

Visita SIG

6 febbraio 2024

La Riqualfica della tratta storica della A01 tra Calenzano e Barberino
Graziano Verzilli – Autostrade per l'Italia

Gli interventi in galleria lungo la Riqualfica – Il progetto
Lapo Baccolini – Tecne Gruppo Autostrade per l'Italia

Gli interventi in galleria lungo la Riqualfica – Il cantiere
Mario Liti – Amplia Infrastructure

L'applicazione dei conci prefabbricati
Nicoletta Steconi – Paver Costruzioni

L'applicazione del FRC ad alta resistenza
Stefano Guanziroli – Hinfra



Visita SIG

La Riqualifica della tratta storica della A01 tra Calenzano e Barberino

Direttore Ingegneria e Realizzazione: Ing. Luca Fontana
Area Manager: Ing. Graziano Verzilli
Project Manager: Ing. David Giorgetti (RUP)



Riqualifica A1 tratto Barberino - Calenzano

L'intervento di Riqualifica A1 nel tratto Barberino-Calenzano si inserisce nel più generale contesto di **ampliamento della terza corsia del tratto Barberino di Mugello - Firenze Nord**, che ha già visto il completamento della nuova carreggiata Sud (Galleria San Donato). Per la direzione Nord, attuale oggetto di intervento, sono attualmente in corso:



Riqualifica carreggiate esistenti (ciascuna con due corsie di emergenza per senso di marcia) e il **redirezionamento dell'attuale carreggiata sud verso nord**;



Adeguamento sismico e statico di tre viadotti (Goccioloni I e II; Torraccia)



Ammodernamento delle calotte di tutte le gallerie presenti lungo la tratta oggetto di riqualifica (**6 gallerie – 12 fornici**)



Investimento ~ 360 M€

- Riqualifica 210 M€
- Ammodernamento 150 M€



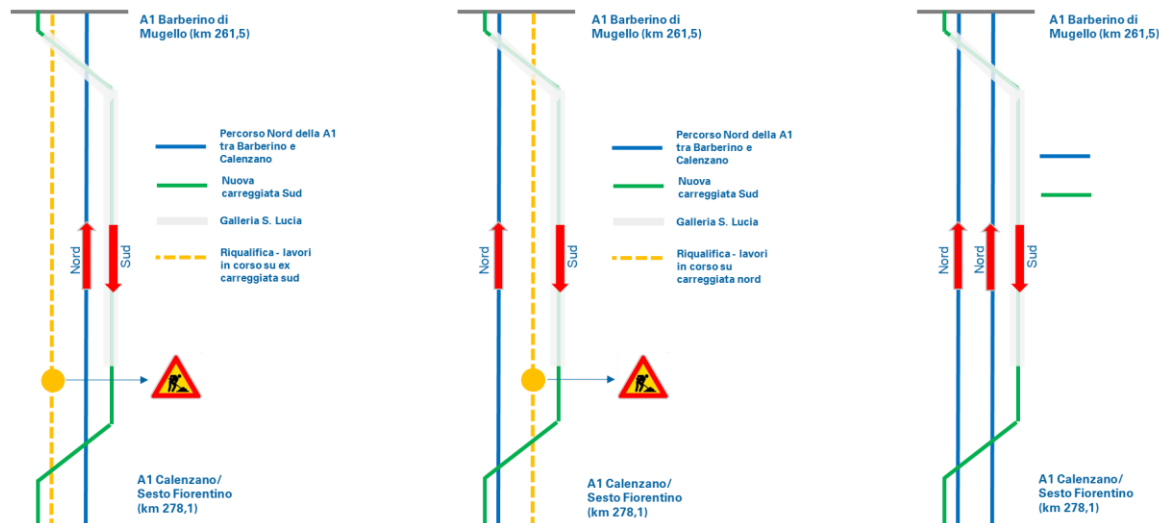
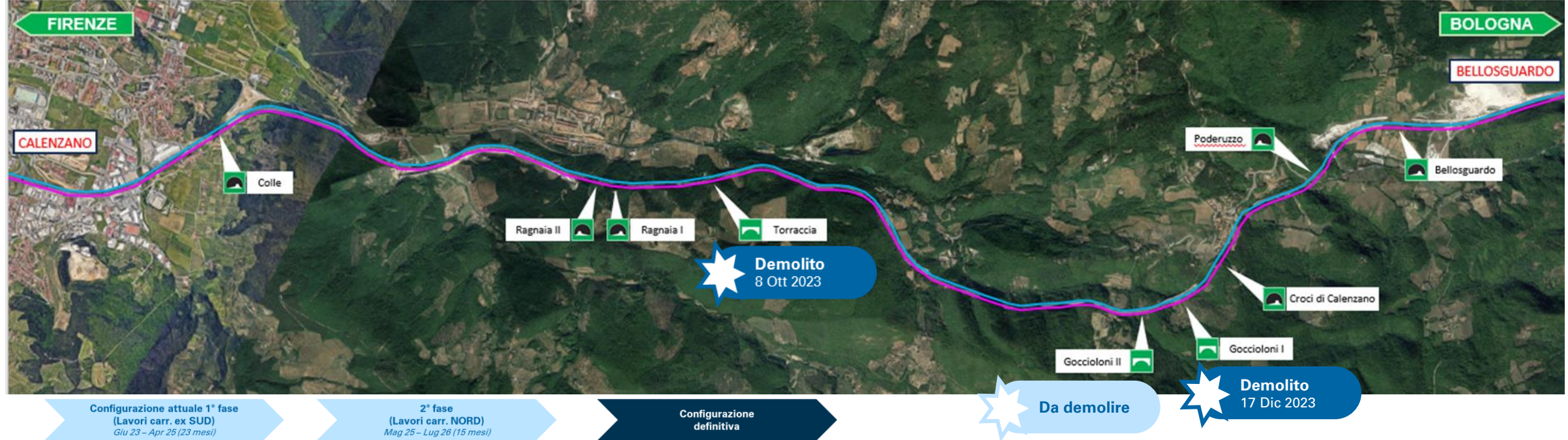
Completamento al 2026

Tempi esecuzione 40 mesi

Configurazione finale a quattro corsie in nord (rispetto alle due attuali)



Fasi e Metodo di Lavoro



- Previste **due fasi di lavoro** distinte per carreggiate
- **Lavori concomitanti con riqualifica** dell'intero tratto al fine di ridurre le interferenze alla viabilità
- Adottate **Tecnologie innovative** al fine di contenere le tempistiche di esecuzione e le relative turbative alla viabilità (Tunnel Renewal Strategy (TRS))
- Prevista la **demolizione di tre ponti**

Riqualfica Barberino/Calenzano

Ammodernamento rete - Gallerie



Ammodernamento strutturale su tutte le **6 gallerie** della tratta

Poderuzzo, Bellosguardo, Croci di Calenzano Ragnaia I e II, Colle



Tecnologie utilizzate

Rinnovo calotte con guscio in calcestruzzo FRC ultra prestazionale, conci prefabbricati e nuova impermeabilizzazione



50 operai, 20 ore al giorno, 7 giorni su 7



Costo degli interventi **113 €/mln**



Completamento entro il 2026



Obiettivi raggiunti



0 incidenti sul lavoro



+ 50 anni di estensione di vita delle opere



- 66% tempi di ricostruzione rivestimento -



20% emissione CO2



Adeguamento delle strutture delle sei gallerie presenti lungo la tratta

Rinnovamento dei rivestimenti delle sei gallerie con vita utile rinnovata a 50 anni
Soluzioni ad alte prestazioni, durabilità e con minor durata dei cantieri



In numeri

- ✓ 3,1 km complessivi di fornici
- ✓ 5.000 m³ di calcestruzzo, 1.000.000 kg di acciaio
- ✓ 40.000 m² di manto impermeabilizzante
- ✓ 50 operai, 20 ore al giorno, 7 giorni su 7

Riqualifica Barberino/Calenzano

Ammodernamento rete - Viadotti



Adeguamento sismico e statico di tre viadotti presenti lungo la tratta



Tecnologie utilizzate

Demolizione impalcati con esplosivo e ricostruzione in acciaio corten



70 operai, 20 ore al giorno, 7 giorni su 7



Costo degli interventi 79 €/mln



Completamento entro il 2026



Obiettivi raggiunti



0 incidenti sul lavoro



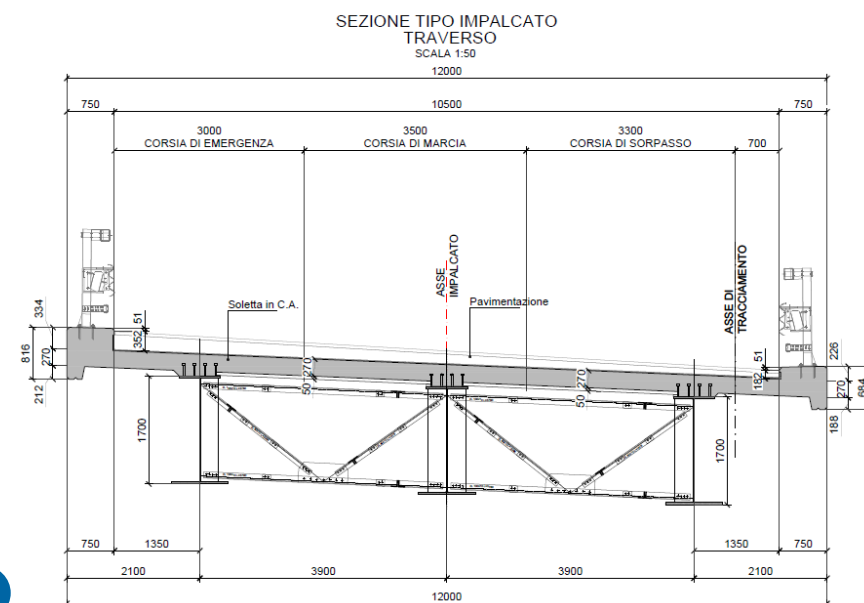
+ 50 anni di estensione di vita delle opere



- 50% tempi di demolizione impalcati



Adeguamento sismico e statico di tre viadotti presenti lungo la tratta. Demolizione degli impalcati con esplosivo e ricostruzione nuove strutture in acciaio corten con isolatori sismici. Recupero ed adeguamento delle sottostrutture esistenti (pile e spalle)



In numeri

- ✓ 14.000 m³ di calcestruzzo
- ✓ 5 milioni di kg di acciaio
- ✓ 70 operai, 20 ore al giorno, 7 giorni su 7



GRAZIE DELL'ATTENZIONE

autostrade // per l'italia

Visita SIG

Gli interventi in galleria lungo la Riqualfica – Il progetto

Technical Authority Assessment Gallerie: Ing. Lapo Baccolini



INDICE

01. Tunnel Renewal Strategy (TRS)

- a) Campo di applicazione
- b) Richiamo dei principi cardine dell'approccio progettuale
- c) Stato di avanzamento del piano di ammodernamento

02. Gli interventi in galleria lungo la Riqualfica – Il progetto

- a) Inquadramento generale
- b) Stato di conservazione e esiti fase conoscitiva
- c) Gallerie Lato Calenzano
- d) Metodo di Calcolo
- e) Gallerie Lato Barberino

01_a

Tunnel Renewal Strategy

Campo di Applicazione

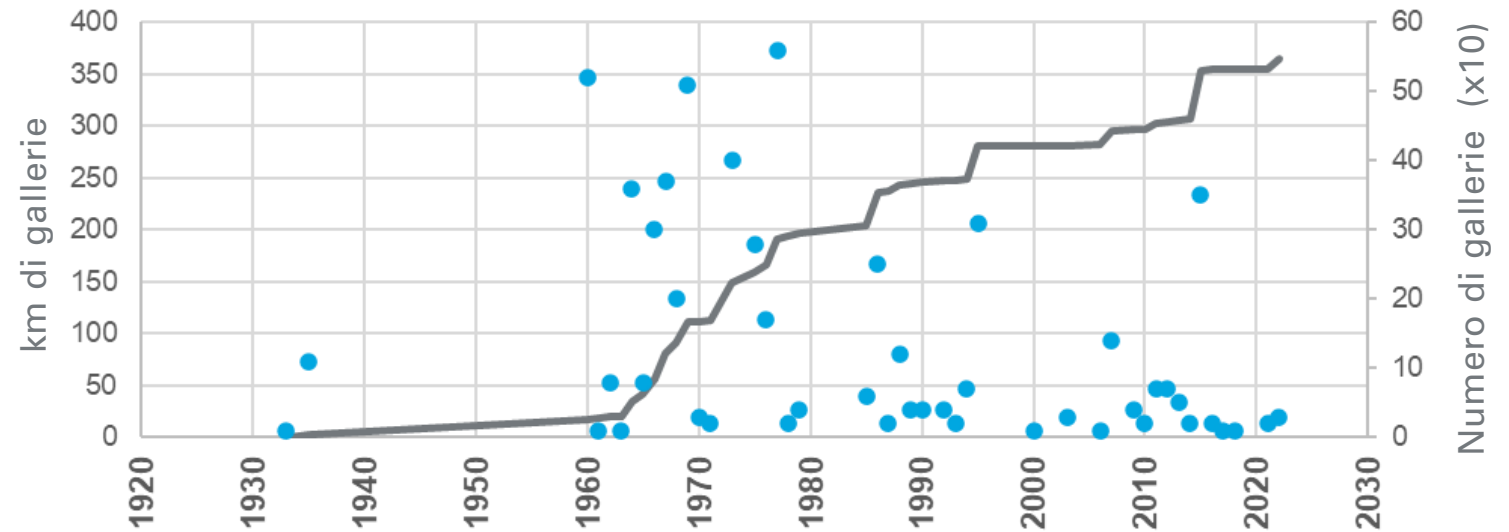
Campo di applicazione



Layout della rete Autostrade per l'Italia

Lo sviluppo della rete autostradale italiana si concentra negli anni '60 – '70. A fine anni '70 erano state aperte al traffico circa il 70% delle gallerie della attuale rete ASPI, con uno sviluppo complessivo di circa il 55% dell'attuale rete

km gallerie aperte al traffico, cum. rete Aspi,
e numero fornici aperti nell'anno



> 2 900 km di autostrada



595 Gallerie – 365 km

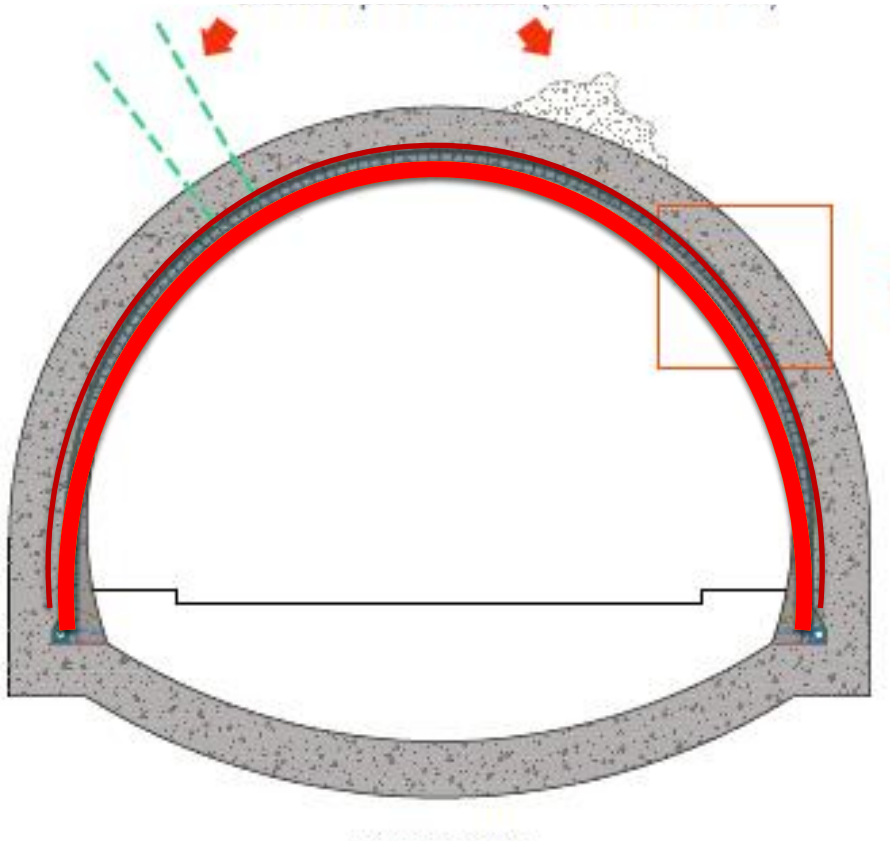
01_b

Tunnel Renewal Strategy

Richiamo dei principi cardine dell'approccio progettuale

Piano di rinnovo strutturale dei rivestimenti

Sviluppo di sistemi costruttivi standardizzati



OBIETTIVI

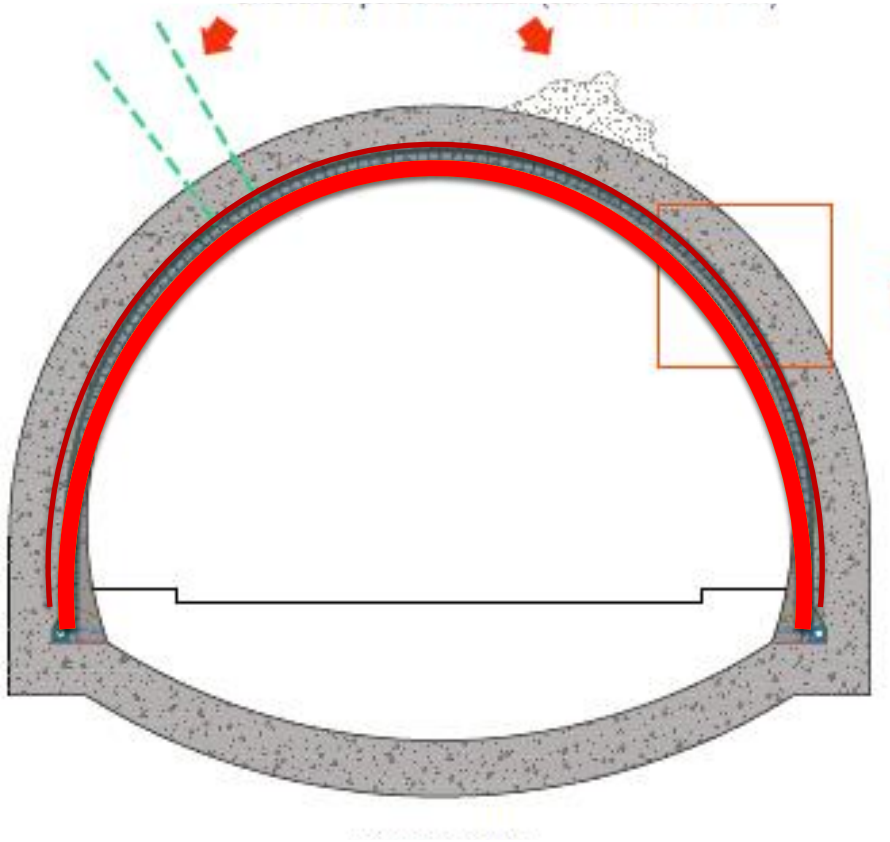
TUNNEL RENEWAL STRATEGY (TRS) DEFINISCE L'APPROCCIO STRATEGICO DI ASPI NELL'AFFRONTARE IN MANIERA ORGANICA IL PIANO DI AMMODERNAMENTO DEL PATRIMONIO DELLE GALLERIE AUTOSTRADE IN GESTIONE.

I PRINCIPALI REQUISITI DEFINITI IN AMBITO TRS SONO:

- LA SICUREZZA PER L'ESERCIZIO
- LA SICUREZZA PER I LAVORATORI
- LA MINIMIZZAZIONE DELL'IMPATTO SUL TRAFFICO
- LA RAPIDITÀ DI INTERVENTO
- LE ELEVATE PRESTAZIONI STRUTTURALI
- L'INSTALLAZIONE DI UN SISTEMA DI IMPERMEABILIZZAZIONE EFFICACE E DURATURO
- LA SOSTENIBILITÀ - CONSERVAZIONE DELL'ASSET
- LA STANDARDIZZAZIONE DELLE SOLUZIONI

Piano di rinnovo strutturale dei rivestimenti

Sviluppo di sistemi costruttivi standardizzati



APPROCCIO TECNICO

- MINIMIZZAZIONE SPESSORE DEMOLIZIONE
- INTERVENTI DI PRESIDIO TEMPORANEO
- IMPERMEABILIZZAZIONE GALLERIA CON MANTO DI RAPIDA INSTALLAZIONE
- ELEVATA PRESTAZIONE STATICA NUOVO RIVESTIMENTO DEFINITIVO
- DEFUNZIONALIZZAZIONE STATICA RIVESTIMENTO DEFINITIVO ORIGINARIO
- VITA NOMINALE ≥ 50 ANNI
- SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE INTERVENTI (EPD, LCA)
- INNOVAZIONE TECNOLOGICA

TUNNEL RENEWAL STRATEGY – Tipologie di Intervento

Definizione di 9 sezioni tipo mutate da scavo nuove gallerie o da sviluppare coinvolgendo il mercato delle costruzioni

Identificazioni di punti di forza e debolezza di ogni sezione tipo e definizione del relativo campo di applicazione

Tipologia intervento (senza mantenimento traffico)	Dimensioni galleria		Condizione tensionale rivestimento		Tipologia rivestimento			Condizioni idriche		Condizione arco rovescio		Sagoma interna		Lunghezza di applicazione		Periodo interruzione traffico			
	2 Corsie	3 corsie	Carico	Scarico	Cls	Muratura	c.a.	Asciutta	Infiltrazioni	Integro	Da rifare	Con margini	Senza margini	Ridotta	Estesa	C	N	5 gg	12 gg
A - Demolizione completa rivestimento esistente e getto in opera	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
B - Rivestimento in lastre prefabbricate + getto in opera	●	●	●	●	●	6	●	●	5	●	4	●	●	●	●	●	●	●	●
C1 - Rivestimento in cls proiettato alte prestazioni	●	●	●	●	●	6	1	●	2	●	4	●	●	●	●	●	●	●	●
C2 - Rivestimento gettato in opera con cassero	●	●	●	●	●	6	1	●	2	●	4	●	●	●	●	●	●	●	●
D - Blindaggio con piastre in acciaio (liner plates)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
E - Rivestimento con conci prefabbricati	●	●	●	●	●	6	●	●	●	●	4	●	●	●	●	●	●	●	●
F - Blindaggio con lamiere in acciaio	●	●	3	●	●	6	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
G – Centinatura intradossata	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
H – Ribasso piano viabile e rivestimento interno	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

● Applicabile ● Applicabile Con Limitazioni/Incertezze ● Non Applicabile
C: Chiusura Galleria Per Intero Periodo Lavori N: Chiusura Galleria Notturna

NOTE:
1: idrodemolizione in luogo di fresatura - 2: con impermeabilizzazione PVC su rivestimento non armato (su rivestimento armato accoppiato a lamiere in intradosso) - 3: applicabile tecnicamente ma difficilmente risolutivo dal punto di vista strutturale - 4: «fasizzazione» vincolata all'esecuzione dell'arco rovescio - 5: impermeabilizzazione in fasi - 6: applicabilità condizionata dallo stato della muratura

01_c

Tunnel Renewal Strategy

Stato di avanzamento del piano di ammodernamento

Piano di rinnovo strutturale dei rivestimenti

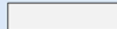
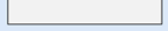
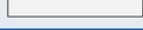
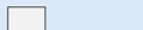
Sviluppo di sistemi costruttivi standardizzati

FASI DEL PROCESSO

ATTIVITA'	TEMPISTICA
ESAME DELLA DOCUMENTAZIONE «ASSESSMENT '20 - '21»	COMPLETATA ✓
RICERCA BIBLIOGRAFICA E DI CASI STUDIO (CON E SENZA MANTENIMENTO DELL'ESERCIZIO)	COMPLETATA ✓
DEFINIZIONE DEI REQUISITI CHIAVE DEL SISTEMA	COMPLETATA ✓
IDENTIFICAZIONE DI UNO O PIÙ SISTEMI COSTRUTTIVI E VERIFICA DEI REQUISITI	COMPLETATA ✓
ELABORAZIONE DELLE "ISTRUZIONI PROGETTUALI"	COMPLETATA ✓
SVILUPPO DI SOLUZIONI TECNOLOGICHE AD ALTA MECCANIZZAZIONE	COMPLETATA ✓
SPERIMENTAZIONE E MESSA A PUNTO SU GALLERIE PILOTA PROGETTAZIONE ESECUTIVA DETTAGLIO	IN CORSO DA SET. '22
ADOZIONE SU LARGA SCALA	IN CORSO DA OTT. '23

Piano di rinnovo strutturale dei rivestimenti

Sviluppo di sistemi costruttivi standardizzati - Applicazioni

GALLERIA 	// 	LUNGHEZZA (m) 	TIPOLOGICO TRS 	TIPO PROGETTO 	STATO LAVORI 	NOTE 
Castello 1 dx	A10	52 	"D" - Blindaggio metallico in liner plates	PILOTA 	COMPLETATI 	 > 1000 mg/kg
San Fermo dx	A09	701 	"C1" - Cls proiettato con RAM ARCH®	PILOTA 	IN CORSO 	
Colle Marino sx	A14	951 	"B + H" - Lastre pref. + cls gettato in opera	PILOTA 	IN CORSO 	Rinnovo AR
Olimpia dx	A26	903 	"C2 + H" - Cls gettato in opera	PILOTA 	IN CORSO 	
Manfreida sx	A26	792 	"C1" - Cls proiettato armato	PILOTA 	COMPLETATI 	Road Zipper®
Poggio dx	A26	455 	"C1" - Cls proiettato armato	IN SERIE 	OTTOBRE '24 	Road Zipper®
Lagoscuro dx	A26	226 	"C1" - Cls proiettato armato	IN SERIE 	IN CORSO 	 > 1000 mg/kg
Ciutti dx	A26	553 	"C1" - Cls proiettato armato	IN SERIE 	IN CORSO 	Road Zipper®
Setteventi dx	A26	409 	"C1" - Cls proiettato armato	IN SERIE 	IN CORSO 	Road Zipper®
Colle dx	A01	169 	"C2 + H" - Cls HINFRA® gettato in opera	PILOTA 	IN CORSO 	
Ragnaia II dx	A01	128 	"C2 + H" - Cls HINFRA® gettato in opera	PILOTA 	IN CORSO 	
Ragnaia I dx	A01	63 	"C2 + H" - Cls HINFRA® gettato in opera	PILOTA 	IN CORSO 	
Croci di C. dx	A01	840 	"C1" - Cls proiettato armato	IN SERIE 	IN CORSO 	
Poderuzzo dx	A01	216 	"E" - Conci prefabbricati PAVER®	PILOTA 	IN CORSO 	
Del Fico dx	A12	240 	"B + H" - Lastre pref. + cls gettato in opera	IN SERIE 	IN CORSO 	
San Bernardo dx	A12	86 	"D + H" - Blindaggio metallico in liner plates	IN SERIE 	IN CORSO 	
S. Anna dx	A12	860 	"C2 + H" - Cls gettato in opera	IN SERIE 	IN CORSO 	
17 GALLERIE	TRONCHI 1, 2, 4, 7	LUNGHEZZA TOT. 7'644 m	"B", "C1", "C2", "D", "E", "H"	9 PILOTA 8 IN SERIE	2 COMPLETATI 14 IN CORSO	PERIODO 03/22 - 02/24

Piano di rinnovo strutturale dei rivestimenti

SEZIONE TIPO B – RIVESTIMENTO CON LASTRE PREFABBRICATE + GETTO IN OPERA





Piano di rinnovo strutturale dei rivestimenti

SEZIONE TIPO C1 – CALCESTRUZZO PROIETTATO



Piano di rinnovo strutturale dei rivestimenti

SECTION TYPE D – LINER PLATES





02_a

Gli interventi in galleria lungo la Riqualifica - Il progetto **Inquadramento generale**

GALLERIE IN CARREGGIATA DESTRA



-  Tunnels on Calenzano side - Lot 1
-  Tunnels on Barberino side - Lot 2
-  Bridges to be renewed

Galleria	Lunghezza (m)	Lunghezza (%)
RAGNAIA I_DX	63	4%
RAGNAIA II_DX	128	8%
COLLE_DX	169	11%
CROCI DI CALENZANO_DX	840	54%
PODERUZZO_DX	216	14%
BELLOSGUARDO_DX	144	9%
TOTALE	1560	100%

02_b

Gli interventi in galleria lungo la Riqualifica - Il progetto

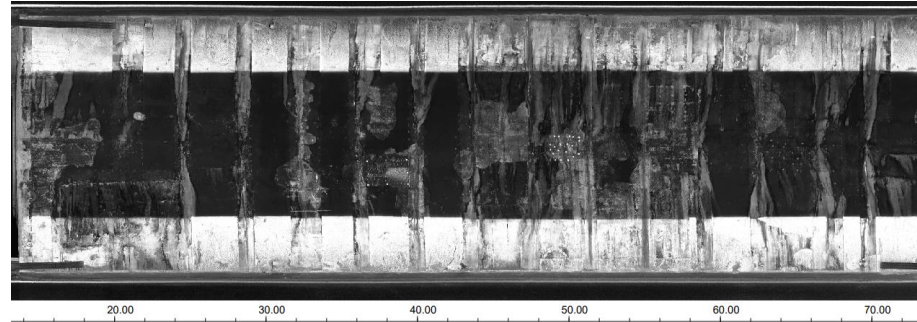
Stato di conservazione delle Gallerie

Principali evidenze dalla fase conoscitiva

DEFINIZIONE DELLO STATO DI FATTO: DOC. STORICA, ISPEZIONI, INDAGINI



Documentazione storica



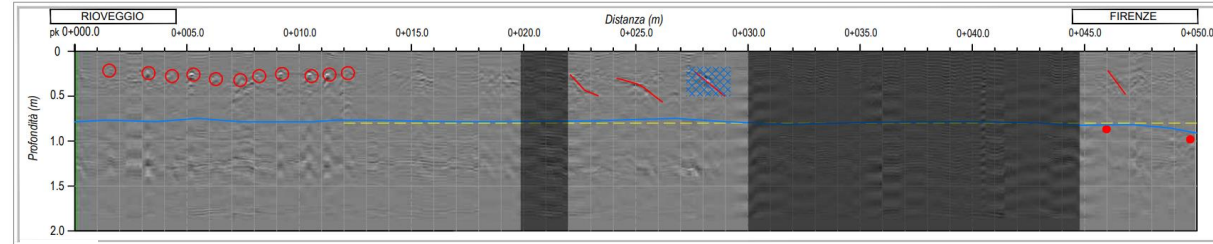
Rilievo Laser-scanner



Video-endoscopie



Martinetti Singoli



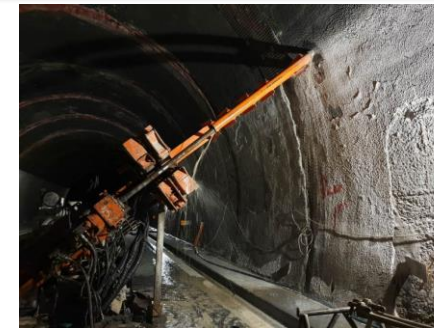
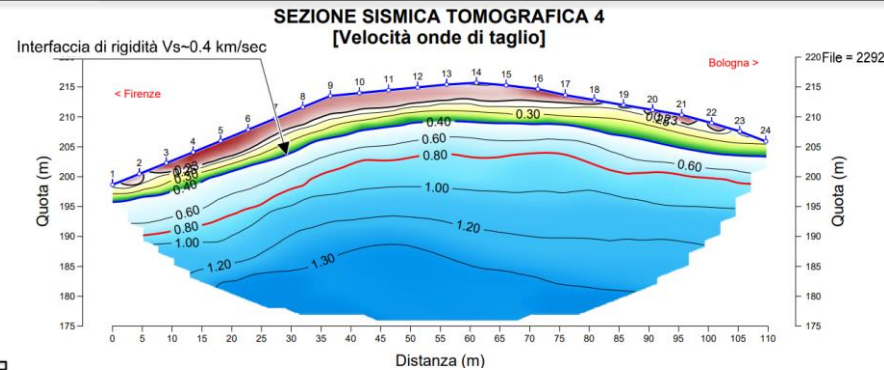
Georadar



Carotaggi



Indagini Geofisiche

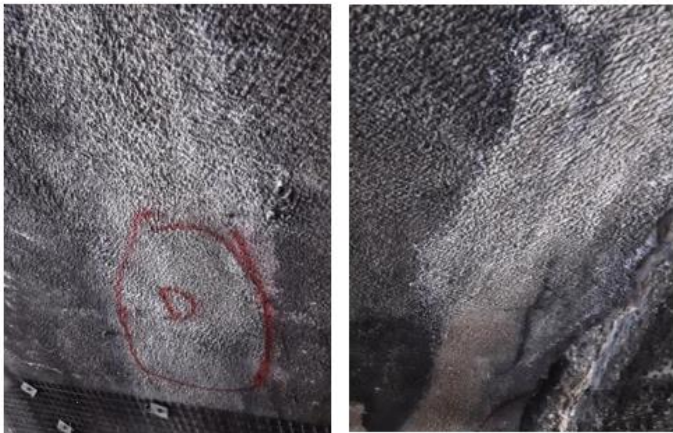
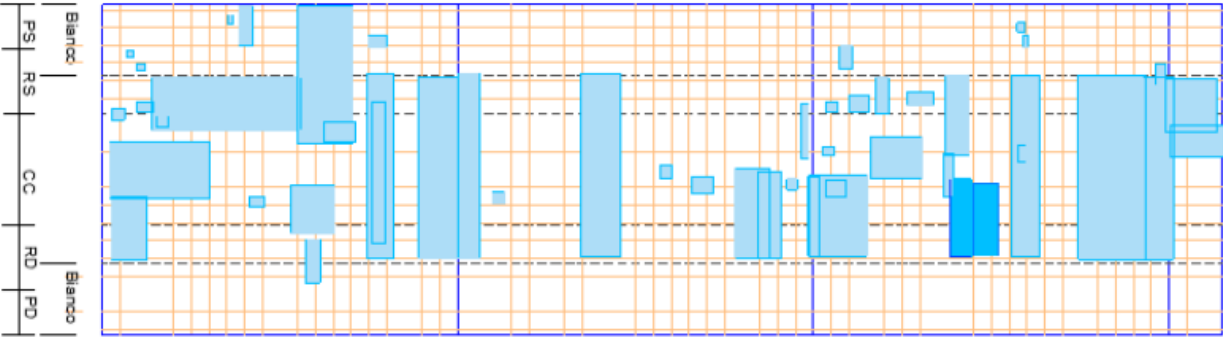


Sondaggi Geognostici

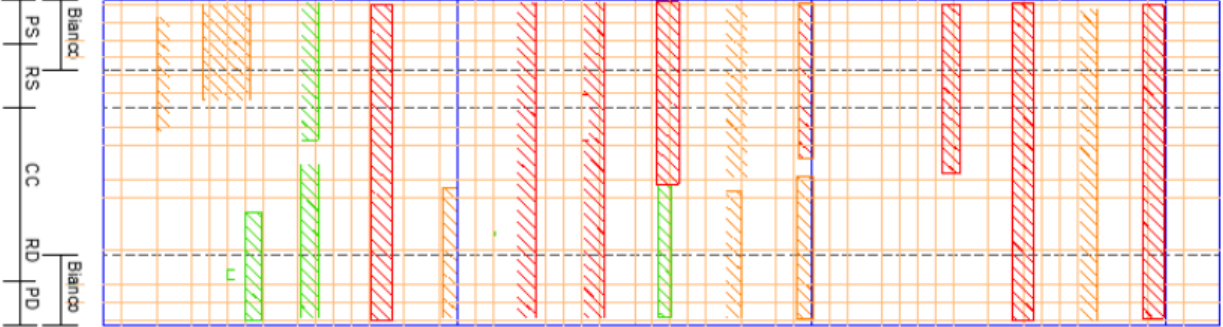


RAGNAIA I DX – DIFETTI CIVILI

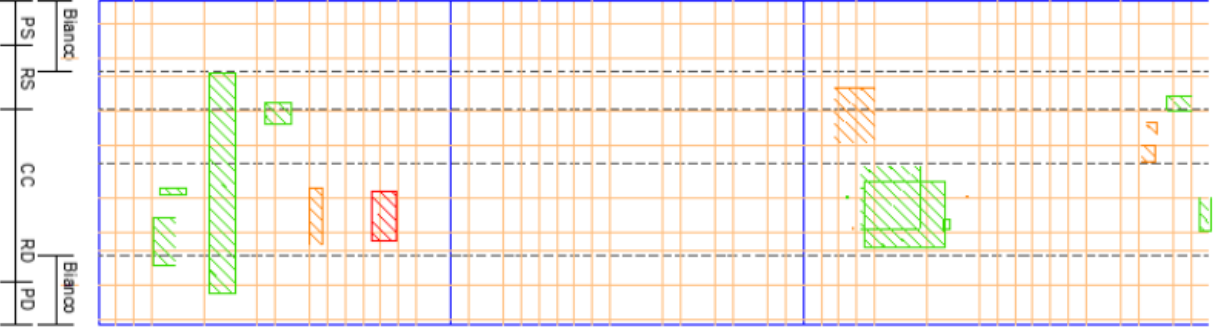
Defects due to water inflows



Joint defects

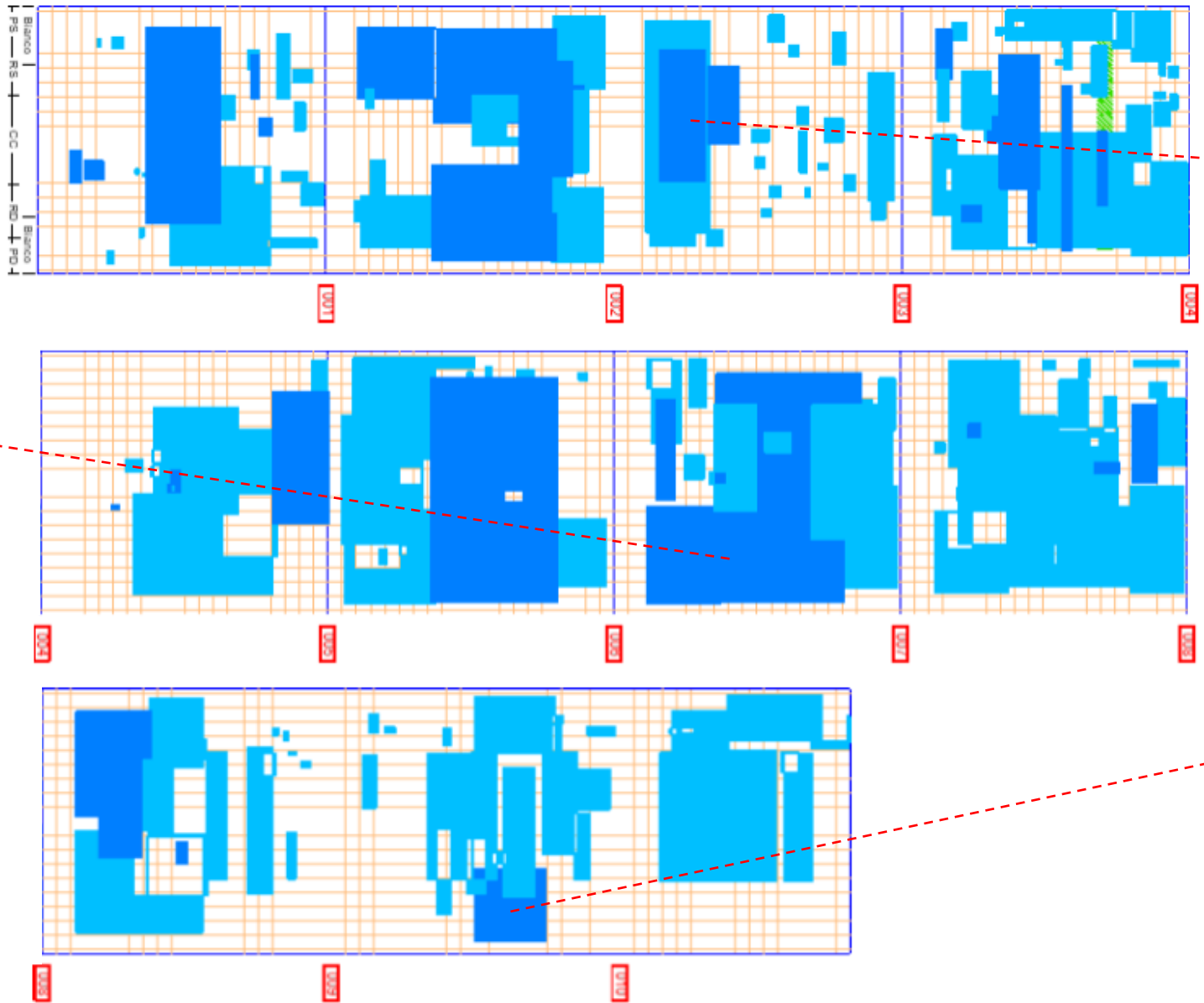
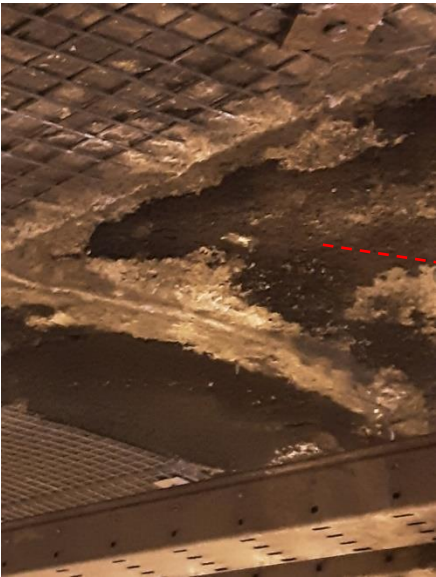


Shallow defects of concrete



PODERUZZO DX – DIFETTI CIVILI

Defects due to water inflows



A1
A2

BELLOSGURDO DX – DIFETTI CIVILI

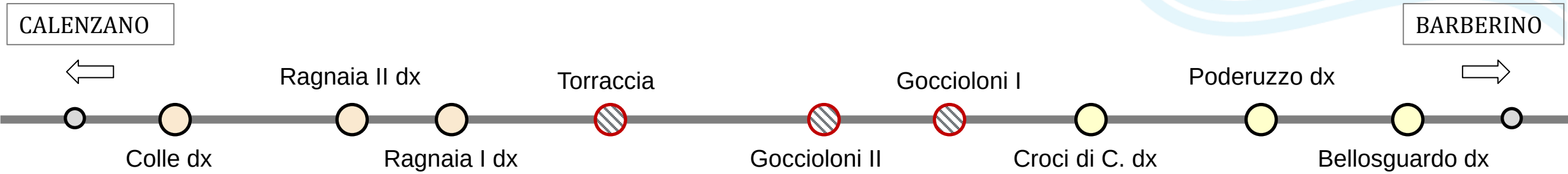
Cracks



02_c

Gli interventi in galleria lungo la Riqualifica - Il progetto Gallerie Lato Calenzano

GALLERIE IN CARREGGIATA DESTRA – LOTTO 1 LATO CALENZANO



TUNNEL RENEWAL STRATEGY – SEZIONI TIPO

Definizione di 9 sezioni tipo mutate da scavo nuove gallerie o da sviluppare coinvolgendo il mercato delle costruzioni

Identificazioni di punti di forza e debolezza di ogni sezione tipo e definizione del relativo campo di applicazione

Tipologia intervento (senza mantenimento traffico)	Dimensioni galleria		Condizione tensionale rivestimento		Tipologia rivestimento			Condizioni idriche		Condizione arco rovescio		Sagoma interna		Lunghezza di applicazione		Periodo interruzione traffico			
	2 Corsie	3 corsie	Carico	Scarico	Cls	Muratura	c.a.	Asciutta	Infiltrazioni	Integro	Da rifare	Con margini	Senza margini	Ridotta	Estesa	C	N	5 gg	12 gg
A - Demolizione completa rivestimento esistente e getto in opera	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
B - Rivestimento in lastre prefabbricate + getto in opera	●	●	●	●	●	6	●	●	5	●	4	●	●	●	●	●	●	●	●
C1 - Rivestimento in cls proiettato alte prestazioni	●	●	●	●	●	6	1	●	2	●	4	●	●	●	●	●	●	●	●
C2 - Rivestimento gettato in opera con cassero	●	●	●	●	●	6	1	●	2	●	4	●	●	●	●	●	●	●	●
D - Blindaggio con piastre in acciaio (liner plates)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
E - Rivestimento con conci prefabbricati	●	●	●	●	●	6	●	●	●	●	4	●	●	●	●	●	●	●	●
F - Blindaggio con lamiere in acciaio	●	●	3	●	●	6	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
G – Centinatura intradossata	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
H – Ribasso piano viabile e rivestimento interno	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

● Applicabile

● Applicabile Con Limitazioni/Incertezze

● Non Applicabile

C: Chiusura Galleria Per Intero Periodo Lavori N: Chiusura Galleria Notturna

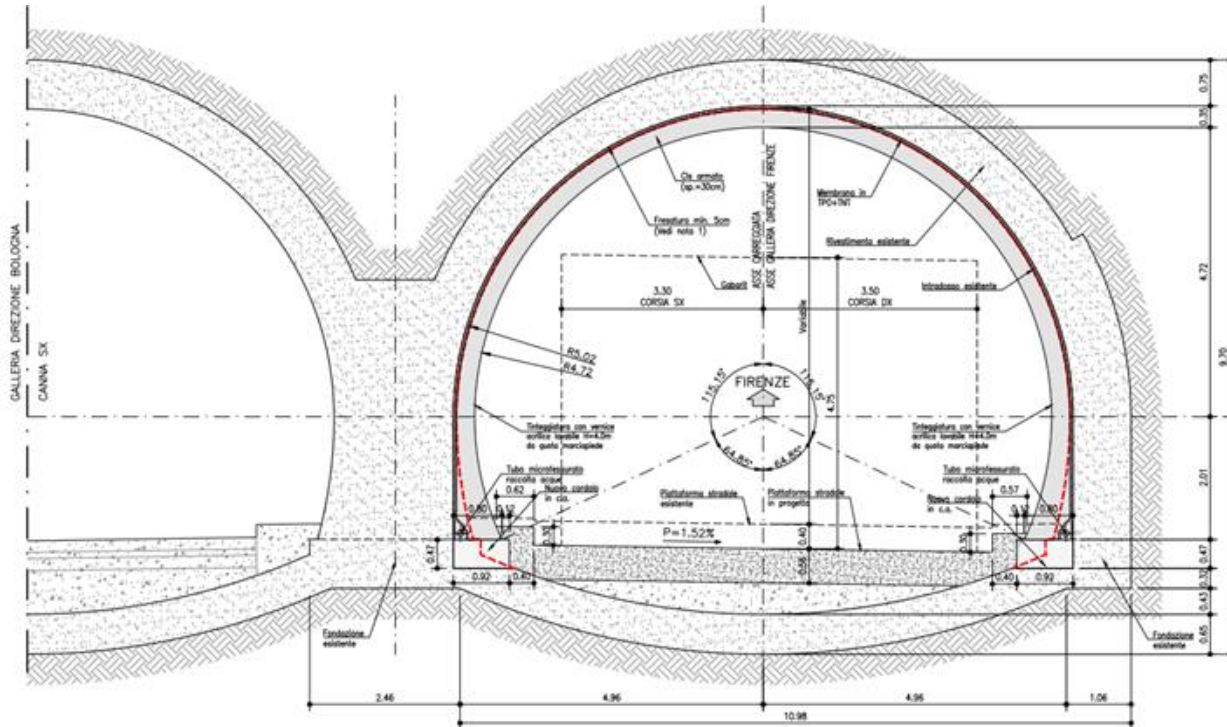
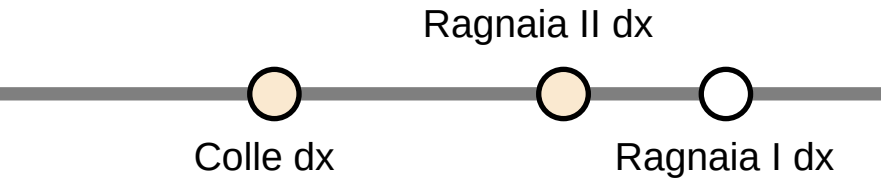
NOTE:
1: idrodemolizione in luogo di fresatura - 2: con impermeabilizzazione PVC su rivestimento non armato (su rivestimento armato accoppiato a lamiera in intradosso) - 3: applicabile tecnicamente ma difficilmente risolutivo dal punto di vista strutturale - 4: «fasizzazione» vincolata all'esecuzione dell'arco rovescio - 5: impermeabilizzazione in fasi - 6: applicabilità condizionata dallo stato della muratura

COLLE DX & RAGNAIA II DX

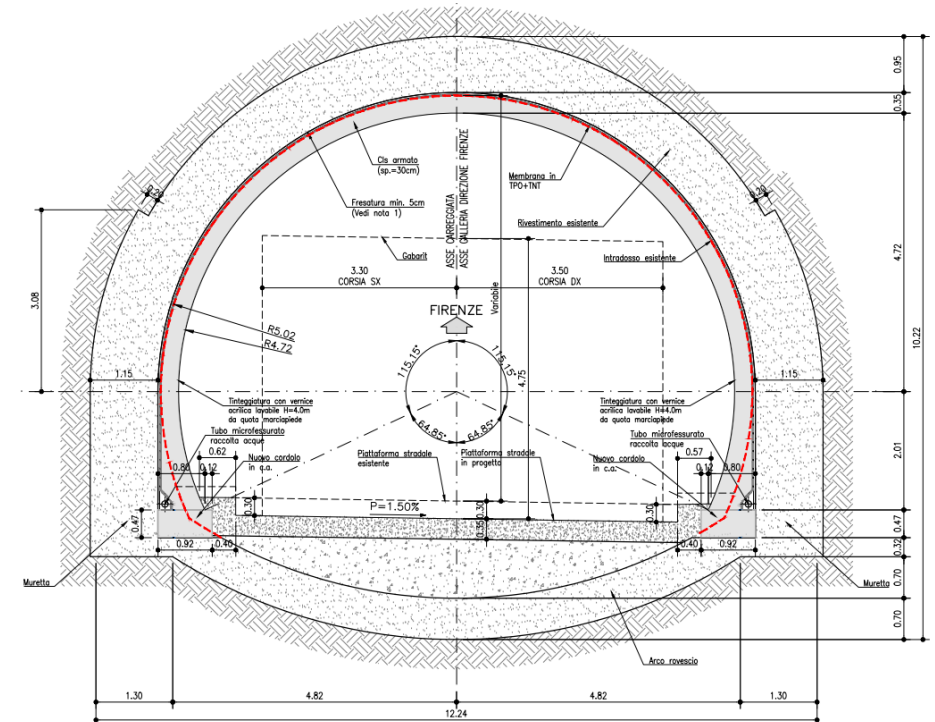
Soluzione progettuale

Sezione Tipo C2 - cls gettato in opera con abbassamento 30-40 cm del piano stradale (Intervento Tipologico H)

Ricorso a cls incrudente ad alte prestazioni rinforzato con fibre metalliche e ricorso solo parziale a barre di armatura



Colle dx – Nuovo rivestimento in cls in opera con abbassamento livelletta
Tipologici C2 + H

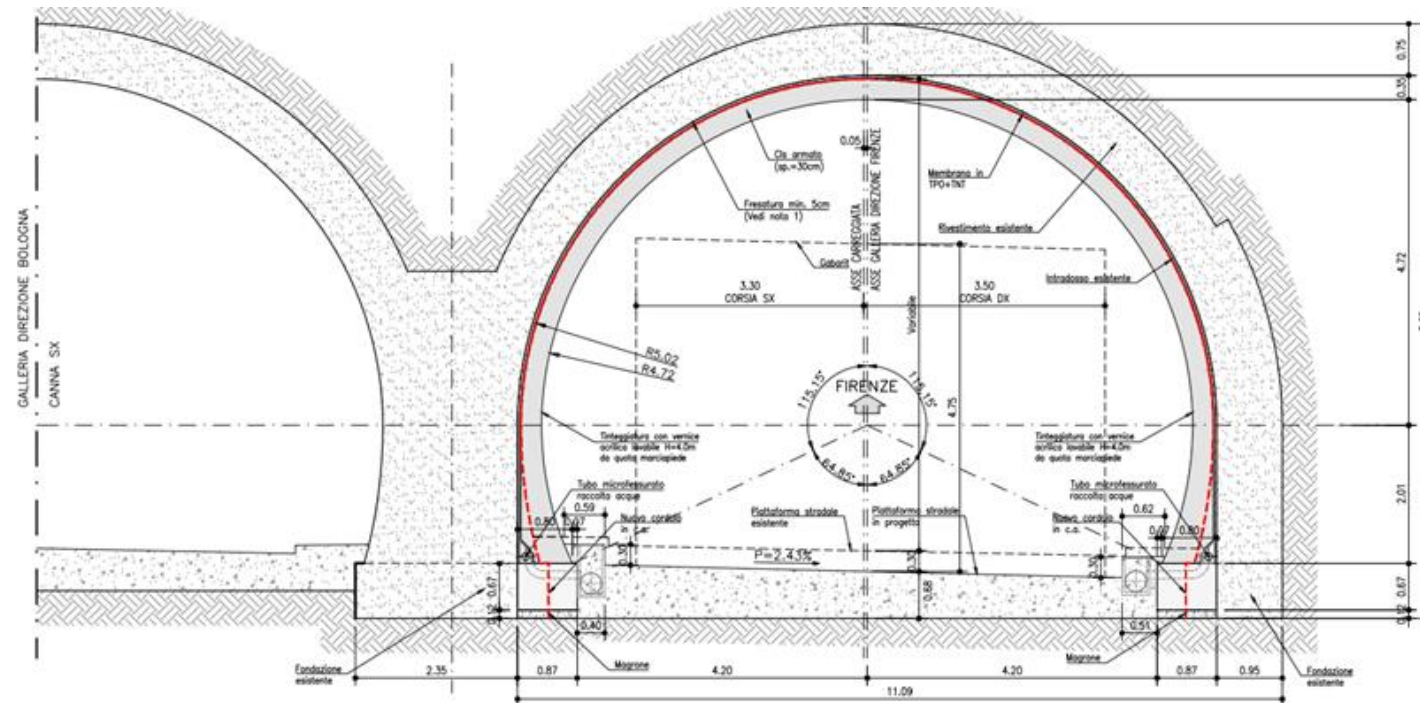
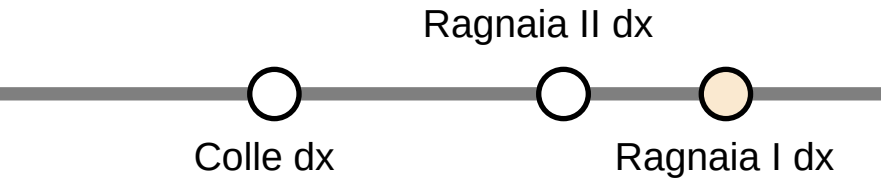


Ragnaia II dx– Nuovo rivestimento in cls in opera con abbassamento livelletta
Tipologici C2 + H

Soluzione progettuale

Sezione Tipo C2 - cls gettato in opera con abbassamento 30-40 cm del piano stradale (Intervento Tipologico H)

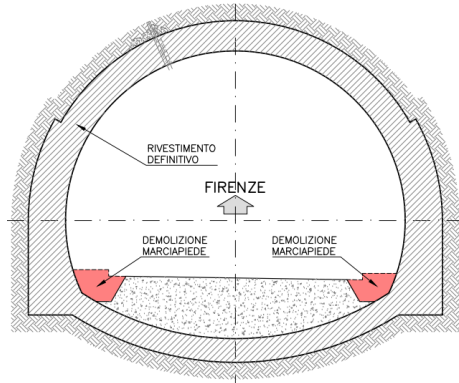
Ricorso a cls incrudente ad alte prestazioni rinforzato con fibre metalliche e ricorso solo parziale a barre di armatura



Ragnaia I dx – Nuovo rivestimento in cls in opera con abbassamento livelletta
Tipologici C2 + H

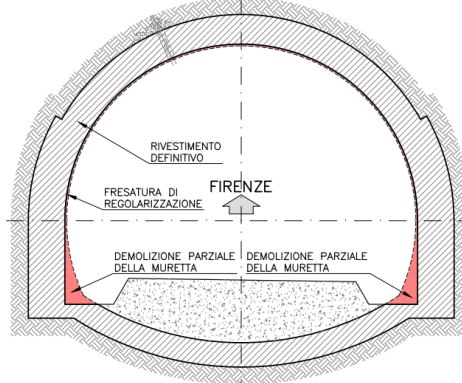
PRINCIPALI FASI COSTRUTTIVE

Stage 1



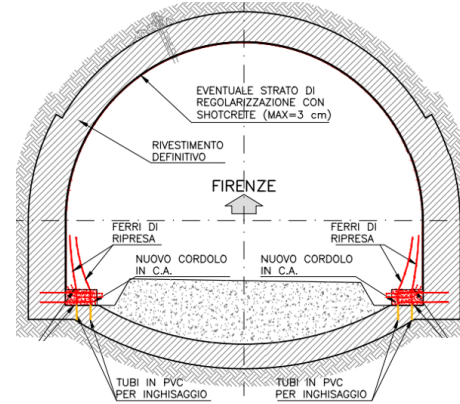
Demolizione Marciapiedi

Stage 2



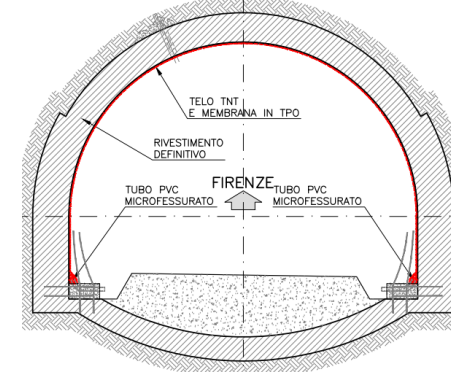
Fresatura di Regularizzazione

Stage 3



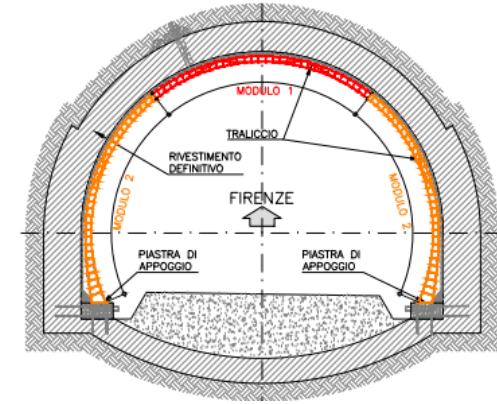
Realizzazione Cordolo e Ferri di Ripresa

Stage 4



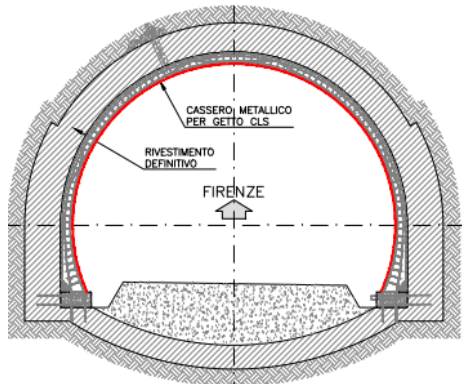
Installazione sistema di drenaggio e Impermeabilizzazione

Stage 5 (Solo 66 m di Colle dx)



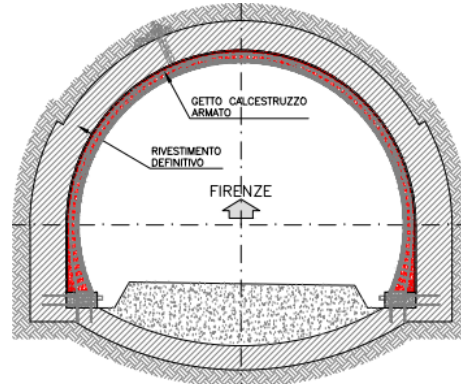
Posa Armatura a Traliccio solo nelle tratte di Colle dx con AR*

Stage 6



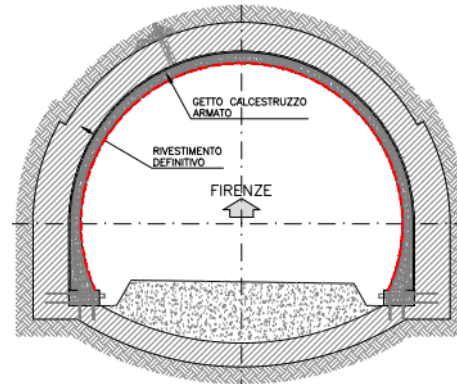
Posa cassero Metallico**

Stage 7



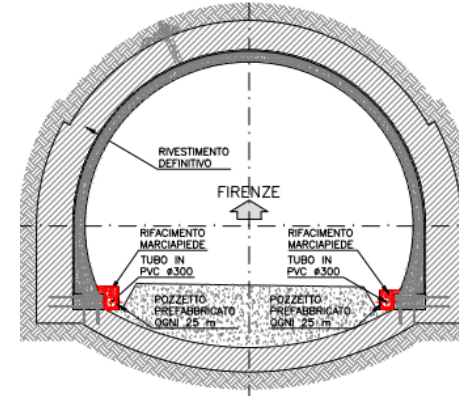
Getto CLS

Stage 8



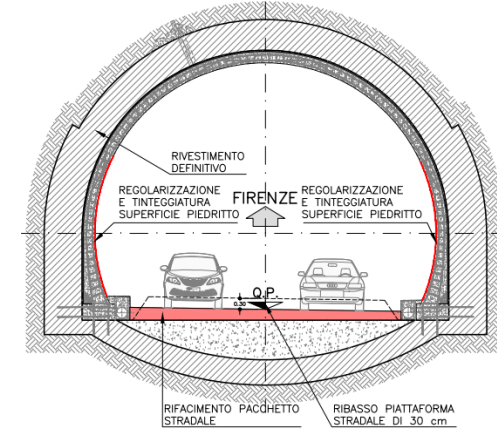
Rimozione del cassero

Stage 9



Rifacimento Marciapiedi e installazione tubo PVC e pozzetti

Stage 10



Rifacimento pacchetto stradale e verniciatura

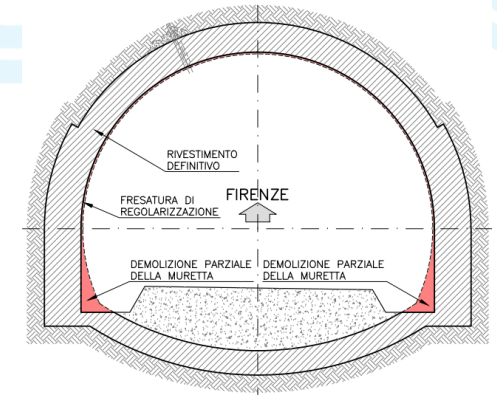
* Nelle tratti correnti, possa armatura lenta solo alla base del piedritto per incrementare resistenza a taglio

** Getto preliminare della muretta per facilitare la movimentazione del cassero

PRINCIPALI FASI COSTRUTTIVE



Stage 2



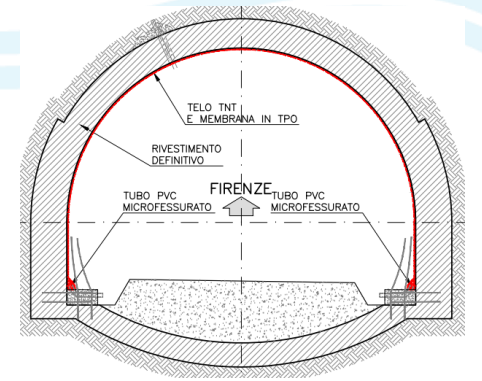
Concrete milling by roadheader



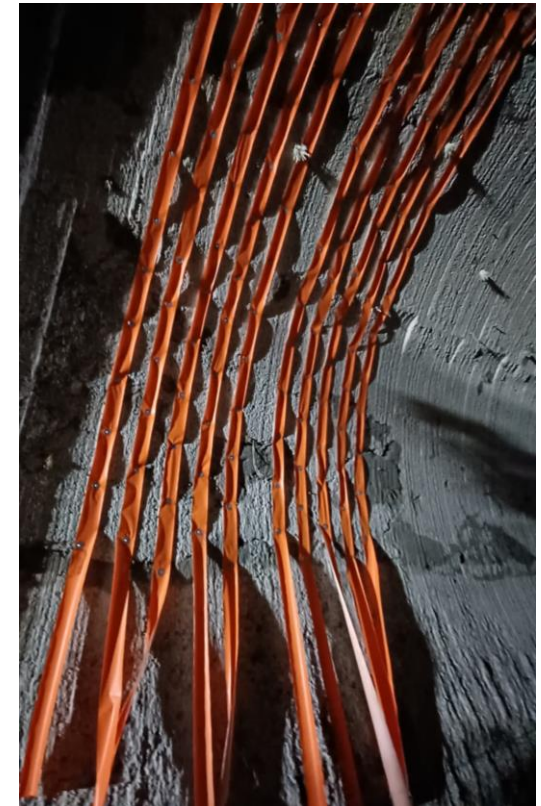
PRINCIPALI FASI COSTRUTTIVE



Stage 4

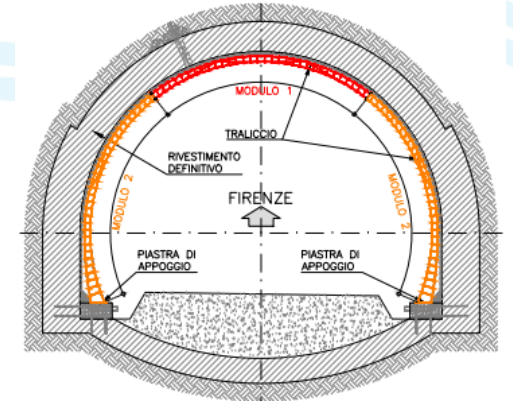


Installazione della membrana impermeabili

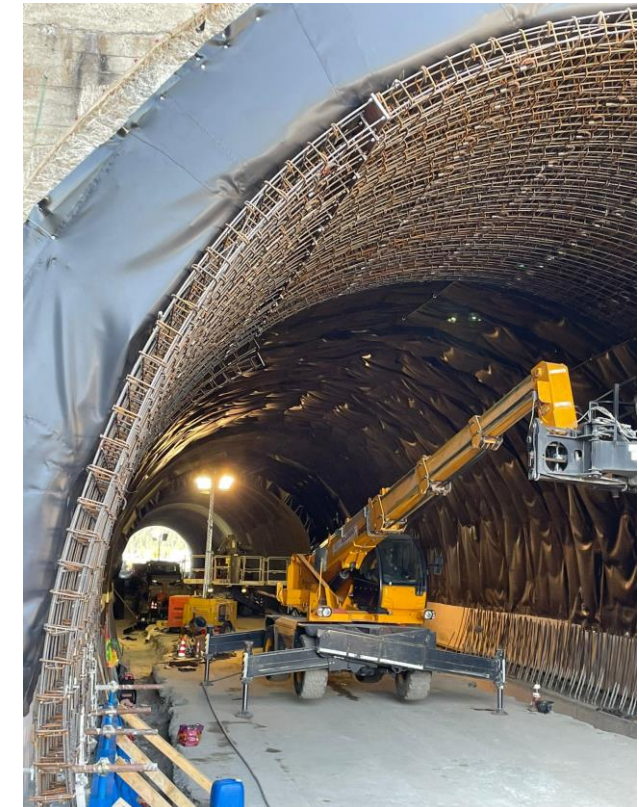


PRINCIPALI FASI COSTRUTTIVE

Stage 5 (66 m di Colle dx)



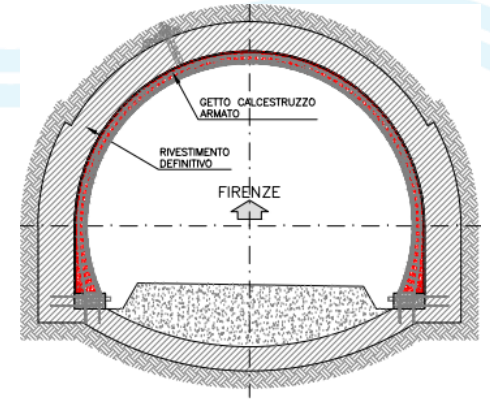
Posa Armatura a traliccio nei tratti di imbocco di Colle dx



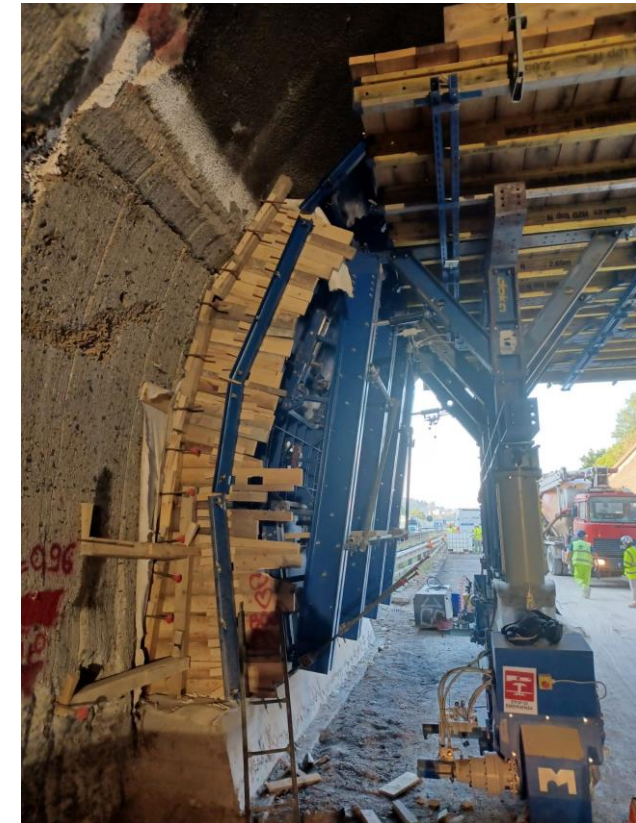
PRINCIPALI FASI COSTRUTTIVE



Stage 6 & 7



Getto cls in opera mediante cassero metallico



02_d

Gli interventi in galleria lungo la Riqualifica - Il progetto

Metodo di Calcolo

ASE: APPROCCIO STORICO-EQUIPRESTAZIONALE

Anno di Costruzione: 1960



Normativa di riferimento:

R.D.L. 16 novembre 1939
n.2228 e 2229
(G.U. 18 aprile 1940 n.92)

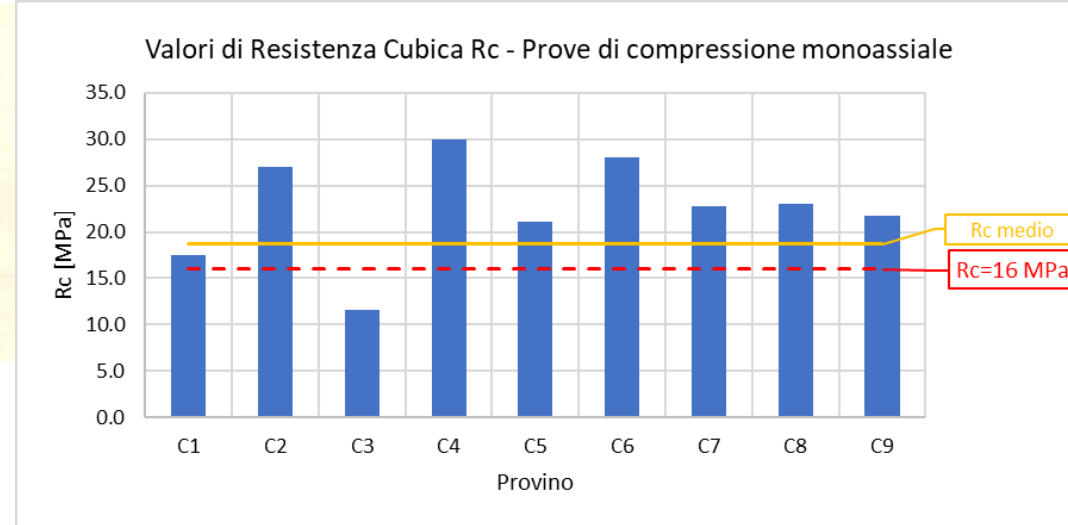


Approccio Progettuale:

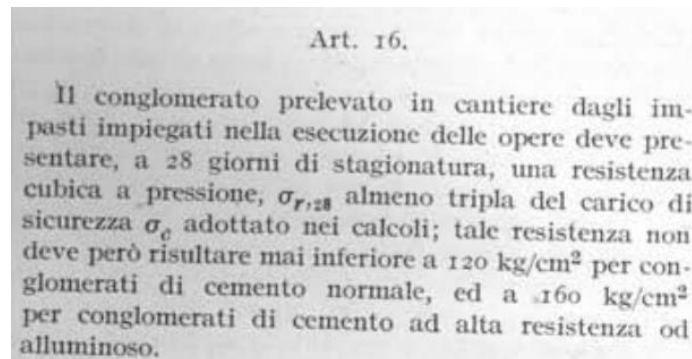
Metodo delle tensioni ammissibili



Assenza di specifiche sul CLS
impiegato nella documentazione
storica



Rc medio= 18.71 MPa



<i>Conglomerato</i>	σ_c (kg/cm ²)	$\sigma_{r,28}$ minimo (kg/cm ²)
Conglomerato di cemento idraulico normale (Portland)	40	120
Conglomerato di cemento normale ad alta resistenza ed alluminoso	50	160

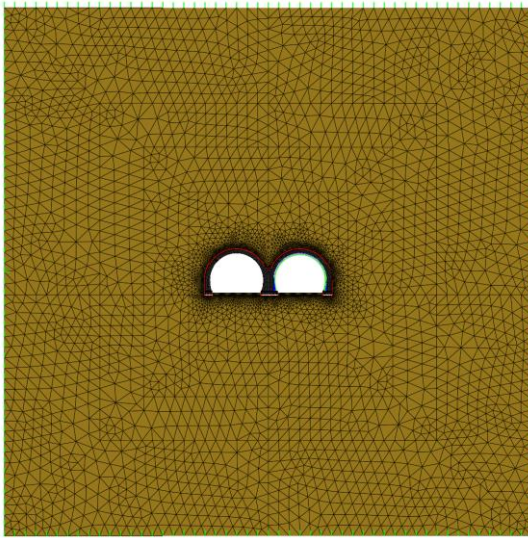
Quando sia eseguita la determinazione preventiva dalla resistenza cubica a 28 g. e questa venga costantemente controllata durante l'esecuzione del lavoro ,

	$\frac{\sigma_{r,28}}{3}$	
ma non superiore a	75	225

$$\sigma_{c,amm} = 50 \text{ kg/cm}^2$$

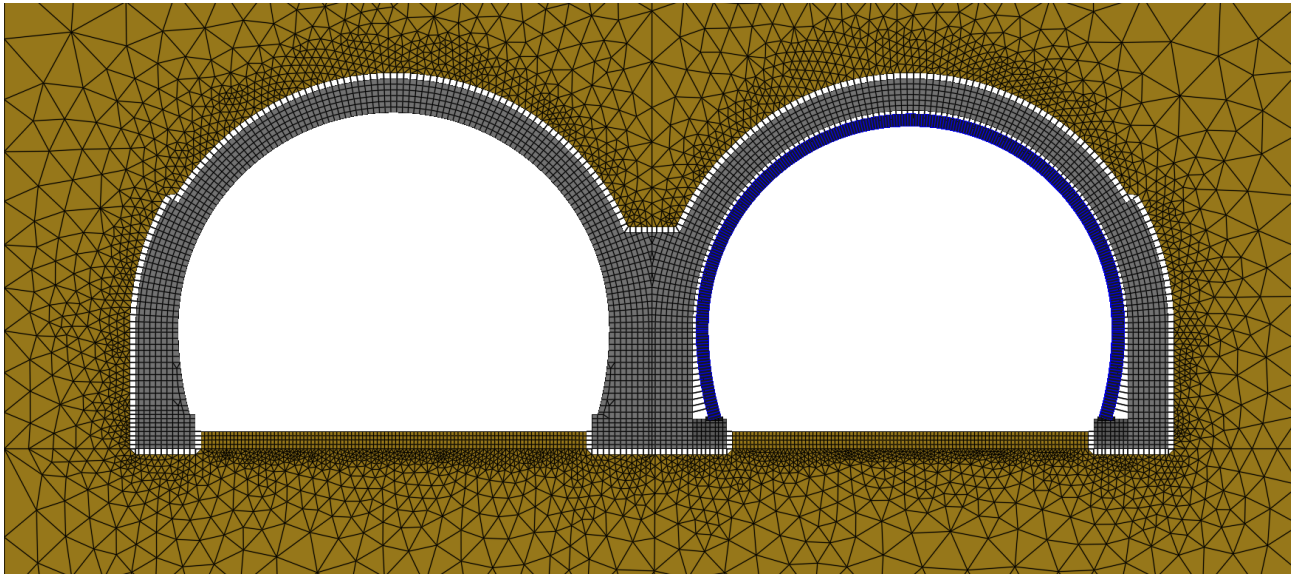
$$\sigma_{c,amm} = 5 \text{ MPa}$$

ASE: MODELLAZIONE NUMERICA – INTERVENTO PROGETTUALE



Modello FEM

 Straus7®



Assenza di documentazione
esaustiva sulle fasi di scavo
e rilascio tensionale



Necessità di simulare gli
effetti dovuti al sisma



Valutazione diretta delle
caratteristiche delle
sollecitazioni nel TRS

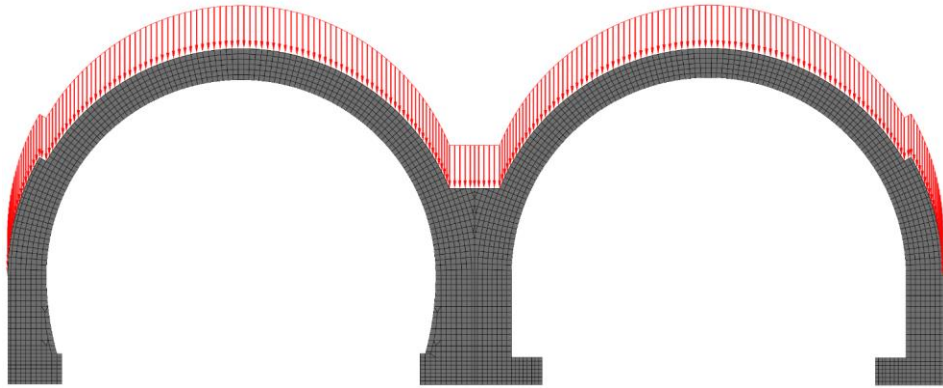
Scelta del Modello di Calcolo:



Modello di calcolo agli elementi
finiti a Carichi Imposti

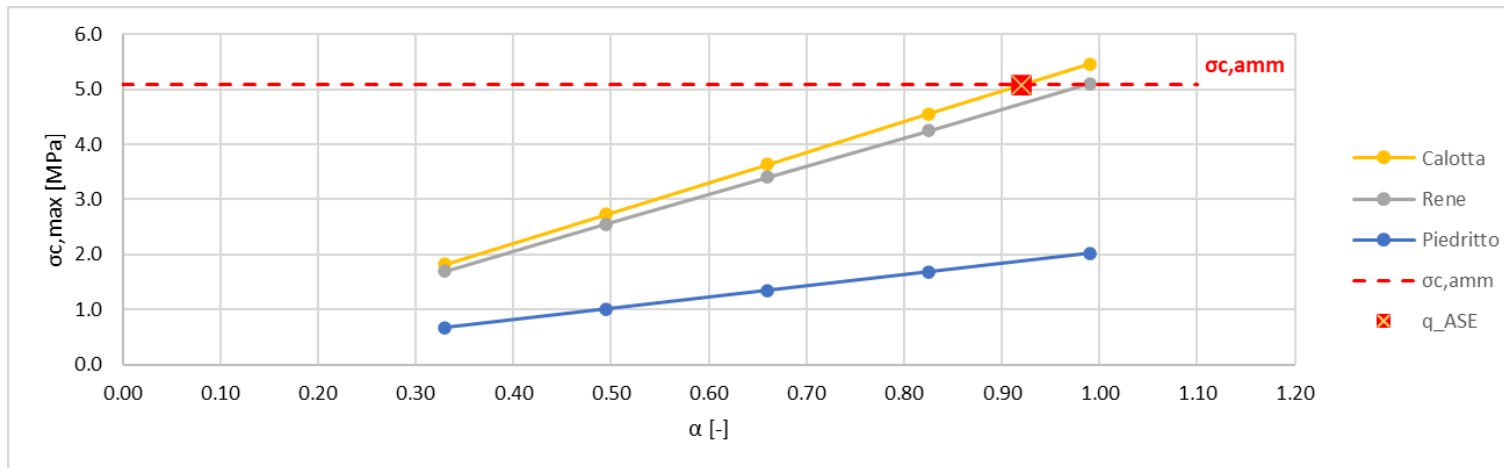
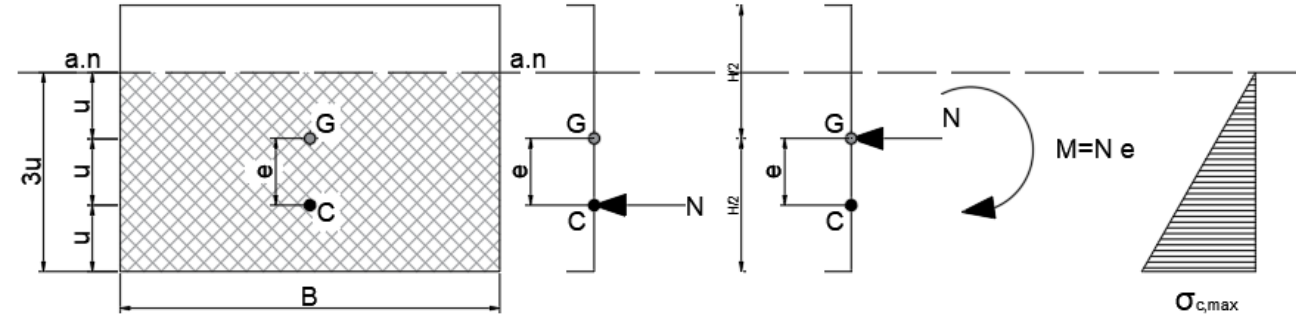
ASE: DEFINIZIONE CARICO DI PROGETTO

Valutazione delle sollecitazioni al variare del carico verticale



Modello FEM – Rivestimento esistente

Verifiche delle sezioni in calcestruzzo non armato con metodo delle tensioni ammissibili



$$N = \sigma_{c,max} \cdot \frac{3u}{2} \cdot B \rightarrow \sigma_{c,max} = \frac{2N}{3u \cdot B}$$

Con:

$$u = \frac{H}{2} - e$$

La verifica è soddisfatta se

$$\sigma_{c,max} < \sigma_{amm}$$

NOTA: Per $e > H/2$ l'equilibrio è impossibile.



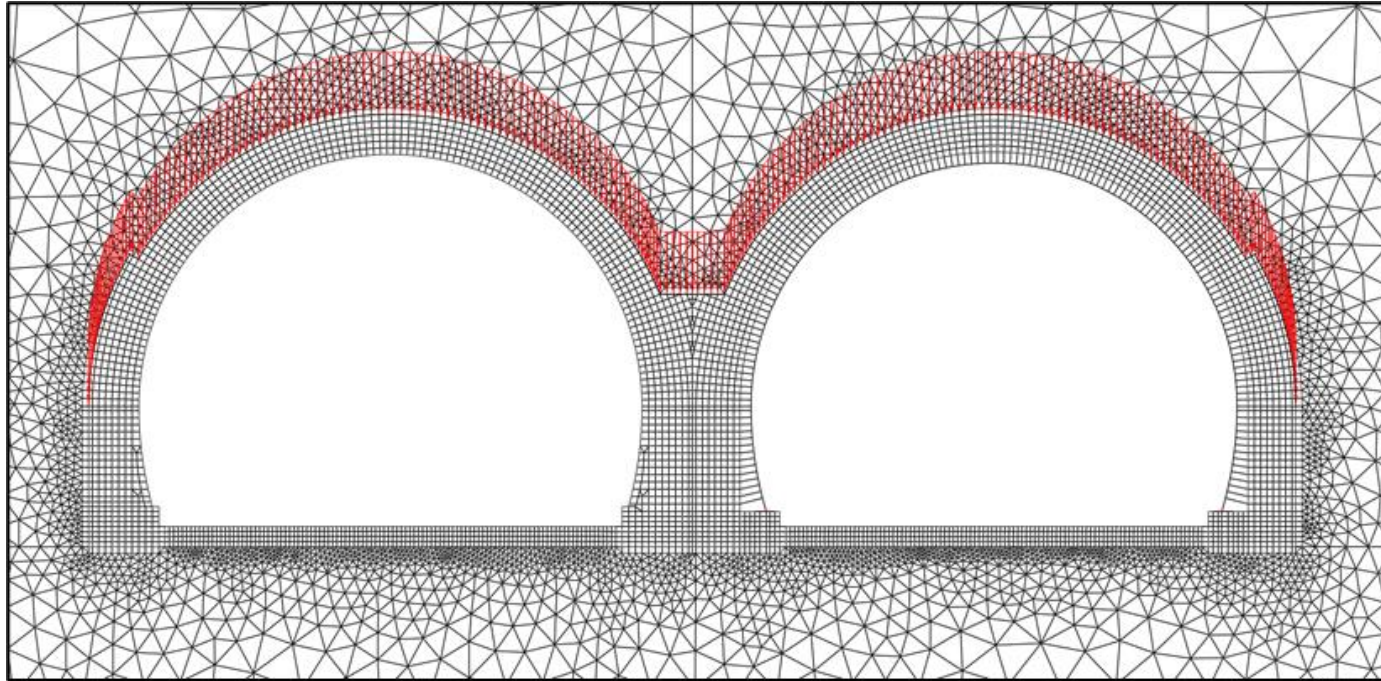
Stima del Carico qASE

$$q = \alpha \cdot D_{eq} \cdot \gamma$$

ASE: MODELLAZIONE NUMERICA – INTERVENTO PROGETTUALE

Analisi Statica: Condizione di carico 1

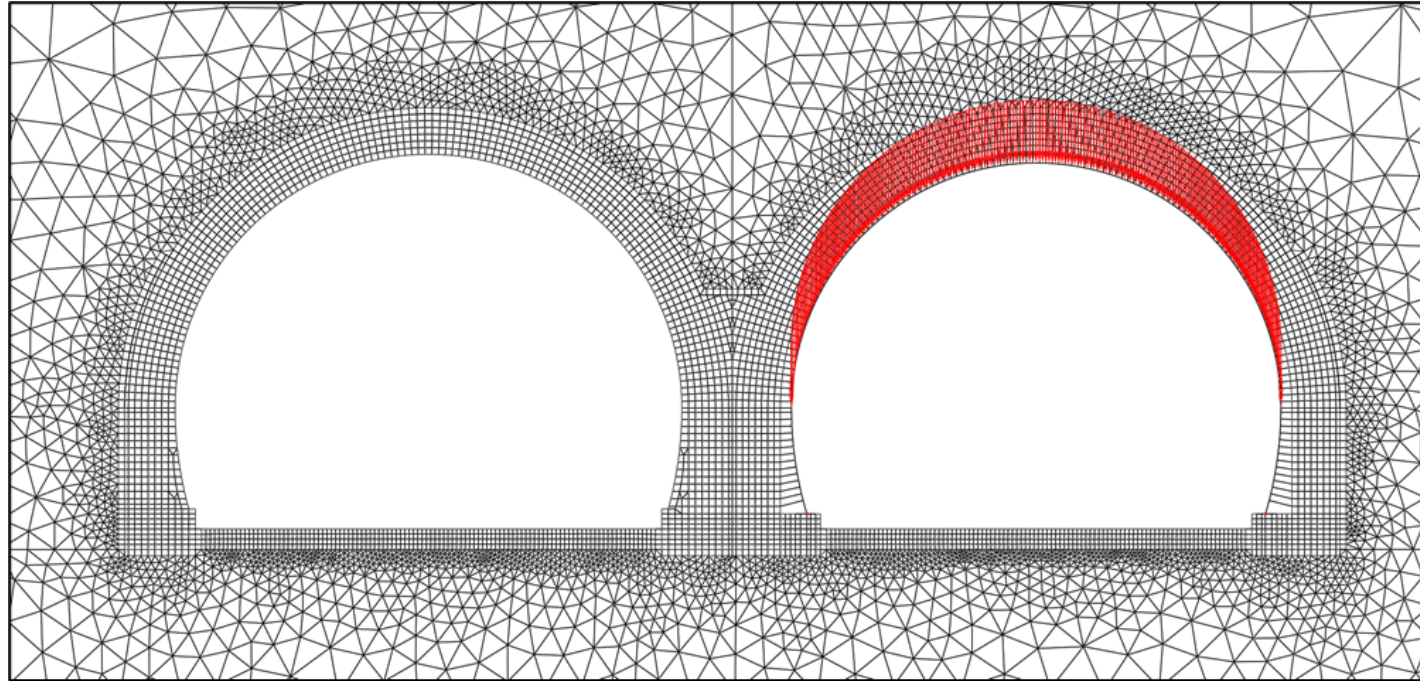
Carico verticale di tipo incrementale applicato su rivestimento esistente



Consente l'individuazione del carico q_{ASE}

ASE: MODELLAZIONE NUMERICA – INTERVENTO PROGETTUALE

Analisi Statica: Condizione di carico 2
Carico q_{ASE} applicato sul TRS



Consente il dimensionamento del TRS

ASE: MODELLAZIONE NUMERICA – INTERVENTO PROGETTUALE

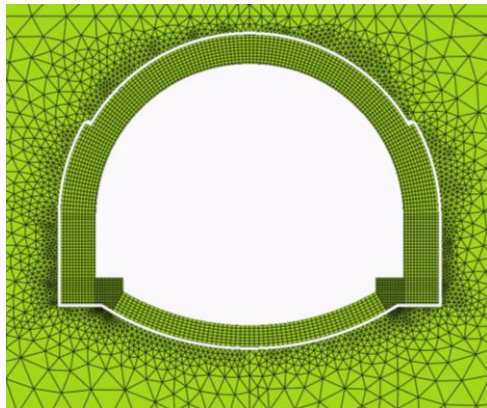
Analisi Sismica: Metodo Pseudo-statico

Determinazione degli effetti indotti dall'azione sismica

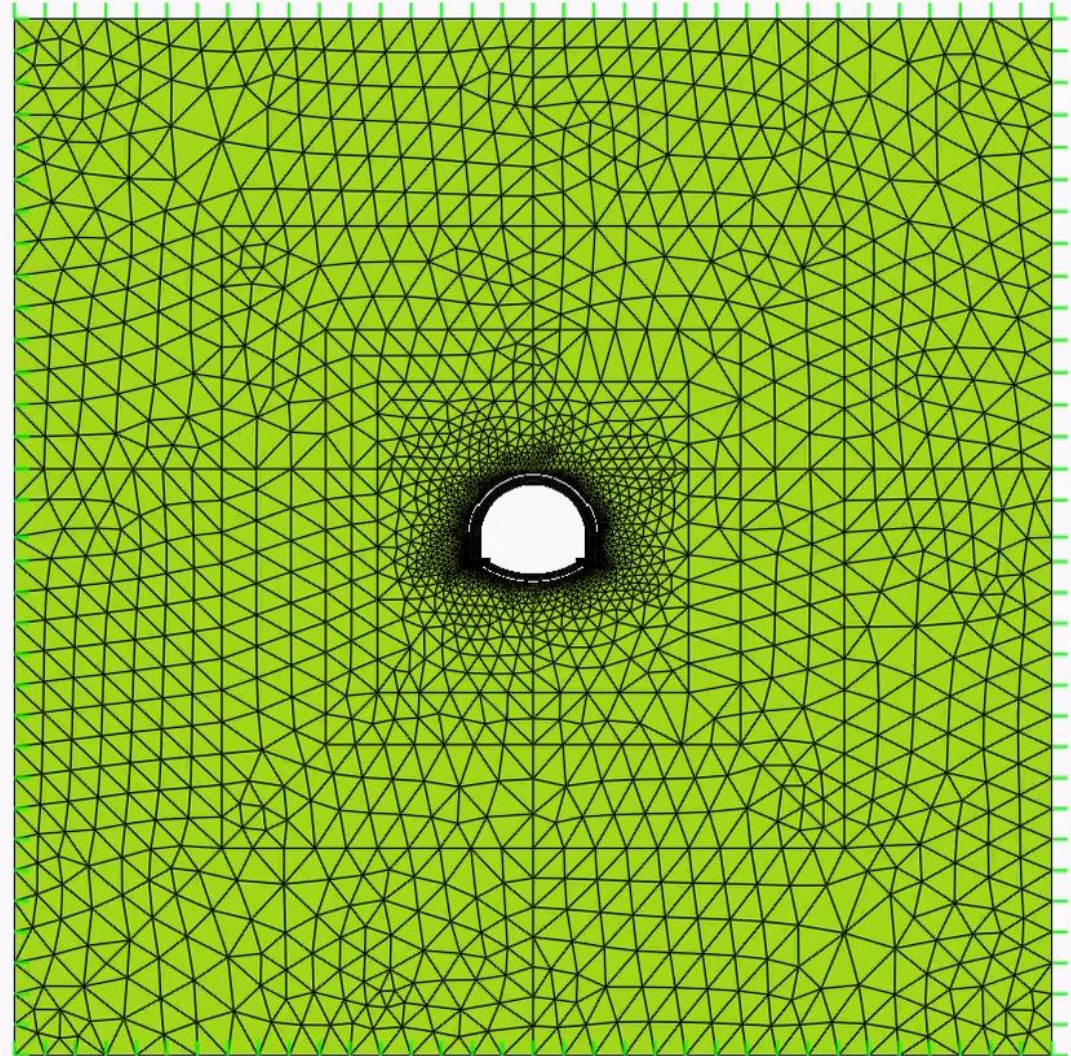
- Condizione di deformazione piana;
- Mezzo indefinitamente esteso;
- Mezzo elastico, isotropo ed omogeneo;
- Sia il mezzo che il rivestimento sono considerati privi di peso.

Applicazione distorsione

$$\gamma_{max} = \frac{PGV}{V_s}$$



Effetto di ovalizzazione della sezione

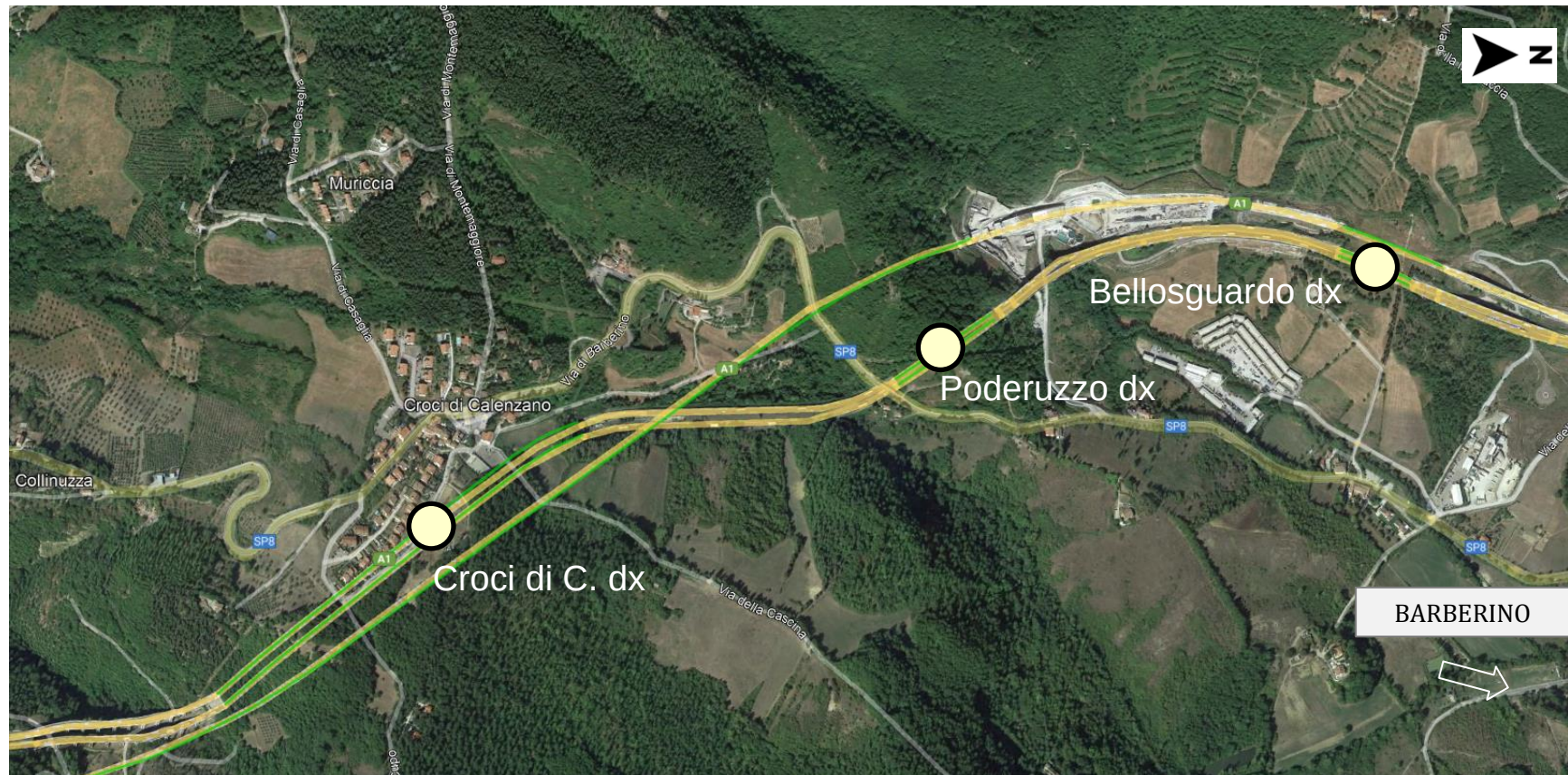
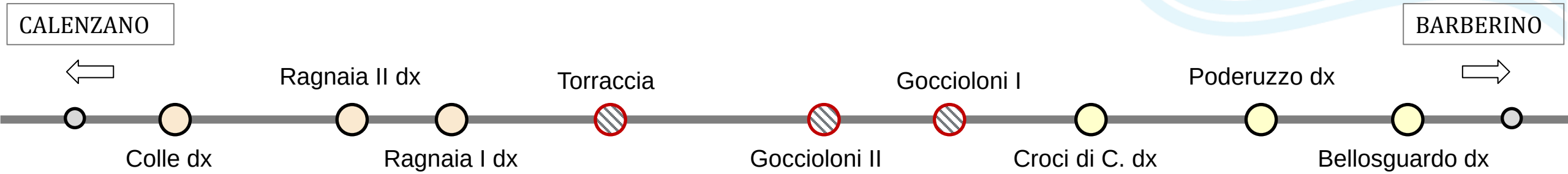


In combinazione Sismica le sollecitazioni valutate con il metodo pseudo-statico sono sommate al peso proprio per sovrapposizione degli effetti

02_e

Gli interventi in galleria lungo la Riqualifica - Il progetto Gallerie Lato Calenzano

GALLERIE IN CARREGGIATA DESTRA – LOTTO 2 LATO BARBERINO



 Gallerie lato Barberino – Lotto 2

TUNNEL RENEWAL STRATEGY – SECTION TYPES

Definizione di 9 sezioni tipo mutate da scavo nuove gallerie o da sviluppare coinvolgendo il mercato delle costruzioni

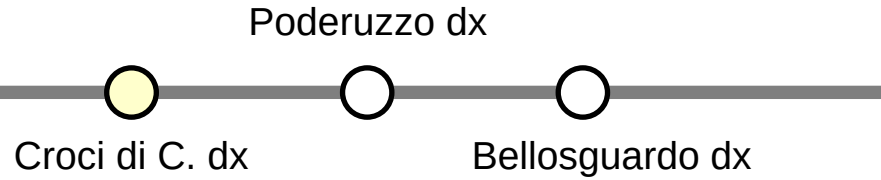
Identificazioni di punti di forza e debolezza di ogni sezione tipo e definizione del relativo campo di applicazione

Tipologia intervento (senza mantenimento traffico)	Dimensioni galleria		Condizione tensionale rivestimento		Tipologia rivestimento			Condizioni idriche		Condizione arco rovescio		Sagoma interna		Lunghezza di applicazione		Periodo interruzione traffico			
	2 Corsie	3 corsie	Carico	Scarico	Cls	Muratura	c.a.	Asciutta	Infiltrazioni	Integro	Da rifare	Con margini	Senza margini	Ridotta	Estesa	C	N	5 gg	12 gg
A - Demolizione completa rivestimento esistente e getto in opera	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
B - Rivestimento in lastre prefabbricate + getto in opera	●	●	●	●	●	6	●	●	5	●	4	●	●	●	●	●	●	●	●
C1 - Rivestimento in cls proiettato alte prestazioni	●	●	●	●	●	6	1	●	2	●	4	●	●	●	●	●	●	●	●
C2 - Rivestimento gettato in opera con cassero	●	●	●	●	●	6	1	●	2	●	4	●	●	●	●	●	●	●	●
D - Blindaggio con piastre in acciaio (liner plates)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
E - Rivestimento con conci prefabbricati	●	●	●	●	●	6	●	●	●	●	4	●	●	●	●	●	●	●	●
F - Blindaggio con lamiere in acciaio	●	●	3	●	●	6	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
G – Centinatura intradossata	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
H – Ribasso piano viabile e rivestimento interno	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

● Applicabile ● Applicabile Con Limitazioni/Incertezze ● Non Applicabile
C: Chiusura Galleria Per Intero Periodo Lavori N: Chiusura Galleria Notturna

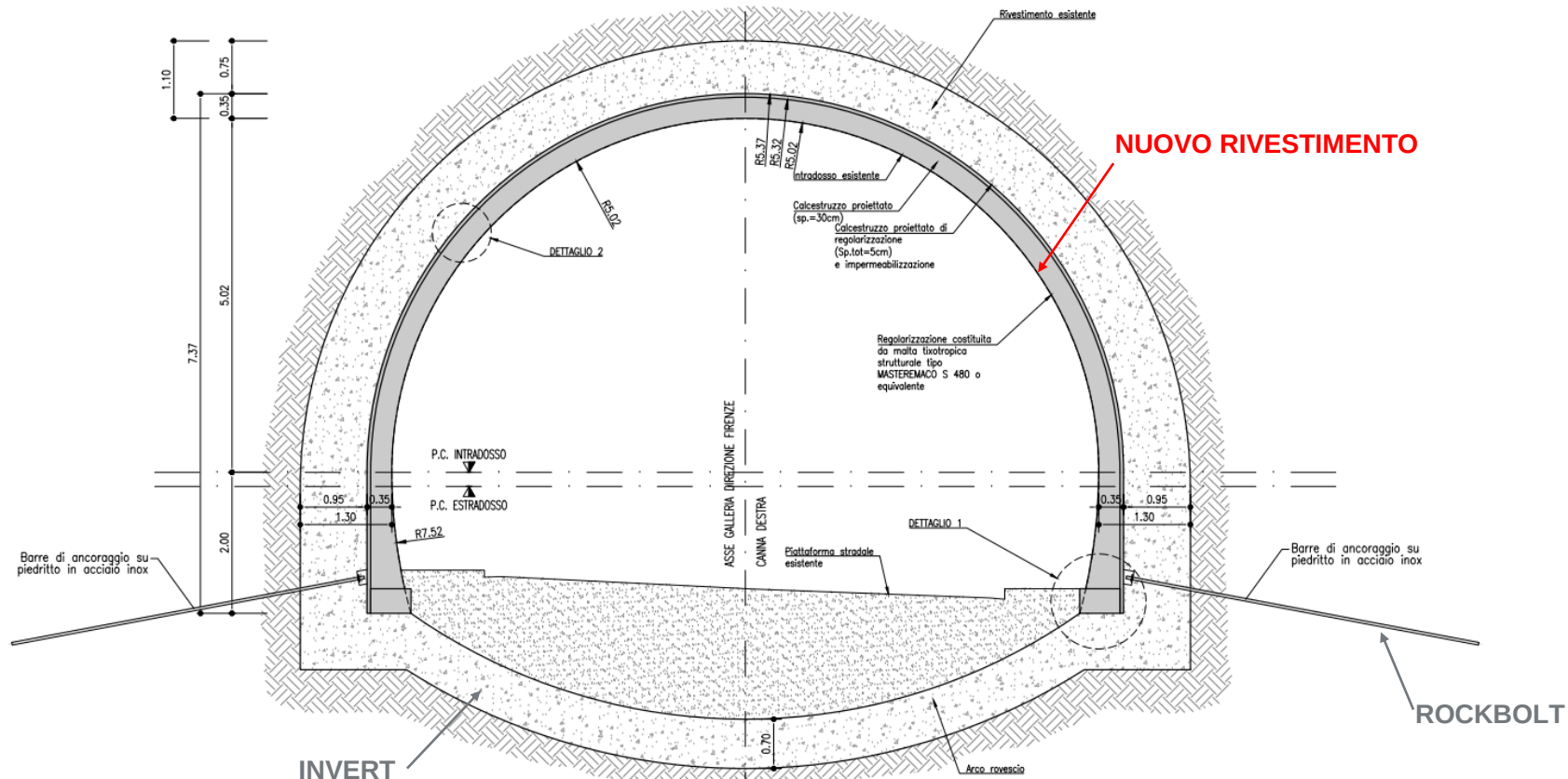
NOTE:
1: idrodemolizione in luogo di fresatura - 2: con impermeabilizzazione PVC su rivestimento non armato (su rivestimento armato accoppiato a lamiera in intradosso) - 3: applicabile tecnicamente ma difficilmente risolutivo dal punto di vista strutturale - 4: «fasizzazione» vincolata all'esecuzione dell'arco rovescio - 5: impermeabilizzazione in fasi - 6: applicabilità condizionata dallo stato della muratura

CROCI DI CALENZANO DX – NEW LINING DESIGN



Design solution

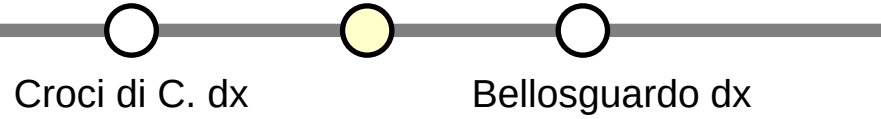
- **SEZIONE TIPO C1** – Nuovo rivestimento in cls proiettato ad alte prestazioni
- **Rockbolts** **addizionali** per incrementare la capacità strutturale dell'arco rovescio



Intervento TRS – Nuovo rivestimento in cls proiettato – Tipologico C1

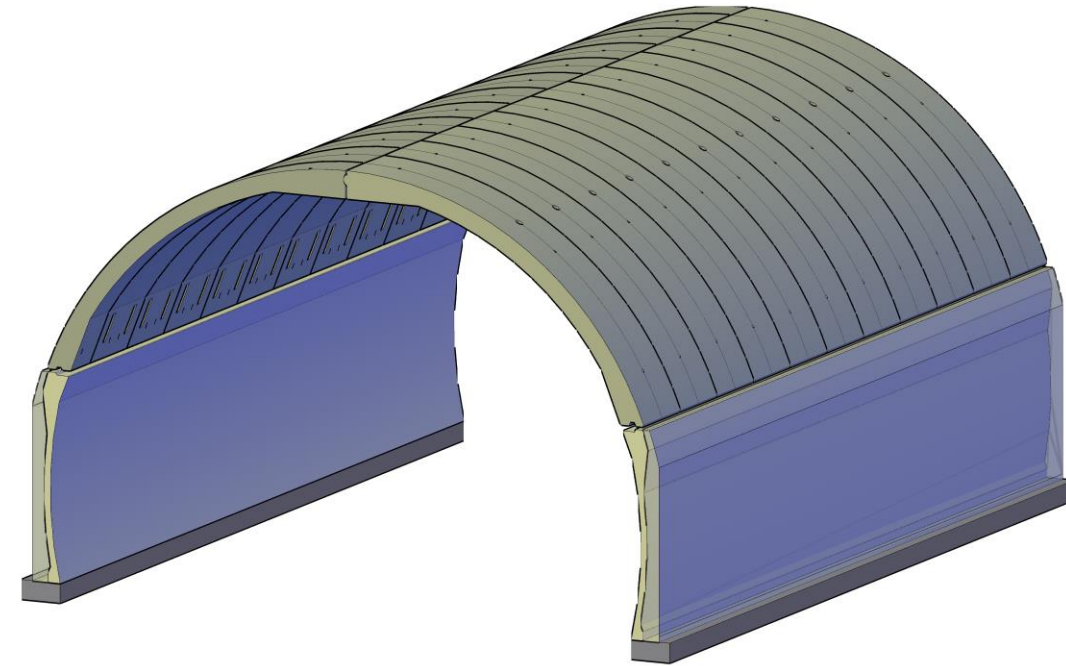
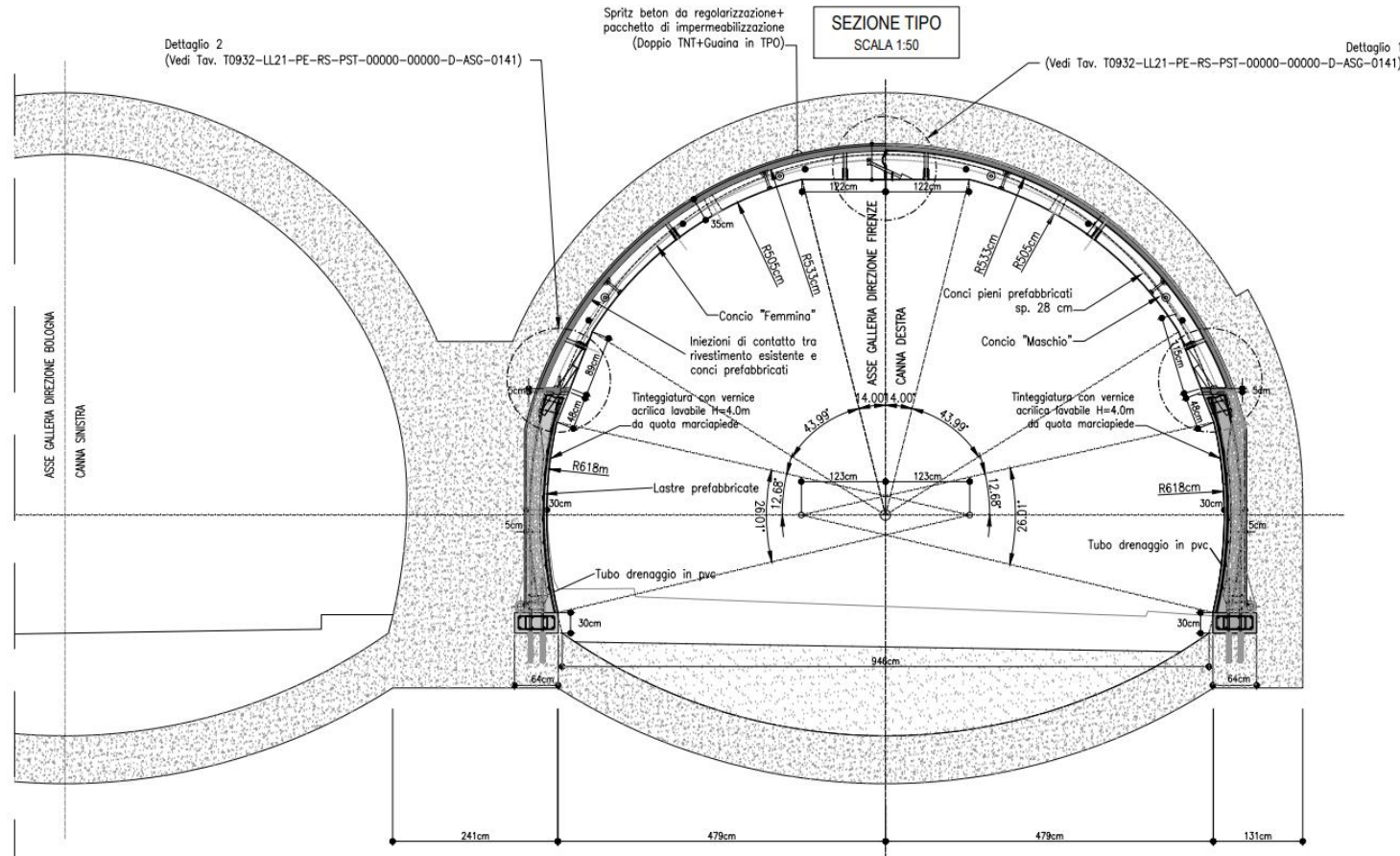
PODERUZZO DX – NEW LINING DESIGN

Poderuzzo dx



Design solution

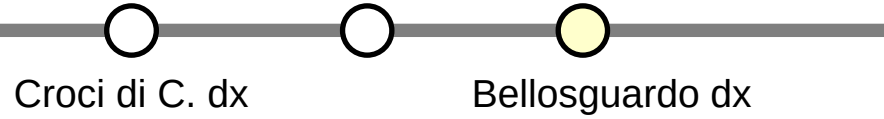
- **SEZIONE TIPO E** - conci prefabbricati sull'arco di calotta
- **SEZIONE TIPO B** - lastre prefabbricate e getto in opera ai piedritti



Intervento TRS – Nuovo rivestimento in cls proiettato – Tipologico E + B

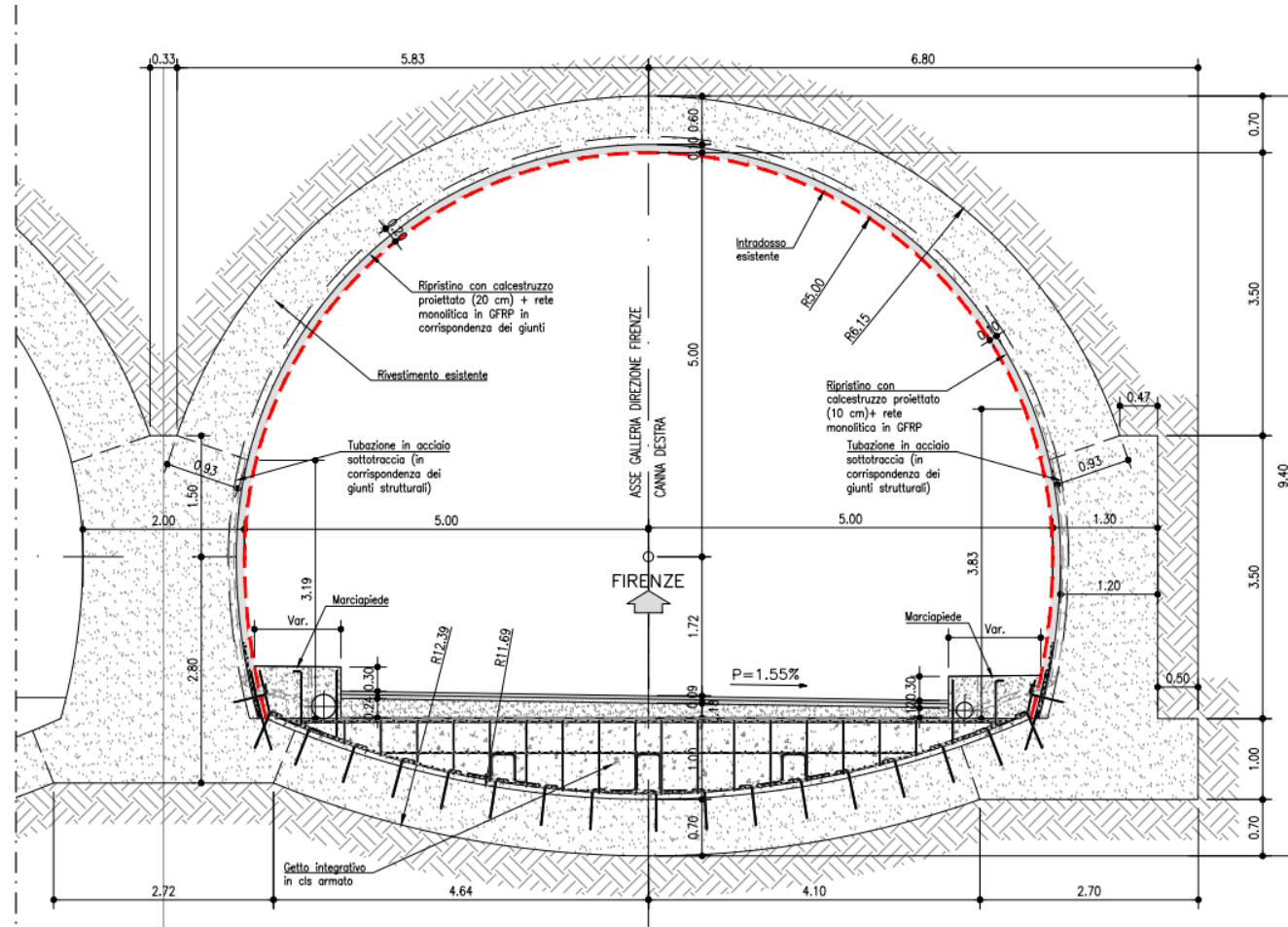
BELLOSGUARDO DX – NEW LINING DESIGN

Poderuzzo dx



Soluzione progettuale

- Riparazione e rinforzo diffuso dell'arco di calotta
- Getto cls armato integrativo in AR, per incrementarne la capacità strutturale



Visita SIG

Gli interventi in galleria lungo la Riqualfica – Il progetto

Technical Authority Assessment Gallerie: Ing. Lapo Baccolini



Grazie per l'attenzione



Visita SIG

Gli interventi in galleria lungo la Riqualfica – Il cantiere

Direttore Tecnico: Ing. Mario Liti



Riqualifica Barberino/Calenzano

Ammodernamento rete - Viadotti



Adeguamento sismico e statico di tre viadotti presenti lungo la tratta



Tecnologie utilizzate
Demolizione impalcato con esplosivo e ricostruzione in acciaio corten



70 operai, 20 ore al giorno, 7 giorni su 7



Costo degli interventi **79 €/mln**



Completamento entro il 2026



Produttività



Viadotto Fosso Torracia

- 54 giorni opere propedeutiche demolizione con esplosivo
- 45 giorni previsti per il varo dell'impalcato
- Taglio pulvini – Avvio 23/01/24 – 23/03/24
- Date varo impalcato: 29/04/2024 – 21/06/24

Viadotto Goccioloni II

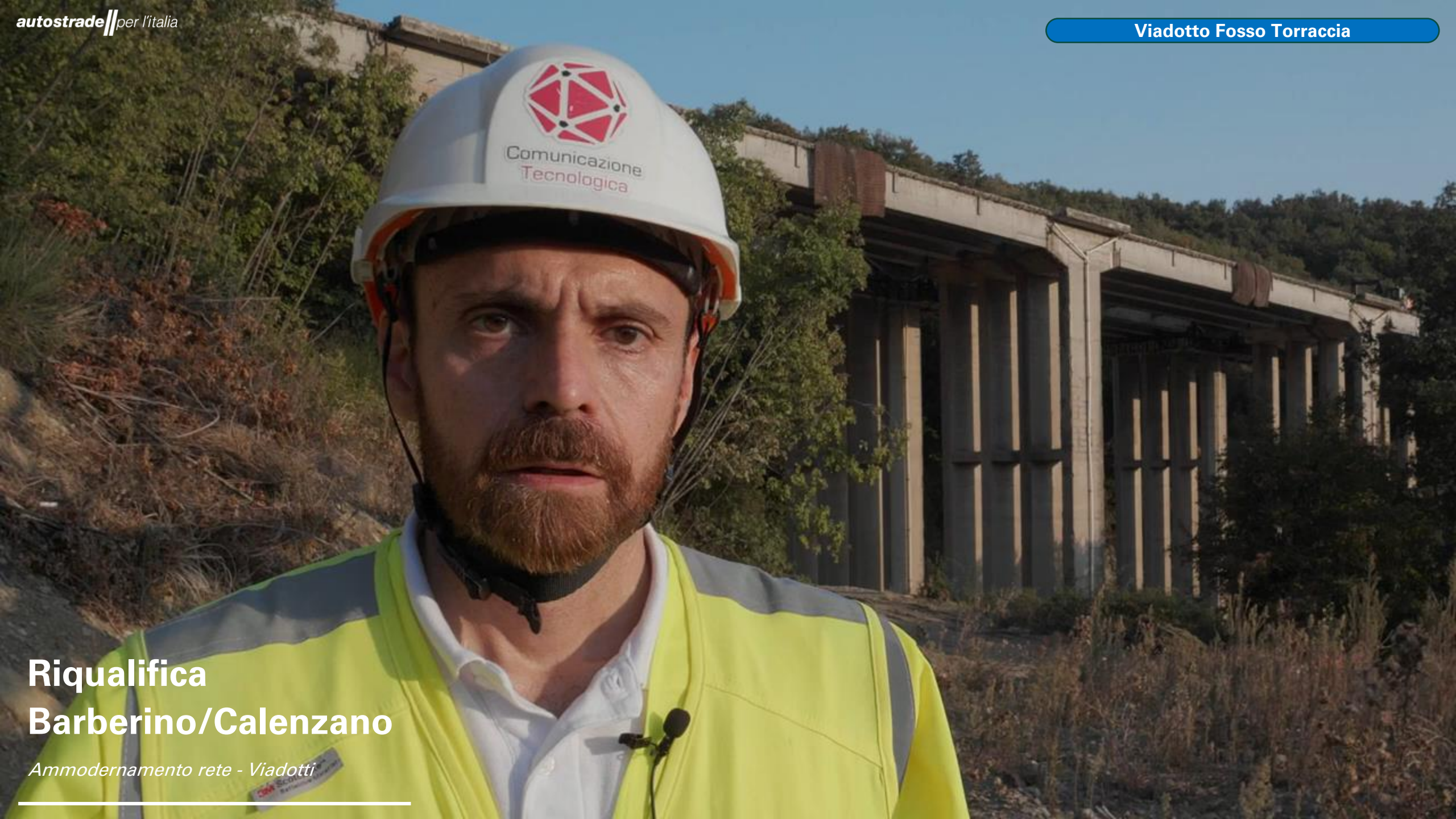
- 71,12 ml/g - 62,84% completamento micropali
- 75 ml/g - 12,21% completamento tiranti



Viadotto Goccioloni I

- 54 giorni opere propedeutiche demolizione con esplosivo (V=8,17 ml/g)
- 90% di avanzamento del trasporto materiale risulta a scarica





Riqualifica Barberino/Calenzano

Ammodernamento rete - Viadotti

Riqualfica Barberino/Calenzano

Ammodernamento rete - Viadotti



Riqualifica Barberino/Calenzano

Ammodernamento rete - Gallerie



Ammodernamento strutturale
su tutte le **6 gallerie** della tratta

**Poderuzzo, Bellosguardo, Croci di
Calenzano Ragnaia I e II, Colle**



Tecnologie utilizzate

Rinnovo calotte con guscio
in calcestruzzo FRC ultra
prestazionale, conci prefabbricati e
nuova impermeabilizzazione



**50 operai, 20 ore al giorno,
7 giorni su 7**



Costo degli interventi **113 €/mln**



Completamento entro il 2026



Produttività

Galleria Colle – Ragnaia I - II – DT4 SUD

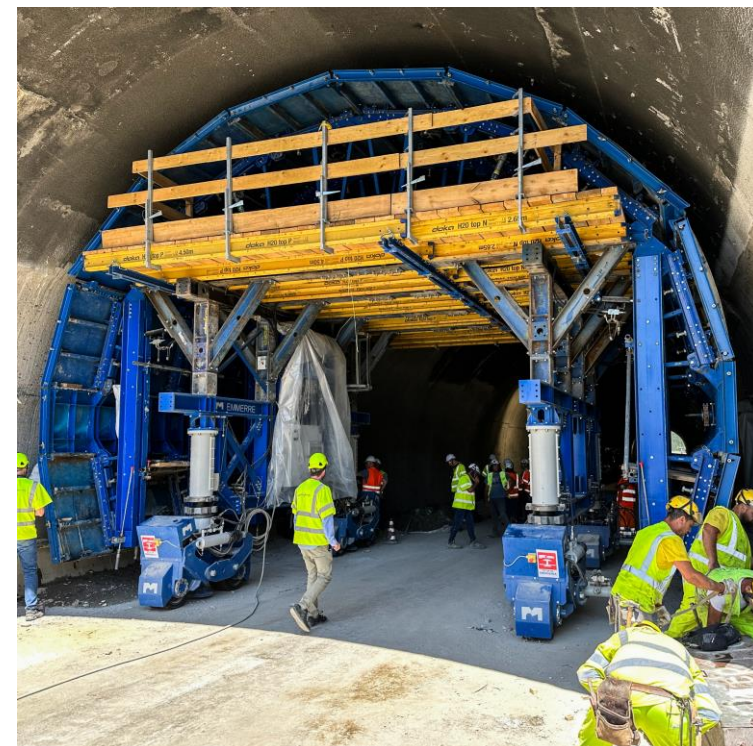
- 9 getti CLS Hinfra calotta alla settimana
- 50 mq/g - Impermeabilizzazione (doppio strato protettivo)
- 3 ml/g – Realizzazione cordolo + muretta
- 2300 kg/g – Posa tralicci calotta

Galleria Croci – DT4 NORD

- Consolidamenti calotta VTR : 57,54 ml/g (L=4,5 m)
- Fresatura calotta: 2,1 mc/h

Galleria Poderuzzo – DT4 NORD

- Consolidamenti calotta VTR : 207 ml/g (L=4,5 m)
- Fresatura calotta: 2,1 mc/h



Riqualifica Barberino/Calenzano

Ammodernamento rete - Gallerie



Ammodernamento strutturale
su tutte le **6 gallerie** della tratta

**Poderuzzo, Bellosguardo, Croci di
Calenzano Ragnaia I e II, Colle**



Tecnologie utilizzate

Rinnovo calotte con guscio
in calcestruzzo FRC ultra
prestazionale, conci prefabbricati e
nuova impermeabilizzazione



**50 operai, 20 ore al giorno,
7 giorni su 7**



Costo degli interventi **113 €/mln**



Completamento entro il 2026

Galleria Colle – Getti HINFRA in calotta



Galleria Poderuzzo – Fresatura



Galleria Croci di Calenzano – Perforazioni



Riqualifica Barberino/Calenzano

Ammodernamento rete - Gallerie



Ammodernamento strutturale
su tutte le **6 gallerie** della tratta

**Poderuzzo, Bellosguardo, Croci di
Calenzano Ragnaia I e II, Colle**



Tecnologie utilizzate

Rinnovo calotte con guscio
in calcestruzzo FRC ultra
prestazionale, conci prefabbricati e
nuova impermeabilizzazione



**50 operai, 20 ore al giorno,
7 giorni su 7**



Costo degli interventi **113 €/mln**



Completamento entro il 2026





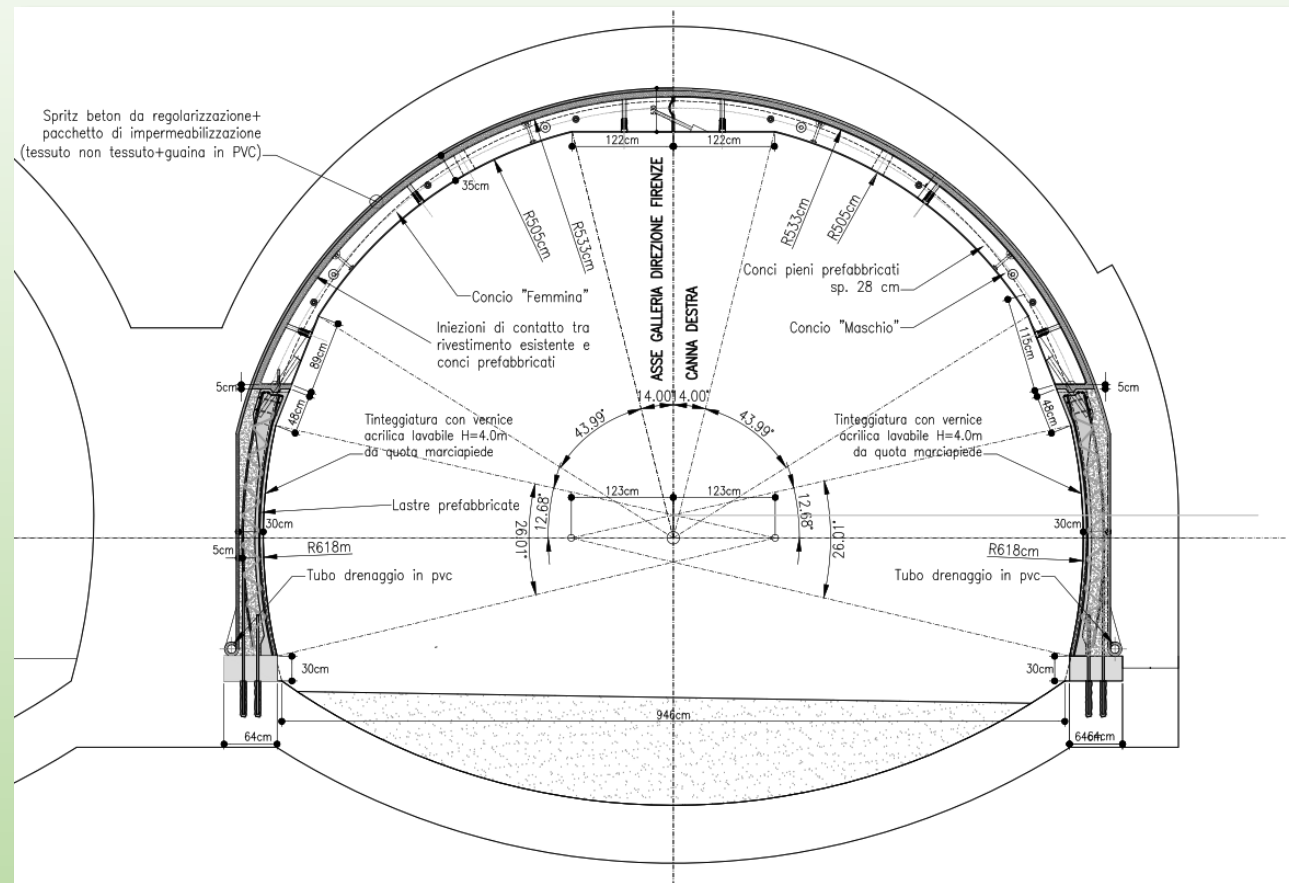
GRAZIE DELL'ATTENZIONE

autostrade // per l'italia

Galleria Poderuzzo

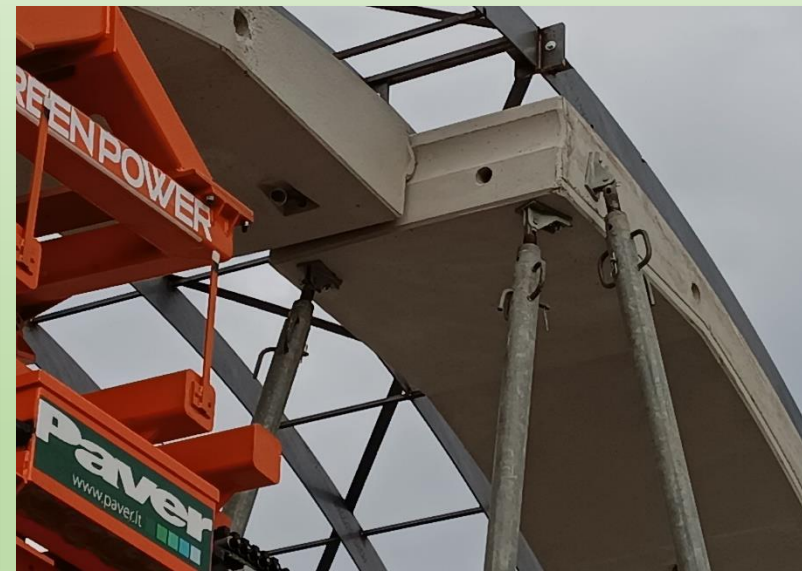
L'applicazione dei conci prefabbricati





PRODUZIONE INGEGNERIZZATA E REALIZZATA IN STABILIMENTO IN CONDIZIONI RIGOROSAMENTE CONTROLLATE :

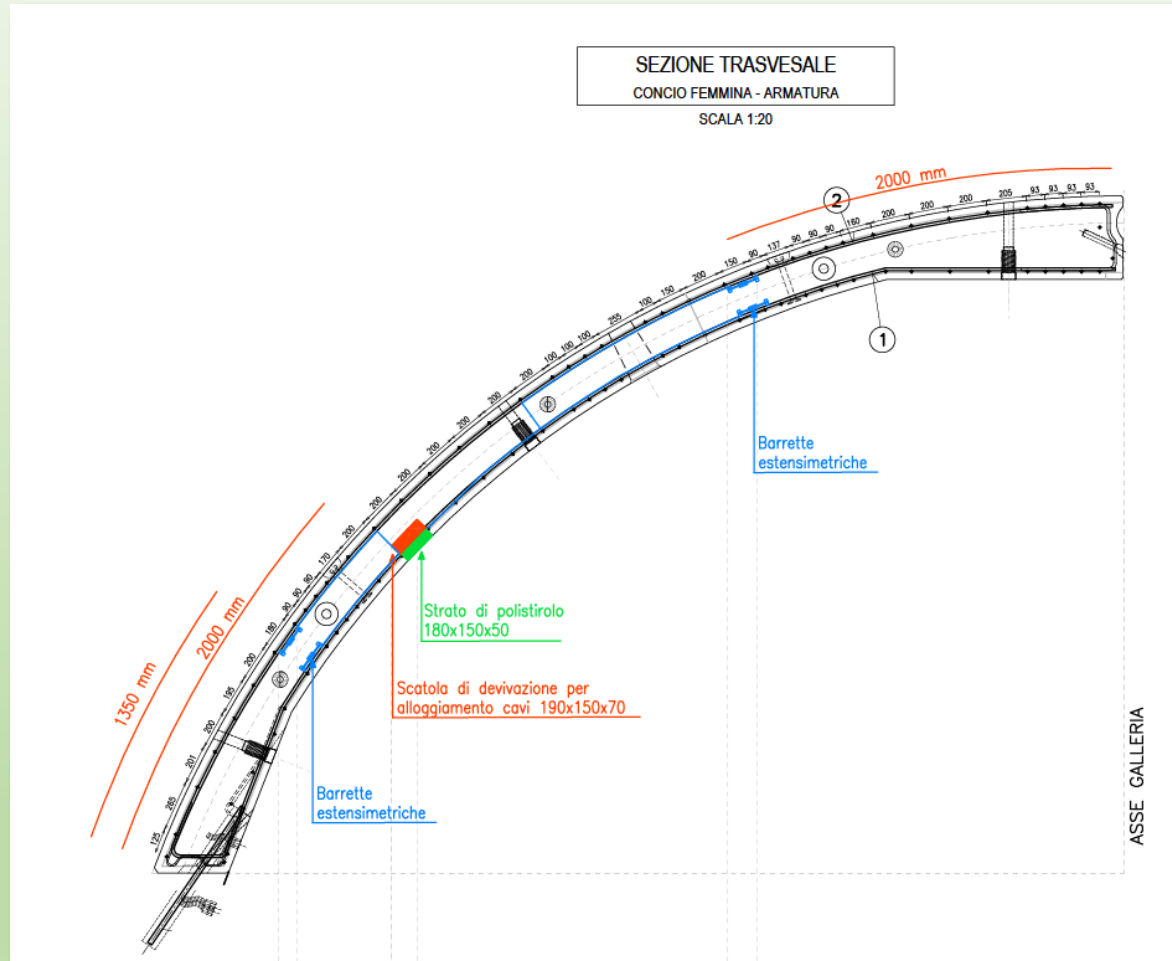
- RAZIONALIZZAZIONE DELLA PROGETTAZIONE E DELLA COSTRUZIONE GRAZIE ALLO SVILUPPO DI CAMPI PROVA



- MARCATURA CE DEI MANUFATTI PREFABBRICATI PRODOTTI (UNI 14992- ELEMENTI CALOTTA; UNI 13474 – ELEMENTI PIEDRITTO)
- UTILIZZO DI MIX DESIGN CALIBRATI IN FUNZIONE DEGLI OBIETTIVI PRESTAZIONALI CON IMPIEGO DI CALCESTRUZZI AD ALTE RESISTENZE
- UTILIZZO DI GABBIE ASSEMBLATE SU DIMA E SALDATE
- RIDUZIONE DELLA MANODOPERA GENERICA IN FUNZIONE DELLA MANODOPERA SPECIALIZZATA



- INSERIMENTO NEL GETTO DI DISPOSITIVI SPECIFICI PER IL CONTROLLO DELLO STATO DELLA STRUTTURA DURANTE LA SUA VITA



**VELOCITA' DI ESECUZIONE
ANTICIPANDO LA PRODUZIONE IN
STABILIMENTO E DEFINIZIONE DI
TEMPI CERTI NEL
CRONOPROGRAMMA**



**PROGETTAZIONE DELLA SICUREZZA
ATTRAVERSO IL CAMPO PROVE**



REALIZZAZIONE DI UN PROGETTO SOSTENIBILE :

- Ogni stabilimento è soggetto ad AUA (Autorizzazione Unica Ambientale)
- DOTAZIONE DI SISTEMI DI RACCOLTA E RIUTILIZZO DELLE ACQUE DI PROCESSO
- CONTROLLO E CONTENIMENTO DELLE POLVERI PRODOTTE DALLE LAVORAZIONI
- CONTROLLO E CONTENIMENTO DEI RUMORI PRODOTTI DALLE LAVORAZIONI
- IL CONSUMO ELETTRICO RISULTA COMPLETAMENTE COPERTO DALL'IMPIEGO DI IMPIANTI FOTOVOLTAICI
- CONTROLLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA
- GESTIONE RIFIUTI



CERTIFICATO

Certificato № V-20-3043

PAVER COSTRUZIONI SPA

Sede legale e operativa: Strada di Cortemaggiore 25, Fraz. Borghetto di R. I-29122 Piacenza (PC)

Ulteriori sedi operative certificate:

Via Agosti 32/38, I-29121 Piacenza (PC)

Via Nociaccio 10, I-51019 Ponte Buggianese (PT)

Via Ferrara 31, I-44028 Poggio Renatico (FE)

QS SCHAFFHAUSEN AG certifica che il Sistema di Gestione dell'azienda è stato verificato ed è risultato conforme ai requisiti della normativa:

ISO 14001:2015

Questa certificazione del Sistema di Gestione è valida per il seguente campo applicativo:

Produzione, trasporto e montaggio di componenti strutturali prefabbricati in calcestruzzo. Produzione di masselli, piastre, cordoli, grigliati e blocchi in calcestruzzo vibrocompresso (IAF 16-28).

Data di prima certificazione: **29.05.2018**

Data della decisione di certificazione: **29.04.2021**

La validità del presente certificato, a partire dalla data sottostante, è subordinata al superamento di una sorveglianza annuale pianificata ed eseguita da parte di QS SCHAFFHAUSEN AG.

Data di emissione corrente: **29.04.2021**

Valido fino al: **28.04.2024**

Grazie per la cortese attenzione



Calcestruzzo HINFRA

Prima applicazione sulle
gallerie Colle, Ragnaia I e II

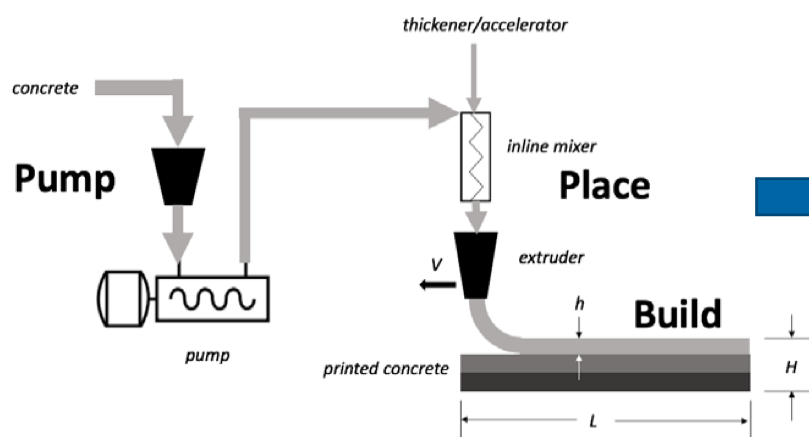
CEO HINFRA Srl: Ing. Stefano Guanzioli



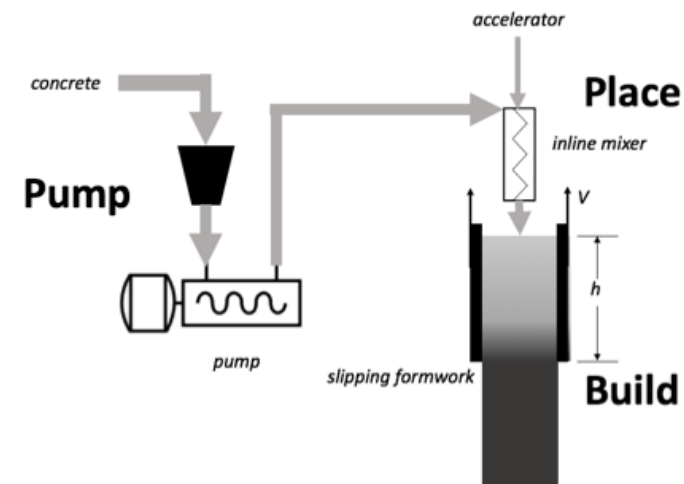
HINFRA – dalla stampa 3D al cassero scorrevole

Il **calcestruzzo HINFRA** nasce nell'ambito di un progetto di sviluppo di tecnologie innovative che, partendo dalla stampa 3D, si è evoluto nello sviluppo di applicazioni industriali su larga scala basate sulla **estrusione** di manufatti a **sezione piena**.

3D Concrete Printing



Ultra Fast Slipforming



Calcestruzzo HINFRA

- **Reologia controllata** in un processo di produzione **industrializzato**
- **Disarmo rapido** delle casseforme finalizzato ad un notevole incremento di **produttività**
- **Prestazioni meccaniche** elevate minimizzando l'impiego di materiali a fronte di un incremento della qualità dell'opera
- **Durabilità** elevata grazie all'impiego di leganti speciali che garantiscono l'**impermeabilità** e **resistenza ai solfati**



HINFRA – progetto ETLR



ETLR (Extruded Tunnel Lining Regeneration) è una nuova tecnologia per la **rigenerazione** del rivestimento definitivo di gallerie esistenti. Le caratteristiche del **calcestruzzo HINFRA** sono sfruttate al massimo potenziale tramite una cassaforma scorrevole orizzontale, completamente automatizzata e gestita da remoto attraverso un **software** in grado di leggere in continuo le proprietà evolutive del calcestruzzo.

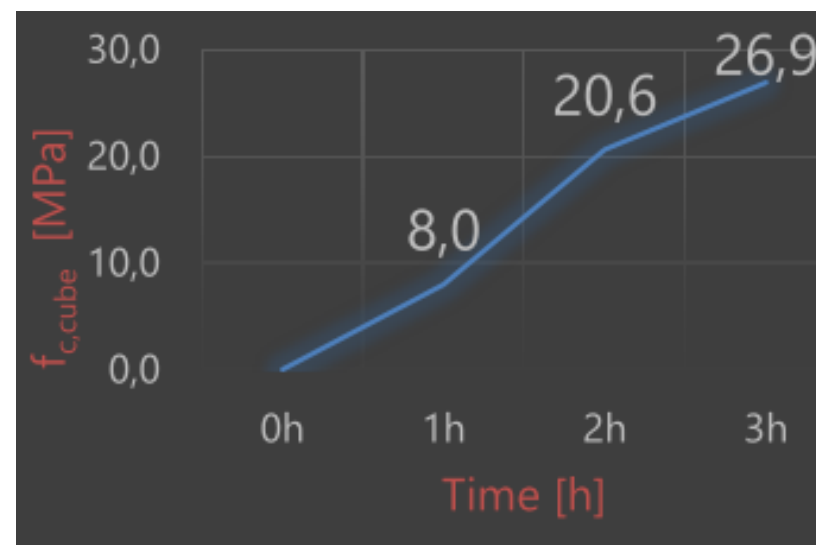


- Integrazione di **sistema** tra macchinari e materiali
- Cassero scorrevole orizzontale **ultra-rapido**
- Possibilità di realizzare un **treno di lavorazione** per la preparazione al nuovo rivestimento
- Notevole **incremento della produttività**
- Sensibile **riduzione dei tempi di cantierizzazione** e dei **rischi interferenziali**

Calcestruzzo HINFRA – piattaforma tecnologica

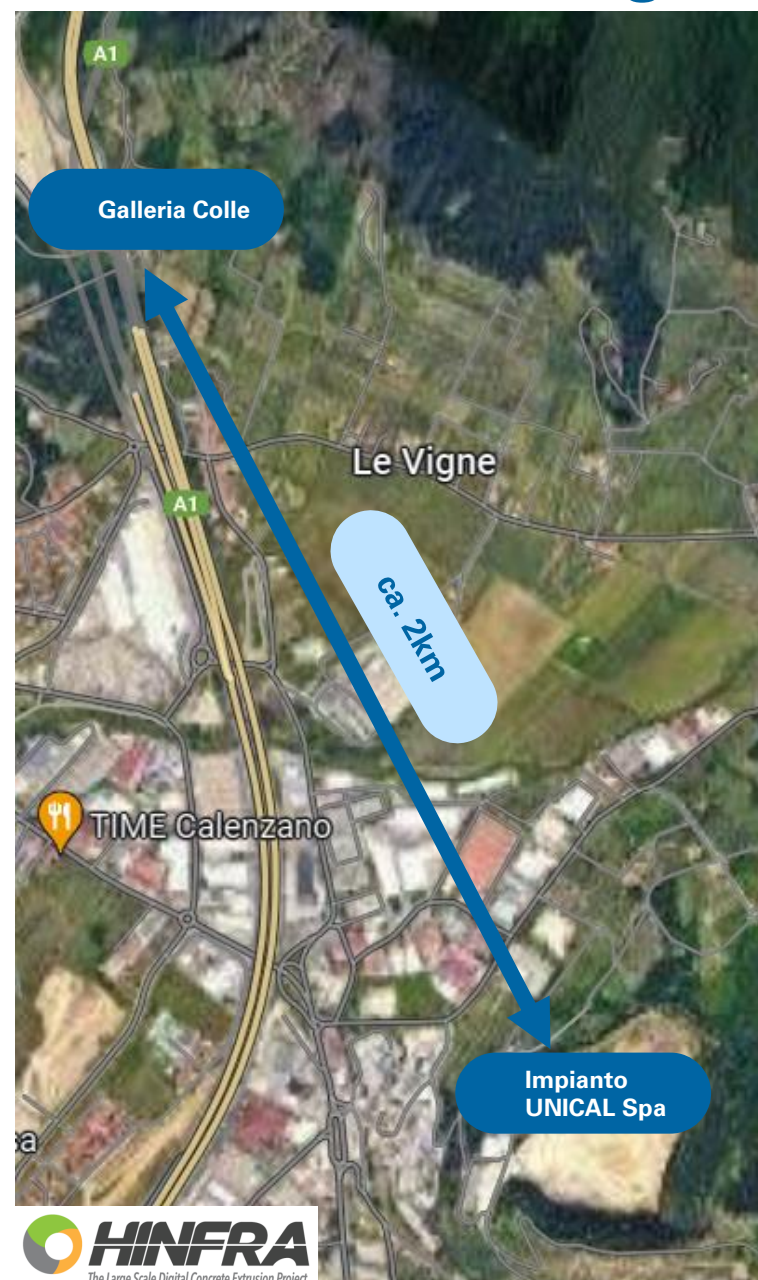


- **Consistenza fluida** (S5 o SCC) anche in presenza di fibre metalliche o PP
- **Finestra di lavorabilità** variabile a controllo tra **30 e 90 min.** indipendentemente dalle condizioni ambientali
- Elevato grado di **coesione** della matrice, che si traduce in facilità di **trasporto e pompaggio**
- Assenza di **bleeding** e **segrazione**
- Passaggio dallo **stato fluido**, a **plastico** e inizio della fase di **hardening** estremamente **rapido e controllato**



- **Resistenza meccaniche elevate** alle brevissime stagionature
- Resistenza a compressione cubica a **3h** dal getto fino a **20,0 MPa**
- Resistenza a compressione cubica a **24h** dal getto fino a **50,0 MPa**
- Resistenza a compressione cubica a **28gg** dal getto tra a **55,0 MPa e 80 MPa** regolabile in funzione delle necessità
- **Ritiro compensato** e ridotto **calore di idratazione** in getto massivo

Gallerie Colle, Ragnaia I e II – Prodotti impiegati



Per il rifacimento del rivestimento definitivo della **gallerie Colle, Ragnaia I e II** è stato impiegato il **calcestruzzo HINFRA** con una formulazione specifica per l'impiego con una cassaforma disarmo e riarmo tradizionale, lunga 6m. Per la **produzione industrializzata** è stato selezionato l'impianto UNICAL di Settimello (FI), in posizione strategica rispetto alle aree di intervento. Sono state qualificate due linee di prodotto.

HT101242

Calcestruzzo Fibrorinforzato FRC

- Classe di resistenza a compressione **C50/60**
- Classe di tenacità FRC **8d**
- Classe di consistenza **S5**
- Classi di esposizione ambientale **XD3+XF1**
- Dmax aggregati **20mm**
- Mantenimento della lavorabilità per **min. 1,5h**
- Resistenza a compressione cubica a **3h** dal getto maggiore di **5,0 MPa**
- Resistenza a compressione cubica a **24h** dal getto maggiore di **30,0 MPa**

HT201242

Calcestruzzo senza fibre

- Classe di resistenza a compressione **C50/60**
- Classe di consistenza **S5**
- Classi di esposizione ambientale **XD3+XF1**
- Dmax aggregati **20mm**
- Mantenimento della lavorabilità per **min. 1,5h**
- Resistenza a compressione cubica a **3h** dal getto maggiore di **5,0 MPa**
- Resistenza a compressione cubica a **24h** dal getto maggiore di **30,0 MPa**

HT101242 – Qualifiche Calcestruzzo Fibrorinforzato

Oltre alle procedure di prequalifica e qualifica richieste dalla committenza e dalla Direzione Lavori, per il calcestruzzo fibrorinforzato strutturale **FRC** è stato richiesto ed ottenuto il **Certificato di Valutazione Tecnica (CVT)**, secondo quanto prescritto dalle “**Linea Guida per l’identificazione, la qualificazione, la certificazione di valutazione tecnica ed il controllo di accettazione dei calcestruzzi fibrorinforzati FRC**” del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Ai fini dell’ottenimento del CVT sono state eseguite, le seguenti prove di caratterizzazione iniziale (prove iniziali di tipo):

- Prove allo stato fresco: **slump**
- Prove di **resistenza a compressione**
- Prove di **resistenza a flessione** su travetti intagliato
- Prove di **durabilità ambientale** su travetti intagliati sottoposti a cicli di **gelo e disgelo**



Nonostante non vi fosse necessità di qualificare il materiale **incrudente** in trazione uniassiale, sono state eseguite prove di **trazione diretta**.

CERTIFICATO DI VALUTAZIONE TECNICA

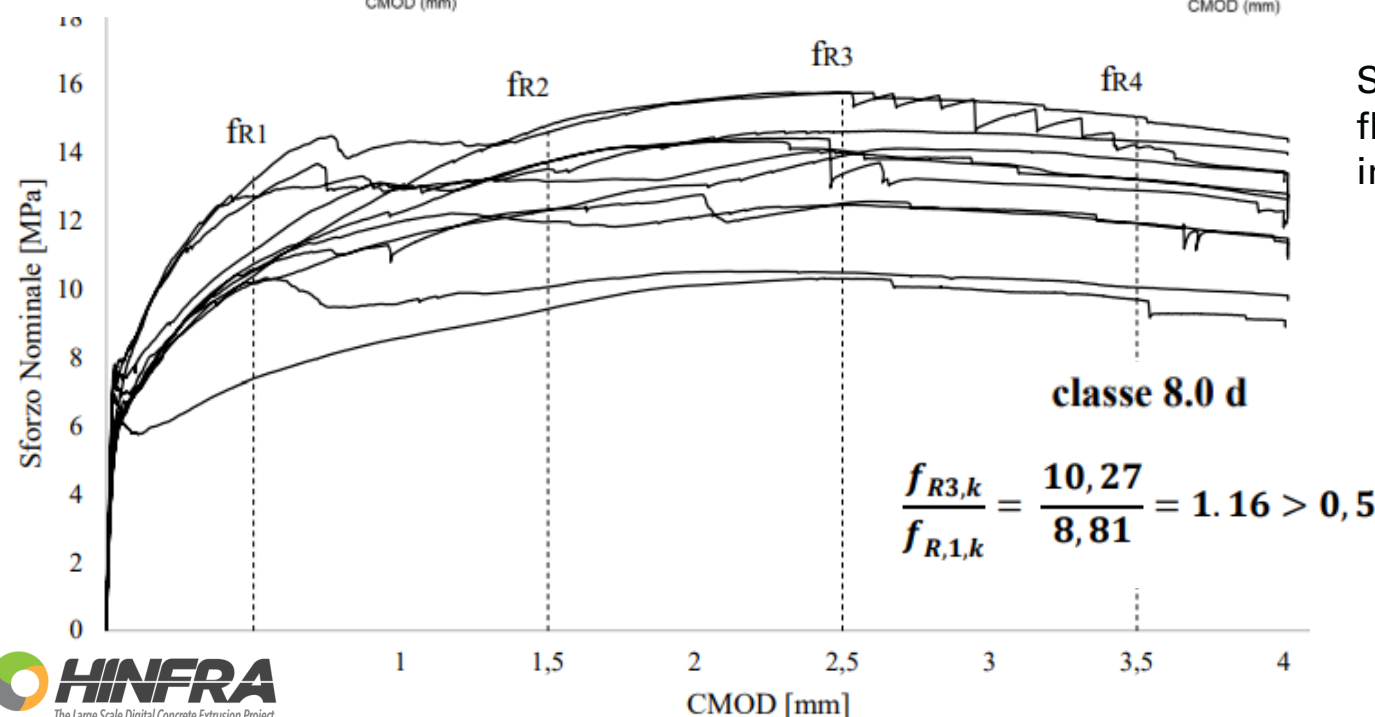
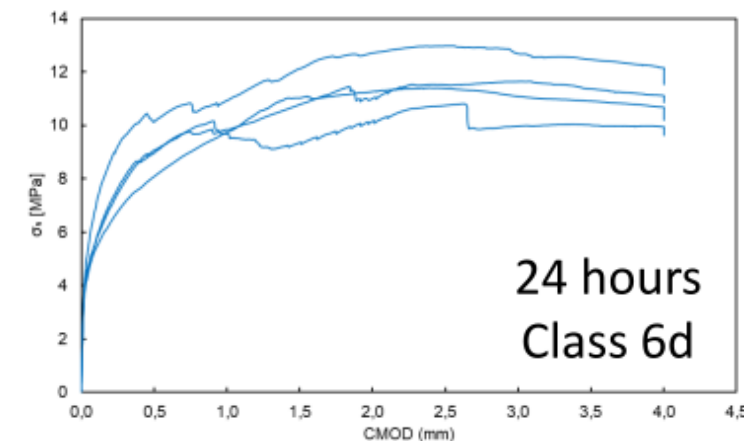
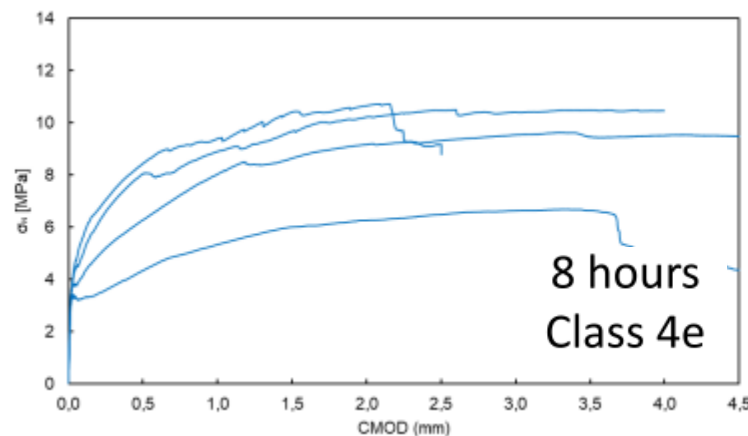
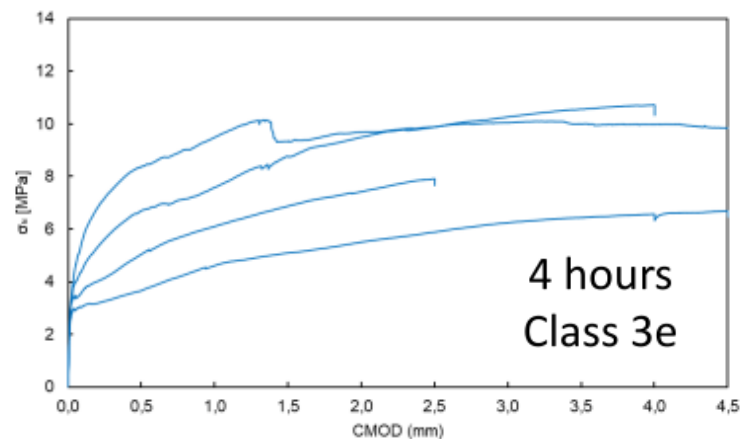
ai sensi del Cap.11, punto 11.1 lett. c) del D.M. 17.1.2018

Denominazione commerciale
del Prodotto

HT101242

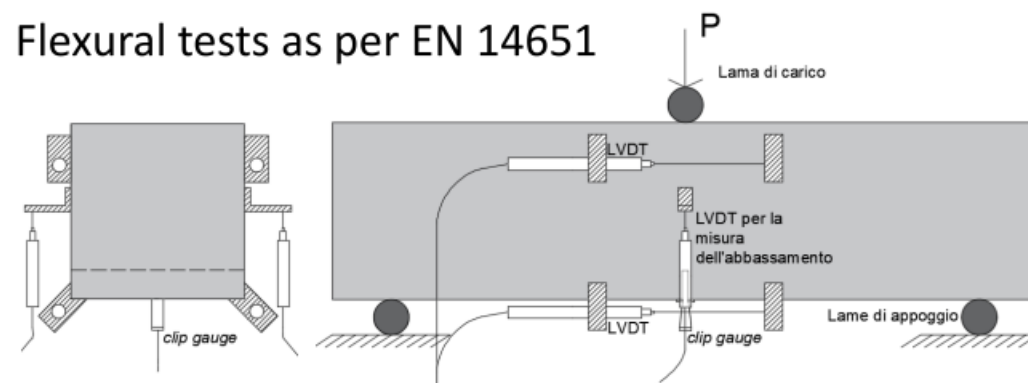
FRC HINFRA – Evoluzione della tenacità

Oltre ad attenzionare l'evoluzione della resistenza a compressione, è stata eseguita una campagna di sperimentazione specifica per valutazione **l'incremento della classe di tenacità a partire dalle primissime ore di maturazione.**



Si è osservato un comportamento **spiccatamente incrudente** a flessione su travetto intagliato a partire dalle prime fasi di indurimento della matrice.

Flexural tests as per EN 14651



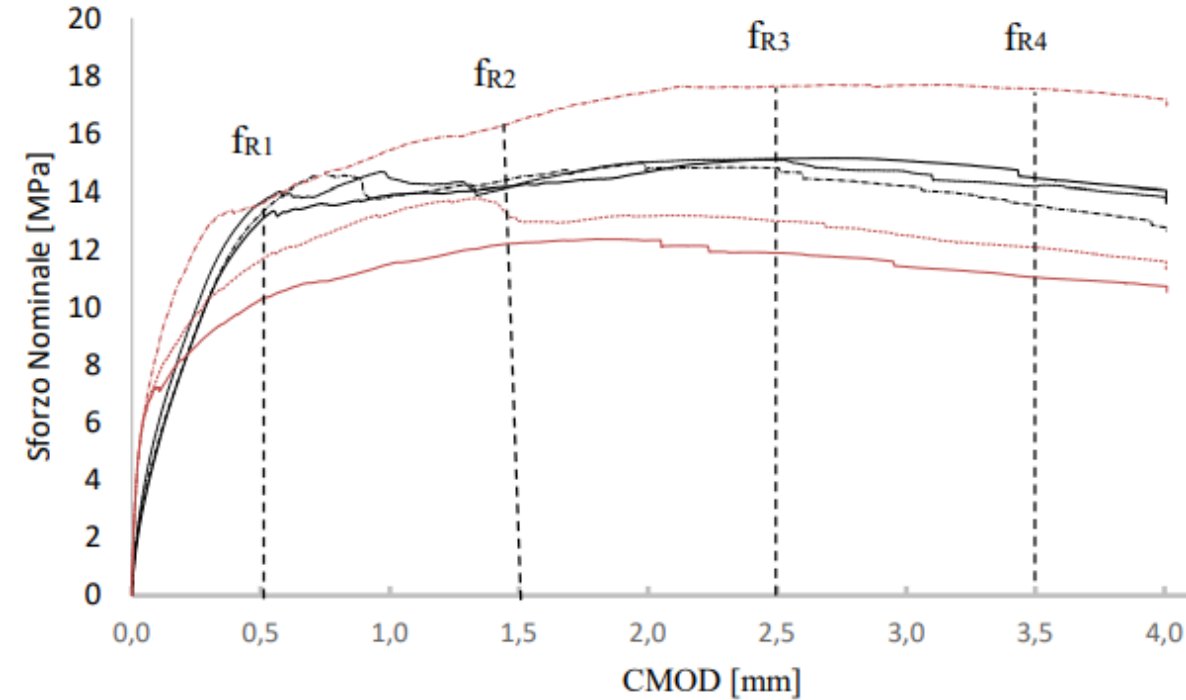
FRC HINFRA – Prove di durabilità

Il calcestruzzo FRC HINFRA è caratterizzato da una matrice a **bassa permeabilità**, **elevata resistenza ai solfati** ed ai **cicli di gelo e disgelo**.

Prove di penetrazione H2O

Penetrazione media su carote prelevate in sito sempre **inferiore a 30 mm**.

Il calcestruzzo può essere considerato **impermeabile** e ad **elevata resistenza agli attacchi chimici** secondo la DIN 1045



Prove di resistenza a cicli di gelo e disgelo

I Travetti pre-fessurati e sottoposti a cicli di gelo e disgelo hanno mostrato **resistenze residue superiori** a quelle dei travetti integri.



FRC HINFRA – Sensibilità allo spalling

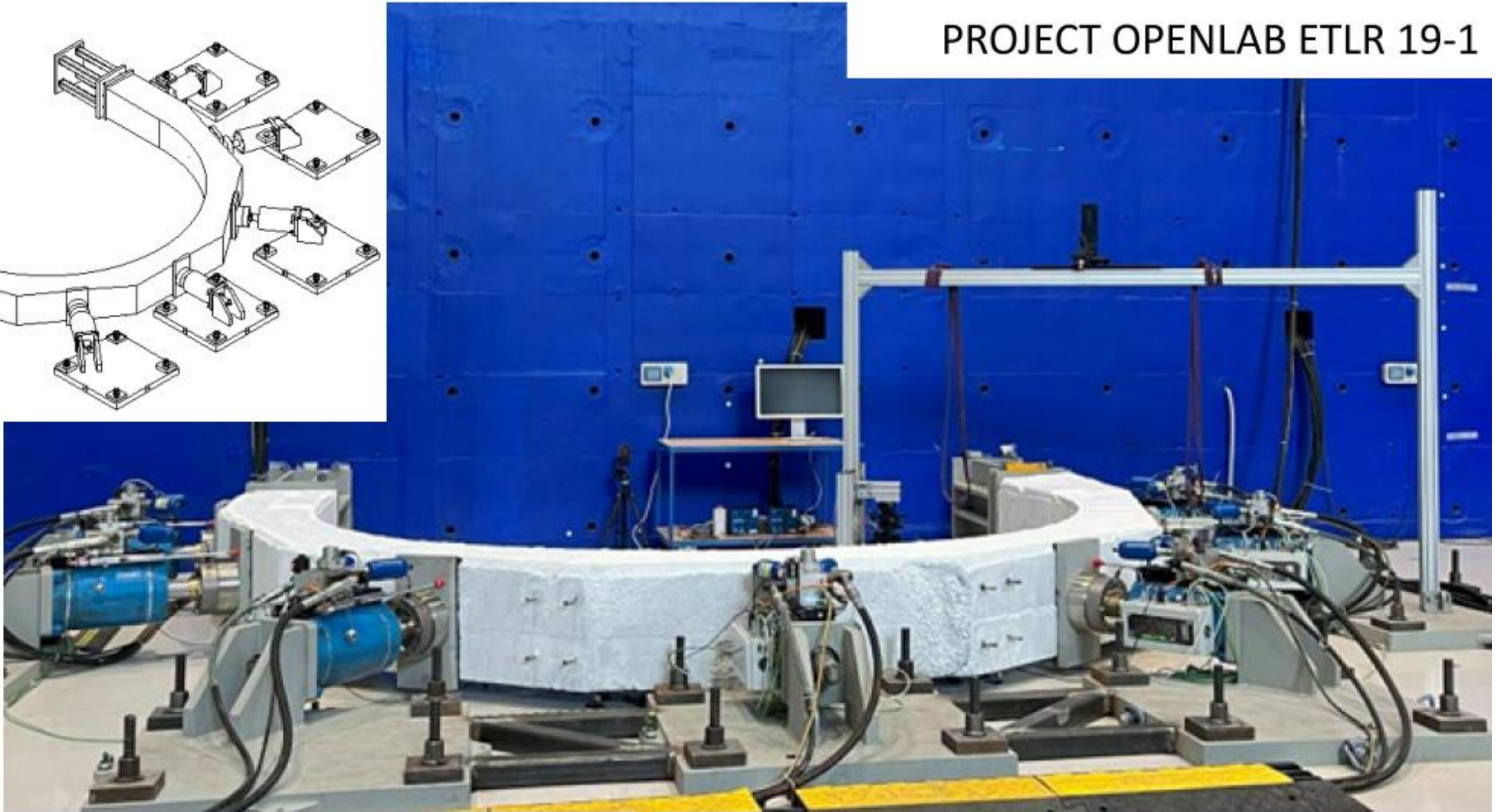
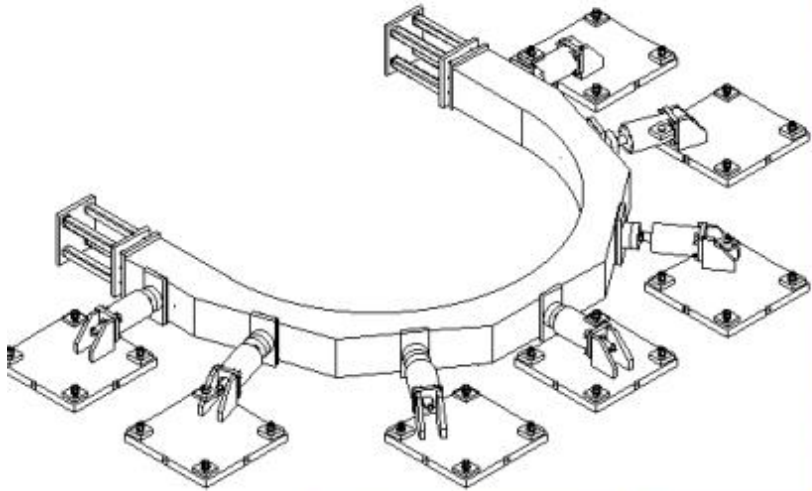
Sono state svolte delle prove di esposizione ad elevata temperatura su manufatti in scala reale simulando le condizioni di carico e di vincolo per valutare l'effetto delle fibre metalliche nella matrice.

- Curva incendio da idrocarburi, con esposizione alla temperatura massima (Tmax pari a ca. **1400°C**) per 1,5h
- Il **calcestruzzo fibrorinforzato FRC** ha mostrato un **comportamento esfoliativo**, diverso rispetto al comportamento esplosivo della sola matrice
- Si è osservata una **riduzione di 4 volte** della profondità di spalling nel calcestruzzo fibrorinforzato rispetto alla sola matrice: **marcato effetto benefico delle fibre metalliche**



FRC HINFRA – Validazione comportamento strutturale

PROJECT OPENLAB ETLR 19-1



**POLITECNICO
MILANO 1863**



**Politecnico
di Torino**



Joint Research Centre

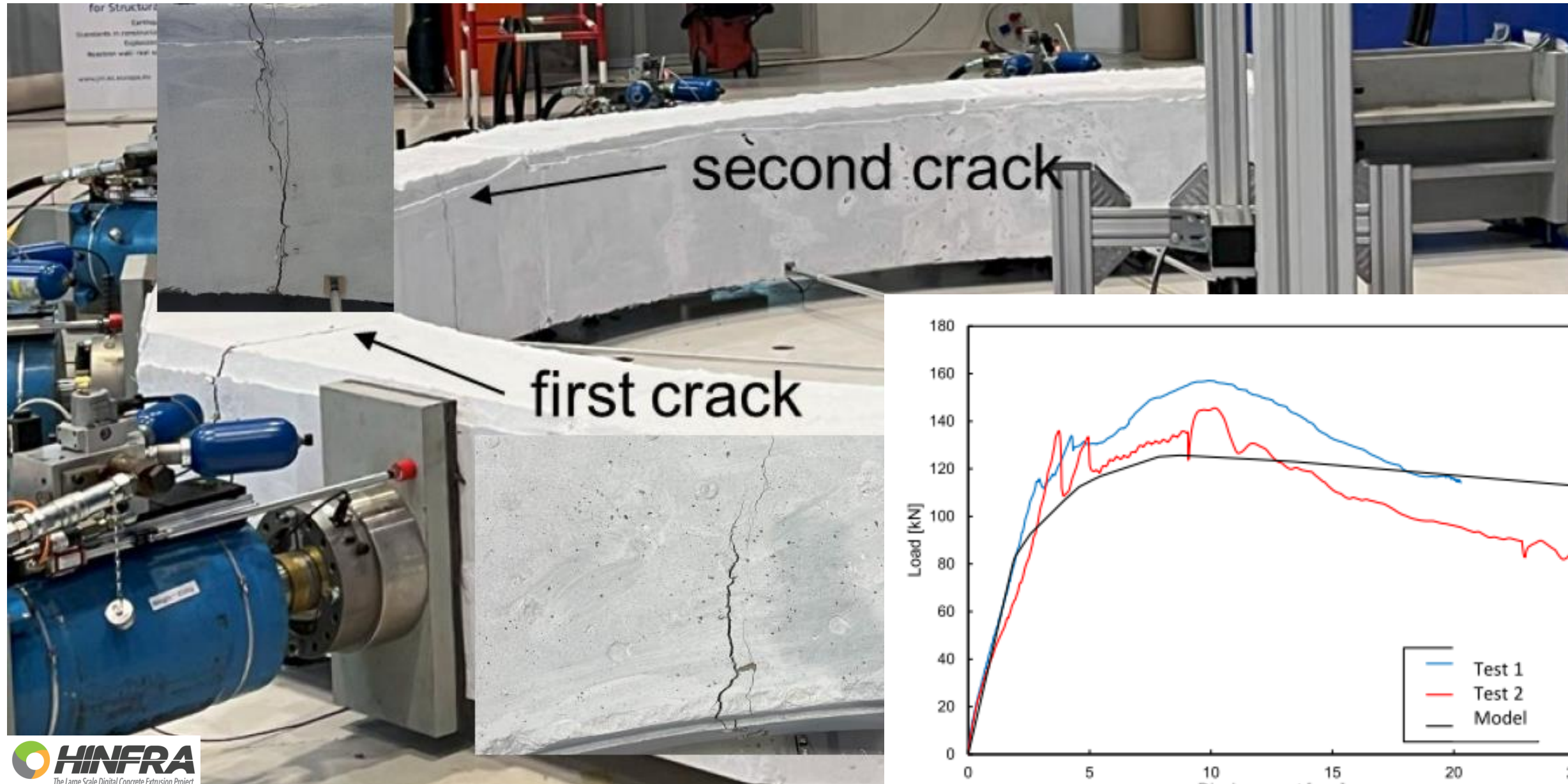
The European Commission's science and knowledge service



HINFRA

The Large Scale Digital Concrete Extrusion Project

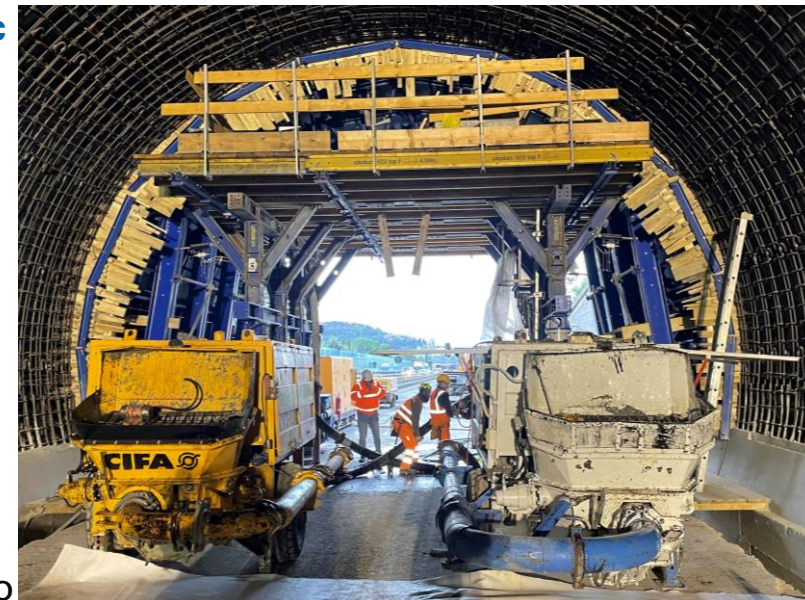
JRC ISPRA– Prove in scala reale



Calotte Colle, Ragnaia I e II – risultati operativi



- Produzione complessiva pari circa **2900 mc** di **calcestruzzo HINFRA** per il getto di murette e calotte delle tre gallerie
- Il **calcestruzzo fibrorinforzato FRC HT101242** ha impegnato circa il **90%** della produzione totale (tratti non armati)
- Durata complessiva delle operazioni di getto **inferiore a 3 mesi**
- Durata complessiva dei getti di calotta **inferiore a 2 mesi (ca. 370 mL)**
- Impiegato un cassero **lungo 6m**, alimentato con **due pompe** operanti in parallelo
- **Durata media** del getto in calotta di **2,5h**
- Inizio operazioni di disarmo della cassaforma mediamente **a 3h dalla fine del getto**
- Eseguiti **61 getti in calotta** totali
- Tratti armati: avanzamento di **1 getto/gg** (turno singolo 10h)
- Tratti FRC: avanzamento a regime fino a **2 getti/gg** (turno singolo 10h)





GRAZIE
DELL'ATTENZIONE

autostrade // per l'italia