

# IL MODELLO AUTOBRENNERO – DIGITALIZZAZIONE, INNOVAZIONE E MONITORAGGIO CONTINUO A SERVIZIO DELLA SICUREZZA E DELLA MOBILITA': CASE STUDY

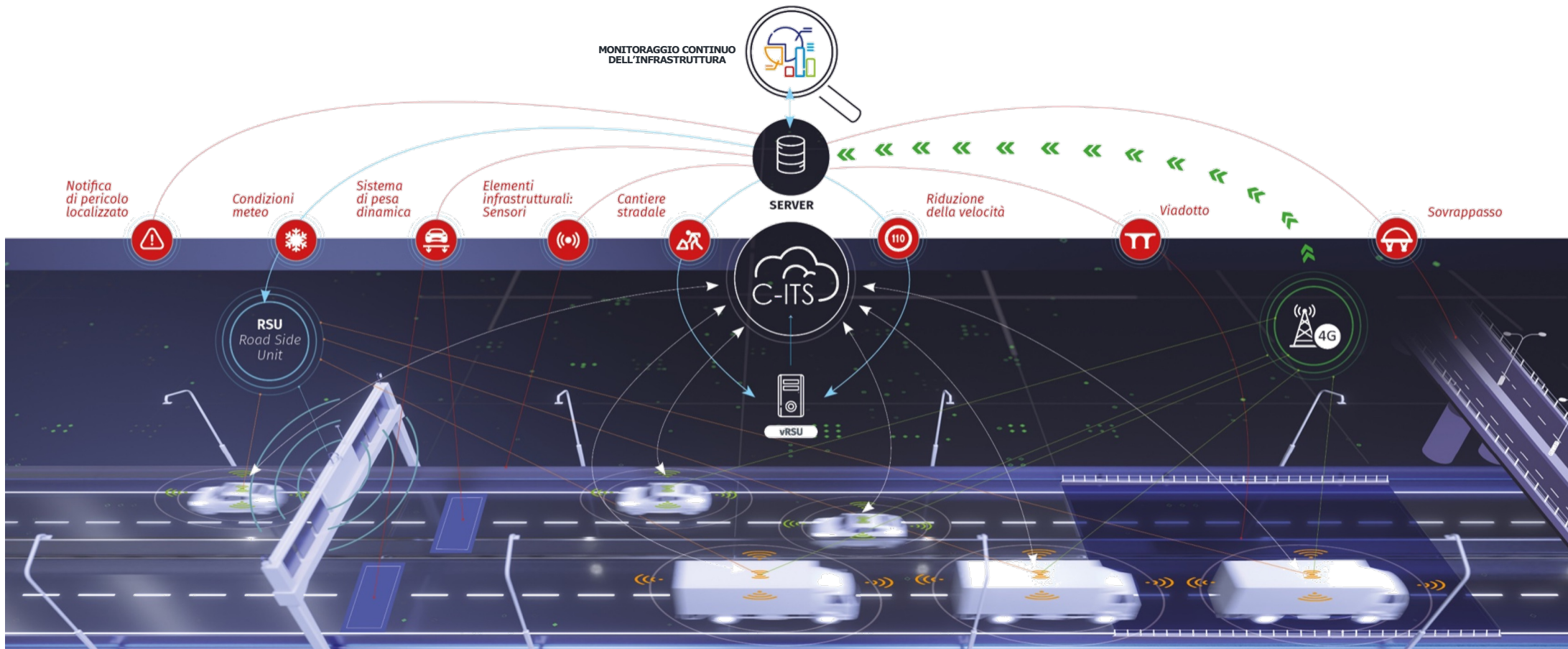
ing. Carlo Costa | Direttore Tecnico Generale | Autostrada del Brennero SpA

Roma,  
12 luglio

2023

**TTS**  
**ITALIA**  
Associazione Italiana  
della Telematica  
per i Trasporti e la Sicurezza

**A22** Autostrada del Brennero SpA  
Brennerautobahn AG





# GREEN DEAL

Le criticità  
da affrontare

*Transizione ecologica  
e trasformazione digitale  
come soluzione*



**25%**

Totali emissioni  
di gas a effetto  
serra dell'UE  
causate  
dai trasporti



**19.800**

Persone  
che hanno perso  
la vita  
sulle strade UE  
nel 2021



Autostrada del Brennero SpA  
Brennerautobahn AG



# GREEN DEAL

Insieme di iniziative politiche proposte dalla Commissione Europea



Ridurre le emissioni di gas serra del 55% rispetto allo scenario del 1990 entro il 2030



Raggiungere la neutralità climatica entro il 2050

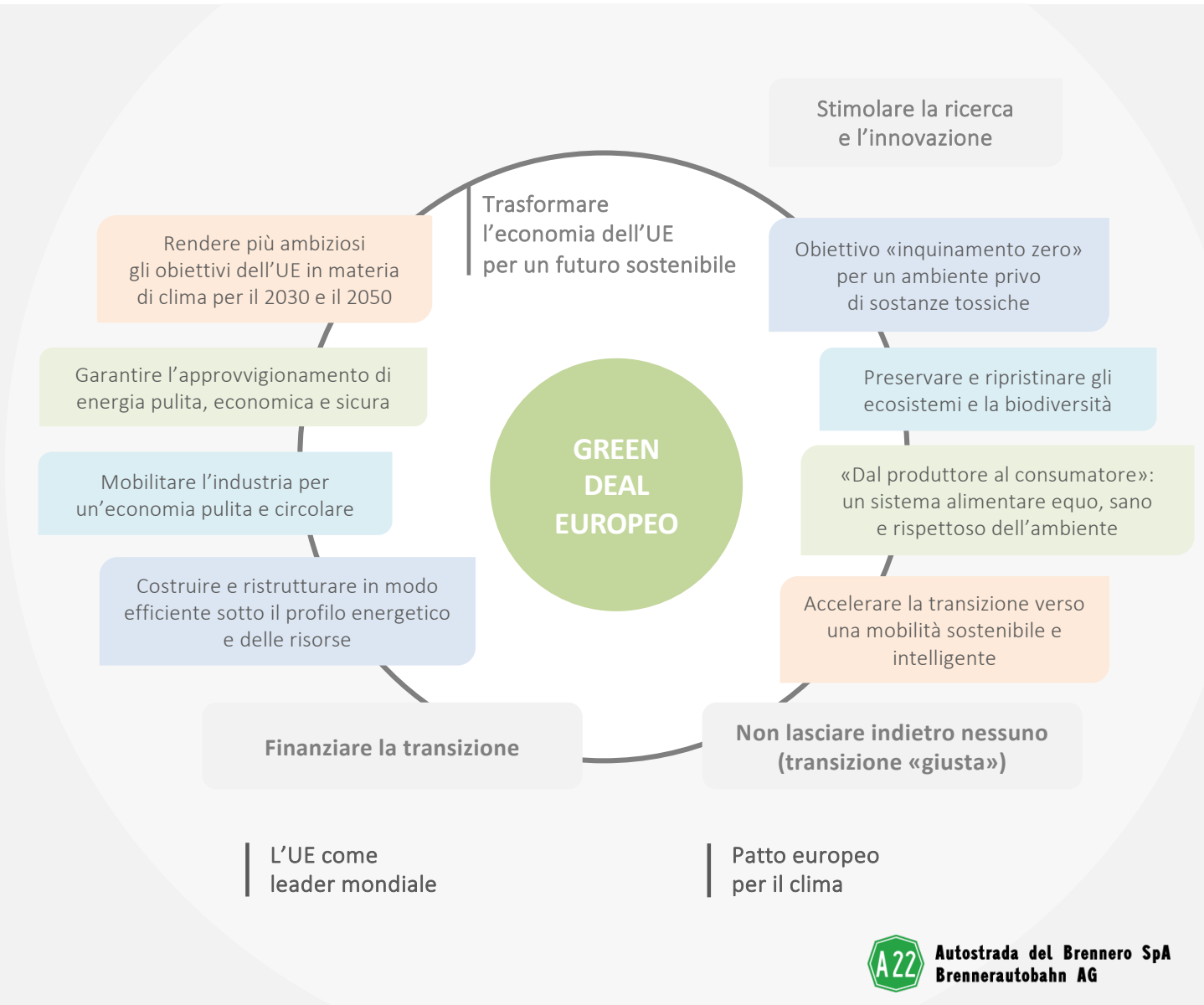


Fare dell'Europa il 1° continente «verde»



# GREEN DEAL

€ 1000 mld  
Investimenti  
pubblici e privati  
In 10 anni





# RECOVERY FUND



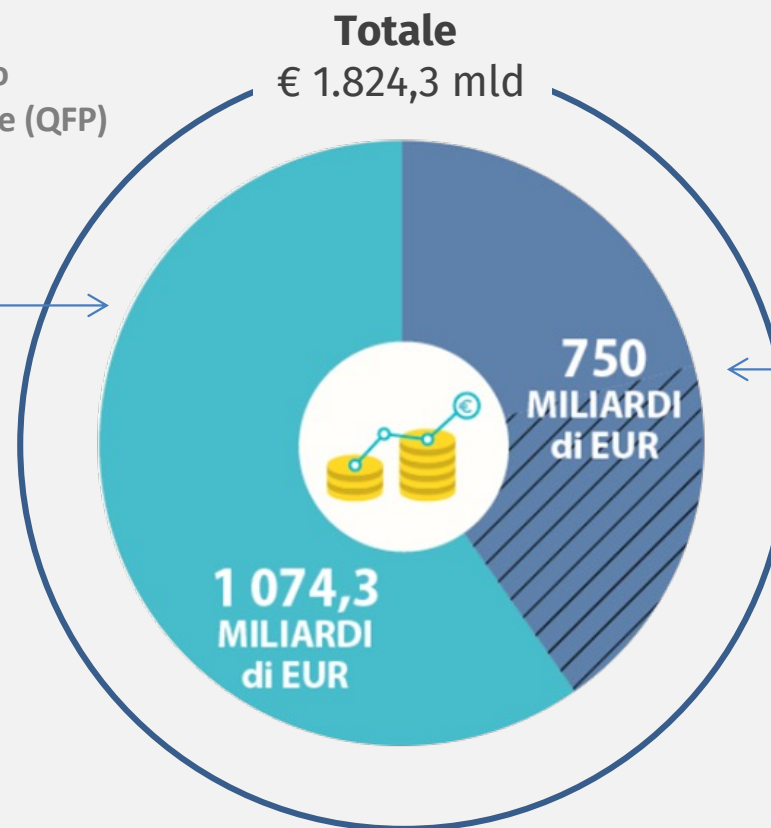
# RECOVERY FUND

QFP + NGEU (2021-2027)

Il 30% del bilancio pluriennale e di NextGenerationEU sarà speso per la lotta al cambiamento climatico

Italia principale beneficiario dei fondi (oltre €191 mld) di cui €71,8 mld per la **transizione ecologica** e €48,1 mld per la **digitalizzazione**

Quadro Finanziario Pluriennale (QFP)  
Il bilancio Settennale dell'UE



**Next Generation EU**  
Pacchetto per la ripresa da Covid-19 concentrato nei primi anni

■ €390 mld di sovvenzioni

▨ €360 mld di prestiti

Capitali raccolti sui mercati finanziari



Autostrada del Brennero SpA  
Brennerautobahn AG



**Italiadomani**

PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



# PNRR

## Piano nazionale di ripresa e resilienza

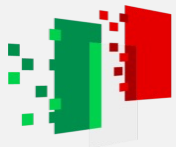
# PNRR

Al fine di accedere ai fondi Next Generation EU (NGEU), ciascuno Stato membro ha dovuto predisporre un Piano nazionale per la ripresa e la resilienza (PNRR - Recovery and Resilience Plan) per il periodo 2021-2026.

**13.07.2021**

Il PNRR dell'Italia è stato approvato con decisione di esecuzione del Consiglio dei Ministri, che ha recepito la proposta di decisione della Commissione europea.





**Italiadomani**  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA

# PNRR 6 missioni

**M1**  Digitalizzazione, innovazione, competitività, cultura e turismo

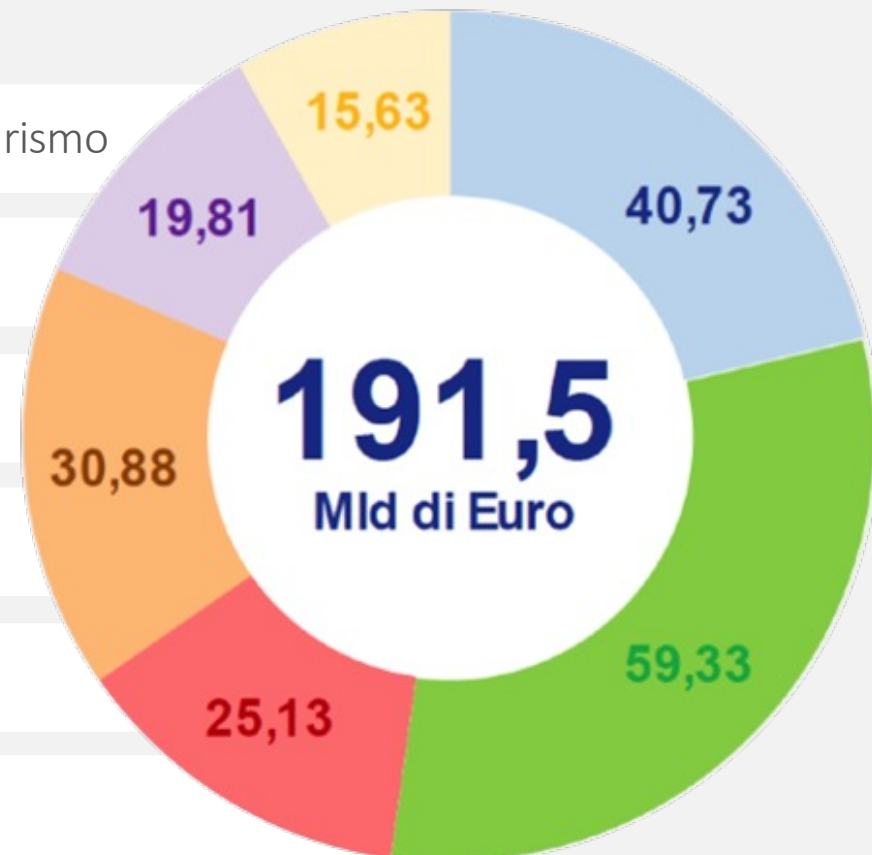
**M2**  Rivoluzione verde e transizione ecologica

**M3**  Infrastrutture per una mobilità sostenibile

**M4**  Istruzione e ricerca

**M5**  Inclusione e coesione

**M6**  Salute



# NUMERI *Limitata capacità e incremento del traffico portano a situazioni non sicure*

**1,35 mln**

Persone che perdono la vita in incidenti stradali nel mondo ogni anno

**50 mln**

Persone che restano ferite in incidenti stradali nel mondo ogni anno

Ogni anno più di **20.000 morti** e **1,2 milioni feriti**

in incidenti stradali in Europa

La fascia di età più colpita è quella dei **15-29 anni**, per la quale gli incidenti stradali rappresentano la prima causa di decesso



# PROGRAMMA DI A22 PER I PROSSIMI ANNI



- Ottimizzazione opere esistenti e implementazione di nuove opere infrastrutturali
- Potenziamento di molteplici viabilità locali interagenti con l'esercizio autostradale

*OBIETTIVO: Completare la transizione ecologica di Autobrennero verso il*  
**Green Digital Corridor Europeo Brennero-Modena**



# PIANO DI SOSTENIBILITÀ, INNOVAZIONE E DIGITALIZZAZIONE

Gli ambiti principali di investimento  
per la trasformazione di A22 in Smart Highway sono:



**SOSTENIBILITÀ  
AMBIENTALE  
E DECARBONIZZAZIONE  
DEI TRASPORTI**



**DIGITALIZZAZIONE  
E SICUREZZA**



**INNOVAZIONE  
DEI SERVIZI**



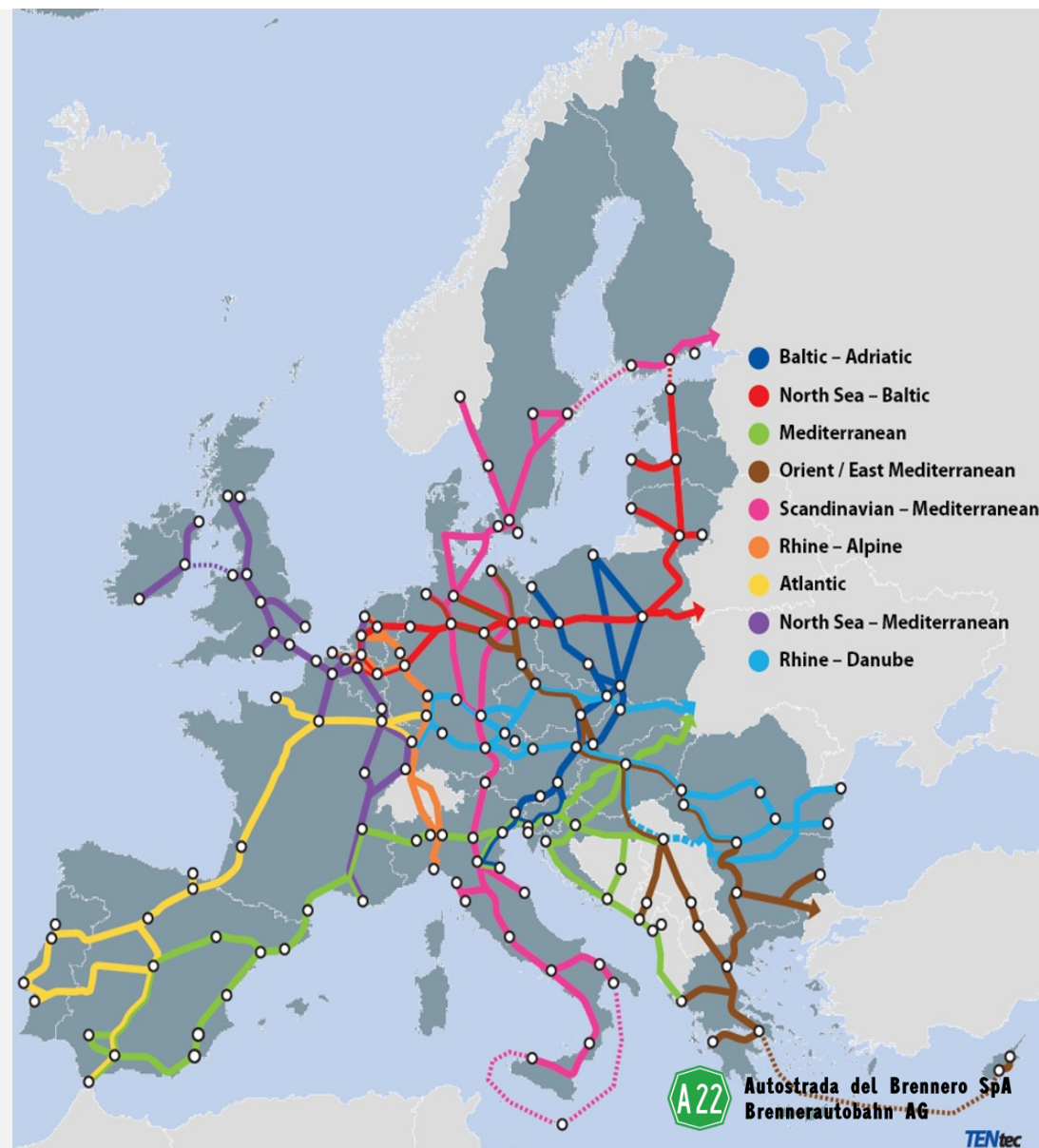
# SISTEMI ITS EUROPEI

## LE EVIDENZE

- Una diminuzione del **34%** nel numero di incidenti
- Una riduzione del **13%** nella durata media del viaggio
- Un abbassamento del **22%** nelle emissioni di CO<sub>2</sub>

*Dati da analisi della Commissione Europea a seguito dei Progetti Europei*

**Ritorno sull'investimento in ca. 4 anni**  
*l'investimento combinato di € 232 mln ha prodotto benefici annuali di € 55 mln*



# I PROGETTI EUROPEI PER AUTOBRENNERO

Ambiti principali: digitalizzazione e transizione ecologica

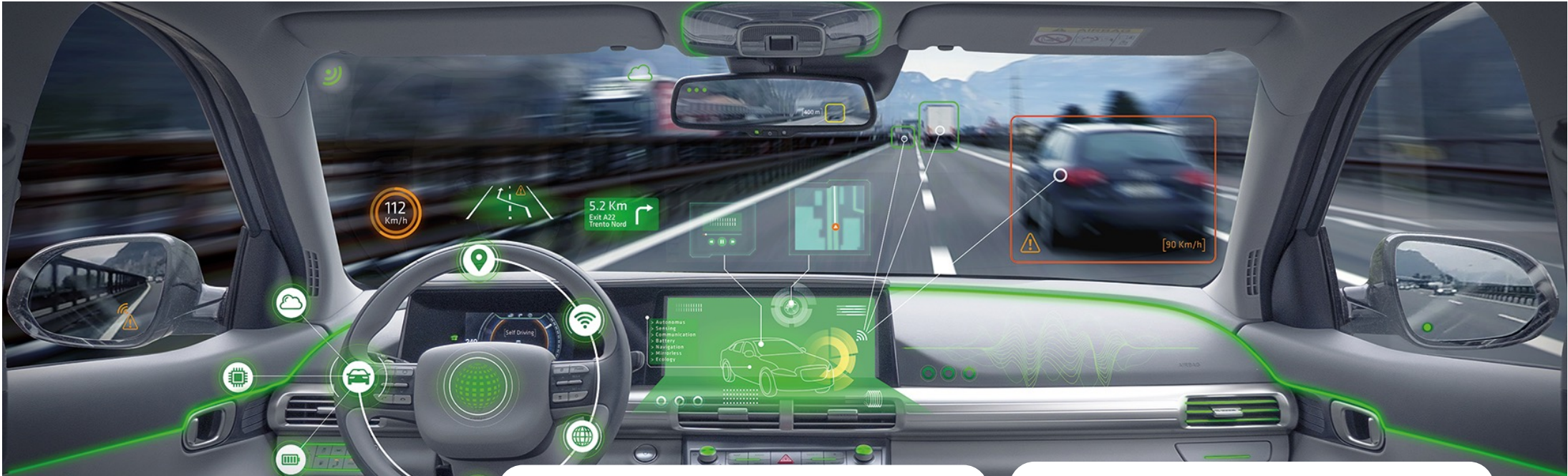
20

Progetti europei a cui Autobrennero ha partecipato

Tra cui ...



Autostrada del Brennero SpA  
Brennerautobahn AG



Autobrennero è ...

tra i primi operatori autostradali in Europa ad essersi dotata di un'infrastruttura C-ITS

in grado di trasmettere messaggi ai veicoli dotati della tecnologia per riceverli.

# MOBILITÀ CONNESSA

C-ROADS ITALY   C-ROADS ITALY 3   ICT4CART   5G CARMEN



# Autostrada del Brennero ha gli strumenti per arrivare direttamente ai veicoli, per:



A22

- migliorare i flussi di traffico
- aumentare la capacità autostradale
- ridurre l'incidentalità
- ridurre l'impatto sull'ambiente

Hazardous Location  
notification

Weather  
condition

Road Works  
Warning

In-vehicle  
signage

Weather  
condition

Cloud



vRSU

RSU  
Road Side  
Unit

RSU  
Road Side  
Unit

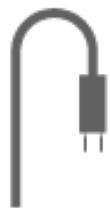
HIGHWAY CHAUFFEUR

TRUCK PLATOONING



# COMUNICAZIONE IBRIDA

Per garantire una copertura totale



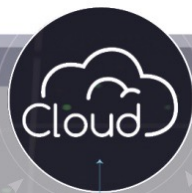
## A corto raggio

(ITS-G5 / protocollo 802.11 p)

A22



SERVER C-ITS



Cloud

vRSU

Comunicazione  
a lungo raggio  
(rete cellulare)

4G



RSU  
Road Side  
Unit



# SERVIZI Day-1 e Day-1.5 implementati

Day-1

## Avviso di lavori stradali

- Chiusura di una o più corsie
- Notifiche cantieri mobili
- Operazioni di manutenzione invernale

## Notifiche di punti pericolosi

- Incidente
- Coda
- Veicolo fermo
- Condizioni meteorologiche
- Pavimentazione sdruciolevole
- Animale o persona in strada
- Ostacolo in strada
- Veicolo di emergenza in avvicinamento
- Veicolo di emergenza / di soccorso operativo

## Segnaletica di bordo

- Limiti dinamici di velocità
- Testo su PMV
- Altri pittogrammi

## Dati del veicolo

- Raccolta dati dei veicoli
- Raccolta dati degli eventi

## Guida automatica del veicolo

- Livelli di guida SAE
- Informazione di supporto al platooning

Day-1.5

Highway  
Chauffeur

+

Truck  
platooning

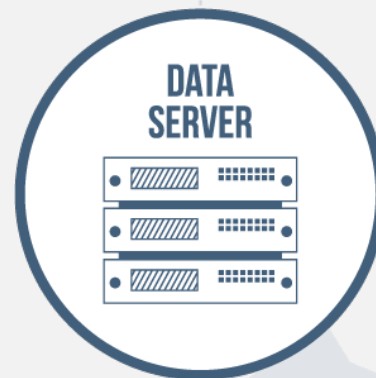
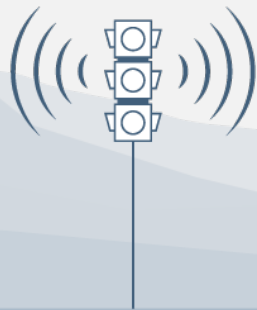


Autostrada del Brennero SpA  
Brennerautobahn AG

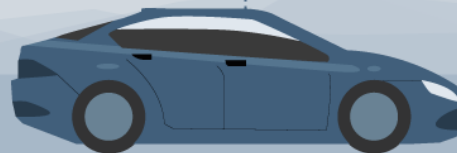
# INTEROPERABILITÀ

Test transfrontalieri per garantire una guida ininterrotta / continua (il cosiddetto *seamless driving*)

ITALY



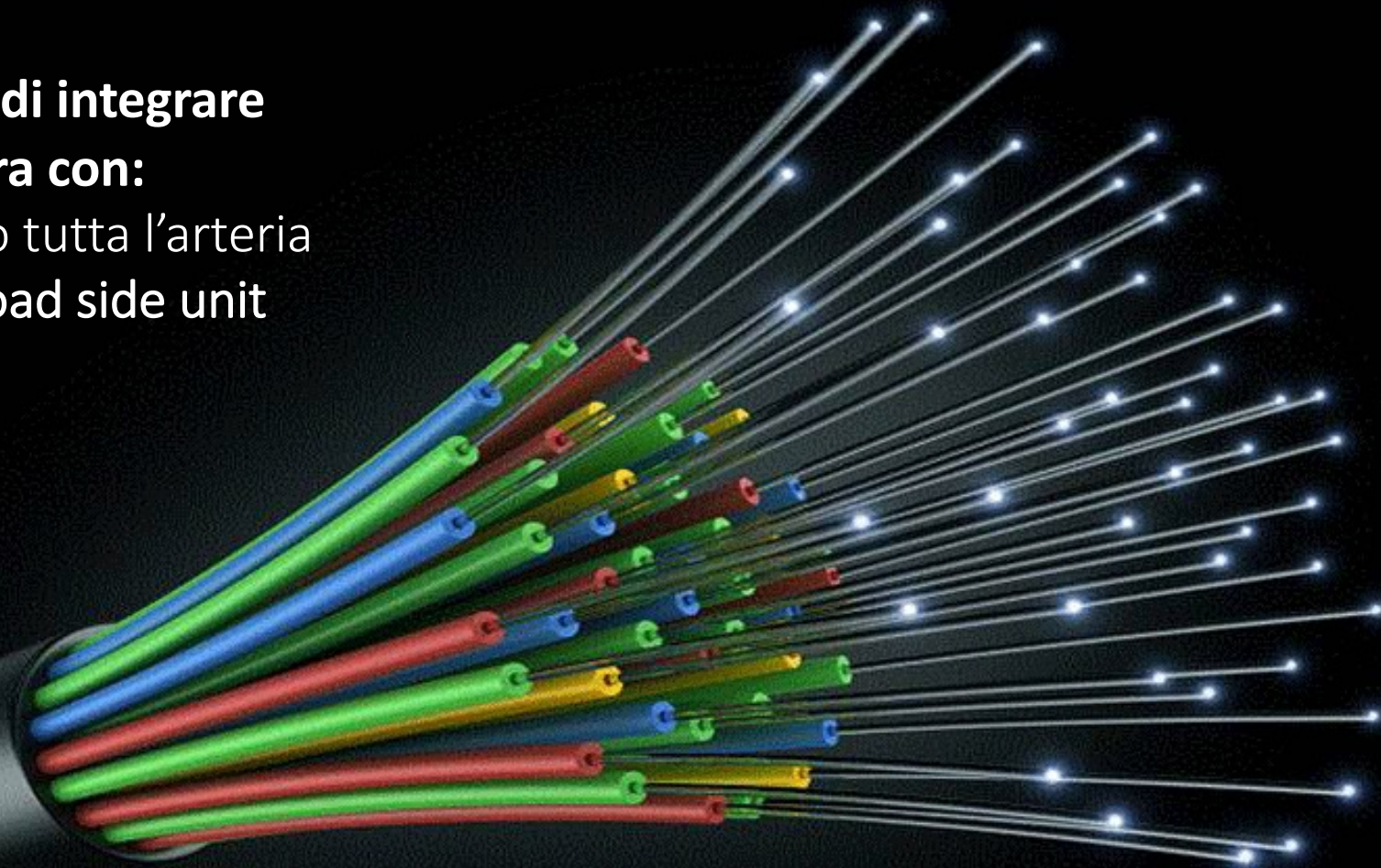
AUSTRIA



Autostrada del Brennero SpA  
Brennerautobahn AG

**A22 prevede di integrare  
l'infrastruttura con:**

- fibra lungo tutta l'arteria
- ulteriori road side unit



# AUTOBRENNERO PREVEDE DI:

- ● ●  
Sviluppare nuovi servizi C-ITS  
*safety-oriented*
- ● ●  
Partecipare a ulteriori progetti europei  
per **testare in anteprima sistemi  
innovativi** per la gestione dell'arteria
- ● ●  
Continuare, nell'ambito di progetti  
europei, ad essere attivi nella  
**transizione digitale** verso l'introduzione  
di veicoli connessi





# MaaS

Mobility as a Service

La stazione autostradale potrebbe diventare un **hub intermodale** in uno scenario con veicoli autonomi



Autostrada del Brennero SpA  
Brennerautobahn AG

# VISION ZERO 2050

## Zero vittime nei trasporti

*Impegno di Autobrennero per il raggiungimento degli obiettivi richiesti dalla Commissione Europea*



L'eCall installata sui veicoli avvisa i servizi di emergenza in caso di incidente



Supporto per conducenti di tir stanchi nel trovare l'area di sosta più vicina



La cooperazione tra veicoli connessi ed autonomi aiuta a ridurre l'errore umano

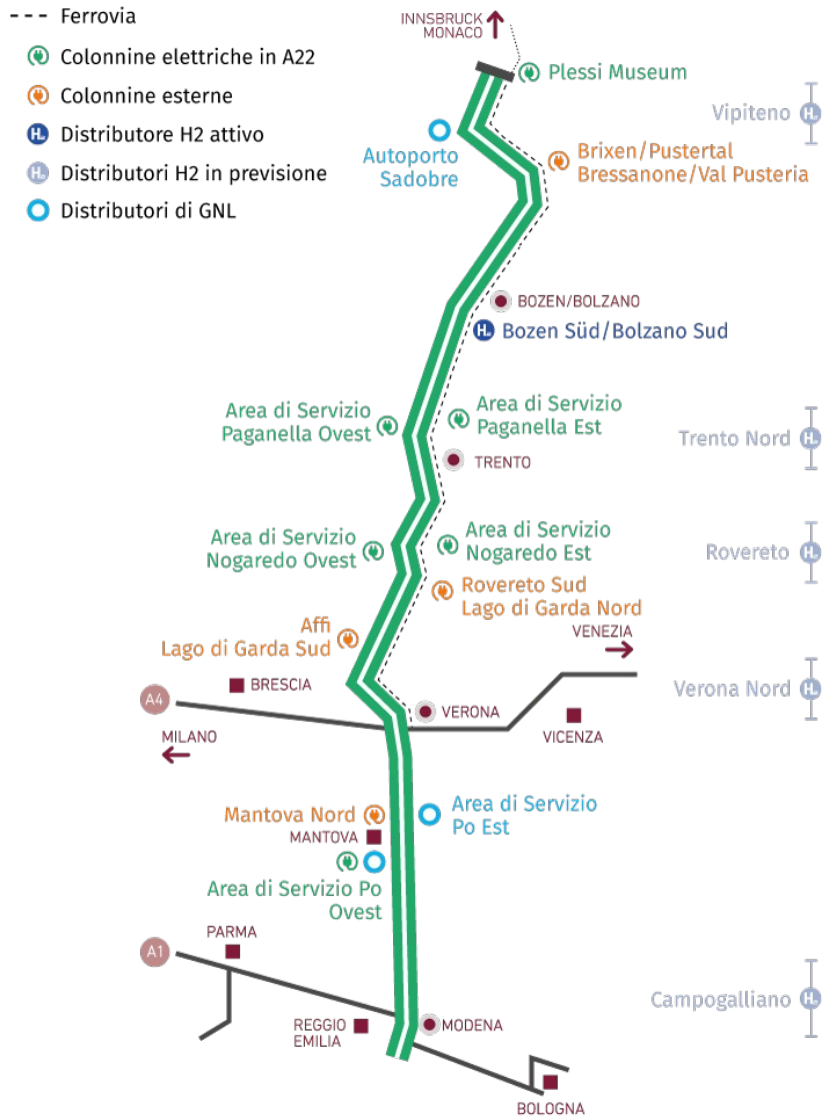


Informazioni digitali in tempo reale più accurate, frequenti ed affidabili, relative per esempio ai limiti di velocità dinamici



Autostrada del Brennero SpA  
Brennerautobahn AG





# VISION AUTOBRENNERO: SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

● ● Sviluppo rete di ricarica veicoli elettrici

● ● Sviluppo rete di produzione e distribuzione di idrogeno verde

--- Promozione dell'intermodalità



Misure di gestione dinamica del traffico ai fini ambientali (oltre che della sicurezza)

# PUNTI DI RICARICA ELETTRICA OGGI A DISPOSIZIONE DELL'UTENZA

## 76 colonnine di ricarica elettrica

km 1+300

**Plessi Museum al Passo del Brennero**

24 colonnine Tesla

**2 ultra-rapide (150kW)**

1 charger AC (22 kW)

km 38+031

**stazione autostradale Bressanone/Val Pusteria**

2 charger multi-standard rapidi (50kW)

km 63+600

**Area di servizio Isarco est**

**1 ultra-rapida (180kW)**

km 129+000

**area di servizio Paganella est**

2 charger multi-standard rapidi (50kW)

km 129+000

**area di servizio Paganella ovest**

2 charger multi-standard rapidi (50kW)

1 charger AC (22 kW)

Km 159+700

**area di servizio Nogaredo est**

2 charger multi-standard rapida (50kW)

Km 159+700

**Area di servizio Nogaredo ovest**

2 charger multi-standard rapidi (50kW)

km 166+739

**stazione autostradale Rovereto sud**

2 charger multi-standard rapidi (50kW)

1 charger AC (22 kW)

km 206+669

**stazione autostradale Affi**

24 colonnine Tesla

2 charger multi-standard rapidi (50kW)

km 208+000

**Area di servizio Garda est**

**1 ultra-rapida (180kW)**

km 208+000

**Area di servizio Garda ovest**

**1 ultra-rapida (180kW)**

km 256

**stazione autostradale Mantova Nord**

2 charger multi-standard rapidi (50kW)

1 charger AC (22 kW)

km 267,89

**area di servizio Po ovest**

2 charger multi-standard rapidi (50kW)

1 charger AC (22 kW)



# PUNTI DI RICARICA ELETTRICA A DISPOSIZIONE DELL'UTENZA ENTRO IL 2035

Lungo l'asse autostradale saranno realizzate **188 stazioni di ricarica da 300 kW, 22 ad alta potenza e 100 postazioni IPT statico**

Il dimensionamento e posizionamento delle stazioni sono basate sul criterio di fornire la possibilità di ricaricare con potenza elevata ad un'interdistanza attorno ai 30 km

L'utente che percorre il tratto autostradale avrà inoltre la possibilità di usufruire di un servizio di ricarica con potenza fino a 50 kW presso le stazioni di ricarica già realizzate

## Servizio di ricarica di emergenza

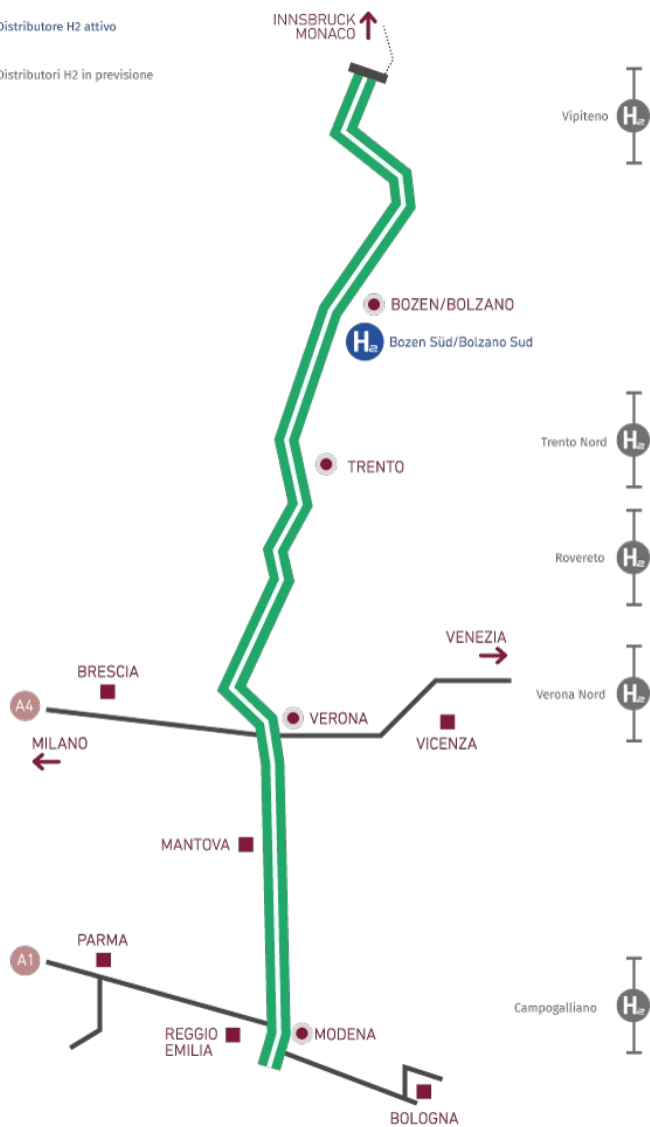


Un servizio importante, di cui è prevista la realizzazione, è quello relativo alla ricarica di emergenza: chi avesse la necessità di ricaricare e vicino non vi fosse una colonnina di ricarica disponibile, può fermare il veicolo nella prima stazione di sosta possibile e, attraverso un'app dedicata, chiamare un addetto che eseguirà l'operazione di ricarica sul posto al fine di consentire di raggiungere la prima colonnina di ricarica libera



Autostrada del Brennero SpA  
Brennerautobahn AG

 Distributore H2 attivo  
 Distributori H2 in previsione




# IDROGENO VERDE

Autostrada del Brennero SpA ha promosso a Bolzano sud la nascita del primo impianto di produzione, distribuzione e stoccaggio d'idrogeno verde d'Italia per l'autotrazione.

Nei prossimi anni prevediamo di realizzare cinque nuovi impianti.



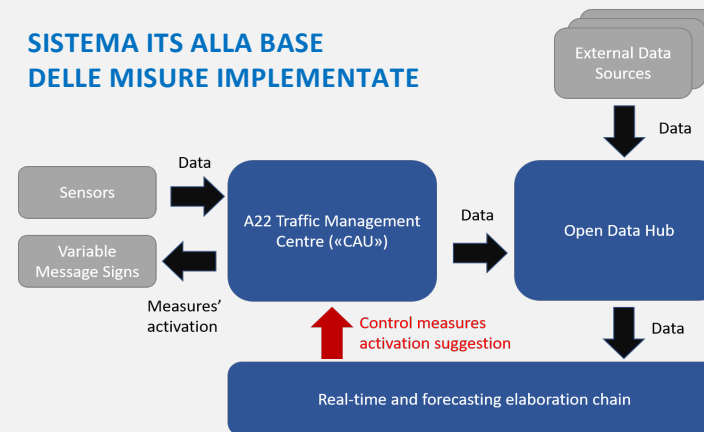
 Autostrada del Brennero SpA  
Brennerautobahn AG



## GESTIONE DINAMICA DELLA VELOCITÀ

AUTONOME PROVINZ BOZEN SÜDTIROL  
 PROVINZIA AUTONOMA DE BULSAN SÜDTIROL  
 PROVINZIA AUTONOMA DI BOLZANO ALTO ADIGE  
 PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO  
 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO  
 A22 Autostrada del Brennero SpA Brennerautobahn AG  
 CISMA  
 TECHPARK SÜDTIROL / ALTO ADIGE

### SISTEMA ITS ALLA BASE DELLE MISURE IMPLEMENTATE



*Open data hub di Autobrennero raccoglie tutti i dati di traffico, meteo e qualità dell'aria per attivare dinamicamente i limiti di velocità.*

# RIDUZIONE DINAMICA DELLA VELOCITÀ



A fini ambientali

## RIDUZIONE INQUINAMENTO

**- 10% NO<sub>2</sub> a bordo strada**

L'algoritmo implementato da Autobrennero indica la velocità ottimale, aiutando a ridurre l'inquinamento.

# RIDUZIONE DINAMICA DELLA VELOCITÀ

A fini viabilistici

AUMENTO LIVELLO DI SERVIZIO

**+ 10%**

In condizioni di traffico intenso la gestione dinamica della velocità garantisce la riduzione degli incidenti, la riduzione dei tempi di percorrenza ed il miglioramento della fluidità del traffico.



# PROSPETTIVE DI REPLICAZIONE



Il modello BrennerLEC ha dimostrato la sua valenza, tanto da poter esser esteso lungo l'A22 e replicato in altre arterie.



# Sicurezza dell'infrastruttura

*Impiego di intelligenza artificiale (AI) per il monitoraggio delle opere d'arte*

**È di supporto una piattaforma capace di individuare, determinare e prevedere le condizioni strutturali delle opere, in particolare dei ponti, combinando varie tecnologie *data-driven* quali:**



**l'intelligenza artificiale per l'individuazione automatizzata dei difetti,**



**sensori *smart*,**



***Internet of Things (IoT)* implementata in *cloud* e *bridge management* in una piattaforma interoperabile (*Bridge Management System*).**

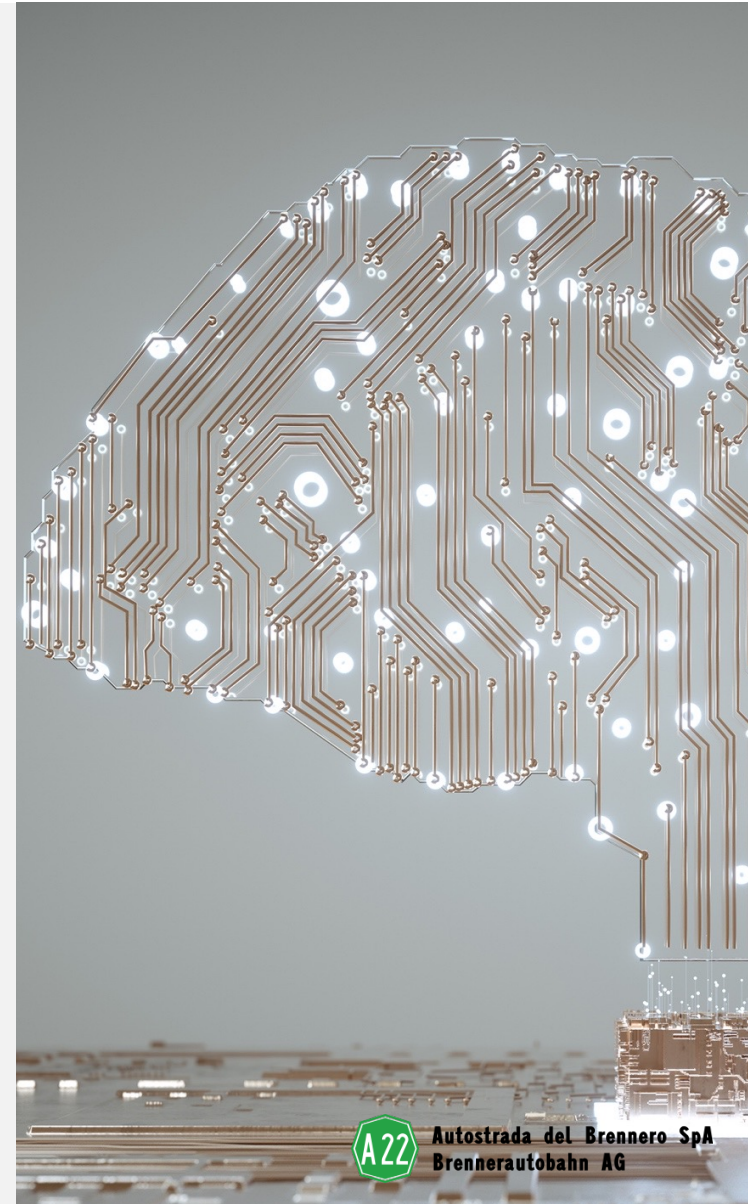


**l'ispezione fotogrammetrica del ponte tramite *UAV* (*Unmanned Aerial Vehicle*)**



**piattaforma automatizzata che rappresenta l'infrastruttura critica in un modello gemello digitale per monitorare in tempo reale, individuare, determinare e prevedere le condizioni di danno strutturale dell'opera e stabilire gli interventi di manutenzione prioritari.**

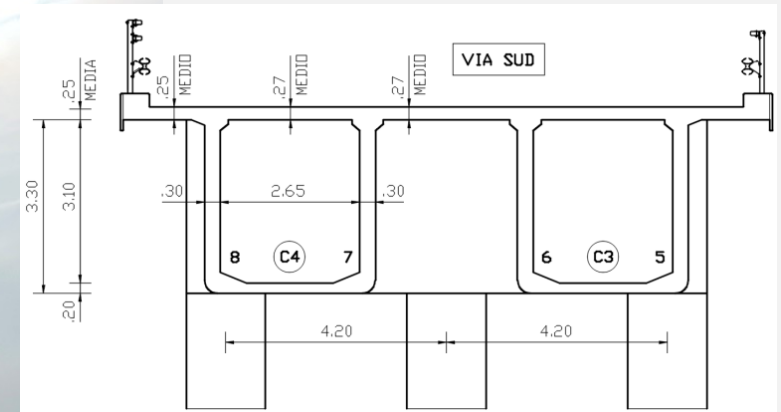
**Si tratta di un processo innovativo che garantisce lo stato di sicurezza dei manufatti analizzando i parametri ambientali che impattano sul degrado dei materiali (vetustà, conseguenze sismiche, condizioni meteorologiche, idrauliche, corrosione, infiltrazioni, frane,...), prevederne gli effetti sull'opera e poter quindi intervenire preventivamente.**



**Autostrada del Brennero SpA  
Brennerautobahn AG**

# CASE STUDY: ponte sul fiume Po

Il metodo BRIGHT



Lunghezza	982 m
Luce campate	72,80 m
Numero campate	14
Altezza massima pile	10 m

# CASE STUDY: ponte sul fiume Po

Il metodo BRIGHT

Innovativo **sistema di monitoraggio** in grado di fornire una quantificazione oggettiva delle condizioni di danneggiamento dell'opera. Si basa sulla valutazione in tempo reale del livello di difettosità degli elementi strutturali.

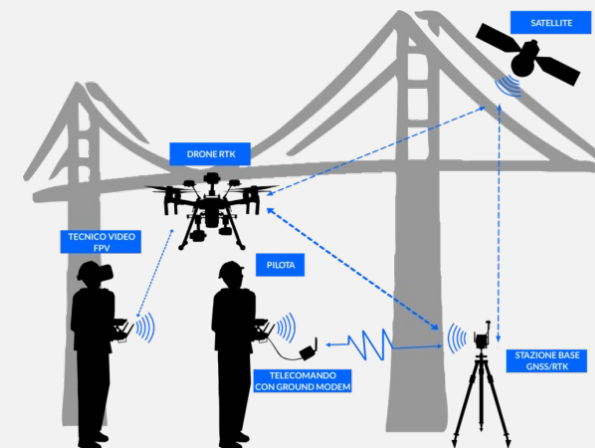
Definire una **lista di priorità delle classi di attenzione** per la pianificazione delle attività di manutenzione



# CASE STUDY: ponte sul fiume Po

*Ispezione visiva con drone e modellazione 3D*

- Inquadramento dell'opera
- Reperimento di tutta la documentazione disponibile (*rilievi, disegni della costruzioni, interventi manutentivi passati, ecc.*)
- Ripresa fotogrammetrica con drone (APR) per la generazione del **modello digitale 3D** e l'individuazione di possibili difettosità della struttura
- Integrazione con rilievo topografico a terra a mezzo di stazione totale
- Modello tridimensionale fotografico e nuvola di punti
- Catalogazione topografica elementi strutturali
- Estrazione ortofoto secondo piani di riferimento georeferiti per la **localizzazione dei difetti**



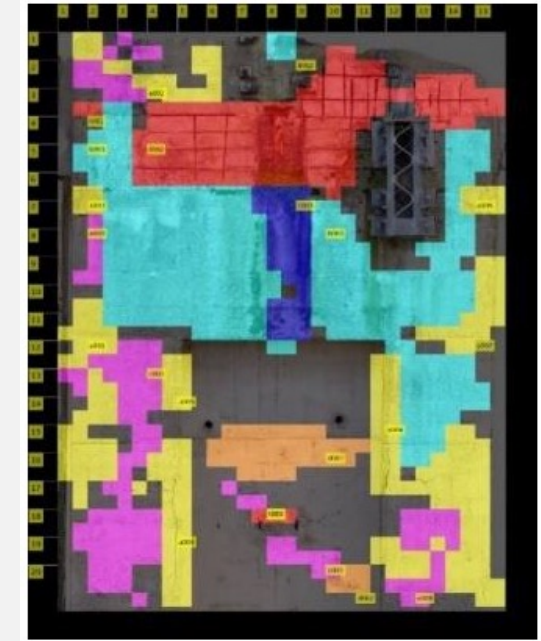
Autostrada del Brennero SpA  
Brennerautobahn AG

# CASE STUDY: ponte sul fiume Po

Diagnostica automatizzata del degrado

Il software di diagnostica automatizzata del Degrado **ADD\_B®** (*Automatic Dfect Detection Bridge*) implementa algoritmi di **Intelligenza Artificiale** (AI), tecniche di riconoscimento delle immagini e modelli di apprendimento supervisionato (*deep learning*) in grado di riconoscere classi di difetti che presentano texture simili sulle ortofoto estratte dal modello digitale 3D. Caratterizzazione di **6 MACRO-CLASSI** di difetti presenti sull'opera:

Report di esempio:



# CASE STUDY: ponte sul fiume Po

Diagnostica automatizzata del degrado

Il software:

- Supporto all'ispezione visiva dell'opera per ridurre il fattore di errore legato alla non oggettività del rilievo
- Individuazione e caratterizzazione dei difetti in termini di posizione, tipologia, gravità ed estensione
- Calcolo dell' **INDICATORE DI VULNERABILITA' STRUTTURALE (IVS)**

## VALIDAZIONE DEI RISULTATI:

- Corretta attribuzione della famiglia del difetto
- Verifica coefficiente di estensione ed intensità del difetto
- Correlazione tra posizione difetto e sezione critica modello BIM



Autostrada del Brennero SpA  
Brennerautobahn AG






# CASE STUDY: ponte sul fiume Po

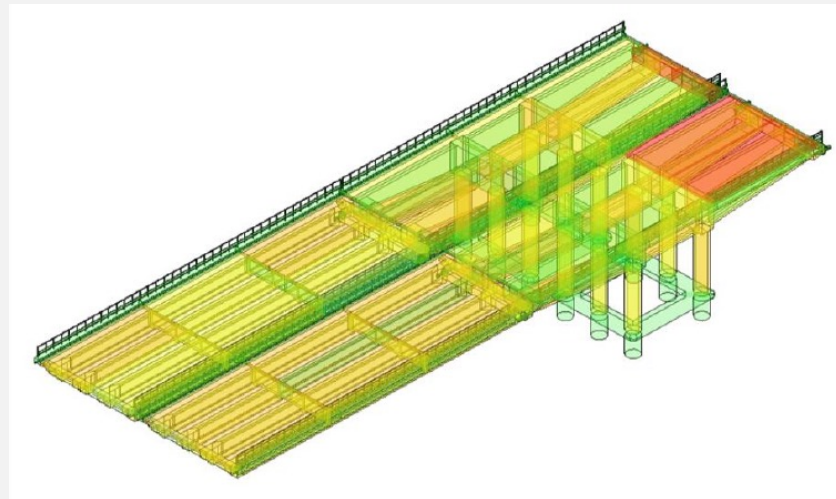
Ambiente BIM

Modello informativo sviluppato secondo gli standard IFC (*Industry Foundation Classes*) contenente:

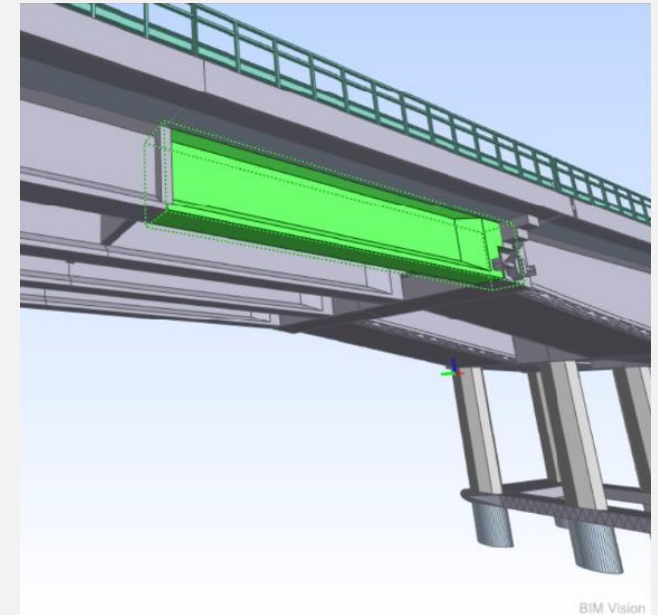
- Localizzazione elemento strutturale
- Identificazione elemento strutturale
- Gravità, estensione e intensità del difetto
- **Livelli di difettosità** calcolati con algoritmo AISICO

Colorazione assegnata ai vari livelli dell'Indicatore di Vulnerabilità Strutturale (**IVS**) in rapporto al grado di difettosità riscontrato

	○ Basso
	○ Medio-basso
	○ Medio
	○ Medio-alto
	○ Alto



Visualizzazione in ambiente BIM secondo i valori di IVS



# CASE STUDY: ponte sul fiume Po

## Centralizzazione e trasmissione dati

Interoperabilità tra diverse tecnologie digitali basate su algoritmi di intelligenza artificiale (AI), centralizzazione dei dati su Database BIM (**Building Information Modelling**) e condivisione delle informazioni su piattaforma BMS (**Bridge Management System**) in Cloud. L' integrabilità del modello BIM nella piattaforma BMS garantisce:

- Gestione dell'intero processo di ispezione e diagnostica
- Accessibilità delle informazioni e dei dati presenti nei DB

Accessibilità alla rete wireless di sensori che tramite tecniche di Edge Computing che (**Internet of Things - IoT**) stabilisce le priorità degli interventi di manutenzione secondo soglie di allarme predefinite.

## VANTAGGI:

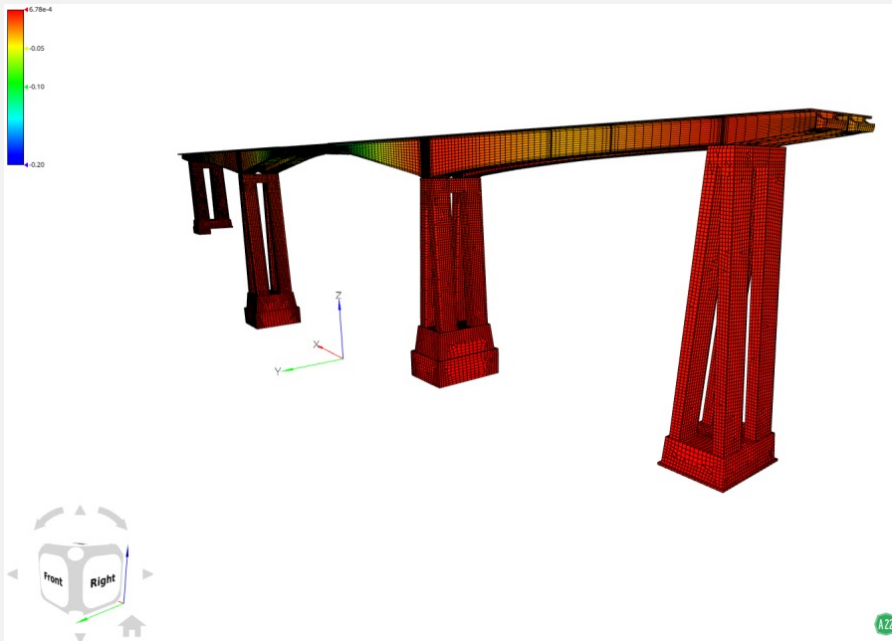
- Ispezione visiva ravvicinata in **completa sicurezza**
- Accuratezza del rilievo > 95%
- Livello di dettaglio 5 volte superiore all'ispezione visiva
- Riduzione tempi e costi per le attività di ispezione e analisi
- Blocco del traffico non necessario per le operazioni di rilievo
- Interoperabilità con gli attuali sistemi di gestione ponti (BMS)





# CASE STUDY: viadotto Colle Isarco

Il Gemello Digitale



# CASE STUDY: Gemello Digitale

Piattaforma digitale per il monitoraggio

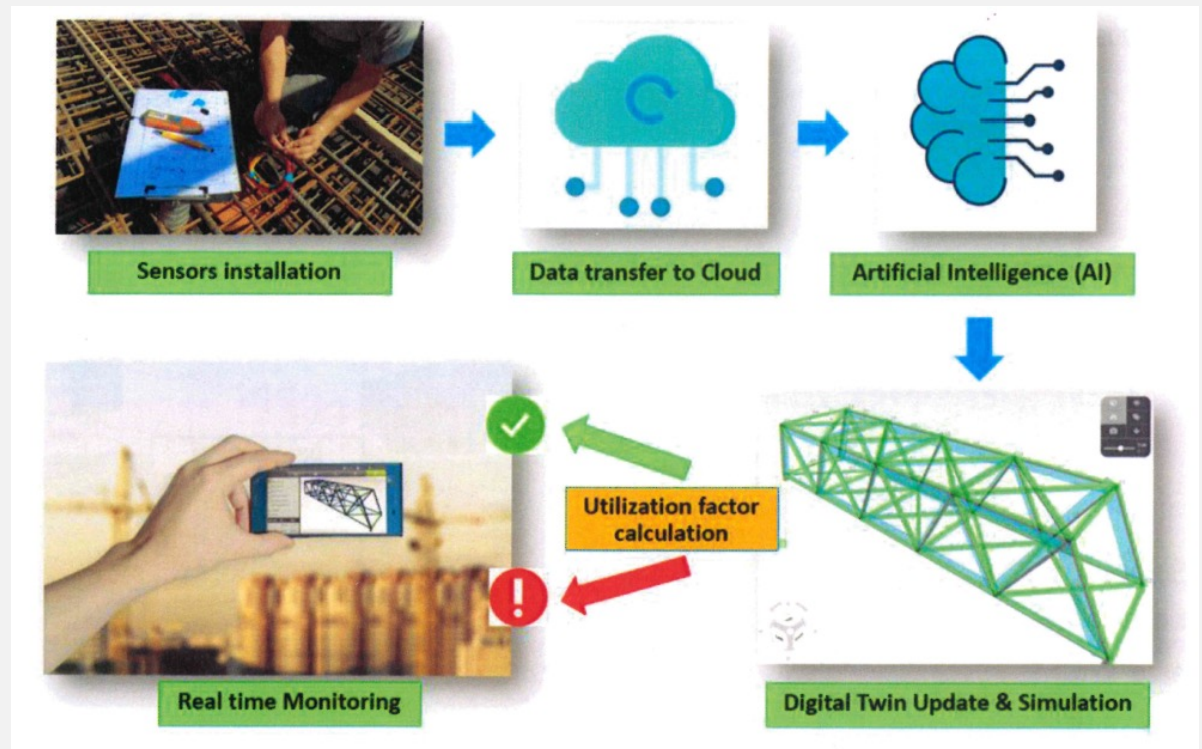


Sviluppo di un sofisticato **Digital Twin 3D** per simulare il comportamento globale della struttura sulla base dei dati derivanti dal monitoraggio

**Calibrazione** del modello mediante **analisi inversa** volta a minimizzare la discrepanza tra le misure e i risultati delle simulazioni numeriche.

Utilizzo di tecnologie di **intelligenza artificiale** per effettuare l'**analisi predittiva** del comportamento globale della struttura

Valutazione del **degrado**, ottimizzazione della pianificazione delle ispezioni e degli interventi di manutenzione.



# CASE STUDY: Gemello Digitale

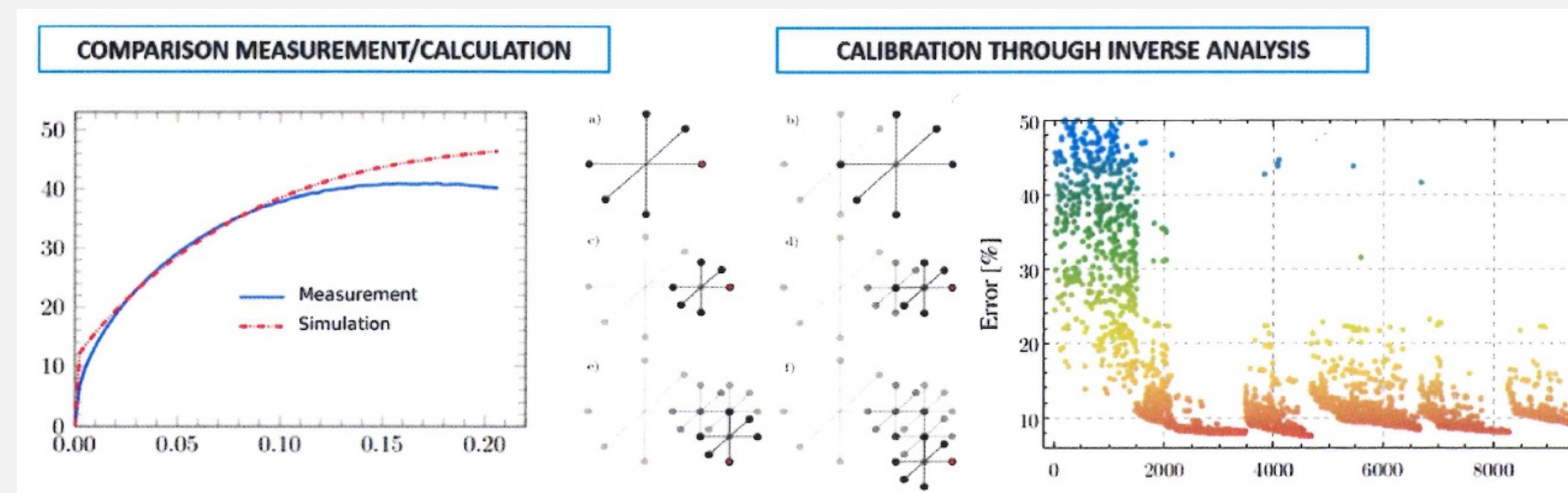
Calibrazione modello e analisi inversa

Incremento dell'**affidabilità** e della **precisione** attraverso la calibrazione iterativa.

Visualizzazione del gemello digitale **direttamente online** da qualsiasi dispositivo, sulla base di piattaforma web cloud-based.

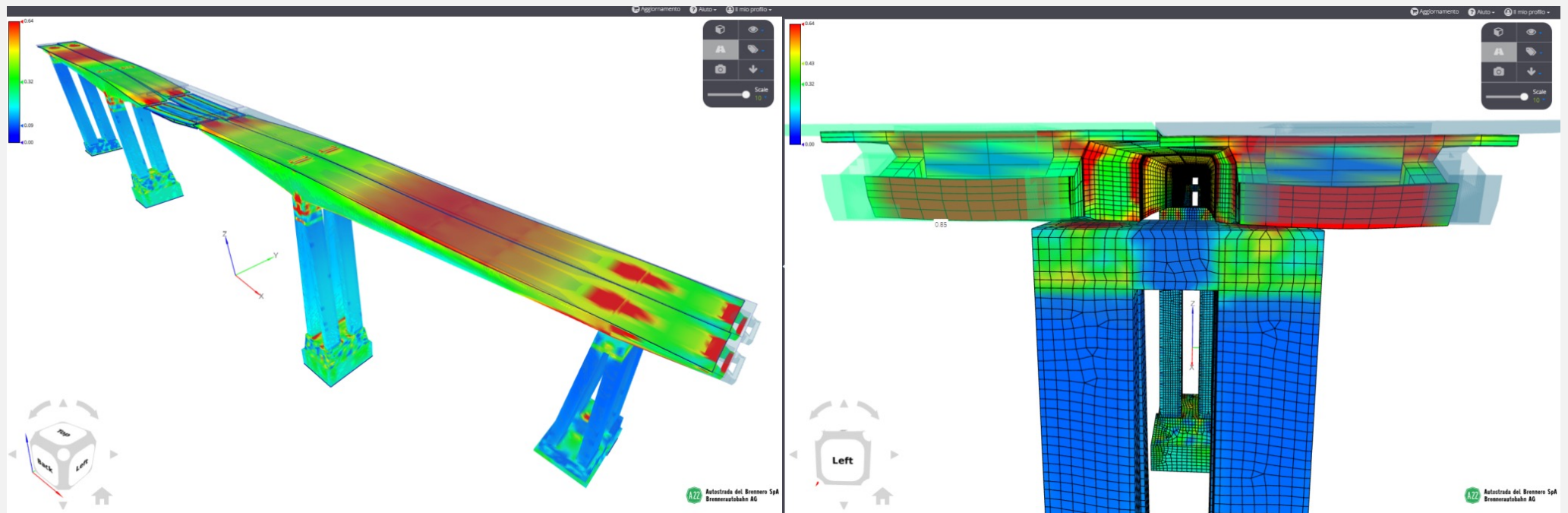
**Ispezione virtuale** 3D del viadotto, analisi dei risultati del calcolo strutturale FEM e visualizzazione in ogni punto del **fattore di utilizzo** della struttura.

Interoperabilità con tecnologie e formati **BIM** (Building Information Modelling).



# CASE STUDY: Gemello Digitale

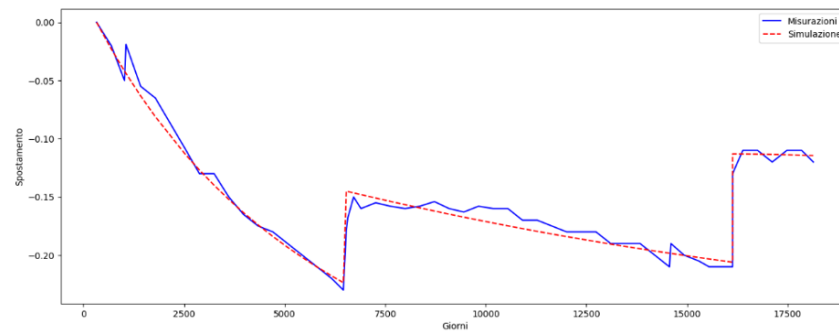
Fattore di utilizzo struttura



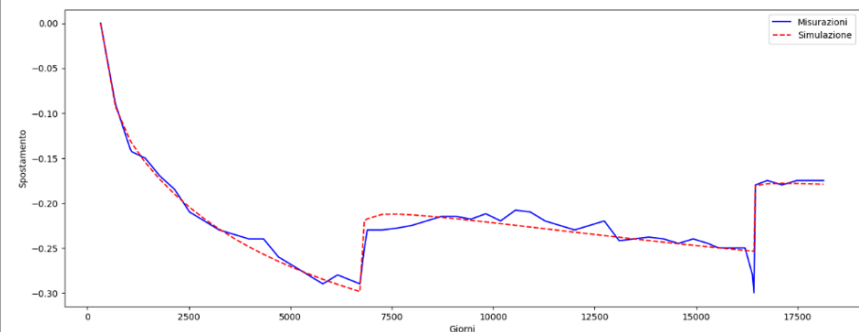
# CASE STUDY: Gemello Digitale

Elaborazione dati e analisi predittiva

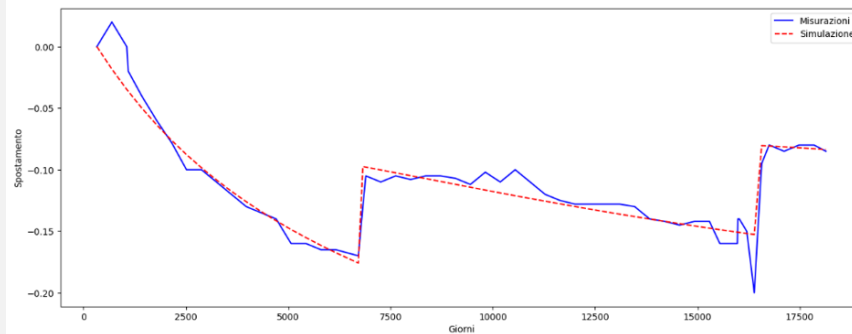
Via sud impalcato nord



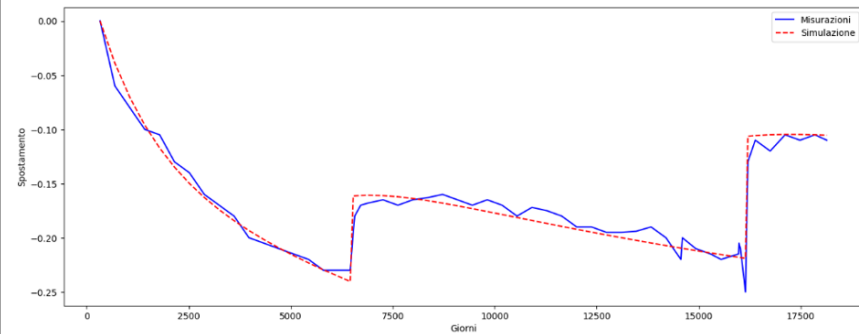
Via nord impalcato sud



Via nord impalcato nord



Via sud impalcato sud

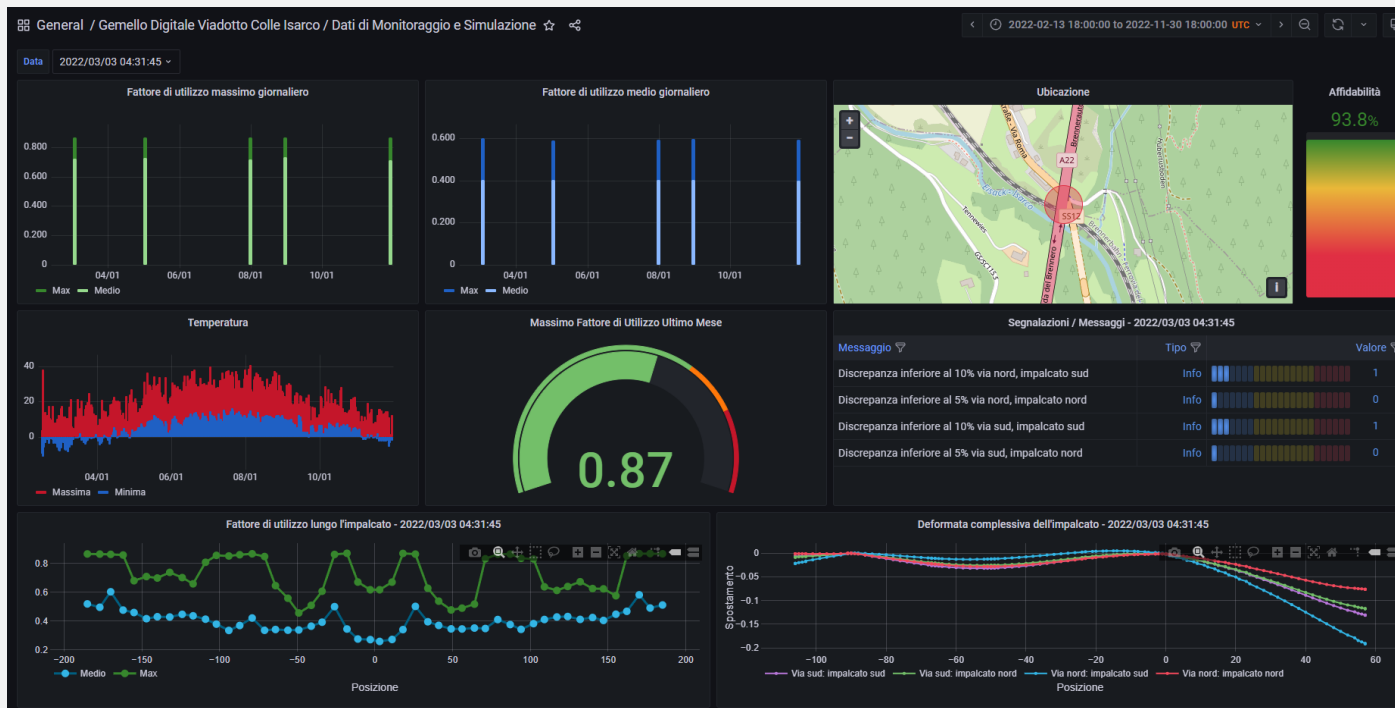


Autostrada del Brennero SpA  
Brennerautobahn AG

# CASE STUDY: Gemello Digitale

Elaborazione dati e analisi predittiva

- Calcolo dell'attuale **coefficiente di utilizzo** e verifica della **capacità portante** in ogni punto dell'elemento strutturale
- Utilizzo di modelli costitutivi in grado di simulare la risposta **non-lineare** del viadotto dovuta agli effetti termomeccanici, contatto, viscosità, interazione suolo-struttura, invecchiamento e danneggiamento
- **Elaborazione automatica** e visualizzazione grafica nel web-browser dai dati calcolati



# CASE STUDY: Gemello Digitale

Piattaforma digitale per il monitoraggio

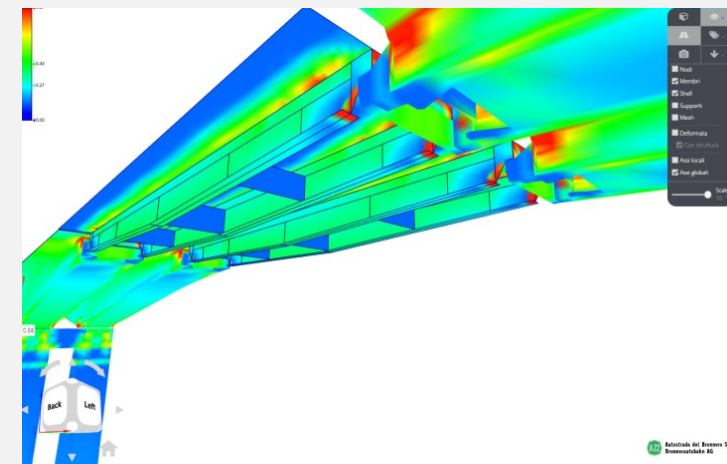
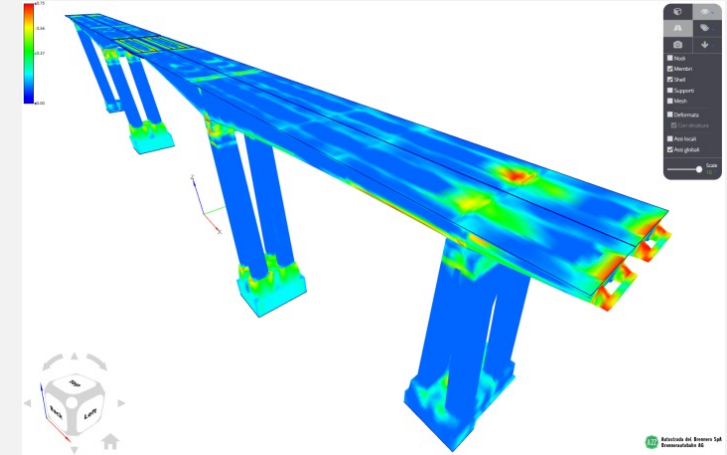
- Predisposizione di soglie di allarme e segnalazione in caso di **superamento di soglie** prestabilite
- Esportazione di una relazione tecnica dettagliata contenente le misurazioni eseguite, i risultati del calcolo strutturale e una valutazione approfondita dello stato attuale dell'opera



# CASE STUDY: Gemello Digitale

Obiettivi e vantaggi del sistema digitale

- **Incrementare** il grado di conoscenza della struttura
- Minimizzare il rischio di danni imprevisti
- Ottimizzare gli interventi di manutenzione estendendo la vita utile dell'opera
- Controllare in continuo il rischio di danno strutturale
- Identificare in maniera attendibile il **comportamento strutturale futuro** dell'opera
- Metodo rapido e affidabile per valutare lo stato dell'opera
- Sistema flessibile e indipendente dalla tipologia di sensori installati
- Piattaforma completamente personalizzabile ed estendibile a posteriori con sensoristica integrativa





# CASE STUDY: Gemello Digitale



**Autostrada del Brennero SpA**  
**Brennerautobahn AG**



**we**STATIX | **SHM**



**Autostrada del Brennero SpA**  
**Brennerautobahn AG**

**ing. Carlo Costa**  
Direttore Tecnico Generale  
Autostrada del Brennero SpA

*Quando si arriva al futuro, il  
nostro compito non è di  
prevederlo, ma piuttosto di  
consentire che accada*

**Antoine de Saint-Exupery**

