

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

Document Title: **Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel (Italia)**

IPL00-URS-000-Q-TRS-0001
Rev.: 00 / all. 08

URS

TAP - Trans Adriatic Pipeline

SOIL INVESTIGATION ITALY

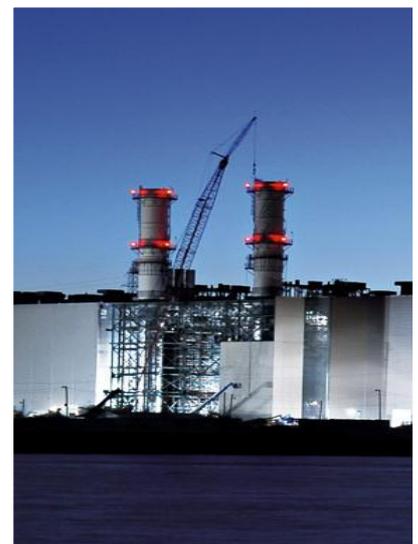
Preparato per:
E.ON Technologies GmbH

Luglio, 2015

Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel (Italia)

Allegato 08

Prove di permeabilità: Lugeon and Lefranc



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

Document Title: **Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel (Italia)**

IPL00-URS-000-Q-TRS-0001
Rev.: 00 / all. 08

PERCORSO DI REDAZIONE / APPROVAZIONE DEL DOCUMENTO

VERSIONE	NOME	FIRMA	DATA	POSIZIONE
Preparato da	A. Passero		Luglio, 2015	Senior Geologist
Controllato da	P. Alesina		Luglio, 2015	Project Manager
Approvato da	G. Lucchini		Luglio, 2015	Technical Director

TITOLO:

Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel (Italia)
Allegato 08

Progetto No.
46318-441

Contatto / Cliente:
Florian Guballa

Cliente:

E.ON Technologies GmbH
Alexander-von-Humboldt-Straße 1
45896 Gelsenkirchen

Emesso da:

URS Italia S.p.A.
Via G. Watt, 27
20143 Milano (Italy)

REVISIONI DEL DOCUMENTO

VERSIONE	DATA	Dettagli delle Revisioni
0A	24/07/2015	Bozza per revisioni
00	31/07/2015	Versione Finale

ELABORAZIONE
PROVA DI PERMEABILITA' - METODO LEFRANC - A CARICO VARIABILE

COMMITTENTE URS Italia S.p.A
Sigla Perforo **STBH01**
Data esecuzione 08-mag-15

LOCALITA' Melendugno (LE)
Prova N° **1**

Tratto in prova 4.00 5.00 m dal p.c.

**materiale costituente il tratto in prova:
sabbia grossolana**

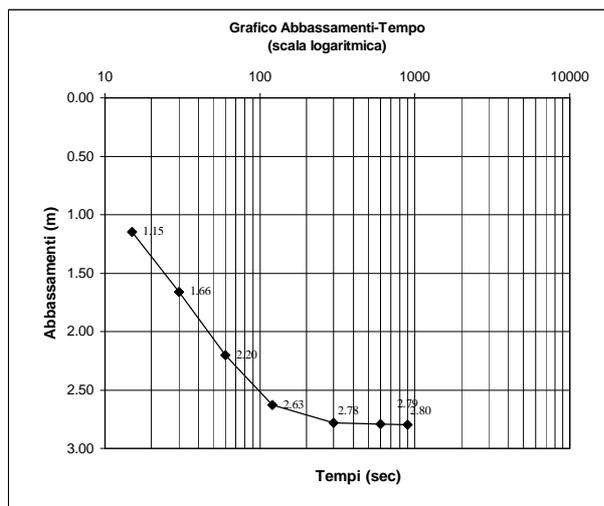
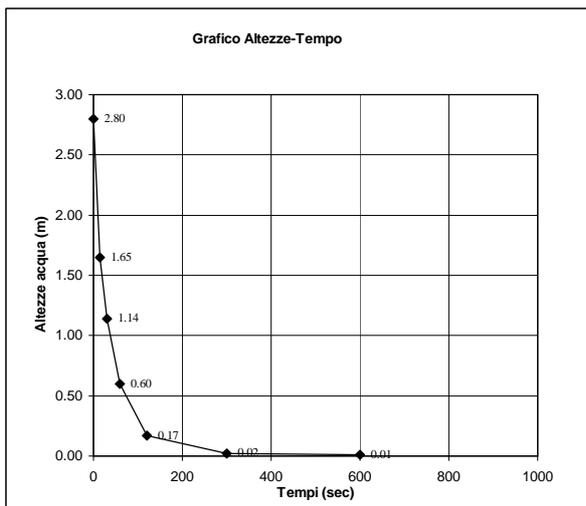
Profondità foro dal piano campagna (metri)	5.00
Livello statico falda dal p.c. (metri)	2.30
Profondità rivestimento dal p.c. (metri)	4.00
Sporgenza testa tubo di rivestimento dal p.c. (metri)	0.50
Diametro tubo di rivestimento interno (mm)	120
Altezza colonna d'acqua (metri)	5.50
Diametro tratto del foro in prova (mm)	120
Lunghezza tratto in prova (m)	1.00

Tempi (sec)	Tempo (min)	Altezze H ₂ O rispetto alla falda(m)	Abbas.(m)	K (m/sec)	intervallo considerato	
					t ₁	t ₂
0	0	2.80	0.00	4.0E-04	0	15
15	0.25	1.65	1.15	2.8E-04	15	30
30	0.5	1.14	1.66	2.4E-04	30	60
60	1	0.60	2.20	2.4E-04	60	120
120	2	0.17	2.63	1.3E-04	120	300
300	5	0.02	2.78	2.6E-05	300	600
600	10	0.01	2.79	2.6E-05	600	900
900	15	0.00	2.80		900	1200
1200	20				1200	1500
1500	25				1500	1800
1800	30				1800	2700
2700	45				2700	3600
3600	60				3600	5400
5400	90					

Formula per il calcolo della permeabilità

$$k = \frac{A}{Cl(t_2 - t_1)} \cdot \ln \frac{h_1}{h_2}$$

K=coefficiente di permeabilità (m/sec)
A=area di base del foro (mq)
h1-h2=altezza dell'acqua ai tempi t1 e t2 rispetto alla falda o al fondo foro
t1-t2=tempi corrispondenti ad h1 e h2
Cl=coefficiente di forma
valori suggeriti:
per L>d= L
per L<d=1*3.14*d+L
L= lunghezza tratto di prova
d=diametro tratto di prova



ELABORAZIONE
PROVA DI PERMEABILITA' - METODO LEFRANC - A CARICO VARIABILE

COMMITTENTE URS Italia S.p.A
Sigla Perforo **STBH01**
Data esecuzione 08-mag-15

LOCALITA' Melendugno (LE)
Prova N° **2**

Tratto in prova 9.50 10.00 m dal p.c.

materiale costituente il tratto in prova: sabbia

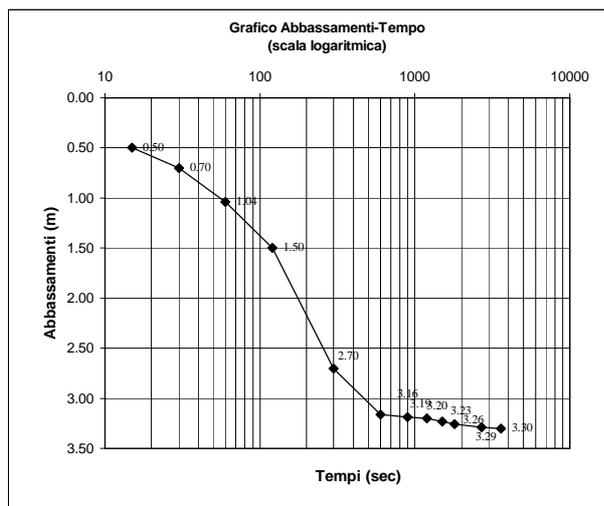
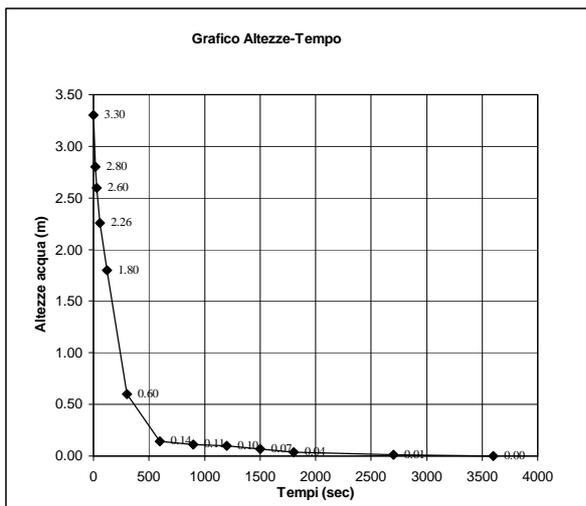
Profondità foro dal piano campagna (metri)	10.00
Livello statico falda dal p.c. (metri)	2.30
Profondità rivestimento dal p.c. (metri)	9.50
Sporgenza testa tubo di rivestimento dal p.c. (metri)	1.00
Diametro tubo di rivestimento interno (mm)	120
Altezza colonna d'acqua (metri)	11.00
Diametro tratto del foro in prova (mm)	120
Lunghezza tratto in prova (m)	0.50

Tempi (sec)	Tempo (min)	Altezze H ₂ O rispetto alla falda(m)	Abbas.(m)	K (m/sec)	intervallo considerato	
					t ₁	t ₂
0	0	3.30	0.00	2.5E-04	0	15
15	0.25	2.80	0.50	1.1E-04	15	30
30	0.5	2.60	0.70	1.1E-04	30	60
60	1	2.26	1.04	8.6E-05	60	120
120	2	1.80	1.50	1.4E-04	120	300
300	5	0.60	2.70	1.1E-04	300	600
600	10	0.14	3.16	1.8E-05	600	900
900	15	0.11	3.19	7.2E-06	900	1200
1200	20	0.10	3.20	2.7E-05	1200	1500
1500	25	0.07	3.23	4.2E-05	1500	1800
1800	30	0.04	3.26	3.5E-05	1800	2700
2700	45	0.01	3.29	3.5E-05	2700	3600
3600	60	0.00	3.30		3600	5400
5400	90					

Formula per il calcolo della permeabilità

$$k = \frac{A}{Cl(t_2 - t_1)} \cdot \ln \frac{h_1}{h_2}$$

K=coefficiente di permeabilità (m/sec)
A=area di base del foro (mq)
h1-h2=altezza dell'acqua ai tempi t1 e t2 rispetto alla falda o al fondo foro
t1-t2=tempi corrispondenti ad h1 e h2
Cl=coefficiente di forma
valori suggeriti:
per L>d= L
per L<d=1*3.14*d+L
L= lunghezza tratto di prova
d=diametro tratto di prova



ELABORAZIONE
PROVA DI PERMEABILITA' - METODO LEFRANC - A CARICO VARIABILE

COMMITTENTE URS Italia S.p.A
Sigla Perforo **STBH02**
Data esecuzione 11-mag-15

LOCALITA' Melendugno (LE)
Prova N° 1

Tratto in prova 4.10 5.00 m dal p.c.

**materiale costituente il tratto in prova:
sabbia grossolana**

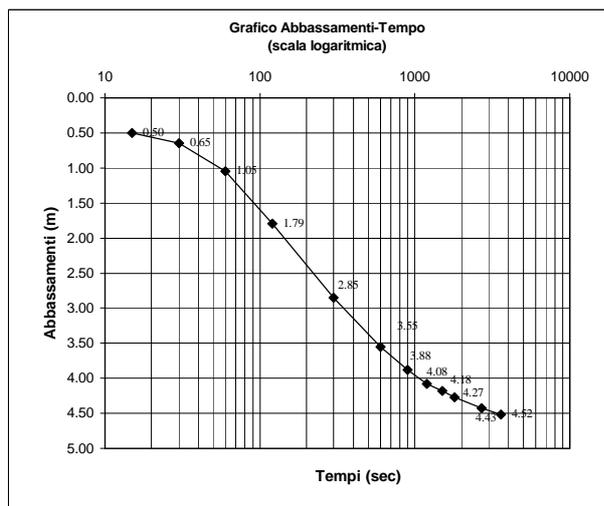
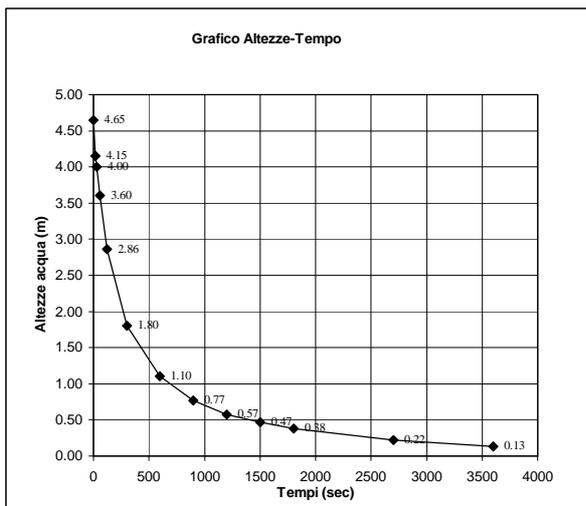
Profondità foro dal piano campagna (metri)	5.00
Livello statico falda dal p.c. (metri)	4.05
Profondità rivestimento dal p.c. (metri)	4.10
Sporgenza testa tubo di rivestimento dal p.c. (metri)	0.60
Diametro tubo di rivestimento interno (mm)	120
Altezza colonna d'acqua (metri)	5.60
Diametro tratto del foro in prova (mm)	120
Lunghezza tratto in prova (m)	0.90

Tempi (sec)	Tempo (min)	Altezza H ₂ O rispetto alla falda(m)	Abbas.(m)	K (m/sec)	intervallo considerato	
					t ₁	t ₂
0	0	4.65	0.00	9.5E-05	0	15
15	0.25	4.15	0.50	3.1E-05	15	30
30	0.5	4.00	0.65	4.4E-05	30	60
60	1	3.60	1.05	4.8E-05	60	120
120	2	2.86	1.79	3.2E-05	120	300
300	5	1.80	2.85	2.1E-05	300	600
600	10	1.10	3.55	1.5E-05	600	900
900	15	0.77	3.88	1.3E-05	900	1200
1200	20	0.57	4.08	8.1E-06	1200	1500
1500	25	0.47	4.18	8.9E-06	1500	1800
1800	30	0.38	4.27	7.6E-06	1800	2700
2700	45	0.22	4.43	7.3E-06	2700	3600
3600	60	0.13	4.52	5.6E-07	3600	5400
5400	90	0.12	4.53			

Formula per il calcolo della permeabilità

$$k = \frac{A}{Cl(t_2 - t_1)} \cdot \ln \frac{h_1}{h_2}$$

K=coefficiente di permeabilità (m/sec)
A=area di base del foro (mq)
h1-h2=altezza dell'acqua ai tempi t1 e t2 rispetto alla falda o al fondo foro
t1-t2=tempi corrispondenti ad h1 e h2
Cl=coefficiente di forma
valori suggeriti:
per L>d= L
per L<d=1*3.14*d*L
L= lunghezza tratto di prova
d=diametro tratto di prova



ELABORAZIONE
PROVA DI PERMEABILITA' - METODO LEFRANC - A CARICO VARIABILE

COMMITTENTE URS Italia S.p.A
Sigla Perforo **STBH02**
Data esecuzione 12-mag-15

LOCALITA' Melendugno (LE)
Prova N° **2**

Tratto in prova 9.50 10.00 m dal p.c.

**materiale costituente il tratto in prova:
sabbia grossolana**

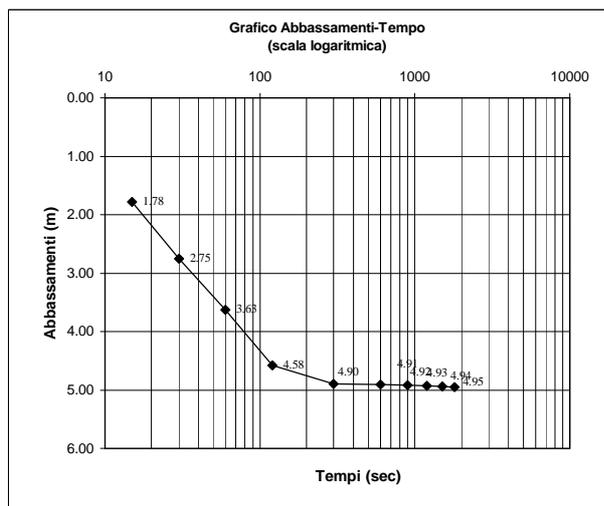
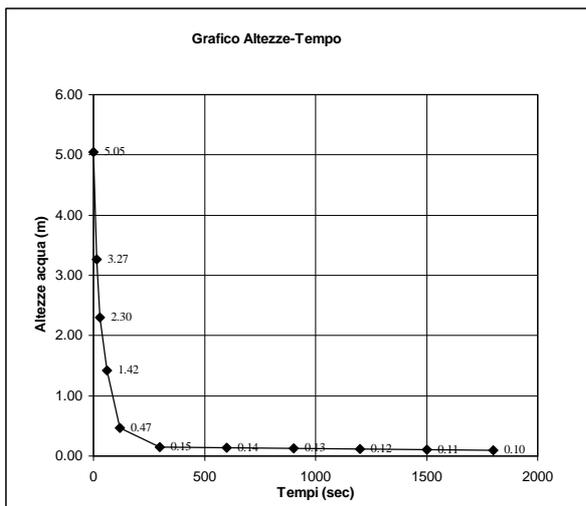
Profondità foro dal piano campagna (metri)	10.00
Livello statico falda dal p.c. (metri)	4.05
Profondità rivestimento dal p.c. (metri)	9.50
Sporgenza testa tubo di rivestimento dal p.c. (metri)	1.00
Diametro tubo di rivestimento interno (mm)	120
Altezza colonna d'acqua (metri)	11.00
Diametro tratto del foro in prova (mm)	120
Lunghezza tratto in prova (m)	0.50

Tempi (sec)	Tempo (min)	Altezze H ₂ O rispetto alla falda(m)	Abbas.(m)	K (m/sec)	intervallo considerato	
					t ₁	t ₂
0	0	5.05	0.00	6.6E-04	0	15
15	0.25	3.27	1.78	5.3E-04	15	30
30	0.5	2.30	2.75	3.6E-04	30	60
60	1	1.42	3.63	4.2E-04	60	120
120	2	0.47	4.58	1.4E-04	120	300
300	5	0.15	4.90	5.2E-06	300	600
600	10	0.14	4.91	5.6E-06	600	900
900	15	0.13	4.92	6.0E-06	900	1200
1200	20	0.12	4.93	6.6E-06	1200	1500
1500	25	0.11	4.94	7.2E-06	1500	1800
1800	30	0.10	4.95		1800	2700
2700	45				2700	3600
3600	60				3600	5400
5400	90					

Formula per il calcolo della permeabilità

$$k = \frac{A}{Cl(t_2 - t_1)} \cdot \ln \frac{h_1}{h_2}$$

K=coefficiente di permeabilità (m/sec)
A=area di base del foro (mq)
h1-h2=altezza dell'acqua ai tempi t1 e t2 rispetto alla falda o al fondo foro
t1-t2=tempi corrispondenti ad h1 e h2
Cl=coefficiente di forma
valori suggeriti:
per L>d= L
per L<d=1*3.14*d+L
L= lunghezza tratto di prova
d=diametro tratto di prova



ELABORAZIONE
PROVA DI PERMEABILITA' - METODO LEFRANC - A CARICO VARIABILE

COMMITTENTE URS Italia S.p.A
Sigla Perforo **STBH02**
Data esecuzione 26-mag-15

LOCALITA' Melendugno (LE)
Prova N° **3**

Tratto in prova 18.80 20.00 m dal p.c.

**materiale costituente il tratto in prova:
sabbia grossolana**

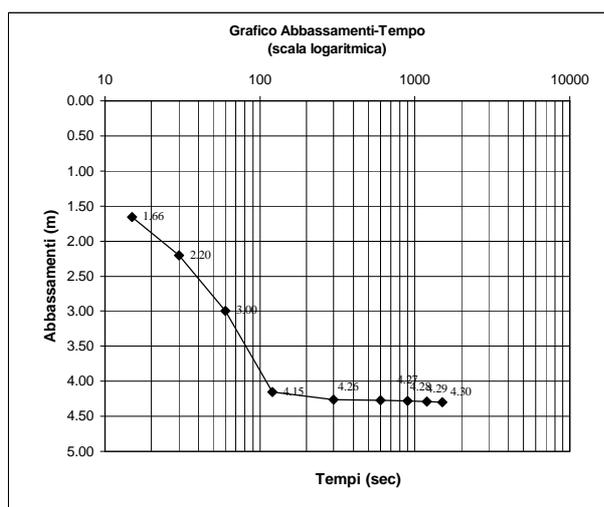
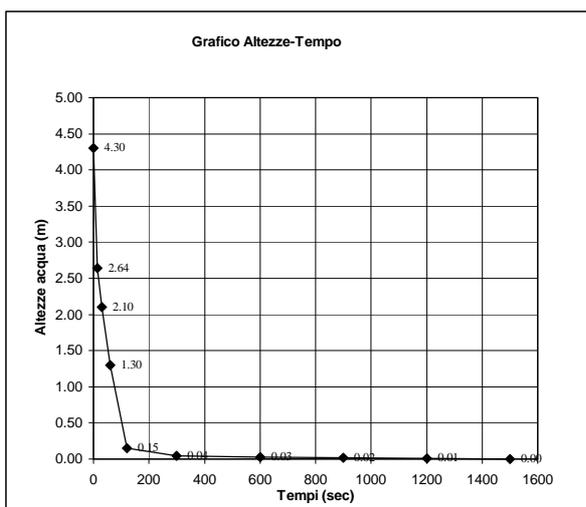
Profondità foro dal piano campagna (metri)	20.00
Livello statico falda dal p.c. (metri)	4.10
Profondità rivestimento dal p.c. (metri)	18.80
Sporgenza testa tubo di rivestimento dal p.c. (metri)	0.20
Diametro tubo di rivestimento interno (mm)	120
Altezza colonna d'acqua (metri)	20.20
Diametro tratto del foro in prova (mm)	120
Lunghezza tratto in prova (m)	1.20

Tempi (sec)	Tempo (min)	Altezza H ₂ O rispetto alla falda(m)	Abbas.(m)	K (m/sec)	intervallo considerato	
					t ₁	t ₂
0	0	4.30	0.00	3.1E-04	0	15
15	0.25	2.64	1.66	1.4E-04	15	30
30	0.5	2.10	2.20	1.5E-04	30	60
60	1	1.30	3.00	3.4E-04	60	120
120	2	0.15	4.15	6.9E-05	120	300
300	5	0.04	4.26	9.0E-06	300	600
600	10	0.03	4.27	1.3E-05	600	900
900	15	0.02	4.28	2.2E-05	900	1200
1200	20	0.01	4.29	2.2E-05	1200	1500
1500	25	0.00	4.30		1500	1800
1800	30				1800	2700
2700	45				2700	3600
3600	60				3600	5400
5400	90					

Formula per il calcolo della permeabilità

$$k = \frac{A}{Cl(t_2 - t_1)} \cdot \ln \frac{h_1}{h_2}$$

K=coefficiente di permeabilità (m/sec)
A=area di base del foro (mq)
h1-h2=altezza dell'acqua ai tempi t1 e t2 rispetto alla falda o al fondo foro
t1-t2=tempi corrispondenti ad h1 e h2
Cl=coefficiente di forma
valori suggeriti:
per L>d= L
per L<d=1*3.14*d+L
L= lunghezza tratto di prova
d=diametro tratto di prova



ELABORAZIONE
PROVA DI PERMEABILITA' - METODO LEFRANC - A CARICO VARIABILE

COMMITTENTE URS Italia S.p.A

Sigla Perforo **BH04**

Data esecuzione 14-mag-15

Tratto in prova **4.00** **5.00 m dal p.c.**

LOCALITA' Melendugno (LE)

Prova N° **1**

materiale costituente il tratto in prova:
sabbia

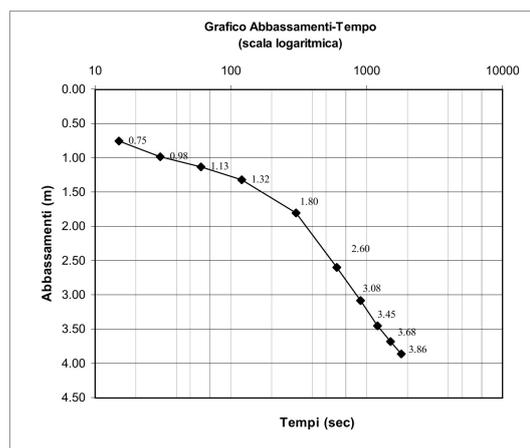
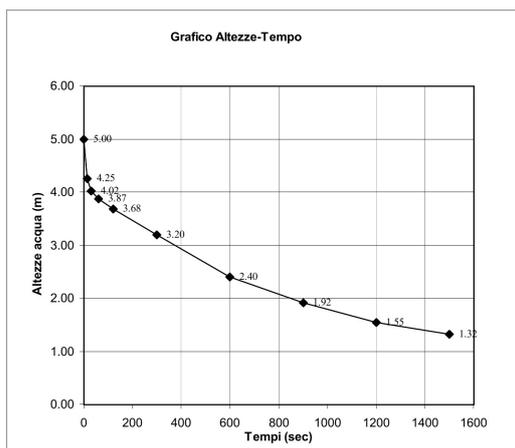
Profondità foro dal piano campagna (metri)	4.00
Livello statico falda dal p.c. (metri)	6.10
Profondità rivestimento dal p.c. (metri)	3.50
Sporgenza testa tubo di rivestimento dal p.c. (metri)	1.00
Diametro tubo di rivestimento interno (mm)	120
Altezza colonna d'acqua (metri)	5.00
Diametro tratto del foro in prova (mm)	120
Lunghezza tratto in prova (m)	0.50

Tempi (sec)	Tempo (min)	Altezza H ₂ O rispetto fondo foro(m)	Abbas.(m)	K (m/sec)	intervallo considerato	
					t ₁	t ₂
0	0	5.00	0.00	2.5E-04	0	15
15	0.25	4.25	0.75	8.4E-05	15	30
30	0.5	4.02	0.98	2.9E-05	30	60
60	1	3.87	1.13	1.9E-05	60	120
120	2	3.68	1.32	1.8E-05	120	300
300	5	3.20	1.80	2.2E-05	300	600
600	10	2.40	2.60	1.7E-05	600	900
900	15	1.92	3.08	1.6E-05	900	1200
1200	20	1.55	3.45	1.2E-05	1200	1500
1500	25	1.32	3.68	1.1E-05	1500	1800
1800	30	1.14	3.86	8.9E-06	1800	2700
2700	45	0.80	4.20	6.0E-06	2700	3600
3600	60	0.63	4.37	1.9E-06	3600	5400
5400	90	0.54	4.46			

Formula per il calcolo della permeabilità

$$k = \frac{A}{CI(t_2 - t_1)} \cdot \ln \frac{h_1}{h_2}$$

K=coefficiente di permeabilità (m/sec)
A=area di base del foro (mq)
h1-h2=altezza dell'acqua ai tempi t1 e t2 rispetto alla falda o al fondo foro
t1-t2=tempi corrispondenti ad h1 e h2
CI=coefficiente di forma
valori suggeriti:
per L>d= L
per L<d=1*3.14*d+L
L= lunghezza tratto di prova
d=diametro tratto di prova



ELABORAZIONE
PROVA DI PERMEABILITA' - METODO LEFRANC - A CARICO VARIABILE

COMMITTENTE URS Italia S.p.A

LOCALITA' Melendugno (LE)

Sigla Perforo **BH04**

Prova N° **2**

Data esecuzione 14-mag-15

Tratto in prova **9.50 10.00 m dal p.c.**

materiale costituente il tratto in prova:
sabbia

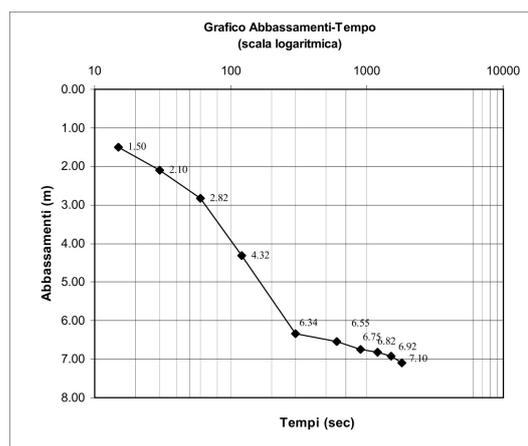
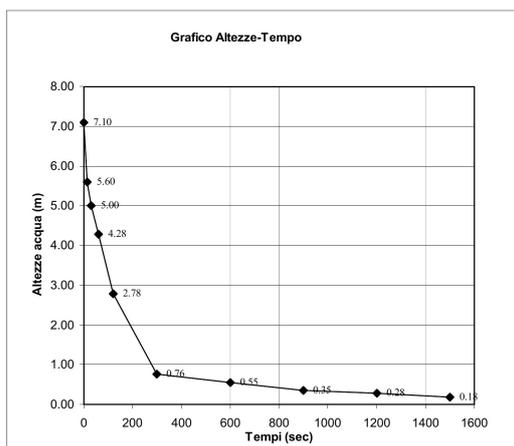
Profondità foro dal piano campagna (metri)	10.00
Livello statico falda dal p.c. (metri)	6.10
Profondità rivestimento dal p.c. (metri)	9.50
Sporgenza testa tubo di rivestimento dal p.c. (metri)	1.00
Diametro tubo di rivestimento interno (mm)	120
Altezza colonna d'acqua (metri)	11.00
Diametro tratto del foro in prova (mm)	120
Lunghezza tratto in prova (m)	0.50

Tempi (sec)	Tempo (min)	Altezze H ₂ O rispetto alla falda(m)	Abbas.(m)	K (m/sec)	intervallo considerato	
					t ₁	t ₂
0	0	7.10	0.00	3.6E-04	0	15
15	0.25	5.60	1.50	1.7E-04	15	30
30	0.5	5.00	2.10	1.2E-04	30	60
60	1	4.28	2.82	1.6E-04	60	120
120	2	2.78	4.32	1.6E-04	120	300
300	5	0.76	6.34	2.4E-05	300	600
600	10	0.55	6.55	3.4E-05	600	900
900	15	0.35	6.75	1.7E-05	900	1200
1200	20	0.28	6.82	3.3E-05	1200	1500
1500	25	0.18	6.92	3.3E-05	1500	1800
1800	30	0.00	7.10		1800	2700
2700	45				2700	3600
3600	60				3600	5400
5400	90					

Formula per il calcolo della permeabilità

$$k = \frac{A}{CI(t_2 - t_1)} \cdot \ln \frac{h_1}{h_2}$$

K=coefficiente di permeabilità (m/sec)
 A=area di base del foro (mq)
 h1-h2=altezza dell'acqua ai tempi t1 e t2 rispetto alla falda o al fondo foro
 t1-t2=tempi corrispondenti ad h1 e h2
 CI=coefficiente di forma
 valori suggeriti:
 per L>d= L
 per L<d=1*3.14*d+L
 L= lunghezza tratto di prova
 d=diametro tratto di prova



Località	Melendugno (LE)
Sondaggio Geognostico	ST-BH2

Committente	URS Italia S.p.A.
Prova n°	LG01

Profondità foro dal piano campagna (metri)	15.00
Distanza tra livello statico della falda e manometro (h)	5.05
Diametro tratto del foro in prova (mm)	96
Lunghezza tratto in prova (metri)	1.50
Testa del tratto in prova dal p.c. (metri)	13.50
Piede del tratto in prova dal p.c. (metri)	15.00
Altezza del manometro rispetto al p.c. (metri)	0.95
Densità dell'acqua (gr/cmc) gw	1.00
Perdita di carico nel circuito (MPa) Pc	0.00
Coefficiente di forma F	0.00
Livello statico della falda dal p.c. (metri)	4.10

La pressione letta al manometro deve essere riportata alla pressione reale che risulta pari a:

$$Pr = Pm + gw \cdot h - Pc$$

Pr = Pressione reale
Pm = Pressione letta al manometro
h = Distanza tra la livello statico della falda ed il manometro
Pc = Perdita di carico nel circuito
gw = Densità dell'acqua

Volume totale assorbito in andata e ritorno (mc)	0.70
---	-------------

Gradini regolari di pressione

CARICO

Volume totale assorbito in andata (mc) **0.43**

1° gradino - in andata -			
Pressione letta al manometro (MPa)		0.20	
Pressione reale (MPa)		0.25	
Tempo (minuti)	Assorbimento (litri/minuti)	Volume assorbito (mc)	
2	10.50	2.10E-02	
4	11.00	2.20E-02	
6	11.00	2.20E-02	
8	11.00	2.20E-02	
10	11.00	2.20E-02	
		Q mc/s	1.82E-04
Media (l/m)	10.90	Vol. tot. mc	0.11

2° gradino - in andata -			
Pressione letta al manometro (MPa)		0.30	
Pressione reale (MPa)		0.35	
Tempo (minuti)	Assorbimento (litri/minuti)	Volume assorbito (mc)	
2	11.50	2.30E-02	
4	11.50	2.30E-02	
6	11.00	2.20E-02	
8	11.50	2.30E-02	
10	11.50	2.30E-02	
		Q mc/s	1.90E-04
Media (l/m)	11.40	Vol. tot. mc	0.11

3° gradino - in andata -			
Pressione letta al manometro (MPa)		0.40	
Pressione reale (MPa)		0.45	
Tempo (minuti)	Assorbimento (litri/minuti)	Volume assorbito (mc)	
2	20.50	4.10E-02	
4	20.50	4.10E-02	
6	21.00	4.20E-02	
8	20.50	4.10E-02	
10	20.50	4.10E-02	
		Q mc/s	3.43E-04
Media (l/m)	20.60	Vol. tot. mc	0.21

SCARICO

Volume totale assorbito in andata (mc) **0.28**

1° gradino - in ritorno -			
Pressione letta al manometro(MPa)		0.30	
Pressione reale (MPa)		0.35	
Tempo (minuti)	Assorbimento (litri/minuti)	Volume assorbito (mc)	
2	16.00	3.20E-02	
4	16.00	3.20E-02	
6	16.00	3.20E-02	
8	16.00	3.20E-02	
10	16.00	3.20E-02	
		Q mc/s	2.67E-04
Media (l/m)	16.00	Vol. tot. mc	0.16

2° gradino - in ritorno -			
Pressione letta al manometro(MPa)		0.20	
Pressione reale (MPa)		0.25	
Tempo (minuti)	Assorbimento (litri/minuti)	Volume assorbito (mc)	
2	11.50	2.30E-02	
4	11.50	2.30E-02	
6	11.50	2.30E-02	
8	11.50	2.30E-02	
10	11.50	2.30E-02	
		Q mc/s	1.92E-04
Media (l/m)	11.50	Vol. tot. mc	0.12

Località **Melendugno (LE)**
Sondaggio Geognostico **ST-BH2**

Prova n° **LG01**

h (carico d'acqua) (m)= **5.05**

Tabella riepilogativa con correlazione tra unità Lugeon e coefficiente di permeabilità "K"

Gradini di carico e scarico	"P" Pressione reale (MPa)	"Q" Portata unitaria (l/min/L prova)	U.L. l/min*m Q*I/P	"K" Permeabilità m/sec Q/F*h Cestari (ediz.2005)	"K" Permeabilità m/sec Q/F*h AGI (1977) Tanzini-Casadio	"K" Permeabilità K=ULx10 ⁻⁷ m/s
1° Gradino in andata	0.25	7.27	29.01	6.86E-06	1.32E-05	2.90E-06
2° Gradino in andata	0.35	7.60	21.68	7.17E-06	1.38E-05	2.17E-06
3° Gradino in andata	0.45	13.73	30.48	1.30E-05	2.49E-05	3.05E-06
1° Gradino in ritorno	0.35	10.67	30.43	1.01E-05	1.93E-05	3.04E-06
2° Gradino in ritorno	0.25	7.67	30.61	7.23E-06	1.39E-05	3.06E-06

