

# PAUR

## AMPLIAMENTO DEL COMPARTO AUTODROMO DI MODENA

LOCALITA' MARZAGLIA – COMUNE DI MODENA

*Redatto in conformità all'art.14 della LEGGE REGIONALE 20 APRILE 2018, N. 4  
"Disciplina della valutazione dell'impatto ambientale dei progetti"*



**COMPARTO: AUTODROMO DI MODENA**

**PROPRIETA': COMUNE DI MODENA**

**CONCESSIONARIA: AERAUTODROMO DI MODENA SPA**

**GRUPPO DI PROGETTAZIONE:**

- **ARCHILINEA Srl**
- **ATEAM** Arch. Lucia Bursi Arch. Francesco Bursi
- **BLUEWORKS** – Ing. Yos Zorzi
- **GEOGROUP Srl**
- **PRAXIS AMBIENTE Srl**
- **STUDIO TECNICO CAPELLARI**
- **STIEM** – Ing. Paolo Scuderi e Ing. Luca Buzzoni
- **Studio Geco srl** dott. Ambrogio Lanzi
- **dott. Agr. Giovanni Mondani**

**CHIARIMENTO** **1**

**VULNERABILITA' DELLA  
FALDA ACQUIFERA**

---

## Sommario

1. PREMESSE .....	3
2. ESITI DEI N. 2 CAROTAGGI EFFETTUATI IN DATA 8-10/11/2021 .....	13
3. SIMULAZIONE DEL TEMPO DI PERCORRENZA DI UN EVENTUALE CONTAMINANTE DAL P.C. ALLA FALDA .....	21
4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....	35

## 1. PREMESSE

Nel presente capitolo vengono sintetizzati gli esiti della campagna di indagini di cui si disponeva e per le quali è stato effettuato un approfondimento.

In data 15-16/01/2020 e 4/03/2020 erano state eseguite le seguenti indagini puntuali:

- **n. 14 prove penetrometriche statiche CPT**
- **n. 5 prove penetrometriche dinamiche super-pesanti DPSH**

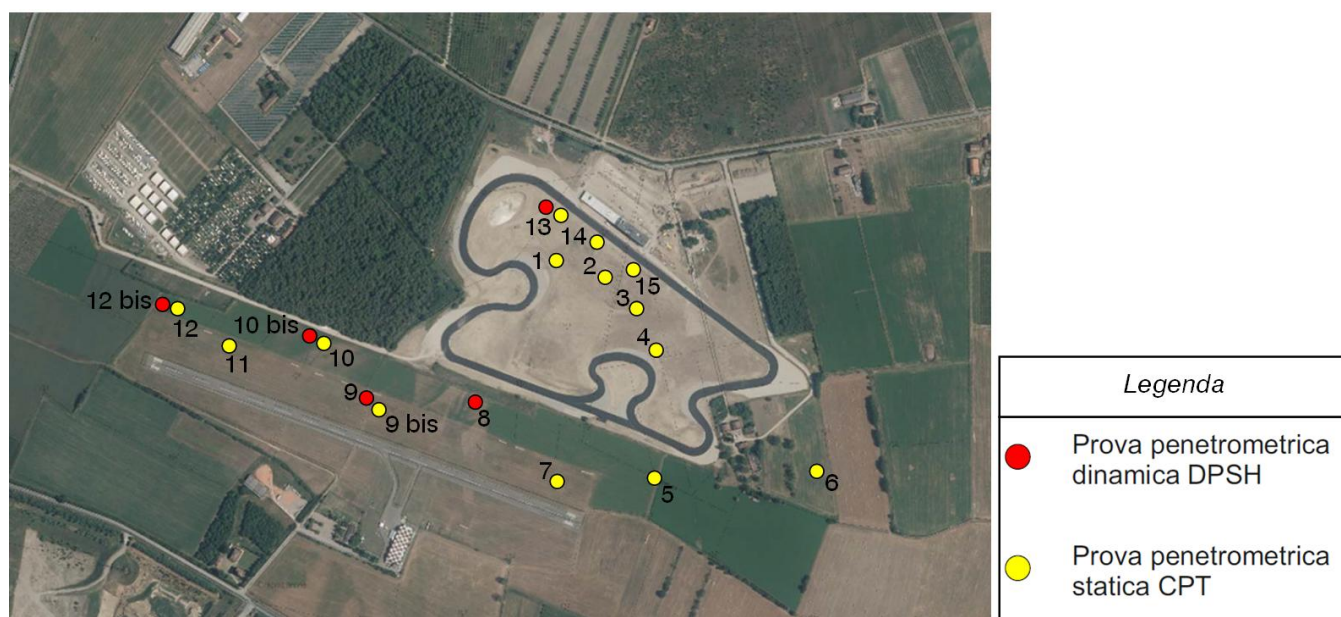


Fig. 1.1: Ubicazione indagini geognostiche eseguite nell'area di interesse nel 2020.

Inoltre si disponeva di una campagna di indagini geognostiche effettuate nel 2006:

- **n. 7 prove penetrometriche statiche CPT**
- **n. 2 prove penetrometriche dinamiche super-pesanti DPSH**
- **n. 1 sondaggio a carotaggio continuo**

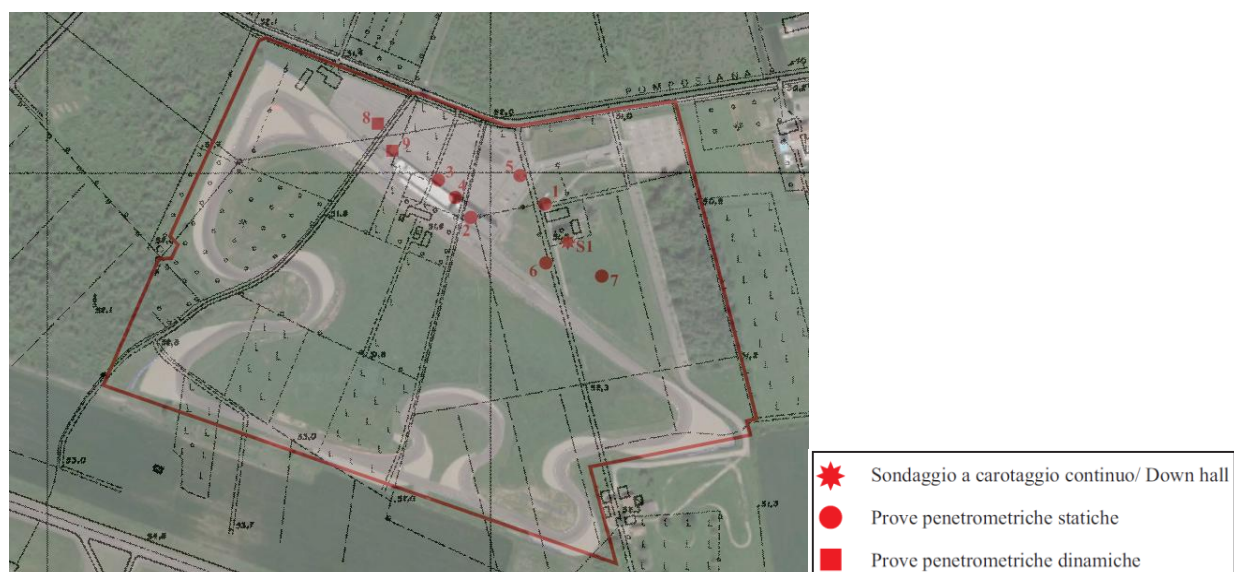


Fig. 1.2: Ubicazione indagini geognostiche eseguite nell'area di interesse nel 2006

---

Le figure sotto riportate illustrano le isolinee del **tetto delle ghiaie**, in metri da piano campagna attuale, così come rilevato dalle prove puntuali eseguite in sito.

La **soggiacenza della falda** rilevata dai rilievi piezometrici condotti nella campagna di monitoraggio da Marzo 2007 a Febbraio 2021 si attesta **tra -18.5 e -17.0 m dal p.c. naturale**.



**Fig. 1.3** - Profondità del tetto delle ghiaie (m da p.c.) in corrispondenza delle indagini puntuali eseguite

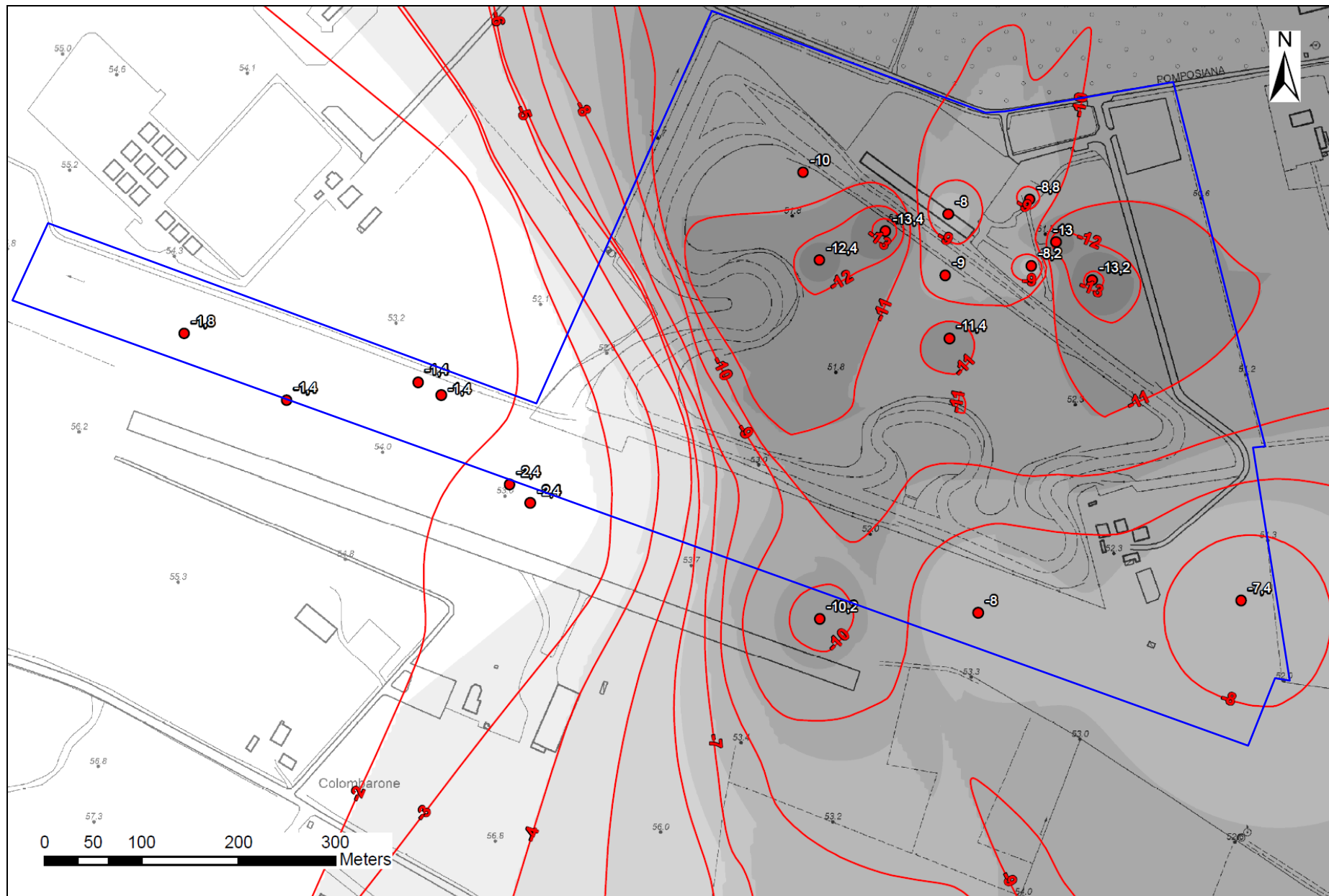


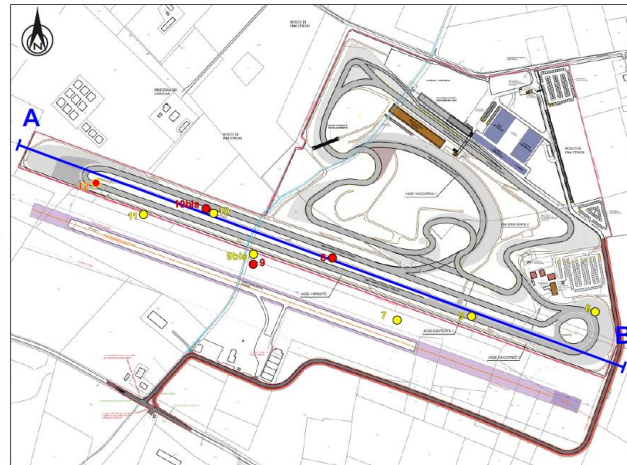
Fig. 1.4 - Isobate del tetto delle ghiaie (m da p.c.)



Fig. 1.6 - Isobate del tetto delle ghiaie (m da p.c.)

### “Sezione geotecnica A-B”

Strato	Profondità	Falda	Litolipo	Parametri geotecnici
1	0.00 – 1.40 m da p.c.	assente	Argille limose mediamente consistenti	$\gamma$ 1800 kg/m <sup>3</sup> ≈ 18.00 kN/m <sup>3</sup>
				$\gamma'$ 2100 kg/m <sup>3</sup> ≈ 21.00 kN/m <sup>3</sup>
				C <sub>uk</sub> 0.70 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 70.0 kN/m <sup>2</sup>
				C' <sub>k</sub> 0.07 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 7.0 kN/m <sup>2</sup>
				Mo 60.0 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 6000 kN/m <sup>2</sup>
				Es 98.0 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 9800 kN/m <sup>2</sup>
				$\phi_k$ 22°
$v$ 0.40				
2	1.40 – 40.00 m da p.c.		Ghiaie sabbiose addensate	$\gamma$ 2000 kg/m <sup>3</sup> ≈ 20.00 kN/m <sup>3</sup>
				$\gamma'$ 2300 kg/m <sup>3</sup> ≈ 23.00 kN/m <sup>3</sup>
				Dr 90%
				Es 700.0 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 70000 kN/m <sup>2</sup>
				$\phi_k$ 35°
				$v$ 0.25



Strato	Profondità	Falda	Litolipo	Parametri geotecnici	
1	0.00 – 1.80 m da p.c.	assente	Argille limose mediamente consistenti	$\gamma$	1800 kg/m <sup>3</sup> ≈ 18.00 kN/m <sup>3</sup>
				$\gamma'$	2100 kg/m <sup>3</sup> ≈ 21.00 kN/m <sup>3</sup>
				C <sub>uk</sub>	0.50 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 50.0 kN/m <sup>2</sup>
				C' <sub>k</sub>	0.05 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 5.0 kN/m <sup>2</sup>
				Mo	40.0 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 4000 kN/m <sup>2</sup>
				Es	70.0 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 7000 kN/m <sup>2</sup>
				$\phi_k$	21°
$v$	0.45				
2	1.80 – 10.00 m da p.c.		Argille limose consistenti	$\gamma$	1850 kg/m <sup>3</sup> ≈ 18.50 kN/m <sup>3</sup>
				$\gamma'$	2150 kg/m <sup>3</sup> ≈ 21.50 kN/m <sup>3</sup>
				C <sub>uk</sub>	1.00 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 100.0 kN/m <sup>2</sup>
				C' <sub>k</sub>	0.10 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 10.0 kN/m <sup>2</sup>
				Mo	90.0 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 9000 kN/m <sup>2</sup>
				Es	140.0 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 14000 kN/m <sup>2</sup>
				$\phi_k$	25°
$v$	0.35				
3	10.00 – 40.00 m da p.c.		Ghiaie sabbiose addensate	$\gamma$	2000 kg/m <sup>3</sup> ≈ 20.00 kN/m <sup>3</sup>
				$\gamma'$	2300 kg/m <sup>3</sup> ≈ 23.00 kN/m <sup>3</sup>
				Dr	90%
				Es	550.0 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 55000 kN/m <sup>2</sup>
				$\phi_k$	35°
				$v$	0.25

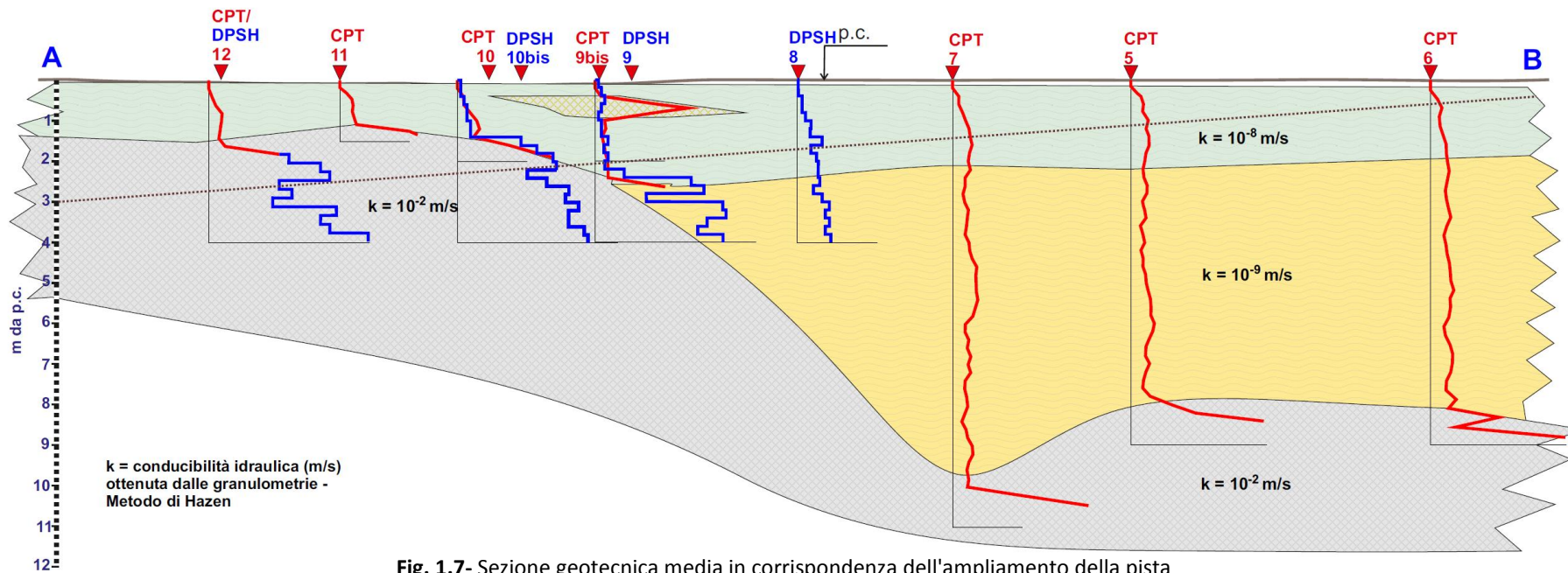
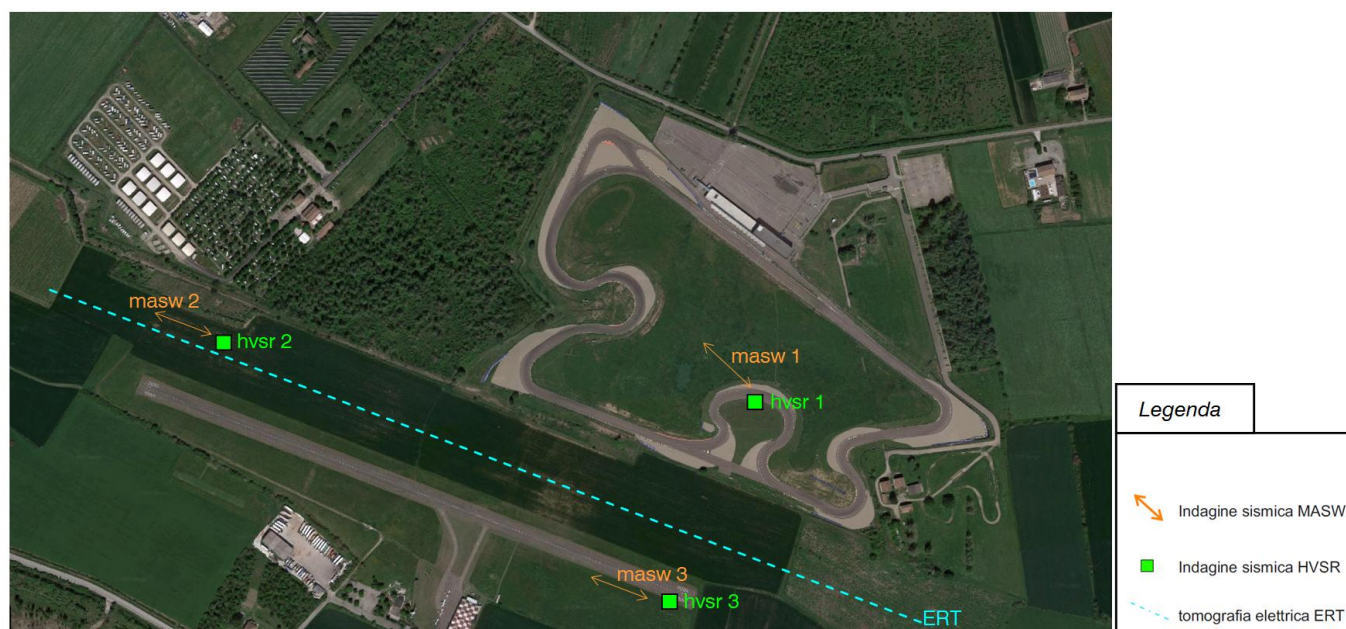


Fig. 1.7- Sezione geotecnica media in corrispondenza dell'ampliamento della pista

Tali indagini puntuali sono state implementate con delle indagini geofisiche, quali:

- *n. 1 tomografia elettrica ERT*
- *n. 3 indagini sismiche MASW*
- *n. 3 indagini sismiche HVSR*



**Fig. 1.8:** Ubicazione indagini geofisiche eseguite nell'area di interesse nel gennaio 2020.

Le sezioni invertite derivate, unite in un'unica linea geoelettrica, con derivato il profilo di resistività reale ( $\Omega m$ ), riportanti i valori di resistività elettrica ottenuti sulla base delle indagini svolte con relative interpretazioni, sono riportate di seguito.

Le indagini geofisiche effettuate mediante tomografia elettrica (lunghezza 1222 m), confrontate con le prove penetrometriche eseguite, hanno messo in evidenza, nella porzione più occidentale, un primo strato caratterizzato da argille limose con bassa resistività ( $10 \div 30 \Omega m$ ) per uno spessore di circa 1.50-2.00 m.

Al di sotto di tale strato si riscontra la presenza di un livello ad elevata resistività ( $30 \div 400 \Omega m$ ) imputabile a ghiaie sabbiose addensate, come riscontrato dalle prove penetrometriche che intorno ai 2.00 metri raggiungono il rifiuto strumentale per la presenza appunto di un livello ghiaioso consistente. Questo livello ghiaioso, raggiunge i -20.00 m da p.c.

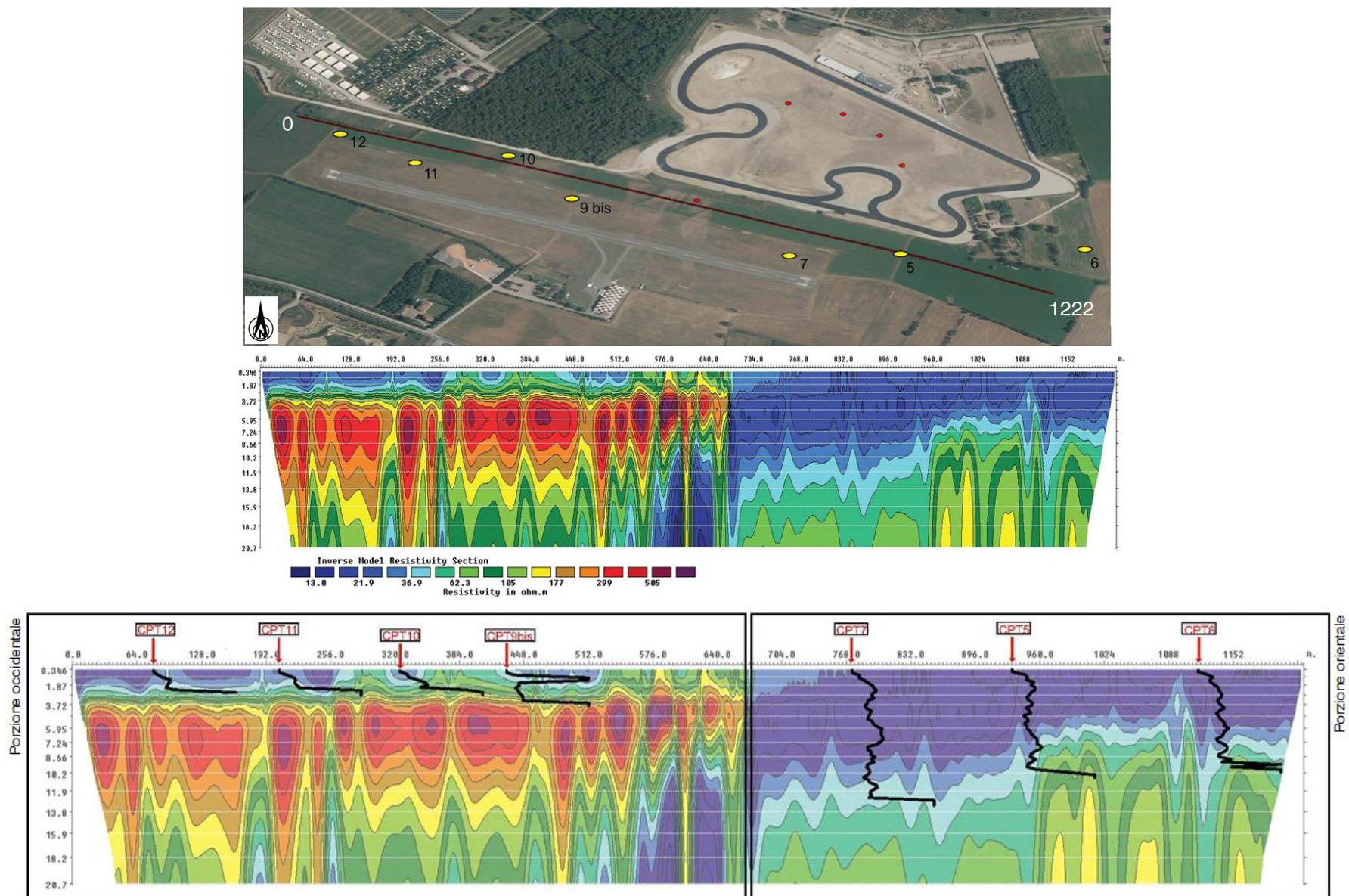


Fig. 1.9: Confronto tra elaborato grafico tomografia elettrica ERT e prove penetrometriche eseguite nell'area di interesse.

E' stata effettuata una valutazione della **permeabilità** dei litotipi presenti nel primo sottosuolo a partire dalle analisi granulometriche eseguite in laboratorio, di cui si riporta una tabella riepilogativa:

CAMPIONE	PROFONDITÀ -1.50 m / -2.00 m da p.c.			
S1C1	ARGILLA (%)	LIMO (%)	SABBIA (%)	GHIAIA (%)
	<b>41.6 %</b>	<b>54.6 %</b>	<b>3.8 %</b>	<b>0.0 %</b>
	Denominazione AGI: <b>Limo con argilla debolmente sabbioso-ghiaioso</b>			
S5C1	PROFONDITÀ -0.30 m / -1.00 m da p.c.			
	ARGILLA (%)	LIMO (%)	SABBIA (%)	GHIAIA (%)
	<b>39.6 %</b>	<b>50.0 %</b>	<b>10.4 %</b>	<b>0.0 %</b>
S13C2	PROFONDITÀ -1.20 m / -1.40 m da p.c.			
	ARGILLA (%)	LIMO (%)	SABBIA (%)	GHIAIA (%)
	<b>0.8 %</b>	<b>2.3 %</b>	<b>9.7 %</b>	<b>87.2 %</b>
S24C1	PROFONDITÀ -0.30 m / -1.00 m da p.c.			
	ARGILLA (%)	LIMO (%)	SABBIA (%)	GHIAIA (%)
	<b>43.9 %</b>	<b>43.8 %</b>	<b>12.3 %</b>	<b>0.0 %</b>
S27C1	PROFONDITÀ -0.50 m / -1.00 m da p.c.			
	ARGILLA (%)	LIMO (%)	SABBIA (%)	GHIAIA (%)
	<b>27.1 %</b>	<b>45.6 %</b>	<b>27.3 %</b>	<b>0.0 %</b>
TC1	PROFONDITÀ -0.50 m / -1.00 m da p.c.			
	ARGILLA (%)	LIMO (%)	SABBIA (%)	GHIAIA (%)
	<b>28.5 %</b>	<b>41.5 %</b>	<b>30.0 %</b>	<b>0.0 %</b>

Per quanto riguarda i **litotipi più superficiali, fini, prevalentemente LIMO-ARGILLOSI** (S1C1, S5C1, S24C1, S27C1 e T1C1), la stima della permeabilità è stata effettuata sulla base della litologia, da cui:

$$K = 1.0 \cdot 10^{-8} \text{ m/s} = 1.0 \cdot 10^{-6} \text{ cm/s}$$

Per quanto riguarda invece **litotipi prevalentemente GHIAIOSI**, presenti a profondità comprese tra -1.20 e oltre -13.00 m da p.c. (S13C2), la stima della permeabilità è stata effettuata utilizzando la **formula di Hazen**:

$$k = C \cdot D_{10}^2$$

dove:

$k$  = coefficiente di permeabilità del terreno [ $\text{LT}^{-1}$ ]

$(D_{10})^2$  = larghezza della maglia del setaccio che permette il passaggio del 10% in peso del campione di materiale granulare [ $\text{L}^2$ ]

$C$  = costante funzione dell'addensamento e dell'assortimento del terreno [ $\text{L}^{-1}\text{T}^{-1}$ ]

Se  $k$  è espresso in metri/sec e  $D_{10}$  è espresso in mm, in mancanza di ulteriori informazioni si può assumere  $C = 0,01$ .

Il valore del coefficiente di permeabilità ottenuto per i litotipi prevalentemente ghiaiosi è:

$$K = 1.0 \cdot 10^{-2} \text{ m/s} = 1 \text{ cm/s}$$

	LITOTIPI GHIAIOSI							LITOTIPI LIMO- ARGILLOSI			
k (cm/s)	10 <sup>2</sup>	10	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>
k (m/s)	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-10</sup>
Classi di permeabilità	EE	Elevata	Buona	Discreta			Bassa	BB	Impermeabile		
Tipi di terreno	Ghiaie pulite		Sabbie grossolane pulite e miscele di sabbie e ghiaie			Sabbie fini	Miscele di sabbie e limi	Limi argillosi e argille limose, fanghi argillosi		Argille omogenee compatte	

Tab. 1.I – Tabella che illustra il coefficiente di permeabilità K per vari terreni

Conducibilità idraulica (m/s)	10 <sup>1</sup>	10 <sup>0</sup>	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-11</sup>
Granulometria omogenea	ghiaia pura				sabbia		sabbia fine			limo		argilla	
Granulometria eterogenea	ghiaia		ghiaia e sabbia				sabbia con limo e argilla					argilla	
Grado di permeabilità assoluta	molto buono				buono			scarso					nullo
Complessi idrogeologici	altamente permeabile				mediamente permeabile			scarsamente permeabile					impermeabile

Tab. 1.II – Tabella che illustra diversi parametri in base alla conducibilità idraulica K

## 2. ESITI DEI N. 2 CAROTAGGI EFFETTUATI IN DATA 8-10/11/2021

In ottemperanza alle richieste di Arpae, in data 8, 9 e 10 Novembre sono state eseguite le seguenti indagini in sito, al fine di approfondire la stratigrafia del sottosuolo in corrispondenza del settore occidentale dell'ampliamento in progetto, ovvero del settore in cui la pista sarà impostata a -3.00 m da p.c.:

- **n. 2 sondaggi a carotaggio continuo**, a rotazione, spinti fino a **-20.00 m da p.c.** ed attrezzati a piezometro tipo Norton:cieco da p.c. a -15.00 m e microfessurato (slot 0.4 mm) da -15.00 a -20.00 m.

Nella **figura 2.3** sotto riportata è illustrata l'ubicazione dei carotaggi eseguiti.



**Figura 2.1** – Ripresa fotografica delle operazioni di perforazione del **Pm1**



**Figura 2.2** – Ripresa fotografica delle operazioni di perforazione del **Pm3**

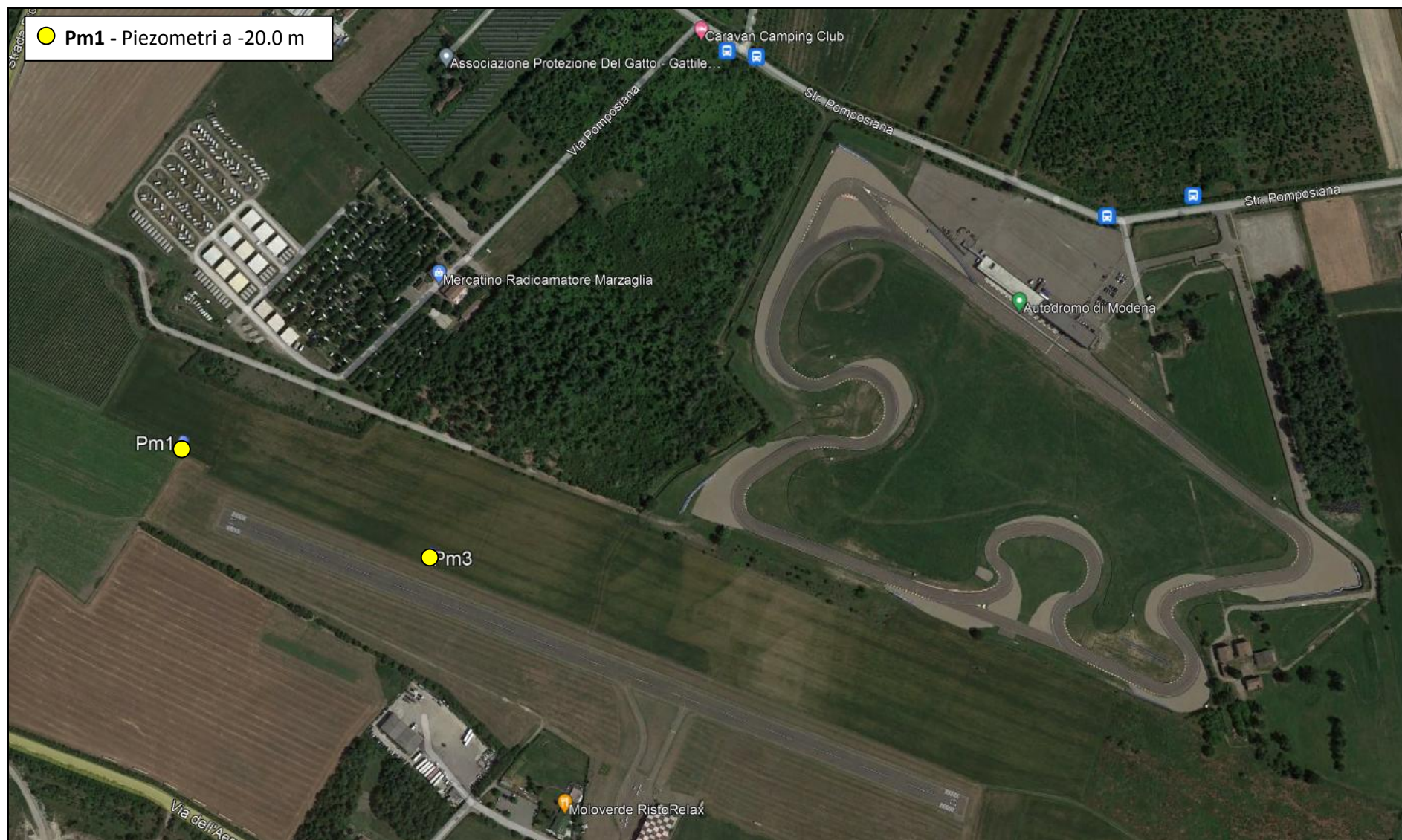


Figura 2.3 – Ubicazione sondaggi ambientali eseguiti e relativa legenda

Entrambi i carotaggi, denominati **Pm1** e **Pm3**, sono stati eseguiti a **monte idrologica** dell'intervento in progetto.

I sondaggi a carotaggio continuo sono stati eseguiti a rotazione, senza distruzione di nucleo, mediante sonda Mustang Atlas A66-CBT.

La perforazione **a rotazione** viene condotta facendo avanzare un utensile (carotiere) per mezzo di una batteria di aste, alla quale viene applicata una spinta assiale ed una coppia di rotazione.

I campioni di terreno “carote” sono stati riposti in apposite cassette catalogatrici e descritte nella compilazione delle stratigrafie corredate di documentazione fotografica.

Per l'esecuzione dei sondaggi meccanici a carotaggio continuo è stata utilizzata una sonda con testa idraulica, dotata di carotiere semplice T1 del diametro esterno pari a 101 mm e con denti in “widiām”.

Data la scarsa stabilità delle pareti del foro di sondaggio, sono stati utilizzati **tubi di rivestimento** provvisori di diametro  $\varnothing = 152$  mm.

Dai n. 2 sondaggi a carotaggio continuo è stata desunta la seguente stratigrafia dell'area:

- Al di sotto di un primo strato superficiale di terreno vegetale, dello spessore di circa 0.20/0.30 m, sono stati rilevati, fino a circa -1.50 (Pm3)/ -2.80 (Pm1) m da p.c., dei depositi limo-argillosi e argillo-limosi a elevata consistenza, di colore bruno-nocciola.
- Da -1.50/-2.80 m da p.c. fino a fondo foro (-20.0 m) sono presenti ghiaie arrotondate eterometriche ( $\varnothing=3-5$  cm) sciolte, in matrice limosa.

## SONDAGGIO Pm1



**Fig. 2.4 - Pm1:** Carote di terreno da 0.0 a -5.0 m



**Fig. 2.5 - Pm1:** Carote di terreno da -5.0 a -10.0 m



**Fig. 2.6 - Pm1:** Carote di terreno da -10.0 a -15.0 m



**Fig. 2.7 - Pm1:** Carote di terreno da -15.0 a -20.0 m

## SONDAGGIO Pm3



**Fig. 2.8 - Pm3:** Carote di terreno da 0.0 a -5.0 m



**Fig. 2.9 - Pm3:** Carote di terreno da -5.0 a -10.0 m



**Fig. 2.10 - Pm3:** Carote di terreno da -10.0 a -15.0 m



**Fig. 2.11 - Pm3:** Carote di terreno da -15.0 a -20.0 m

Terminate le perforazioni, i **fori di sondaggio**, sono stati attrezzati per tutta la lunghezza, da p.c. fino a -20.00 m da p.c., a **piezometro** semplice, a tubo aperto (Norton) in PVC atossico, del diametro esterno  $\phi_{EXT} = 3''$  (76 mm):

- cieco da p.c. a -15.00 m
- micro-fessurato (slot 0.4 mm) da -15.00 m a -20.00 m da p.c. (**figure 2.12 e 2.13**).



**Figura 2.12:** Tubo piezometrico atossico installato all'interno dei fori di sondaggio Pm1 e Pm3

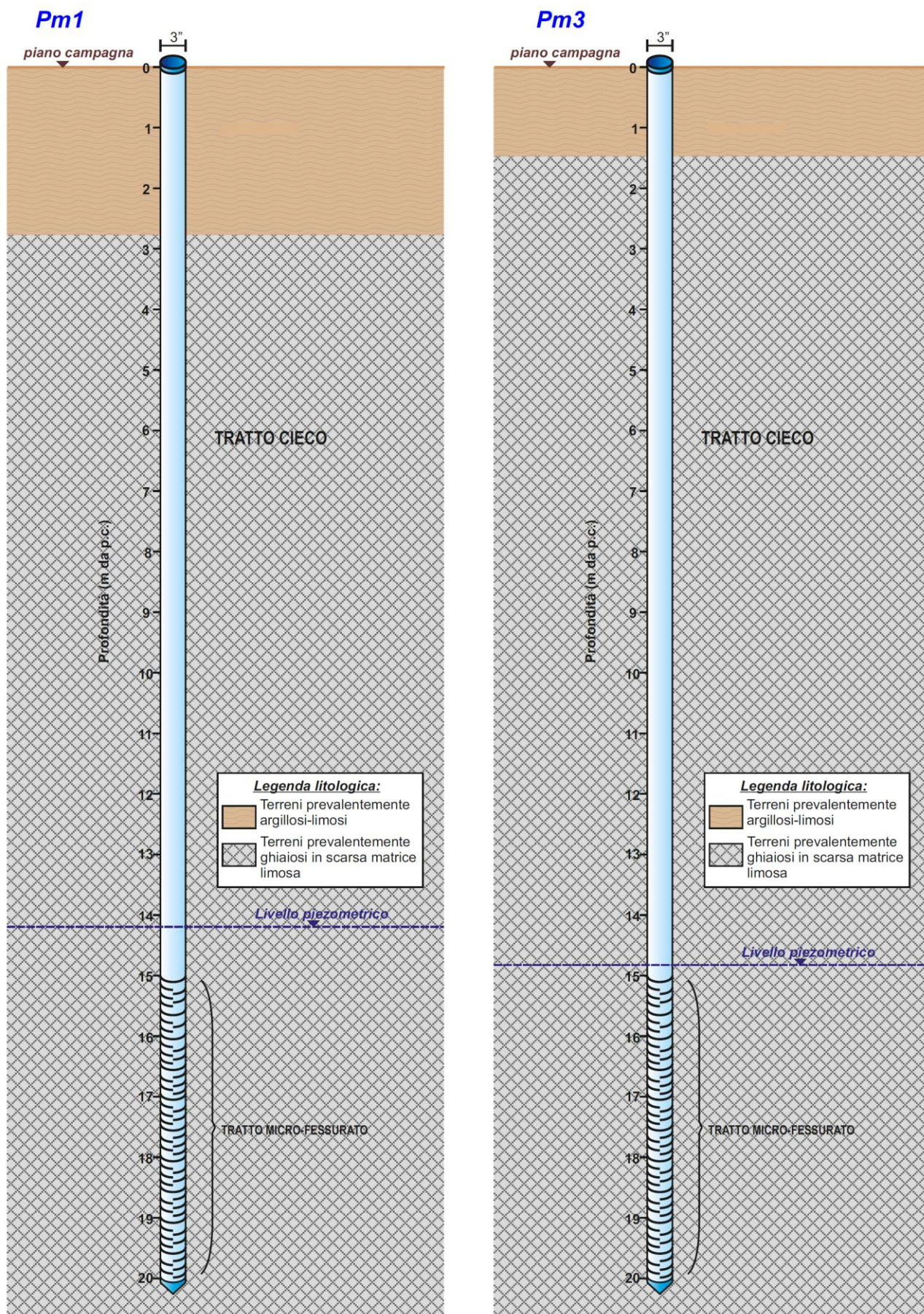


Figura 2.13: Schema del tubo piezometrico installato all'interno dei fori di sondaggio Pm1 e Pm3

I piezometri consentiranno di monitorare non solo le variazioni stagionali del livello piezometrico della falda artesianica sotterranea, ma anche lo stato di qualità della stessa, mediante il prelievo di campioni di acqua.

Dopo aver estratto i tubi di rivestimento, l'intercapedine tra il tubo piezometrico e le pareti del foro di sondaggio è stata riempita mediante la posa di:

- ghiaia calibrata ( $\varnothing = 4 - 8$  mm) da circa -10.0 a -20.0 m da p.c.
- boiaccia cementizia miscelata con bentonite, da -10.0 m fino a piano campagna;

Al termine delle operazioni sopradescritte, la sommità di ogni piezometro è stata chiusa mediante tappo filettato e il tutto è stato protetto mediante la posa di un chiusino (**figura 2.5**).



**Figura 2.5:** Chiusino a protezione dei piezometri Pm1 e Pm3

Il livello piezometrico si attestava alle seguenti profondità da piano campagna:

Piezometro	Livello piezometrico (m da p.c.)	Data e ora rilievo
<b>Pm1</b>	-14.20 m da p.c.	10/11/2021 ore 8.30
<b>Pm3</b>	-14.80 m da p.c.	09/11/2021 ore 8.00

### 3. SIMULAZIONE DEL TEMPO DI PERCORRENZA DI UN EVENTUALE CONTAMINANTE DAL P.C. ALLA FALDA

Il sistema acquifero più superficiale, oltre ad essere semiconfinato superiormente da un orizzonte fine, risulta separato da quelli sottostanti, da un orizzonte di separazione di natura prevalentemente argillosa che sembrerebbe rinvenirsi con buona continuità su tutto l'areale considerato, ad una profondità variabile tra i 35-45 m dal p.c. e con spessore compreso tra valori di 1 e 10 m.

Nel complesso possono rimanere fenomeni di drenanza e di connessione tra i vari acquiferi, tali da non permettere una netta differenziazione.

Gli acquiferi più profondi, sfruttati ai fini potabili, in ragione della presenza di diversi orizzonti meno permeabili, risultano essere più tutelati.

Con riferimento alla direzione principale di deflusso delle acque sotterranee, il campo acquedottistico idropotabile più vicino è la centrale di Marzaglia. Il pozzo più vicino all'area è quello di più recente realizzazione (C4), posto ad una distanza di circa 220 m dal limite Nord dell'area di intervento; gli altri pozzi C1, C2 e C3 si trovano ad una distanza compresa tra un minimo di circa 745 m (C3) e un massimo di 1600 m (C1).

**I pozzi acquedottistici** del campo acquifero di Marzaglia (Campo C), mettono in produzione i livelli più profondi del sistema acquifero multistrato, generalmente a partire da **profondità superiori ai 75-100 m rispetto al piano campagna** (unica eccezione il pozzo C3 i cui tratti filtranti sono stati ubicati già ad una profondità di 58 m dal p.c.).

Per quanto riguarda l'ipotesi di effettuare la pista in interrato (scelta dettata al fine di limitare le emissioni di rumore), per quanto riguarda la tutela degli acquiferi, si è proceduto col **calcolo del tempo di percorrenza di un eventuale contaminante** in fase acquosa per giungere alla falda, **ipotizzata a -20.0 m da p.c.**, nelle seguenti condizioni:

- a) **Pista a piano campagna** (considerando il piano della pista a -0.30 m da p.c.)
- b) **Pista a -3.00 m da p.c.**, senza interventi di mitigazione
- c) **Pista a -3.00 m da p.c.**, con interventi di mitigazione, quali riporto di strato argillo-limoso impermeabile ( $k=10^{-8}$  m/sec) dello spessore di 1.00 m

Dalle prove di permeabilità "analisi granulometriche" eseguite è stato ricavato il coefficiente idraulico  $k$  dei terreni:

- per i terreni ghiaiosi:  $k = 10^{-2}$  m/sec;
- per i terreni limo-argillosi mediamente consistenti:  $k = 10^{-8}$  m/sec.
- per i terreni limo-argillosi ad elevata consistenza:  $k = 10^{-9}$  m/sec.

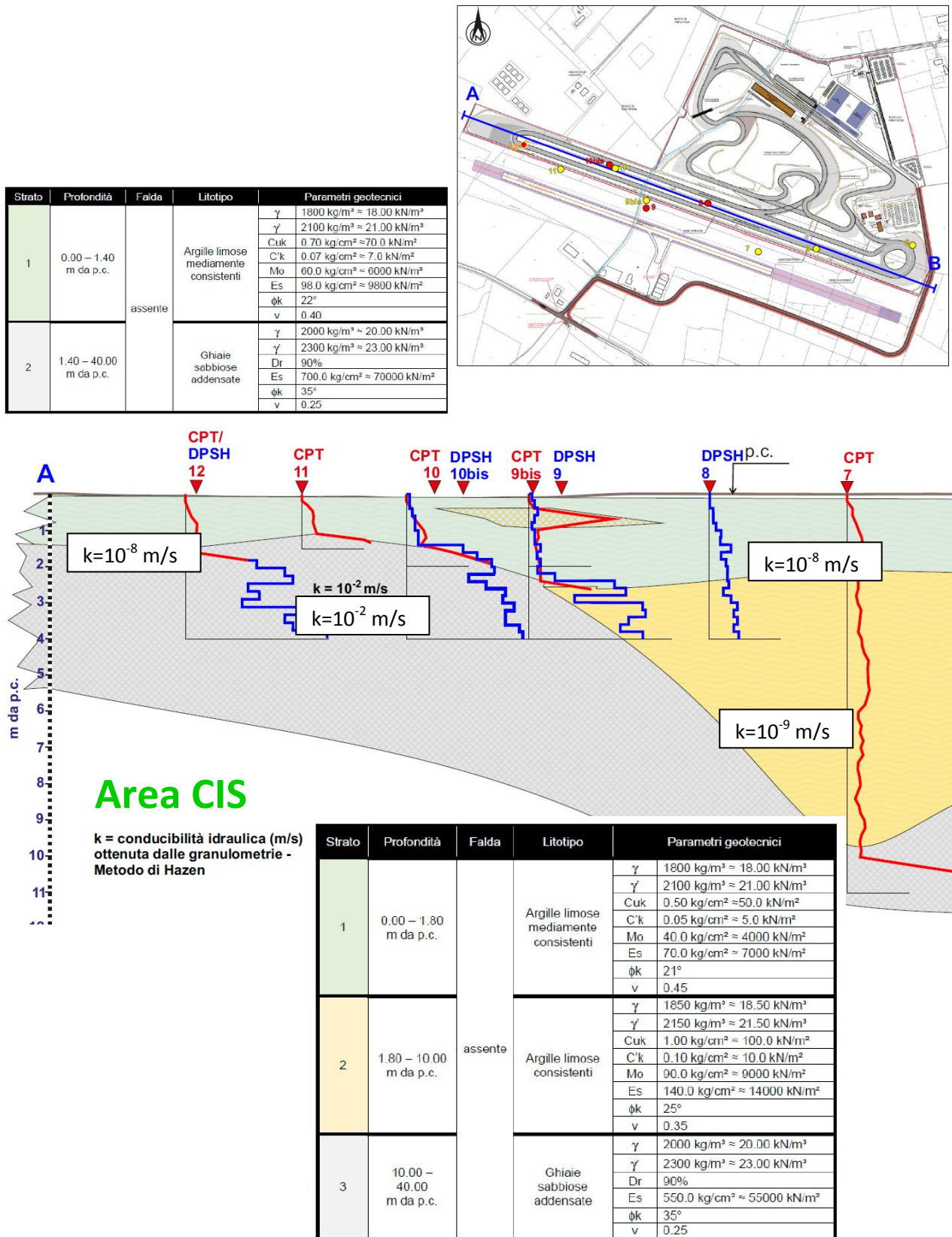
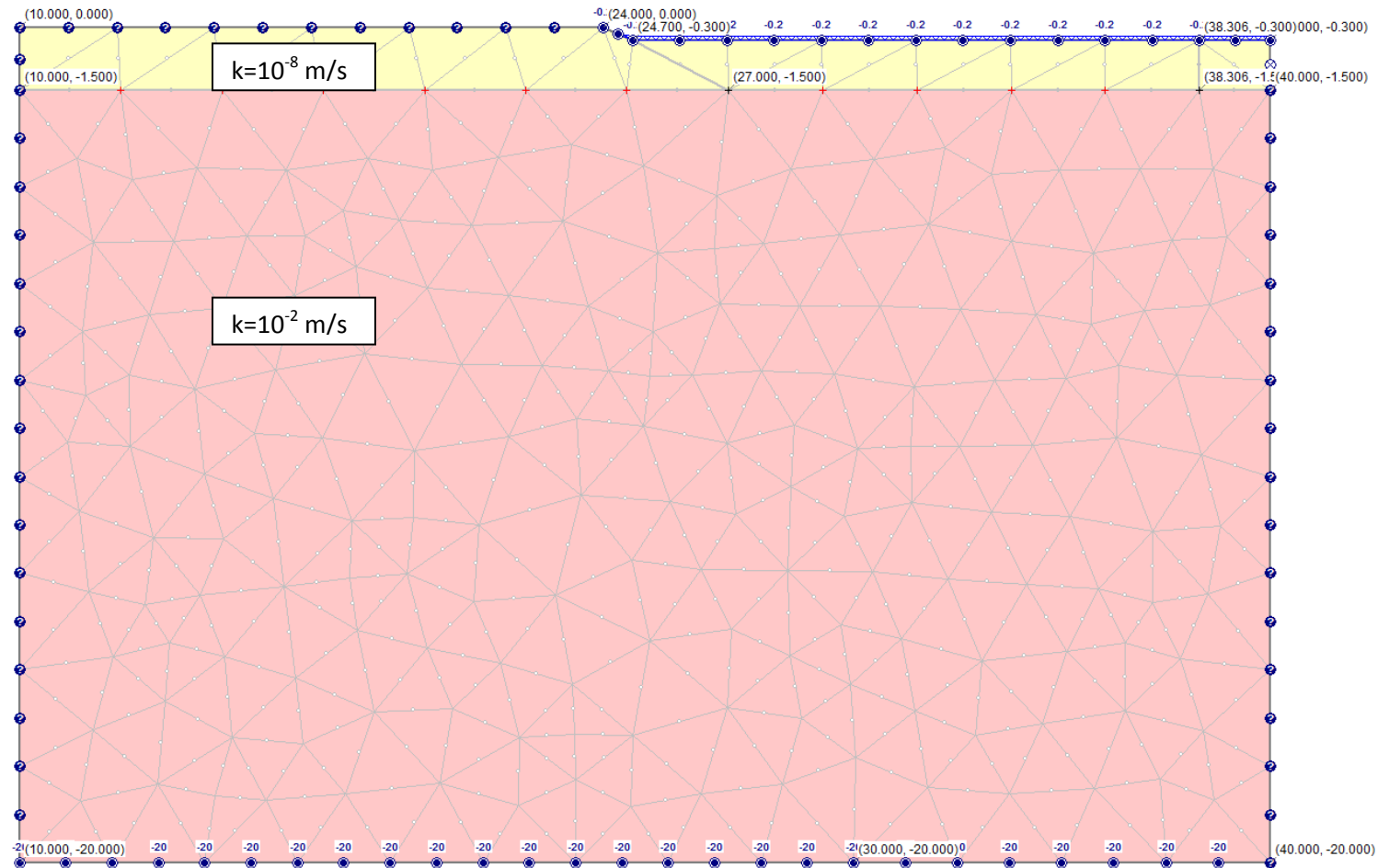
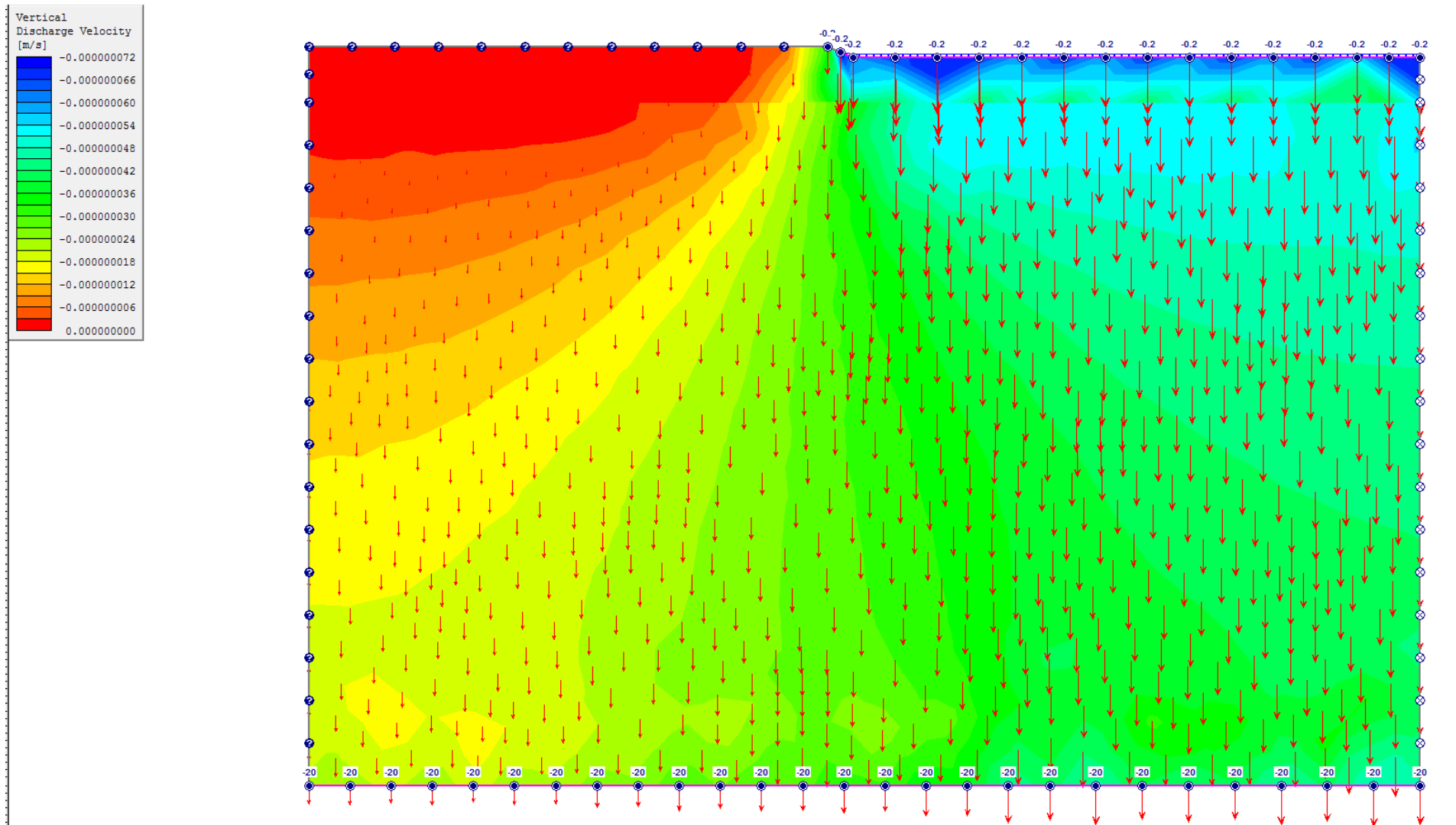


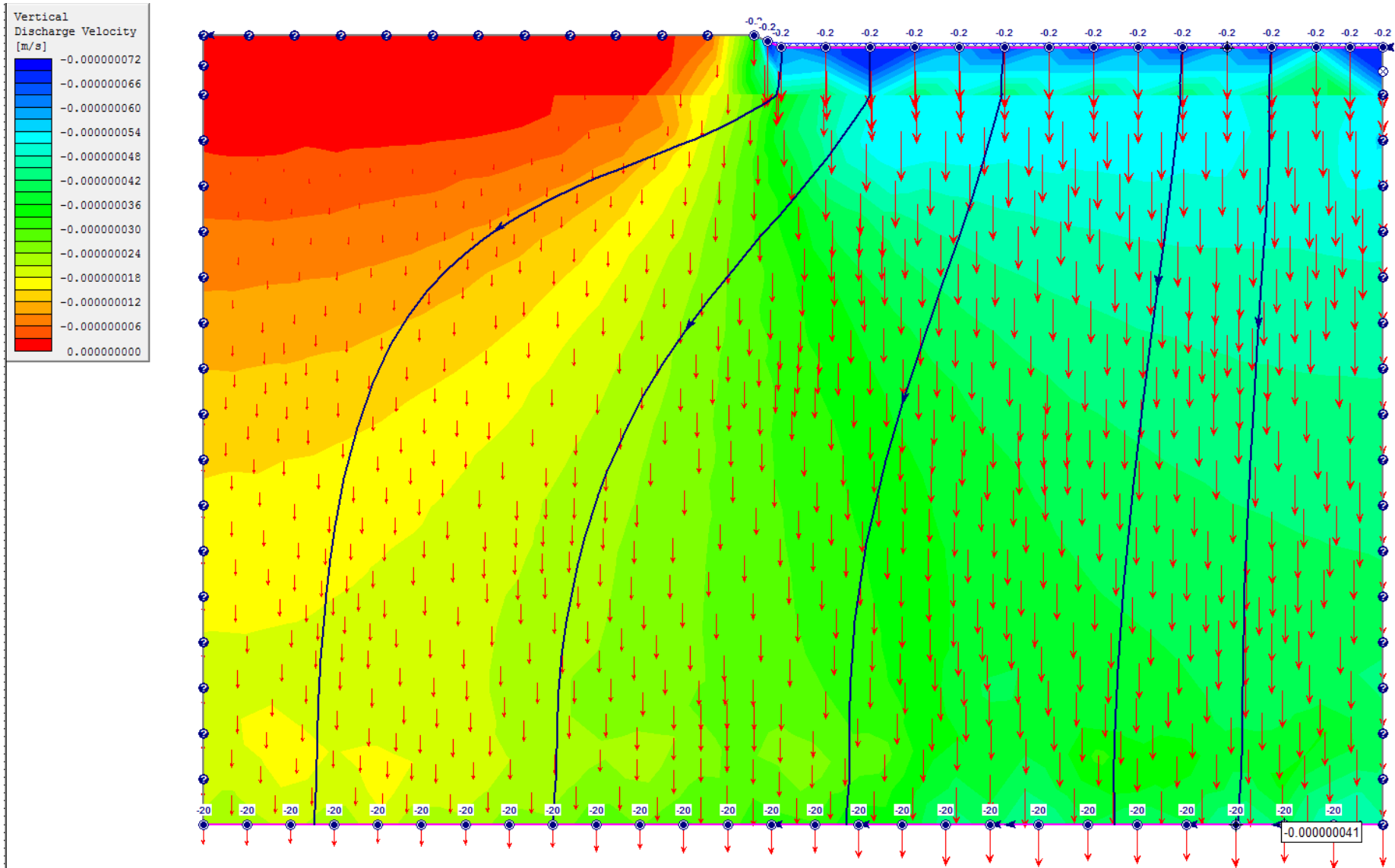
Figura 3.1 – Sezione schematica riassuntiva con indicati i valori di permeabilità dei litotipi presenti

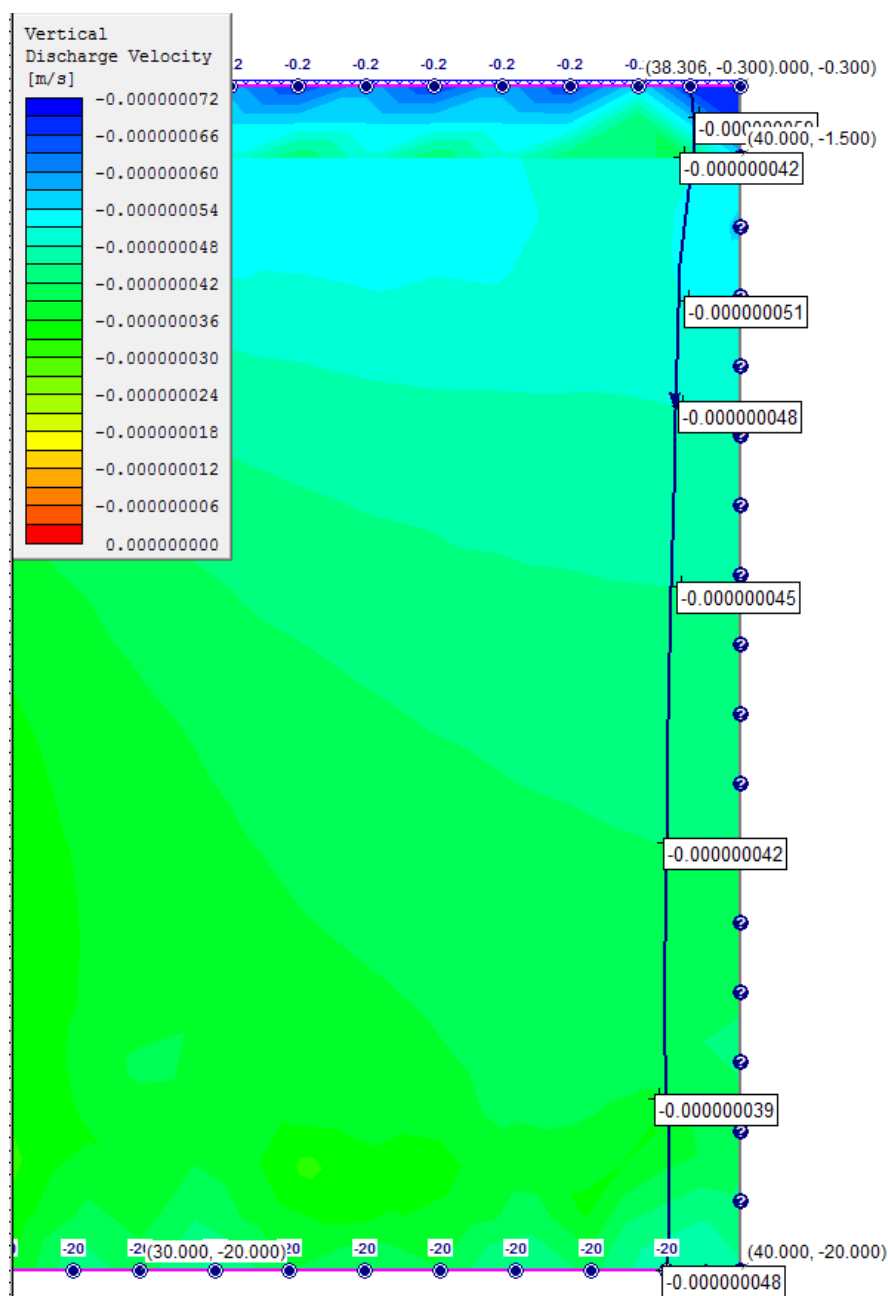
Si illustrano di seguito i dati ottenuti dalle modellazioni effettuate agli elementi finiti col software *Slide - Interfaccia Groundwater*, prodotto dalla *Rocscience*.

## Ipotesi (a): PISTA A PIANO CAMPAGNA (Ipotizzata a -0.30 m da p.c.)









**Pista a piano campagna** (ipotesi di piano stradale impostato a -0.30 m da p.c.).

Il tempo impiegato da una generica fase acquosa, sversata sulla pista (in questo caso a -0.30 m da p.c.), per raggiungere il tetto medio della falda acquifera a -20.00 m da p.c., è risultato:

$$t = 438'997'695,9 \text{ sec}$$

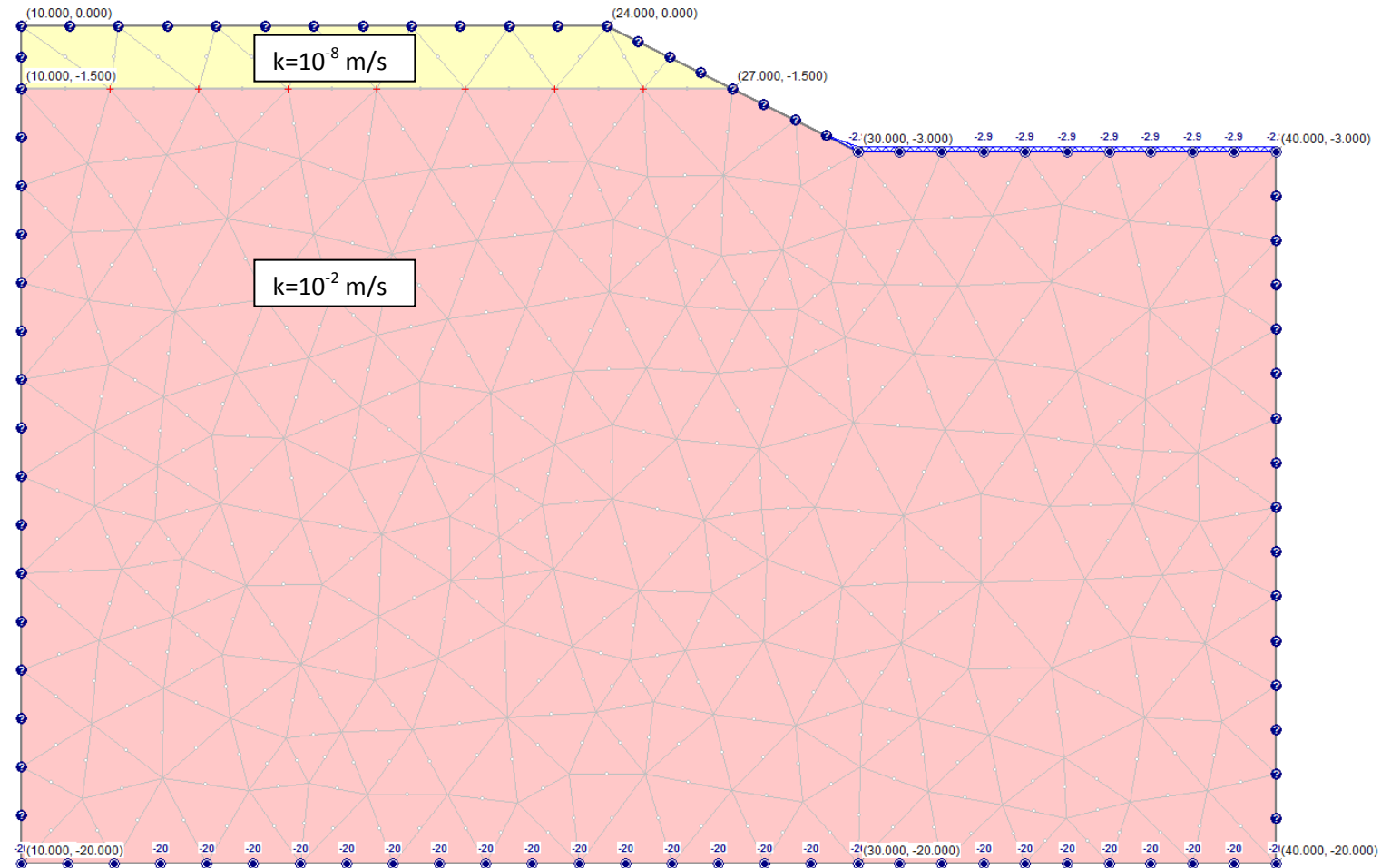
$$t = 7'316'628,264 \text{ min}$$

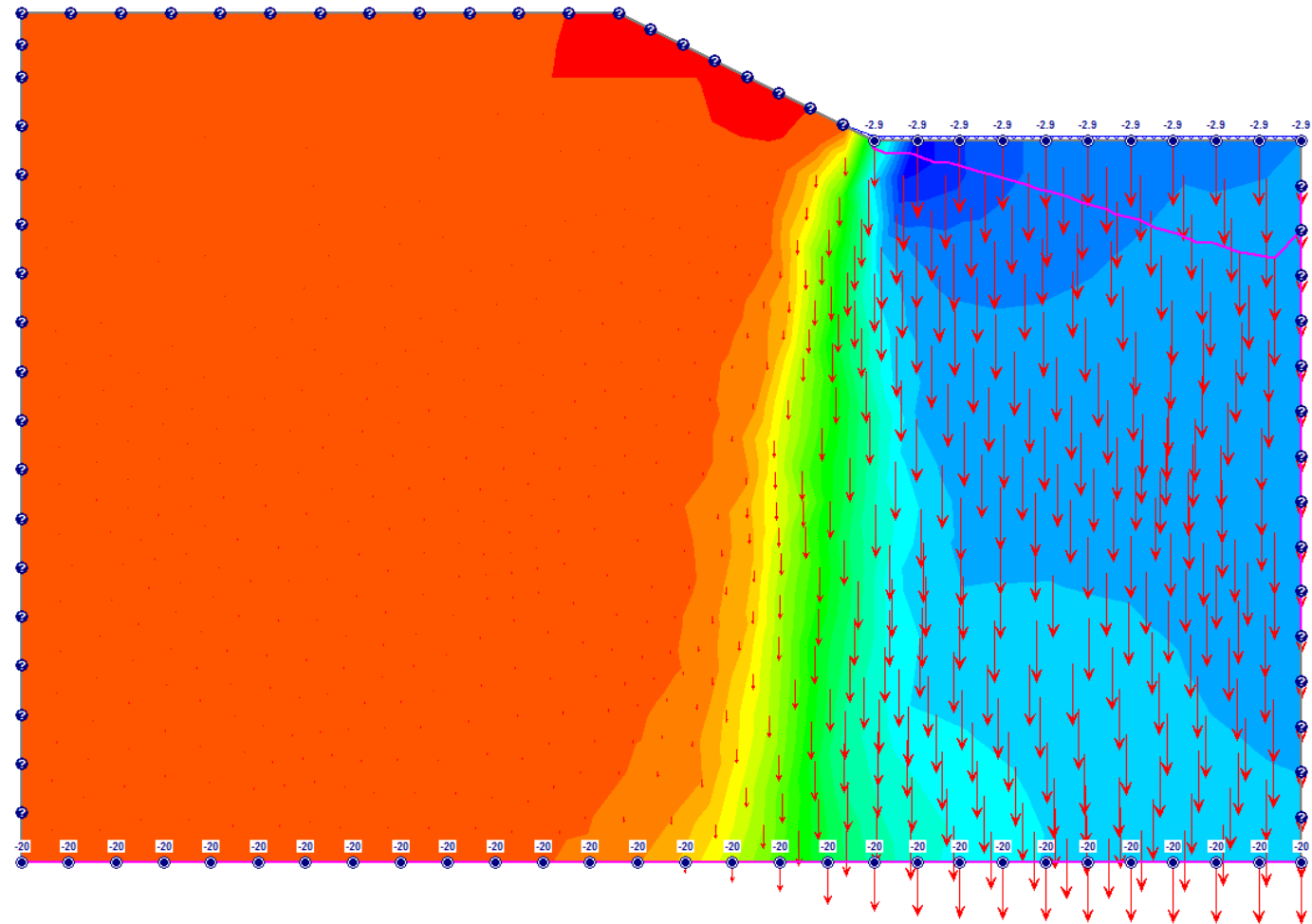
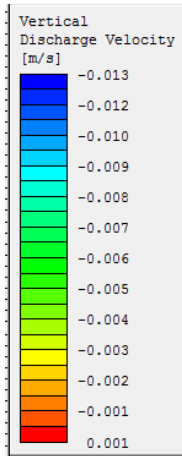
$$t = 121'943,8 \text{ ore}$$

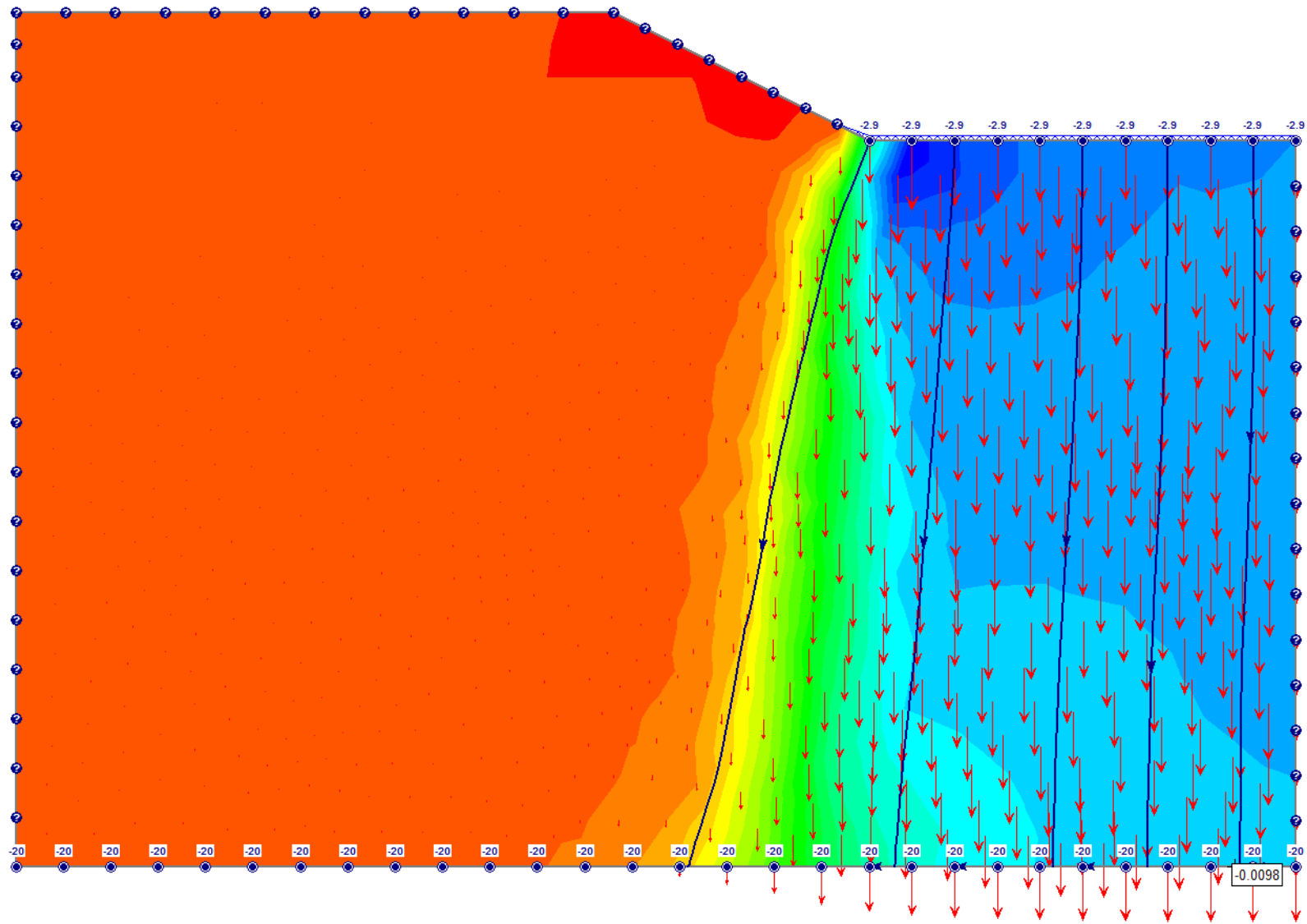
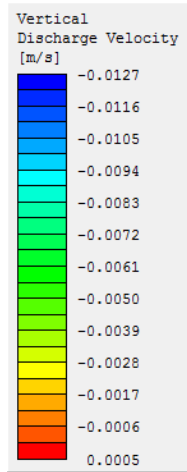
$$t = 5'081 \text{ gg}$$

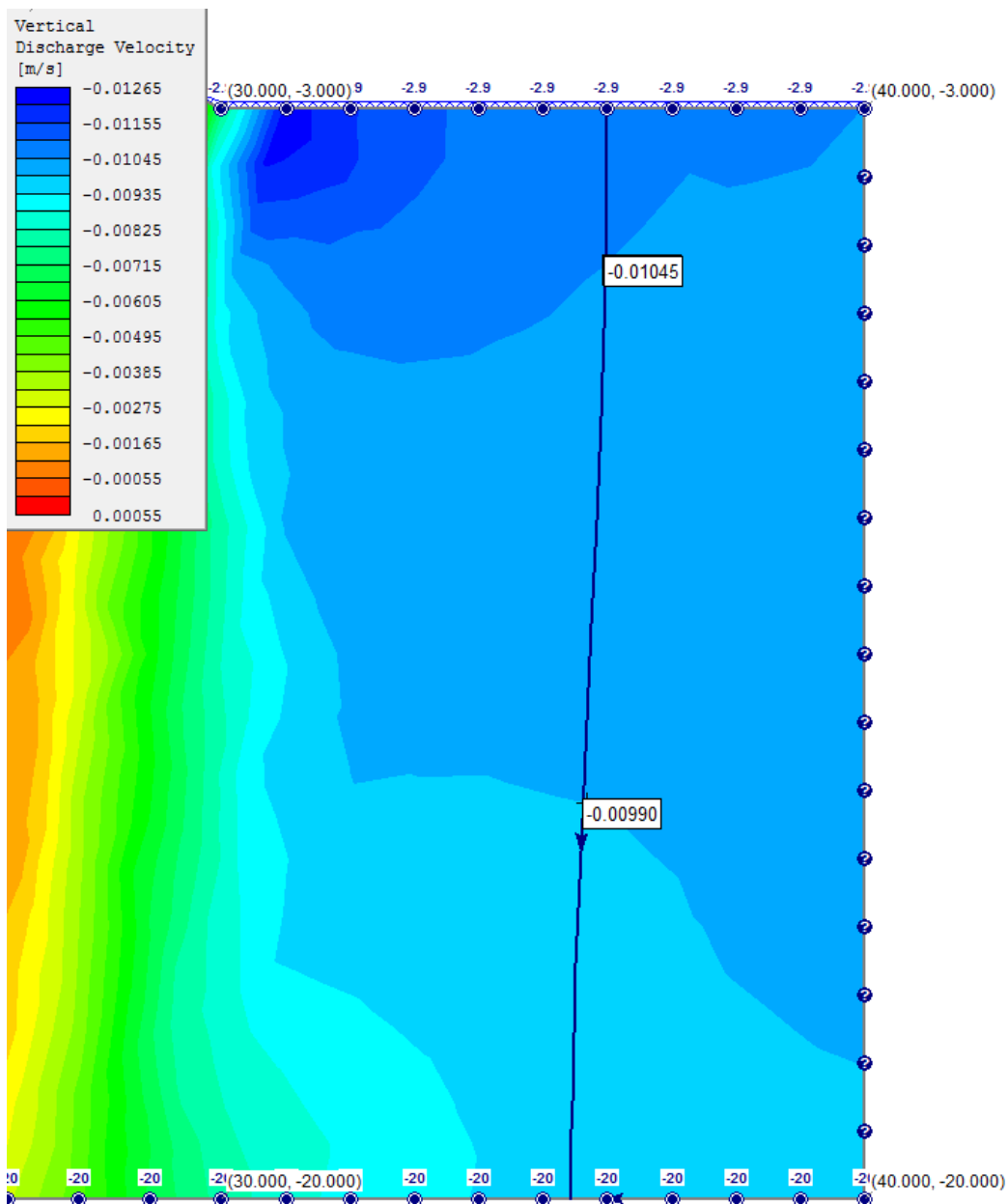
$$t \approx 13.9 \text{ anni}$$

## Ipotesi (b): PISTA A -3.0 m DA PIANO CAMPAGNA, SENZA INTERVENTI DI MITIGAZIONE









### Pista a -3.00 m da p.c. senza interventi di mitigazione

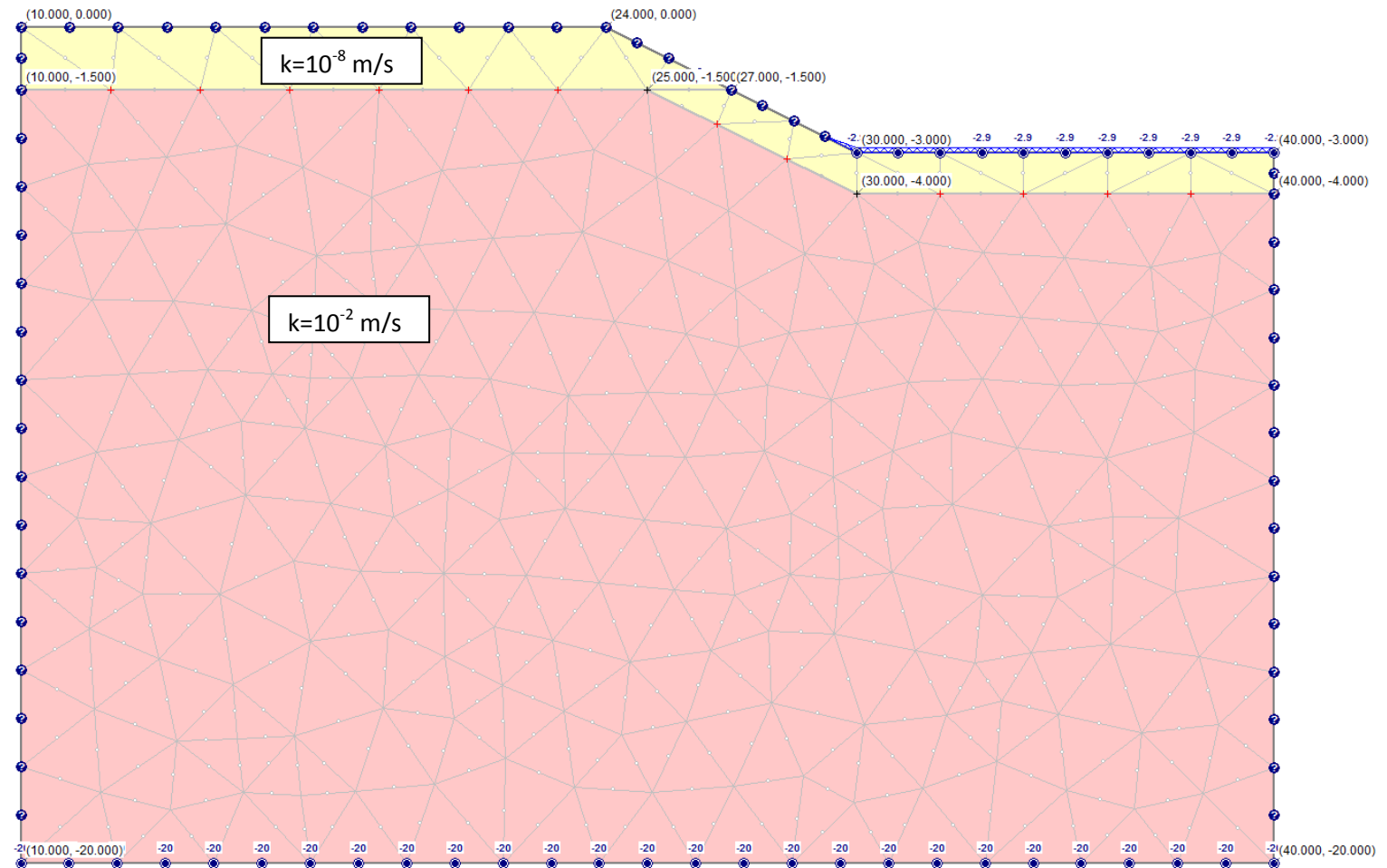
Il tempo impiegato da una generica fase acquosa, sversata in pista (dunque a -3.00 m da p.c.), per raggiungere il tetto medio della falda acquifera a -20.00 m da p.c., è risultato:

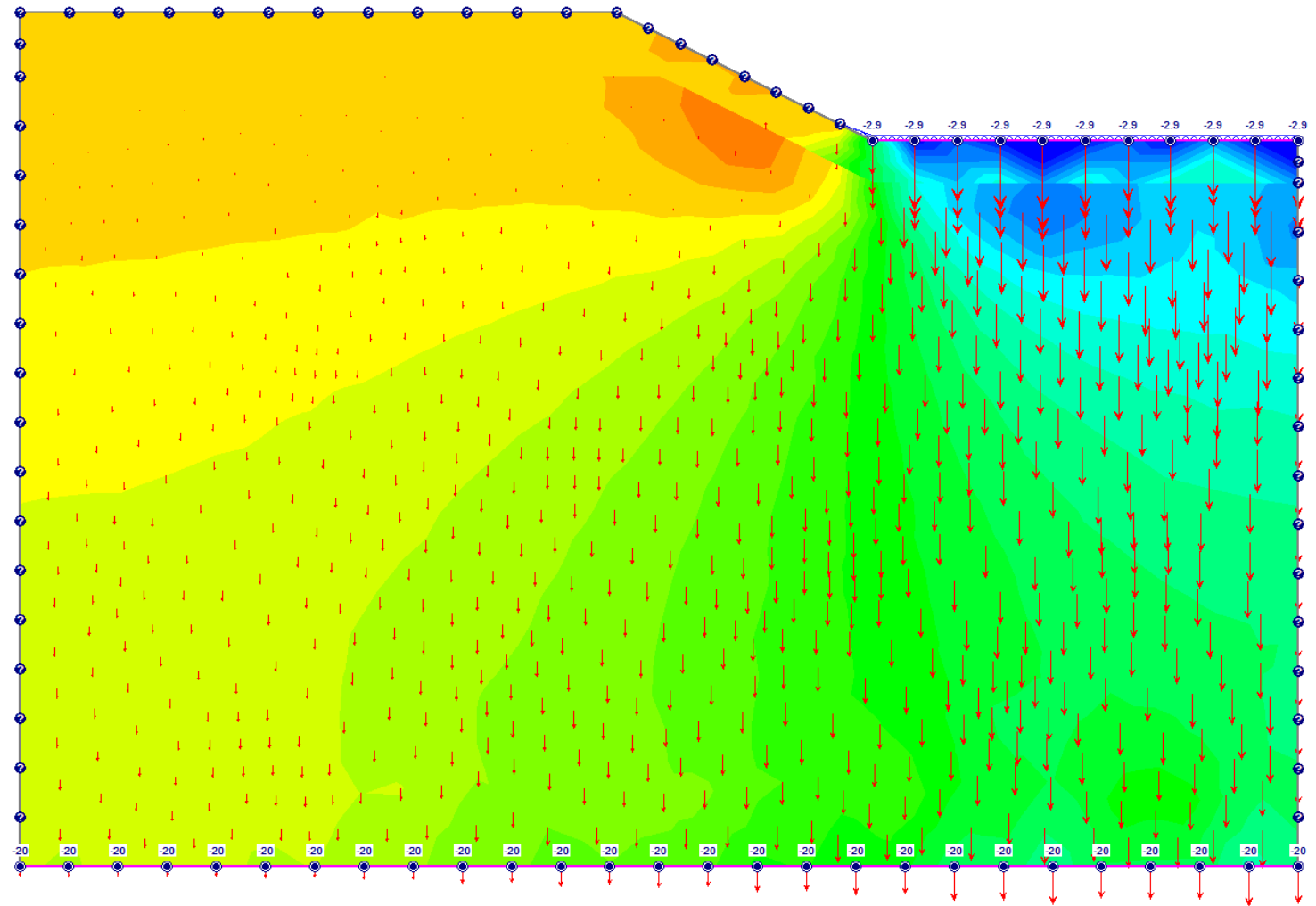
$$t = 1'670,76 \text{ sec}$$

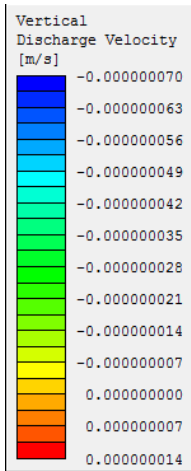
$$t = 27,846 \text{ min}$$

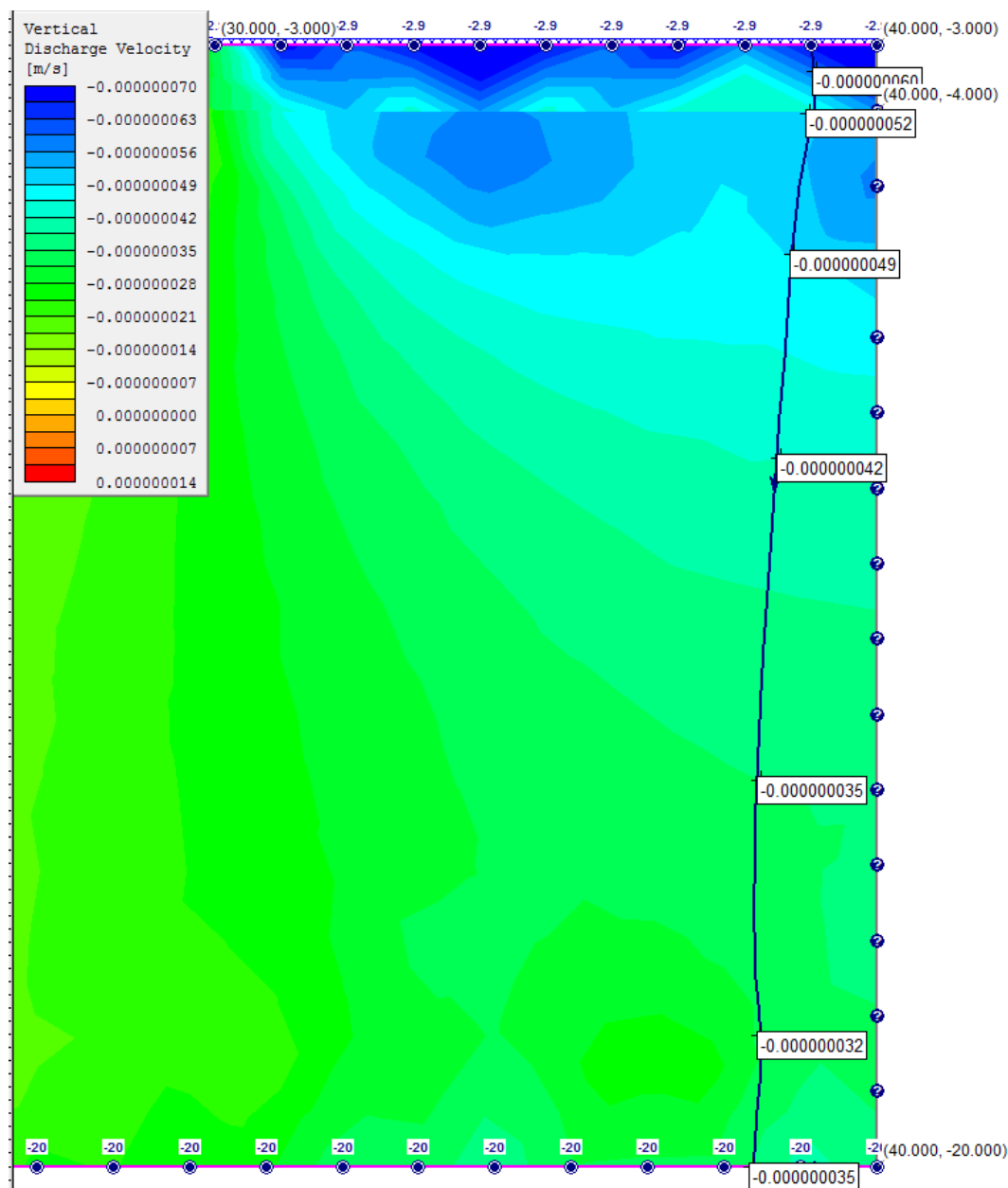
$$t = 0,46 \text{ ore}$$

**Ipotesi (c): PISTA A -3.0 m DA PIANO CAMPAGNA, CON INTERVENTI DI MITIGAZIONE (SOTTOFONDO ARGILLOSO IMPERMEABILE  $k = 10^{-8}$  m/s DI SPESSORE 1.0 m)**









#### Pista a -3.00 m da p.c. CON interventi di mitigazione

Il tempo impiegato da una generica fase acquosa, sversata in pista (dunque a -3.00 m da p.c.), per raggiungere il tetto medio della falda acquifera a -20.00 m da p.c., è risultato:

$$t = 416'666'666,7 \text{ sec}$$

$$t = 6'944'444,444 \text{ min}$$

$$t = 115'740,74 \text{ ore}$$

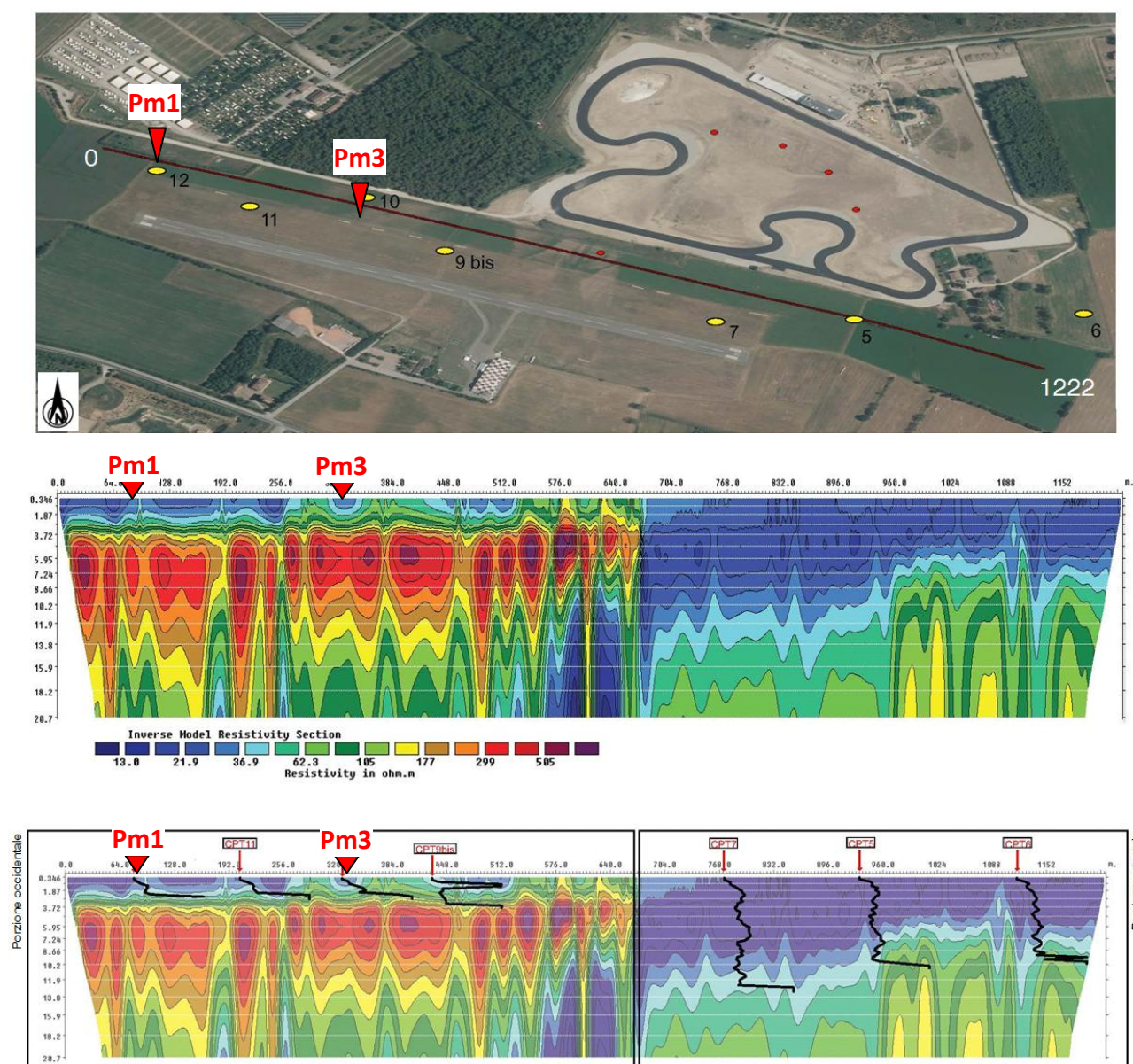
$$t = 4'822.5 \text{ gg}$$

$$t \approx 13.2 \text{ anni}$$

## 4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I n. 2 sondaggi a carotaggio continuo (**Pm1** e **Pm3**) effettuati nel mese di Novembre 2021 nel settore occidentale della pista in ampliamento hanno confermato quanto precedentemente ottenuto dalle indagini geofisiche:

- Al di sotto di un primo strato superficiale di terreno vegetale, dello spessore di circa 0.20/0.30 m, sono stati rilevati, fino a circa -1.50 (Pm3)/ -2.80 (Pm1) m da p.c., dei depositi limo-argillosi e argillo-limosi a elevata consistenza, di colore bruno-nocciola.
- Da -1.50/-2.80 m da p.c. fino a fondo foro (-20.0 m) sono presenti ghiaie arrotondate eterometriche ( $\varnothing=3-5$  cm) sciolte, in matrice limosa.



**Fig. 4.1:** Confronto tra gli esiti della tomografia elettrica ERT e le prove puntuali eseguite in sito

La **soggiacenza della falda** rilevata dai rilievi piezometrici condotti nella campagna di monitoraggio da Marzo 2007 a Febbraio 2021 si attesta **tra -18.5 e -17.0 m dal p.c. naturale**.

All'interno dei piezometri eseguiti in data 8,9 e 10 Novembre si attesta **tra -14.2 e -14.8 m dal p.c. naturale**.

Relativamente al settore occidentale della pista in ampliamento, al capitolo 3 è stato calcolato il tempo di percorrenza di un generico contaminante, sversato sulla pista, per giungere in falda, considerata a -20.0 m da p.c. (si precisa che il tetto dell' **acquifero A0** si trova a **-25/-30 m da p.c.**).

#### **A. Pista a piano campagna** (ipotesi di piano stradale impostato a -0.30 m da p.c.).

Il tempo impiegato da una generica fase acquosa, sversata sulla pista (in questo caso a -0.30 m da p.c.), per raggiungere il tetto medio della falda acquifera a -20.00 m da p.c., è risultato:

$$t = 438'997'695,9 \text{ sec}$$

$$t = 7'316'628,264 \text{ min}$$

$$t = 121'943,8 \text{ ore}$$

$$t = 5'081 \text{ gg}$$

$$t \approx 13.9 \text{ anni}$$

#### **B. Pista a -3.00 m da p.c. senza interventi di mitigazione**

Il tempo impiegato da una generica fase acquosa, sversata in pista (dunque a -3.00 m da p.c.), per raggiungere il tetto medio della falda acquifera a -20.00 m da p.c., è risultato:

$$t = 1'670,76 \text{ sec}$$

$$t = 27,846 \text{ min}$$

$$t = 0,46 \text{ ore}$$

#### **C. Pista a -3.00 m da p.c. CON interventi di mitigazione**

Il tempo impiegato da una generica fase acquosa, sversata in pista (dunque a -3.00 m da p.c.), per raggiungere il tetto medio della falda acquifera a -20.00 m da p.c., è risultato:

$$t = 416'666'666,7 \text{ sec}$$

$$t = 6'944'444,444 \text{ min}$$

$$t = 115'740,74 \text{ ore}$$

$$t = 4'822.5 \text{ gg}$$

$$t \approx 13.2 \text{ anni}$$

Come si può notare, l'intervento in progetto, grazie alle opere di mitigazione previste, è paragonabile all'ipotesi di pista a piano campagna.

Considerando inoltre che **la realizzazione della Pista Guida Sicura non ha prodotto, in 8 anni, alcun impatto sulle acque di falda**: ci sono i presupposti per supporre che **sarà lo stesso anche per**

quanto riguarda l'ampliamento in progetto, anche alla luce del fatto che l'ampliamento della pista non permetterà il transito/la guida ai mezzi pesanti ed almeno il 70% del transito previsto sarà riservato ai mezzi elettrici.

Modena, 11 Novembre 2021

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

