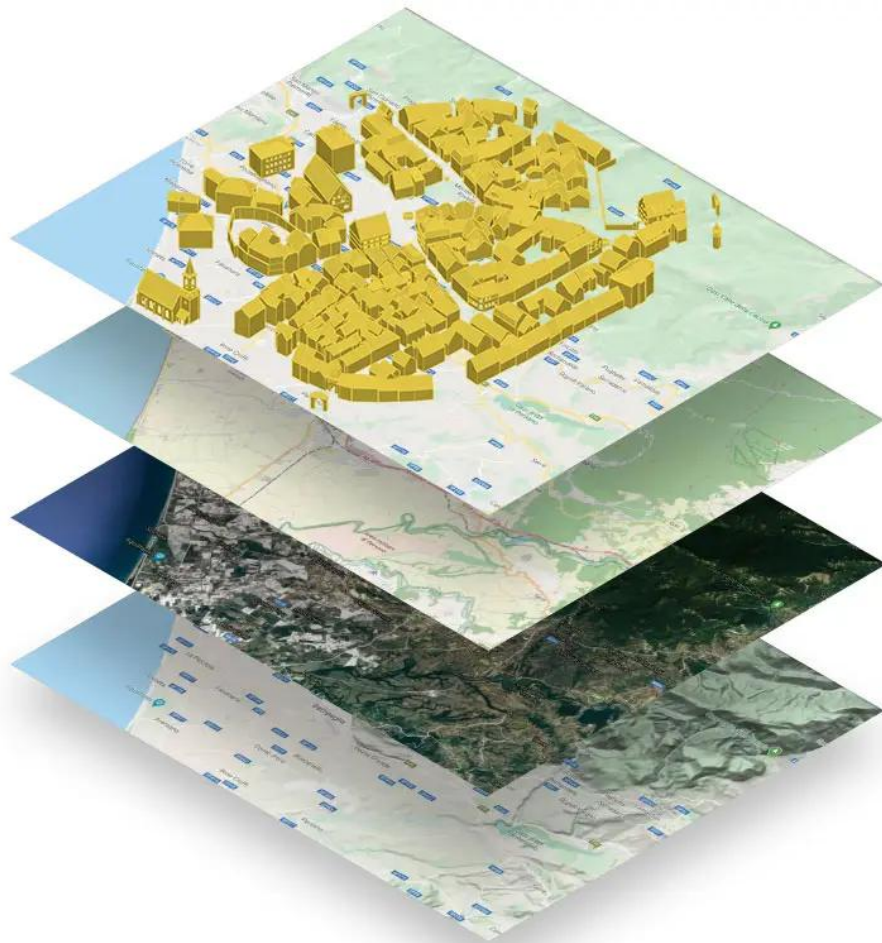


Livello di fabbisogno informativo

Simbolico	Generico	Definito	Dettagliato	Specifico	Eseguito	Aggiornato
						
Geometria Tracciato planimetrico base (2D).	Geometria Tracciato planimetrico comprensivo di curve di transizione. Tracciato altimetrico comprensivo di raccordi verticali.	Geometria Tracciato plano-altimetrico completo.	Geometria Modello stradale a superfici, costruito sull'asse 3D.	Geometria Modello stradale completo a superfici, costruito sull'asse 3D.	Geometria Come LOD E, rilievo di quanto eseguito.	Geometria Nuovi interventi: Come LOD F (con aggiornamenti). Manutenzione e gestione su tracciati esistenti: Come LOD C o LOD D (a partire da).
Oggetto Asse 2D.	Oggetto Asse 2D nel piano orizzontale. Asse 2D nel piano verticale.	Oggetto Asse 3D.	Oggetto Asse 3D. Superfici 3D.	Oggetto Assi 3D. Superfici 3D.	Oggetto Assi 3D. Superfici 3D.	Oggetto Assi 3D. Superfici 3D.
Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> • Lunghezza rettifici • Raggi curve circolari 	Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> • Parametri clotoidi • Livellette • Raccordi verticali • Categoria stradale 		Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> • Sezione trasversale da categoria stradale • Rotazione dei cigli • Allargamenti in curva 	Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> • Sezione tipo • Pendenza scarpate • Smaltimento acque di piattaforma • Volumi di materiale 	Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> • Certificazioni di prodotto • Certificati di omologazione • Informazioni su terre e rocce da scavo • Esiti prove in situ • Esiti prove in laboratorio 	Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> • Data di ultima manutenzione • Soggetto manutentore • Tipologia di intervento • Esiti rilievi

Gli usi dei modelli disciplinari, in funzione degli obiettivi strategici, devono essere regolati per identificare le informazioni, geometriche ed alfanumeriche, indispensabili in ogni fase del ciclo di vita di una Smart Road.

BIM-GIS



NORMA ITALIANA

UNI 11337-12

GIUGNO 2025

Edilizia e opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni – Parte 12: Flussi informativi, ruoli, e requisiti per le opere infrastrutturali

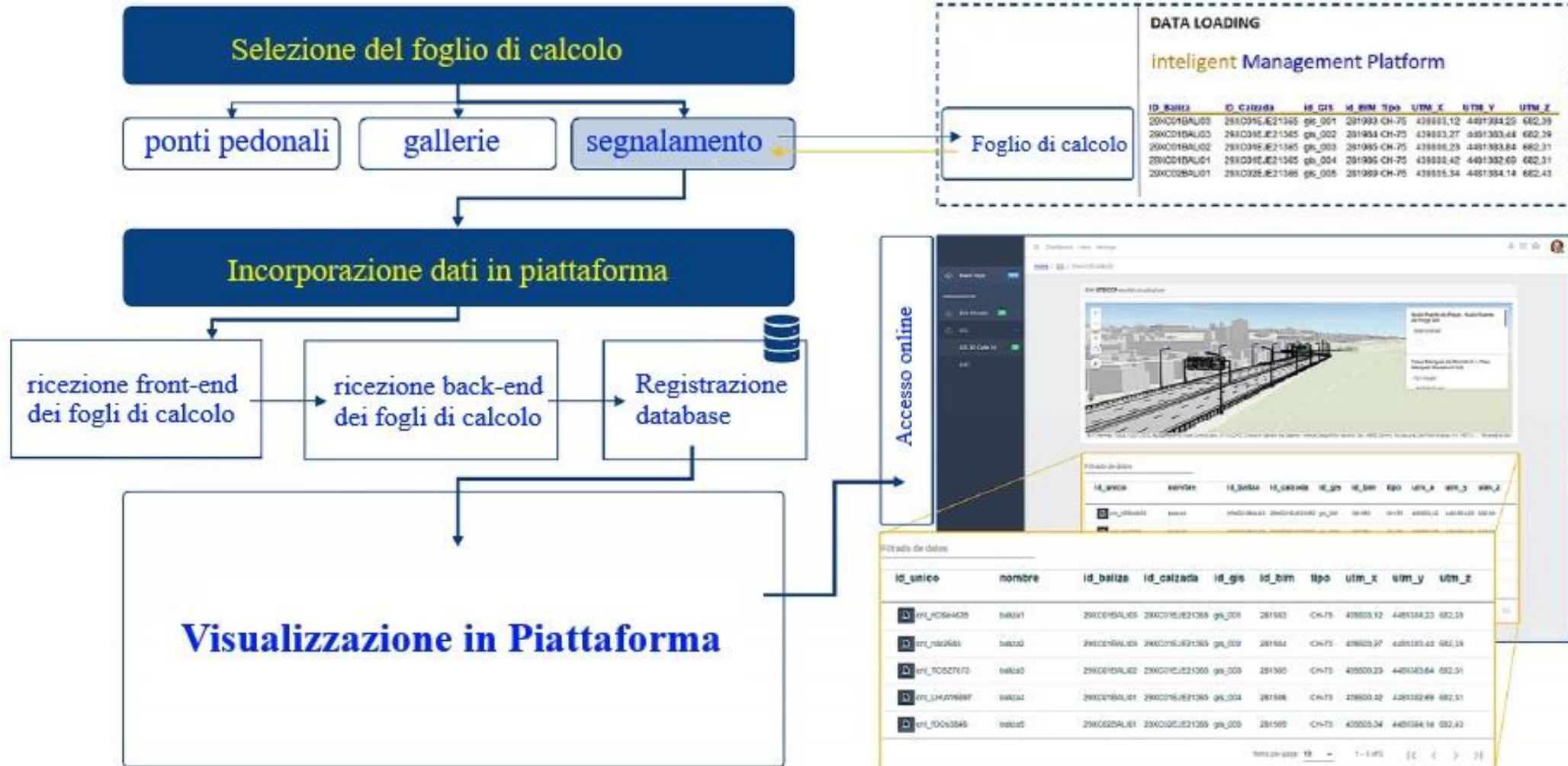
Building and civil engineering works – Digital management of the informative processes – Part 12: Information flows, roles, and requirements for infrastructure works

TESTO ITALIANO

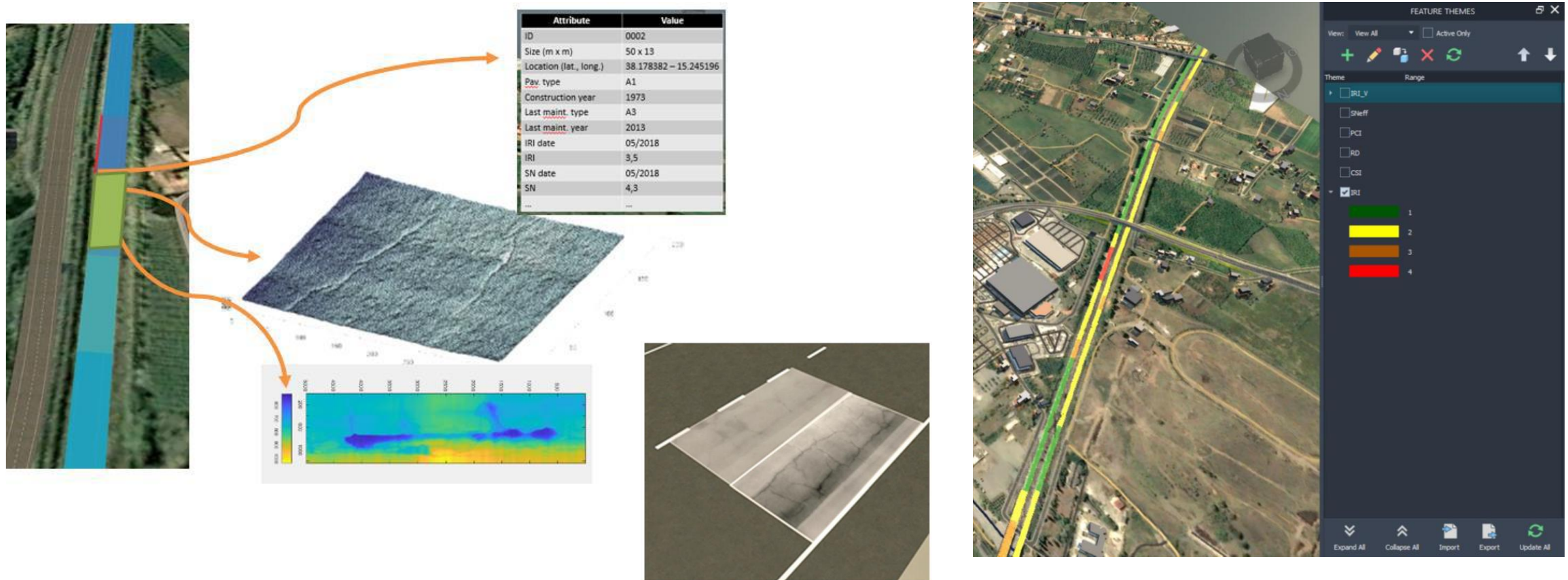
ICS 91.010.30



BIM-GIS

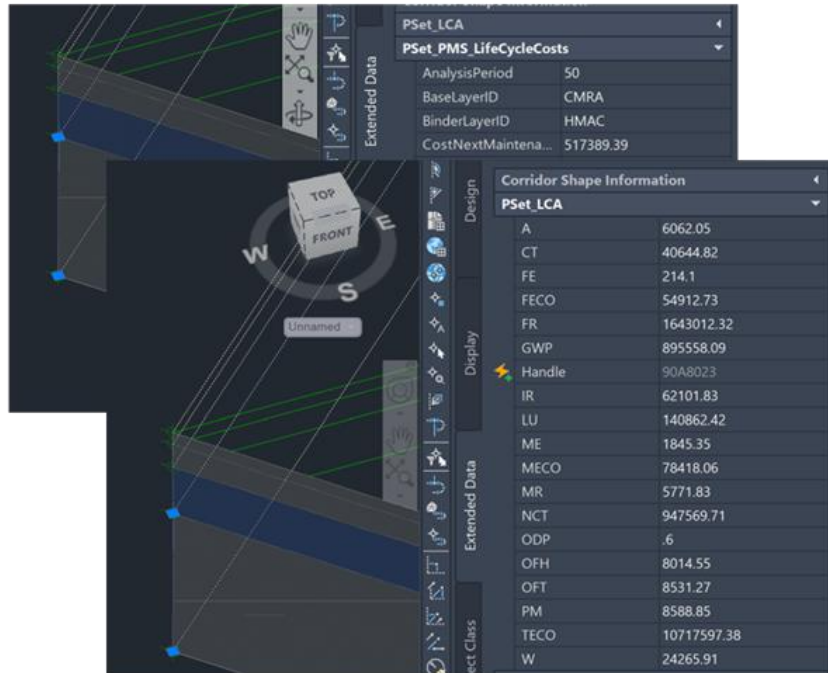


BIM-PMS

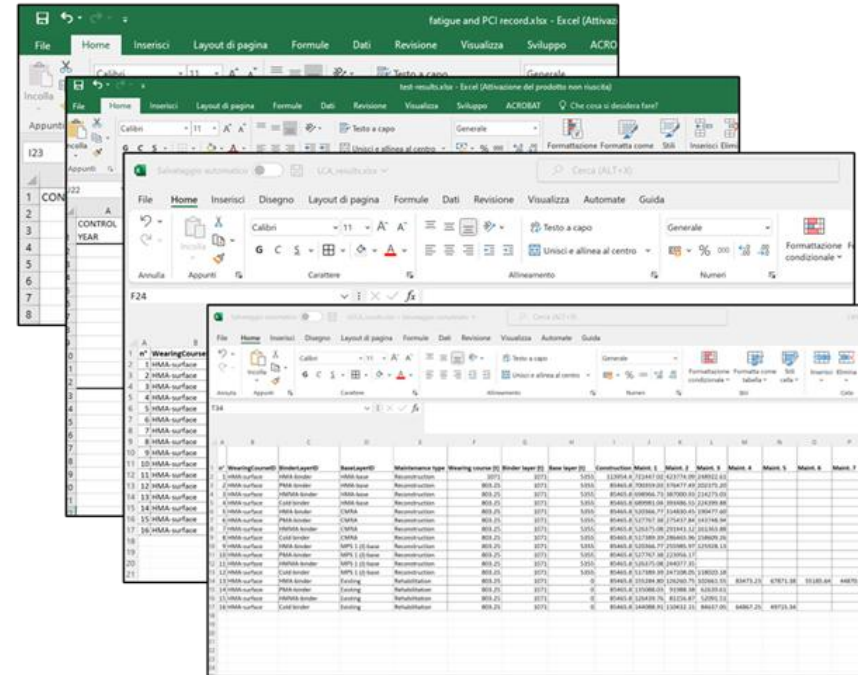


Arricchimento informativo degli attributi dei componenti di un modello BIM

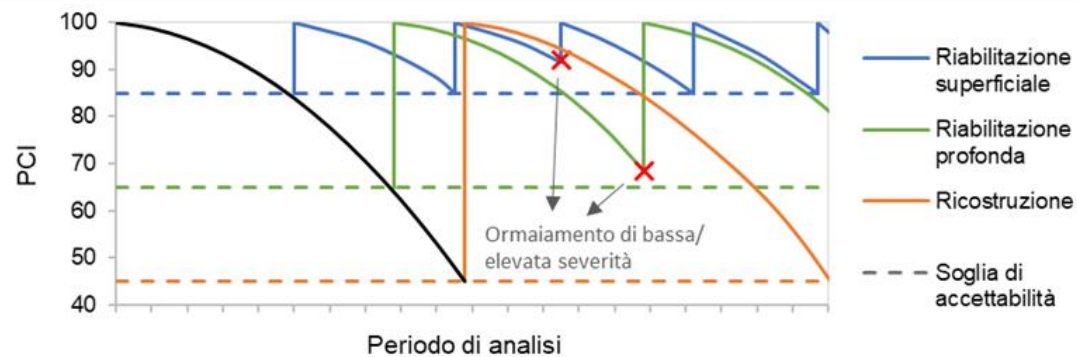
AGGIORNAMENTO DEI SET DI PROPRIETA' ASSOCIATI A CIASCUN OGGETTO CON IL RISULTATO DEL PROCESSO DECISIONALE



ESPORTAZIONE DI FOGLI DI CALCOLO CON I RISULTATI DEL PMS E DELLE VALUTAZIONI DI SOSTENIBILITA'



Strategie alternative di manutenzione per un'unità campione omogenea



Pavement Information Model



Risultati di
indagini in situ



Codici di calcolo
per la valutazione
del ciclo di vita



Strumenti analitici
automatizzati per
individuare la migliore
soluzione manutentiva



Leggi di degrado
delle prestazioni



Documentazione
cartacea





X INTERNATIONAL S.I.I.V. ARENA

RENATO LAMBERTI

Napoli, November 21st, 2025



All **S.I.I.V. Junior Members (category “soci juniores” in compliance with the membership fee payment)** interested in participating in the X International S.I.I.V. Arena must send the following documentation to the email address salvatoreantonio.biancardo@unina.it by **September 1st, 2025**:

- **registration form completed in its entirety;**
- A **5 pages-long abstract** in which the motivations, objectives, methodology and results (expected and / or already achieved) of the research are clearly highlighted, prepared according to the specific template.

The documents transmitted will be subjected to a prior evaluation by the Scientific Committee for the presentation (that will take place on November 21st, 2025) and publication in the proceedings of the X International S.I.I.V. Arena issued by fedOA Editor with an associated ISBN.

The S.I.I.V. Executive Board will assign three awards, each worth € 500, for the following categories:

- **Best experimental research activity**
- **Best innovative idea**
- **Best methodological approach**