

Il controllo e il monitoraggio periodico delle gallerie storiche in esercizio: tecnologie innovative di diagnostica strumentale

Webinar



Collegio Ingegneri
Ferroviari Italiani
Sezione di Torino

Direzione Tecnica

Ing. Franco Iacobini– Standard Infrastruttura

Ing. Annalisa Pranno– Standard Infrastruttura

Ing. Gianluca Rebutini– Standard Infrastruttura

Direzione Operativa Infrastrutture Territoriale Torino

Ing. Gaetano Pitisci – Unità Territoriale Torino Linee Centro Sud

Ing. Rosella Greco – Unità Territoriale Torino Linee Nodo

17 settembre 2021



INDICE

- 1. Il processo di visita delle gallerie in RFI: sistema integrato di regole, tecnologie e persone**
- 2. Le normative di riferimento**
- 3. Le procedure e metodologie del Gestore infrastrutture**
- 4. Innovazione nelle visite ispettive delle gallerie**
- 5. Il Portale Multifunzione**




1. IL PROCESSO DI VISITA DELLE GALLERIE: SISTEMA INTEGRATO DI REGOLE, TECNOLOGIE PERSONE

REGOLE

Norme Tecniche e Procedure

- **REGOLAMENTO UE 1303/2014** agg. 2019 «*Specifiche Tecniche di Interoperabilità nelle gallerie ferroviarie*»
- **DM 28/10/2005** «*Sicurezza nelle gallerie ferroviarie*»

 **RFI**
RETE FERROVIARIA ITALIANA
 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

RFI DTC PSE 44 1 1

PROCEDURA - DTC PSE 44 1 1

VISITE DI CONTROLLO AI PONTI, ALLE GALLERIE E ALLE ALTRE OPERE D'ARTE DELL'INFRASTRUTTURA FERROVIARIA

RFI DTC PSE 44 1 1

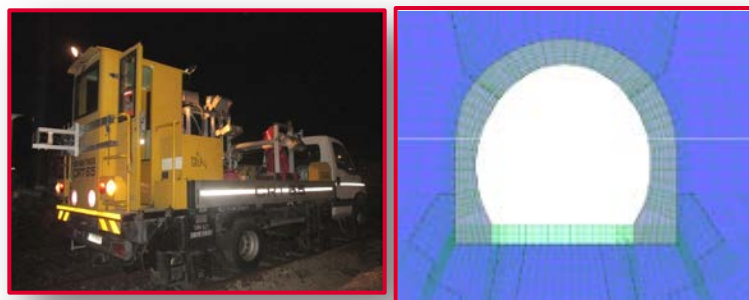
Documento di III Livello

METODOLOGIA OPERATIVA – DPR MO SE 03 1 0

*METODOLOGIA OPERATIVA
 COMPILAZIONE DEI VERBALI DI VISITA ALLE OPERE D'ARTE*

DPR MO SE 03 1 0
Documento di III Livello

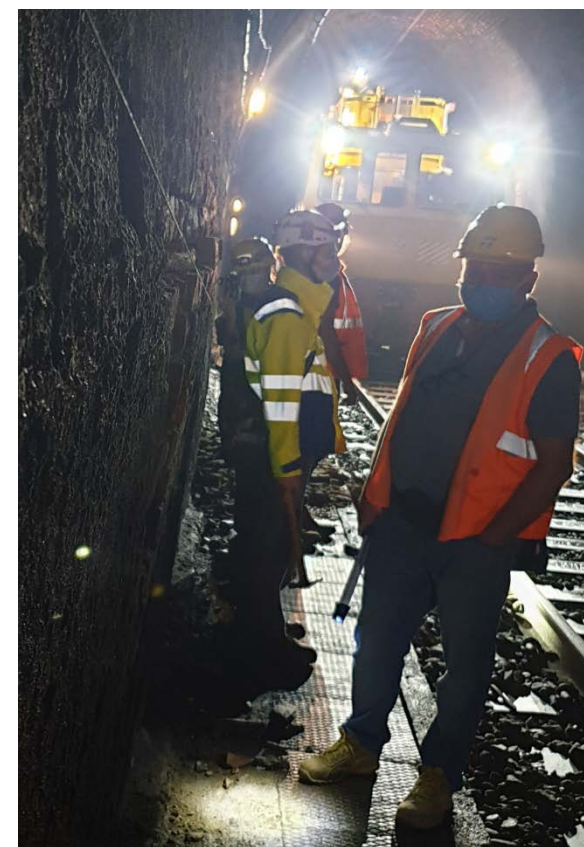
TECNOLOGIE



- **Sistema informativo di gestione (SIM)**
- **Sistemi strumentali di monitoraggio**
- **Software per la modellazione strutturale**

PERSONE

Giudizio esperto e qualificato dell'ingegnere strutturista e del geologo



2. LE NORME DI RIFERIMENTO

REGOLAMENTO UE 1303/2014 AGG. 2019 «SPECIFICHE TECNICHE DI INTEROPERABILITÀ NELLE GALLERIE FERROVIARIE»

Art. 4.5 Norme di manutenzione

Par. 4.5.1 Infrastruttura

«Prima della messa in servizio di una galleria, deve essere predisposto un piano di manutenzione comprendente quantomeno:

- verifiche periodiche e attività di assistenza necessarie a garantire il corretto funzionamento delle parti e dei sistemi di cui al punto (3 - Requisiti essenziali)».

DM 28/10/2005 «SICUREZZA NELLE GALLERIE FERROVIARIE»

Art. 12 Ispezione periodiche

1. «Il Gestore della infrastruttura effettua **ispezioni periodiche** al fine di garantire che tutte le gallerie contemplate nel presente Decreto siano mantenute conformi alle disposizioni dello stesso».
2. «Il **periodo intercorrente** fra due ispezioni consecutive di una determinata galleria è stabilito dal Gestore dell'infrastruttura e comunque **non deve superare i tre anni**. Delle singole ispezioni effettuate verrà redatto un **rapporto che sarà trasmesso al Ministero**».

Allegato II del DM 28/10/2005: Requisito minimo 1.1.5

«Devono essere previste **visite ispettive delle gallerie** e dei relativi **impianti ferroviari** nonché delle **predisposizioni di sicurezza** eventualmente previste all'esterno (strade, locali tecnici, ecc).

Tali visite andranno effettuate a **cadenze prestabilite**, secondo le modalità di cui all'art. 5 comma 3 del Decreto».

3. PROCEDURE E METODOLOGIE OPERATIVE DEL GESTORE INFRASTRUTTURA



PROCEDURA - DTC PSE 44 1 1



METODOLOGIA OPERATIVA DPR MO SE 03 1 0

Elementi chiave

- Censimento anagrafico delle opere d'arte della rete
- Periodicità delle visite
- Espressione di un giudizio sull'efficienza delle opere
- Rendicontazione ed archiviazione degli esiti delle ispezioni
- Pianificazione e programmazione dell'attività manutentiva

Consolidata
esperienza
applicativa



3. PROCEDURE E METODOLOGIE OPERATIVE DEL GESTORE INFRASTRUTTURA



PROCEDURA RFI DTC PSE 44 11 – PERIODICITÀ DELLE VISITE ALLE GALLERIE

Visite
Ordinarie

VISITE PERIODICHE ORDINARIE

- **Annuale** per quelle opere riscontrate nell'ultima precedente visita perfettamente integre per quanto può avere riflessi nei riguardi della sicurezza e della regolarità della circolazione dei treni;
- **Almeno semestrale** per quelle opere in cui sono state riscontrate anomalie o deficienze o che sono tenute in esercizio con particolari limitazioni e cautele.

Visite
Straordinarie

VISITE STRAORDINARIE

- A seguito di *eventi eccezionali* (alluvioni, terremoti, piene eccezionali, etc.);
- *Specialistiche* potranno essere disposte dai Dirigenti dell'UT o della SO Ingegneria, per l'effettuazione di specifici accertamenti sulle opere con caratteristiche strutturali o con ammaloramenti che richiedono un giudizio professionale di livello specialistico adeguato.

3. PROCEDURE E METODOLOGIE OPERATIVE DEL GESTORE INFRASTRUTTURA

PROCEDURA DTC PSE 44 11 - ISPEZIONI VISIVE

Il sistema standard di sorveglianza delle gallerie ferroviarie si basa su ispezioni visive condotte da tecnici specializzati normalmente in regime di interruzione della circolazione, a piedi e con l'ausilio di mezzi d'opera, con cadenze e modalità definite dall'Istruzione RFI DTC PSE 44 11.

I controlli visivi riguardano:

- le strutture murarie: rivestimenti, portali d'imbocco e relativi muri, nicchie, ecc..;
- le opere accessorie: impermeabilizzazioni, cunette di smaltimento delle acque, drenaggi, marciapiedi;
- le pertinenze del manufatto: scarpate delle trincee d'imbocco e i terreni sovrastanti.

Inoltre, durante la visita ispettiva viene posta la necessaria attenzione per:

- accertare l'efficienza delle opere di raccolta ed allontanamento delle acque di infiltrazione;
- verificare la presenza di eventuali inquinamenti della massicciata ed anomalità del piano di piattaforma.

3. PROCEDURE E METODOLOGIE OPERATIVE DEL GESTORE INFRASTRUTTURA

PROCEDURA DTC PSE 44 11 - ISPEZIONI VISIVE

TIPOLOGIE DI DIFETTI IN GALLERIA

Lo stato di «conservazione» delle gallerie può subire sensibili variazioni per il manifestarsi di fenomeni di degrado che possono interessare l'intera opera o parte di essa.

Tali fenomeni, che possono trarre origine da molteplici cause esogene o endogene, vengono inquadrati in **tipologie di ammaloramento**. Di seguito si riportano le principali tipologie di danneggiamento che è possibile rinvenire in galleria.



Lesioni e fessurazioni



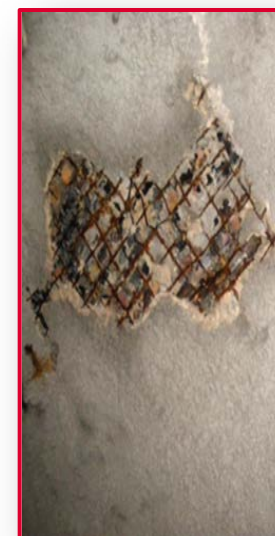
Espulsione della muratura-perdita di malta nei giunti



Sfaldatura e distacco del rivestimento



Infiltrazioni



Esposizione e corrosione armature



Inquinamento della massicciata per risalita di acqua

3. PROCEDURE E METODOLOGIE OPERATIVE DEL GESTORE INFRASTRUTTURA

PROCEDURA DTC PSE 44 11 - ISPEZIONI VISIVE

ALLEGATO 3 ALL'ISTRUZIONE DTC PSE 44 11 «CATALOGO DIFETTI GALLERIA»

Sono classificati e codificati i principali difetti riscontrabili nelle gallerie suddividendoli in funzione della tipologia di rivestimento e delle sue caratteristiche costruttive.

Muratura	
18 Difetti (M)	
DIFETTI IN ELEMENTI IN MURATURA	
M1	MACCHIA DI UMIDITA'
	
<p>Definizione: umidità nella muratura dovuta alla presenza di acqua a tempo del rivestimento o a dilavamento superficiale della muratura stessa.</p>	
<p>Modalità ispettive: visionare l'intera superficie degli elementi in muratura.</p>	
<p>Descrizione sintetica: presenza di umidità nella malta e nei mattoni. Di solito sono presenti delle zone in cui si concentra l'umidità. Queste zone assumono una tonalità di colore più scura e assumono l'aspetto di macchie. In alcuni casi è riconoscibile anche la presenza di acqua.</p>	
<p>Procedure e strumenti: attraverso il controllo visivo si possono individuare le macchie di umidità sulla superficie del rivestimento in muratura. Nel caso di presenza del difetto è necessario eseguire delle fotografie per la rilevazione dello stesso.</p>	

Calcestruzzo	
20 Difetti (C)	

DIFETTI IN ELEMENTI IN C.A. e C.A.P.	
C9	RIPRESE SUCCESSIVE DETERIORATE
	
<p>Definizione: fenomeni di deterioramento che compaiono in corrispondenza di riprese di getto eseguite successivamente alla messa in esercizio della struttura.</p>	
<p>Modalità ispettive: controllare le zone di rivestimento in cui precedentemente sottoposte a riparazione.</p>	
<p>Descrizione sintetica: ammorbidimento, distacco, fessurazione del cis in corrispondenza di zone in cui sono state effettuate riparazioni localizzate o riprese di getto.</p>	
<p>Procedure e strumenti: a seconda del tipo di degrado che si presenta può essere necessaria una diversa strumentazione. Tuttavia per il semplice ammorbidimento o fessurazione è sufficiente il metro. Fotografare in presenza del difetto.</p>	

Rivestimenti in calcestruzzo proiettato	
10 Difetti (SB)	

DIFETTI IN RIVESTIMENTI IN SPRITZBETON	
SB3	SFALDATURA / ESPULSIONE RIVESTIMENTO
	
<p>Definizione: ammorbidimento della superficie del rivestimento in calcestruzzo spruzzato. Lo strato superficiale del rivestimento spruzzato presenta zone sgraffolate, frantumate, esfoliate o sfaldate o distacco completo del rivestimento in spritzbeton.</p>	
<p>Modalità ispettive: visionare l'intera superficie del rivestimento in calcestruzzo spruzzato, in particolare la zona della calotta in prossimità della chiave di volta. Valutare le porzioni di superficie interessate da sfaldatura o distacchi lineari.</p>	
<p>Descrizione sintetica: fenomeno di distacco/sfaldatura della superficie del calcestruzzo spruzzato, spesso evidente nella zona della chiave di volta, dovuto allo scarso legame tra il rivestimento in spritzbeton e il rivestimento originario.</p>	
<p>Procedure e strumenti: data la tipologia del difetto è sufficiente la semplice ispezione visiva per la validazione del difetto. In caso di presenza del difetto eseguire foto delle zone degradate.</p>	

Difettosità comuni	
4 Difetti (G)	

DIFETTI GENERICI IN GALLERIA	
G3	ALLAGAMENTO
	
<p>Definizione: Presenza di acqua/fango nelle vicinanze della sede ferroviaria (marciapiede, nicchie, cunetta) per effetto di percolazione dal rivestimento o intasamento degli elementi di drenaggio (cunetta).</p>	
<p>Modalità ispettive: visionare la sede ferroviaria e valutare le zone interessate dalla presenza di acqua/fango e verificare l'intasamento degli elementi di drenaggio (cunetta).</p>	
<p>Descrizione sintetica: la sede ferroviaria è interessata dalla presenza di acqua/fango per effetto di percolazione dal rivestimento o intasamento degli elementi di drenaggio (cunetta).</p>	
<p>Procedure e strumenti: il controllo visivo della sede ferroviaria e degli elementi di drenaggio è sufficiente per la valutazione delle porzioni interessate dalla Presenza di acqua/fango. Riportare foto in presenza del difetto.</p>	

3. PROCEDURE E METODOLOGIE OPERATIVE DEL GESTORE INFRASTRUTTURA



METODOLOGIA OPERATIVA DPR MO SE 03 1 0

«COMPILAZIONE DEI VERBALI DI VISITA PER LE OPERE D'ARTE»

Scopo

«Fornire indicazioni sulle modalità di verbalizzazione delle visite alle Opere d'arte, sulle attività preliminari, sulle strumentazioni e sui mezzi d'opera necessari per l'esecuzione delle visite stesse e sulla gestione della documentazione tecnica e di supporto della stessa visita nel rispetto di quanto disposto dalla procedura **DTC PSE 44 1 1** »

Gli esiti delle visite effettuate sulle opere d'arte vengono registrati in appositi verbali detti “**AVVISI V1**” successivamente archiviati nei data base aziendali.

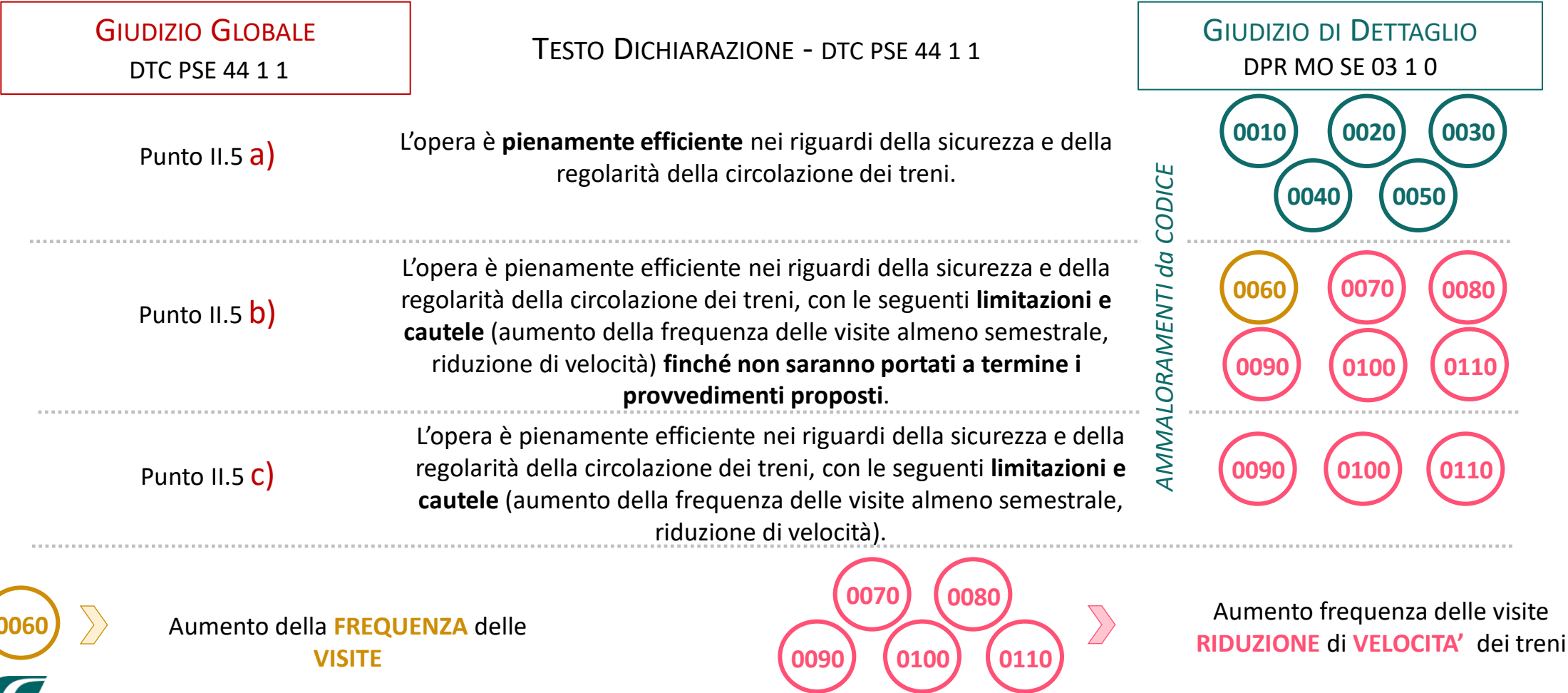
Negli “**AVVISI V1**” vengono registrate, oltre ad una serie di dati identificativi dell'ispezione (data, orario, num. di avviso, etc.), anche le seguenti informazioni:

- la «**parte d'opera**», dove è localizzato il difetto;
- il «**modo di guasto**», ossia la difettosità riscontrata;
- la «**causa del guasto**»;
- il «**codice di giudizio di dettaglio**».

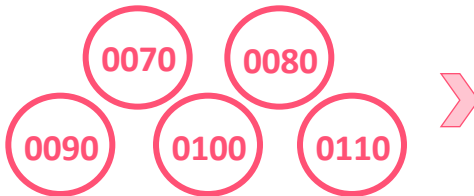
3. PROCEDURE E METODOLOGIE OPERATIVE DEL GESTORE INFRASTRUTTURA

PROCEDURA DTC PSE 44 11 – ESPRESSIONE DEL GIUDIZIO

Tutte le registrazioni sullo *stato di conservazione delle opere* devono contenere per ciascuna opera visitata un *giudizio globale* (ai sensi della DTC PSE 44 1 1) e un *giudizio di dettaglio* (ai sensi della DPR MO SE 03 1 0).



Aumento della **FREQUENZA** delle **VISITE**



Aumento frequenza delle visite
RIDUZIONE di **VELOCITA'** dei treni

4. INNOVAZIONE NELLE VISITE ISPETTIVE DELLE GALLERIE

ATTIVITÀ DI DIAGNOSTICA INTRAPRESE DA RFI

Sperimentazione ristretta 2013

Nel 2013 RFI ha eseguito un'attività di rilievo sperimentale per testare n.3 differenti sistemi di diagnostica mobile per le gallerie

Gallerie interessate: n.4, estesa pari a 6 km .ca

Esiti: considerate le prestazioni in termini di velocità di rilievo e risoluzione dei dati restituiti, è stato scelto il sistema 'Tunnelings' per la sperimentazione allargata

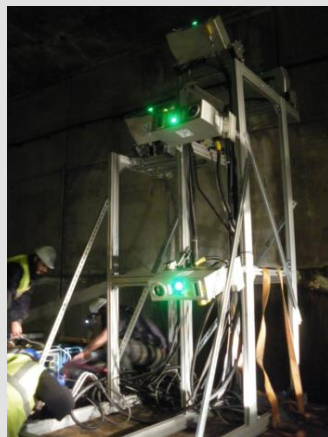


Sperimentazione allargata 2015-2016

Nel biennio 2015-2016 RFI ha eseguito una sperimentazione per testare il sistema 'Tunnelings' su un campione esteso di gallerie appartenenti alle DOIT di Genova e Reggio Calabria

Gallerie interessate: n.498, estesa pari a 420 km .ca

Esiti: Il sistema ha confermato l'affidabilità nella individuazione dei difetti e nel rilievo geometrico delle gallerie. Sulla base dei risultati dei rilievi è stato elaborato un algoritmo per valutare lo stato di conservazione delle gallerie.



Accordo Quadro 2020-2023

Nel 2017 RFI ha pubblicato un bando di gara per l'attività di diagnostica mobile delle gallerie delle rete nazionale.

A Febbraio 2020 è avvenuta l'aggiudicazione definitiva e a Luglio 2020 sono state avviate le attività di rilievo con sistema di diagnostica mobile.

Gallerie interessate: n.1263, estesa pari a 1147 km .ca (13 DOIT)

Esiti: i rilievi sono in corso. Attualmente sono state rilevate n.520 gallerie, estesa pari a 510 km .ca (DOIT di Napoli, Torino, Bologna, Bari e Ancona)



4. INNOVAZIONE NELLE VISITE ISPETTIVE DELLE GALLERIE

COMPONENTI DEL SISTEMA DI DIAGNOSTICA MOBILE

Le ispezioni sono condotte mediante un **mezzo bimodale** equipaggiato con un set di **6/8 laser camera 3D** in grado di restituire una nuvola di punti 3D con risoluzione millimetrica alla **velocità di 30 km/h**.

Il Sistema prevede inoltre:

- un dispositivo **Lidar**
- un **odometro** ad alta precisione
- una **piattaforma inerziale** su ciascuna laser camera



Mezzo bimodale



Installazione strumenti di rilievo



Laser Camera 3D

4. INNOVAZIONE NELLE VISITE ISPETTIVE DELLE GALLERIE

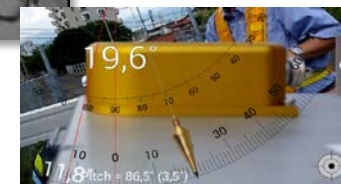
COMPONENTI DEL SISTEMA DI DIAGNOSTICA MOBILE

Le **laser camera 3D** rilevano il rivestimento delle gallerie restituendo una nuvola di punti a 360° con risoluzione pari a 3mm in direzione longitudinale, 1 mm in direzione trasversale e 0.5 mm in direzione radiale. La nuvola di punti è impiegata per l'individuazione dei difetti sul rivestimento.



Il dispositivo **LIDAR** rileva il rivestimento delle gallerie restituendo una nuvola di punti a 360° con risoluzione centimetrica nelle 3 direzioni (longitudinale, trasversale e radiale). La nuvola di punti è impiegata per il rilievo delle sezioni trasversali, utili anche per le verifiche di transitabilità della linea ferroviaria.

L'**odometro** e la **piattaforma inerziale** costituiscono il sistema di localizzazione. Tale sistema è necessario per correlare i dati rilevati alla traiettoria percorsa e alla progressiva chilometrica della linea.

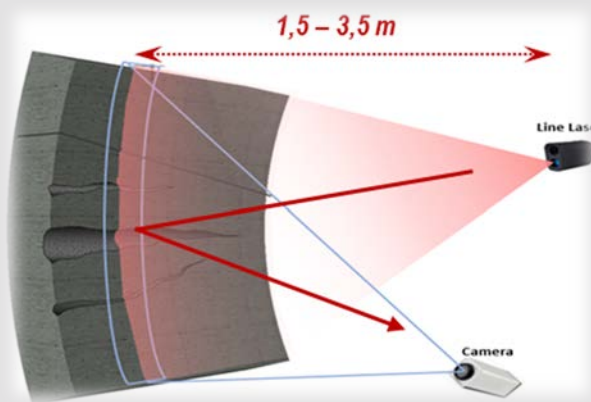


4. INNOVAZIONE NELLE VISITE ISPETTIVE DELLE GALLERIE

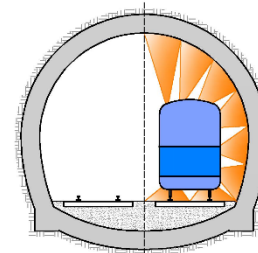
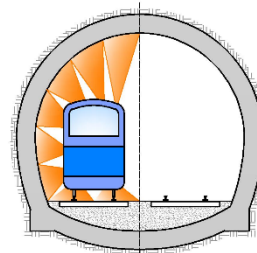
CONFIGURAZIONE DEL SISTEMA DI DIAGNOSTICA MOBILE

Il campo di acquisizione delle laser camera è limitato ad una distanza compresa tra 1.5 m e 3.5 m dalla camera.

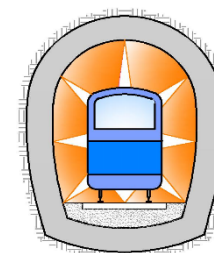
Ogni laser camera 3D rileva una porzione di rivestimento di larghezza pari a 2 m.



Necessità di adottare diverse configurazioni per il rilievo di gallerie a singolo e doppio binario



Doppio binario: 2 PASSAGGI



Singolo binario: 1 PASSAGGIO

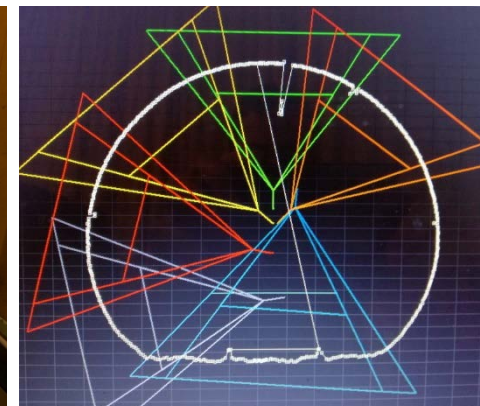
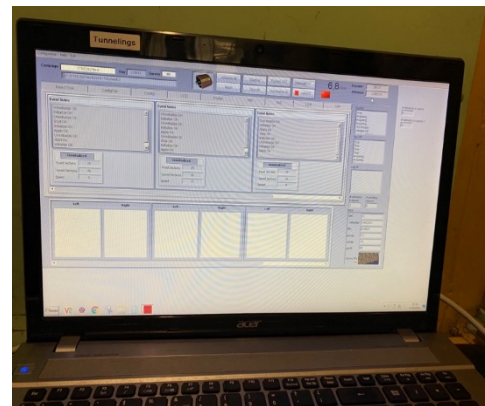


4. INNOVAZIONE NELLE VISITE ISPETTIVE DELLE GALLERIE

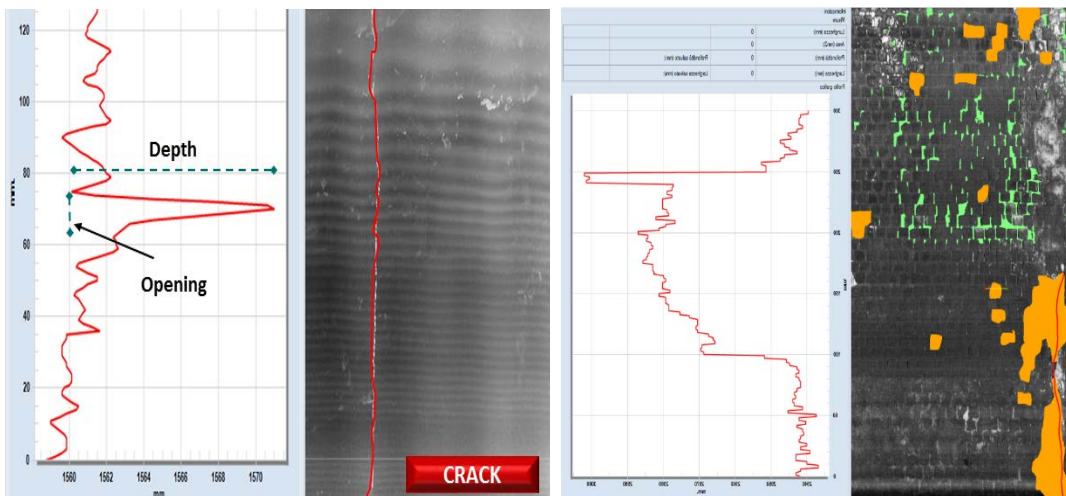
SOFTWARE

Il **Software di acquisizione**, installato su un pc a bordo macchina, consente di gestire le laser camera, le unità di acquisizione e l'odometro.

Il software consente di monitorare in tempo reale le porzioni di rivestimento rilevate da ciascuna laser camera ed effettuare eventualmente correzioni in fase di rilievo.



Monitoraggio acquisizione dati



Visualizzazione dei difetti individuati

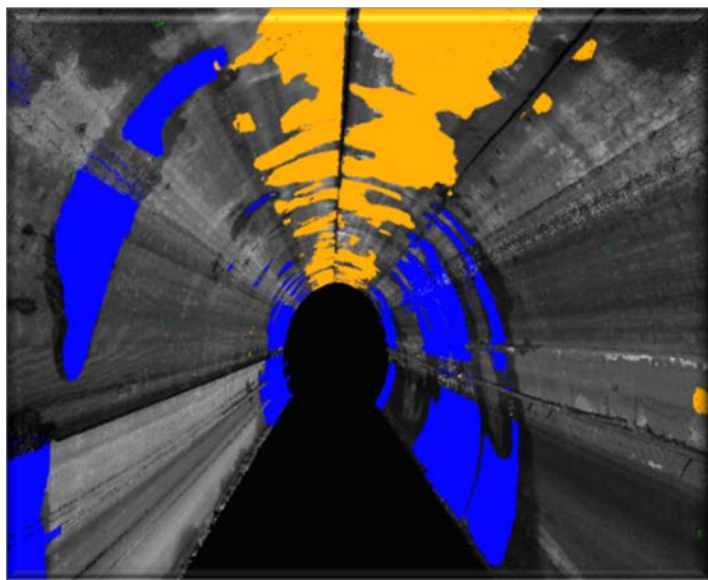
Il **Software di post-processing** elabora i dati acquisiti, identifica automaticamente i difetti presenti sul rivestimento, classifica i difetti secondo le famiglie di appartenenza e ne misura estensione ed intensità.

4. INNOVAZIONE NELLE VISITE ISPETTIVE DELLE GALLERIE

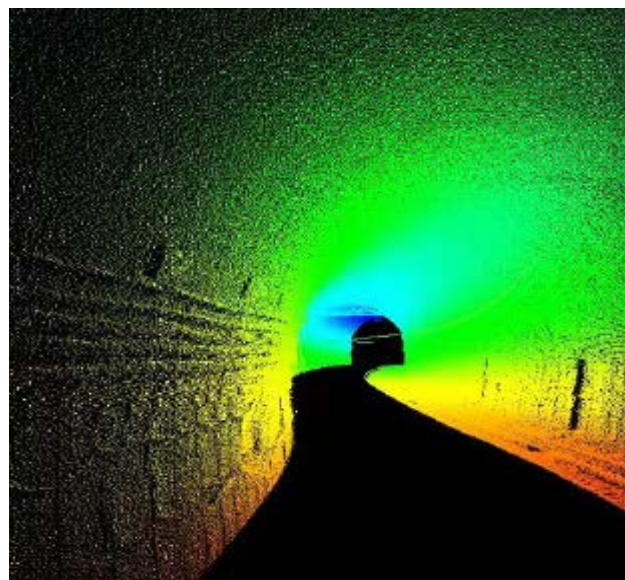
SOFTWARE

Il **Software di visualizzazione** consente di esplorare, eseguire misurazioni e visualizzare:

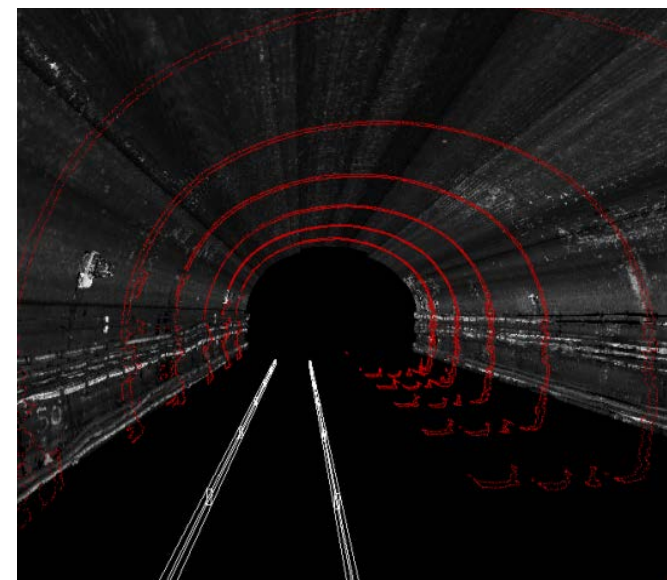
- la nuvola di punti 3D con i difetti identificati (Laser Camera)
- la ricostruzione 3D della galleria (LIDAR)
- le sezioni trasversali



Nuvola di punti 3D con individuazione dei difetti



Ricostruzione 3D Sistema LIDAR



Analisi delle sezioni trasversali

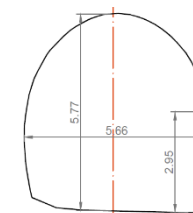
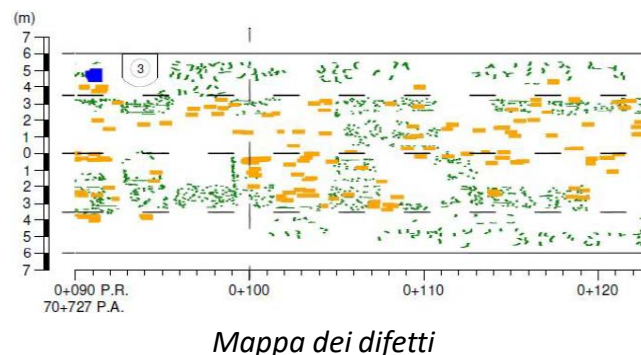
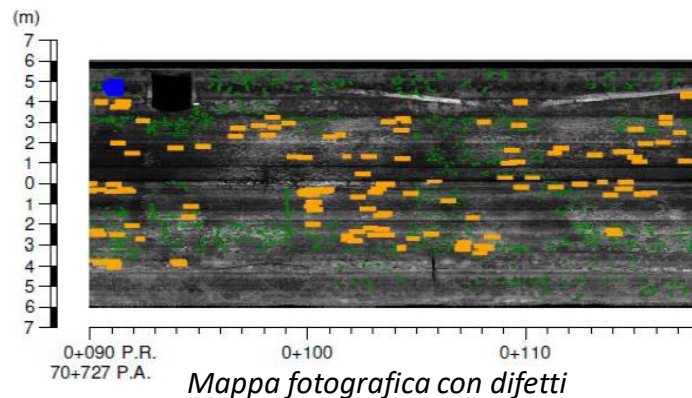
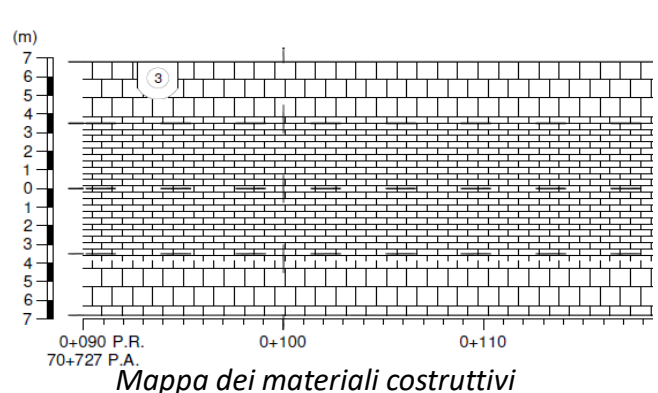
4. INNOVAZIONE NELLE VISITE ISPETTIVE DELLE GALLERIE

REPORT

Per ogni galleria rilevata viene fornito un **Report** che contiene informazioni sulla galleria e sui difetti identificati.

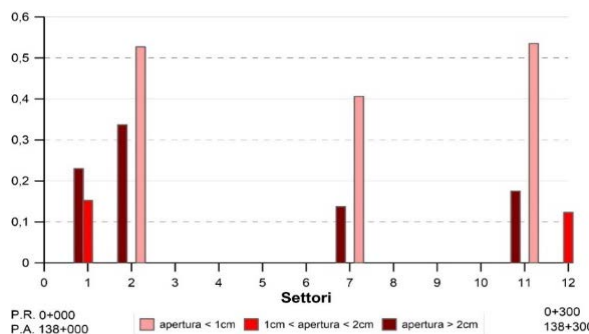
Il report è costituito da diverse appendici:

- *Mappa dei materiali costruttivi*
- *Mappa fotografica con difetti*
- *Mappa dei difetti*
- *Sezioni trasversali*
- *Tabelle e grafici relativi ai difetti*



SEZIONE: N.29 - 0+725m
 AREA: 27,8m²
 PERIMETRO: 19,4m

Sezioni trasversali



Pendenza di rivestimento					
Numer n	Settore	Progressiva	Estensione (m)	Estensione superficiale (m ²) Classe di intensità	
				Moderata	Grave
1	0-25	25	0,262	0,072	-
2	25-50	25	0,044	1,584	-
3	50-75	25	-	1,336	-
4	75-100	25	0,138	1,788	-
5	100-125	25	-	0,136	-
6	125-150	25	-	0,005	-
7	150-175	25	-	-	-
8	175-200	25	0,142	2,140	-
9	200-225	25	-	1,148	-
10	225-250	25	-	1,841	-
11	250-275	25	-	0,661	-
12	275-300	25	-	0,243	-
13	300-325	25	-	-	-
14	325-350	25	-	-	-
15	350-375	25	-	0,215	-
16	375-400	25	-	-	-
17	400-425	25	-	0,082	-
18	425-450	25	-	0,595	-
19	450-475	25	-	-	-
20	475-500	25	-	-	-
21	500-525	25	-	-	-
22	525-550	25	-	-	-
23	550-575	25	-	-	-
24	575-597	22	-	-	-

Tabella descrittiva difetti

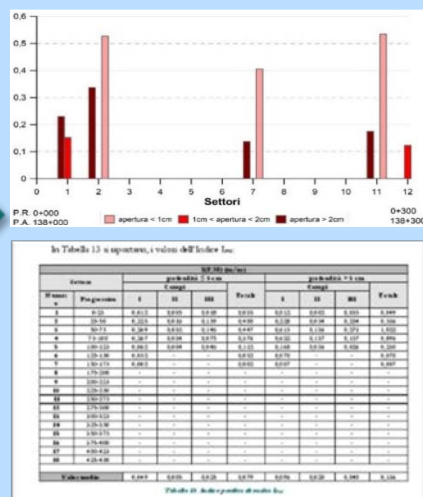
4. INNOVAZIONE NELLE VISITE ISPETTIVE DELLE GALLERIE

ALGORITMO VALUTAZIONE STATO DI DANNEGGIAMENTO GALLERIE

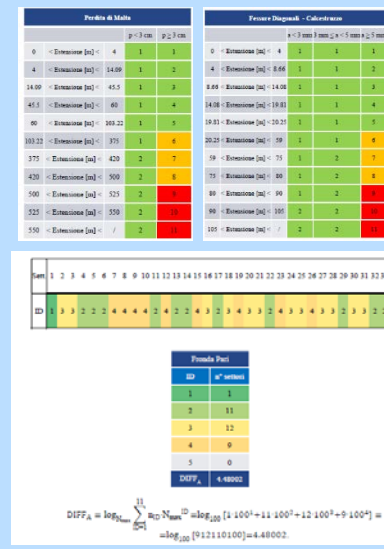
RILIEVO IN GALLERIA



ANALISI DEI DATI



APPLICAZIONE ALGORITMO DI VALUTAZIONE



DEFINIZIONE PRIORITÀ DI INTERVENTO



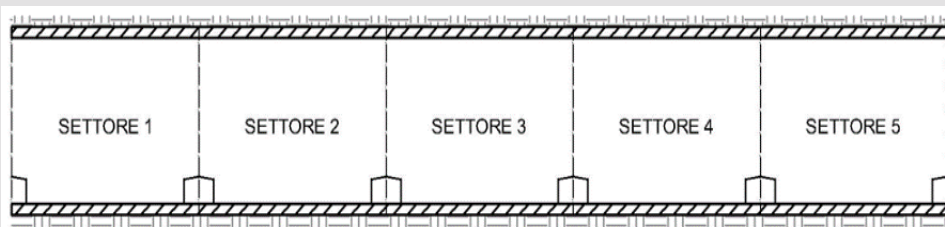
La SO Gallerie della Direzione Tecnica di RFI ha sviluppato un algoritmo (validato dal DICAM dell'Università di Trento) per valutare lo stato di danneggiamento delle gallerie a partire dai dati relativi ai difetti rilevati mediante sistemi di diagnostica mobile. E' in corso l'applicazione in via sperimentale sulle gallerie rilevate nell'ambito dell'Accordo Quadro.

4. INNOVAZIONE NELLE VISITE ISPETTIVE DELLE GALLERIE

ALGORITMO VALUTAZIONE STATO DI DANNEGGIAMENTO GALLERIE

Discretizzazione della galleria

Per l'applicazione dell'algoritmo le gallerie sono suddivise in settori (tratti anulari) di estensione pari a 25 m



Classificazione difetti in 7 famiglie

- Fessure (longitudinali, trasversali e diagonali)
- Perdita di malta tra gli elementi resistenti
- Perdita di rivestimento
- Superfici umide e infiltrazioni d'acqua
- Distacchi e crolli

Funzionamento con verifica di condizioni logiche

L'algoritmo si basa sul principio del danno più critico, il quale prevede di individuare una condizione logica sufficiente per iscrivere la galleria in una determinata classe di danneggiamento

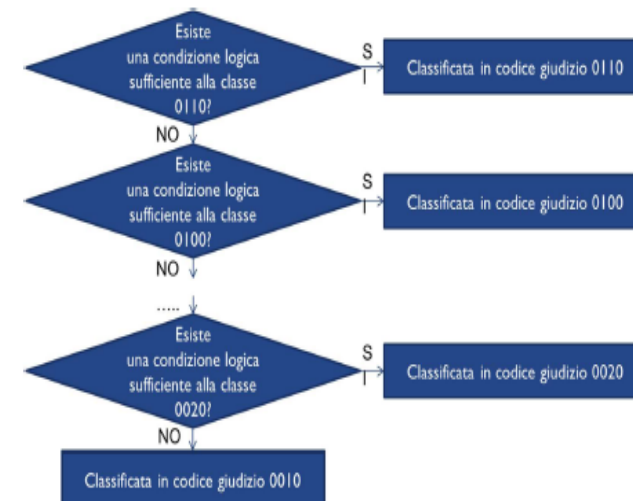
Definizione stato di danneggiamento della galleria

Lo stato di danneggiamento della galleria è espresso mediante 2 indici adimensionali:

- Indice di Danno (ID)**, esprime la severità dei difetti rilevati
- Indice di Diffusione (IDIFF)**, indica la diffusione dei difetti rilevati. A parità di ID, I_{DIFF} consente di definire la **Graduatoria di Priorità di Interventi** manutentivi

Difetto		Galleria A	
Estensione	Indice di Danno (ID)	ID	n° settori
Soglia 1	1	1	0
Soglia 2	2	2	91
Soglia 3	3	3	37
Soglia 4	4	4	3
Soglia 5	5	5	2
Soglia 6	6	6	3
Soglia 7	7	7	0
Soglia 8	8	8	0
Soglia 9	9	9	0
Soglia 10	10	10	0
Soglia 11	11	11	0
		I_{DIFF}	6.24

Tabelle ID e IDIFF



Schema logico principio danno più critico

4. INNOVAZIONE NELLE VISITE ISPETTIVE DELLE GALLERIE

ALGORITMO VALUTAZIONE STATO DI DANNEGGIAMENTO GALLERIE

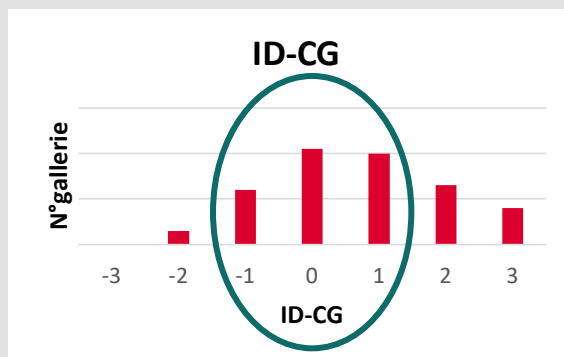
Il DICAM dell'Università di Trento ha calibrato l'algoritmo sulla base dei Codici di Giudizio attribuiti dagli ispettori alle gallerie a seguito delle visite alle opere d'arte.

Campione di gallerie analizzato: n.106

La correlazione tra Indice di danno e Codice di giudizio è moderata/forte

La SO Gallerie ha applicato l'algoritmo per valutare lo stato di conservazione delle gallerie rilevate nell'ambito dell'Accordo Quadro in corso e ha valutato la correlazione con i Codici di Giudizio attribuiti dagli ispettori.

L'analisi ha confermato una correlazione moderata/forte tra Indice di danno e Codice di giudizio



La maggioranza delle gallerie del campione ricade nella fascia di elevata correlazione tra Indice di Danno e Codice di Giudizio $ID-CG \in [-1;+1]$

Sono state approfondite le gallerie che non mostrano una buona correlazione con l'algoritmo. Tali casi dipendono da:

- impossibilità del sistema 'Tunnelings' di rilevare alcuni difetti (p.e. inquinamento massicciata e rischio di corrosione per le rotaie)
- difficoltà dell'ispettore nel valutare e quantificare alcuni difetti

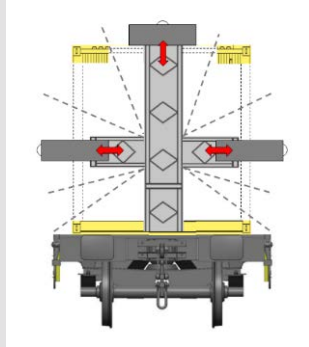
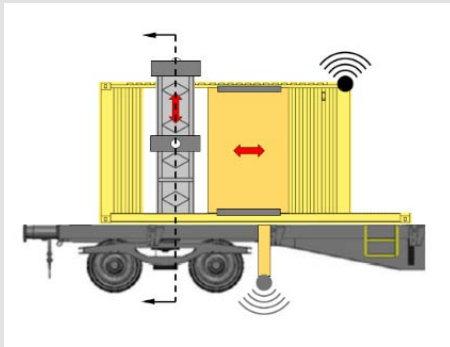
4. INNOVAZIONE NELLE VISITE ISPETTIVE DELLE GALLERIE

SVILUPPI FUTURI

A Dicembre 2020 è stato pubblicato un bando di gara per la fornitura di n.4 Convogli Diagnostici Multifunzione, attrezzati con un sistema di monitoraggio dei difetti delle gallerie costituito da: Laser Camera ad alta risoluzione, Telemetri Laser e Termocamere

Le attività oggetto del bando consistono in:

- Fornitura e predisposizione dei carri atti ad ospitare la strumentazione di misura
- Fornitura e predisposizione delle carrozze pilota atte ad ospitare le postazioni diagnostiche
- Progettazione e fornitura completa dei sistemi di monitoraggio dei difetti delle gallerie
- Servizio di Full Maintenance Service per i rotabili e i sistemi di monitoraggio



Schemi carro attrezzato con sistema per monitoraggio gallerie

GANTT 2021-2024

Attività	2021	2022	2023	2024
Attività negoziale	■			
Fornitura convoglio testa di serie (n.1)		■		
Fornitura convogli serie (n.2/3/4)				■
Attivazione servizi di manutenzione				◆

4. INNOVAZIONE NELLE VISITE ISPETTIVE DELLE GALLERIE

CONCLUSIONI

L'impiego del sistema di diagnostica mobile comporta numerosi vantaggi rispetto alle tradizionali visite di controllo alle gallerie, in quanto:

- consente di effettuare i rilievi in **tempi ridotti**, minimizzando l'occupazione della linea ferroviaria (produttività di rilievo fino a 35 km/notte per gallerie a SB e a 18 km/notte per gallerie DB)
- **quantifica estensione e intensità dei difetti** rilevati, garantendo oggettività di giudizio e consentendo il monitoraggio nel tempo di ciascun difetto
- garantisce **elevata affidabilità anche con scarse condizioni di visibilità** e assenza di illuminazione
- **elimina il problema dell'ispezione ravvicinata** di alcune porzioni del rivestimento (p.e. rivestimento in calotta alla quota della linea di contatto)
- consente la visualizzazione dei dati da PC a seguito del rilievo. L'analisi e la valutazione della galleria può essere effettuata a posteriori da tecnici specializzati **ottimizzando le risorse in campo**
- fornisce i dati di **input per l'applicazione di algoritmi** per la valutazione dello stato di conservazione delle gallerie

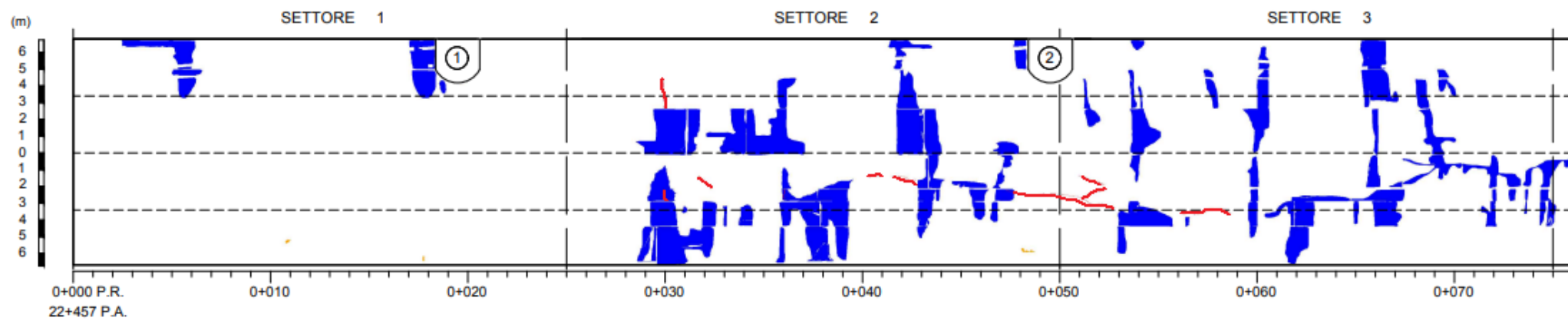
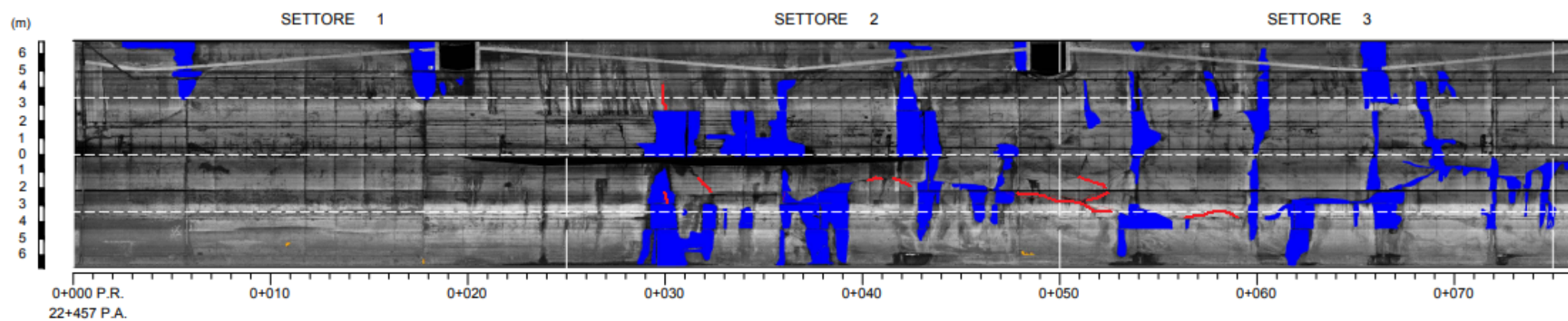
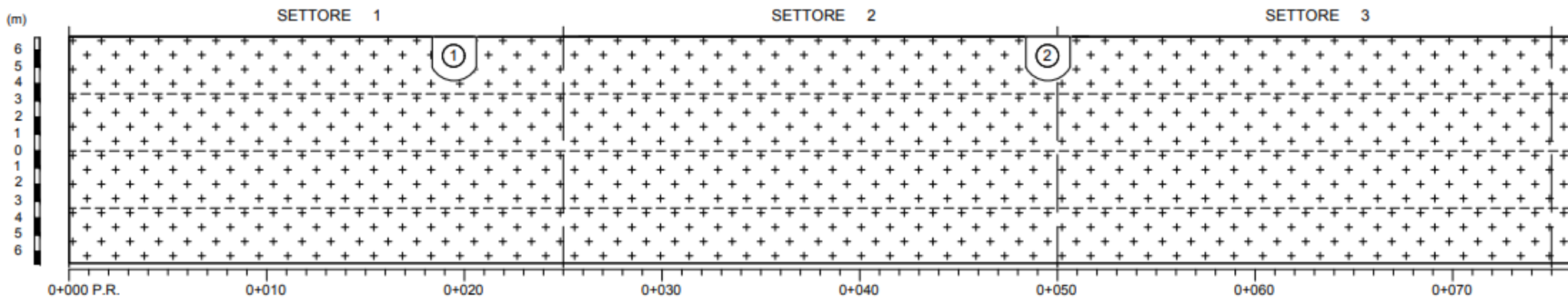
I limiti del sistema di diagnostica mobile risiedono nella impossibilità di rilevare alcuni difetti presenti nel catalogo difetti di RFI, quali ad esempio la rottura dell'arco rovescio, rilevabili invece dagli ispettori in loco.

4. INNOVAZIONE NELLE VISITE ISPETTIVE DELLE GALLERIE

GALLERIA SERRE LA VOUTE PARI, KM 22+457-KM 24+466, LINEA TORINO-MODANE

- Galleria a semplice binario di 2009 m
- Sezione trasversale con superficie pari a circa 24 mq, senza cambiamenti significativi lungo la lunghezza del tunnel
- Rivestimento in calcestruzzo
- Principali difetti presenti: infiltrazioni d'acqua e macchie di umidità, lesioni in taluni settori

4. INNOVAZIONE NELLE VISITE ISPETTIVE DELLE GALLERIE



4. INNOVAZIONE NELLE VISITE ISPETTIVE DELLE GALLERIE

GALLERIA SERRE LA VOUTE PARI, KM 22+457-KM 24+466, LINEA TORINO-MODANE

Fessure longitudinali					
Settore			Estensione lineare (m)		
			Classe di intensità		
Settore	Progressiva	Estensione (m)	Lieve	Moderata	Grave
1	0-25	25	-	-	-
2	25-50	25	0,903	-	2,008
3	50-75	25	-	-	12,016
4	75-100	25	-	-	1,919
5	100-125	25	-	-	2,159
6	125-150	25	-	1,905	2,925
7	150-175	25	-	-	13,230
8	175-200	25	-	-	3,033
9	200-225	25	-	-	-
10	225-250	25	-	-	7,128
11	250-275	25	-	2,540	2,399
12	275-300	25	-	-	1,100
13	300-325	25	-	-	5,016
14	325-350	25	-	3,488	-
15	350-375	25	-	-	-
16	375-400	25	-	-	-
17	400-425	25	-	-	-
18	425-450	25	-	-	4,381
19	450-475	25	-	-	1,633
20	475-500	25	-	-	7,533



Lesioni orizzontali all'attacco del piedritto destro calotta tra nicchia 2 e 3

4. INNOVAZIONE NELLE VISITE ISPETTIVE DELLE GALLERIE

GALLERIA SERRE LA VOUTE PARI, KM 22+457-KM 24+466, LINEA TORINO-MODANE

Superfici umide ed infiltrazioni d'acqua			
Settore			Estensione superficiale (m ²)
Numero	Progressiva	Estensione (m)	
1	0-25	25	6,272
2	25-50	25	41,678
3	50-75	25	30,651
4	75-100	25	17,675
5	100-125	25	9,862
6	125-150	25	-
7	150-175	25	14,772
8	175-200	25	56,811
9	200-225	25	33,465
10	225-250	25	-
11	250-275	25	4,148
12	275-300	25	0,028
13	300-325	25	14,076
14	325-350	25	14,732
15	350-375	25	44,444
16	375-400	25	20,518
17	400-425	25	0,716
18	425-450	25	11,640
19	450-475	25	75,079
20	475-500	25	94,167



Percolazioni diffuse in corrispondenza della nicchia 16

4. INNOVAZIONE NELLE VISITE ISPETTIVE DELLE GALLERIE

GALLERIA SERRE LA VOUTE PARI, KM 22+457-KM 24+466, LINEA TORINO-MODANE

Fessure diagonali					
Settore			Estensione lineare (m)		
			Classe di intensità		
Settore	Progressiva+	Estensione (m)	Lieve	Moderata	Grave
23	550-575	25	-	-	-
24	575-600	25	-	-	-
25	600-625	25	-	-	-
26	625-650	25	-	-	-
67	1700-1725	25	-	-	2,700
70	1725-1750	25	-	-	-
71	1750-1775	25	-	-	14,752
72	1775-1800	25	-	-	11,936
73	1800-1825	25	-	-	-
74	1825-1850	25	-	-	0,930
75	1850-1875	25	-	-	5,159
76	1875-1900	25	-	-	14,227
77	1900-1925	25	-	-	4,700
78	1925-1950	25	-	-	2,113
79	1950-1975	25	-	-	-
80	1975-1986	11	-	-	1,182



Fessura a 45° tra le nicchie 61 e 62.

5. IL PORTALE MULTIFUNZIONE – LA GALLERIA A PROTEZIONE DELLA GALLERIA



5. IL PORTALE MULTIFUNZIONE – NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il DM 28 10 2005 “Sicurezza nelle Gallerie Ferroviarie”, con lo scopo di “assicurare un livello adeguato di sicurezza nelle gallerie”, ha definito l’adozione di misure di prevenzione e protezione atte alla **riduzione di situazioni critiche**.

Nell’ambito dei Requisiti Integrativi (Allegato II del DM 2005) - è previsto che al fine di “prevenire gli incidenti” siano utilizzati idonei sistemi di terra, atti a prevenire i suddetti scenari “caldi” (incendi e sovratemperature anomale) e scenari di tipo “freddo” (rilievo spostamenti dei carichi, rilevamento fuori sagoma, ecc).

5. IL PORTALE MULTIFUNZIONE – PERCHÉ?

Il **Portale Multifunzione** è un sistema di monitoraggio che rileva anomalie durante il transito dei rotabili e migliora:

- la Sicurezza: previene incidenti mediante arresto dei treni allarmati in punti predefiniti della linea (SIL4);

Il Prodotto Portale Multifunzione ha lo scopo di coprire l'hazard di sicurezza relativo agli incidenti in galleria per:

- Rischio incendio;
- Rischio fuori sagoma.

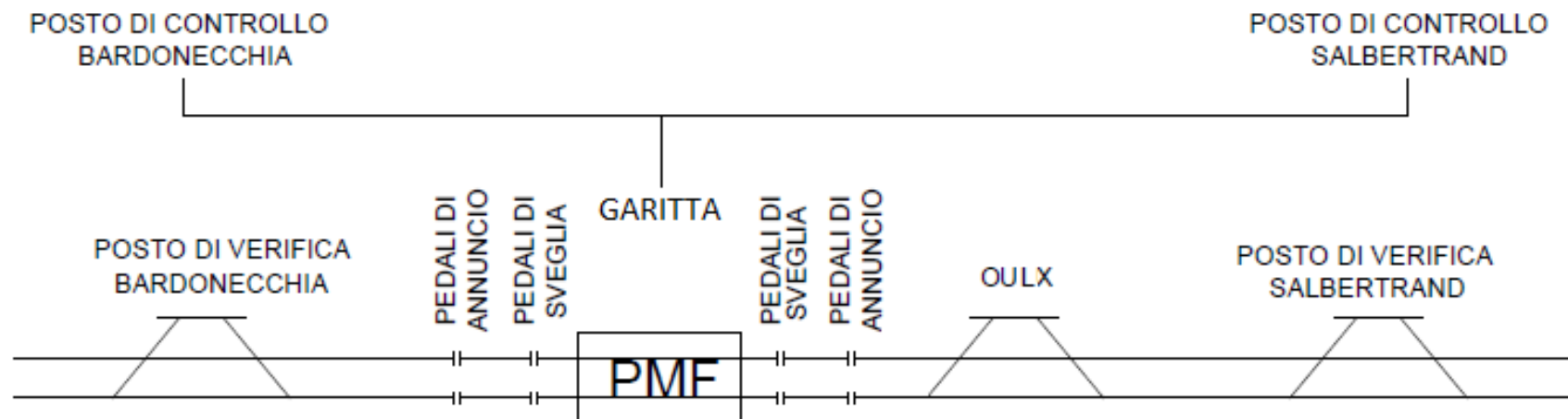
5. IL PORTALE MULTIFUNZIONE – FUNZIONALITA'

- **Riconoscimento Rotabili:** identificazione rotabili e della loro composizione dalle caratteristiche geometriche (es. assili, etc.)
- **Analisi di Sagoma:** ricostruzione del Profili Minimo Ostacoli (PMO)
- **Analisi Termografica :** riconoscimento dei surriscaldamenti tramite un criterio di soglia di allarme che valuta temperatura e la superficie di area calda (soglia: $1 \text{ mq} > 200^\circ\text{C}$)
- **Rilevamento Fiamma libera:** Capacità di rilevare la fiamma libera tramite analisi spettrale che rileva emissione di gas da combustione (soluzione già implementata e conforme a norme UNI EN 54-9:1986)

5. IL PORTALE MULTIFUNZIONE – GALLERIA FREJUS

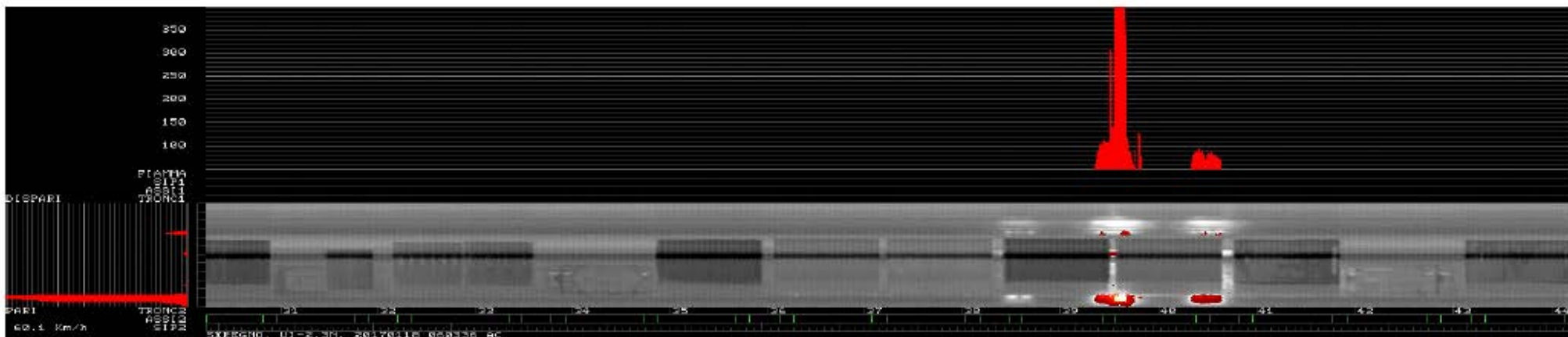
Linea Torino-Modane (Bidirezionale):

- Posto di controllo → Bardonecchia e Salbertrand
- Posto di Verifica → Bardonecchia e Salbertrand
- IL DM prende visione dell'allarme e provvederà ad arrestare il treno nella propria stazione;
- Il DM tramette comunicazione registrata all'agente di condotta del treno arrestato



5. IL PORTALE MULTIFUNZIONE – ESEMPIO ALLARME INCENDIO

Data Ora	Binario	Distanza dalla testa	Assile di Riferimento	Distanza dall'assile di riferimento	Scanner termico	Tipo Allarme		Figura
						Temp.	Fiamma	
18/01/2017_06:03:33	B2	507 m	90	2,4m ÷ 27,4m	2,3	X		Allarmi Del 18/01/2017_06:03:33 Scanner Termico 2,3
18/01/2017_06:03:33	B2	516 m	92	9,4m ÷ 34,4m	2,3	X		Allarmi Del 18/01/2017_06:03:33 Scanner Termico 2,3

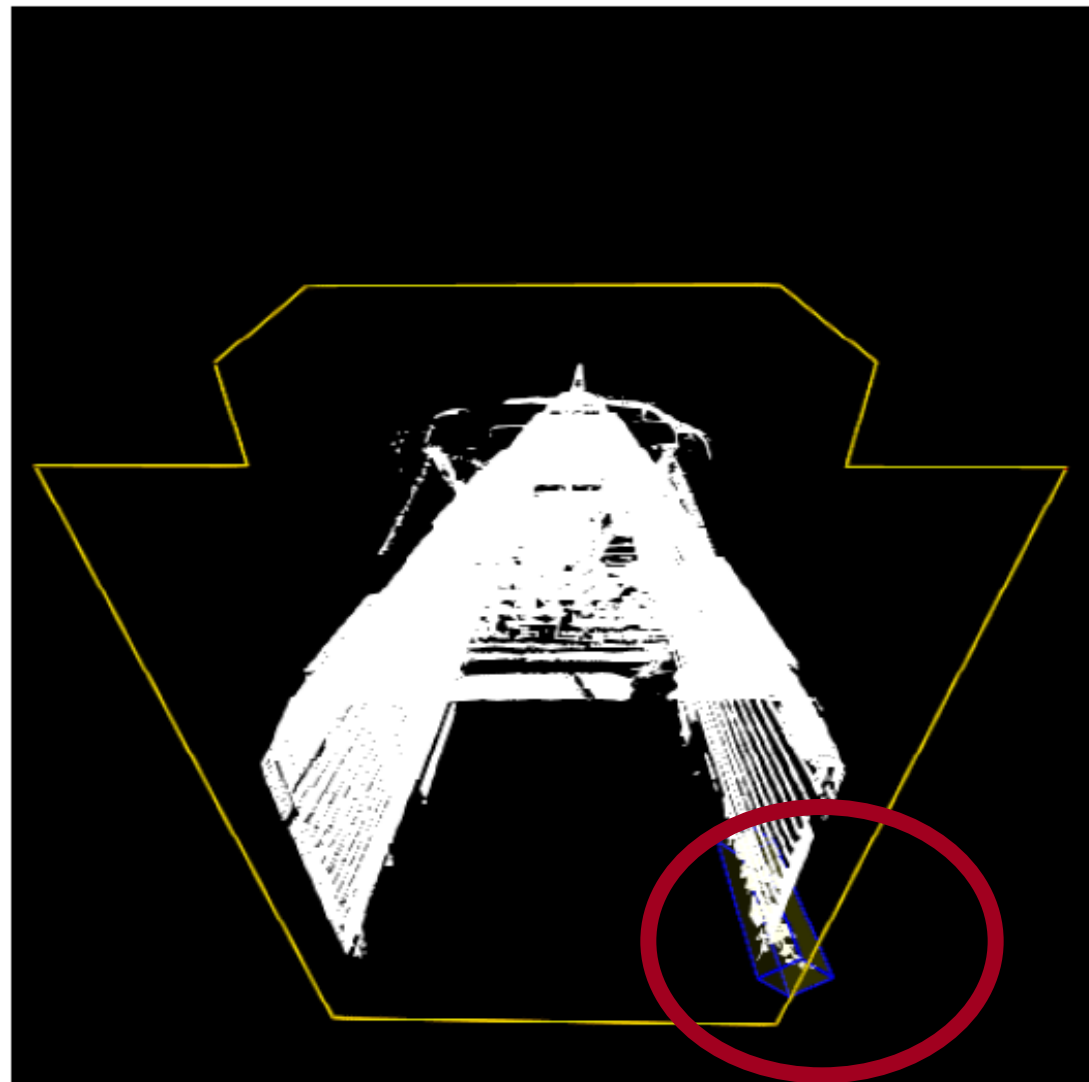


Per ogni allarme vengono generate una o più immagini in cui è evidenziato con colorazione rosso, la zona del veicolo in cui c'è allarme "Principio di Incendio". Sull'asse orizzontale in basso è indicata la distanza in metri rispetto al primo asse.

5. IL PORTALE MULTIFUNZIONE – ESEMPIO FUORI SAGOMA

Visualizza l'oggetto che ha dato l'allarme in 3D. All'immagine del veicolo è sovrapposto il PMO di riferimento.

L'evento può essere ricondotto ad un telone copri vagone mal fissato che sventolava su un lato



5. IL PORTALE MULTIFUNZIONE – ESEMPIO FUORI SAGOMA

Data Ora	Binario	Distanza primo asse [m]	Assile di Riferimento	Inizio FS dall'assile di riferimento [m]	Fine FS dall'assile di riferimento [m]	Lato Lungo [mm]	Lato Medio [mm]	Lato Corto [mm]	Posizione Fuori Sagoma	Volume [m ³]	Figura
06/10/2017_15:41:19	Pari	180,4	28	11,6	14	2386	407	396	Intervia	0,384556	Figura 5



Sull'asse orizzontale in basso, sono indicati la posizione degli assili rispetto al primo. Nella zona centrale la posizione del fuori sagoma rispetto al primo asse

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Ing. Rosella Greco – Unità Territoriale Torino Linee Nodo

Ing. Gaetano Pitisci – Unità Territoriale Torino Linee Centro Sud

Ing. Franco Iacobini– Standard Infrastruttura

Ing. Annalisa Pranno– Standard Infrastruttura

Ing. Gianluca Rebutini– Standard Infrastruttura

17.09.2021

