



DISSESTO

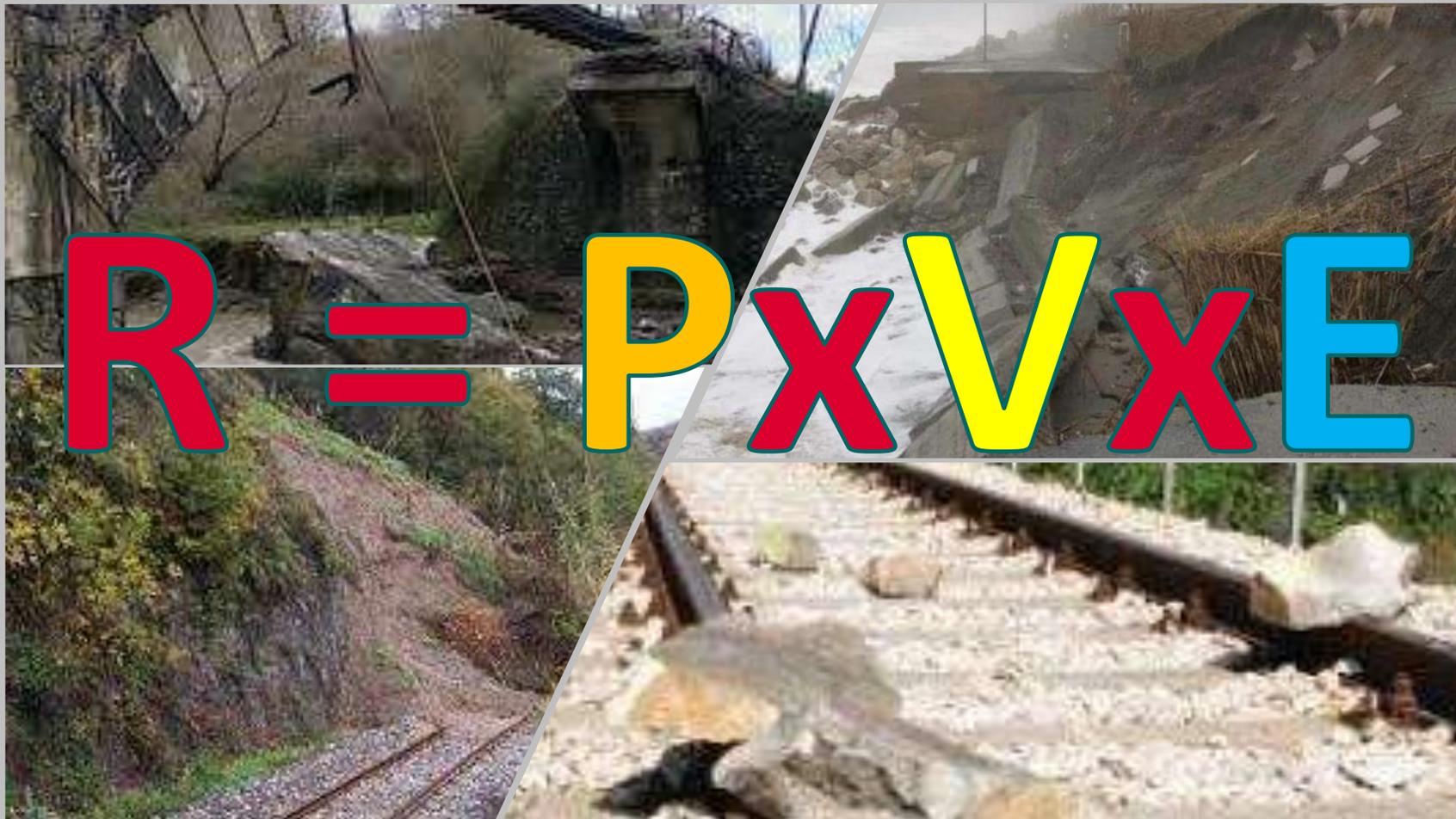
SOPRALLUOGHI

RILIEVI

INDAGINI

PROGETTAZIONE

ANALISI  
RISCHIO



# INTERVENTI DI PROTEZIONE DELLA SEDE FERROVIARIA DA FENOMENI DI DISSESTO IDROGEOLOGICO

- VALUTAZIONE SPEDITIVA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO

$$R = P \times (V \times E) = P \times D$$

R = Rischio  
 P = Pericolosità  
 V = Vulnerabilità  
 E = Esposizione  
 D = Danno

- Valutazione qualitativa della **Pericolosità (P)**

Schede di sopralluogo per valutazione speditiva della Pericolosità	
Fattori Predisponenti	Fattori Innescanti
Pendenza Litologia Uso del suolo Ecc.	Precipitazioni Trasporto solido Sismicità Ecc.

- Valutazione qualitativa del **Danno** atteso.

# INTERVENTI DI PROTEZIONE DELLA SEDE FERROVIARIA DA FENOMENI DI DISSESTO IDROGEOLOGICO



## VALUTAZIONE DEL RISCHIO (R = PxD)

RISCHIO		DANNO			
		D4	D3	D2	D1
PERICOLOSITÀ	P4	Elevatissimo	Elevatissimo	Elevato	Medio
	P3	Elevatissimo	Elevato	Elevato	Medio
	P2	Elevato	Elevato	Medio	Basso
	P1	Medio	Medio	Basso	Basso

# INTERVENTI DI PROTEZIONE DELLA SEDE FERROVIARIA DA FENOMENI DI DISSESTO IDROGEOLOGICO



## VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA

Valutazione dei fattori predisponenti		
Fattore predisponente	Caratteristica	Note
Litologia substrato	Ammasso roccioso - Intensamente fratturato	<i>Calcari - tettonizzati</i>
Litologia coperture	Limo	<i>Copertura di tipo eluvio-colluviale</i>
Giacitura degli strati	Reggipoggio	<i>150°/30°</i>
Esposizione del versante	S-E	
Pendenza del versante	40-60	
Interferenza con la falda	SI	<i>Falda a 3,0 m dal pc</i>
Copertura vegetale	Sfavorevole	<i>Radici innestate nel corpo di frana - Arbusti</i>
Alterazione fisica	SI	<i>Crioclastismo</i>
Alterazione chimica	SI	<i>Carsismo</i>

Valutazione dei fattori innescanti		
Fattore innescante	Caratteristica	Note
Regime pluviometrico	Moderato	
Fenomeni erosivi	Intenso	<i>Erosione superficiale accelerata</i>
Sismicità	Zona 3 - Bassa	<i><math>a_g = 0.08g</math> - Terreno B - Topografia T2</i>
Attività antropica	SI	<i>Recente disboscamento del versante</i>

### Pericolosità

P4	Altissima	Frane attive da estremamente rapide a rapide, con elevati volumi coinvolti.
P3	Alta	Frane attive o con indizi di riattivazione, rapide o molto rapide, con discrete quantità di volumi coinvolti.
P2	Media	Frane con velocità lenta o moderata, in stato di attività quiescente, con piccola quantità di volumi coinvolti.
P1	Bassa	Frane lente o estremamente lente, in stato di attività inattivo, coinvolgenti piccole quantità di materiale.

# INTERVENTI DI PROTEZIONE DELLA SEDE FERROVIARIA DA FENOMENI DI DISSESTO IDROGEOLOGICO

## VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DA DISSESTO IDRAULICO

Fattore predisponente	Caratteristica
Tipologia del materiale Sponde	Terreno sabbioso
Stato sponde	buone condizioni
Manufatti o opere mitigazione	funzionali ma non efficienti
Erosione	sponde e alveo in erosione
Trasporto solido	medio - presenza depositi
Granulometria del materiale in alveo	Sabbia
Pendenza dell'alveo	Media
Morfologia del bacino	A Media Pendenza
Copertura prevalente del bacino	giardini prati e zone non edificate
Permeabilità del bacino	media permeabilità
Alterazione antropica della fascia di pertinenza fluviale	NO
Presenza di vegetazione in alveo e/o lungo le sponde	FAVOREVOLE
Interferenza della Fauna Locale	NO
Valutazione dei fattori predisponenti	<b>Media</b>

Intensità Evento Meteorico		Durata Evento Meteorico [ore]				
		1	3	6	12	24
Tempo di Ritorno Evento Meteorico [anni]	10	Bassa	Moderata	Moderata	Media	Media
	50	Moderata	Moderata	Media	Media	Media
	100	Moderata	Media	Media	Media	Elevata
	200	Media	Media	Media	Elevata	Elevata
	500	Media	Media	Elevata	Elevata	Elevatissima

Pericolosità Idraulica		Intensità Evento Meteorico I = T*D [mm/ore]				
		Bassa	Moderata	Media	Elevata	Elevatissima
Condizione di deflusso del Bacino	Bassa	Bassa	Moderata	Moderata	Media	Media
	Moderata	Moderata	Moderata	Media	Media	Media
	Media	Moderata	Media	Media	Media	Elevata
	Elevata	Media	Media	Media	Elevata	Elevata
	Elevatissima	Media	Media	Elevata	Elevata	Elevatissima

Pericolosità fenomeno di dissesto idraulico		Pericolosità idraulica				
		Bassa	Moderata	Media	Elevata	Elevatissima
Pericolosità fattori predisponenti	Bassa	Bassa	Moderata	Moderata	Media	Media
	Moderata	Moderata	Moderata	Media	Media	Media
	Media	Moderata	Media	Media	Media	Elevata
	Elevata	Media	Media	Media	Elevata	Elevata
	Elevatissima	Media	Media	Elevata	Elevata	Elevatissima

# INTERVENTI DI PROTEZIONE DELLA SEDE FERROVIARIA DA FENOMENI DI DISSESTO IDROGEOLOGICO

## VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DA EROSIONE COSTIERA

Valutazione dei fattori predisponenti	
Fattore predisponente	Caratteristica
Morfotipo costiero	Terreno sabbioso
Morfologia spiaggia sommersa	media pendenza
Estensione spiaggia emersa	medio sviluppo
Delimitazione costa	dune
Stato delimitazione	discreto da mantenere o sistemare
Esposizione	riparata
Stato di Equilibrio	equilibrio erosione e accumulo
Caratteristiche sedimentologiche materiale apportato	sabbia
Presenza manufatti che limitano l'apporto di materiale solido dalla foce	opere presenti con afflusso di materiale solido mediamente limitato
Manufatti o Opere di Mitigazione esistenti	funzionali ma non efficienti
Valutazione dei fattori predisponenti	<b>Media</b>

Valutazione dei fattori innescanti a lungo termine	
Fattore innescante	Caratteristica
Trasporto solido fluviale	discreto
Trasporto solido litoraneo	discreto
Subsidenza	discreta
Innalzamento livello del mare (fattori climatici)	non significativo
Valutazione dei fattori innescanti lungo termine	<b>Media</b>

Valutazione dei fattori innescanti a breve termine	
Fattore innescante	Caratteristiche
Venti	fetch medio - presenza venti significativi
Regime del moto ondoso (onde di largo e sotto costa)	altezza significativa media
Correnti long-shore e cross-shore	medie
Maree	media intensità - ricoprono una buona parte della costa
Valutazione dei fattori innescanti a breve termine	<b>Media</b>

Pericolosità Fenomeno Erosione Costiera	Pericolosità Innesco Erosione Costiera					
	Bassa	Moderata	Media	Elevata	Elevatissima	
Pericolosità da Fattori Predisponenti	Bassa	Bassa	Moderata	Moderata	Media	Media
	Moderata	Moderata	Moderata	Media	Media	Media
	Media	Moderata	Media	Media	Media	Elevata
	Elevata	Media	Media	Media	Elevata	Elevata
	Elevatissima	Media	Media	Elevata	Elevata	Elevatissima

Pericolosità Innesco Erosione Costiera	Fattori Innescanti a Breve Termine					
	Bassa	Moderata	Media	Elevata	Elevatissima	
Fattori Innescanti a Lungo Termine	Bassa	Bassa	Moderata	Moderata	Media	Media
	Moderata	Moderata	Moderata	Media	Media	Media
	Media	Moderata	Media	Media	Media	Elevata
	Elevata	Media	Media	Media	Elevata	Elevata
	Elevatissima	Media	Media	Elevata	Elevata	Elevatissima

# INTERVENTI DI PROTEZIONE DELLA SEDE FERROVIARIA DA FENOMENI DI DISSESTO IDROGEOLOGICO



## VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ (V)

Valutazione della vulnerabilità		
Attività	Caratteristica	Note
Contributo spaziale alla definizione della vulnerabilità	Opera interessata dall'area di dissesto	
Contributo temporale alla definizione della vulnerabilità	Considerato massimo in ANTE OPERAM	
Grado di danneggiamento	Considerato sempre massimo	
Contributo al danno della vulnerabilità		<b>Elevato</b>

## VALUTAZIONE DEL DANNO (D= Vx E)

Valutazione del DANNO		Vulnerabilità		
		Elevata	Media	Bassa
Esposizione	Elevata	<b>Altissimo</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>
	Media	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Basso</b>
	Bassa	<b>Medio</b>	<b>Basso</b>	<b>Basso</b>

## VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE (E)

Valutazione dell'esposizione		
Attività	Caratteristica	Note
Esposizione dell'infrastruttura	Considerata sempre massima	
Contributo al danno dell'esposizione		<b>Elevato</b>

Danno		
D4	Altissimo	Completo danneggiamento dell'infrastruttura ferroviaria.
D3	Alto	Parziale danneggiamento dell'infrastruttura ferroviaria.
D2	Medio	Danneggiamento minimo dell'infrastruttura ferrovia.
D1	Basso	Nessun danno diretto su tracciato ferroviario, possibili danni nelle aree limitrofe ma di bassa entità.

# INTERVENTI DI PROTEZIONE DELLA SEDE FERROVIARIA DA FENOMENI DI DISSESTO IDROGEOLOGICO

## Implementazione del sistema di monitoraggio idrometrico da remoto

- Installazione Aste Idrometriche → Misura delle altezze idrometriche in corrispondenza dei ponti di attraversamento della linea ferroviaria
- Installazione di Pluviografi → Misura delle altezze di pioggia precipitate in determinati intervalli di tempo caratteristici
- Installazione di un Sistema Wireless → Trasmissione dei dati misurati
- Installazione di Telecamere → Monitoraggio *real time* dei dati trasmessi



*Sviluppo di un sistema sofisticato di **monitoraggio, preannuncio e allertamento**, che agevoli le operazioni di **messaggio in sicurezza** dei tratti di rete ad elevato rischio*

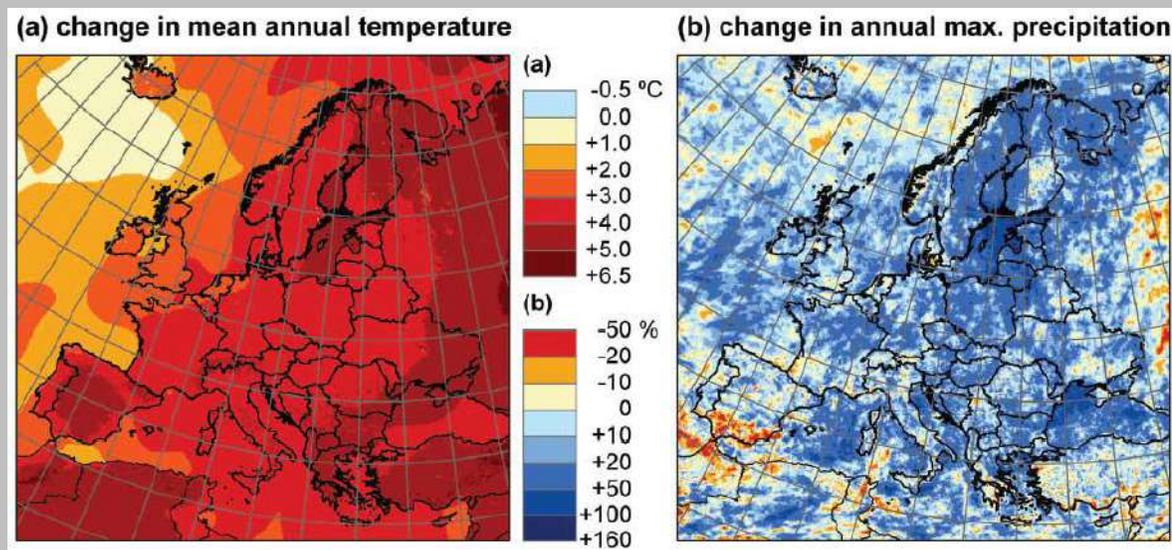
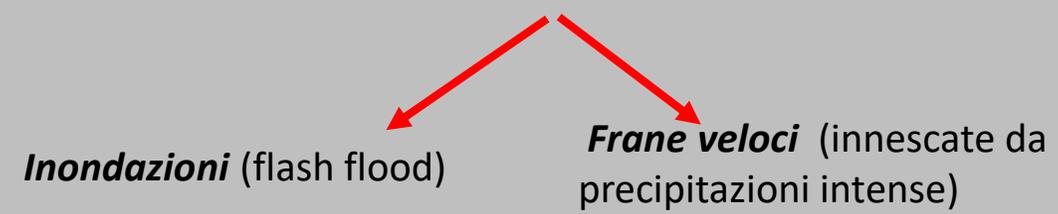
# IMPATTO DEGLI SCENARI DI CAMBIAMENTO CLIMATICO SUI FENOMENI DI DISSESTO IDROGEOLOGICO

Intergovernmental Panel Assessment Report on Climate Change, IPCC, 2007

- Aumento della temperatura media in tutta Europa;
- Aumento nella frequenza delle precipitazioni in tutta Europa;
- Aumento nella **frequenza** e nell'intensità di eventi estremi.

➔  $R = P \times D$

Aumento del **Rischio** associato a:



Cambiamento assoluto nella temperature medie (a) e cambiamento relativo nelle precipitazioni massime annuali (b) in Europa nell'intervallo temporale dal 2000 al 2100

# INTERVENTI DI PROTEZIONE DELLA SEDE FERROVIARIA DA FENOMENI DI DISSESTO IDROGEOLOGICO

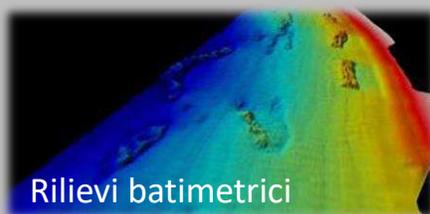
Interventi di mitigazione della problematica dell'erosione costiera 

**OBIETTIVO:** Progettazione di interventi per la protezione dell'infrastruttura ferroviaria e per la riduzione del rischio derivante dai fenomeni di erosione costiera.



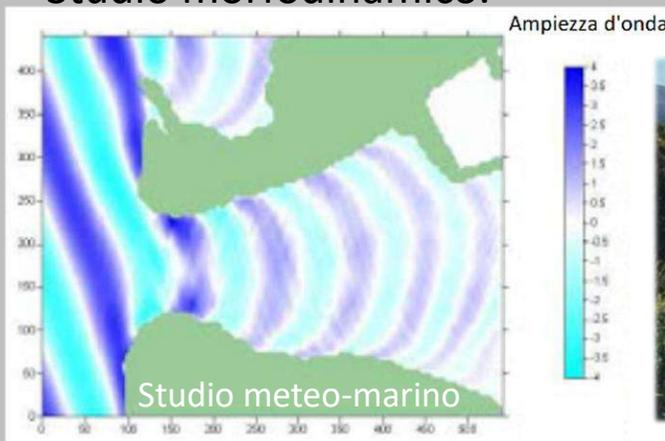
## ATTIVITA' SPECIALISTICHE DA PREVEDERE:

- Rilievi batimetrici;
- Studio meteo-marino;
- Studio morfologico;
- Studio idrodinamico;
- Studio morfodinamico.



## INTERVENTI TIPICI PER LA PROTEZIONE DELLE COSTE:

- Opere distaccate parallele (barriere);
- Opere aderenti parallele (rivestimenti, muri, argini);
- Opere trasversali (pennelli);
- Opere di stabilizzazione delle spiagge (con ghiaie);
- Opere di ricostruzione delle spiagge (ripascimenti in sabbia).



**Grazie per l'attenzione**



# LA GEOLOGIA NEL MONDO DEL LAVORO

*ITALFERR S.p.A.*

La collaborazione tra Geologo e Ingegnere



5 maggio 2023

## ESPERIENZA PREGRESSA

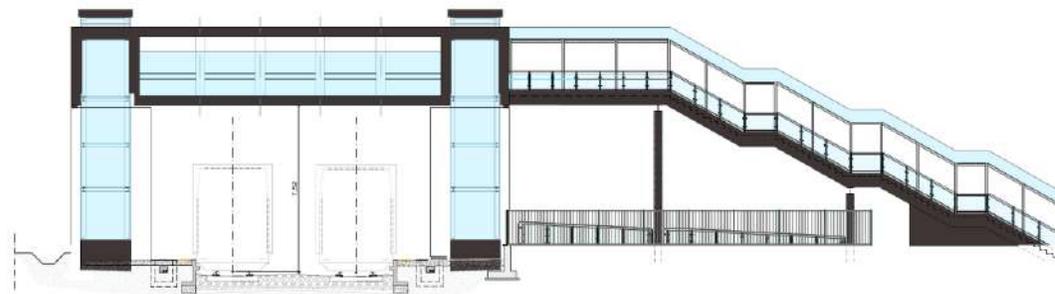
- Marzo 2016: Laurea magistrale in Scienze e Tecnologie Geologiche
- Geologo di cantiere presso SGM-Geologia e Ambiente S.r.l. 2016
  - Coordinamento attività di cantiere
  - Indagini geognostiche, geofisiche
  - Indagini ambientali e interventi di bonifica
  - Rilievi topografici
- Geologo progettista presso ETS S.r.l. 2016-2022
  - Redazione di reazioni geologiche
  - Progettazione e supervisione campagne indagini
  - Monitoraggio geologico e interpretazione dati
  - Valutazione e definizione del rischio geologico lungo infrastrutture lineari
  - Ispezioni su infrastrutture dello stato di ammaloramento
  - Rilievi NDT (GPR, LS, Termografico e Batimetrico)
  - Rapporti cin imprese di costruzioni
  - Attività di R&D e pubblicazioni scientifiche su riviste di settore
- Geologo progettista presso Italferr S.p.A.-Direzione Tecnica 2022-presente
  - Direzione lavori SPL e PRA
  - Redazione studi geologici lungo infrastrutture lineari
  - Pianificazione e gestione di campagne geognostiche, geofisiche e prove geotecniche di laboratorio



# OPERE DI PROGETTO PREVISTE PER S.P.L. (Soppressione Passaggi a Livello)



Viadotto stradale



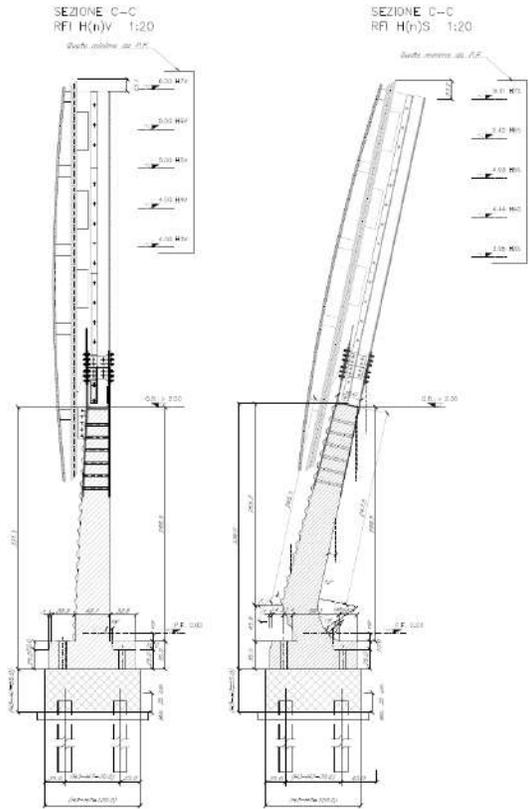
PROSPETTO - scala 1:100

Passerella Pedonale



Sottopasso stradale

# OPERE DI PROGETTO PREVISTE PER P.R.A. (Piano di Risanamento Acustico)



# UN CASO STUDIO

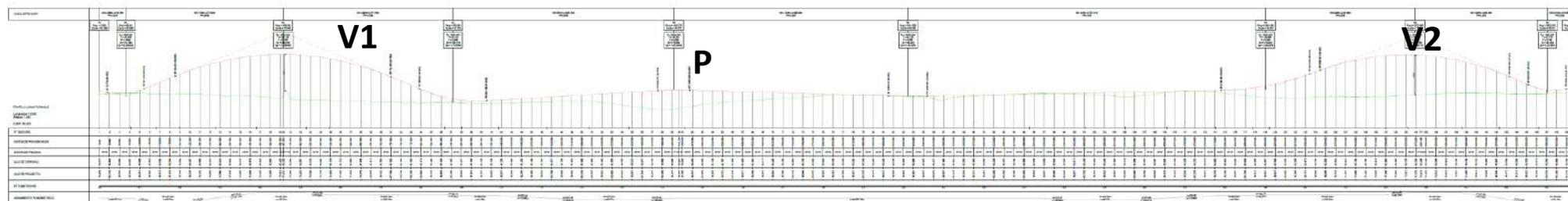
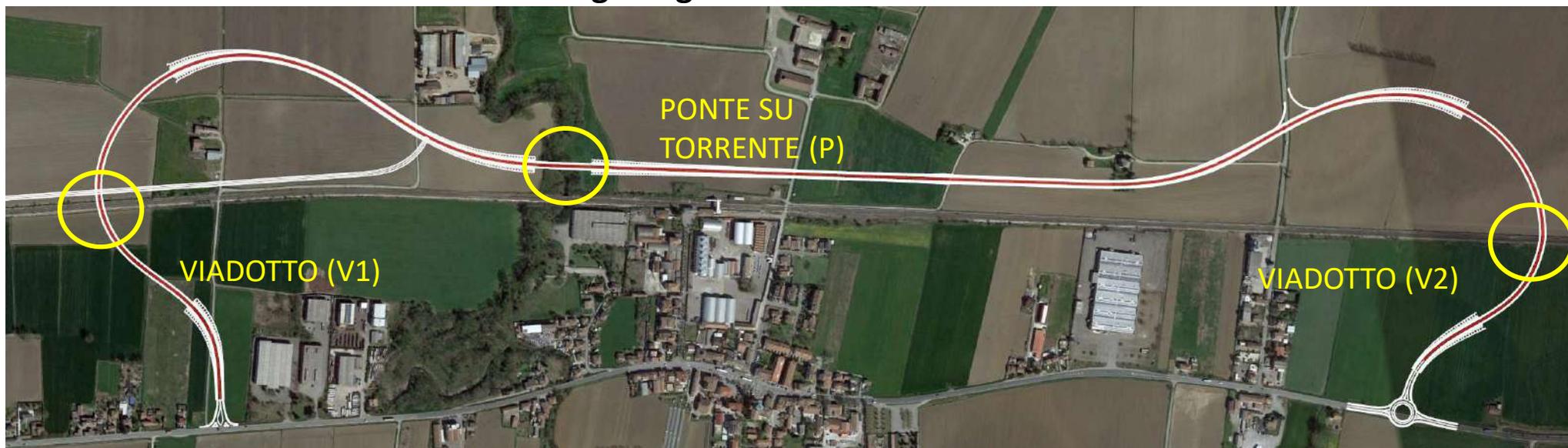


# ATTIVAZIONE FASE CONOSCITIVA

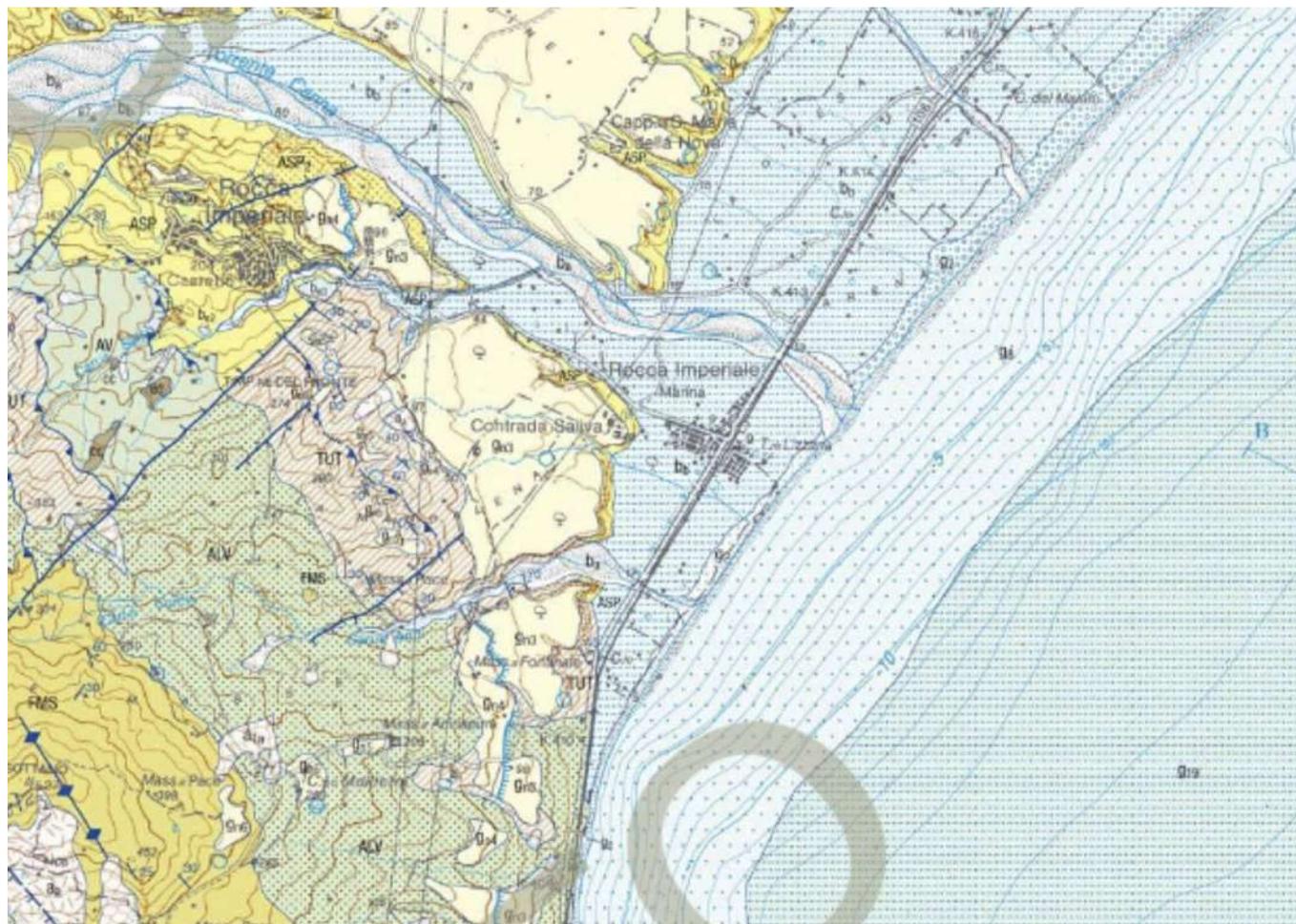
- ATTIVAZIONE DEL SOGGETTO TECNICO A SUPPORTO PER LA PROGETTAZIONE GEOLOGICA
  - STUDIO SU AREA VASTA
  - RILEVAMENTO GEOLOGICO DI SITO
- ATTIVAZIONE DELL'IMPRESA PER L'ESECUZIONE DI ATTIVITA' CONOSCITIVE
  - SONDAGGI GEOGNOSTICI
    - PIANIFICAZIONE DELLA CAMAPGNA INDAGINI
  - INDAGINI GEOFISICHE
    - PIANIFICAZIONE DELLA CAMAPGNA INDAGINI
- ATTIVAZIONE DEL LABORATORIO GEOTECNICO PER L'ESECUZIONE DI PROVE SPECIFICHE
  - INVIO AL LABORATORIO DEI CAMPIONI (SHELBY E RIMANEGGIATI)
  - STABILIRE IL N° E LA TIPOLOGIA DI PROVE DA ESEGUIRE
- ATTIVAZIONE DELL'IMPRESA PER IL MONITORAGGIO DELLA FALDA
  - LETTURE A CADENZA REGOLARE SU BASE STAGIONALE

# RIUNIONE DI KICK OFF

- **Lo sviluppo del progetto**, partendo da una traccia del progettista dell'opera in relazione al progetto architettonico, è **affrontato congiuntamente tra geologo, ingegnere geotecnico e strutturista**. I progettisti devono fornire al geologo e ingegnere geotecnico una prima traccia della proposta di futura progettazione, in base alla quale potranno poi essere programmate le indagini per caratterizzare il **«volume significativo»** dell'opera.
- La finalità è l'identificazione di un **Modello geologico** di riferimento



# STUDIO CARTOGRAFICO



- 
**Deposito di spiaggia (emersa)**  
 Ghiaie e sabbie litorali a clasti poligenici ed eterometrici, fino a blocchi e massi di 80 cm di diametro. Sono comprese anche le sabbie eoliche delle dune mobili.
- 
**Deposito alluvionale attuale**  
 Ghiaie poligeniche ed eterometriche, sabbie e limi argillosi a stratificazione massiva costituenti l'attuale alveo dei principali corsi d'acqua, localmente passanti lateralmente a ghiaie a supporto di matrice argilloso-sabbiosa, in assetto massivo o leggermente stratoide (deposito di conoide alluvionale). Spessore fino a 5 m.
- 
**Deposito alluvionale recente**  
 Limi e sabbie di colore grigio o bruno con lenti di ghiaie, talora passanti lateralmente a ghiaie a supporto di matrice argilloso-sabbiosa, in assetto massivo o leggermente stratoide (deposito di conoide alluvionale). Il deposito è disposto lungo i principali corsi d'acqua, dove costituisce aree di piena, talora coltivate, e nelle piane costiere.
- ARGILLE SUBAPPENNINE (ASP)**  
 Formazione prevalentemente argillosa nella quale è possibile distinguere due membri: membro del conglomerato di Serra del Cedro (ASP<sub>1</sub>) e membro delle sabbie di Tursi (ASP<sub>2</sub>). Nell'area del Foglio l'unità è rappresentata dalla litofacies argillosa ASP e dal membro sabbioso ASP<sub>2</sub>. Argille marnoso-siltose grigio-azzurre a stratificazione indistinta, contenenti gusci di scafopodi e piccoli gasteropodi (ASP). Nannoflore delle biozone MNN19b e MNN19d (*Helicosphaera sellii*, *Gephyrocapsa oceanica* s.l., *Gephyrocapsa "large"*, *Pseudoemiliania lacunosa*) del Santemiano-Emiliano. Tra i foraminiferi è presente *Neoglobobadrina pachyderma* (sx) (biozona a *Globigerina cariacensis*) del Pleistocene inf. Abbondanti i bentonici, ma di scarso significato cronostratigrafico. A diverse altezze stratigrafiche sono presenti lenti di sabbie giallastre (ASP<sub>2</sub>) (cfr. sabbie di Tursi, *Auct.*), spesse fino a 2-3 m, con livelli di ghiaie mal classate, prevalentemente carbonatiche, talora con gusci di ostree ben conservati. L'intera successione giace in discordanza con appoggio di tipo *onlap* su diversi termini del substrato, con contatti spesso modificati tettonicamente. Lo spessore affiorante delle argille è di parecchie centinaia di metri, quello delle sabbie varia da 0 a 150 m.
 **PLEISTOCENE INFERIORE**

STRALCIO DI CARTA GEOLOGICA. scala 1:50.000 (ISPRA 2009), con indicazione dell'area di progetto (in rosso)

# SONDAGGI GEOGNOSTICI E GEOFISICI – PIANIFICAZIONE DELLA CAMPAGNA INDAGINI



Sondaggio geognostico 2020



Sondaggio geognostico 2023

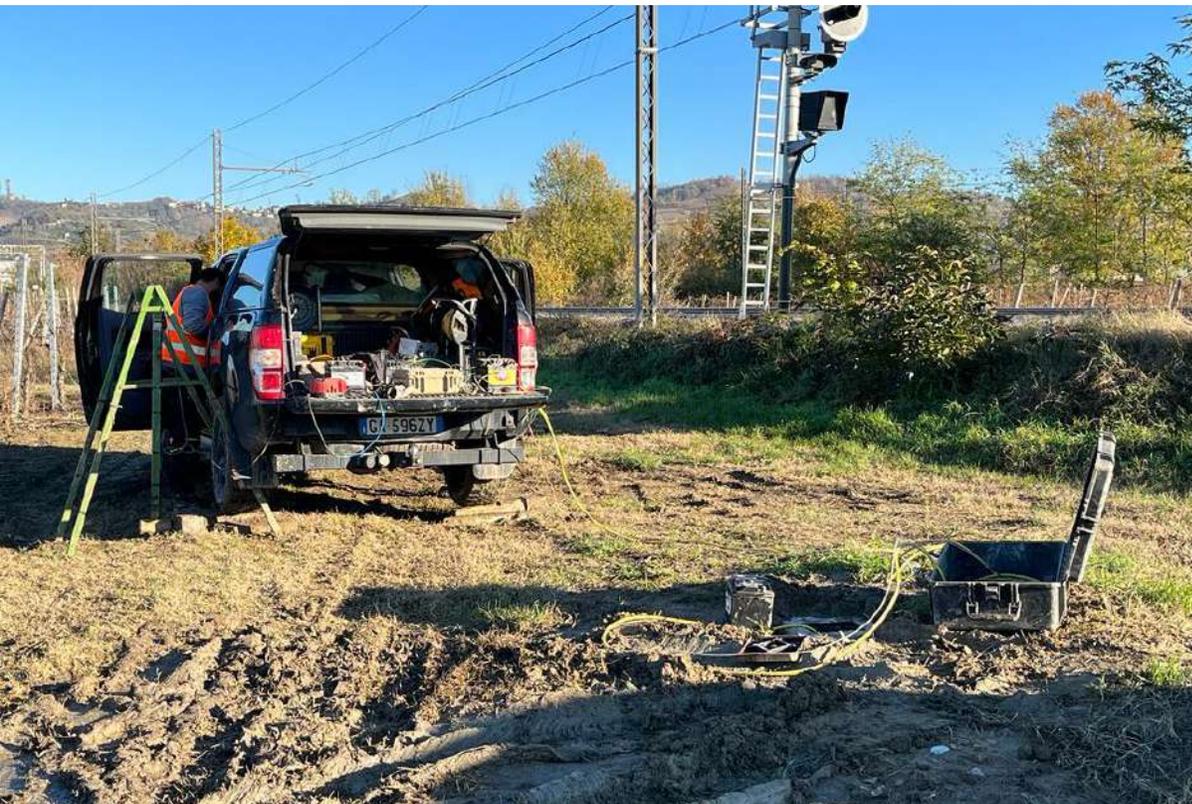


Prova geofisica 2022



Prova geofisica 2020

# SONDAGGI GEOGNOSTICI E GEOFISICI – FASE DI ESECUZIONE

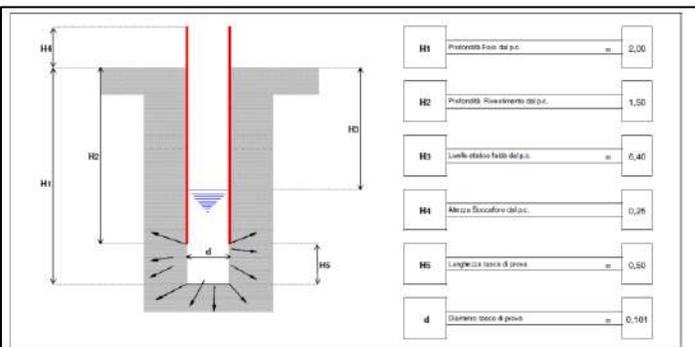


INDAGINI GEOFISICHE: Masw, HVSR



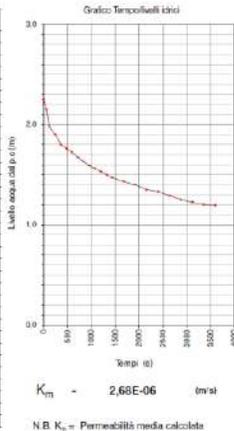
INDAGINI GEOGNOSTICHE: Sondaggi a 30m, DPSH, prove di permeabilità, SPT, raccolta campioni

# INDAGINI GEOGNOSTICHE – I RISULTATI



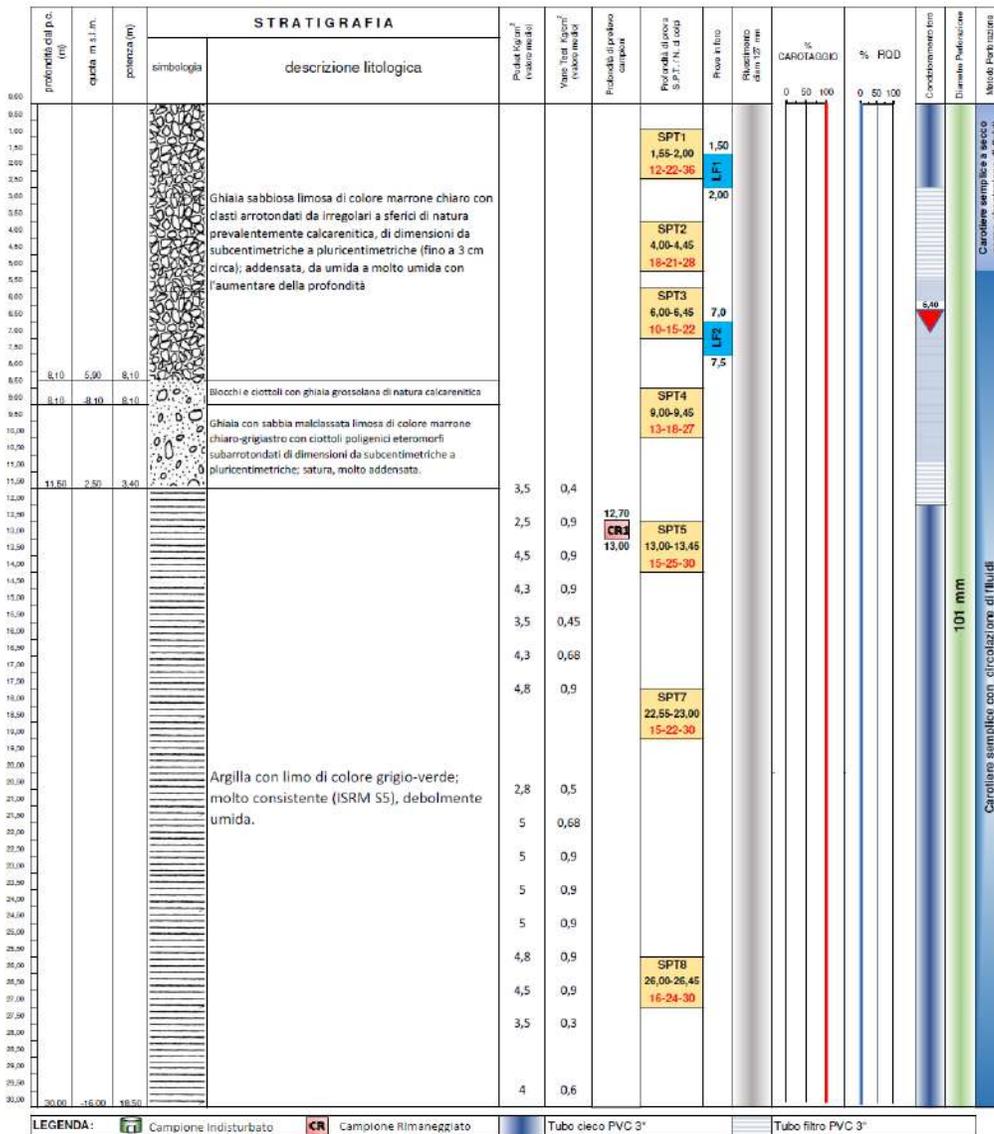
- H1 Profondità Stone dal p.c. = 2,00
- H2 Profondità Rivelamento dal p.c. = 1,50
- H3 Livello stabile fatto dal p.c. = 6,40
- H4 Altezza Siccatoio d'acqua = 0,26
- H5 Lunghezza vasca di prova = 0,50
- d Diametro Stone & prova = 0,101

Temperatura (°C)	Spazio tra i pori (mm)	$\mu_{\text{H}_2\text{O}}$ (Pa)	$\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ (kg/m³)	$\alpha_{\text{H}_2\text{O}}$ (1/°C)	$K_f$ (Pa)	Temperatura (°C)	Spazio tra i pori (mm)	$\mu_{\text{H}_2\text{O}}$ (Pa)	$\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ (kg/m³)	$\alpha_{\text{H}_2\text{O}}$ (1/°C)	$K_f$ (Pa)
0	0,25					0	0,25				
10	0,25	1,05	999,9	0,000207	6280	10	0,25	1,04	998,8	0,000214	6280
20	0,25	1,00	998,2	0,000227	6280	20	0,25	0,98	996,5	0,000237	6280
30	0,25	0,95	995,7	0,000247	6280	30	0,25	0,90	993,0	0,000257	6280
40	0,25	0,90	992,3	0,000267	6280	40	0,25	0,85	989,0	0,000277	6280
50	0,25	0,85	988,0	0,000287	6280	50	0,25	0,80	984,0	0,000297	6280
60	0,25	0,80	982,9	0,000307	6280	60	0,25	0,75	978,0	0,000317	6280
70	0,25	0,75	977,0	0,000327	6280	70	0,25	0,70	971,0	0,000337	6280
80	0,25	0,70	970,3	0,000347	6280	80	0,25	0,65	963,0	0,000357	6280
90	0,25	0,65	962,9	0,000367	6280	90	0,25	0,60	954,0	0,000377	6280
100	0,25	0,60	954,0	0,000387	6280	100	0,25	0,55	944,0	0,000397	6280



PROVE DI PERMEABILITA' LEFRANC

CAMPIONATURA ESTRATTA



LEGENDA: Campione Indisturbato Campione Rimaneggiato Tubo cieco PVC 3" Tubo filtro PVC 3"

## STRATIGRAFIA

# PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO

ESTRAZIONE  
CAMPIONI



CAMPIONI IN  
LABORATORIO



CONFRONTO TRA **GEOLOGO – INGEGNERE - TECNICO DI LABORATORIO**  
PER LA SCELTA E FATTIBILITÀ DELLE PROVE DA EFFETTUARE



ELABORAZIONE TABELLA ESPLICATIVA  
DELLE PROVE DA EFFETTUARE

	S4							
	SH1 3.00-3.50	SH2 6.00-6.50	CR1 7.60-8.00	CR2 13.10-13.40	SH3 17.40-17.90	CR3 21.40-21.65	CR4 28.60-29.00	CR5 33.00-33.30
LITOLOGIA								
Descrizione prove di laboratorio								
1 Apertura INDISTURBATO e descrizione campione compresa foto	0	1			0			
2 Apertura RIMANEGGIATO e descrizione campione compresa foto			0	1		1	1	0
4 Contenuto naturale d'acqua	0	1	0	1	0	1	1	0
5 Peso dell'unità di volume	0	1	0	1	0	1	1	0
6 Limite di liquidità e limite di plasticità	0	1	0	1	0	1	1	0
9 Determinazione indici di gruppo	0	1	0	1	0	1	1	0
10 Analisi granulometrica con vagliatura meccanica	0	1	0	1	0	1	1	0
13 Analisi granulometrica per sedimentazione	0	1	0	1	0	1	1	0
14 Peso specifico dei granuli	0	1	0	1	0	1	1	0
15 Determinazione sostanza organica								
22 Prova di compressione edometrica con doppio ciclo di carico e scarico					0			0
27 Espansione laterale libera								
28 Prova di compressione triassiale UU			0					
29 Prova di compressione triassiale CIU						1		
30 Prova di compressione triassiale CID				1				
38 Prova di taglio diretto consolidata e drenata CD		1					1	

TABELLA PROVE DA EFFETTUARE

# PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO – I RISULTATI

RISULTATI DI MAGGIOR INTERESSE  
PER L'ING. GEOTECNICO

Ns rif.	N° CARICO		riepilogo dati		Poker penetr.		GRANULOMETRIA				LIMITI				Classif.	w	ρ	ρ <sub>s</sub>	TD	
	sond.	camp.	Prof. prelievo (m)	kPa		ghiaia	sabbia	limo	argilla	W <sub>L</sub>	W <sub>p</sub>	IP	I <sub>c</sub>	UNI 10006	%	Mg/m <sup>3</sup>	Mg/m <sup>3</sup>	kPa	c'	φ'
		n°		valore minimo	valore massimo															
20989-1	S3	CR1	1,00-1,50	330	>600	0	11	82	7	32	20	12	1,13	A6	18,4	2,00	2,64	0	29,0	20989-1
20989-3		CR2	5,00-5,60	NE		65	28	6	1	ND	NP	0	-	A1-a			2,73			20989-3
20989-4		CR3	8,00-8,60	NE		8	70	19	3	ND	NP	0	-	A2-4			2,71			20989-4
20989-5		CR4	12,00-12,60	NE		1	86	11	2	ND	NP	0	-	A2-4			2,72			20989-5
20989-6		CR5	17,30-17,85	190	380	0	63	29	8	ND	NP	0	-	A4	17,5	2,05	2,73	0	33,0	20989-6
20989-8		CI1	20,80-21,45	30	40	0	87	9	4	ND	NP	0	-	A2-4	26,2	1,97	2,65	0	36,5	20989-8
20989-10		CR6	24,00-24,60	NE		46	37	13	4	ND	NP	0	-	A1-b			2,73			20989-10

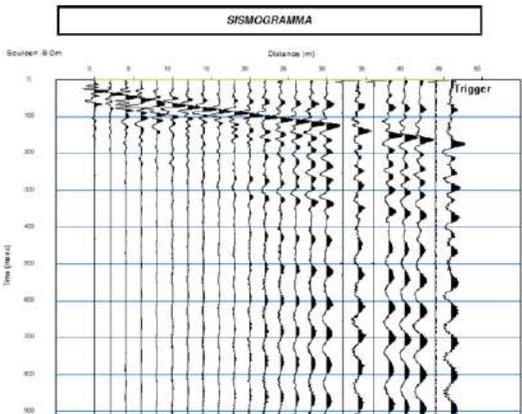
NE = non effettuabile  
 ND = non determinabile  
 NP = non plastico  
 W<sub>L</sub> = limite liquido  
 W<sub>p</sub> = limite plastico  
 IP = indice di plasticità  
 I<sub>c</sub> = indice di consistenza  
 w = contenuto d'acqua naturale  
 ρ = Massa volumica  
 ρ<sub>s</sub> = Massa volumica dei grani

c' = coesione efficace  
 φ' = angolo di attrito efficace  
 σ<sub>1</sub>-σ<sub>3</sub> = resistenza del provino  
 Cu = coesione non drenata  
 σ<sub>1</sub> = resistenza del provino

Foto del campione



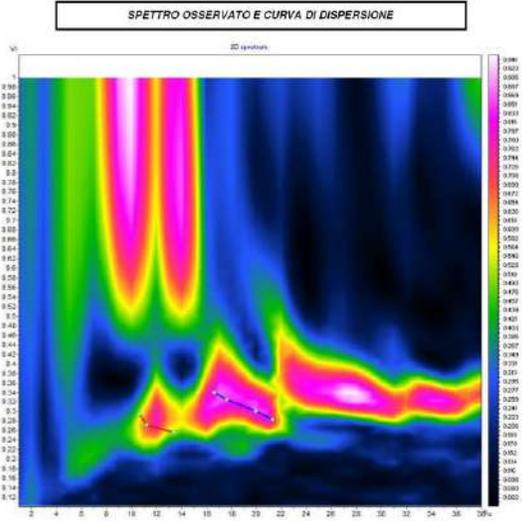
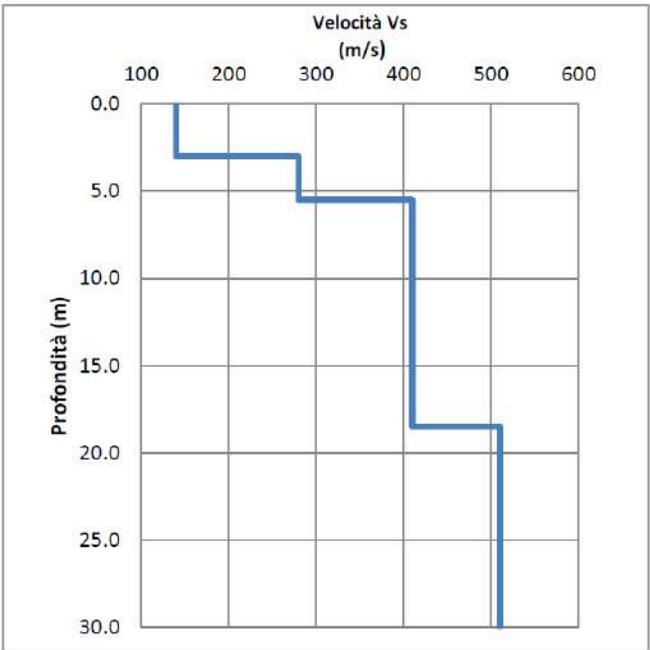
# INDAGINI GEOFISICHE (MASW E HVSR) – I RISULTATI



**GRAFICO & TABELLA Vs - h**

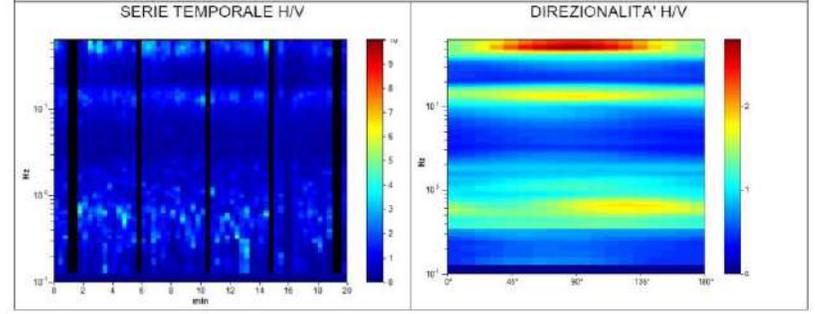
Sismostrato	Profondità	Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	3.00	140.00
2	3.00	5.50	280.00
3	5.50	18.50	410.00
4	18.50	inf.	510.00

➔
**Vs eq (0-30)** **355**  
**Suolo** **C**



## HVSR1

Strumento: TRZ-0153/01-11  
 Inizio registrazione: 15/05/20 10:52:50  
 NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
 Fine registrazione: 15/05/20 11:12:50  
 Dato GPS non disponibile  
 Nomi canali:  
 Durata registrazione: 0h20'00"  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Lisciamento: 10%



MASW



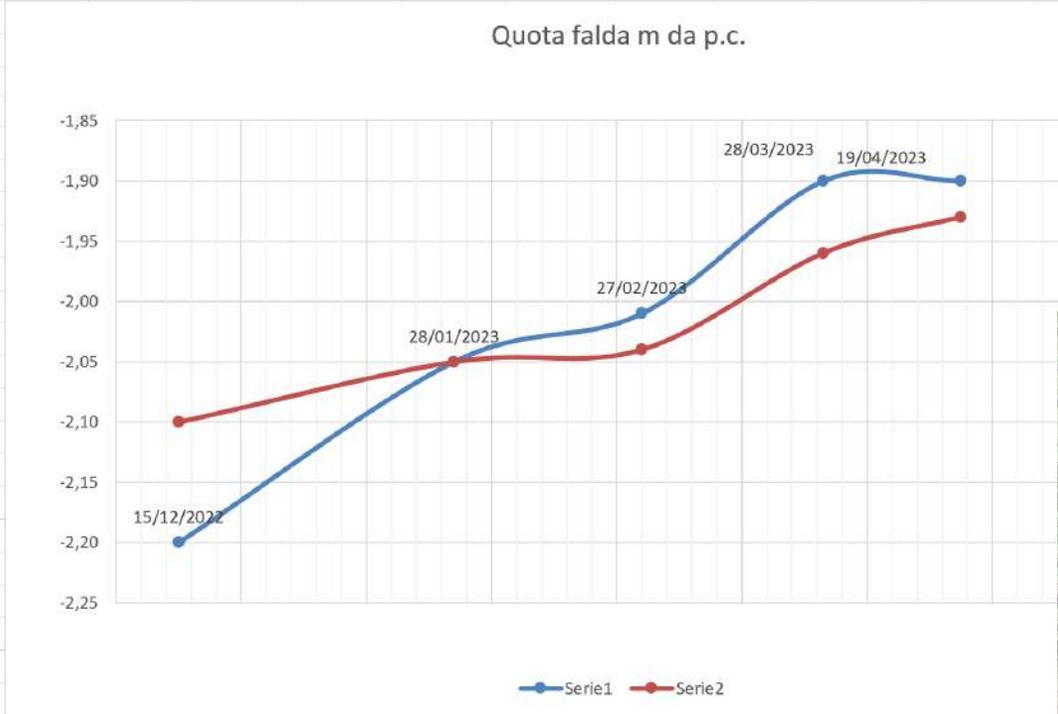
Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

# MONITORAGGIO DELLA FALDA

	S1	S2	S3
Quota boccaforo m s.l.m.	4,97	7,44	5,70

Rocca Imperiale					
N°LETTURE	Data rilievo	S1	S2	S3	Note
		Quota falda m da p.c.	Quota falda m da p.c.	Quota falda m da p.c.	
1° LETTURA	02/04/2014		-2,75		
2° LETTURA	04/01/2020	-2,40			
3° LETTURA	01/07/2022			-2,28	
4° LETTURA	15/12/2022	-2,20		-2,10	
5° LETTURA	28/01/2023	-2,05		-2,05	
6° LETTURA	27/02/2023	-2,01		-2,04	
7° LETTURA	28/03/2023	-1,90		-1,96	
8° LETTURA	19/04/2023	-1,90		-1,93	
9° LETTURA					
10° LETTURA					
11° LETTURA					
12° LETTURA					
13° LETTURA					
14° LETTURA					

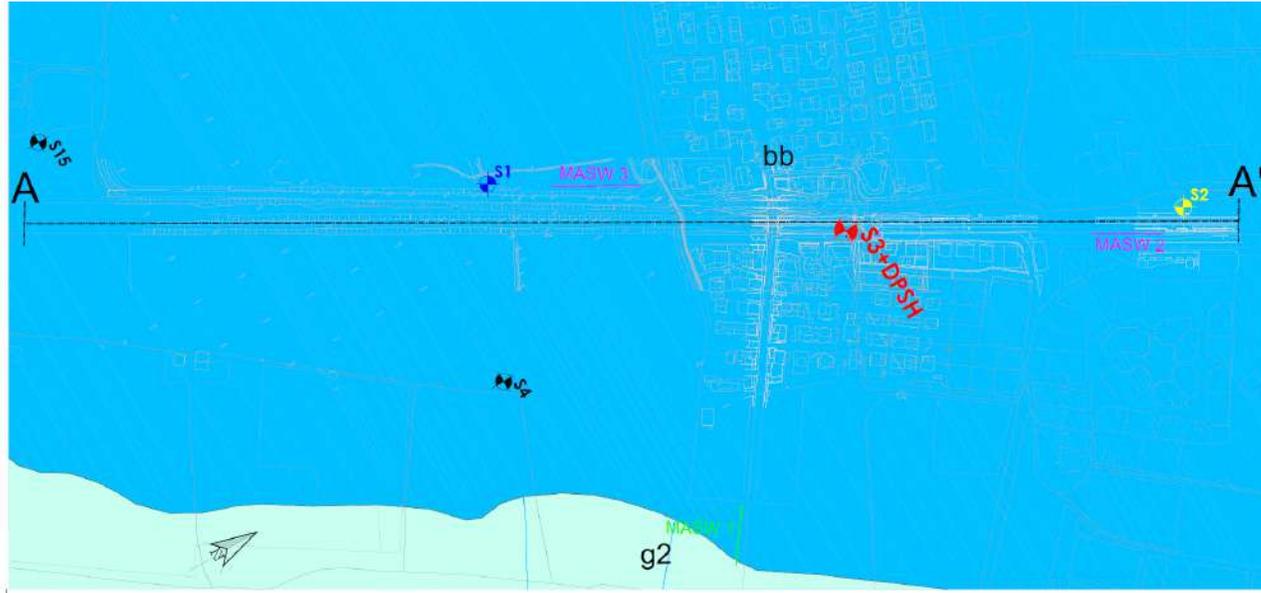
Denominazione	S1	S2	S3
Fenestratura o prof. cella	da 2,00 a 37	da 1,00 a 24	da 1,00 a 22
Tipo strumento	Norton 3"	Norton 3"	Norton 3"
Profondità sondaggio (m)	40	30	30



## MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

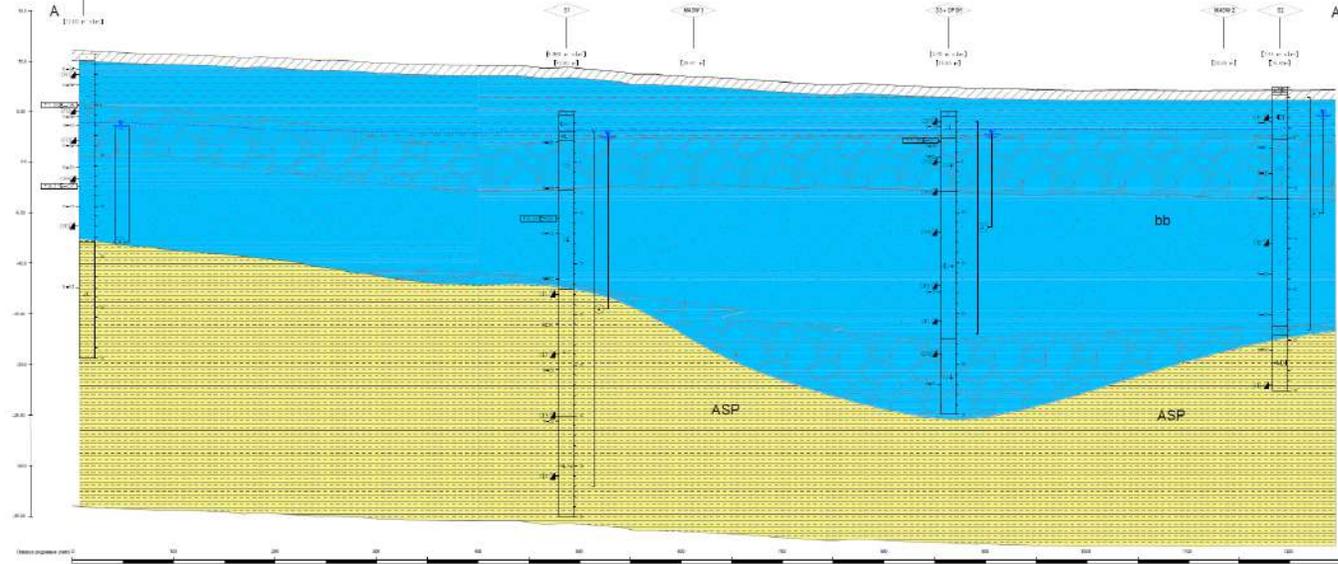
- Area di studio si imposta interamente su sabbie e ghiaie di materiale alluvionale e derivante da solifluzione e dilavamento, le quali poggiano al di sopra di argille marnoso-siltose con livelli metrici di arenarie a conglomerato;
  - I principali elementi morfologici presenti sul territorio sono connessi con il deflusso delle acque correnti superficiali e con l'evoluzione recente del settore costiero, oltre ad opere antropiche realizzate durante gli ultimi decenni;
  - Alvei dei fiumi sono soggetti a lunghi periodi di magra e a piene straordinarie con tempo di ritorno decennale, per questa ragione risultano sovralluvionati a causa del cospicuo trasporto solido durante le piene. Nel settore collinare sono presenti dinamiche di dissesto dovute al deflusso superficiale e fenomeni gravitativi;
  - Dal punto di vista idrogeologico è stato cartografato un complesso a permeabilità mediamente elevata, con locale presenza di livelli fini (limoso-argillosi) meno permeabili;
  - Dal punto di vista sismico il sito è classificabile in categoria di suolo C.
- Definito dunque il modello geologico, ne consegue la verifica del «**potenziale di liquefazione**» dei terreni.
- Tale fenomeno sarà oggetto della relazione geotecnica.

# SEZIONE GEOLOGICA LUNGO LINEA



- Depositi di spiaggia attuale: ghiaie e sabbie (**g2**)  
QUOTICENE
- Deposito alluvionale recente: sabbie con livelli di ghiaie; depositi argillosi e limosi in presenza dello sbocco dei corsi d'acqua in zone di pianure con formazioni di conoidi sedimentari (**bb**)  
QUOTICENE
- Argille marnoso-siltose con livelli metrici di arenarie (ASP2) e conglomerati (ASP1) (**ASP**)  
PLEISTOCENE

Elementi in carta	Elementi in profilo
Idrografia	Limite stratigrafico
Traccia profilo geologico	Superficie di falda
S4 Sondaggio geognostico (Italferr 2023)	Argilla
S3+DPSH Sondaggio geognostico e prova penetrometrica DPSH (Italferr 2022)	Sabbia
S1 Sondaggio geognostico (Italferr 2020)	Ghiaia
S2 Sondaggio geognostico (Italferr 2014)	Riperto antropico
MASW 1 Prova geofisica MASW (Italferr 2022)	
MASW 2 Prova geofisica MASW (Italferr 2020)	



**SONDAGGI GEOGNOSTICI**

Identificazione sondaggio/pozi → S1

Quota (in m s.l.m.) → [cosen]

Distanza dal tracciato (in m) → [cosen]

**PROVE IN FORO**

Prove SPT: valori di colpi acquisiti in colpo/colpo  
"H" formula a prova andata e ritorno

Comporsi: tipo (immediatamente rimaneggiato) e in situ

Prova Lafranc: valori di permeabilità espresso in cm/s

Livello falda: indica il livello di falda da lettura a piezometro installato

**Descrizione schematica del terreno**

**CLASSI BASILARI:**  
R=MATERIALE DI RIPORTO  
G=GHIAIA L=LIMO  
S=SABBIA A=ARGILLA

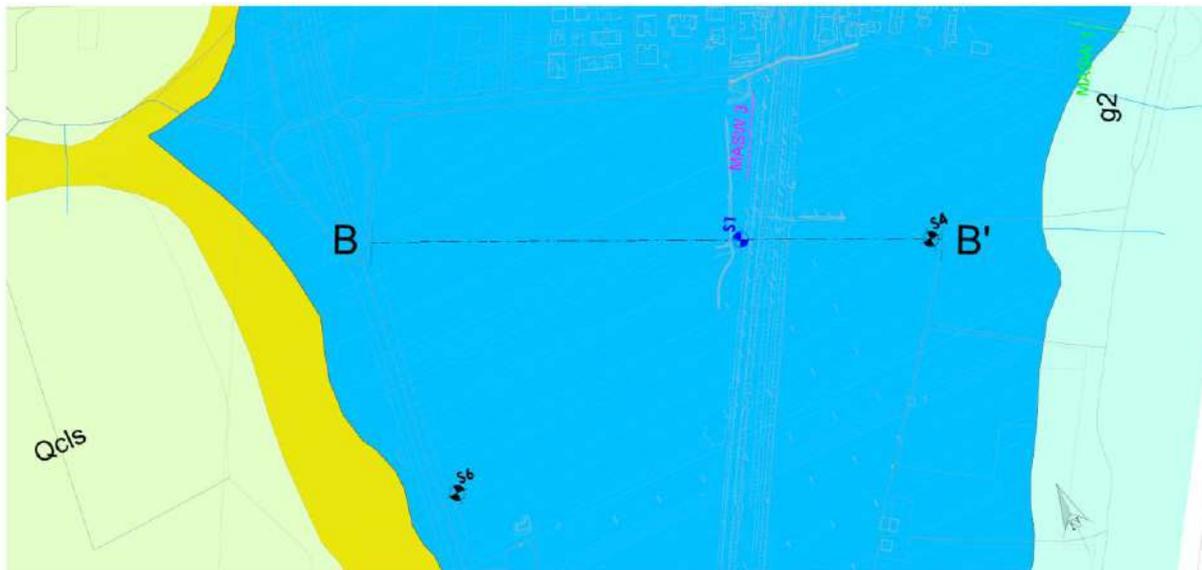
**CLASSI INTERMEDIE TERRENI**

% terreni AGI esempio

50 - 50	e	SG=sabbie e ghiaie
50 - 25	cent	S,G=sabbie con ghiaia
25 - 10	es	S(G)=sabbie ghiaiose
10 - 0	deb. es	S(G)=sabbie det. ghiaiose

**PROVE DPSH**      **PROVE GEOFISICHE MASW**

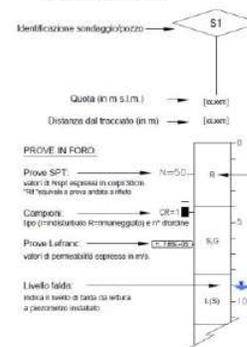
# SEZIONE GEOLOGICA TRASVERSALE ALLA LINEA



- g2** Depositi di spiaggia attuale: ghiaie e sabbie (g2)  
CLOGENE
- bb** Deposito alluvionale recente: sabbie con livelli di ghiaie; depositi argillosi e limosi in presenza dello sbocco dei corsi d'acqua in zone di pianure con formazioni di conoidi sedimentari (bb)  
CLOGENE
- ASP** Argille marnoso-siltose con livelli metrici di arenarie (ASP2) e conglomerati (ASP1) (ASP)  
PLEISTOCENE

Elementi in carta	Elementi in profilo
Litografia	Limite stratigrafico
Traccia profilo geologico	Superficie di falda
Sondaggio geognostico (Italferr 2023)	Argilla
Sondaggio geognostico e prova penetrometrica DPSH (Italferr 2022)	Sabbia
Sondaggio geognostico (Italferr 2020)	Ghiaia
Sondaggio geognostico (Italferr 2014)	Ripetto antropico
Prova geofisica MASW (Italferr 2022)	
Prova geofisica MASW (Italferr 2020)	

## SONDAGGI GEOGNOSTICI



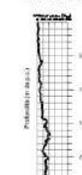
## Descrizione schematica del terreno

CLASSI BASILARI	
R=MATERIALE DI RIPORTO	
G=GHIAIA	L=LIMO
S=SABBIA	A=ARGILLA

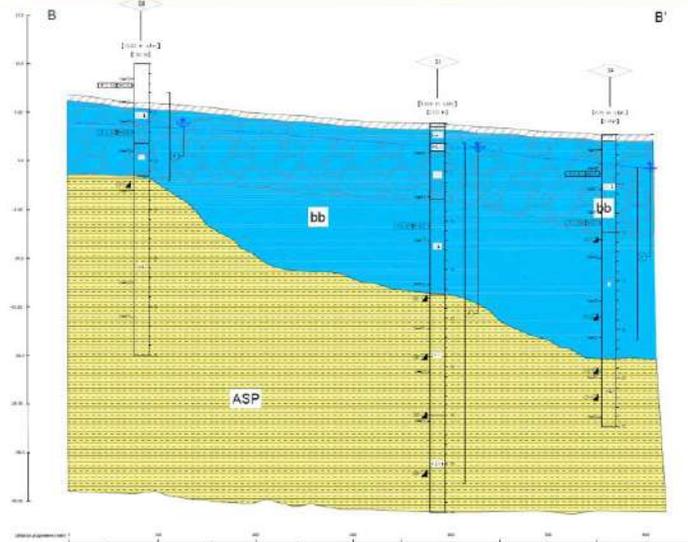
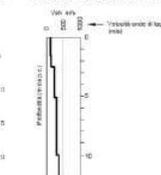
  

CLASSI INTERMEDIE TERRENI	
% termini AGI	esempio
50 - 50	SG=sabbia e ghiaia
50 - 25 con	S,G=sabbia con ghiaia
25 - 10 -oso	S(O)=sabbia ghiaiosa
10 - 5 deb. -oso	S(G)=sabbia deb. ghiaiosa

## PROVE DPSH



## PROVE GEOFISICHE MASW



## FINALITA'

### La relazione geologica

deve comprendere «sulla base di specifiche indagini geologiche, la identificazione delle formazioni presenti sul sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura e dei caratteri fisici del sottosuolo», **illustrandone e caratterizzandone** «gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, litotecnici e fisici nonché il conseguente livello di pericolosità geologica e il comportamento in assenza ed in presenza delle opere»



LE 2 RELAZIONI  
SONO SVILUPPATE  
PARALLELAMENTE  
ATTRAVERSO UN  
COSTANTE  
RECIPROCO  
CONFRONTO  
E  
SONO  
COMPLEMENTARI PER  
LA CONOSCENZA DEL  
SITO, COSTITUENDO  
LE BASI PER SVILUPPO  
DEL PROGETTO.

### La relazione geotecnica,

d'altro canto, «definisce, alla luce di specifiche indagini geotecniche, il comportamento meccanico del volume del terreno influenzato, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che a sua volta influenzerà il comportamento del manufatto stesso, Illustra inoltre i calcoli geotecnici per gli aspetti che si riferiscono al rapporto manufatto con il terreno»

**Grazie**



# LA GEOLOGIA NEL MONDO DEL LAVORO

*ITALFERR S.p.A.*

## Il ruolo del geologo nella progettazione ferroviaria

5 maggio 2023



***MODELLO GEOLOGICO E MODELLO GEOTECNICO  
UN CONTATTO INTERDISCIPLINARE***

**ING. TIMOLEONE DANIEL**

I Modelli si identificano in:

- 1) la **costruzione (Modello Geologico)** ed, in secondo luogo
- 2) il **comportamento meccanico (Modello Geotecnico)**.

I **Modelli Geologico e Geotecnico** sono peculiari per ogni specifico sito, ed in genere **non posso essere estesi o ripetuti per altre situazioni come la** caratterizzano dei Modelli delle opere e dei materiali artificiali.

La messa a punto di validi Modelli (Geologico e Geotecnico) richiede necessariamente un “**approccio acquisitivo, osservazionale e sperimentale**” che si esplica attraverso la **completa ed approfondita conoscenza dei luoghi e del terreno, indagini in situ, prove di laboratorio e azioni di monitoraggio.**

I Modelli derivano da un'effettiva e continua azione di **dialogo e confronto interdisciplinare** fra la **conoscenza geologica** e la **conoscenza ingegneristica.**

C'è bisogno di una piena disponibilità al **colloquio continuo** fra discipline diverse, che **non deve significare confusione di competenze** e di responsabilità, ma **condivisione dei** problemi e piena volontà di collaborazione per la migliore riuscita dell'opera.

Un ideale "**Team di Progetto**" dovrebbe pertanto **contemplare al suo interno le due culture**, in grado di assicurare sia l'effettiva interdisciplinarietà interna delle azioni progettuali, sia la capacità di coordinamento interdisciplinare di eventuali competenze esterne al Team, il cui **intervento potrebbe essere necessario in base alla complessità dell'opera, sia dalla complessità del terreno.**

**Per ottenere una reale collaborazione è necessario che fra la componente ingegneristica e la componente geologica esista una base comune di linguaggio.**

All'ingegneristica è richiesto, attraverso uno **stretto dialogo** con la **componente geologica**:

- diventare consapevoli** - dei principali **meccanismi** che **regolano** la **genesi** e **l'evoluzione** delle **“formazioni geologiche”** interessate;
- saper valutare** nelle **grandi linee l'ambiente geologico** in cui è chiamato ad operare
- saper comprendere le caratteristiche salienti delle litologie** presenti e **l'influenza che diverse vicende geologiche** (tettonica, alterazione, processi gravitativi, ecc,) possono avere **sulle loro caratteristiche meccaniche**;
- documentarsi sui problemi in contesti geologicamente simili.**

**Le “indagini” costituiscono uno dei tasselli fondamentali nella definizione del Modello Geologico, mentre rappresentano la chiave di volta del sistema di definizione del Modello Geotecnico.**

Sarebbe consigliato eseguire:

- indagini finalizzate prevalentemente alla verifica ed approfondimento del Modello Geologico (Indagini Geologiche)**  
ed
- indagini finalizzate prevalentemente alla caratterizzazione meccanica del “terreno” (Indagini Geotecniche).**

Tali indagini non sono necessariamente coincidenti.

**La programmazione delle Indagini e la loro esecuzione richiedono un Team di Progetto con la massima collaborazione fra le due competenze disciplinari, compatibilmente con i tempi ed i budget a disposizione**

Purtroppo, nella pratica attuale si assiste spesso ad una quasi totale discordia tra i rappresentanti delle due culture.

Può succedere che il Geologo interpreti troppo estensivamente l'incarico affidatogli e si avventuri non solo ad **introdurre** nella “relazione Geologica” **elementi di caratterizzazione fisico - meccanica del terreno non necessariamente colti nella loro completezza**, ma anche a **avanzare delle conclusioni sul comportamento del complesso opera – terreno, senza avere necessariamente il controllo di tutti gli elementi che contribuiscono a determinare tale iterazione.**

Altresì si può riscontrare anche il caso inverso in cui **la componente ingegneristica non tenga in considerazione quanto indicatogli da quella geologica, generando calcoli accurati su modelli erranei** e giungendo a **conclusioni profondamente difformi da quelle rispondenti al reale modello del Terreno.**

**Tali approcci sono figli di un rapporto non corretto fra le due figure professionali;** a una poco sviluppata cultura interdisciplinare si accompagna infatti in genere il conseguimento di un non corretto quadro della reale situazione geologica e geotecnica , che spesso scaturisce in un progetto non adeguato e soddisfacente.

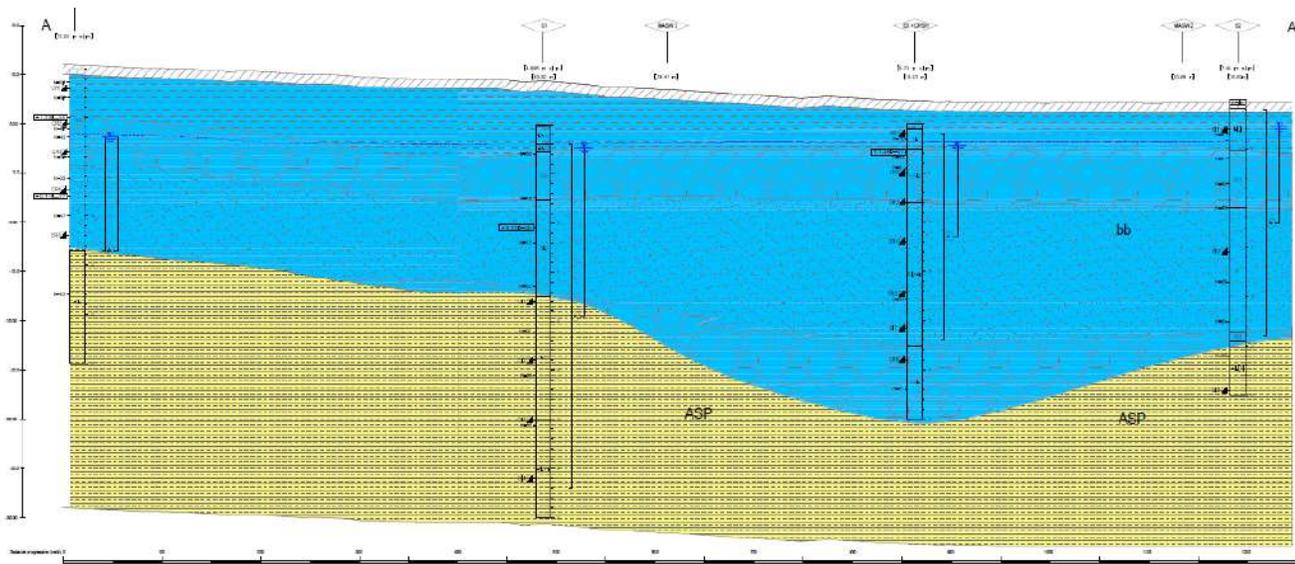
**Questa situazione ad oggi è molto riscontrabile in numerose esperienze nazionali, e meno riscontrabile a livello internazionale, dove il Team di Progetto costituito in modo sinergico da entrambe le componenti, è una realtà assodata ed imprescindibile in qualsiasi processo progettuale.**

**(Engineering geologist)**

In conclusione giova ripetere che:

- corretti Modelli Geologico e Geotecnico possono nascere solo da un Team multidisciplinari;**
- il programma di tutte le indagini, in ogni fase di attività, va condiviso e concordato all'interno del Team;**
- i risultati raggiunti ad ogni fase, le criticità emerse e le conseguenti decisioni progettuali e costruttive devono essere discussi all'interno del Team e discussi tra le due culture.**

# PROGETTO INPUT-MODELLO GEOLOGICO



# Indagini



- n.1 prova penetrometrica dinamica DPSH
- n. 2 stendimenti sismici con acquisizione prove di tipo MASW;
- n. 2 prove sismiche passive di tipo HVS

*-Prove penetrometriche statiche (SPT),  
Prove penetrometriche(DPSH)*

*Indagini sismiche*

*Prove di permeabilità*

*Misure piezometriche*

Campagna di indagini	Sigla	Coordinate UTM WGS 84		Quota m s.l.m.	Strumentazione installata	Piezometro TA tratto microfessurato	Prove in sito	Prof (m)	C Ind	C Rim	SPT
		E	N								
2020	S1	637359.285	4439566.34	4.97	Piezometro TA	2.00-37.00	n.1 prova Lefranc	40	2	6	7
2014	S2	637722.036	4440148.867	7.44	Piezometro TA	1.00-24.00	-	30	3		7
2022	S3	637585.32	4439850.46	8.00	Piezometro TA	0.50-22.00	n.1 prova Lefranc	30	1	6	5

Campagna	Sondaggio	Campione	tipo di campione	da m	a m	Quota di prelievo (da m a m)	Contenuto in acqua	Peso di volume	Peso specifico parte solida	Limiti di Atterberg			Composizione granulometrica (AGI)				
										W <sub>n</sub>	W <sub>p</sub>	I <sub>p</sub>	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Limo+argilla
							%	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	%	%	%	%	%	%	%	%
2020	S1	SPT1	rim	3.00	3.45	3.2			26.4				54	28			18.5
2020	S1	SPT2	rim	7.50	7.95	7.7	8.5		26.5				48	42			9.9
2020	S1	SPT3	rim	12.00	12.45	12.2	17.74			n.d.	n.p.		0	94			6.1
2020	S1	SPT4	rim	16.50	16.95	16.7							0	78	16	6	21.3
2020	S1	CI1	ind	18.00	18.55	18.3			26.8	47.0	27.0	20.0	0	2	61	37	97.4
2014	S2	CI1	ind	3.00	3.40	3.2	22.74	19.31	27.2				0	38	40	22	62.0
2014	S2	CI2	ind	15.40	16.00	15.7	22.96	19.45	27				1	89	7	3	10.0
2022	S3	CR1	rim	1.00	1.50	1.3	18.4	20		32.0	20.0	12.0	0	11	82	7	89.0
2022	S3	CR2	rim	5.00	5.60	5.3				nd	np		65	28	6	1	7.0
2022	S3	CR3	rim	8.00	8.60	8.3				nd	np		8	70	19	3	22.0
2022	S3	CR4	rim	12.00	12.60	12.3				nd	np		1	86	11	2	13.0
2022	S3	CR5	rim	17.30	17.85	17.6	17.5	20.5		nd	np		0	63	29	8	37.0
2022	S3	CI1	ind	20.80	21.45	21.1	26.2	19.7		nd	np		0	87	9	4	13.0
2022	S3	CR6	rim	24.00	24.60	24.3				nd	np		46	37	13	4	17.0

### ▲ 5.3.2 Unità 0

Tali depositi sono stati individuati lungo tutto il tratto in progetto, nella parte più superficiale per spessori da 1 a 5 m. In questa unità sono stati prelevati n.1 campione rimaneggiato, n.1 campione indisturbato e sono state eseguite n. 2 prove SPT.

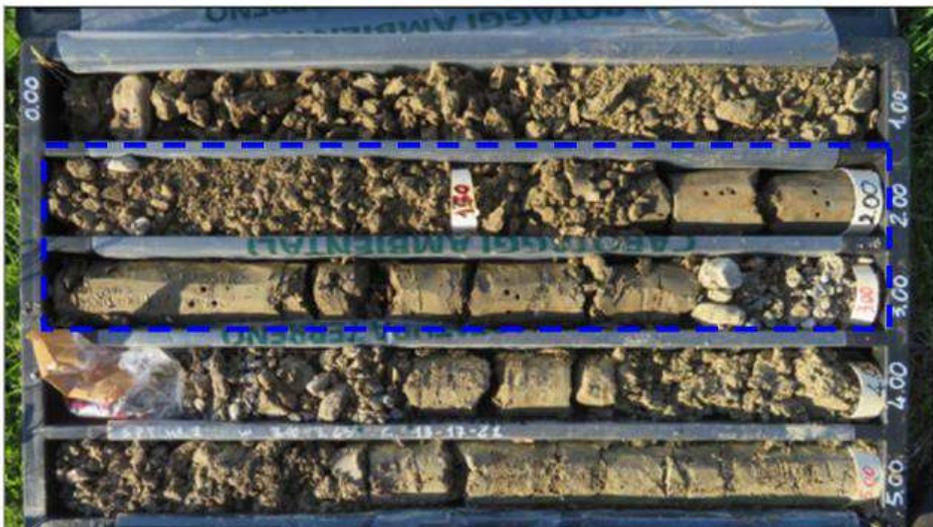
In laboratorio sono state eseguite prove di classificazione e granulometrie, n.2 prove di taglio diretto, n.1 prova di compressione monoassiale e n.1 prova edometrica. I risultati delle prove di laboratorio sono riportate nella tabella seguente.

Sondaggio	Campione	Profondità	$c'$ (kPa)	$\varphi'$ (°)
S2	CI1	3.00 – 3.40	18	29
S3	CR1	1.00 – 1.50	0	29

**Tabella 5-2 Risultati delle prove di taglio diretto (TD).**

Per la definizione dei parametri caratteristici di calcolo si fa riferimento sia ai risultati delle indagini (prove di laboratorio e prove in sito) sia ad informazioni di carattere bibliografico sui materiali simili.

Si riportano, di seguito, le foto di alcune cassette catalogatrici in cui sono presenti i materiali attribuiti a questa unità.



**Figura 5-4 Foto della cassetta catalogatrice (S1 0.0-5.0 m), i depositi alluvionali costituiti da sabbie e limi sono evidenziati nel riquadro blu.**

#### 5.3.2.1 Caratteristiche fisiche

*Granulometria e peso di volume*

La granulometria realizzata sul campione prelevato ha mostrato la seguente distribuzione granulometrica:

- percentuale di ghiaia nulla;
- percentuale di sabbia variabile da 11% a 38%;
- percentuale di limo variabile da 40% a 82%;
- percentuale di argilla variabile da 7% a 22%.

Il peso di volume risulta variabile da 19.3 a 20.0  $\text{kN/m}^3$ .

*Contenuto naturale di acqua e limiti di consistenza*

Contenuto d'acqua naturale  $w = 18 \div 23\%$

Limite liquido  $w_L = 32\%$

Limite plastico  $w_P = 20\%$

Indice plastico  $I_P = 12\%$

#### 5.3.2.2 Caratteristiche di resistenza in condizioni drenate

Nel corso delle prove sono stati determinati valori di  $N_{SPT}$  compresi tra 6 e 10.

Le caratteristiche di resistenza per l'unità geotecnica assunte sono le seguenti:

- coesione efficace  $c' = 0 \div 15 \text{ kPa}$
- angolo d'attrito  $\varphi' = 28^\circ \div 32^\circ$

#### 5.3.2.3 Caratteristiche di deformabilità

Per la determinazione del valore operativo del modulo elastico dei terreni sono stati considerati i risultati delle prove SPT, interpretati secondo le correlazioni riportate nel paragrafo 175.2.1 e i risultati delle indagini sismiche, come indicato nel paragrafo 5.2.3.

Le caratteristiche di deformabilità per l'unità geotecnica assunte sono le seguenti:

- modulo elastico  $E = 10 \div 20 \text{ MPa}$

### ▲ 5.3.3 Unità 1

Tali depositi sono stati individuati lungo tutto il tratto in progetto, per uno spessore di circa 5-6 m al di sotto delle alluvioni a granulometria limoso-sabbiosa. Nel sondaggio S3 (2022) al di sotto dello strato prevalentemente sabbioso si individua uno strato di materiale a granulometria ghiaiosa attribuibile a questa unità.

In questa unità è stato prelevato n.4 campioni rimaneggiati e sono state eseguite n. 7 prove SPT.

In laboratorio sono state eseguite prove di classificazione e granulometrie e nessuna prova meccanica, vista la natura dei campioni.

Per la definizione dei parametri caratteristici di calcolo si fa riferimento sia ai risultati delle indagini (prove di laboratorio e prove in sito) sia ad informazioni di carattere bibliografico sui materiali simili.

Si riportano, di seguito, le foto di alcune cassette catalogatrici in cui sono presenti i materiali attribuiti a questa unità.



Figura 5-5 Foto della cassetta catalogatrice (S3 5.0-10.0 m), i depositi alluvionali costituiti da ghiaie sono evidenziati nel riquadro blu.

#### 5.3.3.1 Caratteristiche fisiche

##### *Granulometria e peso di volume*

La granulometria realizzata sul campione prelevato ha mostrato la seguente distribuzione granulometrica:

- percentuale di ghiaia variabile da 46% a 65%;
- percentuale di sabbia variabile da 28% a 42%;
- percentuale di limo + argilla variabile da 7% a 18%;

##### *Contenuto naturale di acqua e limiti di consistenza*

Non determinabili vista la natura dei campioni.

#### 5.3.3.2 Caratteristiche di resistenza in condizioni drenate

Nel corso delle prove sono stati determinati valori di  $N_{SPT}$  compresi tra 32 e 63, con alcuni valori a rifiuto.

Le caratteristiche di resistenza per l'unità geotecnica assunte sono le seguenti:

- coesione efficace  $c' = 0$  kPa
- angolo d'attrito  $\varphi' = 31^\circ \div 38^\circ$

#### 5.3.3.3 Caratteristiche di deformabilità

Per la determinazione del valore operativo del modulo elastico dei terreni sono stati considerati i risultati delle prove SPT, interpretati secondo le correlazioni riportate nel paragrafo 175.2.1 e i risultati delle indagini sismiche, come indicato nel paragrafo 5.2.3.

Le caratteristiche di deformabilità per l'unità geotecnica assunte sono le seguenti:

- modulo elastico  $E = 20 \div 60$  MPa

### 5.3.4 Unità 2

Tali depositi sono stati individuati lungo tutto il tratto in progetto, fino a profondità di circa 22 m dal p.c..

In questa unità sono stati prelevati n.5 campioni rimaneggiati, n.2 campioni indisturbati e sono state eseguite n. 6 prove SPT.

In laboratorio sono state eseguite prove di classificazione e granulometrie, n.2 prove di taglio diretto, n.1 prova di compressione triassiale consolidata drenata. I risultati delle prove di laboratorio sono riportati nella tabella seguente.

Sondaggio	Campione	Profondità	Prova di taglio diretto (TD)		Prova triassiale consolidata drenata (TX-CD)	
			$c'$ (kPa)	$\varphi'$ (°)	$c'$ (kPa)	$\varphi'$ (°)
S2	CI2	15.40 – 16.00	-	-	10	35
S3	CR5	17.30 – 17.85	0	33	-	-
S3	CI1	20.80 – 21.45	0	36.5	-	-

**Tabella 5-3 Risultati delle prove di laboratorio.**

Per la definizione dei parametri caratteristici di calcolo si fa riferimento sia ai risultati delle indagini (prove di laboratorio e prove in sito) sia ad informazioni di carattere bibliografico sui materiali simili.

Si riportano, di seguito, le foto di alcune cassette catalogatrici in cui sono presenti i materiali attribuiti a questa unità.



**Figura 5-6** Foto della cassetta catalogatrice (S1 10.0-15.0 m), i depositi alluvionali costituiti da sabbie sono evidenziati nel riquadro blu.

#### 5.3.4.1 Caratteristiche fisiche

*Granulometria e peso di volume*

La granulometria realizzata sul campione prelevato ha mostrato la seguente distribuzione granulometrica:

- percentuale di ghiaia variabile da 0% a 8%;
- percentuale di sabbia variabile da 63% a 94%;
- percentuale di limo + argilla variabile da 6% a 37%;

Il peso di volume risulta variabile da 17 a 20.5  $\text{kN/m}^3$ .

*Contenuto naturale di acqua e limiti di consistenza*

Non determinabili vista la natura dei campioni.

#### 5.3.4.2 Caratteristiche di resistenza in condizioni drenate

Nel corso delle prove sono stati determinati valori di  $N_{SPT}$  compresi tra 7 e 21.

Le caratteristiche di resistenza per l'unità geotecnica assunte sono le seguenti:

- coesione efficace  $c' = 0 \div 5 \text{ kPa}$
- angolo d'attrito  $\varphi' = 28^\circ \div 32^\circ$

Il range di variabilità dei parametri caratteristici è riportato nella tabella al parag. 5.4.

#### 5.3.4.3 Caratteristiche di deformabilità

Per la determinazione del valore operativo del modulo elastico dei terreni sono stati considerati i risultati delle prove SPT, interpretati secondo le correlazioni riportate nel paragrafo 175.2.1 e i risultati delle indagini sismiche, come indicato nel paragrafo 5.2.3.

Le caratteristiche di deformabilità per l'unità geotecnica assunte sono le seguenti:

- modulo elastico  $E = 20 \div 90 \text{ MPa}$

### 5.3.5 Unità 3

Il substrato è individuato lungo il tratto in progetto a profondità superiori a 22 m dal p.c. per tutta la profondità indagata (nei sondaggi S1 e S2).

In questa unità è stato prelevato n.1 campione indisturbato e sono state eseguite n. 4 prove SPT.

In laboratorio sono state eseguite prove di classificazione, granulometrie, n.1 prova di compressione triassiale consolidata non drenata e n.1 prova edometrica.

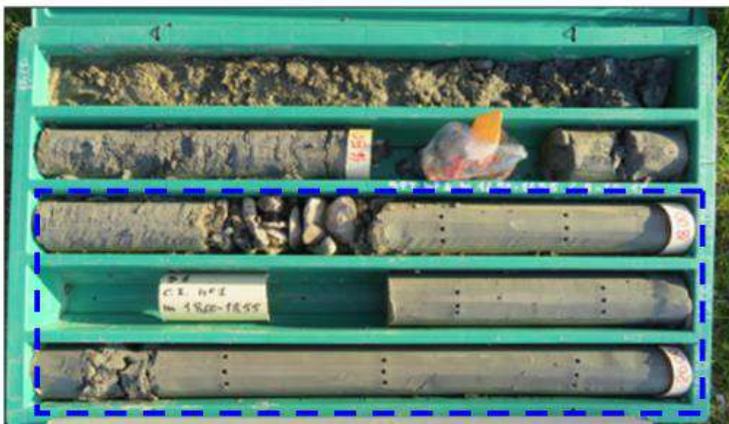
I risultati delle prove di laboratorio sono riportate nella tabella seguente.

Sondaggio	Campione	Profondità	Prova triassiale consolidata non drenata (TX-CIU)	
			$c^{\circ}$ (kPa)	$\varphi^{\circ}$ (°)
S1	CI1	18.00 – 18.55	20	23.1

**Tabella 5-4 Risultati delle prove di laboratorio.**

Per la definizione dei parametri caratteristici di calcolo si fa riferimento sia ai risultati delle indagini (prove di laboratorio e prove in sito) sia ad informazioni di carattere bibliografico sui materiali simili.

Si riportano, di seguito, le foto di alcune cassette catalogatrici in cui sono presenti i materiali attribuiti a questa unità<sup>1</sup>



**Figura 5-7 Foto della cassetta catalogatrice (S1 15.0-20.0 m), il substrato marnoso è evidenziato nel riquadro blu.**

#### ▲ 5.3.5.1 Caratteristiche fisiche

##### Granulometria e peso di volume

Le granulometrie realizzate sui campioni prelevati hanno mostrato le seguenti distribuzioni granulometriche:

- percentuale di ghiaia pari a 0%;
- percentuale di sabbia pari al 2%;
- percentuale di limo pari al 61%;
- percentuale di argilla pari al 37%.

##### Contenuto naturale di acqua e limiti di consistenza

Limite liquido  $w_L = 47\%$

Limite plastico  $w_P = 27\%$

Indice plastico  $I_P = 20\%$

#### 5.3.5.2 Caratteristiche di resistenza in condizioni drenate

Nel corso delle prove sono stati determinati valori di  $N_{SPT}$  compresi tra 28 e 35.

Si osserva che l'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche restituisce un valore dell'angolo di attrito pari o superiore a 35°. Il materiale presenta una certa coesione, come evidenziato dai sondaggi e dalle caratteristiche di materiali argilloso-marnosi. Nella prova di compressione triassiale è stato determinato un valore di coesione pari a 20 kPa. L'interpretazione delle prove SPT non permette di tenere in conto la componente coesiva della resistenza, pertanto il valore stimato deve essere inteso come un valore che comprende anche l'effetto di tale componente. Nel seguente grafico si riporta un confronto tra la curva di rottura con comportamento

puramente attritivo (con un angolo di attrito pari a  $\varphi' = 35^\circ$ ) e una curva che rappresenta un criterio di rottura coesivo-attritivo. Per valori tensionali corrispondenti a quelli che si hanno a circa 8 m dal p.c. e considerando un valore di coesione pari a  $c' = 20 \text{ kPa}$ , si ha un valore dell'angolo di attrito corrispondente pari a circa  $\varphi' = 24^\circ$ .

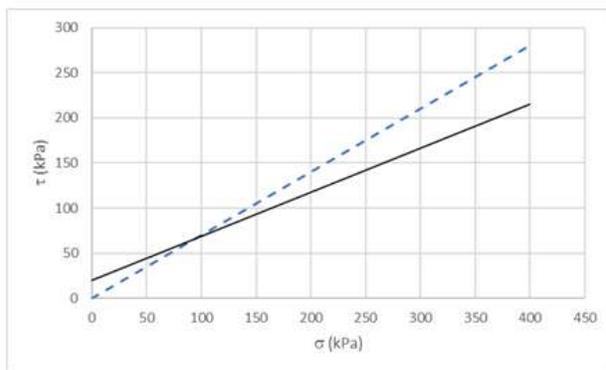


Figura 5-8 Interpretazione delle prove SPT in termini di angolo di attrito e coesione.

#### 5.3.5.3 Caratteristiche di resistenza in condizioni drenate

Dalle prove SPT si determina un valore di  $c_u$  variabile tra 140 e 275 kPa.

I valori di pocket penetrometer misurati sul campione in laboratorio hanno valori di circa 400 kPa, indicativi di valori di coesione non drenata pari a circa 200 kPa, i valori determinati con Vane Test sono pari a circa 150 kPa.

Le caratteristiche di resistenza per l'unità geotecnica assunte sono le seguenti:

- coesione efficace  $c' = 20 \div 30 \text{ kPa}$
- angolo d'attrito  $\varphi' = 24^\circ \div 26^\circ$
- coesione non drenata  $c_u = 200 \div 300 \text{ kPa}$

Il range di variabilità dei parametri caratteristici è riportato nella tabella al paragrafo 5.4.

#### 5.3.5.4 Caratteristiche di deformabilità

Per la determinazione del valore operativo del modulo elastico dei terreni sono stati considerati i risultati delle prove SPT, interpretati secondo le correlazioni riportate nel paragrafo 175.2.1 e i risultati delle indagini sismiche, come indicato nel paragrafo 5.2.3.

Le caratteristiche di deformabilità per l'unità geotecnica assunte sono le seguenti:

- modulo elastico  $E = 40 \div 80 \text{ MPa}$  per  $z < 35 \text{ m}$

#### 5.4 Parametri geotecnici caratteristici

Nella seguente tabella si riportano i parametri geotecnici caratteristici definiti per le specifiche opere di progetto.

##### Scala e rampa disabili

UNITA'	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	Dr (%)	Cu (kPa)	c' (kPa)	$\phi'$ (°)	Ed (MPa)	E (MPa)	v	N <sub>SPT<sub>cor</sub></sub>
U0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U1	20.6	24.2	52.70	-	-	31.65	41.697	30.082	0.31	32.6
U2	16.6	19.1	32.66	-	-	28.50	13.271	8.957	0.33	13.13
U3	22.4	23.7	-	245	20	24.08	10.359	7.473	0.31	33.75

Tabella 5-5 Modello geotecnico scala e rampa disabili.

##### Opere viabilità di ricucitura tra Via Fiera e Via Lido

Unità	Descrizione	$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	c' (kPa)	$\phi'$ (°)	c <sub>u</sub> (kPa)	E (MPa)
R	Terreno di riporto	-	-	-	-	-
U0	Depositi alluvionali limoso-sabbiosi	19	0	29	-	15
U1	Depositi alluvionali ghiaiosi	20	0	35	-	30
U2	Depositi alluvionali sabbiosi	19	0	33	-	20
U3	Substrato marnoso-siltoso	20	20	24	250	50

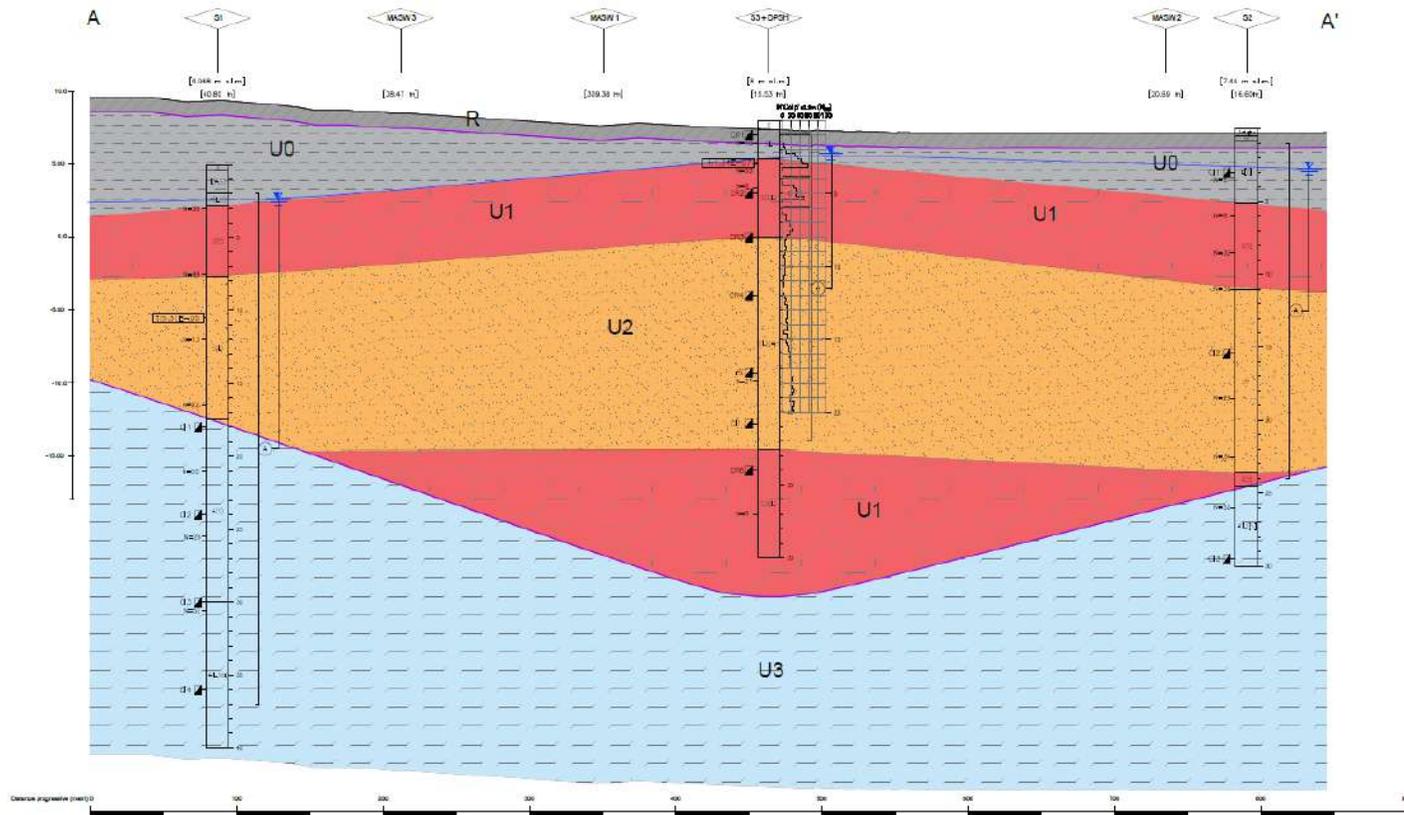
Tabella 5-6 Modello geotecnico opere viabilità di ricucitura.

#### 5.5 Livelli piezometrici

Nel profilo geotecnico è riportato il livello piezometrico con riferimento alle misure nei piezometri a tubo aperto installati nel corso delle perforazioni. Le misure in foro del livello piezometrico sono inoltre riportati nella Tabella 4-6.]

Nei calcoli si considera cautelativamente un livello di falda pari a 2,0 m dal p.c.

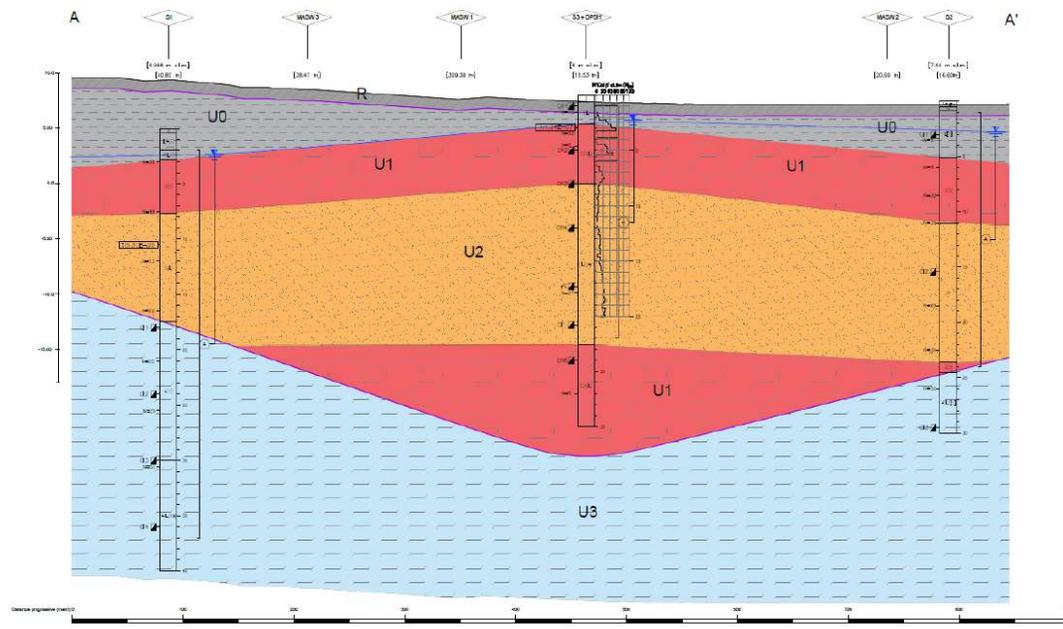
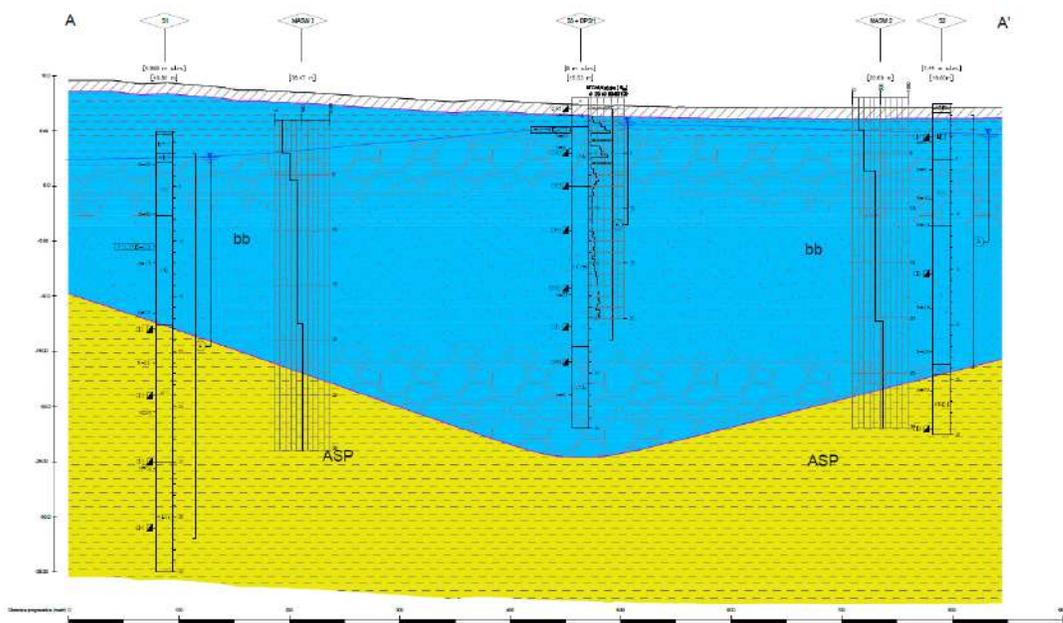
# PROGETTO OUTPUT-MODELLO GEOTECNICO



**LEGENDA PROFILO GEOTECNICO**

- R - Terreno di riporto
- U0 - Depositi alluvionali limoso-sabbiosi
- U1 - Depositi alluvionali ghiaiosi
- U2 - Depositi alluvionali sabbiosi
- U3 - Substrato marnoso-siltoso

# INPUT-OUTPUT



## LEGENDA GEOLOGICA

	Depositi di spiaggia attuale: ghiaie e sabbie ( <b>g2</b> ) <i>OLOCENE</i>
	Deposito alluvionale recente: sabbie con livelli di ghiaie; depositi argillosi e limosi in presenza dello sbocco dei corsi d'acqua in zone di pianure con formazioni di conoidi sedimentari ( <b>bb</b> ) <i>OLOCENE</i>
	Argille marnoso-siltose con livelli metrici di arenarie (ASP2) e conglomerati (ASP1) ( <b>ASP</b> ) <i>PLEISTOCENE</i>

## LEGENDA PROFILO GEOTECNICO

	R - Terreno di riporto
	U0 - Depositi alluvionali limoso-sabbiosi
	U1 - Depositi alluvionali ghiaiosi
	U2 - Depositi alluvionali sabbiosi
	U3 - Substrato marnoso - siltoso

**Grazie**



# LA GEOLOGIA NEL MONDO DEL LAVORO

*ITALFERR S.p.A.*

Il ruolo del geologo nella progettazione ferroviaria  
Bonifiche e Due Diligence ambientali

5 maggio 2023



## LA GEOLOGIA NEL MONDO DEL LAVORO

La microstruttura operativa di Bonifiche e Due Diligence ambientali in Italferr



# Bonifiche e Due Diligence Ambientali – COSA FACCIAMO

Procedimenti di Bonifica di siti inquinati – Art. 242

Valutazione e risoluzione di interferenze dei progetti ferroviari con siti inquinati - Art. 242ter

Due Diligence Ambientale di siti con potenziali passività ambientale

Monitoraggio Ambientale dei siti inquinati

Progetti di Rimozione rifiuti

Valutazione del rischio chimico per i lavoratori nei cantieri archeologici  
in siti inquinati o con rifiuti abbandonati

# MATERIE E COMPETENZE



# COMPOSIZIONE DELLA STRUTTURA OPERATIVA



## N. 4 Geologi

- *Geologia di Esplorazione*
- *Geologia – Applicata all’ingegneria*
- *Prospezioni Geologiche e Cartografia*
- *Geologia applicata all’ingegneria, al territorio ed ai rischi*

## N. 3 Ingegneri

- *Sanitaria – ambientale*
- *Tutela dell’ambiente*
- *Sanitaria - ambientale*

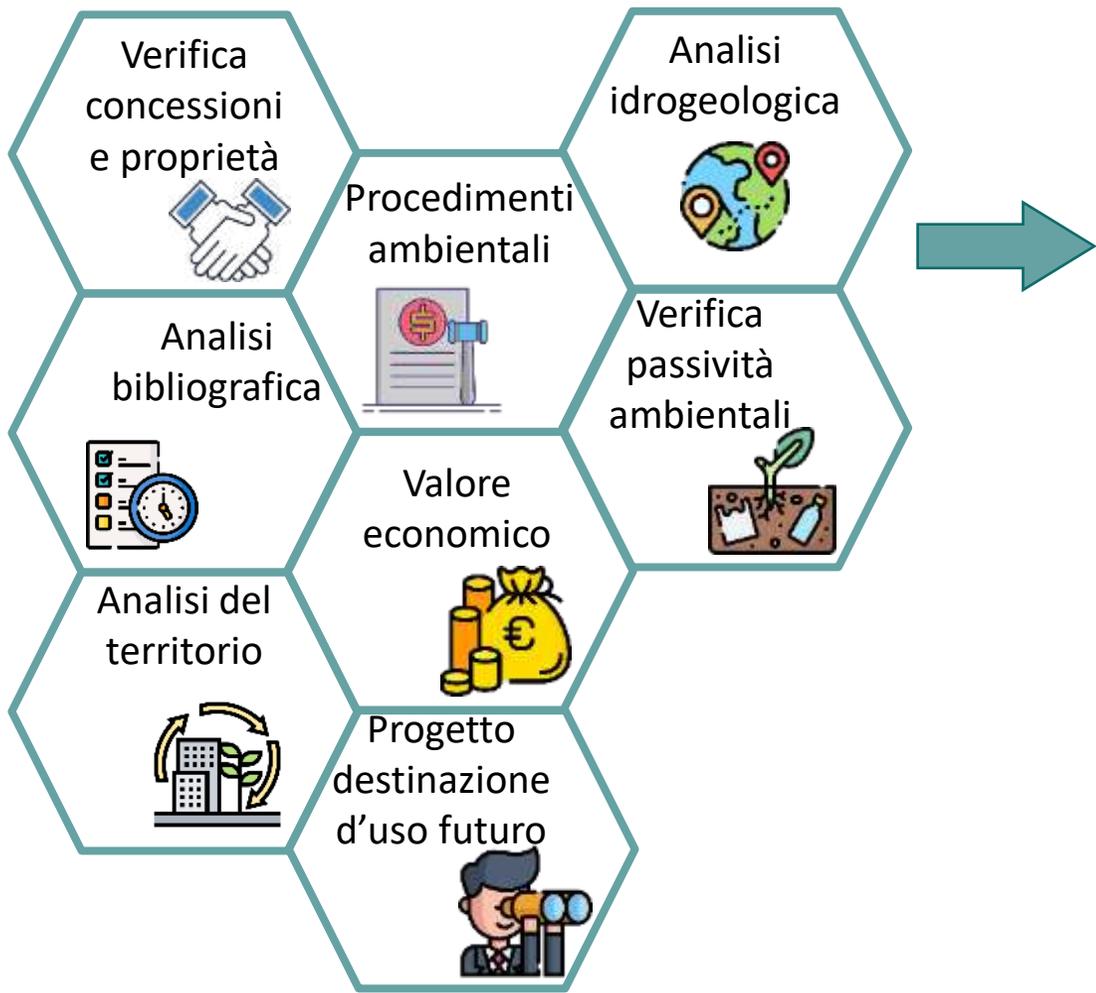
# LA GEOLOGIA NEL MONDO DEL LAVORO

Le Due Diligence Ambientali



# Due Diligence Ambientale

ATTIVITÀ PREVENTIVA DI RICOGNIZIONE E ANALISI DI CONFORMITÀ AMBIENTALE ESEGUITA NELL'AREA SU CUI INSISTE UNA PROPRIETÀ OGGETTO DI UN'OPERAZIONE ECONOMICA DI INVESTIMENTO

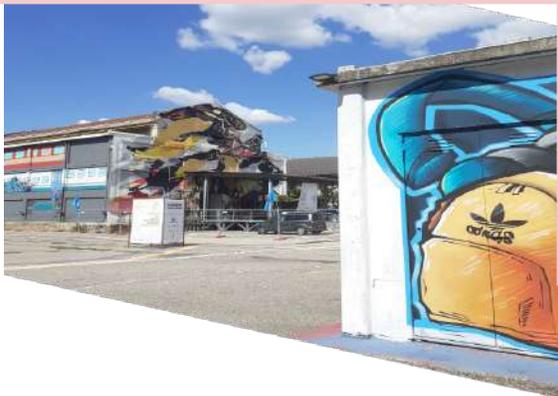


# Due Diligence Ambientale

Le fasi del processo di DDA



Analisi  
documentale



Indagini in situ



Individuazione e  
quantificazione dei  
rischi ambientali  
connessi ad un  
investimento



# Due Diligence Ambientale



Prima



Dopo



Lo scopo è individuare potenziali oneri correlati alla salvaguardia dell'ambiente e della salute (passività ambientali), a garanzia di tutte le parti coinvolte (compresi l'ambiente e le generazioni future)

## IL CONTRIBUTO DEL GEOLOGO:

- Identificazione possibili sorgenti di contaminazione
- Studio matrici contaminate interessate, da bonificare
- Analisi del contesto geologico di riferimento e della mobilità della contaminazione

- Redazione e realizzazione dei piani di indagine
- Analisi di rischio
- Progetti di bonifica
- Eliminazione fenomeni di cross-contamination

# Due Diligence Ambientale

Uno strumento utile per la pianificazione e per la progettazione



Ieri



Oggi

Potenziali criticità ambientali delle aree non segnalate in anagrafi regionali e nazionali

- Analisi foto storiche al fine di individuare anomalie da approfondire poi con indagini dedicate
- Analisi informazioni storiche delle aree

- Fornire indicazioni circa la presenza di sottoservizi – serbatoi interrati – rifiuti interrati

- Qualificazione dei rischi in base alla natura geologica ed idrologica dell'area e della presenza di recettori nell'intorno

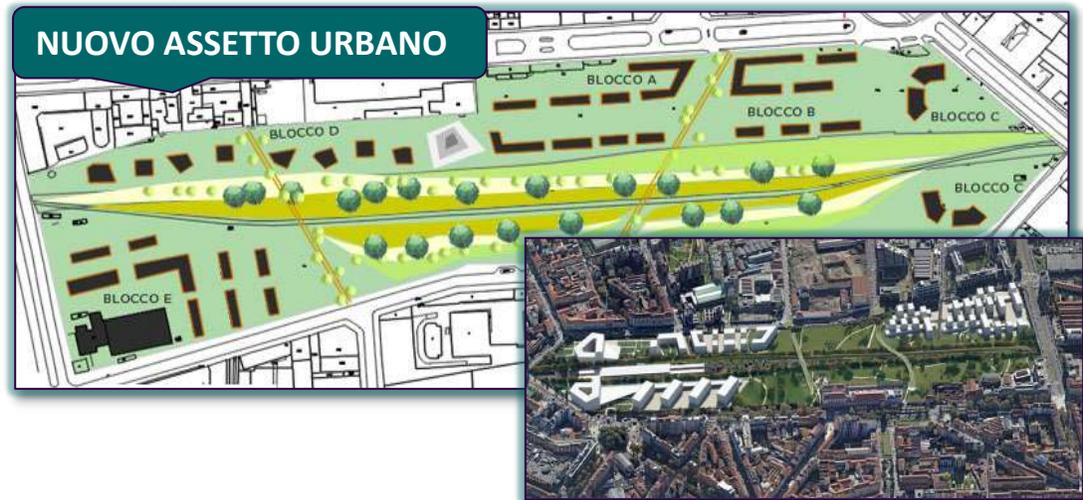
# Due Diligence Ambientale

## RICONVERSIONE URBANA DELLE AREE FERROVIARIE DISMESSE



### Cambia:

- destinazione d'uso → da industriale a residenziale
  - recettori → da lavoratori a residenziali
- le modalità di trasporto degli inquinanti → pavimentazioni, edifici, ambienti



# Due Diligence Ambientale

## INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE DELLE AREE



- CUMULI DI RIFIUTI
- VASCHE DI BITUMAGGIO
- SERBATOIO INTERRATO
- AREA RIAMBIENTALIZZATA

# Grazie per l'attenzione



[c.pilla@italferr.it](mailto:c.pilla@italferr.it)  
[f.bernassola@italferr.it](mailto:f.bernassola@italferr.it)



# LA GEOLOGIA NEL MONDO DEL LAVORO

*ITALFERR S.p.A.*

## Il ruolo del geologo nella progettazione ferroviaria

Francesco Paolo

5 maggio 2023



# INDICE

<b>01</b>	Geo Portfolio	4
<b>02</b>	Analisi degli aspetti ambientali connessi alla fase costruttiva	5
<b>03</b>	Studio e verifica delle mitigazioni ambientali	6/7/8
<b>04</b>	Conclusioni	9



# L'approccio del geologo a supporto delle mitigazioni ambientali nei cantieri

Esperienze, studi e analisi



# GEO - PORTFOLIO

## Esperienze, passioni e consigli

### COMPETENZE

Laurea Magistrale in Scienze Geologiche.

Esperienze in geologia applicata e ambientale alle opere di ingegneria strutturale ed infrastrutturale.

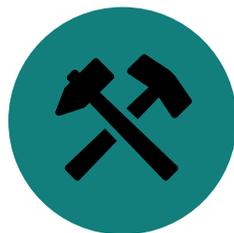
Approfondimenti e Passione per le tematiche ambientali.

### LA NOSTRA VISIONE

La multidisciplinarietà della geologia permette di riuscire a spiegare attraverso modelli e formule alcuni dei principali fenomeni e meccanismi della terra.

### I NOSTRI PUNTI DI FORZA

Flessibilità, Analisi delle problematiche dal punto di vista tecnico scientifico, Valutare i dati raccolti, Collaborazione e Sinergia alle fasi di progettazione con altre figure professionali.



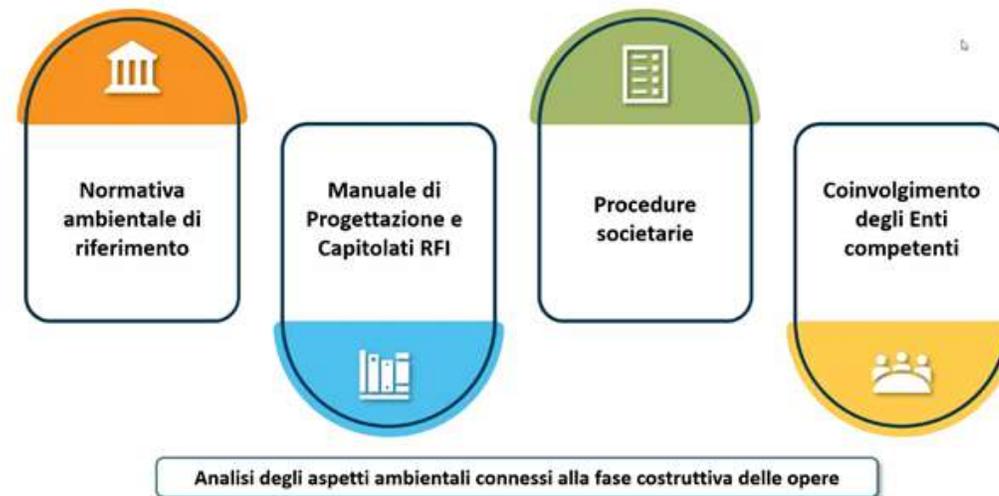
**S.O. Ingegneria ambientale e del territorio**

***Gestione terre e rocce da scavo e Progettazione ambientale dei cantieri***

# Analisi degli aspetti ambientali connessi alla fase costruttiva

## ELEMENTI CARATTERIZZANTI E INTERVENTI DI MITIGAZIONE

IDENTIFICAZIONE ASPETTI AMBIENTALI DI PROCESSO (AAPC)	ASPETTO AMBIENTALE															
	Programmazione e pianificazione territoriale	Sistema dei vincoli e delle aree protette	Beni storici e architettonici	Paesaggio e visualità	Archeologia	Acque	Suolo e sottosuolo	Vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi	Emissioni in atmosfera	Rumore	Vibrazioni	Rifiuti e materiali di risulta	Sostanze pericolose	Materie prime	Emissioni ionizzanti e non ionizzanti	Consumi energetici



**Simulazioni modellistiche** delle principali componenti ambientali;

In funzione della tipologia di opera ed il sistema di cantierizzazione previsto, considerare le potenziali interferenze delle attività di cantiere sulle componenti ambientali;

Le principali procedure operative e gli interventi diretti di mitigazione da adottare per ciascun aspetto ambientale ritenuto significativo;

Elementi per la progettazione del **cantiere sostenibile** (CO2 eq risparmiata, bilancio idrico del cantiere, efficientamento energetico, ecc.)

### Interventi di mitigazione cosa sono?

**Barriere antirumore/antipolvere mobili e fisse sul perimetro delle aree di cantiere e lungo il fronte di avanzamento lavori**

### *Interventi sulle sorgenti di rumore*

**Bagnatura delle aree e delle piste di cantiere**  
**Spazzolatura delle viabilità esterna ai cantieri**

# Studio e Verifica delle mitigazioni ambientali

## ANALISI DELLE PRINCIPALI COMPONENTI AMBIENTALI



### Acque Superficiali e sotterranee

01

**Modifica delle caratteristiche qualitative delle acque superficiali e sotterranee (variazione dei parametri chimico-fisici, microbiologici e biologici) può derivare da un complesso di azioni ascrivibili alla fase costruttiva:**

**Uso di sostanze additanti** ai fini della realizzazione delle fondazioni indirette, al fine principale di sostenere le pareti delle perforazioni dei pali di fondazione.

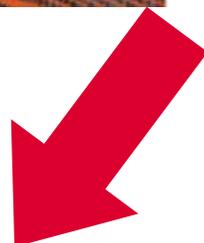
**Produzione di acque reflue** derivanti dallo svolgimento delle ordinarie attività di cantiere, quali lavaggio mezzi d'opera e bagnatura cumuli.

**Produzione di liquidi inquinanti** derivanti dallo sversamento accidentale di olii o altre sostanze.

**Produzione delle acque meteoriche** di dilavamento delle superfici pavimentate delle aree di cantiere fisso

### Mitigazioni

**Prevenzione, gestione e stoccaggio** delle sostanze inquinanti, tramite impianti di raccolta e smaltimento delle acque e sistemi per il convogliamento e il rallentamento dei flussi superficiali delle acque.



# Studio e Verifica delle mitigazioni ambientali

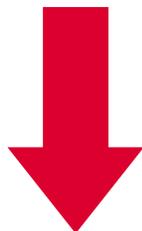
## ANALISI DELLE PRINCIPALI COMPONENTI AMBIENTALI

### Emissioni in atmosfera

Criticità legate alla **emissione di Particolato e in misura minore di altri inquinanti** da parte di mezzi di cantiere (carico scarico materiale polverulento, erosione del vento sui cumuli, flussi di traffico)

**Analisi atmosferica** per stimare la quantità di inquinante prodotta durante le attività di cantiere al fine di valutare la sua dispersione in atmosfera in prossimità delle aree di cantiere e dei ricettori ritenuti maggiormente sensibili.

**Stato della Qualità dell'aria** – Caratterizzazione comunale scelta per le simulazioni modellistiche.

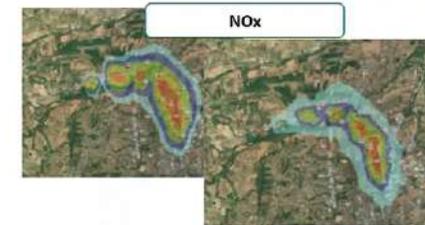
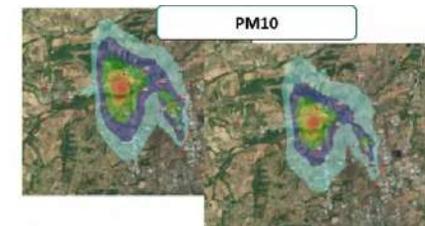


### MITIGAZIONI

**Bagnatura** aree e piste di cantiere

**Spazzolatura** viabilità esterna ai cantieri

Impianto di **lavaggio** ruote automezzi



# Studio e Verifica delle mitigazioni ambientali

## ANALISI DELLE PRINCIPALI COMPONENTI AMBIENTALI

03

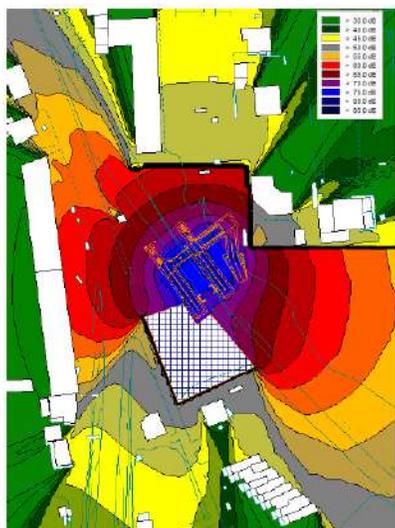
### Rumore e Vibrazioni

**Individuazione scenari più significativi sotto il profilo del potenziale impatto acustico e vibrazionale** in base alla Tipologia delle attività e delle lavorazioni previste.

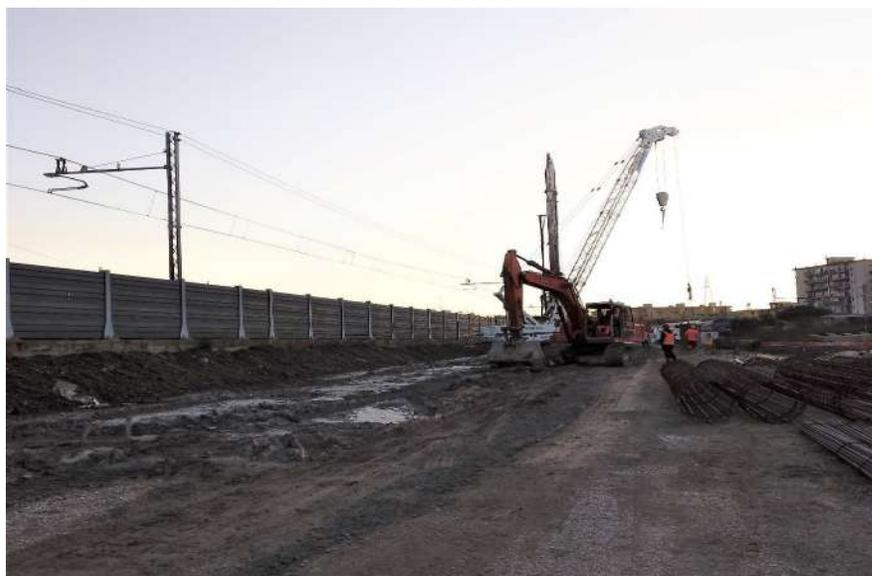
Durata e contemporaneità delle lavorazioni - (Traffici di cantiere) – Realizzazione pali di fondazione (in base al contesto geologico)

Prossimità cantiere a ricettori residenziali e sensibili – Classe acustica, se presente, nella quale ricadono le aree di cantiere e le zone ad esse.

**Ricettori sensibili in area di cantiere**



Scenario mitigato con inserimento di barriere



# Conclusioni

## Mitigazione impatti ambientali e sostenibilità del cantiere

Le buone pratiche da adottare al fine di tutelare l'ambiente durante le attività di cantiere.

**Cantiere sostenibile** in cui tutti gli aspetti ambientali vengono gestiti tenendo al centro della progettazione i principi di sostenibilità ambientale nel rispetto, della minimizzazione dell'impegno di risorse materiali non rinnovabili e di massimo riutilizzo delle risorse naturali impegnate dall'intervento e della massima manutenibilità, miglioramento del rendimento energetico, durabilità dei materiali e dei componenti, compatibilità tecnica ed ambientale dei materiali ed agevole controllabilità delle prestazioni dell'intervento nel tempo.



 Ottimizzare i costi dell'appalto → Fattibilità dell'opera

Favorire il riutilizzo delle risorse piuttosto che lo smaltimento 



 Ridurre gli «**impatti**» generati dalle opere

Promuovere la riqualifica di territori degradati (interventi di bonifica, cave dismesse, ecc.) 

Progettazione integrata e sostenibile per l'inserimento dell'opera e dei cantiere nel territorio 

**Grazie**



# Gestione terre e rocce da scavo – La figura del Geologo all'interno della progettazione ferroviaria

Geol. Filippo Gori



# FILIPPO GORI

Università degli Studi di Firenze



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DST**  
DIPARTIMENTO DI  
SCIENZE DELLA TERRA

- Aprile 2009: **Laurea Specialistica in Difesa del Suolo** «Geotecnologie per l'Ambiente e il Territorio
- Dicembre 2009: **Abilitazione all'esercizio della professione di geologo sez.A**
- 2010-2021: attività di **libera professione** relazioni geologiche e geotecniche
- 2013-2018: **Biochemie Lab srl** (*laboratorio di analisi*)
  - Monitoraggio emissioni in atmosfera, campionamento rifiuti
- 2016-2021: **Autostrade per l'Italia (TECNE)** consulente ambientale
  - Monitoraggio Geotecnico su versante e in galleria (Variante di valico appenninica Bologna-Firenze)
- 2018-2021: **Mares srl - HPC ITALIA srl**
  - Collaborazione settore ambientale: gestione terre e rocce da scavo, assistenza tecnica attività di perforazione, accertamento qualità ambientale, monitoraggio acque di falda.
- Aprile 2022: **Geologo presso Italferr S.O. Ingegneria Ambientale e del Territorio** «*Gestione Terre e Progettazione Ambientale cantieri*»

# Italferr e la progettazione ferroviaria

ITALFERR S.p.A. → Società di ingegneria del Gruppo FS dal 1984



## Competenze tecniche

- ✓ Elaborare la **progettazione dei PUT** in qualità di **PROPONENTE**
- ✓ Verifica l'attuazione del PUT in qualità di **SUPERVISORE**
- ✓ Verificare e **validare** la progettazione
- ✓ Confrontarsi con gli **Enti** (MASE, Regioni, Comuni, ecc.)

## Obiettivi strategici

- ✓ Ottimizzare i **costi dell'appalto** → Fattibilità dell'opera
- ✓ Favorire il **riutilizzo** dei materiali da scavo in qualità di **sottoprodotto** piuttosto che lo smaltimento in qualità di **rifiuti**.
- ✓ Ridurre gli **impatti** generati dalle opere
- ✓ Promuovere il recupero e la **riqualifica** di territori degradati (interventi di bonifica, cave dismesse, ecc.)

# ...Un tema «caldo» della nostra SO: *la gestione delle terre e rocce da scavo.*



## Il nostro approccio

Quante sono?  
Che caratteristiche hanno?  
Come le gestiamo?  
Dove le mettiamo?  
Quanto ci costano?



► **Conoscenza del territorio sin dalla fase di progettazione e uno scambio di informazioni continuo con le altre specialistiche coinvolte nel progetto**

- Conoscenza del contesto geologico
- Esecuzione di indagini ambientali di dettaglio (comparazione con eventuali VFN)
- Individuare le WBS di produzione e tecniche di scavo
- Elaborazione del bilancio dei materiali
- Rinvenimento di siti contaminati interferenti l'opera
- Identificazione dei trattamenti di normale pratica industriale
- Definizione delle modalità di gestione
- Individuazione dei siti di conferimento



Massimizzare il riutilizzo nell'ambito dei lavori



Riduzione degli smaltimenti



**Contenere gli importi complessivi delle opere**

# DPR 120/2017 – Terre e rocce da scavo

## Definizioni (Art. 2)

Cantiere di **piccole dimensioni**  
(*TRS < 6.000 mc*)

Cantiere in cui sono prodotte terre e rocce da scavo in quantità **non superiori a seimila metri cubi**, calcolati dalle sezioni di progetto, nel corso di attività e interventi autorizzati in base alle norme vigenti, **comprese** quelle prodotte nel corso di **attività o opere soggette a valutazione d'impatto ambientale o ad autorizzazione integrata ambientale** di cui alla Parte II del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152

Cantiere di **grandi dimensioni**  
**NON sottoposti a VIA o AIA**  
(*TRS > 6.000 mc*)

Cantiere in cui sono prodotte terre e rocce da scavo in **quantità superiori a seimila metri cubi**, calcolati dalle sezioni di progetto, nel corso di **attività o di opere non soggette a procedure di valutazione di impatto ambientale o ad autorizzazione integrata ambientale** di cui alla Parte II del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152

Cantiere di **grandi dimensioni**  
**sottoposti a VIA o AIA**  
(*TRS > 6.000 mc*)

Cantiere in cui sono prodotte terre e rocce da scavo in **quantità superiori a seimila metri cubi**, calcolati dalle sezioni di progetto, nel corso di **attività o di opere soggette a procedure di valutazione di impatto ambientale o ad autorizzazione integrata ambientale** di cui alla Parte II del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152

# Gestione dei materiali di risulta: approccio normativo



*Progettare prediligendo il riutilizzo piuttosto che lo smaltimento*  
**OTTIMIZZAZIONE DEI COSTI DELL'APPALTO/FATTIBILITÀ DELL'OPERA**

## A – Sottoprodotti

TUA art.184 bis  
 DPR 120/2017 Art. 4 - 22

- ✓ RILEVANTI VOLUMI IN GIOCO
- ✓ NECESSITÀ DI TRATTAMENTO per massimizzare riutilizzi interni
- ✓ UTILIZZO INTERNO O ESTERNO

PIANO DI UTILIZZO TERRE (PUT)/DICHIARAZIONE DI UTILIZZO

ESPLETAMENTO ITER DI APPROVAZIONE

## B - Esclusione dal regime dei rifiuti

TUA art.185  
 DPR 120/2017 Art. 24

- ✓ RIUTILIZZO NELLO STESSO SITO DI PRODUZIONE
- ✓ NESSUN TRATTAMENTO
- ✓ SOLO VIABILITÀ DI CANTIERE

PIANO PRELIMINARE DI UTILIZZO IN SITO/PIANO DI GESTIONE DEI MATERIALI DI RISULTA

ESPLETAMENTO ITER DI APPROVAZIONE

## C – Rifiuti

TUA parte IV  
 DPR 120/2017 art.23

- ✓ ESIGUI VOLUMI IN GIOCO
- ✓ MATERIALI NON NECESSARI O NON COMPATIBILI
- ✓ IMPIANTI DI RECUPERO/SMALTIMENTO ESTERNI

PIANO DI GESTIONE DEI MATERIALI DI RISULTA

NESSUN ITER DI APPROVAZIONE

# DPR 120/2017 – Terre e rocce da scavo

## Criteri per qualificare le TRS come sottoprodotti (Art. 4)

### Art. 4. Criteri per qualificare le terre e rocce da scavo come sottoprodotti

Le terre e rocce da scavo per essere qualificate sottoprodotti devono soddisfare i seguenti requisiti:

- a) **sono generate durante la realizzazione di un'opera**, di cui costituiscono parte integrante e il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;
- b) **il loro utilizzo è conforme alle disposizioni del piano di utilizzo di cui all'articolo 9 o della dichiarazione di cui all'articolo 21**, e si realizza:
  - 1) nel corso dell'esecuzione della stessa opera nella quale è stato generato o di un'opera diversa, per la realizzazione di reinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati, miglioramenti fondiari o viari, recuperi ambientali oppure altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali;
  - 2) in processi produttivi, in sostituzione di materiali di cava;
- c) **sono idonee ad essere utilizzate direttamente, ossia senza alcun ulteriore trattamento** diverso dalla normale pratica industriale;
- d) **soddisfano i requisiti di qualità ambientale** espressamente previsti dal Capo II o dal Capo III o dal Capo IV del presente regolamento, per le modalità di utilizzo specifico di cui alla lettera b).

# Sottoprodotti (PUT) in fase progettuale

## Le indagini sui siti di produzione



Terre e rocce da scavo



Terreno Vegetale



Riporti

**Indagini lungo linea (opere lineari nuove o opere in terra esistenti\* costituite da materiale da cava)**

**Passo delle indagini (Allegato 2 D.P.R. 120/2017):** PFTE: 1/2000 metri; PFTE+/PD/PE: 1/500 metri

Numero di campioni da DPR 120/2017 distinguendo tra sondaggi e pozzetti

**set analitico da ricercare (Allegato 4 D.P.R. 120/2017):** Tabella 4.1 e confronto con le CSC in riferimento alla destinazione d'uso **futura** del sito (anche D.M. 46/2019)

**Indagini sui materiali di riporto e sulle opere esistenti costituite da riporto (manufatti e non opere in terra)**

**Passo delle indagini:** Solo dove c'è riporto (indagini puntuali).

Se il riporto è distribuito su tutta la linea allora passo da Allegato 2 D.P.R. 120/2017

**set analitico da ricercare:** Tabella 4.1 del D.P.R. 120/2017 + test di cessione ex. D.M. 05/02/98 e confronto con le CSC di Tabella 2, Allegato 5, Parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/06 e s.m.i..

Se è presente materiale antropico presente nel riporto indagini da Allegato 10.

**Indagini sulle acque di falda lungo linea**

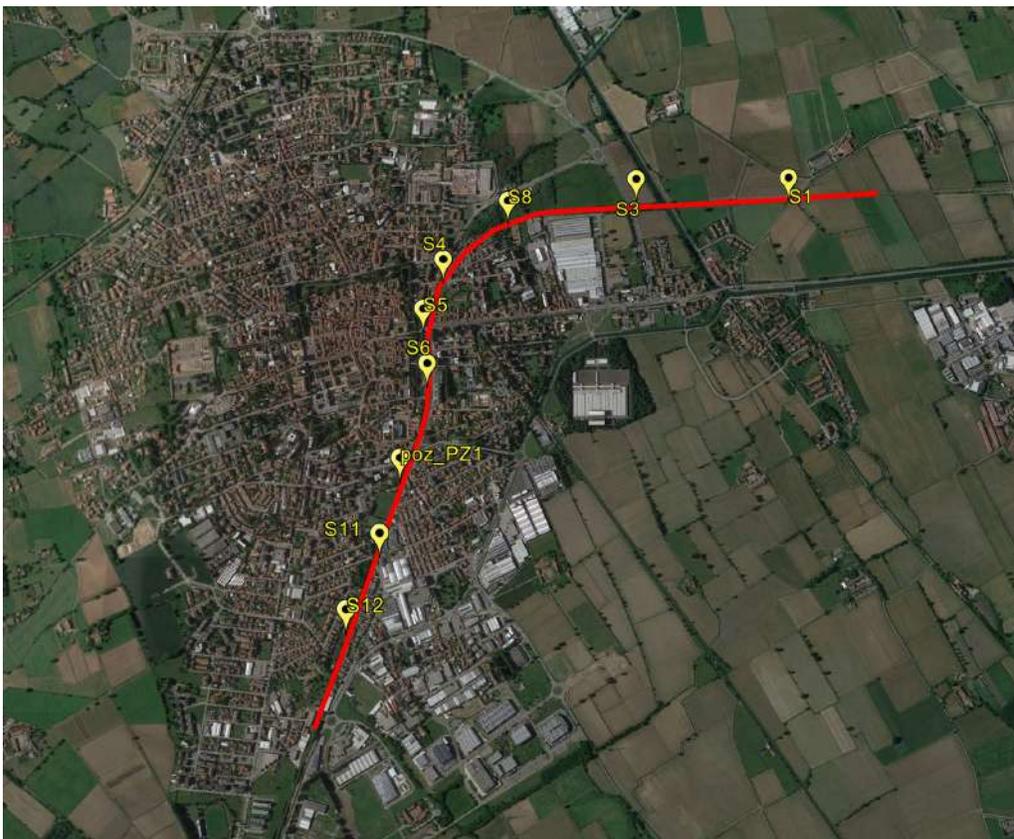
**Passo delle indagini:** in funzione delle opere se intercettano o meno la falda.

**set analitico da ricercare:** Tabella 4.1 del D.P.R. 120/2017 e confronto con le CSC di Tabella 2 del D.Lgs. 152/06

\*Le opere ferroviarie sono generalmente assimilate ad opere lineari pertanto le indagini da eseguirsi in fase progettuale sono solo lungo il tracciato e non in corrispondenza di stazioni, fermate, opere secondarie e viabilità

# La progettazione.....caso di studio «Piano di Utilizzo»

**LINEA MILANO – MORTARA    Progetto Definitivo Albairate – Abbiategrasso**



**OPERE D'ARTE PRINCIPALI**



- ✓ *ca. 4,5 km di linea raddoppio su rilevato*
- ✓ *7 sottopassi, un fabbricato ACC.*
- ✓ *ca. 300.000 mc prodotti*
- ✓ *ca. 230.000 mc sottoprodotto (DPR 120/2017)*

Produzione complessiva (mc in banco)	Fabbisogno (mc in banco)	Utilizzo interno da diversa WBS (mc in banco) PUT	Approvv. Esterno (mc in banco)	Utilizzo esterno (mc in banco) PUT	Materiali di risulta in esubero (mc)
297.795	220.870	125.503	172.445	103.467	68.978

# La progettazione.....caso di studio «Piano di Utilizzo»

## SITI DI PRODUZIONE:

- ✓ Suolo/sottosuolo
- ✓ Materiali riporto
- ✓ Acque di falda

Conformità ai limiti di cui alla **Colonna A** o alla **Colonna B**, Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.

ID	Set analiti DPR 120/17 CSC amb. (0-1 mt)	Set analiti DPR 120/17 CSC amb. (2-3 mt)	Set analiti DPR 120/17 CSC amb. (4-5mt)	riporti	rifiuto	acque
S1	-1/-2 m	-2/-3 m	-4/-5 m	0/-1 m		x
S3	0/-1 m	-2/-3 m	-4/-5 m		-0/-5 m	
S4	0,5/-1,5 m	-2/-3 m	-4/-5 m	0/-0,5 m		x
S5	-2/-3 m	-3/-4 m	-4/-5 m	0/-2 m		x
S6	-	-	-4/-5 m	0/-4 m		x
S8	-1/-2 m	2,5/-3 m	-4/-5 m	0/-1 m		x
S11	-1/-2 m	-3/-4 m	-4/-5 m	0/-1 m		x
S12	0/-1 m	-2/-3 m	-4/-5 m		-0/-5 m	
S13	0/-1 m	-2/-3 m	-4/-5 m			

**n.25 campioni di terre e rocce da scavo** per caratterizzazione secondo Tab. 4.1 del DPR 120/2017 e confronto con i limiti Tab.1 All.5 Titolo V della parte IV D.Lgs 152/2006.

**n.2 campioni caratterizzati come rifiuto** per l'attribuzione del Cer secondo il D.Lgs n.121/2020

**n.6 campioni caratterizzati come materiale di riporto:** test cessione secondo il D.M. 5/2/98 e s.m.i. e confronto con Tab.2 All.5 Titolo V della parte IV D.Lgs 152/2006

**n.6 campioni acque sotterranee** secondo il D.Lgs 152/2006

# La progettazione.....caso di studio «Piano di Utilizzo»

## Risultati delle indagini in fase progettuale

*Conformità ai limiti di cui alla **Colonna A** o alla **Colonna B**, Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e confronto con i limiti del D.M. 46/2019*



*I materiali sono riutilizzabili in siti a destinazione d'uso **verde pubblico**, **privato e residenziale** o in siti a destinazione d'uso **commerciale/industriale** o **terreno agricolo***

- Presenti alcuni superamenti di colonna A (siti a destinazione d'uso verde pubblico) sui terreni: **Arsenico, Zinco, Idrocarburi pesanti C>12**. Non si hanno invece superamenti dei limiti di Colonna B. **→** Solitamente i siti di produzione hanno destinazione d'uso assimilabile a quella industriale/commerciale (cfr. CSC Col. B).

- Le acque non hanno registrato superamenti

**POSSIBILE SCENARIO**



- Non avendo mostrato superamenti di colonna B c.a il 45% delle TRS (125.503 mc) saranno gestite come sottoprodotti all'interno delle WBS dell'opera di Progetto previa verifica finale delle qualità geotecniche (scambio di informazioni con specialista di Geologia e Opere Civili).
- 35 % (103.467 mc) gestiti in siti esterni/siti di destinazione finale per ripristini, miglioramenti ambientali (cave esaurite) **→** procedura di individuazione siti di conferimento «procedura societaria»
- 20 % (68.978 mc) saranno gestiti come rifiuto e smaltiti in discarica

**.....I costi di smaltimento mediamente incidono intorno al 15-20% sul costo complessivo delle opere**



**.....ed un corretta gestione dei materiali da scavo incide sulla sostenibilità ambientale ed economica dei progetti**



# GRAZIE PER L'ATTENZIONE

**Geol. Filippo Gori**

**S.O. Ingegneria Ambientale e del Territorio**

