Scuola di perfezionamento SINA

02 marzo 2023

Misure dirette ed indirette: la prospettiva tecnologica per il supporto alle decisioni

Ing. Michele Mori
Dott. Alberto Zornetta

SINA
ASTM GROUP

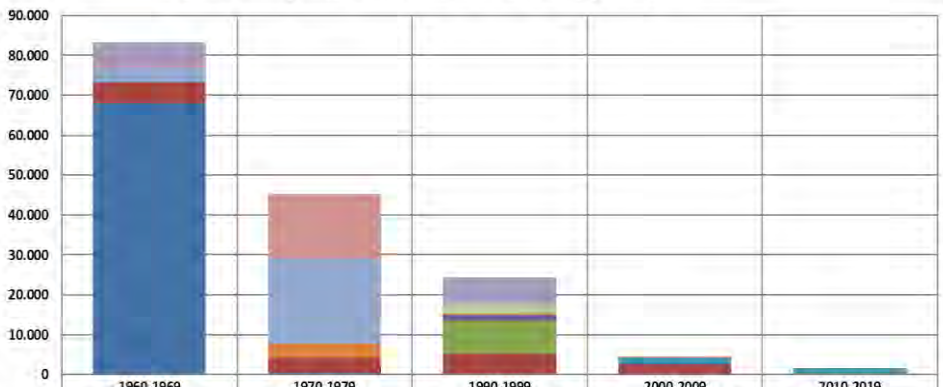
SINA | Consistenza gallerie gruppo ASTM

N. Gallerie: 350

Sviluppo Totale: 240 km

Somma di Lungh. Totale m.

Quadro riepilogativo Gallerie rete Gruppo ASTM



Classe Età	1960-1969	1970-1979	1990-1999	2000-2009	2010-2019
SAV - A5	5.685		6.769		
SALT - A15/S.S.331			2.475		
SALT - A15	407	16.315		382	
SALT - A12	3.982	21.312			
SALT - A11		3.508	60		
AT-CN - A33				1.588	1.572
ADF - SS20			1.571		
ADF - SS1 - bis			8.420		
ADF - A6	5.118	3.735	4.857	2.527	
ADF - A10	68.071	504	278		

La storia delle indagini conoscitive

dal 1987

ISPEZIONI VISIVE Circolare 67

- CONTROLLI VISIVI QUADRIMESTRALI E MARTELLINATURA LEGGERA

dal 1993

INDAGINI SPECIALI

- GEORADAR 93 – 99
- PROVE VARIE PER AMMODERNAMENTI FUNZIONALI

dal 1994

TUNNEL SCANNER SYSTEM

dal 2020

(Manuale Ispezioni Gallerie 2020, rev01)

CAMPAGNA DI INDAGINI STRAORDINARIE APPROFONDITE

- INDAGINI MASSIVE E SELETTIVE

2021-2022

ASSESSMENT

SORVEGLIANZA PERMANENTE

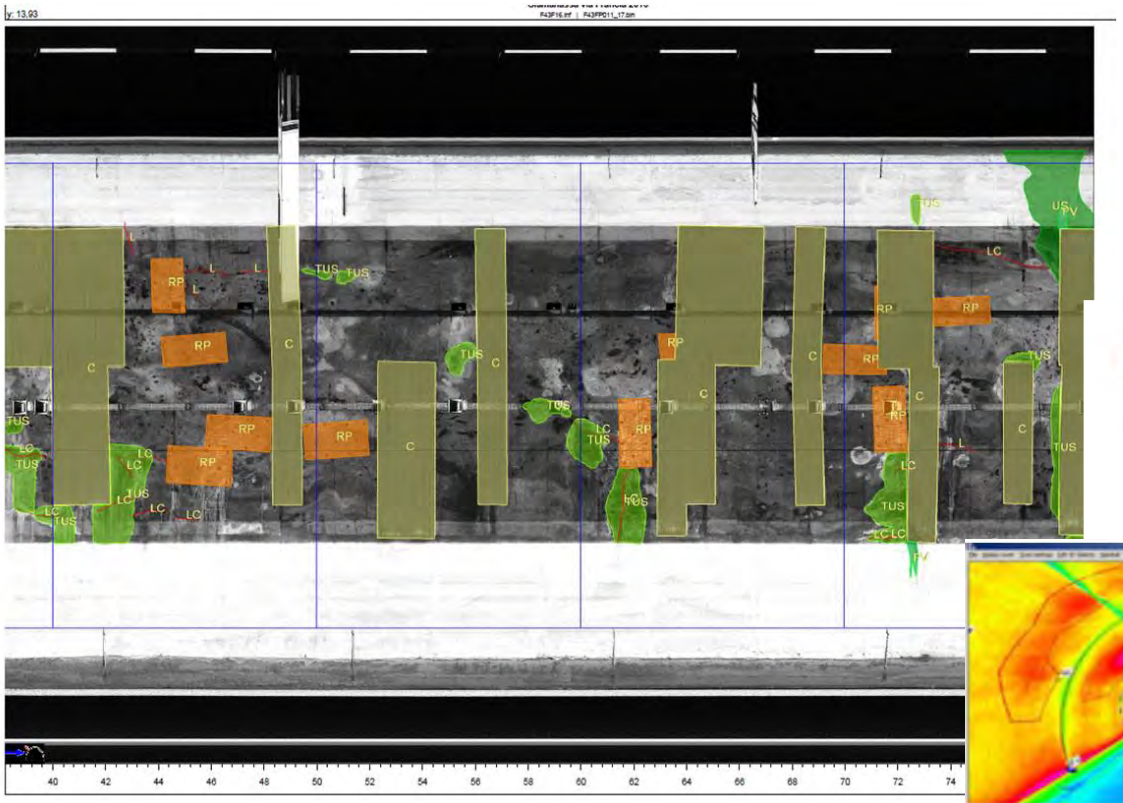
INDAGINI SPECIALI

INDAGINI SPECIALI

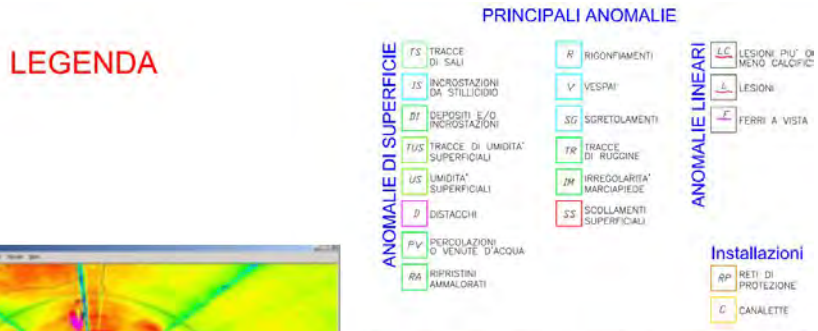
ASSESSMENT (MANUALE ISP. 2020)

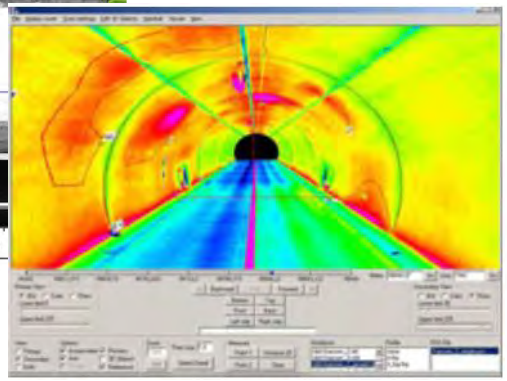
La sorveglianza permanente dagli anni 90

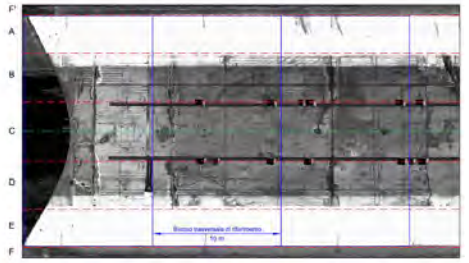
Tunnel Scanner System



TUNNEL SCANNER SYSTEM
- Integrazione ispezione visiva, quantificazione difetti e loro evoluzione - Analisi termografica - Rilievo geometrico – modellazione 3D





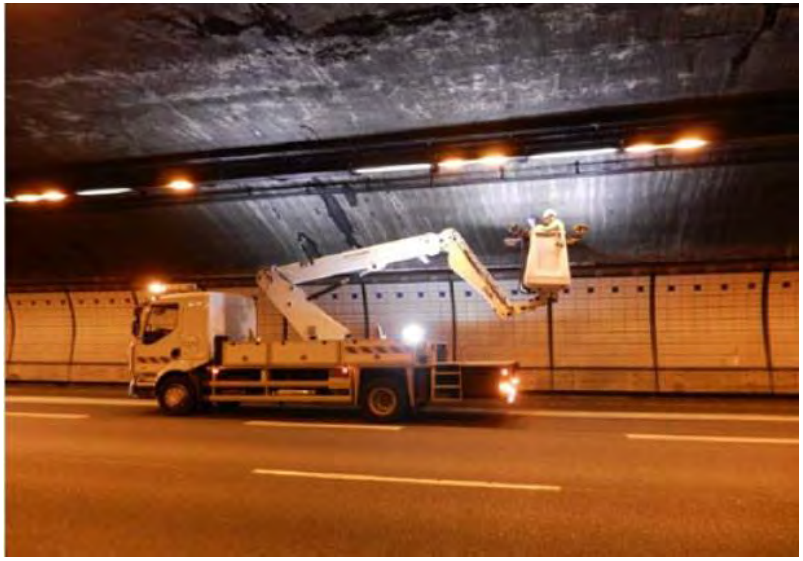


Esempio di restituzione grafica delle risultanze di ispezione con il sistema Tunnel Scanner System per una tratta di galleria con indicazione delle principali anomalie interpretate sulla base dell'analisi delle immagini acquisite.

ISPEZIONI APPROFONDITE – TSS - MAPPATURA DIFETTI SUPERFICIALI

La sorveglianza permanente dagli anni 90

Ispezione visiva e martellinatura leggera



Elemento:
RENE SINISTRO medio

Progressiva:
1471,50

Note:
Vespaio

ISPEZIONE VISIVA E MARTELLINATURA LEGGERA
- Esame dettagliato, annotazione e classificazione dei difetti osservati sull'intradosso
- Report fotografico
- Valutazione presenza vuoti a tergo attraverso la risposta sonora da battitura meccanica con martello
- Segnalazione necessità interventi di messa in sicurezza urgenti

Figura 13: Tipi di martelli raccomandati per l'impiego durante l'ispezione (fonte: CETU - Centre d'Etudes des Tunnels, 2015, Road tunnel civil engineering inspection guide, Book 1: from disorder to analysis, from analysis to rating).

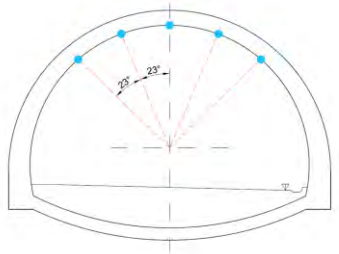
ISPEZIONI VISIVE - MAPPATURA DIFETTI SUPERFICIALI

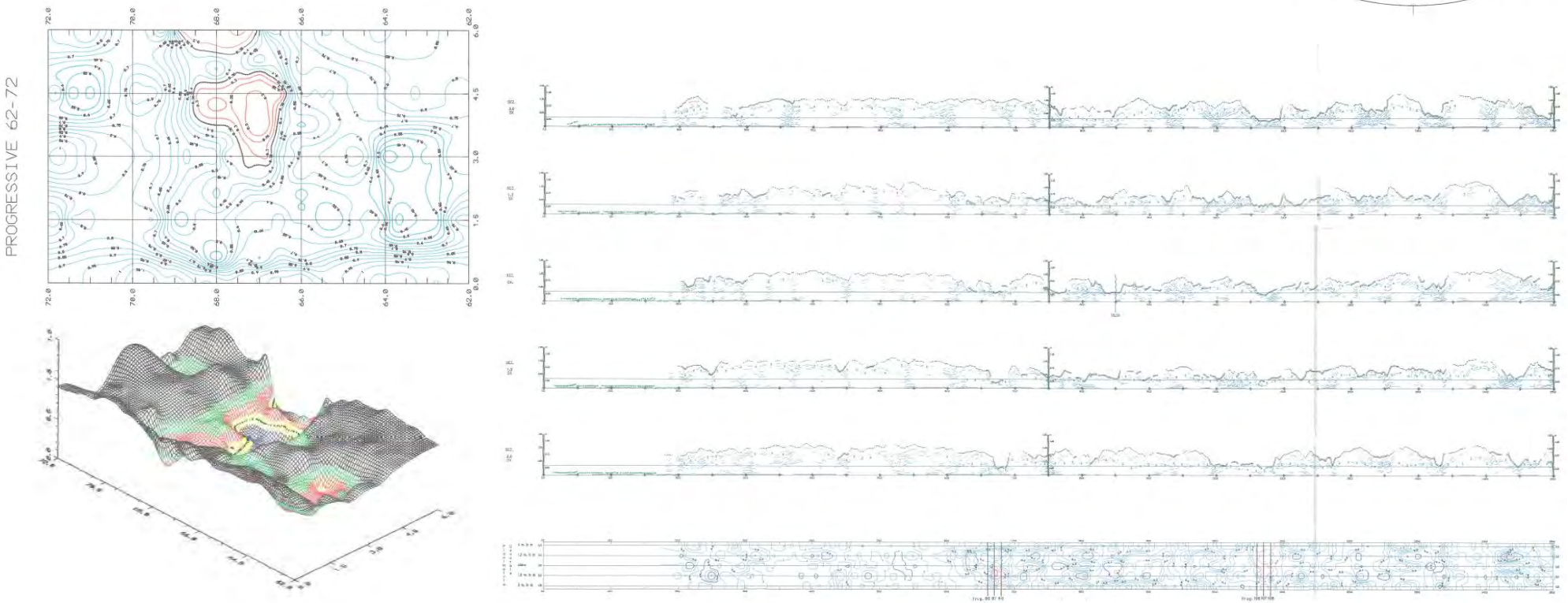
Le indagini speciali dagli anni 90

Prove e indagini di supporto alla manutenzione

Rilievi georadar della calotta svolti sulle gallerie ASTM tra gli anni 1993 e 1999. La campagna riporta a corredo diverse prove di caratterizzazione meccanica (compressione, carbonatazione) ed ispezioni di dettaglio (endoscopia).

Altre indagini eseguite nel corso delle prove in corso d'opera per le realizzazioni di nicchie, by-pass ed installazione apparecchi di ventilazione (GPR, martinetti piatti e carotaggi in primis).





INDAGINI SPECIALI- Rilievi GPR per assi longitudinali

SINA | Assessment 2020: indagini straordinarie

Metodi e prove di indagine

RILIEVI GEORADAR

- Principale metodologia indiretta per l'identificazione di caratteristiche e difetti interni al rivestimento (vuoti, vespai, discontinuità, elementi metallici) e per la definizione del suo spessore
- Rilievo non invasivo, rapido e accurato
- Individuazione dei target in tempo reale
- Segnale schermato da elementi metallici (reti, armature superficiali) e limitato in presenza di forte umidità nei materiali
- Richiede alta specializzazione del tecnico per una efficace interpretazione dei radargrammi

MAPPATURA SPESSORE RIVESTIMENTO E DIFETTI PROFONDI

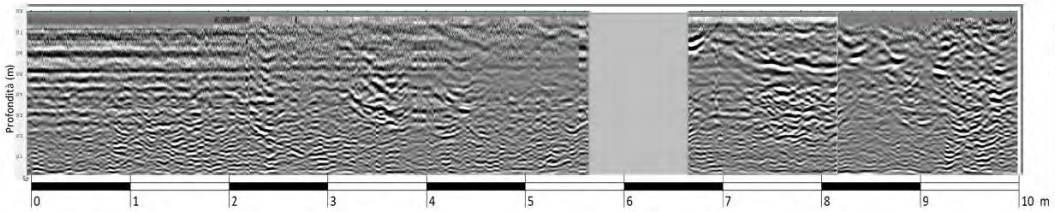
Assessment 2020: indagini straordinarie

Georadar selettivo – profili trasversali

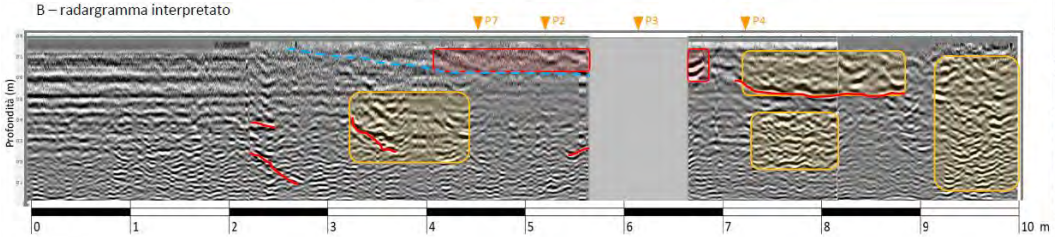
- IDENTIFICAZIONE E LOCALIZZAZIONE IN DETTAGLIO DEI DIFETTI IN CALOTTA/RENI
- SCREENING APPROFONDITO PER DEFINIRE IL LIVELLO DI DIFETTOSITÀ DI OGNI CONCIO

ADF A10 GALLERIA SIESTRO IT – **P.M. 1281,5** - PROFILO GPR TRASVERSALE

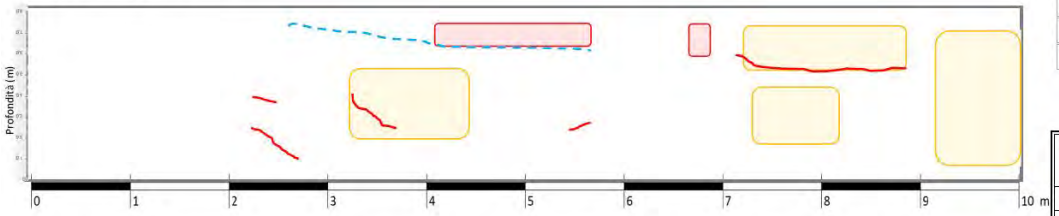
A – radargramma non interpretato



B – radargramma interpretato

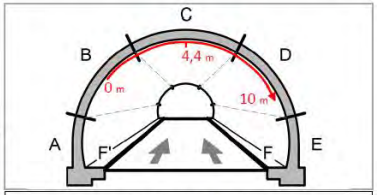


C – profilo interpretato



NOTE	Da 5,75 m a 6,75 m del profilo rilevato, dato non acquisibile causa superficie fortemente irregolare e presenza di rete metallica.

RILIEVO G.P.R. SU STRUTTURA
ADF A10- GALLERIA: SIESTRO IT (FG615)
PROGRESSIVA METRICA DA IMBOCCO: 1281,5



UBICAZIONE RILIEVO

LEGENDA	
	Spessore rivestimento
	Presenza di armatura superficiale
	Discontinuità / possibile lesione
	Area con possibile presenza di vespai/cls destrutturato
	Area con possibile presenza di vuoti
	Area con possibile presenza di umidità diffusa
	Sovrastrutture metalliche
	Iperbole di riflessione – elemento metallico puntuale
	Videoendoscopia in foro

PROGETTO	ADF A10 – Assessment gallerie – indagini di approfondimento	
SITO	ADF –Autostrada dei Fiori – A10	
COMMITTENTE	ADF S.p.A.	
COMMESSA	A.100.S.659.Z1	TAV. 1
DATA RILIEVO	19/10/2022	
ID	-	

CARATTERIZZAZIONE SELETTIVA DIFETTI PROFONDI

SINA | Assessment 2020: indagini straordinarie

Perforazioni a distruzione di nucleo con esame videoendoscopico

VIDEOENDOSCOPIE

- Taratura del segnale georadar
- Verifica puntuale diretta di dettaglio delle anomalie individuate tramite rilievo georadar (presenza di vuoti) e consistenza del calcestruzzo attraversato
- Indagine invasiva con perturbazione dello stato del rivestimento

cm	Descrizione	Informazioni generali	
0	Calcestruzzo compatto e omogeneo	Profondità perforazione (cm):	79
5		Spessore rivestimento (cm):	≥79
10		Presenza acqua:	No
15		Fuoriuscita acqua:	No
20		Durata uscita acqua (min):	-
25		Descrizione	
30		La videoendoscopia ha evidenziato da 0 a 75 cm calcestruzzo compatto e omogeneo, da 75 a 77 cm si nota la presenza di zona vespaiosa, da 77 a 79 presenza di vuoto a contatto con la guaina impermeabilizzante che rappresenta il fondo foro.	
35			
40			
45			
50			
55			
60			
65			
70		Immagine a profondità 10 cm	
75	Vespaio / vuoto		
80	Guaina / Fine perforazione.		
85			
90			
95			
100			
105			
110			
115		Immagine a profondità 48 cm	
120			
125			
130			
135			
140			
145			
150			
155			

TARATURA GEORADAR E CARATTERIZZAZIONE DIFETTI PROFONDI LOCALIZZATI

Assessment 2020: indagini straordinarie

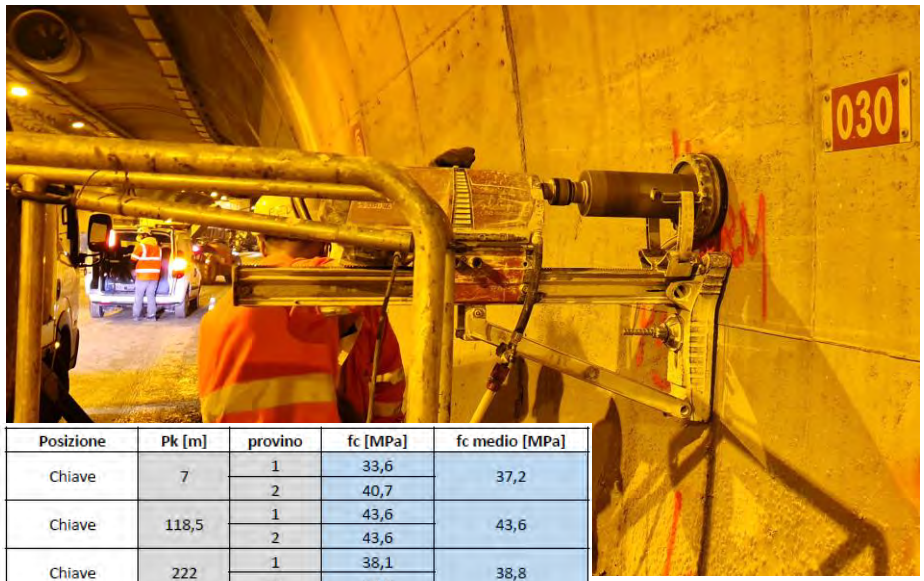
Prelievi di carote, pull-out e prove di laboratorio

CAROTAGGI

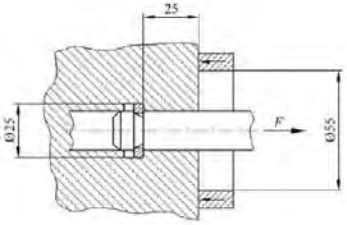
- Prelievi per prove di laboratorio sui campioni di calcestruzzo prelevati (l = 50cm, diametro = 100mm): prova di carbonatazione in situ, resistenza a compressione.
- Prelievi integrativi difettologici.

PULL-OUT

- Prove per la caratterizzazione della porzione corticale del calcestruzzo costituente il rivestimento (correlazione con valori di resistenza).
- Test sui tasselli di fissaggio delle reti di protezione.



Posizione	Pk [m]	provino	fc [MPa]	fc medio [MPa]
Chiave	7	1	33,6	37,2
		2	40,7	
Chiave	118,5	1	43,6	43,6
		2	43,6	
Chiave	222	1	38,1	38,8
		2	39,5	
Chiave	366	1	23,1	25,5
		2	27,8	
Chiave	465	1	29,8	31,8
		2	33,8	



MAPPATURA E CLASSIFICAZIONE DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL RIVESTIMENTO

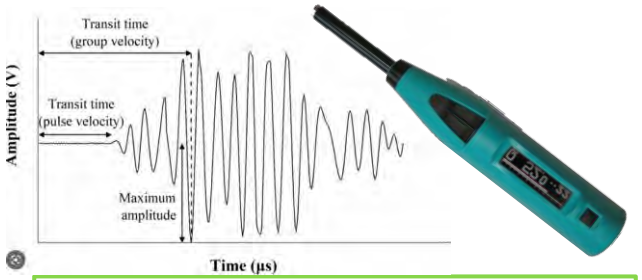
SINA | Assessment 2020: indagini straordinarie

Martinetti piatti, SonReb e misure di potenziale sulle armature

MARTINETTO PIATTO

- Misurazione dello sforzo necessario a ripristinare le condizioni tensionali precedenti al taglio di una fessura sul rivestimento: la pressione applicata sarà uguale alla tensione iniziale del rivestimento in quel punto.

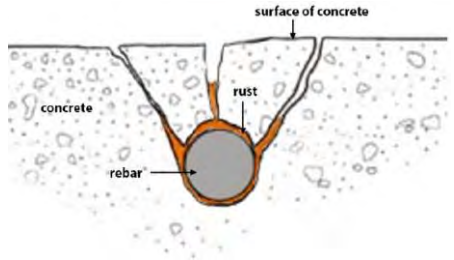
STATO TENSIONALE



SONREB

- Test combinato per una maggiore accuratezza: misurazione velocità di propagazione delle onde ultrasoniche + indice di rimbalzo allo sclerometro. Diagrammi di correlazione con valori di resistenza.

RESISTENZA



POTENZIALE SU ARMATURE

- Permette di valutare se le armature sono sottoposte ad attacco corrosivo. L'analisi consente di mappare la probabilità di presenza del fenomeno.

CORROSIONE BARRE

MAPPATURA E CLASSIFICAZIONE DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE

SINA

CASE STUDY

Assessment 2020

SINA | Case study

Assessment 2020

Lunghezza:	251 m
N. corsie:	2
Anno di costruzione:	1967 (data desunta da documentazione interna)
Anno di apertura al pubblico:	1970 (data desunta da elaborati As-Built)

- Data indagine selettiva: 22 – 26 giugno 2021
- 4 notti di lavoro in chiusura di carreggiata
- Numero squadre di lavoro coinvolte simultaneamente: 6

RIEPILOGO INDAGINI SELETTIVE ESEGUITE PER TIPOLOGIA

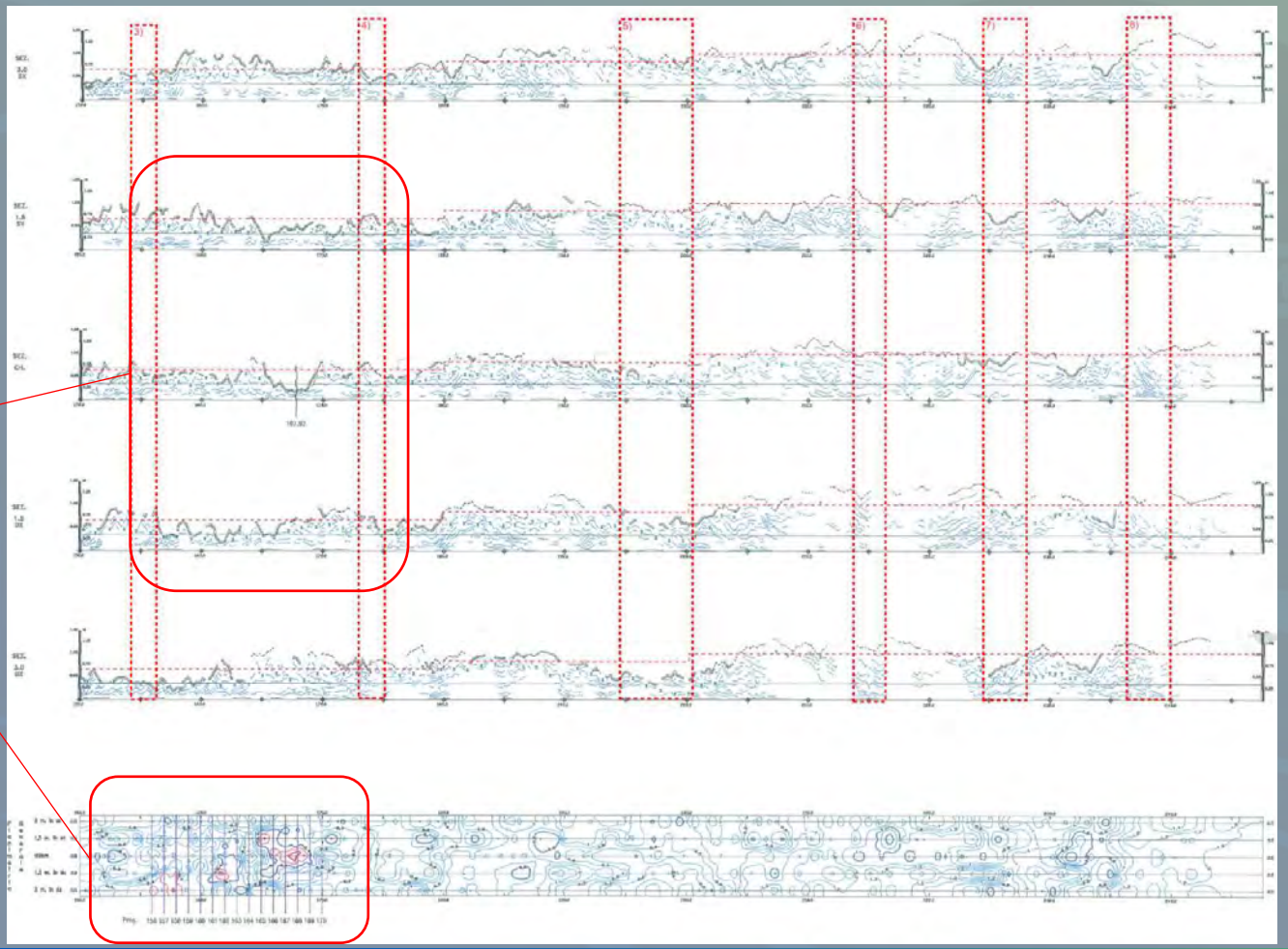
FASE	CODICE PROVA	DESCRIZIONE	TOTALE INDAGINI ESEGUITE
3	I-ITG	termografie di dettaglio	2
3	I-GEO	georadar di dettaglio	26
3	I-PERF	perforazione	31
3	I-CLS	campionamento e prova cls	9
3	I-ARM	campionamento e prova armature	3
3	I-MAR	martinetto piatto	2
3	I-PUL	pull out	15
3	I-ULT	prove ultrasoniche	3
3	I-SON	sonreb	3
3	I-PACO	pacometria	9
3	I-POT	misure potenziale	3
4	I-TM	martellinatura	24
4	I-BS	sclerometro	9
5	A-ACQ	analisi acqua	1
5	A-CAR	carbonatazione	9
5	A-CLO	resistenza cloruri	9

QUADRO GENERALE

Case study

Assessment 2020

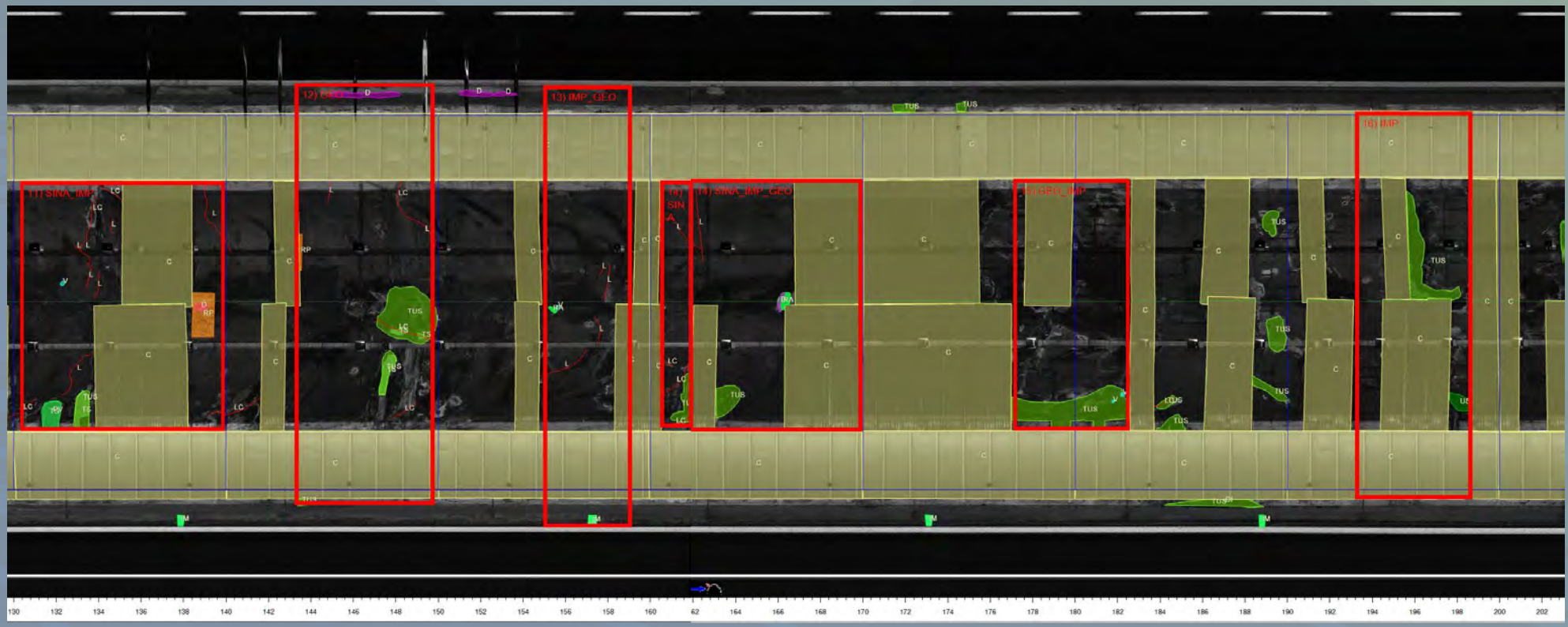
p.m. 150 – 200: zone con difetti e sottospessori



DEFINIZIONE PIANO INDAGINE: ANALISI DATI DI BASE (INDAGINE GEORADAR 1993)

SINA | Case study

Assessment 2020

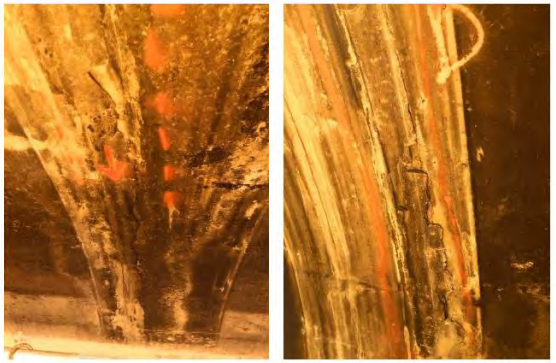


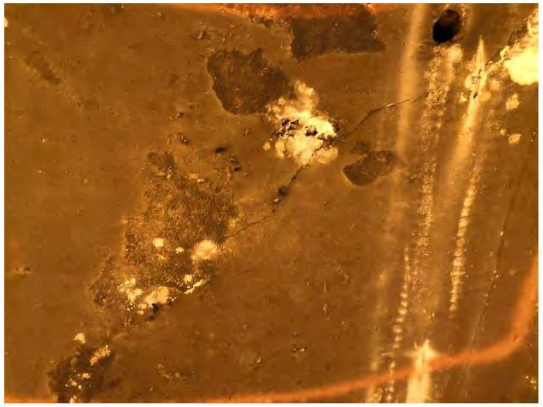
P.m. 130 – 210: rappresentazione planimetrica indagine Tunnel Scanner System

INDAGINE TSS 2020

SINA | Case study

Assessment 2020

Elemento: Rene basso sx Rene medio sx Rene alto sx Calotta laterale sx Calotta centrale Rene alto dx Rene medio dx **Progressiva:** 154 m **Note:** Scollamento giunto Risonate Distacchi	
Elemento: Rene medio sx Rene alto sx Calotta laterale sx Calotta laterale dx Rene alto dx Rene medio dx **Progressiva:** 155 - 160 m **Note:** Scollamento superficiale Risonate Area da attenzionare	

Elemento: Calotta centrale **Progressiva:** 156,5 m **Note:** Scollamento rinzaffatura Vespaio	
Elemento: Rene alto dx **Progressiva:** 161 m **Note:** Vespaio	

ISPEZIONE VISIVA DI DETTAGLIO A SEGUITO DELLO SMONTAGGIO ONDULINE

SINA | Case study

Assessment 2020

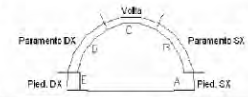
Galleria:

Periodo di Ispezione 23/06/2021 - 24/06/2021

Tratto indagato Lungh. (m): 251

Lungh (m) = 251

Tecnici: Livio Cuffaro
Stefano Finini



Legenda
X Presenza rete
Presenza areee da attenzionare
$ Prevedere presidi provvisionali
@ Disgaggi

RIS = Risonanza
(G) = Su giunto
D = Distacchi
R.E. = Risonanza estesa
e/o sottospessori e/o placca
OBS = Rete inefficiente
Fe = Armatura esposta

TIPO E POSIZIONE AMMALORAMENTO

Prog (m)	Scollamento giunto					Scollamento rinzaffatura					Vespaio					Scollamento superficiale					Lesioni					Percolazioni d'acqua					Rete esistente					Canaletta esistente					Note
	E	D	C	B	A	E	D	C	B	A	E	D	C	B	A	E	D	C	B	A	E	D	C	B	A	E	D	C	B	A	E	D	C	B	A	E	D	C	B	A	
154,0		3	3	3	3		3	3																																(G) RIS + D
154,5													3																											
155,0								3					3					#	#	#																				RIS + ATT.
155,5												3	3	3	3			#	#	#																				RIS + ATT.
156,0												3	3	3	3	#	#	#	#	#																				RIS + ATT.
156,5																#	#	#	3	#	#																			RIS + ATT.
157,0													2			#	#	#		#	#																			RIS + ATT.
157,5																#	#	#		#	#																			RIS + ATT.
158,0																#	#	#																						RIS + ATT.
158,5														3		#	#	#																						RIS + ATT.
159,0																#	#	#																						RIS + ATT.
159,5																#	#	#																						RIS + ATT.
160,0																#	#	#																						RIS + ATT.
160,5																																								
161,0														3																										
161,5																																								
162,0																																								
162,5								3	3																															
163,0								3	3																															
163,5								3	3																															
164,0								3	3																															
164,5								3	3																															
165,0							3	3	3			3	3					3																						
165,5							3	3				3	3					3																						
166,0																																								
166,5				3	3			3	3				3																											
167,0								3	3				3																											
167,5								3	3				3																											
168,0								3	3				3																											
168,5								3	3				3					#																						RIS + ATT.
169,0																		#																						RIS + ATT.
169,5																		#																						RIS + ATT.
170,0			3	3	3	2	2											#																						RIS + ATT.
170,5																																								
171,0																																								

RISULTANZE ISPEZIONE VISIVA E MARTELLINATURA LEGGERA

SINA | Case study

Assessment 2020

						Back office fase 1				Piano di Indagine Completo																										
						Analisi TSS				1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	5	5	5	5	5
N°	Prog. iniz. [m]	Prog. fin. [m]	Km iniz.	Km fin.	Priorità	N° zona critica	Estensione zona critica	progressive	Criticità	I-FU	I-CAN	I-V	I-FES	I-ITG	I-GEO	I-PERF	I-CLS	I-APM	I-SER	I-ACC	I-MAR	I-PUL	I-ULT	I-SON	I-PACO	I-POT	I-RIL	I-TM	I-BS	A-AQQ	A-CAR	A-CLO	A-RAA	A-VRI	Note
13	120	130	103.255	103.265	IMP	10	reni-calotta	122-129,5	Distacchi in mezzeria, vespaio su lato marcia, lesioni ramificate Georadar 2020: sottospessore 40-50 prog. 124-126	1		1	1															1							Misurazione ampiezza lesioni (I-FES) automatica (nuovo TSS 2021) e a campione sul posto I-TM per verifica delle anomalie (squadre SINA), in particolare per verificare l'eventuale presenza di cavità
14	130	140	103.265	103.275	SINA_IMP	11	piedritti-reni-calotta	130-140	Vespaio in mezzeria, lesioni ramificate, rete di protezione su distacco in mezzeria, percolazioni e venute d'acqua, tracce di umidità superficiale, canalette Segnalazioni SINA: "Progressiva 131 sorpasso - vespaio" Ispezione di dettaglio: progr. 130-135 lesioni diffuse	1	16	1	1															1		1					Misurazione ampiezza lesioni (I-FES) automatica (nuovo TSS 2021) e a campione sul posto I-CAN nella zona critica I-TM per verificare TUTTE le anomalie riscontrate (squadra SINA) con verifica stato delle reti di protezione e l'eventuale presenza di cavità, compreso dove si sono rimosse onduline A-ACQ nell'acqua percolata
15	140	150	103.275	103.285	GEO	12	marciapiedi-piedritti-reni-calotta	143-150	Rete di protezione su lato corsia di sorpasso, lesioni calcificate, tracce di umidità superficiale, canalette, distacco coppella marciapiede sx Georadar 2020: sottospessore 30-40 prog. 144-150 Ispezione di dettaglio: da progr. 147 lesioni diffuse	1	10	1	1	1	1									3			1								Misurazione ampiezza lesioni (I-FES) automatica (nuovo TSS 2021) e a campione sul posto I-CAN nella zona critica I-GEO trasversale (1 stesa) da piedritto a piedritto a prog. 148,5 I-PERF (a distruzione di nucleo, esame con video camera) a progr. 148,5 in C I-PACO: reni e chiave per individuare le armature prog. 147 I-TM per verifica delle anomalie (squadre SINA), in particolare per verificare l'eventuale presenza di cavità Ispezione visiva marciapiedi
16	150	160	103.285	103.295	IMP_GEO	13	marciapiedi-piedritti-reni-calotta	154-159	Vespaio e ripristino ammalorato in mezzeria, lesioni ramificate, canalette, irregolarità marciapiede dx Georadar 2020: sottospessore 30-40 prog. 154-155 Ispezione di dettaglio: lesioni diffuse	1	6	1	1	2	2												1								Misurazione ampiezza lesioni (I-FES) automatica (nuovo TSS 2021) e a campione sul posto I-CAN nella zona critica I-GEO longitudinale da prog. 156 a 163 in 1.6m in dx dalla chiave di calotta I-GEO trasversale (1 stesa) da piedritto a piedritto a prog. 157 I-PERF a prog. 157 in 1.6m in dx dalla chiave di calotta e a prog. 158,5 in 3m in dx dalla chiave di calotta I-TM per verifica delle anomalie (squadre SINA), in particolare per verificare l'eventuale presenza di cavità, compreso dove si sono rimosse onduline Ispezione visiva marciapiedi
17	160	170	103.295	103.305	SINA_IMP_GEO	14	piedritti-reni-calotta	161-170	Distacco e ripristino ammalorato in mezzeria, lesioni ramificate, tracce di umidità superficiale, canalette Segnalazioni SINA: "Progressiva 166 - ripristini ammalorati e possibili distacchi su sorpasso" Georadar 2020: sottospessore 20-30 prog. 160-164 Ispezione di dettaglio: fino progr. 163, lesioni diffuse	1	16	1	1	4	3												1								Misurazione ampiezza lesioni (I-FES) automatica (nuovo TSS 2021) e a campione sul posto I-CAN nella zona critica I-GEO trasversale (1 stesa) da piedritto a piedritto a prog. 162. I-GEO longitudinale da prog 165 a 170 in chiave di calotta I-GEO trasversale da piedritto a piedritto a prog. 165.3 e a prog. 167.5 I-PERF a prog. 162 in 1.6m in dx dalla chiave di calotta e a prog. 167,5 in C e a prog. 168.5 in chiave di calotta I-TM per verifica delle anomalie (squadre SINA), in particolare per verificare l'eventuale presenza di cavità, compreso dove si sono rimosse onduline
18	170	180	103.305	103.315	GEO	15	piedritti-reni-calotta	177-180	Tracce di umidità superficiale, canalette	1	5	1			1													1							I-CAN nella zona critica I-TM per verifica delle anomalie (squadre SINA), in particolare per verificare l'eventuale presenza di cavità, compreso dove si sono rimosse onduline
19	180	190	103.315	103.325	IMP	15	piedritti-reni-calotta	180-182	Vespai su lato corsia di marcia, tracce di umidità superficiale	1	4	1									3							1							I-PUL chiave e reni progr. 181 I-TM per verifica delle anomalie (squadre SINA), in particolare per verificare l'eventuale presenza di cavità, compreso dove si sono rimosse onduline
20	190	200	103.325	103.335	IMP	16	reni-calotta	193-199	Tracce di umidità superficiale, canalette	1	10	1																1							I-CAN nella zona critica I-TM per verifica delle anomalie (squadre SINA), in particolare per verificare l'eventuale presenza di cavità, compreso dove si sono rimosse onduline

PIANO INDAGINI SELETTIVE

SINA | Case study

Assessment 2020

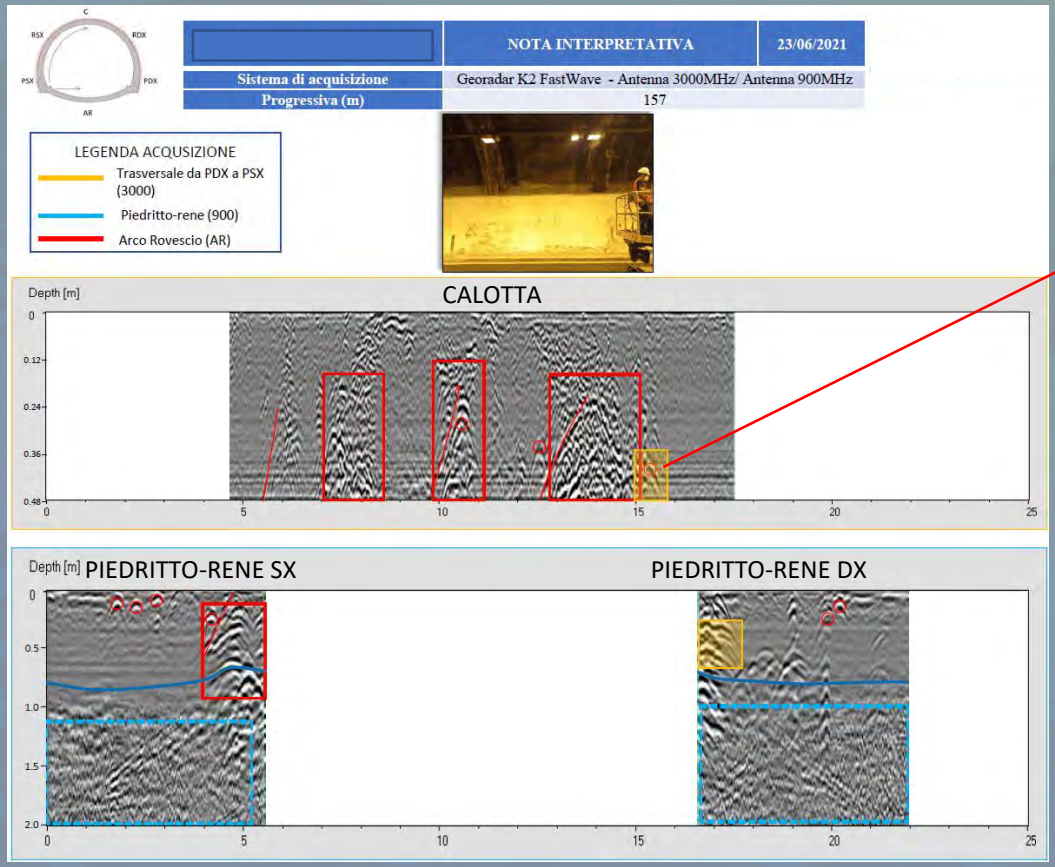
Indagini selettive in orario notturno, con più squadre di lavoro operanti simultaneamente

Rilievi georadar in calotta con antenna ad alta frequenza (3000 MHz)

INDAGINI SELETTIVE 2021: FASE DI ACQUISIZIONE DATI

SINA | Case study

Assessment 2020



P.m. 157: interpretazione dei radargrammi risultanti da profilo trasversale

Rdp.:	IA-21-	5793
Foro	Struttura	Posizione
N13		Rene Dx Prog. 158,5 m da Imbocco Galleria
Analisi della perforazione		
Da	A	Descrizione
0.0 cm	33.0 cm	Vespaio
33.0 cm	67.0 cm	Vuoto
67.0 cm	78.0 cm	Calcestruzzo grigio chiaro, porosità locali millimetriche
Profondità perforazione: 78.0 cm		

P.m. 158: risultato indagine videoendoscopica

Concio	Prog. iniz. [m]	Prog. fin. [m]	Sviluppo L [m]	Sup. A [m²]	OSSERVAZIONI/INTERPRETAZIONI DA ANALISI INDAGINI
16	153	160	7	74,2	I-TM: prog 154-156 scollamento giunto e scollamento superficiale in risonanza, vespaio con distacchi in B, C e D GPR 1993: sottospessore al rene dx I-GEO: prog 157 vuoto a tergo/vespai in D, cavità/vespai in C e D (sottospessore cls), cavità in B e vuoto a tergo B; prog 156-164 cavità/vespai in D (sottospessore cls) I-PERF: prog 157 cavità e vespai in D; prog 158,5 cavità e vespai in D I-TM: prog 156,5-160 scollamento superficiale in risonanza e vespaio in B, C e D
17	160	170	10	106,0	GPR 2020: sottospessore ai reni I-GEO: prog 162 cavità/vespai in C (sottospessore cls) e in D, vuoto a tergo/vespai in B e D, vuoto a tergo in A e D; prog 156-164 cavità/vespai in D (sottospessore cls) I-PERF: prog 162 vespai in C I-TM: prog 161 vespaio in B GPR 2020 sottospessori in sx e in calotta I-GEO: prog 165,8-168,5 cavità/vespai in C (sottospessore cls); prog 167,5 cavità/vespai in A e C-D (sottospessore cls) e cavità in C; prog 165,5 cavità/vespai in B e C(sottospessore cls) e in C-D, vuoto a tergo in D-E, vuoto a tergo/vespaio in D I-PERF: prog 167,5 vespai in C; prog 168,5 vespai in C I-TM: prog 165-169 scollamneto superficiale in risonanza e vespaio in C e D
18	170	180	10	21,2	I-TM: prog 170-175,5 vespaio e scollamento superficiale risonante in C e D; prog 177-179 vespaio in B, C e D
20	190	200	10	31,8	I-GEO: prog 192vuoto a tergo in C-D; prog 194 vuoto a tergo in C; prog 197,5 vuoto a tergo in C; prog 191-203,5 cavità in C (sottospessore cls) e vuoto a tergo in C; prog 195-204,5 cavità in D (sottospessore cls) I-PERF: prog 192 cls vespaioso e debolmente ammalorato in B; cls debolmente ammalorato e debolmente ammalorato in C , cls vespaioso e ammalorato con scavernamenti in C e cavità; prog 194 cavità e cls ammalorato in C; prog 197,5 cls debolmente ammalorato e vuoto a tergo in C e cls a scarso legante in C; prog 198,5 vespai/vuoto a tergo in D I-TM: prog 191-192 scollamento giunto, scollamento superficiale in risonanza e vespaio in B e C; prog 195 scollamento giunto, scollamento superficiale in risonanza e vespaio in B, C e D;

INDAGINE SELETTIVE: ANALISI INCROCIATA DELLE RISULTANZE OTTENUTE

SINA | Case study

Assessment 2020

A completamento delle indagini selettive, prescritte per indagare le zone critiche riscontrate in fase di ispezione di dettaglio, sono stati interpretati i risultati delle prove selettive eseguite. Questi ultimi hanno permesso di aggiornare, integrare e completare (per mezzo della classificazione IQOA) la valutazione dello stato della galleria.

Con riferimento al riepilogo della classificazione IQOA riportato in Tabella 22, lungo lo sviluppo della galleria si riscontrano:
- per quanto riguarda l'IQOA statico sono presenti 17 zone classificate come 3 per un'estensione pari al 17.8% e **8 zone classificata come 3U per un'estensione pari al 9.3%.** Alle aree rimanenti è stata attribuita una classificazione 2E o inferiore.

Tabella 22: *Valutazione globale delle condizioni della galleria con classificazione IQOA*

		IQOA - Genio civile					IQOA - Acqua		
		1	2	2E	3	3U	1	2	3
Superficie in m²	4432,7	0,0%	17,7	3212,4	789,4	413,2	3902,9	529,8	0,0
% attribuzione	100%	0,0%	0,4%	72,5%	17,8%	9,3%	88,0%	12,0%	0,0%

Concio	Prog. iniz. [m]	Prog. fin. [m]	Sviluppo L [m]	Sup. A [m²]	IQOA Conclusivo	DIFETTI DA ATTENZIONARE	INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA PREVISTI IN CAMPO
16	150	153	3	26,5	3	sottospessori e vuoti a tergo dei rivestimenti e vespai profondi nel rivestimento	-
16	153	160	7	74,2	3U	difetti superficiali, porzioni di rivestimento risonanti, importanti sottospessori e vuoti a tergo dei rivestimenti e vespai profondi nel rivestimento	Tipologico C3
17	160	170	10	106,0	3U	difetti superficiali, porzioni di rivestimento risonanti, importanti sottospessori e vuoti a tergo dei rivestimenti e vespai profondi nel rivestimento	Tipologico C3 e Abis
18	170	180	10	21,2	3U	difetti superficiali, distacchi e vespai	Tipologico A
20	190	200	10	31,8	3U	difetti superficiali, porzioni di rivestimento risonanti, importanti sottospessori e vuoti a tergo dei rivestimenti e vespai profondi nel rivestimento	Tipologico C3 e A
21	200	210	10	31,8	3U	difetti superficiali, porzioni di rivestimento risonanti, importanti sottospessori e vuoti a tergo dei rivestimenti e vespai profondi nel rivestimento	Tipologico C3 e Abis

Aree da attenzionare e definizione degli interventi

Tabella 18: *Classi per le condizioni statiche del rivestimento della galleria*

CLASSE 1

Area in buone condizioni.
Le aree di classe 1 richiedono solo manutenzione ordinaria e manutenzione preventiva programmata.

CLASSE 2

Area con lievi deterioramenti sulla struttura o sulle finiture ed impiantistica della galleria, che non mettono in pericolo la stabilità della struttura
Le aree di classe 2 possono richiedere una manutenzione correttiva specializzata non urgente, oltre alla manutenzione necessaria per le aree di classe 1.

CLASSE 2E

Area che include i deterioramenti di classe 2 (sulla struttura e nella sua area d'influenza), che potrebbero degradarsi e aumentare di estensione, mettendo in pericolo la stabilità della struttura oppure
Aree che includono impianti civili che sono stati seriamente danneggiati o di cui la stabilità può essere compromessa.
Le aree di classe 2E richiedono un monitoraggio specifico e un'urgente manutenzione correttiva per prevenire il rapido sviluppo di un deterioramento più sostanziale della struttura, oltre alla manutenzione necessaria per le aree di classe 1.
L'indice "E" riflette una possibile evoluzione a breve termine del difetto.

CLASSE 3

Area con degrado profondo in cui i difetti rilevati indicano che la struttura (rivestimento) è stata alterata o che la stabilità dell'area in questione è probabilmente compromessa.
Le aree di classe 3 richiedono lavori di protezione, riparazione o rinforzo non urgenti. Tuttavia, è necessaria un'analisi e diagnosi rapida.

CLASSE 3U

Area nella quale il deterioramento osservato mostra un degrado profondo e che la stabilità complessiva dell'area è stata compromessa a breve o medio termine.
Le aree di classe 3U richiedono riparazioni urgenti per garantire la conservazione a lungo termine della struttura o impedire qualsiasi rapido sviluppo di difetti più gravi. I lavori di riparazione devono essere generalmente preceduti da indagini che rendano possibile stabilire anche le condizioni del terreno circostante, che spesso sono poco conosciute.
L'indice "U" riflette la natura urgente delle azioni da intraprendere.

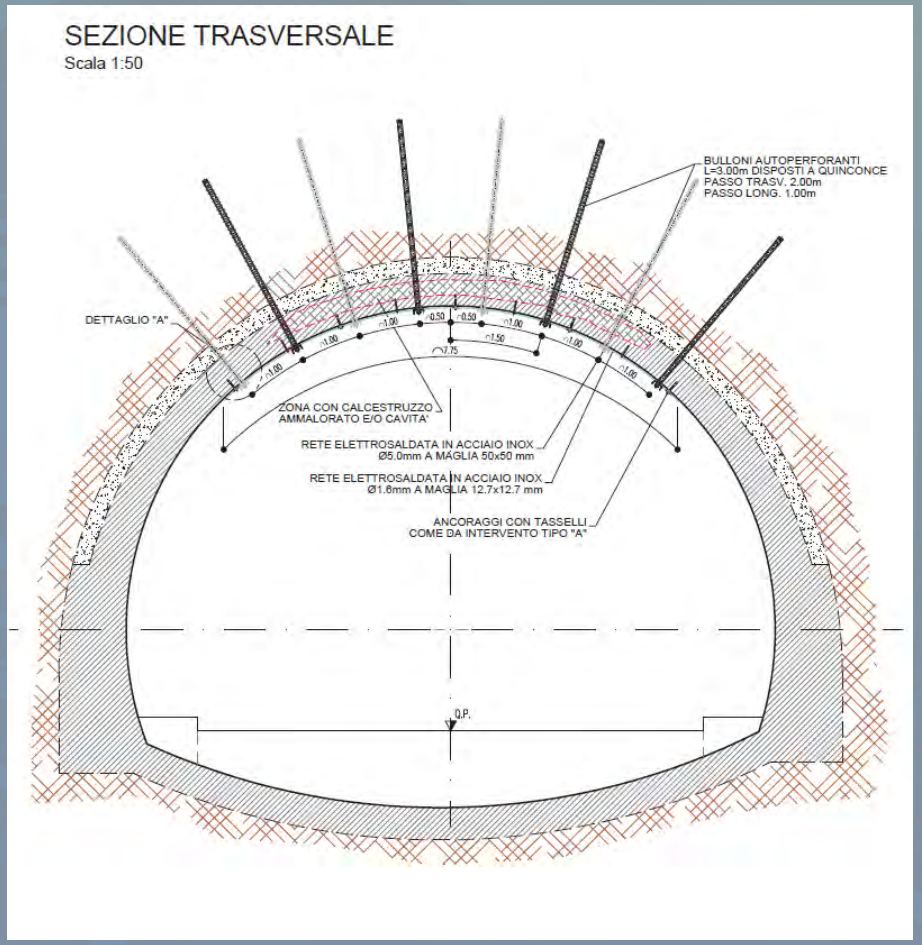
INDICE "S"

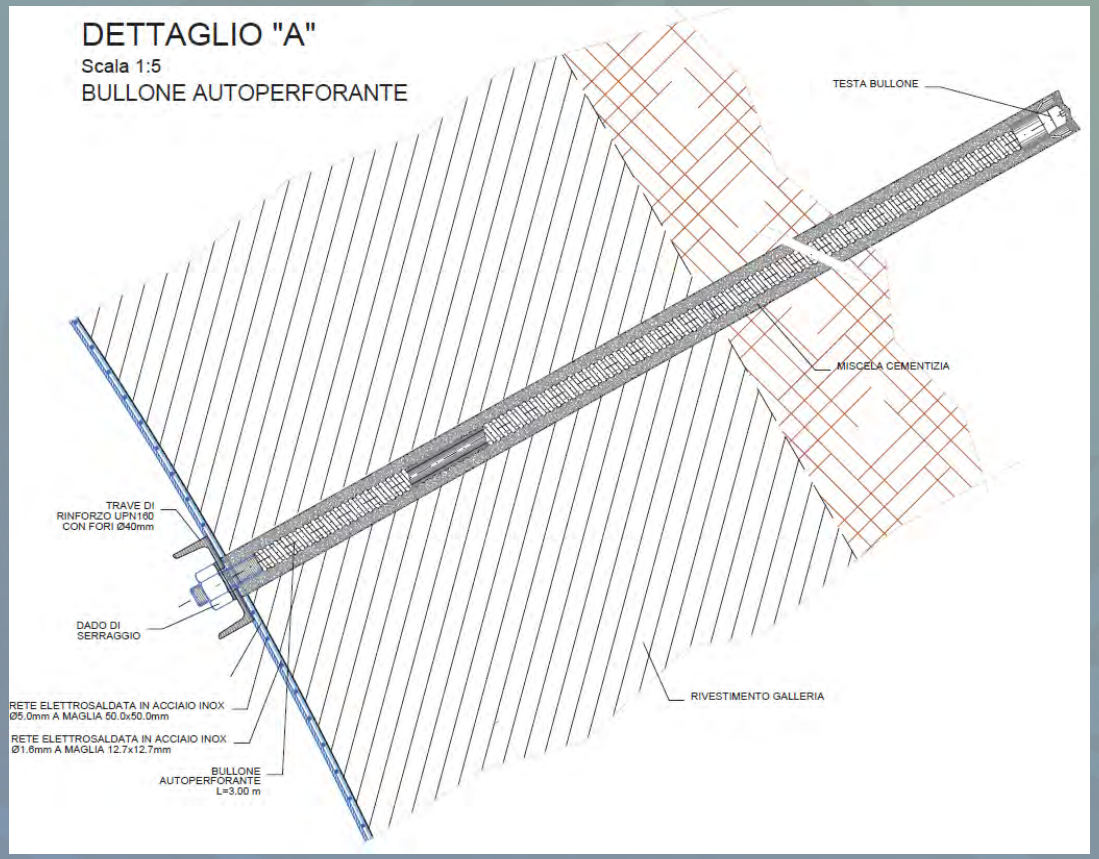
Questa sigla aggiuntiva "S" è assegnata ad una delle 5 classi, di cui sopra, quando specifici difetti rilevati, indipendentemente dall'area in questione, possono mettere in pericolo la sicurezza degli utenti e quindi richiedere un'azione correttiva estremamente urgente.
La sigla aggiuntiva "S" riflette l'esistenza di un difetto in una sezione della struttura che influenza la sicurezza degli utenti e una non conformità con le norme di sicurezza o un non adeguato livello di sicurezza.

P.M. 150–200: AREE DA ATTENZIONARE E DEFINIZIONE INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA

SINA | Case study

Assessment 2020





PROGETTAZIONE INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA – TIPOLOGICO C3

SINA | Case study

Assessment 2020

REALIZZAZIONE INTERVENTO – TIPOLOGICO C3 (LUGLIO 2021)

SINA | Prospettive e sviluppi tecnologici

I numeri

1	termografie di dettaglio
2	georadar di dettaglio - **5800**
3	Perforazione - **5200**
4	campionamento e prova cls
5	campionamento e prova armature
6	Serraggi
7	campionamento e prova carpenteria
8	martinetto piatto
9	pull out
10	prove ultrasoniche
11	sonreb
12	pacometria
13	misure potenziale
14	Rilievo profil. e/o geometrico
15	martellinatura
16	sclerometro
17	analisi acqua
18	carbonatazione
19	resistenza cloruri
20	indagine alcali aggregati

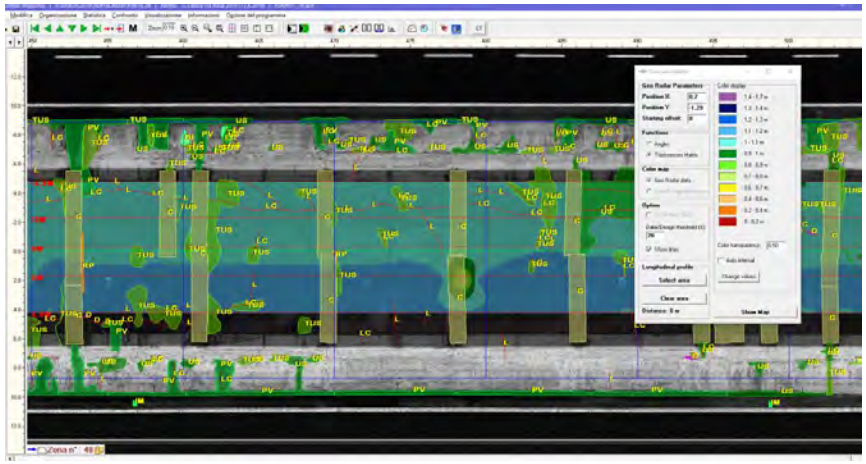
RETE	Tot. gallerie	TOT PROVE ESEGUITE
A10 ADF	144	26657
A6 ADF	52	5653
A12 SALT	53	10539
A15 SALT	36	4713
A5 SAV	10	3381
	totale	**50943**

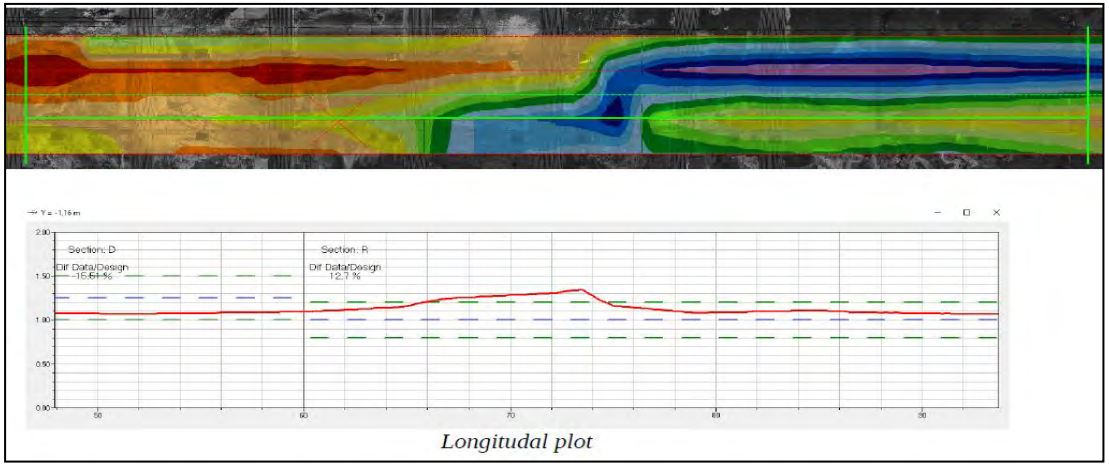
TOTALE PROVE STRAORDINARIE PERIODO 2020 - 2021

Prospettive e sviluppi tecnologici

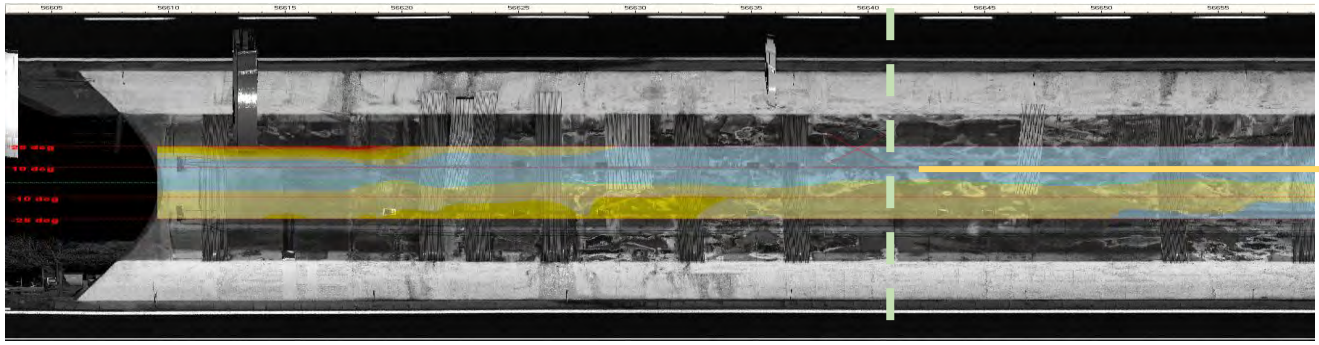
Correlazioni multilivello

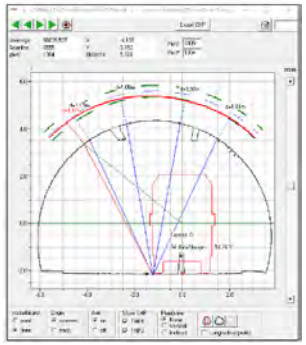
E’ di basilare importanza dotarci di sistemi informativi che consentano, in maniera certa ed automatica, di poter disporre, in modo fruibile, delle risultanze di tutte le numerosissime indagini svolte .Questo sistema consente quindi un vero supporto alle valutazioni ingegneristiche per la corretta classificazione dei difetti.





Longitudal plot





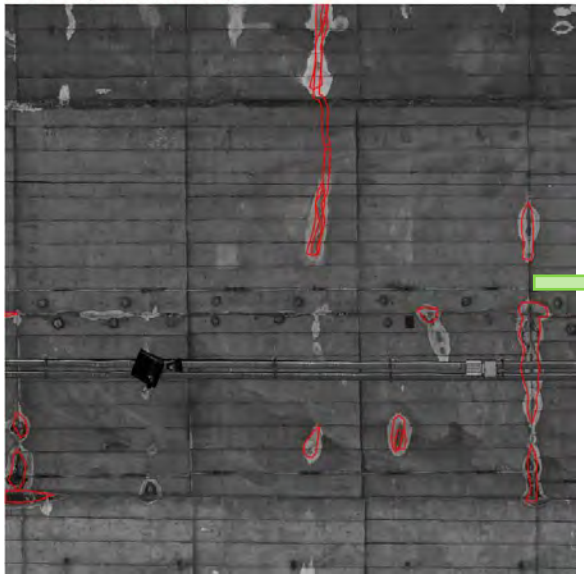
INTEGRAZIONE DATI TUNNEL SCANNER SYSTEM - GEORADAR

SINA | Prospettive e sviluppi tecnologici

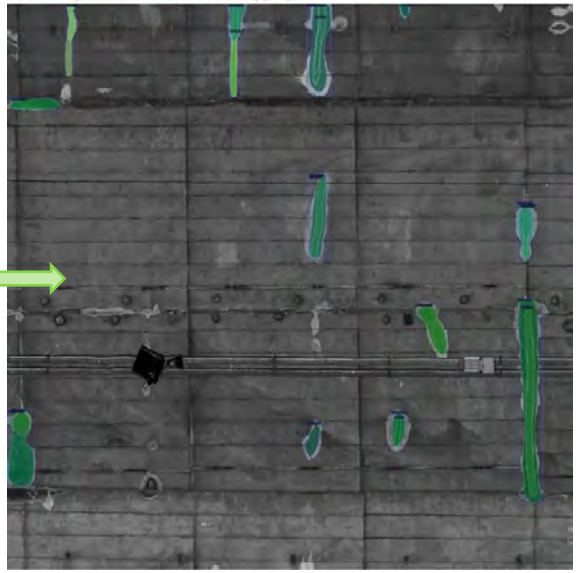
Sviluppi software machine-learning

Progetto in corso: Implementazione di un sistema digitale per l'automazione di processi di valutazione dello stato manutentivo delle gallerie, partendo dai fenomeni di «cracking» o fessurazioni.

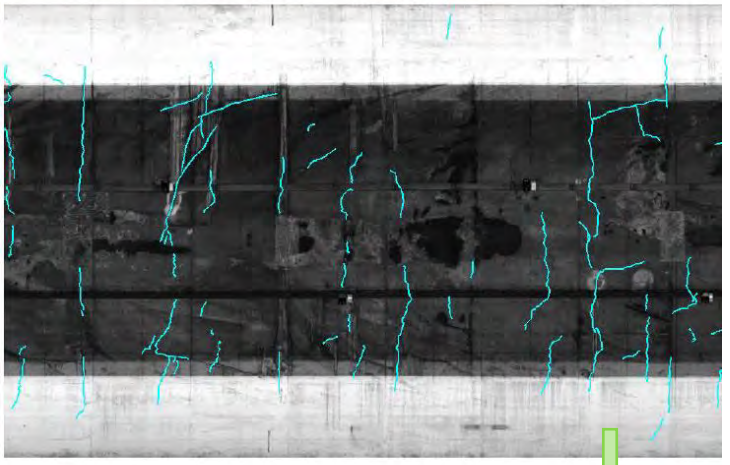
Ground-truth (annotazione manuale):



Predizione (annotazione dei modelli sviluppati):



Esempio Pompeiana 2 - Annotazioni fatte umanamente - ground truth



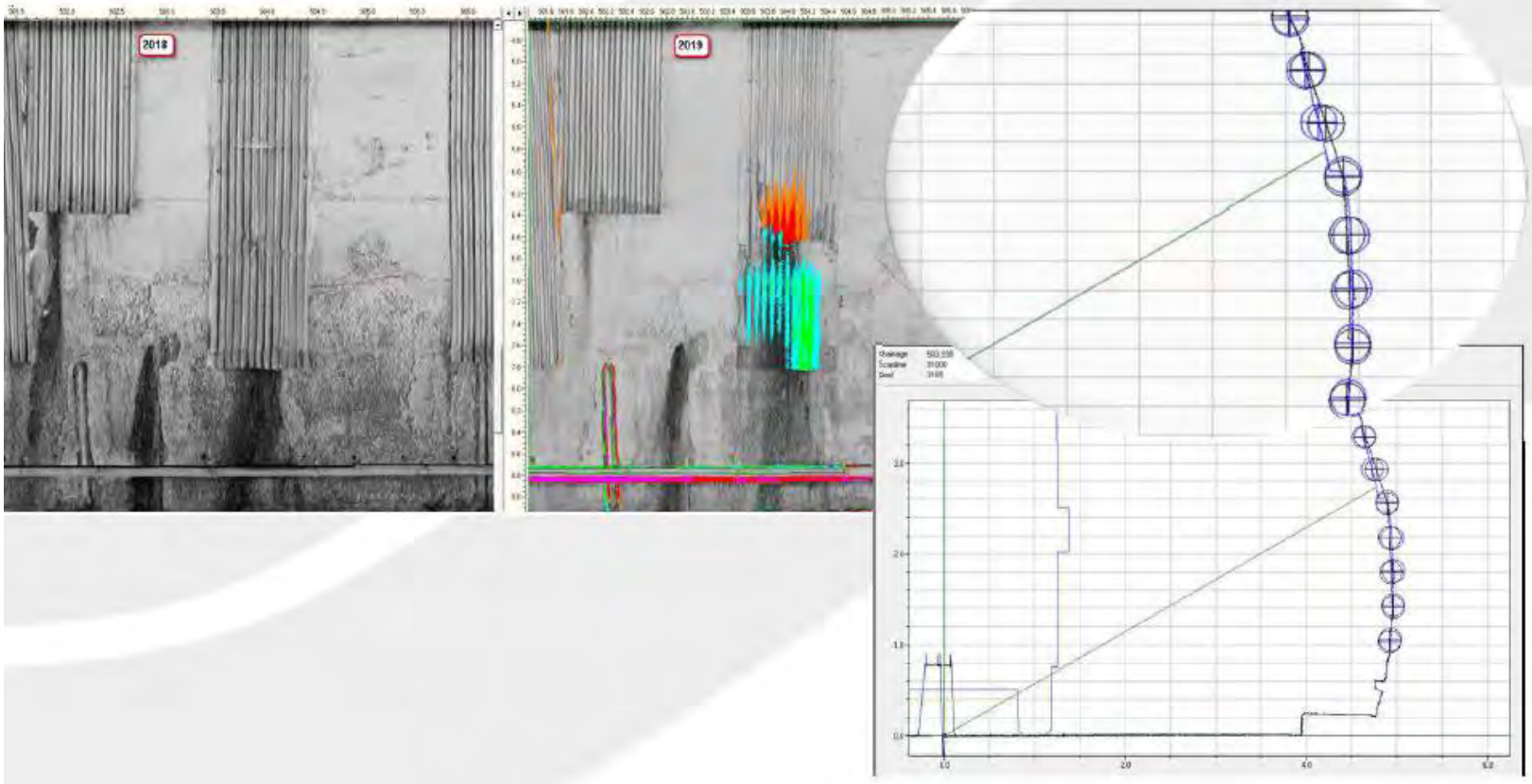
Esempio Pompeiana 2 - Predizioni del modello prima dell'applicazione dei filtri

RILEVAMENTO AUTOMATIZZATO ANOMALIE E DIFETTI TRAMITE INTELLIGENZA ARTIFICIALE

SINA | Prospettive e sviluppi tecnologici

Sviluppi software – comparazioni temporali

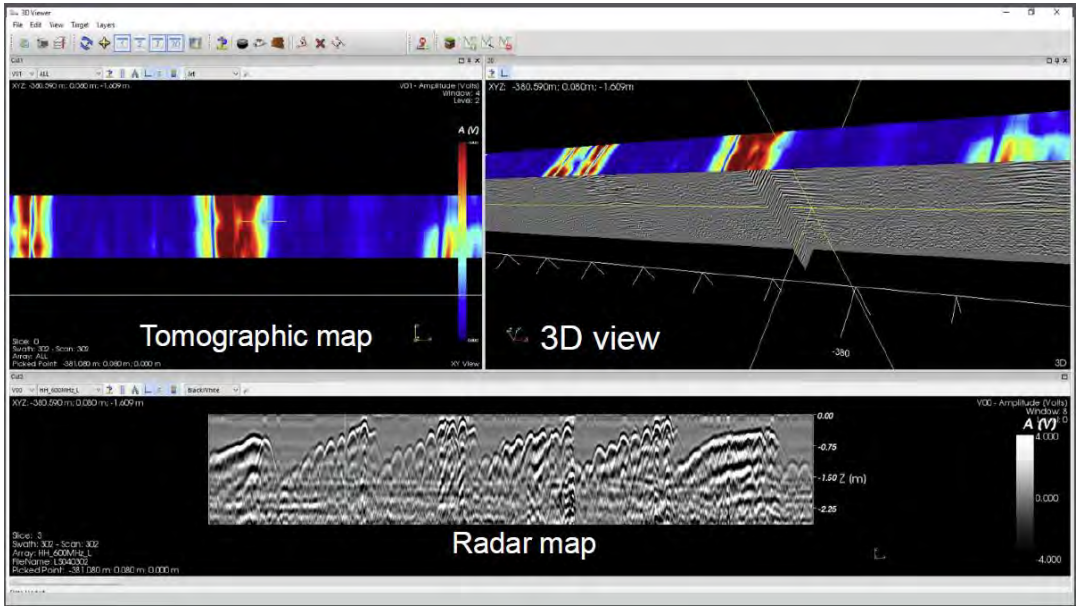
Comparazione profilometrica di due diversi rilievi eseguita su immagine ad alta risoluzione ed in sezione

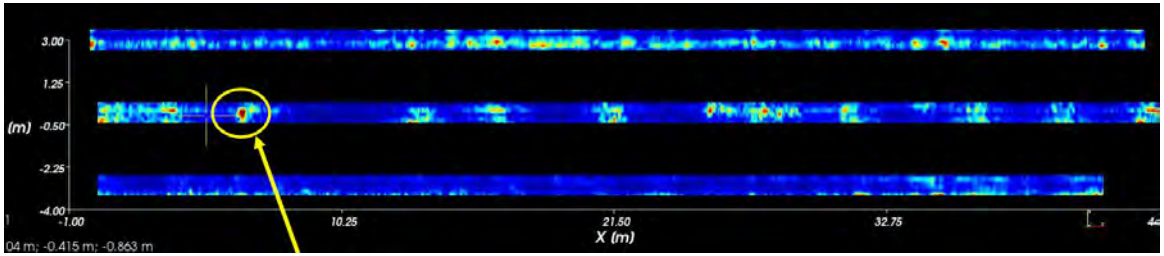


ANALISI DI VERIFICA DEFORMAZIONE DELLE ONDULINE

Prospettive e sviluppi tecnologici

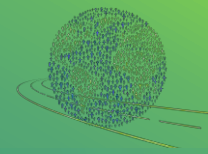
Sviluppo nuove tecnologie ad alto rendimento per ottimizzare acquisizione e restituzione





GEORADAR 3D

SINA



#movingtothefuture

SINA
ASTM GROUP