



Mit Beteiligung der Europäischen Union aus dem Haushalt der Transeuropäischen Verkehrsnetze finanziertes Vorhaben

Opera finanziata con la partecipazione dell'Unione Europea attraverso il bilancio delle reti di trasporto transeuropee



Ausbau Eisenbahnachse München-Verona

BRENNER BASISTUNNEL

Ausführungsprojekt

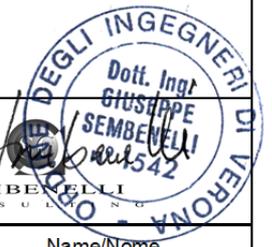
Potenziamento Asse Ferroviario Monaco-Verona

GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO

Progetto Esecutivo

Sub-Baulos Hauptbauwerke Eisackunterquerung
Sublotto di costruzione Opere Principali Sottoattraversamento Isarco

Fachbereich	Settore									
	04 – Idraulica e idrologia									
Dokumentenart	Tema									
	Acque di falda									
Dokumentenart	Tipo documento									
	Relazione specialistica									
Titel	Titolo									
	Prove con tracciante Sintesi delle indagini									
Ausführende Unternehmen / Imprese esecutrici  ISARCO Sc.arl Auftraggeber / Mandanti:  salini impregilo  STRABAG  COLLINI LAVORI S.p.A.	Bearbeitung des Dokuments / Elaborazione del documento Bearbeitet / Elaborato	Datum/Data Name/Nome								
		14.01.2016 D.Gualco								
Planer / Progettisti:  npa  RCKSOIL S.p.A.  GPingegneria  SEMIBENELLI CONSULTING	Geprüft / Verificato Freigegeben / Autorizzato	14.01.2016 G. Sembenelli								
		14.01.2016 N. Meistro								
GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO – BRENNER BASISTUNNEL BBT SE		Gesehen BBT / Visto BBT_RUP A. Lombardi								
Projekt-kilometer / Progressiva di progetto von / da 54+015 bis / a 56+100 bei / al		Bau- kilometer / Chilometro opera von / da bis / a bei / al								
Status Dokument / Stato documento		ID Numm. Num. ID Vertrag Contratto Nummer Codice Dok.art Tipo doc. Revision Revisione								
Staat Stato	Los Lotto	Einheit Unità	Nummer Numero	Fachbereich Settore	Thema Tema	ID Numm. Num. ID	Vertrag Contratto	Nummer Codice	Dok.art Tipo doc.	Revision Revisione
02	H71	AF	002	04	04	001.00	B0115	2098	RT5	01



Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia

Tema: Acque di falda

**Contenuto documento: Prove con tracciante
Sintesi delle indagini**

Bearbeitungsstand Stato di elaborazione			
Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
02	Anmerkungen BBT vom 15.12.2015 Osservazioni BBT	D.Gualco	14.01.2016
01	Anmerkungen BBT Osservazioni BBT	D.Gualco	30.11.2015
00	Erstversion Prima Versione	M. Scarella	31.07.2015

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia

Tema: Acque di falda

**Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini**

1	INTRODUZIONE	5
2	INQUADRAMENTO GENERALE	6
2.1	IL LOTTO DI COSTRUZIONE "SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO"	6
2.1.1	Opere del subplotto "Opere propedeutiche Sottoattraversamento Isarco"	6
2.1.2	Opere del subplotto "Opere principali Sottoattraversamento Isarco"	6
2.2	OPERE DEL SUBLOTTO "OPERE PRINCIPALI SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO" NON OGGETTO DI PROGETTAZIONE	10
3	OBIETTIVI DELLO STUDIO	11
4	AREA DI INDAGINE	12
4.1	INQUADRAMENTO MORFOLOGICO	12
4.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	13
4.3	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	14
5	INDAGINI PRECEDENTI	16
5.1	INFORMAZIONI DISPONIBILI	16
5.2	INDAGINI GEOGNOSTICHE	17
5.3	INTERPRETAZIONE GEOMORFOLOGICA	18
5.4	PROVE DI POMPAGGIO DI BREVE DURATA	19
5.5	PROVE DI RIEMPIMENTO (SLUG-TEST)	21
5.6	PROVE DI POMPAGGIO DI LUNGA DURATA	21
5.7	MISURE PIEZOMETRICHE	23
6	INDAGINI ADDIZIONALI	26
6.1	INFORMAZIONI AGGIUNTIVE	26
6.2	INDAGINI GEOGNOSTICHE	27
6.3	MISURE PIEZOMETRICHE	28
7	PROVE CON TRACCIANTE	29
7.1	FINALITÀ DELLE PROVE	29
7.2	ATTIVITÀ ESEGUITE	29
7.3	TRACCIANTI IMPIEGATI	30
7.4	LOCALIZZAZIONE DELLE PROVE	31
7.5	MODALITÀ DI ESECUZIONE	33
7.5.1	Log gamma ray, temperatura e conducibilità elettrica	33
7.5.2	Misure piezometriche	35
7.5.3	Prova di pompaggio a gradini di portata	35
7.5.4	Iniezione e campionamento del tracciante	37

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia

Tema: Acque di falda

**Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini**

7.5.5	Prova di diluizione	38
7.5.6	Prova di tracciamento.....	40
7.6	RISULTATI DELLE PROVE	44
7.6.1	MW-B-14 e MW-B-09	45
7.6.1.1	Log gamma ray, temperatura e conducibilità elettrica	45
7.6.1.2	Prova di pompaggio a gradini di portata	46
7.6.1.3	Prova di diluizione MW-B-09	47
7.6.1.4	Prova di diluizione MW-B-14	47
7.6.1.5	Prova di tracciamento.....	48
7.6.2	Pz-B-02 e Fo-B-18	51
7.6.2.1	Log gamma ray, temperatura e conducibilità elettrica	51
7.6.2.2	Prova di pompaggio a gradini di portata	52
7.6.2.3	Prova di diluizione Fo-B-18	53
7.6.2.4	Prova di diluizione Pz-B-02	54
7.6.2.5	Prova di tracciamento.....	55
7.6.3	Pz-B-01 e MW-B-13	58
7.6.3.1	Log gamma ray, temperatura e conducibilità elettrica	58
7.6.3.2	Prova di pompaggio a gradini di portata	59
7.6.3.3	Prova di diluizione Pz-B-01	59
7.6.3.4	Prova di diluizione MW-B-13	60
7.6.3.5	Prova di tracciamento.....	61
8	RIASSUNTO E CONCLUSIONI.....	63
9	ELENCHI	66
9.1	TABELLE.....	66
9.2	FIGURE.....	67
9.3	FONTI E BIBLIOGRAFIA	67
9.4	ALLEGATI	68

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

1 INTRODUZIONE

Il lotto di costruzione "Sottoattraversamento Isarco", costituisce la parte estrema meridionale della Galleria di Base del Brennero prima dell'accesso nella stazione di Fortezza, ed è ubicato ca. 1 km a nord dell'abitato di Fortezza, in località Prà di Sopra, in Provincia di Bolzano.

Il lotto di costruzione comprende essenzialmente le opere civili grezze in sotterraneo e le opere esterne individuate dal programma lavori 2010 e successivi aggiornamenti della Galleria di Base del Brennero.

Le opere progettate costituiscono pertanto un "lotto costruttivo non funzionale" facente parte del progetto complessivo della Galleria di Base del Brennero.

I requisiti di progetto e funzionali delle opere progettate rispondono a quelli del progetto definitivo della Galleria di Base del Brennero che ha ottenuto l'approvazione da parte delle autorità competenti.

Le opere progettate inoltre recepiscono le prescrizioni impartite nel corso dei diversi iter autorizzativi, le ottimizzazioni e la specificazione di standard elaborati nell'ambito della progettazione guida transfrontaliera, nonché i risultati delle campagne geognostiche integrative effettuate negli anni 2010-2011, e successivamente nel 2015 propedeutica alla predisposizione del progetto esecutivo, con particolare riferimento all'aggiornamento del modello idrogeologico.

Le interfacce e gli standard di costruzione definiti consentono l'integrazione delle infrastrutture e delle dotazioni impiantistiche dei diversi lotti di costruzione previsti dal programma lavori della Galleria di base del Brennero, tra i quali è compreso il lotto di costruzione "Sottoattraversamento Isarco".

Il lotto di costruzione "Sottoattraversamento Isarco" è suddiviso a sua volta nei due seguenti sublotti:

- sublotto di costruzione "Opere propedeutiche Sottoattraversamento Isarco", del quale è stato elaborato il progetto esecutivo;

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

- subplotto “Opere principali Sottoattraversamento Isarco” oggetto del presente progetto esecutivo.

2 INQUADRAMENTO GENERALE

2.1 IL LOTTO DI COSTRUZIONE “SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO”

L’ubicazione delle aree interessate dai lavori ed i limiti del lotto di costruzione sono rilevabili negli elaborati progettuali ai quali si rimanda.

Ai fini della localizzazione delle opere, si stabilisce che la progressivazione delle gallerie principali utilizzata nei documenti delle progettazioni è quella generale dell’Opera, riferita per la galleria Est (binario dispari) alla stazione di Innsbruck, mentre la progressivazione delle interconnessioni sono riferite al loro punto di sfocco dei tracciati delle interconnessioni da quelle delle gallerie principali.

2.1.1 Opere del subplotto “Opere propedeutiche Sottoattraversamento Isarco”

Le opere del subplotto “Opere propedeutiche Sottoattraversamento Isarco”, le quali non fanno parte del progetto esecutivo in oggetto, consistono essenzialmente in:

- variante alla S.S.12 del Brennero dal km 490+500 al km 491+500, compreso un nuovo ponte sul Rio Bianco, con spostamento dei sottoservizi interferiti e realizzazione di un accesso all’area di cantiere;
- ponte sull’Isarco;
- sottopasso alla linea ferroviaria del Brennero, al km 200+400;
- viabilità interna di cantiere.

2.1.2 Opere del subplotto “Opere principali Sottoattraversamento Isarco”

Le opere del subplotto “Opere principali Sottoattraversamento Isarco”, che fanno parte del progetto esecutivo, consistono essenzialmente in:

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

Gallerie principali

1° tratto

- Galleria principale est – binario dispari - (tratto in galleria naturale) da pk 54+015.00 (inizio lotto) a pk 54+600.67 di cui:
 - da pk 54+015.00 a pk 54+465.00 in galleria naturale a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo);
 - da pk 54+465.00 a pk 54+600.67 in galleria naturale di diramazione a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo).
- Galleria principale ovest – binario pari - (tratto in galleria naturale) da pk 54+042.00 (inizio lotto) a pk 54+598.85 di cui:
 - da pk 54+042.00 a pk 54+440.00 in galleria naturale a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo);
 - da pk 54+440.00 a pk 54+598.85 in galleria naturale di diramazione a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo).

2° tratto (Attraversamento Fiume Isarco)

- Galleria principale est – binario dispari – (tratto galleria naturale), da pk 54+600.67 a pk 54+700.77 (compresi pozzi di accesso alle gallerie) in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo).
- Galleria principale ovest – binario pari – (tratto galleria naturale), da pk 54+598.85 a pk 54+711.07 (compresi pozzi di accesso alle gallerie) in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo).

3° tratto

- Galleria principale est – binario dispari - (tratto in galleria naturale), da pk 54+700.77 a pk 54+968.00 in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo).

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

- Galleria principale ovest - binario pari – (tratto in galleria naturale), da pk 54+711.07 a pk 54+916.00 in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo).

4° tratto

- Galleria principale est – binario dispari - (tratto in galleria artificiale), da pk 54+968.00 a pk 55+060.00 in galleria artificiale a singolo binario (scavo e opera grezza).
- Galleria principale ovest - binario pari – (tratto in galleria artificiale), da pk 54+916.00 a pk 55+018.00 in galleria artificiale a singolo binario (scavo e opera grezza).

5° tratto

- Galleria principale est – binario dispari - (tratto in galleria naturale), da pk 55+060.00 a pk 56+100.00 (fine lotto) di cui:
 - da pk 55+060.00 a pk 55+485.00 in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo);
 - da pk 55+485.00 a pk 56+100.00 in galleria naturale a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo).

***Avvertenza:** Lo scavo della galleria termina in roccia; le opere di portale non sono oggetto del lotto.*

- Galleria principale ovest – binario pari - (tratto in galleria naturale), da pk 55+018.00 a pk 56+190.00 (fine lotto) di cui:
 - da pk 55+018.00 a pk 55+549.00 in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo);
 - da pk 55+549.00 a pk 56+190.00 in galleria naturale a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo).

***Avvertenza:** Lo scavo della galleria termina in roccia; le opere di portale non sono oggetto del lotto.*

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

Interconnessioni

- Interconnessione est – binario dispari, “tratto di diramazione dalla galleria principale – fine lotto”, da pk 1+971.44 (pk 54+600.67 Galleria principale est – binario dispari) a pk 2+683.62 di cui:
 - da pk 1+971.44 a pk 2+069.97 (compresi pozzi di accesso alle gallerie) in galleria naturale attraversamento Isarco a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo);
 - da pk 2+069.97a pk 2+270.00 in galleria artificiale a singolo binario (scavo e opera grezza);
 - da pk 2+270.00 a pk 2+525.00 corpo stradale ferroviario a binario singolo con scavo “a vascone” (scavo e opere civili);
 - da pk 2+525.00 a pk 2+683.62 corpo stradale ferroviario in rilevato/trincea (scavo e opere civili).
- Interconnessione ovest – binario pari, “tratto di diramazione dalla galleria principale – fine lotto”, da pk 1+693.13 (pk 54+598.85 Galleria principale ovest – binario pari) a pk 2+550.00 di cui:
 - da pk 1+693.13 a pk 1+795.86 (compresi pozzi di accesso alle gallerie) in galleria naturale attraversamento Isarco a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo);
 - da pk 1+795.86 a pk 2+550.00 in galleria naturale a binario singolo (scavo e rivestimento definitivo).

Avvertenza: Lo scavo della galleria termina in roccia; le opere di portale non sono oggetto del lotto.

Spostamento linea storica FS

- da pk 199+935 ca. a pk 200+900 ca. (binario pari) della linea ferroviaria esistente Verona Brennero, per una lunghezza di m 965 ca. (realizzazione della nuova sede ferroviaria e attrezzaggio, messa in esercizio).

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

Opere minori e accessorie

Sono comprese nel lotto di costruzione le seguenti opere minori:

- pozzi e uscite di emergenza (scavo e rivestimento definitivo);
- cunicoli trasversali di collegamento (scavo e rivestimento definitivo);
- opere complementari in corrispondenza del tratto di linea FS spostata;
- interventi di messa in sicurezza contro la caduta massi sopra la linea storica da ca. km 199+000 a ca. km 200+265;
- interventi di ripristino ambientale e sistemazione finale del fiume Isarco e delle aree interessate dai lavori;
- viabilità di accesso alla zona di soccorso presso il portale interconnessione pari fino alla pk 0+275 ca.

Costituiscono inoltre parte integrante del progetto del sublotto di costruzione, la realizzazione di tutte le opere accessorie e di piccole dimensioni che ricadono nel tratto oggetto dell'intervento, la cui realizzazione risulta necessaria e/o funzionale alla compiuta esecuzione delle opere.

2.2 OPERE DEL SUBLOTTO "OPERE PRINCIPALI SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO" NON OGGETTO DI PROGETTAZIONE

Le seguenti opere ed impianti sono escluse dalla presente progettazione:

- **Impianti ferroviari** a servizio delle gallerie principali e delle interconnessioni costituiti essenzialmente da:
 - sovrastruttura;
 - interventi per la mitigazione dalle vibrazioni;
 - impianti di trazione elettrica e approvvigionamento energetico;

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

- sistemi di telecomunicazione e sorveglianza;
- sistemi di comando/controllo;
- impianti meccanici (come definiti nel progetto definitivo 2008);
- impianto di sorveglianza cantiere e localizzazione delle persone.
- **Opere di portale delle due gallerie principali est ed ovest** (binari dispari e pari) e i tratti iniziali delle medesime gallerie, secondo i limiti di lotto precedentemente definiti.
- **Opere di portale della galleria d'interconnessione pari** ed il tratto iniziale della medesima galleria, secondo il limite di lotto precedentemente definito.
- **Opere presso il portale d'interconnessione pari** e la relativa viabilità di accesso dalla pk 0+275 ca. alla pk 0+400 ca. ed al Bacino di ritenuta Holer Graben.
- Opere riferite all'ambito della **stazione di Fortezza**.
- **Bacini di ritenuta Holer Graben e Hohewand** e la relativa viabilità di accesso.

3 OBIETTIVI DELLO STUDIO

Il presente studio ha come oggetto la raccolta organica e l'interpretazione critica dei risultati delle prove con traccianti condotte nell'ambito del campo prove per la messa a punto delle tecnologie di consolidamento e congelamento dei terreni.

La campagna di indagini ha permesso di raccogliere utili informazioni sull'idrogeologia dell'acquifero nel fondo-valle dell'Isarco, focalizzando sulla stima della permeabilità dei depositi e della velocità di filtrazione della falda.

Lo scopo dello studio è di fornire una solida base di dati a supporto della progettazione delle opere in relazione funzionale con l'acquifero, con particolare riferimento alla fase realizzativa.

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

4 AREA DI INDAGINE

L'area di indagine è una superficie di circa 1 km² nel fondovalle dell'Isarco interessato dalle opere per il sottoattraversamento, delimitata a monte dalla confluenza con il Rio Bianco e a valle dalla confluenza con il Rio Mara. Più in generale l'area è ubicata nell'Alta Valle Isarco, circa 2 km a monte della stazione di Fortezza tra le località di Prà di Sopra e Mezzaselva.

4.1 INQUADRAMENTO MORFOLOGICO

Il tratto del fondovalle dell'Isarco oggetto delle indagini, come in generale l'intero tratto tra Fortezza e Mules, ha una configurazione piuttosto stretta ed è limitato su entrambi i lati da versanti montani ripidi e con andamento parallelo alla valle.

Le rocce costituiscono la gran parte dei versanti e formano ripide pareti alternate a brevi terrazze coperte da depositi morenici. Lungo i versanti spiccano numerose fratture minori coincidenti con scarpate sub-parallele, risultato di faglie tettoniche locali e favorite dall'attività erosiva dei ghiacciai quaternari.

La morfologia è caratterizzata da numerose piccole valli laterali, ad andamento diritto e parallelo. In corrispondenza della confluenza con il Rio Bianco e il Rio Vallaga, sono presenti importanti conoidi alluvionali, su entrambi i lati della valle, circa alla stessa altezza. I conoidi presentano una pendenza accentuata dell'ordine dei 20-30°.

Il fondovalle è stretto e la larghezza media è di circa 200 m. La morfologia locale è stata modificata dalla costruzione della rete di infrastrutture di traffico (autostrada A22, strada SS12 e ferrovia) con riporti di materiale e scavi di porzioni di conoide. Il fiume Isarco ha praticato un'incisione in entrambi i conoidi di circa 50 m di larghezza e di 10 m di profondità massima.

L'andamento del letto del fiume nell'area di indagine è marcatamente sinuoso. I conoidi del Rio Vallaga e del Rio Bianco spingono alternativamente l'alveo del fiume prima verso la sinistra orografica e successivamente verso la destra. Più a valle il corso del fiume è nuovamente costretto a deviare in destra orografica

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

dalla conoide del Rio Mara.

La presenza di importanti accumuli detritici, la frequente occorrenza di debris flow dalle valli laterali e le abbondanti precipitazioni sono causa di periodiche esondazioni dell'Isarco, con allagamento dell'area del sottoattraversamento, in particolare nella destra orografica, in adiacenza al rilevato ferroviario. Eventi di piena importanti, registrati sin dal 1876, si sono ripetuti anche recentemente. La zona è stata allagata il 6 agosto 1985 (Mortara, Sorzana e Villi), è stata minacciata dalla piena del fiume il 18 e 19 luglio 1987 (Valentini e Villi) ed è stata interessata da piogge molto intense il 14 agosto 1998.

4.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di indagine ricade, sotto il profilo geologico, nell'ambito alpino orientale e, sotto il profilo tettonico, a sud della linea insubrica, che in questo tratto si compone della linea settentrionale delle Giudicarie e della linea della Pusteria.

I litotipi dominanti appartengono all'unità strutturale del sudalpino e originano dalle diverse fasi orogenetiche successive, mentre si alternano i relativi processi metamorfici e intrusivi. Nel periodo ercinico sul margine meridionale del basamento cristallino, costituito da quarzifillite di Bressanone, si è avuta l'intrusione e la formazione di un corpo di granodiorite, nota in genere come granito di Bressanone.

Entrambi i versanti montani del tratto di valle tra Fortezza e Mezzaselva appartengono al suddetto massiccio di Bressanone. La specie litologica principale è un granito grigio-chiaro con depositi di biotite, una roccia isotropica a grana da media a grossolana. Le rocce presentano un'intensa fessurazione che risulta ancor più evidente in superficie a causa dell'azione degli agenti atmosferici.

Le formazioni del massiccio intrusivo di Bressanone sono coperte sotto i sedimenti alluvionali del fondovalle dell'Isarco, a circa 50-60 m di profondità sotto il piano di campagna, da depositi quaternari di origine morenica. Questi depositi risalgono all'attività dei ghiacciai nel periodo glaciale würmiano e consistono in accumuli eterogenei di materiali sabbiosi-ghiaiosi e di sedimenti

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

di sabbie fini-limose.

Nel fondovalle predominano i depositi alluvionali lasciati dall'Isarco e dai conoidi di deiezione dei rii affluenti. I depositi alluvionali sciolti, eterogenei, sia sotto il profilo della composizione che della granulometria, consistono in ghiaie e sabbie tonde o tondeggianti, mescolate a sassi e intramezzati da spessi strati di limo.

L'equilibrio idrogeologico della valle è condizionato dall'accentuata attività di trasporto del Rio Vallaga e Rio Bianco. I conoidi alluvionali consistono in depositi eterogenei composti da frammenti di rocce, sassi e ghiaia arrotondati, inseriti in una matrice sabbiosa-ghiaiosa, leggermente limosa.

Ai margini laterali del fondovalle, i fianchi della valle sono coperti da materiale di granulometria grossolana. Lo strato di copertura è il risultato di una combinazione di erosione, trasporto e deposito da parte dei corsi d'acqua e agenti atmosferici. I sedimenti che ne derivano sono composti da detrito di versante, sedimenti alluvionali e materiale disgregato dagli agenti atmosferici. Il detrito di versante presenta spigoli vivi e pezzatura varia, da sassi a frammenti di roccia. I frammenti di roccia più voluminosi, fino a 1 m, sono costituiti soprattutto da granito.

4.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'idrogeologia locale è caratterizzata in prima linea dai corpi idrici superficiali dell'Isarco, del Rio Vallaga e del Rio Bianco.

Nei depositi alluvionali del fondovalle e nei conoidi laterali è presente una falda idrica sotterranea. La soggiacenza della falda varia da circa 4 a 10 m sotto il piano di campagna. Il potente acquifero costituisce un flusso che accompagna il fiume Isarco e che come direzione principale corre nella stessa direzione del fiume pur rimanendo indipendente da esso.

La falda idrica è almeno a tratti in contatto idraulico con il livello dall'Isarco. Il confronto tra le quote del fiume e i livelli d'acqua nei piezometri del fondovalle mostra che l'Isarco è in contatto con la falda nella zona a monte e a valle del sottoattraversamento (inclusa la zona del campo prove), mentre nella zona del campo sportivo, il livello dell'Isarco è superiore (pensile) di circa 3 m

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

rispetto al livello della falda. Questo aspetto è stato anche in precedenza sottolineato nel corso dello sviluppo del modello numerico della falda (Relazione sulla modellazione numerica, Progetto definitivo sublotto di costruzione Opere Principali Sottoattraversamento Isarco, ARCADIS su incarico BBT, 2013).

Nelle aree dove è presente un contatto idraulico, a seconda dei livelli d'acqua del fiume, è possibile che le acque dell'Isarco filtrino nella falda e, viceversa, che le acque della falda di immettano nell'Isarco a seconda del gradiente idraulico relativo tra i due corpi d'acqua. In questi tratti al di sotto dell'alveo del fiume è presente una zona di transizione dove le acque del fiume interagiscono con la falda influenzandone la dinamica superficiale. L'estensione in profondità della zona di transizione non è tuttavia nota, ma ragionevolmente può coinvolgere spessori metrici comparabili con le dimensioni del corazzamento in massi che ricopre l'alveo.

Nelle aree dove non è presente un contatto idraulico e dove il livello della falda si presenta alcuni metri sotto il livello del fiume, è possibile una costante filtrazione dell'Isarco nella falda, inizialmente attraverso la zona parzialmente satura al di sotto dell'alveo e quindi nell'acquifero. La filtrazione delle acque del fiume è influenzata dal livello del fiume ma presumibilmente indipendente dal gradiente tra l'Isarco e la falda. In tale tratto al di sotto dell'alveo del fiume è presente una zona di transizione all'interno della quale le acque di filtrazione presentano dinamiche complesse, con una componente di flusso verticale a gradiente unitario, di ricarica verso la falda, e orizzontale in misura non quantificabile.

Il deposito di sedimenti nel fondovalle si è sviluppato a diversi livelli di energia a seconda delle zone. In generale nella zona di confluenza delle conoidi del Rio Vallaga e Rio Bianco sono presenti livelli di energia maggiori, mentre nella zona di progressivo restringimento della valle si osserva una concomitante diminuzione delle energie di deposito. Corrispondentemente a ciò, nella zona delle conoidi è da attendersi una maggior concentrazione di frazione fine.

L'orizzonte della falda idrica è delimitato ai lati ed alla base dalla superficie della roccia del granito di

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
**Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini**

Bressanone.

Nei conoidi del Rio Vallaga e del Rio Bianco è presente un apporto consistente di acque di falda, piuttosto variabile in virtù delle limitate dimensioni degli impluvi e del ridotto spazio di ritenzione. I livelli d'acqua al piede delle conoidi sono congruenti con i livelli della falda principale nel fondovalle dell'Isarco. Il flusso di falda laterale è caratterizzato da un'elevata pendenza, circa 26% nella metà superiore della conoide e circa il 5% nel tratto di raccordo con il fondovalle.

5 INDAGINI PRECEDENTI

5.1 INFORMAZIONI DISPONIBILI

Nel corso delle precedenti campagne di studio condotte a partire dal 2005 e successivamente integrate negli anni 2009 e 2010 sono stati osservati e documentati un numero considerevole di aspetti idrogeologici dell'area di indagine e zone limitrofe. Le prove e indagini eseguite sul campo comprendono le seguenti attività:

- perforazione di 46 sondaggi geognostici, No. 22 serie Fo-B (2009), No. 2 serie Gt-B (2005), No. 8 serie ITE-B (2005 e 2006), No. 14 serie MW-B (2005);
- perforazione e realizzazione di 5 pozzi di grande diametro, PW-B-01 (2005) e No. 4 serie Fo-Br (2009);
- realizzazione di 51 punti di misura dei livelli della falda, No. 22 serie Fo-B (letture da maggio 2011), No. 2 serie Gt-B (letture da novembre 2005), No. 7 serie ITE-B (letture da gennaio 2006), No. 14 serie MW-B (letture da novembre 2005), No. 2 serie Rb-B (letture da novembre 2009), No. 4 serie Fo-Br (letture da maggio 2011);
- prove in foro SPT in 4 fori serie MW-B (2005);
- esecuzione di 3 profili di rifrazione sismica e 5 profili di riflessione sismica;
- prelievo di campioni per la determinazione della distribuzione granulometrica da 11 fori serie MW-B

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

(2005)

- analisi di 14 campioni d'acqua per la caratterizzazione idrochimica dai 3 corsi d'acqua principali (Isarco, Rio Vallaga e Rio Bianco) e dalla falda in 9 piezometri serie MW-B (2005), a 3 differenti quote nel piezometro MW-B-09;
- prove di pompaggio di breve durata in 9 piezometri serie MW-B (2005);
- prove di riempimento (Slug-Test) in 4 piezometri serie MW-B (2005);
- prove di pompaggio di lunga durata con emungimento costante di 100 l/s nel pozzo PW-B-01 e misura dell'abbassamento della falda in continuo in 7 piezometri limitrofi della serie MW-B (2005);
- prove di pompaggio di lunga durata con emungimento costante e portata variabile da 26 a 115 m³/s nei 4 pozzi serie Fo-Br (2009) e nel pozzo PW-B-01 eseguita singolarmente e combinando i 5 pozzi. L'abbassamento della falda è stato misurato in continuo in 39 piezometri limitrofi della serie Fo-B (2009), ITE-B (2005 e 2006) e MW-B (2005).

5.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nell'area di indagine sono disponibili le informazioni sui profili stratigrafici di 46 sondaggi geognostici eseguiti tra gli anni 2005, 2009 e 2010 (dati messi a disposizione da BBT).

I profili stratigrafici sono stati combinati con le sezioni di sismica a rifrazione e a riflessione al fine di elaborare una serie di sezioni geologiche trasversali con differenziazione genetica del riempimento del fondovalle dell'Isarco.

La perforazione MW-B-09 nella zona del campo sportivo è stata spinta fino a profondità di 81 m dal piano di campagna per rilevare la potenza dei depositi e dell'acquifero, tuttavia non è stata raggiunta la roccia di base. Nella zona del nuovo ponte Isarco, la perforazione MW-B-04 ha raggiunto la roccia di base (granito di Bressanone) alla profondità di circa 39 m dal

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

piano di campagna.

La valle dell'Isarco presenta dunque uno spessore dei depositi molto vario, tuttavia sempre piuttosto potente. La forma a U della valle è stata scavata dal ghiacciaio. I riempimenti vallivi sono costituiti in prevalenza dai seguenti materiali:

- Depositi fluviali di acque di scioglimento del ghiacciaio del Pleistocene e delle acque superficiali recenti;
- Detrito di falda, prodotto da processi di caduta massi dai fianchi vallivi rocciosi e dalle disgregazione del granito;
- Conoidi di deiezione, prodotti da debris flow e da colate detritiche dei torrenti laterali;
- Till, formati nei pressi del ghiacciaio durante l'era glaciale.

5.3 INTERPRETAZIONE GEOMORFOLOGICA

Una suddivisione stratigrafico-genetica dei depositi sciolti in base alle carote è in generale molto difficile, possibile solo dove la prevalenza di un materiale di deposito è predominante e chiaramente distinguibile. I sedimenti si trovano di fatto interdigitati fittamente sia in orizzontale che in verticale. Determinante per l'interpretazione dei sondaggi è la posizione in riferimento ai corsi d'acqua recenti, ai fianchi vallivi e ai conoidi di deiezioni relitti e/o recenti.

Le alluvioni del fiume Isarco presentano uno spettro di granulometria piuttosto misto con una curva ben o poco assortita da limo, a sabbia, ghiaia e ciottoli, fino a blocchi. La stratificazione è composta da banchi di sabbia e ghiaia. zone di acque quiete e di paleo alveo, dominate da grana fine, tratti con deflusso molto energetico e depositi di acqua alta, scarso mescolamento della grana su l'intero spettro esistente (per es. nessun blocco collocato in matrice limosa).

Il detrito di falda ha uno spettro di granulometria quasi senza grana fine, poca sabbia, presenza prevalente di ghiaia, ciottoli e blocchi. Il materiale prevalente è il granito di Bressanone locale proveniente dai fianchi vallivi. Il materiale è piuttosto spigoloso e i blocchi più

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

grandi hanno scarsa fessurazione (impatto senza distruzione). La stratificazione è minima o assente.

Le conoidi di deiezione hanno uno spettro di granulometria misto e poco assortito simile alle alluvioni del fiume, da limo, a sabbia, ghiaia e ciottoli, fino a blocchi. Come componenti prevalgono le rocce locali (granito di Bressanone), la frazione è piuttosto grossolana e spigolosa. La stratificazione è evidente e dipende dalla successione di singoli eventi di zone distali (grana più fine) e prossimali (grana più grossolana). Il rimescolamento della grana è osservabile (al contrario delle alluvioni) e blocchi possono trovarsi all'interno di una matrice limosa.

Il till ha uno spettro di granulometria misto analogo alle alluvioni, da limo, a sabbia, ghiaia e ciottoli, fino a blocchi, con rimescolamento della grana evidente. La stratificazione non è visibile e i ciottoli frequentemente presentano striature.

Il fondovalle dell'Isarco nell'area di indagine è caratterizzata da una diversità di riempimenti. Depositi grossolani possono trovarsi nelle immediate vicinanze di sedimenti di acque quieti a grana fine e materiale spigoloso di crolli può essere depositato vicino a ghiaie fluviali arrotondate. Queste alternanze si osservano a distanza di pochi metri e la loro variabilità aumenta in genere con la profondità, dato che i processi di crollo e debris flow sono occorsi con maggior frequenza dopo il ritiro del ghiacciaio. I depositi di sovrapposizione tra loro giacché si sono formati spesso contemporaneamente. La struttura del fondovalle è dunque molto alternata sia in senso orizzontale che verticale.

Le informazioni sulla profondità della roccia di base, ricavate incrociando dalle sezioni geofisiche sui fianchi vallivi e i (pochi) sondaggi che hanno raggiunto il substrato al centro valle, hanno permesso di definire una profondità massima approssimativa dei depositi di oltre 100 m nella zona del sottoattraversamento (campo sportivo) e di circa 40 m nella zona del nuovo ponte Isarco.

5.4 PROVE DI POMPAGGIO DI BREVE DURATA

Per la valutazione orientativa della trasmissività dell'acquifero nel fondovalle dell'Isarco sono state condotte prove di pompaggio di breve durata su alcuni

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

piezometri della serie MW-B (2005) ubicati prevalentemente nel fondovalle dell'Isarco. L'abbassamento e il nuovo innalzamento a fine prova sono stati registrati con continuità tramite data-logger. Per quanto possibile le curve di ripresa del livello sono state utilizzate per calcolare la permeabilità locale secondo la teoria di Theis & Jacob (Sottoattraversamento Isarco, Studio geologico, idrogeologico e geotecnico, SET su incarico BBT, 2006). I risultati sono sintetizzati nella seguente Tabella 1.

Pegel Piezometro	Filterstrecke/Tratto filtrante		Transmissivität Trasmissività m ² /s	Aquifermächtigkeit Spessore acquifero m	Permeabilität Permeabilità m/s
	von/da m*	bis/a m*			
MW-B-01	3	51	1.27x10 ⁻²	80	1.58x10 ⁻⁴
MW-B-04	3	45	1.42x10 ⁻²	30	4.73x10 ⁻⁴
MW-B-06	2	21	2.12x10 ⁻²	100	2.12x10 ⁻⁴
MW-B-08	3	51	4.92x10 ⁻³	60	8.21x10 ⁻⁵
MW-B-09	3	81	2.17x10 ⁻²	80	2.72x10 ⁻⁴
MW-B-12	3	42	2.83x10 ⁻²	60	4.72x10 ⁻⁴
MW-B-13	3	45	1.06x10 ⁻²	80	1.32x10 ⁻⁴

* m von GOK/m da p.c.

Tabella 1: Prove di pompaggio di breve durata nei piezometri serie MW-B (2005)

Va precisato che la permeabilità è stimata in funzione dello spessore dell'acquifero, il quale è ricavato indirettamente dall'analisi delle sezioni geologiche e dunque soggetto a incertezze. Tali risultati vanno quindi considerati criticamente.

Il valore molto basso di trasmissività del piezometro MW-B-08/05 è stato associato alla possibile presenza di eccessiva bentonite nell'intorno del foro con conseguente sigillatura del materiale circostante. Anche il risultato del piezometro MW-B-12 va considerato criticamente in quanto anche in questo caso era stata impiegata una notevole quantità di bentonite.

I risultati presentano valori relativamente simili. Nella zona del sottoattraversamento (piezometri MW-B-09 e MW-B-13) la permeabilità media è di circa 2x10⁻⁴ m/s. Questi piezometri ricadono quasi interamente all'interno delle alluvioni dell'Isarco.

Il piezometro MW-B-04, indicativo della zona del campo

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

prove (nuove ponte Isarco) mostra valori di permeabilità di circa 4.7×10^{-4} m/s. Questo piezometro ricade in parte nel detrito di falda.

5.5 PROVE DI RIEMPIMENTO (SLUG-TEST)

Prove di riempimento con portata di infiltrazione costante sono state eseguite in alcuni piezometri della serie MW-B (2005) ubicati prevalentemente nel fondovalle dell'Isarco. Terminata la fase di riempimento è stato misurato il successivo abbassamento del livello d'acqua con continuità tramite data-logger. Le curve di abbassamento sono state utilizzate per calcolare la permeabilità locale secondo la teoria di Bouwer & Rice (Sottoattraversamento Isarco, Studio geologico, idrogeologico e geotecnico, SET su incarico BBT, 2006). I risultati sono sintetizzati nella seguente Tabella 2.

Pegel Piezometro	Filterstrecke/Tratto filtrante		Transmissivität Trasmissività m ² /s	Aquifermächtigkeit Spessore acquifero m	Permeabilität Permeabilità m/s
	von/da m*	bis/a m*			
MW-B-07	7	43	7.01×10^{-3}	80	8.76×10^{-5}
MW-B-10	3	21	2.96×10^{-3}	80	3.70×10^{-5}
MW-B-11	3	45	2.99×10^{-3}	70	4.27×10^{-5}
MW-B-14	2	20	3.83×10^{-3}	80	4.79×10^{-5}

* m von GOK/m da p.c.

Tabella 2: Prove di riempimento (slug-test) nei piezometri serie MW-B (2005)

Dai risultati delle prove di riempimento si osserva una trasmissività molto bassa, mediamente un ordine di grandezza inferiore rispetto alle prove di pompaggio di breve durata eseguite nei piezometri adiacenti. Questo risultato è stato interpretato come un effetto del ridotto raggio di azione dello slug-test, che raggiunge solo lo spazio immediatamente circostante il piezometro, probabilmente meno permeabile per la presenza di residui di lavaggio o della costipazione. Per tale motivo i valori ottenuti vanno considerati criticamente.

5.6 PROVE DI POMPAGGIO DI LUNGA DURATA

Le prove di pompaggio di lunga durata a portata costante 100 l/s sono state condotte nel pozzo PW-B-01. La curva di abbassamento e il nuovo innalzamento

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

a fine prova è stata registrata con continuità tramite data-logger nei piezometri della serie MW-B (2005) ubicati nella zona del sottoattraversamento.

Nel pozzo di emungimento l'abbassamento è rimasto pressoché costante e pari a circa 4.5 m. L'abbassamento massimo di circa 3.7 m è stato osservato nei piezometri più prossimi (circa 10 m). Abbassamenti nell'ordine del metro verso valle e di qualche centimetro verso monte si sono osservati in piezometri posti a notevole distanza (fino a 400 m). La risposta intorno al pozzo non è stata dunque simmetrica. Il cono di depressione ha raggiunto la roccia sui fianchi della valle, determinando dunque uno svuotamento parziale del contenitore delimitato dai margini.

Le curve di abbassamento nei piezometri di riferimento mostrano uno svuotamento leggermente ritardato dell'acquifero. I risultati sono stati perciò elaborati con il metodo di Neumann che permette una stima del rapporto tra permeabilità orizzontale K_h e verticale K_v , nonché del coefficiente di immagazzinamento (Specific yield) S_y (Sottoattraversamento Isarco, Studio geologico, idrogeologico e geotecnico, SET su incarico BBT, 2006).

Pegel Piezometro	Filterstrecke/Tratto filtrante		Transmissivität Trasmissività m^2/s	K_h m/s	K_v m/s	S_y -
	von/da m^*	bis/a m^*				
MW-B-07	7	43	2.34×10^{-2}	2.93×10^{-4}	1.03×10^{-4}	3.30×10^{-2}
MW-B-08	3	51	1.77×10^{-2}	2.95×10^{-4}	1.06×10^{-4}	5.80×10^{-2}
MW-B-09	3	81	2.05×10^{-2}	2.56×10^{-4}	2.05×10^{-4}	7.00×10^{-2}
MW-B-10	3	21	1.92×10^{-2}	2.40×10^{-4}	9.60×10^{-5}	7.80×10^{-2}
MW-B-11	3	45	2.16×10^{-2}	3.09×10^{-4}	1.29×10^{-4}	5.07×10^{-2}
MW-B-13	3	45	2.14×10^{-2}	2.67×10^{-4}	2.00×10^{-4}	2.10×10^{-2}
MW-B-14	2	20	2.27×10^{-2}	2.84×10^{-4}	2.84×10^{-4}	7.01×10^{-2}

* m von GOK/m da p.c.

Tabella 3: Prova di pompaggio di lunga durata nel pozzo PW-B-01 (2005) e controllo nei piezometri serie MW-B (2005)

Dai risultati della prova di pompaggio si osserva una sostanziale uniformità della permeabilità media nelle alluvioni del fiume. La permeabilità orizzontale è solo leggermente superiore a quella verticale e varia in uno stretto range tra 2.40×10^{-4} a 3.09×10^{-4} m/s. Tali valori

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia

Tema: Acque di falda

Contenuto documento: Prove con traccianti

Sintesi delle indagini

sono confrontabili con i risultati delle prove di pompaggio di breve durata nei singoli piezometri.

Il coefficiente di immagazzinamento S_y presenta valori piuttosto simili e in media compresi tra 0.02 e 0.08. In una falda libera tale coefficiente è generalmente confrontabile con la porosità efficace (n_e). Tuttavia, ed in particolare per suoli con una granulometria mista, esso rappresenta una certa frazione della porosità efficace, essendo in sostanza una variabile monodimensionale (drenaggio gravitativo verticale).

Per le prove di pompaggio di lunga durata combinate sui 4 pozzi della serie Fo-Br (2009) e nel pozzo PW-B-01, condotte nel 2009 e 2010, non sono disponibili i risultati numerici e le relative interpretazioni.

Le informazioni raccolte evidenziano un comportamento generalmente analogo a quello della prova del 2005, benché, in virtù di una portata complessiva di 440 m³/s, con abbassamenti maggiori ed effetti estesi anche a settori occidentali precedentemente non interessati. Nella zona del sottoattraversamento (campo sportivo), nella parte centrale del triangolo formato dai pozzi Fo-Br-03, Fo-Br-04 e PW-B-01, l'abbassamento massimo è stato di circa 10 m (Abbassamento della falda, Relazione sulla modellazione numerica, ARCADIS su incarico BBT, 2013).

5.7 MISURE PIEZOMETRICHE

Nell'area di indagine sono stati realizzati, nel corso delle precedenti campagne di studio, un totale di 51 punti di misura del livello di falda. La rete di monitoraggio è costituita da piezometri a tubo aperto e pozzi di grande diametro.

Le misure effettuate sono state ordinatamente raccolte nel corso degli anni e coprono un periodo di circa 9 anni da nov. 2005 a nov. 2014 (dati messi a disposizione da BBT). La seguente Tabella 4 contiene un estratto relativo a 16 piezometri ubicati nella zona del sottoattraversamento.

Fachbereich:

Settore: Idraulica e idrologia

Thema:

Tema: Acque di falda

Dokumenteninhalt:

**Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini**

Pegel Piezometro	Messung Misure von/da	Filterstrecke Tratto filtrante		Durchmesser Diametro "/ mm	Rohroberkante Boccaforo [m üdm] [m slm]	Wasserstand [m üdm] Livello della falda [m slm]		
		von/da m*	bis/a m*			Mittel Medio	Maximum Massimo	Minimum Minimo
ITE-B-01	03/2006	7	75	4"	788.12	775.87	776.72	775.16
Fo-Br-03	05/2011	32	60	90 mm	782.24	771.06	771.99	770.09
Fo-Br-04	05/2011	28	58	90 mm	778.19	769.00	769.84	767.98
Fo-B-15	05/2011	9	39	3"	775.33	768.48	769.35	767.53
Fo-B-15bis	05/2011	6	20	4"	776.51	768.65	769.54	767.69
Fo-B-16	05/2011	38	50	3"	772.15	764.11	764.55	763.57
Fo-B-16bis	05/2011	6	17	3"	772.58	767.60	768.35	766.67
Fo-B-17	05/2011	4	22	4"	771.28	767.44	768.24	766.63
Fo-B-18	05/2011	6	19	4"	772.22	767.52	768.96	766.72
MW-B-07	11/2005	7	43	2"	780.39	770.08	771.38	769.14
MW-B-08	11/2005	3	51	4"	777.59	768.75	770.26	767.84
MW-B-09	11/2005	3	81	4"	779.40	769.55	770.80	768.60
MW-B-10	11/2005	3	21	2"	779.43	769.72	770.98	768.78
MW-B-11	11/2005	3	45	2"	779.40	769.93	771.27	768.75
MW-B-13	11/2005	3	45	4"	776.60	768.65	769.96	767.78
MW-B-14	11/2005	2	20	4"	779.62	769.87	771.19	768.92

* m von GOK/m da p.c.

:

Tabella 4: Livello della falda nei piezometri ubicati nella zona del sottoattraversamento

Il massimo livello della falda nel piezometro ITE-B-01 è stato corretto eliminando una singola misura anomala registrata nel gen. 2009, superiore di circa 3 m al comportamento storico.

La coppia di piezometri Fo-B-16 e Fo-B-16bis, ubicati a breve distanza, presenta valori medi che differiscono di oltre 3 m. Questo comportamento è spiegabile in relazione alla profondità ed estensione del tratto filtrante: da 38 a 50 m per Fo-B-16, dunque molto profondo, e da 6 a 17 m per Fo-B-16bis. Il tratto filtrante del piezometro Fo-B-16, inoltre, è interamente inserito in una spessa lente di sabbia rilevabile dalle carote del sondaggio, dunque separato dalle depositi alluvionali superiori.

I piezometri posti in prossimità dell'alveo del fiume mostrano un livello medio della falda in alcuni tratti non in contatto diretto con il livello del fiume. In particolare, nella zona del sottoattraversamento, il livello nel

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

piezometro MW-B-07 è inferiore di circa 1.95 m rispetto al fondo dell'alveo del fiume, il piezometro MW-B-10 di circa 2.42 m, il piezometro Fo-Br-04 di circa 3.81 m e il piezometro MW-B-13 di circa 4.04 m.

Più a valle, nella zona del campo prove, progressivamente il livello medio della falda raggiunge quote prossime al livello del fiume. In particolare, il livello nel piezometro Fo-B-17 è inferiore di circa 0.66 m rispetto al fondo del fiume e il piezometro Fo-B-18 circa 0.31 m superiore, ovvero presumibilmente coincidente con il livello del fiume.

Sulla base delle misure effettuate nei piezometri sono stati elaborati due modelli tridimensionali (georeferenziati) della superficie della falda nel fondovalle dell'Isarco. Un primo modello che rappresenta l'insieme dei livelli massimi storici (misure asincrone) e un secondo modello con rappresenta l'insieme dei livelli medi storici (misure asincrone).

Il modello ottenuto dai livelli medi storici della falda è stato utilizzato per ricavare una carta delle linee isopiezometriche, allegata al presente rapporto. In allegato è inclusa anche una simile mappa di isofreatiche, con riferimento alla lettura sincrona del ottobre 2010. Va precisato che tali carte sono una rappresentazione su scala regionale dell'andamento della superficie della falda.

I risultati appaiono tra loro coerenti.

Dalla carta delle isopiezometriche emergono le seguenti osservazioni:

- la falda nel fondovalle dell'Isarco è ragionevolmente contenuta in un unico acquifero con superficie libera;
- nella zona centrale della valle, in corrispondenza degli interventi in alveo, è presente una fascia più permeabile, alla destra orografica del fiume.
- la direzione del flusso di falda è in generale parallelo all'asse della valle e indipendente dall'andamento sinuoso del corso d'acqua;
- la pendenza del pelo libero della falda è, procedendo da monte verso valle, costante

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

all'altezza delle conoidi del Rio Bianco e Rio Vallaga, aumenta sensibilmente nel tratto compreso tra le conoidi e la zona immediatamente a monte campo sportivo e si appiattisce nuovamente in corrispondenza e a valle del sottoattraversamento. Questo comportamento è in parte spiegabile in relazione alla conformazione della valle, la quale restringe bruscamente a valle delle conoidi, e in parte alla presenza di un deposito a grana più fine (meno permeabile) ai piedi delle conoidi di deiezione;

- l'escursione stagionale della falda è nell'ordine del metro su tutta l'area di indagine. Il massimo stagionale si registra generalmente in giugno/luglio mentre il minimo in dicembre/gennaio;
- all'altezza dei conoidi di deiezione e a valle del sottoattraversamento, il livello della falda è in pratica coincidente con la quota dell'Isarco, mentre, nella zona centrale, il livello della falda è circa 3 m inferiore alla quota del fiume. Questo comportamento sembra ragionevolmente ricollegabile alla presenza di una sezione di alveo qui più ampia che nei tratti immediatamente a monte e a valle, dove la presenza delle conoidi o dei fianchi della valle ne restringe la larghezza. Allo stesso tempo, il materiale regolarmente depositato dai conoidi può aver progressivamente sollevato il fondovalle al piede delle stesse, rendendo così il fiume pensile, rispetto alla sottostante falda. In ogni caso, è evidente che dove la sezione è più ampia la relativamente modesta filtrazione dal fiume verso l'acquifero non è in grado di sollevare la superficie della falda fino all'attuale quota di fondo dell'alveo. Nel tratto a monte, dove i detriti scaricati dai fianchi tendono a stringere la sezione permeabile di alveo, appare più evidente il sollevamento locale delle isopiezometriche, prodotto dalla filtrazione subverticale generata dal fiume

6 INDAGINI ADDIZIONALI

6.1 INFORMAZIONI AGGIUNTIVE

Nell'ambito del campo prova per la messa a punto delle tecnologie di consolidamento dei terreni per il

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con tracciante
Sintesi delle indagini

sottoattraversamento dell'Isarco sono state condotte dalla Committente le seguenti indagini geologiche e idrogeologiche aggiuntive (2015):

- perforazione di 11 sondaggi geognostici a carotaggio continuo: No. 3 serie BH (di cui 1 sub-orizzontale), No. 3 serie Pz-B, No. 3 serie BH-Pz e No. 2 serie IN (inclinometri);
- realizzazione di 6 punti di misura della falda, attrezzati con piezometro a tubo aperto: No. 3 serie Pz-B e No. 3 serie BH-Pz;
- prove in foro SPT nei due sondaggi serie IN;
- esecuzione di 1 profilo di rifrazione sismica;
- analisi granulometriche con classificazione su campioni estratti dal sondaggio BH-Pz-10;
- prove con tracciante in tre (3) differenti zone: coppia di piezometri MW-B-14 - MW-B-09, zona sottoattraversamento (sinistra orografica, campo sportivo), coppia di piezometri MW-B-13 - Pz-B-01, zona sottoattraversamento (destra orografica), e coppia di piezometri Pz-B-02 - Fo-B-18, vicinanze del campo prove (nuovo ponte Isarco);
- prove di pompaggio a gradini di portata nelle 3 coppie di piezometri utilizzati per le prove con tracciante.

Le prove con tracciante e le prove di pompaggio sono descritte dettagliatamente nel successivo Cap. 7, al quale si rimanda per i necessari approfondimenti.

6.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE

L'analisi dei profili stratigrafici degli 11 nuovi sondaggi geognostici eseguiti nel 2015 sostanzialmente conferma il quadro generale sulla genesi e distribuzione dei depositi nel fondovalle dell'Isarco ricavato dai sondaggi eseguiti nelle precedenti campagne tra gli anni 2005, 2009 e 2010 (Par. 5.2). Tali sondaggi sono di fatto ubicati in zone già precedentemente indagate.

I sondaggi BH-08, BH-07, Pz-B-01, Pz-B-02, Pz-B-03, IN-01 e IN-02 attraversano le alluvioni del fiume e mostrano una prevalenza di ghiaie poligeniche sub-

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

angolari o sub-arrotondate, con presenza di sabbia debolmente limosa e numerosi ciottoli/blocchi prevalentemente granitici.

Il sondaggio BH-09, realizzato sulle pendici della valle, incontra, dopo soli 0.5 m di terreno vegetale, il granito di Bressanone, compatto o debolmente fratturato.

Il sondaggio BH-Pz-10, realizzato sulle pendici della valle nella conoide del Rio Vallaga, attraversa prevalentemente il deposito di conoide, composto da una granulometria mista simile alle alluvioni del fiume.

I sondaggi BH-Pz-01 e BH-Pz-02 attraversano in prevalenza le alluvioni del fiume e locali lenti di detrito di falda con sensibile presenza di blocchi granitici di notevole diametro (fino a 1 m), in particolare nei primi metri dal piano campagna.

6.3 MISURE PIEZOMETRICHE

I 6 nuovi punti di misura della falda realizzati nel 2015 alla data non sono ancora stati integrati in un programma di monitoraggio periodico. Nella seguente Tabella 5 sono indicate le caratteristiche salienti e la lettura piezometrica di zero.

Pegel Piezometro	Filterstrecke/Tratto filtrante		Durchmesser Diametro " / mm	Rohroberkante Boccaforo [m üdm]/[m slm]	Wasserstand Livello della falda [m üdm]/[m slm]
	von/da m*	bis/a m*			
Pz-B-01	3	25	4"	776.62	767.70
Pz-B-02	3	20	4"	772.39	766.83
Pz-B-03	6	25	4"	771.89	763.79
BH-Pz-01	3	21	3"	765.81	763.81
BH-Pz-02	3	21	3"	764.28	763.28
BH-Pz-10	12	25	3"	800.88	assente

* m von GOK/m da p.c.

Tabella 5: Caratteristiche e lettura di zero dei piezometri realizzati nel 2015

Il confronto tra le letture di zero dei nuovi piezometri e le misure dei piezometri storicamente monitorati evidenzia una buona congruenza. I nuovi piezometri dimostrano dunque un buon contatto idraulico con la falda.

Il piezometro BH-Pz-10 è ubicato sulle pendici della

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

valle (destra orografica), circa 23 m più elevato rispetto al fondovalle. A tale quota la superficie della falda è circa a quota 774.0 m, dunque inferiore alla sezione filtrante del piezometro.

7 PROVE CON TRACCIANTE

7.1 FINALITÀ DELLE PROVE

Le prove con traccianti hanno lo scopo di determinare le caratteristiche idrauliche dei depositi nel fondovalle dell'Isarco e di calcolare, unitamente all'interpretazione dei gradienti idraulici ricavati dalle misure piezometriche, i valori dei principali parametri idrodinamici dell'acquifero, quali:

- velocità apparente (o darcyana) di filtrazione della falda, ovvero la velocità media lineare assumendo che il flusso avvenga in tutto il volume di terreno;
- permeabilità dei depositi;
- porosità efficace (cinematica), ovvero la porosità associata all'acqua gravitativa che partecipa attivamente alla filtrazione (< porosità), o in altri termini la misura degli spazi vuoti intercomunicanti;
- velocità effettiva di filtrazione della falda, ovvero la velocità reale (a scala microscopica) che l'acqua realizza nell'attraversare i percorsi tortuosi dei pori.

7.2 ATTIVITÀ ESEGUITE

Le prove con traccianti consistono essenzialmente nell'immissione in falda di una sostanza tracciabile, chimicamente neutra e analiticamente riconoscibile, e del rilevamento della sua diluizione e filtrazione nel tempo sotto la spinta del gradiente idraulico.

Per ciascuna prova viene utilizzata una coppia di piezometri, un piezometro a monte gradiente per l'immissione e un piezometro a valle gradiente per la ricezione del tracciante. Le attività eseguite comprendono:

- Prova di diluizione (o di sparizione);

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con tracciante
Sintesi delle indagini

- Prova di tracciamento.

I piezometri sono stati sottoposti ad una serie di indagini complementari e attività propedeutiche, nonché ad un continuo monitoraggio durante lo svolgimento delle prove. Tali attività eseguite comprendono:

- Log gamma ray, temperatura e conducibilità elettrica;
- Prova di pompaggio a gradini di portata;
- Misure piezometriche.

Nel successivo Par. 7.5 sono descritti in dettaglio gli obiettivi e le modalità di esecuzione di ciascuna attività.

7.3 TRACCIANTI IMPIEGATI

Per le prove con tracciante sono state impiegate le seguenti sostanze fluorescenti ecocompatibili:

- Fluoresceina sodica;
- Amidorodanima.

I traccianti fluorescenti sono stati scelti in virtù del loro basso limite di rilevabilità (concentrazioni < 1 ppb, parte per bilione, ovvero < 1 mg/m³), scarsa interazione con la matrice solida del terreno, largo impiego e affidabilità dimostrata nella letteratura specifica, facilità di reperimento e assenza di tossicità.

I traccianti fluorescenti sono di fatto sostanze organiche artificiali con un gruppo aromatico che ne determina la fluorescenza, ovvero la proprietà di riemettere un fotone dopo aver assorbito luce visibile o ultravioletta. Poiché le diverse sostanze disponibili sono suscettibili a lunghezze d'onda di emissione differenti, è stato possibile eseguire prove a breve distanza di tempo in zone potenzialmente interferenti semplicemente cambiando il tracciante impiegato.

Le concentrazioni massime rilevate nel corso delle prove, nell'ordine delle migliaia di ppb (circa 1 g/m³), risultano largamente inferiori al limite di visibilità delle sostanze, scongiurando dunque problematiche di tipo ambientale.

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con tracciante
Sintesi delle indagini

7.4 LOCALIZZAZIONE DELLE PROVE

Le prove con tracciante sono state condotte in tre (3) differenti aree di indagine:

- zona sottoattraversamento, sinistra orografica, in prossimità del campo sportivo e dell'impronta del Pozzo Nord Binario Dispari;
- zona sottoattraversamento, destra orografica, ai piedi del rilevato ferroviario (linea storica) e all'interno dell'impronta del Pozzo Sud Binario Pari;
- zona campo prove, destra orografica, in prossimità della spalla sud del nuovo ponte Isarco.

La scelta delle zone dove condurre le prove con tracciante è stata condizionata dalla disponibilità di piezometri di caratteristiche idonee. Un vincolo forte è inoltre posto dall'alveo del fiume Isarco, il quale occupa inevitabilmente un'ampia porzione della zona del sottoattraversamento limitandone l'accessibilità.

La zona del campo prove (nuovo ponte Isarco) è stata inclusa nell'ottica di una più estesa indagine delle alluvioni del fiume e al fine di ricavare un utile parametro di raffronto con la zona del sottoattraversamento.

I principali parametri utilizzati per la definizione dei piezometri da impiegare per le prove sono in sostanza:

- diametro interno minimo di 4", sufficiente a permettere l'inserimento del sensore ad immersione per il rilevamento del tracciante e della pompa ad immersione della portata richiesta;
- tratto filtrante di ampio sviluppo verticale e soprattutto confrontabile con la fascia dei trattamenti di consolidamento, sia per lo scavo delle gallerie nella zona del sottoattraversamento, che per le attività previste nel campo prove;
- distanza tra il piezometro di immissione e quello di ricezione compresa tra 10 e 20 m, ovvero una distanza relativamente contenuta, che permetta di ridurre i tempi di svolgimento della prova, facilitare il rinvenimento del tracciante e ottenere una stima locale dei parametri dell'acquifero, non eccessivamente mediata, in un materiale che dimostra una

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia

Tema: Acque di falda

**Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini**

marcata eterogeneità, e allo stesso tempo una distanza sufficientemente ampia, tale da minimizzare gli effetti di disturbo locale nell'intorno del piezometro, dovuti alla presenza del filtro e dei residui di perforazione;

- posizione della coppia di piezometri (immissione-ricezione) allineata in relazione alla direzione prevalente del flusso di falda, al fine di massimizzare la probabilità di ricezione del tracciante e di ottenere una corretta interpretazione del gradiente locale.

La direzione prevalente del flusso di falda, non avendo a disposizione misure dirette, è stata ricavata dalla carta delle linee isopiezometriche (Par. 5.7).

Nelle vicinanze del campo sportivo, i piezometri MW-B-14 e MW-B-09 possiedono idonee caratteristiche, pur segnalando che il piezometro MW-B-14 è relativamente poco profondo. Tali piezometri erano già stati individuati al fine di condurre prove con traccianti nella precedente campagna di indagine 2005, tuttavia per motivi di tempo le prove non vennero eseguite. I piezometri MW-B-07, MW-B-10 e MW-B-11 sono stati esclusi in quanto presentano un diametro di 2", non compatibile con le specifiche richieste.

Sulla sponda opposta del fiume, nell'impronta del Pozzo Sud Binario Pari, i piezometri MW-B-13 e Fo-B-15bis possiedono idonee caratteristiche. La distanza tra i due piezometri è tuttavia eccessiva, circa 45 m. Per questo motivo è stato installato il nuovo piezometro Pz-B-01 (2015) a valle gradiente a una distanza di circa 11.6 m rispetto al piezometro MW-B-13, per realizzare una corretta coppia immissione-ricezione. Il piezometro Fo-Br-04, in accoppiamento al relativo pozzo di estrazione, è stato escluso in quanto presenta un tratto filtrante eccessivamente profondo, con bordo superiore a 28 m da p.c.. Il piezometro Fo-B-15, ubicato accanto al piezometro Fo-B-15bis, è stato escluso in quanto, oltre ad una distanza eccessiva, presenta un diametro di 3", non compatibile con le specifiche richieste.

Nella zona del campo prove (nuovo ponte Isarco) è disponibile il solo piezometro Fo-B-18, posizionato a monte gradiente e nelle immediate vicinanze del perimetro dell'area lavori. Al fine di realizzare una utile coppia immissione-ricezione è stato installato il nuovo

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

piezometro Pz-B-02 (2015) a monte gradiente e a una distanza di circa 17 m dal piezometro Fo-B-18.

Nella seguente Tabella 6 sono riportate le caratteristiche salienti dei 6 piezometri (3 coppie) utilizzati per le prove con traccianti. In allegato è inclusa una planimetria con la loro localizzazione.

Pegel Piezometro	Funktion Funzione	Koordinaten BBT Coordinate BBT		Filterstrecke Tratto filtrante		Durchmesser Diametro " / mm	Rohroberkante Boccaforo [m üdm] [m slm]	Entfernung Distanza m
		X	Y	von/da m*	bis/a m*			
Zona sottoattraversamento Isarco, orografica sinistra (campo sportivo)								
MW-B-14	Einf./Imm.	24791.439	80123.169	2	20	4"	779.56	10.28
MW-B-09	Empf./Ric.	24798.065	80115.259	3	81	4"	779.35	
Zona sottoattraversamento Isarco, orografica destra								
MW-B-13	Einf./Imm.	24766.800	80017.634	3	45	4"	776.57	11.60
Pz-B-01	Empf./Ric.	24778.576	80015.847	3	25	4"	776.62	
Zona campo prove, orografica destra (nuovo ponte Isarco)								
Pz-B-02	Einf./Imm.	24952.022	79977.887	3	20	4"	772.39	17.01
Fo-B-18	Empf./Ric.	24968.482	79973.224	6	19	4"	772.16	

* m von GOK/m da p.c.

Tabella 6: Caratteristiche dei piezometri utilizzati per le prove con traccianti

Si fa notare che le quote di boccaforo dei piezometri MW-B-09, MW-B-14, MW-B-13 e del piezometro Fo-B-18 indicate in Tabella 6 differiscono da quelle indicate nella precedente Tabella 4. Questo in quanto nel giugno 2015 è stata eseguita dalla Committente una nuova battitura topografica di tali piezometri, al fine di disporre di un dato aggiornato e omogeneo per l'interpretazione delle prove con traccianti.

7.5 MODALITÀ DI ESECUZIONE

7.5.1 Log gamma ray, temperatura e conducibilità elettrica

I log (diagrafia) gamma ray, temperatura e conducibilità

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con tracciante
Sintesi delle indagini

elettrica sono stati condotti preventivamente lungo la verticale di ciascuno dei sei (6) piezometri selezionati per le prove con tracciante (Tabella 6). Questo tipo di indagine consente di acquisire informazioni preliminari (interpretative) sulla natura dei materiali attraversati e sulla presenza nell'acquifero di fasce a differente velocità di flusso e differente permeabilità.

La sonda (Marca ATL) è stata calata nel piezometro ad una velocità di circa 1 m al minuto per mezzo di un verricello. La registrazione dei parametri è avvenuta ad intervalli di 1 cm ed in automatico con un data-logger (Figura 1). Lo strumento restituisce una lettura in CPS (Count per Seconds).



Figura 1: Esecuzione del log gamma ray

Il log gamma ray misura la radioattività naturale dei terreni, proveniente principalmente dal decadimento dell'isotopo potassio-40 (oltre che dell'uranio e del torio). In generale la radiazione emessa è proporzionale al contenuto argilloso.

Il log di temperatura consente di individuare la presenza di fasce più fredde rispetto alla media. Una differenza di temperatura può essere ragionevolmente collegata ad un flusso di filtrazione più veloce, ovvero ad una permeabilità locale più elevata, così come a flussi di differente natura (provenienza) all'interno dello stesso

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

acquifero.

Il log di conducibilità elettrica, poiché tale parametro presenta un legame diretto con la temperatura, mostra usualmente una distribuzione congruente con il log di temperatura.

7.5.2 Misure piezometriche

Il livello d'acqua è stato misurato in ciascuno dei sei (6) piezometri selezionati per le prove con traccianti (Tabella 6), per mezzo di un trasduttore automatico di pressione collegato ad un data-logger.

Il livello è stato registrato nelle seguenti occasioni:

- prima dell'inizio delle attività come prova in bianco;
- durante la svolgimento delle prove di pompaggio;
- durante lo svolgimento delle prove con traccianti.

La precisione dello strumento ha permesso di apprezzare variazioni del livello d'acqua nell'ordine del millimetro.

7.5.3 Prova di pompaggio a gradini di portata

La prova di pompaggio a gradini di portata è stata eseguita preventivamente in ciascuna delle tre (3) coppie di piezometri selezionate per le prove con traccianti (Tabella 6).

La pompa elettrosommersa è stata inserita nel piezometro di recapito e gli abbassamenti del livello d'acqua sono stati monitorati con trasduttore automatico di pressione sia nel piezometro di recapito che nel vicino piezometro di immissione posto a monte gradiente.

Lo scopo della prova è in sostanza:

- verificare la funzionalità e il contatto idraulico con l'acquifero;
- favorire la riattivazione di eventuali piezometri non reattivi;
- misurare l'abbassamento indotto dal pompaggio e

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

l'estensione e intensità del cono di depressione;

- determinare la portata critica del piezometro di recapito che dovrà essere sottoposto a successivo emungimento;
- identificare la portata di emungimento ottimale da impiegare per la prova di tracciamento.

La prova è stata condotta con 4 gradini di portata: 1, 2, 3 e 4 l/s. Per ciascun gradino la portata è stata mantenuta costante per un tempo di circa 60 min.

Il livello d'acqua nei piezometri è stato misurato prima dell'accensione della pompa, durante lo svolgimento della prova ad intervalli di 1 min, ed infine esteso per alcuni minuti dopo lo spegnimento della pompa.

La variazione dei livelli d'acqua nel tempo è stata restituita in formato grafico con evidenza della portata (l/s) e dell'abbassamento (m) nel tempo. La relazione fra i due parametri è funzione di due componenti:

- una componente di perdita di carico lineare, riferibile al comportamento idrodinamico dell'acquifero in risposta ad un flusso laminare;
- una componente di perdita di carico quadratica, riferibile ai fenomeni turbolenti che avvengono nei filtri, nei dreni, ecc.

La portata critica è quella soglia (determinata in ascissa alla coordinata del punto di massima curvatura) oltre la quale i fenomeni turbolenti divengono preponderanti e gli abbassamenti crescono in misura elevata. In tal caso, la portata estratta non verrà riequilibrata dalla ricarica naturale dell'acquifero.

La portata ottimale di emungimento viene scelta entro il range di risposta lineare, non superando generalmente il 90% della portata critica.

I dati ricavati dalla prova a gradini consentono inoltre una rapida stima della trasmissività dell'acquifero T secondo la formulazione semplificata proposta da Thiem-Dupuit:

$$T = a \frac{Q}{s}$$

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

dove a è una costante pari a 1 nel caso di acquiferi non confinati, Q la portata estratta e s l'abbassamento.

Per una stima quanto più appropriata, nel calcolo viene impiegato il risultato ottenuto nel primo o secondo step di portata, al fine di poter considerare dominanti le condizioni di flusso laminare.

7.5.4 Iniezione e campionamento del tracciante

L'iniezione del tracciante nel piezometro, sia per lo svolgimento della prova di diluizione (Par. 7.5.5) che per quella di tracciamento (Par. 7.5.6), è stata effettuata in modo da garantire una distribuzione della concentrazione quanto più uniforme sulla verticale. Questa condizione è necessaria al fine di consentire una filtrazione del tracciante distribuita nell'intero spessore del deposito investigato, ovvero delimitato dal tratto filtrante del piezometro.

La procedura di iniezione ha dunque richiesto una particolare attenzione e un tempo di esecuzione molto breve (circa 5-7 min.).

Il tracciante è stato preventivamente diluito con acqua in apposite taniche e successivamente iniettato per mezzo di una tubazione provvisoria. La tubazione in PVC è stata dapprima inserita fino all'estremità inferiore del tratto filtrante, poi sollevata lentamente e a velocità costante, procedendo allo stesso tempo al versamento dall'alto della soluzione acqua-tracciante. Infine, operando con lo stesso tubo di iniezione, si è proceduto ad una breve pistonaggio per facilitare il completo rimescolamento.

La quantità di tracciante da iniettare M è stata definita sulla base della relazione proposta da Käss (1992), Wernli (1994) e Worthington (2001):

$$M = \alpha L A$$

dove α è un fattore di correzione pari a 0.5, L la distanza tra il piezometro di immissione e quello di recapito, A lo spessore dell'acquifero.

Il campionamento del tracciante è stato effettuato impiegando due spettrofluorimetri da campo (Marca ALBILLIA) con numero di serie 414 e 415 collegati ad

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia

Tema: Acque di falda

**Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini**

un data-logger. Lo strumento è grado di rilevare concentrazioni nell'ordine di 0.1 ppb (0.1 mg/m³) di differenti sostanze fluorescenti in contemporanea, nonché di fornire informazioni sulla temperatura dell'acqua e sulla torbidità. In allegato sono riportate le caratteristiche tecniche delle sonde utilizzate.

Prima di procedere all'iniezione del tracciante è stato monitorata con spettrofluorimetro la colonna d'acqua nel piezometro, al fine di verificare l'eventuale concentrazione di fondo (prova in bianco).

7.5.5 Prova di diluizione

La prova di diluizione, anche detta di sparizione, consiste nella misura della diluizione del tracciante, ovvero della variazione di concentrazione nel tempo, per effetto della filtrazione che attraversa il piezometro.

La prova è stata condotta in ciascuno dei sei (6) piezometri, sia di immissione che di recapito, selezionati per le prove con traccianti (Tabella 6 e Par. 7.5.6).



Figura 2: Esecuzione della prova di diluizione

La modalità di conduzione della prova comporta l'inserimento dello spettrofluorimetro all'interno del piezometro, immediatamente dopo l'iniezione del tracciante, e la sua lenta e continua mobilitazione lungo

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con tracciante
Sintesi delle indagini

la verticale del tratto filtrante. La prova è stata svolta in condizioni di flusso e di gradiente naturale.

La sonda è stata calata e sollevata più volte ad una velocità costante di 1 cm/s per mezzo di un verricello. Il campionamento è avvenuto ad intervalli di 10 sec., ovvero ogni 10 cm. La prova è stata terminata una volta verificata la completa sparizione del tracciante (concentrazione < 0.1 ppb).

Lo scopo della prova è di stimare la velocità apparente (o darcyana) di filtrazione della falda e da essa la permeabilità dei depositi, essendo questa in relazione alla variazione di concentrazione del tracciante nel tempo. Inoltre, poiché il campionamento è stato eseguito ad intervalli di 10 cm lungo l'intero tratto filtrante del piezometro, è dunque possibile individuare e quantificare con precisione (puntualmente) la presenza di orizzonti a differente velocità (e permeabilità) sulla verticale, aspetto quest'ultimo di notevole importanza nel caso di depositi eterogenei.

Una prova di diluizione aggiuntiva è stata inoltre eseguita nel piezometro di immissione durante lo svolgimento della prova di tracciamento (Par. 7.5.6), beneficiando di analoghe modalità di iniezione del tracciante. In questo caso, tuttavia, lo spettrofluorimetro è stato installato ad una quota fissa per tutta la durata della prova. La quota è stata scelta in relazione ai risultati dei log di temperatura, al fine raccogliere ulteriori informazioni sui potenziali orizzonti a maggiore permeabilità.

In regime di moto laminare, la relazione che lega la variazione di concentrazione del tracciante nel tempo C con la velocità apparente q (o darcyana) è così espressa:

$$q = -\frac{V}{\alpha S t} \ln \frac{C}{C_0}$$

dove α è un coefficiente correttivo, V il volume del piezometro marcato (in corrispondenza del filtro), S la sezione perpendicolare al flusso, ovvero prodotto della lunghezza del tratto filtrante e del diametro del foro, t il tempo e C_0 la concentrazione iniziale.

La velocità apparente misurata nel piezometro si discosta dalla velocità di filtrazione della falda per effetto

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

del dreno attorno al filtro, che causa una deviazione (un richiamo) dei filetti fluidi. Pertanto viene introdotto il coefficiente di correzione α , che nel caso di un rapporto tra permeabilità del dreno e permeabilità del deposito $\gg 1$ assume un valore generalmente pari a 2 (Gaspar, 1987).

Infine, la velocità apparente q può essere correlata alla permeabilità del deposito K con la nota relazione di Darcy:

$$q = K i$$

dove i il gradiente idraulico, ricavato dalle misure piezometriche.

7.5.6 Prova di tracciamento

La prova di tracciamento consiste nella misura del tempo di filtrazione del tracciante lungo la distanza compresa tra il piezometro di immissione e quello di recapito a valle gradiente.

La prova è stata condotta in ciascuna delle tre (3) coppie di piezometri (immissione-ricezione) selezionate per le prove con traccianti (Tabella 6).

La modalità di conduzione della prova comporta l'inserimento dello spettrofluorimetro all'interno del piezometro di recapito e del progressivo rinvenimento del tracciante, ovvero della misura della sua concentrazione nel tempo.

La sonda è stata installata ad una quota fissa per tutta la durata della prova. La quota è stata scelta quanto più possibile prossima al bordo inferiore del tratto filtrante del piezometro. Il campionamento è stato eseguito ad intervalli variabili tra 1 e 4 minuti. La prova è stata terminata una volta verificato il completo transito del tracciante (concentrazione finale < 0.1 ppb).

Lo scopo della prova è di stimare la velocità effettiva di filtrazione della falda e da essa, nota la permeabilità ricavata dalle prove di diluizione (Par. 7.5.5), la porosità efficace dei depositi.

Al fine di facilitare il rinvenimento di tracciante e di ridurre la durata complessiva della prova è stato imposto un gradiente artificiale per mezzo di una pompa

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

elettrosommersa inserita nel piezometro di recapito. La portata di emungimento è stata scelta in relazione ai risultati della prova di pompaggio a gradini di portata (Par. 7.5.3), entro il range di regime di flusso laminare, ovvero inferiore alla portata critica. La portata è stata mantenuta costante per tutta la durata della prova.

La prova condotta in condizioni di gradiente artificiale ha principalmente l'obiettivo di ridurre le incertezze legate all'allineamento del dipolo di piezometri immissione-ricezione rispetto alla direzione prevalente di flusso della falda, essendo questa ricavata in modo indicativo dalla carte delle linee isopiezometriche a scala regionale (Par. 5.7).

Va inoltre precisato che, anche nella situazione ottimale con dipolo correttamente allineato lungo la direzione di flusso, in condizioni di gradiente naturale è possibile che il tracciante venga rinvenuto in quantità ridotta o per nulla intercettato, dato che la presenza stessa del filtro altera inevitabilmente l'equilibrio idrodinamico dell'acquifero. L'emungimento nel piezometro di recapito ha quindi una importante funzione di richiamo.

La pompa è stata installata immediatamente sotto lo spettrofluorimetro e ad una distanza superiore a 2 m dal fondo del piezometro, in modo da evitare la messa in sospensione di eventuali accumuli di materiale. L'azione della pompa assicura un costante richiamo d'acqua verso il fondo, attraverso la sezione dello spettrofluorimetro. In questo modo viene garantita l'intercettazione del tracciante in arrivo lungo gran parte del tratto filtrante del piezometro, senza la necessità di movimentare la sonda.

Il rinvenimento del tracciante è espresso da una curva di concentrazione nel tempo, anche detta curva di "breakthrough" (Figura 3). La forma della curva è funzione della dispersione idrodinamica che il tracciante subisce a livello microscopico nel tragitto di filtrazione. A causa dell'eterogeneità delle particelle, allontanandosi dal piezometro di immissione, il tracciante si espande nell'acquifero. Le variazioni di velocità si trasmettono diversamente tra i pori in funzione della granulometria, orientamento delle particelle e tortuosità dei pori. A questo si aggiunge una componente di diffusione molecolare e di mescolamento idrodinamico durante il moto laminare.

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

I tempi di residenza idraulica del tracciante ricavabili dall'analisi della curva di breakthrough (Figura 3) sono:

- Tempo di primo rinvenimento T_i ;
- Tempo al picco di concentrazione T_p ;
- Tempo al baricentro della curva T_b ;
- Tempo di arrivo della coda T_c .

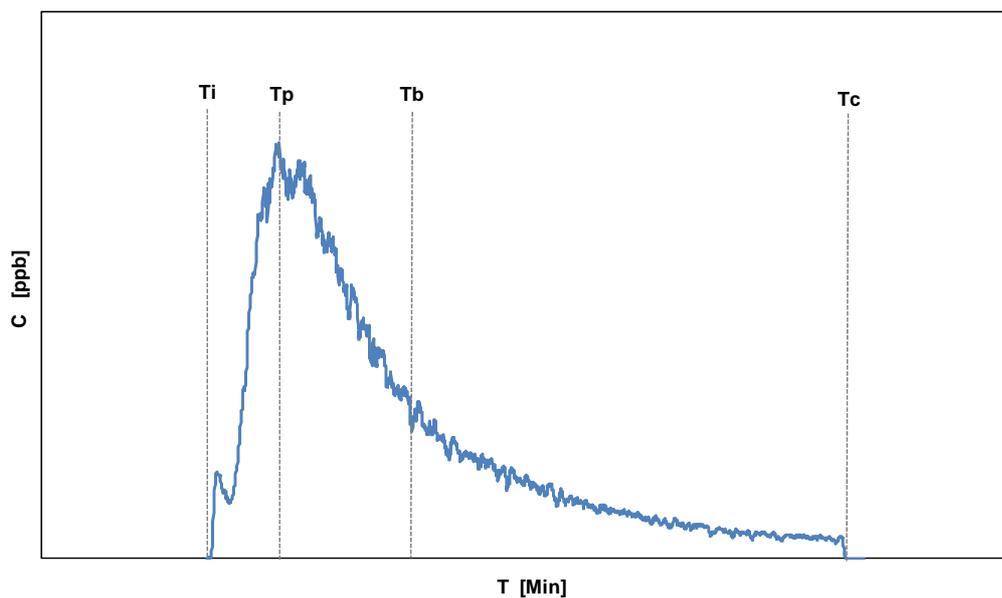


Figura 3: Esempio di curva di breakthrough e annotazione dei tempi caratteristici

Il tempo di primo rinvenimento T_i , il tempo al picco di concentrazione T_p e il tempo di arrivo della coda T_c possono essere ricavati direttamente dalla curva di breakthrough. Il tempo al baricentro T_b è espresso dalla relazione:

$$T_b = \frac{\int_0^{\infty} t C(t) Q(t) dt}{M_0}$$

dove C la concentrazione, Q la portata di emungimento alla pompa, t il tempo e M_0 la massa complessiva di tracciante rinvenuta, funzione della superficie sottesa alla curva, che può essere calcolata con la relazione (Gaspar, 1987):

$$M_0 = \int_0^{\infty} C(t) Q(t) dt$$

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

Noti i tempi di residenza idraulica del tracciante, possono essere calcolate le corrispondenti velocità. La velocità massima v_M è definita con minor esattezza in quanto correlata al tempo di primo rinvenimento T_i :

$$v_M = \frac{L}{T_i}$$

dove L è la distanza tra il piezometro di immissione e quello di ricezione.

La velocità prevalente v_p viene determinata in relazione al tempo al picco di concentrazione T_p :

$$v_p = \frac{L}{T_p}$$

La velocità media v_m corrisponde al tempo in cui si ha il rinvenimento del 50% della massa del tracciante, espressa dalla relazione:

$$v_m = \frac{\int_0^{\infty} \frac{L}{t} C(t)Q(t)dt}{\int_0^{\infty} t C(t)Q(t)dt}$$

La velocità effettiva viene generalmente associata alla velocità prevalente, in particolare nel caso di curve di breakthrough relativamente strette e con picco ben marcato.

Una volta ottenuta una stima della velocità effettiva può essere calcolata la porosità efficace n_e dei depositi con la relazione:

$$n_e = \frac{K i^{tot}}{v_e^*}$$

dove i^{tot} è il gradiente idraulico totale, dato dalla somma del gradiente naturale e del gradiente artificiale imposto dal pompaggio, e K la permeabilità, ricavata dalle prove di diluizione (Par. 7.5.5).

La velocità effettiva (v_e^*) così ottenuta risulta essere maggiore della velocità effettiva reale (o naturale) di filtrazione della falda, in quanto la prova di tracciamento è stata svolta in condizioni di gradiente artificiale. Tuttavia, poiché in un campo di moto laminare (portata emunta inferiore alla portata critica) le perdite di carico sono lineari (Par. 7.5.3), anche la precedente relazione

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia

Tema: Acque di falda

**Contenuto documento: Prove con tracciante
Sintesi delle indagini**

segue una legge lineare.

Una volta nota la porosità efficace, la velocità effettiva di filtrazione della falda v_e può dunque essere stimata con la relazione:

$$v_e = \frac{K i}{n_e}$$

dove i è il gradiente idraulico (naturale), ricavato dalle misure piezometriche.

Infine, avendo a disposizione una misura della velocità apparente q , ricavata dalle prove di diluizione (Par. 7.5.5), è possibile ottenere una stima locale della velocità effettiva alle diverse quote sulla verticale del piezometro con la relazione:

$$v_e = \frac{q}{n_e}$$

Nota: tale stima è da intendersi come indicativa e va considerata criticamente, in quanto rappresentativa di una condizione idrodinamica locale (puntuale) nell'intorno del piezometro e ricavata da una misura indiretta della velocità apparente. L'interpretazione utilizzando la legge di Darcy deriva dal fatto che da un lato i piezometri sono allineati lungo l'asse di filtrazione della valle e dall'altro la perturbazione prodotta dal pompaggio è modesta rispetto alla portata subalvea. In aggiunta, non essendo i piezometri dotati di sezione filtrante corta (in realtà sono fenestrati su lunghezze importanti), le letture corrispondenti non consentono di ricostruire con precisione le curve equipotenziali da collegare alla superficie di aggotamento. In tali circostanze, la semplificazione adottata appare ragionevole e proporzionata ai dati disponibili.

7.6 RISULTATI DELLE PROVE

Le prove con tracciante e le attività propedeutiche sono state condotte secondo il programma di Tabella 7.

Attività	Pegel/Piezometro					
	MW-B-14	MW-B-09	Pz-B-02	Fo-B-18	MW-B-13	Pz-B-01
Log gamma Ray, Temp., Conducibilità	23.02.2015	23.02.2015	25.03.2015	25.03.2015	25.03.2015	25.03.2015
Prova di pompaggio a gradini di portata	19.03.2015	19.03.2015	17.03.2015	17.03.2015	18.03.2015	18.03.2015
Prova di diluizione	17.03.2015	16.03.2015	30.04.2015	29.04.2015	28.04.2015	28.04.2015

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia

Tema: Acque di falda

**Contenuto documento: Prove con tracciante
Sintesi delle indagini**

Aktivität Attività	Pegel/Piezometro					
	MW-B-14	MW-B-09	Pz-B-02	Fo-B-18	MW-B-13	Pz-B-01
Prova di tracciamento	21.04.2015	21.04.2015	27.03.2015	27.03.2015	08.04.2015	08.04.2015

Tabella 7: Programma di esecuzione delle prove con tracciante e attività propedeutiche

Nei successivi paragrafi sono illustrati e commentati i risultati delle prove, presentati in relazione alla coppia di piezometri impiegati e di conseguenza alla zona di indagine (Tabella 6). In allegato sono raccolti i risultati delle prove in formato grafico.

7.6.1 MW-B-14 e MW-B-09

7.6.1.1 Log gamma ray, temperatura e conducibilità elettrica

Il log di temperatura nel piezometro MW-B-14 evidenzia una netta diminuzione di temperatura dell'acqua ad una profondità di circa 14 m da b.f. (765.6 m slm), ovvero circa 3.8 m sotto il livello di falda, passando da 8.7 °C a 8.1 °C e mantenendosi successivamente pressoché costante fino a fondo foro.

Il log gamma ray nello stesso piezometro mostra valori mediamente maggiori sopra il livello di falda (150-200 CPS) e una netta diminuzione in corrispondenza del livello di falda (120-140 CPS) ad una profondità di circa 10.2 m da b.f. (769.4 m slm). Una seconda diminuzione è individuabile ad una profondità compresa tra 14 e 16 m da b.f. (765.6 e 763.6 m slm, 100 CPS).

Il log di temperatura nel piezometro MW-B-09 mostra un andamento relativamente uniforme, con temperatura costante di circa 7.6 °C.

Il log gamma ray nello stesso piezometro mostra un andamento del tutto simile al piezometro MW-B-09, ovvero la presenza di una netta diminuzione dei valori (da 200 a 100-120 CPS) in corrispondenza del livello di falda ad una profondità di circa 10.3 m da b.f. (769.1 m slm). Successivamente i valori CPS rimangono circa costanti fino a fondo foro, con un lieve incremento alla profondità di 22 m da b.f. (757.4 m slm, 150 CPS).

I log gamma ray e temperatura rivelano la presenza di un deposito eterogeneo. Nel piezometro MW-B-14 la netta diminuzione di temperatura sotto la quota 765.6 m

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

slm è interpretabile con la presenza di uno strato a maggior permeabilità e probabilmente maggior flusso di falda. La diminuzione dei valori CPS sotto il livello di falda per entrambi i piezometri è legata ad un minor contenuto di fini e dunque a depositi a matrice grossolana.

La circolazione della falda in questa zona è presumibilmente complessa, con flussi idraulicamente di diversa natura e afflussi (più caldi) provenienti dalla vicina conoide o dal vicino fianco vallivo. Ipotesi questa giustificata dalla variabilità della temperatura dell'acqua sia lungo la verticale che tra piezometri posti a breve distanza.

7.6.1.2 Prova di pompaggio a gradini di portata

La pompa elettrosommersa è stata posizionata nel piezometro di MW-B-09 alla profondità di circa 19 m da b.f. (760.4 m slm).

L'abbassamento del livello d'acqua in funzione della portata è stato registrato sia nel piezometro MW-B-09 che nel piezometro MW-B-14 posto a circa 10 m di distanza (a monte gradiente). I risultati sono riassunti in Tabella 8.

Pegel Piezometro	Wasserstand [m üdm] Livello falda [m slm]	Absenkung/Abbassamento [m]			
		1 l/s	2 l/s	3 l/s	4 l/s
MW-B-09	768.85	0.053	0.105	0.158	0.210
MW-B-14	769.06	0.005	0.011	0.021	0.030

Tabella 8: Prova di pompaggio a gradini di portata nel piezometro MW-B-09

Non corso della prova non è stata raggiunta la portata critica, che risulta dunque maggiore della massima portata emunta (4 l/s). La risposta portata-abbassamento mostra un andamento lineare. Il cono di depressione ha raggiunto il piezometro MW-B-14 seppur con un effetto di abbassamento sensibile per portate maggiori di 1 l/s.

La trasmissività, calcolata con la formula di Thiem-Dupuit, è stimata in $1.9 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$. Tale valore è in buona analogia con i risultati delle prove di pompaggio condotti nelle precedenti campagne nello stesso piezometro MW-B-09 (Tabella 1 e Tabella 3)

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

7.6.1.3 Prova di diluizione MW-B-09

La prova di diluizione sulla verticale del piezometro MW-B-09 è stata condotta impiegando una quantità di 50 gr di fluoresceina sodica. La durata della prova è stata di circa 318 minuti (5.3 ore). La sonda è stata calata e sollevata nel piezometro un totale di 9 volte, tra le quote 768.9 (10.5 m da b.f.) e 759.9 m slm (19.5 m da b.f.), misurando la concentrazione del tracciante a intervalli di 0.1 m. Durante la prova, il gradiente locale della falda è stato misurato pari a 0.0203 m/m. I risultati sono illustrati in Tabella 9 (q , velocità apparente, K permeabilità).

Tiefe [m von ROK] Profondità [m da b.f.]	Höhe [m üdm] Quota [m slm]	q m/s	K m/s
11	768.4	3.59×10^{-05}	1.77×10^{-03}
12	767.4	2.86×10^{-05}	1.40×10^{-03}
13	766.4	2.58×10^{-05}	1.27×10^{-03}
14	765.4	4.21×10^{-05}	2.07×10^{-03}
15	764.4	3.83×10^{-05}	1.88×10^{-03}
16	763.4	4.35×10^{-05}	2.14×10^{-03}
17	762.4	7.18×10^{-05}	3.53×10^{-03}
18	761.4	5.92×10^{-05}	2.91×10^{-03}
19	760.4	3.13×10^{-05}	1.54×10^{-03}

Tabella 9: Prova di diluizione sulla verticale del piezometro MW-B-09

I risultati della prova di diluizione evidenziano una distribuzione della permeabilità sulla verticale piuttosto omogenea con una permeabilità media di 2.06×10^{-3} m/s. Lungo la verticale è presente una fascia a permeabilità lievemente maggiore alla profondità compresa tra 14 e 18 m da b.f. (765.4 e 761.4 m slm), con un valore medio di circa 2.51×10^{-3} m/s, mentre la permeabilità delle restanti sezioni superiori e profonde è di circa 1.48×10^{-3} m/s.

7.6.1.4 Prova di diluizione MW-B-14

La prova di diluizione sulla verticale del piezometro MW-B-14 è stata condotta impiegando una quantità di 50 gr di fluoresceina sodica. La durata della prova è stata di circa 372 minuti (6.2 ore). Sono state impiegate 2 sonde (No. 414 e 415) installate a distanza di 1 m lungo il

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia

Tema: Acque di falda

**Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini**

cavo. Le sonde sono state calate e sollevate nel piezometro un totale di 11 volte ciascuna, tra le quote 769.1 (10.5 m da b.f.) e 760.6 m slm (19 m da b.f.), misurando la concentrazione del tracciante a intervalli di 0.1 m. Durante la prova, il gradiente locale della falda è stato misurato pari a 0.0203 m/m. I risultati sono illustrati in Tabella 10 (q , velocità apparente, K permeabilità).

Tiefe [m von ROK] Profondità [m da b.f.]	Höhe [m üdm] Quota [m slm]	No. 415		No. 414		K Mittel K Medio
		q [m/s]	K [m/s]	q [m/s]	K [m/s]	
11	768.6	1.70×10^{-05}	8.36×10^{-04}	2.18×10^{-05}	1.07×10^{-03}	9.54×10^{-04}
12	767.6	1.67×10^{-05}	8.22×10^{-04}	1.89×10^{-05}	9.31×10^{-04}	8.76×10^{-04}
13	766.6	1.93×10^{-05}	9.49×10^{-04}	1.52×10^{-05}	7.47×10^{-04}	8.48×10^{-04}
14	765.6	1.63×10^{-05}	8.03×10^{-04}	1.54×10^{-05}	7.56×10^{-04}	7.80×10^{-04}
15	764.6	4.37×10^{-05}	2.15×10^{-03}	3.50×10^{-05}	1.72×10^{-03}	1.94×10^{-03}
16	763.6	3.97×10^{-05}	1.95×10^{-03}	2.63×10^{-05}	1.30×10^{-03}	1.63×10^{-03}
17	762.6	3.75×10^{-05}	1.85×10^{-03}	2.71×10^{-05}	1.33×10^{-03}	1.59×10^{-03}
18	761.6	4.68×10^{-05}	2.30×10^{-03}	2.54×10^{-05}	1.25×10^{-03}	1.78×10^{-03}
19	760.6	5.28×10^{-05}	2.60×10^{-03}	-	-	2.60×10^{-03}

Tabella 10: Prova di diluizione sulla verticale del piezometro MW-B-14

I risultati della prova di diluizione evidenziano la presenza di due fasce a differente permeabilità. Una fascia superiore, estesa fino alla profondità di 14 m da b.f. (765.6 m slm) a minor permeabilità, con un valore medio di circa 8.65×10^{-4} m/s, e una fascia inferiore a maggior permeabilità con un valore medio di circa 1.91×10^{-3} m/s, congruente con i log di temperatura. La permeabilità media sulla verticale del piezometro è di circa 1.44×10^{-3} m/s.

E' interessante notare che la fascia più permeabile nel piezometro MW-B-14 presenta una permeabilità molto prossima a quella della analoga fascia più permeabile nel vicino piezometro MW-B-09. La profondità delle due fasce è inoltre coerente, essendo entrambe localizzate circa sotto la quota 765 m slm.

7.6.1.5 Prova di tracciamento

La prova di tracciamento nella coppia di piezometri MW-B-14 (immissione) e MW-B-09 (ricezione) è stata ripetuta 3 volte.

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

Nelle prime due prove (27.02.2015 e 04.03.2015) la pompa è stata installata nel piezometro MW-B-09 alla profondità di 20 m da b.f. (759.4 m slm) e lo spettrofluorimetro alla profondità di 16 m da b.f. (763.4 m slm). La portata emunta è stata in entrambe i casi di 0.3 l/s e la quantità di fluoresceina sodica rispettivamente 50 e 100 gr.

Nel corso delle prime due prove non è stato rilevato il tracciante al piezometro di ricezione. Il motivo che ha suggerito la ripetizione della prova con modalità di conduzione analoghe è stato il riscontro di un debole e breve segnale (circa 1 ppb) nel corso della prima prova dopo circa 1 ora e 10 minuti dall'immissione. L'analisi dei dati ha infine permesso di classificare tale segnale come un "falso positivo", ovvero un disturbo dello spettrofluorimetro dovuto alla concomitanza di un picco di torbidità. La seconda immissione aveva dunque l'obiettivo di confermare il risultato dubbio della prima prova, con esito tuttavia negativo.

La mancata ricezione del tracciante è stata interpretata come una conseguenza di un non ottimale allineamento del dipolo immissione-ricezione rispetto alla direzione locale del flusso di falda. Va tuttavia sottolineato che il debole emungimento applicato (0.3 l/s) ha prodotto un abbassamento di livello trascurabile nel piezometro MW-B-09 e nessun effetto apprezzabile nel piezometro MW-B-14.

Nella terza prova (21.04.2015) la pompa è stata installata nel piezometro MW-B-09 alla profondità di 19 m da b.f. (760.4 m slm) e lo spettrofluorimetro alla profondità di 17 m da b.f. (762.4 m slm). La prova è stata condotta con una portata emunta di 4 l/s, iniettando 100 gr di fluoresceina sodica. L'emungimento applicato ha prodotto un abbassamento di livello di 0.200 m nel piezometro MW-B-09 e di 0.030 m nel piezometro MW-B-14.

Il tracciante è stato rilevato al piezometro di ricezione (distanza 10.28 m) e una chiara curva di breakthrough, con picco ben definito, è stata registrata dallo spettrofluorimetro.

I tempi di transito ricavati dalla curva sono i seguenti:

- Primo rinvenimento = 3040 sec

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

- Picco di concentrazione = 31359 sec
- Baricentro della curva = 69192 sec
- Arrivo della coda = 237510 sec
- Transito complessivo = 234470 sec

Le relative velocità di transito sono le seguenti:

- Velocità massima = 3.38×10^{-3} m/s
- Velocità prevalente = 3.28×10^{-4} m/s
- Velocità media = 2.59×10^{-4} m/s

I parametri idrodinamici dell'acquifero sono stati calcolati considerando la media delle permeabilità più elevate nei piezometri MW-B-14 e MW-B-14, ottenute dalle prove di diluizione (Par. 7.6.1.3 e 7.6.1.4), nella ragionevole ipotesi che la filtrazione del tracciante sia avvenuta in misura prevalente all'interno delle fasce a maggior permeabilità.

- Gradiente naturale = 0.0214 m/m
- Gradiente artificiale = 0.0165 m/m
- Gradiente totale = 0.0379 m/m
- Permeabilità = 2.21×10^{-3} m/s
- Porosità efficace = 0.25

La velocità effettiva è stata infine valutata epurando i risultati della prova dal termine di gradiente artificiale, secondo una relazione lineare tra i parametri dell'acquifero, per cui:

- Velocità effettiva = 1.85×10^{-4} m/s

corrispondente a circa 16.0 m/giorno.

Nel corso della prima e terza prova (27.02.2015 e 21.04.2015), durante la fase di immissione del tracciante nel piezometro MW-B-14, è stata condotta una ulteriore prova di diluizione, installando lo spettrofluorimetro alle profondità fisse di rispettivamente 14 e 17 m da b.f. (765.6 e 762.6 m slm).

Alla profondità di 14 m da b.f. (765.6 m slm) la permeabilità è stata stimata pari a 7.92×10^{-4} m/s, risultando in buona analogia con i risultati delle prove di diluizione condotte con sonda mobile (Tabella 10).

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

Alla profondità di 17 m da b.f. (762.6 m slm) la permeabilità è stata stimata pari 2.22×10^{-2} m/s. Tale valore risulta superiore di circa 1 ordine di grandezza rispetto ai risultati delle prove di diluizione condotte con sonda mobile (Tabella 10). Va tuttavia sottolineato che, per una serie di problemi tecnici legati all'inserimento della sonda nel foro, la curva di diluizione presenta uno scarso numero di punti e i dati raccolti sono stati giudicati poco attendibili.

Nota la porosità efficace e sulla base dei risultati delle prove di diluizione (q), è stata stimata la variabilità della velocità effettiva v_e sulla verticale dei piezometri MW-B-14 e MW-B-09. I risultati sono riportati nella seguente Tabella 11.

Höhe (m üdm) Quota (m slm)	MW-B-14			MW-B-09		
	q [m/s]	v_e [m/s]	v_e [m/d]	q [m/s]	v_e [m/s]	v_e [m/d]
768.5	9.54×10^{-4}	7.76×10^{-5}	6.7	3.59×10^{-5}	1.44×10^{-4}	12.4
767.5	8.76×10^{-4}	7.13×10^{-5}	6.2	2.86×10^{-5}	1.14×10^{-4}	9.9
766.5	8.48×10^{-4}	6.90×10^{-5}	6.0	2.58×10^{-5}	1.03×10^{-4}	8.9
765.5	7.80×10^{-4}	6.34×10^{-5}	5.5	4.21×10^{-5}	1.68×10^{-4}	14.5
764.5	1.94×10^{-3}	1.57×10^{-4}	13.6	3.83×10^{-5}	1.53×10^{-4}	13.2
763.5	1.63×10^{-3}	1.32×10^{-4}	11.4	4.35×10^{-5}	1.74×10^{-4}	15.0
762.5	1.59×10^{-3}	1.29×10^{-4}	11.2	7.18×10^{-5}	2.87×10^{-4}	24.8
761.5	1.78×10^{-3}	1.45×10^{-4}	12.5	5.92×10^{-5}	2.37×10^{-4}	20.5
760.5	2.60×10^{-3}	2.11×10^{-4}	18.3	3.13×10^{-5}	1.25×10^{-4}	10.8

Tabella 11: Variabilità della velocità effettiva sulla verticale dei piezometri MW-B-14 e MW-B-09

7.6.2 Pz-B-02 e Fo-B-18

7.6.2.1 Log gamma ray, temperatura e conducibilità elettrica

Il log di temperatura nel piezometro Fo-B-18 mostra un andamento piuttosto omogeneo, con una temperatura costante di circa 7.2 °C. Dalla profondità di circa 20 m da b.f. (752.2 m slm) fino a fondo foro, i valori di temperatura crescono progressivamente. Questo è dovuto ad una zona di acqua ferma sotto al bordo inferiore del tratto filtrante.

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

Il log gamma ray nello stesso piezometro mostra valori mediamente maggiori sopra il livello di falda (150-200 CPS) e una netta diminuzione in corrispondenza del livello di falda ad una profondità di circa 5.4 m da b.f. (766.8 m slm, 130-140 CPS). Un incremento dei valori è inoltre individuabile alla profondità compresa tra 17 e 19 m da b.f. (755.2 e 753.2 m slm, 200 CPS).

Il log di temperatura nel piezometro Pz-B-02 mostra anch'esso un andamento piuttosto omogeneo, con temperatura costante di circa 7.2 °C.

Il log gamma ray nello stesso piezometro mostra un andamento del tutto simile al piezometro Fo-B-18, ovvero la presenza di una netta diminuzione dei valori in corrispondenza del livello di falda alla profondità di circa 5.5 m da b.f. (766.9 m slm, da 150-180 a 130 CPS), e successivamente valori piuttosto costanti fino a fondo foro (130-150 CPS).

I log gamma ray e di temperatura rivelano la presenza di un deposito piuttosto omogeneo nella sua natura, sia lungo la verticale del singolo piezometro che nel confronto tra i due piezometri. La diminuzione dei valori CPS sotto il livello di falda per entrambi i piezometri è legata ad un minor contenuto di fini e dunque a depositi a matrice grossolana.

Una comune circolazione di falda interessa i due piezometri, ipotesi questa giustificata dalla congruenza della temperatura dell'acqua.

7.6.2.2 Prova di pompaggio a gradini di portata

La pompa elettrosommersa è stata posizionata nel piezometro di Fo-B-18 alla profondità di circa 18 m da b.f. (754.2 m slm).

L'abbassamento del livello d'acqua in funzione della portata è stato registrato sia nel piezometro Fo-B-18 che nel piezometro Pz-B-02 posto a circa 17 m di distanza (a monte gradiente). I risultati sono riassunti in Tabella 12.

Pegel Piezometro	Wasserstand (m üdm) Livello falda (m slm)	Absenkung/Abbassamento [m]			
		1 l/s	2 l/s	3 l/s	4 l/s
Fo-B-18	766.76	0.167	0.471	0.971	2.603

Fachbereich:
Thema:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda

Dokumenteninhalt:

Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

Pegel Piezometro	Wasserstand (m üdm) Livello falda (m slm)	Absenkung/Abbassamento [m]			
		1 l/s	2 l/s	3 l/s	4 l/s
Pz-B-02	766.83	0.005	0.006	0.010	0.016

Tabella 12: Prova di pompaggio a gradini di portata nel piezometro Fo-B-18

La curva di risposta portata-abbassamento mostra un chiaro flesso, corrispondente alla portata critica, per una portata di circa 2.7 l/s. Per le portate inferiori l'andamento è circa lineare. Il cono di depressione ha raggiunto il piezometro Pz-B-02 seppur con un effetto di abbassamento sensibile per portate maggiori di 2 l/s.

La trasmissività, calcolata con la formula di Thiem-Dupuit, è stimata in $5.9 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Nell'area di indagine non sono state condotte prove di pompaggio nelle precedenti campagne.

7.6.2.3 Prova di diluizione Fo-B-18

La prova di diluizione sulla verticale del piezometro Fo-B-18 è stata condotta impiegando una quantità di 50 gr di amidorodamina. La durata della prova è stata di circa 337 minuti (5.6 ore). La sonda è stata calata e sollevata nel piezometro un totale di 6 volte, tra le quote 767.0 (5.2 m da b.f.) e 754.2 m slm (18 m da b.f.), misurando la concentrazione del tracciante a intervalli di 0.1 m. Durante la prova, il gradiente locale della falda è stato misurato pari a 0.0042 m/m. I risultati sono illustrati in Tabella 13 (q , velocità apparente, K , permeabilità).

Tiefe (m von ROK) Profondità (m da b.f.)	Höhe (m üdm) Quota (m slm)	q m/s	K m/s
6	766.2	5.24×10^{-06}	1.26×10^{-03}
7	765.2	9.09×10^{-06}	2.18×10^{-03}
8	764.2	7.10×10^{-06}	1.70×10^{-03}
9	763.2	6.02×10^{-06}	1.44×10^{-03}
10	762.2	6.54×10^{-06}	1.57×10^{-03}
11	761.2	5.92×10^{-06}	1.42×10^{-03}
12	760.2	6.27×10^{-06}	1.50×10^{-03}
13	759.2	6.48×10^{-06}	1.55×10^{-03}
14	758.2	5.17×10^{-06}	1.24×10^{-03}
15	757.2	5.99×10^{-06}	1.44×10^{-03}
16	756.2	5.69×10^{-06}	1.36×10^{-03}

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia

Tema: Acque di falda

**Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini**

Tiefe (m von ROK) Profondità (m da b.f.)	Höhe (m üdm) Quota (m slm)	q m/s	K m/s
17	755.2	6.13×10^{-06}	1.47×10^{-03}
18	754.2	7.81×10^{-06}	1.87×10^{-03}

Tabella 13: Prova di diluizione sulla verticale del piezometro Fo-B-18

I risultati della prova di diluizione evidenziano una distribuzione della permeabilità sulla verticale piuttosto omogenea, con un valore medio di circa 1.54×10^{-3} m/s.

7.6.2.4 Prova di diluizione Pz-B-02

La prova di diluizione sulla verticale del piezometro Pz-B-02 è stata condotta impiegando una quantità di 50 gr di amidorodamina. La durata della prova è stata di circa 332 minuti (5.5 ore). La sonda è stata calata e sollevata nel piezometro un totale di 5 volte, tra le quote 767.2 (5.2 m da b.f.) e 753.4 m slm (19 m da b.f.), misurando la concentrazione del tracciante a intervalli di 0.1 m. Durante la prova, il gradiente locale della falda è stato misurato pari a 0.0042 m/m. I risultati sono illustrati in Tabella 14 (q , velocità apparente, K , permeabilità).

Tiefe (m von ROK) Profondità (m da b.f.)	Höhe (m üdm) Quota (m slm)	q m/s	K m/s
6	766.4	4.26×10^{-06}	1.02×10^{-03}
7	765.4	7.13×10^{-06}	1.71×10^{-03}
8	764.4	9.33×10^{-06}	2.24×10^{-03}
9	763.4	6.27×10^{-06}	1.50×10^{-03}
10	762.4	8.34×10^{-06}	2.00×10^{-03}
11	761.4	8.42×10^{-06}	2.02×10^{-03}
12	760.4	9.12×10^{-06}	2.19×10^{-03}
13	759.4	8.54×10^{-06}	2.05×10^{-03}
14	758.4	7.22×10^{-06}	1.73×10^{-03}
15	757.4	9.52×10^{-06}	2.28×10^{-03}
16	756.4	1.15×10^{-05}	2.75×10^{-03}
17	755.4	1.14×10^{-05}	2.74×10^{-03}
18	754.4	1.17×10^{-05}	2.81×10^{-03}
19	753.4	1.21×10^{-05}	2.90×10^{-03}

Tabella 14: Prova di diluizione sulla verticale del piezometro Pz-B-02

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

I risultati della prova di diluizione evidenziano una distribuzione della permeabilità sulla verticale piuttosto omogenea, con un valore medio di circa 2.14×10^{-3} m/s. Valori lievemente maggiori, sebbene in linea con la media, sono localizzati alle profondità inferiori a 16 m da b.f. (756.4 m slm) con media di circa 2.80×10^{-3} m/s.

E' importante notare che il piezometro Pz-B-02 presenta una permeabilità media in buona analogia con i valori osservati nel vicino piezometro Fo-B-18. Entrambi i piezometri sono dunque ragionevolmente inseriti in un deposito omogeneo di analoghe proprietà.

7.6.2.5 Prova di tracciamento

La prova di tracciamento nella coppia di piezometri Pz-B-02 (immissione) e Fo-B-18 (ricezione) è iniziata il 27.03.2015 ed è durata complessivamente 8 giorni.

La pompa è stata installata nel piezometro Fo-B-18 alla profondità di 18 m da b.f. (754.2 m slm) e lo spettrofluorimetro alla profondità di 16 m da b.f. (756.2 m slm). La prova è stata condotta con una portata emunta di 2 l/s (74% della portata critica), iniettando 100 gr di amidorodamina. L'emungimento applicato ha prodotto un abbassamento di livello di 0.424 m nel piezometro Fo-B-18 e di 0.001 m nel piezometro Pz-B-02.

Il tracciante è stato rilevato al piezometro di ricezione (distanza 17.01 m) e una chiara curva di breakthrough, con picco ben definito, è stata registrata dallo spettrofluorimetro.

I tempi di transito ricavati dalla curva sono i seguenti:

- Prima ricezione = 604723 sec
- Picco di concentrazione = 605683 sec
- Baricentro della curva = 608437 sec
- Arrivo della coda = 630659 sec
- Transito complessivo = 25936 sec

Le relative velocità di transito sono le seguenti:

- Velocità massima = 2.81×10^{-5} m/s
- Velocità prevalente = 2.81×10^{-5} m/s

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

- Velocità media = 2.80×10^{-5} m/s

I parametri idrodinamici dell'acquifero sono stati calcolati considerando la media delle permeabilità nei piezometri Pz-B-02 e Fo-B-18, ottenute dalle prove di diluizione (Par. 7.6.2.3 e 7.6.2.4).

- Gradiente naturale = 0.0042 m/m
- Gradiente artificiale = 0.0248 m/m
- Gradiente totale = 0.0287 m/m
- Permeabilità = 1.84×10^{-3} m/s
- Porosità efficace = **1.90**

E' importante osservare che il calcolo della porosità efficace sulla base del gradiente totale (naturale + artificiale) restituisce un valore non ammissibile (190%). Questa anomalia potrebbe essere spiegata ammettendo che l'effetto del cono di depressione generato dall'emungimento non abbia in pratica prodotto un efficace richiamo del flusso di filtrazione sulla lunga distanza, ovvero che tale richiamo sia stato sensibile presumibilmente solo nell'intorno del piezometro di ricezione Fo-B-18. Questa ipotesi può essere sostenuta osservando che l'abbassamento nel piezometro Pz-B-02 posto a circa 17 m di distanza è stato in sostanza trascurabile.

E' ragionevole dunque sostenere che il criterio di stima della porosità efficace basato sul gradiente totale non è applicabile al caso in esame. Un calcolo preciso richiederebbe la determinazione dell'effettiva estensione del cono di depressione e della sua forma nell'intorno del piezometro Fo-B-18. A tal fine, sono necessarie ulteriori informazioni sul livello di falda in punti intermedi, tuttavia non disponibili.

L'incognita può essere in alternativa determinata considerando il gradiente naturale come parametro di riferimento per il calcolo della porosità efficace e, di conseguenza, ammettendo che la velocità effettiva di filtrazione della falda sia uguale alla velocità prevalente in condizioni di emungimento. Tale metodo è inoltre conservativo, in quanto sovrastima la velocità effettiva.

Ripetendo il calcolo sulla base del gradiente naturale si ottengono i seguenti risultati:

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

- Porosità efficace = 0.27
- Velocità effettiva = 2.81×10^{-5} m/s

corrispondente a circa 2.4 m/giorno.

Si fa notare che la porosità efficace nella zona del campo prove (0.27) è in buona analogia con quella calcolata nella zona del sottoattraversamento (0.25).

Nel corso della prova di tracciamento, durante la fase di immissione del tracciante, nel piezometro Pz-B-02 è stata condotta una ulteriore prova di diluizione, installando lo spettrofluorimetro alla profondità fissa di 15 m da b.f. (757.4 m slm).

La permeabilità è stata stimata pari a 2.49×10^{-3} m/s, risultando in buona analogia con i risultati delle prove di diluizione condotte con sonda mobile (Tabella 14).

Nota la porosità efficace e sulla base dei risultati delle prove di diluizione (q), è stata stimata la variabilità della velocità effettiva v_e sulla verticale dei piezometri Pz-B-02 e Fo-B-18. I risultati sono riportati nella seguente Tabella 15.

Höhe (m üdm) Quota (m slm)	Pz-B-02			Fo-B-18		
	q [m/s]	v_e [m/s]	v_e [m/d]	q [m/s]	v_e [m/s]	v_e [m/d]
766.3	4.26×10^{-6}	1.58×10^{-5}	1.4	5.24×10^{-6}	1.94×10^{-5}	1.7
765.3	7.13×10^{-6}	2.64×10^{-5}	2.3	9.09×10^{-6}	3.37×10^{-5}	2.9
764.3	9.33×10^{-6}	3.46×10^{-5}	3.0	7.10×10^{-6}	2.63×10^{-5}	2.3
763.3	6.27×10^{-6}	2.32×10^{-5}	2.0	6.02×10^{-6}	2.23×10^{-5}	1.9
762.3	8.34×10^{-6}	3.09×10^{-5}	2.7	6.54×10^{-6}	2.42×10^{-5}	2.1
761.3	8.42×10^{-6}	3.12×10^{-5}	2.7	5.92×10^{-6}	2.19×10^{-5}	1.9
760.3	9.12×10^{-6}	3.38×10^{-5}	2.9	6.27×10^{-6}	2.32×10^{-5}	2.0
759.3	8.54×10^{-6}	3.16×10^{-5}	2.7	6.48×10^{-6}	2.40×10^{-5}	2.1
758.3	7.22×10^{-6}	2.67×10^{-5}	2.3	5.17×10^{-6}	1.91×10^{-5}	1.7
757.3	9.52×10^{-6}	3.53×10^{-5}	3.0	5.99×10^{-6}	2.22×10^{-5}	1.9
756.3	1.15×10^{-5}	4.25×10^{-5}	3.7	5.69×10^{-6}	2.11×10^{-5}	1.8
755.3	1.14×10^{-5}	4.24×10^{-5}	3.7	6.13×10^{-6}	2.27×10^{-5}	2.0
754.3	1.17×10^{-5}	4.35×10^{-5}	3.8	7.81×10^{-6}	2.89×10^{-5}	2.5
753.3	1.21×10^{-5}	4.48×10^{-5}	3.9			

Tabella 15: Variabilità della velocità effettiva sulla verticale dei

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia

Tema: Acque di falda

**Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini**

piezometri Pz-B-02 e Fo-B-18

7.6.3 Pz-B-01 e MW-B-13

7.6.3.1 Log gamma ray, temperatura e conducibilità elettrica

Il log di temperatura nel piezometro Pz-B-01 mostra un andamento piuttosto omogeneo, con una temperatura costante di circa 7.4 °C.

Il log gamma ray nello stesso piezometro ha anch'esso un andamento regolare, con una lieve diminuzione dei valori in corrispondenza del livello di falda ad una profondità di circa 8.9 m da b.f. (767.7 m slm, da 160 a 140 CPS) e fino alla profondità 15 m da b.f. (761.6 m slm), tuttavia senza un andamento distintamente variabile.

Il log di temperatura nel piezometro MW-B-13 mostra una temperatura media di circa 8.4 °C e una diminuzione di temperatura localizzata alla profondità compresa tra 11 e 15 m da b.f. (765.6 e 761.6 m slm), con inizio circa 2 m sotto il livello di falda e temperatura minima mediamente di 7.6 °C.

Il log gamma ray nello stesso piezometro mostra una netta diminuzione dei valori CPS in corrispondenza del livello di falda ad una profondità di circa 8.8 m da b.f. (767.8 m slm, da 200 a 130 CPS) e successivamente valori piuttosto costanti fino a fondo foro (140-160 CPS).

I log gamma ray e di temperatura rivelano la presenza di un deposito debolmente eterogeneo. La diminuzione dei valori CPS sotto il livello di falda per entrambi i piezometri è legata ad un minor contenuto di fini e dunque a depositi a matrice grossolana.

E' importante notare che la fascia con diminuzione di temperatura nel piezometro MW-B-13, localizzata tra le quote 765.6 e 761.6 m slm, presenta valori analoghi alla media del vicino piezometro Pz-B-01, mentre la temperatura media nel piezometro MW-B-13 (8.4 °C) è decisamente superiore.

La variabilità della temperatura, sia lungo la verticale che tra piezometri posti a breve distanza, può essere interpretata con la presenza di un circolazione piuttosto complessa, con flussi idraulicamente di diversa natura e afflussi (più caldi) provenienti dalla vicina conoide o dal

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

vicino fianco vallivo.

7.6.3.2 Prova di pompaggio a gradini di portata

La pompa elettrosommersa è stata posizionata nel piezometro di Pz-B-01 alla profondità di circa 19 m da b.f. (757.6 m slm).

L'abbassamento del livello d'acqua in funzione della portata è stato registrato sia nel piezometro Pz-B-01 che nel piezometro MW-B-13 posto a circa 12 m di distanza (a monte gradiente). I risultati sono riassunti in Tabella 16.

Pegel Piezometro	Wasserstand (m üdm) Livello falda (m slm)	Absenkung/Abbassamento [m]			
		1 l/s	2 l/s	3 l/s	4 l/s
Pz-B-01	768.90	0.208	0.407	0.741	1.222
MW-B-13	768.97	0.002	0.007	0.011	0.017

Tabella 16: Prova di pompaggio a gradini di portata nel piezometro Pz-B-01

La curva di risposta portata-abbassamento mostra un flesso, corrispondente alla portata critica, per una portata di circa 2.5 l/s. Per le portate inferiori l'andamento è circa lineare. Il cono di depressione ha raggiunto il piezometro MW-B-13 seppur con un effetto di abbassamento sensibile per portate maggiori di 2 l/s.

La trasmissività, calcolata con la formula di Thiem-Dupuit, è stimata in $4.8 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Tale valore è sensibilmente inferiore ai risultati delle prove di pompaggio condotte nelle precedenti campagne nel vicino piezometro MW-B-13 (Tabella 1 e Tabella 3). La differenza è tuttavia dovuta alla diversa lunghezza del tratto filtrante nei due piezometri a confronto (Pz-B-01 = 18 m, MW-B-13 = 41 m).

7.6.3.3 Prova di diluizione Pz-B-01

La prova di diluizione sulla verticale del piezometro Pz-B-01 è stata condotta impiegando una quantità di 50 gr di fluoresceina sodica. La durata della prova è stata di circa 341 minuti (5.7 ore). La sonda è stata calata e sollevata nel piezometro un totale di 7 volte, tra le quote 768.2 (8.4 m da b.f.) e 756.7 m slm (19.9 m da b.f.), misurando la concentrazione del tracciante a intervalli di 0.1 m. Durante la prova, il gradiente locale della falda è

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

stato misurato pari a 0.0054 m/m. I risultati sono illustrati in Tabella 17 (q , velocità apparente, K , permeabilità).

Tiefe (m von ROK) Profondità (m da b.f.)	Höhe (m üdm) Quota (m slm)	q m/s	K m/s
9	767.6	1.11×10^{-05}	2.04×10^{-03}
10	766.6	6.87×10^{-06}	1.27×10^{-03}
11	765.6	9.75×10^{-06}	1.79×10^{-03}
12	764.6	6.80×10^{-06}	1.25×10^{-03}
13	763.6	1.20×10^{-05}	2.21×10^{-03}
14	762.6	3.88×10^{-06}	7.14×10^{-04}
15	761.6	1.57×10^{-05}	2.89×10^{-03}
16	760.6	1.51×10^{-05}	2.77×10^{-03}
17	759.6	1.66×10^{-05}	3.07×10^{-03}
18	758.6	1.64×10^{-05}	3.02×10^{-03}
19	757.6	1.50×10^{-05}	2.77×10^{-03}

Tabella 17: Prova di diluizione sulla verticale del piezometro Pz-B-01

I risultati della prova di diluizione evidenziano una distribuzione della permeabilità sulla verticale relativamente omogenea, con un valore medio di circa 2.16×10^{-3} m/s. Valori lievemente maggiori, sebbene in linea con la media, si riscontrano alle profondità inferiori a 15 m da b.f. (761.6 m slm) con media di 2.90×10^{-3} m/s.

7.6.3.4 Prova di diluizione MW-B-13

La prova di diluizione sulla verticale del piezometro MW-B-13 è stata condotta impiegando una quantità di 50 gr di fluoresceina sodica. La durata della prova è stata di circa 262 minuti (4.4 ore). La sonda è stata calata e sollevata nel piezometro un totale di 5 volte, tra le quote 768.0 (8.6 m da b.f.) e 752.6 m slm (24.0 m da b.f.), misurando la concentrazione del tracciante a intervalli di 0.1 m. Durante la prova, il gradiente locale della falda è stato misurato pari a 0.0054 m/m. I risultati sono illustrati in Tabella 18 (q , velocità apparente, K , permeabilità).

Tiefe (m von ROK) Profondità (m da b.f.)	Höhe (m üdm) Quota (m slm)	q m/s	K m/s
---	-------------------------------	------------	------------

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

Tiefe (m von ROK) Profondità (m da b.f.)	Höhe (m üdm) Quota (m slm)	q m/s	K m/s
9	767.6	5.15×10^{-06}	9.47×10^{-04}
10	766.6	4.83×10^{-06}	8.90×10^{-04}
11	765.6	8.44×10^{-06}	1.55×10^{-03}
12	764.6	1.13×10^{-05}	2.08×10^{-03}
13	763.6	2.13×10^{-05}	3.92×10^{-03}
14	762.6	2.13×10^{-05}	3.92×10^{-03}
15	761.6	1.86×10^{-05}	3.43×10^{-03}
16	760.6	5.01×10^{-06}	9.22×10^{-04}
17	759.6	5.95×10^{-06}	1.10×10^{-03}
18	758.6	7.95×10^{-06}	1.46×10^{-03}
19	757.6	7.18×10^{-06}	1.32×10^{-03}
20	756.6	7.18×10^{-06}	1.32×10^{-03}
21	755.6	1.18×10^{-05}	2.17×10^{-03}
22	754.6	-	-
23	753.6	-	-
24	752.6	-	-

Tabella 18: Prova di diluizione sulla verticale del piezometro MW-B-13

I risultati della prova di diluizione evidenziano la presenza di una fascia a maggior permeabilità con valore medio di circa 2.98×10^{-3} m/s, localizzata tra le profondità 11 e 15 m da b.f. (tra 765.6 e 761.6 m slm) e congruente con i log di temperatura, racchiusa entro due fasce (superiore e inferiore) a minor permeabilità con valore medio di rispettivamente 9.19×10^{-4} m/s e 1.38×10^{-3} m/s. La permeabilità media sulla verticale è di circa 1.93×10^{-3} m/s.

Le misure effettuate a profondità inferiore a 21 m da b.f. (755.6 m slm) sono state giudicate poco attendibili. Valori troppo bassi di concentrazione non hanno permesso di interpretare correttamente la curva di diluizione.

E' importante notare che la permeabilità media del piezometro MW-B-13 è in buona analogia con i valori calcolati nel vicino piezometro Pz-B-01.

7.6.3.5 Prova di tracciamento

La prova di tracciamento nella coppia di piezometri MW-

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con tracciante
Sintesi delle indagini

B-13 (immissione) e Pz-B-01 (ricezione) è iniziata il 08.04.2015 ed è durata complessivamente 12 giorni.

La pompa è stata installata nel piezometro Pz-B-01 alla profondità di 19 m da b.f. (757.6 m slm) e lo spettrofluorimetro alla profondità di 16 m da b.f. (760.6 m slm). La prova è stata condotta con una portata emunta di 2 l/s (80% della portata critica), iniettando 100 gr di fluoresceina sodica.

Nel corso della prova, il tracciante non è stato rilevato al piezometro di ricezione (distanza 11.60 m). La prova è stata interrotta dopo 12 giorni in quanto, considerata la permeabilità e i gradienti locali, si attendeva un tempo di ricezione ragionevolmente inferiore.

La prova di tracciamento è stata dunque inconclusiva. Le ragioni della mancata ricezione del tracciante non sono di facile interpretazione. La prova è stata eseguita in condizioni di gradiente artificiale e condotta con modalità corrette.

Una possibile spiegazione della mancata ricezione potrebbe considerare la concomitanza di due fattori:

- la presenza nella zona di indagine di una direzione di flusso disallineata rispetto all'orientamento del dipolo di piezometri;
- un effetto di richiamo generato dall'emungimento non ottimale e dunque la presenza di un cono di depressione non sufficientemente esteso.

Nel corso della prova di tracciamento, durante la fase di immissione del tracciante, nel piezometro MW-B-13 è stata condotta una ulteriore prova di diluizione, installando lo spettrofluorimetro alla profondità fissa di 12 m da b.f. (764.6 m slm).

La permeabilità è stata stimata pari a 2.72×10^{-3} m/s, risultando in buona analogia con i risultati delle prove di diluizione condotte con sonda mobile (Tabella 18).

Non essendo nota la porosità efficace nella zona di indagine, è stato tralasciato il calcolo della variabilità della velocità effettiva sulla verticale dei piezometri utilizzati.

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con tracciante
Sintesi delle indagini

8 RIASSUNTO E CONCLUSIONI

Riassumendo le informazioni raccolte nel corso delle precedenti campagne di indagine (2005 e 2009) e delle recenti prove con tracciante (2015) si possono trarre le seguenti conclusioni:

- il fondovalle dell'Isarco nell'area di indagine è caratterizzato da una diversità genetica e litologica di riempimenti. Una suddivisione stratigrafico-genetica dei depositi sciolti è in generale molto difficile, i sedimenti si trovano di fatto interdigitati fittamente sia in orizzontale che in verticale. I depositi a granulometria grossolana rappresentano la matrice prevalente e possono trovarsi nelle immediate vicinanze di sedimenti di acque quiete a grana fine, materiale spigoloso di crollo, detriti di conoide e ghiaie fluviali arrotondate. Queste alternanze si osservano a distanza di pochi metri e la loro variabilità è riscontrabile anche in profondità;
- le informazioni sulla profondità della roccia di base, ricavate incrociando dalle sezioni geofisiche sui fianchi vallivi e i (pochi) sondaggi che hanno raggiunto il substrato al centro valle, hanno permesso di definire una profondità massima approssimativa dei depositi di oltre 100 m nella zona del sottoattraversamento e di circa 40 m nella zona del campo prove;
- nei depositi alluvionali del fondovalle e nei conoidi laterali è presente una falda idrica sotterranea a superficie libera. La soggiacenza della falda varia da circa 4 a 10 m sotto il piano di campagna. Il potente acquifero costituisce un flusso che accompagna il fiume Isarco e che come direzione principale corre nella stessa direzione del fiume pur rimanendo indipendente da esso;
- la pendenza del pelo libero della falda è, procedendo da monte verso valle, costante all'altezza delle conoidi del Rio Bianco e Rio Vallaga, aumenta sensibilmente nel tratto compreso tra le conoidi e la zona immediatamente a monte campo sportivo e si appiattisce nuovamente in corrispondenza e a valle del sottoattraversamento. Questo comportamento è in parte spiegabile in

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

relazione alla conformazione della valle, la quale si restringe bruscamente a valle delle conoidi, e in parte alla presenza di un deposito a grana più fine (meno permeabile) ai piedi delle conoidi di deiezione;

- la falda idrica è almeno a tratti in contatto idraulico con il livello dell'Isarco. Il confronto tra le quote del fiume e i livelli d'acqua nei piezometri del fondovalle mostra che l'Isarco è in contatto con la falda nella zona a monte e a valle del sottoattraversamento (inclusa la zona del campo prove), mentre nella zona del sottoattraversamento, il livello dell'Isarco è superiore (pensile) di circa 3 m rispetto al livello della falda;
- nelle aree dove è presente un contatto idraulico, a seconda dei livelli d'acqua del fiume, è possibile che le acque dell'Isarco filtrino nella falda e, viceversa, che le acque della falda di immettano nell'Isarco a seconda del gradiente idraulico relativo tra i due corpi d'acqua. In questi tratti al di sotto dell'alveo del fiume è presumibile la presenza di una zona di transizione dove le acque del fiume interagiscono con la falda influenzandone la dinamica superficiale;
- nelle aree dove non è presente un contatto idraulico e dove il livello della falda si presenta alcuni metri sotto il livello del fiume, è possibile una costante filtrazione dell'Isarco nella falda, inizialmente attraverso la zona parzialmente satura al di sotto dell'alveo e quindi nell'acquifero. In tale tratto al di sotto dell'alveo del fiume è presente una zona di transizione all'interno della quale le acque di filtrazione presentano dinamiche complesse, con una componente di flusso verticale a gradiente unitario, di ricarica verso la falda, e orizzontale in misura non chiaramente quantificabile;
- in merito ai risultati delle prove con traccianti, si riporta di seguito una sintesi dei principali parametri medi: permeabilità K , gradiente i , velocità apparente q , porosità efficace n_e , velocità effettiva v_e (Tabella 19);

Area di indagine	K [m/s]	i [m/m]	q [m/s]	n_e [-]	v_e [m/s]	v_e [m/d]
Sottoattraversamento (campo sportivo)	1.75×10^{-3}	0.0214	3.47×10^{-5}	0.25	1.85×10^{-4}	16.0

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia

Tema: Acque di falda

**Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini**

Area di indagine	K [m/s]	i [m/m]	q [m/s]	n_e [-]	v_e [m/s]	v_e [m/d]
Sottoattraversamento (sponda dx)	2.57×10^{-3}	0.0054	1.11×10^{-5}	-	-	-
Campo prove (nuovo ponte)	1.84×10^{-3}	0.0042	7.67×10^{-6}	0.27	2.81×10^{-5}	2.4

Tabella 19: Sintesi delle prove con traccianti

- i depositi del fondovalle, all'interno dello spessore indagato con le prove con traccianti, ovvero esteso fino ad una profondità di circa 20 m da p.c., mostrano una permeabilità media piuttosto omogenea nell'ordine di 2×10^{-3} m/s. All'interno dei depositi sono presenti lenti a differente permeabilità ed in particolare lenti sabbiose meno trasmissive, potenzialmente presenti in alveo o derivanti dall'interdigitazione delle conoidi laterali, con permeabilità nell'ordine dei $8-9 \times 10^{-4}$ m/s, e lenti di sedimenti più grossolani o ciottoli più trasmissive con permeabilità nell'ordine dei 3×10^{-3} m/s.
- La porosità efficace dei depositi è risultata anch'essa piuttosto omogenea e variabile tra 0.25 e 0.27 a seconda della zona indagata. La variabilità dei parametri idrodinamici è nondimeno molto ristretta; Va notato che tali valori appaiono molto più alti di quelli ottenuti nelle campagne precedenti, anche se appaiono in linea con la natura ghiaiosa grossolana dei depositi più grossolani presenti nell'alveo. I valori precedenti sembrerebbero più rappresentativi di materiali con maggiore presenza di fini
- il confronto tra le misure di permeabilità, ottenute per mezzo delle prove con traccianti (2×10^{-3} m/s), e le stime ricavate dall'interpretazione delle prove di pompaggio a lunga durata ($2-3 \times 10^{-4}$ m/s), condotte nelle precedenti campagne (2005), mostra una differenza di risultati di circa 1 ordine di grandezza. Va notato che questa differenza ricade nel campo di variabilità del coefficiente di permeabilità che tipicamente accompagna le formazioni di depositi grossolani alluvionali e detritici, in un alveo fluviale come quello dell'Isarco, nel quale coesistono lenti con maggiore percentuale di fini sabbiosi, bancate ghiaiose e interdigitazioni dai fianchi della valle di ghiaie con matrice. Una possibile spiegazione potrebbe essere ricavata considerando che le prove di pompaggio hanno in effetti permesso di ricavare una stima della trasmissività dell'acquifero, mentre il

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia
Tema: Acque di falda
Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini

calcolo della permeabilità è derivato in funzione dello spessore di acquifero attivamente coinvolto. Vista la struttura stratigrafica, fittamente interdigitata, dei depositi di fondovalle è presumibile che la definizione di uno spessore di acquifero attivo pari all'intero spessore dei depositi abbia condotto ad una stima della permeabilità in difetto;

- la velocità effettiva di filtrazione della falda, ovvero la velocità che rappresenta la circolazione dell'acqua nei canalicoli intercomunicanti formati dai grani, varia a seconda della zona indagata, dimostrando valori elevati nella zona del sottoattraversamento (campo sportivo), nell'ordine dei 16 m/giorno, e valori più modesti nella zona del campo prove, nell'ordine dei 2.4 m/giorno. In considerazione dei valori di permeabilità e porosità specifica piuttosto omogenei nel fondovalle, tale differenza di velocità è attribuibile in misura principale all'importante differenza di gradiente tra le due zone.

9 ELENCHI

9.1 TABELLE

Tabella 1: Prove di pompaggio di breve durata nei piezometri serie MW-B (2005)	20
Tabella 2: Prove di riempimento (slug-test) nei piezometri serie MW-B (2005)	21
Tabella 3: Prova di pompaggio di lunga durata nel pozzo PW-B-01 (2005) e controllo nei piezometri serie MW-B (2005)	22
Tabella 4: Livello della falda nei piezometri ubicati nella zona del sottoattraversamento	24
Tabella 5: Caratteristiche e lettura di zero dei piezometri realizzati nel 2015	28
Tabella 6: Caratteristiche dei piezometri utilizzati per le prove con traccianti	33
Tabella 7: Programma di esecuzione delle prove con traccianti e attività propedeutiche	45
Tabella 8: Prova di pompaggio a gradini di portata nel piezometro MW-B-09	46
Tabella 9: Prova di diluizione sulla verticale del	

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia

Tema: Acque di falda

**Contenuto documento: Prove con traccianti
Sintesi delle indagini**

piezometro MW-B-09	47
Tabella 10: Prova di diluizione sulla verticale del piezometro MW-B-14	48
Tabella 11: Variabilità della velocità effettiva sulla verticale dei piezometri MW-B-14 e MW-B-09	51
Tabella 12: Prova di pompaggio a gradini di portata nel piezometro Fo-B-18	53
Tabella 13: Prova di diluizione sulla verticale del piezometro Fo-B-18	54
Tabella 14: Prova di diluizione sulla verticale del piezometro Pz-B-02	54
Tabella 15: Variabilità della velocità effettiva sulla verticale dei piezometri Pz-B-02 e Fo-B-18	57
Tabella 16: Prova di pompaggio a gradini di portata nel piezometro Pz-B-01	59
Tabella 17: Prova di diluizione sulla verticale del piezometro Pz-B-01	60
Tabella 18: Prova di diluizione sulla verticale del piezometro MW-B-13	61
Tabella 19: Sintesi delle prove con traccianti	65

9.2 FIGURE

Figura 1: Esecuzione del log gamma ray	34
Figura 2: Esecuzione della prova di diluizione	38
Figura 3: Esempio di curva di breakthrough e annotazione dei tempi caratteristici	42

9.3 FONTI E BIBLIOGRAFIA

- Sottoattraversamento Isarco, Indagini geotecniche e idrogeologiche, Studio geologico, idrogeologico e geotecnico, SET su incarico BBT, 2006;
- Relazione sulla modellazione numerica, Progetto definitivo sublotto di costruzione Opere Principali Sottoattraversamento Isarco, ARCADIS su incarico BBT, 2013;
- Idrogeologia applicata e ambientale, M. Civita, Casa editrice ambrosiana, 2005;
- Relazione sulle prove con traccianti e prove di pompaggio, Sottoattraversamento Isarco, Geol. G.

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia

Tema: Acque di falda

**Contenuto documento: Prove con tracciante
Sintesi delle indagini**

Dragà, 2015;

9.4 ALLEGATI

- A. Profili stratigrafici dei sondaggi, piezometri utilizzati per le prove con tracciante
- B. Log gamma ray, temperatura e conducibilità elettrica
- C. Prove di pompaggio a gradini di portata
- D. Prove di diluizione
- E. Prove di tracciamento
- F: Mappa isopiezometriche

ANLAGE A	ALLEGATO A
	Profili stratigrafici dei sondaggi Piezometri utilizzati per le prove con tracciante

SUPERVISORE: DR. R. PILSER

SONDATORE: SIG. A. TENAGLIA

TIPO DI SONDA: GEOMARC 1000

Tipo di carot. e diam.	Rivestimento e Ø mm	Spessore strato m	Profondità m	Legenda	DESCRIZIONE LITOLOGICA	T.C.R. %	R.Q.D. %	Campioni	PROVE IN SITU						NOTE ED OSSERVAZIONI									
									Standard Penetration Test			N.S.P.T.	Tipo di punta	Pondant Pen. MPa		Vmax Test 1/30"	Quota falda m	Pneumetro						
									Profondità	Nr. Colpi														
0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm																						
Carotiere semplice ø 131 mm ø 152 mm			16.00	16	Ghiaia poligenica da subangolare a subarrotondata e sabbia localmente debolmente limosa con numerosi ciottoli/blocchi; colore marrone-grigiastro.	100																		
				16.50																				
				17																				
				18			Ghiaia poligenica da subangolare a subarrotondata e sabbia grossa, debolmente limosa con numerosi ciottoli/blocchi; colore marrone-grigiastro.	100																
				18.00																				
				19			Blocchi (L 0.20 ÷ 1.00 m) prevalentemente granitici: m 18.40 + 18.60, 17.70 + 17.90, 19.50 + 19.90 e da 20.00 ÷ 20.60 blocchi.	100																
				19.50																				
				20																				
				20.00																				
				21																				
				22																				
	22.50																							
	23				Ghiaia poligenica da subangolare a subarrotondata e sabbia localmente debolmente limosa con locali ciottoli; colore marrone-grigiastro. m 21.70 + 21.90 blocco granitico.	100																		
	24																							
	24.00																							
	25.00																							
	25.00	4.00	25		F.F. m 25.00.																			
			26																					
			27																					
			28																					
			29																					
			30																					

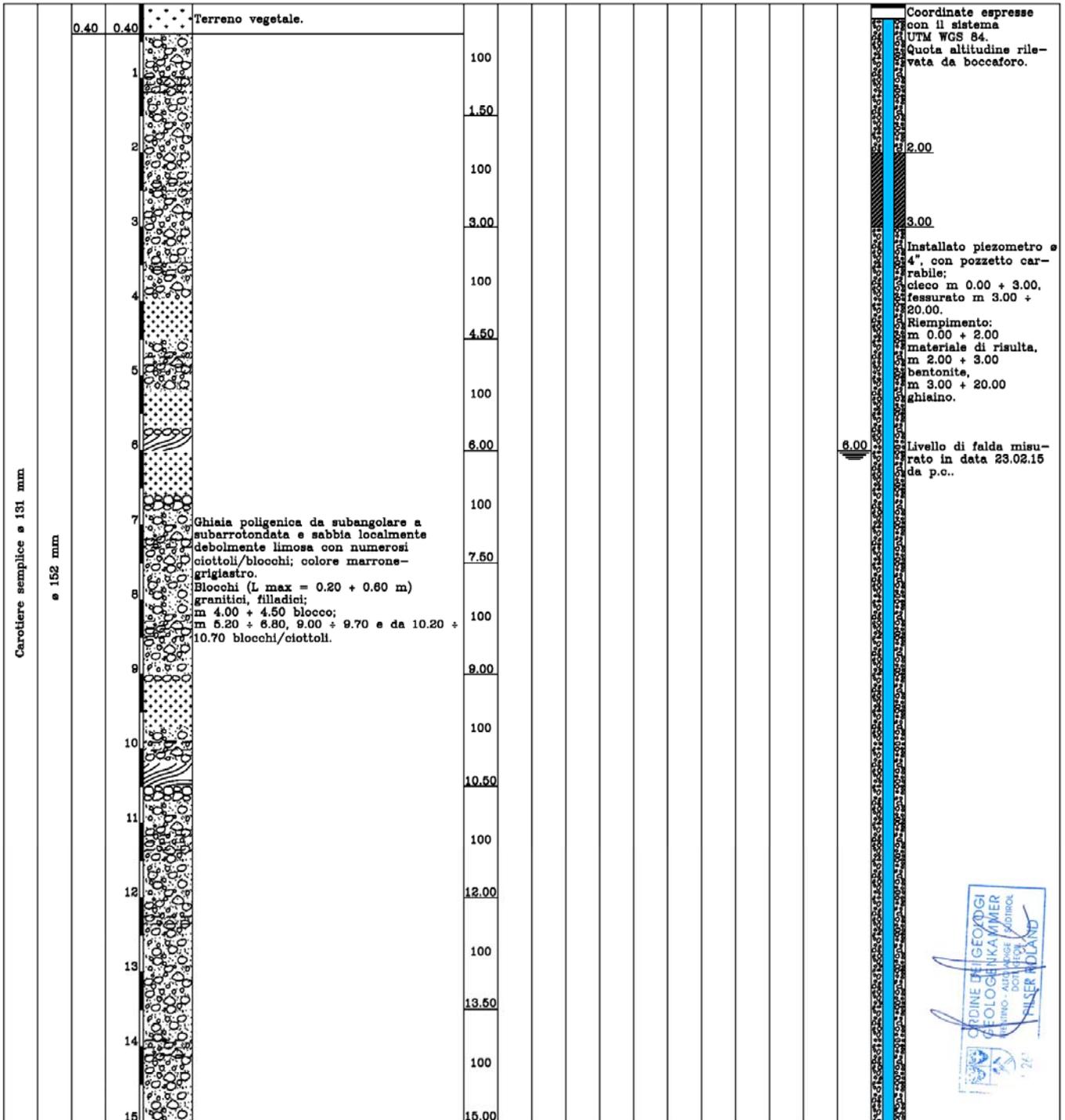


SUPERVISORE: DR. R. PILSER

SONDATORE: SIG. A. TENAGLIA

TIPO DI SONDA: GEOMARC 1000

Tipo di carot. e diam.	Rivestimento e ø mm	Spessore strato m	Profondità m	Legenda	DESCRIZIONE LITOLOGICA	T.C.R. %	R.Q.D. %	Campioni	PROVE IN SITU							NOTE ED OSSERVAZIONI		
									Standard Penetration Test			M.S.P.T.	Tipo di punta	Pocket Pen. MPa	Vanes Test l/m ²		Quota falda m	Piezometro
									Profondità	Nr. Colpi								
0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm																





COMMITTENTE: BBT-SE
 PROGETTO: TUNNEL DI BASE - INDAGINE GEOLOGICA
 LOCALITA': VAL DI VIZZE (BZ)
 DATA ESECUZIONE: DAL 26/08/05 AL 19/09/05

SONDAGGIO Nr. Mw-B-09/05
 X=EST= 697730,866
 Y=NORD= 5186412,296
 Z=m.s.l.m.= 779,610
 SCALA 1:50

SUPERVISORE: DR. GEOL. M. MARTINTONI - DR. A. STOFNER
 SONDATORE: SIGG. R. GASPERETTI/BATTAN G.
 TIPO DI SONDA: GELMA 2

Tipo di carot. e diam.	Rivestimento e ø mm	Spessore strato m	Profondità' m	Legenda	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Perc. carotaggio	R.Q.D. %	Campioni	PROVE IN SITU								NOTE ED OSSERVAZIONI		
									Standard Penetration Test				N.S.P.T.	Tipo di punta	Pocket Pen. MPa	Vane Test MPa		Quota falda m	Piezometro
									Profondità'	Nr. Colpi									
0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm																	
Carotiere semplice ø 152 mm	ø 200 mm		1		Ghiaia prevalentemente media-fine perlopiù subangolare, poligenica, con sabbia medio-grossa debolmente limosa, colore nocciola chiaro. m. 1.00 ÷ 1.05 ciottolo granitico.	100												Installato piezometro ø 4" in PVC: cieco m. 0.00 ÷ 3.00, fessurato m. 3.00 ÷ 81.00. 3.00	
		1.40	1.40																
		0.80	2		Ciottoli poligenici da subarrotondati a subangolari (ø max = 16 cm.) con scarsa matrice sabbiosa.	100													
			3																
			4		Alternanza di livelli decimetrici di sabbia medio-grossa da ghiaiosa a con ghiaia stereometrica poligenica da subangolare a subarrotondata grigia e livelli di ciottoli (ø max = 14-16 cm.) prevalentemente granitici subangolari in matrice sabbio-ghiaiosa.	100													
			5		m. 3.00 ÷ 3.20 roccia scistosa; m. 4.80 ÷ 5.00 granito leucocratico a grana medio-grossa.														
			6																
		5.00	7		Blocco granitico leucocratico a grana medio-grossa.	100													
		0.45	7.45		Ciottoli granitici (ø max = 14 cm.) da angolari a subarrotondati in matrice sabbiosa.	100													
		0.55	8		Blocco di roccia scistosa-quarzosa grigia.	100													
		0.30	8.30																
			9		Ciottoli poligenici prevalentemente granitici, perlopiù subangolari, in scarsa matrice sabbiosa.	100													
		1.70	10																
			11																
			12		Sabbia prevalentemente medio-grossa ghiaiosa, da limosa a debolmente limosa, colore grigio. Presenti ciottoli (ø max = 8 cm.).	100													
	13																		
3.90	13.90		Blocco di roccia scistosa-quarzosa grigia.	100															
0.20	14.10																		
	15		Sabbia medio-grossa da ghiaiosa a debolmente ghiaiosa grigia con sparsi ciottoli (ø max = 12 cm.).	100															



COMMITTENTE: BBT-SE
 PROGETTO: TUNNEL DI BASE - INDAGINE GEOLOGICA
 LOCALITA': VAL DI VIZZE (BZ)
 DATA ESECUZIONE: DAL 26/08/05 AL 19/09/05

SONDAGGIO Nr. MW-B-09/05
 X=EST= 697730,866
 Y=NORD= 5186412,296
 Z=m.s.l.m.= 779,610
 SCALA 1:50

SUPERVISORE: DR. GEOL. M. MARTINTONI - DR. A. STOFNER SONDATORE: SIGG. R. GASPERETTI/BATTAN G. TIPO DI SONDA: GELMA 2

Tipo di carot. e diam.	Rivestimento e spessore	Spessore strato m	Profondita' m	Legenda	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Perc. carotaggio	R.Q.D. %	Campioni	PROVE IN SITU							NOTE ED OSSERVAZIONI				
									Standard Penetration Test				N.S.P.T.	Tipo di punta	Fisic. Pen. MFa		Vane Test MFa	Quota falda m	Pneumatico	
									Profondita'	Nr. Colpi										
0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm																		
Carotiere semplice ø 152 mm ø 200 mm			16		Sabbia medio-grossa da ghiaiosa a debolmente ghiaiosa grigia con sparsi ciottoli (ø max = 12 cm.).				16.00	24	R	-	-	C						
			2.10	16.20																
			0.90	17.10		Blocco granitico leucocratico a grana medio-grossa. m. 17.00 + 17.10 sabbia medio-grossa con rari clasti (ø max = 3 cm.).	100													
			0.65	17.75		Blocco granitico leucocratico a grana medio-grossa.	100													
			0.40	18.15		Sabbia medio-grossa debolmente ghiaiosa, colore grigio.	100													
			0.30	18.45		Blocco granitico leucocratico a grana medio-grossa.	100													
				19						19.50	17	21	32	53	C					
				20		Sabbia prevalentemente medio-grossa, da ghiaiosa a con ghiaia eterometrica poligenica, limosa, con ciottoli (ø max = 10 cm.).	100													
				21																
			3.65	22.10		Ciottoli poligenici (ø max = 12 cm.) perlopiù subarrotondati.	100													
			1.00	23.10		Blocco granitico leucocratico a grana medio-grossa.	100													
			0.40	23.50		Blocco granitico leucocratico a grana medio-grossa.	100													
			24						24.00	21	29	36	65	C						
			25																	
			26		Sabbia prevalentemente medio-grossa da debolmente limosa a limosa, colore grigio-marrone, talvolta ghiaiosa con sparsi ciottoli (ø max = 10 cm.).	100														
			27																	
			28																	
		5.70	29.20																	
		0.80	30		Ciottoli (ø max = 12 cm.) poligenici da subarrotondati a subangolari.	100														



COMMITTENTE: BBT-SE
 PROGETTO: TUNNEL DI BASE - INDAGINE GEOLOGICA
 LOCALITA': VAL DI VIZZE (BZ)
 DATA ESECUZIONE: DAL 26/08/05 AL 19/09/05

SONDAGGIO Nr. Mw-B-09/05
 X=EST= 697730,866
 Y=NORD= 5186412,296
 Z=m.s.l.m.= 779,610
 SCALA 1:50

SUPERVISORE: DR. GEOL. M. MARTINTONI - DR. A. STOFNER SONDATORE: SIGG. R. GASPERETTI/BATTAN G. TIPO DI SONDA: GELMA 2

Tipo di carot. e mm	Rivestimento e mm	Spessore strato m	Profondità m	Legenda	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Perc. carotaggio	R.Q.D. %	Campioni	PROVE IN SITU							NOTE ED OSSERVAZIONI						
									Standard Penetration Test			N.S.P.T.	Tipo di punta	Fochet Pen. MPa	Vane Test MPa		Quota falda m	Piezometro				
									Profondità*	Nr. Colpi												
			31		Sabbia prevalentemente medio-grossa da debolmente limosa a limosa, colore da marrone a grigio, passante verso m. 34.00 a debolmente ghiaiosa.	100			34.50	26	28	32	80	C								
		5.00	35						36.00	26	28	32	80	C								
			36						Sabbia prevalentemente medio-grossa da debolmente limosa a limosa, colore da marrone a grigio, con presenza di ciottoli (s max = 10 cm.) perlopiù granitici subarrotondati. Da m. 37.70 circa sabbia prevalentemente medio-grossa limosa talvolta debolmente argillosa, colore grigio.	100				37.50	34	36	40	76	C			
			37											40.50	33	33	36	69	C			
		5.50	40																			
			41	Ghiaia eterometrica (s max = 6 cm.) poligenica da subangolare a subarrotondata e sabbia medio-grossa debolmente limosa, con locali ciottoli in prevalenza granitici. m. 41.20 ÷ 41.40, 43.10 ÷ 43.30, 45.35 ÷ 45.55, 52.00 ÷ 52.30 e 53.20 ÷ 53.35 livelli più limosi.					43.50	33	32	39	71	C								
			42						45.00	30	33	39	72	C								
			43															45.00	30	33	39	72



COMMITTENTE: BBT-SE
 PROGETTO: TUNNEL DI BASE - INDAGINE GEOLOGICA
 LOCALITA': VAL DI VIZZE (BZ)
 DATA ESECUZIONE: DAL 26/08/05 AL 19/09/05

SONDAGGIO Nr. MW-B-09/05
 X=EST= 697730,866
 Y=NORD= 5186412,296
 Z=m.s.l.m.= 779,610
 SCALA 1:50

SUPERVISORE: DR. GEOL. M. MARTINTONI - DR. A. STOFNER
 SONDATORE: SIGG. R. GASPERETTI/BATTAN G.
 TIPO DI SONDA: GELMA 2

Tipo di carot. e mmz	Rivestimento e ø mm	Spessore strato m	Profondità m	Legenda	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Perc. coriaggio	R.Q.D. %	Campioni	PROVE IN SITU							NOTE ED OSSERVAZIONI								
									Standard Penetration Test				N.S.P.T.	Tipo di punta	Fochet Pen. MPa		Vane Test MPa	Quota falda m	Piezometro					
									Profondità*	Nr. Colpi														
0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm																						
			46						46.50	38	40	41	81	C										
			47																					
			48						48.00	35	35	36	71	C										
			49																					
			50		Ghiaia eterometrica (ø max = 6 cm.) poligenica da subangolare a subarrotondata e sabbia medio-grossa debolmente limosa, con locali ciottoli in prevalenza granitici. m. 41.20 ÷ 41.40, 43.10 ÷ 43.30, 45.35 ÷ 45.55, 52.00 ÷ 52.30 e 53.20 ÷ 53.35 livelli più limosi.		100		49.50	36	35	36	73	C										
			51						51.00	36	R	-	-	C										
			52																					
			53																					
			54																					
			54.45																					
			55																					
			56		Sabbia medio-grossa debolmente limosa e debolmente ghiaiosa, colore grigio-bruno.		100																	
			57																					
			58																					
			58		Sabbia medio-grossa con ghiaia poligenica (ø max = 6 cm.) da subangolare a subarrotondata debolmente limosa, colore grigio-bruno.		100																	
			60																					



COMMITTENTE: BBT-SE
 PROGETTO: TUNNEL DI BASE - INDAGINE GEOLOGICA
 LOCALITA': VAL DI VIZZE (BZ)
 DATA ESECUZIONE: DAL 28/08/05 AL 19/09/05

SONDAGGIO Nr. Mw-B-09/05
 X=EST= 697730,866
 Y=NORD= 5186412,296
 Z=m.s.l.m.= 779,610
 SCALA 1:50

SUPERVISORE: DR. GEOL. M. MARTINTONI - DR. A. STOFNER SONDATORE: SIGG. R. GASPERETTI/BATTAN G. TIPO DI SONDA: GELMA 2

Tipo di carot. e diam.	Rivestimento e ø mm	Spessore strato m	Profondità m	Legenda	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Perc. carotaggio	R.Q.D. %	Campioni	PROVE IN SITU							NOTE ED OSSERVAZIONI					
									Standard Penetration Test				N.S.P.T.	Tipo di punta	Pocket Pen. MPa		Vane Test MPa	Quota falda m	Piezometro		
									Profondità	Nr. Colpi											
0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm																			
Carotiere semplice ø 152 mm ø 200 mm	2.15	80.15	61		Sabbia medio-grossa debolmente limosa e debolmente ghiaiosa, colore grigio-bruno. m. 63.75 ÷ 64.00 blocco di roccia granitoide.	100															
	4.25	84.40	65				Sabbia grossa e ghiaia prevalentemente fine con ciottoli granitici da subangolari a subarrotondati (s max = 10 cm.), colore grigio.	100													
	3.80	88	66		Ghiaia poligenica (s max = 6 cm.) da subangolare a subarrotondata con sabbia medio-grossa debolmente limosa, colore bruno.	100															
	1.00	89	67				Ciottoli poligenici e prevalentemente granitici (s max = 15 cm.) da subangolari a subarrotondati, ghiaiosi, in abbondante matrice sabbiosa debolmente limosa, colore grigio-marrone.	100													
	1.80	70.80	70		Blocco di roccia granitoide.	100															
	0.20	71	71				Ghiaia poligenica (s max = 6 cm.) da subangolare a subarrotondata con sabbia medio-grossa debolmente limosa e con ciottoli granitici, colore bruno-grigio.	100													
			72																		
			73																		
			74																		
					75																



FORALITH AG



COMMITTENTE: BBT-SE
 PROGETTO: TUNNEL DI BASE - INDAGINE GEOLOGICA
 LOCALITA': VAL DI VIZZE (BZ)
 DATA ESECUZIONE: DAL 26/08/05 AL 19/09/05

SONDAGGIO Nr. Mw-B-09/05
 X=EST= 697730,866
 Y=NORD= 5186412,296
 Z=m.s.l.m.= 779,610
 SCALA 1:50

SUPERVISORE: DR. GEOL. M. MARTINTONI - DR. A. STOFNER SONDATORE: SIGG. R. GASPERETTI/BATTAN G. TIPO DI SONDA: GELMA 2

Tipo di carot. e diam.	Rivestimento e ø mm	Spessore strato m	Profondità m	Legenda	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Perc. carotaggio	R.A.P. X	Campioni	PROVE IN SITU							NOTE ED OSSERVAZIONI				
									Standard Penetration Test			N.S.P.T.	Tipo di punta	Pocket Pen. MPa	Vane Test MPa		Quota falda m	Piezometro		
									Profondità*	Nr. Colpi										
										0-15 cm	15-30 cm								30-45 cm	
Carotiere semplice ø 152 mm	ø 200 mm	4.60	75.60		Ghiaia poligenica (ø max = 6 cm.) da subangolare a subarrotondata con sabbia medio-grossa debolmente limosa e con ciottoli granitici, colore bruno-grigio.															
			76		Ghiaia poligenica (ø max = 6 cm.) da subangolare a subarrotondata con limo e sabbia fine-media e locali ciottoli, colore grigio.	100														
		2.40	78		Blocco di granito.	100														
		0.50	78.50																	
			79		Ghiaia poligenica (ø max = 6 cm.) da subangolare a subarrotondata con sabbia medio-grossa debolmente limosa e con ciottoli granitici, colore bruno-grigio.	100														
81.00	81.00	2.50	81		F.F. m. 81.00.													81.00		
			82																	
			83																	
			84																	
			85																	
			86																	
			87																	
			88																	
			89																	
			90																	



COMMITTENTE: BBT-SE
 PROGETTO: TUNNEL DI BASE - INDAGINE GEOLOGICA
 LOCALITA': MEZZASELVA (BZ)
 DATA ESECUZIONE: DAL 20/09/05 AL 21/09/05

SONDAGGIO Nr. Mw-B-14/05
 X=EST= 697723,994
 Y=NORD= 5186420,005
 Z=m.s.l.m.= 779,643
 SCALA 1:50

SUPERVISORE: DR. GEOL. M. MARTINTONI - DR. A. STOFNER

SONDATORE: SIG. GASPERETTI

TIPO DI SONDA: NENZI GELMA 2

Tipo di carot. e #mm	Rivestimento e # mm	Spessore strato m	Profondita' m	Legenda	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Perc. carotaggio	R.Q.D. %	Campioni	PROVE IN SITU								NOTE ED OSSERVAZIONI			
									Standard Penetration Test			N.S.P.T.	Tipo di punta	Pocket Pen. MPa	Vane Test MPa	Quota falda m		Piezometro		
									Profondita'	Nr. Colpi										
										0-15 cm	15-30 cm								30-45 cm	
Martello ad aria compressa ø 127 mm ø 152 mm					Sondaggio eseguito a distruzione di nucleo.													Installato tubo ø 4" in PVC: cieco m. 0.00 + 2.00, fessurato m. 2.00 + 20.00.		
										1									2.00	
										2										
										3										
										4										
										5										
										6										
										7										
										8										
										9										
										10									10.00	
										11										
										12										
										13										
										14										
15																				



COMMITTENTE: BBT-SE
 PROGETTO: TUNNEL DI BASE - INDAGINE GEOLOGICA
 LOCALITA': MEZZASELVA (BZ)
 DATA ESECUZIONE: DAL 27/09/05 AL 26/10/05

SONDAGGIO Nr. Mw-B-13/05
 X=EST= 697702,968
 Y=NORD= 5186313,618
 Z=m.s.l.m.= 776,632
 SCALA 1:50

SUPERVISORE: DR. GEOL. M. MARTINTONI - DR. SPROCATTI

SONDATORE: SIG. HAJDERAI

TIPO DI SONDA: A 65

Tipo di carot. e diam.	Rivestimento e spessore	Spessore strato m	Profondità m	Legenda	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Perc. carovaglio	R.Q.D. %	Campioni	PROVE IN SITU							NOTE ED OSSERVAZIONI							
									Profondità	Standard Penetration Test			N.S.P.T.	Tipo di punta	Pocket Pen. MPa		Vane Test MPa	Quota falda m	Piezometro				
										0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm											
Carotiere semplice ø 131 mm ø 178 mm con fanghi bentonitici			1		Blocchi, ciottoli e ghiaia angolari e subangolari, sabbiosi e debolmente limosi, colore grigio-nocciola. m. 5.00 + 5.30 trovante di granito.	100												Installato piezometro ø 4", tubo aperto, con chiusino carrabile: cieco m. 0.00 + 3.00, fessurato m. 3.00 + 45.00.					
			2																				
			3																				
			4																				
			5																				
			6																				
			7																				
			8																				
			9																				
			10																				
			11																				
			12																				
			13				13.00																
			14						Ghiaia eterometrica poligenica perlopiù angolare, sabbiosa e debolmente limosa, colore nocciola. Presenti frequenti ciottoli (ø max = 10 cm.).														
			15																				
									9.00	28	50	R	-	C									
									9.25														
									12.00	50	R	-	-	C									
									12.10														
									15.00	15	28	28	54	C									
									15.45														



AUFTRAGGEBER: BBT-SE
 BRENNER BASISTUNNEL
 GEOLOGISCHE UNTERSUCHUNG
 ORT: MITTEWALD (BZ)
 DURCHFÜHRUNGSDATUM: VON 27/09/05 BIS 26/10/05

BOHRUNG Nr. MW-B-13/05
 X=OST= 697702,968
 Y=NORD= 5186313,618
 Z=H.i.d.M.= 776,632
 MASSSTAB 1:50

OBERLEITER: DR. GEOL. M. MARTINTONI - DR. SPROCATTI BOHRGERÄTFÜHRER: HERR R. HAJDERAI BOHRGERÄT: A 65

Bohrverfahren # mm	Verrohrung # mm	Schichtendicke m	Tiefe m	Legende	GESTEINBESCHREIBUNG	Kerngewicht X	R.Q.D. %	Entnommene Proben	FELDVERSUCHE							BEMERKUNGEN				
									Standard Penetration Test			N.S.P.T.	Spitzentyp	Probet Pen. kg/cmq	Vane Test kg/cmq		Grundwasserpiegelschichten m	Piezometer		
									Tiefe	Nr. Schläge	0-15 cm								15-30 cm	30-45 cm
Einfachkernrohr ø 131 mm ø 152 mm mit Bentonit			31		Blocchi, ciottoli e ghiaia poligenica da angolari a subarrotondati, sabbiosi con tracce limose, colore nocciola.	100														
			32																	
			33																	
		8.00	34																	
			35		Sabbia medio-grossa debolmente ghiaiosa, colore grigio. m. 38.00 + 38.90 ghiaiosa.	100														
		36																		
		37																		
	4.90	38.90	38																	
			39		Alternanze di piccoli trovanti granitici e metamorfici.	100														
	1.30	40.20	40																	
			41		Ghiaia eterometrica, poligenica, angolare e subangolare, con sabbia, colore grigio-nocciola. m. 41.00 + 41.20 trovante granitico.	100														
			42																	
			43																	
			44																	
	45.00	45.00	45		Endteufe m. 45.00.													45.00		

COMMITTENTE  Galleria di Base del Brennero Brenner Basistunnel BBT SE	IMPRESE ESECUTRICE 	COMMITTENTE: BBT-SE PROGETTO: BBT SONDAGGI CORTI 2009 LOCALITA': FORTEZZA (BZ) DATA ESECUZIONE: DAL 14/12/09 AL 27/02/10	SONDAGGIO Nr. Fo B 18/09 X=EST= 697905,660 Y=NORD= 5186275,601 SCALA 1:50
--	--	---	--

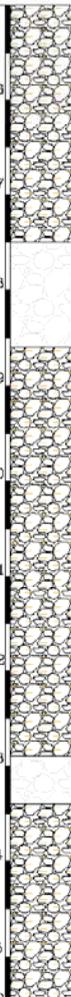
SUPERVISORE: DR. GEOL. ANTONELLO REALE **SONDATORE:** SIG. ZURLO GINO **TIPO DI SONDA:** CMV MK 900

Tipo di carot. e diam.	Rivestimento e ø mm	Spessore strato m	Profondità m	Legenda	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Perc. carotaggio	R.S.D. %	Campioni	PROVE IN SITU						NOTE ED OSSERVAZIONI								
									Profondità'	Standard Penetration Test			Tipo di punta	Fogget Per. MP%		Vano Test MP%	Quota falda m	Piezometro					
										0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm							N.S.P.T.				
C.S. ø 127 mm	ø 178 mm		0.50	0.50	1	Coltre di copertura vegetale sabbioso - limosa di colore marrone.	100																
			1.60	2.10	2	Blocchi, ciottoli e ghiaie da subangolari ad arrotondati prevalentemente granitici, privi di matrice fine.	100																
			6.90		3	Ghiaia e ciottoli da con sabbia a sabbiosa di colore avana. La ghiaia si presenta da subangolare ad arrotondata. Tra progressiva 6.45 - 7.00 la matrice si presenta sabbioso - limosa. Tra progressive 4.00 - 6.00 m, 6.30 - 6.45 m, 7.20 - 7.40 m, 7.60 - 8.40 m blocchi, ciottoli e ghiaia di natura prevalentemente granitica, da subangolari a subarrotondati.	100																
					4																		
					5																		
					6																		
					7																		
					8																		
					9																		
					10			Ghiaia, più raramente ciottoli, da subangolari ad arrotondati, sabbiosa debolmente limosa. La matrice si presenta di colore marrone a tratti grigiastro. Tra progressive 17.00 - 18.60 m, 22.00 - 23.40 m blocchi, ciottoli e ghiaia di natura prevalentemente granitica, da subangolari a subarrotondati.	100														
					11																		
					12																		
					13																		
					14																		
					15																		

5.15

Livello di falda misurato in data 4/03/2010

COMMITTENTE  Galleria di Base del Brennero Brenner Basistunnel BBT SE	IMPRESE ESECUTRICE 	COMMITTENTE: BBT-SE PROGETTO: BBT SONDAGGI CORTI 2009 LOCALITA': FORTEZZA (BZ) DATA ESECUZIONE: DAL 14/12/09 AL 27/02/10	SONDAGGIO Nr. Fo B 18/09 X=EST= 697905,660 Y=NORD= 5186275,601 SCALA 1:50
		SUPERVISORE: DR. GEOL. ANTONELLO REALE SONDATORE: SIG. ZURLO GINO TIPO DI SONDA: CMV MK 900	

Tipo di casot. e diam.	Rivestimento e ø mm	Spessore strato m	Profondità m	Legenda	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Fere. carotaggio	R.Q.D. %	Campioni	PROVE IN SITU							NOTE ED OSSERVAZIONI			
									Standard Penetration Test			N.S.P.T.	Tipo di punta	Pecchet Pen. MPa	Vene Test. MPa		Quota fondo m	Piezometro	
									Profondità'	Nr. Colpi									
0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm																	
C.S. ø 127 mm	ø 152 mm		16		Ghiaia, più raramente ciottoli, da subangolari ad arrotondati, sabbiosa debolmente limosa. La matrice si presenta di colore marrone a tratti grigiastro. Tra progressive 17.80 - 18.80 m, 22.90 - 23.40 m bicchi, ciottoli e ghiaia di natura prevalentemente granitica, da subangolari a subarrotondati.		100												
			17																
			18																
			19																
			20																
			21																
			22																
			23																
			24																
			25																
			18.50/25.50		F.F. m. 25.50.														
			26																
			27																
			28																
			29																
			30																

ANLAGE B	ALLEGATO B
	Log gamma ray, temperatura e conducibilità elettrica



AUFTRAGGEBER/COMMITTENTE: ISARCO S.C.A.R.L.
PROJEKT: TRACERVERSUCHEN
PROGETTO: PROVE CON TRACCIANTE
ORT/LOCALITÀ: FRANZENFESTE/FORTEZZA (BZ)
DATUM/DATA: 23.02.2015

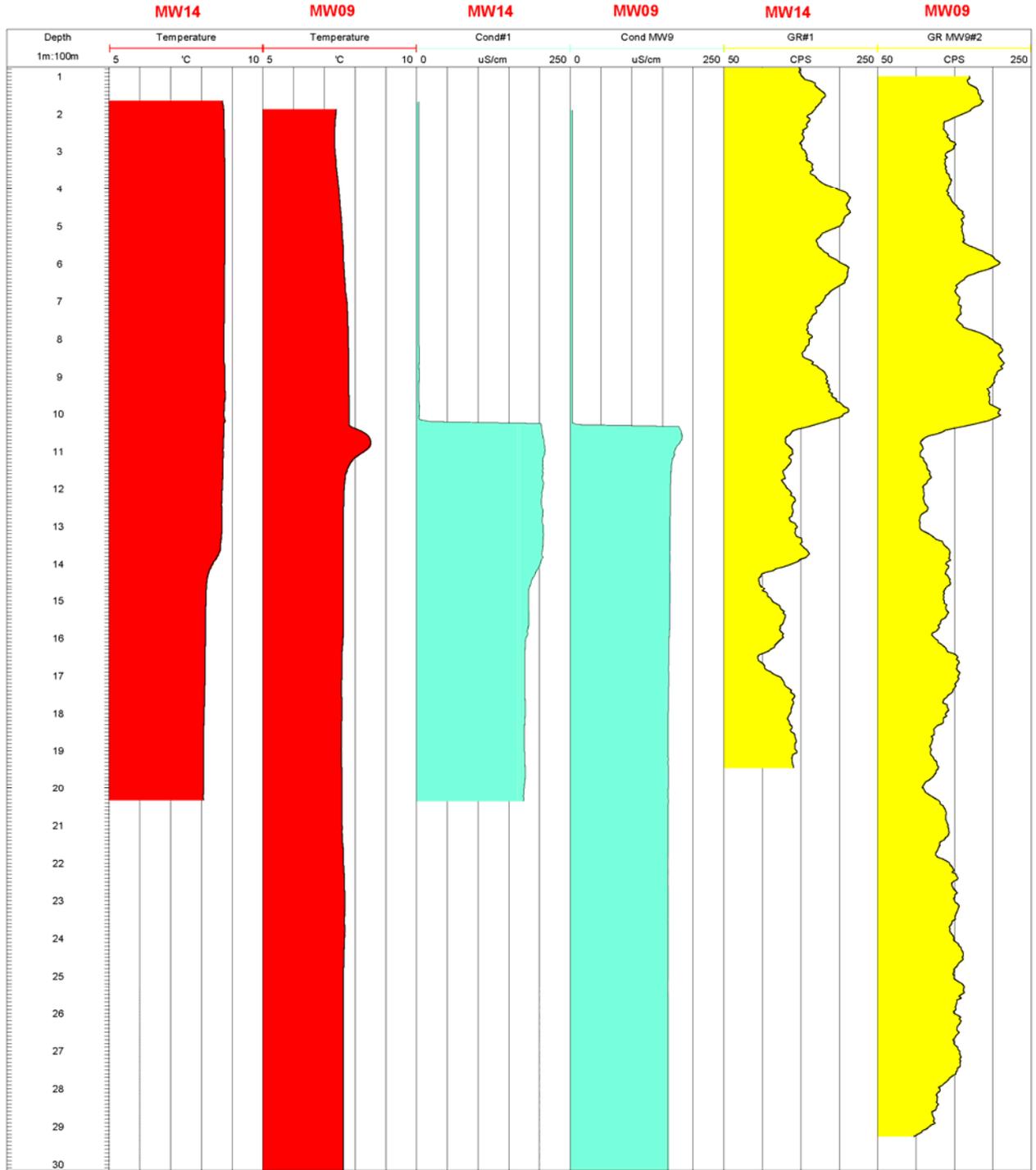
AKTIVITÄT:
ATTIVITÀ: LOG GAMMA RAY, TEMPERATURA E
CONDUCEBILITÀ ELETTRICA
PEGEL/PIEZOMETRO: MW-B-14 – MW-B-09

BAUMEISTER
ESECUTORE

GEOLOG. GIANFRANCO DRAGÀ'

BEARBEITER
SUPERVISORE

DR. ING. MARCO SCARELLA





AUFTRAGGEBER/COMMITTENTE: ISARCO S.C.A.R.L.
PROJEKT: TRACERVERSUCHEN
PROGETTO: PROVE CON TRACCIANTE
ORT/LOCALITÀ: FRANZENFESTE/FORTEZZA (BZ)
DATUM/DATA: 25.03.2015

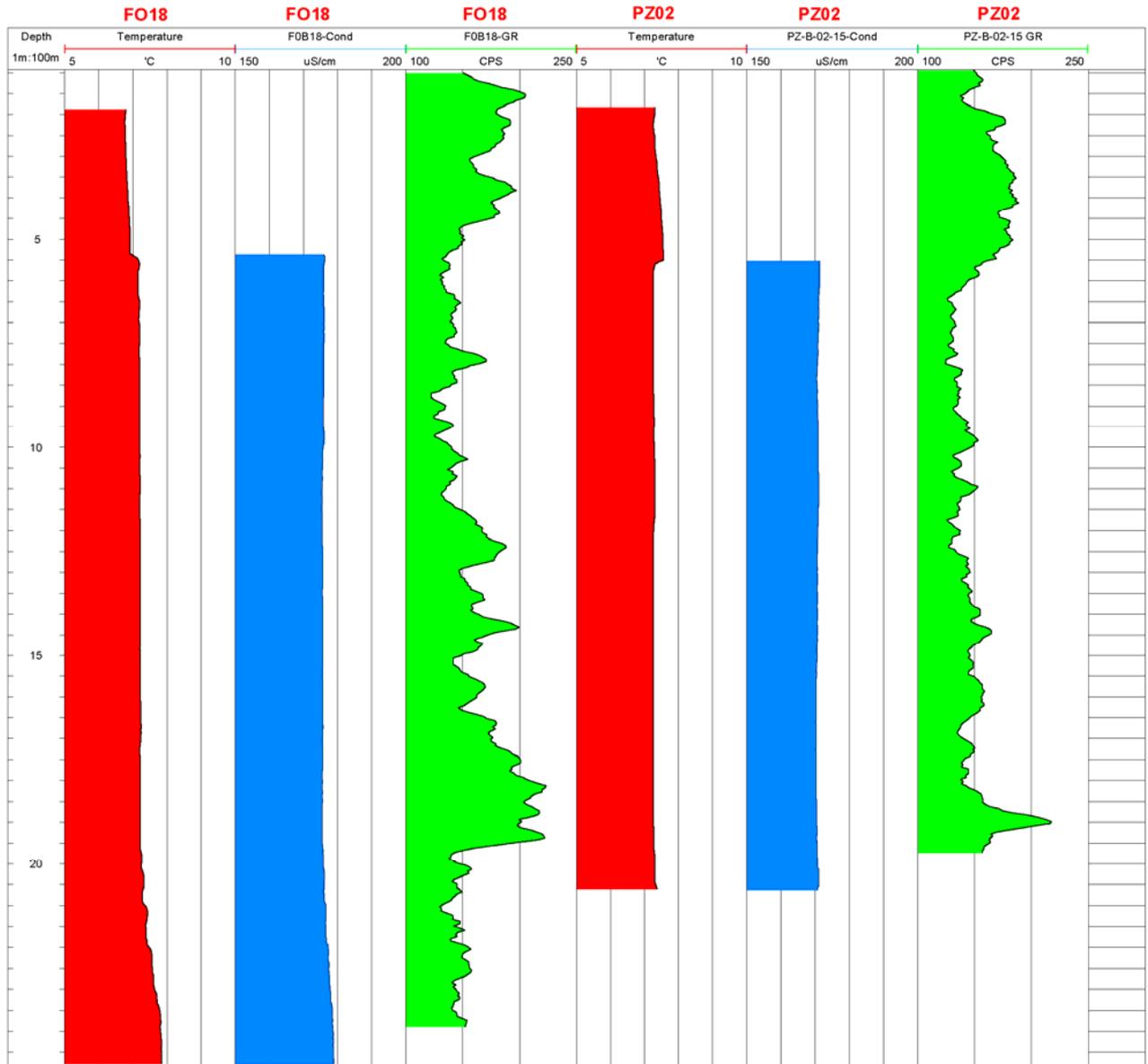
AKTIVITÄT:
ATTIVITÀ: LOG GAMMA RAY, TEMPERATURA E
CONDUCEBILITÀ ELETTRICA
PEGEL/PIEZOMETRO: Fo-B-18 – Pz-B-02

BAUMEISTER
ESECUTORE

GEOLOG. GIANFRANCO DRAGÀ'

BEARBEITER
SUPERVISORE

DR. ING. MARCO SCARELLA





AUFTRAGGEBER/COMMITTENTE: ISARCO S.C.A.R.L.
PROJEKT: TRACERVERSUCHEN
PROGETTO: PROVE CON TRACCIANTE
ORT/LOCALITÀ: FRANZENFESTE/FORTEZZA (BZ)
DATUM/DATA: 25.03.2015

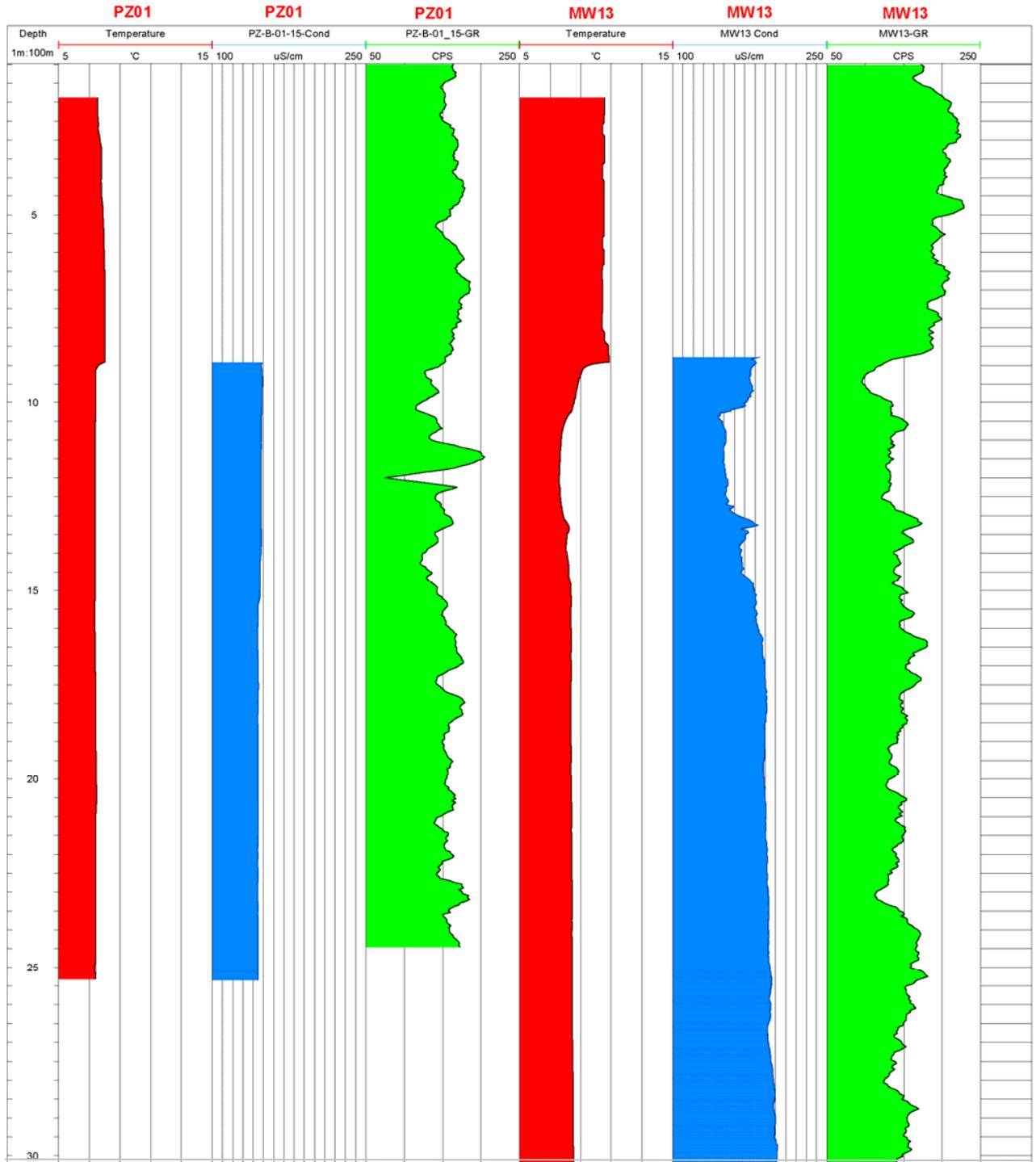
AKTIVITÄT:
ATTIVITÀ: LOG GAMMA RAY, TEMPERATURA E
CONDUCIBILITÀ ELETTRICA
PEGEL/PIEZOMETRO: Pz-B-01 – MW-B-13

BAUMEISTER
ESECUTORE

GEOLOG. GIANFRANCO DRAGÀ'

BEARBEITER
SUPERVISORE

DR. ING. MARCO SCARELLA



ANLAGE C	ALLEGATO C
	Prove di pompaggio a gradini di portata



AUFTRAGGEBER/COMMITTENTE: ISARCO S.C.A.R.L.
PROJEKT: TRACERVERSUCHEN
PROGETTO: PROVE CON TRACCIANTE
ORT/LOCALITÀ: FRANZENFESTE/FORTEZZA (BZ)
DATUM/DATA: 19.03.2015

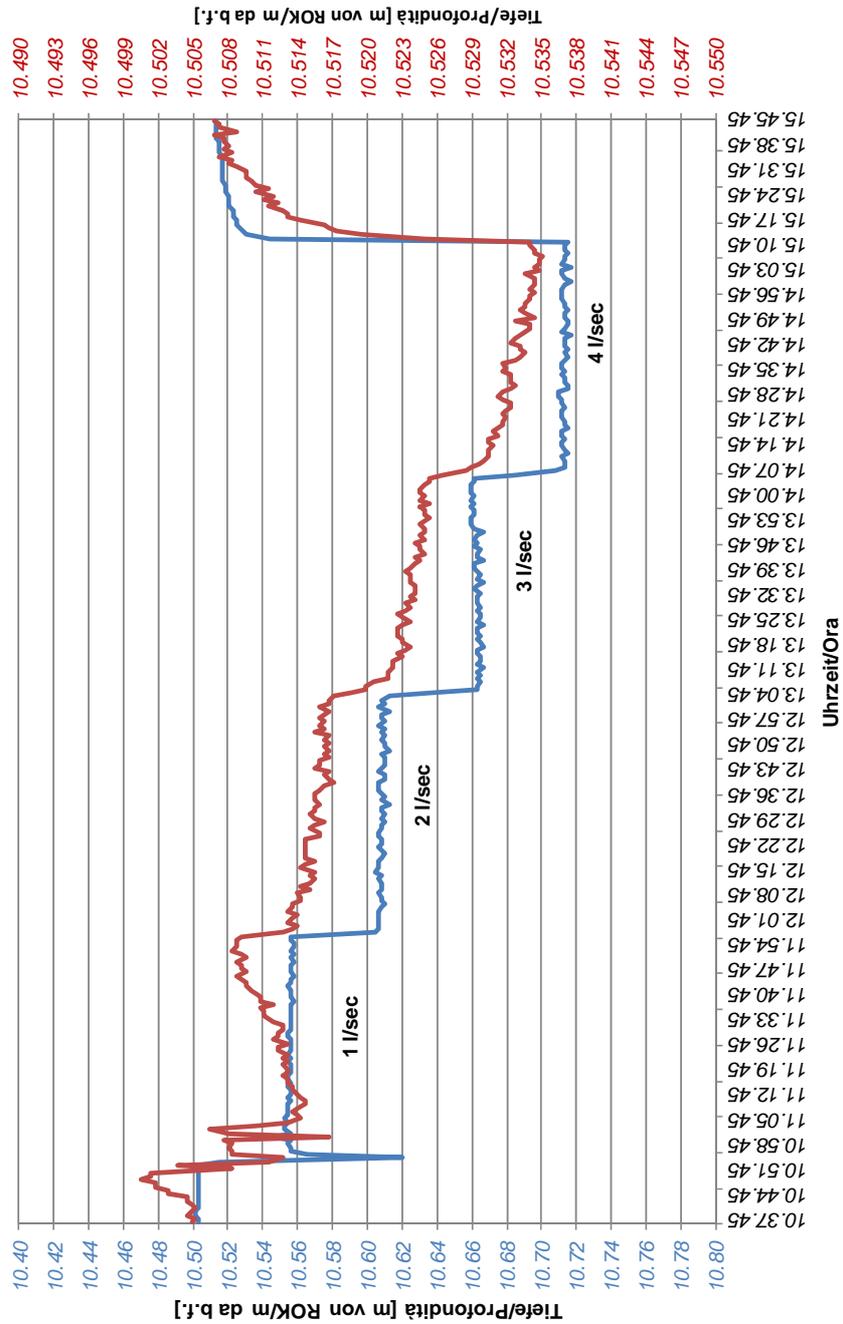
AKTIVITÄT:
ATTIVITÀ: PROVA DI POMPAGGIO A GRADINI DI PORTATA, RISPOSTA PORTATA-ABBASSAMENTO
PEGEL/PIEZOMETRO: MW-B-09 – MW-B-14

BAUMEISTER
ESECUTORE

GEOL. GIANFRANCO DRAGÀ'

BEARBEITER
SUPERVISORE

DR. ING. MARCO SCARELLA





AUFTRAGGEBER/COMMITTENTE: ISARCO S.C.A.R.L.
PROJEKT: TRACERVERSUCHEN
PROGETTO: PROVE CON TRACCIANTE
ORT/LOCALITÀ: FRANZENFESTE/FORTEZZA (BZ)
DATUM/DATA: 19.03.2015

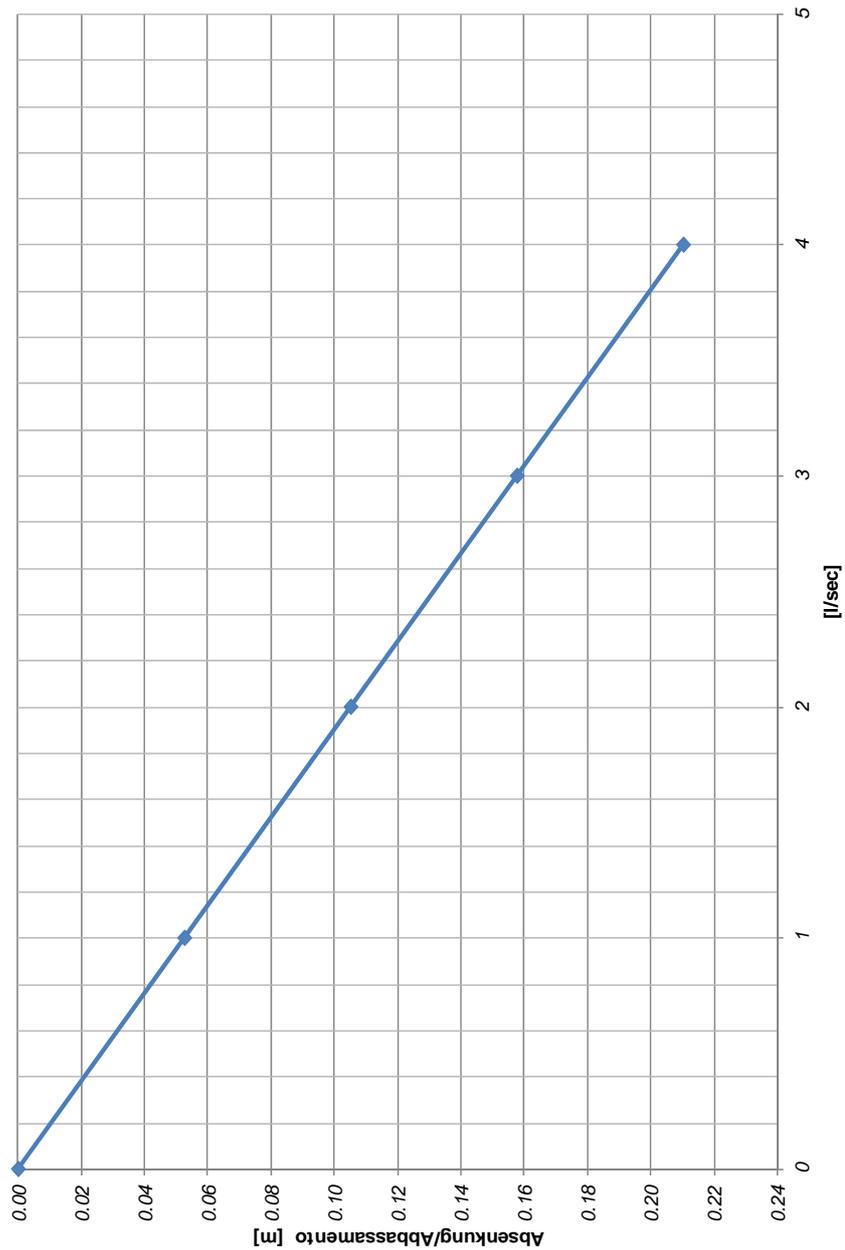
AKTIVITÄT:
ATTIVITÀ: PROVA DI POMPAGGIO A GRADINI DI PORTATA, CURVA CARATTERISTICA
PEGEL/PIEZOMETRO: MW-B-09

BAUMEISTER
ESECUTORE

GEOLOG. GIANFRANCO DRAGÀ'

BEARBEITER
SUPERVISORE

DR. ING. MARCO SCARELLA





AUFTRAGGEBER/COMMITTENTE: ISARCO S.C.A.R.L.
 PROJEKT: TRACERVERSUCHEN
 PROGETTO: PROVE CON TRACCIANTE
 ORT/LOCALITÀ: FRANZENFESTE/FORTEZZA (BZ)
 DATUM/DATA: 17.03.2015

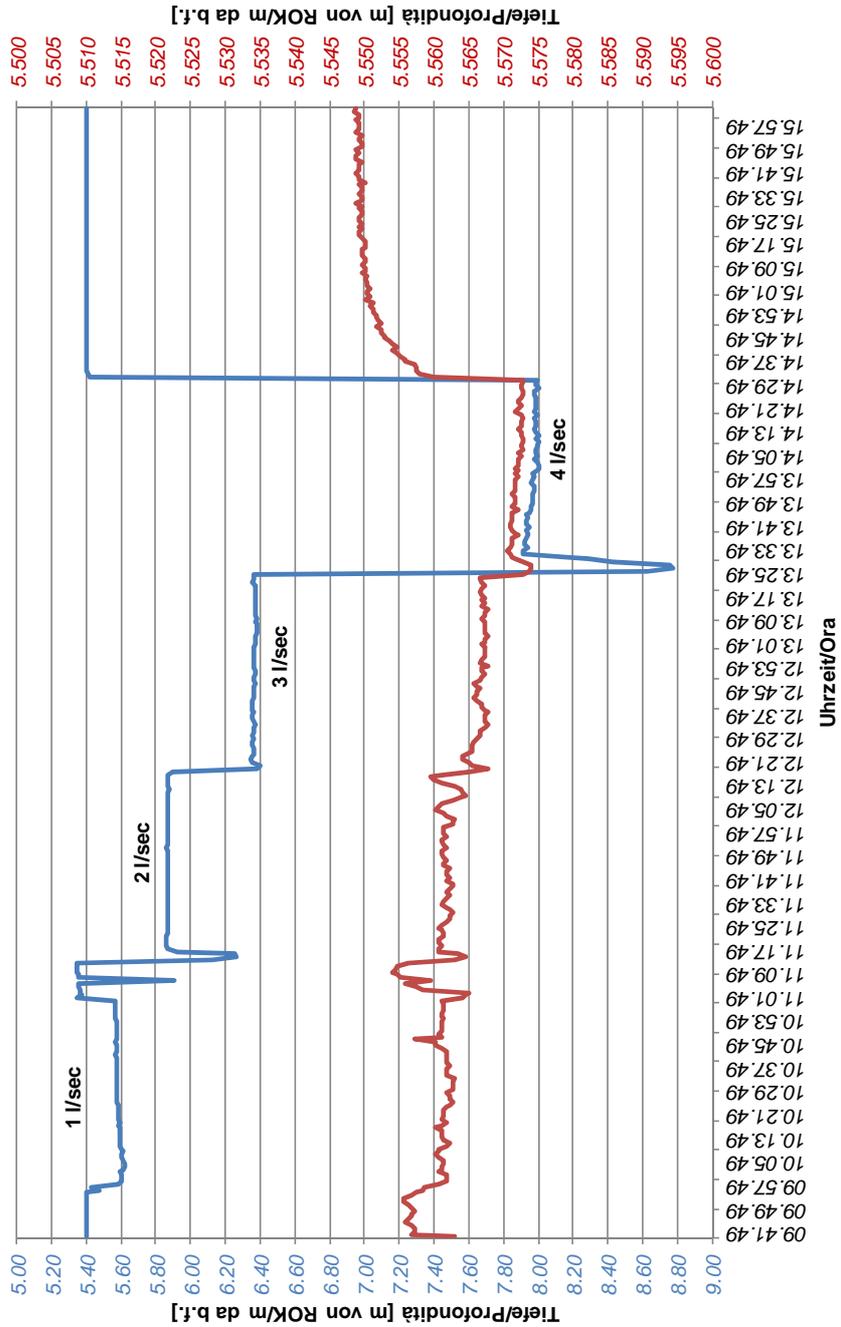
AKTIVITÄT:
 ATTIVITÀ: PROVA DI POMPAGGIO A GRADINI DI PORTATA, RISPOSTA PORTATA-ABBASSAMENTO
 PEGEL/PIEZOMETRO: Fo-B-18 – Pz-B-02

BAUMEISTER
 ESECUTORE

GEOL. GIANFRANCO DRAGÀ'

BEARBEITER
 SUPERVISORE

DR. ING. MARCO SCARELLA





AUFTRAGGEBER/COMMITTENTE: ISARCO S.C.A.R.L.
PROJEKT: TRACERVERSUCHEN
PROGETTO: PROVE CON TRACCIANTE
ORT/LOCALITÀ: FRANZENFESTE/FORTEZZA (BZ)
DATUM/DATA: 17.03.2015

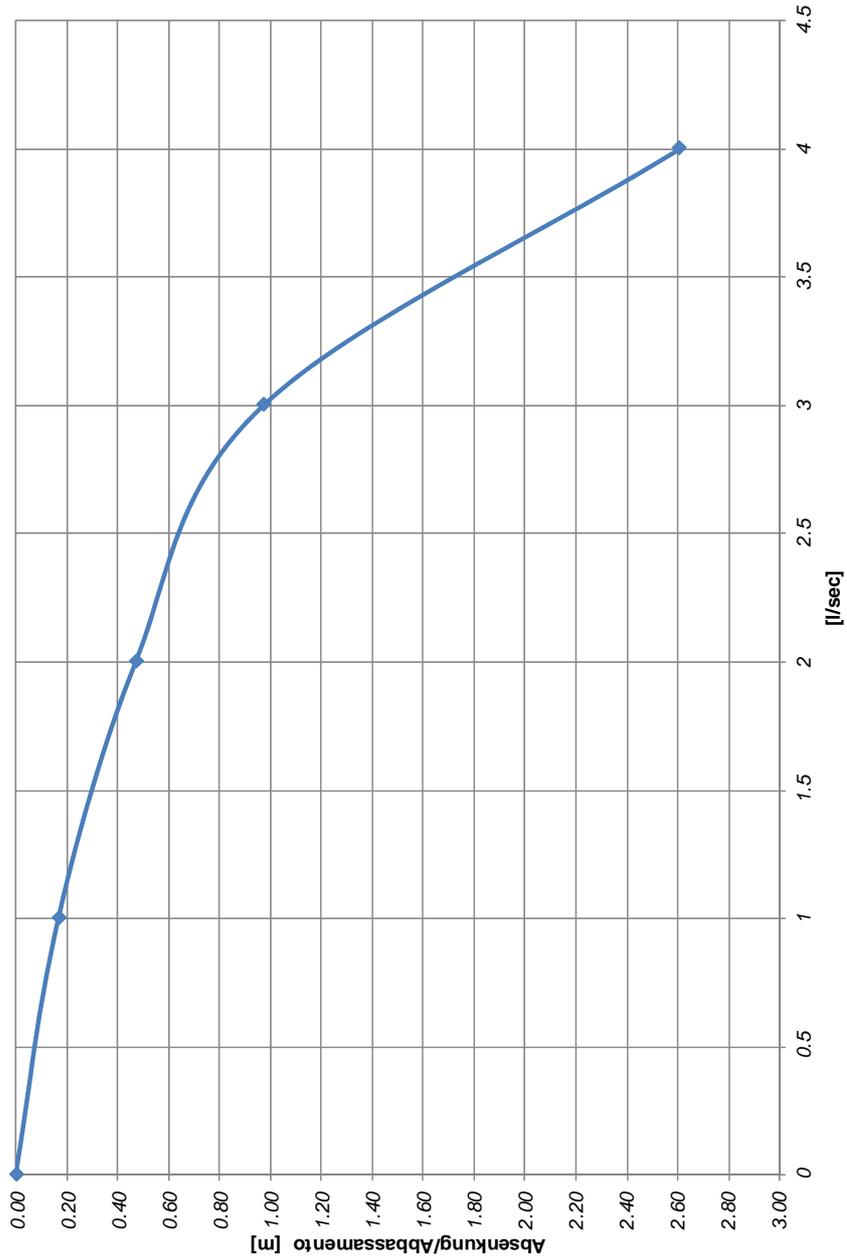
AKTIVITÄT:
ATTIVITÀ: PROVA DI POMPAGGIO A GRADINI DI PORTATA, CURVA CARATTERISTICA
PEGEL/PIEZOMETRO: Fo-B-18

BAUMEISTER
ESECUTORE

GEOLOG. GIANFRANCO DRAGÀ'

BEARBEITER
SUPERVISORE

DR. ING. MARCO SCARELLA





AUFTRAGGEBER/COMMITTENTE: ISARCO S.C.A.R.L.
 PROJEKT: TRACERVERSUCHEN
 PROGETTO: PROVE CON TRACCIANTE
 ORT/LOCALITÀ: FRANZENFESTE/FORTEZZA (BZ)
 DATUM/DATA: 18.03.2015

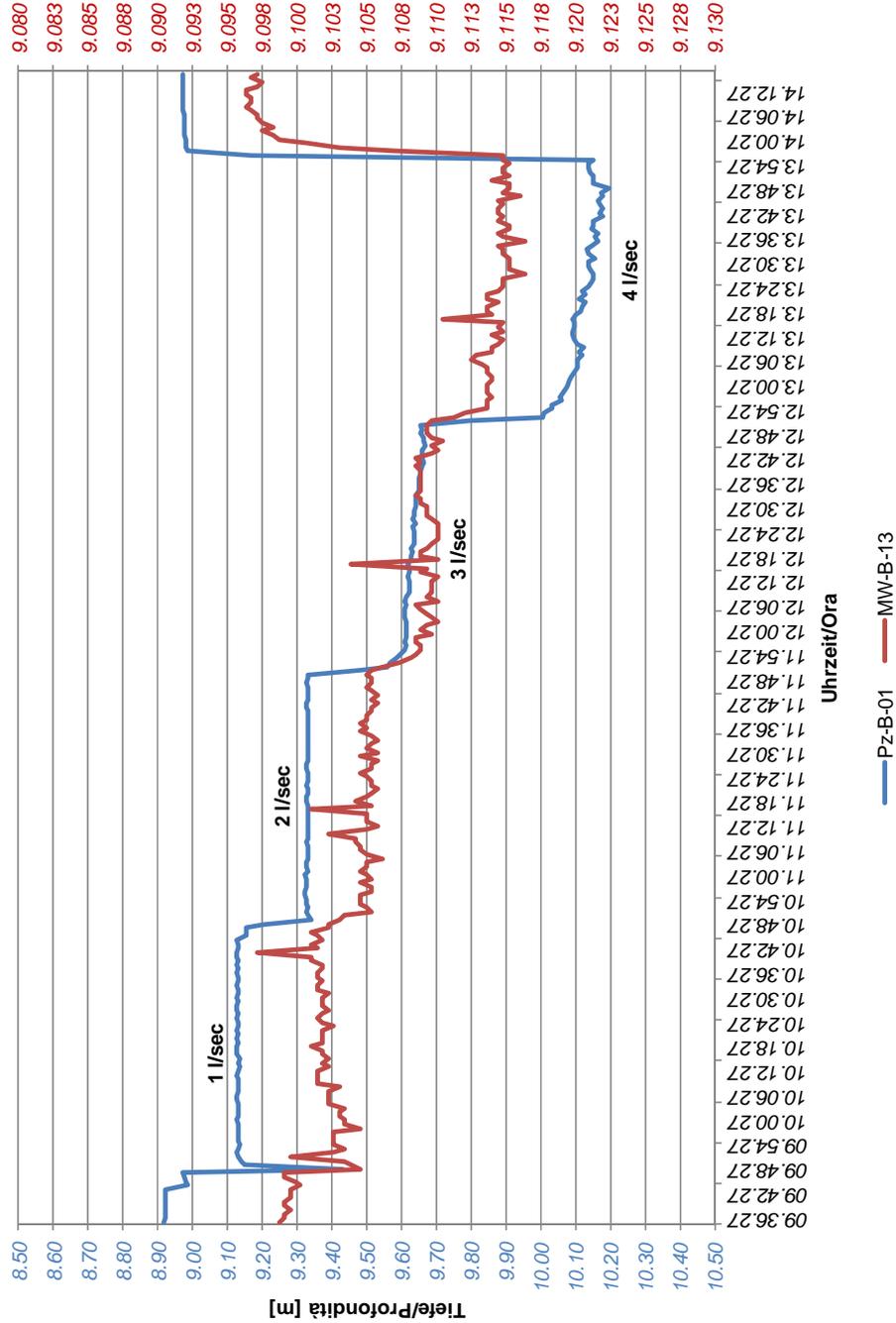
AKTIVITÄT:
 ATTIVITÀ: PROVA DI POMPAGGIO A GRADINI DI PORTATA, RISPOSTA PORTATA-ABBASSAMENTO
 PEGEL/PIEZOMETRO: Pz-B-01 – MW-B-13

BAUMEISTER
 ESECUTORE

GEOL. GIANFRANCO DRAGÀ'

BEARBEITER
 SUPERVISORE

DR. ING. MARCO SCARELLA





AUFTRAGGEBER/COMMITTENTE: ISARCO S.C.A.R.L.
PROJEKT: TRACERVERSUCHEN
PROGETTO: PROVE CON TRACCIANTE
ORT/LOCALITÀ: FRANZENFESTE/FORTEZZA (BZ)
DATUM/DATA: 17.03.2015

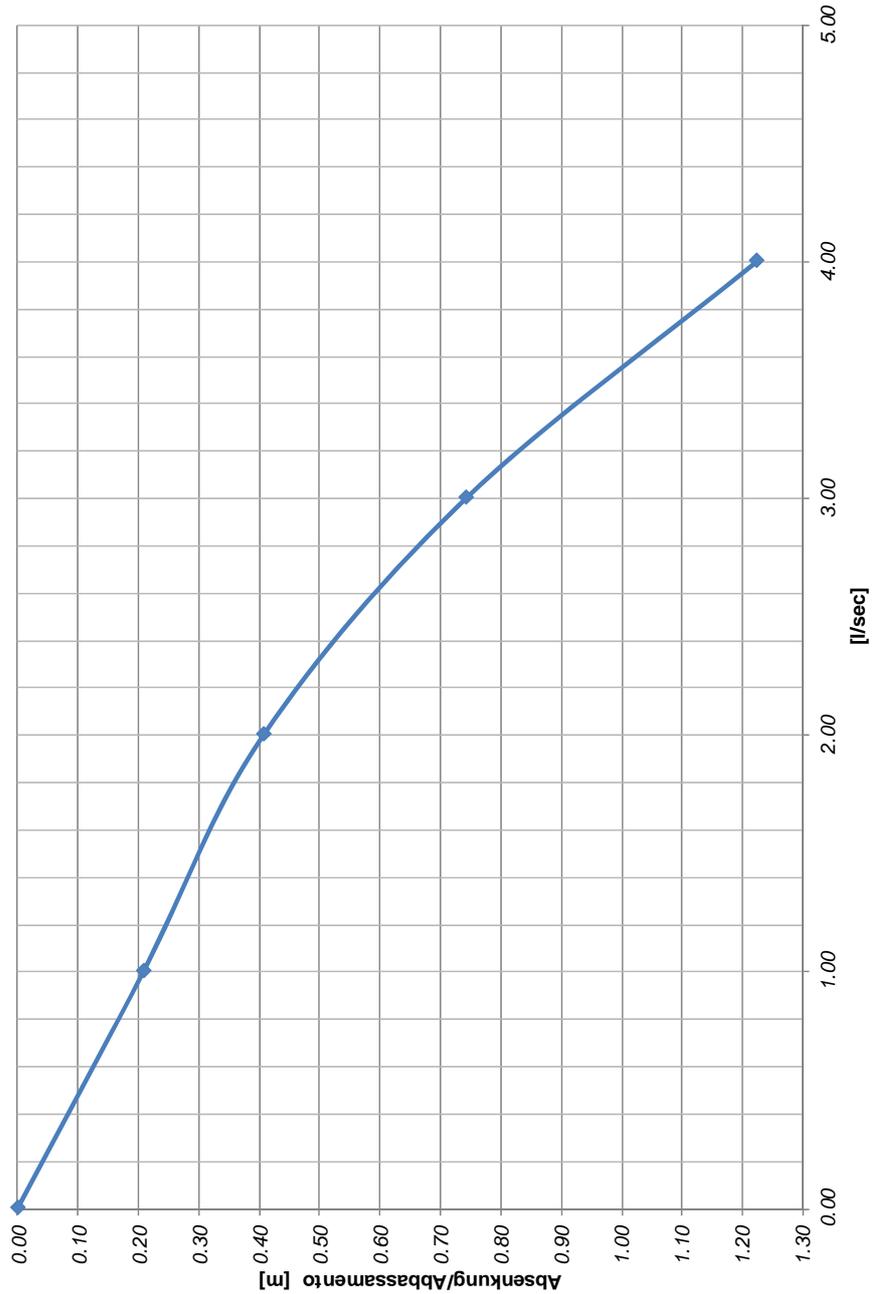
AKTIVITÄT:
ATTIVITÀ: PROVA DI POMPAGGIO A GRADINI DI PORTATA, CURVA CARATTERISTICA
PEGEL/PIEZOMETRO: Pz-B-01

BAUMEISTER
ESECUTORE

GEOLOG. GIANFRANCO DRAGÀ'

BEARBEITER
SUPERVISORE

DR. ING. MARCO SCARELLA



ANLAGE D	ALLEGATO D
	Prove di diluizione



AUFTRAGGEBER/COMMITTENTE: ISARCO S.C.A.R.L.
PROJEKT: TRACERVERSUCHEN
PROGETTO: PROVE CON TRACCIANTE
ORT/LOCALITÀ: FRANZENFESTE/FORTEZZA (BZ)
DATUM/DATA: 17.03.2015

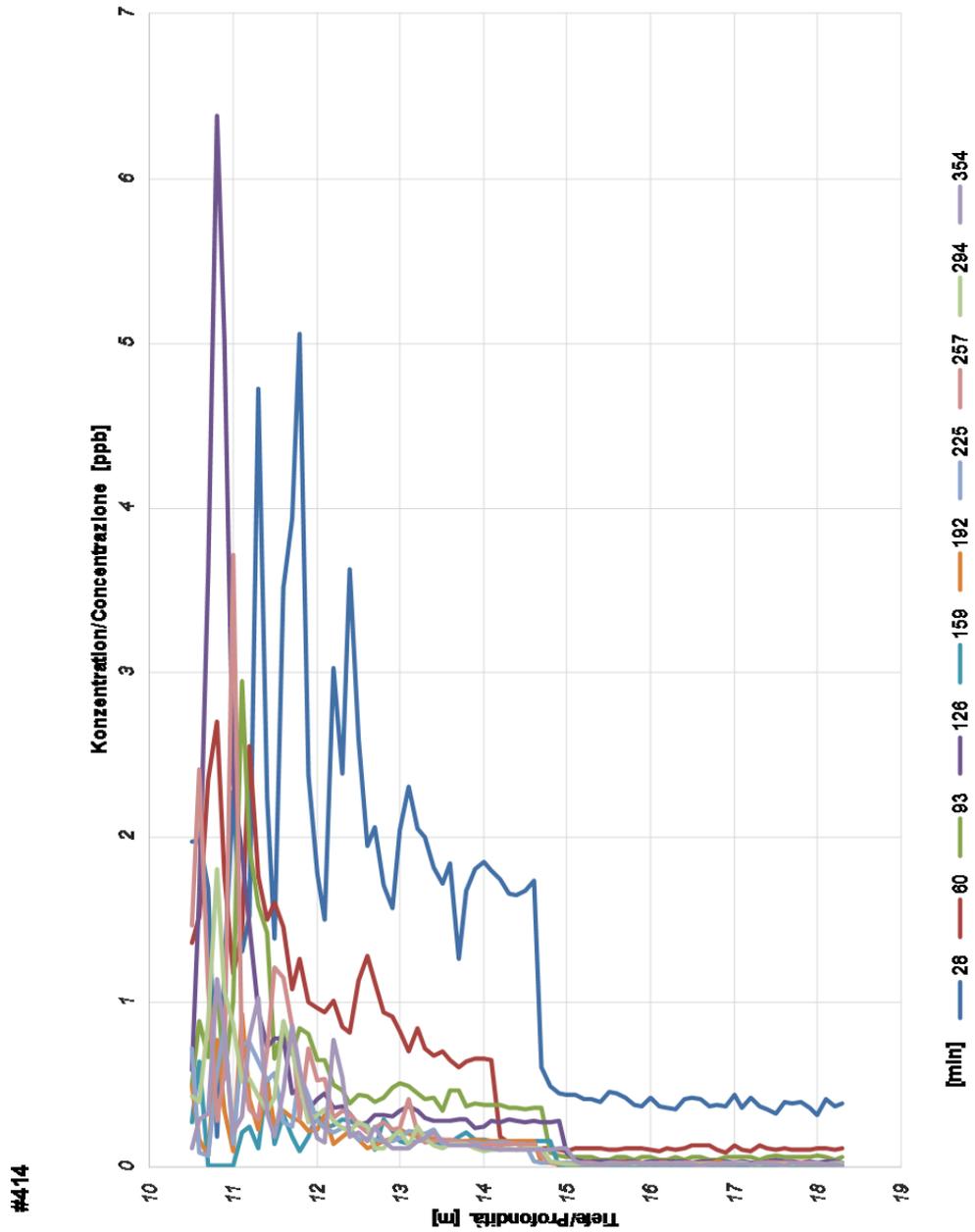
AKTIVITÄT:
ATTIVITÀ: PROVA DI DILUIZIONE SULLA VERTICALE CON
SONDA MOBILE
PEGEL/PIEZOMETRO: MW-B-14 (#414)

BAUMEISTER
ESECUTORE

GEOL. GIANFRANCO DRAGÀ'

BEARBEITER
SUPERVISORE

DR. ING. MARCO SCARELLA





AUFTRAGGEBER/COMMITTENTE: ISARCO S.C.A.R.L.
PROJEKT: TRACERVERSUCHEN
PROGETTO: PROVE CON TRACCIANTE
ORT/LOCALITÀ: FRANZENFESTE/FORTEZZA (BZ)
DATUM/DATA: 27.02.2015

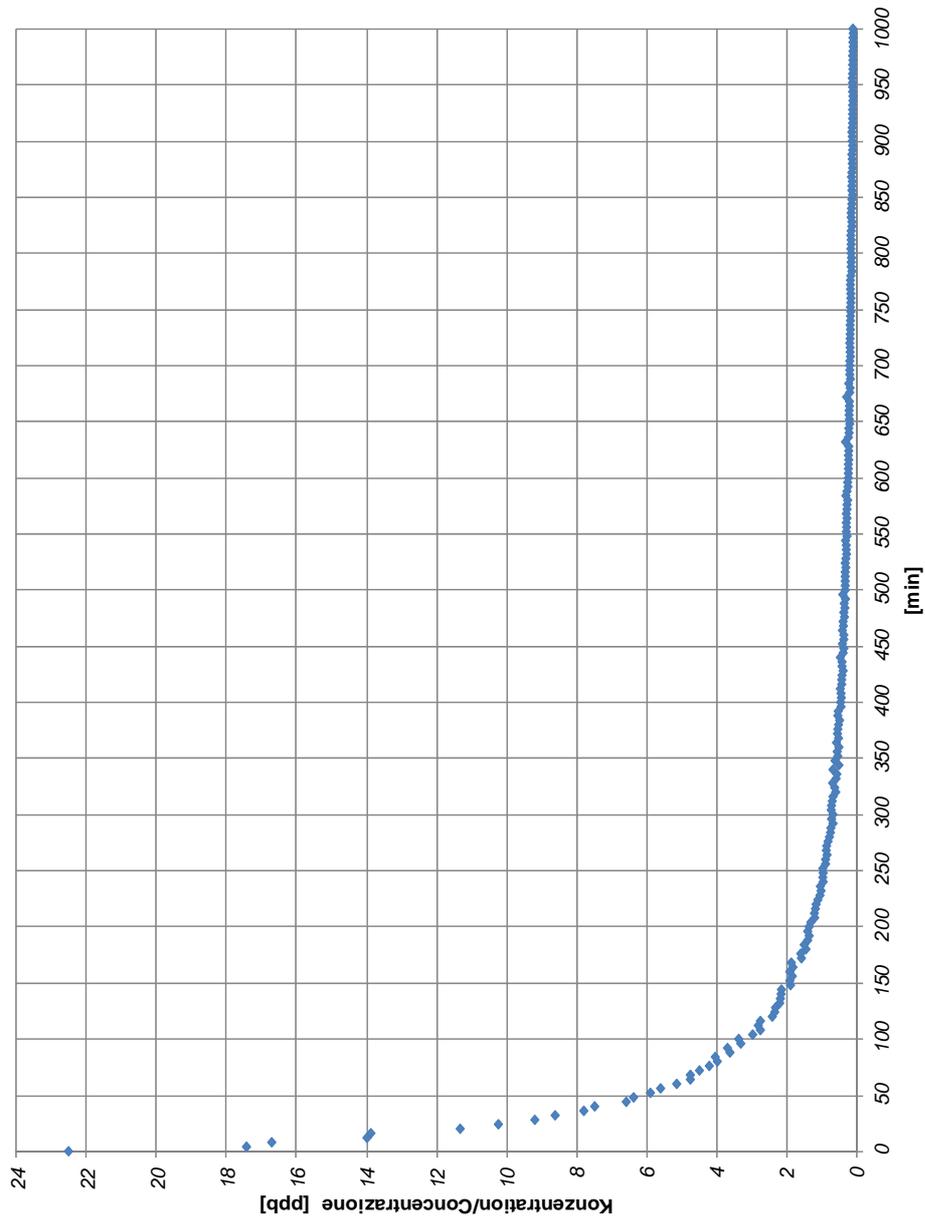
AKTIVITÄT:
ATTIVITÀ: PROVA DI DILUIZIONE CON Sonda FISSA ALLA
PROFONDITÀ 14 m DA B.F.
PEGEL/PIEZOMETRO: MW-B-14

BAUMEISTER
ESECUTORE

GEOL. GIANFRANCO DRAGÀ'

BEARBEITER
SUPERVISORE

DR. ING. MARCO SCARELLA





AUFTRAGGEBER/COMMITTENTE: ISARCO S.C.A.R.L.
PROJEKT: TRACERVERSUCHEN
PROGETTO: PROVE CON TRACCIANTE
ORT/LOCALITÀ: FRANZENFESTE/FORTEZZA (BZ)
DATUM/DATA: 21.04.2015

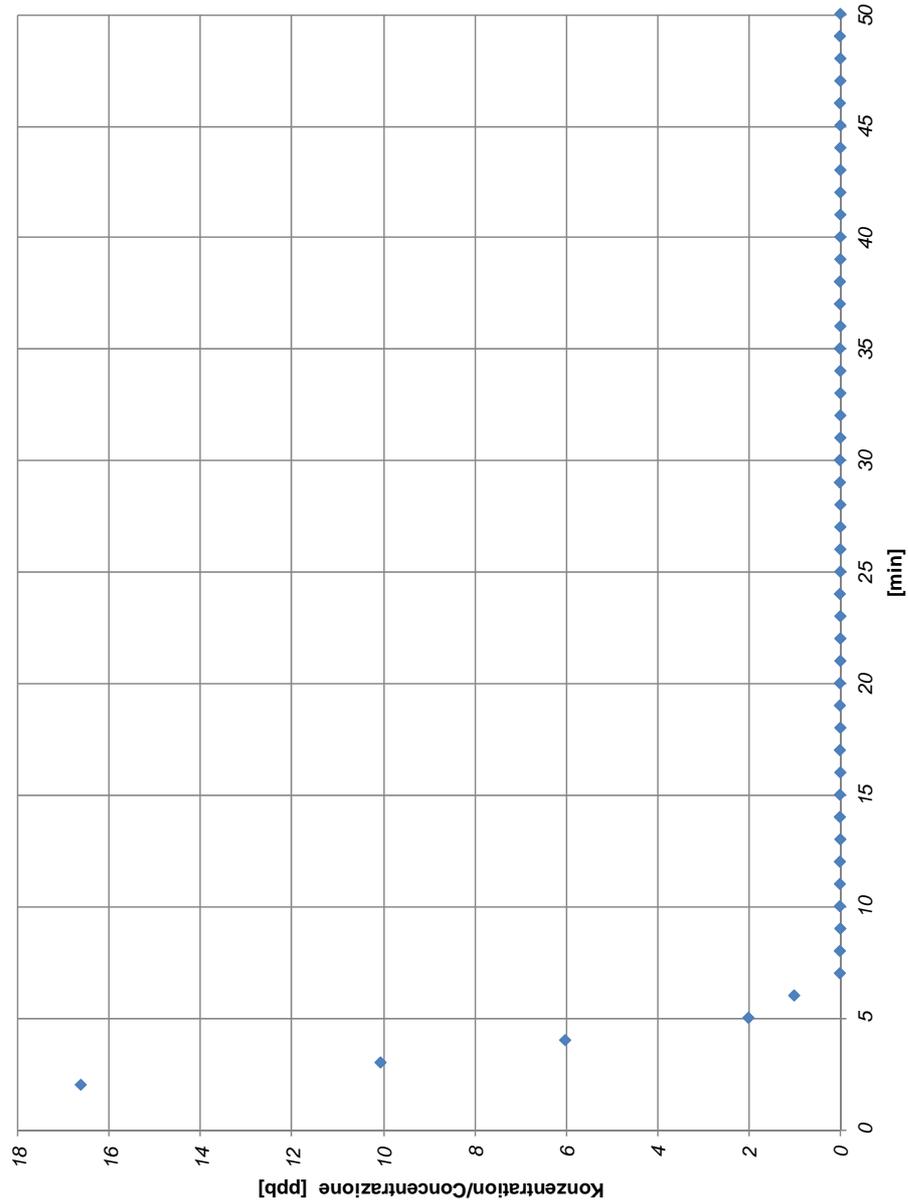
AKTIVITÄT:
ATTIVITÀ: PROVA DI DILUIZIONE CON Sonda FISSA ALLA
PROFONDITÀ 17 m DA B.F.
PEGEL/PIEZOMETRO: MW-B-14

BAUMEISTER
ESECUTORE

GEOL. GIANFRANCO DRAGÀ'

BEARBEITER
SUPERVISORE

DR. ING. MARCO SCARELLA





AUFTRAGGEBER/COMMITTENTE: ISARCO S.C.A.R.L.
PROJEKT: TRACERVERSUCHEN
PROGETTO: PROVE CON TRACCIANTE
ORT/LOCALITÀ: FRANZENFESTE/FORTEZZA (BZ)
DATUM/DATA: 16.03.2015

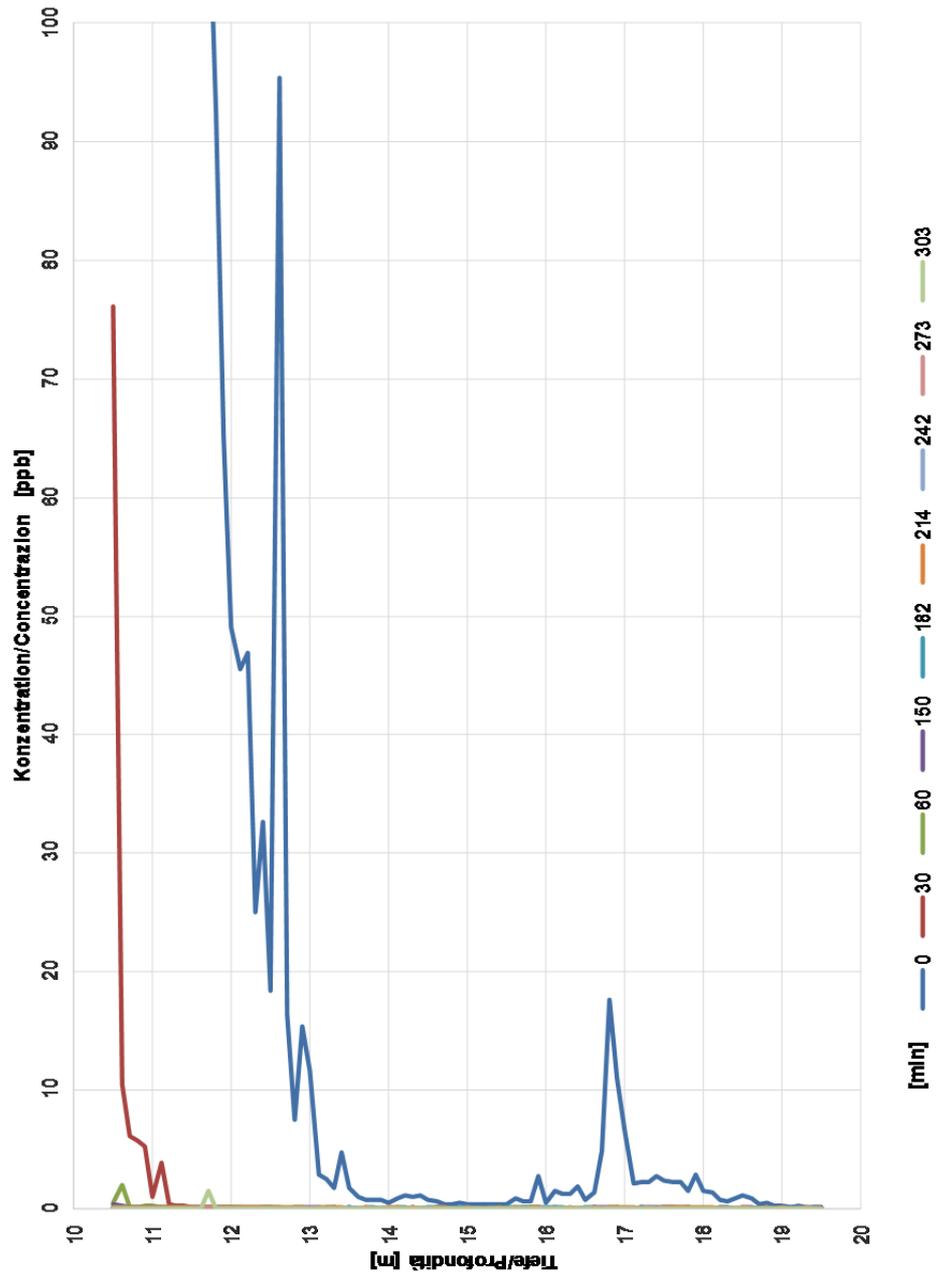
AKTIVITÄT:
ATTIVITÀ: PROVA DI DILUIZIONE SULLA VERTICALE CON
SONDA MOBILE
PEGEL/PIEZOMETRO: MW-B-09

BAUMEISTER
ESECUTORE

GEOL. GIANFRANCO DRAGÀ'

BEARBEITER
SUPERVISORE

DR. ING. MARCO SCARELLA





AUFTRAGGEBER/COMMITTENTE: ISARCO S.C.A.R.L.
PROJEKT: TRACERVERSUCHEN
PROGETTO: PROVE CON TRACCIANTE
ORT/LOCALITÀ: FRANZENFESTE/FORTEZZA (BZ)
DATUM/DATA: 30.04.2015

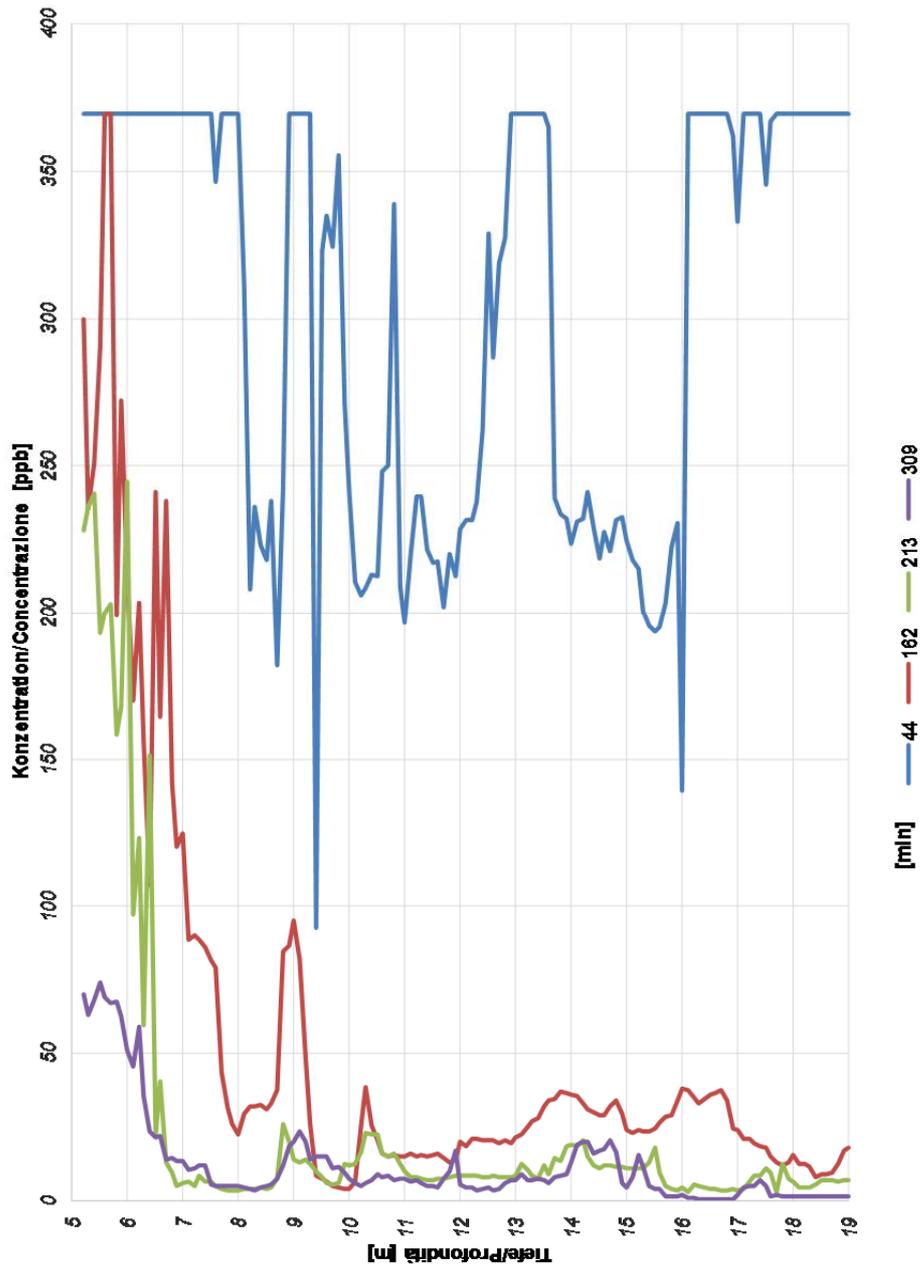
AKTIVITÄT:
ATTIVITÀ: PROVA DI DILUIZIONE SULLA VERTICALE CON
SONDA MOBILE
PEGEL/PIEZOMETRO: Pz-B-02

BAUMEISTER
ESECUTORE

GEOL. GIANFRANCO DRAGÀ'

BEARBEITER
SUPERVISORE

DR. ING. MARCO SCARELLA





AUFTRAGGEBER/COMMITTENTE: ISARCO S.C.A.R.L.
PROJEKT: TRACERVERSUCHEN
PROGETTO: PROVE CON TRACCIANTE
ORT/LOCALITÀ: FRANZENFESTE/FORTEZZA (BZ)
DATUM/DATA: 27.03.2015

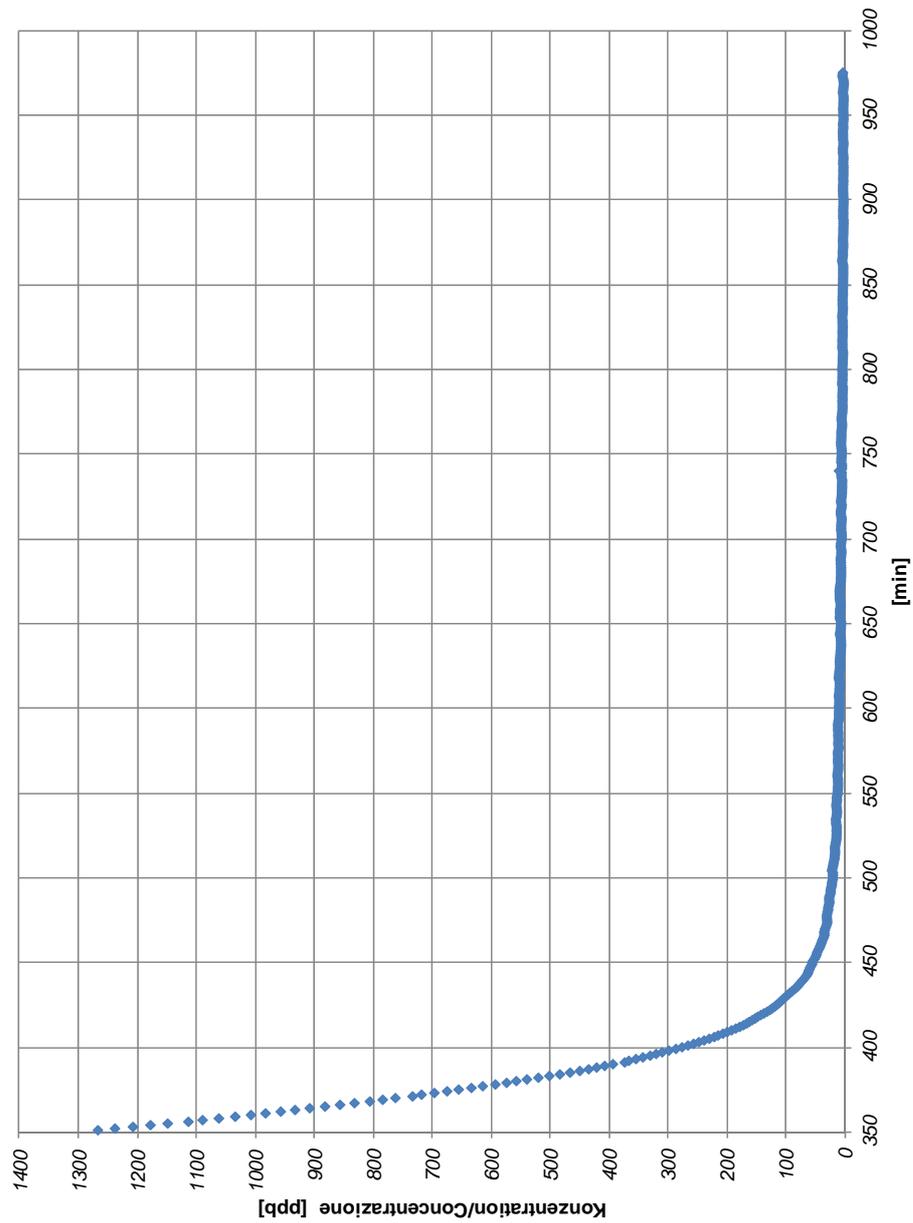
AKTIVITÄT:
ATTIVITÀ: PROVA DI DILUIZIONE CON Sonda FISSA ALLA
PROFONDITÀ 15 m DA B.F.
PEGEL/PIEZOMETRO: Pz-B-02

BAUMEISTER
ESECUTORE

GEOL. GIANFRANCO DRAGÀ'

BEARBEITER
SUPERVISORE

DR. ING. MARCO SCARELLA





AUFTRAGGEBER/COMMITTENTE: ISARCO S.C.A.R.L.
PROJEKT: TRACERVERSUCHEN
PROGETTO: PROVE CON TRACCIANTE
ORT/LOCALITÀ: FRANZENFESTE/FORTEZZA (BZ)
DATUM/DATA: 28.04.2015

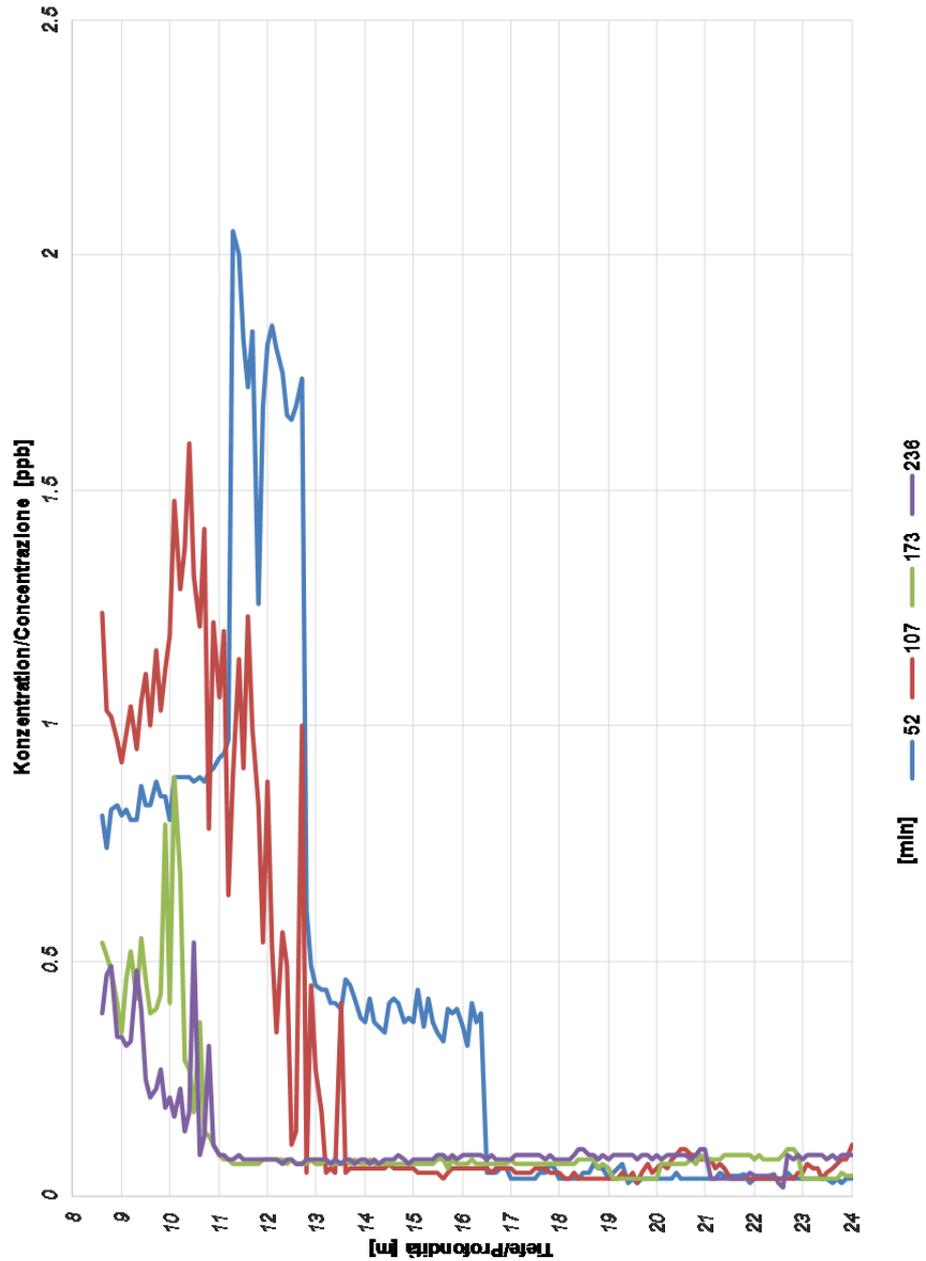
AKTIVITÄT:
ATTIVITÀ: PROVA DI DILUIZIONE SULLA VERTICALE CON
SONDA MOBILE
PEGEL/PIEZOMETRO: MW-B-13

BAUMEISTER
ESECUTORE

GEOL. GIANFRANCO DRAGÀ'

BEARBEITER
SUPERVISORE

DR. ING. MARCO SCARELLA





AUFTRAGGEBER/COMMITTENTE: ISARCO S.C.A.R.L.
PROJEKT: TRACERVERSUCHEN
PROGETTO: PROVE CON TRACCIANTE
ORT/LOCALITÀ: FRANZENFESTE/FORTEZZA (BZ)
DATUM/DATA: 08.04.2015

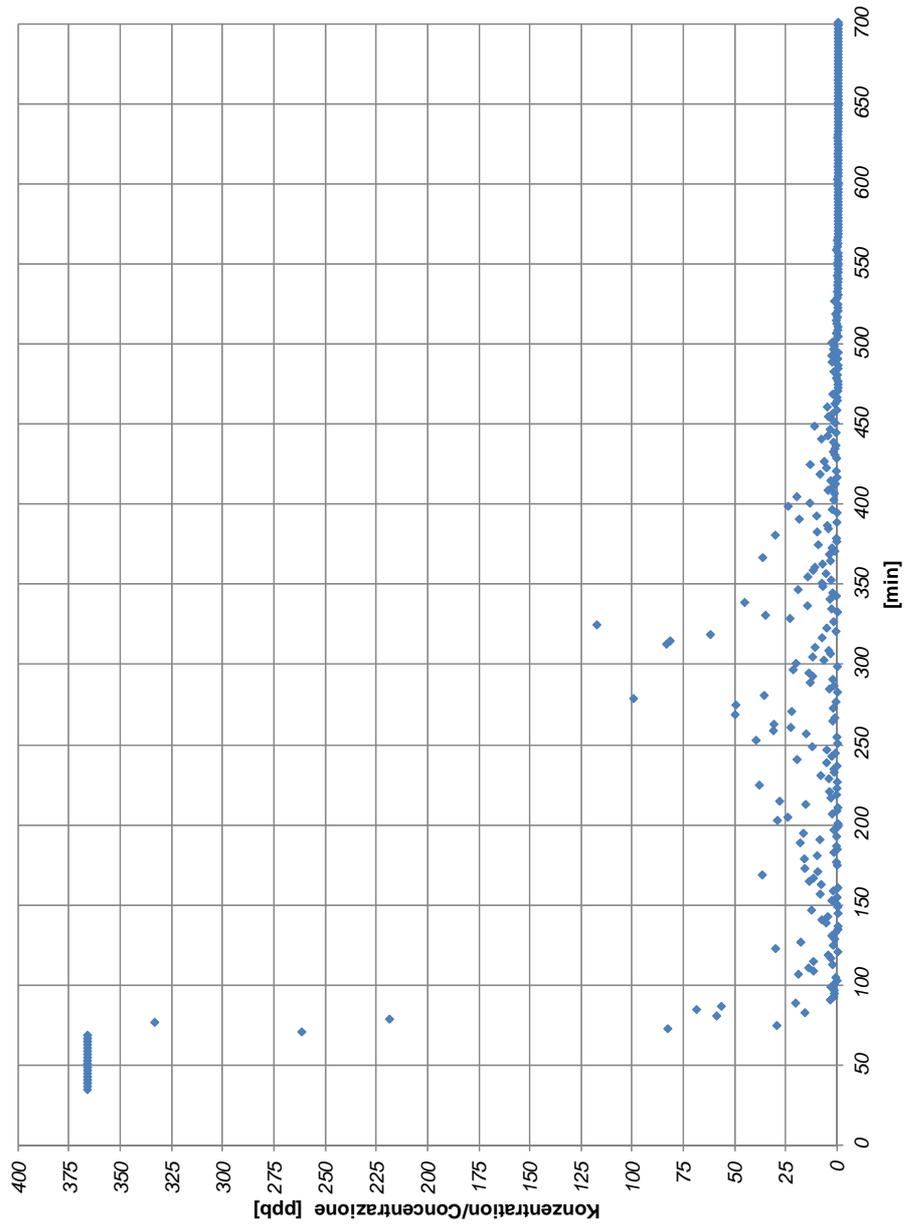
AKTIVITÄT:
ATTIVITÀ: PROVA DI DILUIZIONE CON SONDA FISSA ALLA
PROFONDITÀ 12 m DA B.F.
PEGEL/PIEZOMETRO: MW-B-13

BAUMEISTER
ESECUTORE

GEOLOGO
GIANFRANCO DRAGÀ'

BEARBEITER
SUPERVISORE

DR. ING. MARCO SCARELLA





AUFTRAGGEBER/COMMITTENTE: ISARCO S.C.A.R.L.
PROJEKT: TRACERVERSUCHEN
PROGETTO: PROVE CON TRACCIANTE
ORT/LOCALITÀ: FRANZENFESTE/FORTEZZA (BZ)
DATUM/DATA: 28.04.2015

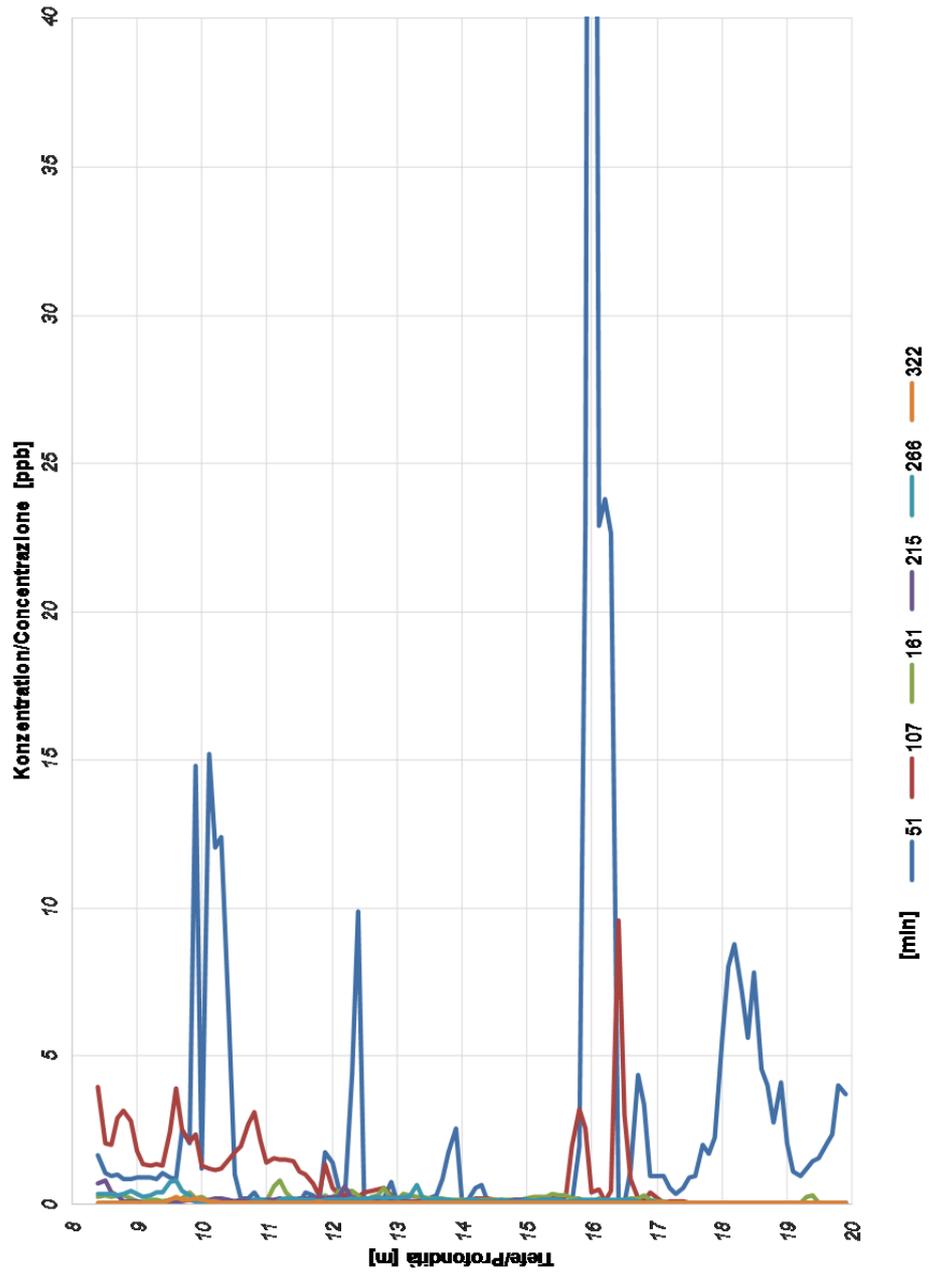
AKTIVITÄT:
ATTIVITÀ: PROVA DI DILUIZIONE SULLA VERTICALE CON
SONDA MOBILE
PEGEL/PIEZOMETRO: Pz-B-01

BAUMEISTER
ESECUTORE

GEOL. GIANFRANCO DRAGÀ'

BEARBEITER
SUPERVISORE

DR. ING. MARCO SCARELLA



ANLAGE E	ALLEGATO E
	Prove di tracciamento



AUFTRAGGEBER/COMMITTENTE: ISARCO S.C.A.R.L.
PROJEKT: TRACERVERSUCHEN
PROGETTO: PROVE CON TRACCIANTE
ORT/LOCALITÀ: FRANZENFESTE/FORTEZZA (BZ)
DATUM/DATA: 28.04.2015

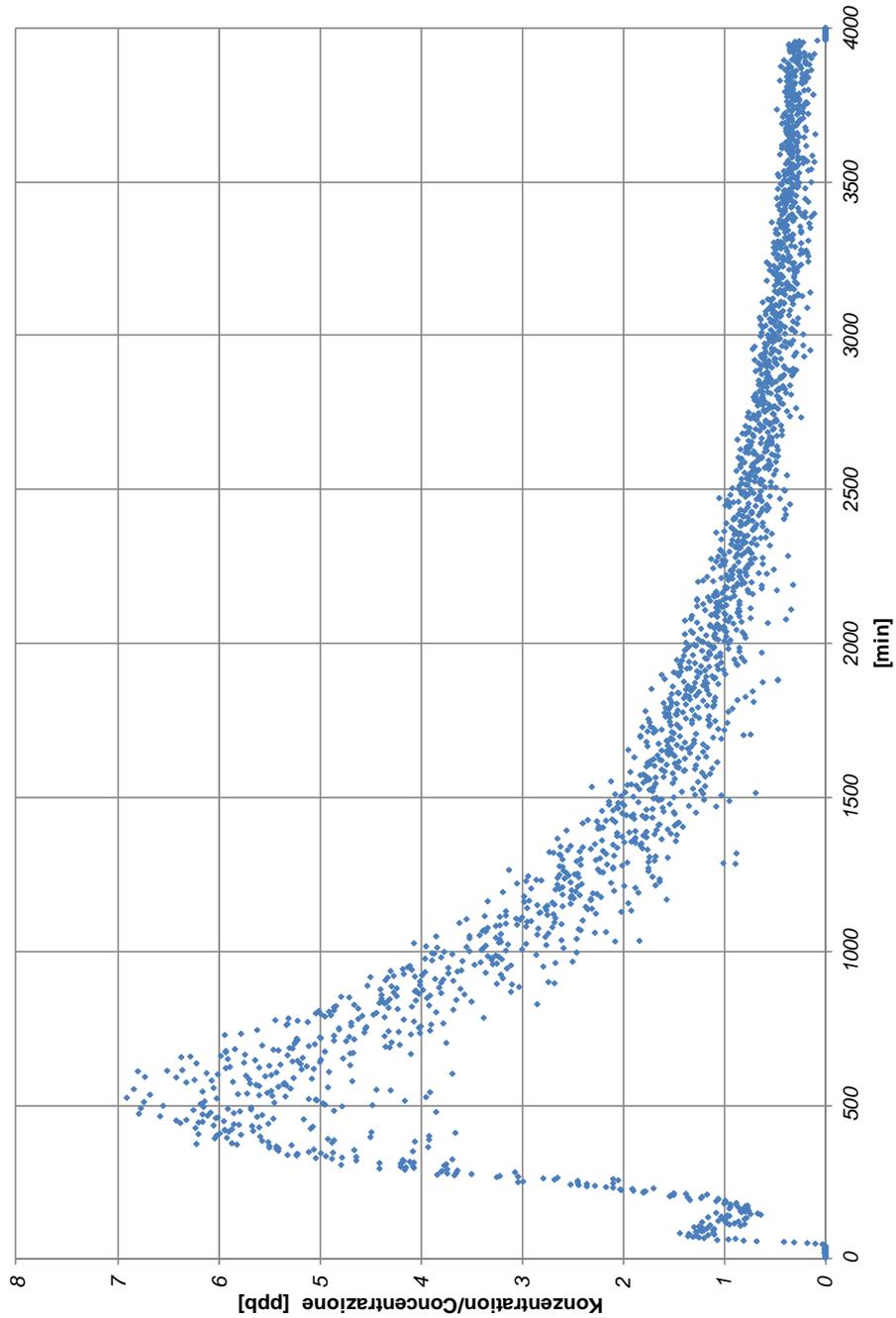
AKTIVITÄT:
ATTIVITÀ: PROVA DI TRACCIAMENTO, IMMISSIONE -
RICEZIONE
PEGEL/PIEZOMETRO: MW-B-14 – MW-B-09

BAUMEISTER
ESECUTORE

GEOLOGO
GIANFRANCO DRAGÀ'

BEARBEITER
SUPERVISORE

INGEGNERE
DR. ING. MARCO SCARELLA





AUFTRAGGEBER/COMMITTENTE: ISARCO S.C.A.R.L.
PROJEKT: TRACERVERSUCHEN
PROGETTO: PROVE CON TRACCIANTE
ORT/LOCALITÀ: FRANZENFESTE/FORTEZZA (BZ)
DATUM/DATA: 28.04.2015

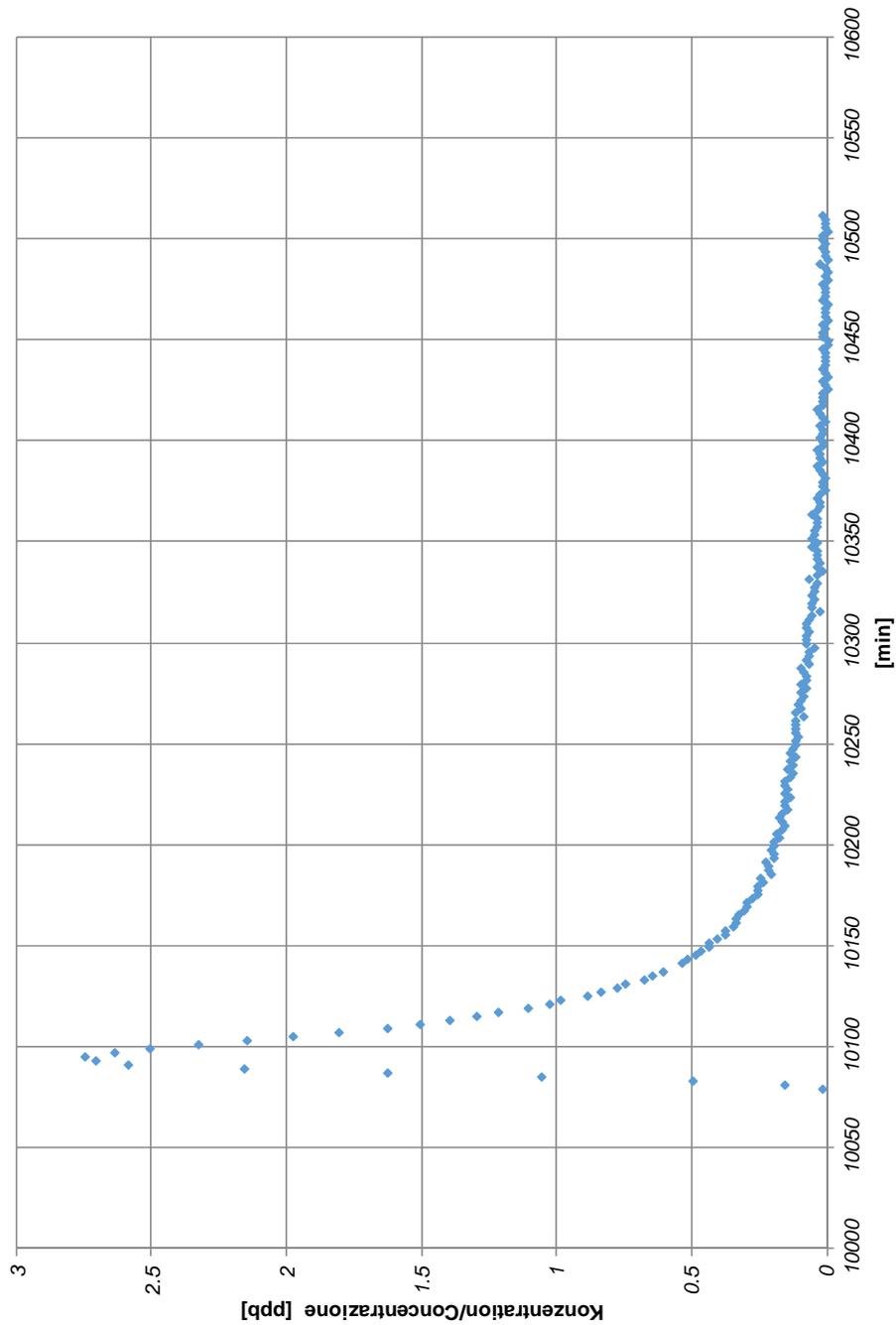
AKTIVITÄT:
ATTIVITÀ: PROVA DI TRACCIAMENTO, IMMISSIONE -
RICEZIONE
PEGEL/PIEZOMETRO: Pz-B-02 – Fo-B-18

BAUMEISTER
ESECUTORE

GEOLOG. GIANFRANCO DRAGÀ'

BEARBEITER
SUPERVISORE

DR. ING. MARCO SCARELLA



ANLAGE F	ALLEGATO F
	Mappa isopiezometriche

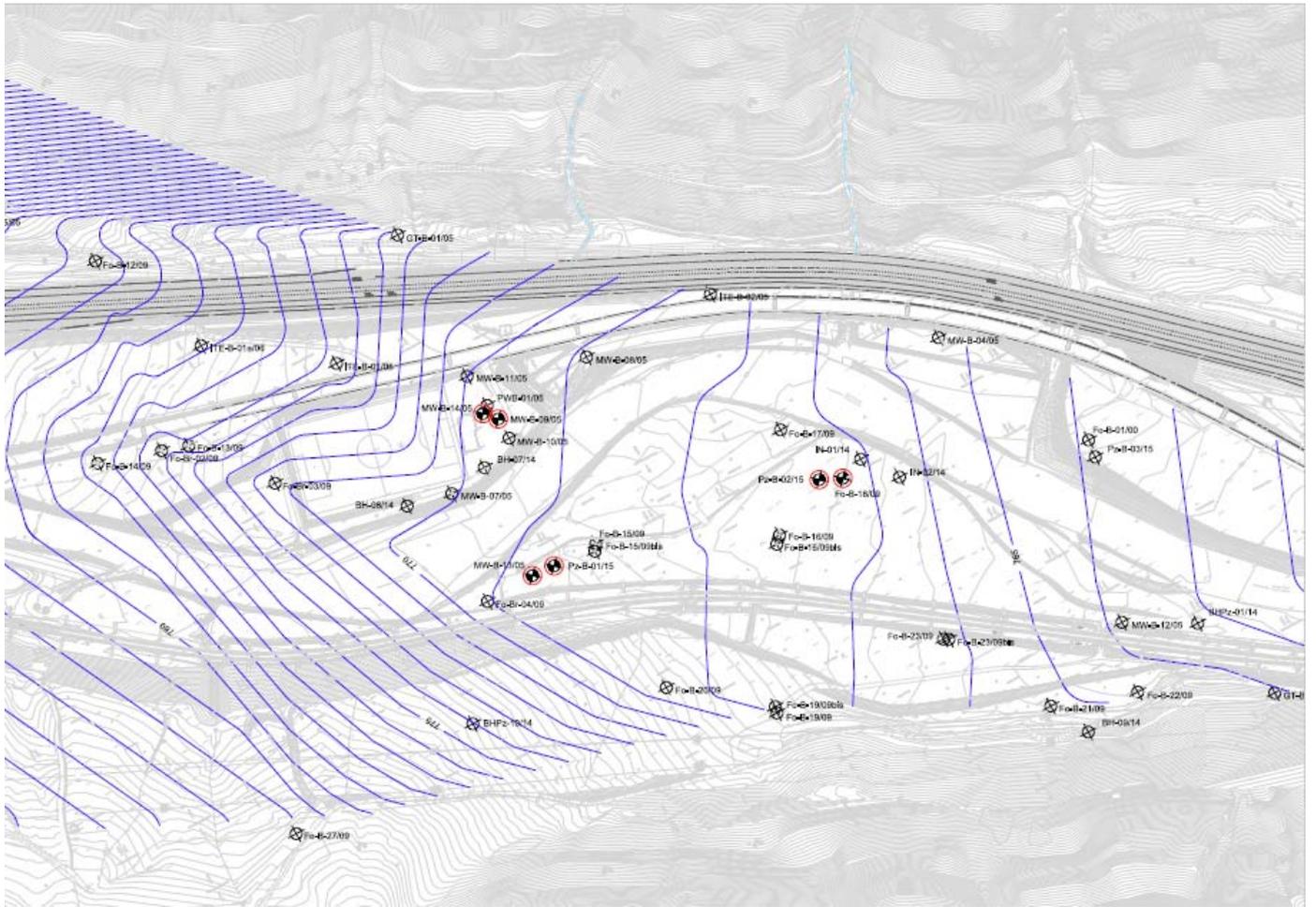


Tabella F.1: Mappa delle isopiezometriche. Livelli medi della falda

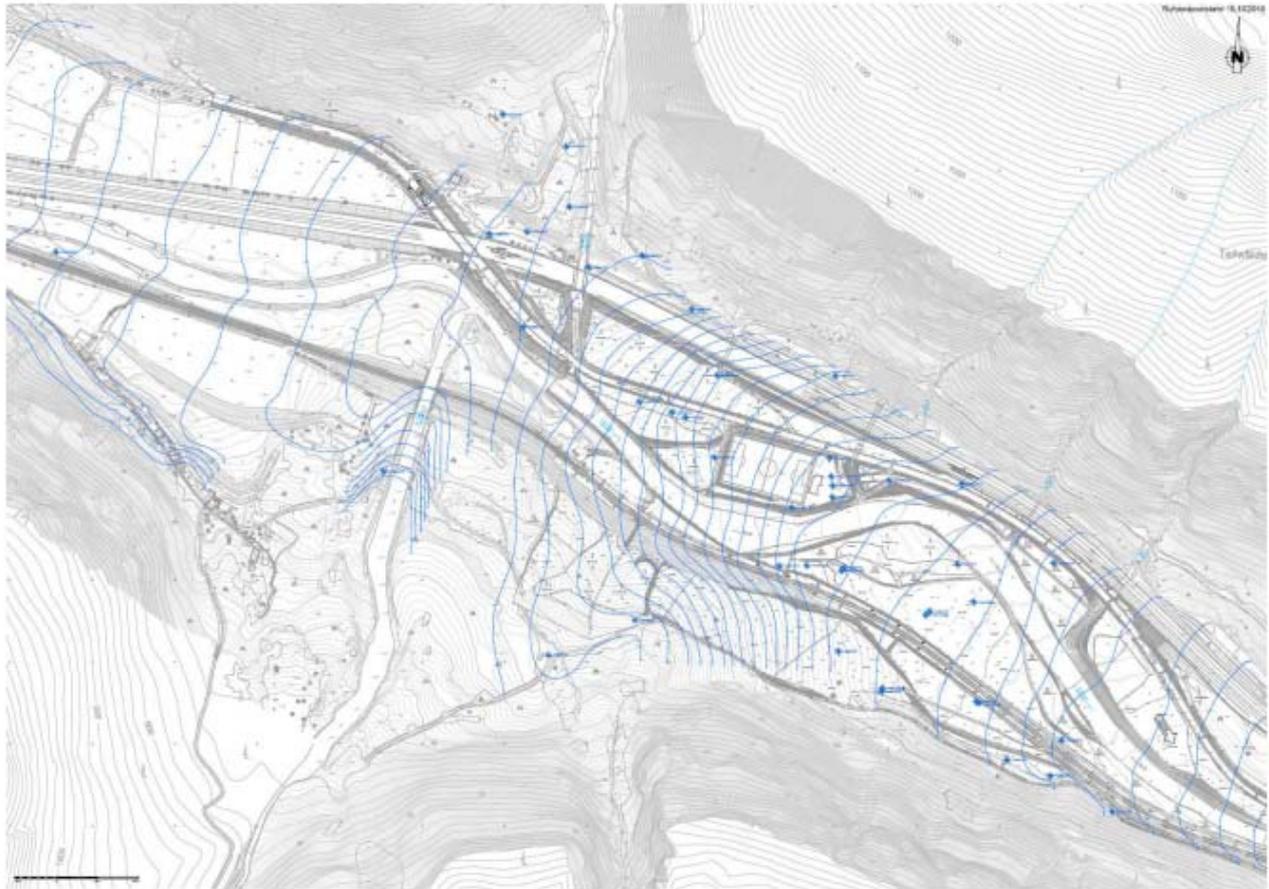


Tabella F.2: Mappa delle isopiezometriche. Livelli isocroni della falda in ottobre 2010