

La gestione del rischio in ambito ferroviario



Mitigazione dei rischi naturali nelle infrastrutture ferroviarie

Ing. Franco IACOBINI

23/06/2026

INDICE



- Riferimento normativo
- I rischi naturali
- Rischi climatici: alte temperature, vento
- Il rischio idraulico e idrogeologico
- Rischio sismico

La gestione del rischio in ambito ferroviario



Autorizzazioni di sicurezza

La gestione di una infrastruttura ferroviaria sulla quale le Imprese Ferroviarie svolgono servizi di trasporto merci e passeggeri è consentita al rilascio di una autorizzazione di sicurezza.

Il rilascio dell'autorizzazione di sicurezza da parte dell'Agenzia è regolamentato dall'articolo 11 del Decreto Legislativo 14 maggio 2019, n. 50, recante "Attuazione della Direttiva (UE) 2016/798 del Parlamento europeo e del Consiglio dell'11 maggio 2016 sulla sicurezza delle ferrovie".

L'autorizzazione di sicurezza attesta l'accettazione del sistema di gestione della sicurezza del gestore dell'infrastruttura e contiene le procedure e le disposizioni per soddisfare i requisiti necessari per la progettazione, la manutenzione e il funzionamento, in condizioni di sicurezza, dell'infrastruttura ferroviaria, compresi la manutenzione e il funzionamento del sistema di controllo del traffico e di segnalamento. Tale autorizzazione può contenere limitazioni ovvero prescrizioni per parti limitate dell'infrastruttura.

Mitigazione dei rischi naturali nelle infrastrutture ferroviarie

DECRETO LEGISLATIVO 14 maggio 2019, n. 50 Attuazione della direttiva 2016/798 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 maggio 2016, sulla sicurezza delle ferrovie. (19G00057) (GU n.134 del 10-6-2019)

3. Le imprese ferroviarie e i gestori dell'infrastruttura:

- a) mettono in atto le necessarie misure di controllo del rischio di cui all'articolo 6, paragrafo 1, lettera a), ove appropriato cooperando reciprocamente e con altri attori;
- b) tengono conto, nei loro sistemi di gestione della sicurezza, dei rischi associati alle attività di altri attori e di terzi;
- c) in caso obbligano per contratto gli altri attori di cui al paragrafo 4, che hanno un potenziale impatto sul funzionamento sicuro del sistema ferroviario dell'Unione, a mettere in atto misure di controllo del rischio; e
- d) provvedono affinché le proprie imprese appaltatrici attuino misure di controllo del rischio attraverso l'applicazione di CSM relativi ai processi di monitoraggio definiti nel CSM per il monitoraggio di cui all'articolo 6, paragrafo 1, lettera c), e affinché ciò sia stabilito in accordi contrattuali di cui è data comunicazione su richiesta dell'Agenzia o dell'autorità nazionale preposta alla sicurezza.

Infrastruttura Ferroviaria Nazionale

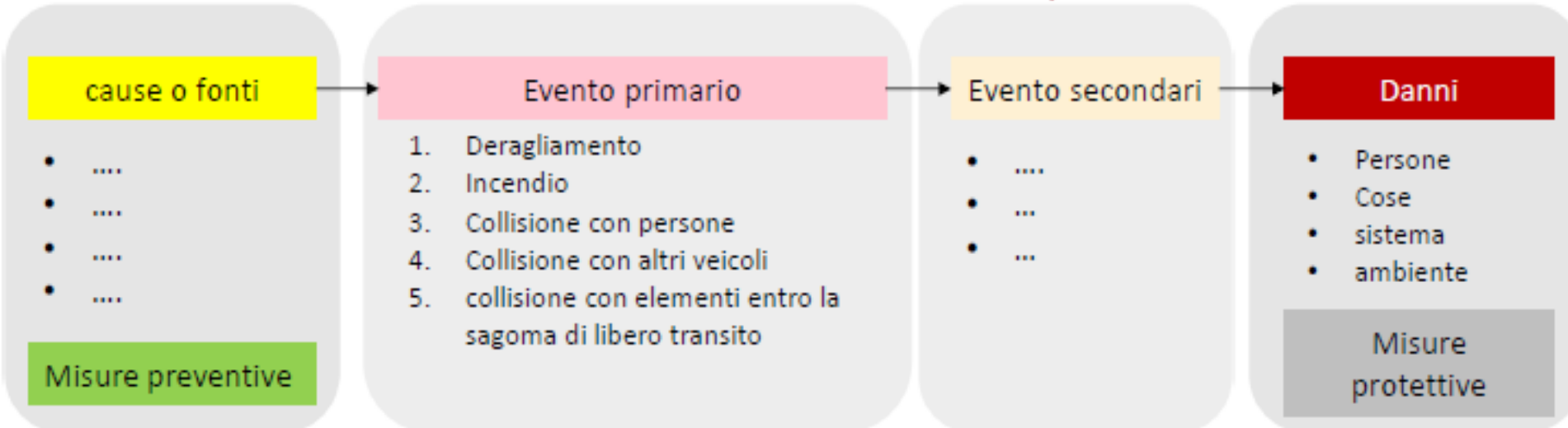
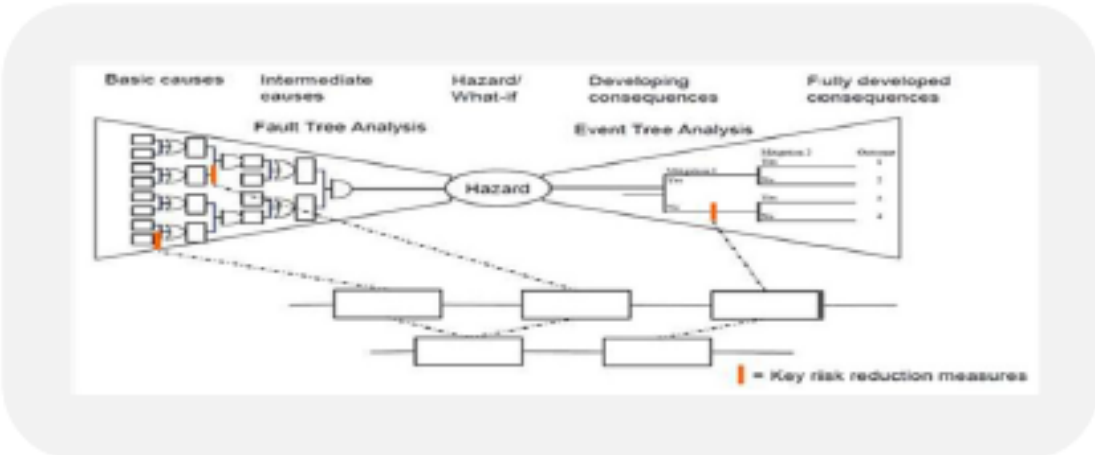
Sistema Gestione Sicurezza

Norme della
Qualità ISO 9001

Sistemi di
Gestione

Analisi del Rischio

- Registro dei pericoli
- Misure di sicurezza



SISTEMI DI MITIGAZIONE
RISCHI NATURALI

Mitigazione dei rischi naturali nelle infrastrutture ferroviarie

Il gestore dell'infrastruttura ferroviaria deve, nel proprio Sistema di Gestione della Sicurezza, tenere in debito conto, tra gli altri rischi, anche i rischi naturali che possono interessare l'infrastruttura ferroviaria

Ma quali sono i rischi naturali che interessano l'infrastruttura ferroviaria?

FACCIAMO RIFERIMENTO AL PROGETTO RETURN



multi-Risk sciEnce for resilienT commUnities undeR a changiNg climate

Mitigazione dei rischi naturali nelle infrastrutture ferroviarie



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

Table 2 – Modelling hazards in OpenTrack

Hazard	Effect on infrastructure	OpenTrack modelling
Wind	Speed reduction	Speed reduction on impacted edges
	Track blockage, due to tree collapse	Edge(s) blockage
	Power outage, in case a powerline is damaged, by wind itself or tree collapse.	Signal off with speed reduction up to 0
		Traction failure with edge blockage
River flooding	Bridge inaccessibility	Edge blockage
Soil liquefaction	Track/bridge deformation	Edge blockage
Landslide	Track blockage	Edges blockage
	Power outage	Signal off with speed reduction up to 0
		Traction failure leading to edge blockage
	Torn-off signal	Signal off

In uno dei suoi deliverable il progetto RETURN definisce quali sono, in termini teorici, i rischi naturali e i loro effetti sull'infrastruttura ferroviaria. Per valutare l'effettiva criticità dei rischi elencati facciamo una riflessione sulle caratteristiche del territorio italiano

Mitigazione dei rischi naturali nelle infrastrutture ferroviarie

Wildfire	Speed reduction	Speed reduction on impacted edge(s)
	Track damage	Edge(s) blockage
	Signal damage	Signal not available with speed reduction up to 0
	Power outage (or disconnection)	Signal off with speed reduction up to 0
		Traction failure leading to edge blockage
Earthquake	Traffic halted (locations with PGA > 0.1g)	Edge(s) blockage
	Traffic halted (for inspection)	Edge(s) blockage
	Track damage	Edge(s) blockage
Tsunami	Traffic halted	Edge(s) blockage
	Track damage	Edge(s) blockage
Coastal erosion	Track damage	Edge(s) blockage

Il progetto RETURN definisce quali sono, in termini teorici, i rischi naturali e i loro effetti sull'infrastruttura ferroviaria. Per valutare l'effettiva criticità dei rischi elencati facciamo una riflessione sulle caratteristiche del territorio italiano

Ci concentriamo sui principali rischi

Mitigazione dei rischi naturali nelle infrastrutture ferroviarie

Gestione del rischio vento



Mitigazione dei rischi naturali nelle infrastrutture ferroviarie

Moltissimi gestori europei hanno nei loro Sistemi di Gestione della Sicurezza regole specifiche per gestire la circolazione ferroviaria in condizioni di forte ventosità. Normalmente si tratta di limitazioni di velocità e interruzioni della circolazione

Di norma quando si mette in esercizio una nuova linea è necessario effettuare una specifica mappatura delle condizioni di ventosità attese e eseguire opportune verifiche di runnability che confermino la possibilità di confermare la circolazione ferroviaria, ovvero definiscono le condizioni di esercizio in relazione alle condizioni di velocità.

LIMITAZIONI ALLA CIRCOLAZIONE E PRECAUZIONI ESISTENTI IN RFI PER FORTE VENTOSITA'

LINEE ALTA VELOCITA'

- **AV ROMA –NAPOLI:** Anemometro presso Caianello: $V > 83 \text{ km/h}$ (23 m/s) velocità ridotta a 180 km/h
- **AV BOLOGNA – FIRENZE:** Previsioni meteo: $V > 83 \text{ km/h}$ (23 m/s) velocità ridotta a 180 km/h

Sono in corso di installazione barriere antivento per eliminare le limitazioni esistenti.

LINEE CONVENZIONALI

Tratta	Velocità del vento	Tipo di allarme	Provvedimenti
Paola - S.Lucido	≥ 70 km/h	giallo	Notifica della velocità del vento rilevata da IM a RUs
Paola - S.Lucido	≥ 90 km/h	rosso	Notifica della velocità del vento rilevata da IM a RUs. Prescrizione IM to RUs di controlli al materiale rotabile e notifica eventuali restrizioni.
Paola - S.Lucido	≥ 100 km/h	rosso	Notifica della velocità del vento rilevata da IM a RUs
Monfalcone - Trieste c.le Bivio D’Aurisina – Villa Opicina	≥ 70 km/h		Notifica della velocità del vento rilevata da IM a RUs. Prescrizione IM to RUs di controlli al materiale rotabile e notifica eventuali restrizioni.
Monfalcone - Trieste c.le Bivio D’Aurisina – Villa Opicina	≥ 100 km/h		Notifica della velocità del vento rilevata da IM a RUs. Sospensione inoltre carri telonati e carri chiusi vetusti.
Bivio S. Lucia - Sarno	≥ 70 km/h		Notifica della velocità del vento rilevata da IM a RUs.
Bivio S. Lucia - Sarno	≥ 90 km/h		Notifica della velocità del vento rilevata da IM a RUs. Prescrizione IM to RUs di controlli al materiale rotabile e notifica eventuali restrizioni.

SEZIONE 4.13 NORME PARTICOLARI PER L'ESERCIZIO DELLE FL LINEE O TRATTI DI LINEA

CETRARO ⇄ LONGOBARDI

PROVVEDIMENTI CAUTELATIVI DA ADOTTARE IN CASO DI FORTE VENTO

Allo scopo di prevenire ed evitare per quanto possibile gli inconvenienti di esercizio, a causa di forte vento, sono state emanate le procedure operative, della quale si riportano le parti più salienti. Nelle cabine del PBA 376 e PBA 369 (ubicati tra le stazioni di Longobardi e S.Lucido) e PBA 361 (ubicato tra le stazioni di S.Lucido e Paola) sono stati installati degli anemometri sussidiati da display informativo, che, nel caso di superamento della soglia di velocità limite, in riferimento alla tratta interessata determinano, in tempo reale, presso il DCO (3^a sez.) della SOT di Reggio C. un allarme:

- giallo per velocità limite di 70Km/h;
- rosso per velocità limite di 90Km/h.

Il DCO di Reggio C. (3^a Sez.) in caso di allarme rosso, avviserà verbalmente i sotto elencati operatori ricevendo dagli stessi dispaccio di inteso.

- DCCM/Reggio Cal. (e questi al DCCM di Napoli e Bari e al DC Cargo);
- DCO/Sapri;
- DCO/Reggio Calabria Sez. Melito P.S. – Rosarno;
- DCO/ Reggio Calabria Sez. Sibari – Paola/S. Lucido;
- DM Paola – Lamezia T.C. – Rosarno.

I quali dovranno concordare i provvedimenti da adottare conseguenti alla necessità di fare ispezionare il materiale dei treni merci prestando la massima attenzione a:

- Stato di assicurazione dei copertoni dei carichi;
- Chiusura delle porte dei carri chiusi e delle portelle superiori;
- Stato di deperimento fino dove possibile, degli imperiali dei veicoli; provvedendo a togliere dalla composizione i veicoli giudicati in condizioni non idonei alla circolazione
- Restrizioni alla circolazione dei treni.

Al ripristino delle normali condizioni meteorologiche il DCO di Reggio C. (3^a Sez.) avviserà gli operatori interessati con dispaccio.

Inoltre, nella cabina del PBA 361, è stata installata una stazione di rilevamento che, nel caso di velocità uguali o superiore a 100 KM/h, genera un allarme che viene trasmesso con rete "GSM" ai:

- CEI;
- CUM TE Paola;

Sulle linee convenzionali in caso di forte ventosità (90 - 100 km/h) i provvedimenti riguardano i controlli sui carri merci e l'eventuale toltà dalla composizione del treno di carri telonati o vetusti e giudicati non idonei a causa del vento

Mitigazione dei rischi naturali nelle infrastrutture ferroviarie

LIMITAZIONI ADIF SPAGNA

In Spagna
l'interruzione di
circolazione
interviene per $V > 120$
km/h

CONVENTIONAL NETWORK

Alert Level	Wind Speed
Level 0 (No alert)	Between 80 and 90 Km/h
Level 1	Between 91 y 100 Km/h
Level 2	Between 101 y 120 Km/h
Level 3	Over 120 Km/h

ALERT LEVEL	ACTION DEPENDING OF RISK SECTION / LINE		
	Low	Medium	Risk
Level 1	Inform to Rail Operators	Inform to Rail Operators Speed Limit = 90Km/h	Inform to Rail Operators Speed Limit= 70Km/h
Level 2 (inform to RU's)	Speed limit = 100Km/h	Speed Limit = 60Km/h	Speed Limit = 50Km/h
Level 3 (inform to RU's)	Stop traffic / Cancelation of trains		

LIMITAZIONI ADIF - SPAGNA

HIGH SPEED NETWORK

Alert Level	Wind Speed
Level 0	Between 80 and 85 Km/h
Level 1	Between 86 and 100 Km/h
Level 2.1	Between 101 y 115 Km/h
Level 2.2	Between 116 y 120 Km/h
Level 3	Over 120 Km/h

In Spagna
l'interruzione di
circolazione
interviene per V > 120
km/h

Alert Level	ACTIONS
Level 0	Speed Limit according to Operational Rules (1)
Level 1	Inform to RU's Speed Limit according to Operational Rules (1) If wind speed over 90 km/h for Freight Train the Operator have to apply measures of their Contingency Plan
Level 2.1	Speed Limit = 160 Km/h or Speed Limit according to Operational Rules(1) in cases it is lower
Level 2.2	Speed Limit = 120 Km/h or Speed Limit according to Operational Rules (1) in cases it is lower
Level 3	Stop Traffic / Cancelation of trains

Mitigazione dei rischi naturali nelle infrastrutture ferroviarie

VELOCIDAD DEL VIENTO (KM/H)	VELOCIDAD LIMITADA (KM/H) POR TIPOS DE TREN						
	S/100/102/112	S/103	S/120/121	S/130/730	S/104/114	TGV DASYE F	TGV 2N2H
$v \leq 80$	330	350	250	250	250	330	330
$80 < v \leq 85$	330	315	250	160	250	250	250
$85 < v \leq 100$	300	235	200	120	200	200	200
$100 < v \leq 115$	250	190	160	120	160	110	110
$115 < v \leq 120$	200	155	120	120	120	80	80
$v > 120$	Stop Traffic						
Wind Speed	Speed Limit depending on rolling stock						

Other Generic Actions:

- Stop or find alternative route for train with dangerous goods and special/exceptional transport
- Inform to maintenance department
- Visual check of train for signaler staff or other staff when the train is crossing risk point/section, with special attention to mobile elements.
- Traffic Control Center: communication with stations and drivers in risk point/section

Denmark – GREAT BELT

Rules **Great Belt**:

“**Normal**” rules:

Wind #)	Restriction		
	Freight trains	Other electrical trains	Other diesel trains
< 21 m/s	No restrictions	No restrictions	No restrictions
21 – 24 m/s	80 km/h @)	No restrictions	No restrictions
From 25 m/s	Terminated	Terminated	Terminated
#) average for 10 minutes			
@) not valid for solo locomotives			

21 m/s = 75,6 km/h
24 m/s = 86,4 km/h
25 m/s = 90 km/h

Temporary rules while investigating:

Windspeed #)	Restriction	
	Freight trains	Other trains
Below 15 m/s	No restrictions	
From 15 m/s and below 20 m/s	80 km/h @)	No restrictions
From 20 m/s and below 25 m/s	Terminated	No restrictions
From 25 m/s	All operation terminated	
#) average for 10 minutes		
@) not valid for solo locomotives		

Mitigazione dei rischi naturali nelle infrastrutture ferroviarie

Denmark - Øresund

Rules Øresund:

“Normal” rules:

Step	Measured wind speed (m/s)	Operational restrictions		
		Freight trains	Other electrical trains	Other diesel trains
1	Above 18 m/s actual or 12 m/s effective wind	No restrictions	No restrictions	No restrictions
2	Above 21 m/s actual or 17 m/s effective wind	Max. 80 km/h	No restrictions	No restrictions
3	Above 24 m/s actual or 20 m/s effective wind	Max. 80 km/h	No restrictions	No restrictions
4	Above 27 m/s actual wind	Terminated	Max. 100 km/h	No restrictions
5	Above 30 m/s actual wind	Terminated	Max. 40 km/h	Max. 100 km/h
6	Above 34 m/s actual wind	All operation terminated	All operation terminated	All operation terminated

21 m/s = 75,6 km/h
24 m/s = 86,4 km/h
27 m/s = 97,2 km/h
30 m/s = 108 km/h
34 m/s = 122,4 km/h

Temporary rules while investigating:

Step	Measured wind speed (m/s)	Operational restrictions		
		Freight trains	Other electrical trains	Other diesel trains
1	Above 18 m/s actual or 12 m/s effective wind	No restrictions	No restrictions	No restrictions
2	Above 21 m/s actual or 15 m/s effective wind	Max. 80 km/h	No restrictions	No restrictions
3	Above 24 m/s actual or 20 m/s effective wind	Terminated	No restrictions	No restrictions
4	Above 27 m/s actual wind	All operation terminated	All operation terminated	All operation terminated

Mitigazione dei rischi naturali nelle infrastrutture ferroviarie

1915 Çanakkale Bridge

In case the wind speed on the 1915 Çanakkale Bridge reaches certain values, it shall be obligatory to comply with the speed and traffic restrictions stated below, in line with the messages conveyed to the drivers with the Variable Message Signs at the entrance of the Bridge from both sides. Furthermore, concerning the vehicles that are not included in the description given in the table below, but that have dimensions, loads or technical features that can be affected by the wind, the vehicle drivers should evaluate the suitability of their vehicles for the Bridge crossing, taking into consideration the wind situation. It should not be forgotten that the drivers of the vehicles that cross the bridge, without considering the situations that may be dangerous due to the wind on the bridge, shall be responsible for the consequences in case of any negativity, in a manner which cannot be attributed to others.

Wind Speed (km/h)	Restrictions for the Use of the 1915 Çanakkale Bridge
54	Traffic speed for all the vehicles on the Bridge is limited to 65 km/h.
72	Use of the Bridge by double-decker buses is prohibited.
79	Use of the Bridge by vehicles with high frontage, boxes (cubes) and highly bulky loads is prohibited.
104	Vehicles other than cars are prohibited from using the Bridge.
126	The Bridge is closed to traffic for all vehicles.

126 km/h = 35 m/s

Mitigazione dei rischi naturali nelle infrastrutture ferroviarie



CONFRONTO TRA LIMITAZIONI SUI PONTI

- Sul ponte stradale **Channakale** le limitazioni per determinate tipologie di veicoli le limitazioni iniziano con vento a 54 km/h. Il traffico è interrotto per $V > 126$ km/h (35 m/s).
- Sul **Great Belt** la circolazione ferroviaria è interrotta per $V > 90$ km/h (25 m/s)
- Sull' **Oresund** la circolazione ferroviaria è interrotta per $V > 122,4$ km/h (34 m/s)

Si riscontrano limitazioni diverse per i tre ponti esaminati. Il limite più alto di interruzione della circolazione si ha sul Channakale (stradale) con vento a 126 km/h.

Gestione alte temperature

Mitigazione dei rischi naturali nelle infrastrutture ferroviarie

La vulnerabilità termica dei binari è causata dal fenomeno dell'instabilità per instabilità di punta (buckling), innescata dalle temperature estreme che generano elevate forze di compressione all'interno delle rotaie lunghe saldate (LRS). Quando la temperatura dell'acciaio supera la soglia critica, la rotaia si deforma improvvisamente in direzione laterale o verticale, compromettendo la sicurezza della linea. La temperatura interna della rotaia può superare anche di 15° - 20° la temperatura dell'aria ambiente a causa del forte irraggiamento solare.



Quando la temperatura della rotaia sale rispetto alla sua temperatura di regolazione (detta anche *Neutral Temperature*), l'espansione termica impedita dai vincoli (traversine e massicciata) genera una forza di compressione assiale.

La mappatura dei "punti caldi" dell'infrastruttura ferroviaria riguarda l'identificazione dei nodi critici per la gestione del traffico e delle tratte più vulnerabili ai fenomeni termici (es. dilatazione dei binari) e climatici. A livello nazionale, il monitoraggio è gestito tramite sistemi di geolocalizzazione avanzati.



Mitigazione del rischio idrogeologico

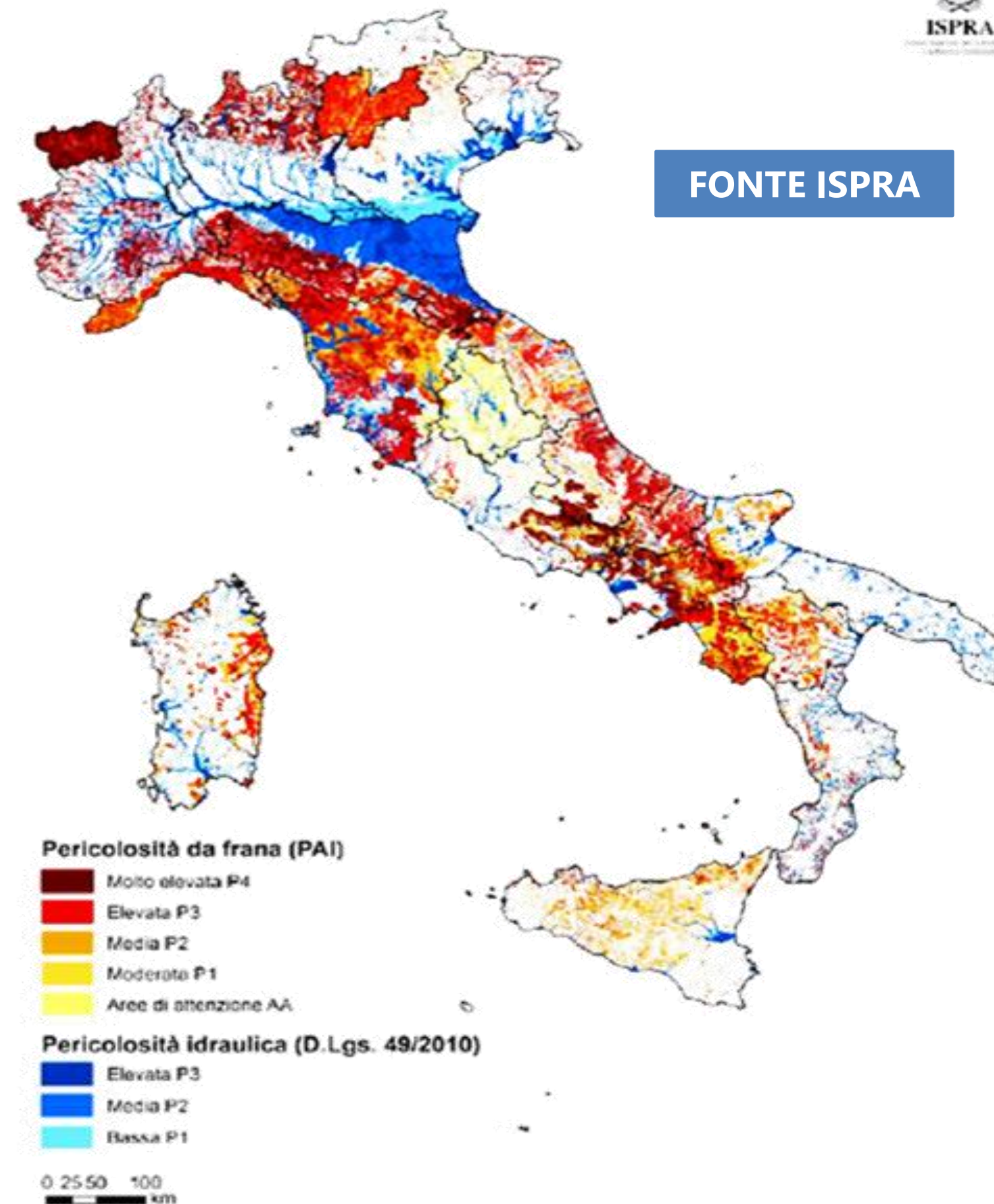


Gestione del rischio idrogeologico

Estensione tratte ferroviarie in aree a rischio idraulico e idrogeologico

D.T.P. RFI	Alluvioni Estensione tratti (km)	Frane Estensione tratti (km)
Ancona	143	120
Bari	131	32
Bologna	332	217
Cagliari	26	20
Firenze	1018	465
Genova	115	335
Milano	322	30
Napoli	138	286
Palermo	116	61
Reggio C.	192	85
Roma	171	129
Torino	481	31
Trieste	73	13
Venezia	345	12
Verona	153	95
3756 km interessati da alluvioni		1931 km interessati da frane

Popolazione italiana a rischio idraulico e idrogeologico in aree a pericolosità PAI:
5,6 milioni di persone esposte a frane e 9,0 milioni ad alluvioni pari rispettivamente al 10% e 15% della popolazione nazionale. Oltre il 10% della superficie nazionale ricade in aree a pericolosità elevata e molto elevata



FONTE ISPRA



Gestione del rischio idrogeologico

Strategie di azione



TEMPO DIFFERITO

STRATEGIE DI LIMITAZIONE DEL
PERICOLO E DELLA VULNERABILITA'
NEL TEMPO DIFFERITO

PIANO DEGLI INTERVENTI DI MITIGAZIONE
DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO

MIGLIORAMENTO DELLA CONOSCENZA



TEMPO REALE

STRATEGIE DI CONTENIMENTO
DEGLI EFFETTI
NEL TEMPO REALE

VIGILANZA STRAORDINARIA DELLA SEDE PER
ALLERTA METEO

MIGLIORAMENTO DELLA CONOSCENZA

SISTEMI DI ALLARME





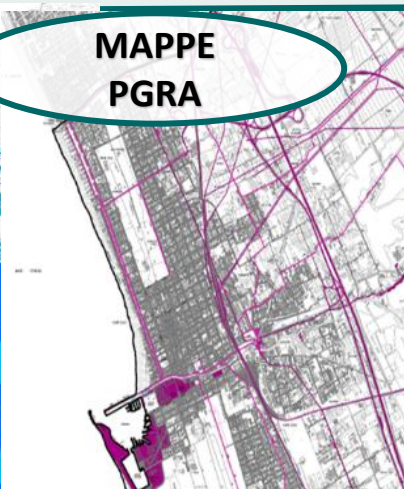
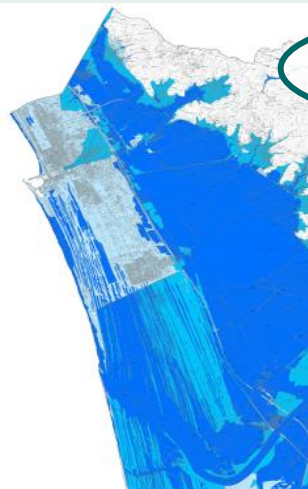
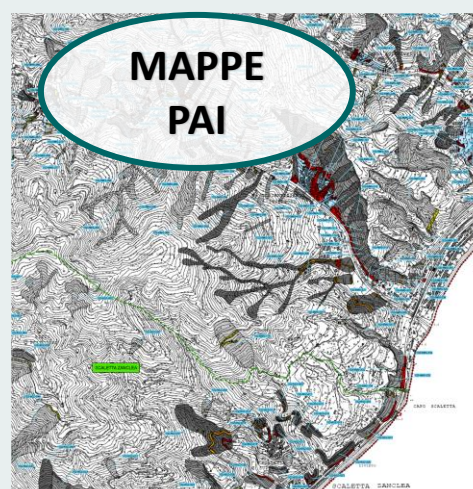
Gestione del rischio idrogeologico

Elaborazioni mappature PAI - PGRA



TEMPO DIFFERITO

- **INDIVIDUAZIONE** dei Punti Singolari dell'infrastruttura in cui si sono manifestati dissesti
- **INDIVIDUAZIONE** dei tratti di infrastruttura potenzialmente a rischio idrogeologico compresi nelle aree perimetrate **dalle Autorità di bacino distrettuale** nei **Piani di Assetto Idrogeologico - PAI (D.lgs152/2006)** e nei **Piani di Gestione Rischio Alluvione - PGRA (D.lgs 49/2010)**.



VERIFICHE di campo.



DEFINIZIONE delle priorità d'intervento mediante analisi di rischio.



GRADUATORIA DI PRIORITÀ D'INTERVENTO



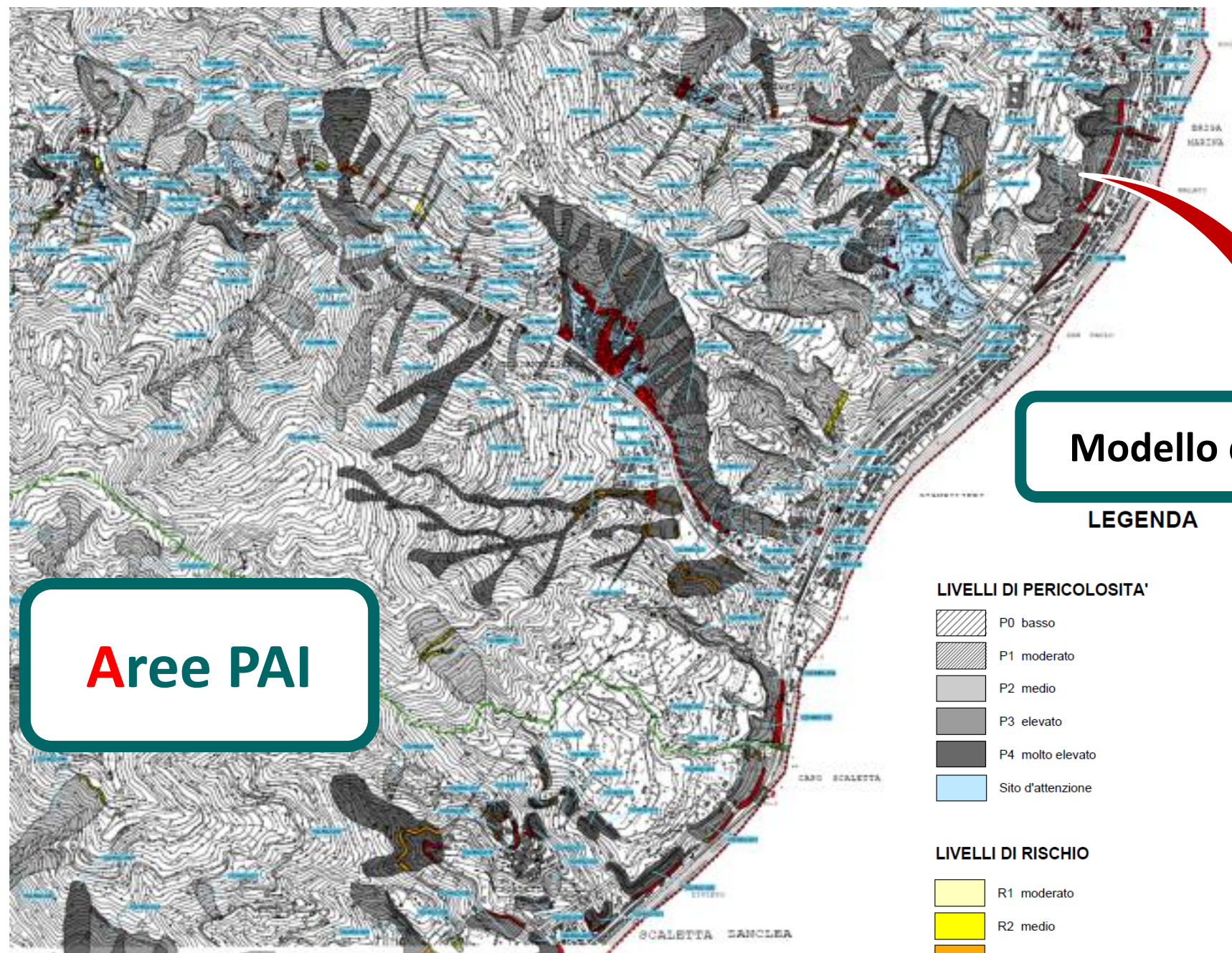
Gestione del rischio idrogeologico

Mappature delle tratte a rischio idrogeologico

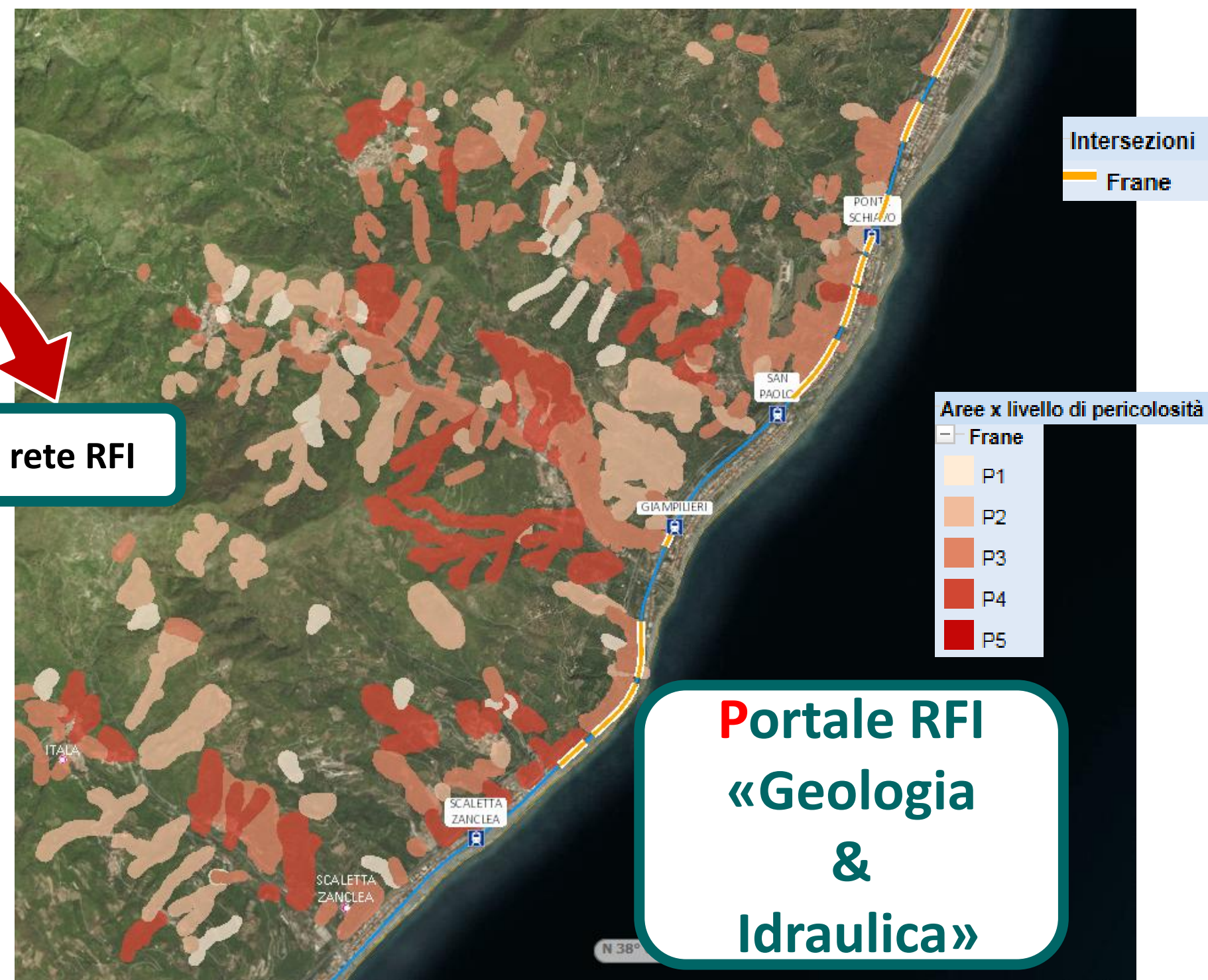


TEMPO DIFFERITO

INDIVIDUAZIONE INTERSEZIONI



Modello di rete RFI



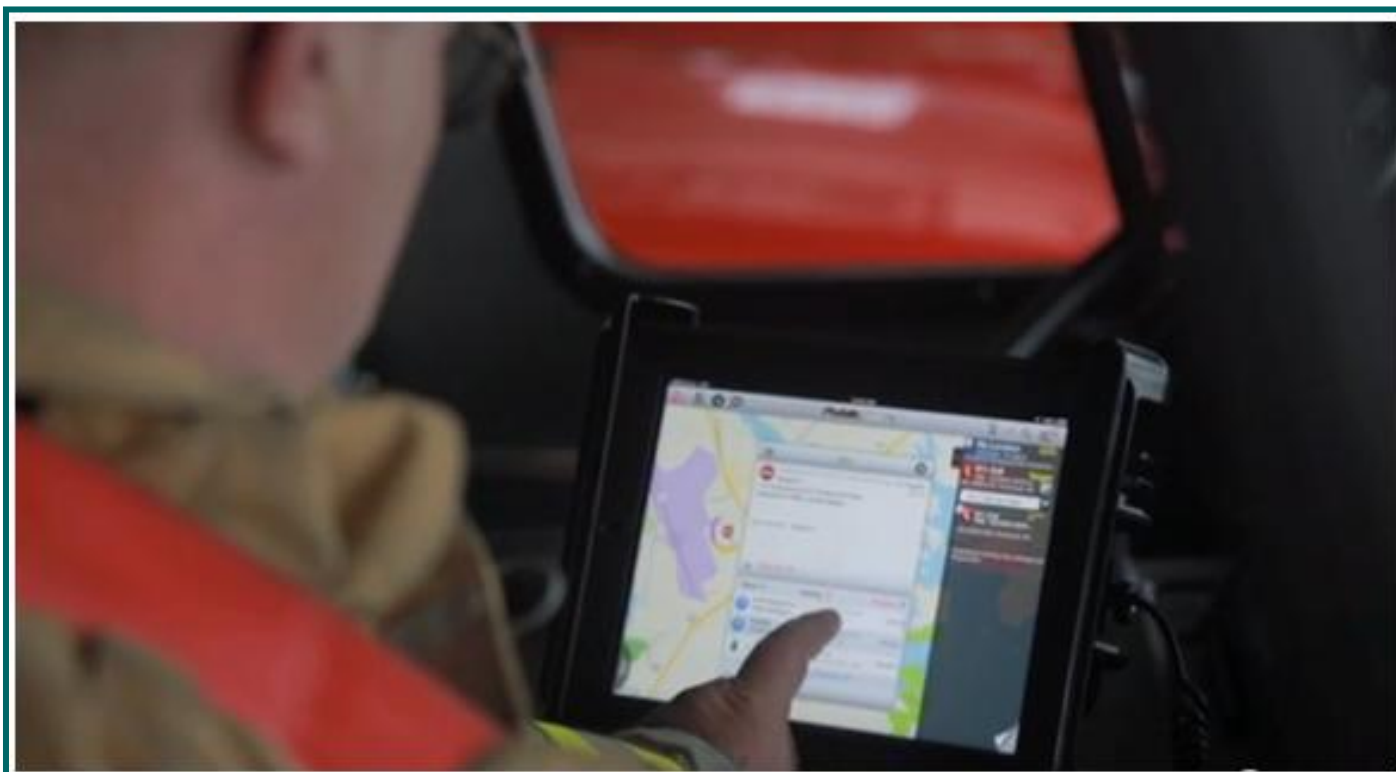


Gestione del rischio idrogeologico

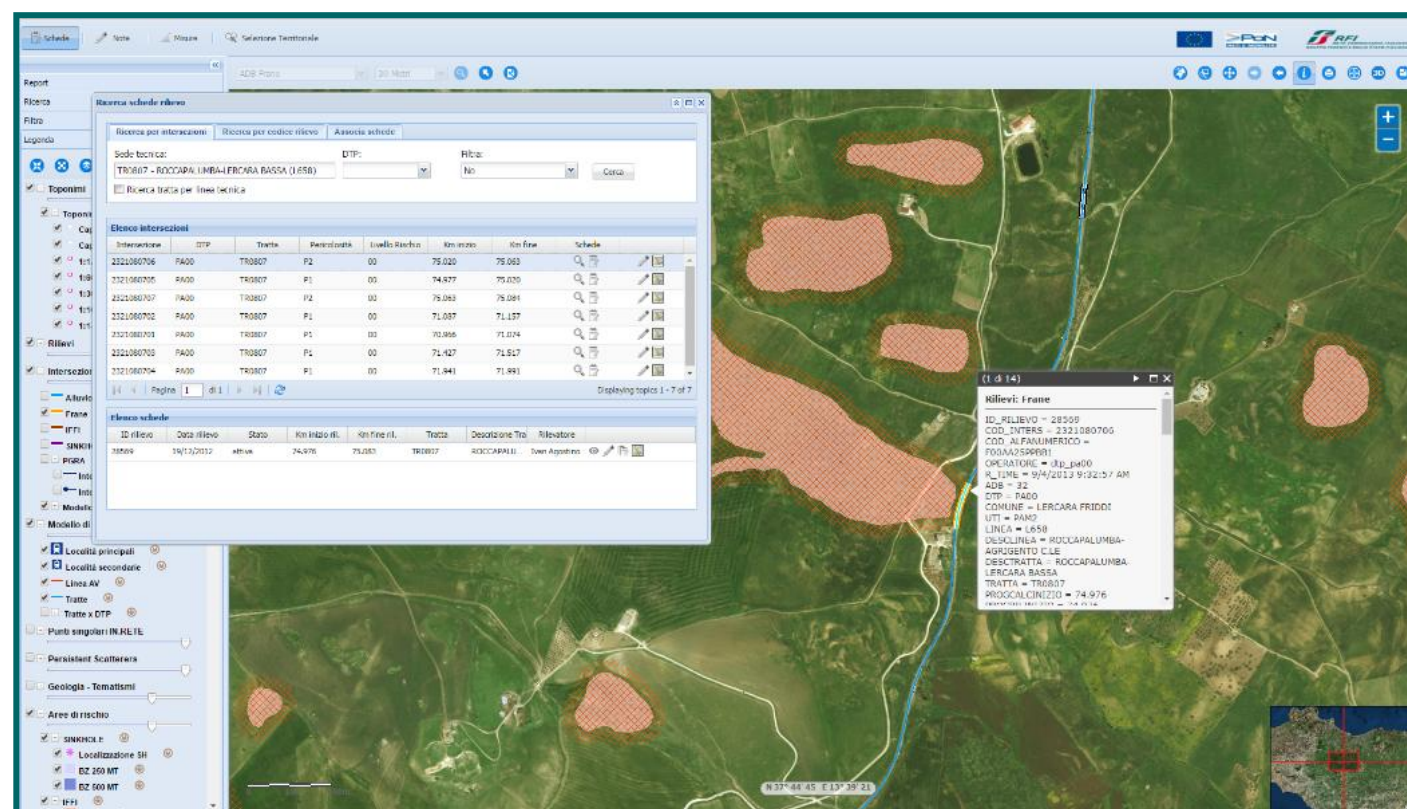
Verifiche di campo sulle tratte a rischio idrogeologico



TEMPO DIFFERITO



Le **VERIFICHE** di campo sono finalizzate alla validazione delle intersezioni ottenute. Per facilitare la gestione di queste verifiche è stata implementata una piattaforma Web-GIS denominata «Geologia & Idraulica» in cui sono raccolte informazioni specifiche sulla fenomenologia riscontrata.



Gestione del rischio idrogeologico

Graduatorie di priorità di intervento



TEMPO DIFFERITO

DEFINIZIONE delle **priorità d'intervento** mediante analisi di rischio tenuto conto della presenza di punti singolari, della velocità di evoluzione del fenomeno, dei livelli di pericolosità del fenomeno (definiti dalle AdB distrettuale) e dell'entità del danno (in dipendenza della velocità di esercizio e del numero dei treni, nonché della numerosità dei passeggeri)

FATTORI INCIDENTI L'ANALISI DI RISCHIO

Punti singolari

Velocità di evoluzione
del fenomeno

Tipologia treno

Pericolosità PAI-PGRA

Velocità di fiancata

ALLEGATO 4: ALLUVIONI - TABELLA

N°	DTP	CODICE TRATTA	DESCRIZIONE TRATTA	KM INIZIO	KM FINE	NUMERO SCHEDA	NUMERO INTERSEZIONE	CODICE DI PERICOLOSITÀ
1	RIC	TR001	PAOLA - S. LUCIDO M.	202.044	202.191	3225	119100126	1.2.0.07.04
2	RIC							
3	RIC							
4	RIC							
5	RIC							
6	RIC							
7	RIC							
8	RIC							
9	RIC							
10	RIC							
11	RIC							
12	RIC							
13	RIC							
14	RIC							
15	RIC							
16	RIC							
17	RIC							
18	RIC							
19	RIC							
20	RIC							
21	RIC							
22	RIC							
23	RIC							
24	RIC							
25	RIC							
26	RIC							
27	RIC							
28	RIC							
29	RIC							
30	RIC							
31	RIC							
32	RIC							
33	RIC							
34	RIC							
35	RIC							
36	RIC							
37	RIC							
38	RIC							
39	RIC							
40	RIC							
41	RIC							
42	RIC							
43	RIC							
44	RIC							
45	RIC							
46	RIC							
47	RIC							
48	RIC							

ALLEGATO 5: FRANE - TABELLA

N°	DTP	CODICE TRATTA	DESCRIZIONE TRATTA	KM INIZIO	KM FINE	NUMERO SCHEDA	NUMERO INTERSEZIONE	CODICE DI PERICOLOSITÀ
1	RIC	TR001	PAOLA - S. LUCIDO M.	202.044	202.191	3225	119100126	1.2.0.07.04
2	RIC							
3	RIC							
4	RIC							
5	RIC							
6	RIC							
7	RIC							
8	RIC							
9	RIC							
10	RIC							
11	RIC							
12	RIC							
13	RIC							
14	RIC							
15	RIC							
16	RIC							
17	RIC							
18	RIC							
19	RIC							
20	RIC							
21	RIC							
22	RIC							
23	RIC							
24	RIC							
25	RIC							
26	RIC							
27	RIC							
28	RIC							
29	RIC							
30	RIC							
31	RIC							
32	RIC							
33	RIC							
34	RIC							
35	RIC							
36	RIC							
37	RIC							
38	RIC							
39	RIC							
40	RIC							
41	RIC							
42	RIC							
43	RIC							
44	RIC							
45	RIC							
46	RIC							
47	RIC							
48	RIC							

17%

- Punti Singolari ricadenti in aree perimetrate

5%

- Punti Singolari non ricadenti su aree perimetrate

78%

- Tratti ricadenti in aree perimetrate NO Punto Singolare

Analisi tecnico scientifica del documento da esperto tecnico esterno (CERI – La Sapienza)

Revisione della linea guida per il recepimento delle osservazioni e successiva valutazione del VIS

Emissione della linea guida nel sistema SIGS per applicazione



Gestione del rischio idrogeologico

Miglioramento delle conoscenze- Verifiche di Compatibilità idraulica



TEMPO DIFFERITO

Piano di verifiche di compatibilità idraulica su ponti con luce > 6 metri, per adempiere agli obblighi a carico del gestore contenuti nelle Norme di Attuazione dei PAI.

I ponti devono essere sottoposti a verifica per l'obbligo previsto nelle Norme di Attuazione dei PAI, allo scopo di:

Verificare se il franco idraulico corrispondente alla portata di progetto (Tr 100/200 anni) è superiore al minimo previsto dalla norma vigente (NTC 2018)

Verificare la presenza di eventuali ulteriori criticità oltre al franco idraulico (es. vulnerabilità ai fenomeni alluvionali dei rilevati, fenomeni di rigurgito indotti dalla presenza dell'opera, potenziali fenomeni di erosione localizzata)

In presenza di inadeguatezze del ponte dal punto di vista idraulico, verranno installati idrometri a supporto delle attività di vigilanza in caso di allerta meteo

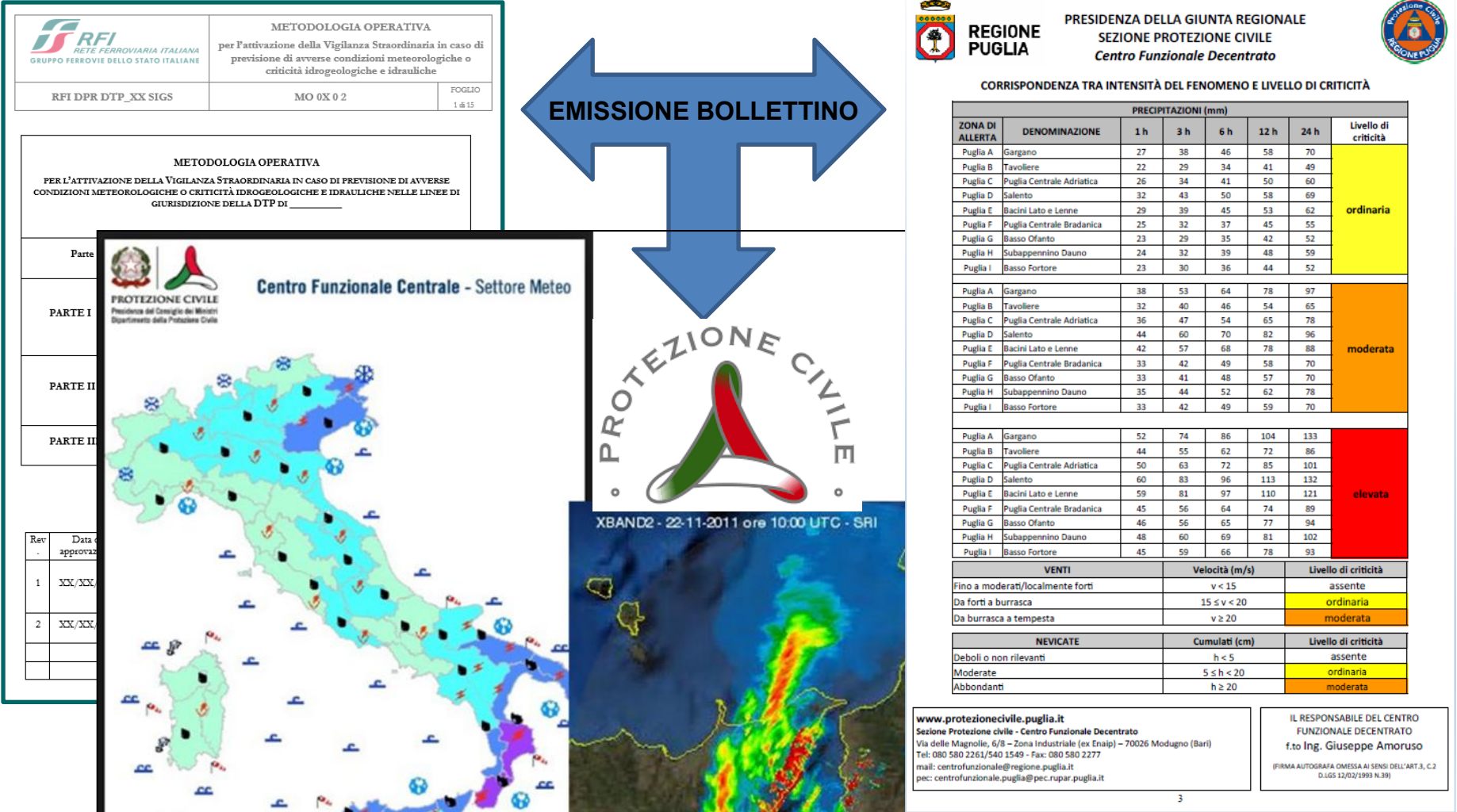


TEMPO REALE

Gestione del rischio idrogeologico

Gestione allerte meteo e attivazioni vigilanze straordinarie in caso di condizioni meteo avverse

Metodologie Operative per l'attivazione della vigilanza straordinaria dell'infrastruttura ferroviaria per avverse condizioni meteorologiche e criticità idrogeologiche o idrauliche



RECEPIMENTO

VALUTAZIONE

SALA OPERATIVA RFI

DISTRIBUZIONE
AL TERRITORIO

ATTIVAZIONE VIGILANZE STRAORDINARIE
SUI PUNTI DEFINITI IN METODOLOGIA COME
«SENSIBILI ALLE PROBLEMATICHE DI DISSESTO
IDROGEOLOGICO»





Gestione del rischio idrogeologico

Piattaforma SANF RFI



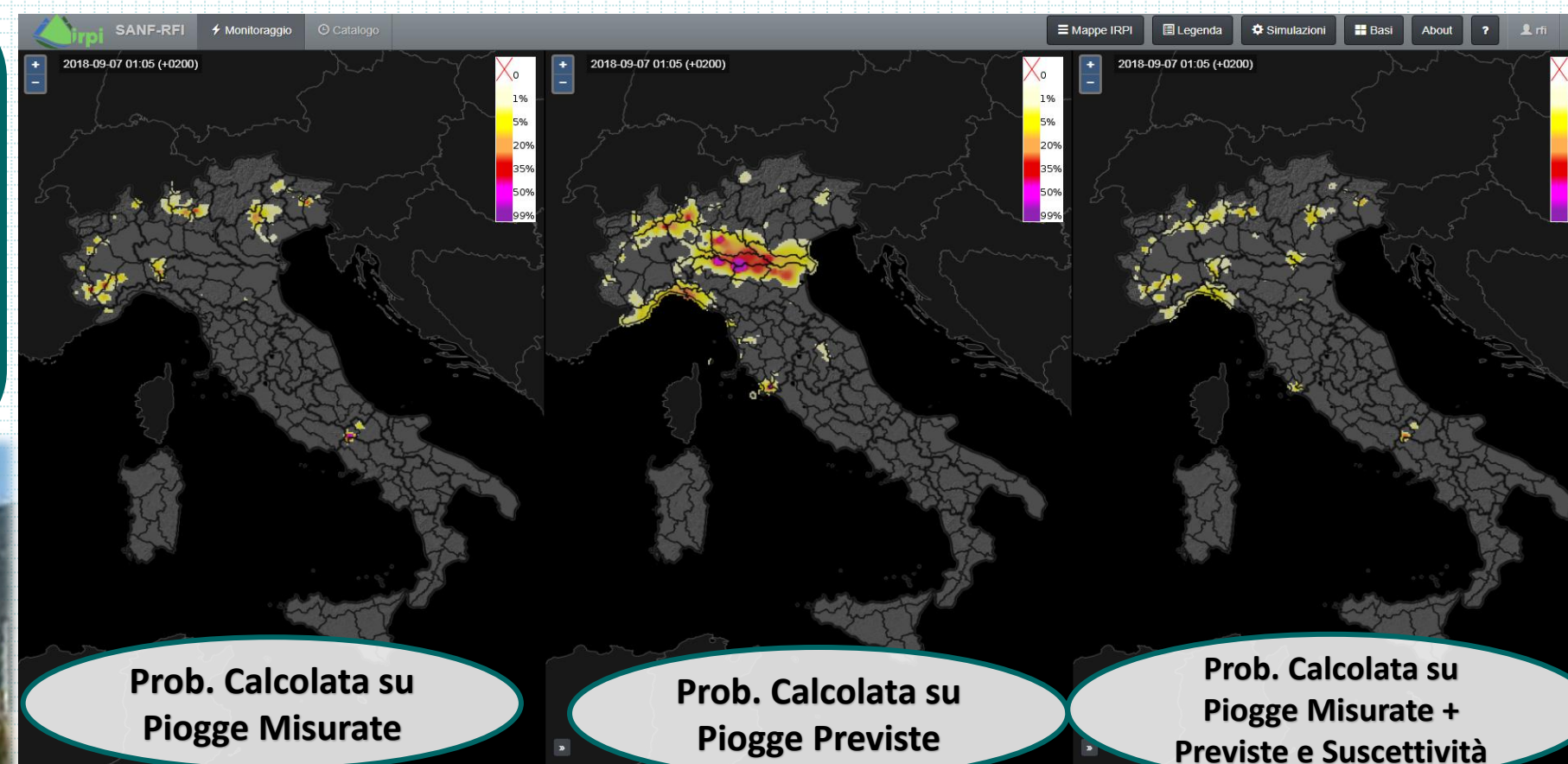
TEMPO REALE

Le attività di vigilanza straordinaria per i fenomeni franosi supportate da previsioni della probabilità di occorrenza di frane, rielaborate in funzione del territorio sul quale è inserita l'infrastruttura ferroviaria.

Sistema basato sul confronto tra dati di pioggia misurati dalla rete pluviometrica installata (raccolti nelle 96 ore precedenti) e le previsioni di pioggia (per le successive 48 ore) tenendo in considerazione le caratteristiche territoriali (morfologia, litologia, etc.) su cui è presente l'infrastruttura.



Progetto di implementazione rete pluviometrica dedicata all'infrastruttura ferroviaria



Analisi di rischio dinamica

Previsioni a cadenza semi-oraria della probabilità di occorrenza di frane, trasmesse in tempo reale alle Sale Operative e agli agenti incaricati della vigilanza straordinaria.

La probabilità di occorrenza di frana sarà associata alle tratte ferroviarie e classificata in livelli di criticità crescenti.



Gestione del rischio idrogeologico

Piattaforma RAMSES RFI

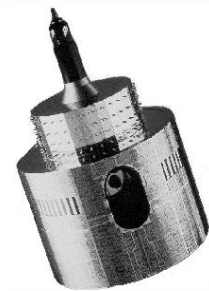


TEMPO REALE

NOWCASTING PER ALLERTA METEO PIATTAFORMA RAMSES (Railways Meteo Security System)

La piattaforma individua la formazione di celle temporalesche localizzate su piccoli bacini mediante l'analisi di immagini radar e pluviometri

Osservazioni dallo spazio - Lampinet (rete delle fulminazioni)



Meteo
AERONAUTICA

Osservazioni dati radar meteo

Z	Pr.	Km	Bacino	Attraver.	T=0	T=+1H	T=+3H	Evoluz.
M	15	138+784	Torrente_Coriglianetp_S_	PONTE_AD_IMFALCATO	L	L	M	→
M	18	142+865	Torrente_Grammisato	PONTE_AD_IMFALCATO	L	M	L	→
M	19	145+192	Fosso_del_Pantano	ARCO	L	M	L	→
M	16	139+641	Torrente_Gennarito	PONTE_AD_IMFALCATO	L	L	L	→
M	20	144+261	Fosso_Momena	PONTE_AD_IMFALCATO	M	M	M	→
M	21	146+039	Torrente_del_Fico	PONTE_AD_IMFALCATO	M	M	L	→
M	23	147+962	Torrente_Citra	PONTE_AD_IMFALCATO	M	L	M	→

Normale

Lieve

Elevato

Allarme

Estremo

P

 Pioggia

M

 Afflussi/deflussi

↑

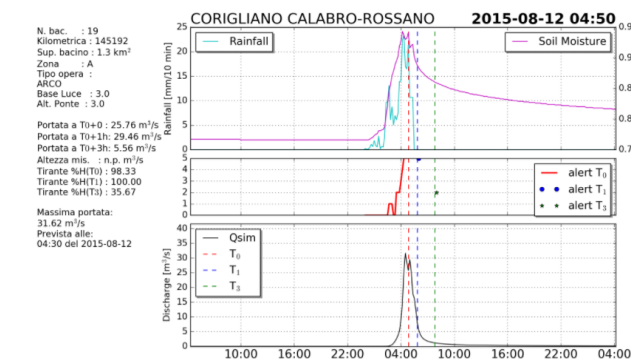
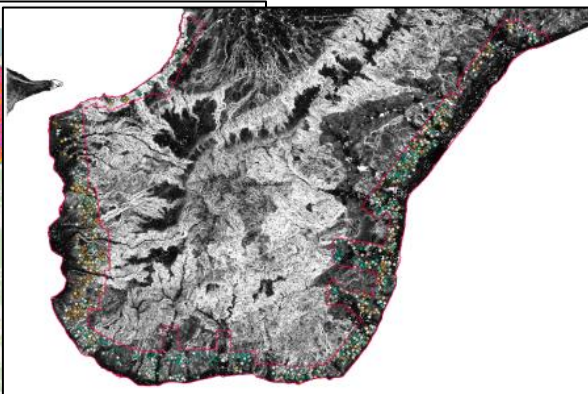
 Aumenta

↓

 Diminuisce

→

 Stabile



Modelli territoriali di frana e idraulici

Trasformazioni afflussi-deflussi. Calcolo portate critiche nelle sezioni di chiusura delle opere d'arte di RFI. Studio delle probabilità di innesco delle frane veloci.

Possibilità di gestione immediata dell'esercizio ferroviario in funzione dell'evoluzione del fenomeno temporalesco.

Mitigazione dei rischi naturali nelle infrastrutture ferroviarie



Gestione del rischio sismico



GESTIONE DEL RISCHIO SISMICO

STRATEGIA D'AZIONE



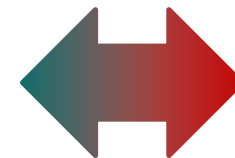
TEMPO DIFFERITO

STRATEGIE DI AZIONE



TEMPO REALE

STRATEGIE DI LIMITAZIONE
DEL PERICOLO E DELLA VULNERABILITÀ
NEL TEMPO DIFFERITO



STRATEGIE DI CONTENIMENTO DEGLI EFFETTI
NEL TEMPO REALE

VERIFICHE DI VULNERABILITÀ SISMICA
DELLE OPERE D'ARTE A SCALA NAZIONALE

DEFINIZIONE DELLE ZONE DI ALLERTA
A SEGUITO DI UN EVENTO SISMICO

INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO

IMPLEMENTAZIONE DI UN SISTEMA DI
EARLY WARNING SISMICO

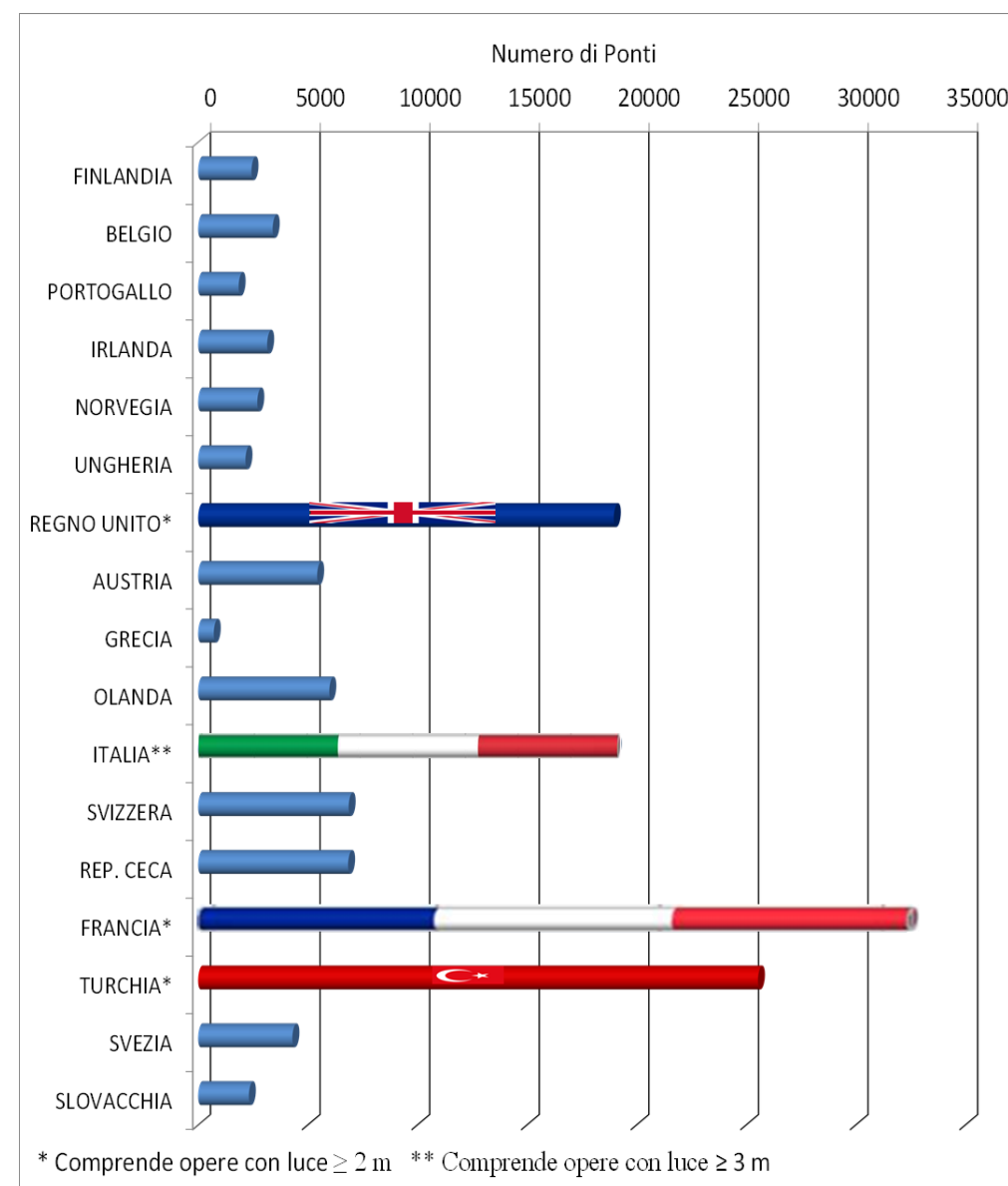
ISPEZIONE VISIVA E
SISTEMA DI MONITORAGGIO SU CONDIZIONE

INTEGRAZIONE DI ISPEZIONE VISIVA CON
SISTEMI DI MONITORAGGIO STRUMENTALI



GESTIONE DEL RISCHIO SISMICO

L'INFRASTRUTTURA FERROVIARIA - OPERE IN CIFRE



I *Ponti gestiti da RFI* costituiscono uno tra i patrimoni di gran lunga più cospicuo tra tutte le *nazioni europee*



In circa **17'000** km di rete ferroviaria gestita da RFI sono presenti:



Viadotti
n° **1.575**

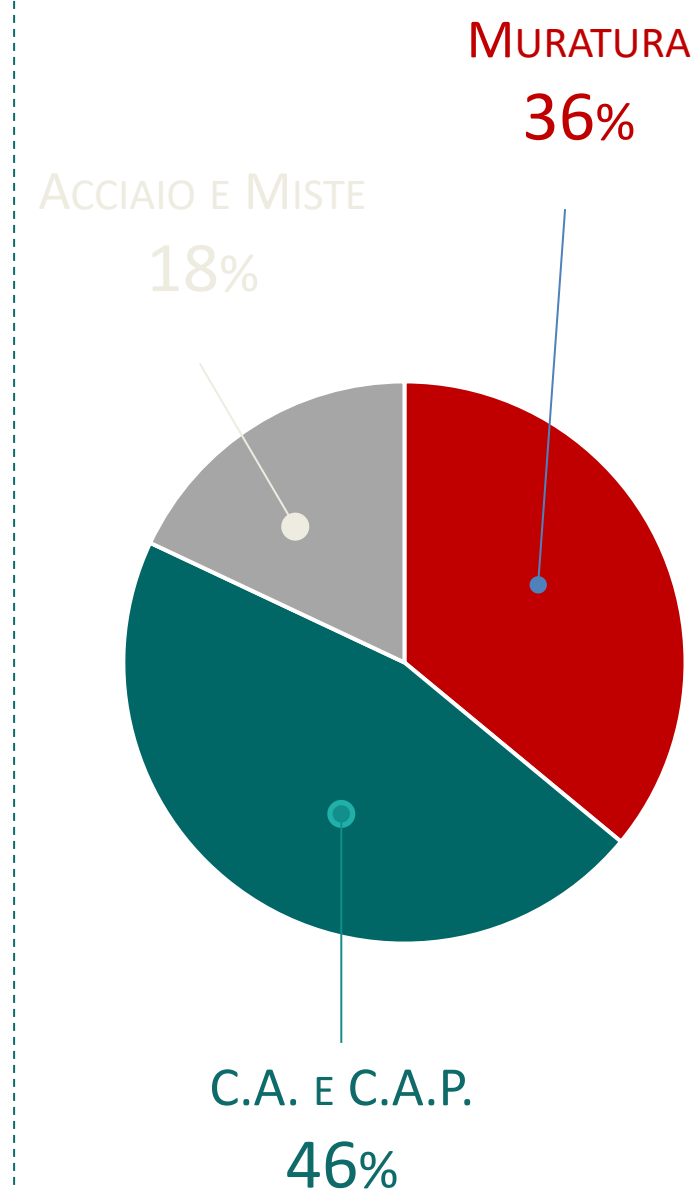
circa **19.000** ponti
con Luce > 3 m
circa 570 km di linea

Ponti
n° **8.085**



Sottovia
n° **10.162**

MATERIALI





GESTIONE DEL RISCHIO SISMICO

VERIFICHE SISMICHE SU OPERE D'ARTE E FABBRICATI

O.P.C.M. 3274 - 20/03/2003

primi elementi in materia di *criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale* e di *normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*



Art. 3

È fatto obbligo di procedere a verifica, da effettuarsi a cura dei rispettivi proprietari, ai sensi delle norme di cui ai suddetti allegati, sia degli edifici di interesse strategico e delle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile, sia degli edifici e delle opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso.



TEMPO DIFFERITO

INDIVIDUAZIONE delle OPERE da sottoporre a **VULNERABILITÀ SISMICA**

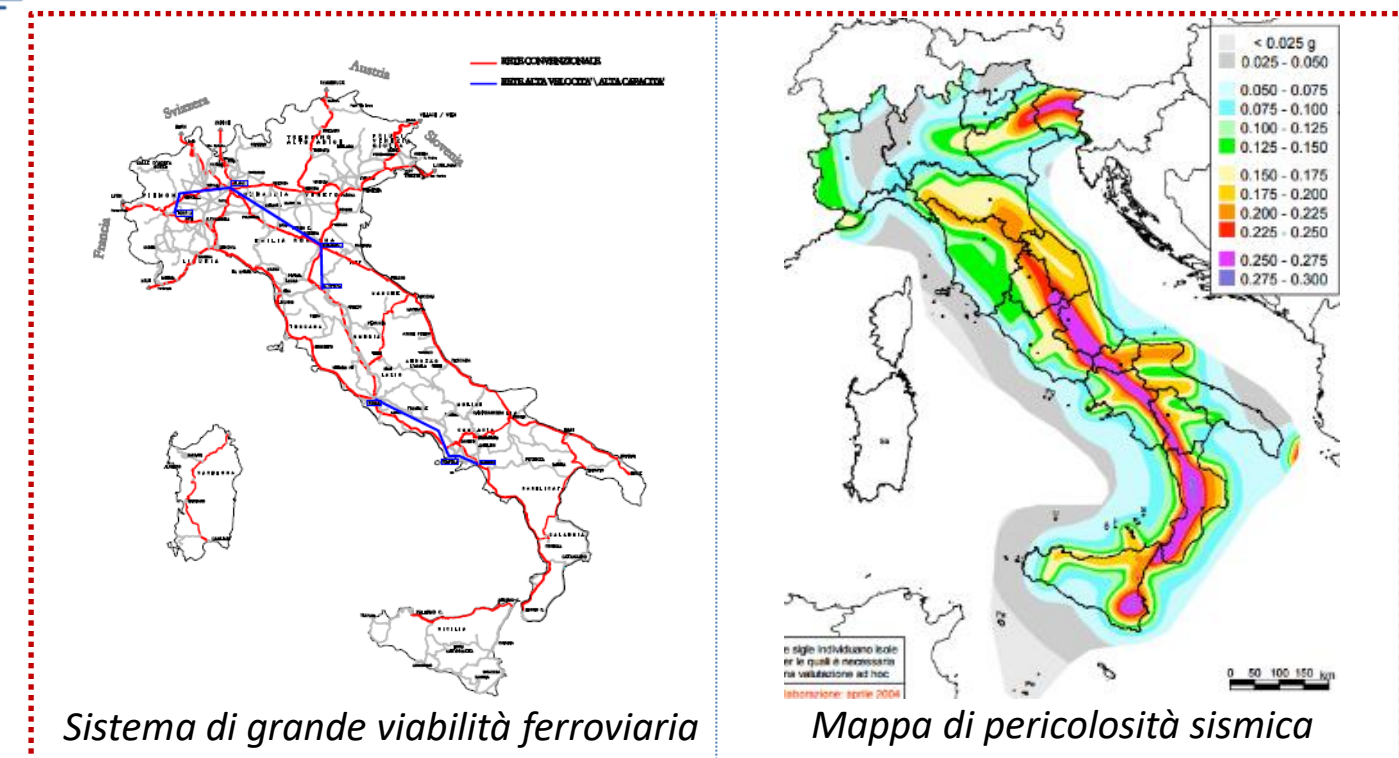


5'600 ponti

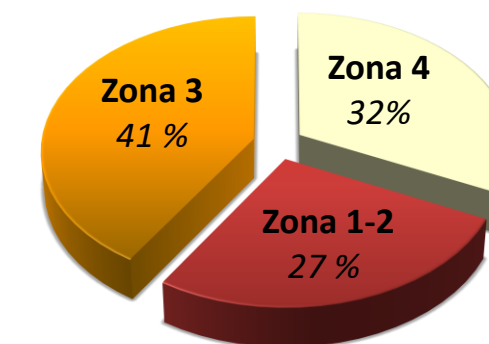


1'000 fabbricati

del sistema di grande viabilità ferroviaria



Distribuzione delle opere nelle zone* sismiche definite dalla OPCM 3274

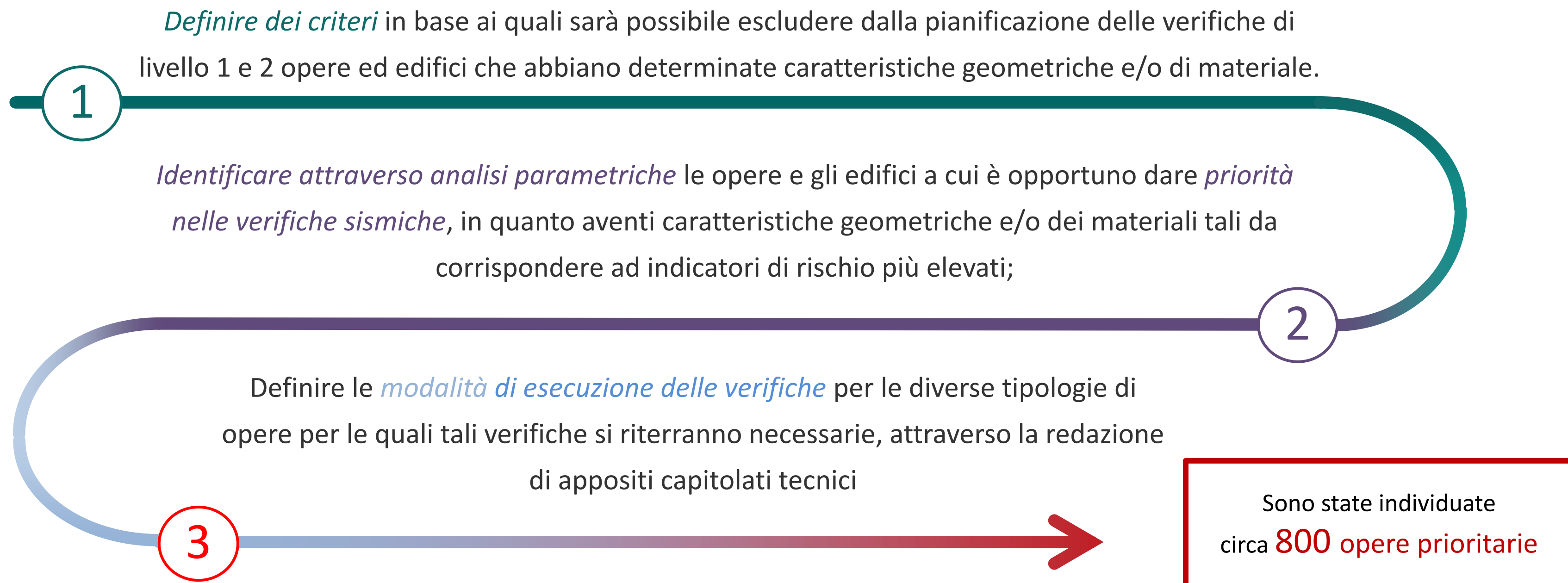


*Sebbene siano state sostituite dalla mappa di pericolosità dell'INGV, tali zone costituiscono ancora un riferimento ai fini della pianificazione dell'attività di verifica sismica.



INDIVIDUAZIONE DELLE GRADUATORIE DI PRIORITÀ

E' stata data priorità a tutte le opere progettate ante 1984 ubicate in zona sismica di **1^a e 2^a categoria** (Ordinanza 3274/2003) e, tra queste, alle tipologie di opere individuate come **più vulnerabili**. In considerazione del notevole numero di edifici ed opere d'arte ricadenti nelle **zone sismiche 1 e 2** da sottoporre a verifica sismica, è stata attivata nell'anno 2011 una consulenza con il **Consorzio Interuniversitario ReLUIS** con i seguenti obiettivi.





GESTIONE DEL RISCHIO SISMICO

VERIFICHE SISMICHE SU OPERE D'ARTE E FABBRICATI

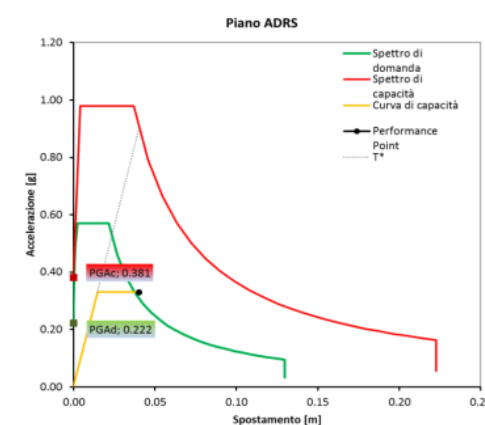
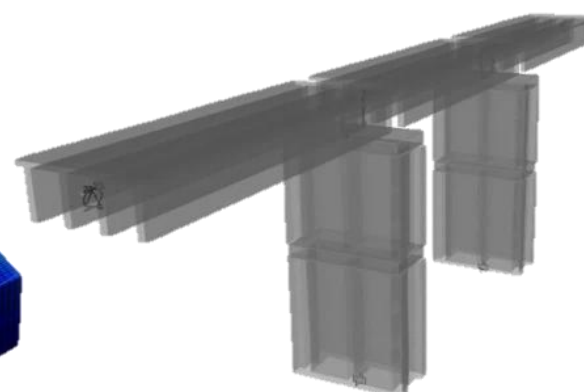
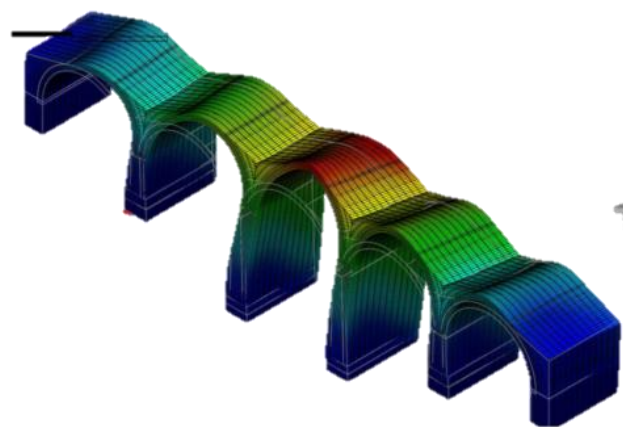


TEMPO DIFFERITO

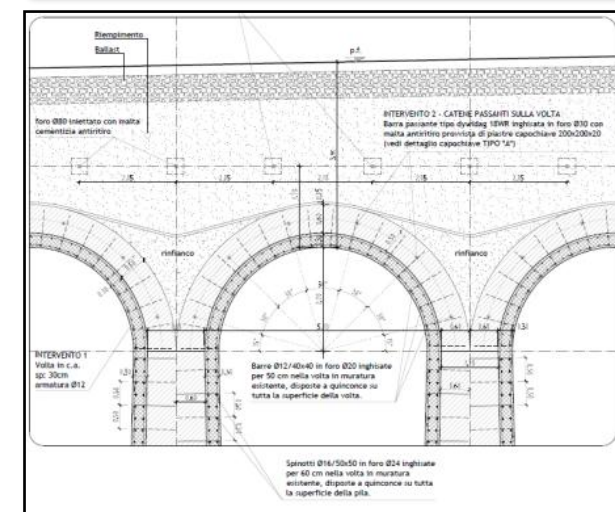
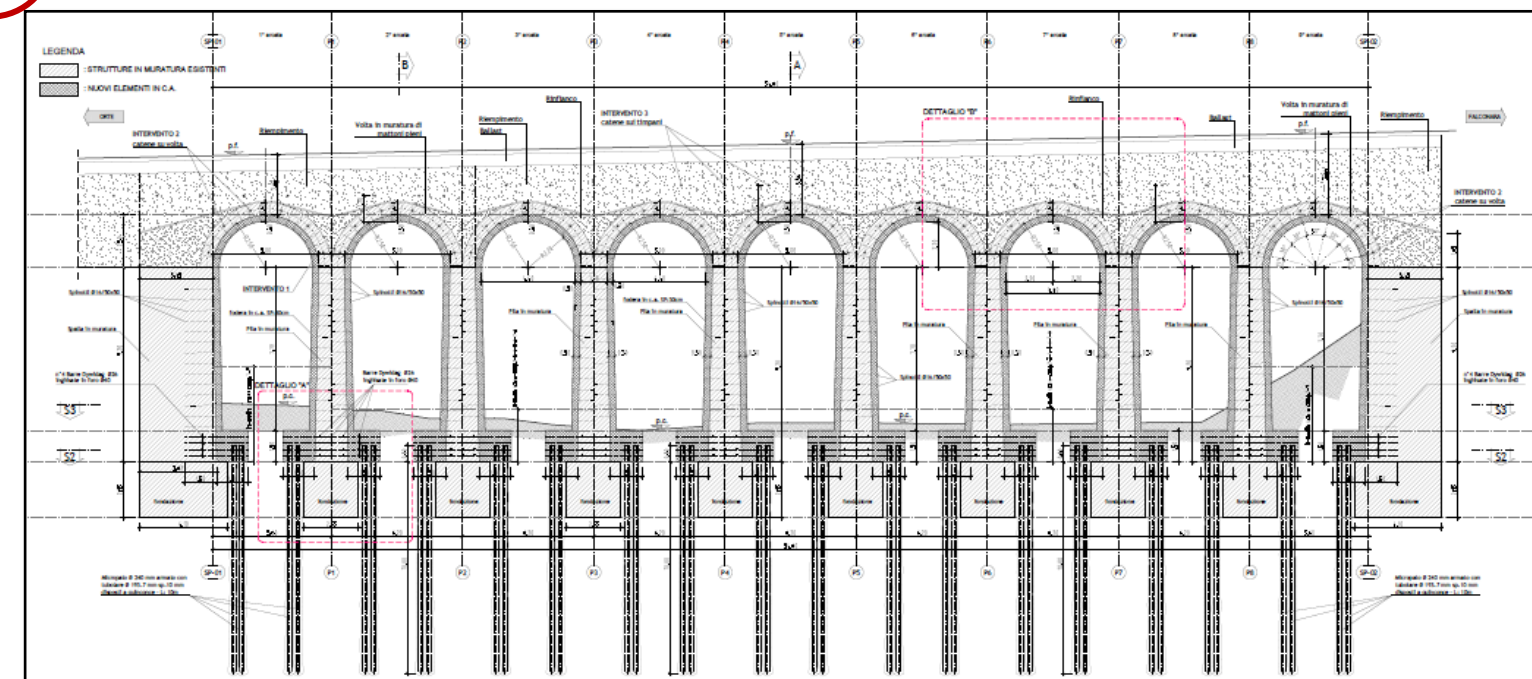
1 ATTIVITA' di INDAGINE e RILIEVO



2 VERIFICHE di VULNERABILITA' SISMICA



3 PROGETTI DEFINITIVI di MIGLIORAMENTO SISMICO



Interventi progettati per resistere ad un terremoto che si verifica **ogni 700 anni** secondo NTC 2018

Vita nominale opere* = **50 anni**

Coefficiente d'uso* = **1.5**

PERIODO DI RIFERIMENTO

$V_R = 50 \times 1.5 = \mathbf{75 \text{ anni}}$

*Manuale di progettazione opere civili RFI
DTC SI MA IFS 001



GLI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO



Micropali di fondazione



Centinatura dell'arco



Fodera in c.a. su spalle pile e arco



Impermeabilizzazione





GESTIONE DEL RISCHIO SISMICO

SISTEMI DI MONITORAGGIO DEI PONTI – VALUTAZIONE DELLO STATO DI CONSERVAZIONE DELLE OPERE

Strategia di Azione Attuale

ISPEZIONE VISIVA

secondo procedure e in caso di eventi eccezionali (sisma)



Sistema di monitoraggio su condizione
opere con caratteristiche strutturali particolari
opere con stato di conservazione particolare

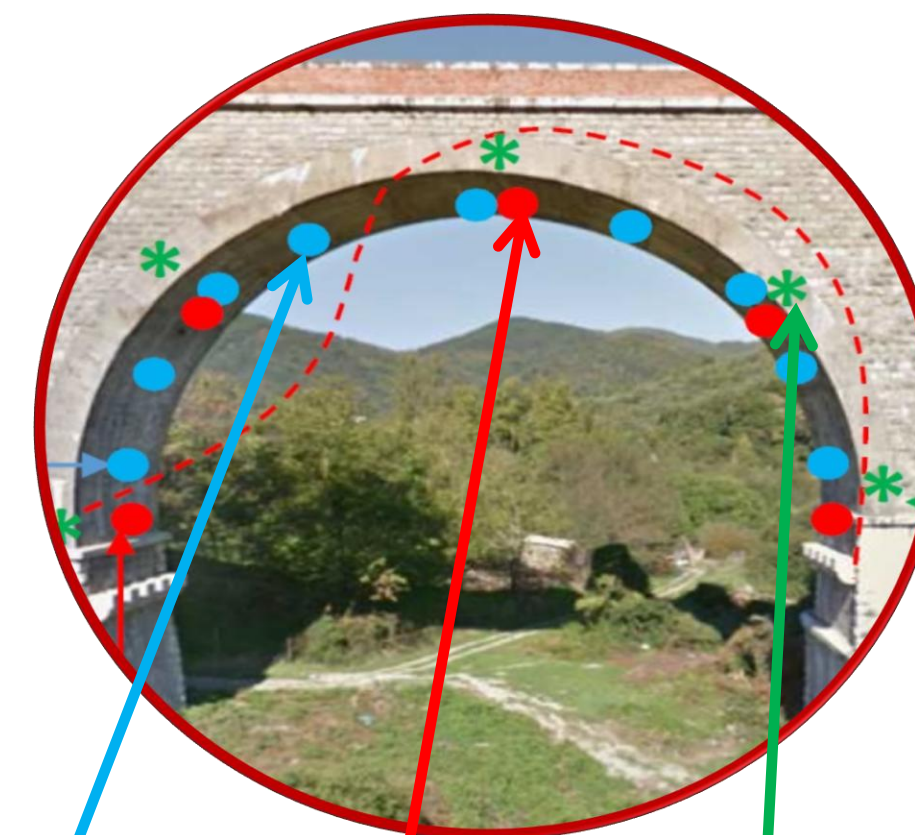
Innovazione

Integrazione dell'ispezione visiva
con Sistemi di Monitoraggio su logiche IoT

ISPEZIONE VISIVA



DRONI



Inclinometri



Accelerometri



*Sensori di
deformazione*



GESTIONE DEL RISCHIO SISMICO

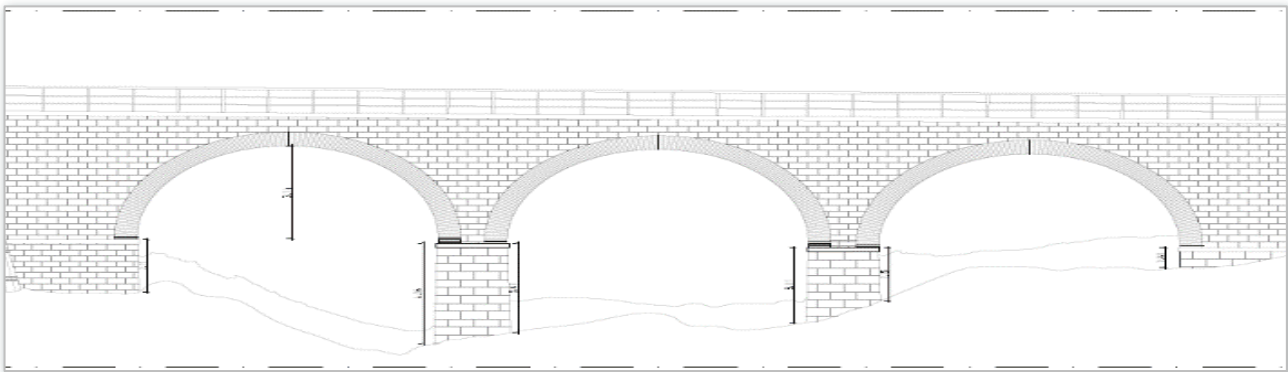
DRONI E SOFTWARE PER IL RICONOSCIMENTO AUTOMATICO DEL DIFETTO

L'utilizzo dei droni consente il rilievo 3D misurabile ed interfacciabile

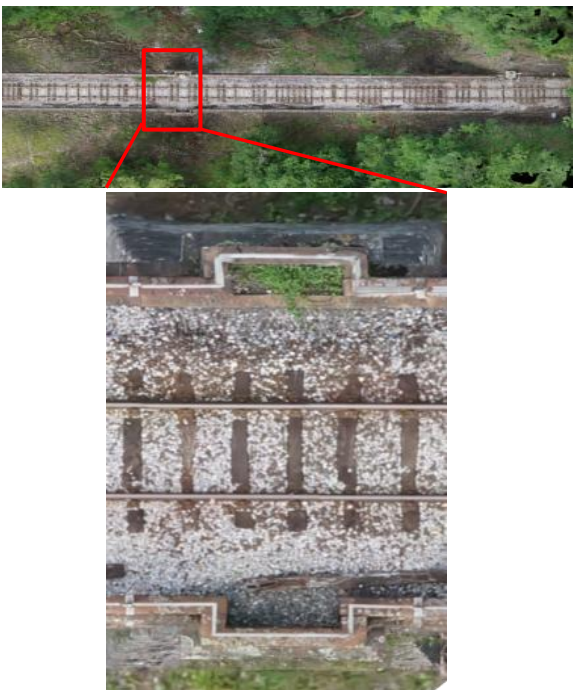
MODELLO 3D FOTOGRAFICO MISURABILE



RILIEVO GEOMETRICO (PIANTE, PROSPETTI E SEZIONI)

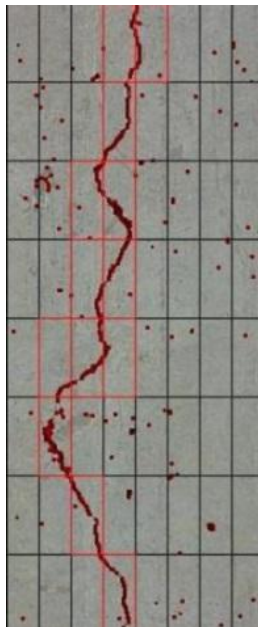
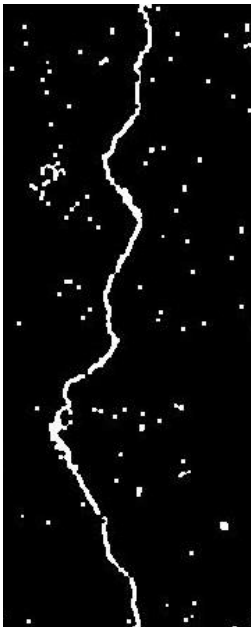
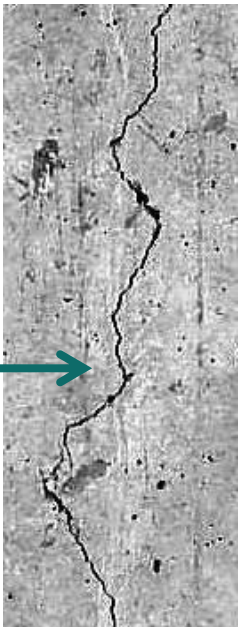
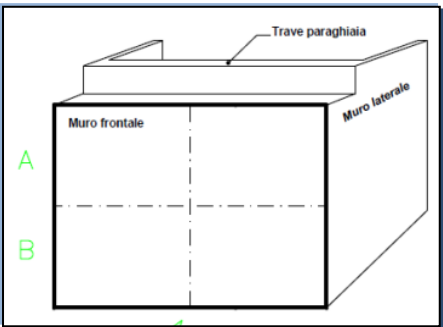
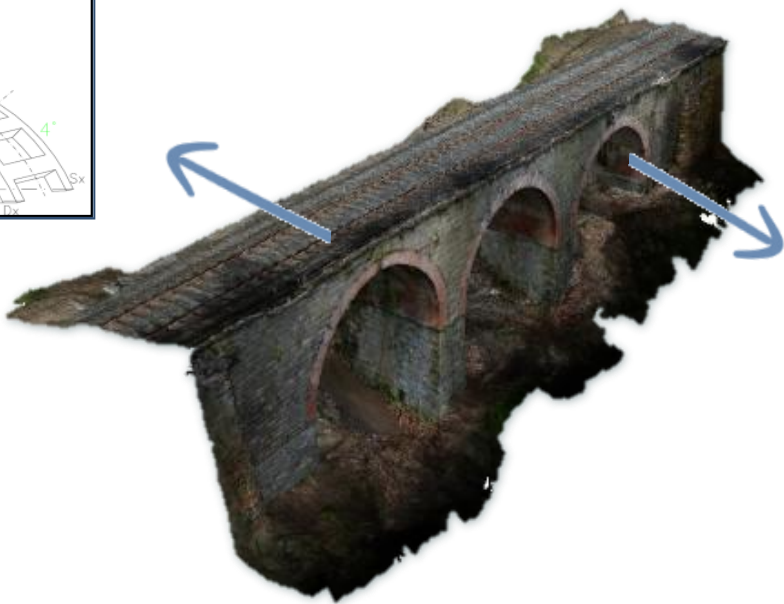
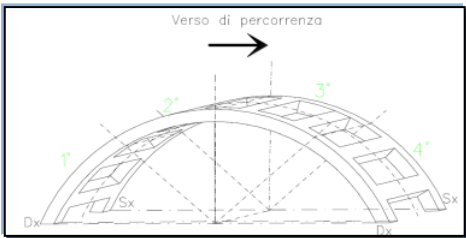


MATERIALE FOTOGRAFICO CATALOGATO SECONDO ANAGRAFICA DOMUS



Software di gestione e catalogazione automatica dei difetti

Sviluppo di algoritmi di machine learning e di pesatura dei difetti



05/04/2019



GESTIONE DEL RISCHIO SISMICO

SISTEMI DI MONITORAGGIO DEI PONTI - GESTIONE DELL'EMERGENZA SISMICA

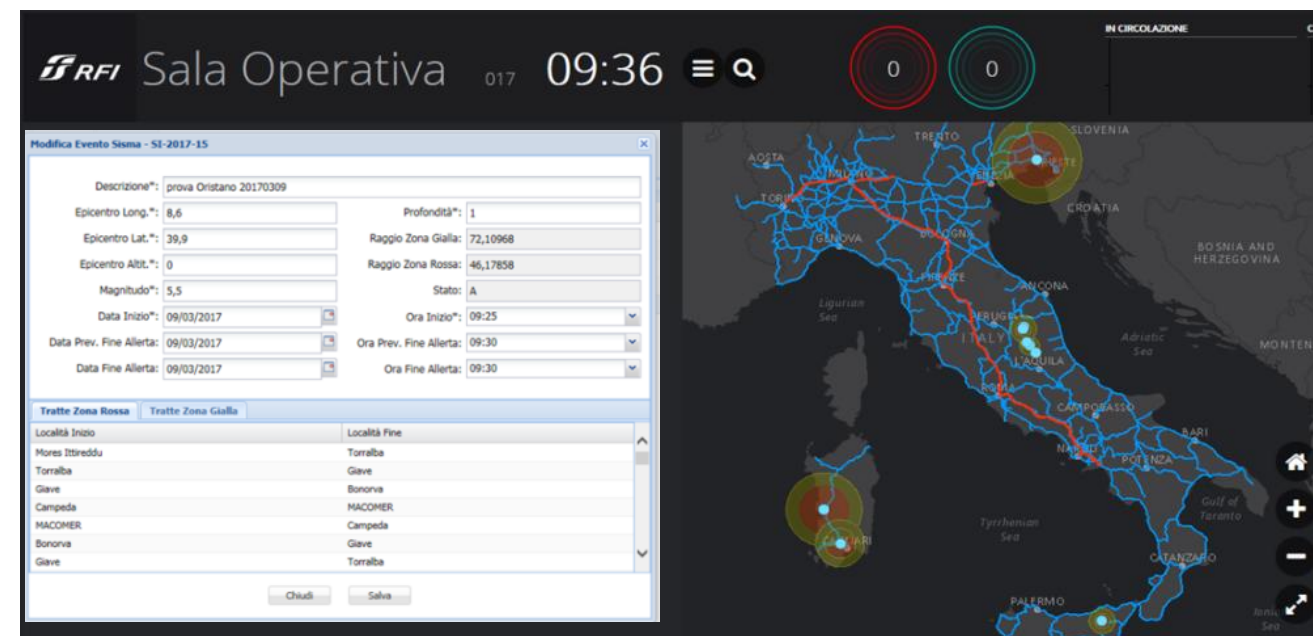
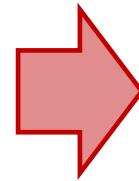


TEMPO REALE

- E' stato implementato un applicativo basato sull'utilizzo di una *relazione di attenuazione* (GMPE) tra quelle adottate per la redazione delle *mappe di pericolosità sismica* del territorio italiano redatta dall'INGV;
- Il sistema è stato upgradato attraverso l'utilizzo di *mappe di scuotimento* e *mappe di scenario di danno*

La *Sala Operativa* riceve dati di input sull'evento sismico da parte di DPC (*mail entro 2 minuti dall'evento*):

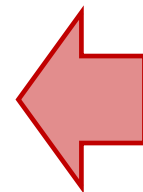
- Coordinate epicentrali
- Magnitudo



L' Applicativo genera la *mappa della zona interessata dal sisma*



Visite straordinarie sulle opere d'arte per accertarne lo stato di efficienza

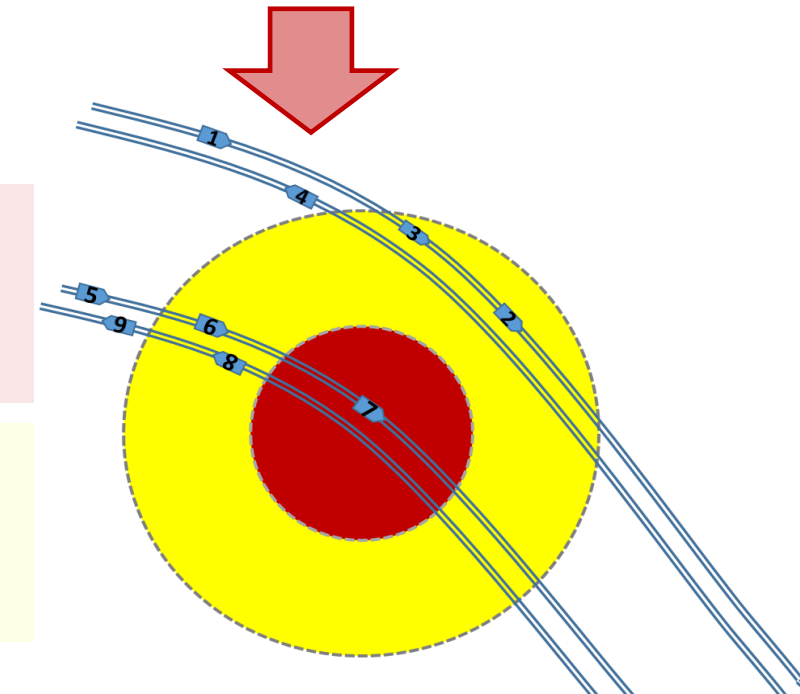


ZONA ROSSA

Più prossima all'epicentro e potenzialmente interessata da livelli di scuotimento elevati tali da richiedere la sospensione della circolazione

ZONA GIALLA

Potenzialmente interessata da livelli di scuotimento moderati dove la circolazione viene rallentata.





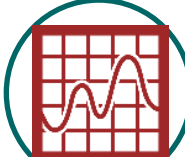
GESTIONE DEL RISCHIO SISMICO

SISTEMI DI MONITORAGGIO DEI PONTI - GESTIONE DELL'EMERGENZA SISMICA

IMPLEMENTAZIONE DI UN SISTEMA DI EARLY WARNING SISMICO

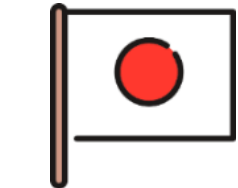
PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

 Stazioni accelerometriche di RFI installate lungo linea collegate da un sistema di comunicazione su fibra ottica dedicata

 Stima l'intensità di un terremoto a partire dai primi secondi registrati dalle stazioni più prossime all'epicentro

 In alcuni secondi avvia la *frenatura di emergenza* per ridurre la velocità di marcia prima che lo scuotimento pericoloso raggiunga i treni.

 Sistemi di EEW sono presenti ed in corso di sviluppo in:



Giappone



California



Messico



Cina

**IN SERVIZIO DAL 2025 LINEA
ALTA VELOCITÀ ROMA -
NAPOLI**



COOPERAZIONE INTERNAZIONALE



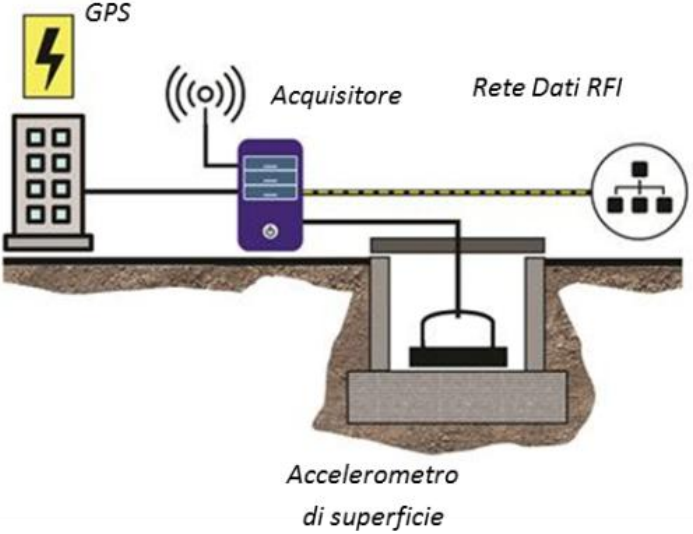
UNIVERSITÀ DEGLI
STUDI DI NAPOLI
FEDERICO II



TEMPO REALE

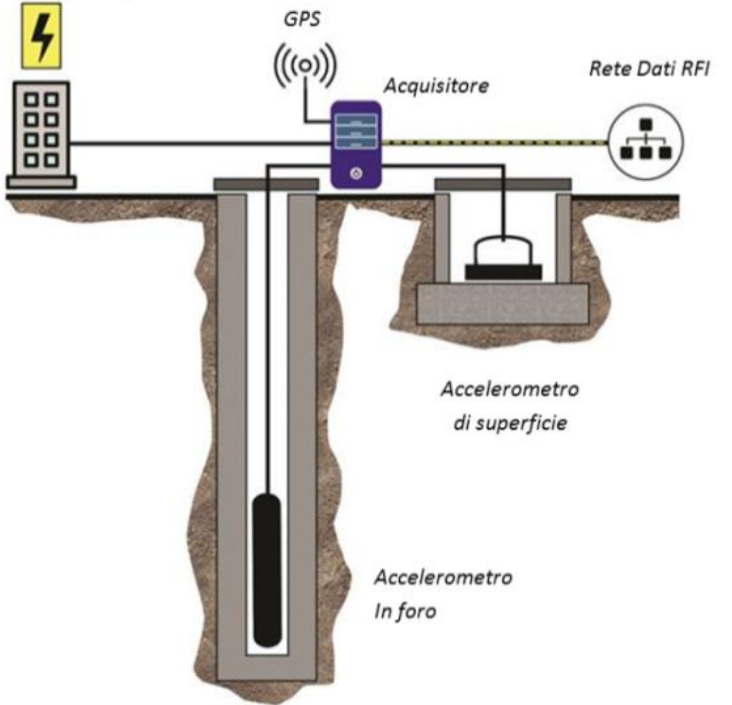
STAZIONE TIPO A

- Centralina di acquisizione 3 canali;
- Accelerometro a 3 componenti installato in un pozzetto dedicato;
- Antenna GPS per il timing



STAZIONE TIPO B

- Centralina di acquisizione 6 canali;
- Accelerometro a 3 componenti installato in un pozzetto dedicato;
- Accelerometro a 3 componenti installato in foro a 20 m di profondità;
- Antenna GPS per il timing



Mitigazione dei rischi naturali nelle infrastrutture ferroviarie



GRAZIE PER L'ATTENZIONE