

Nota tecnica: elaborazione dei risultati del “single point dilution test” eseguito nel punto Piezo 7

Doc. n° IPL00-URS-100-F-TRG-5002
Rev. 00
Gennaio 2017

Trans Adriatic Pipeline AG Italia - Sede Secondaria
Via IV Novembre, 149 - 00187 Roma, Italia
Tel.: +39 06 69 76 501
Fax: +39 06 69 76 50 32
tapitalia@tap-ag.com
www.tap-ag.it

Tutti i diritti di proprietà intellettuale relativi al presente documento sono riservati. La riproduzione, la diffusione o la messa a disposizione di terzi dei contenuti del presente documento sono vietate, se non sono preventivamente autorizzate da TAP AG.
La versione aggiornata del documento è disponibile nel database del Progetto TAP.

**Nota tecnica: elaborazione dei risultati del
“single point dilution test” eseguito nel punto
Piezo 7**

**TAP - Trans Adriatic Pipeline
SOIL INVESTIGATION ITALY**

**Preparato per:
Uniper Technologies GmbH**

Gennaio 2017

Informazioni per la Qualità

Nome del documento	Rif.	Preparato per	Preparato da	Data	Rivisto da
Nota tecnica: elaborazione dei risultati del "single point dilution test" eseguito nel punto Piezo 7	Rev.00	Uniper Technologies GmbH	E.Leale	11/01/2017	S. Conti (PM)

Revisioni

Revisione N.	Revisione (data)	Dettagli	Nome	Posizione
0C	9/01/2017	Prima emissione	S. Conti	PM
00	11/01/2017	Final emission	S. Conti	PM

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Nota tecnica: elaborazione dei risultati del “single point dilution test” eseguito nel punto Piezo 7**
IPL00-URS-100-F-TRG-5002

Rev.: 00

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	6
2	CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PIEZOMETRO PIEZO 7	7
3	DESCRIZIONE DELLA PROVA	10
3.1	Modalità operative	10
3.2	Risultati della prova	10
4	Interpretazione della prova	13

FIGURE NEL TESTO

Figura 1-1: Ubicazione del nuovo piezometro Piezo 7 (attrezzato all'interno del foro del sondaggio NP18)	6
Figura 2-1: Colonna litostratigrafica del Piezo 7 (precedentemente denominato NP18, denominazione non più in uso): 0÷12 m dal p.c.	8
Figura 2-2: Colonna litostratigrafica del Piezo 7 (precedentemente denominato NP18 denominazione non più in uso): 12÷20 m dal p.c.	9
Figura 3-1: Profili di conducibilità elettrica in funzione della profondità e del tempo	11
Figura 3-2: Andamento della conducibilità elettrica alle diverse profondità nel tempo	12

	Page 5 of 14					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-100-F-TRG-5002 Rev.: 00
Document Title:	Nota tecnica: elaborazione dei risultati del “single point dilution test” eseguito nel punto Piezo 7					

LIMITAZIONI

AECOM URS Italia S.p.A ha preparato il presente Rapporto per l'uso esclusivo di Uniper Technologies GmbH (ENT) in conformità al Contratto di fornitura dei servizi. Non si concedono altre garanzie, né esplicite né implicite, in merito alle consulenze professionali ricomprese nel presente Rapporto né a qualsiasi altro servizio fornito da URS. Il presente Rapporto è riservato e non può essere divulgato a terzi dal Cliente né usato da altri senza il previo ed esplicito consenso scritto di AECOM URS.

Le conclusioni e le raccomandazioni contenute nel presente Rapporto si fondano su informazioni fornite da terzi e si basano sull'ipotesi che tutte le informazioni pertinenti siano state fornite dai terzi ai quali sono state richieste e che tali informazioni siano accurate. Le informazioni ottenute da AECOM URS non sono state sottoposte a una verifica indipendente, salvo quando altrimenti dichiarato nel Rapporto.

La metodologia adottata e le fonti di informazione usate da AECOM URS per la fornitura dei suoi servizi sono descritte nel presente Rapporto. Il lavoro descritto nel presente Rapporto, eseguito tra il 02/07/2013 e il 01/08/2013 si basa sulle condizioni riscontrate e le informazioni a disposizione nel corso del suddetto periodo di tempo. Lo scopo del presente Rapporto e i servizi sono pertanto limitati per ragioni di fatto da tali circostanze.

Qualora siano formulate valutazioni dei lavori o costi identificati nel presente Rapporto, tali valutazioni si fondano sulle informazioni disponibili all'epoca e, ove appropriato, sono soggette a ulteriori indagini o dipendono da ulteriori informazioni che possono divenire disponibili.

AECOM URS Itali S.p.A. non si assume alcun impegno od obbligo di informare qualsiasi persona in merito a eventuali variazioni di qualunque aspetto che influisce sul Rapporto, le quali possono essere portate o segnalate all'attenzione di URS dopo la data del Rapporto.

Alcune dichiarazioni rese nel Rapporto che non sono fatti storici possono costituire stime, proiezioni o altre dichiarazioni riguardo il futuro e sebbene siano fondate su ipotesi ragionevoli alla data del Rapporto, tali dichiarazioni riguardo il futuro sono associate per loro propria natura a rischi e incertezze che potrebbero causare un discostamento sostanziale dei risultati effettivi rispetto ai risultati previsti. Nello specifico, AECOM URS non garantisce alcuna stima o proiezione contenuta nel presente Rapporto.

Qualora siano state eseguite indagini sul campo, queste ultime si sono limitate al livello di dettaglio richiesto al fine di realizzare gli obiettivi dichiarati dei servizi. I risultati di eventuali misurazioni effettuate possono variare a seconda dello spazio o del tempo e si consigliano ulteriori misurazioni di conferma dopo eventuali ritardi significativi nella distribuzione del presente Rapporto.

COPYRIGHT

© Il presente Rapporto è protetto dal diritto d'autore di AECOM URS Italia S.p.A.. Eventuali riproduzioni o impieghi non autorizzati da parte di terzi diversi dal destinatario sono rigorosamente vietati.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Nota tecnica: elaborazione dei risultati del “single point dilution test” eseguito nel punto Piezo 7**
IPL00-URS-100-F-TRG-5002

Rev.: 00

1 INTRODUZIONE

Facendo seguito alla lettera dell’Autorità di Bacino della Puglia - Prot. Gen adbp A00_Aff_Gen 0013978 U 26/10/2016: Gasdotto TAP “Trans Adriatic Pipeline” – Verifica di ottemperanza alle prescrizioni del Decreto MATTM 0000223 dell’11/09/2014 – Prescrizioni A21 e A22. Valutazione documentazione integrativa trasmessa con nota TAP del 22/07/2016, nel mese di Dicembre 2016 sono stati realizzati ulteriori 3 piezometri di monitoraggio delle acque sotterranee, di cui uno nell’area del Microtunnel, denominato Piezo 7 e due nell’area della condotta, immediatamente a sud della Palude di Cassano, denominati Piezo 9 e Piezo 10.

In corrispondenza del Piezo 7, la cui ubicazione è rappresentata nella Figura 1-1 seguente, è stato eseguito, nei giorni 20 e 21/12/2016, un “single point dilution test” al fine di determinare la velocità effettiva di filtrazione a profondità maggiori rispetto a quanto già effettuato in precedenza nel punto ST_BH2 Piezo 4, molto prossimo al piezometro Piezo 7 (crf. report AECOM URS: IPL00-URS-000-Q-TRS-0007 Nota tecnica: elaborazione dei risultati del “single point dilution test” eseguito nel punto ST_BH2 Piezo 4).

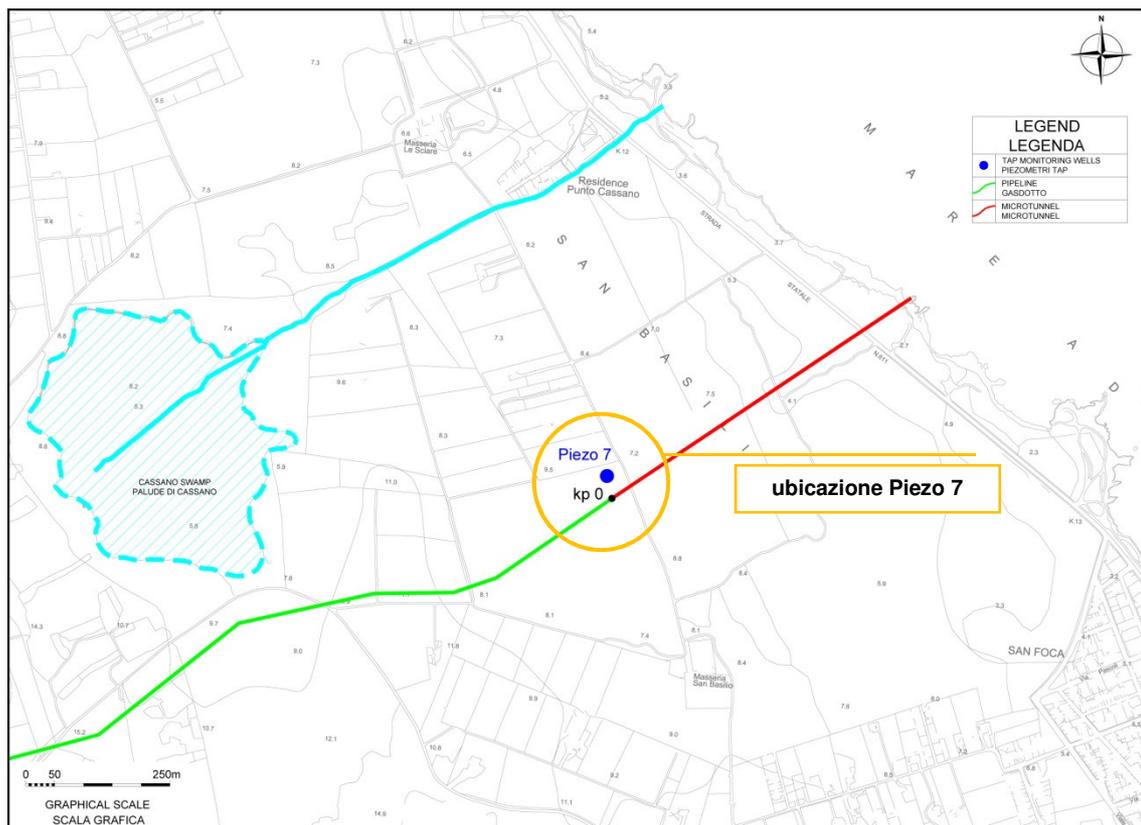


Figura 1-1: Ubicazione del nuovo piezometro Piezo 7 (attrezzato all’interno del foro del sondaggio NP18)

Nella presente nota tecnica si riportano le modalità esecutive della prova eseguita e le elaborazioni dei dati ottenuti.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Nota tecnica: elaborazione dei risultati del “single point dilution test” eseguito nel punto Piezo 7**
IPL00-URS-100-F-TRG-5002

Rev.: 00

2 CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PIEZOMETRO PIEZO 7

Il piezometro Piezo 7 è stato installato all'interno del foro del sondaggio precedentemente denominato NP18 (denominazione non più in uso), realizzato con sondaggio a carotaggio continuo (diametro 101 mm) fino a 20 m di profondità dal p.c. e successivo alesaggio a 127 mm di diametro. Il tubo piezometrico installato è costituito da una tubazione in acciaio da 4" INOX AISI 304, cieca da 0 e 2 m di profondità dal p.c. e fessurata da 2 a 20 m di profondità dal p.c., coerentemente con il livello medio di falda osservato nell'area di interesse.

Nella seguente Tabella 1 sono riportate le caratteristiche del piezometro, mentre nelle Figura 2-1 e Figura 2-2 è riportata la colonna stratigrafica.

Il sondaggio ha attraversato, dal piano campagna fino a circa 12 m di profondità, un orizzonte di calcarenite bioclastica biancastra, poco cementata, con livelli centimetrici ben cementati; al di sotto dei 12 m e fino a 19 m di profondità, è stata rinvenuta una calcarenite con un grado di cementazione leggermente maggiore. Da 19 m di profondità fino a 20 m di profondità è stata rinvenuta una calcarenite debolmente limosa.

Piezometro	Lunghezza piezometro installato (m da p.c.)	Tratto cieco (m da p.c.)	Tratto fenestrato (m da p.c.)	X WGS 1984 UTM ZONE 34N	Y WGS 1984 UTM ZONE 34N	Quota testa pozzo (m s.l.m.)
Piezo 7	20	0-2	2-20	277899	4465215	7,480

Tabella 1: Caratteristiche del nuovo piezometro Piezo 7

	Page 10 of 14					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-100-F-TRG-5002 Rev.: 00
Document Title:	Nota tecnica: elaborazione dei risultati del “single point dilution test” eseguito nel punto Piezo 7					

3 DESCRIZIONE DELLA PROVA

La tecnica utilizzata consiste nel monitorare, nel punto stesso di immissione, la diluizione di un tracciante operata dai filetti liquidi che attraversano il pozzo, fino alla sua completa sparizione. La variazione di concentrazione del tracciante nel tempo segue una legge di tipo esponenziale ed è in relazione con la velocità orizzontale apparente del flusso idrico nel mezzo poroso.

Il tracciamento, condotto secondo la pratica dell'immissione breve (modalità istantanea), è stato effettuato iniettando nel pozzo di misura una soluzione salina (NaCl): in questa fase si è operato in modo da ricercare una buona omogeneizzazione del tracciante all'interno del tratto fenestrato.

Il profilo di diluizione è stato ricavato da misure di conducibilità elettrica ripetute lungo la verticale del foro a intervalli di tempo crescente dalla perturbazione iniziale fino al ripristino della situazione naturale.

3.1 Modalità operative

Il test è stato svolto secondo le seguenti fasi:

Fase 1

- rilievo della soggiacenza della falda in corrispondenza del piezometro da testare, mediante freaticometro;
- rilievo del fondo foro del piezometro, rilevato a 18,70 m b.p. a causa della presenza di sedimento non ancora completamente rimosso;
- ricostruzione del profilo di conducibilità in condizioni statiche all'interno del piezometro da testare, mediante misure con conduttivimetro da pozzo ogni m dal livello di falda (soggiacenza 4,58 da bocca pozzo) fino a fondo foro;
- preparazione, all'interno di un serbatoio dedicato, della soluzione di cloruro di sodio (NaCl) ad alto titolo da immettere come tracciante nel piezometro da testare.

Fase 2

Al tempo t_0 , la salamoia contenuta nel serbatoio è stata immessa lentamente nel pozzo da testare, e si è operato in maniera tale da ottenere una buona omogeneizzazione con le acque di falda attraverso l'introduzione ed il sollevamento ciclico di un cilindro metallico nel piezometro; tale operazione è stata avviata immediatamente dopo l'immissione della soluzione salina, al fine di omogeneizzare la salinità nell'intera colonna del piezometro ed è stata protratta per circa 95 minuti.

Fase 3

I dati di variazione di conducibilità elettrica nelle acque dell'intera colonna del piezometro testato sono stati acquisiti manualmente, a intervalli di tempo prestabiliti e crescenti, mediante conduttivimetro da pozzo: le misure sono state effettuate all'interno del piezometro ogni 1 m, dalla superficie freatica fino a fondo foro. In totale la prova è durata circa 31 ore con un totale di 13 letture per ogni intervallo sulla verticale.

3.2 Risultati della prova

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Nota tecnica: elaborazione dei risultati del “single point dilution test” eseguito nel punto Piezo 7**
IPL00-URS-100-F-TRG-5002

Rev.: 00

Nella Figura 3-1 sottostante sono riportati i profili di conducibilità elettrica ricavati dalle misure di campo in funzione della profondità di misura e del tempo, mentre nella Figura 3-2 viene presentato l'andamento della conducibilità elettrica alle diverse profondità nel tempo.

La prova ha interessato uno spessore saturo di 14,12 m, a partire da 4,58 m da b.p. (soggiacenza della falda) a 18,70 m da b.p. (fondo foro rilevato).

Come è possibile osservare nella Figura 3-1, i valori di conducibilità iniziale, prima dell'immissione della soluzione salina (tempo T0), erano compresi tra 0,4 e 0,6 mS/cm.

Dopo l'immissione della soluzione ed il miscelamento, al tempo T1 della prova, la conducibilità lungo il profilo del pozzo è repentinamente aumentata a valori compresi tra 4 e 28 mS/cm nell'intervallo di profondità dalla superficie freatica a 16 m di profondità, mentre negli intervalli a 17 e 18 m di profondità gli incrementi di conducibilità, anche se presenti, sono stati più modesti (valori compresi tra 0,7 e 1,2 mS/cm), nonostante la miscelazione iniziale.

La distribuzione della conducibilità elettrica all'avvio della prova presenta valori maggiori nella parte centrale della colonna filtrata del pozzo, alle profondità comprese tra -6 e -15 m dalla bocca pozzo e minori nelle parti superiori ed inferiori del tratto filtrato.

Tale fenomeno, riconducibile alla differenza di densità tra la salamoia e l'acqua di falda, che rende difficile una vera miscelazione, non ha comunque impedito di interpretare la prova, che si basa sulla determinazione del flusso di falda nel pozzo a partire dal tasso di diminuzione nel tempo della concentrazione della soluzione salina.

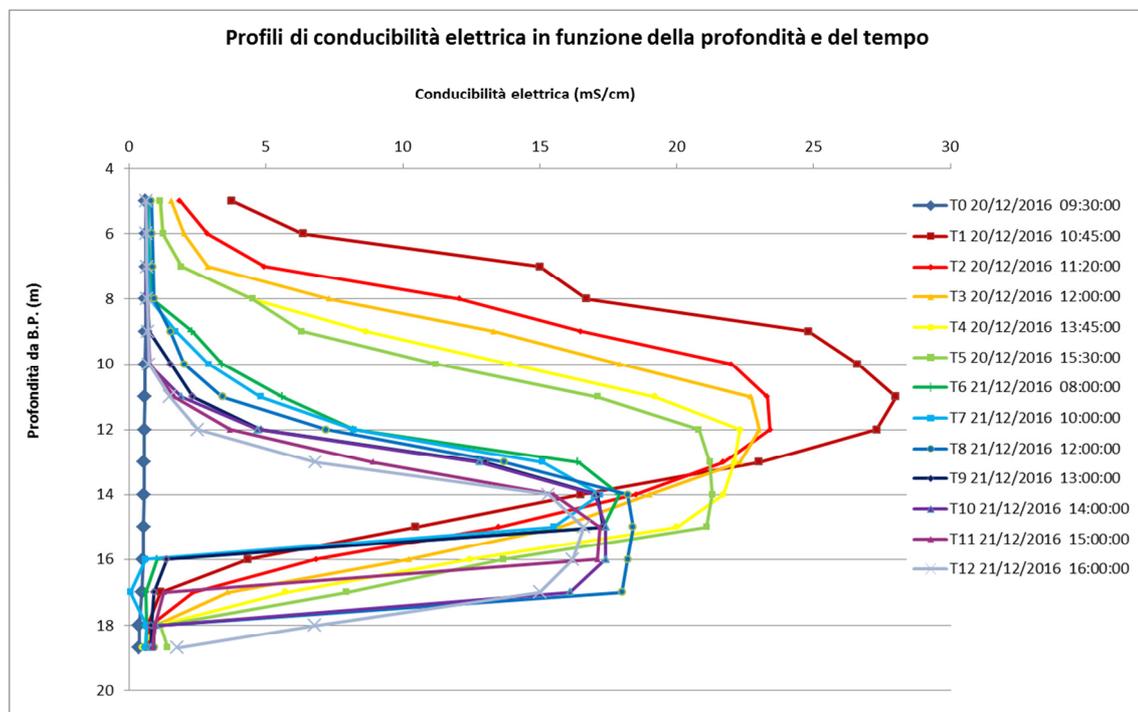


Figura 3-1: Profili di conducibilità elettrica in funzione della profondità e del tempo

Osservando l'andamento della conducibilità elettrica alle diverse profondità nel tempo, evidenziato nelle Figura 3-2 sottostante, si evince come a profondità comprese tra la superficie freatica e 14 m

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Nota tecnica: elaborazione dei risultati del “single point dilution test” eseguito nel punto Piezo 7**
IPL00-URS-100-F-TRG-5002

Rev.: 00

di profondità, la conducibilità mostra un andamento decrescente nel tempo già nel corso delle prime ore della prova.

A profondità maggiori, invece, i valori di conducibilità presentano un andamento crescente, fino a raggiungere valori di picco solo dopo qualche ora dall'inizio della prova, a causa di possibili moti verticali legate alla variazione di densità, malgrado l'azione di miscelazione operata post immissione. Raggiunto quindi il picco di concentrazione, anche alle profondità maggiori, i valori di conducibilità hanno assunto un trend decrescente. In questo caso, per l'interpretazione dei dati sono stati considerati i tratti relativi alla porzione di curva decrescente osservata dopo il massimo picco di concentrazione. I dati relativi alla profondità di 18 m e 18,70 m, corrispondente al fondo foro rilevato, non sono risultati interpretabili a causa dell'assenza di veri e propri trend di concentrazione.

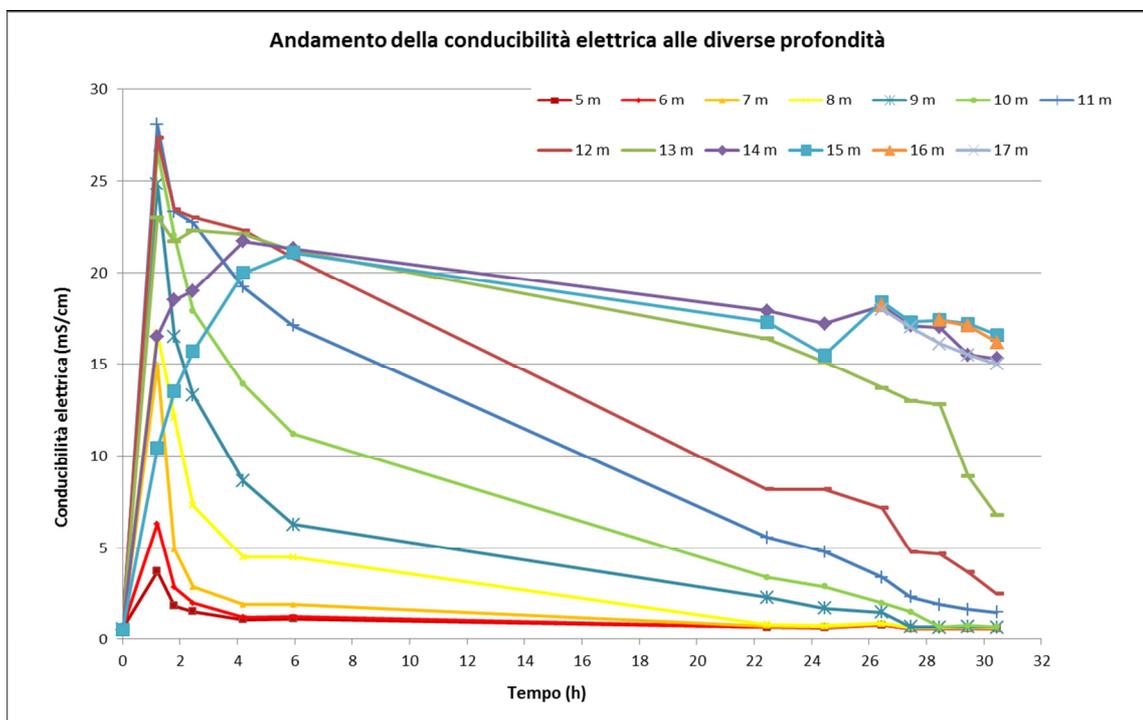


Figura 3-2: Andamento della conducibilità elettrica alle diverse profondità nel tempo

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**Document Title: **Nota tecnica: elaborazione dei risultati del “single point dilution test” eseguito nel punto Piezo 7****IPL00-URS-100-F-TRG-5002**

Rev.: 00

4 Interpretazione della prova

La tecnica utilizzata ha fornito risultati validi ai fini di una speditiva determinazione delle velocità orizzontali di deflusso nel sottosuolo. Nonostante gli svantaggi e le approssimazioni inevitabili con l'adozione di un tracciante di tipo elettrolitico, con possibili moti verticali legate alla variazione di densità, la prova ha mostrato una buona comparabilità dei dati ottenuti sulla verticale.

L'elaborazione dei dati sperimentali è stata condotta a partire dalla correlazione tra la velocità di filtrazione (V_f) e la diluizione nel tempo del tracciante:

$$V_f = - \left(\frac{V}{\alpha A t} \right) \ln \left(\frac{C_t}{C_o} \right)$$

dove:

V = volume d'acqua nel piezometro;

α = coefficiente di correzione, che permette di considerare la distorsione del reticolo di flusso introdotta dalla struttura fisica del pozzo. In letteratura il coefficiente è stato tabulato da Klotz (1978) per differenti tipologie di tubi filtro: test di laboratorio e prove di campo hanno dimostrato che, nei casi in cui il coefficiente di permeabilità del filtro sia maggiore di quello dell'acquifero, il coefficiente di correzione tende ad assumere valori prossimi a 2 (Gaspar, 1987);

A = sezione di V ortogonale alle linee di flusso;

C_o = concentrazione massima nel pozzo;

C_t = concentrazione nel pozzo al generico tempo t ;

t = tempo di diluizione.

In condizioni sperimentali favorevoli, ottimizzate operando in sito con le opportune precauzioni, possono essere trascurati i contributi dei fattori di disturbo quali:

- velocità apparente derivante da convezione per contrasti di densità della soluzione tracciante legati a differenti valori di temperatura all'interno del tratto testato;
- velocità apparente causata dal mescolamento artificiale;
- velocità apparente legata alla diffusione intrinseca del tracciante utilizzato.

Per stimare la velocità effettiva di deflusso nell'acquifero (V_r), bisogna dividere la velocità darcyana (V_f) per la porosità efficace (N_e).

I risultati dell'interpretazione, espressi per ciascun metro di profondità indagato tramite i profili di conducibilità, sono riassunti nella Tabella 1 seguente.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Nota tecnica: elaborazione dei risultati del “single point dilution test” eseguito nel punto Piezo 7**
IPL00-URS-100-F-TRG-5002

Rev.: 00

Piezo 7		
Profondità (m bp)	Vf (velocità darcyana) [m/s]	Vr (Velocità effettiva) [m/s]
5	2E-06	2E-05
6	4E-06	3E-05
7	4E-06	3E-05
8	4E-06	3E-05
9	3E-06	2E-05
10	2E-06	1E-05
11	9E-07	6E-06
12	6E-07	4E-06
13	9E-07	6E-06
14	6E-07	4E-06
15	3E-07	2E-06
16	3E-07	2E-06
17	5E-07	3E-06
Media 5 -10 m	3E-06	2E-05
Media 10 - 17 m	6E-07	4E-06
Media 5 -17 m	2E-06	1E-05

Tabella 2: Risultati del Single point dilution test nel Piezo 7 (ipotizzata porosità efficace = 0,15)

Osservando i risultati dell'interpretazione della prova si evince che:

- tra la quota della superficie freatica e fino a circa 10 m di profondità dal piano campagna, la velocità Darcyana è risultata compresa tra 2×10^{-6} m/s e 4×10^{-6} m/s (valore medio 3×10^{-6} m/s);
- a partire da 10-11 m di profondità e fino alla massima profondità indagata, i valori di velocità Darcyana sono risultati inferiori e compresi tra 3×10^{-7} m/s e 9×10^{-7} m/s (valore medio 6×10^{-7} m/s);
- ipotizzando un valore di porosità efficace pari a 0,15 (valore al limite inferiore di un intervallo di valori da letteratura relativi a porosità efficaci per la litologia in esame), la velocità effettiva media nel mezzo poroso risulta di circa 2×10^{-5} m/s (circa 2 m/g) tra 5 e 10 m di profondità e di circa 4×10^{-6} m/s (0,3 m/g) tra 10 m e 17 m di profondità.
- i risultati ottenuti fino a 10 m profondità sono molto simili a quelli già ottenuti nel corso delle precedenti prove sul piezometro denominato Piezo 4 (installato nel sondaggio ST_BH2), dove la velocità Darcyana media risultava pari a circa 5×10^{-6} m/s e la velocità effettiva nel mezzo poroso risultava di circa 3×10^{-5} m/s (circa 2,6 m/g), quest'ultima calcolata ipotizzando un valore di porosità efficace pari a 0,15.