

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## S.O. OPERE GEOTECNICHE

## PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

### NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA-PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA-POTENZA

#### GALLERIE ARTIFICIALI

Relazione sull'interferenza delle opere di sostegno con la falda

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

R	C	2	I	A	1	R	1	1	R	H	G	A	0	0	0	0	0	0	3	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	M. Pescara	30/09/22	G. Scasserra M. Giannini	30/09/22	D'Amore	30/09/22	L. Berardi 30/09/22

File: RC2IA1R11RHGA0000003A

n. Elab.



## INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	INTRODUZIONE.....	5
3	NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	6
4	INDIVIDUAZIONE DELLA SEZIONE OGGETTO DI ANALISI .....	7
5	SIMULAZIONI NUMERICHE .....	9
4.1	CODICE DI CALCOLO .....	9
4.2	MODELLO IMPLEMENTATO .....	9
4.3	FASI DI CALCOLO.....	12
6	RISULTATI.....	14
5.1	SIMULAZIONE 1 .....	14
5.2	SIMULAZIONE 2 .....	18
7	CONCLUSIONI .....	19

## 1 PREMESSA

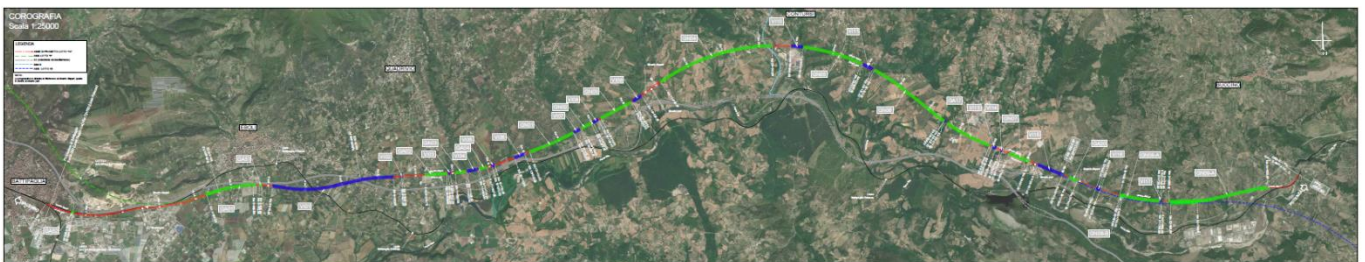
La presente progettazione di fattibilità tecnica ed economica ha ad oggetto il **lotto 1a Battipaglia – Romagnano**, individuato come prioritario e inserito all'interno del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR).



*Figura 1-1 Nuova linea AV Salerno – Reggio Calabria: suddivisione in lotti funzionali*

Il tracciato si sviluppa in doppio binario dalla stazione di Battipaglia (l' inizio intervento è posto al km 73+790 della linea Battipaglia – Potenza C.le) e si estende per circa 35 km.

Vengono attraversati i territori di Battipaglia, Eboli, Campagna, Contursi Terme, Sicignano degli Alburni e Buccino, tutti nella Provincia di Salerno.



*Figura 1-2 Lotto 1a Battipaglia – Romagnano. Corografia dell'intervento*

## **2 INTRODUZIONE**

Le analisi contenute nella presente relazione hanno lo scopo di valutare l'impatto della realizzazione delle opere in progetto sulla circolazione delle acque sotterranee.

In particolare, lo studio ha l'obiettivo di confrontare la situazione *ante-operam* (falda in campo libero) con la situazione *post-operam*, nella quale le paratie di diaframmi delle trincee profonde e delle gallerie artificiali possono rappresentare un ostacolo al libero deflusso sotterraneo.

### **3 NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

- [1] Relazione geotecnica opere all'aperto - RC2I.A.1.R.11.GE.GE.00.0.6.001
- [2] Planoprofilo geotecnico - Tav. 1 di 9 e Tav. 2 di 9 - RC2I.A.1.R.11.L5.GE.00.0.6.001-002
- [3] Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica – RC2I.A.1.R.69.RG.GE.00.0.1.001

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b>  <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b>  <b>LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E</b>  <b>INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA – POTENZA</b>  <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b></p>												
<p><b>Relazione sull'interferenza delle opere di sostegno con la falda</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RC2I</td> <td>A1 R 11</td> <td>RH</td> <td>GA0000 003</td> <td>A</td> <td>7 di 19</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RC2I	A1 R 11	RH	GA0000 003	A	7 di 19
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RC2I	A1 R 11	RH	GA0000 003	A	7 di 19								

## 4 INDIVIDUAZIONE DELLA SEZIONE OGGETTO DI ANALISI

Le analisi sono state svolte pertanto con riferimento ad una sezione ritenuta maggiormente rappresentativa delle condizioni critiche rispetto al tema in esame. L'individuazione della sezione rappresentativa è stata basata sia sulle conoscenze disponibili circa l'assetto della circolazione sotterranea nell'area di intervento (profondità e gradiente della falda), sia sulle caratteristiche delle opere in progetto (presenza diaframmi).

In generale, la variabilità geologica caratteristica dell'area in cui ricade il progetto determina la presenza di più complessi idrogeologici.

Nell'area si riconoscono principalmente acquiferi impostati nelle unità costituenti i terreni quaternari, caratterizzati da permeabilità media per porosità ma estremamente variabile in funzione della granulometria dei depositi e dell'eventuale grado di cementazione.

Per quanto riguarda la produttività ai fini dell'utilizzo, gli acquiferi più significativi sono presenti nei livelli più grossolani e permeabili dei depositi alluvionali collegati ai principali corsi d'acqua. La presenza dei litotipi appartenenti alle unità messiniane, caratterizzati da elevato contenuto in mineralizzazioni facilmente solubili, rende le acque sotterranee in taluni casi molto saline e pertanto poco utilizzabili.

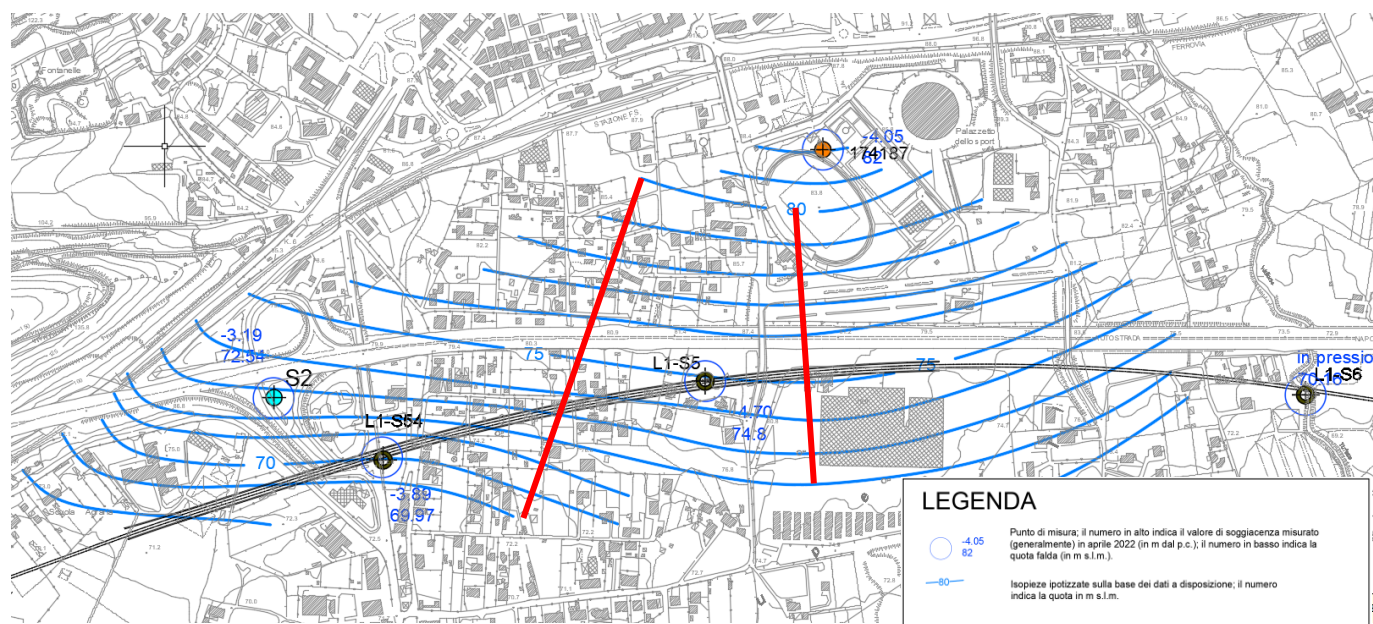
Nei capitoli successivi si descrivono le caratteristiche più specifiche degli acquiferi nell'area di progetto, definite sulla base dei dati geologici acquisiti nel corso del presente studio.

La definizione del modello geologico di riferimento dell'area di progetto ha permesso di determinare anche l'assetto idrogeologico locale.

Durante la campagna di indagini geognostiche realizzata in questa fase progettuale, sono stati acquisiti dati relativi alla soggiacenza della falda e alle caratteristiche di permeabilità degli acquiferi lungo l'area interessata dal tracciato. Questi dati sono stati analizzati permettendo così una prima definizione del contesto idrogeologico.

Sulla base dei dati raccolti dalle varie campagne piezometriche risulta che nell'area in cui è prevista la galleria artificiale GA01 è presente una falda a pochi metri di profondità. Al fine di valutare le interazioni tra l'opera e la falda è stato ricostruito l'andamento delle linee isopiezometriche, riportate in figura; la direzione di deflusso è indicativamente nord-sud, e

quindi trasversale allo sviluppo della galleria.



**Figura 3 – andamento delle isopieze nella zona interessata dalla galleria GA01, ricostruite sulla base dei dati di aprile 2022.**

Sulla base delle isopieze si evince che la GA01 interferisce con un gradiente mediamente intorno al 2%, con andamento delle linee di flusso che diventano circa ortogonali all'opera verso le progressive 5+000-5+200 circa.

La stratigrafia è riassunta nella tabella seguente:

Unità	Prof. da p.c. (m) da - a	Descrizione	$\gamma$ [KN/m <sup>3</sup> ]	$c'$ [KPa]	$\varphi$ [°]	E [KPa]
BPb	0-50	Depositi prevalentemente limosi	19.5	15	25	30 (da 0 a -15 m) 60 (da -15 a -30 m) 90 (da -30 a -50m)



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E</b> <b>INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA – POTENZA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione sull'interferenza delle opere di</b> <b>sostegno con la falda</b>	COMMESSA RC2I	LOTTO A1 R 11	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA0000 003	REV. A

## 5 SIMULAZIONI NUMERICHE

### 4.1 CODICE DI CALCOLO

L'analisi di filtrazione è stata eseguita in regime di moto stazionario attraverso il codice di calcolo bidimensionale agli elementi finiti PLAXIS 2D, sulla base della caratterizzazione dei terreni, dei livelli idrici previsti e di diverse condizioni al contorno (assenza e presenza di strutture interrato).

Plaxis 2D è un codice di calcolo agli elementi finiti (sviluppato dalla Delft University of Technology) bidimensionale in grado di tenere conto del comportamento del terreno seguendo la variazione dello stato tensionale e deformativo nei vari punti dell'ammasso considerato e negli eventuali elementi strutturali collegati con i quali interagisce.

Il programma permette di simulare situazioni reali riconducibili a condizioni di deformazione piane (plane strain) o a condizioni assialsimmetriche (axisymmetric).

Il codice, sviluppato per le analisi di tipo geotecnico, consente di avere diverse applicazioni, come lo studio delle deformazioni sotto l'effetto di carichi esterni e le verifiche di stabilità. Il terreno è schematizzato attraverso una *mesh* costituita da elementi triangolari a 6 o 15 nodi. Il programma permette anche l'inserimento di elementi strutturali di vario tipo. Ai diversi tipi di materiale sono attribuiti i parametri fisici, meccanici e di permeabilità e viene definito il modello costitutivo e il tipo di comportamento (drenato, non drenato, non poroso). Il programma infine consente di studiare i moti di filtrazione nel terreno, in regime di moto stazionario, sulla base della definizione preliminare dei livelli di falda, della permeabilità dei terreni e delle condizioni al contorno specificate.

Nel caso in esame è stato impiegato il modulo aggiuntivo del programma, Plaxis Flow, che permette di studiare il flusso delle acque sotterranee in stato stazionario. Il codice simula il comportamento insaturo e anisotropo del suolo e permette di calcolare simultaneamente i cambiamenti di pressione eseguendo un'analisi di variazione del flusso.

### 4.2 MODELLO IMPLEMENTATO

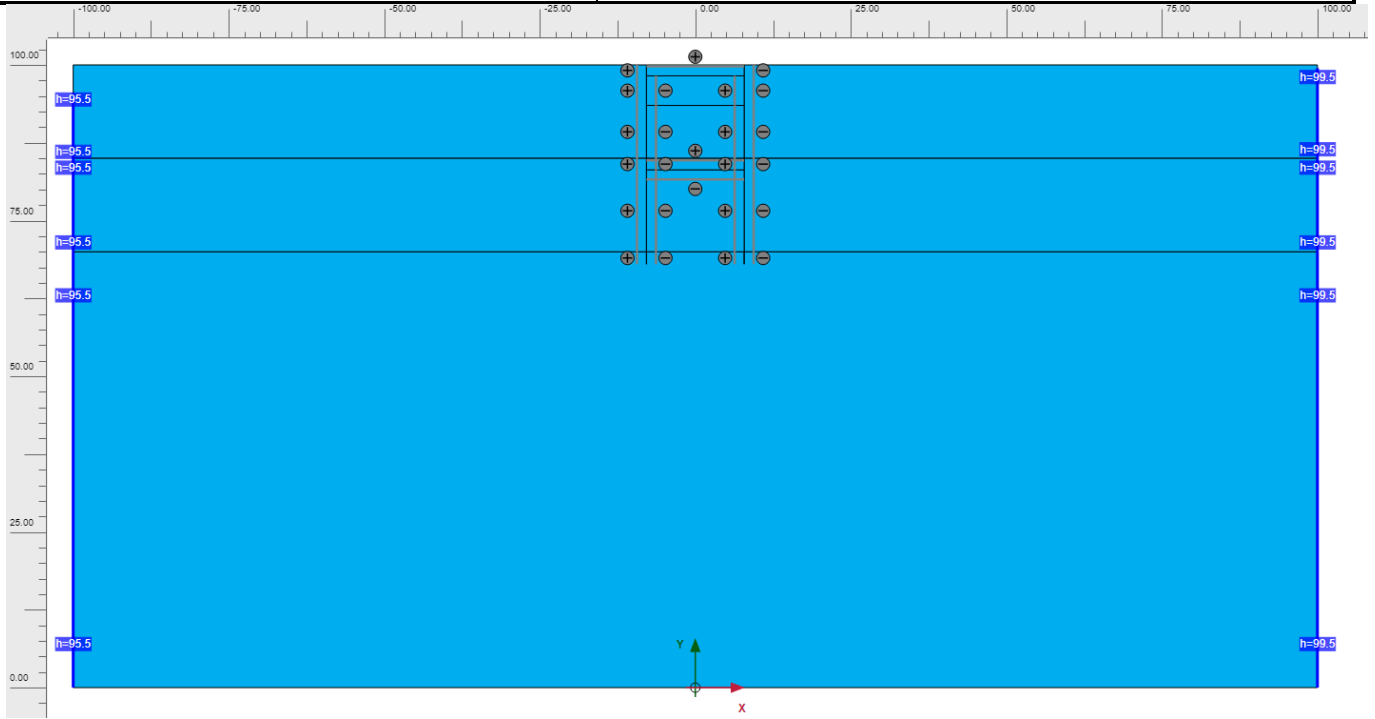
Considerando le incertezze sulla quota di falda sono state effettuate due diverse simulazioni, differenziate appunto per la posizione della falda. In entrambi i casi la falda è stata considerata,

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b>  <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b>  <b>LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E</b>  <b>INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA – POTENZA</b>  <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b></p>												
<p><b>Relazione sull'interferenza delle opere di sostegno con la falda</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RC2I</td> <td>A1 R 11</td> <td>RH</td> <td>GA0000 003</td> <td>A</td> <td>10 di 19</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RC2I	A1 R 11	RH	GA0000 003	A	10 di 19
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RC2I	A1 R 11	RH	GA0000 003	A	10 di 19								

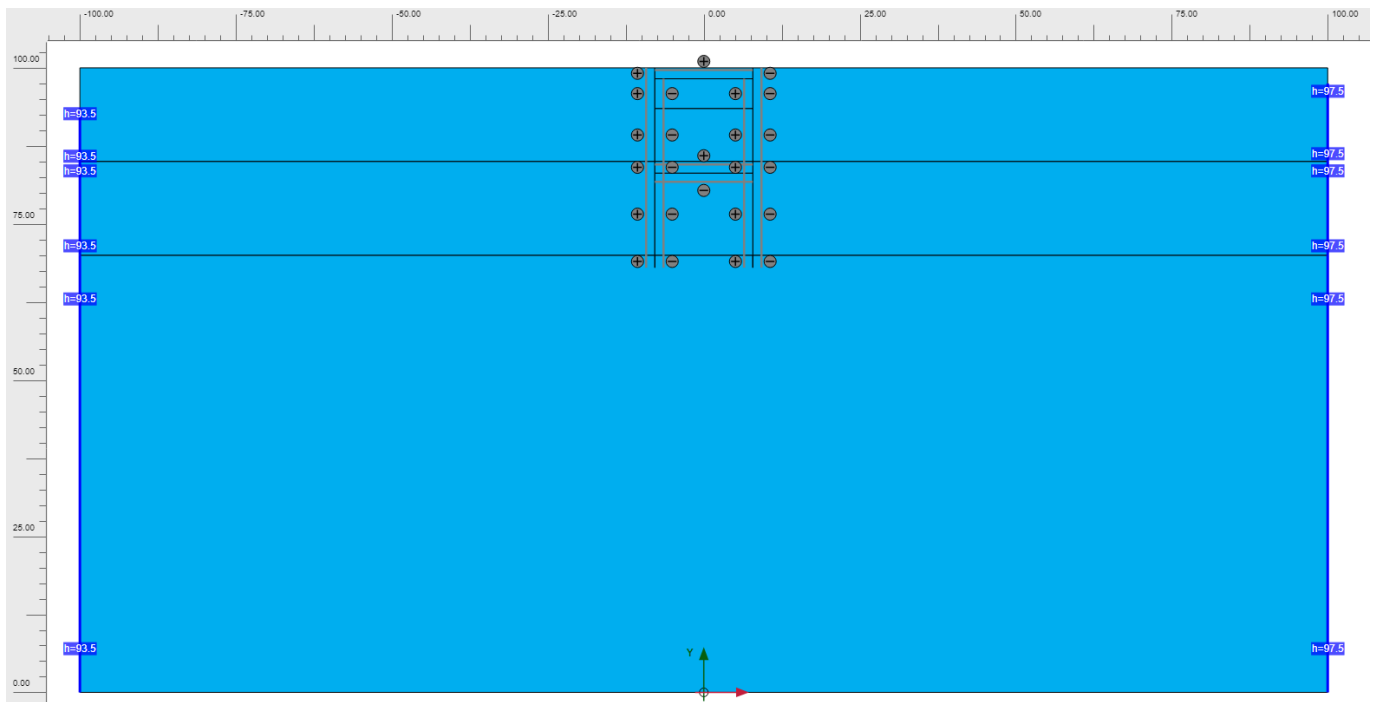
a favore di sicurezza, con pendenza riferita ad un gradiente pari a 2.0%. In particolare:

- **Simulazione 1:** il gradiente è stato originato assegnando ai due contorni verticali del modello ( $x = -100$  e  $x = 100$ ), un carico idraulico rispettivamente pari a 95.50 a valle (contorno verticale in sx) m e 99.50 m a monte (contorno verticale in dx), con piano campagna orizzontale, impostato fittiziamente a quota  $y=100$ m. In definitiva, quindi, si è proceduto considerando la falda ad una profondità di partenza pari a -0.5 m dal p.c. sul punto estremo di monte, e applicando alla stessa il gradiente di 2.0% verso valle per la larghezza dell'intero modello ( $2.0\% \times 200\text{m} = 4.0\text{m}$ ), fino a raggiungere la profondità di -4.5m dal p.c. nel punto estremo di valle (Figura 4);
- **Simulazione 2:** il gradiente è stato originato assegnando ai due contorni verticali del modello ( $x = -100$  e  $x = 100$ ), un carico idraulico rispettivamente pari a 93.50 a valle (contorno verticale in sx) m e 97.50 m a monte (contorno verticale in dx), con piano campagna orizzontale, impostato fittiziamente a quota  $y=100$ m. In definitiva, quindi, si è proceduto considerando la falda ad una profondità di partenza pari a -2.5m dal p.c. sul punto estremo di monte, e applicando alla stessa il gradiente di 2.0% verso valle per la larghezza dell'intero modello ( $2.0\% \times 200\text{m} = 4.0\text{m}$ ), fino a raggiungere la profondità di -6.5m dal p.c. nel punto estremo di valle (Figura 5).

Le condizioni al contorno idrauliche per tutte le simulazioni implementate prevedono che i limiti del modello siano drenati lungo tutti i bordi (verticali e orizzontali), ad eccezione del limite orizzontale inferiore.



**Figura 4 – Simulazione 1: condizioni idrauliche.**



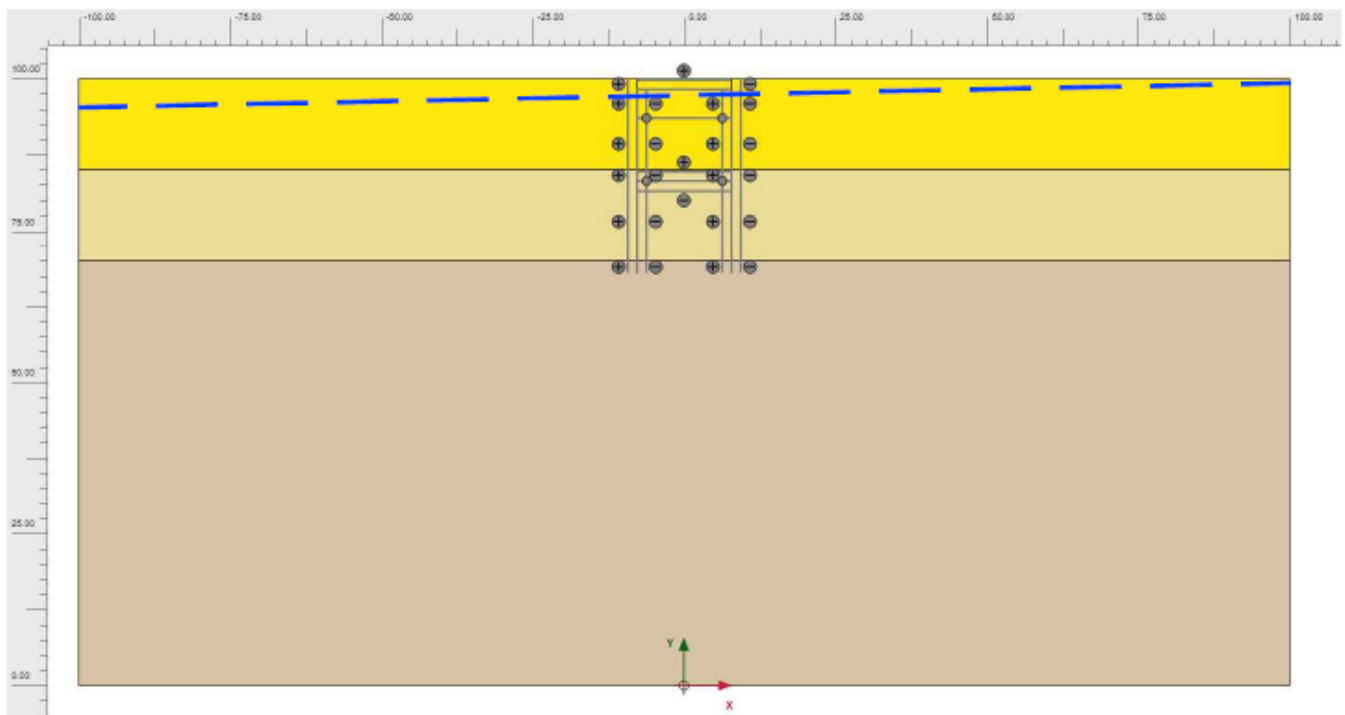
**Figura 5 – Simulazione 2: condizioni idrauliche.**

### 4.3 FASI DI CALCOLO

Le analisi sono state effettuate considerando le seguenti fasi:

- fase 1: falda indisturbata (condizione ante-operam) con falda impostata come da paragrafo precedente (Figura 6);
- fase 2: realizzazione dei diaframmi (condizione post-operam), considerati con contorno impermeabile (Figura 7);

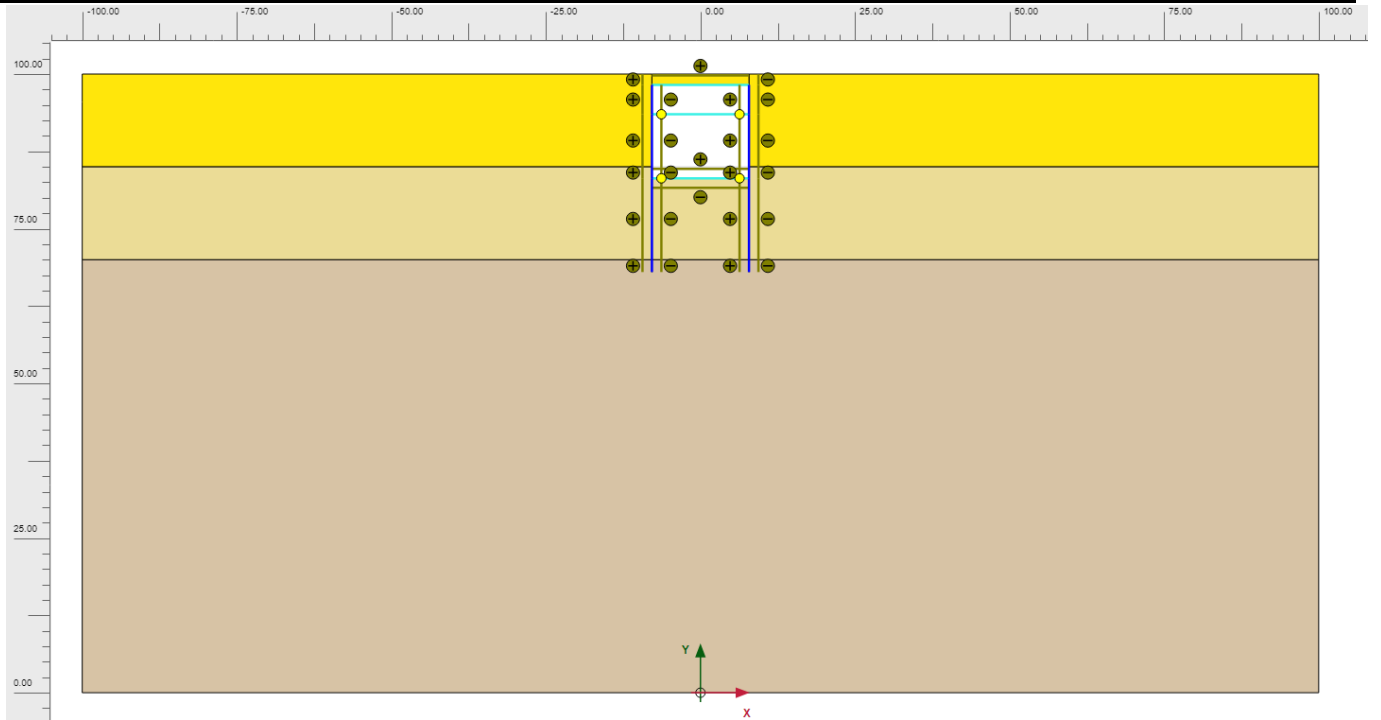
Per ognuna delle 2 simulazioni è stata valutata la variazione della quota della falda tra una fase e l'altra, al fine di stimare numericamente l'effetto della realizzazione dell'opera sulla stessa, rispetto allo stato iniziale.



**Figura 6 – Fase 1 – condizione indisturbata (ante-operam)**

**Relazione sull'interferenza delle opere di sostegno con la falda**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1 R 11	RH	GA0000 003	A	13 di 19



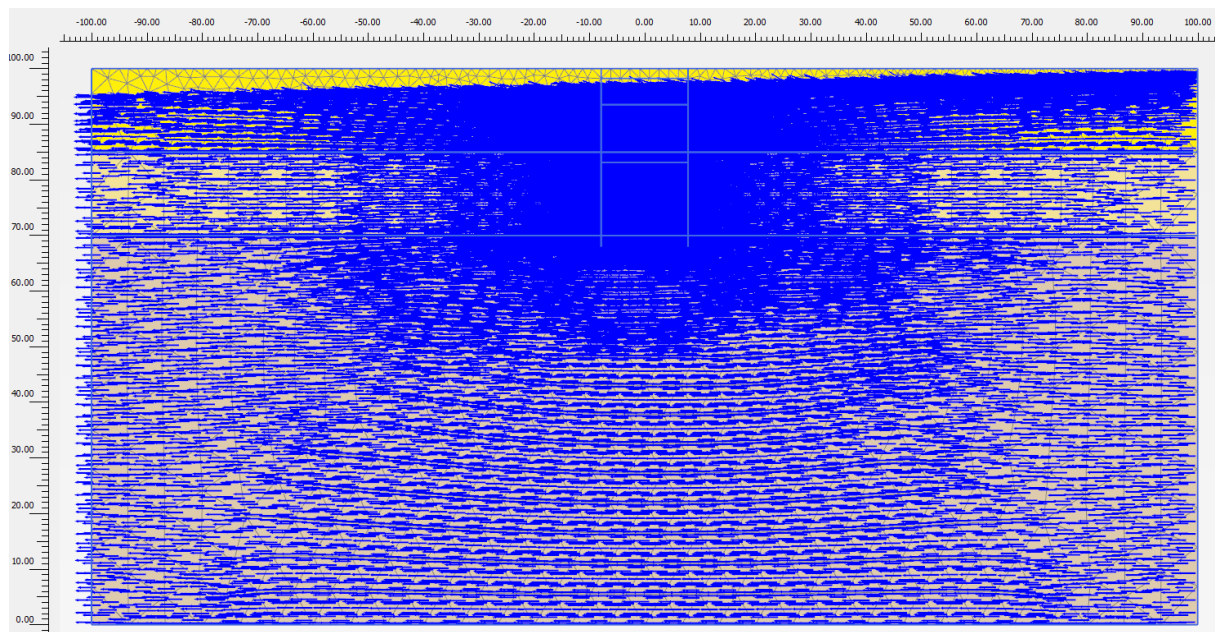
**Figura 7 – Fase 2 – presenza dei diaframmi (post-operam)**

## 6 RISULTATI

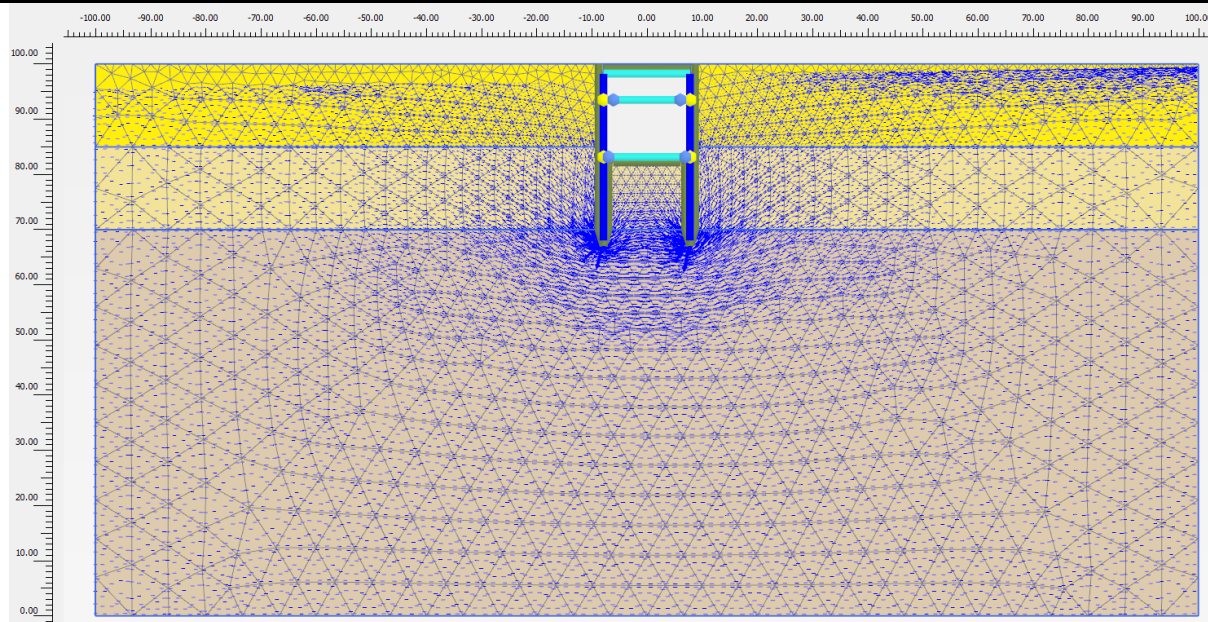
A partire dal modello di calcolo descritto, per ciascuna simulazione considerata viene riportato un confronto tra l'andamento delle pressioni interstiziali calcolate nelle fasi 1 e 2. Nello specifico, l'andamento delle pressioni viene valutato sulle due sezioni verticali poste immediatamente a monte dell'opera ( $x = 7.85$  m, a destra nel modello) e a valle dell'opera ( $x = -7.85$  m, a sinistra nel modello); si tratta sostanzialmente delle sezioni corrispondenti alla posizione dei due diaframmi.

### 5.1 SIMULAZIONE 1

In Figura 8 e Figura 9 è riportato rispettivamente l'andamento del flusso prima e dopo la realizzazione dei diaframmi. Come atteso, quest'ultimi rappresentano un ostacolo idraulico con conseguente deviazione del flusso.



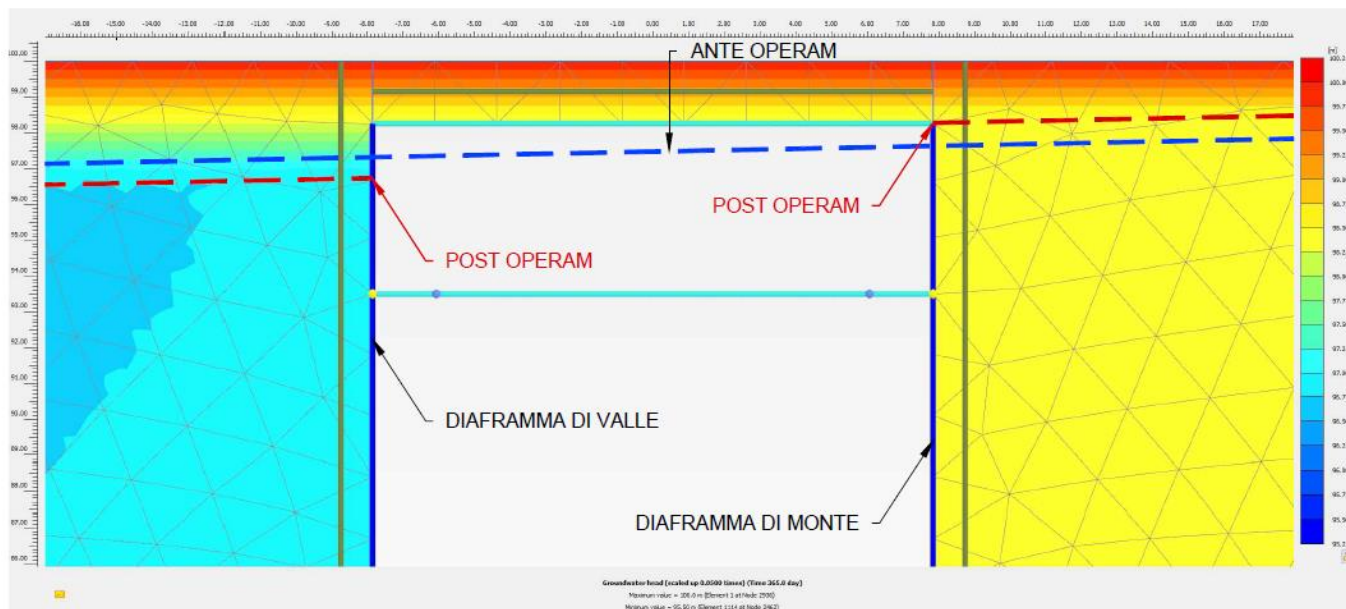
**Figura 8 – Andamento del flusso d'acqua in fase 1.**



**Figura 9 – Andamento del flusso d'acqua in fase 2**

In Figura 10 si riporta, invece, un ingrandimento nell'intorno della testa dei diaframmi in cui viene evidenziata la variazione dell'andamento della falda a seguito della realizzazione dei diaframmi. Si nota come nella fase 1 (*ante operam*) la falda abbia l'andamento lineare di partenza, mentre in fase 2 (*post operam*) subisce un innalzamento a monte (destra) di circa 60 cm e un abbassamento a valle (sinistra) di circa 60 cm rispetto all'andamento originario.

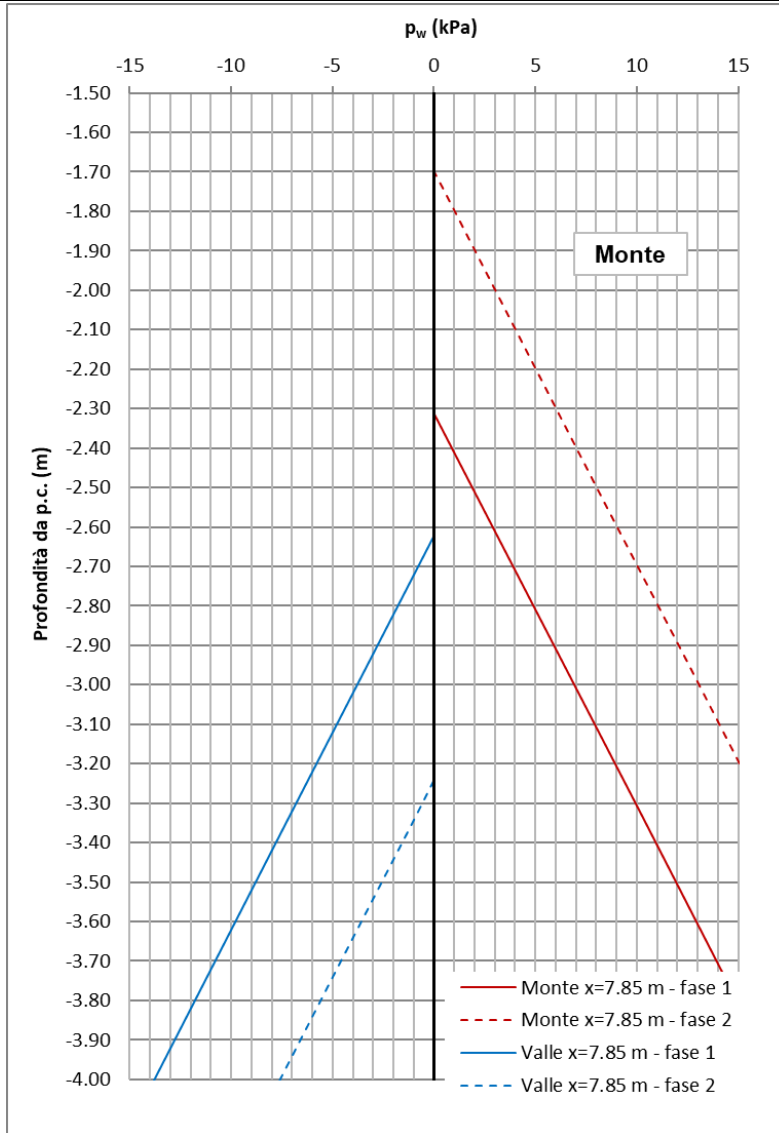




**Figura 10 – indicazione delle quote di falda: confronto fase 1 (ante operam) e fase 2 (post operam)**

La variazione del livello di falda derivante dalla presenza dell'opera è più facilmente leggibile dal grafico di Figura 11 nel quale si riporta l'andamento della pressione dell'acqua sulle verticali di controllo di monte e valle in fase 1 (*ante-operam*) e fase 2 (*post-operam*). Come si può notare, a seguito della realizzazione dei diaframmi (fase 2) il diagramma delle pressioni parte da un'altezza superiore di circa 60 cm rispetto alla condizione indisturbata (fase 1), mentre a valle la variazione si manifesta come una diminuzione di entità confrontabile (circa 60 cm) tra fase 1 e fase 2. Il confronto mostra, pertanto, che la presenza dell'opera genera un innalzamento della falda a monte e un abbassamento a valle di circa 60 cm.

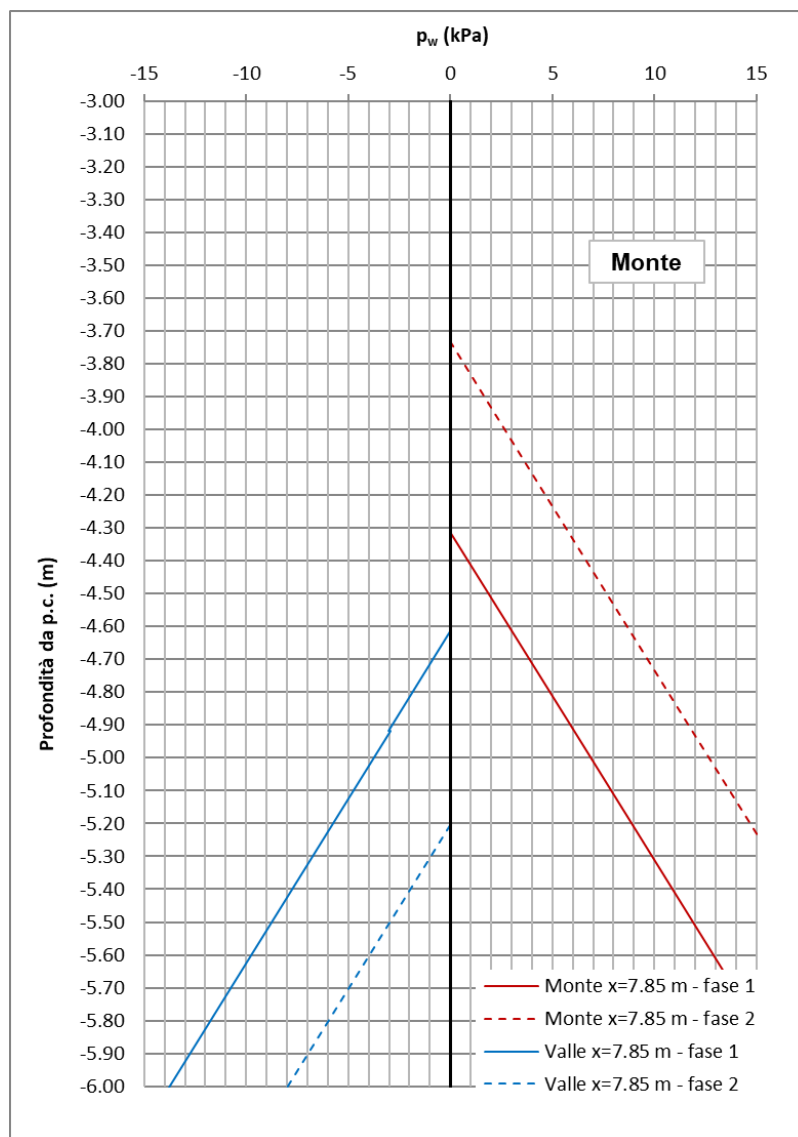




**Figura 11 – Simulazione 1: andamento pressione dell'acqua lungo le verticali corrispondenti ai diaframmi di monte (x=7.85m) e valle (x=-7.85m)**

## 5.2 SIMULAZIONE 2

Analogamente al caso precedente, si può verificare dalla Figura 12 che la presenza dell'opera genera un innalzamento della falda di circa 60 cm a monte e un abbassamento di circa 60 cm a valle, naturalmente gli innalzamenti e gli abbassamenti calcolati in questo caso partono dalla condizione indisturbata con falda a quota inferiore rispetto alla Simulazione 1



**Figura 12 – Simulazione 2: andamento pressione dell'acqua lungo le verticali corrispondenti ai diaframmi di monte (x=7.85m) e valle (x=-7.85m)**

## **7 CONCLUSIONI**

Per concludere è possibile affermare che la variazione del livello di falda derivante dalla presenza dell'opera può essere considerata accettabile in quanto compatibile con le condizioni idrogeologiche del sito e l'attuale uso del suolo.