



Per
Ital Gas Storage S.p.A.

CORNEGLIANO LAUDENSE
IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS NATURALE

MIGLIORAMENTO TECNOLOGICO PER
IL TRATTAMENTO DELLE ACQUE
SEPARATE – AGGIORNAMENTO
TECNICO DELLE MODALITÀ
ESECUTIVE DELLE OPERE DI
FONDAZIONE DEL BACINO DI
EQUALIZZAZIONE B-101

Allegato 1: “Valutazione delle interferenze
con la falda”

Revisione in seguito a migliorie progettuali

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO:.....	3
3	MODELLO CONCETTUALE	4
4	PARAMETRI DI INPUT E CALIBRAZIONE DEL MODELLO	9
5	DESCRIZIONE OPERE INTERFERENTI E DELLE MIGLIORIE APPORTATE	10
5.1	Descrizione della soluzione prevista nel progetto approvato.....	11
5.2	Confronto con la nuova soluzione prevista nel progetto migliorativo	12
5.3	Sintesi delle caratteristiche delle opere interferenti con la falda	14
6	ANALISI DEI POTENZIALI EFFETTI INDOTTI.....	17
7	CONCLUSIONI	23

FIGURE

Figura 3-1 - Stralcio della Tavola 2/6 "Isopiezometriche e soggiacenza media della falda" (Relazione Geologica del PGT di C. Laudense)	5
Figura 5-1: Layout opere interferenti con la falda e attuale rete piezometrica	10
Figura 5-2: Sezione vasca B-101 progetto approvato.....	11
Figura 5-3: Schema tipo nuova soluzione prevista per la vasca B-101	12
Figura 5-4: Vasca B-101 - confronto tra soluzione del progetto migliorativo e progetto approvato.....	14
Figura 5-5: Vasca B-101_ Rappresentazione palificata e diaframmi nella zona sottostante il tampone in jet Grouting	15
Figura 5-7: Modello concettuale	16
Figura 6-1 - Piezometria simulata in presenza delle opere previste – $K=1.7 \times 10^{-4}$ m/s – direzione di falda NO-SE	18
Figura 6-2 – Variazione piezometrica indotta dalla presenza delle opere – $K=1.7 \times 10^{-4}$ m/s – direzione di falda NO-SE	19
Figura 6-3 - Piezometria simulata in presenza delle opere previste – $K=1.7 \times 10^{-4}$ m/s – direzione di falda NO-SE nella porzione da 17 a 22 m da pc interessata dai soli micropali	20
Figura 6-4 - Piezometria simulata in presenza delle opere previste– $K=1.7 \times 10^{-4}$ m/s - direzione di falda O-E.....	21
Figura 6-5 - Variazione piezometrica indotta dalla presenza delle opere – $K=1.7 \times 10^{-4}$ m/s – direzione di falda O-E.....	22

ALLEGATI

ALLEGATO A: Logs stratigrafici e schemi di completamento piezometri

1 INTRODUZIONE

Il presente documento rappresenta un aggiornamento dell'Allegato 5 allo Studio Preliminare Ambientale incluso nell'istanza inviata da Italgas Storage S.p.A. per la Procedura di Verifica di Assoggettabilità a VIA, ai sensi dell'art.19 del D.lgs. n.152/2006, relativamente al Progetto denominato *"Impianto di stoccaggio gas naturale in sottterraneo di Cornegliano Laudense (LO) - Aggiornamento 2022 dell'intervento di miglioramento tecnologico per il trattamento delle acque separate"*. Tale verifica di assoggettabilità a VIA si è conclusa con il provvedimento n. 295 del 24.10.2022 che ha escluso il Progetto dalla procedura di Valutazione dell'Impatto Ambientale. L'aggiornamento dell'Allegato 5 relativo alla valutazione delle interferenze con la falda, si è reso necessario in seguito alle migliorie progettuali apportate in fase di progettazione di dettaglio relativamente al solo Bacino di equalizzazione B-101. Il progetto rimane per il resto del tutto invariato quanto a opere complessivamente previste e loro dimensioni nonché processo di trattamento e relative prestazioni.

Il modello numerico tridimensionale del flusso della falda (codice di calcolo: modflow2000 - USGS; interfaccia grafica: GroundwaterVistas v8 - ESI¹) è stato aggiornato in accordo alle nuove caratteristiche progettuali del Bacino di equalizzazione B-101 mentre le impostazioni inerenti le caratteristiche idrogeologiche dell'area sono state mantenute invariate. Nei seguenti paragrafi sono descritte le migliorie progettuali apportate, le basi/dati di input delle simulazioni condotte e la trattazione dei risultati ottenuti.

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO:

I documenti di riferimento per lo studio in oggetto sono sotto riportati:

1. "Aggiornamento 2022 dell'intervento di miglioramento Tecnologico per il trattamento delle acque separate – Allegato 5 Studio Preliminare Ambientale", Wood plc, marzo 2022. Tale documento è incluso nell'istanza di Italgas Storage per la Procedura di Verifica di Assoggettabilità a VIA, ai sensi dell'art.19 del D.lgs. n.152/2006, relativamente al Progetto denominato *"Impianto di stoccaggio gas naturale in sottterraneo di Cornegliano Laudense (LO) - Aggiornamento 2022 dell'intervento di miglioramento tecnologico per il trattamento delle acque separate"*.

¹ <http://www.groundwatermodels.com/>

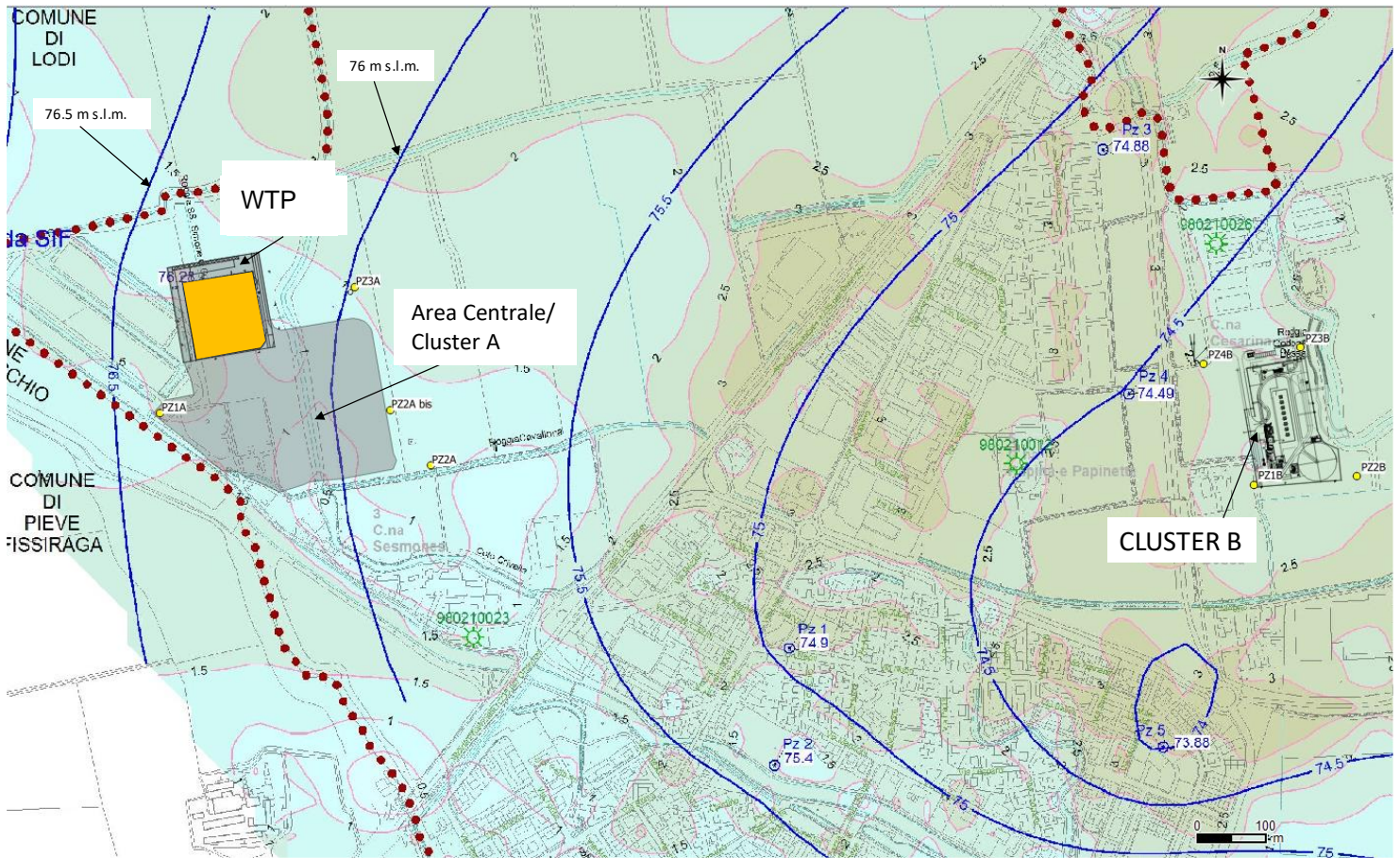
2. "Aggiornamento 2022 dell'intervento di miglioramento Tecnologico per il trattamento delle acque separate - Impianto di trattamento acque (WTP) - Piano di monitoraggio delle acque di falda", WSP E&IS Italy, 30 novembre 2022. Tale documento fa parte della documentazione tecnica allegata all'istanza di autorizzazione dell'intervento di miglioramento tecnologico per il trattamento delle acque separate con convocazione di apposita conferenza di servizi ex art. 14 della L. 7 agosto 1990, n. 241 ss.mm.ii", presentata dalla società Ital Gas Storage S.p.A. con prot. AM-2022-014 al Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) il 6 dicembre 2022 (procedimento concluso con decreto di autorizzazione a realizzare il progetto trasmesso dal MASE con protocollo nr: 214466 del 30/12/2023).

3 MODELLO CONCETTUALE

Base dati ad ampia scala

In base a quanto riportato nella Relazione geologica (2012) del PGT del Comune di Cornegliano Laudense, e nella Tavola 2/6 - "Isopiezometriche e soggiacenza media della falda" allegata alla stessa (vedi stralcio nella seguente Figura 3-1), nell'area interessata dagli interventi (nelle vicinanze di Centrale/Cluster A) si segnala la presenza di una falda freatica con le seguenti caratteristiche:

- soggiacenza: c.a. 1.5 m dal p.c.;
- quota piezometrica assoluta: 76.25 m s.l.m.;
- gradiente idraulico: c.a. 0.15 %;
- escursione piezometrica media annua: 0.91 m;
- spessore dell'acquifero superficiale (gruppo A): c.a. 40 m;
- direzione di flusso prevalente: Ovest-Est



Nota: In blu le linee iso-piezometriche (m s.l.m.) ed in rosa le linee di soggiacenza media (m dal p.c.).

Figura 3-1 - Stralcio della Tavola 2/6 "Isopiezometriche e soggiacenza media della falda" (Relazione Geologica del PGT di C. Laudense)

Base dati a scala locale (Centrale/Cluster A)

I piezometri monitorati da IGS, nel periodo marzo 2017÷dicembre 2018 nell'area interessata dagli interventi, nelle vicinanze di Centrale/Cluster A (PZ1A ÷ PZ3A, PZ2Abis, cfr. Figura 3-1), hanno consentito di stimare, le seguenti caratteristiche della falda freatica:

- soggiacenza media²: 2.3 m da b.p. (con un minimo di 1.8 m da b.p. a settembre 2018 e un massimo di 2.93 m da b.p. ad aprile 2017);
- quota piezometrica media: 75.22 m s.l.m. (con un minimo di 74.59 ad aprile 2017 ed un massimo di 75.71 a settembre 2018, vedi tabella seguente);
- direzione di flusso: NO-SE, O-E e E-O (quindi anche con alcune situazioni di inversione del gradiente idraulico rispetto a quello regionale O-E).

CLUSTER A	min	max	media	Escursione massima Mar.2017 - Dic. 2018 (m)
Soggiacenza (m da b.p.)	1.81	2.93	2.30	1.12
Livello (m s.l.m.)	74.59	75.71	75.22	

Tabella 3-1: Stima delle caratteristiche della Falda freatica Centrale/Cluster A

Facendo riferimento alla seguente Tabella 3-2, assunto il piezometro PZ1A come piezometro di monte idrogeologico e considerando con segno positivo il gradiente idraulico concorde con quello ad ampia scala (Ovest-Est, Figura 3-1), si possono riscontrare situazioni locali di inversione del gradiente idraulico (gradiente negativo) plausibilmente riconducibili ad interazioni con le attività irrigue e con il canale Muzza; si osservano inoltre gradienti generalmente inferiori a quello medio a scala regionale (0.15%). Nonostante la variabilità della direzione di flusso è possibile sin da ora evidenziare che i risultati delle simulazioni sono scarsamente sensibili alla variazione della direzione di flusso stessa e del gradiente idraulico.

² Dato ottenuto come media, sul periodo di osservazione, della media dei livelli piezometrici misurati (in ciascuna campagna di monitoraggio) nei diversi piezometri di monitoraggio nell'area Centrale/Cluster A.

Data	Livello piezometrico (m s.l.m.)				Gradiente (m/m)		
	PZ1A	PZ2A	PZ2A bis	PZ3A	PZ1A-PZ2A	PZ1A-PZ2Abis	PZ1A-PZ3A
mar-17	74.30	75.08	74.79	74.54	-0.0020	-0.0015	-0.0009
apr-17	74.21	75.05	74.70	74.41	-0.0021	-0.0015	-0.0007
mag-17	74.66	75.20	74.88	74.61	-0.0014	-0.0007	0.0002
giu-17	75.13	75.63	75.31	75.20	-0.0013	-0.0005	-0.0003
lug-17	75.88	75.62	75.02	75.76	0.0006	0.0026	0.0004
ago-17	75.91	75.46	75.10	75.82	0.0011	0.0024	0.0003
set-17	75.74	75.53	75.41	75.62	0.0005	0.0010	0.0004
ott-17	75.48	75.41	75.30	75.42	0.0002	0.0005	0.0002
nov-17	75.55	75.44	75.27	75.38	0.0003	0.0008	0.0006
dic-17	75.24	75.36	75.18	75.26	-0.0003	0.0002	-0.0001
gen-18	75.12	75.24	74.98	74.99	-0.0003	0.0004	0.0005
feb-18	75.17	75.37		74.94	-0.0005		0.0008
mar-18	75.05	74.97	74.62	74.85	0.0002	0.0013	0.0007
apr-18	75.10	75.17	74.83	74.95	-0.0002	0.0008	0.0005
mag-18	75.19	74.97	74.74	74.94	0.0005	0.0014	0.0009
giu-18	75.44	75.12	74.64	74.94	0.0008	0.0024	0.0018
lug-18	75.27	75.26	74.54	75.24	0.0000	0.0022	0.0001
ago-18	75.72	75.51	75.31	75.09	0.0005	0.0012	0.0022
set-18	75.71	75.67	75.66	75.81	0.0001	0.0002	-0.0004
ott-18	75.56	75.59	75.51	75.56	-0.0001	0.0002	0.0000
nov-18	75.49	75.46	75.41	75.53	0.0001	0.0002	-0.0001
dic-18	75.36	75.38	75.31	75.36	0.0000	0.0002	0.0000

Tabella 3-2: Sintesi livelli e gradienti Centrale/Cluster A

Per una valutazione del gradiente idraulico a più ampia scala, da confrontarsi con quello desumibile dalla Figura 3-1, si può far riferimento ai livelli misurati in entrambe le zone dove è presente l’impianto di Stoccaggio (Centrale/Cluster A e Cluster B come da Figura 3-1) che sono tra loro distanti c.a. 1400 m lungo la direzione prevalente di flusso. In base ai dati piezometrici rilevati in entrambe le zone, si ottiene un gradiente di c.a. 0.1%, concorde con quello ad ampia scala (Figura 3-1), ma generalmente inferiore (Tabella 3-3).

Periodo mar.17-Dic.18	min	max	media
Dislivello piezometrico tra cluster A e B (m)	0.62	1.49	1.12
Gradiente tra Cluster A-B	0.0005	0.0011	0.0008

Tabella 3-3: Calcolo gradiente idraulico dati Cluster A e B

In merito alla stratigrafia del terreno, indagata nei primi 10 m, i logs stratigrafici (riportati in Allegato A) hanno messo in evidenza, in vari punti, la presenza di un livello di materiali fini (limo e sabbie fini limose) ad una profondità indicativa di 7÷8 m dal p.c.. Di questo se ne è tenuto conto, in fase di costruzione del modello, impostando uno strato a bassa permeabilità di spessore pari a c.a. 2 m.

4 PARAMETRI DI INPUT E CALIBRAZIONE DEL MODELLO

La valutazione delle possibili interferenze passive (i.e. modifica della piezometria conseguente alla presenza di ostacoli), delle opere interrato con il naturale flusso di falda, è stata effettuata mediante modellazione numerica del flusso di falda. A tal fine è stata simulata una porzione di acquifero di estensione 2800x2600 m per uno spessore di 40 m. Il dominio di simulazione è stato discretizzato orizzontalmente con celle a maglia quadrata e rettangolare, di lato compreso tra 1 e 58 m, e verticalmente con 14 layers, al fine di valutare gli eventuali flussi verticali in corrispondenza delle opere. È stato altresì rappresentato il livello a bassa permeabilità individuato a c.a. 7 - 8 m dal p.c. (spessore complessivo simulato 2 m).

In sintesi, sono stati considerati i seguenti dati di input:

- *Quota piano campagna:* 77.5 m s.l.m.;
- *Spessore acquifero:* 40 m;
- *Tasso di ricarica:* valutata sensitività da 0 a 0.001 m/d;
- *Gradiente idraulico acquifero:* valutata sensitività da 0.1 % (gradiente medio locale) a 0.15 % (gradiente da mappa ad ampia scala);
- *Direzione di deflusso:* NO-SE e O-E;
- *Conducibilità idraulica acquifero (K):* valutati risultati con valori compresi tra $K_{x,y}=1.7 \times 10^{-4}$ m/s (15 m/d) e 5.8×10^{-4} m/s (50 m/d), valori di letteratura compatibili con i materiali sabbioso ghiaiosi tipici della zona; per il livello a bassa permeabilità riscontrato a 7÷8 m dal p.c., è stata valutata la sensitività dei risultati per valori compresi tra 9×10^{-9} m/s e 1×10^{-5} m/s sia in direzione orizzontale che verticale;
- *Livello piezometrico:* le valutazioni relative alle interferenze delle opere con la falda sono state condotte in diverse condizioni di direzione di flusso, livello piezometrico (testato sia il livello medio che fino a + 1 m rispetto al livello medio misurato sul sito) e gradiente di falda, valutando i risultati sia in presenza che in assenza del canale Muzza inserito nel modello sia in condizioni drenanti che alimentanti.

5 DESCRIZIONE OPERE INTERFERENTI E DELLE MIGLIORIE APPORTATE

Le opere interferenti con il flusso di falda previste dal Progetto approvato con decreto 29 dicembre 2023 Protocollo nr: 214466 - del 30/12/2023 sono rappresentate planimetricamente nella seguente figura.

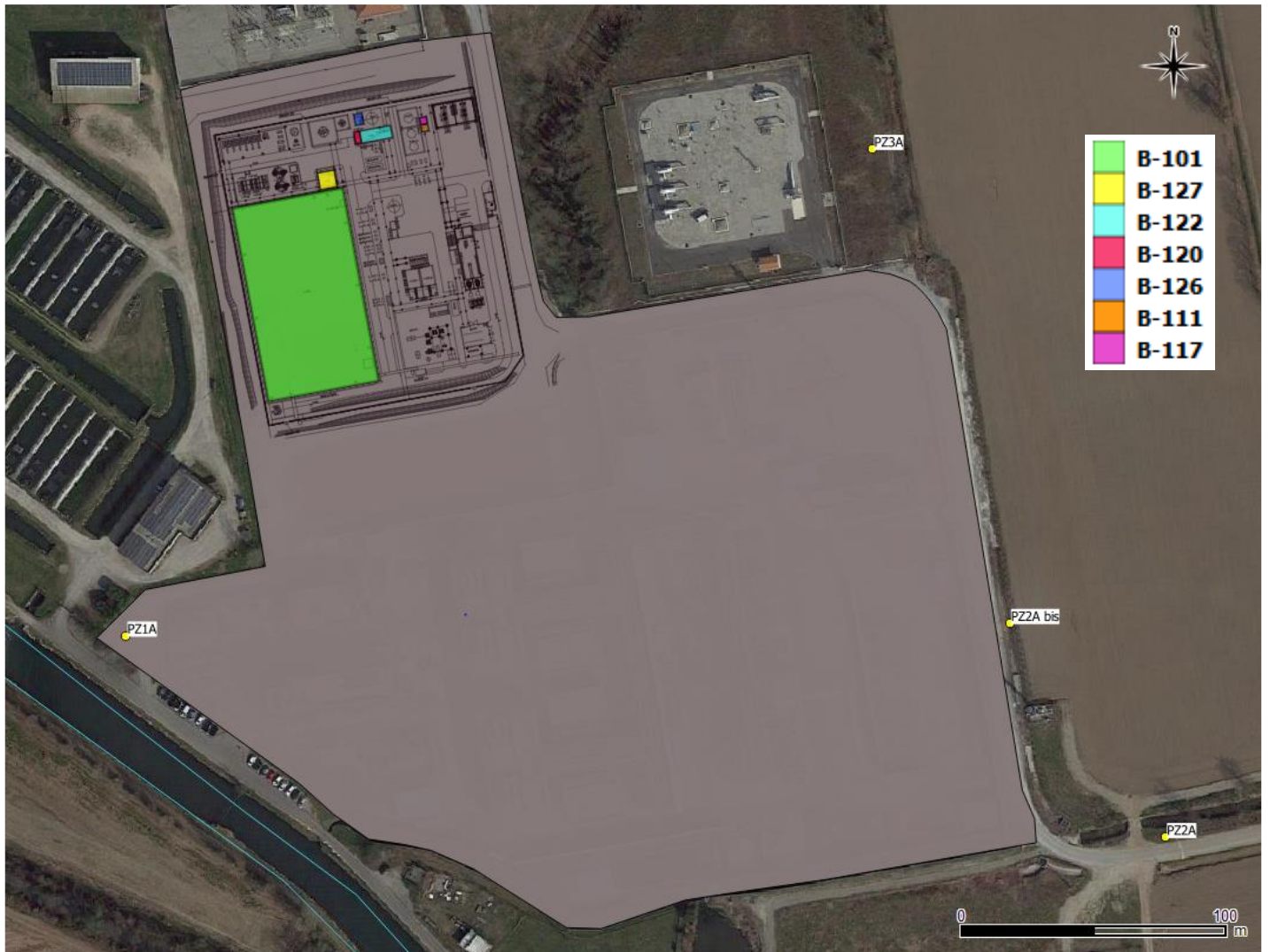


Figura 5-1: Layout opere interferenti con la falda e attuale rete piezometrica

5.1 Descrizione della soluzione prevista nel progetto approvato

Con riferimento al bacino di equalizzazione B-101, la sezione tipo prevista nel progetto approvato con decreto 29 dicembre 2023 Protocollo nr: 214466 - del 30/12/2023, è riportata nella seguente figura.

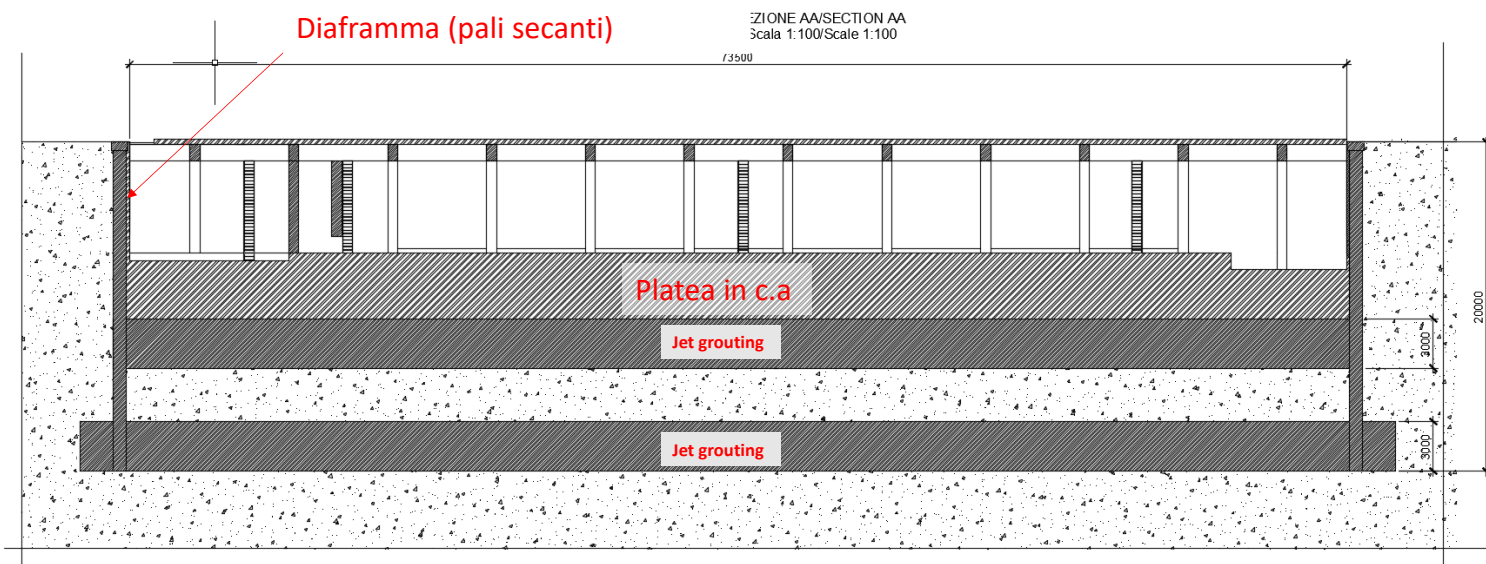


Figura 5-2: Sezione vasca B-101 progetto approvato

La soluzione prevede:

- un'altezza di scavo, in fase provvisoria, fino a quota intradosso platea, pari a 11.5 m (7.5 m utili + 4 m di platea), di cui circa 9.8 m sotto il livello di falda di riferimento di progetto (posto a -1.7m dal piano campagna);
- opere di sostegno degli scavi, in fase provvisoria, mediante paratie di pali secanti D80cm, lunghezza 20 m (o alternativa con setti contigui di diaframmi in c.a. di medesima profondità);
- Il controllo della sottospinta idraulica, in sola fase provvisoria di scavo, previo doppio livello di tampone di fondo jet grouting (ipotesi c.d. "sandwich"), spessore 3+3 m e profondità massime di perforazione pari a 20 m;
- La presenza del tampone di fondo, dal punto di vista di barriera alle sottospinte idrauliche, viene poi giustamente trascurata a lungo termine, garantendo la stabilità al sollevamento unicamente attraverso la zavorra costituita dalla platea di fondazione in c.a., spessore 4 m e pesi delle strutture interne/copertura.

5.2 Confronto con la nuova soluzione prevista nel progetto migliorativo

Nell'ambito delle procedure di affidamento dei lavori, limitatamente al bacino di equalizzazione B-101, si è provveduto a studiare una soluzione migliorativa, senza comunque apportare modifiche in termini di volumetria interna e sagoma planimetrica interna al finito. Tale soluzione migliorativa è volta ad ottimizzare il progetto in termini di tempistiche esecutive e sostenibilità ambientale (riduzione delle quantità di materiale necessario alla costruzione, riduzione dei volumi di scavo e dei volumi di scarto delle lavorazioni). Nella seguente figura si riporta lo schema tipo della nuova soluzione prevista per il bacino di equalizzazione B-101.

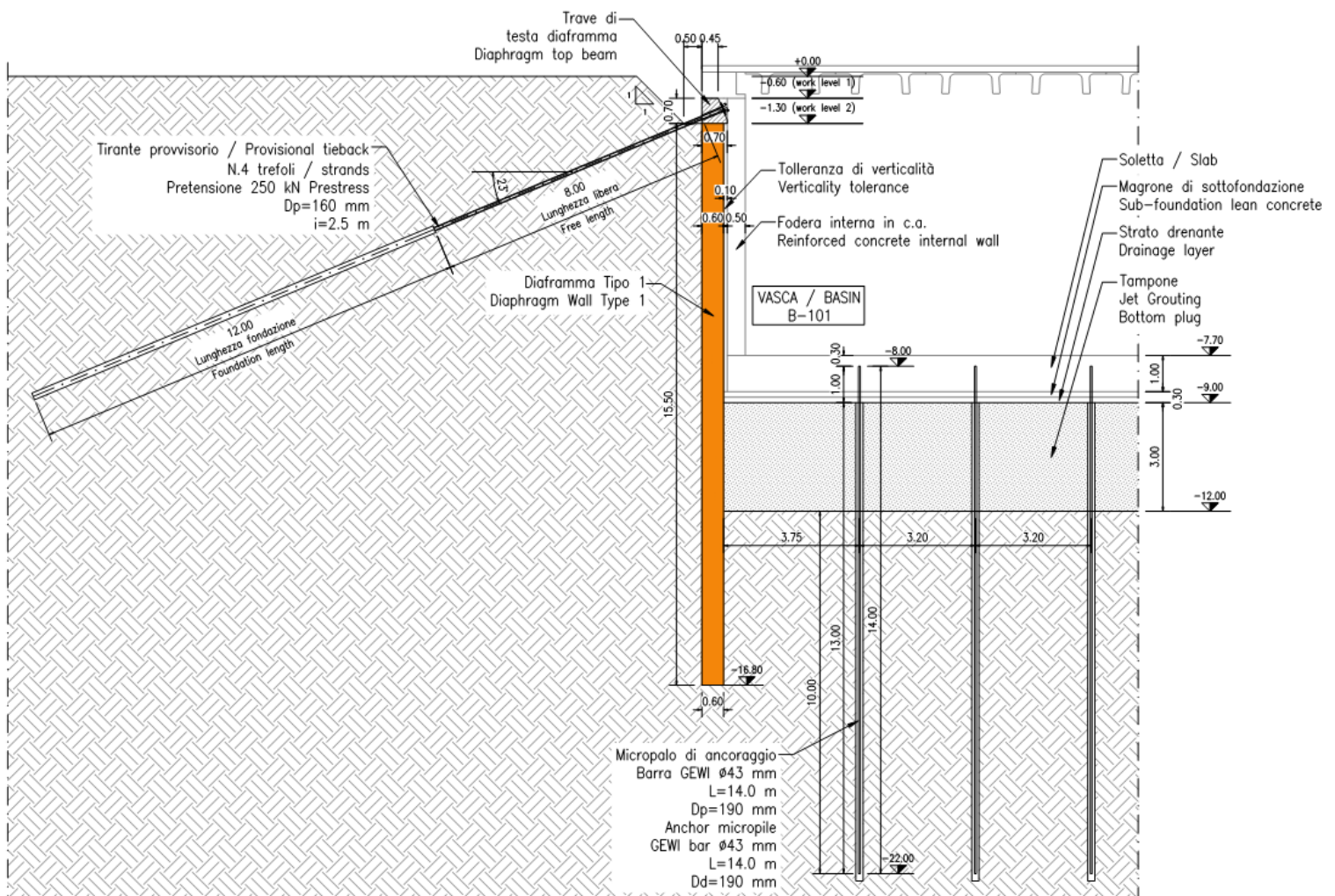


Figura 5-3: Schema tipo nuova soluzione prevista per la vasca B-101

La soluzione migliorativa prevede:

- l'introduzione di micropali che lavoreranno a trazione aventi sia funzione provvisoria (come pali di ancoraggio del tampone di fondo) che, successivamente, funzione di ancoraggio definitivo della platea a cui verranno collegati tramite specifica piastra sommitale;
- un unico livello di tampone di fondo jet grouting, di spessore pari a 3 m;
- la formazione di una fodera laterale interna di spessore maggiore (50 cm) che, unitamente alla platea, andrà a realizzare, una c.d. "vasca bianca" con maggiori garanzie di tenuta della vasca definitiva;

Per le paratie laterali di sostegno degli scavi si prevede il mantenimento della soluzione di progetto approvato mediante pannelli di diaframma laterale supportati da un ordine di tiranti provvisori di tipo attivo a trefoli.

Questa soluzione comporta i seguenti vantaggi:

- Altezza di scavo: la profondità di scavo passerà da 11,5 metri a 9 metri, con minori spinte da sostenere tramite paratie esterne, riduzione delle sottospinte da gestire e delle tempistiche di esecuzione degli scavi
- Volumi di scavo: è prevista una riduzione del 20,5 % circa dei volumi di materiale di scavo da gestire, passando da 35.800 m³ a 28.500 m³, con ricadute positive anche in termini di trasporti e viabilità.
- Volume consolidamento Jet grouting: è prevista una riduzione di circa il 47% dei volumi dei reflui cementizi di risulta dalle lavorazioni jet grouting, da 18.650 m³ a 9.800 m³. Ciò comporterà inoltre una riduzione di circa il 45% dei volumi di acqua necessari alle lavorazioni, con un impatto positivo diretto anche in termini di trasporti e viabilità.
- Tampone di fondo: a differenza del doppio sandwich e lunghezze di perforazione pari a 20 metri previsti inizialmente, si prevede un singolo livello del tampone di fondo con lunghezze massime di perforazione per il jet grouting da 12 metri, con una significativa riduzione dei tempi di intervento (circa il 20%).
- Spessore e volume della platea di base: lo spessore passa da 4m a circa 1,3 m e il volume da 12.450 m³ a circa 4.000 m³, con una riduzione del 67% del volume dei materiali da approvvigionare e relativo impatto positivo su trasporti e viabilità.

Nella figura seguente si riporta un paragone tra le due soluzioni del bacino di equalizzazione B-101.

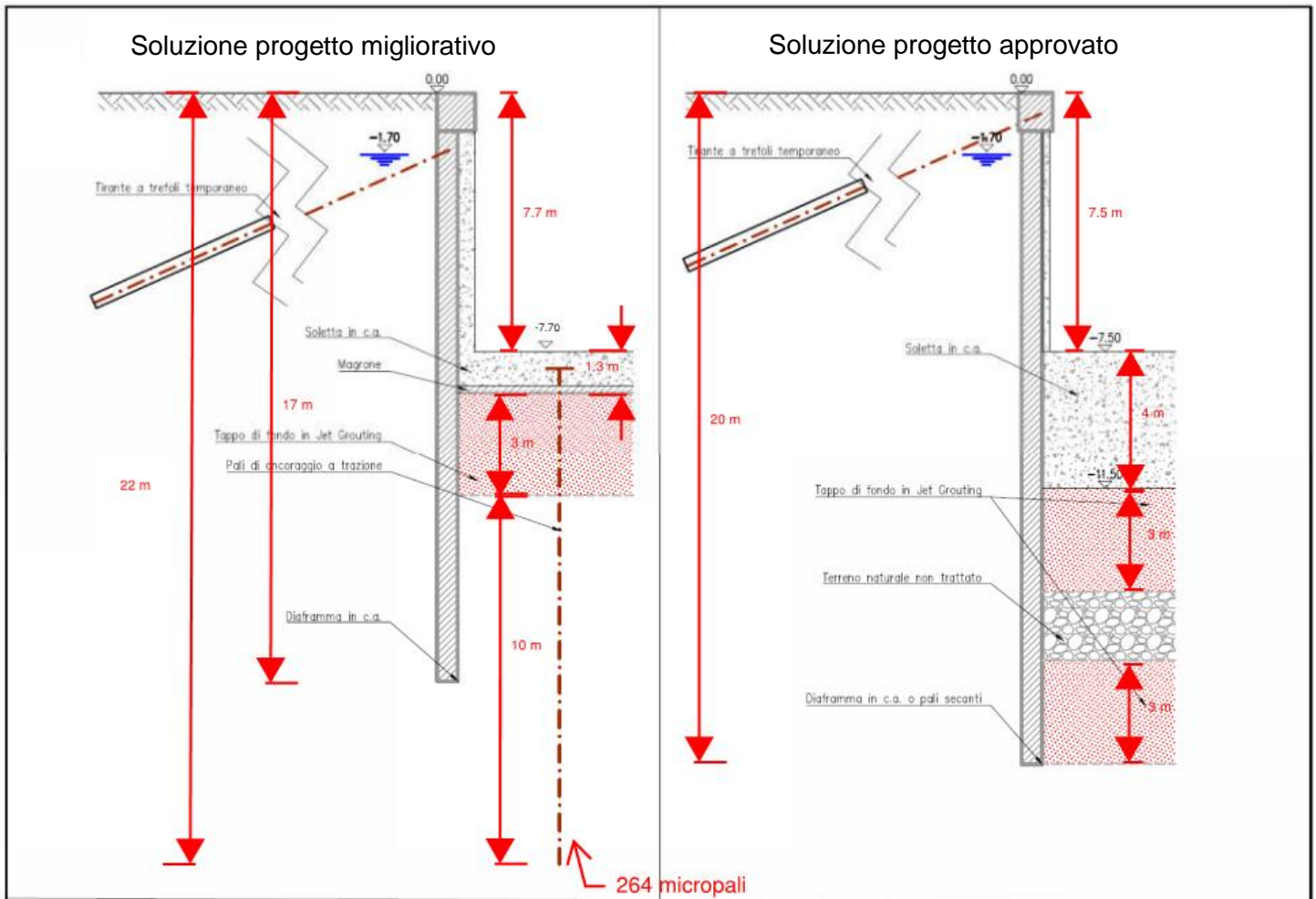


Figura 5-4: Bacino di equalizzazione B-101 - confronto tra soluzione del progetto migliorativo e progetto approvato

5.3 Sintesi delle caratteristiche delle opere interferenti con la falda

Nella seguente Tabella 5-1 sono riassunte le caratteristiche dimensionali del bacino di equalizzazione B-101 unitamente alla profondità impostata nella simulazione ed alle condizioni al contorno utilizzate per la rappresentazione della stessa. Per la rappresentazione del corpo vasca, della soletta, del tampone di fondo di jet grouting e dei micropali sono state imposte celle a flusso nullo (nota: cautelativamente i pali sono stati rappresentati mediante celle a flusso nullo di lato 1 m). Per la rappresentazione delle paratie (diaframmi) è stata utilizzata una condizione di tipo HFB (Horizontal Flow Barrier) che permette la rappresentazione di un

diaframma a cui è stato assegnato un valore di conducibilità idraulica $k=1 \times 10^{-9}$ m/s e spessore 0.6 m (Ref. Figura 5-5: Vasca B-101_ Rappresentazione palificata e diaframmi nella zona sottostante il tampone in jet Grouting).

Per la valutazione delle interferenze sulla falda sono stati considerati anche gli impatti delle altre vasche previste dal Progetto (B-111, B-117, B120, B-122, B-126, B-127) in linea con il precedente studio (Cfr. documento 1 richiamato al capitolo 2).

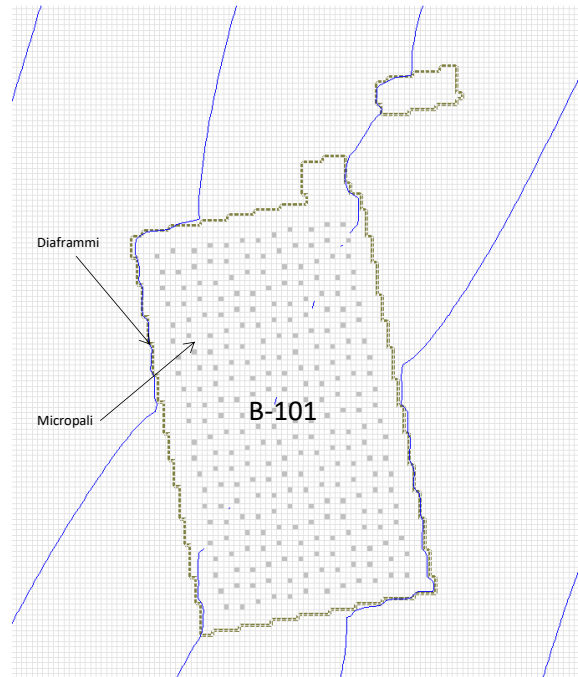


Figura 5-5: Vasca B-101_ Rappresentazione palificata e diaframmi nella zona sottostante il tampone in jet Grouting

Item	Descrizione	Tipo	Dimensioni (mm) ⁽¹⁾	Profondità interferente simulata (m da p.c.)
B-101	Vasca di equalizzazione	opera civile sottoterra	<p><u>Vasca dim. interne: 41.5x73.5 m;</u> <u>Prof: 7.7 m da p.c.</u></p> <p>max prof Jet-grouting: 12.6 m da p.c. max prof. paratie: 16.8 m da p.c. max prof micropali: 22.7 m da p.c.</p>	<p>Corpo vasca + jet grouting: da p.c. a 12.6 m (celle a flusso nullo)</p> <p>Paratie perimetrali: da p.c. a 16.8 m (Horizontal Flow Barrier i.e muro $k=1 \times 10^{-9}$ m/s spessore 0.6 m)</p> <p>Micropali: Da 12 m da p.c a 22.7 m da p.c. (celle a flusso nullo di lato 1 m in corrispondenza del singolo palo)</p>

*Nota: Profondità riferite a una quota p.c. di 77.5 m s.l.m.m,

Tabella 5-1: Sintesi dimensioni interferenza vasca di equalizzazione B-101 con la falda

Nella seguente figura si riporta una sezione concettuale, utilizzata nel modello, della vasca B-101.

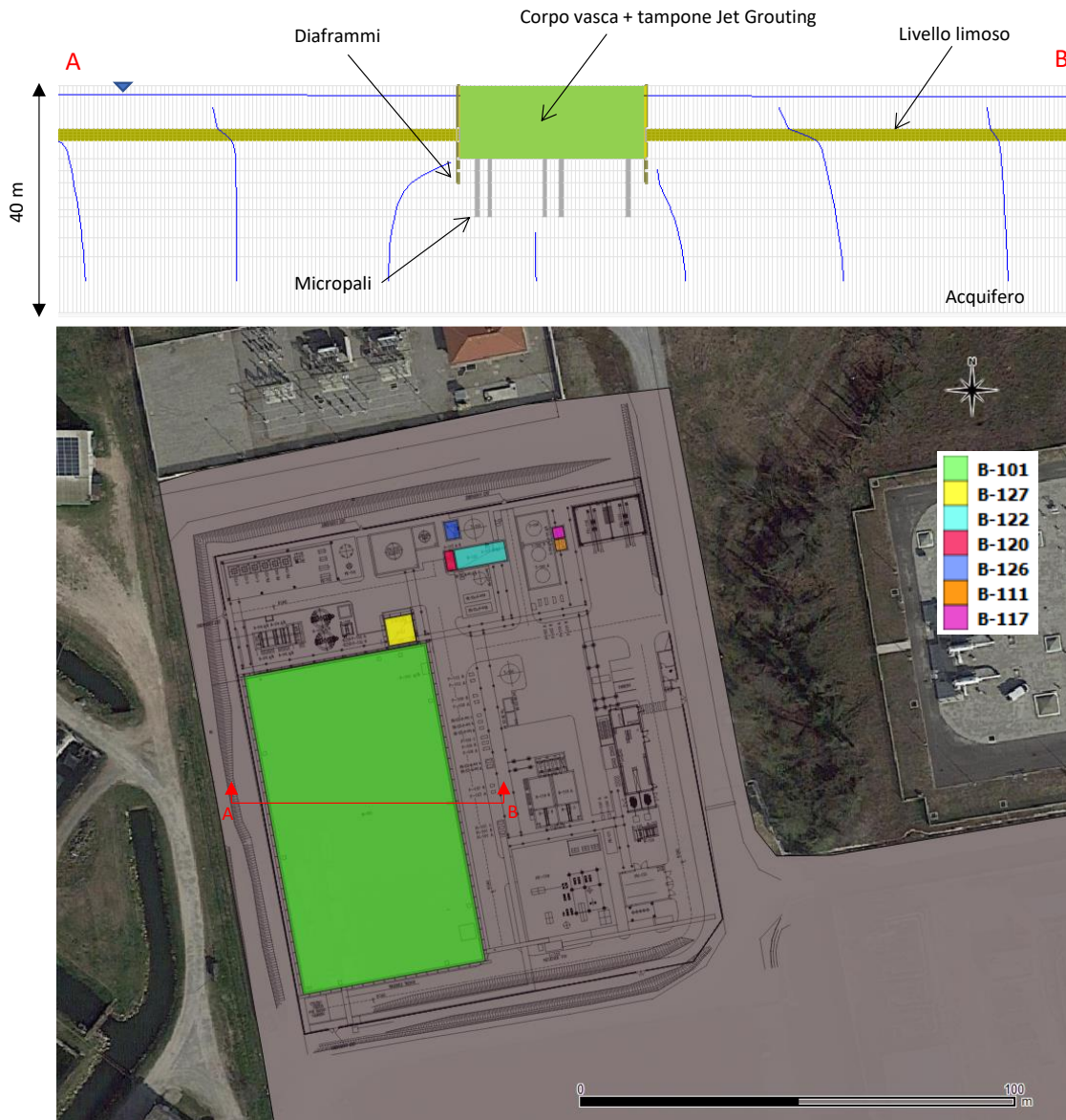


Figura 5-6: Modello concettuale

La schematizzazione concettuale adottata si ritiene adeguata allo scopo prefissato, ovvero quello di uno screening ambientale, anche in considerazione della granulometria tendenzialmente grossolana prevalente, presente nel sottosuolo del sito, che tende a ridurre l'effetto di eventuali anisotropie.

6 ANALISI DEI POTENZIALI EFFETTI INDOTTI

In linea con il precedente Studio (Cfr. documento 1 al capitolo 2), i potenziali effetti riconducibili alla tipologia di interventi oggetto dell'iniziativa potrebbero in linea teorica essere rappresentati da:

- A. il drenaggio delle acque di falda in fase di realizzazione delle opere, a causa del verificarsi di percorsi di filtrazione preferenziale durante lo svolgimento delle attività di scavo (interferenza attiva).

Il corretto utilizzo delle attrezzature per l'esecuzione dei lavori (in particolare la realizzazione di jet grouting di fondo e paratie perimetrali) minimizzerà tale rischio, la cui verifica sarà condotta attraverso monitoraggi mensili della soggiacenza delle acque di falda in corrispondenza dei n.4 piezometri presso Centrale/Cluster A. I monitoraggi saranno svolti durante le attività di cantiere ed i risultati saranno condivisi con ARPA Lombardia, come già fatto durante le attività di costruzione degli impianti esistenti.

- B. un'alterazione del reticolo idrodinamico, nella zona oggetto della realizzazione delle opere interferenti, conseguente all'alterazione delle caratteristiche di permeabilità dei terreni (interferenza passiva).

Relativamente al precedente punto B, in Figura 6-1 e Figura 6-2 sono visualizzabili, rispettivamente, i risultati della simulazione effettuata (mappa piezometrica) e la mappa delle variazioni piezometriche indotte dalla presenza delle opere. Dalle figure si evince che, in presenza delle opere, le acque di falda aggireranno gli ostacoli incontrati senza variazioni di rilievo del livello piezometrico e con una modifica delle linee di flusso della falda che si limita alla zona immediatamente prospiciente alle opere. In Figura 6-3 è rappresentata l'interferenza nella zona tra 17 e 18 m da p.c., profondità interessata dai soli micropali, dove si evince un disturbo minimo del flusso di falda considerata anche l'assunzione cautelativa per la rappresentazione degli stessi (celle a flusso nullo di lato 1 m).

I risultati sono stati confermati in tutte le condizioni di permeabilità, gradiente idraulico, direzione di flusso (si veda ad esempio in Figura 6-4 e Figura 6-5 il risultato della simulazione con direzione di flusso O-E), ricarica meteorica, presenza / assenza del canale limitrofo (comunque distante circa 120 m dalle opere interferenti con la falda), simulate.

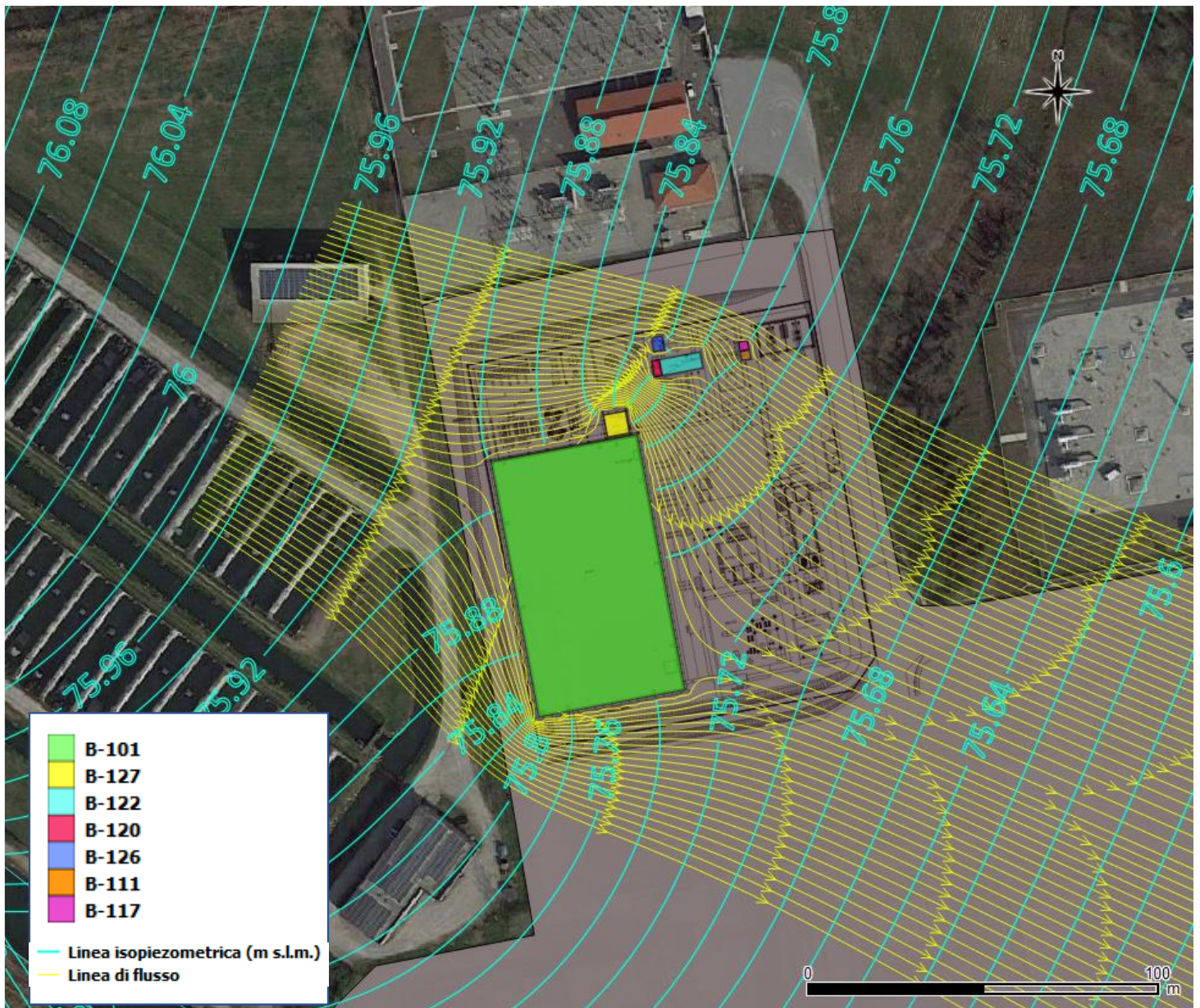


Figura 6-1 - Piezometria simulata in presenza delle opere previste – $K=1.7 \times 10^{-4}$ m/s – direzione di falda NO-SE

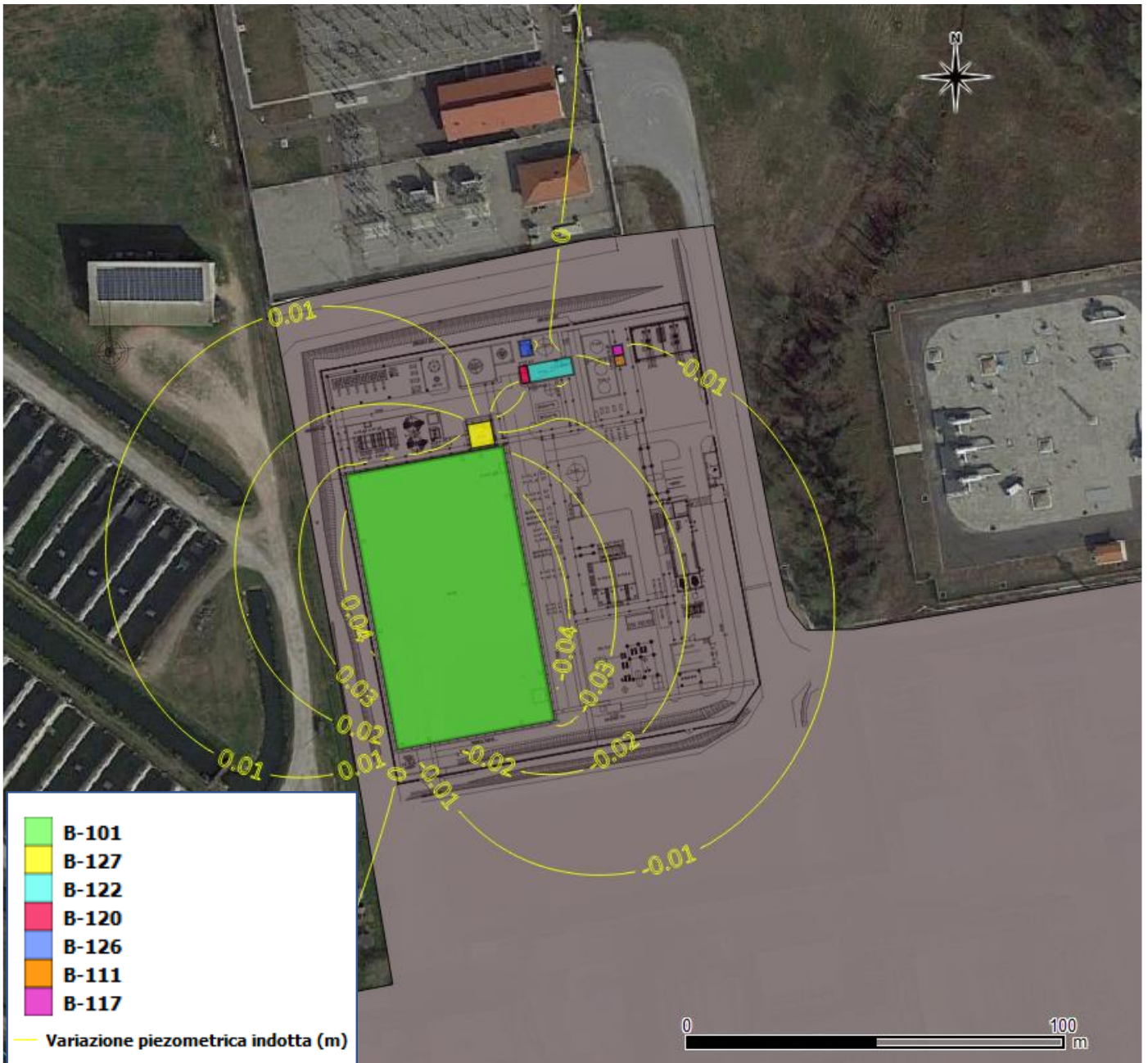


Figura 6-2 – Variazione piezometrica indotta dalla presenza delle opere – $K=1.7 \times 10^{-4}$ m/s – direzione di falda NO-SE

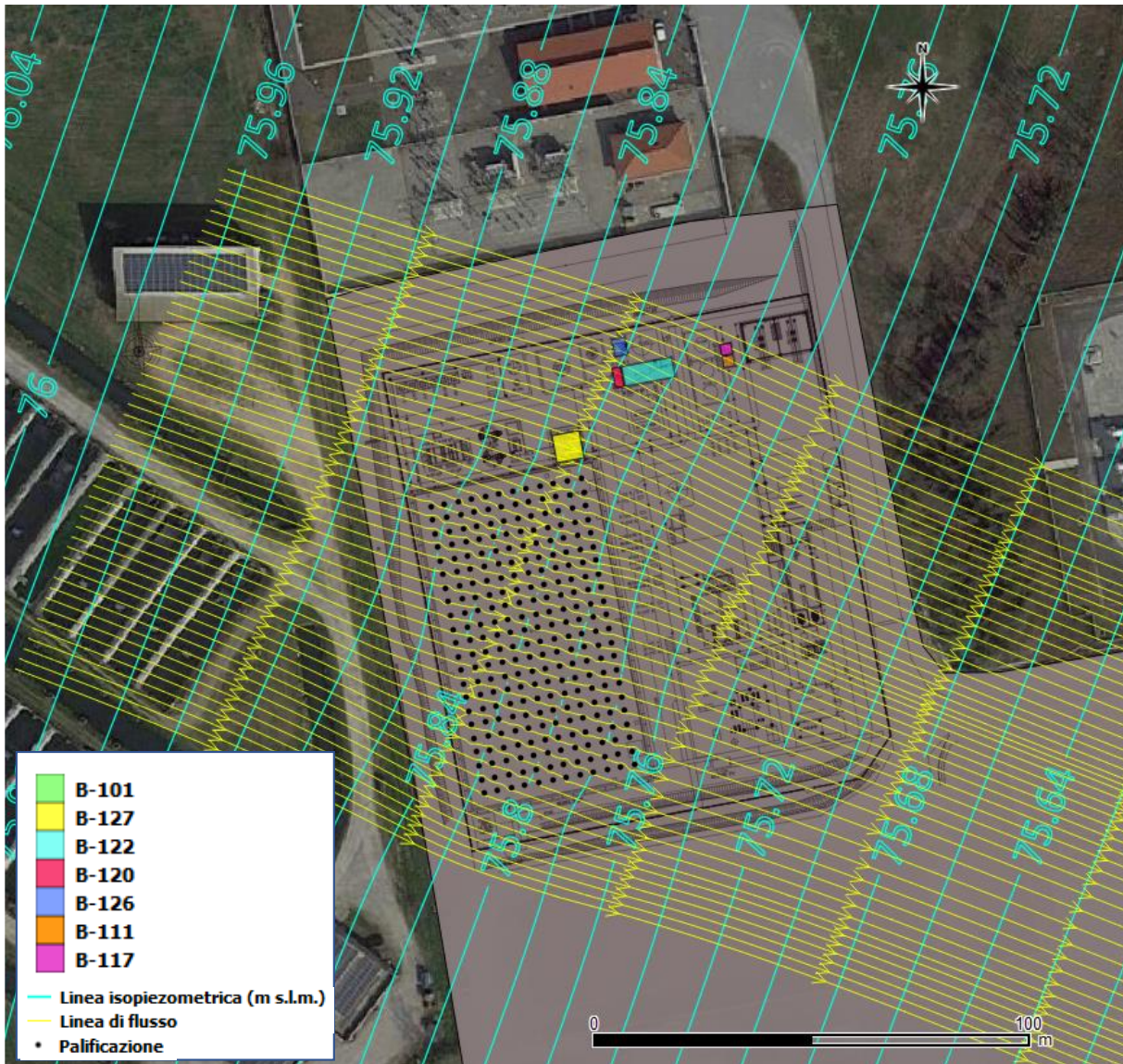


Figura 6-3 - Piezometria simulata in presenza delle opere previste – $K=1.7 \times 10^{-4}$ m/s – direzione di falda NO-SE nella porzione da 17 a 22 m da pc interessata dai soli micropali

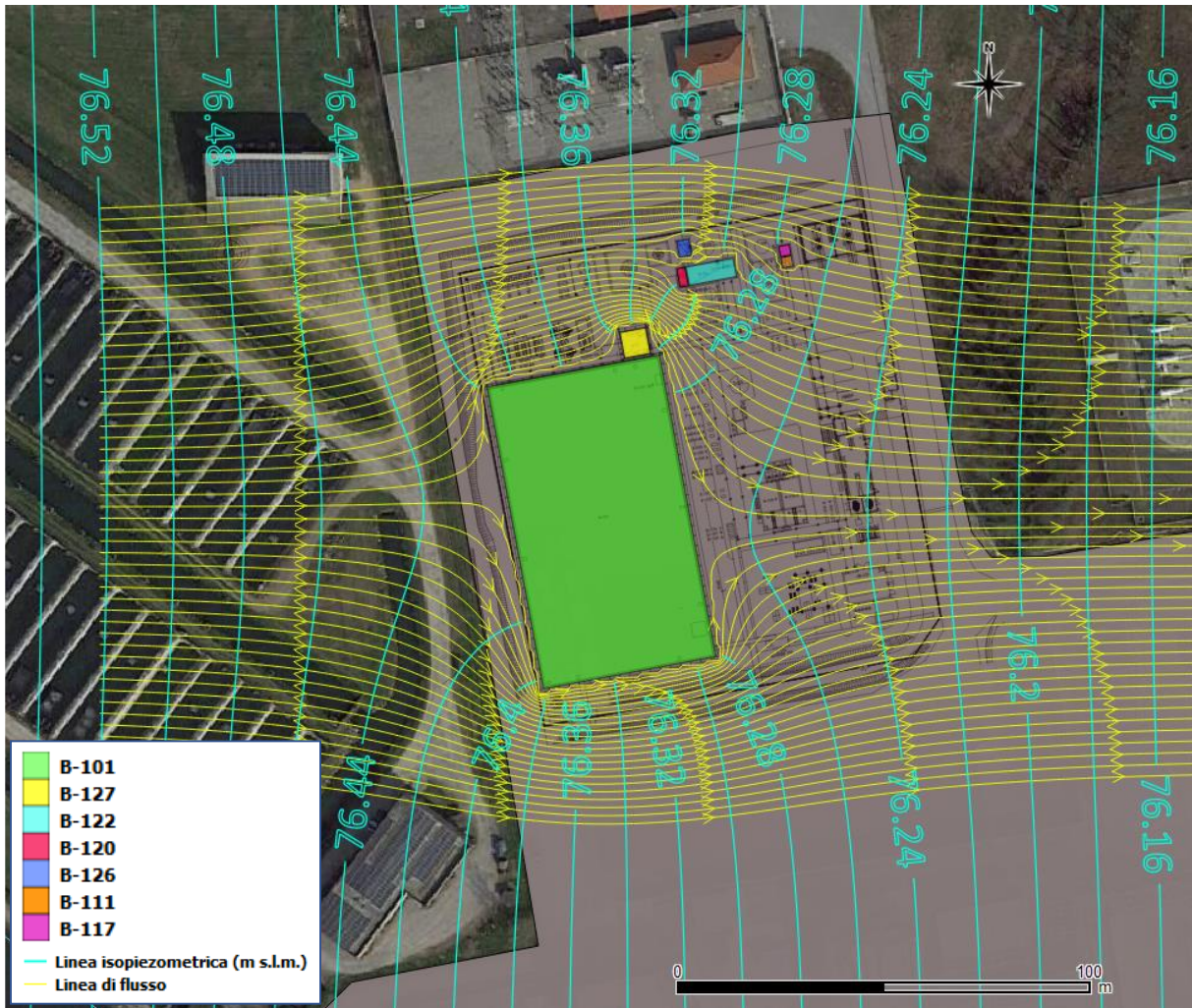


Figura 6-4 - Piezometria simulata in presenza delle opere previste- $K=1.7 \times 10^{-4}$ m/s - direzione di falda O-E

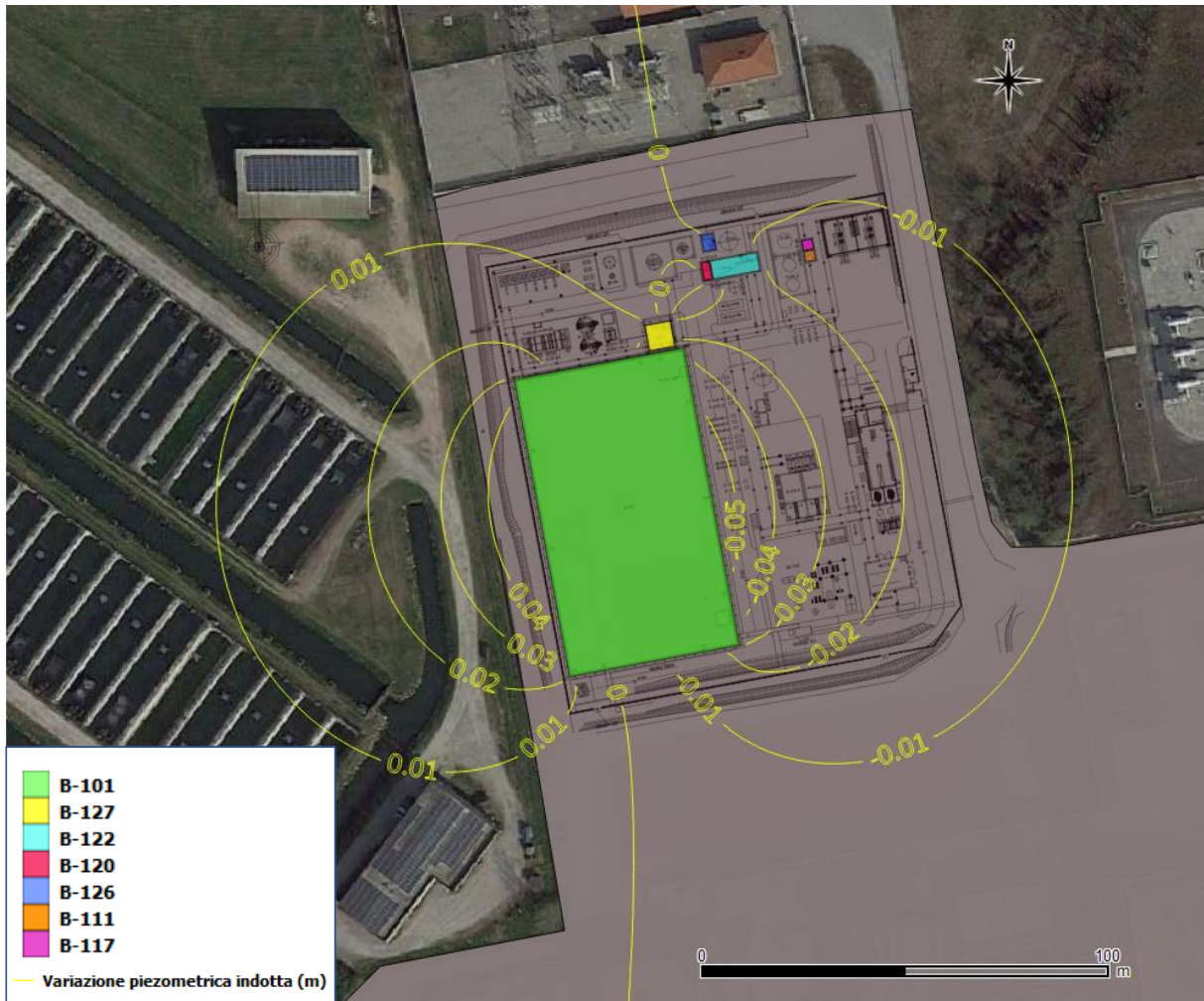


Figura 6-5 - Variazione piezometrica indotta dalla presenza delle opere – $K=1.7 \times 10^{-4}$ m/s – direzione di falda O-E

La verifica dei risultati emersi dalle valutazioni modellistiche di cui sopra, sarà condotta attraverso i monitoraggi ante operam e post operam di soggiacenza delle acque di falda, in corrispondenza dei n.4 piezometri presso Centrale/Cluster A (Ref. Figura 5-1), e negli ulteriori due piezometri che saranno realizzati a monte e a valle idrogeologico della vasca B-101 secondo quanto descritto nel Documento riportato al punto 2. del capitolo 2. Documenti di riferimento” i cui risultati saranno condivisi con ARPA Lombardia.

7 CONCLUSIONI

Analogamente a quanto stimato per la configurazione costruttiva del bacino di equalizzazione B-101 originariamente previsto nel progetto approvato con decreto MASE Protocollo nr: 214466 - del 30/12/2023, il presente studio conferma che, anche in presenza delle migliorie realizzative previste, le opere non comporteranno un'alterazione significativa del flusso idrodinamico sotterraneo. Il comportamento delle acque di falda è infatti del tutto analogo a quello derivante dalla soluzione costruttiva prevista nel progetto approvato (variazioni piezometriche massime stimate nell'ordine di 5 cm nella zona a ridosso del bacino di equalizzazione B-101) .

Le migliorie progettuali proposte, dunque, pur garantendo un notevole miglioramento in termini di tempistiche esecutive e sostenibilità ambientale (riduzione delle quantità di materiale necessario alla costruzione, riduzione dei volumi di scavo e dei volumi di scarto delle lavorazioni) non comporteranno alcuna alterazione del flusso idrodinamico sotterraneo rispetto alle soluzioni tecnico realizzative già approvate con decreto sopra citato.

Le simulazioni condotte hanno confermato la scarsa sensitività del risultato alle "condizioni al contorno" (dimensioni del dominio di calcolo, canale limitrofo drenante o alimentante, permeabilità, direzione di flusso della falda, gradiente etc.).

In fase di realizzazione dell'iniziativa saranno adottate tutte le misure atte a minimizzare rischi di drenaggio delle acque di falda, a causa del verificarsi di percorsi di filtrazione preferenziale.

Sia la previsione ottenuta con il modello, che le condizioni di falda durante la costruzione delle opere, saranno verificate da IGS, come già condotto durante la costruzione degli impianti attualmente presenti presso il sito, mediante il monitoraggio periodico della soggiacenza che sarà eseguito e condiviso con ARPA Lombardia in accordo al "Piano di monitoraggio delle acque di falda" (Cfr. documento 2 indicato al capitolo 2).



WSP E&IS Italy S.r.l
Via S. Caboto, 15 – 20094 Corsico- Milan – Italy
Tel. +39 02 4486 1 - Capitale Sociale i.v. € 190.000,00
Codice Fiscale/Partita IVA/Reg. Imprese Milano 12363640967 – R.E.A. MI N° 2656546

PEC: Environment.infrastructure@legalmail.it

Fatturazione Elettronica: Codice Destinatario ISHDUAE – PEC: Invoices-woodplc@legalmail.it

ALLEGATO A: Logs stratigrafici e schemi di completamento piezometri

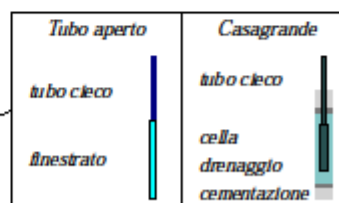
Bedinchi Geotecnica
di Bedinchi Giovanni e C. S.r.l.
Via Dante Alighieri 1/d
26048 San Secondo Po (CR)

Committente: SAIPEM	Sondaggio: PZ 1A
Riferimento: CORNEGLIANO LAUDENSE -LO-	Data: 29/04/2018
Coordinate: LAT.45°17'15,574917" LON.9°27'36,33834"	Quota:
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO	

LEGENDA STRATIGRAFIA

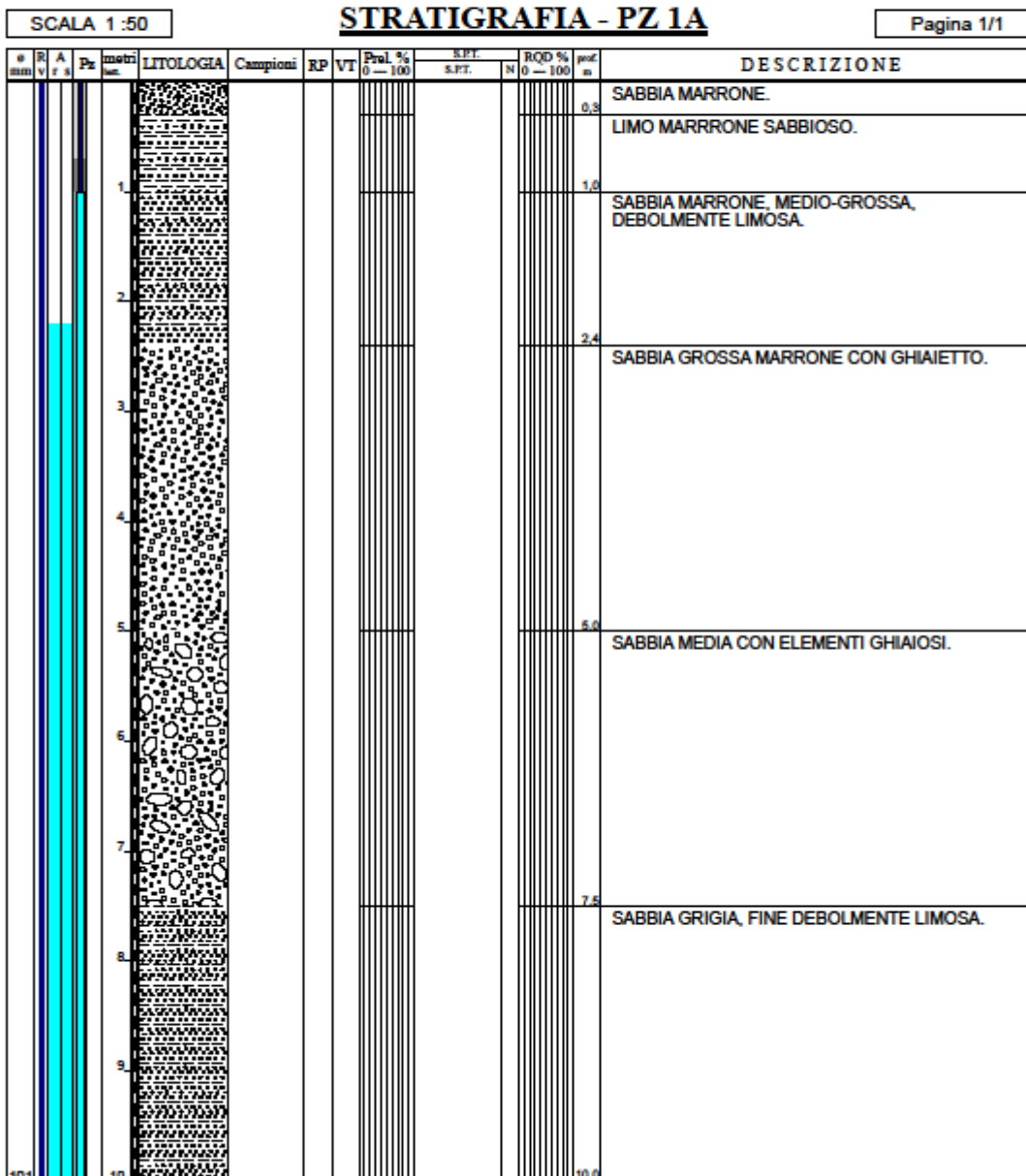
#	R	A	Pr	metri	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	PreL. %	SPT	RQD %	prof	DESCRIZIONE	
mm	v	z	z	metri					0-100	SPT	0-100	m		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Rivestimento
- 3) Profondità dell'acqua (rinvenimento e stabilizzazione)
- 4) Piezometri
- 5) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 6) Simbolo litologico
- 7) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
- 8) Resistenza alla punta (kg/cm²)
- 9) Vane test (kg/cm²)
- 10) Percentuale di prelievo (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 11) Prova S.P.T.
- 12) Valore di N_{spt}
- 13) Percentuale R.Q.D. (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 14) Profondità della base dello strato (m)
- 15) Descrizione della litologia dello strato



She = Shelby
Den = Denison
Ost = Osterberg
Maz = Mazier
Crp = Craps
nk3 = NK3
Ind = Indisturbato
Dis = Disturbato
SDI = Semi disturbato
SPT = SPT

Committente: SAIPEM	Sondaggio: PZ 1A
Riferimento: CORNEGLIANO LAUDENSE -LO-	Data: 29/04/2016
Coordinate: LAT.45°17'15,574917" LON.9°27'36,33634"	Quota:
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO	



Committente: SAIPEM	Sondaggio: PZ 1A
Riferimento: CORNEGLIANO LAUDENSE -LO-	Data: 29/04/2016
Coordinate: LAT.45°17'15,574917" LON.9°27'36,33834"	Quota:
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO	

SCHEDA PIEZOMETRO

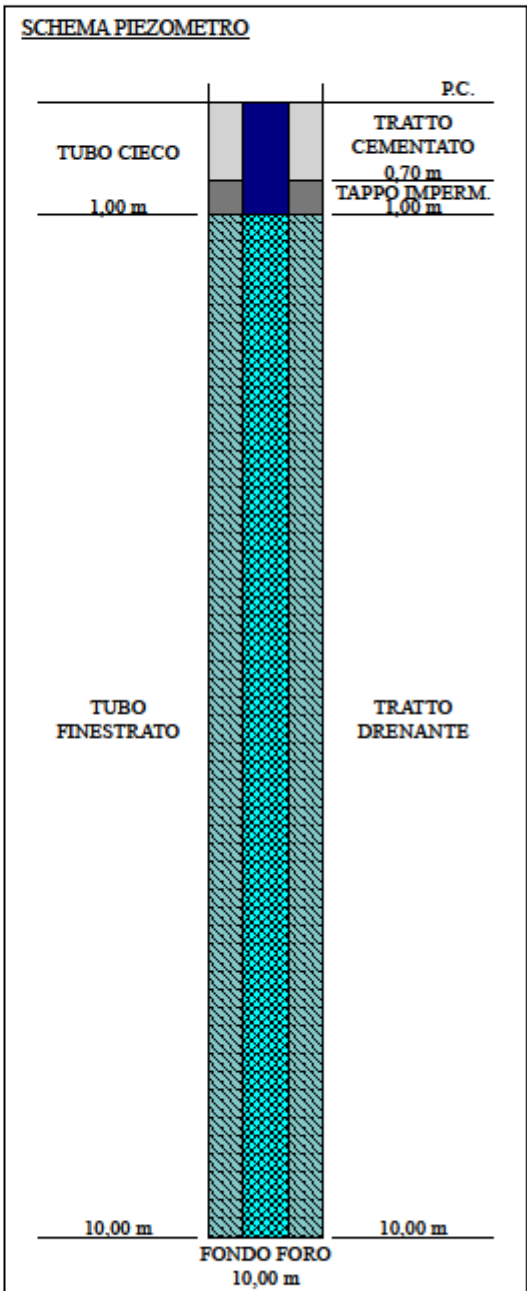
Tipo di piezometro	TUBO APERTO
Denominazione	PZ 1A
Data di installazione	29/04/2016
Lunghezza del tubo (m)	10
Diametro del tubo (mm)	90
Tubo finestrato (m)	9
Tratto cementato (m)	0.70
Tappo impermeabile (m)	0.30
Tratto filtrante (m)	9
Tipo di filtro	MICROFESSURATO 0.3 mm
Tipo di chiusino	LUCCHETTABILE
Spurgo eseguito	4/05/2016

RILIEVO DEL LIVELLO DELL'ACQUA

Data	Prof. (m)	Data	Prof. (m)
5/05	2,44		

LIVELLO FALDA RILEVATO DA TESTA PIEZOMETRO.

SCHEMA PIEZOMETRO



Committente: SAIPEM	Sondaggio: PZ 2A
Riferimento: CORNEGLIANO LAUDENSE -LO-	Data: 03/05/2016
Coordinate: LAT.45°17'13,025832" LON.9°27'54,366671"	Quota:
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO	

LEGENDA STRATIGRAFIA

#	R	A	Pr	metri	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Preli %	SPT	RQD %	prof	DESCRIZIONE	
mm	v	l	l	l					0-100	S.P.T.	N	0-100	m	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Rivestimento
- 3) Profondità dell'acqua (rinvenimento e stabilizzazione)
- 4) Piezometri
- 5) Scala metrica con limiti delle battute (->)
- 6) Simbolo litologico
- 7) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
- 8) Resistenza alla punta (kg/cm²)
- 9) Vane test (kg/cm²)
- 10) Percentuale di prelievo (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 11) Prova S.P.T.
- 12) Valore di NspT
- 13) Percentuale R.Q.D. (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 14) Profondità della base dello strato (m)
- 15) Descrizione della litologia dello strato



She = Shelby
Den = Denison
Ost = Osterberg
Maz = Mazier
Crp = Craps
nk3 = NK3
Ind = Indisturbato
Dts = Disturbato
SDt = Semi disturbato
SPT = SPT

Committente: SAIPEM	Sondaggio: PZ 2A
Riferimento: CORNEGLIANO LAUDENSE -LO-	Data: 03/05/2016
Coordinate: LAT.45°17'13,025632" LON.9°27'54,366671"	Quota:
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO	

SCALA 1:50 **STRATIGRAFIA - PZ 2A** Pagina 1/1

#	R	A	Pr	metri	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel %	S.F.T.		ROD %	prof	DESCRIZIONE
										S.F.T.	N			
														RIPORTO PER RILEVATO.
				0.6										LIMO MARRONE DEBOLMENTE SABBIOSO.
				1.5										SABBIA MARRONE MEDIO-FINE.
				2.1										SABBIA GRIGIA MEDIA CON SUBORDINATO GHIAIETTO. DEBOLMENTE LIMOSA DA m 5.00 A m 6.00.
				7.0										SABBIA GRIGIA, GROSSA CON GHIAIETTO.
				8.8										TORBA AL TETTO POI LIMO DI COLORE GRIGIO DEBOLMENTE ARGILLOSO.
10.1				10.0										

Committente: SAIPEM	Sondaggio: PZ 2A
Riferimento: CORNEGLIANO LAUDENSE -LO-	Data: 03/05/2016
Coordinate: LAT.45°17'13,025632" LON.9°27'54,368671"	Quota:
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO	

SCHEDA PIEZOMETRO

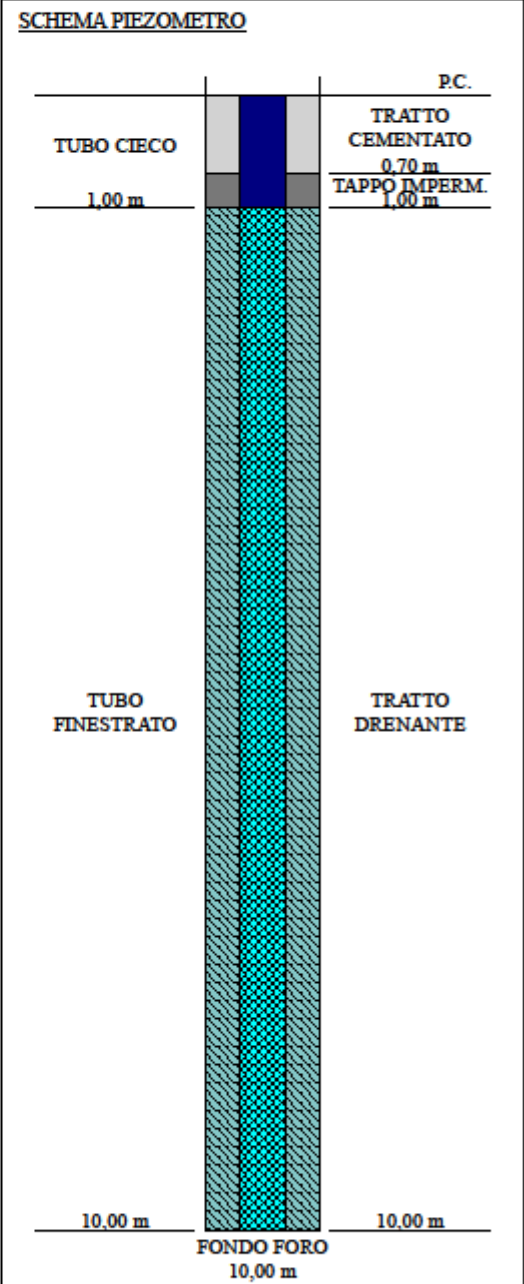
Tipo di piezometro	TUBO APERTO
Denominazione	PZ 2A
Data di installazione	03/05/2016
Lunghezza del tubo (m)	10
Diametro del tubo (mm)	90
Tubo finestrato (m)	9
Tratto cementato (m)	0.70
Tappo impermeabile (m)	0.30
Tratto filtrante (m)	9
Tipo di filtro	MICROFESSURATO 0.3 mm
Tipo di chiusino	LUCCHETTABILE
Spurgo eseguito	4/05/2016

RILIEVO DEL LIVELLO DELL'ACQUA

Data	Prof. (m)	Data	Prof. (m)
4/05	4,33		

LIVELLO FALDA RILEVATO DA TESTA PIEZOMETRO.

SCHEMA PIEZOMETRO

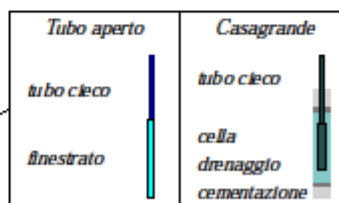


Committente: SAIPEM	Sondaggio: PZ 3A
Riferimento: CORNEGLIANO LAUDENSE -LO-	Data: 29/04/2016
Coordinate: LAT.45°17'21,505717" LON.9°27'49,351301"	Quota:
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO	

LEGENDA STRATIGRAFIA

#	R	A	Pr	metri	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Preli %	SPT	ROD %	prof	DESCRIZIONE	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Rivestimento
- 3) Profondità dell'acqua (rinvenimento e stabilizzazione)
- 4) Piezometri
- 5) Scala metrica con limiti delle battute (->)
- 6) Simbolo litologico
- 7) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
- 8) Resistenza alla punta (kg/cm²)
- 9) Vane test (kg/cm²)
- 10) Percentuale di prelievo (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 11) Prova S.P.T.
- 12) Valore di N_{spt}
- 13) Percentuale R.Q.D. (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 14) Profondità della base dello strato (m)
- 15) Descrizione della litologia dello strato



<i>She = Shelby</i> <i>Den = Dentson</i> <i>Ost = Osterberg</i> <i>Maz = Mazier</i> <i>Crp = Craps</i> <i>nk3 = NK3</i> <i>Ind = Indisturbato</i> <i>Dis = Disturbato</i> <i>SDI = Semi disturbato</i> <i>SPT = SPT</i>
--

Committente: SAIPEM	Sondaggio: PZ 3A
Riferimento: CORNEGLIANO LAUDENSE -LO-	Data: 29/04/2016
Coordinate: LAT.45°17'21,505717" LON.9°27'49,351301"	Quota:
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO	

SCALA 1 :50 **STRATIGRAFIA - PZ 3A** Pagina 1/1

* mm	R v	A r	Pz	metri m.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prol. % 0-100	SPT		ROD % 0-100	prof m.	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
													0,3	SUOLO LIMOSO MARRONE.
													0,7	LIMO MARRONE CONSISTENTE.
				1										SABBIA FINE LIMOSA MARRONE CHIARO.
				2									2,0	SABBIA GRIGIO-MARRONE, MEDIA CON SPARSI ELEMENTI GHIAIOSI, SABBIA GROSSA DA m 4.00.
				3										
				4										
				5										
				6										
				7										
				7,5									7,5	SABBIA GRIGIA, MEDIA.
				8										
				8,5									8,5	LIMO GRIGIO ARGILLOSO MODERATAMENTE CONSISTENTE.
				9										
10,1				10									10,0	

Committente: SAIPEM	Sondaggio: PZ 3A
Riferimento: CORNEGLIANO LAUDENSE -LO-	Data: 29/04/2016
Coordinate: LAT.45°17'21,505717" LON.9°27'49,351301"	Quota:
Perforazione: CAROTTAGGIO CONTINUO	

SCHEDA PIEZOMETRO

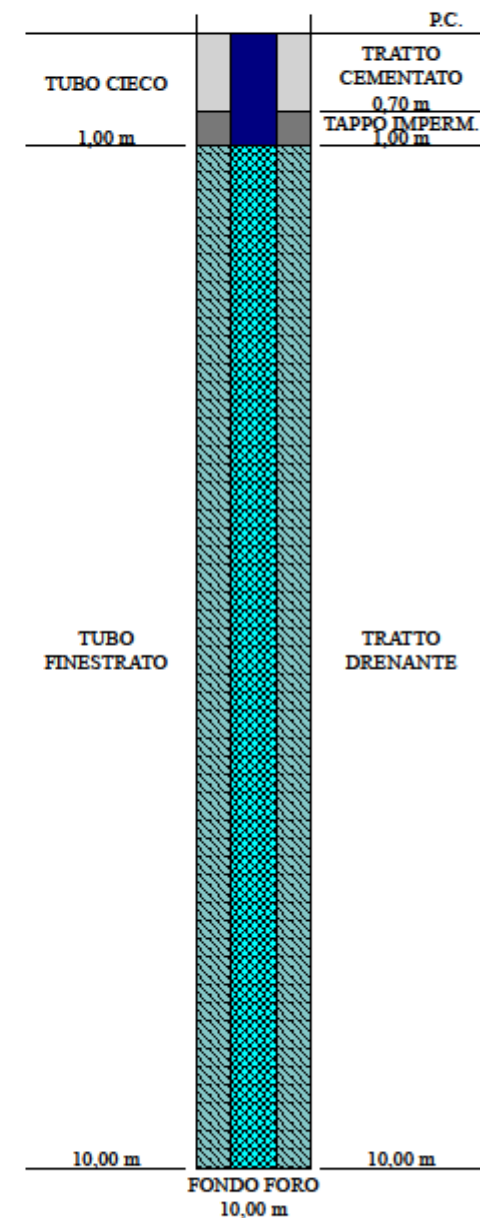
Tipo di piezometro	TUBO APERTO
Denominazione	PZ 3A
Data di installazione	29/04/2016
Lunghezza del tubo (m)	10
Diametro del tubo (mm)	90
Tubo finestrato (m)	9
Tratto cementato (m)	0.70
Tappo impermeabile (m)	0.30
Tratto filtrante (m)	9
Tipo di filtro	MICROFESSURATO 0.3 mm
Tipo di chiusino	LUCCHETTABILE
Spurgo eseguito	4/05/2016

RILIEVO DEL LIVELLO DELL'ACQUA

Data	Prof. (m)	Data	Prof. (m)
4/05	2,93		

LIVELLO FALDA RILEVATO DA TESTA PIEZOMETRO.

SCHEMA PIEZOMETRO





Località: Cornegliano Laudense (LO)	Diametro carotiere: 101mm
Sito: Area Deponia - Cluster A	Diametro foro:
Sondaggio/PM: PZ 2A Bis	Tipo piezometro: 3"
Cassette N°: 2	
	Tratto cieco: 0-1m
	Tratto finestrato: 1-10m
Cliente: Italgas Storage	Profondità foro: mt. 10,00
Data inizio: 27/01/2017	Data fine: 27/01/2017
	Sistema di perforazione: carotaggio continuo a secco
Società perforatrice: Eurogeo	Geologo\Tecnico di cantiere: ACR - Coppola Gabriele

Profondità (m da p.c.)	Spess. (m)	Litologia	Descrizione litologica	Umidità	Presenza di odori	COV (ppm)	Campione terreno	Livello Falda	Completam. Pozzo
1.0	1.0		SABBIA DA MEDIA A FINE, DEBOLMENTE LIMOSA, MARRONE, ASCIUTTA.	-					
1.0	0.5		LIMO SABBIOSO MARRONE, ASCIUTTO.	-					
2.0	1.0		SABBIA DA MEDIA A GROSSOLANA CON GHIAIETTO, GRIGIA DA UMIDA A BAGNATA.	++				2.00	
3.0	1.3		SABBIA DA MEDIA A MOLTO FINE, GRIGIA, SATURA	+++					
4.0	0.6		SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA CON GHIAIETTO, GRIGIA SATURA	+++					
5.0	0.9		SABBIA DA MEDIA A MOLTO FINE, LOCALMENTE LIMOSA, GRIGIA, SATURA	+++					
6.0	0.7		SABBIA DA MEDIA A DEBOLMENTE LIMOSA, CON GHIAIETTO GRIGIA, SATURA.	+++					
7.0	0.6		SABBIA DA GROSSOLANA A DEBOLMENTE LIMOSA CON GHIAIETTO E GHIAIA, GRIGIA, SATURA.	+++					
7.0	0.4		SABBIA GROSSOLANA E GHIAIETTO, GRIGIA, SATURA.	+++					
8.0	0.6		SABBIA DA GROSSOLANA A DEBOLMENTE LIMOSA, GRIGIA SATURA	+++					
8.0	0.4		LIMO ARGILLOSO, GRIGIO SCURO.	+++					
8.0	0.4		LIMO SABBIOSO, GRIGIO SCURO.	+++					
9.0	0.6		LIMO ARGILLOSO, GRIGIO SCURO.	+++					
10.0	1.0		LIMO ARGILLOSO, GRIGIO-VERDASTRO.	+++					

Fine perforazione

Miscela di cemento, bentonite e acqua
 Ghiaio siliceo
 - Asciutto, + Leggermente umido, ++ Umido, +++ Bagnato