



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

**MAGISTRATO ALLE ACQUE**

**NUOVI INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA DI VENEZIA**  
**LEGGE 29/11/1984 N. 798**  
**ATTO ATTUATIVO N. 7395 DEL 23/11/1993 ALLA CONV. REP. 7191 DEL 04/10/1991**



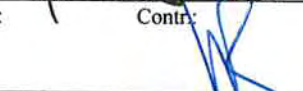


**INTERVENTI PER L'ARRESTO E L'INVERSIONE DEI PROCESSI DI DEGRADO  
DELLA LAGUNA**

**CONCESSIONARIO: CONSORZIO "VENEZIA NUOVA"**

**INTERVENTI DI SISTEMAZIONE DEL CANALE  
INDUSTRIALE SUD A PORTO MARGHERA  
4° STRALCIO – SPONDA SUD E DARSENA TERMINALE**



**PROGETTO DEFINITIVO****RELAZIONE TECNICA DELLE INDAGINI**

Dicembre 2002

COORDINAMENTO	PROGETTAZIONE	
 CONSORZIO VENEZIA NUOVA Ing. JOHANN STOCKER Verif:  Contr:  Elaborato C	<div><b>PROTECNO</b></div> <div><b>Protecno s.r.l. – Padova</b></div> <div>Direttori tecnici: Prof. Ing. A. Adami Dott. Ing. C. Comola Collaboratori: Dott. Ing. A. Venuti</div>	 Responsabile della progettazione: Dott. Ing. V. Altieri Direttore Tecnico: Dott. Ing. E. Altieri 

149/002/RT02/EE/030330/1

M 0016 PD RL A 0002

			EL.	CON.	APP.		
REVISIONE	DESCRIZIONE						
MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI MAGISTRATO ALLE ACQUE							
NUOVI INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA DI VENEZIA							
ATTO ATTUATIVO DEL 14.7.1998 n°7760 di REP. alla convenzione 4.10.1991 n°7191 di REP. LEGGE 29.11.1984 N.798							
INDAGINI INTEGRATIVE A SUPPORTO DELLE PROGETTAZIONI DEGLI INTERVENTI SULLE SPONDE DEI CANALI DI PORTO MARGHERA							
Canale Industriale Sud – Darsena e Sponda Sud							
RAPPORTO FINALE							
Relazione tecnica							
CONSORZIO "VENEZIA NUOVA"							
ELABORATO:		CONTROLLATO:		APPROVATO:			
N.ELABORATO				DATA: FEBBRAIO 2003			
VERIFICATO		ESECUTORE:					
COORDINAMENTO  <b>CONSORZIO VENEZIA NUOVA</b> Ing.J.Stocker		 <b>SELC</b> <i>biologia e geologia applicate</i> <b>SELC S.C.A.R.L.</b> <i>dr. geol. Daniele Argenti</i>					



## INDICE

1. INTRODUZIONE	PAG.	1
2. EVOLUZIONE MORFOLOGICA	PAG.	10

### ATTIVITÀ DI CAMPO

3. Sondaggi profondi e superficiali sul suolo e prelievo campioni	pag.	26
3.1 <i>Modalità di esecuzione dei sondaggi</i>	pag.	28
3.2 <i>Inquadramento geologico, idrogeologico e geotecnico</i>	pag.	29
3.3 <i>Interpretazione stratigrafica</i>	pag.	35
3.4 <i>Modalità di prelievo dei campioni</i>	pag.	42
3.4.1 Campionamento per prove geotecniche di laboratorio	pag.	43
3.4.2 Campionamento per analisi chimiche	pag.	43
4. Prove geotecniche ed idrogeologiche <i>in situ</i>	pag.	46
4.1 <i>Prove SPT (Standard Penetration Test)</i>	pag.	46
4.1.1 Modalità esecutive delle prove	pag.	47
4.2 <i>Determinazione delle resistenze al Pocket Penetrometer e al Torvane</i>	pag.	54
4.3. <i>Prove penetrometriche statiche</i>	pag.	56
4.3.1 Modalità esecutive delle prove	pag.	57
4.4 <i>Prove Lefranc</i>	pag.	60
4.4.1 Modalità esecutive delle prove	pag.	61
4.5 <i>Prove piezometriche</i>	pag.	69
4.5.1 Installazione trasduttori di pressione	pag.	72
4.5.2 Elaborazione dati	pag.	73
4.5.3 Interpretazione	pag.	102
4.5.3.1 <i>Falda superficiale</i>	pag.	104
4.5.3.2 <i>Prima falda</i>	pag.	105
4.5.3.3 <i>Seconda falda</i>	pag.	107
4.6 <i>Misure elettrochimiche in situ</i>	pag.	112

### ATTIVITÀ DI LABORATORIO

5. Prove geotecniche di laboratorio	pag.	123
5.1 <i>Analisi granulometriche</i>	pag.	131
5.2 <i>Determinazione dei limiti di Atterberg</i>	pag.	136
5.3 <i>Determinazione del contenuto naturale d'acqua</i>	pag.	139
5.4 <i>Determinazione del peso specifico <math>G_s</math> (peso specifico dei grani)</i>	pag.	140
5.5 <i>Determinazione del peso di volume <math>\gamma</math> (peso specifico apparente)</i>	pag.	141
5.6 <i>Prove di taglio diretto</i>	pag.	142
5.7 <i>Prove di compressione con espansione laterale libera</i>	pag.	143
5.8 <i>Prove triassiali CIU – CID</i>	pag.	143
5.9 <i>Prove edometriche</i>	pag.	144

5.10	<i>Determinazione delle resistenze al Pocket Penetrometer e al Torvane</i>	pag. 145
6.	Analisi chimiche di laboratorio	pag. 153
6.1	<i>Metodiche analitiche e controlli qualità</i>	pag. 161
6.2	<i>Risultati analitici e classificazione dei campioni in base alle normative vigenti</i>	pag. 166
6.2.1	<i>Analisi chimiche sui suoli</i>	pag. 166
6.2.2	<i>Analisi chimiche sulle acque</i>	pag. 208
6.3	<i>Considerazioni conclusive</i>	pag. 241
7.	Conclusioni	pag. 242
	BIBLIOGRAFIA	pag. 255

## ELENCO ALLEGATI

ATLANTE ANALISI CHIMICHE

ACQUE TAV. 2-28

SUOLI TAV. 29-44

ALLEGATO 1 – SONDAGGI A ROTAZIONE CON CAROTAGGIO CONTINUO

Descrizioni stratigrafiche  
Foto

ALLEGATI 2 – PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPTU

Grafici e tabelle

ALLEGATO 2/A – PROVE CPTU A TERRA 5-6-9-13-16

ALLEGATO 2/B – PROVE CPTU A TERRA 19-27-30-37-40

ALLEGATO 2/C – PROVE CPTU A TERRA 43-46-54-76-66-69

ALLEGATO 2/D – PROVE CPTU A MARE 1-2-3-4-7-10-12

ALLEGATO 2/E – PROVE CPTU A MARE 14-15-17-18-20-21-22

ALLEGATO 2/F – PROVE CPTU A MARE 23-25-26-28-29-31-32-33

ALLEGATO 2/G – PROVE CPTU A MARE 35-36-38-39-41-42-44

ALLEGATO 2/H – PROVE CPTU A MARE 47-48-52-53-55-56-59-60-61

ALLEGATO 2/I – PROVE CPTU A MARE 63-64-67-68-70-71-72-73

ALLEGATO 3 – PROVE DI PERMEABILITÀ IN FORO DI SONDAGGIO

Certificati di prova

ALLEGATI 4 – PROVE PIEZOMETRICHE

Tabelle e grafici

ALLEGATO 4/A – PIEZOMETRI S1Pz1-S2Pz2-SS1Pz3-SS2Pz4-S5Pz3  
S6Pz4-SS3Pz5-S8Pz6-S9Pz7-S10Pz8-S12Pz10  
SS4Pz26-S13Pz11

ALLEGATO 4/B – PIEZOMETRI S14Pz28-S15Pz32-S16Pz12-S18Pz14  
S30Pz33-S19Pz15-S21Pz17-S22Pz18-S23Pz19  
S28Pz30-S29Pz31-S26Pz21-S27Pz22

ALLEGATO 5 –PRELIEVO CAMPIONI INDISTURBATI	Descrizioni visive
ALLEGATI 6 – PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO	Certificati di prova
ALLEGATO 6/A – ANALISI GRANULOMETRICHE	
ALLEGATO 6/B – LIMITI DI ATTERBERG	
ALLEGATO 6/C – CONTENUTO NATURALE D’ACQUA, PESO SPECIFICO E DI VOLUME	
ALLEGATO 6/D – PROVE DI TAGLIO DIRETTO	
ALLEGATO 6/E – PROVE DI COMPRESSIONE ELL	
ALLEGATO 6/F – PROVE TRIASSIALI CIU E CID	
ALLEGATO 6/G – PROVE EDOMETRICHE	
ALLEGATI 7 – ANALISI CHIMICHE SU CAMPIONI DI ACQUA	Certificati di prova
ALLEGATO 7/A – VERBALI DI PRELIEVO CAMPIONI	
ALLEGATO 7/B – ANALISI CHIMICHE	
ALLEGATI 8 – ANALISI CHIMICHE SU CAMPIONI DI SUOLO	Certificati di prova
ALLEGATO 8/A – VERBALI DI PRELIEVO CAMPIONI	
ALLEGATO 8/B – SONDAGGI S1Pz1–S2Pz2–SS1Pz3–S6Pz4–S7Pz5–SS3Pz25	
ALLEGATO 8/C – SONDAGGI SS3BIS–S8Pz6–S9Pz7–S10Pz8–S12Pz10 S13Pz11–S15Pz32	
ALLEGATO 8/D – SONDAGGI S16Pz12–S17–S18Pz14–S19Pz15–S21Pz17 SS6Pz29	
ALLEGATO 8/E – SONDAGGI S22Pz18–S23Pz19–S24–S28Pz30– S29Pz31 S26Pz21–S27Pz22	
ALLEGATO 8/F – SUOLI E ACQUE. PARAMETRI DETERMINATI SU UN NUMERO RIDOTTO DI CAMPIONI	
ALLEGATO 8/G – SUOLI. SOMMATORIE PER VIA DI CALCOLO E CERTIFICATI T.Q. CON INDIVIDUAZIONE DEL SITO DI DESTINAZIONE	

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica contiene i risultati delle attività di indagine e studio relative al *CANALE INDUSTRIALE SUD – DARSENA E SPONDA SUD* svolte dalla scrivente SELC p.SCARL nell'ambito del progetto “*OP/222 Indagini integrative a supporto delle progettazioni degli interventi sulle sponde dei canali di Porto Marghera*”. Essa è corredata dai certificati relativi alle prove e alle analisi effettuate; relazione ed allegati costituiscono il *Rapporto Finale* relativo al tratto di sponda indicato.

Le attività, iniziate nel mese di ottobre 2001 con le indagini di campo e concluse nel settembre del 2002 con le ultime analisi chimiche sui campioni di terreno ed acqua, possono essere così riassunte:

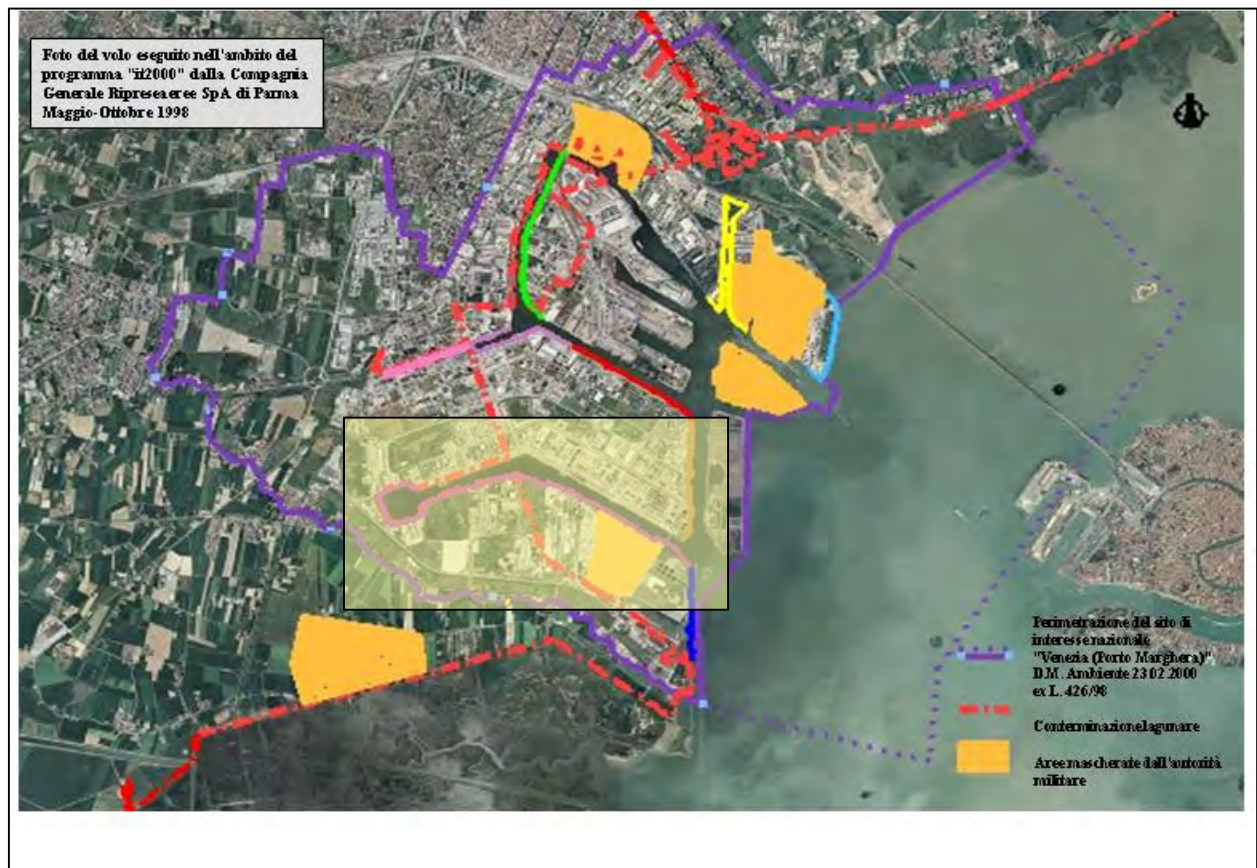
- acquisizione dati sull'evoluzione morfologica dell'area (*capitolo 2*)
- sondaggi profondi sul suolo e prelievo di campioni (*capitolo 3*)
- prove geotecniche ed idrogeologiche *in situ* (*capitolo 4*)
- prove geotecniche di laboratorio (*capitolo 5*)
- analisi chimiche di laboratorio (*capitolo 6*)

Per le norme e modalità di esecuzione delle attività, sia di campo sia di laboratorio, si è fatto riferimento alle indicazioni del Consorzio Venezia Nuova ed ai seguenti documenti: l'“*Accordo di Programma per la chimica a Porto Marghera*”, il “*Protocollo operativo per la caratterizzazione dei siti ai sensi del D.M. 471/99 e dell'Accordo di Programma per la chimica a Porto Marghera*”. Il sito oggetto di indagine è incluso nella perimetrazione del sito di interesse

nazionale “Venezia Porto Marghera” definito dal D.M.A. 23.02.2000 ex Legge 426/98 (cfr. figura 1.1 di inquadramento e figura 1.2 con indicazione della perimetrazione del sito).



*Figura 1.1 – Inquadramento generale dell'area oggetto di studio  
(Laguna Veneta – Carta Idrografica e della Navigazione. Ed. Garbizza)*



*Figura 1.2 – Inquadramento generale dell'area oggetto di studio  
(Consorzio Venezia Nuova – Servizio Informativo)*

Il programma operativo contenente le tipologie delle attività da eseguire, le quantità e l'ubicazione dei punti di indagine è stato trasmesso dal Consorzio Venezia Nuova alla scrivente SELC p.SCARL incaricata dell'esecuzione delle attività. Le sigle dei sondaggi profondi sul suolo, delle prove CPTU a terra e delle CPTU in acqua, le relative coordinate pianoaltimetriche determinate mediante rilievo topografico e l'indicazione dell'azienda di riferimento, sono riportate nella tabella 1.1 che segue. L'ubicazione dei punti di indagine è inoltre visualizzata nelle figure 1.3, 1.4a e 1.4b, costruite sulla base delle Carte Tecniche Regionali relative al sito in esame (*CTR F. 127150 Malcontenta e CTR 127160 Venezia Ovest in scala 1:10000, elementi 127151 Moranzani e 127164 Canale delle Tresse in scala 1:5000*).

Tabella 1.1 – Sigle e coordinate planoaltimetriche dei sondaggi sul suolo e delle CPTU

Sondaggi profondi sul suolo				
Sigla	Coordinate			Azienda
	<i>Est</i> <i>m</i>	<i>Nord</i> <i>m</i>	<i>z</i> <i>m s.l.m.m.</i>	
S1 Pz1	2302428,30	5035512,00	2.09	Nuova Sirma
S2 Pz2	2302330,40	5035464,90	2.23	Nuova Sirma
SS1 Pz23	2302232,00	5035324,40	2.70	S. Marco Petroli
S4	2302269,60	5035236,00	2.67	S. Marco Petroli
SS2 Pz24	2302365,50	5035053,00	2.46	Pagnan
S5 Pz3	2302464,00	5035075,20	2.37	Pagnan
S6 Pz4	2302602,90	5035123,10	2.24	Pagnan
S7 Pz5	2302730,40	5035281,00	2.52	43 ha
SS3 Pz25	2302872,00	5035356,80	2.41	43 ha
SS3bis	2302977,10	5035389,40	2.43	43 ha
S8 Pz6	2303031,20	5035424,30	3.03	43 ha
S9 Pz7	2303197,00	5035465,70	2.95	43 ha
S10 Pz8	2303287,60	5035513,90	2.13	Decal
S12 Pz10	2303589,30	5035578,40	2.82	Amav
SS4 Pz26	2303687,80	5035555,60	2.60	Amav
S13 Pz11	2303758,50	5035593,60	2.57	Amav
S14 Pz28	2303886,90	5035557,20	1.89	ex Abibes
S15Pz32 (*)	(*) L'ubicazione del sondaggio e del piezometro non coincidono			
S15	2304089,00	5035511,60	2.13	Alcoa
Pz32	2304007,30	5035493,60	2.40	ex Abibes
S16 Pz12	2304188,00	5035462,00	2.18	Alcoa
S17	2304273,00	5035418,90	2.13	Alcoa
S18 Pz14	2304359,00	5035366,00	2.30	Alcoa
S30Pz33	2304410,00	5035330,80	2.11	Alcoa
S19 Pz15	2304453,91	5035306,12	2.03	Alcoa
S21 Pz17	2304799,60	5035087,90	2.21	Enel
SS6 Pz29	2304855,90	5035053,20	2.24	Enel
S22 Pz18	2304929,00	5035024,10	2.45	Edison
S23 Pz19	2304983,55	5034988,67	2.10	Edison
S24	2305041,34	5034955,01	1.96	Edison
S28 Pz30	2305098,64	5034923,64	2.09	Aspiv
S29 Pz31	2305290,90	5034787,00	2.97	Aspiv
S26 Pz21	2305359,60	5034743,30	2.46	Aspiv
S27 Pz22	2305448,50	5034653,00	2.77	Aspiv
CPT a mare				
CPTU1	2302444,08	5035482,26	-5.57	Nuova Sirma
CPTU2	2302448,73	5035469,46	-7.16	Nuova Sirma
CPTU3	2302336,79	5035448,51	-6.14	Nuova Sirma
CPTU4	2302342,02	5035433,09	-6.57	Nuova Sirma

Tabella 1.1 – Sigle e coordinate planoaltimetriche dei sondaggi profondi sul suolo e delle CPTU  
(continua)

Sigla	Coordinate			Azienda
	<i>Est</i> <i>M</i>	<i>Nord</i> <i>M</i>	<i>Z</i> <i>m s.l.m.m.</i>	
CPTU7	2302377,04	5035071,66	-5.85	Pagnan
CPTU10	2302528,88	5035126,08	-7.40	Pagnan
CPTU12	2302672,94	5035226,48	-6.10	Pagnan
CPTU14	2302749,97	5035342,26	-4.05	43 ha
CPTU15	2302744,84	5035358,12	-7.12	43 ha
CPTU17	2302857,73	5035383,50	-4.70	43 ha
CPTU18	2302851,31	5035400,32	-5.01	43 ha
CPTU20	2302970,14	5035421,25	-2.56	43 ha
CPTU21	2302967,65	5035438,07	-2.56	43 ha
CPTU22	2303090,70	5035470,65	-5.49	43 ha
CPTU23	2303084,28	5035487,46	-3.43	43 ha
CPTU25	2303201,38	5035509,98	-3.64	Decal
CPTU26	2303194,96	5035526,70	-7.35	Decal
CPTU28	2303329,11	5035552,58	-5.28	Decal
CPTU29	2303321,10	5035563,71	-7.39	Decal
CPTU31	2303430,68	5035603,31	-4.57	Decal
CPTU32	2303426,23	5035614,88	-7.97	Decal
CPTU33	2303498,20	5035632,90	-4.36	Decal
CPTU35	2303762,25	5035625,39	-2.42	Ex-Abibes
CPTU36	2303764,07	5035646,43	-2.68	Ex-Abibes
CPTU38	2303934,42	5035557,77	-5.84	Ex-Abibes
CPTU39	2303944,80	5035582,71	-6.62	Ex-Abibes
CPTU41	2304037,35	5035553,21	-2.59	Alcoa
CPTU42	2304038,39	5035573,47	-3.02	Alcoa
CPTU44	2304169,31	5035502,65	-3.18	Alcoa
CPTU47	2304227,97	5035466,69	-4.43	Alcoa
CPTU48	2304235,95	5035483,98	-7.70	Alcoa
CPTU52	2304420,48	5035346,76	-6.44	Enel
CPTU53	2304428,47	5035364,05	-6.51	Enel
CPTU55	2304510,75	5035293,41	-6.84	Enel
CPTU56	2304518,74	5035310,70	-8.66	Enel
CPTU59	2304877,18	5035100,36	-6.56	Enel
CPTU60	2305000,73	5035008,15	-4.36	Edison
CPTU61	2305008,72	5035025,45	-6.37	Edison
CPTU63	2305106,74	5034945,13	-6.26	Edison
CPTU64	2305114,73	5034962,42	-6.29	Edison
CPTU67	2305458,39	5034709,98	-3.11	Aspiv
CPTU68	2305472,73	5034722,33	-7.61	Aspiv

**Tabella 1.1 – Sigle e coordinate planoaltimetriche dei sondaggi profondi sul suolo e delle CPTU**  
(continua)

Sigla	Coordinate			Azienda
	<i>Est</i> <i>M</i>	<i>Nord</i> <i>M</i>	<i>Z</i> <i>m s.l.m.m.</i>	
CPTU70	2305525,46	5034615,71	-4.38	Aspiv
CPTU71	2305539,80	5034628,07	-5.39	Aspiv
CPTU72	2305558,71	5034523,39	-5.14	Aspiv
CPTU73	2305574,26	5034523,92	-5.46	Aspiv
<b>CPT a terra</b>				
CPTU5	2302237,10	5035329,50	2.58	S. Marco Petroli
CPTU6	2302371,00	5035054,40	2.35	Pagnan
CPTU9	2302538,70	5035099,70	2.38	Pagnan
CPTU13	2302757,90	5035322,40	2.17	43 ha
CPTU16	2302871,30	5035365,30	2.21	43 ha
CPTU19	2302978,10	5035390,40	2.22	43 ha
CPTU27	2303337,00	5035532,50	2.24	Decal
CPTU30	2303445,50	5035568,50	2.58	Decal
CPTU37	2303923,75	5035532,05	2.02	Ex-Abibes
CPTU40	2304007,30	5035493,60	2.16	Ex-Abibes
CPTU43	2304158,00	5035480,80	2.01	Alcoa
CPTU46	2304222,00	5035446,20	2.14	Alcoa
CPTU54	2304542,00	5035199,00	2.18	Enel
CPTU76	2304689,93	5035146,05	2.20	Enel
CPTU66	2305409,70	5034696,70	2.76	Aspiv
CPTU69	2305489,70	5034600,60	2.62	Aspiv

Prima dell'avvio delle attività di campo una ditta specializzata ha condotto un'indagine preliminare per accertare la presenza o meno di ordigni o residui bellici nelle aree interessate dalla realizzazione dei sondaggi e delle prove penetrometriche. L'indagine è stata condotta nei punti individuati dal Consorzio Venezia Nuova e segnalati in campo da SELC p.SCARL mediante l'infissione di picchetti ben visibili ed opportunamente siglati.

INDAGINI INTEGRATIVE A SUPPORTO DELLE  
PROGETTAZIONI DEGLI INTERVENTI SULLE SPONDE DEI  
CANALI DI PORTO MARGHERA

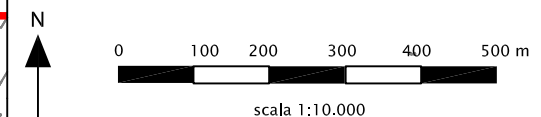
## CANALE INDUSTRIALE SUD DARSENA E SPONDA SUD

Ubicazione dei punti di indagine

LEGENDA:

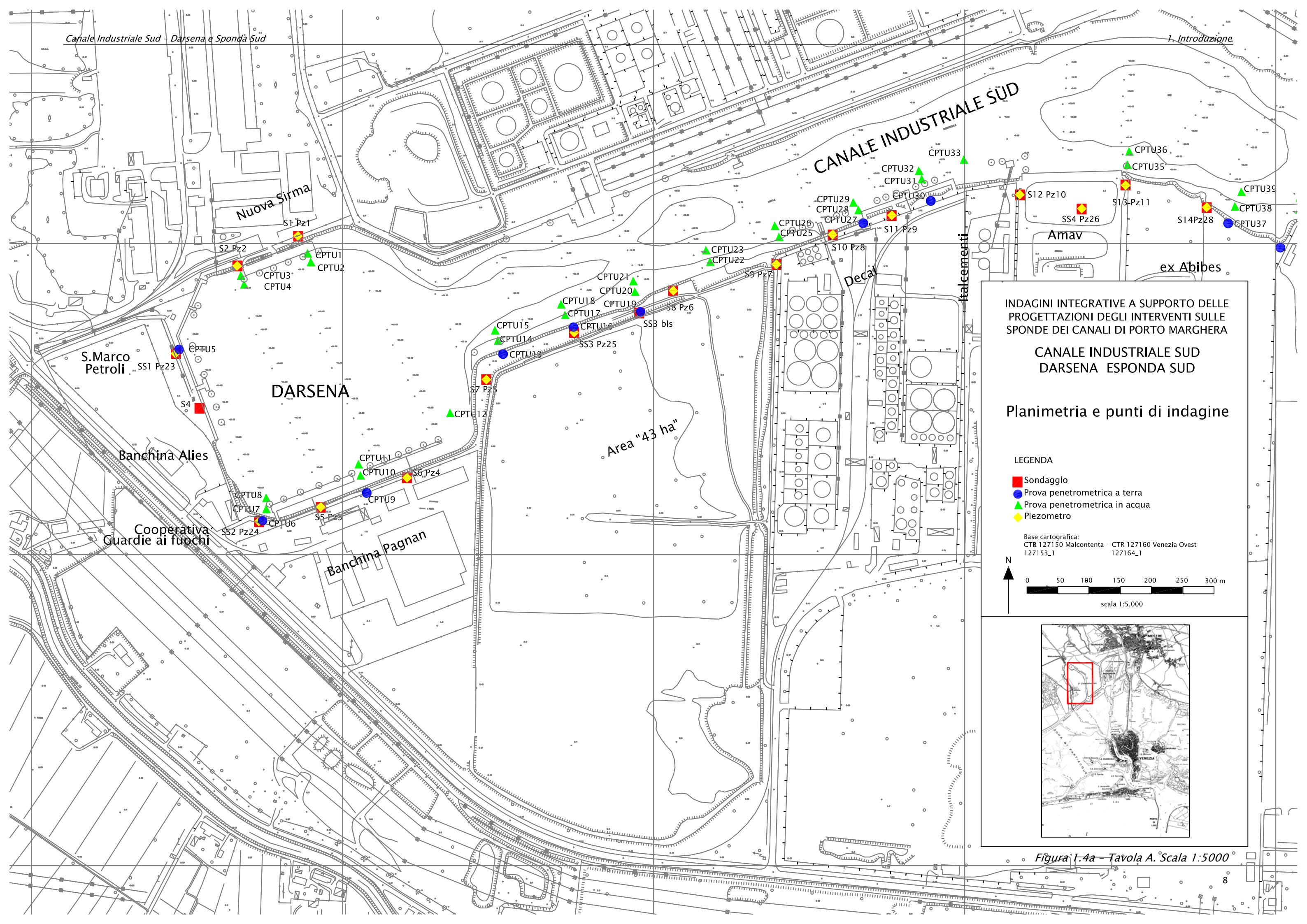
- Sondaggio profondo sul suolo
- Prova penetrometrica a terra
- ▲ Prova penetrometrica in acqua
- ◆ Piezometro

Base cartografica Carta Tecnica Regionale  
Sezioni 1:10000 127150 Malcontenta 127160 Venezia Ovest  
Elementi 1:5000 127153 Moranzani 127164 Canale delle Tresse



*SELG biologia e geologia applicate*

Figura 1.3 - Planimetria generale dell'area con  
l'ubicazione dei punti di indagine



INDAGINI INTEGRATIVE A SUPPORTO DELLE  
PROGETTAZIONI DEGLI INTERVENTI SULLE  
SPONDE DEI CANALI DI PORTO MARGHERA

CANALE INDUSTRIALE SUD  
DARSENA ESPONDA SUD

Planimetria e punti di indagine

LEGENDA

- Sondaggio
- Prova penetrometrica a terra
- Prova penetrometrica in acqua
- Piezometro

Base cartografica:  
CTR 127150 Malcontenta - CTR 127160 Venezia Ovest  
127153\_1 127164\_1

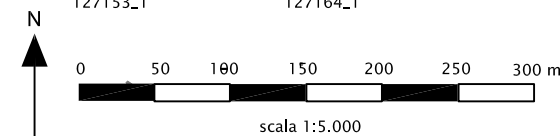


Figura 1-4a - Tavola A. Scala 1:5000

INDAGINI INTEGRATIVE A SUPPORTO DELLE  
PROGETTAZIONI DEGLI INTERVENTI SULLE  
SPONDE DEI CANALI DI PORTO MARGHERA

## CANALE INDUSTRIALE SUD DARSENA E SPONDA SUD

### Planimetria e punti di indagine

#### LEGENDA

- Sondaggio
- Prova penetrometrica a terra
- ▲ Prova penetrometrica in acqua
- ◆ Piezometro

Base cartografica:  
CTR 127150 Malcontenta - CTR 127160 Venezia Ovest  
127153\_1 127164\_1

N



scala 1:5.000



**SELCA** biologia e geologia applicate

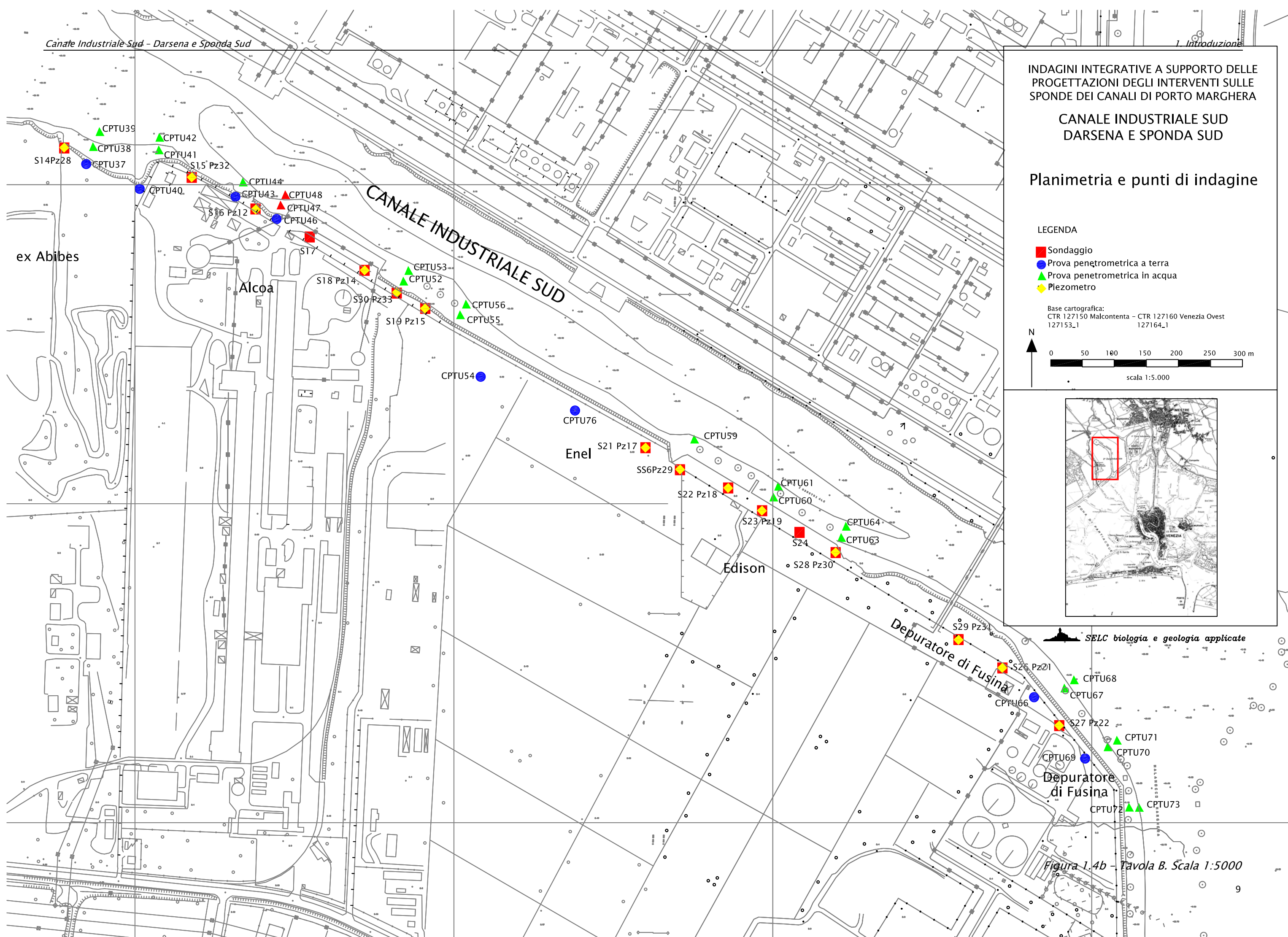


Figura 1.4b - Tavola B. Scala 1:5000

## 2. EVOLUZIONE MORFOLOGICA

L'area interessata dalla realizzazione degli interventi è localizzata in un ambiente di transizione tra terraferma e laguna, ed è quindi caratterizzata, dal punto di vista geomorfologico, da un equilibrio instabile e da una conseguente veloce evoluzione. L'area di transizione verso l'entroterra ha inoltre subito nel corso del tempo importanti modifiche di origine antropica correlate agli assetti culturali e ai processi di urbanizzazione e industrializzazione. Particolarmente rilevanti sono stati gli interventi mirati al riassetto del sistema idrografico di collegamento tra terraferma e laguna.

Per l'inquadramento dal punto di vista topografico si fa riferimento alla tavoletta *Mestre* (Foglio n°51, quadrante II di NO) dell'Istituto Geografico Militare (scala 1:25000) e alle sezioni in scala 1:10000 della Carta Tecnica Regionale del Veneto n°127150 *Malcontenta* (n°127151) e n°127160 *Venezia Ovest* (n°127164).

Per la ricostruzione dell'evoluzione morfologica di Porto Marghera, e particolarmente dell'area del Canale Industriale Sud, sono state utilizzate la cartografia storica e le riprese aeree di seguito elencate:

- Carta Topografica della Laguna di Venezia del 1845 (Pietro Paleocapa)
- IGM Carta d'Italia F.51 aggiornamento 1903 (rilievo del 1887) in scala 1:25000
- IGM Carta d'Italia F.51 aggiornamento 1910 (rilievo del 1887) in scala 1:25000
- IGM Carta d'Italia F.51 aggiornamento 1931 (rilievo del 1887) in scala 1:25000
- IGM Carta d'Italia F.51 aggiornamento 1940 (rilievo del 1887) in scala 1:25000
- IGM Carta d'Italia F.51 ed. 1968 (rilievo del 1966) in scala 1:25000
- CTR F.127150 Malcontenta e CTR 127160 Venezia Ovest in scala 1:10000 (1978)
- Volo C.G.R.A. 06.08.1998

Il confronto tra gli estratti della cartografia sopra elencata ha consentito di seguire lo sviluppo morfologico della zona di Porto Marghera ora interessata dalla presenza del Canale Industriale Sud. Il capitolo relativo all'evoluzione morfologica è stato quindi strutturato in diversi paragrafi ciascuno dei quali è riferito ad uno specifico anno ad alla relativa cartografia.

## 2.1 NASCITA ED EVOLUZIONE DI PORTO MARGHERA

Porto Marghera nasce alla fine della prima guerra mondiale da un'iniziativa del Conte Giuseppe Volpi che ottenne dal Governo italiano la concessione per la realizzazione del primo *porto industriale* italiano, una realtà nella quale inserire aree adibite al deposito e al transito delle merci ma anche un complesso di officine dotate di banchine ed eventualmente bacini di ancoraggio (*Mancuso, 1997*). L'area prescelta era ovviamente la vicina terraferma, vista la facilità di accesso e la possibilità di espansione.

## 2.2 ANNO 1845

La cartografia utilizzata è la *Carta Topografica della Laguna di Venezia* del 1845 di Pietro Paleocapa.

L'area oggetto di indagine è ubicata al margine tra terraferma e territorio lagunare, in una zona caratterizzata dalla presenza di barene e vie d'acqua naturali e non ancora rettificata artificialmente. Tra queste si riconoscono principalmente il *Canale delle Bocche* (canale artificiale già noto come *Brentella*) che collega le *Bocche Grandi di Bottenigo* con il *Forte Marghera* e che coincide, nella parte settentrionale, con l'attuale *Canale Brentella*, e il *Fosso di Moranzano* che scorre lungo il limite tra laguna e terraferma parallelamente al *Canale Bondante di Sopra* (NW-SE). Questi due canali sono collegati tra loro in prossimità dell'abitato di

Bottenigo, dove danno luogo ad una forma approssimativamente ellittica. Il *Canale Timo* collega, attraverso le barene, queste vie d'acqua con il Canale delle Bocche. Nella carta sono inoltre già visibili i tracciati del *Canale di S.Secondo* (che diventerà il *Canale Vittorio Emanuele III*) e quello del *Canale delle Tresse*, importanti vie di collegamento con la città di Venezia. Solo nell'entroterra in prossimità di Fusina sono visibili i primi scoli e piccoli canali artificiali.



Figura 2.1 – Anno 1845

(da Carta Topografica della Laguna di Venezia del 1845 di Pietro Paleocapa)

Il territorio lagunare è decisamente diverso da quello attuale, vista l'estensione consistente delle barene (fase di interrimento) soprattutto nell'area di Porto Marghera, nella quale sorgerà il futuro Porto Industriale.

### 2.3 ANNO 1903

La carta del Paleocapa del 1845 e la carta del 1903 (*IGM Foglio 51*) evidenziano una sostanziale corrispondenza nella morfologia delle barene e dei canali che le attraversano. Il Canale Bondante di Sopra è ancora ben definito e affiancato dal *canale Brenton* che sostituisce la già citata Fossa di Moranzani. E' già presente un canale, affiancato da una strada secondaria, che collega il Canale Bondante di Sopra con *C. Antonini* attraverso aree coltivate; su questo si imposterà il *Canale di Raccordo Oriago Porto Marghera* che comparirà nella carta del 1931. E' già presente anche lo *scolo Bretella*, impostato nell'attuale tracciato del *Canale Lusore Brentella*. L'area dell'attuale Canale Industriale Sud mantiene sostanzialmente invariate le proprie caratteristiche morfologiche rispetto a quanto evidenziato nella carta del 1845, ad eccezione di una certa riduzione della superficie delle barene localizzate a sud delle Bocche Grandi di Bottenigo.

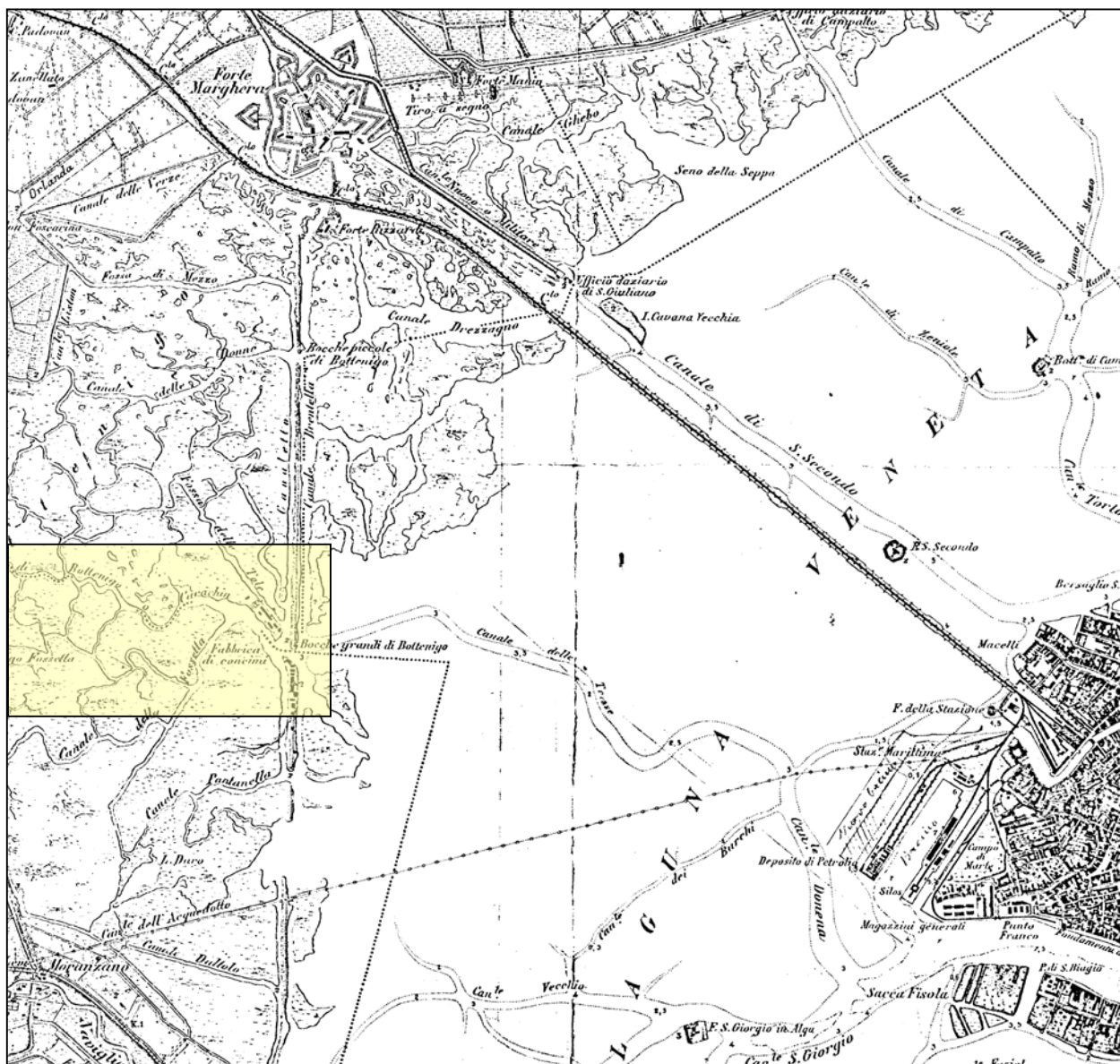
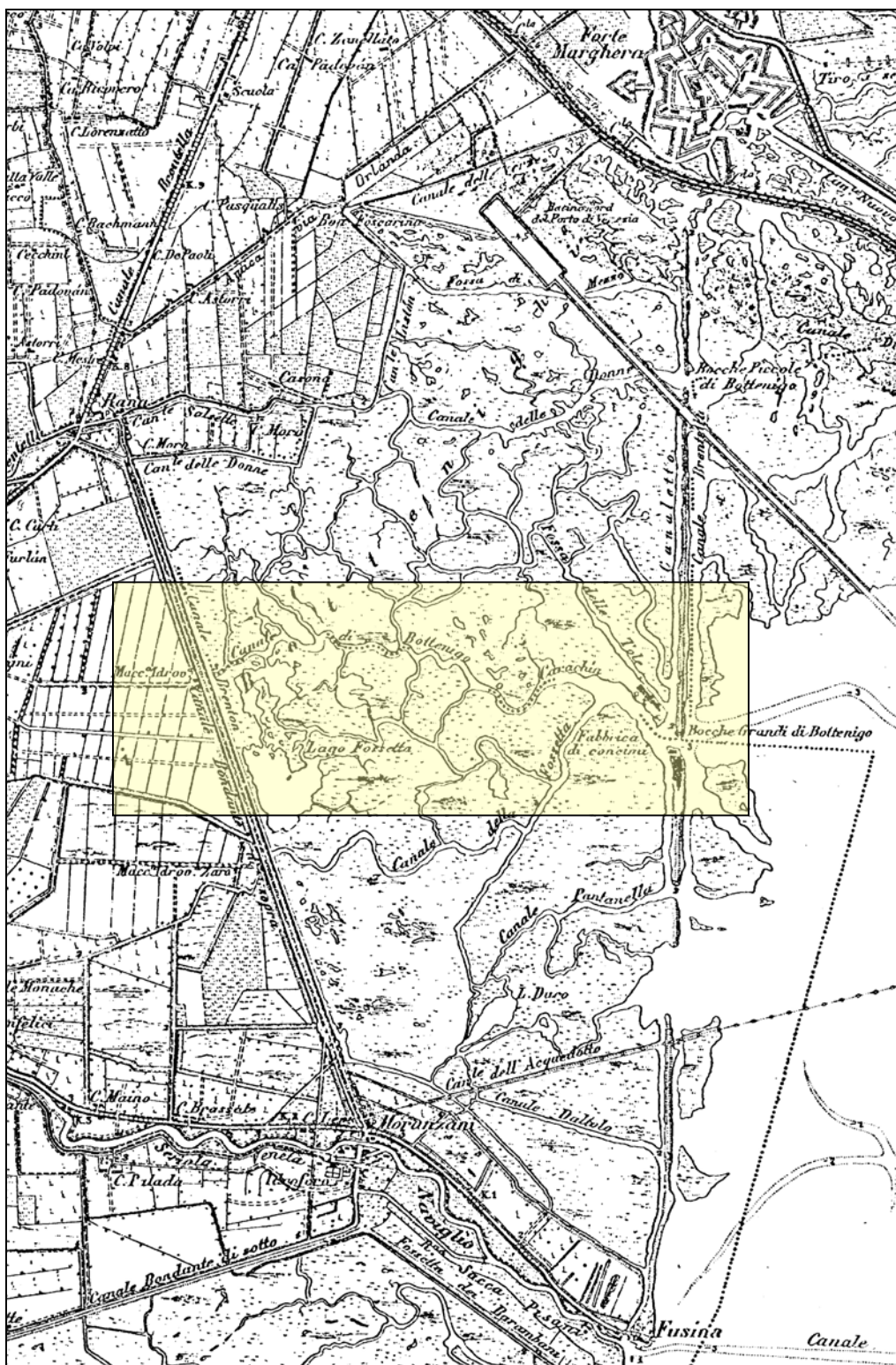


Figura 2.2 – Anno 1903

(IGM F.51 – 1903)

## 2.4 ANNO 1910

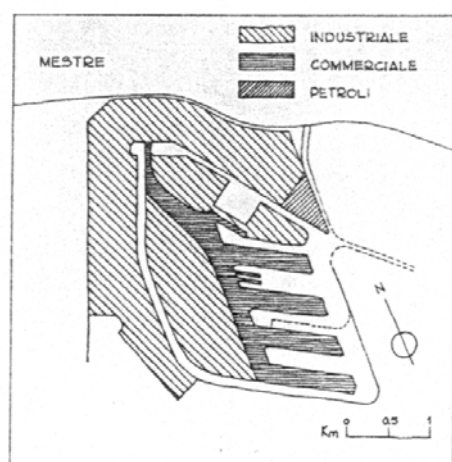
Nella carta del 1910 (*IGM F.51*) compaiono i primi importanti interventi antropici. Nel 1909 inizia infatti lo scavo del Canale San Secondo (cfr, paragrafo 2.1), necessario per consentire lo scarico in terraferma dei sedimenti provenienti dagli scavi in laguna e per il passaggio delle imbarcazioni utilizzate per la realizzazione del porto industriale (*Mancuso, 1997*). Si individua inoltre un canale artificiale che si stacca dal Canale delle Tresse in area lagunare, con direzione NO-SE, e che è caratterizzato da un bacino terminale denominato *bacino Nord del Porto di Venezia* (*CVN-SELC-SGS, 1999*). Si tratta in sostanza del primo tracciato del Canale Industriale Nord. L'area oggetto di studio si mantiene sostanzialmente invariata rispetto al 1903 fatta eccezione per la scomparsa di alcune aree paludose a ridosso del Canale Bondante di Sopra.



*Figura 2.3 - Anno 1910*  
(IGM F.51 - 1910)

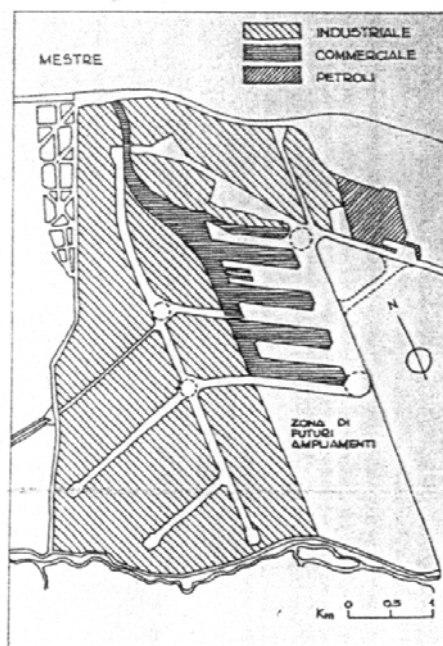
## 2.5 ANNO 1931

Tra il 1910 e il 1931 si costruiscono praticamente tutti i canali industriali della zona di Porto Marghera con una morfologia molto simile a quella attuale (CVN-SELC-SGS, 1999). Il 15 maggio 1917 fu infatti approvato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, qualche mese dopo la sua realizzazione, il progetto per il nuovo porto commerciale e industriale (Ferro, 1956), progetto che modificò sostanzialmente i Piani Regolatori (cfr. figure 2.4a e 2.4b relative ai Piani Regolatori per lo sviluppo di Porto Marghera del 1917 e 1925).



1917

Progetti di Piano Regolatore per lo sviluppo di Porto Marghera al 1917 ed al 1925.



1925

*Figure 2.4a e b – Piani Regolatori per lo sviluppo di Porto Marghera 1917 e 1925*  
(Urbanistica-Quaderni, 1996)

Il porto commerciale consisteva in una serie di moli intercalati a bacini sfocianti in un canale di navigazione oggi noto come Canale Vittorio Emanuele III, inaugurato dallo stesso re il 17 maggio 1922 (Coen-Cagli, 1929).

L'area risulta completamente modificata con un evidente avanzamento del fronte lagunare verso le aree barenicole e conseguente scomparsa delle barene e dei canali naturali anche per effetto della creazione delle prime casse di colmata. Il *Canale Industriale Nord*, che rappresenta il prolungamento del Canale Vittorio Emanuele III, viene dotato di due darsene aventi funzione di servizio ai cantieri navali e come bacini di evoluzione. Si apre il *bacino commerciale n°1* e viene proseguito verso sud il vecchio canale Brentella, che risulta ancora limitato da lembi di barena nei pressi dell'imbocco con il *Canale Industriale Ovest*. Anche il Canale Industriale Ovest era dotato di due darsene d'evoluzione, una in corrispondenza della curva da dove si originava il canale di raccordo con il Naviglio Brenta e l'altra all'estremità del braccio con direzione S-N, dove era presente un collegamento con il Canale Industriale Nord. L'area interessata dall'attuale Canale Industriale Sud è ancora caratterizzata dalla presenza di un ambiente naturale costituito da barene e da ghebbi.

La situazione è sostanzialmente invariata fino al 1940 (cfr. figura 2.6).

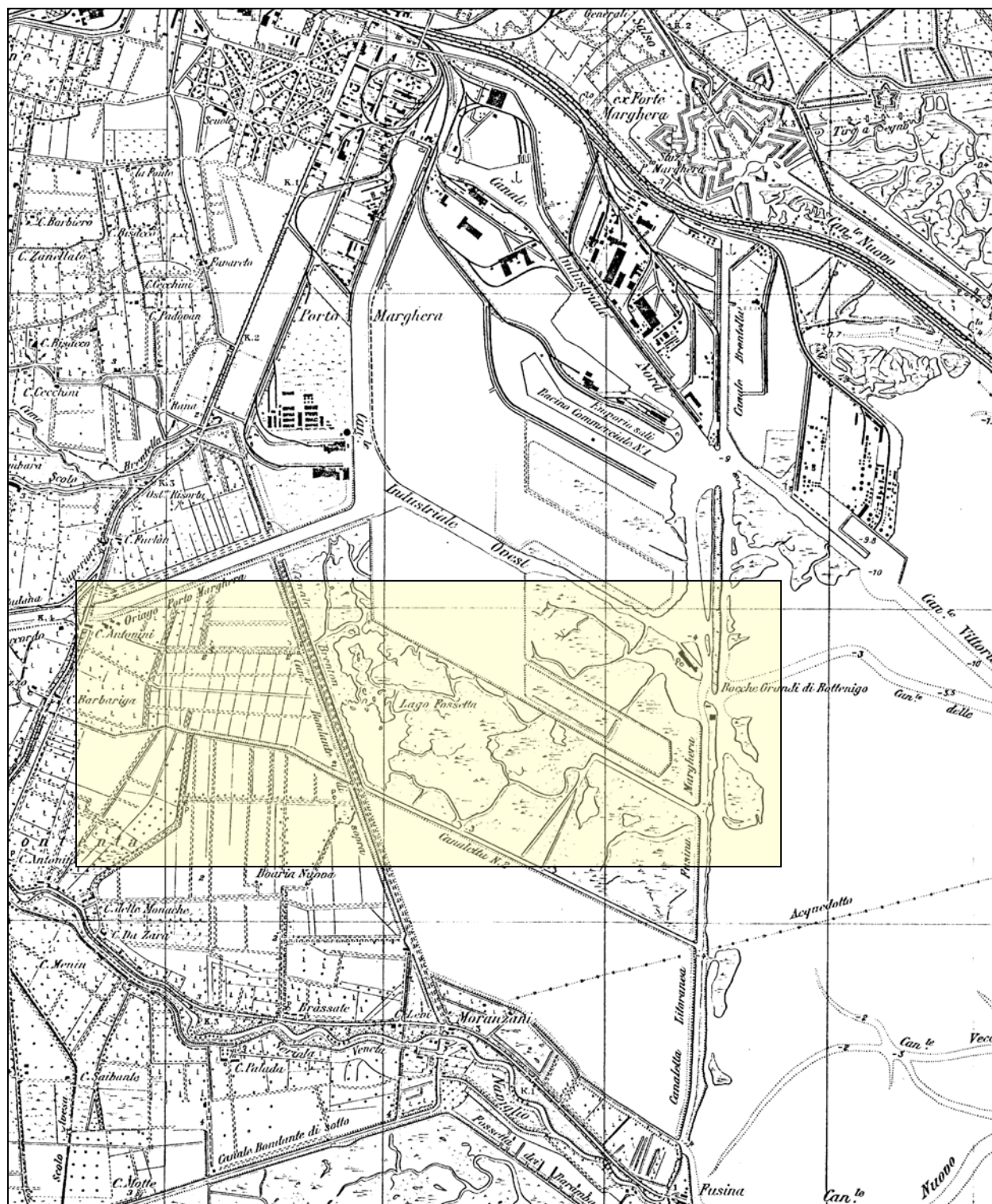


Figura 2.5 – Anno 1931  
(IGM F.51 – 1931)

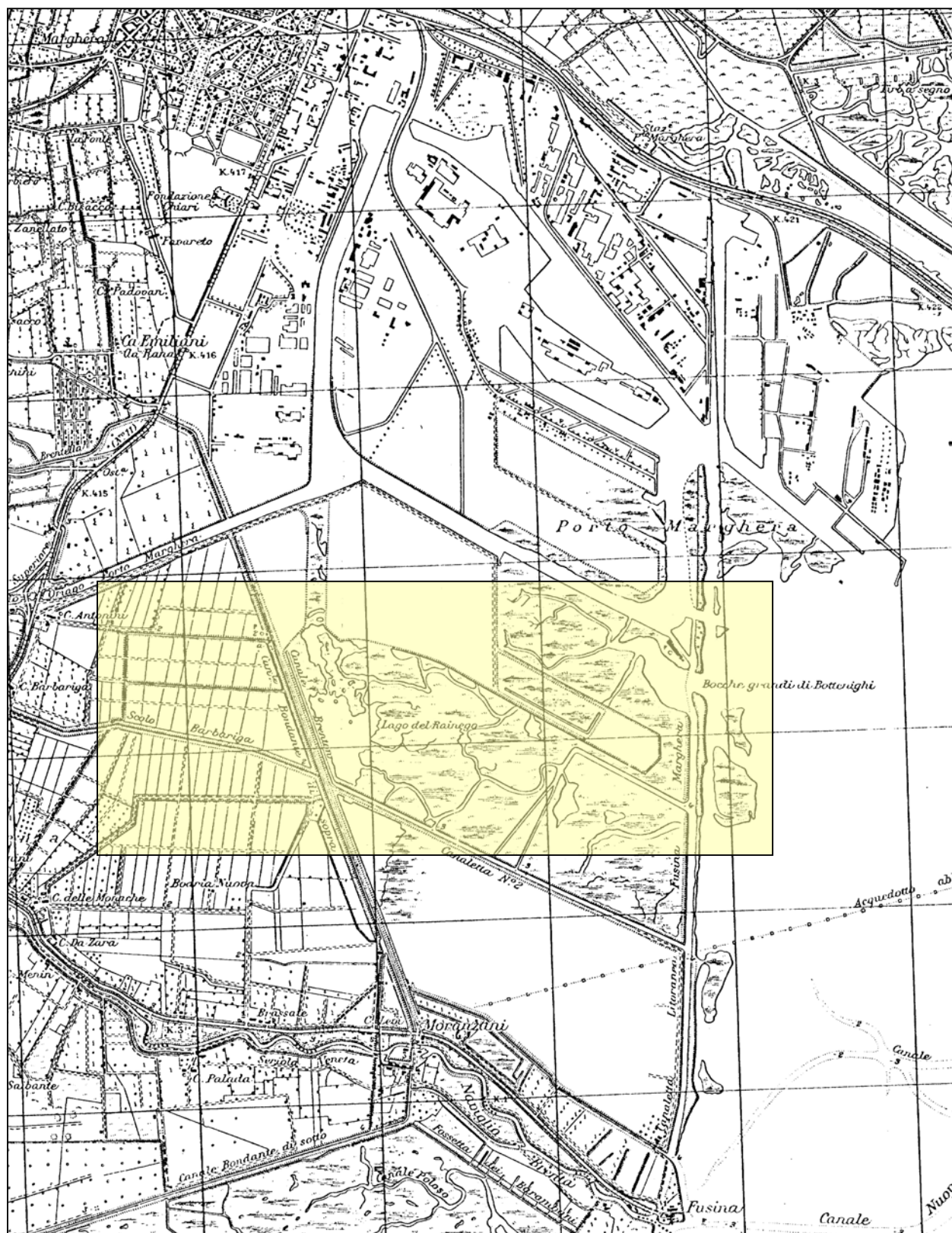


Figura 2.6 – Anno 1940  
(IGM F.51 – 1940)

## 2.6 ANNO 1968

Tra il 1940 ed il 1968 l'aspetto dell'area industriale di Porto Marghera e, in dettaglio, dell'area del Canale Industriale Sud, muta in modo considerevole. Dopo la seconda guerra mondiale furono infatti ricostruiti gli stabilimenti distrutti ma fu soprattutto realizzata una *seconda zona industriale*, resasi necessaria a seguito della occupazione praticamente totale della prima zona, descritta nei paragrafi precedenti (cfr. figure 2.7a e b relative alla pianificazione).

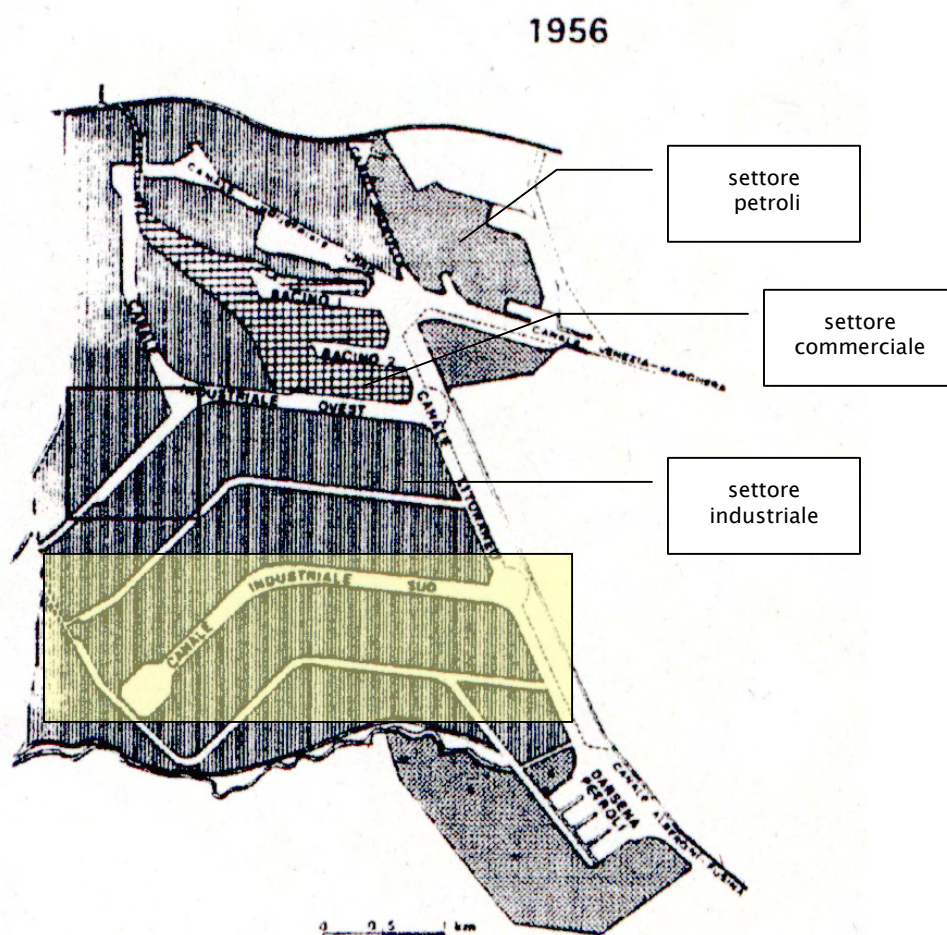


Figura 2.7a – Piano Regolatore Generale e Portuale. Anno 1956  
(Urbanistica-Quaderni, 1996)

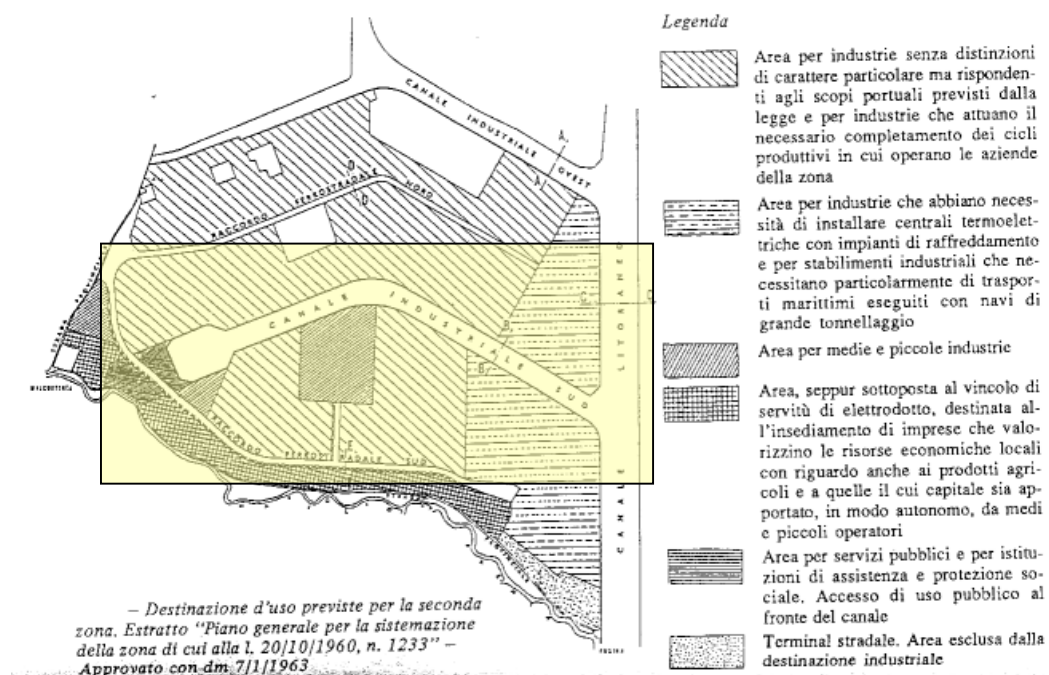


Figura 2.7b – Piano Generale per la sistemazione della zona. Anno 1963  
(Urbanistica-Quaderni, 1996)

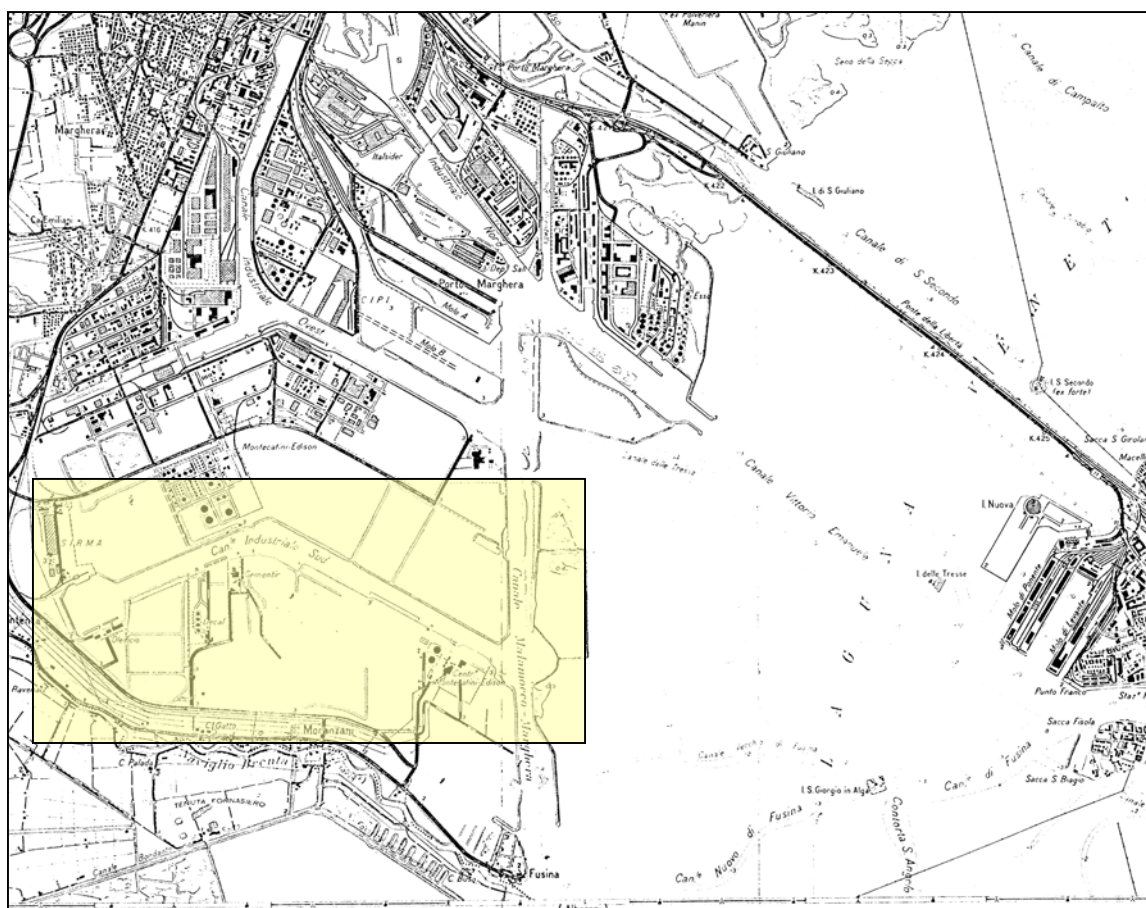


Figura 2.8 – Anno 1968  
(ICM F.51 – 1968)

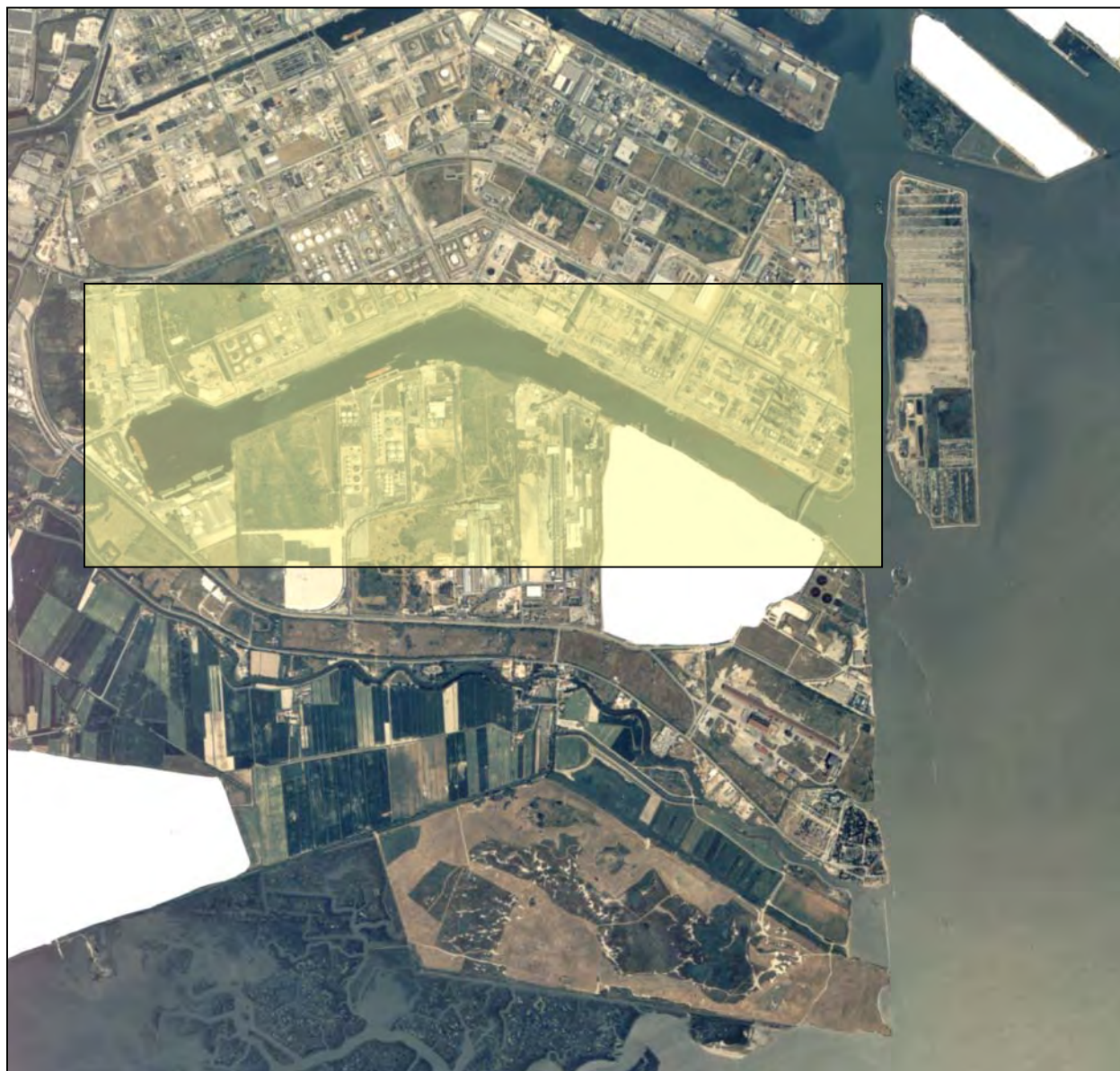
Si realizzano alcuni interventi rilevanti come la modifica della zona di imbocco del Canale Vittorio Emanuele III e la chiusura del bacino settentrionale del Canale Brentella. Il Canale Industriale Ovest viene allargato nel suo tratto iniziale vicino alle Bocche Grandi di Bottenigo e anche nel tratto terminale. Compaiono nuovi insediamenti industriali e nuove strade che rendono la rete viaria complessa ed articolata.

Gli interventi più significativi sono la realizzazione del *Canale Malamocco – Marghera* (il *Canale dei Petroli*), necessario per unire tra loro i vari bacini di evoluzione e che altera definitivamente il profilo naturale della costa cancellando le ultime barene presenti, e il *Canale Industriale Sud* che, parallelo al Canale Industriale Ovest, termina con una importante darsena.

Le Carte Tecniche Regionali del 1978 (n°127151 e n°127164), l'elemento n°127112 *Marghera* dell'ortofotocarta del 1984, e la ripresa aerea del 1996 (F. 127110 Venezia Mestre) confermano sostanzialmente quanto già osservato nella cartografia precedentemente descritta, ovvero una intensa urbanizzazione dell'area, caratterizzata da numerosi insediamenti industriali e da una rete viaria di collegamento complessa ed articolata.



*Figura 2.9 – Anno 1978*  
(CTR F.127150 Malcontenta e CTR 127160 Venezia Ovest in scala 1:10000)



*Figura 2.10 – Anno 1998*  
*(volo C.G.R.A. 1998)*

### 3. SONDAGGI PROFONDI E SUPERFICIALI NEL SUOLO E PRELIEVO CAMPIONI

Lungo la sponda sud del Canale Industriale Sud sono stati effettuati un totale di trentadue sondaggi a rotazione con carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 6 m o 30 m dal piano campagna (24 m per S10 Pz8 e per S15 Pz32). L'ubicazione dei punti di indagine e le coordinate assolute sono riportate nelle figure 1.3, 1.4a, 1.4b e nella tabella 1.1 (cfr. capitolo 1).

Durante la perforazione sono stati prelevati indicativamente cinque campioni indisturbati e tre campioni rimaneggiati di terreno sui quali sono state successivamente condotte le prove geotecniche di laboratorio. Tre campioni rimaneggiati da destinare alla caratterizzazione chimica sono stati invece prelevati negli strati più superficiali.

Oltre al prelievo di campioni di terreno, nel corso della perforazione è stata condotta una serie di prove finalizzate ad una più completa caratterizzazione del sito dal punto di vista geotecnico, idrogeologico ed elettrochimico. Sono state infatti realizzate:

- prove S.P.T. (Standard Penetration Test , cfr. paragrafo 3.1)
- determinazioni delle resistenze al Pocket Penetrometer e al Torvane (cfr. paragrafo 3.2)
- prove di permeabilità in sito tipo Lefranc (cfr. paragrafo 3.4)
- misure elettrochimiche (cfr. paragrafo 3.6)

La caratterizzazione del sito dal punto di vista geotecnico ed idrogeologico è stata integrata dai risultati delle prove penetrometriche statiche CPTU effettuate a terra ed in mare (cfr. paragrafo 3.3) e dal monitoraggio della falda che ha interessato la maggior parte dei punti indagati (cfr. paragrafo 3.5).

Nella tabella 3.1 che segue sono riepilogate le sigle e le profondità dei sondaggi e dei relativi piezometri (tratto fessurato).

*Tabella 3.1 – Sondaggi a rotazione con carotaggio continuo*

Sigla sondaggio e piezometro	Azienda	Quota piano campagna	Profondità sondaggio		Profondità piezometro		Tratto fessurato piezometro			
			m p.c.	m s.l.m.m.	m p.c.	m s.l.m.m.	da	a	da	a
		m s.l.m.m.					m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.
S1 Pz1	Nuova Sirma	2,09	-30,00	-27,91	-6,60	-4,51	-4,10	-6,60	-2,01	-4,51
S2 Pz2	Nuova Sirma	2,23	-30,00	-27,77	-25,00	-22,77	-22,50	-25,00	-20,27	-22,77
SS1 Pz23	S.Marco P.	2,70	-6,00	-3,30	-4,00	-1,30	-1,50	-4,00	1,20	-1,30
S4	S.Marco P.	2,67	-30,00	-27,33	non previsto					
SS2 Pz24	Pagnan	2,46	-6,00	-3,54	-6,00	-3,54	-3,50	-6,00	-1,04	-3,54
S5 Pz3	Pagnan	2,37	-30,00	-27,63	-14,00	-11,63	-11,50	-14,00	-9,13	-11,63
S6 Pz4	Pagnan	2,24	-30,00	-27,76	-25,00	-22,76	-22,50	-25,00	-20,26	-22,76
S7 Pz5	43 ha	2,52	-30,00	-27,48	-14,50	-11,98	-12,00	-14,50	-9,48	-11,98
SS3 Pz25	43 ha	2,41	-6,00	-3,59	-6,00	-3,59	-4,00	-6,00	-1,59	-3,59
SS3 bis	43 ha	2,43	-6,00	-3,57	non previsto					
S8 Pz6	43 ha	3,03	-30,00	-26,97	-25,00	-21,97	-22,50	-25,00	-19,47	-21,97
S9 Pz7	43 ha	2,95	-30,00	-27,05	-15,00	-12,05	-12,50	-15,00	-9,55	-12,05
S10 Pz8	Decal	2,13	-24,00	-21,87	-4,50	-2,37	-2,00	-4,50	0,13	-2,37
S12 Pz10	Amav	2,82	-30,00	-27,18	-4,50	-1,68	-2,40	-4,50	0,42	-1,68
SS4 Pz26	Amav	2,60	-30,00	-27,40	-8,00	-5,40	-6,00	-8,00	-3,40	-5,40
S13 Pz11	Amav	2,57	-30,00	-27,43	-21,00	-18,43	-18,50	-21,00	-15,93	-18,43
S14 Pz28	ex Abibes	1,89	-6,00	-4,11	-3,00	-1,11	-0,50	-3,00	1,39	-1,11
S15	Alcoa	2,13	-24,00	-21,87	Realizzato in Pz32 – ex Abibes (vicino CPTU 40)					
Pz32	Ex Abibes	2,40			-12,00	-9,60	-10,00	-12,00	-7,60	-9,60
S16 Pz12	Alcoa	2,18	-30,00	-27,82	-19,50	-17,32	17,00	19,50	-14,82	-17,32
S17	Alcoa	2,13	-30,00	-27,87	non previsto					
S18 Pz14	Alcoa	2,30	-30,00	-27,70	-3,00	-0,70	-0,50	-3,00	1,80	-0,70
S30 Pz33	Alcoa	2,11	-30,00	-27,89	-12,00	-9,89	-9,80	-12,00	-7,69	-9,89
S19 Pz15	Alcoa	2,03	-30,00	-27,97	-19,00	-16,97	-16,80	-19,00	-14,77	-16,97
S21 Pz17	Enel	2,21	-30,00	-27,79	-25,00	-22,79	-22,50	-25,00	-20,29	-22,79
SS6 Pz29	Enel	2,24	-6,00	-3,76	non previsto					
S22 Pz18	Edison	2,45	-30,00	-27,55	-9,80	-7,35	-7,30	-9,80	-4,85	-7,35
S23 Pz19	Edison	2,10	-30,00	-27,90	-26,50	-24,40	-24,00	-26,50	-21,90	-24,40
S24	Edison	1,96	-30,00	-28,04	non previsto					
S28 Pz30	Edison	2,09	-30,00	-27,91	-3,00	-0,91	-1,00	-3,00	1,09	-0,91
S29 Pz31	Aspiv	2,97	-30,00	-27,03	-12,00	-9,03	-9,50	-12,00	-6,53	-9,03
S26 Pz21	Aspiv	2,46	-30,00	-27,54	-15,50	-13,04	-13,00	-15,50	-10,54	-13,04
S27 Pz22	Aspiv	2,77	-30,00	-27,23	-4,50	-1,73	-2,00	-4,50	0,77	-1,73

### 3.1 MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI SONDAGGI

I sondaggi a rotazione con carotaggio continuo sono stati condotti impiegando macchine perforatrici compatibili, per ingombro, alle zone oggetto di indagine e tali da salvaguardare le vie d'accesso e le infrastrutture esistenti. L'attrezzatura di perforazione è munita di carotiere semplice avente un diametro di 101 mm e una lunghezza di 150 cm; per il rivestimento del foro, a seguire, è stata utilizzata una batteria di aste di diametro pari a 127 mm e lunghezza 150 cm.



*Foto 3.1 – Attrezzatura di perforazione*

La perforazione dello strato più superficiale, caratterizzato dalla presenza di terreni contaminati, è stata effettuata a secco e a velocità ridotta in modo tale da evitare alterazioni del chimismo dei materiali attraversati. E' stata posta inoltre particolare cura alle operazioni di decontaminazione delle attrezzature utilizzate, onde evitare fenomeni di *cross contamination*, verificando regolarmente l'assenza di perdite di oli lubrificanti o altre sostanze dai macchinari impiegati.

Le carote di terreno sono state estruse in apposite cassette catalogatrici rivestite con un foglio di plastica trasparente, descritte e fotografate (*cfr. Allegato 1*). Nelle descrizioni stratigrafiche sono riportate le seguenti informazioni relative al sondaggio: denominazione, localizzazione (coordinate planoaltimetriche), data di inizio, profondità, tipo di perforazione, tipo e caratteristiche geometriche del carotiere e del campionatore, dati relativi al piezometro (profondità e quote del tratto fessurato) e livello della falda. Sono inoltre annotati i valori delle resistenze al Pocket Penetrometer e al Torvane, le sigle e le profondità di prelievo dei campioni prelevati, quelle relative alle prove Lefranc e alle SPT, e i valori dei parametri elettrochimici misurati nello strato di riporto.

La descrizione litologica dei terreni investigati riporta informazioni relative alla granulometria (ciottoli, ghiaia, sabbia, limo o argilla), al grado di consistenza, al colore e alla presenza di torba, sostanza organica, o inclusi particolari quali radici, conchiglie e frammenti di vegetale.

### 3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E GEOTECNICO

La serie tipo veneziana (figura 3.2) è caratterizzata dall'alternanza di orizzonti sabbiosi e argillosi che rivelano la ciclicità degli ambienti deposizionali continentali e marini, in relazione

al succedersi delle fasi glaciali e interglaciali nel Pleistocene medio superiore. Le fasi ambientali succedutesi nel tempo possono essere così schematizzate (*Gatto, 1973*):

- l'attuale ciclo lagunare che definisce l'Olocene nell'area veneziana. Si tratta di un complesso argilloso e limoso nerastro con molto materiale organico e torbe, che si conclude o con limi sabbiosi e sabbie limose, prevalenti verso le aperture a mare, o con potenti complessi organici nelle aree più interne lagunari (*Gatto – Previatello, 1974*). Questo complesso formazionale ha spessori che variano da 0 m in terraferma, a oltre 13 m lungo il litorale di Malamocco, raggiungendo i 23 m di profondità a Chioggia (*Gatto–Serandrei Barbero, 1979*);
- alla base di questi depositi continentali si colloca il caranto, paleosuolo che prelude al ciclo lagunare costiero olocenico;
- la fase continentale sottostante (*Wurm*, ultimo episodio glaciale pleistocenico) è estesa fino a 50–60 m di profondità. Si tratta di una struttura sedimentaria assai complessa caratterizzata da depositi di ambiente fluvio–palustre o lacustre, costituiti prevalentemente da argille e limi, generalmente chiari, talora compatti, e da sabbie più o meno limose. Essi rappresentano gli apporti alluvionali della paleopianura adriatica (*Gatto–Serandrei Barbero, 1979*);
- tra i 60 e i 300 m circa si individua una alternanza di fasi marine, lagunari e continentali relative al Pleistocene superiore indicative di una ciclicità di condizioni ambientali (sabbie, argille, torbe);
- tra i 300 e i 950 m i depositi sono solo di origine marina e attribuiti al Pleistocene inferiore.

Le fasi ambientali appena descritte sono chiaramente visualizzate nelle figure 3.1 e 3.2.

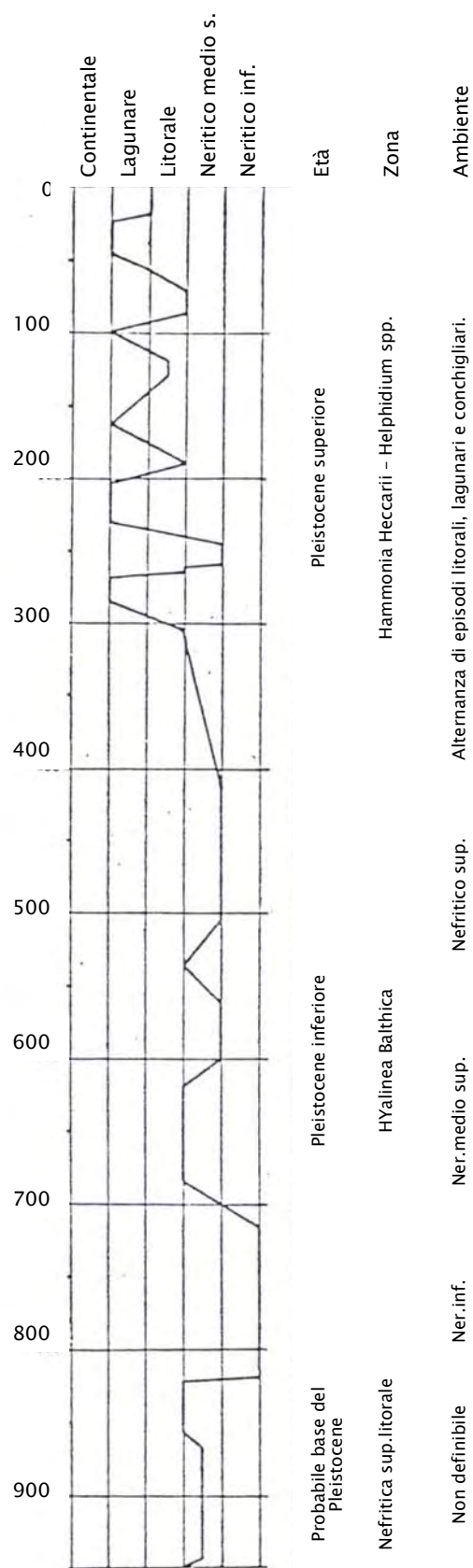


Figura 3.1 - Stratigrafia e paleoecologia - Sondaggio VE1CNR  
(Gatto, 1973)

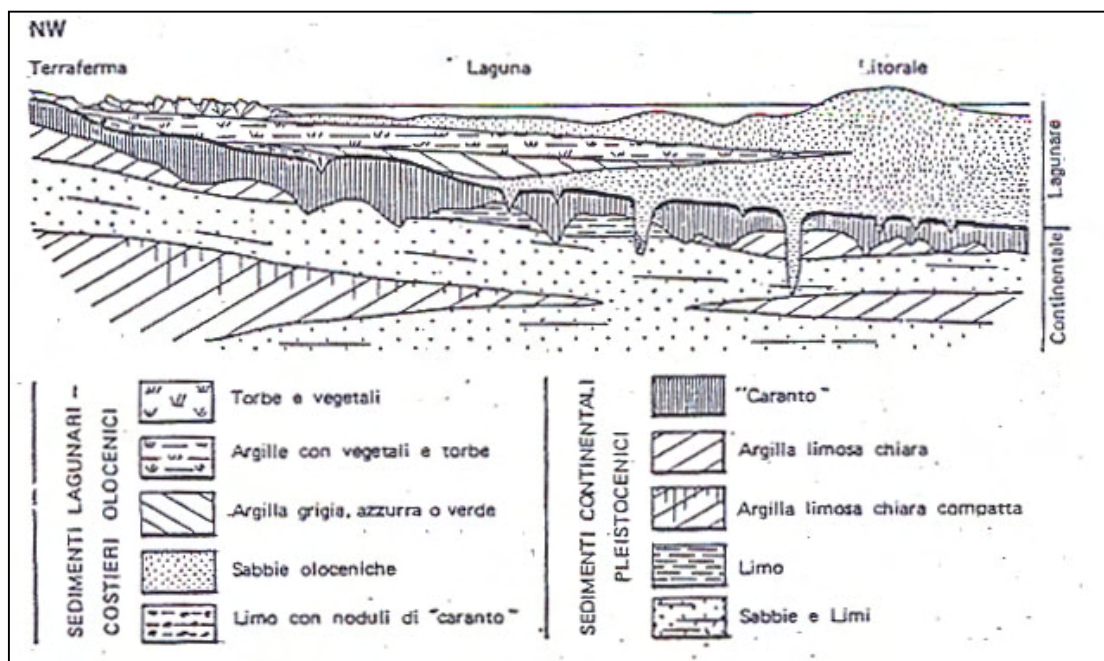


Figura 3.2 – Serie tipo veneziana. Schema dei rapporti stratigrafici  
(Gatto – Previetello, 1974)

L'unità superficiale è difficilmente correlabile per la complessa variabilità degli orizzonti, sia in senso verticale sia in senso orizzontale. Si tratta infatti di depositi a sviluppo lentiforme o corpi massicci con forme eteropiche o forme anomale di colmata di antiche forme erosive; sono inoltre presenti esempi di sedimentazione alluvionale o fluviale a forte energia. E' quindi estremamente difficile, anche in presenza di numerosi sondaggi, effettuare correlazioni geostratigrafiche.

Dal punto di vista *litologico* sono prevalenti i termini sabbiosi, con una certa componente fine, e argillosi. I materiali più grossolani non sono molto frequenti e comunque individuati a profondità consistenti (250–300 m). Anche i livelli torbosi sono limitatati sia i termini di potenza sia come diffusione, mentre è più frequente la presenza di livelli coesivi con

componente organica e vegetale. La parte sommitale della sequenza è inoltre caratterizzata da orizzonti con sedimenti cementati o sovraconsolidati, testimonianza di paleosuoli originatisi durante le fasi di emersione o cementatisi con processi chimici (cfr. *caranto*). Sono sostanzialmente assenti orizzonti guida significativi (*Gatto, 1973*).

Dal punto di vista *geotecnico*, i sedimenti che costituiscono il complesso più superficiale sono scarsamente consolidati viste la rapida velocità di sedimentazione; si tratta di una indicazione importante in quanto il grado di consolidazione influenza gli abbassamenti del suolo determinati dal consolidamento dei terreni sottostanti, sia quello naturale sia da quello causato dai carichi agenti sulla superficie (*Gatto, 1973*). I dati di natura geotecnica acquisiti nel corso di sondaggi spinti fino a profondità di 20–30 m (*Ricceri & Previatello, 1972; Colombo & Matteotti, 1963*), oltre a confermare la notevole variabilità stratigrafica, hanno permesso di trarre alcune considerazioni sulle caratteristiche geotecniche<sup>1</sup> dei terreni lagunari superficiali:

- le argille sono tutte di media e bassa plasticità; l'indice di plasticità è compreso tra 10 e 35 con valori più frequenti tra 15 e 25
- la resistenza al taglio senza drenaggio dei materiali coesivi è piuttosto bassa (circa 0.6 kg/cm<sup>2</sup>);
- le argille precomprese hanno un indice di compressibilità variabile tra 0.1 e 0.3;
- esiste una buona correlazione tra il limite di liquidità e l'indice di compressibilità  $C_c$  ( $C_c = 0.007 w_L - 5.3$ );
- il coefficiente di consolidazione  $C_v$  varia da  $1 \cdot 10^{-3}$  a  $6 \cdot 10^{-3}$  cm<sup>2</sup>/sec;

---

<sup>1</sup> La definizione dei parametri geotecnici citati è riportata nel capitolo 5 relativo alle prove geotecniche di laboratorio.

- la resistenza alla compressione semplice è variabile da 0 a 0.4 kg/cm<sup>2</sup> nei terreni più superficiali (fino a circa 6 m di profondità), mentre per le argille sottostanti il parametro è compreso tra 1.8 e 3.0 kg/cm<sup>2</sup>;
- le argille più superficiali hanno un contenuto d'acqua molto elevato, prossimo o superiore al limite liquido; si tratta quindi di terreni estremamente compressibili in fase di lento consolidamento. Quelle sottostanti, alternate agli orizzonti granulari, hanno un contenuto d'acqua generalmente compreso tra il limite plastico e quello liquido, quindi in condizione di normale consolidamento o leggermente sottoconsolidate; la compressibilità e la resistenza al taglio assumo quindi valori medi;
- i banchi di sabbia sottostanti i depositi olocenici ed il caranto presentano una resistenza alla penetrazione, determinata con penetrometro statico, variabile orientativamente tra 30 e 90 , quindi con una densità relativa di 0.3–0.5 kg/cm<sup>2</sup> (sabbia sciolta o mediamente compatta). Per le prove SPT il numero di colpi varia tra 5 e 15;
- i terreni granulari sono rappresentati prevalentemente da sabbie fini uniformi; le sabbie limose ed i limi sabbiosi sono compresi in un fuso granulometrico ben definito.

Dal punto di vista *idrogeologico*, lo schema di massima definisce un sistema di cinque falde multiple in pressione nell'intervallo di sfruttamento. Gli intervalli interessati dalla presenza degli acquiferi sono orientativamente i seguenti: 60–70 m, 95–125 m, 135–155 m, 165–185 m, 215–240 m (*Gatto, 1973*). Come già evidenziato, il deposito superficiale che si estende fino a 60 m di profondità risulta particolarmente complesso ed eterogeneo dal punto di vista litologico; conseguentemente anche le strutture idrogeologiche, scarsamente produttive, sono difficilmente individuabili e correlabili.

### 3.3 INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA

L'interpretazione stratigrafica dell'area è visualizzata in cinque profili geostratigrafici realizzati affiancando le stratigrafie dei sondaggi sulla base delle distanze reali tra gli stessi e delle quote determinate mediante il rilievo topografico. I profili 1, 2 e 3 (figura 3.4 di inquadramento e figure 3.5 e 3.6) sono di estensione limitata (da 96 m a 240 m circa) e interessano le tre sponde della darsena del canale. I profili 4 e 5, lunghi rispettivamente 1098 e 1955 m (figure 3.7 e 3.8), mostrano l'andamento stratigrafico dei terreni lungo tutta la sponda sud del canale. Tutte le figure relative all'interpretazione stratigrafica sono allegate a fine relazione.

Nella legenda riportata in ciascun profilo elaborato i terreni sono raggruppati in due categorie, la prima costituita da terreni di riporto, la seconda dalla sequenza naturale in posto che rispecchia l'interpretazione geologico-stratigrafica descritta nel paragrafo precedente e relativa alla serie tipo veneziana. Ciascun gruppo è stato a sua volta suddiviso in classi litologiche omogenee distinte sulla base della simbologia litologica e del colore, in modo tale da consentire una più rapida visualizzazione della situazione stratigrafica. In corrispondenza di ciascun passaggio sono riportate le quote riferite al l.m.m. Le cinque classi sono così descritte:

- terreno di riporto costituito da limo sabbioso, sabbia e ghiaia, spesso con ciottoli, radici, frammenti di laterizio, localmente odoroso di idrocarburi. Sono presenti intercalazioni di argille rossastre e ceneri nerastre;
- terreno di riporto costituito da fanghi rossi;
- complesso argilloso e limoso grigio scuro nerastro con materiale organico e torbe (ciclo lagunare olocenico), localmente con intercalazioni sabbiose e sabbioso limose;

- limo a argilloso grigio screziato di ocra, molto compatto, spesso con noduli calcarei (*caranto*);
- struttura sedimentaria complessa ed eterogenea caratterizzata da depositi di ambiente fluvio – palustre o lacustre, costituiti prevalentemente da argille e limi generalmente chiari, talora compatti, e sabbie più o meno limose (*Wurm*, ultimo episodio glaciale pleistocenico). Sono stati distinti gli orizzonti coesivi (argille e limi grigi mediamente compatti e compatti) e quelli granulari (sabbie e sabbie limose da sciolte a mediamente addensate).

*PROFILO GEOSTRATIGRAFICO 1.* Il primo profilo (figura 3.5) interessa il tratto di sponda nord della darsena del canale industriale (sondaggi S1Pz1 e S2Pz2). La situazione stratigrafica dedotta dall'interpretazione delle due stratigrafie risulta nel complesso omogenea. Nel caso di S2Pz2 lo strato di riporto, di spessore pari a circa 2 m, poggia sull'unità relativa al ciclo lagunare olocenico cui segue il caranto, qui presente con uno spessore di poco superiore a 2 m. L'interpretazione stratigrafica vede il deposito lagunare progressivamente assottigliarsi lateralmente fino alla scomparsa in corrispondenza di S1Pz1, dove il riporto è a contatto diretto con il caranto. I rapporti di eteropia laterale delle unità lagunari olocenica, del caranto e dei livelli granulari o coesivi posti al tetto del sottostante complesso continentale tardo pleistocenico, determinano infatti frequentemente la scomparsa dell'uno o dell'altro orizzonte, come evidenziato anche nella bibliografia esistente (cfr. figura 3.3). Dal profilo risulta infatti evidente anche la chiusura laterale della lente sabbiosa posta sotto il caranto in S1Pz1. La successione stratigrafica vede quindi la presenza di un livello coesivo di 3–4 m di spessore seguito da un orizzonte sabbioso che si estende fino alla massima profondità indagata, fatta

eccezione per la presenza di una lente limoso argillosa di 1.5–3.5 m di spessore alla profondità di 11.5–15.0 m s.l.m.m.

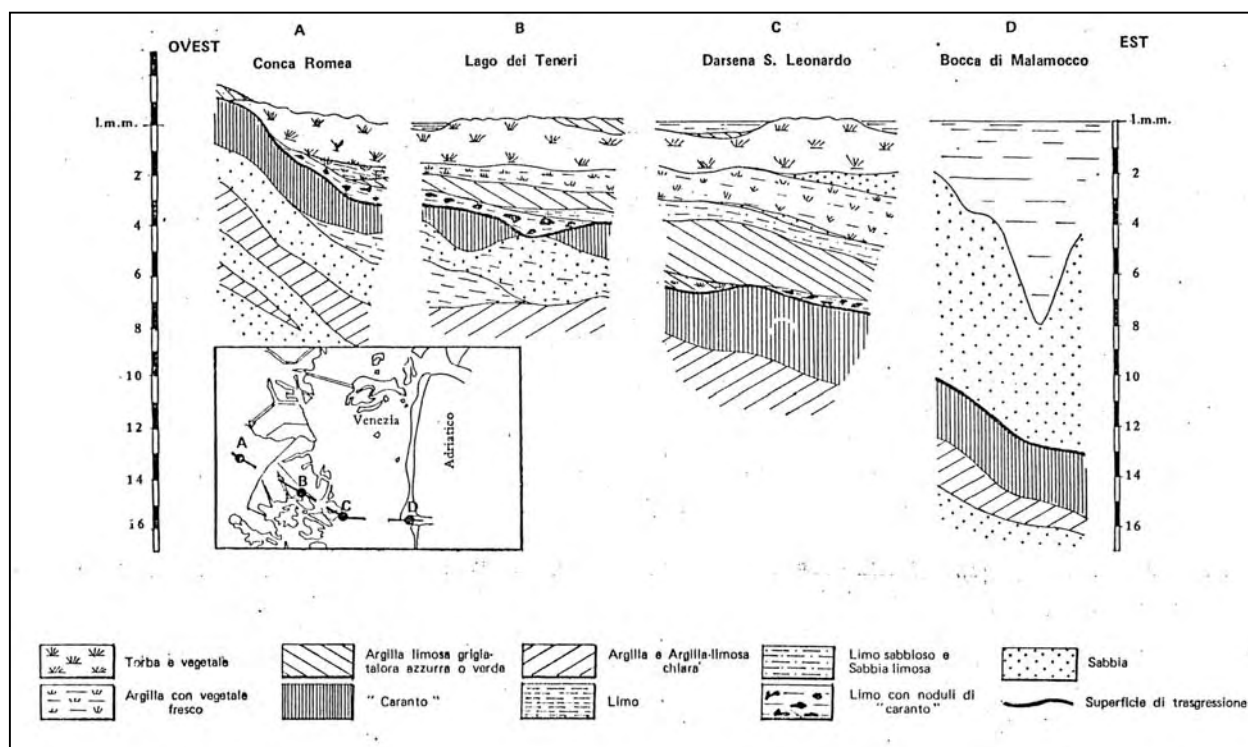


Figura 3.3 – Quattro serie tipo con il caranto tra la Conca Romea e la Bocca di Malamocco  
(Previatello, 1974)

**PROFILO GEOSTRATIGRAFICO 2.** Il secondo profilo (figura 3.5) è stato realizzato prendendo in considerazione i due sondaggi, uno superficiale (SS1Pz23) ed uno profondo (S4), localizzati lungo la sponda ovest della darsena. L'interpretazione stratigrafica evidenzia una buona correlazione fino a 6 m di profondità dal piano campagna: il riporto, con spessore di 1.5 m circa, poggia sul deposito lagunare olocenico (1.5 m) cui segue il caranto in facies tipica. La successione stratigrafica in S4 vede quindi la presenza di un orizzonte coesivo che si estende fino a circa 7 m dal l.m.m., e di uno spesso banco granulare esteso in continuità fino alla massima profondità indagata.

*PROFILO GEOSTRATIGRAFICO 3.* Il profilo 3 (figura 3.6), il cui tracciato è localizzato lungo la sponda meridionale della darsena, è stato realizzato con i sondaggi SS2Pz24, S5Pz3 e S6Pz4. La non facile correlazione evidenzia una situazione stratigrafica caratterizzata dalla presenza di uno strato di riporto, con spessore crescente verso est, che nel caso di SS2Pz24 e S6Pz4 poggia su un altro livello riportato costituito da fanghi rossi. Nel sondaggio intermedio il riporto è invece a contatto diretto con il deposito lagunare. La sequenza naturale vede la presenza del già citato orizzonte coesivo olocenico, che risulta però essere discontinuo in senso laterale visto il contatto diretto in S6Pz4 tra fanghi e caranto. Lo stesso caranto è assente in SS2Pz24 e S5Pz3. Anche la sottostante lente sabbiosa individuata in SS2Pz24 e S5Pz3 si chiude lateralmente procedendo verso S6Pz4. In profondità la situazione stratigrafica è più regolare e vede la presenza di un livello coesivo di spessore pari a 5–6 m seguito da un consistente orizzonte sabbioso interrotto da lenti coesive.

I profili 4 e 5 interessano tutta la sponda sud del Canale Industriale Sud. Per facilitare la consultazione dell'elaborato, visti la lunghezza complessiva del tratto di canale indagato (circa 3 km) e i fattori di scala utilizzati nella rappresentazione grafica, si è preferito spezzare il tratto investigato in due tronconi di lunghezza più limitata (WSW–ENE per il profilo 4 e WNW–ESE per il profilo 5).

*PROFILO GEOSTRATIGRAFICO 4.* Il profilo 4 (figura 3.7), interessa tratto del canale che va dalla darsena all'area occupata dall'Amav. La situazione stratigrafica dedotta dalla correlazione tra i diversi sondaggi denota la presenza di un riporto esteso lungo tutto il tracciato con spessori variabili da 2.0 a 5.5 m. Anche la composizione del riporto è variabile procedendo lungo la

sponda del canale. Il riporto più superficiale è infatti costituito da ceneri di combustione nei primi quattro sondaggi, da limo sabbioso e sabbia con elementi eterogenei nei restanti punti indagati. Questo livello poggia su altro materiale di riporto costituito da fanghi rossi, lateralmente discontinuo (mancano in S10Pz9, S12Pz10 e SS4Pz26) e con spessore variabile. La sequenza naturale inizia con il deposito lagunare olocenico intercettato solamente nei quattro sondaggi ubicati verso il canale Malamocco Marghera; questo orizzonte coesivo poggia sul caranto, rispettando la successione tipica della serie veneziana. Il caranto è presente in questo tratto del canale con una buona continuità laterale ma con spessori variabili. Esso risulta assente solo in SS3Pz25 dove è sostituito da un livello di spessore consistente di fanghi rossi. La sequenza continentale tardopleistocenica inizia con un orizzonte coesivo, localmente separato dal caranto da una lente prevalentemente sabbiosa, con spessore crescente procedendo verso ENE. Il livello sabbioso posto alla base della sequenza presenta invece uno spessore maggiore e una maggiore continuità verticale verso WSW; negli ultimi sondaggi, ubicati verso il canale Malamocco – Marghera, il top del suddetto orizzonte granulare è invece localizzato a profondità superiore ed è interrotto da una lente coesiva intercettata tra 18.5 e 27 m di profondità s.l.m.m.

*PROFILO GEOSTRATIGRAFICO 5.* Il profilo 5 (figura 3.8) è il più lungo tra i profili realizzati (1954.86 m) ed interessa la sponda sud del canale industriale dall'area Amav fino all'intersezione con il canale Malamocco – Marghera. La correlazione tra i sondaggi effettuati e la conseguente interpretazione evidenziano una situazione stratigrafica complessivamente omogenea. Lo strato di riporto eterogeneo, avente uno spessore variabile da 0.20 a 3.5 m circa, poggia o su livelli di fanghi rossi (lateralmente discontinui e con spessori variabili) o

direttamente sul deposito coesivo lagunare, perfettamente correlabile lungo tutto lo sviluppo del profilo. Un'anomalia è stata riscontrata in corrispondenza dell'ultimo sondaggio (S27Pz22) dove l'orizzonte olocenico risulta assente, probabilmente asportato vista l'estensione fino a profondità di 5.23 m dal l.m.m del terreno di riporto e dei fanghi rossi. La sequenza stratigrafica prosegue con il caranto, presente con continuità e con uno spessore nell'insieme omogeneo lungo tutta la prima parte del tracciato. Il livello si chiude piuttosto bruscamente tra SS6Pz29 e S22Pz18 e risulta assente nella seconda parte del profilo, fatta eccezione per una lente che inizia in S26Pz21 e che probabilmente continua procedendo verso il canale di Malamocco – Marghera; la presenza di un consistente livello di materiale riportato in S27Pz22 fa supporre che in questa posizione il caranto sia stato asportato. Sotto il caranto, la successione stratigrafica relativa alla prima parte del tracciato (fino a S19Pz15) è caratterizzata da una frequente alternanza di livelli coesivi e granulari; esiste comunque una buona correlazione tra i diversi sondaggi. Nella seconda parte del profilo la stratigrafia è più semplice: il complesso lagunare e il caranto poggiano direttamente su un orizzonte sabbioso di spessore variabile, cui segue un livello limoso argilloso; la sequenza si chiude con un nuovo bancone granulare. Qualche difficoltà di interpretazione è stata riscontrata nel tratto compreso tra i sondaggi S22Pz18 e S28Pz30 e tra S26Pz21 e S27Pz22 per la rapida variazione di spessore dell'orizzonte coesivo. La diversa struttura stratigrafica rilevata nelle due parti del tracciato ha reso particolarmente difficile il "raccordo" tra le due situazioni.

*INTERPRETAZIONE GENERALE.* La situazione stratigrafica generale relativa alla darsena e alla sponda sud del Canale Industriale Sud, interpretata sulla base della serie tipo veneziana, vede la presenza di uno strato di riporto eterogeneo costituito da materiale limoso sabbioso con

ciottoli, radici e frammenti di varia natura localmente seguito da fanghi rossi. Lo strato riportato poggia sulla sequenza naturale che inizia con i classici depositi lagunari di ambiente olocenico seguiti dal caranto. La variazione laterale dello spessore di questi due orizzonti ne determina in qualche punto indagato la scomparsa, confermando le interpretazioni relative ad alcune sezioni tipo riportate nella bibliografia corrente (figura 3.3). Il complesso sedimentario continentale vede l'alternanza di orizzonti granulari costituiti da sabbie medio fini con componente limosa variabile e livelli limoso argillosi. L'area della darsena e il primo tratto del canale (profili 1, 2, 3 e 4) evidenziano la presenza prevalente di un livello coesivo sotto il deposito olocenico o il caranto, seguito da uno spesso bancone sabbioso localmente interrotto da lenti limose. Procedendo verso la confluenza con il canale Malamocco – Marghera (profilo 4, figura 3.7) il livello coesivo più superficiale aumenta progressivamente di spessore con una conseguente riduzione di potenza del livello sabbioso sottostante, la cui continuità verticale risulta inoltre interrotta da lenti coesive di spessore rilevante (cfr. sondaggi S12Pz10, SS4Pz26, S13Pz11). La presenza di queste lenti e di intercalazioni sabbiose all'interno delle stesse determina una fitta alternanza di orizzonti con caratteristiche litologiche diverse nel tratto di canale che va dal cambio direzione dello stesso (area Amav – ex Abibes) al sondaggio S19Pz15. E' difficile in questo tratto distinguere un numero limitato di orizzonti (2-3) con caratteristiche litologiche omogenee. La situazione si modifica nuovamente, semplificandosi, passando da S19Pz15 a S21Pz17; in questo ultimo tratto del canale il deposito sedimentario continentale è caratterizzato dalla presenza di un livello sabbioso al tetto, seguito da un orizzonte coesivo e da un nuovo livello sabbioso alla base della sequenza stratigrafica. Gli spessori variano considerevolmente tra sondaggi posti anche a distanza limitata.

L'interpretazione stratigrafica generale dell'area conferma la complessa variabilità degli orizzonti, sia in senso verticale sia in senso orizzontale, dell'unità continentale, variabilità determinata dalla presenza di depositi a sviluppo lentiforme o corpi massicci con forme eteropiche o forme anomale di colmata di antiche forme erosive. Per una visione generale dell'andamento dei diversi orizzonti nell'area indagata si veda la figura 3.9 allegata a fine relazione.

### **3.4 MODALITÀ DI PRELIEVO DEI CAMPIONI**

Nel corso dei sondaggi a rotazione con carotaggio continuo sono stati prelevati tre campioni di terreno rimaneggiati e cinque indisturbati per la caratterizzazione geotecnica e tre rimaneggiati per quella chimica. In corrispondenza di alcuni punti di sondaggio il numero di campioni indisturbati prelevati è inferiore a cinque per la prevalenza di terreni granulari e la conseguente difficoltà di intercettare livelli coesivi di spessore adeguato. Al termine delle operazioni di perforazione è stato installato il piezometro che ha consentito di effettuare il monitoraggio della falda ed il prelievo di campioni di acqua da destinare alle analisi chimiche. L'elenco dei campioni prelevati con le relative profondità, sia rispetto al p.c. sia rispetto al l.m.m., è riportato nella tabella riepilogativa contenuta nei capitoli 5 e 6 relativi alle prove geotecniche di laboratorio e alle analisi chimiche; nelle stesse tabelle sono evidenziati i punti di sondaggio esclusi dalle operazioni di campionamento appena descritte.

Per entrambe le tipologie di campionamento sono stati predisposti appositi verbali di prelievo sottoscritti dal tecnico del laboratorio chimico e dal responsabile delle operazioni di prelievo della ditta esecutrice incaricata delle attività di campo. Tutti i verbali sono riportati negli allegati alla presente relazione e includono la denominazione del cantiere, la sigla del

punto di sondaggio e le coordinate planimetriche, la quota del piezometro (per i campioni d'acqua) e altre utili informazioni relative alle operazioni di prelievo. E' altresì riportata una lista dei parametri chimici da determinare.

#### 3.4.1 CAMPIONAMENTO PER PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO.

I *campioni rimaneggiati* sono stati prelevati in corrispondenza degli intervalli caratterizzati dagli strati granulari interessati dall'esecuzione delle prove SPT (cfr. paragrafo 4.1). I campioni sono stati sigillati in sacchetti di plastica, siglati e trasferiti al laboratorio geotecnico per le analisi previste. Ciascun campione è stato nominato con la sigla del corrispondente sondaggio e piezometro seguito dalla lettera "R" e da un numero progressivo.

I *campioni indisturbati* sono stati prelevati mediante l'uso del campionatore a pistone tipo Osterberg (foto 3.2) in corrispondenza dei livelli coesivi; al termine delle operazioni di prelievo le fustelle sono state accuratamente sigillate con paraffina liquida e tappate per mantenere inalterate sia le proprietà indici sia le caratteristiche meccaniche. All'esterno della fustella sono state quindi annotate tutte le informazioni relative al cantiere e al campione. I campioni sono stati nominati con la sigla del corrispondente sondaggio seguita da una lettera dell'alfabeto.

#### 3.4.2 CAMPIONAMENTO PER ANALISI CHIMICHE

La validità dei risultati analitici relativi ad un sito potenzialmente inquinato dipende in massima parte da un corretto campionamento, stoccaggio e trasporto dei campioni di terreno ed acque, e dalla pulizia degli strumenti e dell'attrezzatura impiegata per il campionamento stesso e per la conservazione.

I tre *campioni di terreno* sono stati prelevati dagli strati più superficiali per caratterizzare dal punto di vista chimico i terreni da asportare e/o quelli immediatamente sotto gli stessi. Il campionamento non ha interessato intervalli di profondità prestabiliti (es. 1 m) ma ha privilegiato l'omogeneità litologica e di composizione degli orizzonti intercettati. La formazione del campione è avvenuta direttamente in campo per evitare perdita di rappresentatività chimica del campione, operando nella parte interna della carota. Il materiale che forma il campione è stato precedentemente omogeneizzato su telo impermeabile e prelevato secondo le tecniche di quartatura, avendo cura di decontaminare gli strumenti dopo ogni operazione.

Il prelievo dei *campioni di acqua* è stato effettuato dopo l'infissione del piezometro e lo spurgo del pozzo. Lo spurgo è stato realizzato pompando una quantità d'acqua variabile da sei a dieci volte il volume d'acqua contenuto nel pozzo per un tempo variabile funzione della trasmissività dell'acquifero. Anche per le acque la formazione dei campioni è avvenuta direttamente in sito utilizzando un set di contenitori di tipo diverso in funzione della tipologia di analisi prevista (vetro scuro, vetro silanizzato, polietilene, vials).



*Foto 3.2 – Campionatore a pistone Osterberg*

Gli strati superficiali di terreno sono stati inoltre sottoposti a misure elettrochimiche (pH, potenziale redox e temperatura) ad intervalli di 50 cm fino ad incontrare i sedimenti lagunari sottostanti il deposito. I valori sono riportati nelle stratigrafie e commentati, anche con l'ausilio di grafici esplicativi, nel paragrafo 4.6. Sulle acque, al momento del prelievo, sono stati invece determinati il pH, la conducibilità elettrica e la temperatura; i valori misurati sono riportati nei verbali di prelievo allegati e nei profili geostratigrafici (figure 3.5–3.8) per avere una visione immediata delle caratteristiche elettrochimiche delle falde intercettate, e commentati nel paragrafo 4.6 relativo al monitoraggio delle acque di falda.

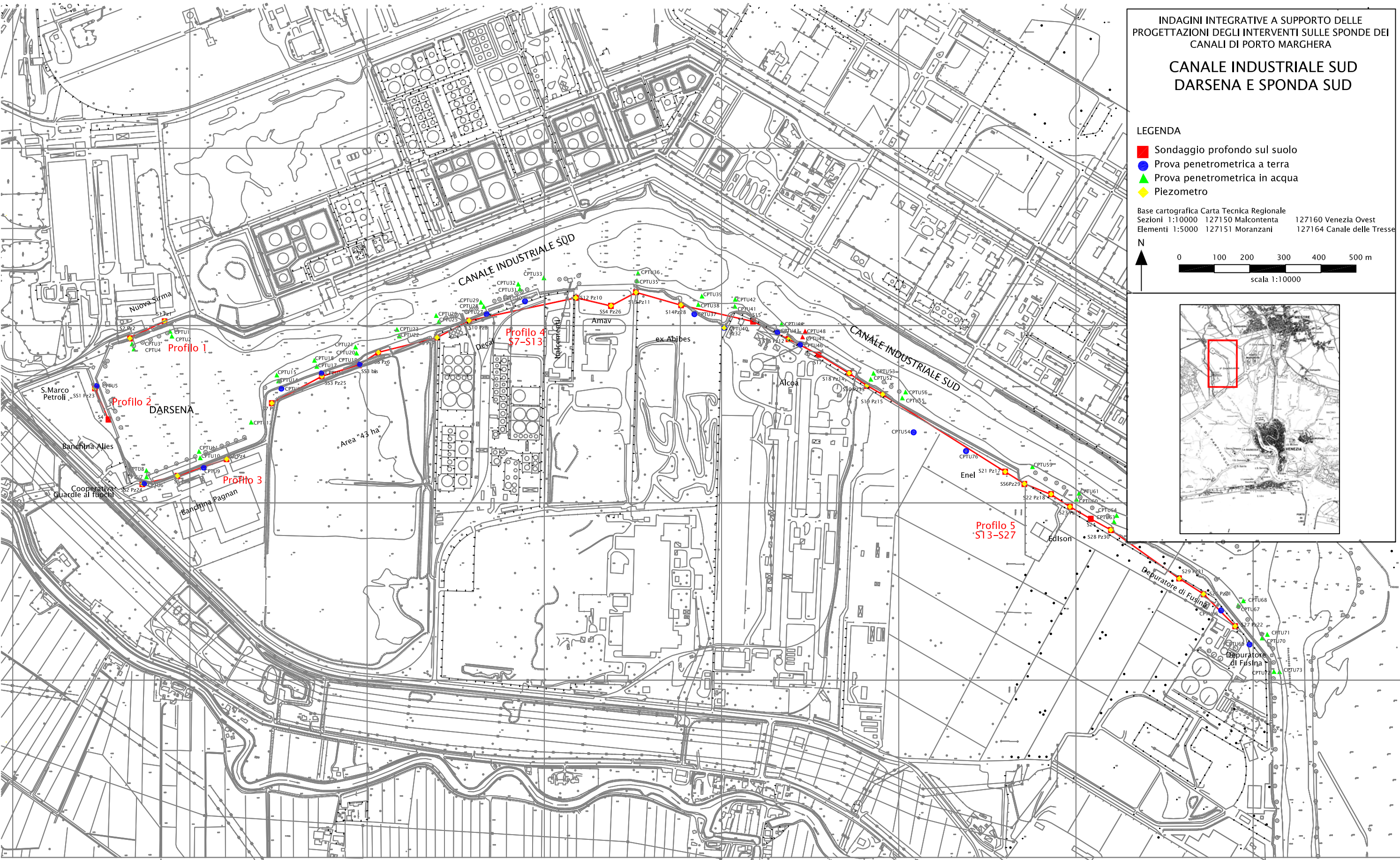
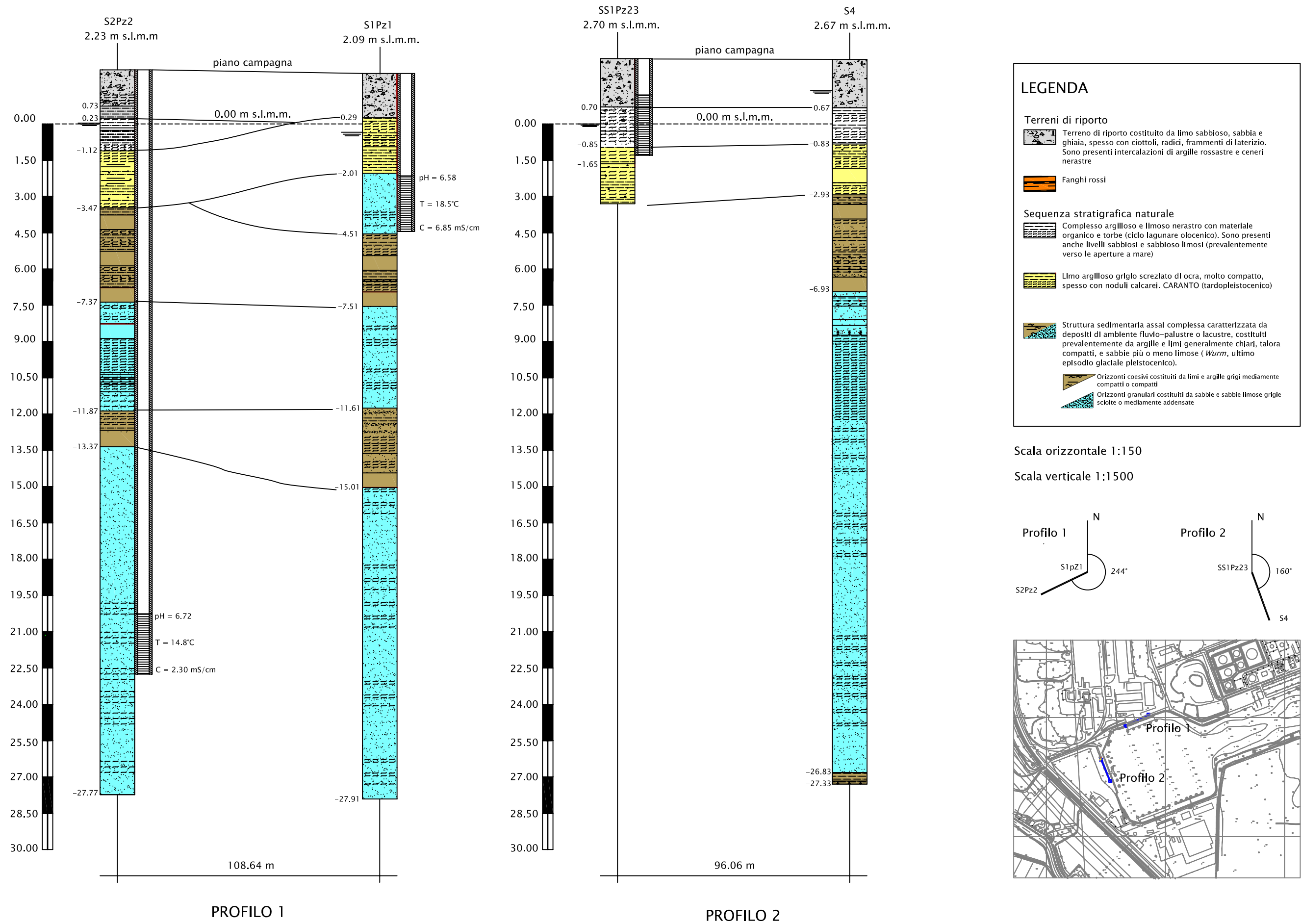
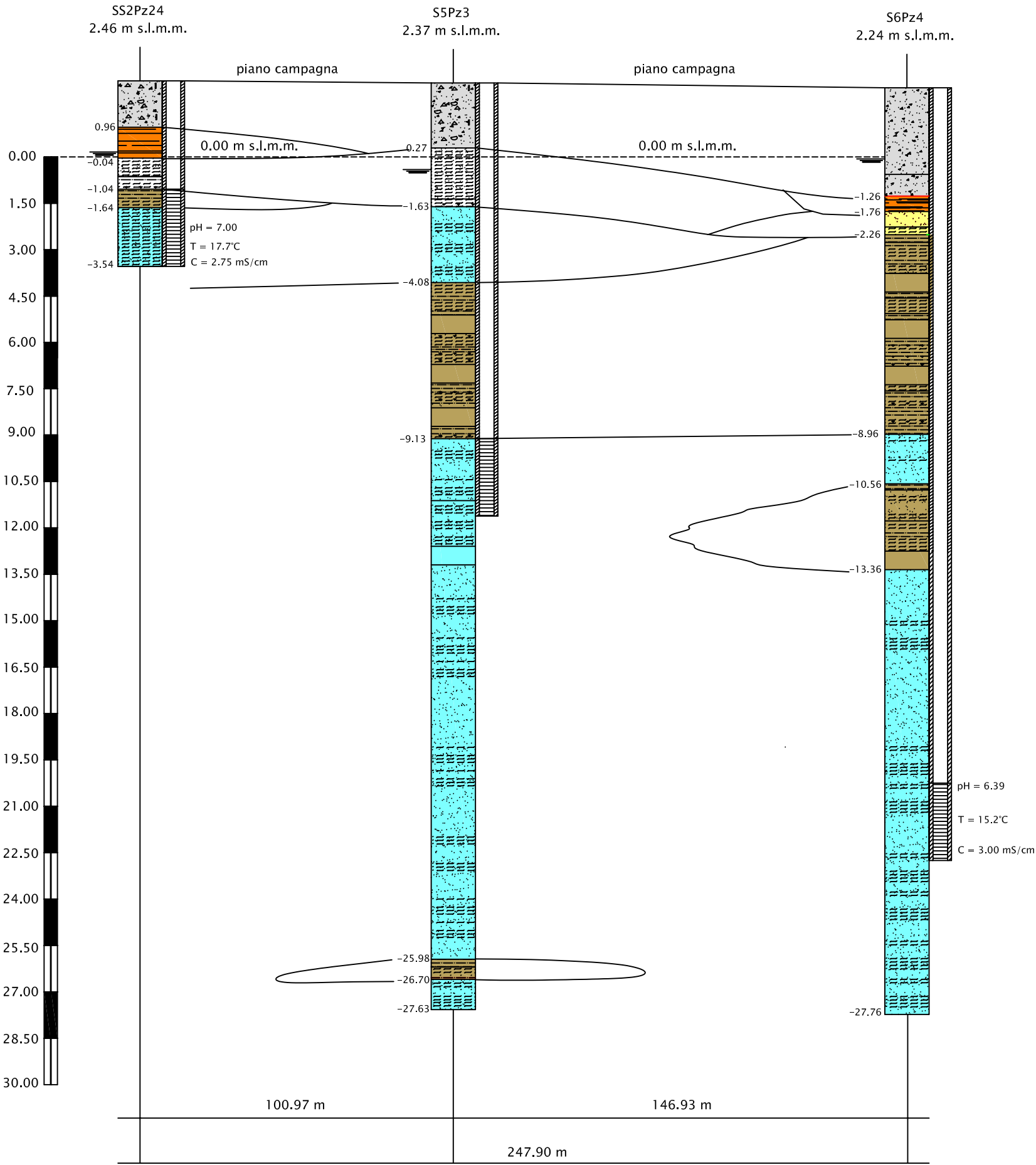


Figura 3.4 – Tracce profili geostratigrafici





**LEGENDA**

**Terreni di riporto**

- Terreno di riporto costituito da limo sabbioso, sabbia e ghiaia, spesso con ciottoli, radici, frammenti di laterizio. Sono presenti intercalazioni di argille rossastre e ceneri nerastre

**Fanghi rossi**

**Sequenza stratigrafica naturale**

- Complesso argilloso e limoso nerastro con materiale organico e torbe (ciclo lagunare olocenico). Sono presenti anche livelli sabbiosi e sabbioso limosi (prevalentemente verso le aperture a mare)
- Limo argilloso grigio screziato di ocra, molto compatto, spesso con noduli calcarei. CARANTO (tardopleistocenico)
- Struttura sedimentaria assai complessa caratterizzata da depositi di ambiente fluvio-palustre o lacustre, costituiti prevalentemente da argille e limi generalmente chiari, talora compatti, e sabbie più o meno limose (*Wurm*, ultimo episodio glaciale pleistocenico).
- Orizzonti coesivi costituiti da limi e argille grigi mediamente compatti o compatti
- Orizzonti granulari costituiti da sabbie e sabbie limose grigie sciolte o mediamente addensate

Scala orizzontale 1:150

Scala verticale 1:1500

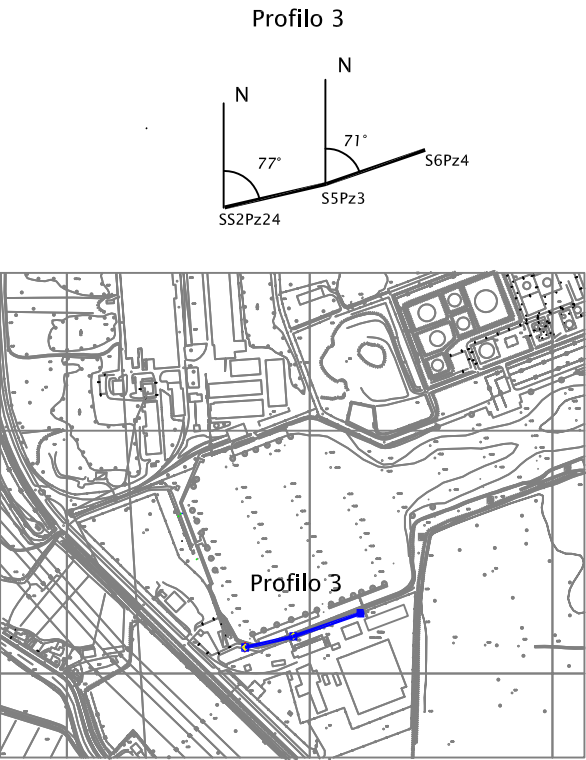
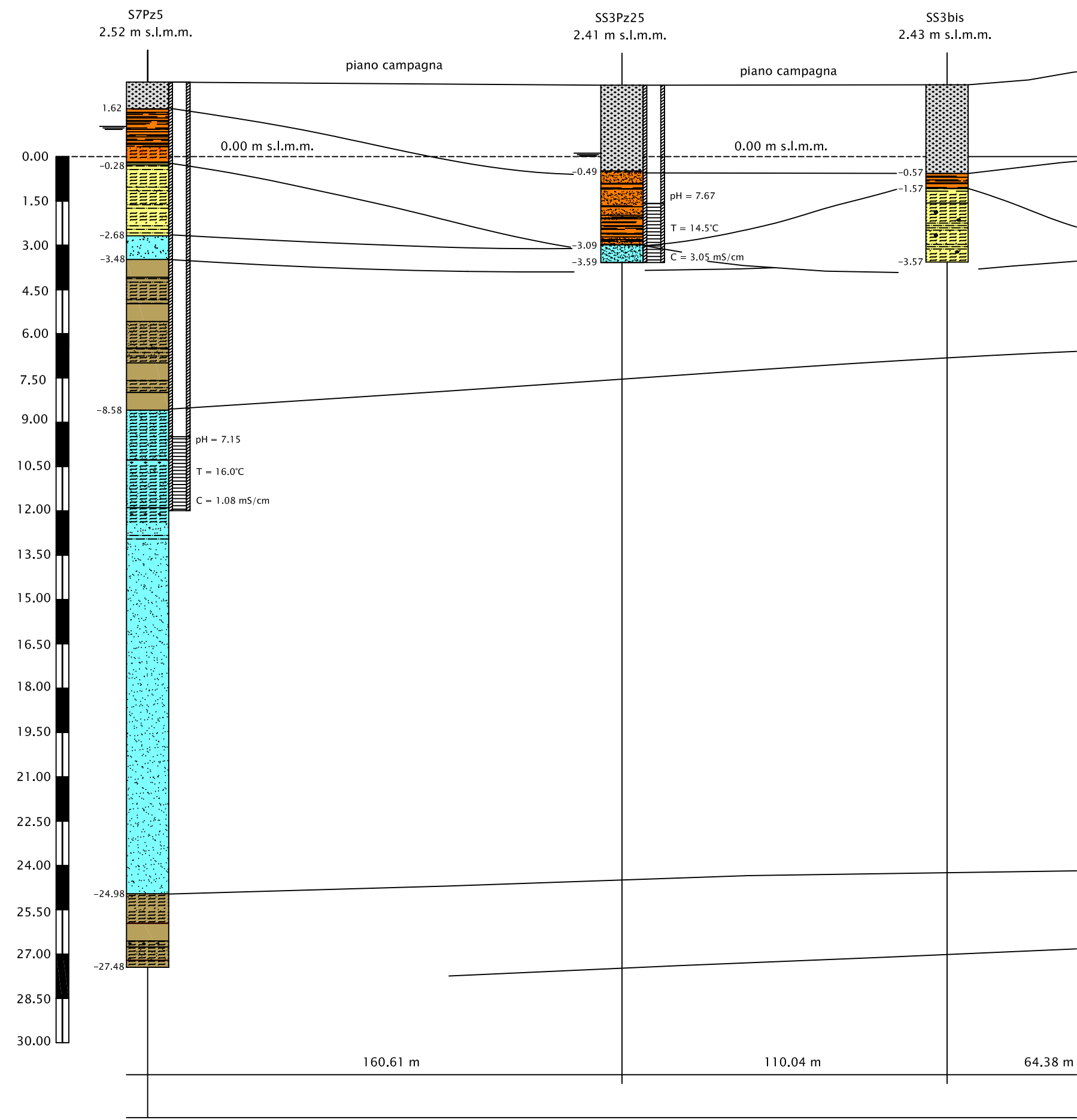
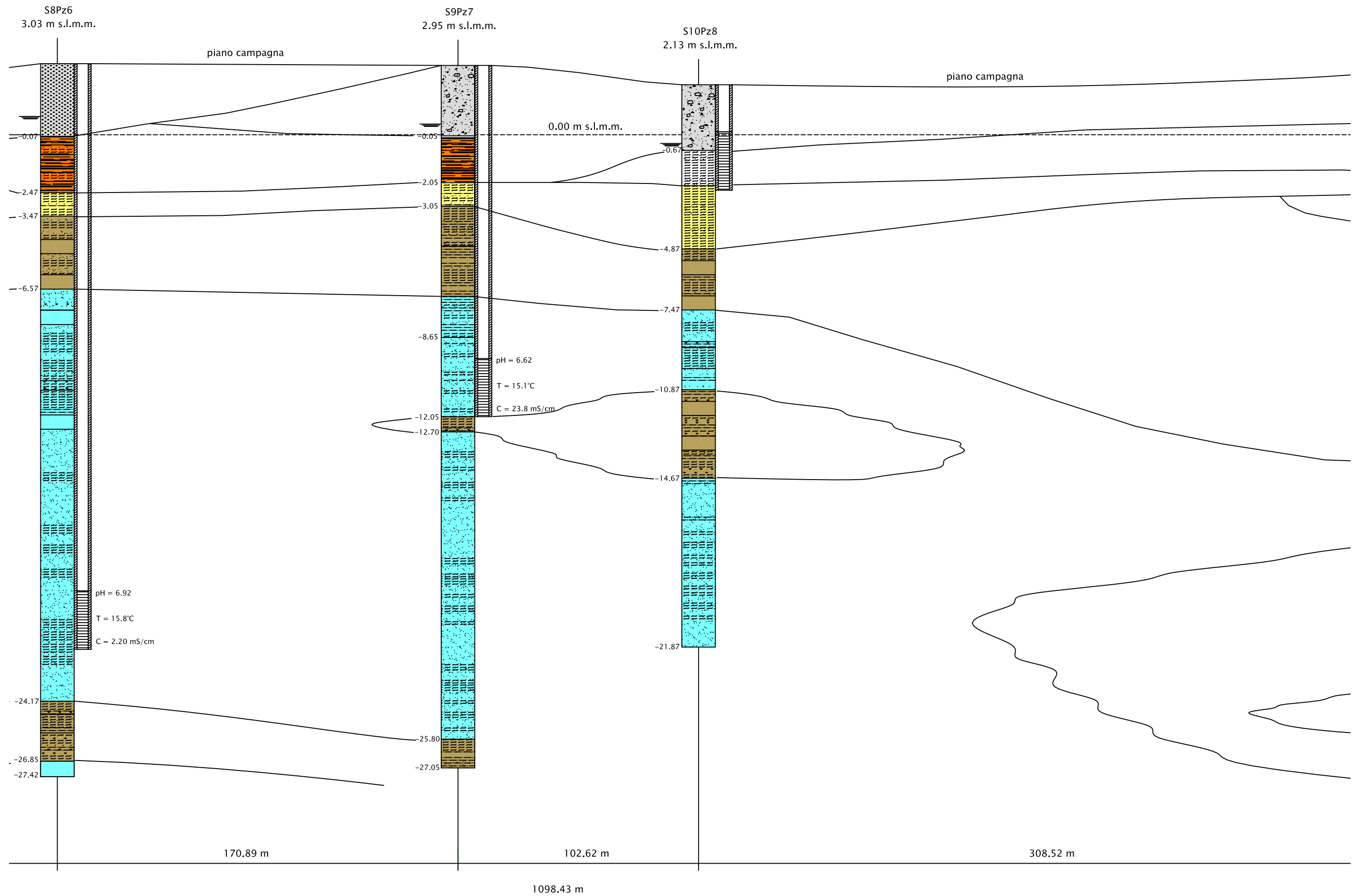
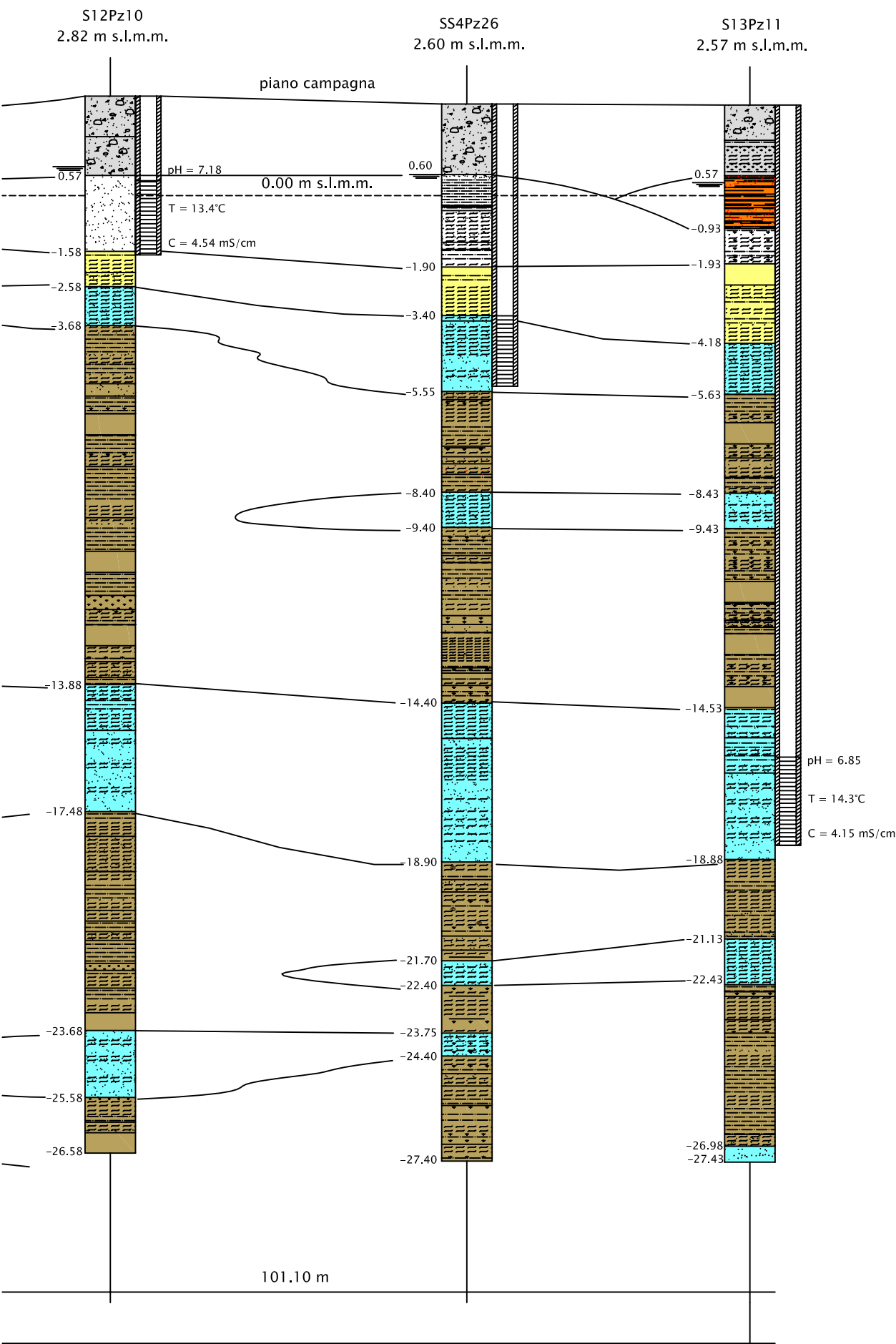


Figura 3.6 – Profilo 3







## LEGENDA

### Terreni di riporto

Terreno di riporto costituito da limo sabbioso, sabbia e ghiaia, spesso con ciottoli, radici, frammenti di laterizio. Sono presenti intercalazioni di argille rossastre e ceneri nerastre

Fanghi rossi

### Sequenza stratigrafica naturale

Complesso argilloso e limoso nerastro con materiale organico e torbe (ciclo lagunare olocenico). Sono presenti anche livelli sabbiosi e sabbioso limosi (prevalentemente verso le aperture a mare)

Limo argilloso grigio screziato di ocra, molto compatto, spesso con noduli calcarei. CARANTO (tardopleistocenico)

Struttura sedimentaria assai complessa caratterizzata da depositi di ambiente fluvio-palustre o lacustre, costituiti prevalentemente da argille e limi generalmente chiari, talora compatti, e sabbie più o meno limose (*Wurm*, ultimo episodio glaciale pleistocenico).

Orizzonti coesivi costituiti da limi e argille grigi mediamente compatti o compatti  
Orizzonti granulari costituiti da sabbie e sabbie limose grigie sciolte o mediamente addensate

Scala orizzontale 1:150

Scala verticale 1:1500

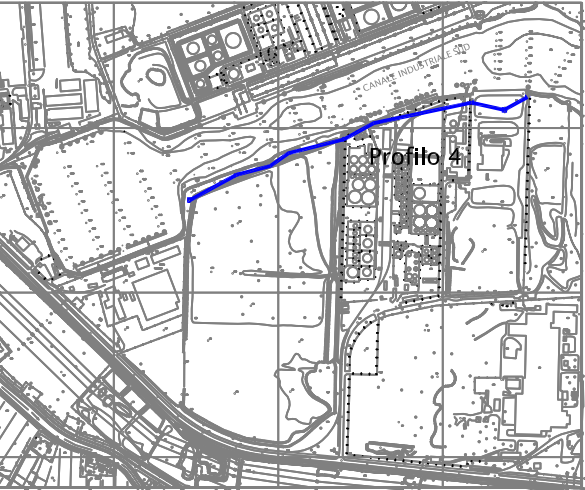
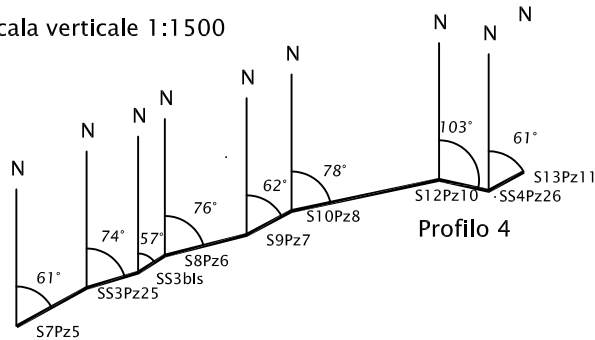
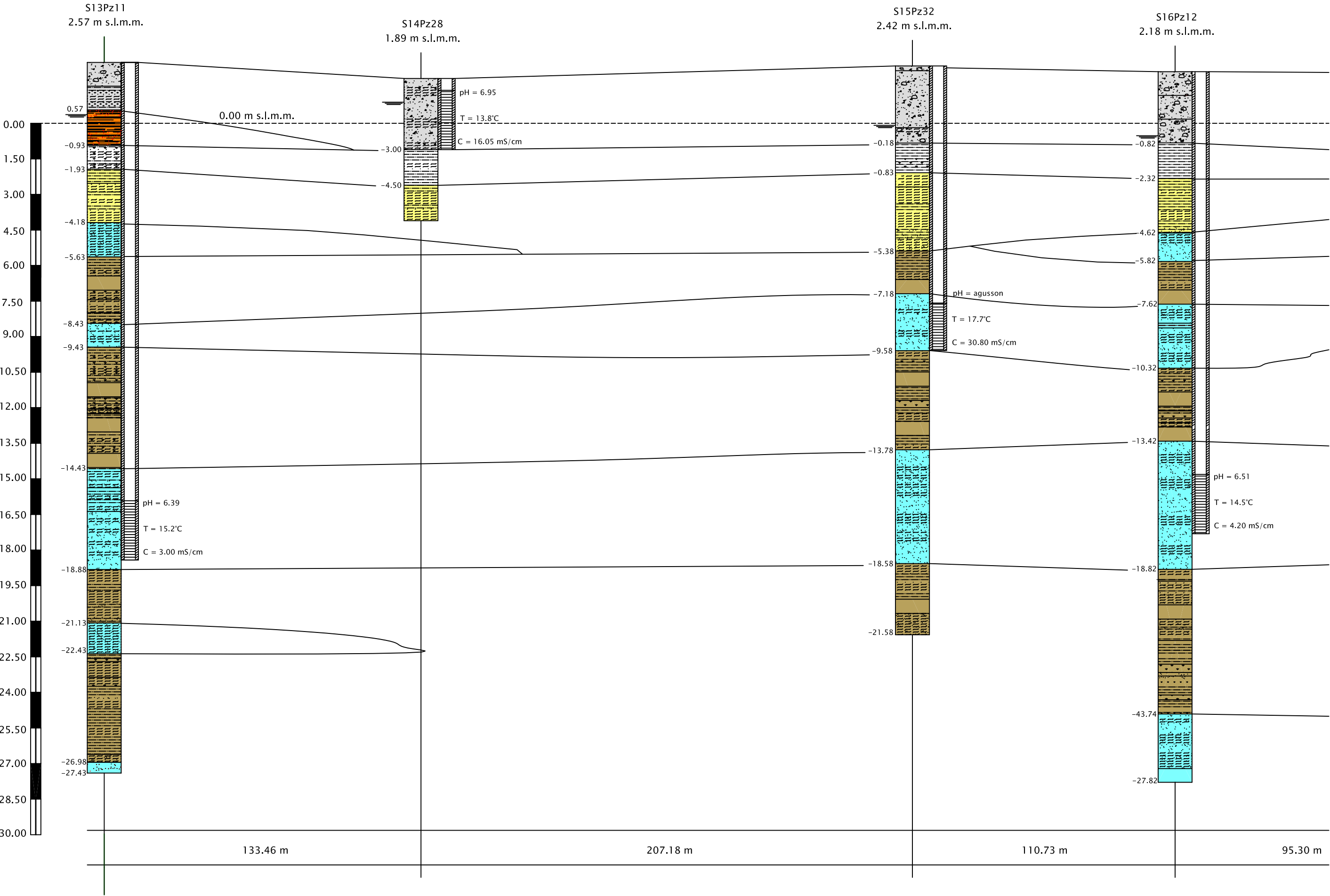
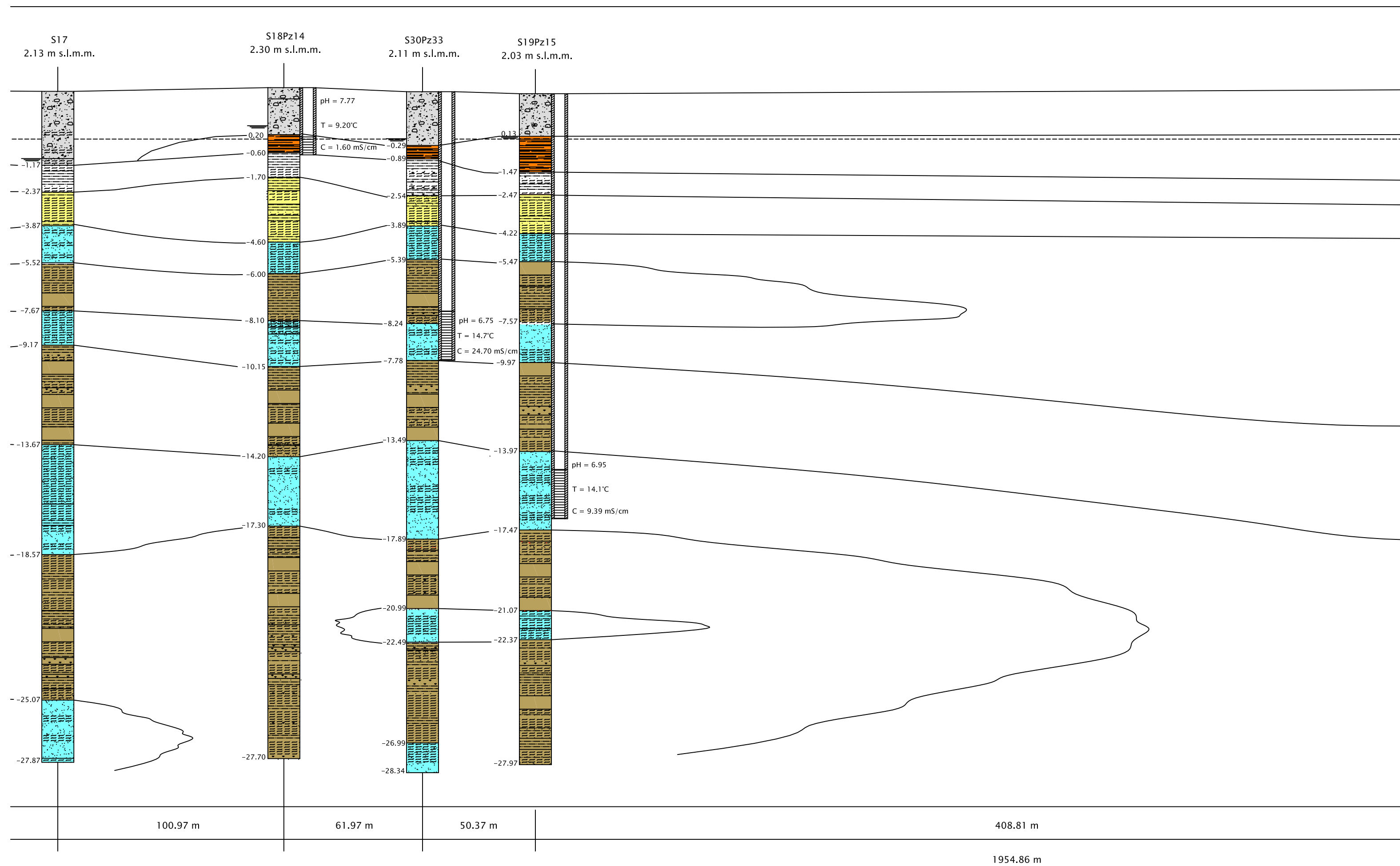
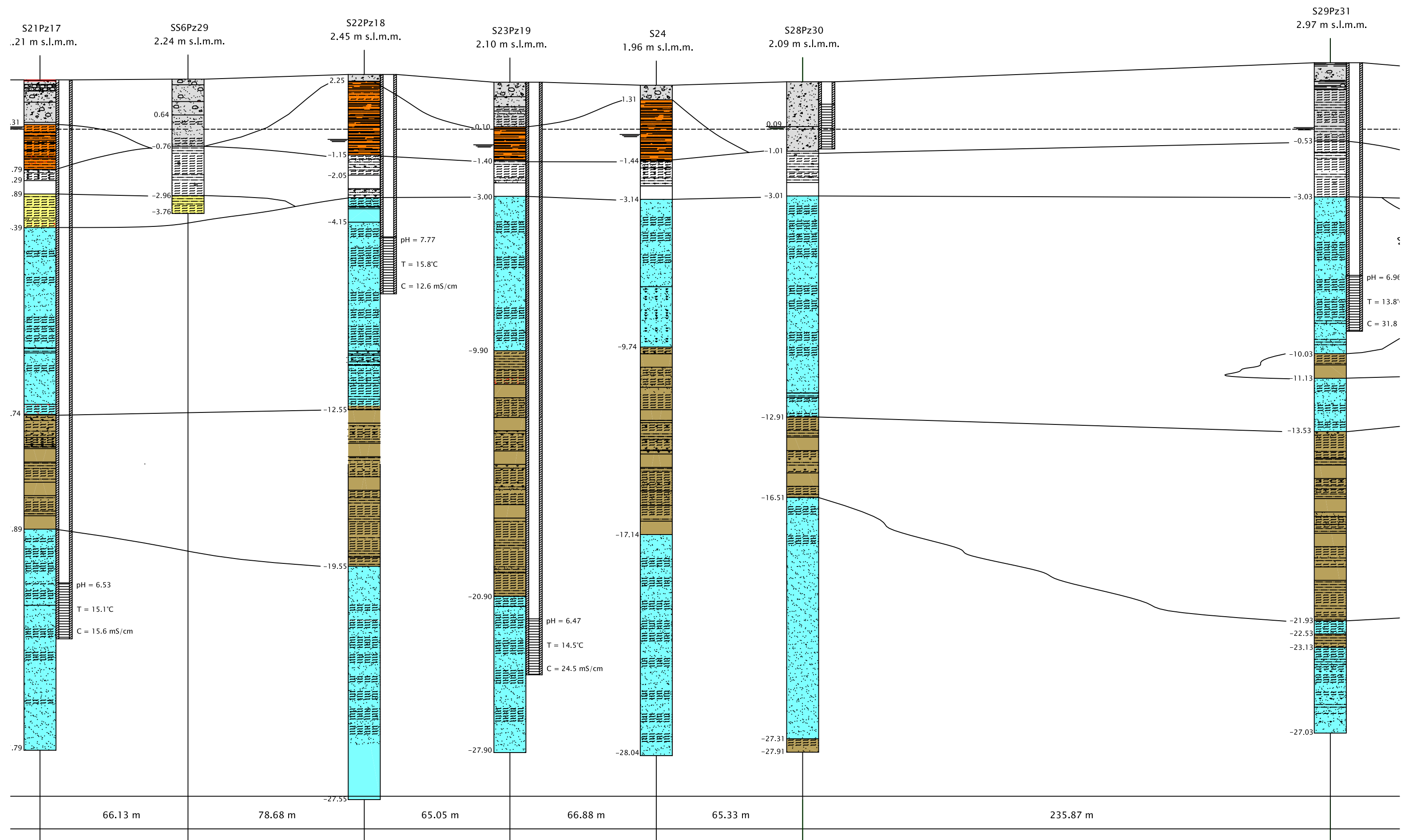


Figura 3.7 – Profilo 4







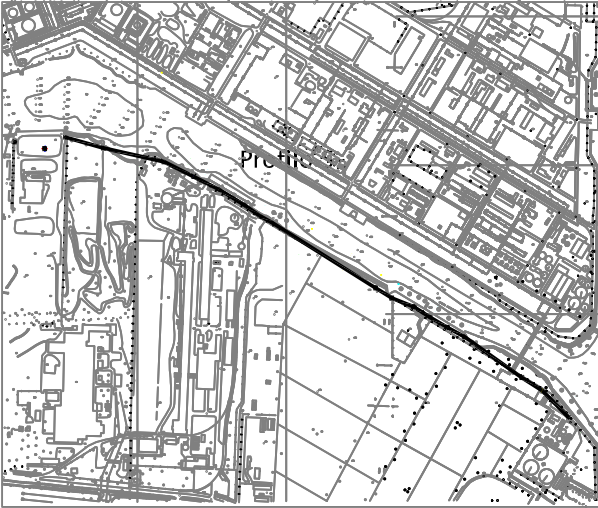
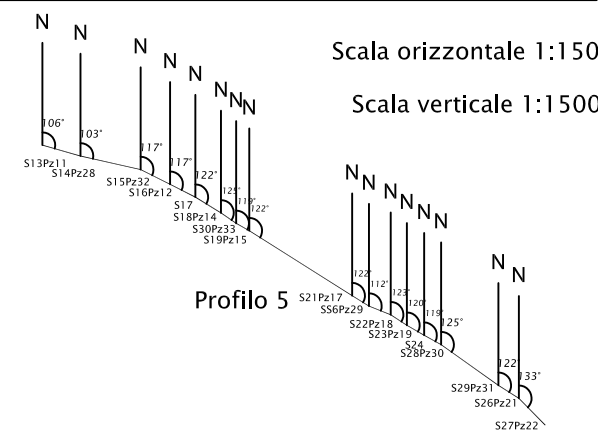
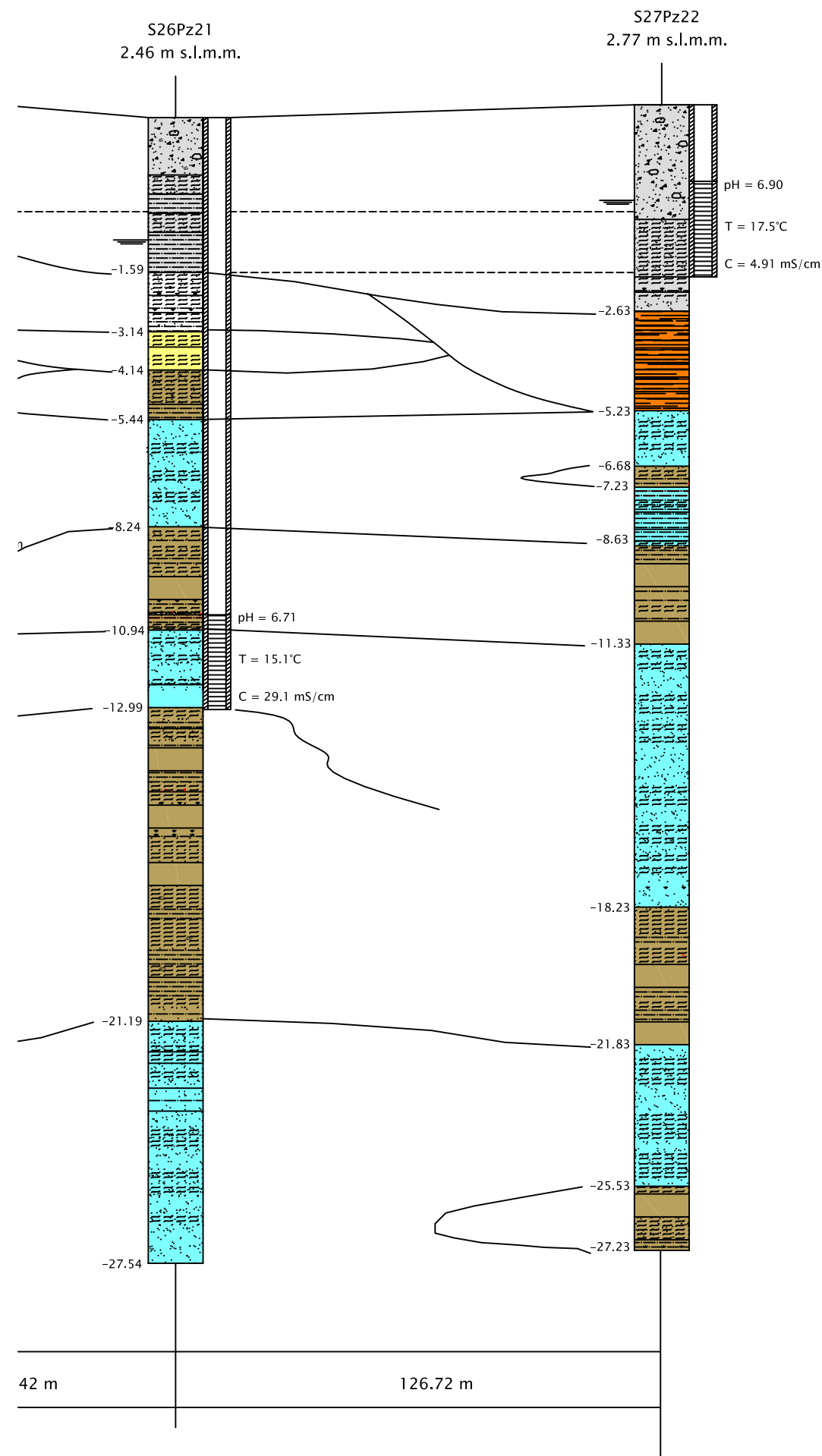
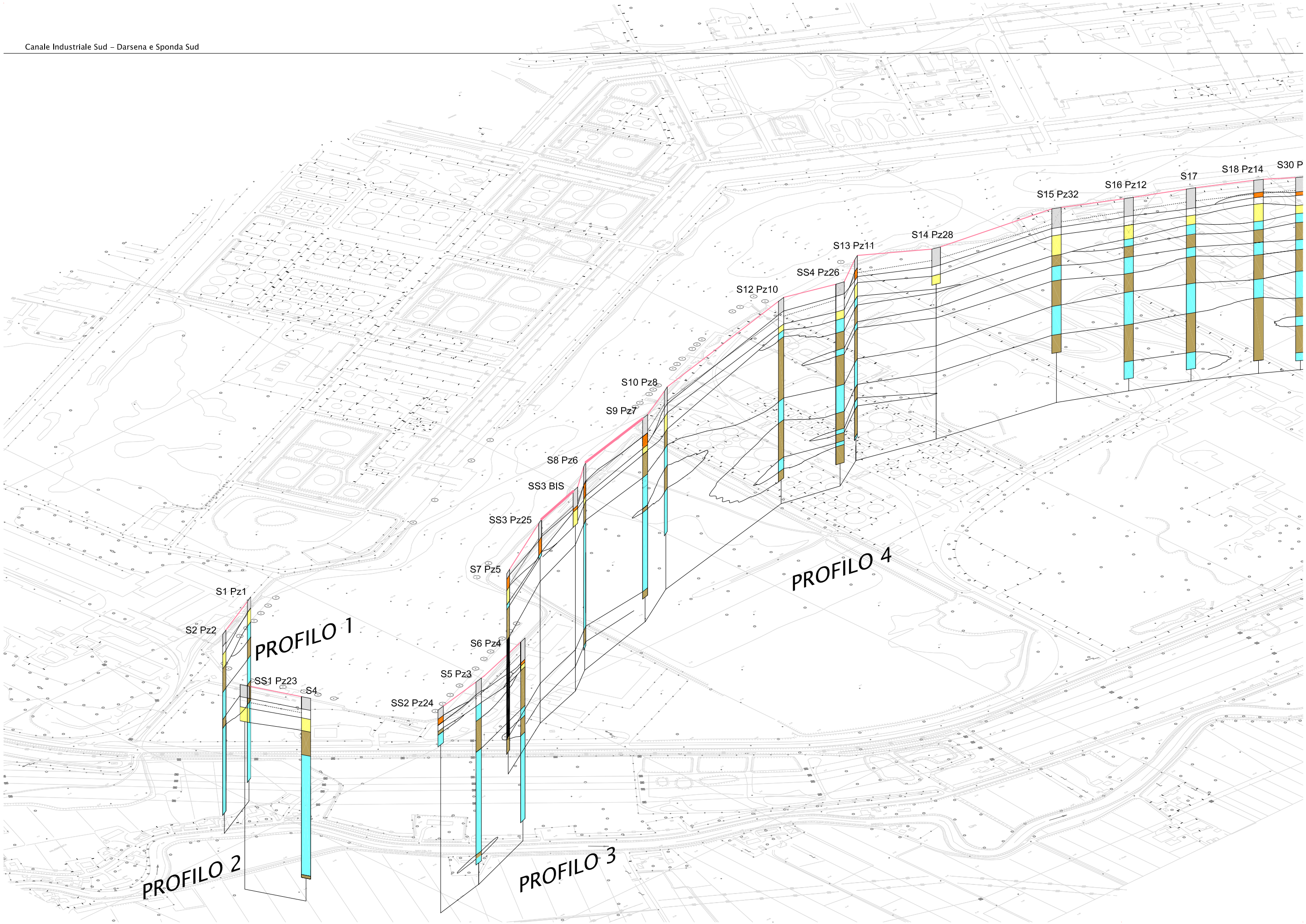
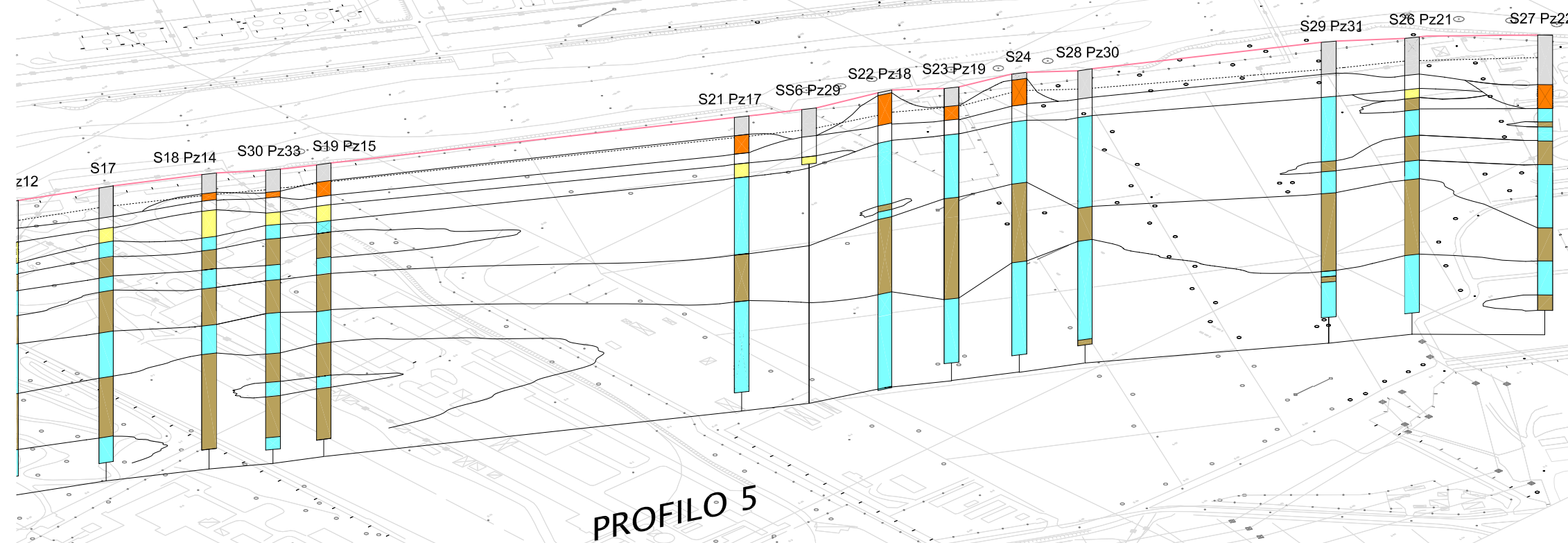


Figura 3.8 - Profilo 5





#### 4. PROVE GEOTECNICHE ED IDROGEOLOGICHE *IN SITU*

Nel corso dei sondaggi a rotazione con carotaggio continuo è stata condotta una serie di prove *in situ* finalizzate ad una più completa caratterizzazione dell'area oggetto di intervento dal punto di vista geotecnico ed idrogeologico. Una parte delle attività previste è stata condotta nel corso dei sondaggi a rotazione con carotaggio continuo (misure elettrochimiche sugli strati più superficiali, Standard Penetration Test, prove Lefranc, determinazioni delle resistenze al Pocket Penetrometer e al Torvane in corrispondenza degli strati coesivi) mentre il monitoraggio delle acque di falda (prove piezometriche) è stato effettuato al termine della perforazione e dell'installazione del piezometro.

La caratterizzazione geotecnica del sito è completata dai risultati delle sessantatre prove penetrometriche statiche CPTU effettuate a terra (16) e a mare (47), l'ubicazione delle quali è riportata in figura 1.3.

##### 4.1 PROVE SPT (STANDARD PENETRATION TEST)

La Standard Penetration Test (SPT) è una delle più antiche e forse ancora la più diffusa fra le prove in sito. Si tratta di una prova penetrometrica dinamica discontinua i cui risultati vengono utilizzati per descrivere in modo più esauriente le formazioni attraversate con i sondaggi fornendo indicazioni sullo stato di addensamento e consistenza di un deposito. Si esegue su terreni granulari finì all'interno di un foro di sondaggio, valutando la resistenza che il terreno offre alla penetrazione dinamica di un campionatore infisso a partire dal fondo del foro di sondaggio.

#### 4.1.1 MODALITÀ ESECUTIVE DELLA PROVA

La prova consiste nel fare cadere un maglio del peso di 63.5 kg da un'altezza di 760 mm su una testa di battuta fissata alla sommità di una batteria di aste alla cui estremità inferiore è avvitato il campionatore di dimensioni standard. Il numero di colpi N necessario per una penetrazione del campionatore di 300 mm (dopo l'eventuale penetrazione quasi statica per gravità e dopo 150 mm di infissione dinamica per il posizionamento) è il dato assunto come indice della resistenza alla penetrazione ( $N_{SPT}$ ).



*Foto 4.1a e b – Maglio per l'esecuzione di prove SPT e campionatore Raymond aperto*

I valori di  $N_{SPT}$  possono essere normalizzati per tenere conto dell'influenza della pressione del terreno sovrastante, riferendoli ad un valore unitario della pressione verticale efficace  $\sigma'_{v0} = 1 \text{ kgf/cm}^2$  mediante la relazione

$$N_1 = C_N N_{SPT} \quad 4.1$$

dove  $N$  è il numero di colpi SPT misurati con la prova standard e  $C_N$  un coefficiente correttivo che dipende dal valore della pressione verticale efficace assunto pari a 0.5, come riportato nella bibliografia (*Cestari, 1990*).

L'elaborazione dei dati della prova consente di ricavare il valore dell'angolo d'attrito  $\Phi$ ; per la valutazione della densità relativa  $D_R$  usualmente si adotta la relazione di *Gibbs e Holtz (1957)* valida per sabbie quarzose NC, non cementate, moderatamente compressibili (figura 4.1 e tabella 4.1). Nella tabella è anche riportata la valutazione dello stato di addensamento di *Terzaghi e Peck del 1948 (Lancellotta, 1993)*, che hanno associato degli intervalli di variazione di densità.

Le prove SPT effettuate nel corso dell'esecuzione dei sondaggi sono nominate con la sigla SPT seguita dal nome del sondaggio e da un numero progressivo. Le sigle delle prove con le profondità rispetto sia al p.c. sia al l.m.m. sono riportate nelle tabelle 4.2 e 4.3, dove sono anche indicati i valori relativi ai numeri di colpi, all'angolo d'attrito e alla densità relativa. Parte delle informazioni relative alle prove (sigla, profondità, numero di colpi) sono inoltre riportate nelle stratigrafie dei sondaggi. Le prove sono state effettuate al fondo foro dopo averlo accuratamente pulito con la rimozione dei detriti di perforazione.

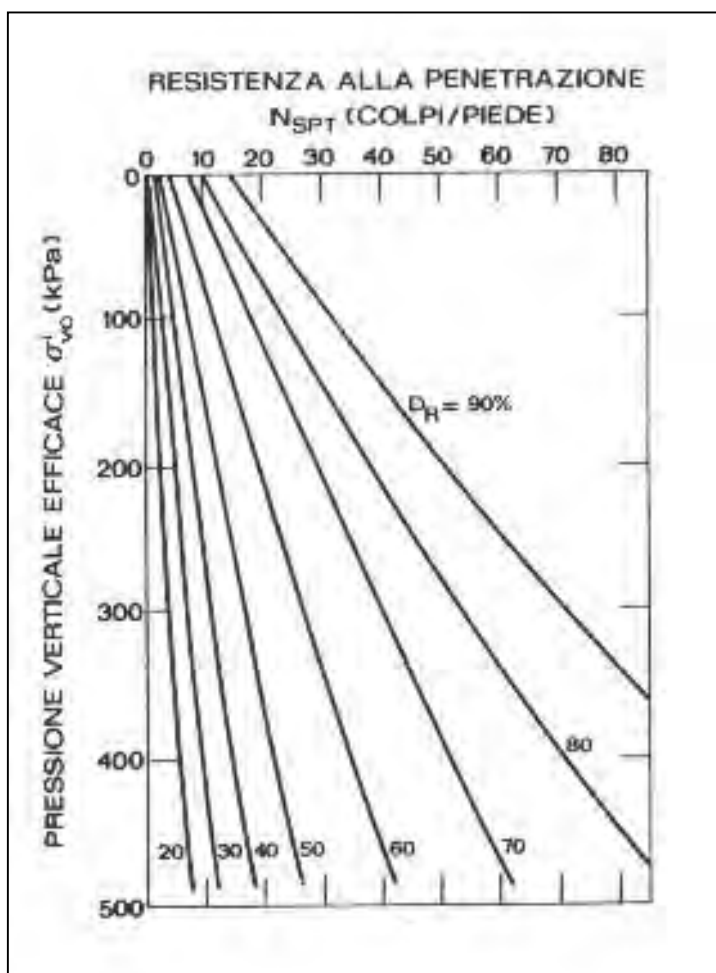


Figura 4.1 – Relazione tra  $N_{SPT}$  e densità relativa  
(Cestari, 1990)

Tabella 4.1 – Correlazione tra la densità relativa delle sabbie e i valori di  $N_{SPT}$  (Lancellotta, 1993)

$N_{SPT}$ (Colpi/30 cm)	Densità relativa	
	Terzaghi-Peck (1948)	Gibbs-Holtz (1957)
0 – 4	Molto sciolta	0 – 15 %
4 – 10	Sciolta	15 – 35 %
10 – 30	Media	35 – 65 %
30 – 50	Densa	65 – 85 %
Oltre 50	Molto densa	85 – 35 %

Tabella 4.2 – Standard Penetration Test

Sigla sondaggio e piezometro	Azienda	Quota piano campagna	Sigla	Profondità			
				da	a	da	a
		m s.l.m.m.		m p.c.	M p.c.	m s.l.m.m.	M s.l.m.m.
S1 Pz1	Nuova Sirma	2,09	SPT S1Pz1/1	6,00	6,45	-3,91	-4,36
			SPT S1Pz1/2	12,00	12,45	-12,00	-12,45
			SPT S1Pz1/3	18,00	18,45	-18,00	-18,45
S2 Pz2	Nuova Sirma	2,23	SPT S2Pz2/1	12,00	12,45	-9,77	-10,22
			SPT S2Pz2/2	18,00	18,45	-18,00	-18,45
			SPT S2Pz2/3	21,00	21,45	-21,00	-21,45
SS1 Pz23	S.Marco P.	2,70	non previste				
S4	S.Marco P.	2,67	SPTS4/1	12,00	12,45	-9,33	-9,78
			SPTS4/2	15,00	15,45	-15,00	-15,45
			SPTS4/3	18,00	18,45	-18,00	-18,45
SS2 Pz24	Pagnan	2,46	non previste				
S5 Pz3	Pagnan	2,37	SPTS5Pz3/1	6,00	6,45	-3,63	-4,08
			SPTS5Pz3/2	16,50	16,95	-16,50	-16,95
			SPTS5Pz3/3	25,50	25,95	-25,50	-25,95
S6 Pz4	Pagnan	2,24	SPTS6Pz4/1	18,00	18,45	-15,76	-16,21
			SPTS6Pz4/2	21,00	21,45	-21,00	-21,45
			SPTS6Pz4/3	24,00	24,45	-24,00	-24,45
S7 Pz5	43 ha	2,52	SPTS7Pz5/1	16,50	16,95	-13,98	-14,43
			SPTS7Pz5/2	19,50	19,95	-19,50	-19,95
			SPTS7Pz5/3	22,50	22,95	-22,50	-22,95
SS3 Pz25	43 ha	2,41	non previste				
SS3 BIS	43 ha	2,43	non previste				
S8 Pz6	43 ha	3,03	SPTS8Pz6/1	16,50	16,95	-13,47	-13,92
			SPTS8Pz6/2	25,50	25,95	-25,50	-25,95
			SPTS8Pz6/3	30,00	30,45	-30,00	-30,45
S9 Pz7	43 ha	2,95	non previste				
S10 Pz8	Decal	2,13	SPTS10Pz8/1	10,50	10,95	-8,37	-8,82
			SPTS10Pz8/2	18,00	18,45	-18,00	-18,45
			SPTS10Pz8/3	19,50	19,95	-19,50	-19,95
S12 Pz10	Amav	2,82	SPTS12Pz10/1	6,00	6,45	-3,18	-3,63
			SPTS12Pz10/2	11,50	11,95	-11,50	-11,95
			SPTS12Pz10/3	19,50	19,95	-19,50	-19,95
SS4 Pz26	Amav	2,60	non previste				
S13 Pz11	Amav	2,57	SPTS13Pz11/1	21,00	21,45	-18,43	-18,88
			SPTS13Pz11/2	24,00	24,45	-24,00	-24,45
			SPTS13Pz11/3	29,55	30,00	-29,55	-30,00
S14 Pz28	ex Abibes	1,89	non previste				
S15 Pz32	Alcoa	2,13	SPTS15Pz32/1	10,50	10,95	-8,37	-8,82
			SPTS15Pz32/2	16,50	16,95	-14,37	-14,82
			SPTS15Pz32/3	19,50	19,95	-17,37	-17,82
S16 Pz12	Alcoa	2,18	SPTS16Pz12/1	7,50	7,95	-5,32	-5,77
			SPTS16Pz12/2	12,00	12,45	-12,00	-12,45
			SPTS16Pz12/3	16,5	16,95	-16,50	-16,95
S17	Alcoa	2,13	SPTS17/1	7,20	7,65	-5,07	-5,52
			SPTS17/2	16,40	16,85	-16,40	-16,85
			SPTS17/3	18,00	18,45	-18,00	-18,45

Tabella 4.2 – Standard Penetration Test (continua)

Sigla sondaggio e piezometro	Azienda	Quota piano campagna	Sigla	Profondità			
				da	a	da	a
		m s.l.m.m.		m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	M s.l.m.m.
S18 Pz14	Alcoa	2,30	SPTS18Pz14/1	7,00	7,45	-4,70	-5,15
			SPTS18Pz14/2	12,00	12,45	-12,00	-12,45
			SPTS18Pz14/3	16,50	16,95	-16,50	-16,95
S30 Pz33	Alcoa	2,11	SPTS30Pz33/1	10,50	10,95	-8,39	-8,84
			SPTS30Pz33/2	16,50	16,95	-16,50	-16,95
			SPTS30Pz33/3	30,00	30,45	-30,00	-30,45
S19 Pz15	Alcoa	2,03	SPTS19Pz15/1	10,50	10,95	-8,47	-8,92
			SPTS19Pz15/2	16,50	16,95	-16,50	-16,95
			SPTS19Pz15/3	18,00	18,45	-18,00	-18,45
S21 Pz17	Enel	2,21	SPTS21Pz17/1	7,50	7,95	-5,29	-5,74
			SPTS21Pz17/2	14,50	14,95	-14,50	-14,95
			SPTS21Pz17/3	21,00	21,45	-21,00	-21,45
SS6 Pz29	Enel	2,24	non previste				
S22 Pz18	Edison	2,45	SPTS22Pz18/1	10,50	10,95	-8,05	-8,50
			SPTS22Pz18/2	24,00	24,45	-24,00	-24,45
			SPTS22Pz18/3	27,00	27,45	-27,00	-27,45
S23 Pz19	Edison	2,10	SPTS23Pz19/1	9,00	9,45	-6,90	-7,35
			SPTS23Pz19/2	25,00	25,95	-25,00	-25,95
			SPTS23Pz19/3	29,55	30,00	-29,55	-30,00
S24	Edison	1,96	SPTS24/1	6,00	6,45	-4,04	-4,49
			SPTS24/2	21,00	21,45	-21,00	-21,45
			SPTS24/3	22,50	22,95	-22,50	-22,95
S28 Pz30	Edison	2,09	SPTS28Pz30/1	7,50	7,95	-5,41	-5,86
			SPTS28Pz30/2	10,50	10,95	-10,50	-10,95
			SPTS28Pz30/3	21,00	21,45	-21,00	-21,45
S29 Pz31	Aspiv	2,97	SPTS29Pz31/1	7,50	7,95	-4,53	-4,98
			SPTS29Pz31/2	10,50	10,95	-10,50	-10,95
			SPTS29Pz31/3	15,00	15,45	-15,00	-15,45
S26 Pz21	Aspiv	2,46	SPTS26Pz21/1	9,00	9,45	-6,54	-6,99
			SPTS26Pz21/2	15,00	15,45	-15,00	-15,45
			SPTS26Pz21/3	24,00	24,45	-24,00	-24,45
S27 Pz22	Aspiv	2,77	SPTS27Pz22/1	9,00	9,45	-6,23	-6,68
			SPTS27Pz22/2	15,00	15,45	-15,00	-15,45
			SPTS27Pz22/3	16,50	16,95	-16,50	-16,95

I risultati delle prove effettuate e le relative elaborazioni sono riassunte nelle tabelle 4.2 e 4.3 dove oltre al numero di colpi sono indicati i valori di N normalizzati per tenere conto della pressione del terreno efficace ( $N_1$ ), l'angolo d'attrito e la densità relativa valutata mediante le correlazioni riportate in figura 4.1 e tabella 4.1.

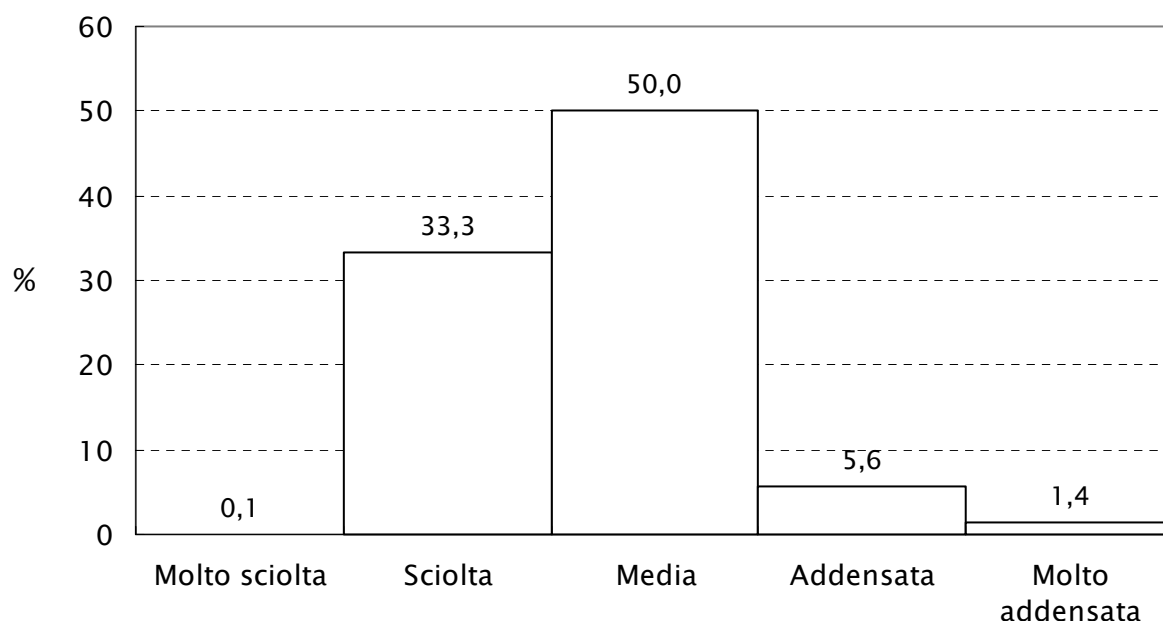
Tabella 4.3 – Risultati delle Standard Penetration Test

Sigla sondaggio e piezometro	Sigla SPT	N			N <sub>1</sub>	Φ	Densità relativa	
		0 – 15 cm	15 – 30 cm	30 – 45 cm				%
S1 Pz1	SPT S1Pz1/1	2	4	8	12,55	30,8	Media	39
	SPT S1Pz1/2	15	17	22	30,68	35,8	Media	61
	SPT S1Pz1/3	8	14	18	21,02	33,2	Media	51
S2 Pz2	SPT S2Pz2/1	4	7	10	13,37	31,0	Media	42
	SPT S2Pz2/2	18	24	30	35,48	37,1	Addensata	69
	SPT S2Pz2/3	12	18	26	26,94	34,8	Media	56
SS1 Pz23	non previste							
S4	SPTS4/1	7	11	14	20,32	33,0	Media	50
	SPTS4/2	6	12	18	21,98	33,4	Media	51
	SPTS4/3	9	15	18	22,18	33,5	Media	52
SS2 Pz24	non previste							
S5 Pz3	SPTS5Pz3/1	1	1	1	2,09	27,7	Molto sciolta	7
	SPTS5Pz3/2	6	9	12	14,55	31,4	Media	46
	SPTS5Pz3/3	5	8	15	12,99	30,9	Media	41
S6 Pz4	SPTS6Pz4/1	4	4	6	6,57	29,0	Sciolta	22
	SPTS6Pz4/2	6	9	15	14,70	31,4	Media	47
	SPTS6Pz4/3	5	12	19	17,84	32,3	Media	49
S7 Pz5	SPTS7Pz5/1	7	7	7	9,70	30,0	Sciolta	30
	SPTS7Pz5/2	6	6	14	12,82	30,9	Media	41
	SPTS7Pz5/3	8	7	14	12,59	30,8	Media	40
SS3 Pz25	non previste							
SS3 BIS	non previste							
S8 Pz6	SPTS8Pz6/1	4	7	12	13,16	31,0	Media	41
	SPTS8Pz6/2	6	10	15	14,12	31,2	Media	44
	SPTS8Pz6/3	12	10	12	11,41	30,5	Media	37
S9 Pz7	non previste							
S10 Pz8	SPTS10Pz8/1	1	1	2	2,55	27,9	Molto sciolta	8
	SPTS10Pz8/2	3	6	10	10,51	30,2	Sciolta	33
	SPTS10Pz8/3	6	8	10	11,27	30,4	Media	36
S12 Pz10	SPTS12Pz10/1	3	5	3	8,37	29,6	Sciolta	26
	SPTS12Pz10/2	2	1	4	4,08	28,3	Molto sciolta	13
	SPTS12Pz10/3	5	9	12	13,46	31,0	Media	42
SS4 Pz26	non previste							
S13 Pz11	SPTS13Pz11/1	1	2	5	4,29	28,4	Molto sciolta	14
	SPTS13Pz11/2	4	7	12	10,94	30,3	Sciolta	34
	SPTS13Pz11/3	1	3	5	4,22	28,4	Molto sciolta	14
S14 Pz28	non previste							
S15 Pz32	SPTS15Pz32/1	5	6	8	11,91	30,6	Media	38
	SPTS15Pz32/2	28	30	31	42,27	38,8	Addensata	77
	SPTS15Pz32/3	25	30	33	40,38	38,3	Addensata	70
S16 Pz12	SPTS16Pz12/1	1	3	4	6,89	29,1	Sciolta	24
	SPTS16Pz12/2	4	5	8	10,23	30,1	Sciolta	32
	SPTS16Pz12/3	30	30	21	35,34	37,0	Addensata	67
S17	SPTS17/1	4	6	7	12,80	30,9	Media	41
	SPTS17/2	8	16	17	22,86	33,7	Media	53
	SPTS17/3	3	6	17	15,11	31,5	Media	46

Tabella 4.3 – Risultati delle Standard Penetration Test (continua)

Sigla sondaggio e piezometro	Sigla SPT	N			N <sub>1</sub>	Φ	Densità relativa	
		0 – 15 cm	15 – 30 cm	30 – 45 cm				%
S18 Pz14	SPTS18Pz14/1	3	7	9	16,60	31,9	Media	49
	SPTS18Pz14/2	3	4	7	8,94	29,7	Scioltà	28
	SPTS18Pz14/3	3	5	8	9,24	29,8	Scioltà	34
S30 Pz33	SPTS30Pz33/1	3	5	5	8,51	29,6	Scioltà	27
	SPTS30Pz33/2	5	8	9	11,78	30,6	Media	37
	SPTS30Pz33/3	5	11	13	12,45	30,7	Media	40
S19 Pz15	SPTS19Pz15/1	3	5	6	9,36	29,9	Scioltà	34
	SPTS19Pz15/2	5	6	9	10,39	30,2	Scioltà	33
	SPTS19Pz15/3	8	13	17	19,71	32,8	Media	39
S21 Pz17	SPTS21Pz17/1	5	6	6	11,82	30,6	Media	37
	SPTS21Pz17/2	3	4	4	5,88	28,8	Scioltà	20
	SPTS21Pz17/3	5	6	8	8,57	29,6	Scioltà	27
SS6 Pz29	non previste							
S22 Pz18	SPTS22Pz18/1	3	4	6	8,51	29,6	Scioltà	27
	SPTS22Pz18/2	6	8	20	16,12	31,8	Media	48
	SPTS22Pz18/3	20	32	50	44,68	39,4	Molto densa	90
S23 Pz19	SPTS23Pz19/1	3	5	7	10,67	30,2	Scioltà	35
	SPTS23Pz19/2	8	12	21	18,64	32,5	Media	48
	SPTS23Pz19/3	6	15	21	18,67	32,5	Media	48
S24	SPTS24/1	3	2	1	3,14	28,0	Molto scioltà	12
	SPTS24/2	6	6	10	9,80	30,0	Scioltà	33
	SPTS24/3	3	4	8	6,91	29,1	Scioltà	22
S28 Pz30	SPTS28Pz30/1	3	6	4	9,85	30,0	Scioltà	33
	SPTS28Pz30/2	3	7	11	15,31	31,6	Media	47
	SPTS28Pz30/3	2	3	3	3,67	28,2	Molto scioltà	13
S29 Pz31	SPTS29Pz31/1	3	7	9	15,03	31,5	Media	46
	SPTS29Pz31/2	5	11	11	18,06	32,3	Media	47
	SPTS29Pz31/3	3	5	9	9,73	30,0	Scioltà	32
S26 Pz21	SPTS26Pz21/1	9	12	15	23,09	33,7	Media	53
	SPTS26Pz21/2	8	7	5	8,34	29,6	Scioltà	26
	SPTS26Pz21/3	5	6	8	7,93	29,4	Scioltà	24
S27 Pz22	SPTS27Pz22/1	3	3	4	5,99	28,9	Scioltà	23
	SPTS27Pz22/2	3	5	8	9,04	29,8	Scioltà	30
	SPTS27Pz22/3	6	9	13	14,88	31,4	Media	45

I risultati ottenuti sono visualizzati in un grafico (figura 4.4) che mostra la distribuzione delle frequenze del grado di addensamento; su un totale di settantadue prove effettuate, la percentuale maggiore (50%) è relativa ad orizzonti granulari con un grado di addensamento medio, cui seguono le sabbie sciolte (33.3 %). Le frequenze relative ai gradi di addensamento estremi (molto scioltà e addensata–molto addensata) sono invece molto basse (5.6, 1.4, 0.1%).



*Figura4.4 – Distribuzione delle frequenze del grado di addensamento*

#### 4.2 DETERMINAZIONE DELLE RESISTENZE AL POCKET PENETROMETER E AL TORVANE

La prova scissometrica effettuata mediante l'uso del Torvane (Torv.) consiste nell'infiggere nel terreno una paletta che è fatta ruotare a velocità costante fino a provocare la rottura del terreno lungo la superficie cilindrica generata dalla paletta stessa. Tenendo conto dei tempi relativamente brevi di prova, la coppia torcente applicata è direttamente proporzionale alla resistenza al taglio non drenata del terreno. La prova, particolarmente indicata per le argille tenere ma comunemente realizzata anche su argille consistenti purché omogenee e non fessurate, consente una valutazione speditiva della coesione non drenata  $c_u$ .

La resistenza alla penetrazione mediante Pocket Penetrometer (P.P.) consiste invece nel far penetrare all'interno del sedimento in esame un cilindro metallico d'acciaio inossidabile (indicato come punta) e nel misurare la forza necessaria per realizzare tale penetrazione. Il valore ottenuto rappresenta la resistenza alla compressione semplice  $q_u$ .

Le prove sono state condotte sui livelli coesivi intercettati nel corso dei sondaggi, in zone uniformi rese perfettamente piane mediante l'uso di un filo d'acciaio. I valori misurati

sono riportati nelle colonne stratigrafiche relative a ciascun sondaggio in corrispondenza della quota di misura.

I valori ottenuti variano in un range piuttosto ampio in funzione delle caratteristiche di consistenza dei terreni testati. Il caranto, ad esempio, presenta sempre valori di resistenza molto elevati (2–5 kg/cm<sup>2</sup> per il P.P. e 1–2.5 kg/cm<sup>2</sup> per il Torvane, in qualche caso anche fuori scala), mentre gli orizzonti coesivi attribuiti al ciclo lagunare olocenico (argille e limi molli spesso con sostanza organica) sono caratterizzati da valori molto bassi, generalmente inferiori a 1 e 0.5 kg/cm<sup>2</sup> rispettivamente per la resistenza al P.P. e al Torv. In tutti gli altri orizzonti coesivi sono stati rilevati valori di resistenza intermedi tra gli intervalli citati.

*Tabella 4.4– Correlazione tra consistenza e  $q_U$  (Colombo, 1974)*

Consistenza	Resistenza $q_U$ kg/cm <sup>2</sup>
Molto molle	<0.25
Molle	0.25 – 0.50
Media	0.50 – 1.00
Compatta	1.00 – 2.00
Molto compatta	2.00 – 4.00
Compattissima	> 4.00

Le stesse determinazioni sono state effettuate anche sui campioni indisturbati al momento dell'estrusione presso il laboratorio geotecnico; i valori misurati sono riportati nelle descrizioni stratigrafiche relative ai campioni stessi (allegati).

### 4.3 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPTU

Per integrare la caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dagli interventi di protezione delle sponde è stata condotta una campagna di indagine con sessantatre prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU). Sedici prove sono state condotte nella zona dove sono previste le strutture di marginamento (*prove a terra*); le restanti quarantasette in corrispondenza dei punti in cui sarà realizzata una banchina (*prove a mare*), ad una distanza di circa 12.5 e 25 m dal marginamento. L'ubicazione dei punti di indagine è riportata nella tabella 1.1 e visualizzata nella figura 1.3 allegate al capitolo introduttivo.

L'utilizzo del piezocono (punta dotata di settore poroso e relativo trasduttore) consente la misura della pressione neutrale dei pori corrispondente al livello idrostatico ed allo sforzo conseguente alla penetrazione nel terreno. Rispetto alla prova CPT classica, l'impiego del piezocono può migliorare decisamente il rilievo della stratigrafia in quanto il valore della pressione dei pori  $U$  misurata rispecchia quello esistente nell'immediato intorno del cono. La CPTU consente inoltre di effettuare delle valutazioni sulla storia tensionale di un deposito. Infatti, nei terreni limosi ed argillosi, caratterizzati da bassa permeabilità, si possono creare e misurare, durante la penetrazione, valori significativi della pressione dei pori in eccesso rispetto al carico idrostatico (*Cestari, 1990*). Limi ed argille NC (normalmente consolidati) tendono a sviluppare elevate pressioni neutrali positive durante il taglio, mentre limi ed argille OC (sovra consolidate) tendono a sviluppare  $\Delta U$  in eccesso positive molto modeste, o anche negative. E' stato quindi dimostrato come il valore di OCR (Over Consolidation Ratio) sia correlabile con le misure di  $\Delta U$  e  $q_c$  (*Cestari, 1990*).

#### 4.3.1 MODALITÀ ESECUTIVE DELLE PROVE

Le prove sono state condotte impiegando un penetrometro dotato di punta elettrica, con spinta pari a 20 tonnellate, che permette la registrazione in continuo della resistenza alla punta e di quella laterale. La strumentazione è inoltre dotata di un dispositivo che consente di controllare in continuo la verticalità del sistema. La punta, che ha un'area di base di 10 cm<sup>2</sup> e un angolo al vertice di 60°, viene fatta avanzare con una velocità di 2 cm/sec. Per le prove in acqua, il penetrometro ha operato da pontone opportunamente adattato.



*Foto 4.2 – CPTU a mare*

Nella tabella che segue sono riportate le sigle delle prove con la profondità del fondale (prove in acqua) o del prefondo (prove a terra) e la quota raggiunta, riferita sia al piano campagna, o fondale, sia al livello medio mare.

Negli allegati della relazione sono riportati i grafici che restituiscono il valore della  $q_c$ , della  $f_s$  (resistenza laterale), della pressione neutrale  $U$ , del rapporto  $f_s/q_c$  espresso in percentuale (rapporto delle resistenze o friction ratio) e del rapporto  $\Delta U/q_c$  in funzione della profondità. Sono inoltre allegate le tabelle con le registrazioni dei valori e le relative elaborazioni ad intervalli di 2 cm.

Tabella 4.5 – Prove CPTU

Sigla prova	Azienda	Quota piano campagna	Profondità prova CPTU			
			da	a	da	a
		m s.l.m.m.	m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.
TERRA						
CPTU5	S. Marco P.	2,58	1,00	30,20	1,58	-27,62
CPTU6	Pagnan	2,35	1,00	30,30	1,35	-27,95
CPTU9	Pagnan	2,38	1,00	30,30	1,38	-27,92
CPTU13	43 ha	2,17	1,60	30,08	0,57	-27,91
CPTU16	43 ha	2,21	1,00	30,20	1,21	-27,99
CPTU19	43 ha	2,22	1,10	30,16	1,12	-27,94
CPTU27	Decal	2,24	0,80	30,46	1,44	-28,22
CPTU30	Decal	2,58	1,00	30,34	1,58	-27,76
CPTU37	Ex-Abibes	2,02	1,60	31,46	0,42	-29,44
CPTU40	Ex-Abibes	2,16	1,70	30,44	0,46	-28,28
CPTU43	Alcoa	2,01	2,52	30,06	-0,51	-28,05
CPTU46	Alcoa	2,14	1,20	29,72	0,94	-27,58
CPTU54	Enel	2,18	0,40	30,58	1,78	-28,40
CPTU76	Enel	2,20	0,20	30,64	2,00	-28,44
CPTU66	Aspiv	2,76	1,00	30,16	1,76	-27,40
CPTU69	Aspiv	2,62	1,60	17,38	1,02	-14,76
MARE						
Sigla prova	Azienda	Quota piano fondale	Profondità prova CPTU			
			da	a	da	a
		m s.l.m.m.	m l.m.	m l.m.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.
CPTU1	N. Sirma	-5,57	5,60	30,00	-5,57	-29,97
CPTU2	N. Sirma	-7,15	6,60	30,16	-7,15	-30,71
CPTU3	N. Sirma	-6,14	5,60	28,60	-6,14	-29,14
CPTU4	N. Sirma	-6,57	6,80	28,48	-6,57	-28,25
CPTU7	Pagnan	-5,85	5,70	16,60	-5,85	-16,75
CPTU10	Pagnan	-7,40	6,80	17,80	-7,40	-18,40

Tabella 4.5 – Prove CPTU (continua)

Sigla prova	Azienda	Quota piano campagna	Profondità prova CPTU			
			da	a	da	a
		m s.l.m.m.	m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.
MARE						
CPTU12	Pagnan	-6,10	5,80	28,50	-6,10	-28,80
CPTU14	43 ha	-4,05	3,70	23,16	-4,05	-23,51
CPTU15	43 ha	-7,12	6,70	22,12	-7,12	-22,54
CPTU17	43 ha	-4,70	4,70	28,30	-4,70	-28,30
CPTU18	43 ha	-5,01	5,10	28,20	-5,01	-28,11
CPTU20	43 ha	-2,56	2,50	28,98	-2,56	-29,04
CPTU21	43 ha	-2,56	2,50	24,98	-2,56	-25,04
CPTU22	43 ha	-5,49	5,50	33,68	-5,49	-33,67
CPTU23	43 ha	-3,43	3,50	13,62	-3,43	-13,55
CPTU25	Decal	-3,64	3,70	29,04	-3,64	-28,98
CPTU26	Decal	-7,35	7,50	30,48	-7,35	-30,33
CPTU28	Decal	-5,28	5,60	20,32	-5,28	-20,00
CPTU29	Decal	-7,39	7,50	17,84	-7,39	-17,73
CPTU31	Decal	-4,57	4,30	23,98	-4,57	-24,25
CPTU32	Decal	-7,97	8,50	24,90	-7,97	-24,37
CPTU33	Ex-Abibes	-4,36	4,70	30,00	-4,36	-29,66
CPTU35	Ex-Abibes	-2,42	2,60	28,76	-2,42	-28,58
CPTU36	Ex-Abibes	-2,68	2,30	27,98	-2,68	-28,36
CPTU38	Ex-Abibes	-5,84	5,50	29,44	-5,84	-29,78
CPTU39	Ex-Abibes	-6,62	6,80	17,54	-6,62	-17,36
CPTU41	Alcoa	-2,59	2,60	17,42	-2,59	-17,41
CPTU42	Alcoa	-3,02	2,90	17,74	-3,02	-17,86
CPTU44	Alcoa	-3,18	3,50	17,98	-3,18	-17,66
CPTU47	Alcoa	-4,43	4,40	25,86	-4,43	-25,89
CPTU48	Alcoa	-7,70	8,10	15,34	-7,70	-14,94
CPTU52	Enel	-6,44	6,70	16,98	-6,44	-16,72
CPTU53	Enel	-6,51	6,70	17,02	-6,51	-16,83
CPTU55	Enel	-6,84	6,80	29,38	-6,84	-29,42
CPTU56	Enel	-8,66	8,60	20,22	-8,66	-20,28
CPTU59	Enel	-6,56	6,80	28,02	-6,56	-27,78
CPTU60	Edison	-4,36	4,70	20,88	-4,36	-20,54
CPTU61	Edison	-6,37	5,90	20,34	-6,37	-20,81
CPTU63	Edison	-6,26	6,20	20,10	-6,26	-20,16
CPTU64	Edison	-6,29	6,60	20,96	-6,29	-20,65
CPTU67	Aspiv	-3,11	3,20	20,66	-3,11	-20,57
CPTU68	Aspiv	-7,61	7,20	25,00	-7,61	-25,41
CPTU70	Aspiv	-4,38	4,40	32,66	-4,38	-32,64
CPTU71 bis*	Aspiv	-5,39	5,60	24,96	-5,39	-24,75
CPTU72	Aspiv	-5,14	5,30	32,46	-5,14	-32,30
CPTU73	Aspiv	-5,46	0,50	32,58	-5,46	-37,54

\*Prova CPTU ripetuta

#### 4.4 PROVE LEFRANC

La prova di permeabilità in foro di sondaggio è una prova di tipo puntuale che permette di calcolare la conducibilità idraulica  $k$  di singoli strati di terreno di spessore variabile da qualche centimetro fino a pochi metri. Di norma è effettuata in terreni con permeabilità medio – elevata ( $k > 10^{-6}$  m/sec) durante perforazioni di sondaggio, predisponendo un’opportuna sezione filtrante a fondo foro.

E’ noto che il coefficiente di permeabilità, che può variare in un range molto ampio, è molto sensibile a piccole variazioni della composizione granulometrica, dell’addensamento e della struttura di un terreno. Tenendo presente le alterazioni provocate dalla perforazione nell’intorno del foro, sia che essa sia eseguita a secco o con circolazione di acqua, è ovvio che si possono ottenere valori differenti anche di un ordine di grandezza, soprattutto in presenza di situazioni stratigrafiche particolarmente complesse. Possono inoltre verificarsi errori legati alla misura delle portate e del carico idraulico, al dimensionamento della sezione filtrante, a fenomeni d’intasamento o erosione nel corso di prove in terreni a grana medio-grossa. E’ evidente quindi che il dato ottenuto deve essere considerato come un’indicazione dell’ordine di grandezza della permeabilità nel livello considerato. Nei casi più semplici il risultato ottenuto va considerato come un’indicazione dell’ordine di grandezza della permeabilità della zona di terreno investigata. Il carattere puntuale della prova può essere in parte superato dalla possibilità di eseguirne un numero elevato, data la semplicità operativa (*Lancellotta, 1993*).

L’interpretazione delle misure presuppone inoltre l’applicabilità della *legge di Darcy*, che è subordinata all’esistenza di condizioni di flusso laminare. Per escludere deviazioni da tale legge, la validità della prova va controllata secondo una procedura che sarà illustrata nei paragrafi seguenti (*Cestari, 1990*).

Teoricamente, nel caso generale e più reale di terreni anisotropi, tanto più alto è il valore del rapporto tra l'altezza  $L$  del tratto di foro interessato dalla prova e il diametro  $D$  del foro stesso, tanto più il valore di  $k$  determinato in sito si avvicina al valore del coefficiente di permeabilità orizzontale  $k_h$ . In linea generale il valore di  $k$  determinato rappresenta il coefficiente di permeabilità orizzontale quando il suddetto rapporto è superiore a 1.2 ( $L/D > 1.2$ ). In tutti gli altri casi, il dato calcolato rappresenta una media tra la permeabilità orizzontale  $k_h$  e quella verticale  $k_v$ . Trattandosi di considerazioni di natura teorica, è preferibile considerare il valore di  $k$  determinato in sito comunque come un valore medio tra la permeabilità orizzontale e quella verticale (*Lancellotta, 1993*).

#### 4.4.1 MODALITÀ ESECUTIVE DELLE PROVE

La prova di permeabilità in foro di sondaggio può essere effettuata a *carico idraulico costante* o *variabile*. Nel primo caso si misura la portata d'acqua necessaria a mantenere costante il livello dell'acqua nel foro; il livello dell'acqua può trovarsi sopra (*prova di immissione*) o sotto (*prova di estrazione*) il livello statico della falda. Nel caso della prova a carico variabile si misura invece la velocità di riequilibrio del livello dell'acqua nel foro dopo averlo abbassato mediante emungimento (*prova di risalita*) o alzato per immissione (*prova di abbassamento*); quest'ultima tipologia di prova è quella utilizzata per l'indagine in oggetto. La *metodologia a carico variabile con immissione* è anche la più comodamente praticabile perché si elimina l'onere delle pompe ed è meno difficoltoso misurare le variazioni di livello nel foro.

Dal punto di vista strettamente operativo le prove sono state effettuate rivestendo il foro con le tubazioni del rivestimento fino alla quota prefissata. L'avanzamento del rivestimento a secco favorisce la formazione di un tappo tra corona del rivestimento e foro; in questo modo si

evita che durante l'esecuzione della prova l'acqua utilizzi lo spazio tra rivestimento e foro come via preferenziale, alterando il valore del  $k$  calcolato. Si solleva quindi il rivestimento esterno realizzando in tal modo una parete filtrante a fondo foro di forma cilindrica avente diametro  $D$  e altezza  $L$ . Il sostegno del foro nel tratto non rivestito (filtrante) è garantito dall'immissione di ghiaio lavato. La conoscenza delle dimensioni della sezione realizzata è ovviamente indispensabile ai fini dell'interpretazione delle prova (Lancellotta, 1993).

La prova di permeabilità a carico variabile per immissione (prova di abbassamento) ha inizio con la misura del livello statico della falda. Si procede quindi con l'immissione di acqua fino ad un livello  $h_0$  (figura 4.5).

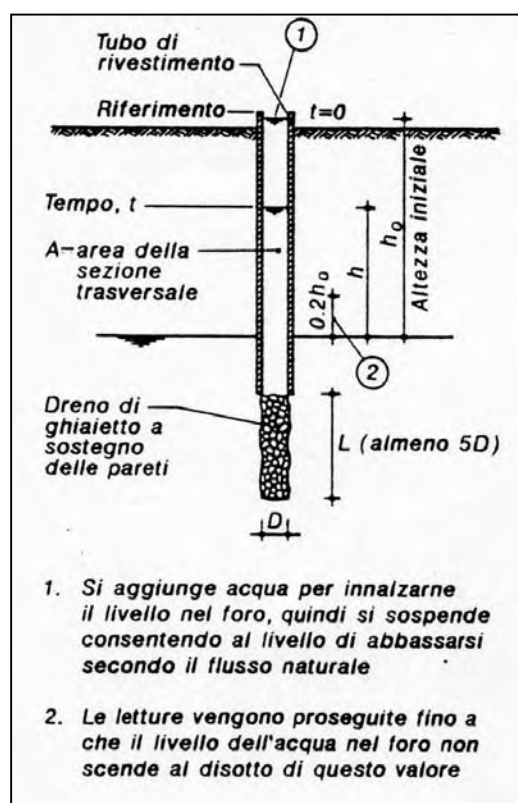


Figura 4.5 – Schema di prova tipo Lefranc, per immissione, a carico variabile  
(Cestari, 1990)

Si eseguono quindi una serie di letture del livello  $h$  raggiunto dalla falda ad intervalli di tempo. La scansione temporale viene scelta di volta in volta secondo le caratteristiche di permeabilità dell'acquifero testato. Generalmente si preferisce effettuare le misure ogni 100 mm di variazione, con valori di  $h_0$  superiori o uguali a 2 m, concludendo la prova quando il dislivello  $\Delta h$  tra la quota  $h$  raggiunta al tempo  $t$  e il livello statico della falda è inferiore a  $1/5$  di  $h_0$ .

Nel modulo di esecuzione della prova (cfr. certificati allegati), oltre alla tabella delle misure e al valore del livello statico della falda rispetto alla testa tubo, vanno annotati una serie di parametri utili: il diametro  $D$  del foro non rivestito, la lunghezza  $L$  della parete filtrante, la profondità del fondo foro dalla testa del tubo di rivestimento, la quota della testa tubo dal piano campagna, la quota della falda e la data e l'ora di inizio delle misure. Le prove sono nominate con la sigla PL seguita da quella del sondaggio corrispondente e da un numero progressivo.

Il calcolo del coefficiente di permeabilità  $k$  nel caso di una prova in sito a carico variabile è effettuato mediante la relazione seguente (*Lancellotta, 1993*):

$$k = \frac{A}{F \cdot (t_2 - t_1)} \cdot \ln \frac{h_1}{h_2} \quad 4.2$$

in cui:

$k$  = coefficiente di permeabilità (m/sec)

$A$  = area della sezione trasversale della cavità filtrante (m<sup>2</sup>)

$F$  = coefficiente di forma (m)

$t_1$  e  $t_2$  = tempi ai quali si misurano  $h_1$  e  $h_2$

$h_1$  e  $h_2$  = altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello statico della falda negli istanti  $t_1$  e  $t_2$

Il coefficiente di forma  $F$  dipende dalla geometria della cavità filtrante (sferica, emisferica, cilindrica, piana) e della situazione stratigrafica in cui essa è ubicata (in terreno uniforme, al tetto di uno strato confinato, al confine con uno strato permeabile). In figura 4.6 e in tabella 4.6 sono riportati i diversi schemi per i quali sono noti il valore del coefficiente  $F$  e le rispettive formule per il calcolo dello stesso (Cestari, 1990; Lancellotta, 1993).

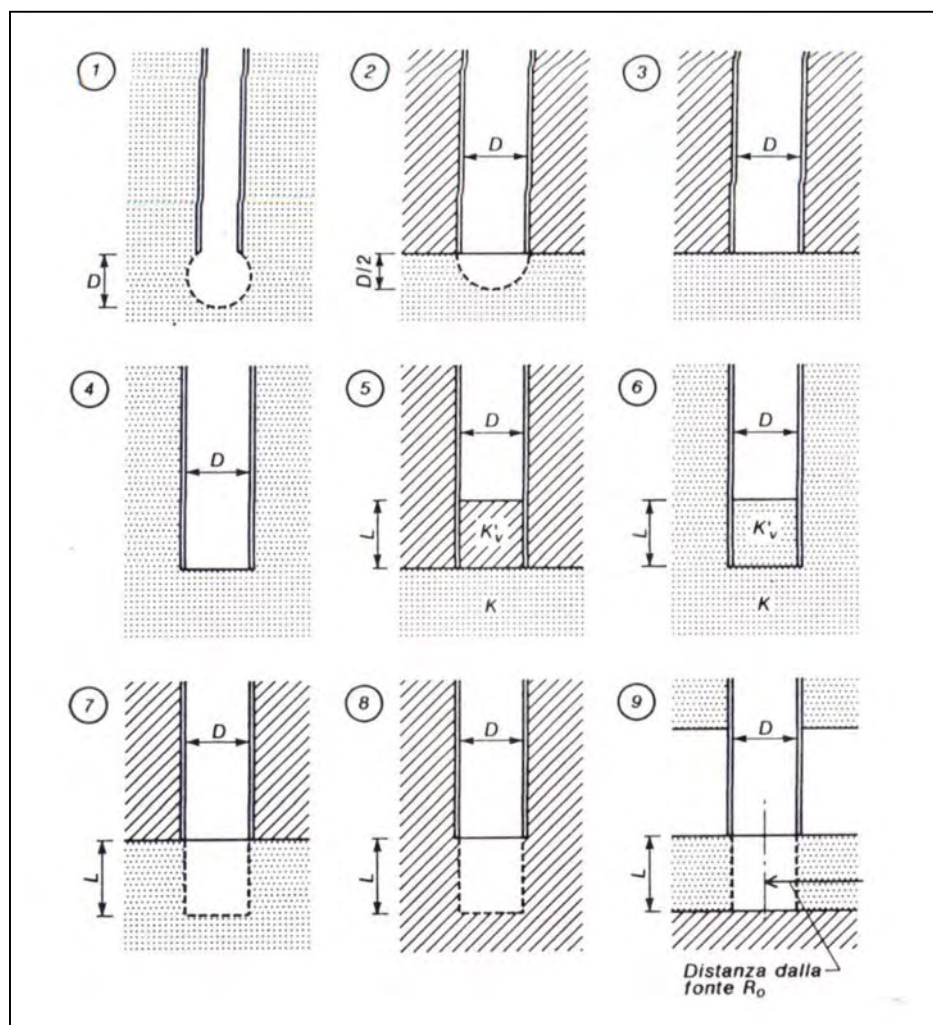


Figura 4.6 – Schemi per i quali sono noti i coefficienti di forma “ $F$ ”  
(Cestari, 1990)

**Tabella 4.6 – Valori del coefficiente di forma “F” con differenti geometrie della cavità nelle diverse situazioni stratigrafiche (Cestari, 1990)**

Geometria della cavità (rif. figura 4.4)		Valori del coefficiente di forma della cavità F
1	Filtro sferico in terreno uniforme	$2 \pi D$
2	Filtro emisferico al tetto di uno strato confinato	$\pi D$
3	Fondo filtrante piano al tetto di uno strato confinato	$2D$
4	Fondo filtrante piano in terreno uniforme	$2.75 D$
5	Tubo parzialmente riempito al confine con uno strato permeabile	$\frac{2D}{\left(1 + \frac{8}{\pi} \frac{L}{D} \frac{K_H}{K_V}\right)}$
6	Tubo parzialmente riempito in terreno uniforme	$\frac{2.75D}{\left(1 + \frac{11}{\pi} \frac{L}{D} \frac{K_H}{K_V}\right)}$
7	Filtro cilindrico al confine con uno strato permeabile	$\frac{3\pi L}{I_n \left( \frac{3L}{D} + \sqrt{1 + \left( \frac{3L}{D} \right)^2} \right)}$
8	Filtro cilindrico in terreno uniforme	$\frac{3\pi L}{I_n \left( \frac{1.5L}{D} + \sqrt{1 + \left( \frac{1.5L}{D} \right)^2} \right)}$
9	Filtro cilindrico attraversante uno strato confinato	$\frac{2\pi L}{I_n \left( \frac{R_0}{R} \right)}$

Nel modulo relativo a ciascuna prova effettuata, oltre a tutta la serie di parametri significativi sopra indicati, viene anche riportato lo schema della parete filtrante e il corrispondente valore di F calcolato attraverso una delle formule riportate in tabella 4.6.

Come già evidenziato nel paragrafo introduttivo, per il calcolo del coefficiente k è necessario verificare l'applicabilità della legge di Darcy, vale a dire l'esistenza di un flusso di tipo laminare. Nel caso delle prove a carico variabile questa verifica può essere fatta accertando l'esistenza di una relazione lineare tra la variazione di carico nel tempo  $\Delta h/\Delta t$  e il carico medio  $h_m$  nell'intervallo di tempo  $\Delta t$  misurato (Cestari, 1990). Eventuali anomalie possono essere attribuite o all'intasamento dei pori o a fenomeni di erosione, ma anche ad una stabilizzazione

troppo rapida del livello dell'acqua per permeabilità elevate. Nelle elaborazioni effettuate sono quindi anche riportati i grafici  $\Delta h/\Delta t$  in funzione di  $h_m$ , che evidenziano l'esistenza o meno di flusso laminare.

Tabella 4.7 – Prove Lefranc. Riepilogo dati

Sigla sondaggio e piezometro	Azienda	Quota piano campagna	Sigla	Profondità				Conducibilità idraulica
				da	a	da	a	
		m s.l.m.m.	m s.l.m.m.	m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.	m/sec
S1 Pz1	Nuova Sirma	2,09	PLS1Pz1/1	4,20	4,70	-2,11	-2,61	7,32E-06
			PLS1Pz1/2	13,00	13,50	-10,91	-11,41	9,52E-06
			PLS1Pz1/3	19,50	20,00	-17,41	-17,91	1,17E-05
S2 Pz2	Nuova Sirma	2,23	PLS2Pz2/1	2,50	3,00	-0,27	-0,77	2,41E-06
			PLS2Pz2/2	16,00	16,50	-13,77	-14,27	3,50E-06
			PLS2Pz2/3	25,00	25,50	-22,77	-23,27	2,34E-06
SS1 Pz23	S.Marco P.	2,70	non previste					
S4	S.Marco P.	2,67	non previste					
SS2 Pz24	Pagnan	2,46	non previste					
S5 Pz3	Pagnan	2,37	PLS5Pz3/1	4,50	5,10	-2,13	-2,73	1,81E-06
			PLS5Pz3/2	13,50	14,15	-11,13	-11,78	2,91E-06
			PLS5Pz3/3	23,10	24,00	-20,73	-21,63	1,32E-06
S6 Pz4	Pagnan	2,24	PLS6Pz4/1	4,00	4,50	-1,76	-2,26	7,45E-08
			PLS6Pz4/2	16,00	16,60	-13,76	-14,36	1,56E-06
S7 Pz5	43 ha	2,52	PLS7Pz5/1	13,50	14,10	-10,98	-11,58	1,45E-06
			PLS7Pz5/2	25,00	25,50	-22,48	-22,98	2,45E-06
SS3 Pz25	43 ha	2,41	non previste					
SS3 BIS	43 ha	2,43	non previste					
S8 Pz6	43 ha	3,03	PLS8Pz6/1	3,80	4,50	-0,77	-1,47	5,82E-06
			PLS8Pz6/2	12,80	13,50	-9,77	-10,47	3,62E-06
			PLS8Pz6/3	25,00	25,50	-21,97	-22,47	8,37E-07
S9 Pz7	43 ha	2,95	PLS9Pz7/1	3,70	4,50	-0,75	-1,55	9,75E-07
			PLS9Pz7/2	13,00	13,50	-10,05	-10,55	1,46E-05
			PLS9Pz7/3	24,70	25,50	-21,75	-22,55	9,32E-07
S10 Pz8	Decal	2,13	PLS10Pz8/1	3,70	4,50	-1,57	-2,37	1,15E-05
			PLS10Pz8/2	9,60	10,50	-7,47	-8,37	5,00E-06
			PLS10Pz8/3	18,10	19,00	-15,97	-16,87	7,97E-07
S12 Pz10	Amav	2,82	PLS12Pz10/1	2,85	3,60	-0,03	-0,78	9,81E-05
			PLS12Pz10/2	18,70	19,50	-15,88	-16,68	1,05E-05
			PLS12Pz10/3	27,65	28,50	-24,83	-25,68	1,18E-06
SS4 Pz26	Amav	2,60	PLSS4Pz26/1	3,80	4,50	-1,20	-1,90	5,70E-07
			PLSS4Pz26/2	6,75	7,50	-4,15	-4,90	1,60E-05
			PLSS4Pz26/3	18,70	19,50	-16,10	-16,90	1,25E-06
S13 Pz11	Amav	2,57	PLS13Pz11/1	11,50	12,00	-8,93	-9,43	3,16E-06
			PLS13Pz11/2	20,20	21,00	-17,63	-18,43	5,46E-06
S14 Pz28	ex Abibes	1,89	non previste					

Tabella 4.7 – Prove Lefranc. Riepilogo dati (continua)

Sigla sondaggio e piezometro	Azienda	Quota piano campagna	Sigla	Profondità				Conducibilità idraulica
				da	a	da	a	
		m s.l.m.m.		m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.	m/sec
S15 Pz32	Alcoa	2,42		falda non rilevata				
		2,42	PLS15Pz32/1	9,70	10,50	-7,28	-8,08	3,43E-07
		2,42	PLS15Pz32/2	18,00	18,50	-15,58	-16,08	2,78E-06
S16 Pz12	Alcoa	2,18		falda non rilevata				
			PLS16Pz12/1	11,10	12,00	-8,92	-9,82	2,27E-06
			PLS16Pz12/2	17,35	18,00	-15,17	-15,82	2,40E-06
S17	Alcoa	2,13		non previste				
S18 Pz14	Alcoa	2,30	PLS18Pz14/1	2,30	3,00	0,00	-0,70	7,21E-07
			PLS18Pz14/2	11,80	12,50	-9,50	-10,20	3,57E-06
			PLS18Pz14/3	17,30	18,00	-15,00	-15,70	7,15E-06
S30 Pz33	Alcoa	2,11	PLS30Pz33/1	7,00	7,50	-4,89	-5,39	6,95E-06
			PLS30Pz33/2	15,80	16,50	-13,69	-14,39	7,98E-06
S19 Pz15	Alcoa	2,03	PLS19Pz15/1	9,80	10,50	-7,77	-8,47	4,07E-06
			PLS19Pz15/2	17,40	18,00	-15,37	-15,97	6,27E-06
S21 Pz17	Enel	2,21	PLS21Pz17/1	3,50	4,50	-1,29	-2,29	2,09E-07
			PLS21Pz17/2	9,00	9,50	-6,79	-7,29	4,78E-06
			PLS21Pz17/3	20,20	21,00	-17,99	-18,79	2,42E-06
SS6 Pz29	Enel	2,24		non previste				
S22 Pz18	Edison	2,45	PLS22Pz18/1	3,50	4,50	-1,05	-2,05	5,94E-07
			PLS22Pz18/2	8,20	9,00	-5,75	-6,55	3,44E-05
			PLS22Pz18/3	24,70	25,50	-22,25	-23,05	1,95E-06
S23 Pz19	Edison	2,10	PLS23Pz19/1	3,40	4,50	-1,30	-2,40	2,49E-06
			PLS23Pz19/2	9,70	10,50	-7,60	-8,40	9,20E-07
			PLS23Pz19/3	24,70	25,95	-22,60	-23,85	1,08E-04
S24	Edison	1,96		non previste				
S28 Pz30	Edison	2,09	PLS28Pz30/1	2,30	3,00	-0,21	-0,91	7,43E-06
			PLS28Pz30/2	8,30	9,00	-6,21	-6,91	4,80E-05
			PLS28Pz30/3	21,80	22,50	-19,71	-20,41	4,00E-06
S29 Pz31	Aspiv	2,97	PLS29Pz31/1	6,75	7,50	-3,78	-4,53	2,68E-06
			PLS29Pz31/2	16,10	16,50	-13,13	-13,53	7,44E-06
S26 Pz21	Aspiv	2,46	PLS26Pz21/1	1,10	2,10	1,36	0,36	3,02E-06
			PLS26Pz21/2	8,50	9,00	-6,04	-6,54	9,71E-07
			PLS26Pz21/3	14,10	15,00	-11,64	-12,54	5,14E-06
S27 Pz22	Aspiv	2,77	PLS27Pz22/1	3,75	4,50	-0,98	-1,73	1,12E-06
			PLS27Pz22/2	14,20	15,00	-11,43	-12,23	1,56E-06
			PLS27Pz22/3	24,80	25,50	-22,03	-22,73	3,64E-06

Come per le prove SPT, visto il numero consistente di dati acquisiti si è ritenuto opportuno elaborare un grafico esplicativo con la distribuzione percentuale del grado di permeabilità. Come si vede dal grafico, il 65.6% delle prove effettuate ha fornito valori di permeabilità medi, mentre solo il 18% e il 14.8% dei terreni testati sono caratterizzati

rispettivamente da permeabilità basse e alte. Solo una prova (1.6% del totale) ha fornito valori di conducibilità molto bassi. In linea generale, l'intervallo di valori calcolati sulla base dei dati delle prove è tipico di terreni costituiti da sabbie fini, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati (Colombo, 1974), in accordo con quanto rilevato dall'esame visivo delle carote estruse.

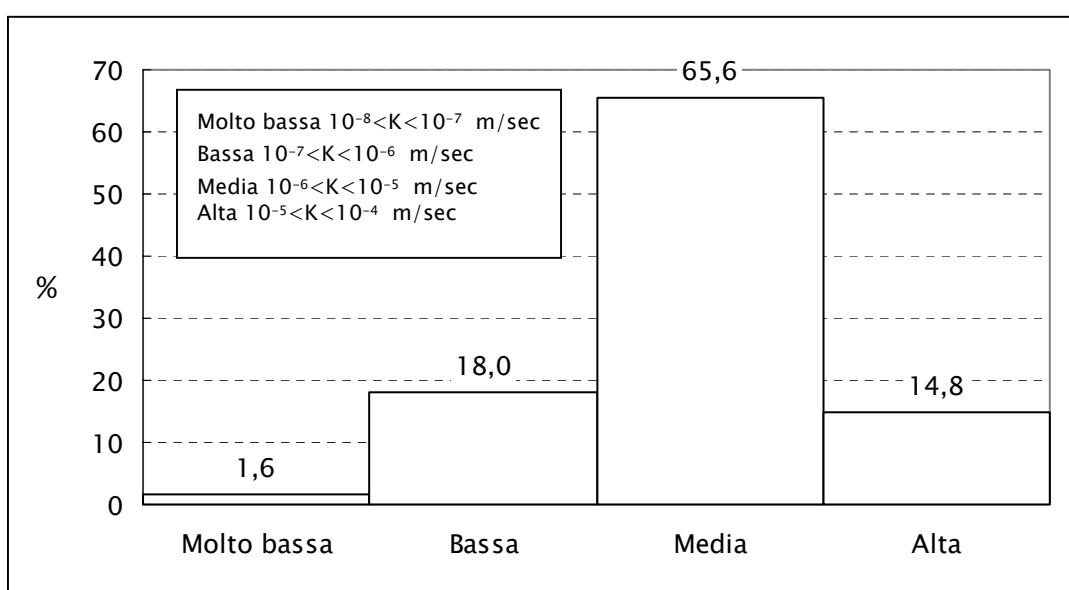


Figura 4.7 – Distribuzione delle frequenze del grado di permeabilità

#### 4.5 PROVE PIEZOMETRICHE

Al termine dell'esecuzione dei sondaggi a rotazione sono stati installati i piezometri a foro aperto per indagare l'andamento delle falde intercettate. Secondo quanto riportato nella tabella 4.8 che segue, i piezometri sono stati distribuiti in modo tale da consentire il monitoraggio delle tre falde: superficiale, prima e seconda. Nella tabella sono altresì riportate le sigle dei sondaggi e dei relativi piezometri, e la profondità del tratto fessurato rispetto sia al p.c. sia al l.m.m. L'ubicazione dei piezometri e le coordinate planolatimetriche sono inserite in figura 1.3 (vedi sondaggi) e nella tabella 1.1 allegate al capitolo introduttivo.

*Tabella 4.8 – Installazione piezometri*

Sigla sondaggio e piezometro	Azienda	Quota piano campagna	Profondità piezometro		Profondità tratto fessurato				Falda indagata
			m p.c.	m s.l.m.m.	da	a	da	a	
		m s.l.m.m.			m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.	
S1 Pz1	N.Sirma	2,09	6,60	-4,51	4,10	6,60	-2,01	-4,51	1^
S2 Pz2	N.Sirma	2,23	25,00	-22,77	22,50	25,00	-20,27	-22,77	2^
SS1 Pz23	S.Marco P.	2,70	4,00	-1,30	1,50	4,00	1,20	-1,30	1^
S4	S.Marco P.	2,67	non previsto						
SS2 Pz24	Pagnan	2,46	6,00	-3,54	3,50	6,00	-1,04	-3,54	1^
S5 Pz3	Pagnan	2,37	14,00	-11,63	11,50	14,00	-9,13	-11,63	2^
S6 Pz4	Pagnan	2,24	25,00	-22,76	22,50	25,00	-20,26	-22,76	2^
S7 Pz5	43 ha	2,52	14,50	-11,98	12,00	14,50	-9,48	-11,98	2^
SS3 Pz25	43 ha	2,41	6,00	-3,59	4,00	6,00	-1,59	-3,59	1^
SS3 bis	43 ha	2,43	non previsto						
S8 Pz6	43 ha	3,03	25,00	-21,97	22,50	25,00	-19,47	-21,97	2^
S9 Pz7	43 ha	2,95	15,00	-12,05	12,50	15,00	-9,55	-12,05	2^
S10 Pz8	Decal	2,13	4,50	-2,37	2,00	4,50	0,13	-2,37	sup.
S12 Pz10	Amav	2,82	4,50	-1,68	2,50	4,50	0,42	-1,68	sup.
SS4 Pz26	Amav	2,60	8,00	-5,40	6,00	8,00	-3,40	-5,40	1^
S13 Pz11	Amav	2,57	21,00	-18,43	18,50	21,00	-15,93	-18,43	2^
S14 Pz28	ex Abibes	1,89	3,00	-1,11	0,50	3,00	1,39	-1,11	sup.
S15 Pz32	Ex Abibes	2,40	12,00	-9,60	10,00	12,00	-7,60	-9,60	1^
S16 Pz12	Alcoa	2,18	19,50	-17,32	17,00	19,50	-14,82	-17,32	2^
S17	Alcoa	2,13	non previsto						
S18 Pz14	Alcoa	2,30	3,00	-0,70	0,50	3,00	1,80	-0,70	sup.
S30 Pz33	Alcoa	2,11	12,00	-9,89	9,80	12,00	-7,69	-9,89	1^
S19 Pz15	Alcoa	2,03	19,00	-16,97	16,80	19,00	-14,77	-16,97	2^
S21 Pz17	Enel	2,21	25,00	-22,79	22,50	25,00	-20,29	-22,79	2^
SS6 Pz29	Enel	2,24	non previsto						

Tabella 4.8 – Installazione piezometri (continua)

Sigla sondaggio e piezometro	Azienda	Quota piano campagna	Profondità piezometro		Profondità tratto fessurato				Falda indagata
			m p.c.	m s.l.m.m.	m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.	
S22 Pz18	Edison	2.45	9.80	-7.35	7.30	9.80	-4.85	-7.35	1^
S23 Pz19	Edison	2,10	26,50	-24,40	24,00	26,50	-21,90	-24,40	2^
S24	Edison	1,96	non previsto						
S28 Pz30	Edison	2,09	3,00	-0,91	1,00	3,00	1,09	-0,91	Sup.
S29 Pz31	Aspiv	2,97	12,00	-9,03	9,50	12,00	-6,53	-9,03	1^
S26 Pz21	Aspiv	2,46	15,50	-13,04	13,00	15,50	-10,54	-13,04	1^
S27 Pz22	Aspiv	2,77	4,50	-1,73	2,00	4,50	0,77	-1,73	sup.

Dopo avere realizzato i piezometri sono state avviate le operazioni di spurgo e prelievo dei campioni di acqua da destinare alle analisi chimiche (cfr. paragrafo 3.4 e capitolo 6) ed installati i trasduttori di pressione per la registrazione in continuo (almeno 20 giorni) dell'andamento della falda, da mettere successivamente in relazione con il ciclo mareale (cfr. tabella 4.9).

Tabella 4.9 – Piezometri. Prelievo campioni d'acqua e monitoraggio

Sigla sondaggio e piezometro	Azienda	Prelievo campioni d'acqua	Installazione data logger e monitoraggio	Sigla sondaggio e piezometro	Azienda	Prelievo campioni d'acqua	Installazione data logger e monitoraggio
S1 Pz1	Nuova Sirma	sì	sì	S14 Pz28	ex Abibes	sì	sì
S2 Pz2	Nuova Sirma	sì	sì	S15	ex Abibes	sì	sì
SS1 Pz23	S.Marco P.	no	sì	S16 Pz12	Alcoa	sì	sì
S4	S.Marco P.	no	no	S17	Alcoa	no	no
SS2 Pz24	Pagnan	sì	sì	S18 Pz14	Alcoa	sì	sì
S5 Pz3	Pagnan	sì	sì	S30 Pz33	Alcoa	sì	sì
S6 Pz4	Pagnan	sì	sì	S19 Pz15	Alcoa	sì	sì
S7 Pz5	43 ha	sì	sì	S21 Pz17	Enel	sì	sì
SS3 Pz25	43 ha	sì	sì	SS6 Pz29	Enel	no	no
SS3 bis	43 ha	no	no	S22 Pz18	Edison	sì	sì
S8 Pz6	43 ha	sì	sì	S23 Pz19	Edison	sì	sì
S9 Pz7	43 ha	sì	sì	S24	Edison	no	no
S10 Pz8	Decal	no	sì	S28 Pz30	Edison	no	sì
S12 Pz10	Amav	sì	sì	S29 Pz31	Aspiv	sì	sì
SS4 Pz26	Amav	no	sì	S26 Pz21	Aspiv	sì	sì
S13 Pz11	Amav	sì	sì	S27 Pz22	Aspiv	sì	sì

#### 4.5.1 INSTALLAZIONE TRASDUTTORI DI PRESSIONE

Concluse le operazioni di spurgo e di prelievo del campione d'acqua, ove previsti, sono stati installati i trasduttori di pressione e i relativi data loggers per la registrazione in continuo dei livelli di falda. Il trasduttore trasmettitore di pressione utilizzato è un sensore che permette di misurare la pressione dell'acqua in strati confinati. Ciascun trasduttore, da 0.5 bar (500 cm), è stato preventivamente tarato in laboratorio.

I data loggers sono stati alloggiati all'interno dei pozzetti, predisponendo un piano d'appoggio in polistirolo per impedire il contatto con l'acqua eventualmente ristagnante. La fase di *setup* (*logger* dal menu) della strumentazione, quindi l'avvio delle registrazioni, avviene attraverso una porta seriale RS 232 collegata ad un PC portatile nel quale è installato il software di registrazione ed elaborazione dati (es. *Spectrum*).

Le opzioni più importanti selezionabili nella fase di avvio mediante i due diversi programmi sono:

- abilitare i diversi canali;
- impostare l'avvio della registrazione, che può essere quindi ritardato rispetto al momento dell'installazione;
- impostare i tempi di acquisizione, in questo caso 15 minuti;
- selezionare la possibilità, a memoria piena, di fermare l'acquisizione o di sovrascrivere i dati (*stop or wrap when full*); nel caso in oggetto è stata scelta l'opzione "stop";
- attivare il *warmup time*, ovvero il sistema di risparmio energetico; il sensore viene attivato solamente per un intervallo di tempo stabilito (10 secondi) prima che venga effettuata la misura;

Nell'attivazione dei canali, il data logger può essere impostato in modo tale da fornire direttamente la misura del livello di falda rispetto al bordo pozzetto.

Per lo scarico (*transfer*) dei dati dalla memoria è sufficiente collegare il PC alla centralina tramite la seriale (fase durante la quale è possibile visualizzare il grafico relativo), salvare il grafico e i dati in specifici files leggibili dal programma, ed esportare i dati in formato leggibile su foglio elettronico.



Figura 4.9 – Software Spectrum. Scarico e visualizzazione dati acquisiti

#### 4.5.2 ELABORAZIONE DATI

I dati acquisiti dai data loggers sono stati periodicamente scaricati e salvati su supporto magnetico onde verificare la corretta funzionalità della strumentazione e iniziare l'interpretazione relativa all'andamento delle falde.

Come già accennato le strumentazioni utilizzate forniscono direttamente la quota della falda rispetto al piano campagna. Nota la quota del piano campagna rispetto al livello medio mare è possibile risalire all'andamento della falda s.l.m.m.

I dati elaborati per ciascun piezometro sono riportati in tabelle riepilogative (cfr. allegati) nelle quali sono indicate le quote della falda rispetto al piano campagna con i corrispondenti tempi di acquisizione (intervalli di 15 minuti). Gli stessi dati sono stati quindi diagrammati in grafici che evidenziano l'andamento della falda nel tempo rispetto al piano campagna.

Nota la quota del piano campagna e i dati di marea riferiti al mareografo di Fusina (forniti dal *Servizio Idrografico e Mareografico di Venezia*) è stato possibile elaborare ulteriori e più significativi grafici nei quali sono visualizzati l'andamento della falda monitorata nel piezometro e la marea (figure 4.10–4.36).

Piezometro **S1Pz1** – "Nuova Sirma"  
Profondità: 6,50 m p.c./-4,41 m s.l.m.m.  
Tratto fessurato: da 4,10 a 6,50 m p.c./da -2,01 a -4,41 m s.l.m.m. – 1<sup>a</sup> falda

*Andamento della falda e della marea dal 19/11/01 al 11/12/01*

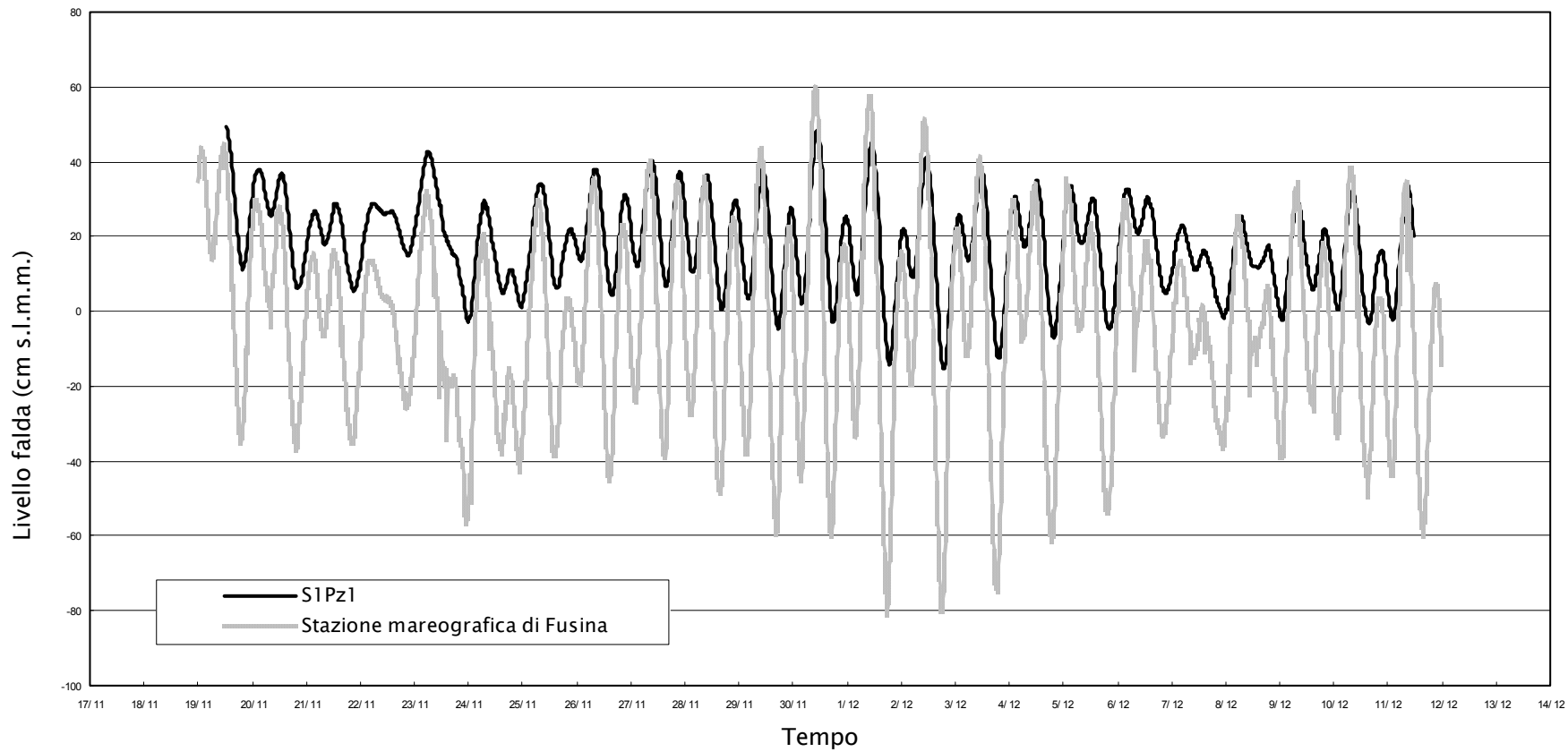


Figura 4.10 – S1Pz1. Andamento della falda e della marea

Piezometro S2Pz2 - "Nuova Sirma"  
Profondità: 25.00 m p.c./-22.77 m s.l.m.m.  
Tratto fessurato: da 22.50 a 25.00 m p.c./da -20.27 a -22.77 m s.l.m.m. - 2^ falda

*Andamento della falda e della marea dal 19/11/01 al 11/12/01*

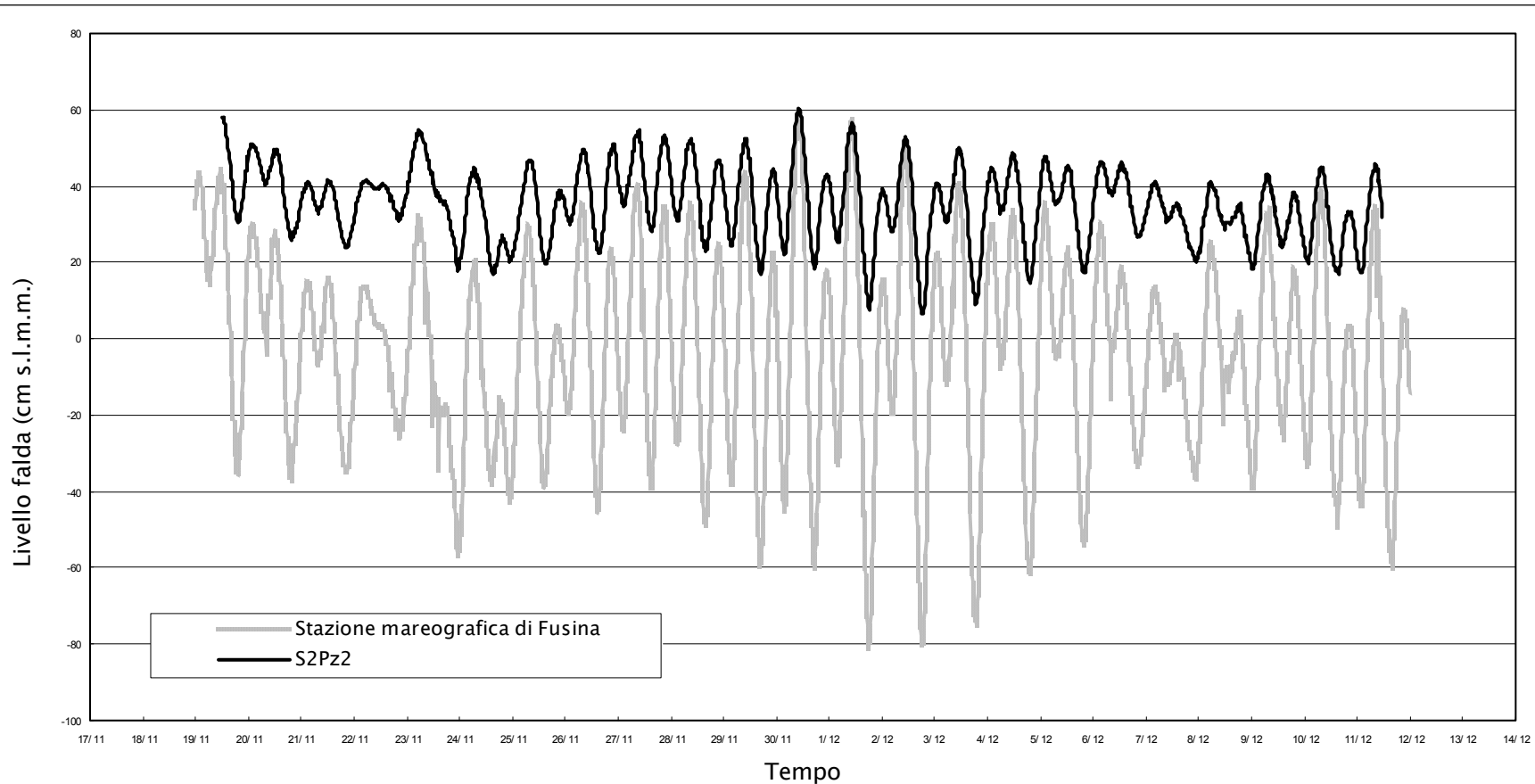


Figura 4.11 - S2Pz2. Andamento della falda e della marea

Piezometro **SS1Pz23** – "S.Marco Petroli"  
Profondità: 4.00 m p.c./-1.30 m s.l.m.m. 1<sup>a</sup> falda  
Tratto fessurato: da 1.50 a 4.00 m p.c./da 1.20 a -1.30 m s.l.m.m. –

*Andamento della falda e della marea dal 19/11/01 al 11/12/01*

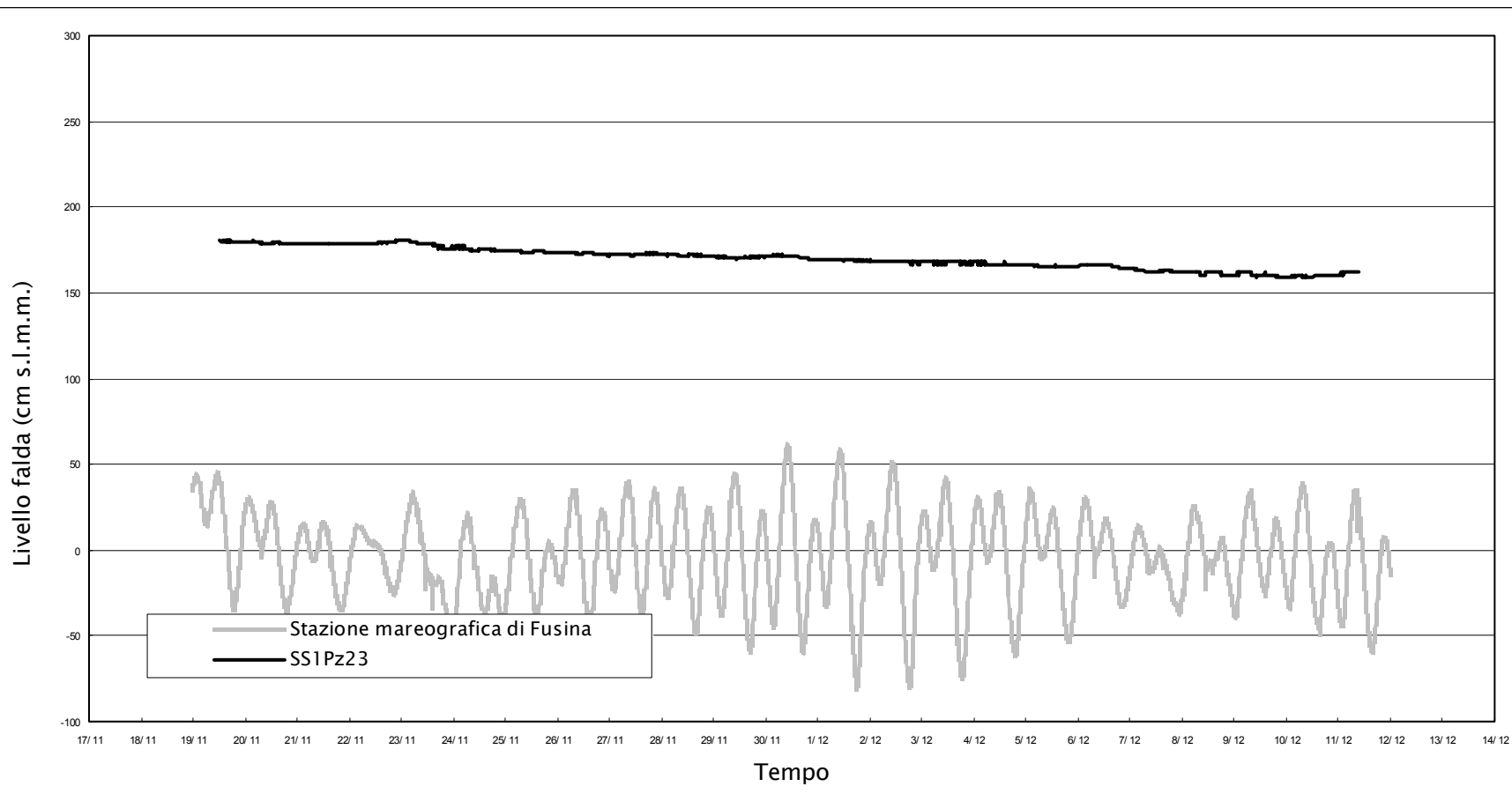


Figura 4.12 – SS1Pz23. Andamento della falda e della marea

## Piezometro SS2Pz24 - "Pagnan"

Profondità: 6.00 m p.c./-3.54 m s.l.m.m.

Tratto fessurato: da 3.50 a 6.00 m p.c./da -1.04 a -3.54 m s.l.m.m. - falda superficiale

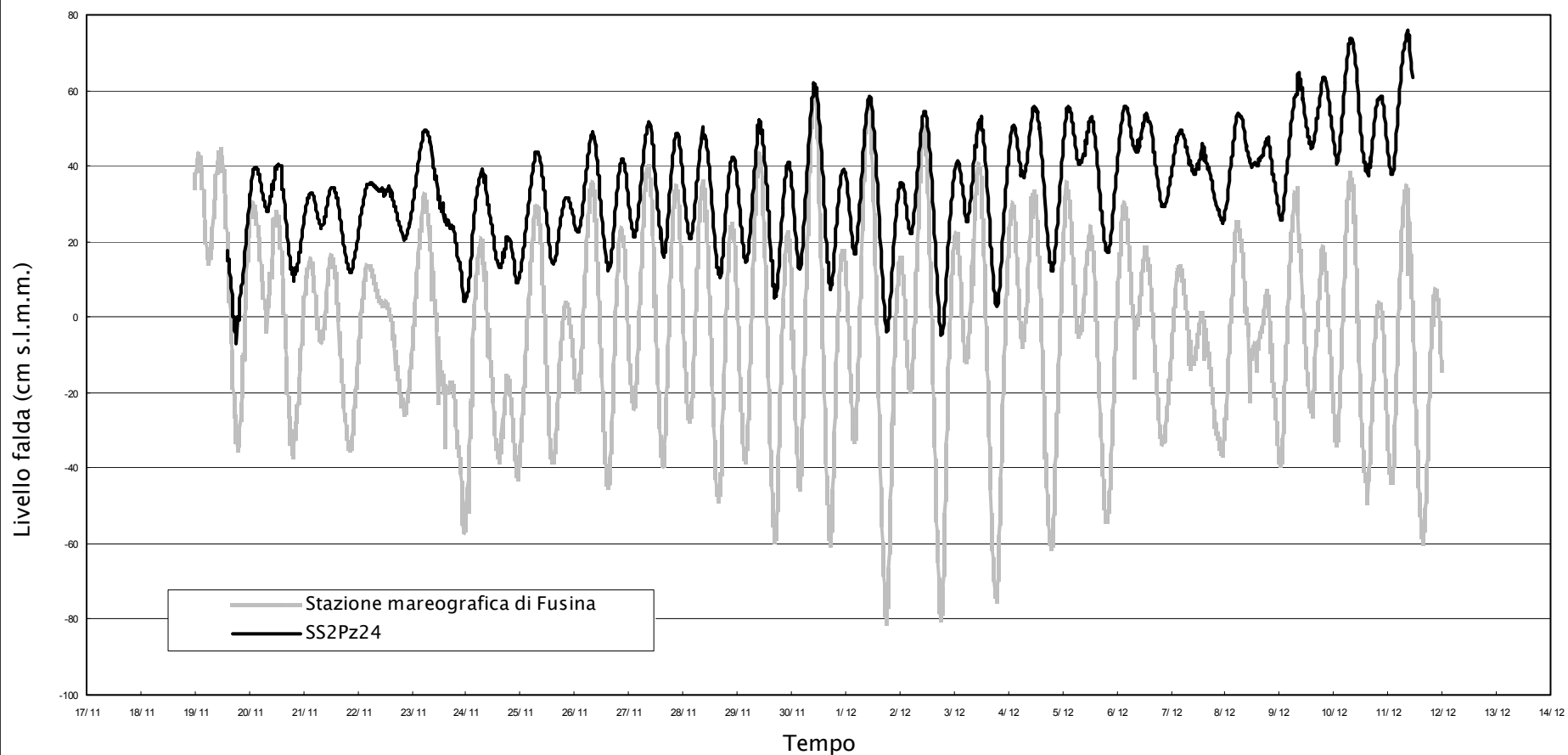
*Andamento della falda e della marea dal 19/11/01 al 11/12/01*

Figura 4.13 - SS2Pz24. Andamento della falda e della marea

Piezometro S5Pz3 - "Pagnan"  
Profondità: 14.00 m p.c./-11.63 m s.l.m.m.  
Tratto fessurato: da 11.50 a 14.00 m p.c./da -9.13 a -11.63 m s.l.m.m. - 1^ falda  
*Andamento della falda e della marea dal 19/11/01 al 11/12/01*

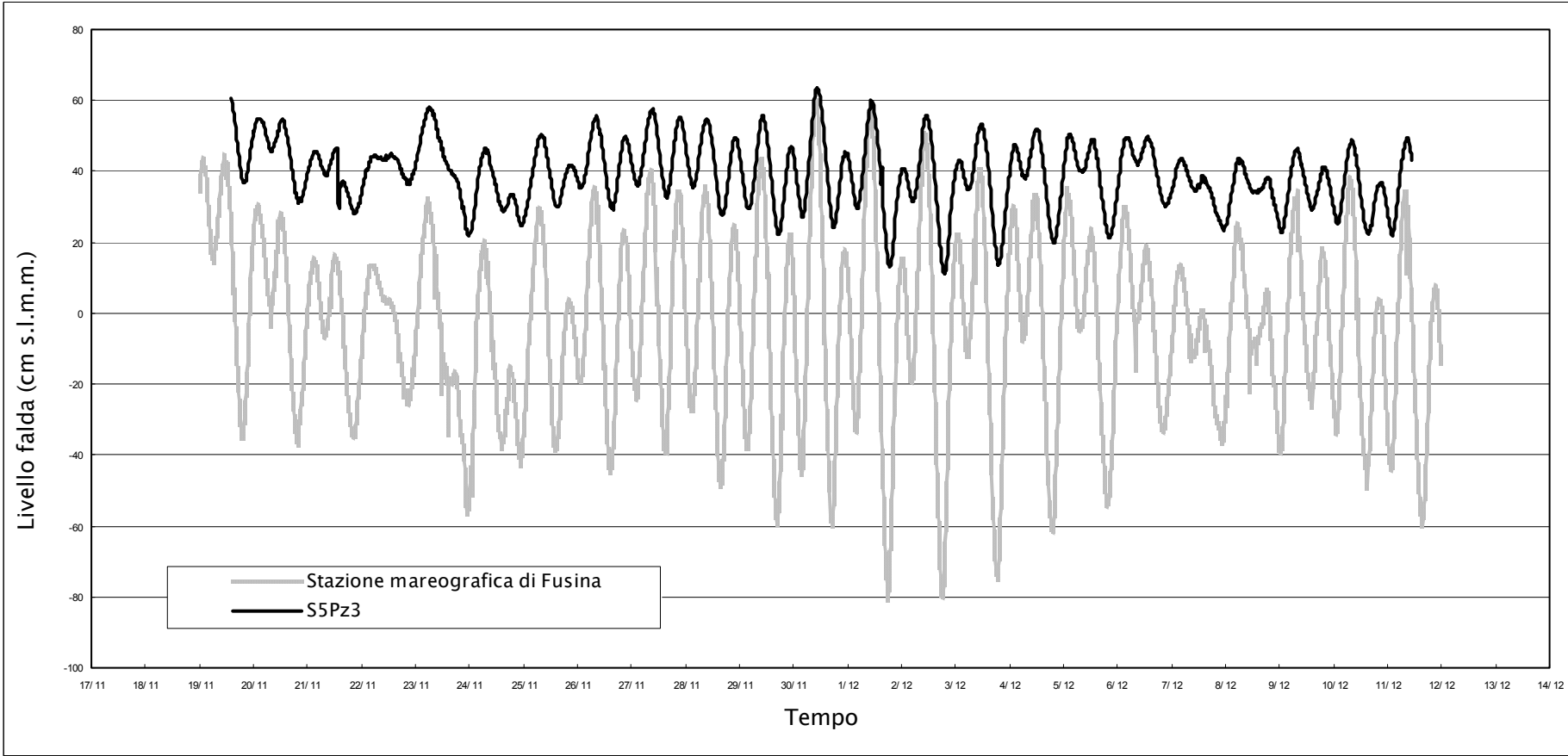


Figura 4.14 - S5Pz3. Andamento della falda e della marea

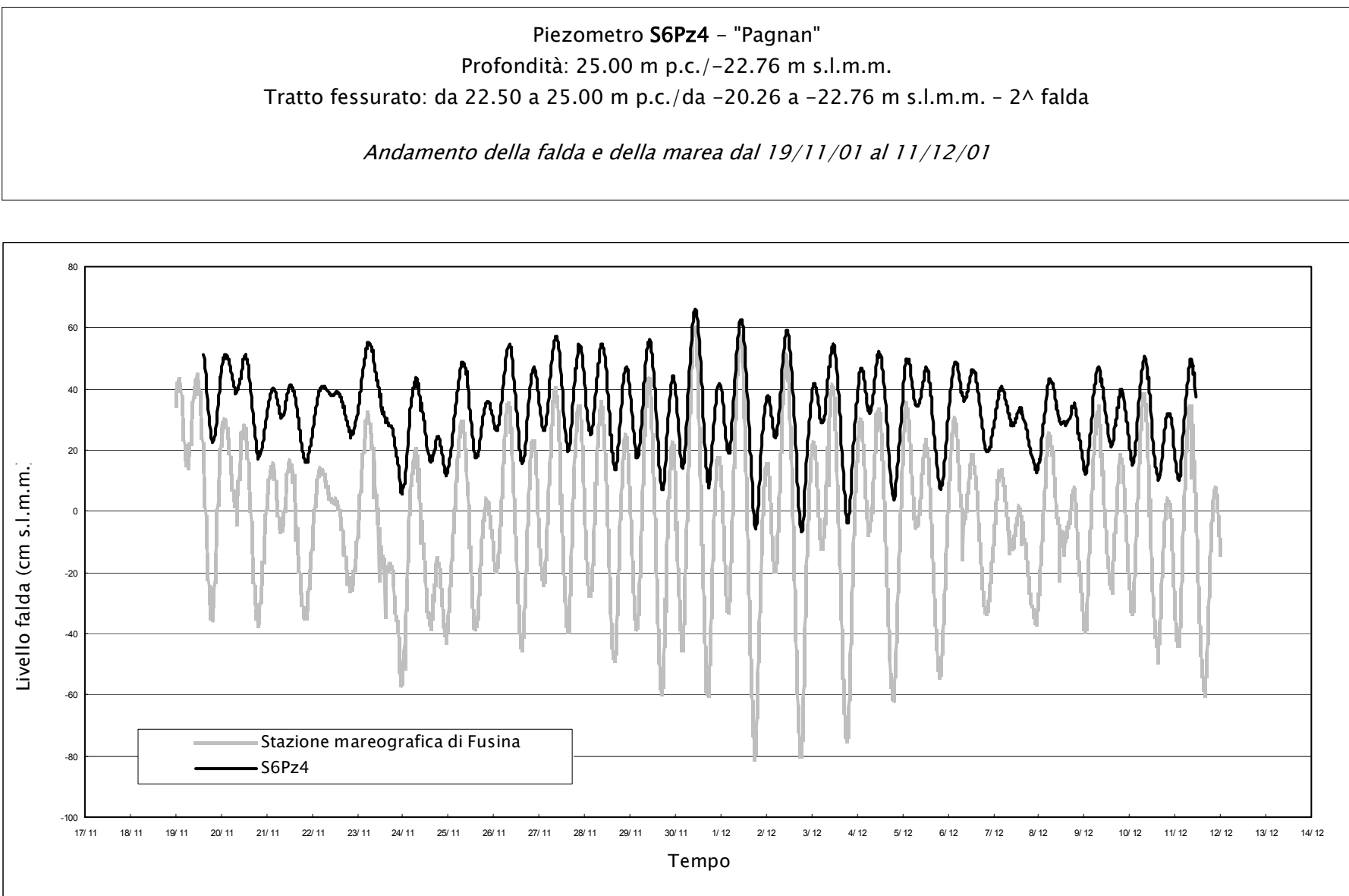


Figura 4.15 – S6Pz4. Andamento della falda e della marea

Piezometro **S7Pz5** - "Area 43 ha"  
Profondità: 14.50 m p.c./-11.98 m s.l.m.m.  
Tratto fessurato: da 12.00 a 14.50 m p.c./da -9.48 a -11.98 m s.l.m.m. - 1^ falda

*Andamento della falda e della marea dal 20/12/01 al 14/01/02*

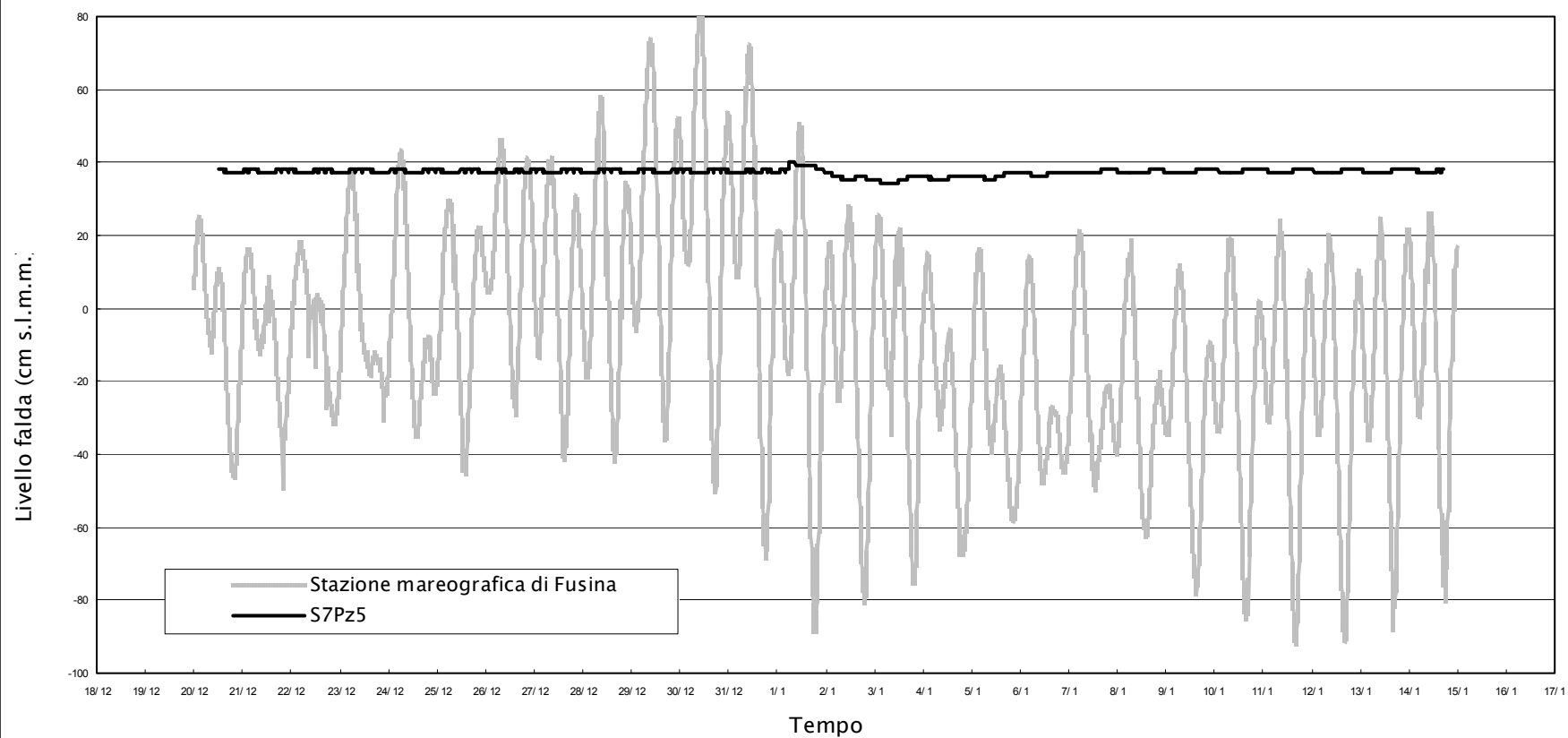


Figura 4.16 - S7Pz5. Andamento della falda e della marea

Piezometro **SS3Pz25** - "Area 43 ha"  
Profondità: 6.00 m p.c./-3.59 m s.l.m.m.  
Tratto fessurato: da 4.00 a 6.50 m p.c./da -1.59 a -3.58 m s.l.m.m. - falda superficiale

*Andamento della falda e della marea dal 20/12/01 al 14/01/02*

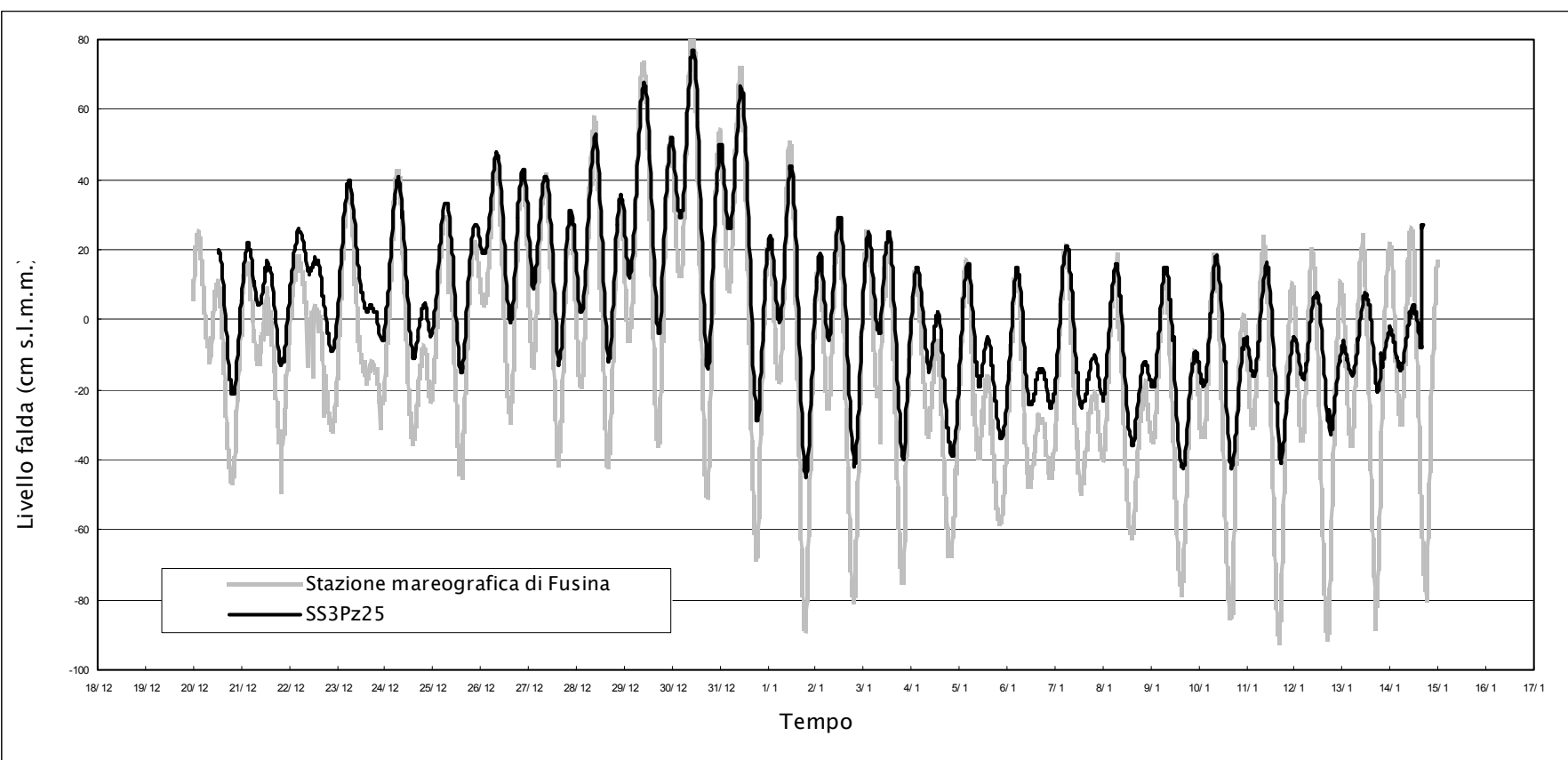


Figura 4.17 - SS3Pz25. Andamento della falda e della marea

Piezometro **S8Pz6** – "Area 43 ha"  
Profondità: 25.00 m p.c./-21.97 m s.l.m.m.  
Tratto fessurato: da 22.50 a 25.00 m p.c./da -19.47 a -21.97 m s.l.m.m. – 2^ falda

*Andamento della falda e della marea dal 17/01/02 al 12/02/02*

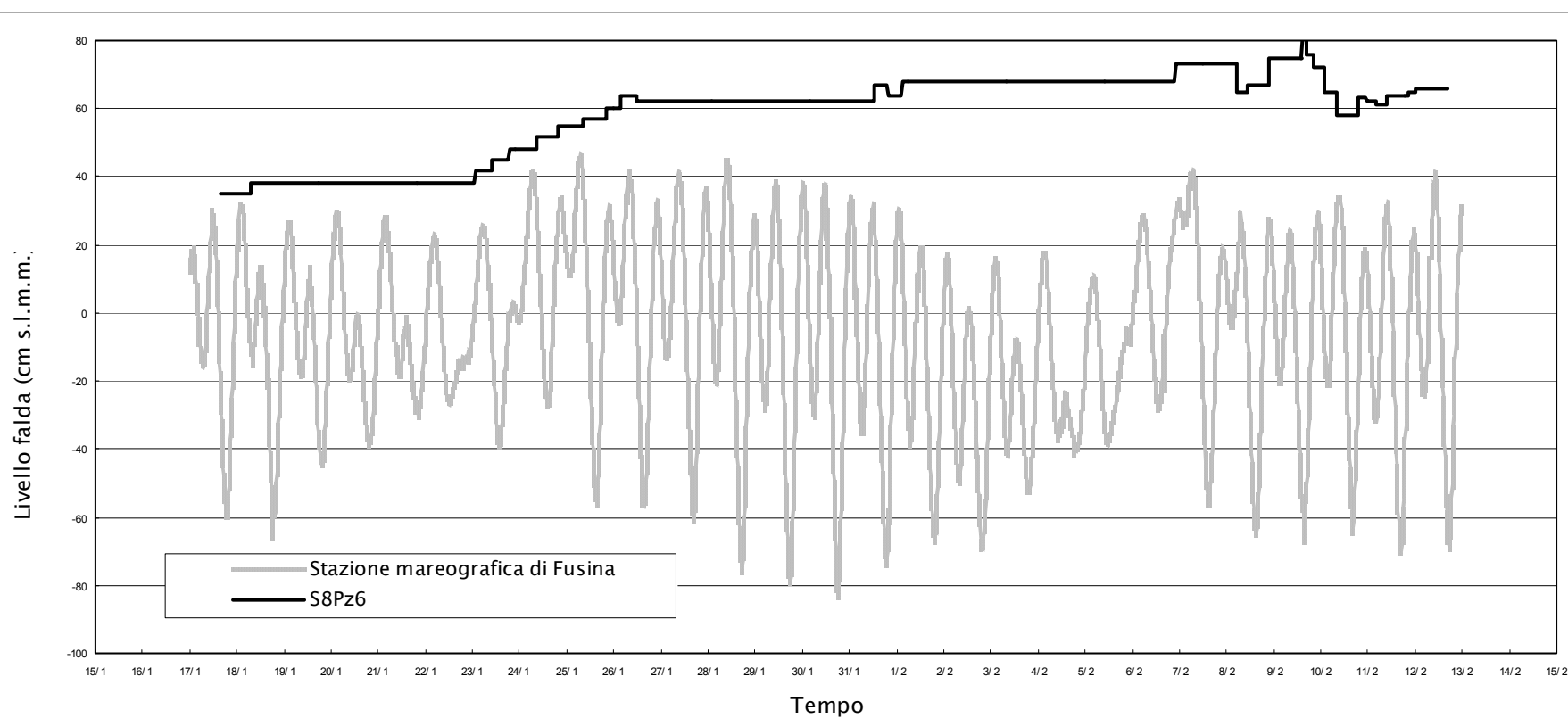


Figura 4.18 – S8Pz6. Andamento della falda e della marea

Piezometro S9Pz7 - "Area 43 ha"  
Profondità: 15.00 m p.c./-12.05 m s.l.m.m.  
Tratto fessurato: da 12.50 a 15.00 m p.c./da -9.55 a -12.05 m s.l.m.m. - 1^ falda

*Andamento della falda e della marea dal 17/01/02 al 12/02/02*

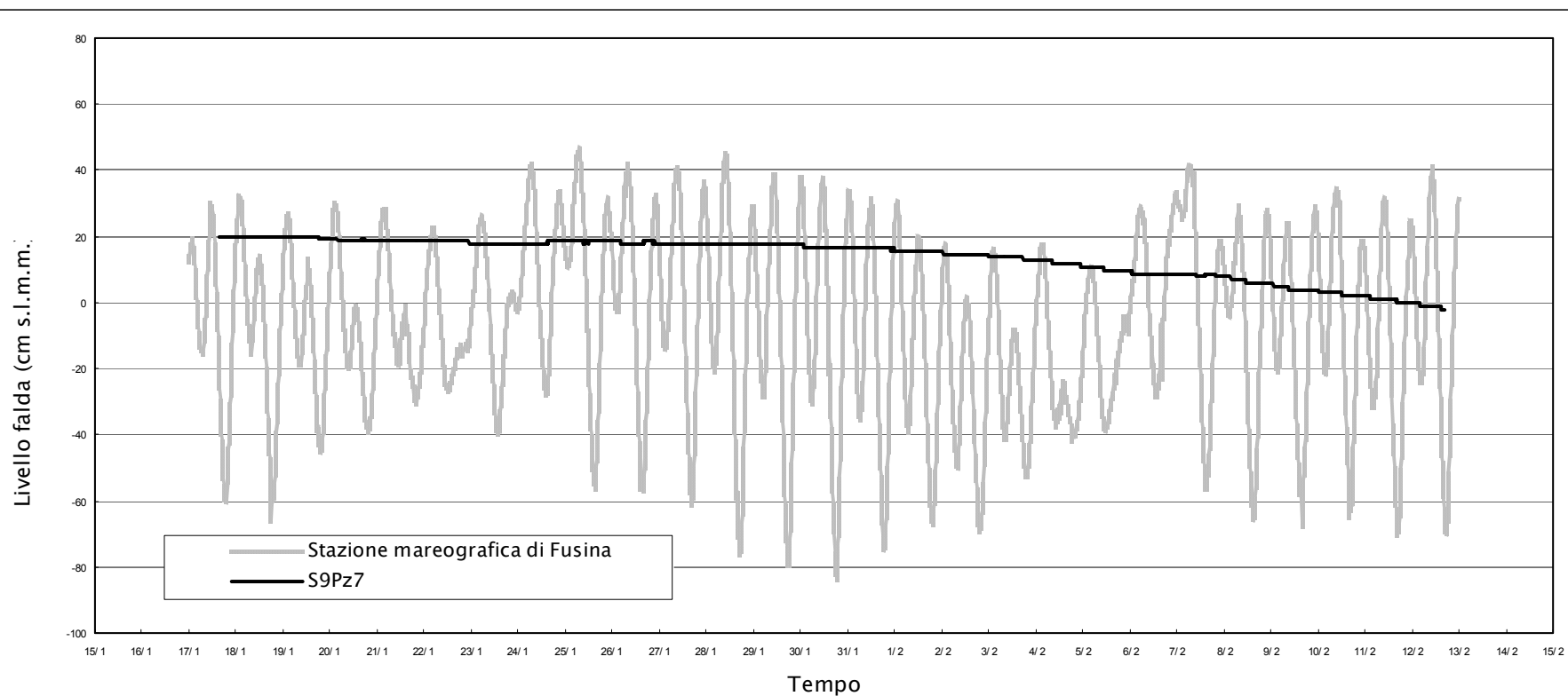


Figura 4.19 - S9Pz7. Andamento della falda e della marea

Piezometro **S10Pz8** - "Decal"  
Profondità: 4.50 m p.c./-2.37 m s.l.m.m.  
Tratto fessurato: da 2.00 a 4.50 m p.c./da 0.13 a -2.37 m s.l.m.m. - falda superficiale

*Andamento della falda e della marea dal 20/12/01 al 14/01/02*

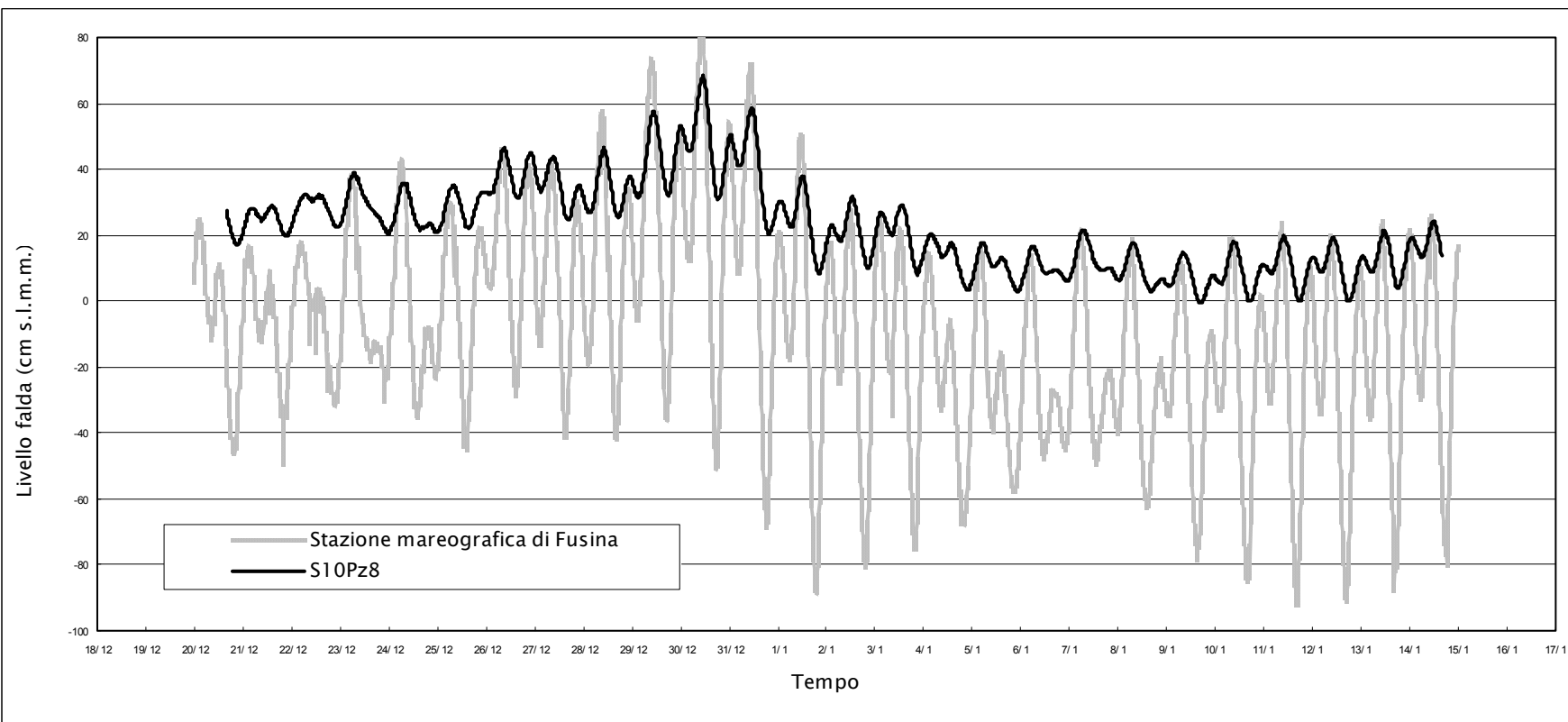


Figura 4.20 - S10Pz8. Andamento della falda e della marea

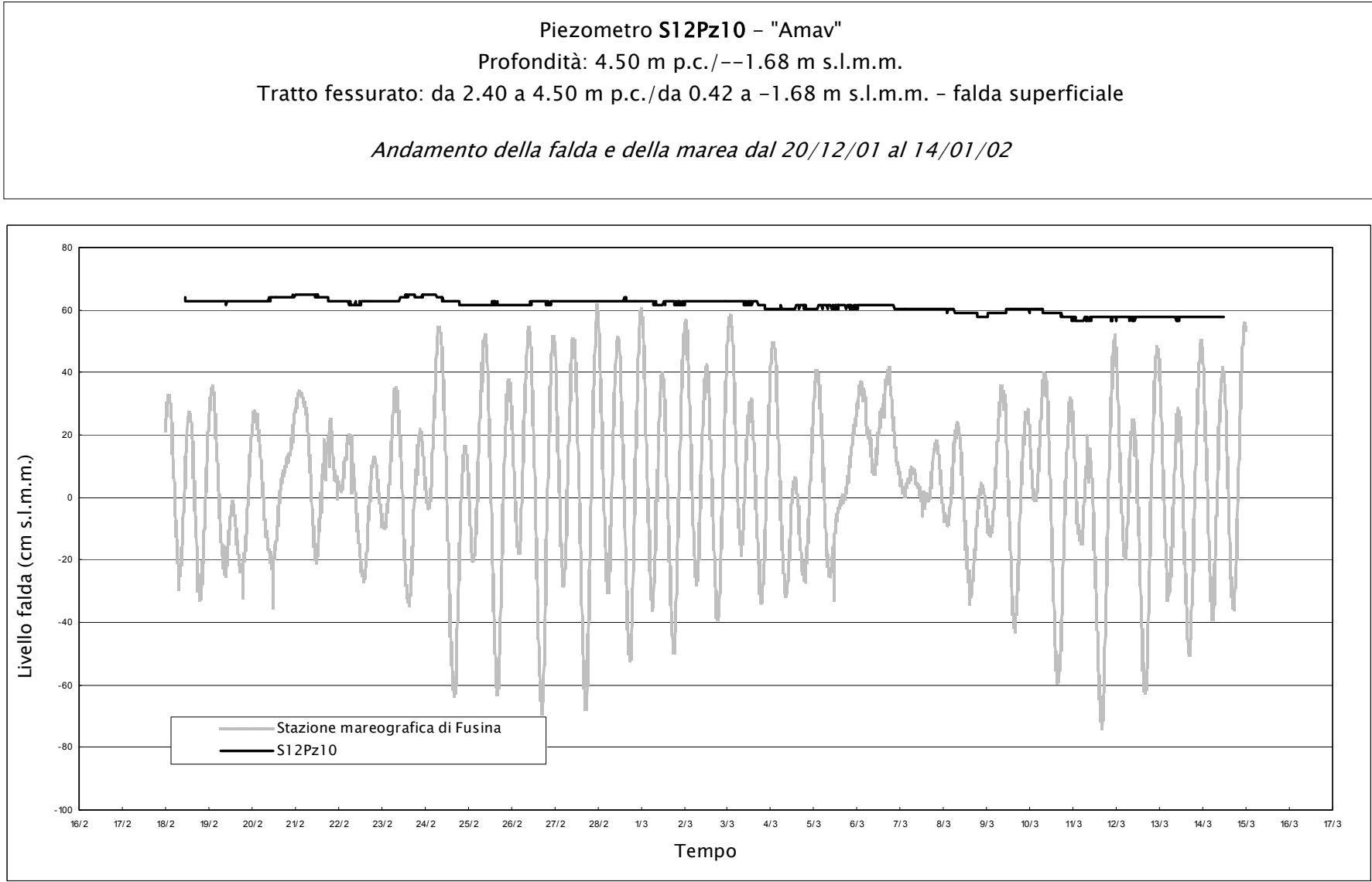


Figura 4.21 - S12Pz10. Andamento della falda e della marea

Piezometro **SS4Pz26** - "Amav"  
Profondità: 8.00 m p.c./-5.40 m s.l.m.m.  
Tratto fessurato: da 6.00 a 8.00 m p.c./da -3.40 a -5.40 m s.l.m.m. - 1<sup>a</sup> falda

*Andamento della falda e della marea dal 18/02/02 al 14/03/02*

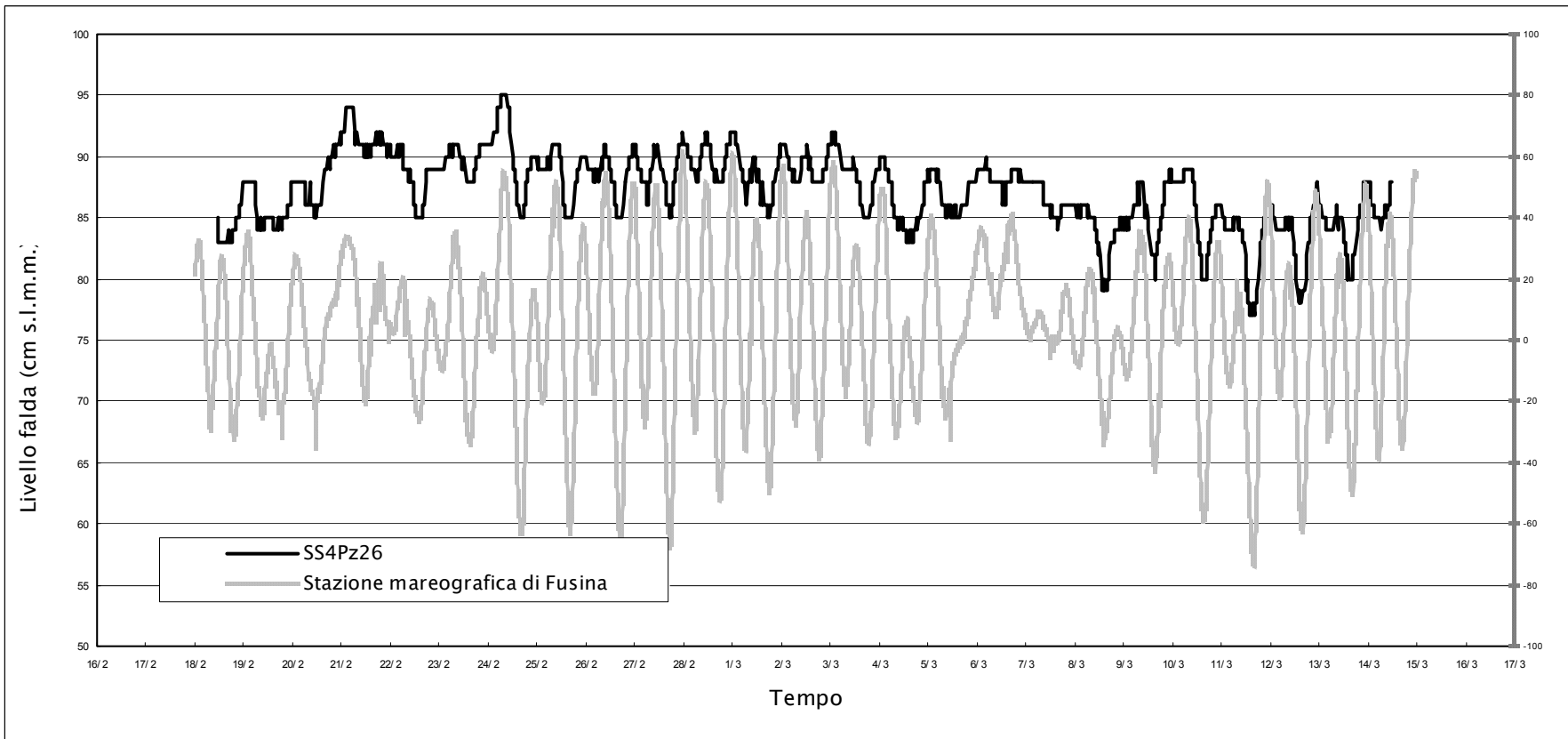


Figura 4.22 - SS4Pz26. Andamento della falda e della marea

Piezometro S13Pz11 - "Amav"

Profondità: 21.00 m p.c./-18.43 m s.l.m.m.

Tratto fessurato: da 18.50 a 21.00 m p.c./da -15.93 a -18.43 m s.l.m.m. - 2^ falda

*Andamento della falda e della marea dal 21/12/01 al 14/01/02*

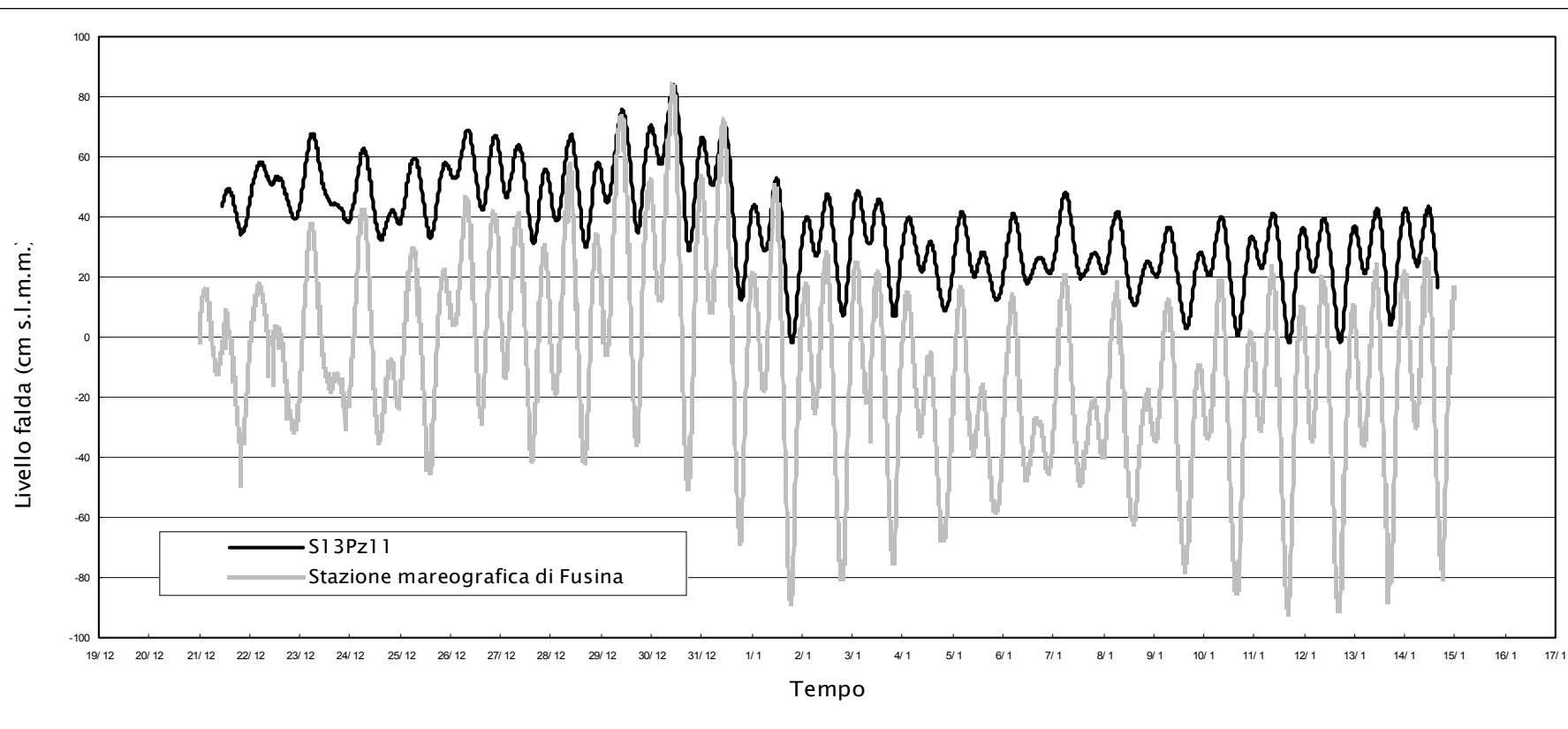


Figura 4.23 - S13Pz11. Andamento della falda e della marea

Piezometro **S14Pz28** – "ex Abibes"  
Profondità: 3.00 m p.c./-1.11 m s.l.m.m.  
Tratto fessurato: da 0.50 a 3.00 m p.c./da 1.39 a -1.1 m s.l.m.m. – falda superficiale

*Andamento della falda e della marea dal 20/12/01 al 14/01/02*

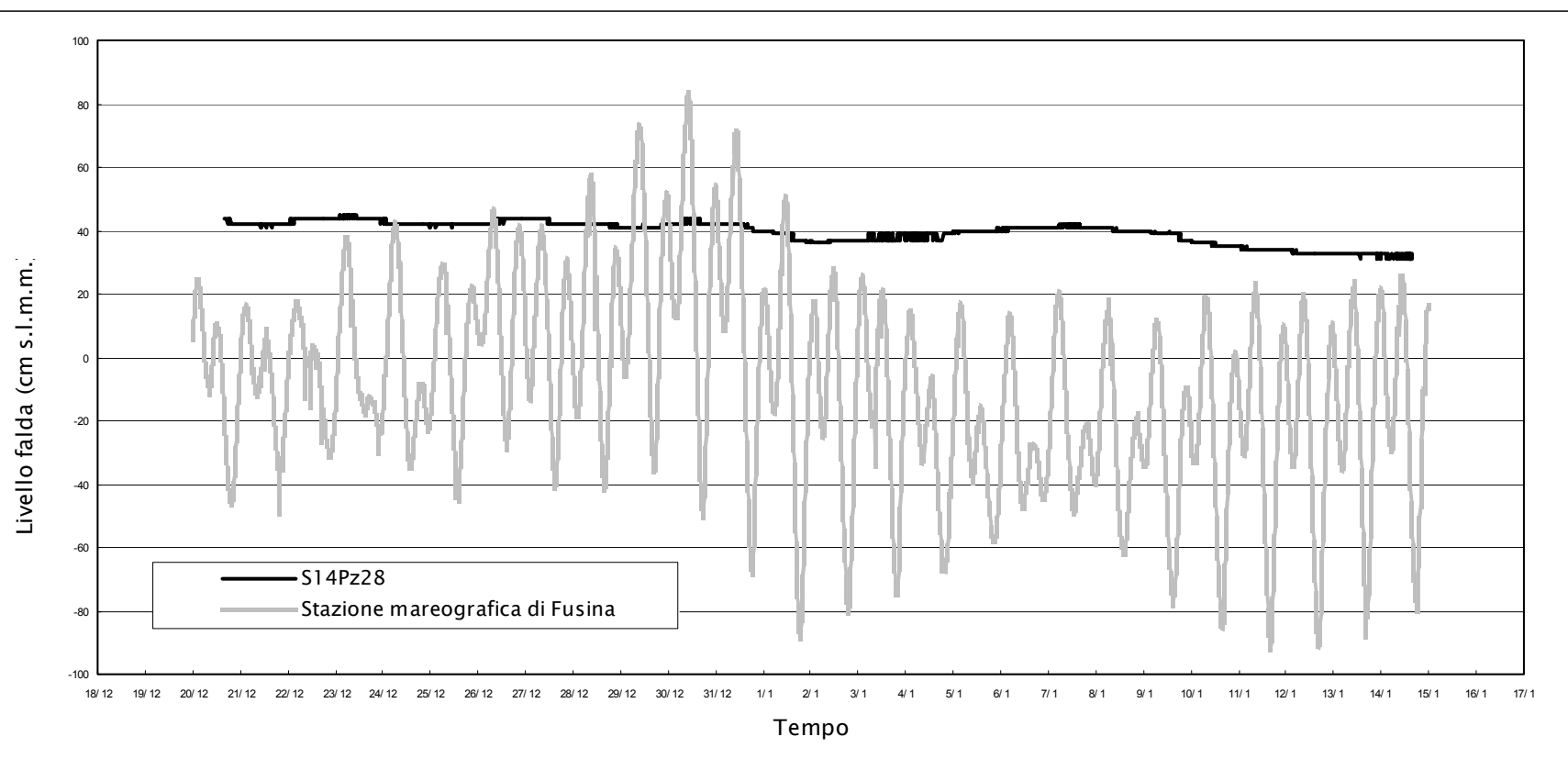


Figura 4.24 – S14Pz28. Andamento della falda e della marea

Piezometro **S15Pz32** - "ex Abibes"  
Profondità: 12.00 m p.c./-9.60 m s.l.m.m.  
Tratto fessurato: da 10.00 a 12.00 m p.c./da -7.60 a -9.60 m s.l.m.m. - 1^ falda

*Andamento della falda e della marea dal 14/05/02 al 11/06/02*

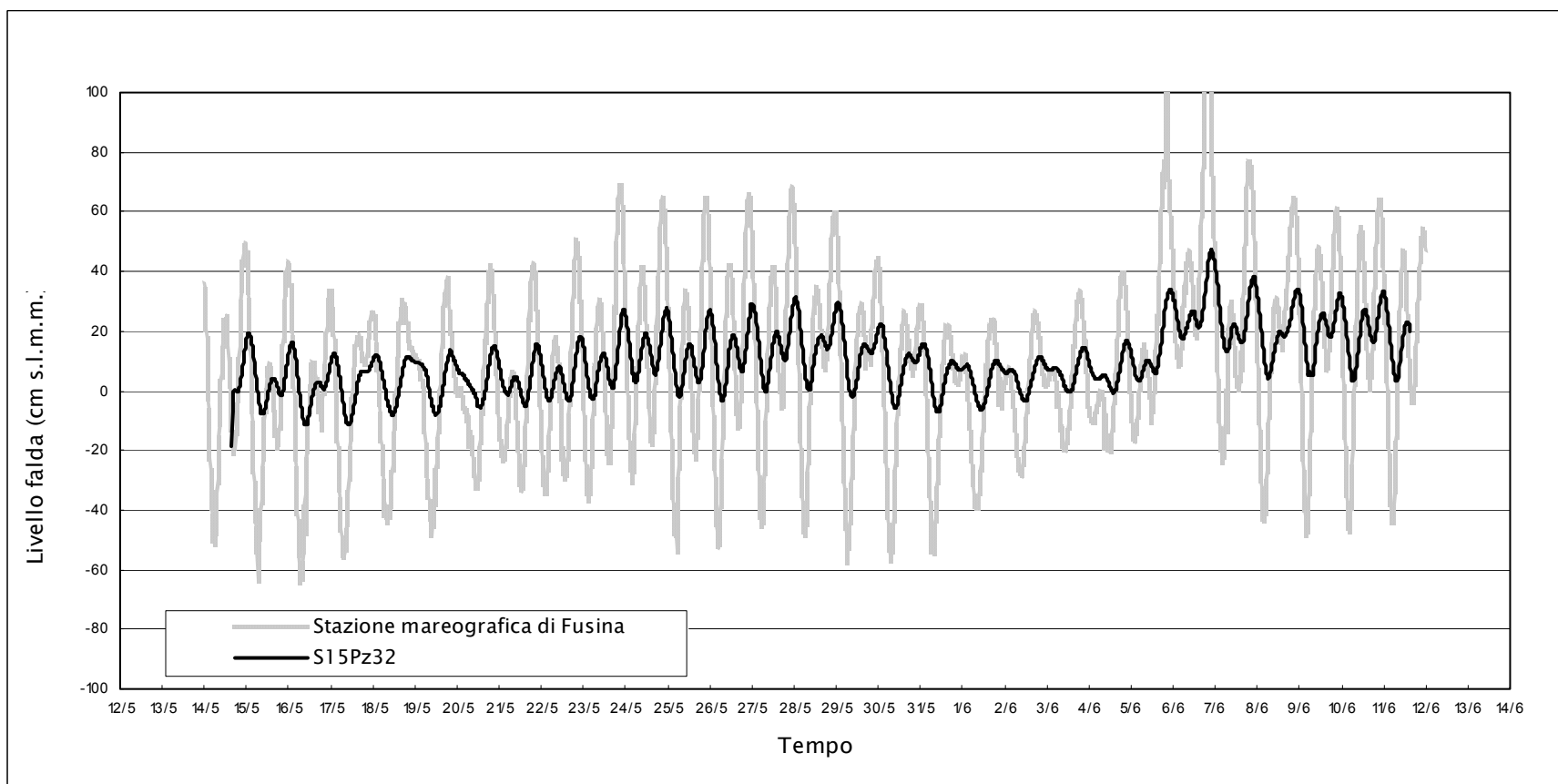


Figura 4.25 - S15Pz32. Andamento della falda e della marea

Piezometro S16Pz12 - "Alcoa"  
Profondità: 19.50 m p.c./-17.32 m s.l.m.m.  
Tratto fessurato: da 17.00 a 19.50 m p.c./da -14.82 a -17.32 m s.l.m.m. - 2^ falda

*Andamento della falda e della marea dal 18/02/02 al 14/03/02*

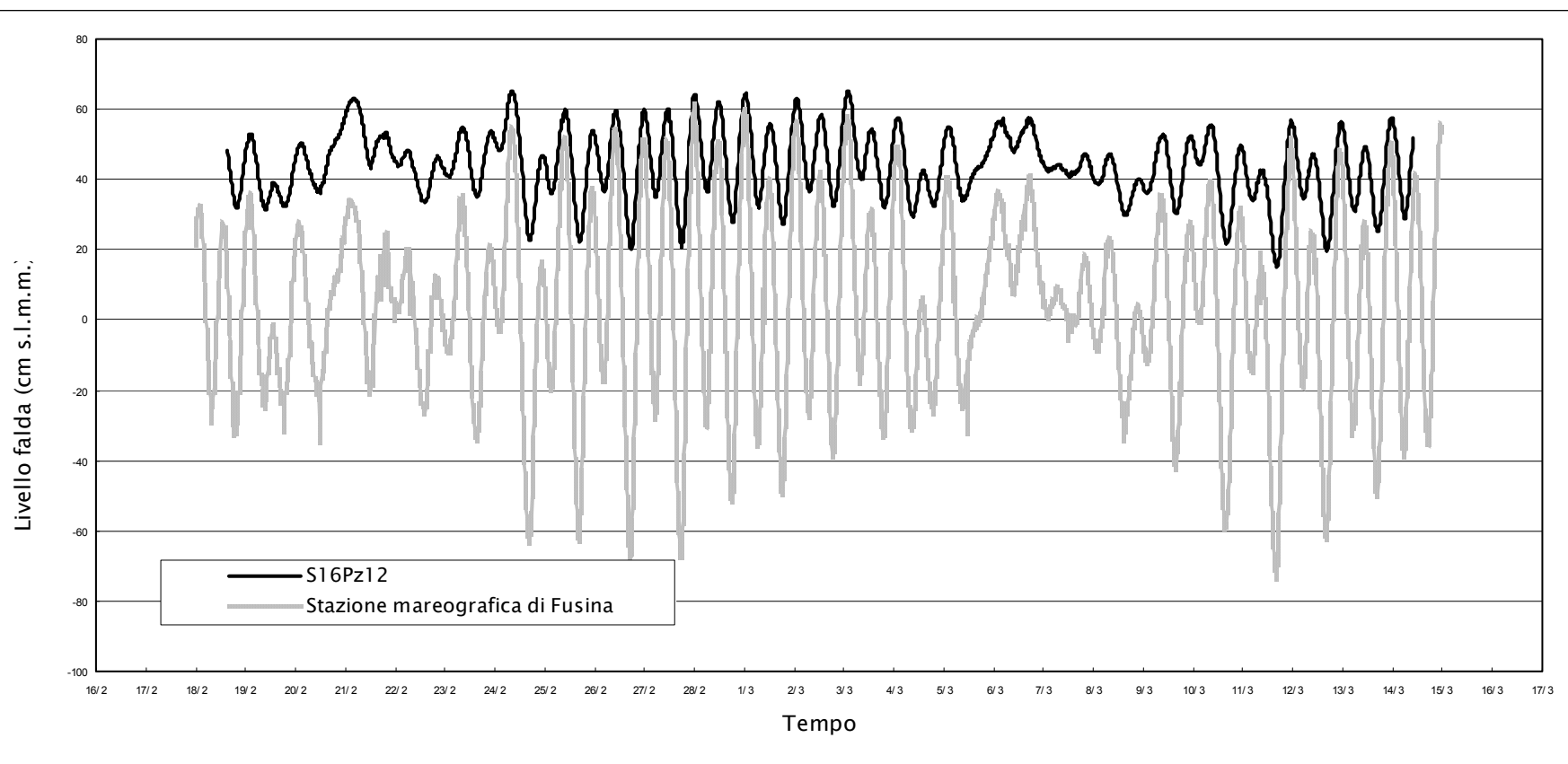


Figura 4.26 - S16Pz12. Andamento della falda e della marea

Piezometro **S18Pz14** - "Alcoa"  
Profondità: 3.00 m p.c./-0.70 m s.l.m.m.  
Tratto fessurato: da 0.50 a 3.00 m p.c./da 1.80 a -0.70 m s.l.m.m. - falda superficiale

*Andamento della falda e della marea dal 18/02/02 al 14/03/02*

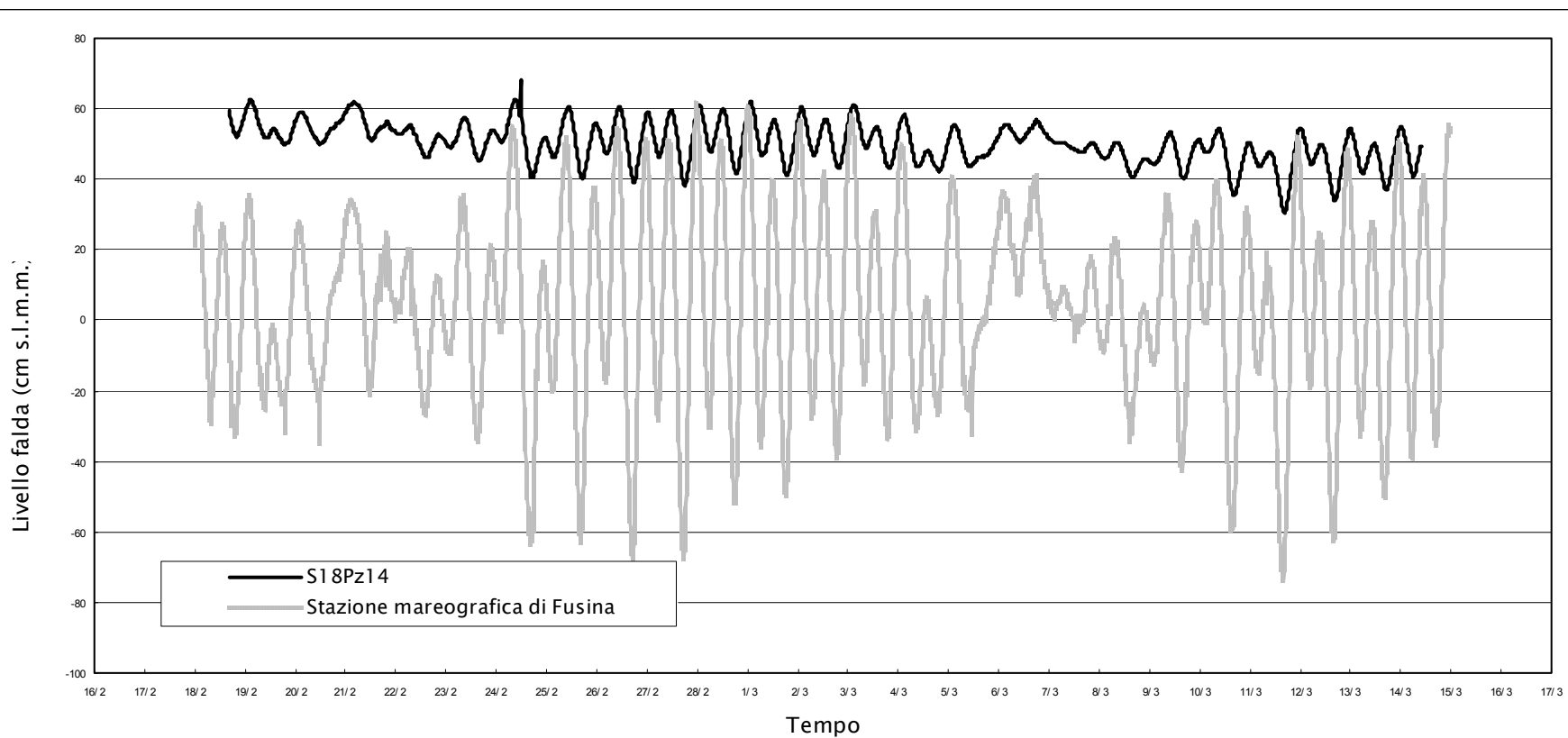


Figura 4.27 - S18Pz14. Andamento della falda e della marea

Piezometro **S30Pz33** - "Alcoa"  
Profondità: 12.00 m p.c./-9.89 m s.l.m.m.  
Tratto fessurato: da 9.80 a 12.00 m p.c./da -7.69 a -9.89 m s.l.m.m. -1<sup>a</sup> falda

*Andamento della falda e della marea dal 18/02/02 al 14/03/02*

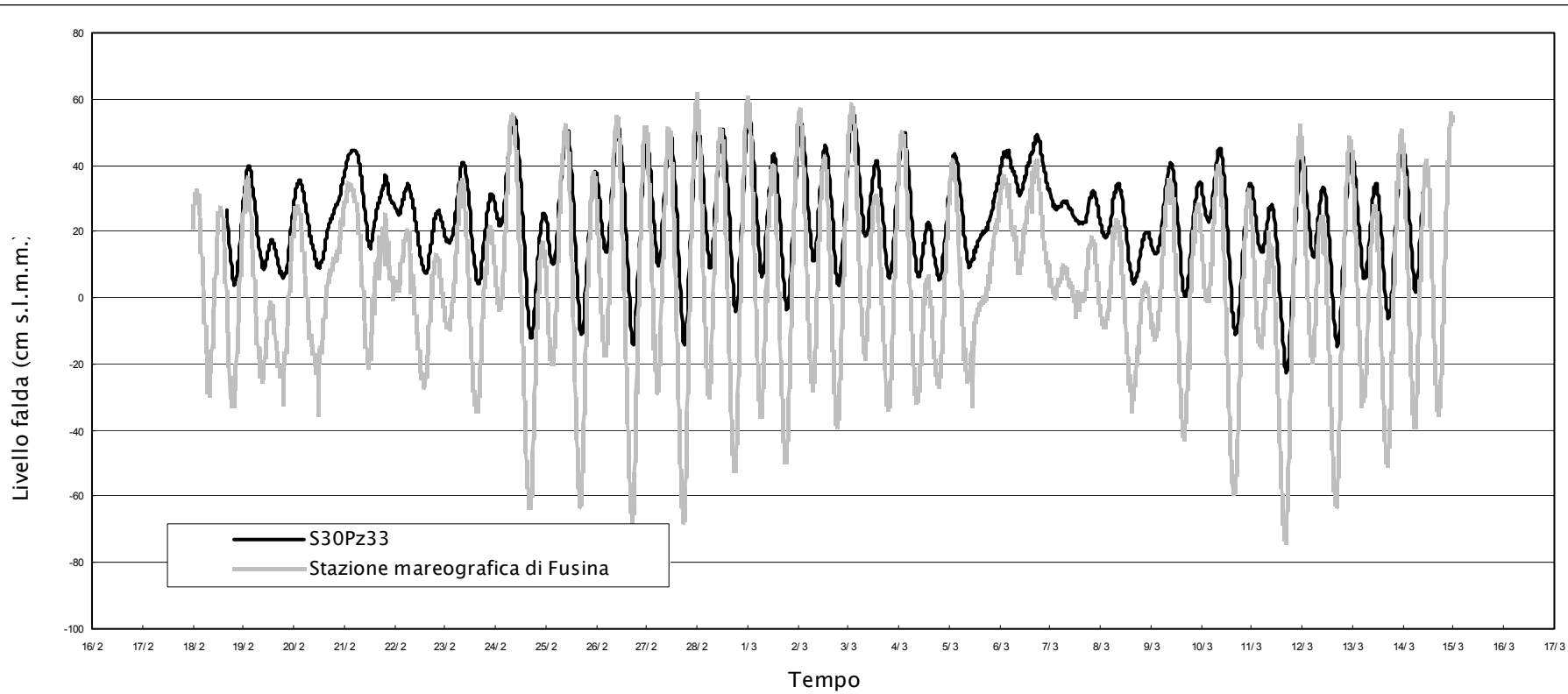


Figura 4.28 - S30Pz33. Andamento della falda e della marea

Piezometro **S19Pz15** - "Alcoa"  
Profondità: 19.00 m p.c./-16.97 m s.l.m.m.  
Tratto fessurato: da 16.80 a 19.00 m p.c./da -14.77 a -16.97 m s.l.m.m. -2^ falda

*Andamento della falda e della marea dal 18/01/02 al 12/02/02*

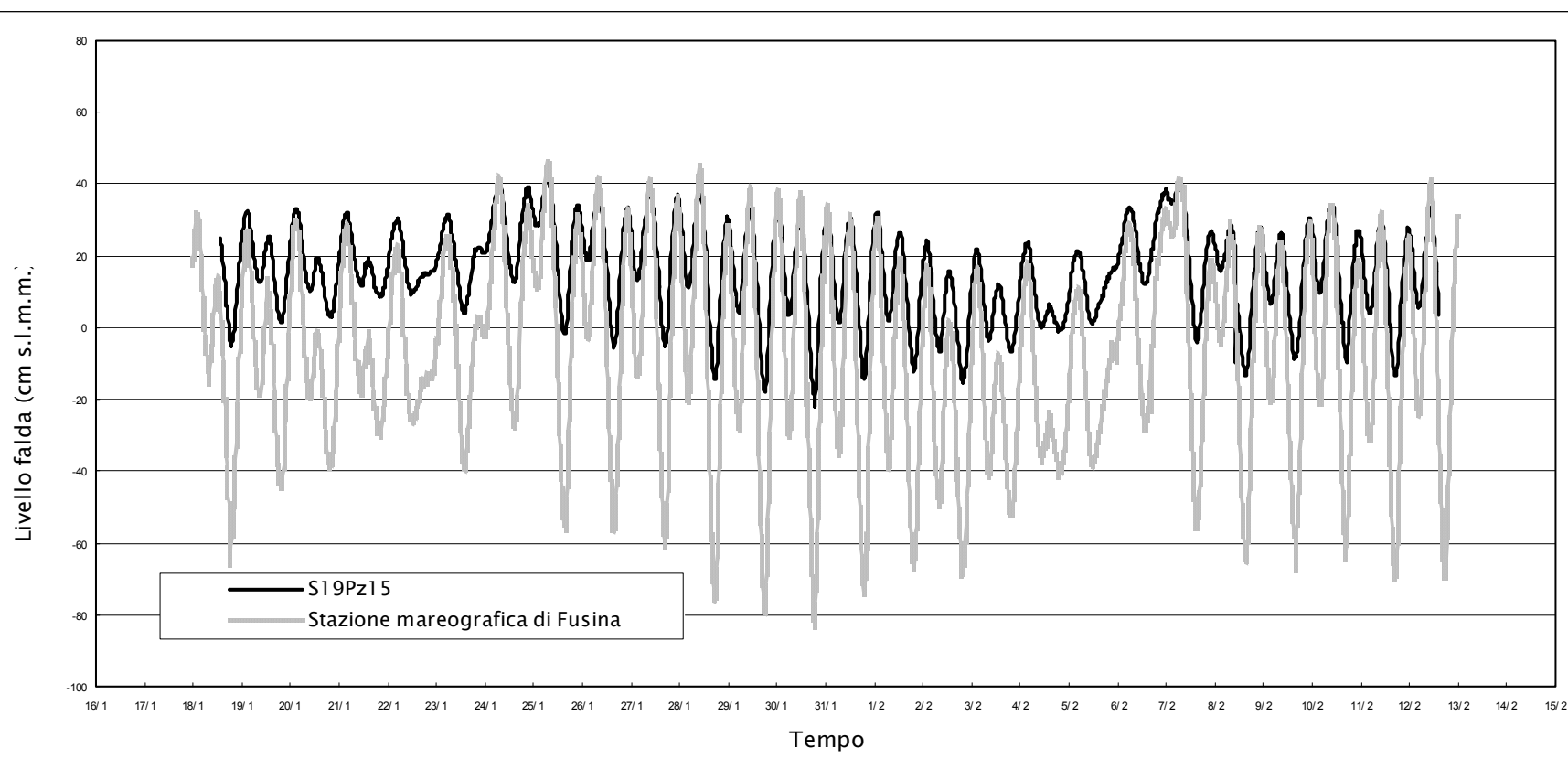


Figura 4.29 - S30Pz33. Andamento della falda e della marea

Piezometro **S21Pz17** - "Enel"  
Profondità: 25.00 m p.c./-22.79 m s.l.m.m.  
Tratto fessurato: da 22.50 a 25.00 m p.c./da -20.29 a -22.79 m s.l.m.m. -2^ falda

*Andamento della falda e della marea dal 18/01/02 al 12/02/02*

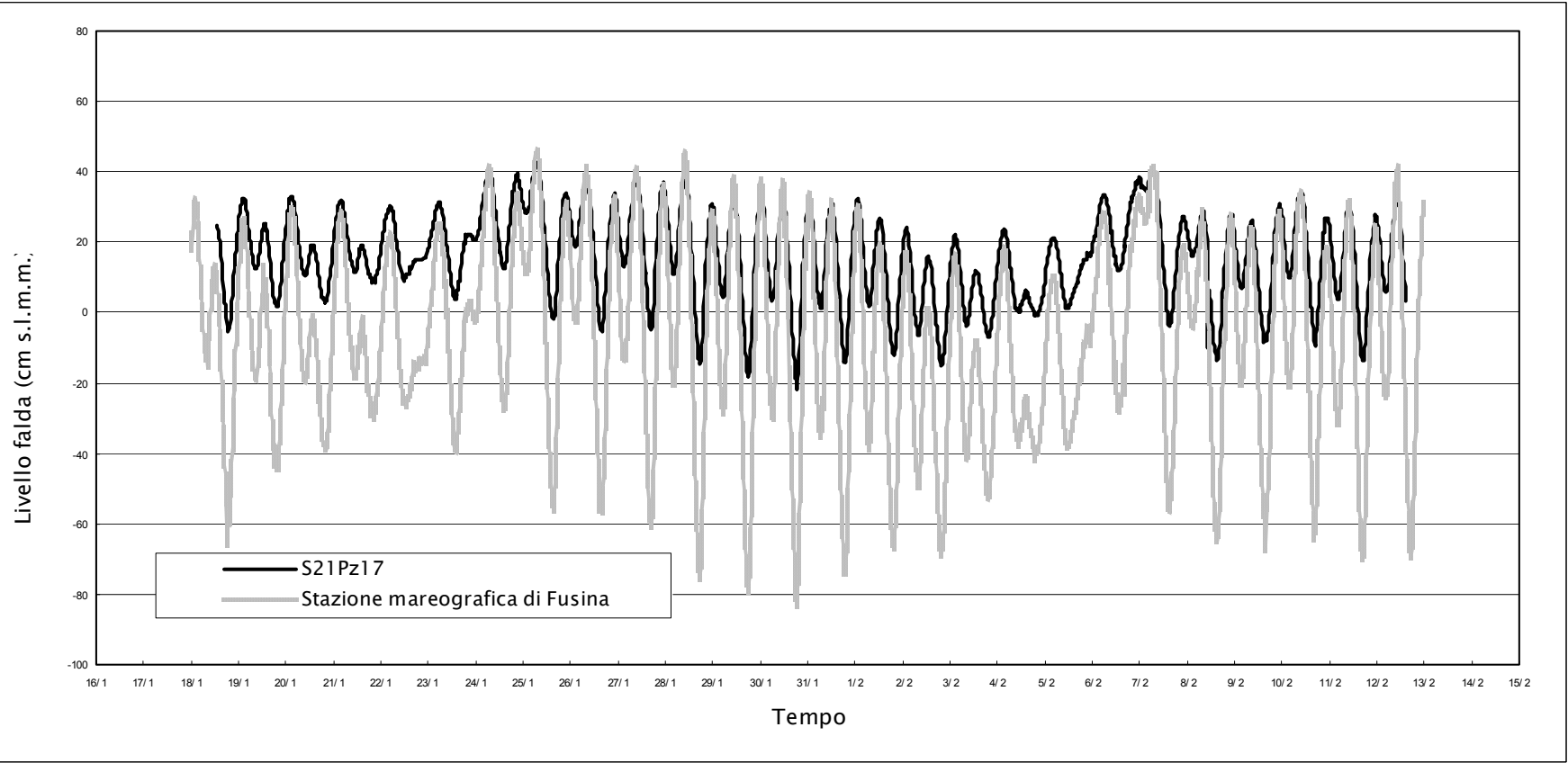


Figura 4.30 - S21Pz17. Andamento della falda e della marea

Piezometro **S22Pz18** – "Edison"  
Profondità: 9.80 m p.c./–7.35 m s.l.m.m.  
Tratto fessurato: da 7.30 a 9.80 m p.c./da –4.85 a –7.35 m s.l.m.m. –1<sup>a</sup> falda

*Andamento della falda e della marea dal 19/02/02 al 14/03/02*

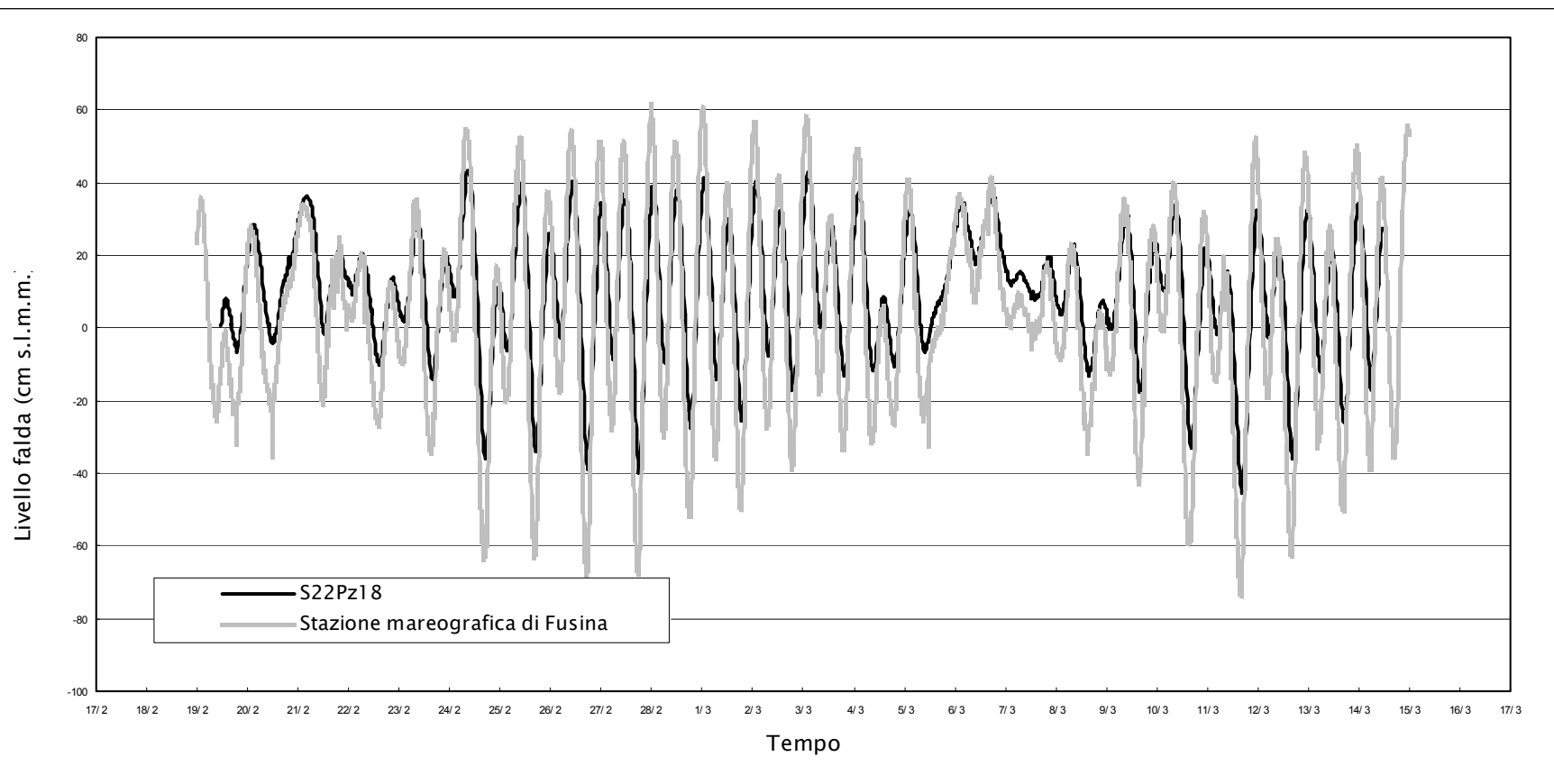


Figura 4.31 – S22Pz18. Andamento della falda e della marea

Piezometro **S23Pz19** – "Edison"  
Profondità: 26.50 m p.c./–24.40 m s.l.m.m.  
Tratto fessurato: da 24.00 a 26.50 m p.c./da –21.90 a –24.40 m s.l.m.m. –2^ falda

*Andamento della falda e della marea dal 19/02/02 al 14/03/02*

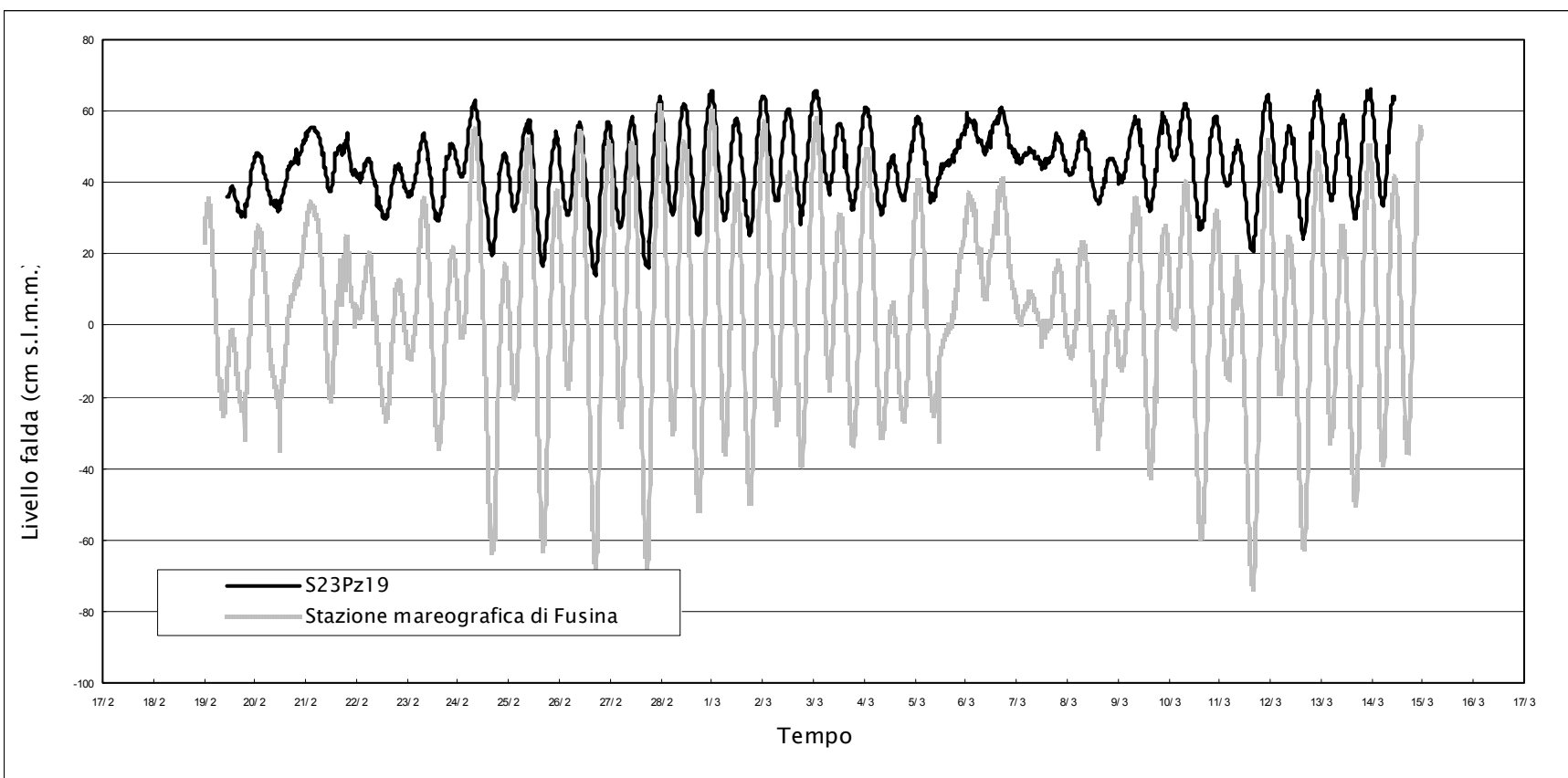


Figura 4.32 – S23Pz19. Andamento della falda e della marea

Piezometro **S28Pz30** – "Edison"  
Profondità: 3.00 m p.c./-0.91 m s.l.m.m.  
Tratto fessurato: da 1.00 a 3.00 m p.c./da 1.09 a -0.91 m s.l.m.m. -falda superficiale

*Andamento della falda e della marea dal 19/02/02 al 14/03/02*

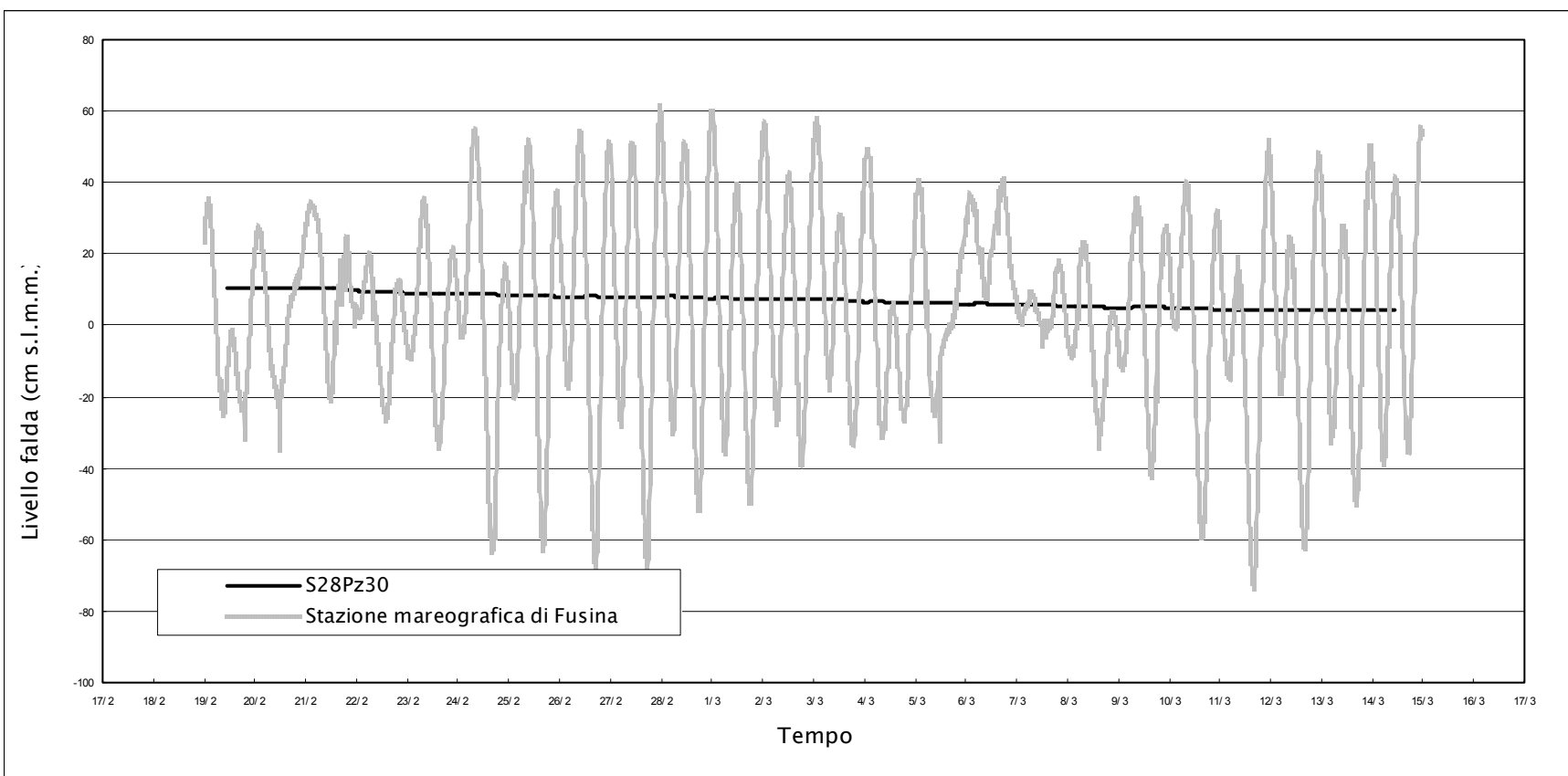


Figura 4.33 – S28Pz30. Andamento della falda e della marea

Piezometro **S29Pz31** – "Aspiv"  
Profondità: 12.00 m p.c./–9.03 m s.l.m.m.  
Tratto fessurato: da 9.50 a 12.00 m p.c./da –6.53 a –9.03 m s.l.m.m. – 1<sup>a</sup> falda

*Andamento della falda e della marea dal 19/02/02 al 13/03/02*

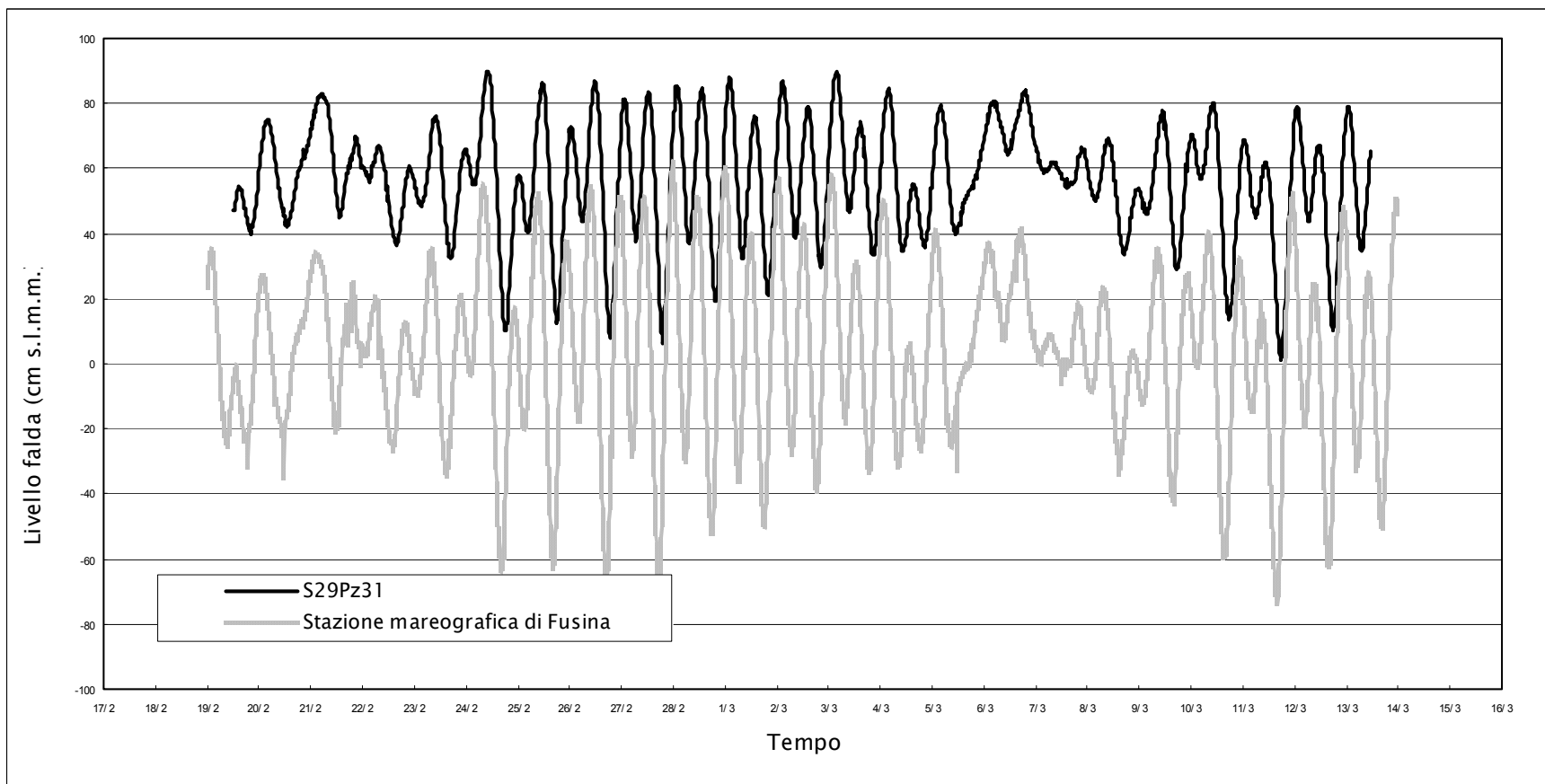


Figura 4.34 – S29Pz31. Andamento della falda e della marea

Piezometro **S26Pz21** – "Aspiv"  
Profondità: 15.50 m p.c./–13.04 m s.l.m.m.  
Tratto fessurato: da 13.00 a 15.50 m p.c./da –10.54 a –13.04 m s.l.m.m. – 2<sup>a</sup> falda

*Andamento della falda e della marea dal 19/12/01 al 14/01/02*

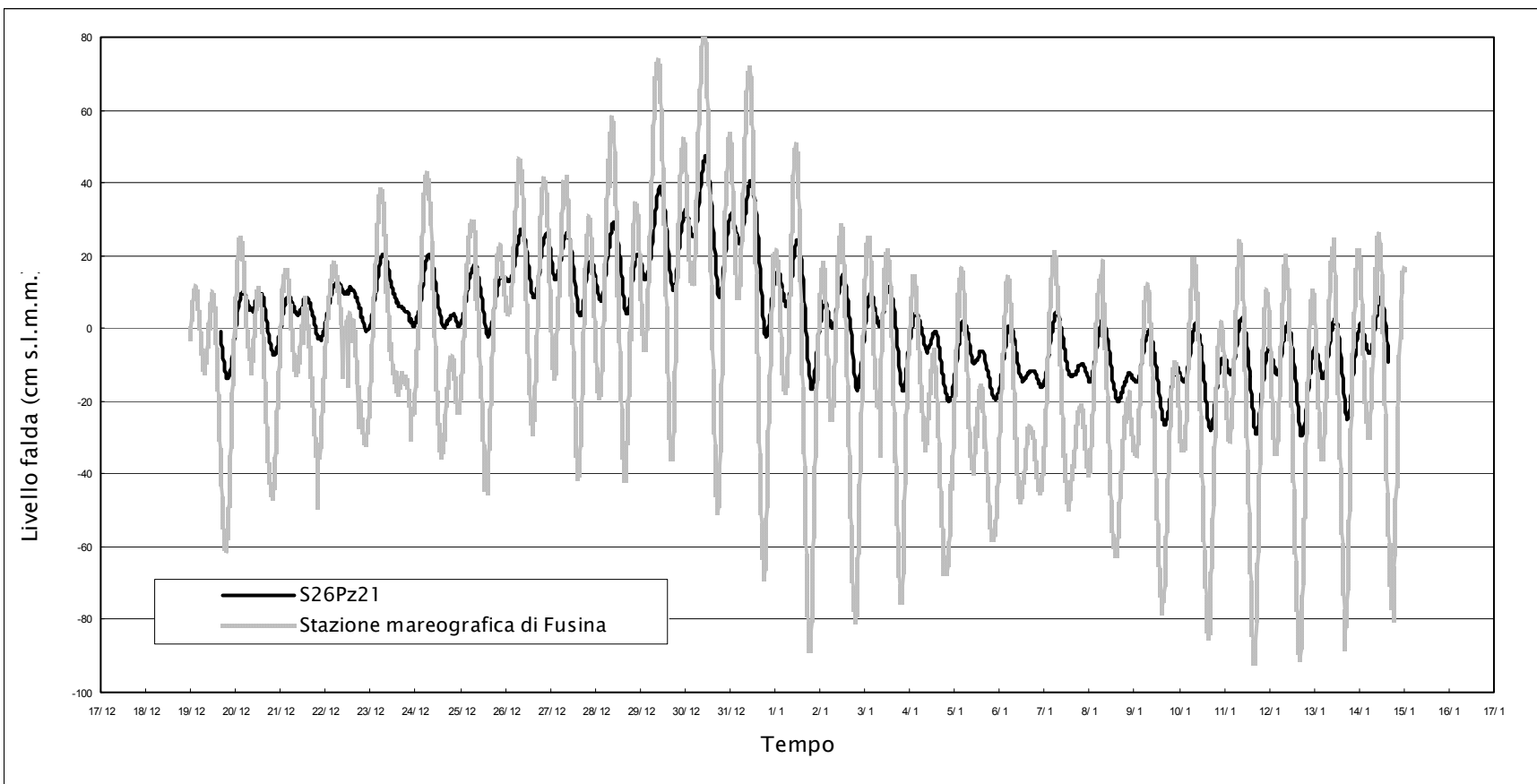


Figura 4.35 – S26Pz21. Andamento della falda e della marea

Piezometro **S27Pz22** – "Aspiv"  
Profondità: 4.50 m p.c./-1.73 m s.l.m.m.  
Tratto fessurato: da 2.00 a 4.50 m p.c./da 0.77 a -1.73 m s.l.m.m. – falda superficiale

*Andamento della falda e della marea dal 21/12/01 al 14/01/02*

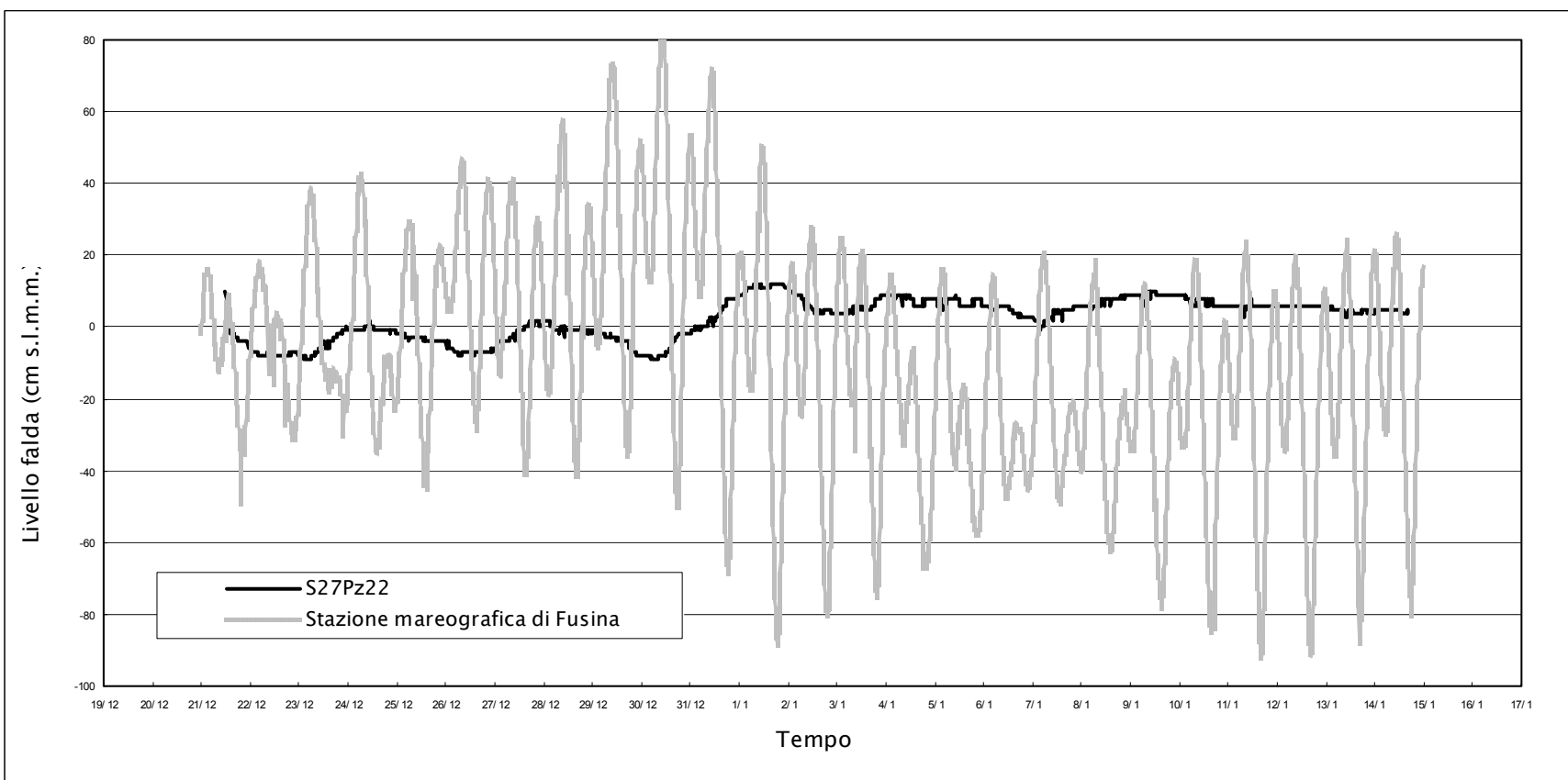


Figura 4.36 – S27Pz22. Andamento della falda e della marea

## 4.5.3 INTERPRETAZIONE DEI DATI

I dati acquisiti nel corso del monitoraggio delle falde nei piezometri sono interpretati tenendo conto dei due concetti fondamentali nella ricostruzione dell'assetto idrogeologico di aree poste in zone costiere: l'escursione del livello di falda e lo sfasamento rispetto alle oscillazioni mareali. Tale interpretazione è integrata sia dalle conoscenze relative alla situazione stratigrafica dell'area, riportate nel paragrafo 3.3, sia dai valori dei parametri elettrochimici misurati al momento del prelievo del campione d'acqua.

Nella tabella che segue sono indicate, per ciascun piezometro, la falda indagata (superficiale, prima o seconda) e i valori della temperatura, del pH e della conducibilità misurati in campo al momento del prelievo del campione d'acqua e significativi per la ricostruzione idrogeologica. Come si osserva dalla tabella, per alcuni piezometri i suddetti parametri non sono indicati; si tratta di punti di indagine nei quali l'installazione del piezometro o non era prevista o era finalizzata al solo monitoraggio della falda.

Tabella 4.10 – Piezometri. Riepilogo dati

Sigla sondaggio e piezometro	Azienda	Falda indagata	T	pH	C
			°C		mS/cm
S1 Pz1	Nuova Sirma	1^	18,5	6,58	6,85
S2 Pz2	Nuova Sirma	2^	14,8	6,72	2,30
SS1 Pz23	S.Marco P.	1^	non previsto		
S4	S.Marco P.	non previsto			
SS2 Pz24	Pagnan	sup.	17,7	7.00	2,75
S5 Pz3	Pagnan	1^	non previsto		
S6 Pz4	Pagnan	2^	15,2	6,39	3,00
S7 Pz5	43 ha	1^	16	7,15	1,08
SS3 Pz25	43 ha	sup.	14,5	7,67	3,05
SS3 bis	43 ha	non previsto			
S8 Pz6	43 ha	2^	15,8	6,92	2,20
S9 Pz7	43 ha	1^	15,1	6,62	23,8
S10 Pz8	Decal	sup.	non previsto		
S12 Pz10	Amav	sup.	13,4	7,18	4,54
SS4 Pz26	Amav	1^	non previsto		

Tabella 4.10 – Piezometri. Riepilogo dati (continua)

Sigla sondaggio e piezometro	Azienda	Falda indagata	T	pH	Eh
S13 Pz11	Amav	2^	14,3	6,85	4,15
S14 Pz28	Ex Abibes	sup.	13,8	6,95	16,05
Pz32	Ex Abibes	1^	17,7	agusson	30,80
S16 Pz12	Alcoa	2^	14,5	6,51	4,20
S17	Alcoa	non previsto			
S18 Pz14	Alcoa	sup.	9,2	7,77	1,60
S30 Pz33	Alcoa	1^	14,7	6,75	24,70
S19 Pz15	Alcoa	2^	14,1	6,95	9,39
S21 Pz17	Enel	2^	15,1	6,53	15,6
SS6 Pz29	Enel	non previsto			
S22 Pz18	Edison	1^	15,8	7,77	12,60
S23 Pz19	Edison	2^	14,5	6,47	24,50
S24	Edison	non previsto			
S28 Pz30	Edison	sup.	non previsto		
S29 Pz31	Aspiv	1^	13,8	6,96	31,80
S26 Pz21	Aspiv	2^	15,1	6,71	29,10
S27 Pz22	Aspiv	sup.	17,5	6,90	4,91

Il primo aspetto considerato è l'andamento della falda e la sua relazione con le oscillazioni di marea (dati relativi alla vicina stazione mareografica di Fusina). Dai grafici riportati nelle figure 4.10–4.36 si evince che in otto piezometri su ventisette (SS1Pz23, S7Pz5, S8Pz6, S9Pz7, S12Pz10, S14Pz28, S28Pz30, S27Pz22) le variazioni di livello sono poco significative (qualche centimetro) e assolutamente indipendenti dal trend della marea; in corrispondenza di questi punti la falda monitorata è quindi isolata dal canale. In tutti gli altri casi le oscillazioni della falda sono più marcate (qualche decimetro) e seguono regolarmente l'andamento della marea, evidenziando il collegamento tra le falde monitorate e il canale.

Come più volte evidenziato, la correlazione tra gli orizzonti coesivi e quelli granulari relativi al deposito continentale pleistocenico risulta particolarmente complessa per la presenza di lenti eterogenee che interrompono la continuità laterale e verticale degli orizzonti più significativi. Per la ricostruzione dell'assetto idrogeologico dell'area i dati relativi ai livelli di

falda sono stati quindi integrati con quelli stratigrafici desunti dai sondaggi e dalle successive interpretazioni, correggendo opportunamente l'attribuzione degli orizzonti monitorati alla falda superficiale, alla prima o alla seconda. La correzione si rende necessaria in quanto dalla ricostruzione stratigrafica dell'area è emersa, in qualche caso, l'assegnazione alla stessa tipologia di falda di livelli sabbiosi tra loro non correlati o, viceversa, l'attribuzione a falde distinte di acquiferi in realtà ben correlabili tra loro.

La situazione generale è schematizzata nelle figure allegate a fine paragrafo, dove sono riportati l'andamento della marea e delle falde superficiali (figura 4.37), della prima (figura 4.38) e della seconda (figura 4.39). I grafici sono stati suddivisi in due diversi intervalli temporali in modo da restituire una visione più chiara della situazione monitorata.

#### *4.5.3.1 FALDA SUPERFICIALE*

La falda superficiale è stata monitorata in corrispondenza di sei punti di sondaggio distribuiti lungo il percorso della darsena e del canale. Sono stati esclusi dall'interpretazione i piezometri installati in SS2Pz24 e SS3Pz25 (originariamente in falda superficiale), in quanto il tratto finestrato interessa il terreno di riporto e il sottostante livello granulare (SS3Pz25) o esclusivamente il secondo (SS2Pz24), sede della prima falda (cfr. figure 3.5–3.8).

Dall'analisi dei dati si evince che la falda interna al deposito presenta caratteristiche diverse da punto a punto. Due piezometri (S12Pz10 e S28Pz30) evidenziano un andamento indipendente dalle oscillazioni di marea, con livelli di falda posti a quote sensibilmente diverse (rispettivamente tra 40 e 60 cm s.l.m.m., ed attorno ai 10 s.l.m.m). Si tratta quindi di punti nei quali la falda superficiale è sostanzialmente isolata rispetto al canale principalmente per la presenza di barriere artificiali (banchine). In tutti gli altri piezometri superficiali monitorati, il

livello di falda è caratterizzato da oscillazioni decimetriche più o meno marcate che seguono con regolarità l'andamento della marea nei diversi intervalli temporali considerati. Si osserva, in linea generale, uno sfasamento contenuto (poche ore) e una certa attenuazione delle oscillazioni (particolarmente marcata in S14Pz28, dove provoca anche un evidente sfasamento) che determina una corrispondenza tra i valori massimi della falda e quelli relativi alla marea ma non tra i minimi. Le fasi di abbassamento della marea non sono accompagnate da un corrispondente abbassamento della falda; evidentemente, la ciclicità delle pulsazioni mareali, combinata con una conducibilità idraulica medio bassa (normalmente  $10^{-6}$  m/sec) dell'orizzonte testato, non consente il rapido drenaggio ("scarico") delle acque di falda, per cui il livello si mantiene più alto rispetto a quello relativo alla marea.

Trattandosi di falde sospese localizzate all'interno del terreno di riporto con caratteristiche "litologiche" eterogenee in senso sia laterale sia verticale, risulta ovviamente poco significativa una correlazione tra le stesse.

#### 4.5.3.2 PRIMA FALDA

Come già evidenziato, nell'interpretazione dell'assetto idrogeologico si deve considerare il fatto che la correlazione tra gli orizzonti coesivi e quelli granulari relativi al deposito continentale pleistocenico risulta particolarmente difficile, ed è di conseguenza piuttosto problematica l'attribuzione delle falde monitorate ad uno stesso orizzonte granulare. Dall'interpretazione stratigrafica (figure 3.5–3.8) si evince comunque che la prima falda è generalmente localizzata sotto il deposito lagunare olocenico. I piezometri collocati all'interno di questo orizzonte sabbioso, di potenza variabile, localmente interrotto da lenti coesive e in alcuni tratti del tutto assente (ad esempio da SS3Pz25 a S10Pz8 nel profilo 4, figura 3.7) sono

complessivamente dieci, ma non tutti originariamente attribuiti a questo livello. Dall'interpretazione stratigrafica riportata nei profili si evince infatti che anche i piezometri SS2Pz24 e SS3Pz25, classificati in partenza come superficiali, sono in realtà installati in corrispondenza del suddetto orizzonte granulare, così come il piezometro S26Pz21, originariamente attribuito alla seconda falda. Sono stati invece esclusi i piezometri S5Pz3 e S9Pz7, installati in corrispondenza del livello sabbioso più profondo, presente in queste posizioni con uno spessore rilevante, e quindi attribuiti alla seconda falda.

Dall'analisi dei dati si deduce che il comportamento della falda è omogeneo nella maggior parte dei piezometri monitorati (S1Pz1, SS2Pz24, SS3Pz25, S15Pz32, S22Pz18, S30Pz33 e S26Pz21), in corrispondenza dei quali è quindi evidente la presenza di un'unica falda in stretta dipendenza con il canale. La risposta alle variazioni di marea evidenzia un ritardo praticamente nullo ed una attenuazione delle oscillazioni più o meno marcata a seconda delle caratteristiche di permeabilità degli orizzonti testati. Come già specificato nel paragrafo relativo alle falde superficiali, la ciclicità delle pulsazioni mareali e la conducibilità idraulica medio bassa non consentono il rapido drenaggio delle acque di falda, per cui nella maggior parte delle postazioni indagate il livello si mantiene più alto rispetto a quello relativo alla marea (buona corrispondenza tra i massimi ma non tra i minimi).

Un andamento anomalo è stato invece rilevato in corrispondenza di S29Pz31; il livello della falda, pur oscillando con la marea, si trova a quote più elevate rispetto ad altri piezometri (S30Pz33 e S22Pz18) posizionati nello stesso orizzonte granulare. In SS4Pz26 il livello della falda è decisamente più alto (80–90 cm) ed è evidente una marcata attenuazione delle oscillazioni. Il comportamento è intuibile vista l'interpretazione stratigrafica del tratto di canale dove è localizzato il sondaggio SS4Pz26; in questo tratto il livello granulare sottostante il

deposito olocenico è limitato come estensione sia laterale sia verticale, quindi difficilmente correlabile con la prima falda descritta per gli altri piezometri.

#### 4.5.3.3 SECONDA FALDA

I piezometri installati in corrispondenza della seconda falda sono complessivamente dodici e sono collocati nell'orizzonte granulare più profondo intercettato nel corso dei sondaggi. Come si osserva nell'interpretazione stratigrafica generale (figure 3.5–3.8) il suddetto livello è ben identificato e presenta uno spessore consistente in corrispondenza della darsena e del primo tratto di canale (fino ad S9Pz7 ); nel secondo tratto lo stesso livello ha spessori variabili per la presenza di lenti coesive che interrompono la continuità verticale rendendo più complessa la correlazione stratigrafica. Nella maggior parte dei piezometri installati l'andamento del livello di falda nel periodo di monitoraggio è in stretta dipendenza con le oscillazioni mareali; lo sfasamento è praticamente nullo e si rileva una buona corrispondenza tra i massimi ed una attenuazione delle oscillazioni determinata dalla ciclicità delle pulsazioni mareali che non consentono il rapido drenaggio delle acque di falda; per questo motivo, nei suddetti piezometri, così come in quelli superficiali e della prima falda collegati al canale, il livello di falda si mantiene più alto rispetto a quello relativo alla marea. Un comportamento anomalo è stato invece rilevato nei piezometri S7Pz5, S8Pz6 e S9Pz7, collocati in un orizzonte granulare di spessore consistente, con intercalazioni limose, evidentemente isolato rispetto al canale.

Dall'interpretazione stratigrafica e dal monitoraggio in continuo delle acque di falda emerge quindi un assetto idrogeologico dell'area piuttosto complesso. I vari acquiferi incontrati

presentano infatti caratteristiche idrogeologiche difficilmente inquadrabili nei classici modelli di idrogeologia. Si tratta di un sistema multifalda caratterizzato da acquiferi costituiti da sabbie fini limose; le acque di falda presentano valori di conducibilità dell'ordine di qualche mS/cm, e sono quindi classificabili come salmastre. Nel caso specifico il contenuto di sali delle acque è riconducibile alla vicinanza della laguna aperta, con la quale gli acquiferi risultano essere, o sono stati, in stretta relazione, considerate anche le oscillazioni in relazione alle escursioni di marea.

Nelle falde i movimenti sub orizzontali, che coincidono con il deflusso della falda, implicano il trasferimento di quantitativi di acqua dalle zone di alimentazione a quelle di recapito sotto l'effetto di un gradiente idraulico il quale dà origine a linee di corrente o linee di flusso. Nel caso specifico le variazioni del livello piezometrico, dell'ordine di alcuni decimetri, di una parte dei piezometri monitorati sono imputabili all'influenza delle maree; il movimento dell'acquifero risente pertanto in modo preponderante della spinta idrostatica e le perturbazioni sembrano essere causate dalle oscillazioni della marea piuttosto che dal gradiente idraulico che risulta essere, in quest'area, molto blando.

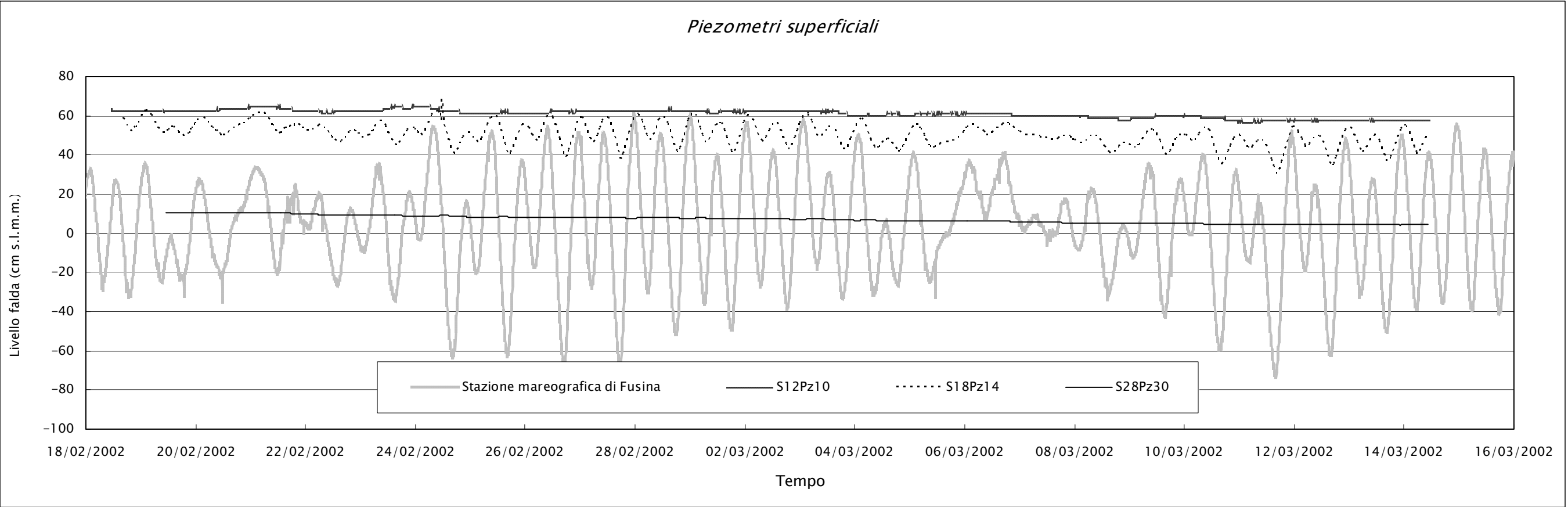
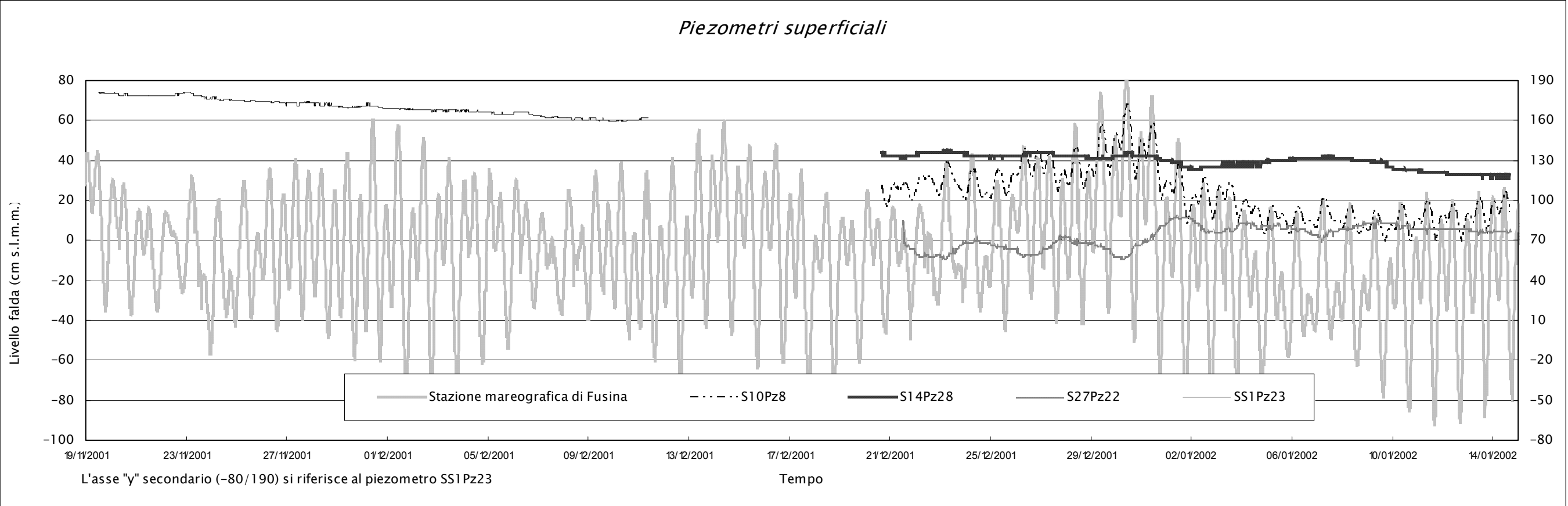


Figura 4.37 – Piezometri superficiali

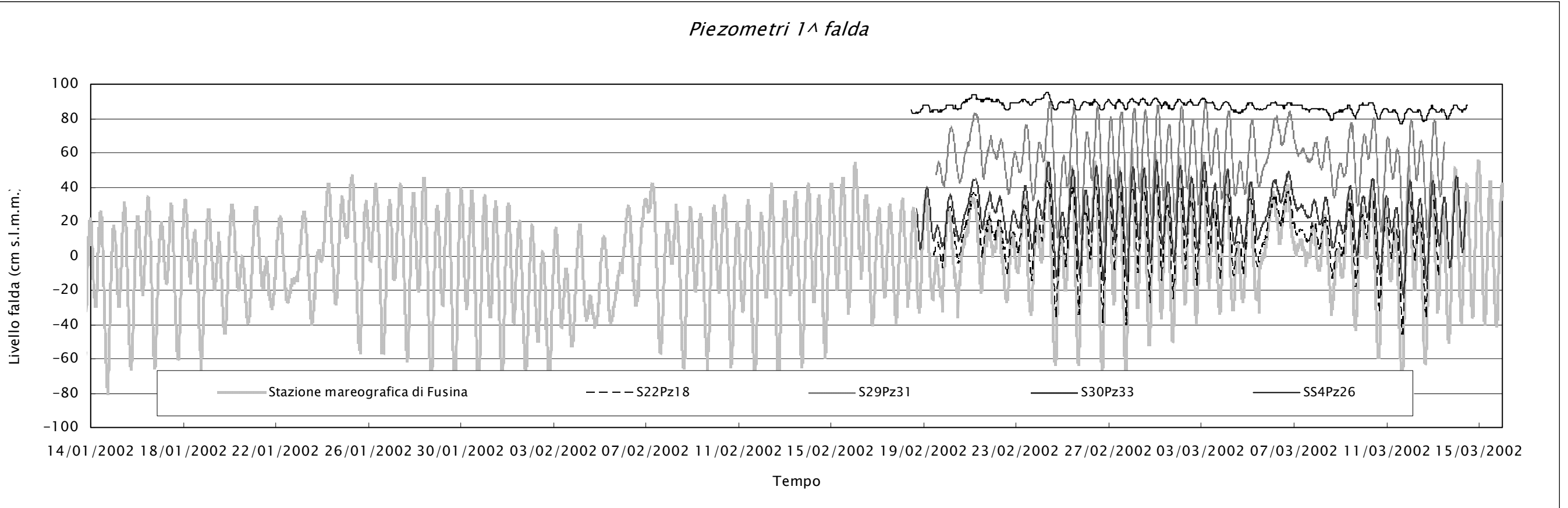
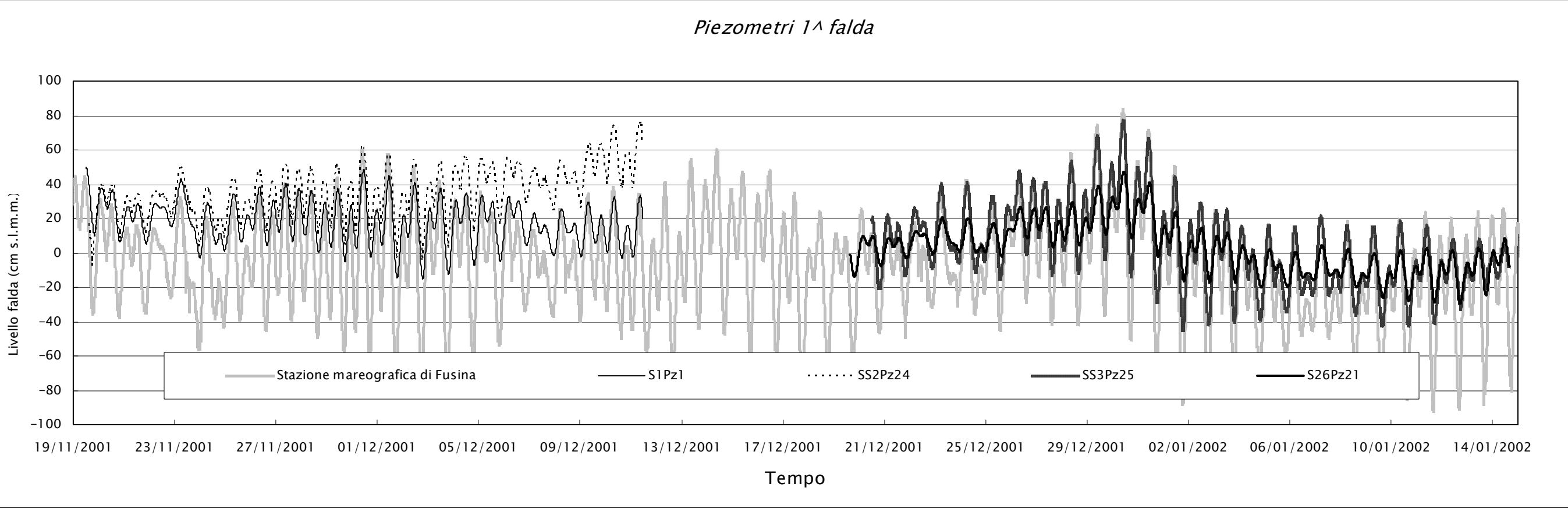


Figura 4.38 – Piezometri prima falda

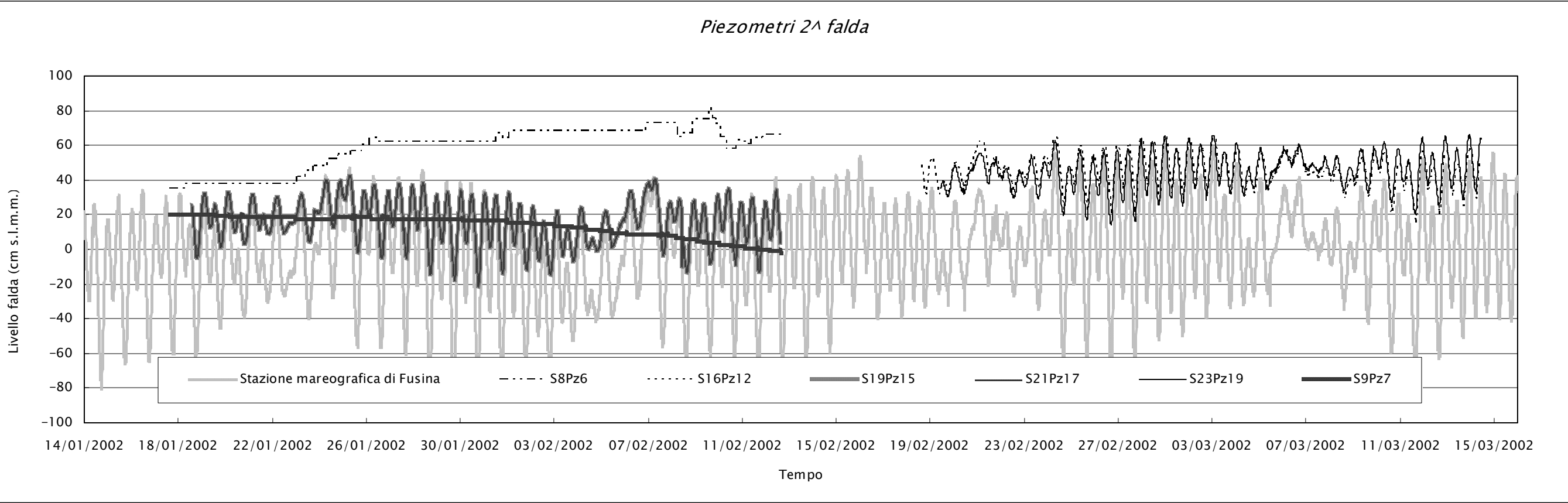
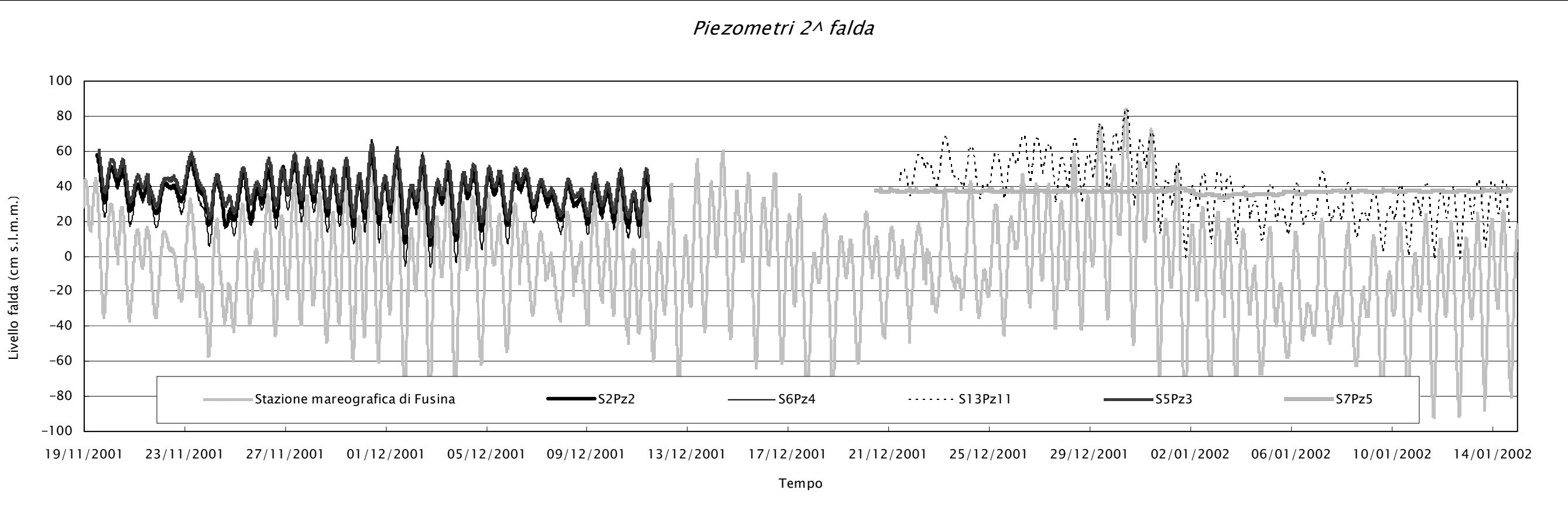


Figura 4.39 – Piezometri seconda falda

#### 4.6 MISURE ELETTROCHIMICHE *IN SITU*

Su ognuna delle carote prelevate nel corso dei sondaggi sono state condotte misure elettrochimiche *in situ* (pH, Eh, e temperatura); le misure sono state effettuate ogni 50 cm a partire dalla superficie fino ad incontrare i sedimenti lagunari originari sottostanti il deposito. In alcuni tratti la tessitura e le caratteristiche granulometriche del materiale di riporto, o il grado di consistenza elevato, non hanno consentito l'inserimento della sonda multiparametrica.

I valori misurati sono riportati nelle stratigrafie relative a ciascun sondaggio; si tratta di valori estremamente variabili in funzione condizioni climatiche del periodo in cui sono state effettuate le indagini (temperatura) e delle caratteristiche del materiale riportato (pH, Eh). Vista la grande quantità di dati acquisiti nel corso delle attività di campo, si è ritenuto opportuno rappresentarli su un grafico che ne visualizzi in maniera chiara ed immediata la distribuzione percentuale (dalla rappresentazione è stata esclusa la temperatura).

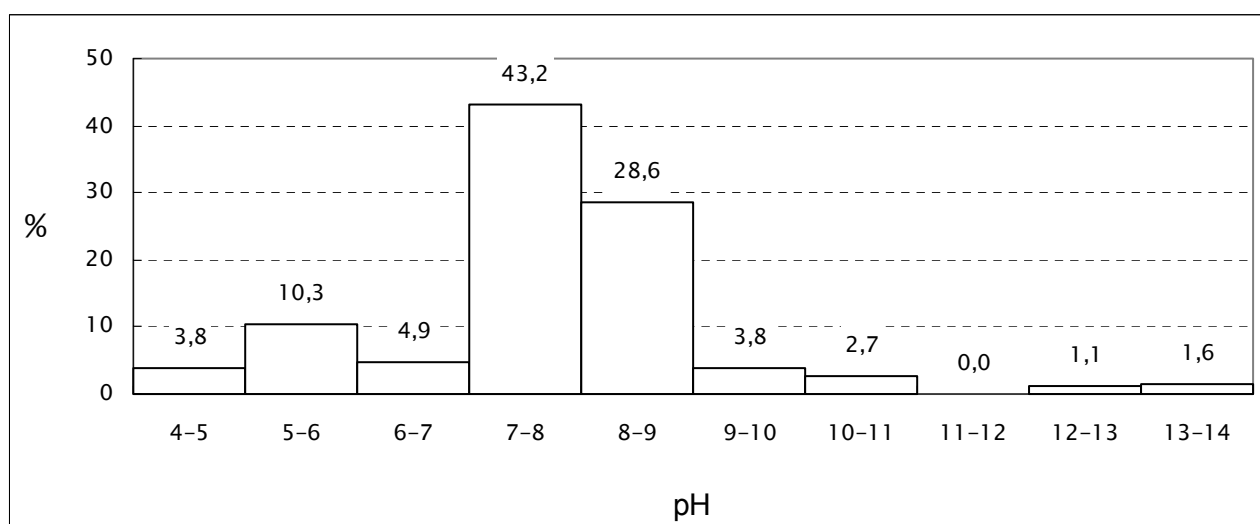


Figura4.39a – Distribuzione delle frequenze del pH

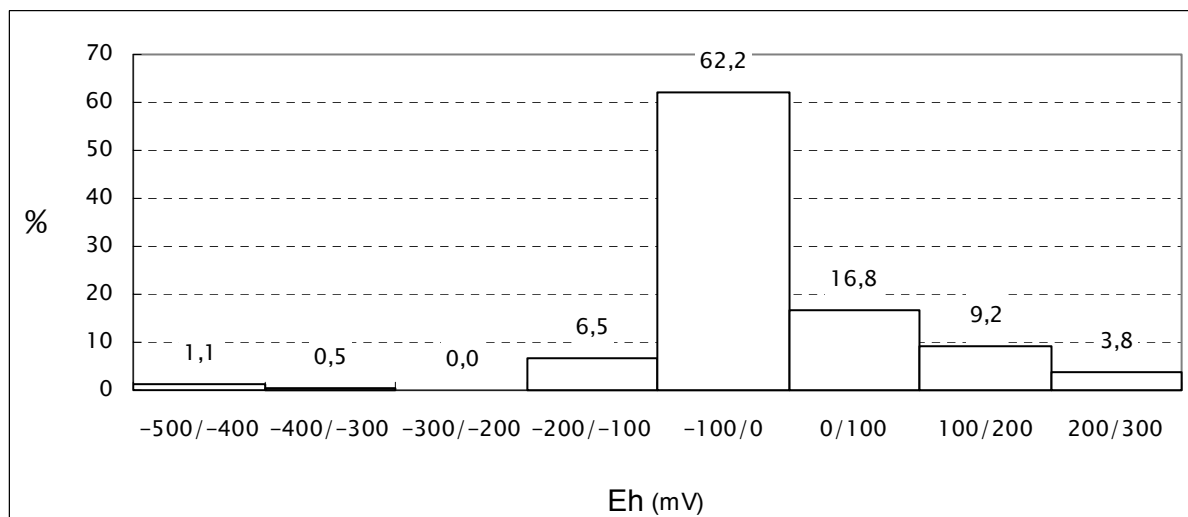


Figura 4.39b – Distribuzione delle frequenze dell'Eh

I dati misurati al momento dell'estrusione delle carote sono visualizzati in ulteriori grafici che evidenziano l'andamento dei due parametri più significativi (pH ed Eh) con la profondità, per ciascun punto di sondaggio.

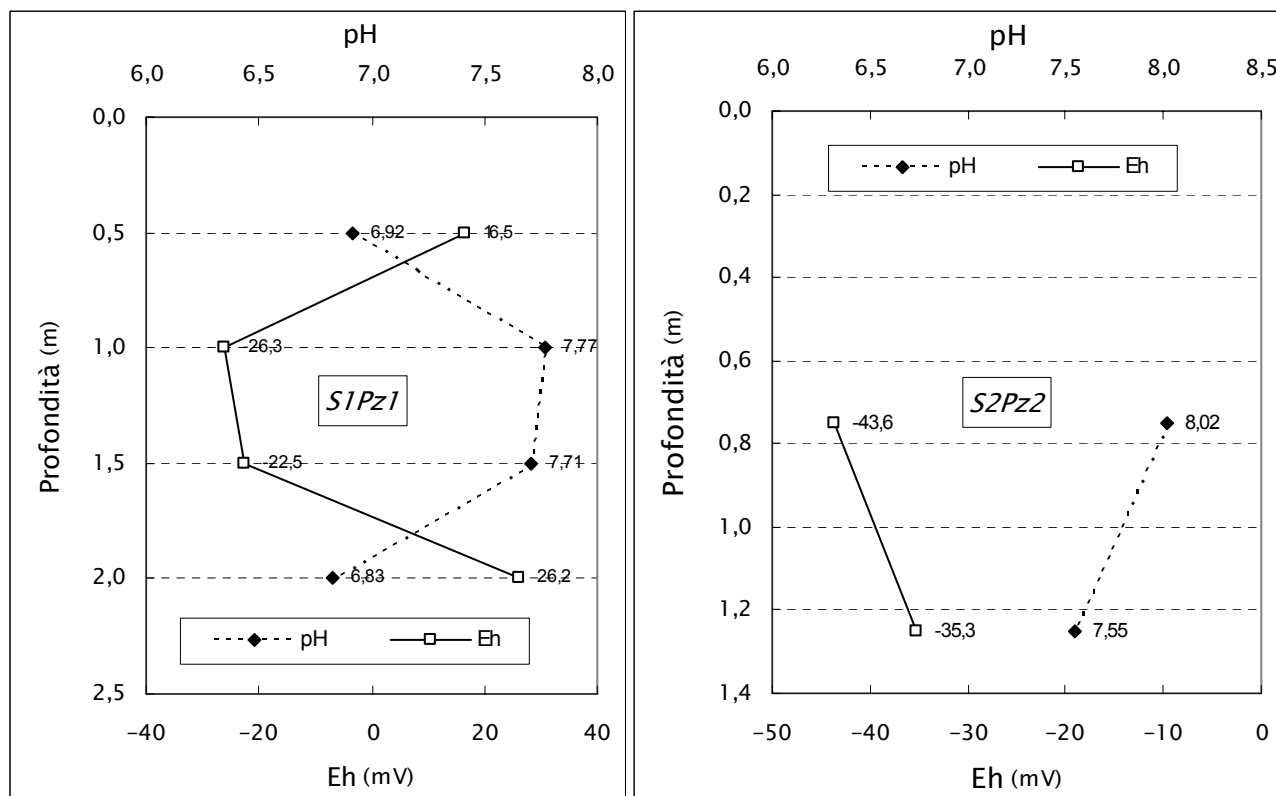


Figure 4.40 a e b – Andamento del pH e dell'Eh con la profondità in S1Pz1 e S2Pz2

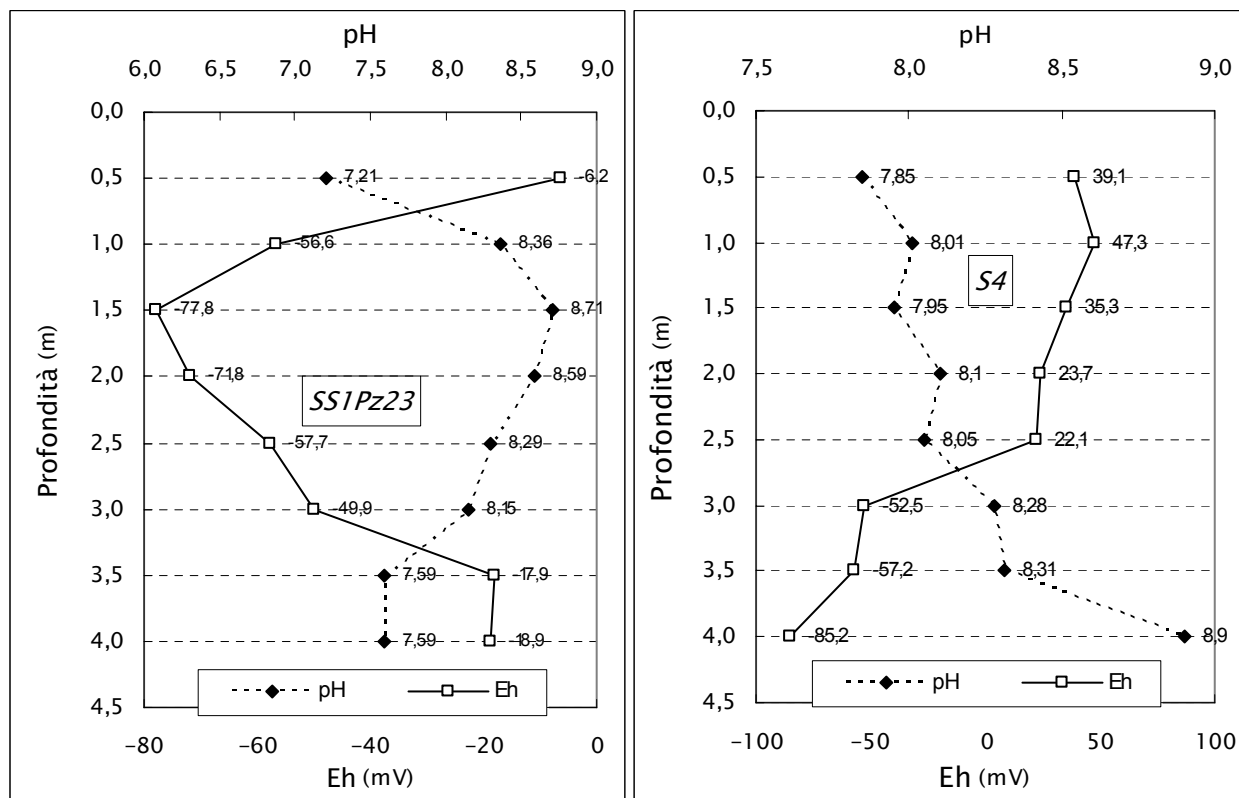


Figure 4.41 a e b – Andamento del pH e dell'Eh con la profondità in SS1Pz23 e S4

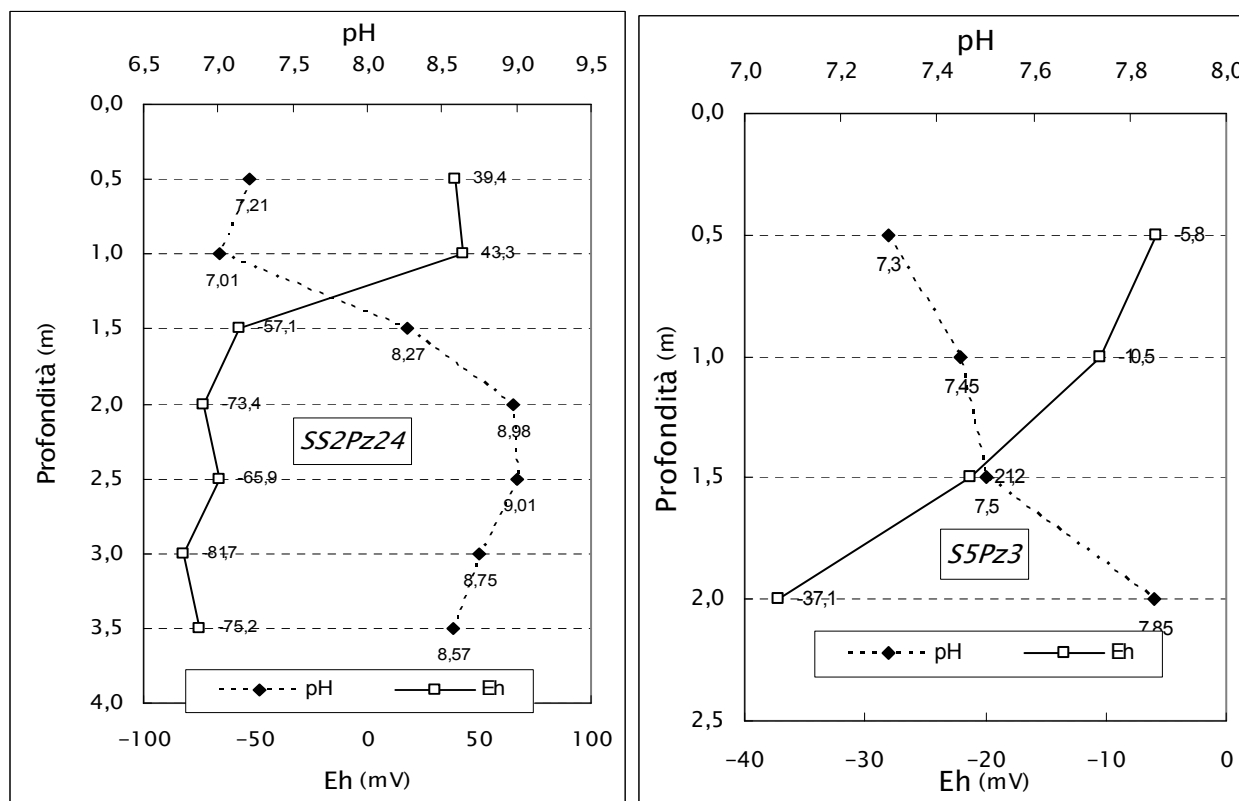


Figure 4.42 a e b – Andamento del pH e dell'Eh con la profondità in SS2Pz24 e S5Pz3

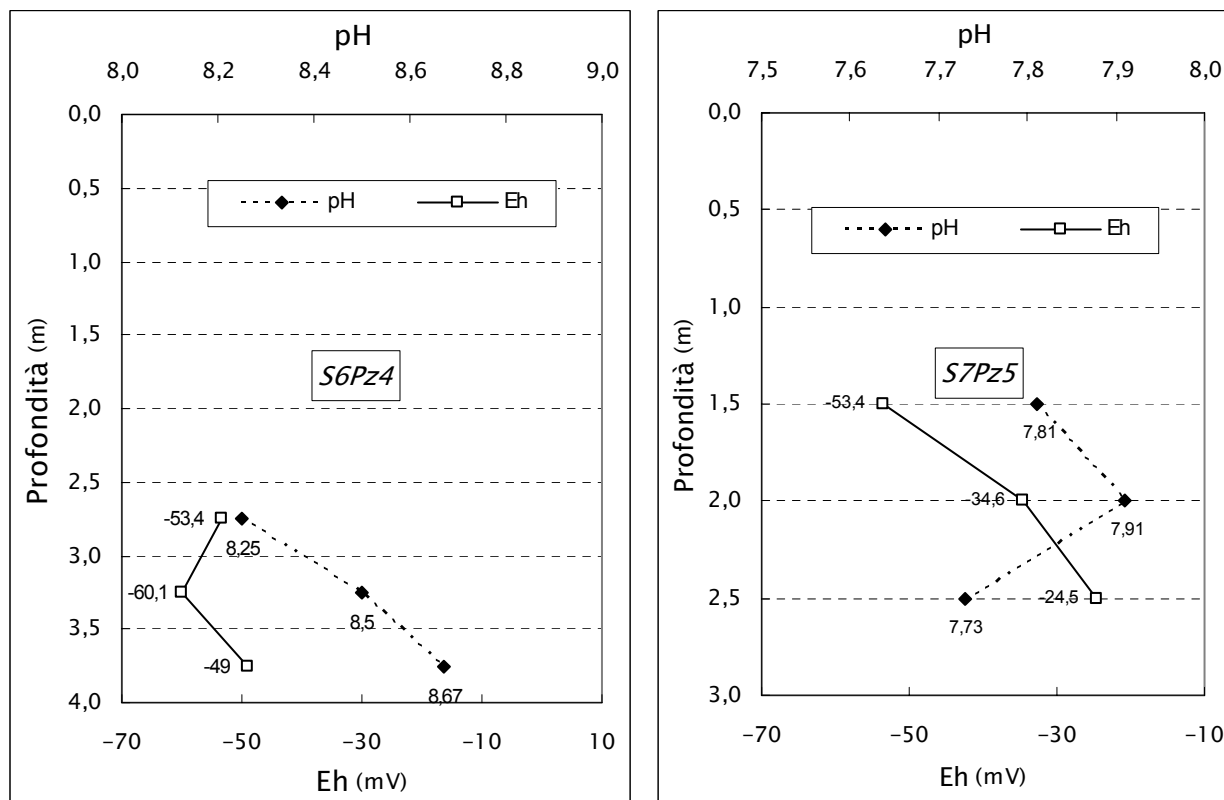


Figure 4.43 a e b - Andamento del pH e dell'Eh con la profondità in S6Pz4 e S7Pz5

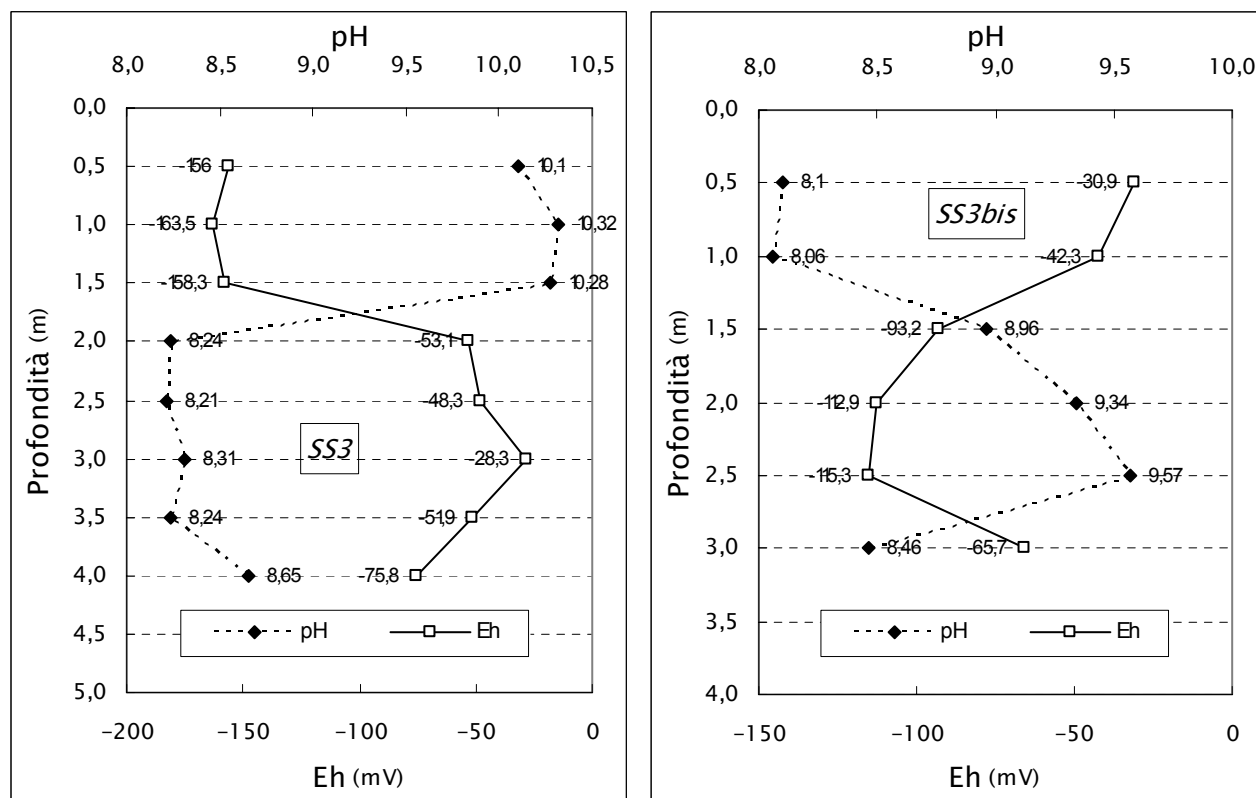


Figure 4.44 a e b - Andamento del pH e dell'Eh con la profondità in SS3 e SS3bis

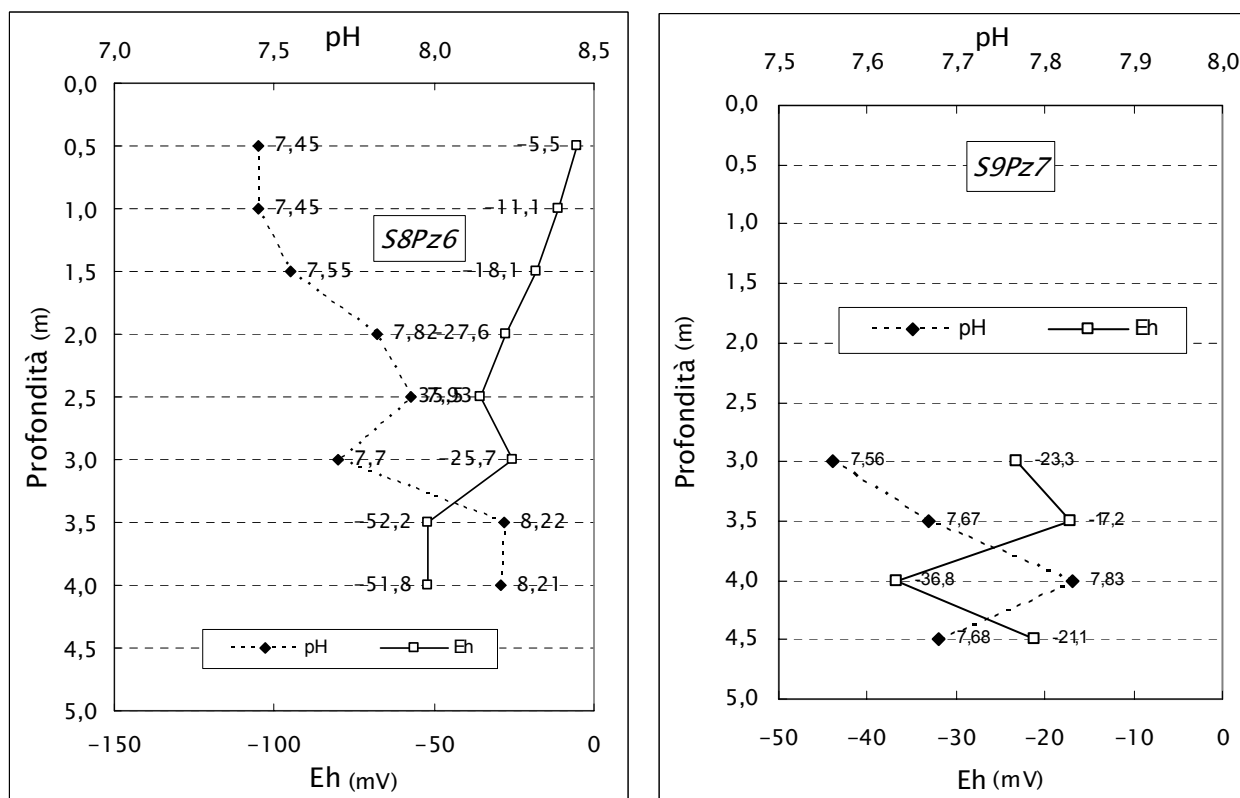


Figure 4.45 a e b – Andamento del pH e dell'Eh con la profondità in S8Pz6 e S9Pz7

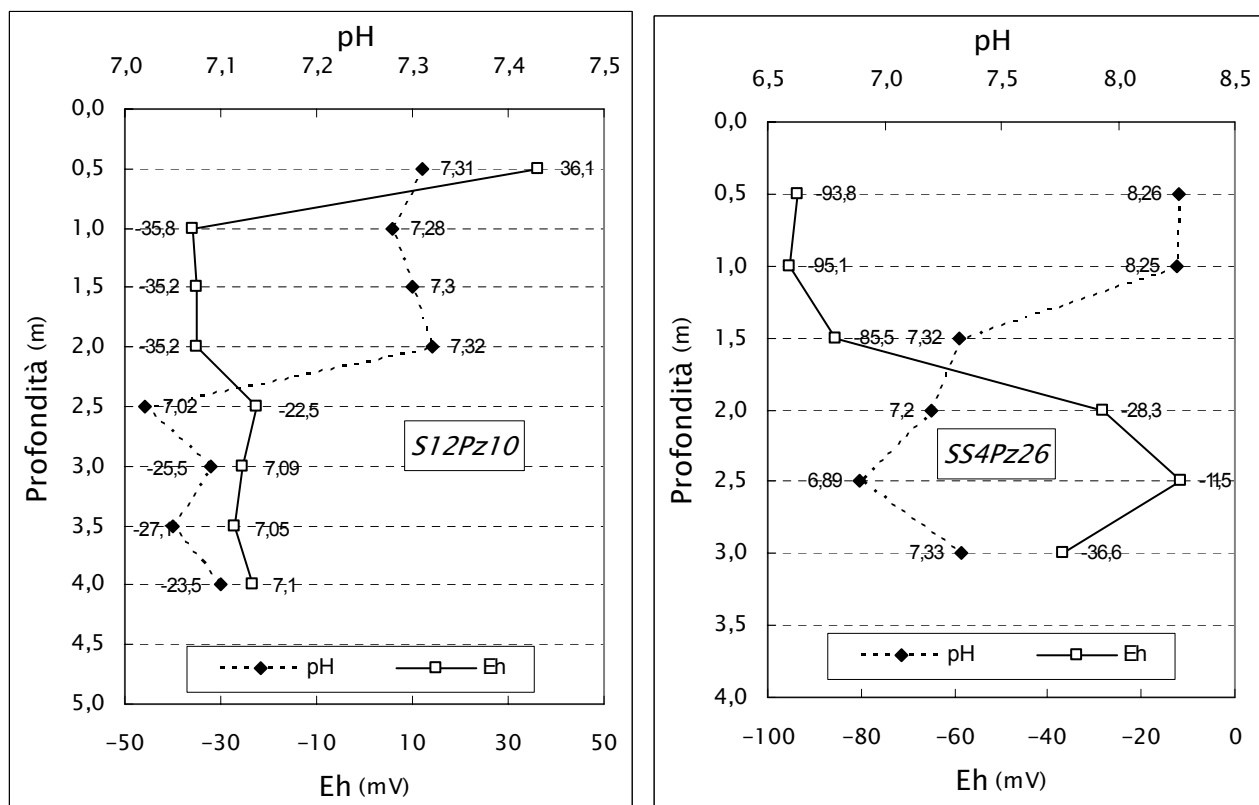


Figure 4.46 a e b – Andamento del pH e dell'Eh con la profondità in S12Pz10 e SS4Pz26

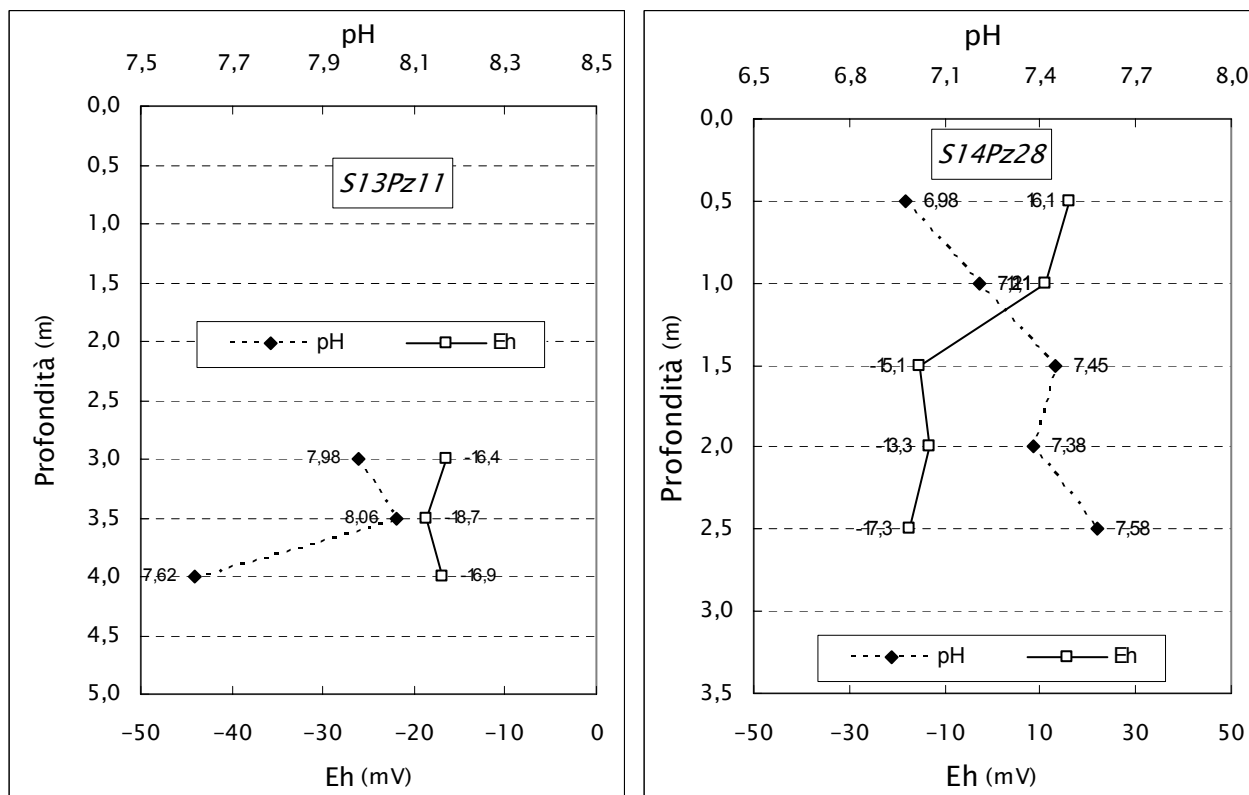


Figure 4.47 a e b – Andamento del pH e dell'Eh con la profondità in S13Pz11 e S14Pz28

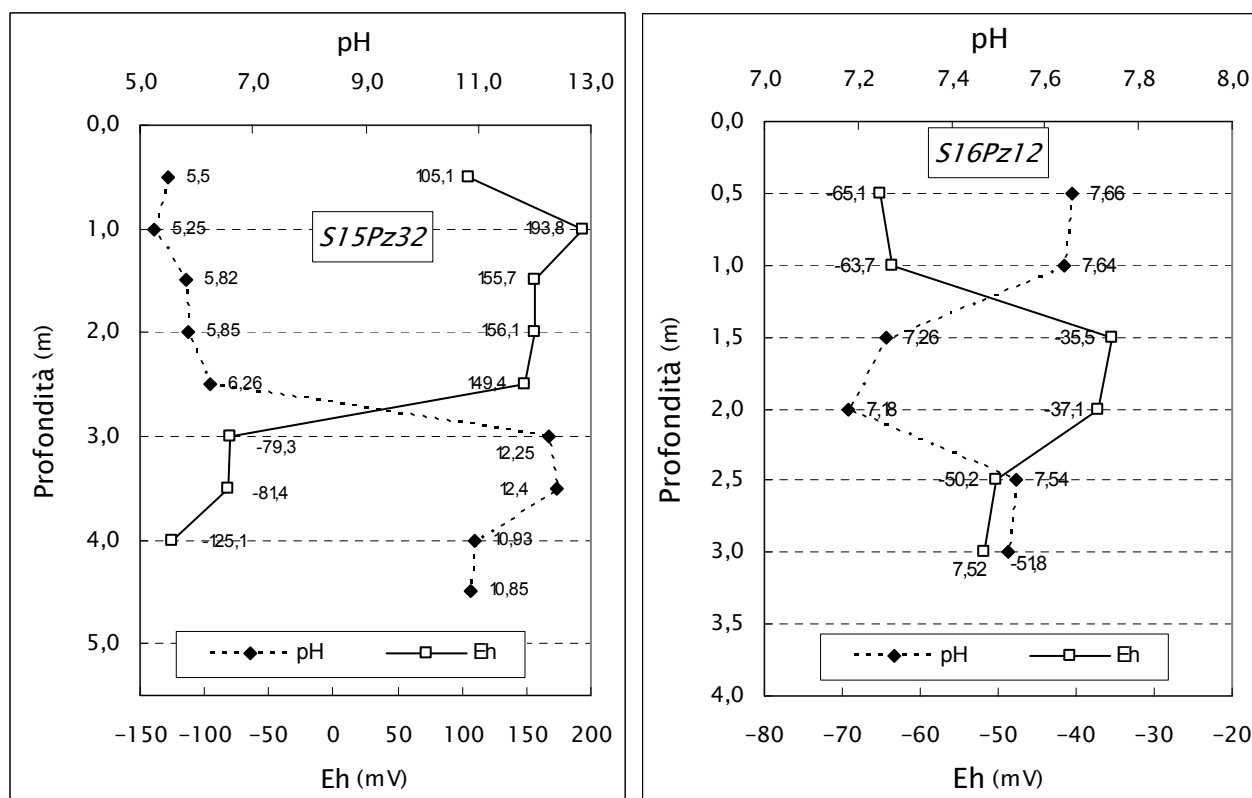


Figure 4.48 a e b – Andamento del pH e dell'Eh con la profondità in S15Pz32 e S16Pz12

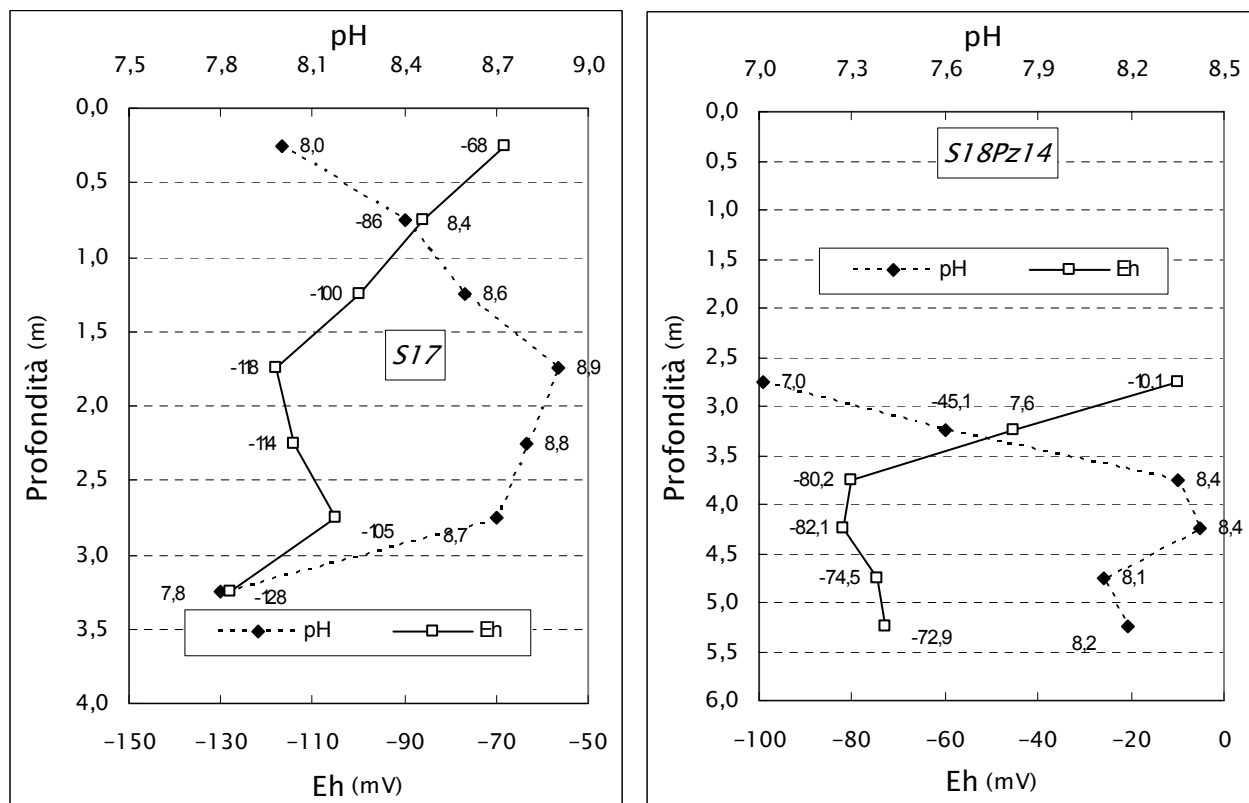


Figure 4.49 a e b – Andamento del pH e dell'Eh con la profondità in S17 e S18Pz14

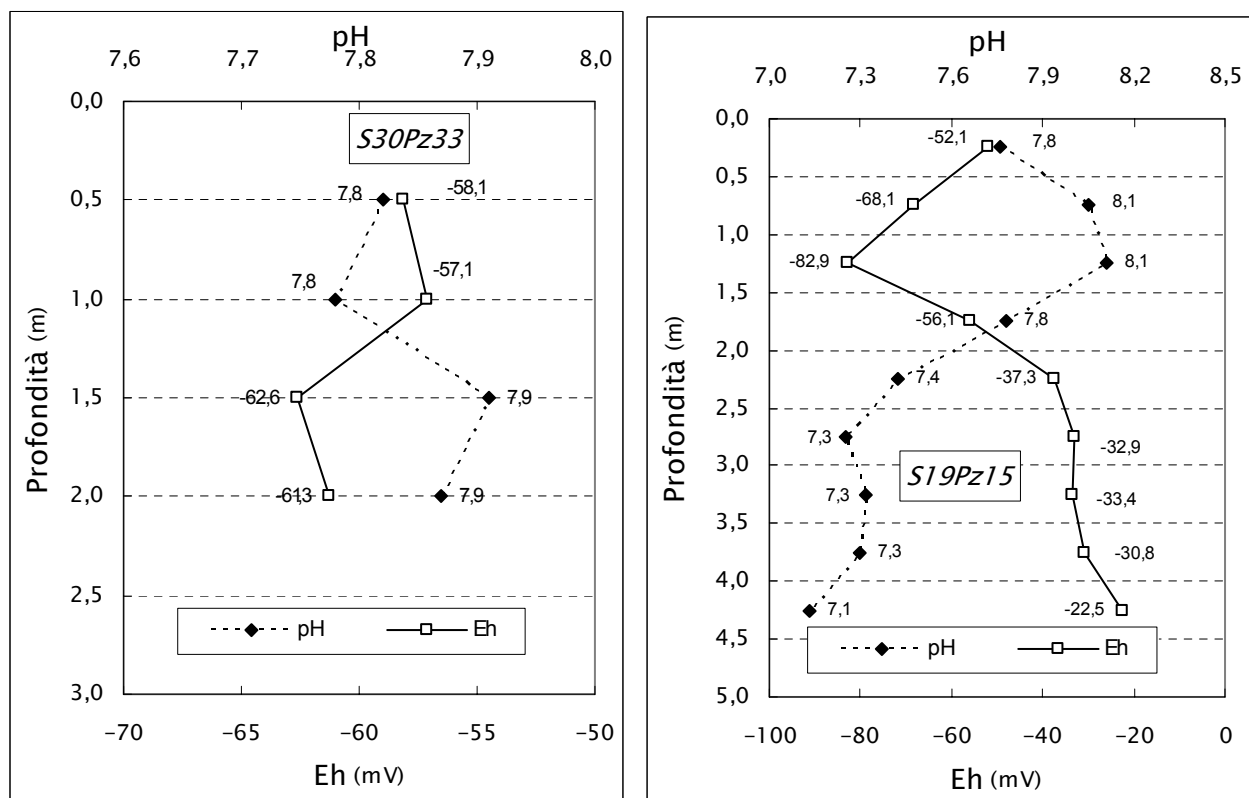


Figure 4.50 a e b – Andamento del pH e dell'Eh con la profondità in S30Pz33 e S19Pz15

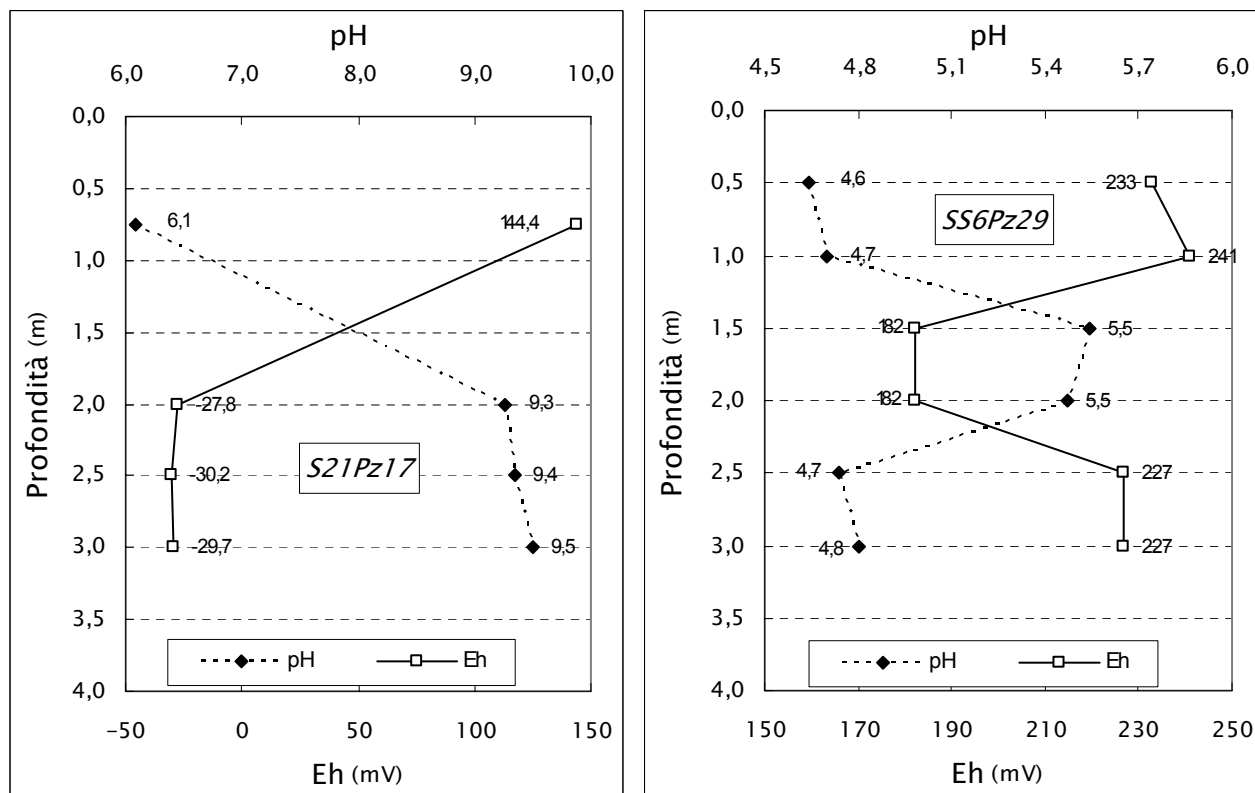


Figure 4.51 a e b – Andamento del pH e dell'Eh con la profondità in S21Pz17 e SS6Pz29

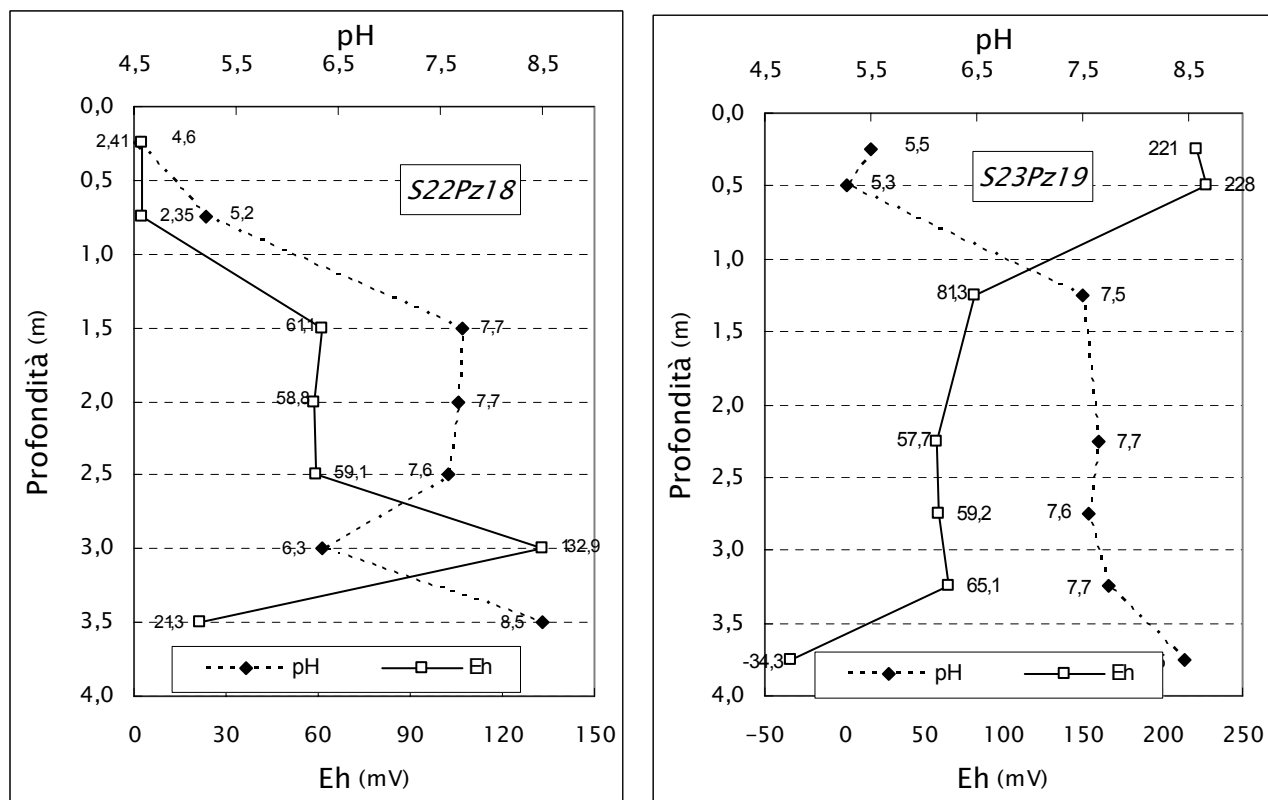


Figure 4.52 a e b – Andamento del pH e dell'Eh con la profondità in S22Pz18 e S23Pz19

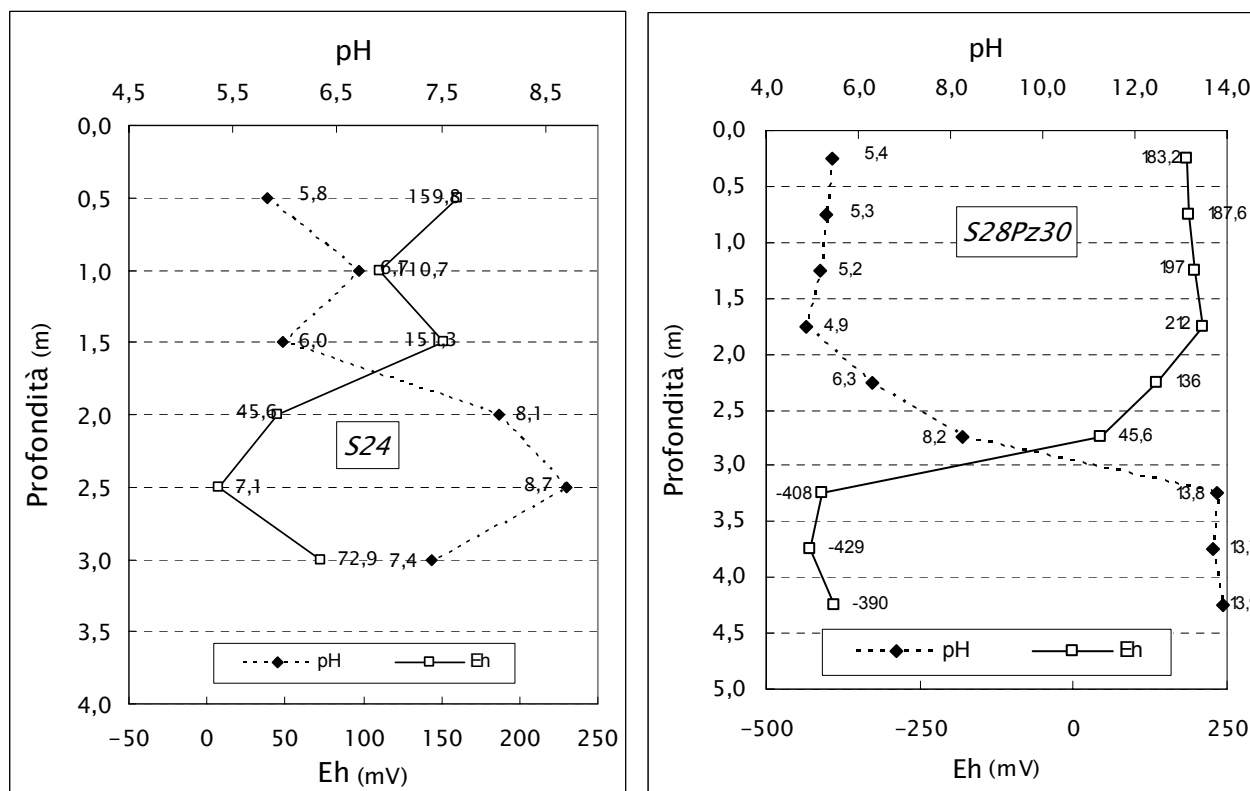


Figure 4.53 a e b - Andamento del pH e dell'Eh con la profondità in S24 e S28Pz30

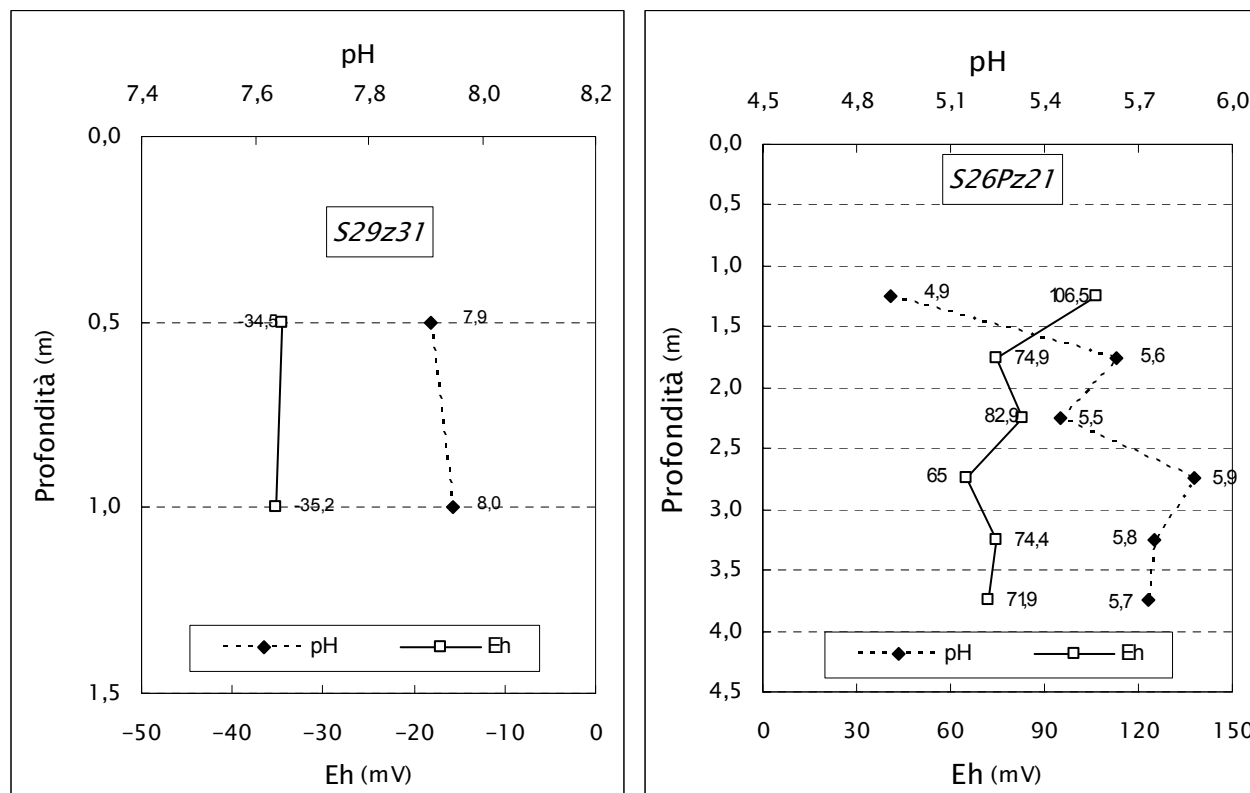


Figure 4.54 a e b - Andamento del pH e dell'Eh con la profondità in S29Pz31 e S26Pz21

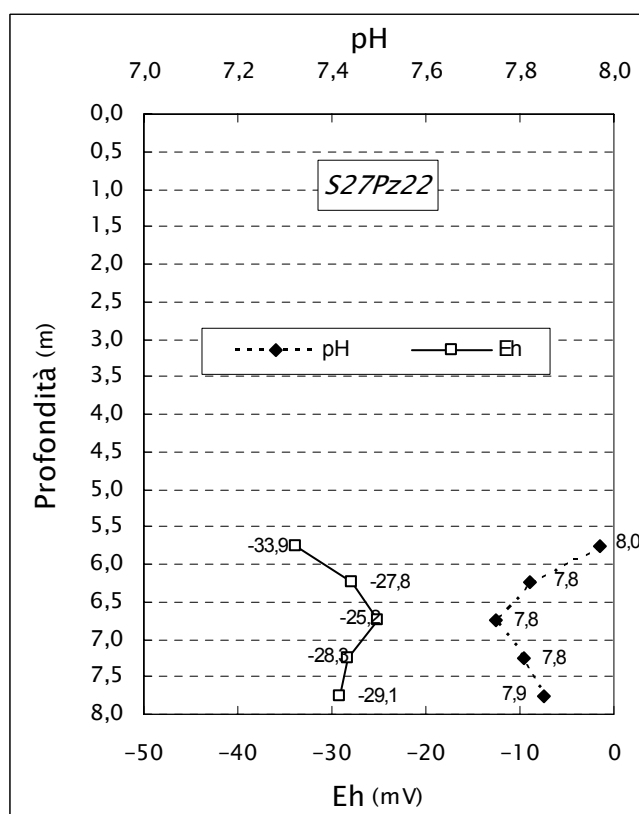


Figura 4.55 – Andamento del pH e dell'Eh con la profondità in S27Pz22

Il potenziale redox dei terreni rappresenta il bilancio ossido riduttivo risultante tra tutte le specie ioniche presenti nel terreno ed è un parametro di estrema importanza in quanto è determinante per le reazioni di rilascio di specie inquinanti dai terreni. Il potenziale stabilisce la tendenza di una reazione di ossidoriduzione a procedere in un senso oppure in quello opposto. Ad ogni semireazione ( $A_{ox} + ne \leftrightarrow A_{rid}$  o  $B_{rid} \leftrightarrow B_{ox} + ne$ , con  $A$  e  $B$  due specie chimiche,  $ne$  numero di elettroni scambiati,  $ox$  e  $rid$  rispettivamente la forma ossidata e quella ridotta) è infatti associato un potenziale elettrochimico che misura la capacità di un sistema naturale di cedere o acquisire elettroni. Quanto più elevato è il potenziale di un sistema redox, tanto più elevata è la sua tendenza ad acquistare elettroni e quindi la sua capacità di ridursi o di ossidare un altro sistema a potenziale inferiore. Il potenziale redox è quindi una misura della “forza” di

un ossidante o di un riducente. In sintesi, *un Eh positivo indica un ambiente ossidante, viceversa un Eh negativo è indicativo di un ambiente riducente.*

Anche il pH è considerato un importante indicatore ambientale in quanto riflette le caratteristiche ossidanti o riducenti di un sistema; come evidenziato dalla maggior parte dei grafici realizzati, l'andamento del pH è generalmente speculare rispetto a quello dell'Eh: un aumento del potenziale di ossidoriduzione è accompagnato da una riduzione del pH. Il range di variazione di entrambi i parametri è piuttosto ampio ed evidentemente funzione delle caratteristiche chimiche del terreno campionato.

Anche i campioni d'acqua prelevati dopo lo spurgo dei piezometri sono stati sottoposti alla determinazione in sito del pH, della conducibilità e della temperatura. I valori, riportati nei profili stratigrafici e nella tabella riassuntiva 4.10, indicano la presenza di acque di falda con valori di pH prossimi al valore neutro e conducibilità tipiche di acque salmastre e salate.

## 5. PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Nel corso dei sondaggi a rotazione con carotaggio continuo sono stati prelevati centonove campioni indisturbati e settantadue campioni rimaneggiati da destinare all'esecuzione di prove geotecniche di laboratorio. Nella tabella che segue sono riepilogate le sigle dei campioni e le profondità di prelievo sia rispetto al piano campagna sia rispetto al livello medio mare. Per le modalità di prelievo si faccia riferimento a quanto riportato nel paragrafo 3.4.

*Tabella 5.1a – Campioni indisturbati (C.I.)*

Sigla sondaggio e piezometro	Azienda	Quota piano campagna	Sigla C.I.	Profondità C.I.			
				m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.
S1 Pz1	Nuova Sirma	2,09	S1Pz1 /A	7,50	8,10	-5,41	-6,01
			S1Pz1 /B	9,00	9,60	-6,91	-7,51
			S1Pz1 /C	16,50	17,10	-14,41	-15,01
S2 Pz2	Nuova Sirma	2,23	S2Pz2 /A	6,00	6,60	-3,77	-4,37
			S2Pz2 /B	7,50	8,10	-5,27	-5,87
			S2Pz2 /C	9,00	9,60	-6,77	-7,37
			S2Pz2 /D	10,50	11,10	-8,27	-8,87
			S2Pz2 /E	15,00	15,60	-12,77	-13,37
SS1Pz23	S.Marco P.	2,7	non previsti				
S4	S.Marco P.	2,67	S4 /A	4,50	5,10	-1,83	-2,43
			S4 /B	6,00	6,60	-3,33	-3,93
			S4 /C	9,00	9,60	-6,33	-6,93
SS2 Pz24	Pagnan	2,46	non previsti				
S5 Pz3	Pagnan	2,37	S5Pz3 /A	4,50	5,10	-2,13	-2,73
			S5Pz3 /B	7,50	8,10	-5,13	-5,73
			S5Pz3 /C	9,10	9,70	-6,73	-7,33
			S5Pz3 /D	10,50	11,10	-8,13	-8,73
			S5Pz3 /E	15,00	15,60	-12,63	-13,23
S6 Pz4	Pagnan	2,24	S6Pz4 /A	6,00	6,60	-3,76	-4,36
			S6Pz4 /B	7,50	8,10	-5,26	-5,86
			S6Pz4 /C	9,00	9,60	-6,76	-7,36
			S6Pz4 /D	15,00	15,60	-12,76	-13,36

Tabella 5.1a – Campioni indisturbati (C.I.). Continua

Sigla sondaggio e piezometro	Azienda	Quota piano campagna	Sigla C.I.	Profondità C.I.			
				m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.
S7 Pz5	43 ha	2,52	S7Pz5/A	6,00	6,60	-3,48	-4,08
			S7Pz5/B	7,50	8,10	-4,98	-5,58
			S7Pz5/C	9,50	10,10	-6,98	-7,58
			S7Pz5/D	10,50	11,10	-7,98	-8,58
			S7Pz5/E	28,50	29,10	-25,98	-26,58
SS3 Pz25	43 ha	2,41	non previsti				
SS3 bis	43 ha	2,43	non previsti				
S8 Pz6	43 ha	3,03	S8Pz6/A	7,50	8,10	-4,47	-5,07
			S8Pz6/B	9,00	9,60	-5,97	-6,57
			S8Pz6/C	10,50	11,10	-7,47	-8,07
			S8Pz6/D	15,00	15,60	-11,97	-12,57
S9 Pz7	43 ha	2,95	non previsti				
S10 Pz8	Decal	2,13	S10Pz8/A	7,50	8,10	-5,37	-5,97
			S10Pz8/B	9,00	9,60	-6,87	-7,47
			S10Pz8/C	13,50	14,10	-11,37	-11,97
			S10Pz8/D	15,00	15,60	-12,87	-13,47
S12 Pz10	Amav	2,82	S12Pz10/A	9,00	9,60	-6,18	-6,78
			S12Pz10/B	12,90	13,50	-10,08	-10,68
			S12Pz10/C	15,00	15,60	-12,18	-12,78
			S12Pz10/D	29,40	30,00	-26,58	-27,18
SS4 Pz26	Amav	2,6	non previsti				
S13 Pz11	Amav	2,57	S13Pz11/A	4,50	5,10	-1,93	-2,53
			S13Pz11/B	9,00	9,60	-6,43	-7,03
			S13Pz11/C	13,50	14,10	-10,93	-11,53
			S13Pz11/D	15,00	15,60	-12,43	-13,03
			S13Pz11/E	16,50	17,10	-13,93	-14,53
S14 Pz28	ex Abibes	1,89	non previsti				
S15 Pz32	Alcoa	2,42	S15Pz32/A	4,50	5,10	-2,08	-2,68
			S15Pz32/B	9,00	9,60	-6,58	-7,18
			S15Pz32/C	12,90	13,50	-10,48	-11,08
			S15Pz32/D	15,00	15,60	-12,58	-13,18
			S15Pz32/E	22,50	23,10	-20,08	-20,68
S16 Pz12	Alcoa	2,18	S16Pz12/A	9,20	9,80	-7,02	-7,62
			S16Pz12/B	13,50	14,10	-11,32	-11,92
			S16Pz12/C	15,00	15,60	-12,82	-13,42
			S16Pz12/D	22,50	23,10	-20,32	-20,92
			S16Pz12/E	29,40	30,00	-27,22	-27,82
S17	Alcoa	2,13	S17/A	9,00	9,60	-6,87	-7,47
			S17/B	12,00	12,60	-9,87	-10,47
			S17/C	13,50	14,10	-11,37	-11,97
			S17/D	15,00	15,60	-12,87	-13,47
			S17/E	24,00	24,60	-21,87	-22,47

Tabella 5.1a – Campioni indisturbati (C.I.). Continua

Sigla sondaggio e piezometro	Azienda	Quota piano campagna	Sigla C.I.	Profondità C.I.			
				m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.
S18 Pz14	Alcoa	2,3	S18Pz14/A	4,60	5,20	-2,30	-2,90
			S18Pz14/B	13,50	14,10	-11,20	-11,80
			S18Pz14/C	15,00	15,60	-12,70	-13,30
			S18Pz14/D	21,00	21,60	-18,70	-19,30
			S18Pz14/E	22,60	23,20	-20,30	-20,90
S30 Pz33	Alcoa	2,11	S30Pz33/A	9,00	9,60	-6,89	-7,49
			S30Pz33/B	13,50	14,10	-11,39	-11,99
			S30Pz33/C	15,00	15,60	-12,89	-13,49
			S30Pz33/D	21,00	21,60	-18,89	-19,49
			S30Pz33/E	22,50	23,10	-20,39	-20,99
S19 Pz15	Alcoa	2,03	S19Pz15/A	7,50	8,10	-5,47	-6,07
			S19Pz15/B	12,00	12,60	-9,97	-10,57
			S19Pz15/C	21,00	21,60	-18,97	-19,57
			S19Pz15/D	22,50	23,10	-20,47	-21,07
			S19Pz15/E	26,90	27,50	-24,87	-25,47
S21 Pz17	Enel	2,21	S21Pz17/A	4,50	5,10	-2,29	-2,89
			S21Pz17/B	16,50	17,1	-14,29	-14,89
			S21Pz17/C	18,00	18,6	-15,79	-16,39
			S21Pz17/D	19,50	20,10	-17,29	-17,89
SS6 Pz29	Enel	2,24	non previsti				
S22 Pz18	Edison	2,45	S22Pz18/A	4,50	5,1	-2,05	-2,65
			S22Pz18/B	6,00	6,6	-3,55	-4,15
			S22Pz18/C	15,00	15,6	-12,55	-13,15
			S22Pz18/D	16,50	17,1	-14,05	-14,65
			S22Pz18/E	18,00	18,6	-15,55	-16,15
S23 Pz19	Edison	2,1	S23Pz19/A	4,50	5,10	-2,40	-3,00
			S23Pz19/B	13,50	14,10	-11,40	-12,00
			S23Pz19/C	15,00	15,60	-12,90	-13,50
			S23Pz19/D	16,50	17,10	-14,40	-15,00
			S23Pz19/E	18,90	19,50	-16,80	-17,40
S24	Edison	1,96	S24/A	4,50	5,10	-2,54	-3,14
			S24/B	12,00	12,60	-10,04	-10,64
			S24/C	14,50	15,10	-12,54	-13,14
			S24/D	16,50	17,10	-14,54	-15,14
			S24/E	19,50	20,10	-17,54	-18,14
S28 Pz30	Edison	2,09	S28Pz30/A	4,50	5,10	-2,41	-3,01
			S28Pz30/B	13,50	14,10	-11,41	-12,01
			S28Pz30/C	17,50	18,10	-15,41	-16,01
S29 Pz31	Aspiv	2,97	S29Pz31/A	13,50	14,10	-10,53	-11,13
			S29Pz31/B	18,00	18,60	-15,03	-15,63
			S29Pz31/C	19,50	20,10	-16,53	-17,13
			S29Pz31/D	21,00	21,60	-18,03	-18,63
			S29Pz31/E	22,50	23,10	-19,53	-20,13

Tabella 5.1a – Campioni indisturbati (C.I.). Continua

Sigla sondaggio e piezometro	Azienda	Quota piano campagna	Sigla C.I.	Profondità C.I.			
				m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.
S26 Pz21	Aspiv	2,46	S26Pz21/A	6,00	6,60	-3,54	-4,14
			S26Pz21/B	12,00	12,60	-9,54	-10,14
			S26Pz21/C	16,50	17,10	-14,04	-14,64
			S26Pz21/D	18,00	18,60	-15,54	-16,14
			S26Pz21/E	19,50	20,10	-17,04	-17,64
S27 Pz22	Aspiv	2,77	S27Pz22/A	12,00	12,60	-9,23	-9,83
			S27Pz22/B	13,50	14,10	-10,73	-11,33
			S27Pz22/C	22,50	23,10	-19,73	-20,33
			S27Pz22/D	24,00	24,60	-21,23	-21,83
			S27Pz22/E	28,50	29,10	-25,73	-26,33

Tabella 5.1b – Campioni rimaneggiati (C.R.)

Sigla sondaggio e piezometro	Azienda	Quota piano campagna	Sigla C.R.	Profondità C.R.			
				m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.
S1 Pz1	Nuova Sirma	2,09	S1Pz1/R1	6,00	6,45	-3,91	-4,36
			S1Pz1/R2	12,00	12,45	-9,91	-10,36
			S1Pz1/R3	18,00	18,45	-15,91	-16,36
S2 Pz2	Nuova Sirma	2,23	S2Pz2/R1	12,00	12,45	-9,77	-10,22
			S2Pz2/R2	18,00	18,45	-15,77	-16,22
			S2Pz2/R3	21,00	21,45	-18,77	-19,22
SS1Pz23	S.Marco P.	2,70	non previsti				
S4	S.Marco P.	2,67	S4/R1	12,00	12,45	-9,33	-9,78
			S4/R2	15,00	15,45	-12,33	-12,78
			S4/R3	18,00	18,45	-15,33	-15,78
SS2 Pz24	Pagnan	2,46	non previsti				
S5 Pz3	Pagnan	2,37	S5Pz3/R1	6,00	6,45	-3,63	-4,08
			S5Pz3/R2	16,50	16,95	-14,13	-14,58
			S5Pz3/R3	25,50	25,95	-23,13	-23,58
S6 Pz4	Pagnan	2,24	S6Pz4/R1	18,00	18,45	-15,76	-16,21
			S6Pz4/R2	21,00	21,45	-18,76	-19,21
			S6Pz4/R3	24,00	24,45	-21,76	-22,21
S7 Pz5	43 ha	2,52	S7Pz5/R1	16,50	16,95	-13,98	-14,43
			S7Pz5/R2	19,50	19,95	-16,98	-17,43
			S7Pz5/R3	22,50	22,95	-19,98	-20,43
SS3 Pz25	43 ha	2,41	non previsti				
SS3 bis	43 ha	2,43	non previsti				
S8 Pz6	43 ha	3,03	S8Pz6/R1	18,00	18,45	-14,97	-15,42
			S8Pz6/R2	25,50	25,95	-22,47	-22,92
			S8Pz6/R3	30,00	30,45	-26,97	-27,42

Tabella 5.1b – Campioni rimaneggiati (C.R.). Continua

Sigla sondaggio e piezometro	Azienda	Quota piano campagna	Sigla C.R.	Profondità C.R.			
		m s.l.m.m.		m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.
S9 Pz7	43 ha	2,95	non previsti				
S10 Pz8	Decal	2,13	S10Pz8/R1	10,50	10,95	-8,37	-8,82
			S10Pz8/R2	18,00	18,45	-15,87	-16,32
			S10Pz8/R3	19,50	19,95	-17,37	-17,82
S12 Pz10	Amav	2,82	S12Pz10/R1	6,00	6,45	-3,18	-3,63
			S12Pz10/R2	11,50	11,95	-8,68	-9,13
			S12Pz10/R3	19,50	19,95	-16,68	-17,13
SS4 Pz26	Amav	2,60	non previsti				
S13 Pz11	Amav	2,57	S13Pz11/R1	21,00	21,45	-18,43	-18,88
			S13Pz11/R2	24,00	24,45	-21,43	-21,88
			S13Pz11/R3	29,55	30,00	-26,98	-27,43
S14 Pz28	ex Abibes	1,89	non previsti				
S15 Pz32	Alcoa	2,42	S15Pz32/R1	10,50	10,95	-8,08	-8,53
			S15Pz32/R2	16,50	16,95	-14,08	-14,53
			S15Pz32/R3	19,50	19,95	-17,08	-17,53
S16 Pz12	Alcoa	2,18	S16Pz12/R1	7,50	7,95	-5,32	-5,77
			S16Pz12/R2	12,00	12,45	-9,82	-10,27
			S16Pz12/R3	16,5	16,95	-14,32	-14,77
S17	Alcoa	2,13	S17/R1	7,20	7,65	-5,07	-5,52
			S17/R2	16,40	16,85	-14,27	-14,72
			S17/R3	18,00	18,45	-15,87	-16,32
S18 Pz14	Alcoa	2,30	S18 Pz14/R1	7,00	7,45	-4,70	-5,15
			S18 Pz14/R2	12,00	12,45	-9,70	-10,15
			S18 Pz14/R3	16,50	16,95	-14,20	-14,65
S30 Pz33	Alcoa	2,11	S30 Pz33/R1	10,50	10,95	-8,39	-8,84
			S30 Pz33/R2	16,50	16,95	-14,39	-14,84
			S30 Pz33/R3	30,00	30,45	-27,89	-28,34
S19 Pz15	Alcoa	2,03	S19 Pz15/R1	10,50	10,95	-8,47	-8,92
			S19 Pz15/R2	16,50	16,95	-14,47	-14,92
			S19 Pz15/R3	18,00	18,45	-15,97	-16,42
S21 Pz17	Enel	2,21	S21Pz17/R1	7,50	7,95	-5,29	-5,74
			S21Pz17/R2	14,50	14,95	-12,29	-12,74
			S21Pz17/R3	21,00	21,45	-18,79	-19,24
SS6 Pz29	Enel	2,24	non previsti				
S22 Pz18	Edison	2,45	S22Pz18/R1	10,50	10,95	-8,05	-8,50
			S22Pz18/R2	24,00	24,45	-21,55	-22,00
			S22Pz18/R3	27,00	27,45	-24,55	-25,00
S23 Pz19	Edison	2,10	S23Pz19/R1	9,00	9,45	-6,90	-7,35
			S23Pz19/R2	25,50	25,95	-23,40	-23,85
			S23Pz19/R3	29,55	30,00	-27,45	-27,90
S24	Edison	1,96	S24/R1	6,00	6,45	-4,04	-4,49
			S24/R2	21,00	21,45	-19,04	-19,49
			S24/R3	22,50	22,95	-20,54	-20,99

Tabella 5.1b – Campioni rimaneggiati (C.R.). Continua

Sigla sondaggio e piezometro	Azienda	Quota piano campagna	Sigla C.R.	Profondità C.R.			
				m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.
S28 Pz30	Edison	2,09	S28Pz30/R1	7,50	7,95	-5,41	-5,86
			S28Pz30/R2	10,50	10,95	-8,41	-8,86
			S28Pz30/R3	21,00	21,45	-18,91	-19,36
S29 Pz31	Aspiv	2,97	S29 Pz31/R1	7,50	7,95	-4,53	-4,98
			S29 Pz31/R2	10,50	10,95	-7,53	-7,98
			S29 Pz31/R3	15,00	15,45	-12,03	-12,48
S26 Pz21	Aspiv	2,46	S26 Pz21/R1	9,00	9,45	-6,54	-6,99
			S26 Pz21/R2	15,00	15,45	-12,54	-12,99
			S26 Pz21/R3	24,00	24,45	-21,54	-21,99
S27 Pz22	Aspiv	2,77	S27 Pz22/R1	9,00	9,45	-6,23	-6,68
			S27 Pz22/R2	15,00	15,45	-12,23	-12,68
			S27 Pz22/R3	16,50	16,95	-13,73	-14,18

Le prove geotecniche effettuate per la determinazione delle proprietà indice e dei principali parametri meccanici sui campioni indisturbati sono le seguenti:

- *analisi granulometriche*
- *determinazione dei limiti di Atterberg*
- *determinazione del contenuto naturale d'acqua  $w_N$*
- *determinazione del peso specifico  $G_s$  (peso specifico dei grani)*
- *determinazione del peso di volume  $\gamma$  (peso specifico apparente)*
- *prove di taglio diretto*
- *prove di compressione con espansione laterale libera*
- *prove triassiali consolidata non drenata CIU e consolidata drenata CID*
- *prove edometriche*
- *determinazione delle resistenze al Pocket Penetrometer e al Torvane*

Sui campioni rimaneggiati sono state effettuate solo le seguenti determinazioni:

- *analisi granulometriche*

- *determinazione dei limiti di Atterberg*
- *determinazione del contenuto naturale d'acqua  $w_N$*
- *determinazione del peso specifico  $G_s$  (peso specifico dei grani)*

Le analisi granulometriche, la determinazione del peso specifico dei grani e del contenuto naturale d'acqua sono state condotte anche sui settantotto campioni rimaneggiati prelevati dagli strati superficiali per la caratterizzazione chimica dei suoli. Per quanto riguarda il  $w_N$  e il  $G_s$ , la prova è stata condotta sulla frazione più fine (sabbia, limo e argilla).

*Tabella 5.1c – Campioni rimaneggiati per analisi chimiche (C.R.).*

Sigla sondaggio e piezometro	Azienda	Quota piano campagna	Profondità C.R.			
			m s.l.m.m.	m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.
S1 Pz1	Nuova Sirma	2,09	0,00	1,80	2,09	0,29
			1,80	4,00	0,29	-1,91
			4,00	6,00	-1,91	-3,91
S2 Pz2	Nuova Sirma	2,23	0,05	0,80	2,18	1,43
			0,80	1,50	1,43	0,73
			1,50	2,30	0,73	-0,07
SS1Pz23	S.Marco P.	2,70	0,00	2,00	2,70	0,70
			2,00	3,00	0,70	-0,30
			3,00	3,55	-0,30	-0,85
S4	S.Marco P.	2,67	non previsti			
SS2 Pz24	Pagnan	2,46	non previsti			
S5 Pz3	Pagnan	2,37	non previsti			
S6 Pz4	Pagnan	2,24	0,00	1,00	2,24	1,24
			1,00	2,00	1,24	0,24
			3,50	4,00	-1,26	-1,76
S7 Pz5	Pagnan	2,52	0,50	0,90	2,02	1,62
			1,00	2,00	1,52	0,52
			2,00	3,00	0,52	-0,48
SS3 Pz25	43 ha	2,41	0,00	2,90	2,41	-0,49
			2,90	4,50	-0,49	-2,09
			4,50	5,50	-2,09	-3,09
SS3 BIS	43 ha	2,43	0,00	3,00	2,43	-0,57
			3,00	4,00	-0,57	-1,57
			4,00	6,00	-1,57	-3,57
S8 Pz6	43 ha	3,03	0,00	3,10	3,03	-0,07
			3,10	5,50	-0,07	-2,47
			5,50	6,10	-2,47	-3,07

Tabella 5.1c – Campioni rimaneggiati per analisi chimiche (C.R.). Continua

Sigla sondaggio e piezometro	Azienda	Quota piano campagna	Profondità C.R.			
			m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.
S9 Pz7	Decal	2,95	0,50	3,00	2,45	-0,05
			3,00	4,50	-0,05	-1,55
			4,50	5,00	-1,55	-2,05
S10 Pz8	Amav	2,13	0,00	2,80	2,13	-0,67
			2,80	4,30	-0,67	-2,17
			4,30	5,80	-2,17	-3,67
S12 Pz10	Amav	2,82	0,00	1,15	2,82	1,67
			1,15	2,25	1,67	0,57
			2,25	4,40	0,57	-1,58
SS4 Pz26	ex Abibes	2,60	non previsti			
S13 Pz11	Alcoa	2,57	0,00	1,00	2,57	1,57
			1,00	2,00	1,57	0,57
			2,00	3,50	0,57	-0,93
S14 Pz28	Alcoa	1,89	non previsti			
S15 Pz32	Alcoa	2,42	0,00	1,00	2,42	1,42
			1,00	2,60	1,42	-0,18
			2,60	3,25	-0,18	-0,83
S16 Pz12	Alcoa	2,18	0,00	1,00	2,18	1,18
			1,00	2,00	1,18	0,18
			2,00	3,00	0,18	-0,82
S17	Alcoa	2,13	0,00	3,00	2,13	-0,87
			3,00	3,30	-0,87	-1,17
			3,30	3,45	-1,17	-1,32
S18 Pz14	Alcoa	2,30	0,05	0,50	2,25	1,80
			0,50	2,10	1,80	0,20
			2,10	2,90	0,20	-0,60
S30 Pz33	Alcoa	2,11	non previsti			
S19 Pz15	Alcoa	2,03	0,05	1,90	1,98	0,13
			1,90	3,50	0,13	-1,47
			3,50	4,50	-1,47	-2,47
S21 Pz17	Enel	2,21	0,00	1,00	2,21	1,21
			1,00	1,90	1,21	0,31
			1,90	4,00	0,31	-1,79
SS6 Pz29	Edison	2,24	0,00	1,00	2,24	1,24
			1,00	1,60	1,24	0,64
			1,60	3,00	0,64	-0,76
S22 Pz18	Edison	2,45	0,00	1,20	2,45	1,25
			1,20	2,00	1,25	0,45
			2,00	3,60	0,45	-1,15
S23 Pz19	Edison	2,10	0,05	1,10	2,05	1,00
			1,10	2,00	1,00	0,10
			2,00	3,50	0,10	-1,40
S24	Edison	1,96	0,00	0,65	1,96	1,31
			0,65	2,00	1,31	-0,04
			2,00	3,40	-0,04	-1,44

Tabella 5.1c – Campioni rimaneggiati per analisi chimiche (C.R.). Continua

Sigla sondaggio e piezometro	Azienda	Quota piano campagna	Profondità C.R.			
			m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.
S28 Pz30	Aspiv	2,09	0,00	1,00	2,09	1,09
			1,00	2,00	1,09	0,09
			2,00	3,00	0,09	-0,91
S29 Pz31	Aspiv	2,97	0,00	1,20	2,97	1,77
			1,20	4,00	1,77	-1,03
			4,00	6,00	-1,03	-3,03
S26 Pz21	Aspiv	2,46	0,00	1,50	2,46	0,96
			1,50	2,00	0,96	0,46
			3,00	4,05	-0,54	-1,59
S27 Pz22	Aspiv	2,77	0,05	3,00	2,72	-0,23
			3,00	5,40	-0,23	-2,63
			5,40	8,00	-2,63	-5,23

I parametri determinati sono riassunti nella tabella riepilogativa allegata a fine capitolo; i certificati di prova sono inclusi negli allegati al presente rapporto finale.

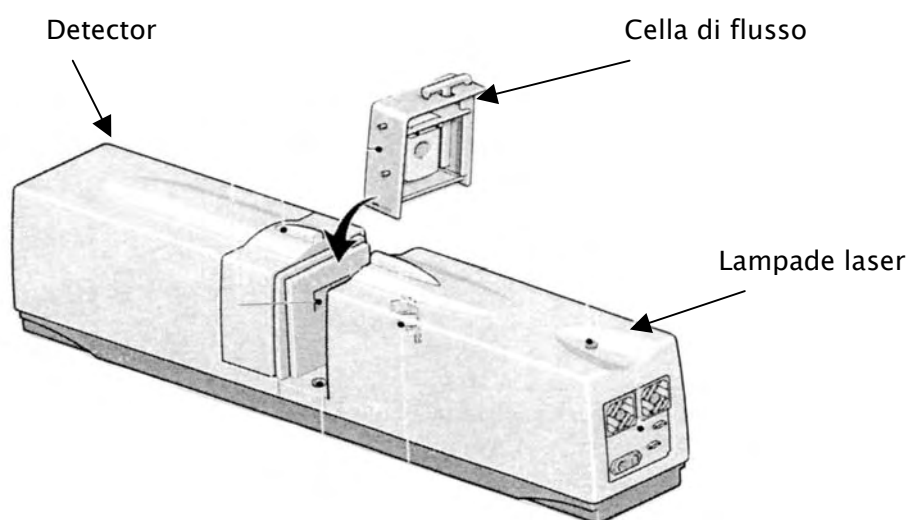
## 5.1 ANALISI GRANULOMETRICHE

Per l'esecuzione delle analisi granulometriche è stata impiegata una nuova strumentazione a diffrazione laser denominata Mastersizer 2000; si tratta di un sistema unificato per misurare particelle con dimensioni comprese tra 0.010  $\mu\text{m}$  e 2000  $\mu\text{m}$ .

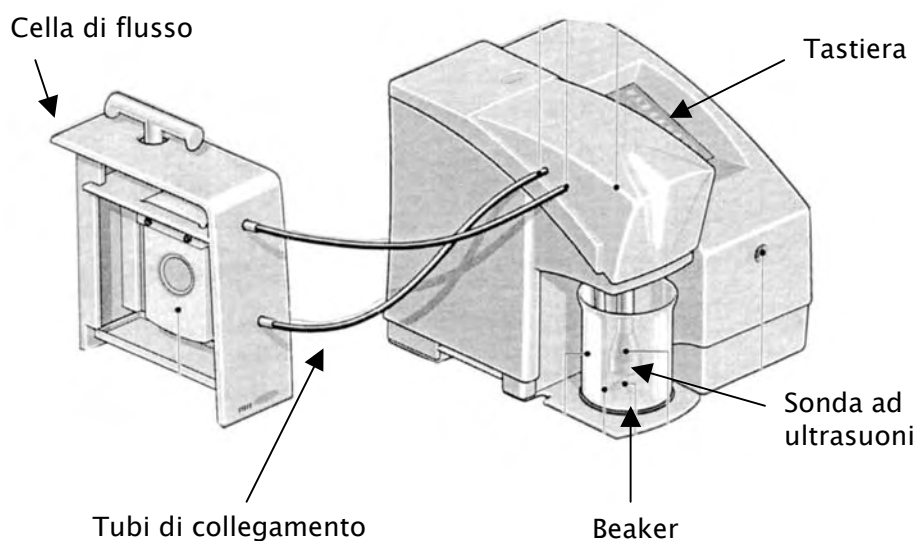
Lo strumento è costituito da tre elementi:

- un'unità ottica (cfr. figura 5.1) contenente sia l'apparato laser, formato da due lampade (una al neon e l'altra all'elio), sia il detector, costituito da un sistema di lenti che capta le radiazioni emesse. Le due parti del sistema sono separate dalla cella di flusso, composta a sua volta da due particolari lenti ottiche – finestre, attraverso la quale passa il campione da analizzare.

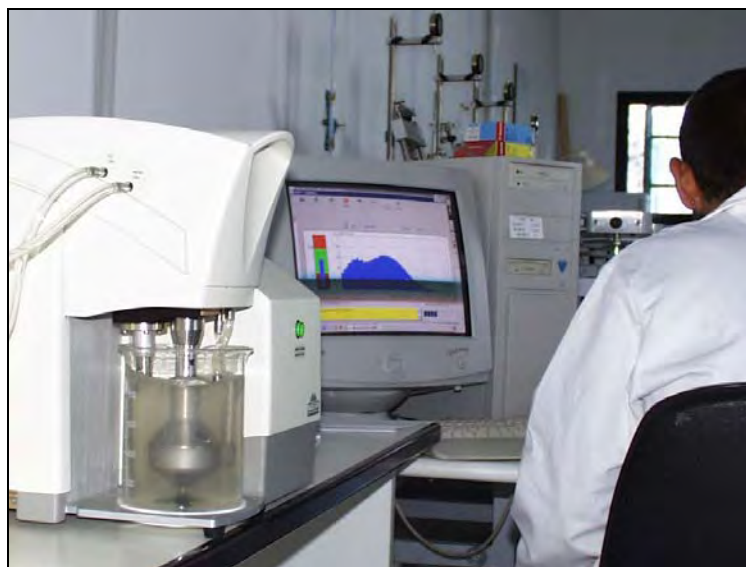
- il campionatore manuale ad umido Hydro 2000MU (cfr. figura 5.2). Esso è munito di un becker da 1000 ml, contenente il campione disperso in un liquido, di una pompa che spinge il campione fino alla cella di flusso e ritorno attraverso due piccoli tubi e di una sonda ad ultrasuoni con la quale si possono eliminare eventuali bolle d'aria presenti nel becker o migliorare la dispersione del campione.
- un sistema informativo collegato con l'unità ottica che gestisce ed elabora i segnali ricevuti.



*Figura 5.1 – Unità ottica*



*Figura 5.2 – Il campionatore manuale ad umido collegato con la cella di flusso*



*Foto 5.1 – Il campionatore in primo piano ed il software sullo sfondo*

I dati elaborati dal software sono restituiti in moduli standard (cfr. rapporti di prova negli allegati finali) nei quali sono riportati, oltre ad una serie di informazioni tecniche relative

alla strumentazione impiegata, alcuni diametri efficaci<sup>1</sup> significativi, la curva granulometrica con la relativa classificazione e la tabella con le percentuali di passante relative a specifici diametri delle particelle. Per la componente grossolana i diametri riportati sono quelli dei setacci di norma utilizzati nell'analisi granulometrica per setacciatura meccanica.

L'analisi granulometrica per vagliatura è stata effettuata su una parte dei campioni rimaneggiati prelevati per le analisi chimiche, campioni costituiti prevalentemente da sabbie con ghiaia e ciottoli e quindi non trattabili con la strumentazione laser

Lo spettro granulometrico adottato è quello definito dalla ASTM D2488, integrato con la separazione tra limi ed argille a 0.004 mm; per la denominazione dei terreni è stata seguita la convenzione suggerita dalle Raccomandazioni A.G.I. 1977. Quest'ultima consiglia di far precedere dalla preposizione con la denominazione della frazione secondaria se compresa fra il 50% ed il 25%, di farla seguire dal suffisso oso se compresa fra il 25% e il 15% ed indicare come debolmente....oso la presenza di una componente compresa tra il 15% e il 5%.

Tabella 5.2 – Classi granulometriche secondo la ASTM D2488-84

CLAY OR SILT	SAND			GRAVEL		COBBLES	BOULDERS
	Fine	Medium	Coarse	Fine	Coarse		
	0.075	0.425	2	4.75	19	75	300

(valori espressi in mm)

I due fusi granulometrici che comprendono le curve di tutti i campioni esaminati sono riportati nelle figure 5.3a e 5.3b, relative rispettivamente ai campioni indisturbati e a quelli rimaneggiati.

<sup>1</sup> Per diametro efficace, ad esempio  $D_{16}$ , si intende il diametro corrispondente ad una percentuale di passante, in questo caso il 16%.

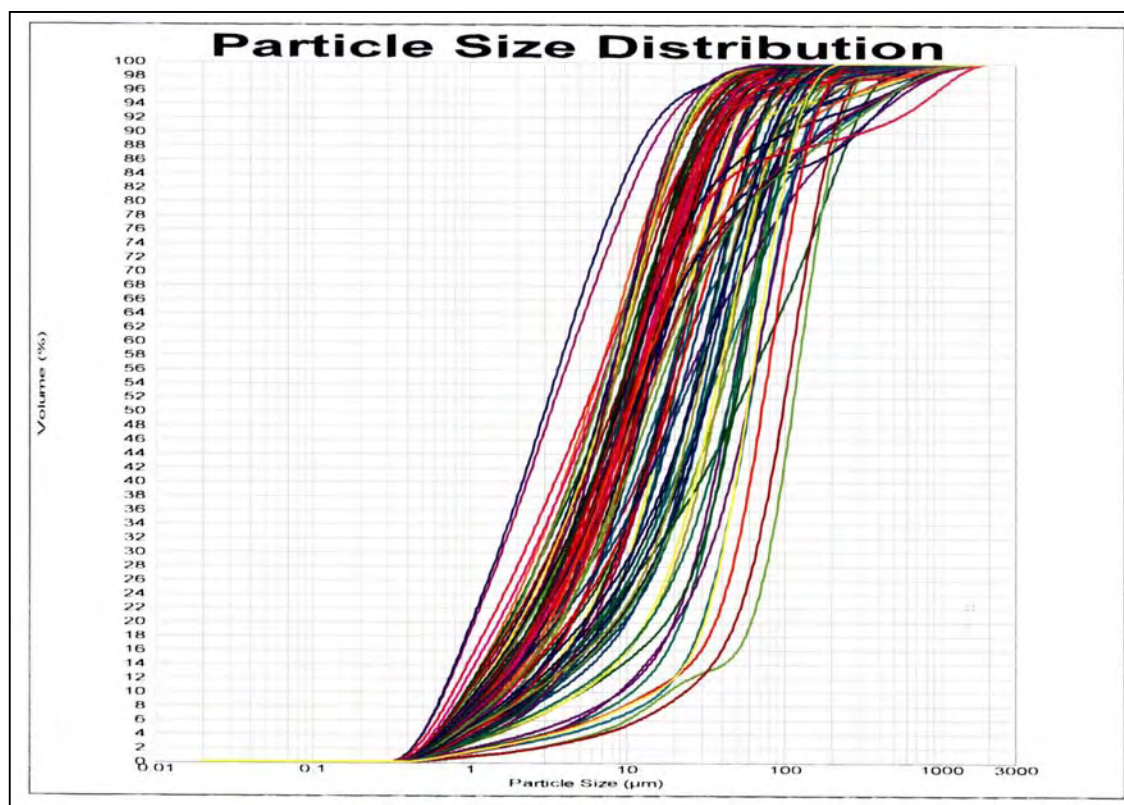


Figura 5.3a – Campioni indisturbati. Fuso granulometrico

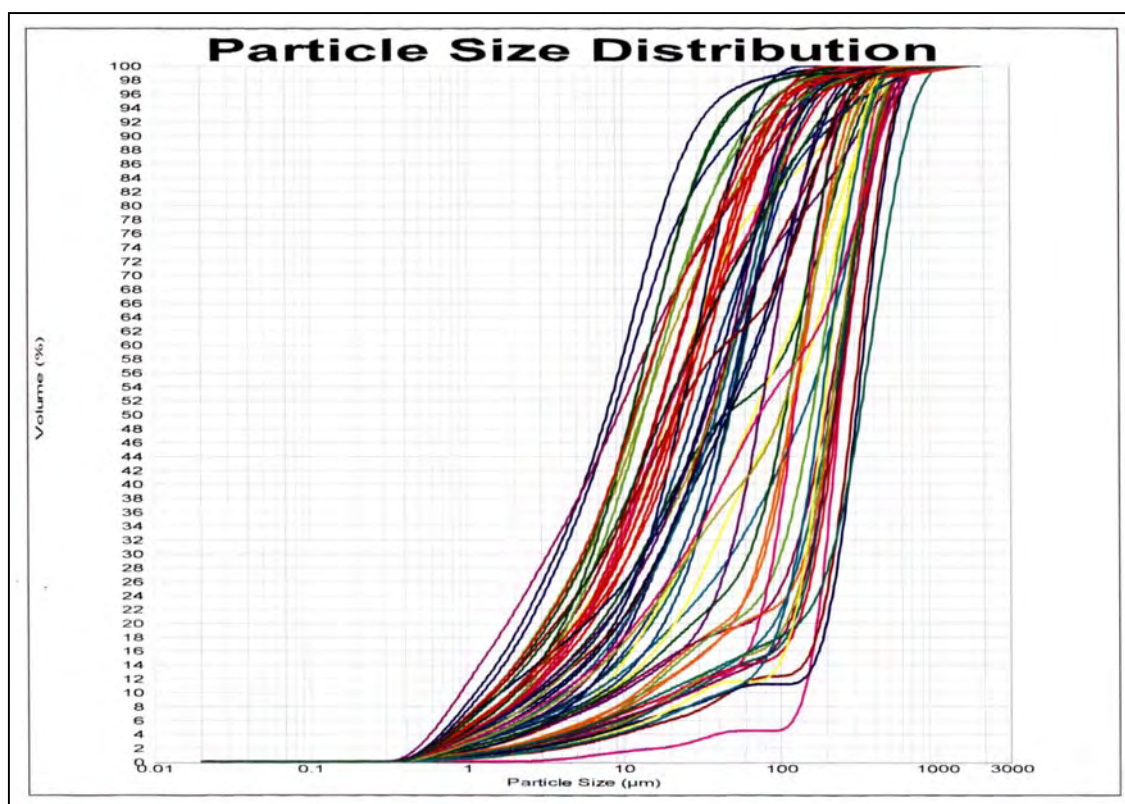


Figura 5.3b – Campioni rimaneggiati. Fuso granulometrico

Le principali considerazioni che emergono dall'osservazione delle figure sono la variabilità litologica dei campioni prelevati e testati e la debole differenziazione in termini litologici tra campioni indisturbati e rimaneggiati; queste caratteristiche determinano una certa ampiezza dei due fusi (terreni poco omogenei) e una debole traslazione orizzontale verso i diametri maggiori del fuso relativo ai rimaneggiati rispetto agli indisturbati. Dalla figura 5.3b sono esclusi i campioni rimaneggiati prelevati per le analisi chimiche ed estremamente eterogenei dal punto di vista granulometrico.

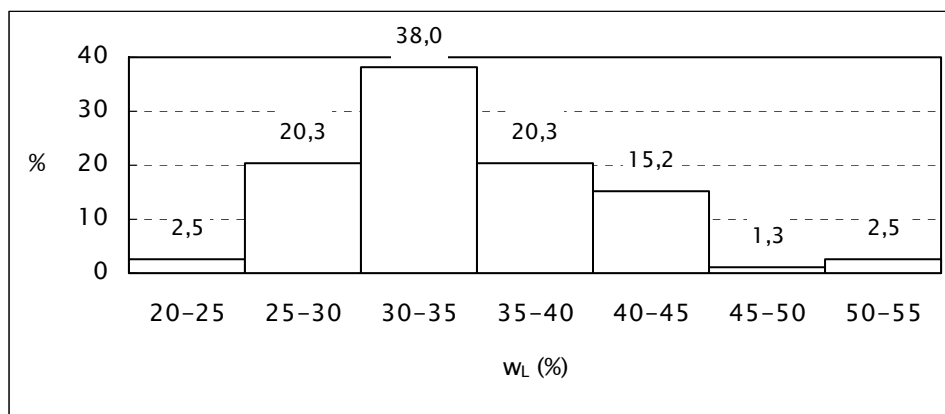
## 5.2 DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG

La normativa di riferimento seguita in laboratorio per la determinazione dei limiti di Atterberg è la ASTM D4318-84.

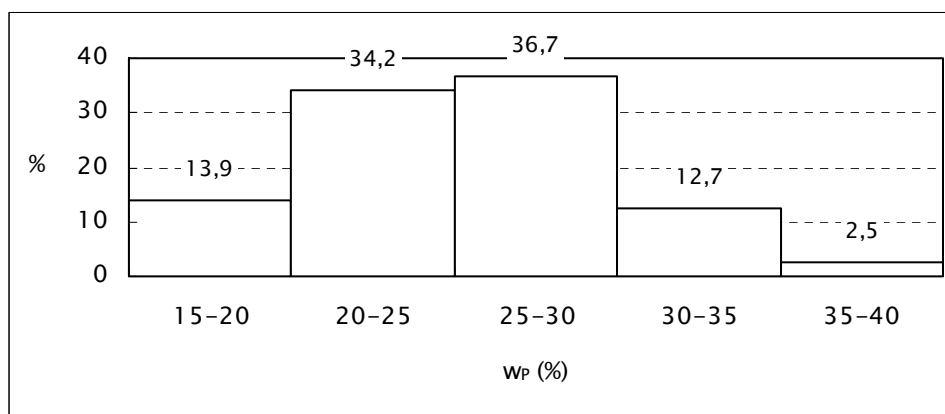
*Limite liquido  $W_L$*  Per la determinazione del limite liquido è stata utilizzata l'apposita apparecchiatura di Casagrande. L'elaborazione consiste nel plottare in un diagramma semilogaritmico il contenuto d'acqua in scala aritmetica in funzione del corrispondente numero di colpi in scala logaritmica. Si effettuano di norma almeno tre determinazioni, corrispondenti a tre diversi contenuti d'acqua del campione. Tracciando una retta di regressione lineare che intercetti i tre o più punti, si estrapola il contenuto d'acqua corrispondente a 25 colpi; il valore, espresso in percentuale e arrotondato all'unità, rappresenta il limite liquido.

*Limite plastico  $W_p$*  Sulla base delle modalità esecutive, viene definito limite plastico il contenuto d'acqua per il quale un bastoncino di argilla, plasmato fino a portarlo al diametro di 3 mm, tende a disgregarsi ed a sbriciolarsi a causa della riduzione di umidità. L'operazione descritta è stata ripetuta tre volte per ogni campione in modo da avere un numero di determinazioni tali da consentire di operare una media. Il contenuto d'acqua medio fornisce il limite plastico.

Nelle figure 5.4a e 5.4b sono rappresentate le distribuzioni percentuali del limite di liquidità e di quello di plasticità.



*Figura 5.4a– Distribuzione percentuale del limite di liquidità*



*Figura 5.4b – Distribuzione percentuale del limite di plasticità*

Il limite di liquidità è compreso tra il 20 e il 55%, con valori più frequenti tra il 30 e il 35%; per quanto riguarda il limite di plasticità, i dati di laboratorio hanno rilevato un campo di variazione che va dal 15 al 40%, con una frequenza maggiore di valori compresi tra il 25 e il 30% (media e bassa plasticità).

Noti il limite di liquidità e il limite di plasticità di uno stesso campione è possibile ricavare, per semplice differenza, anche l'*indice di plasticità*  $I_p$ . Questa proprietà indice, diagrammata insieme al  $w_L$ , consente una prima classificazione del terreno basata sulle sue caratteristiche di plasticità (Carta di Plasticità di Casagrande).

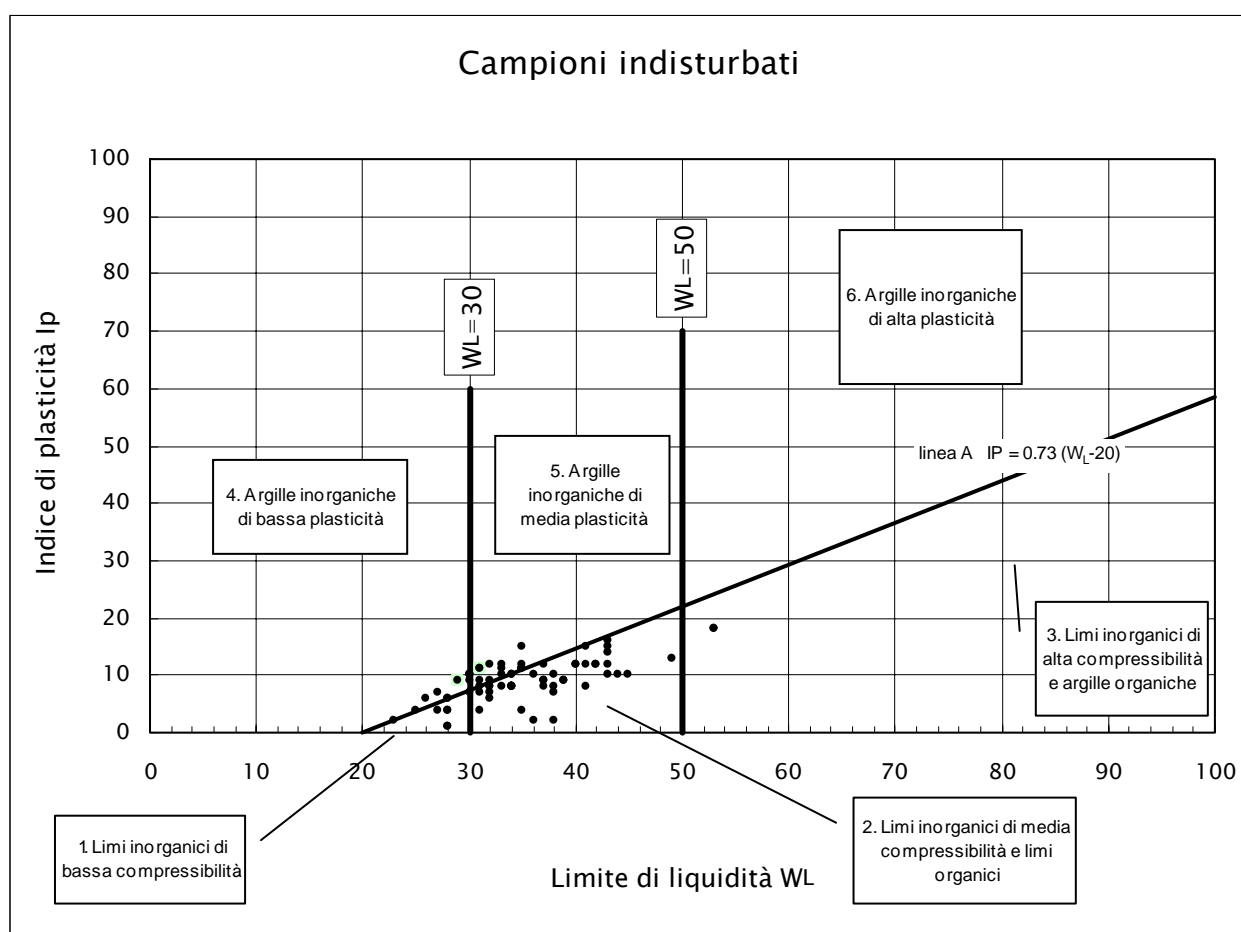
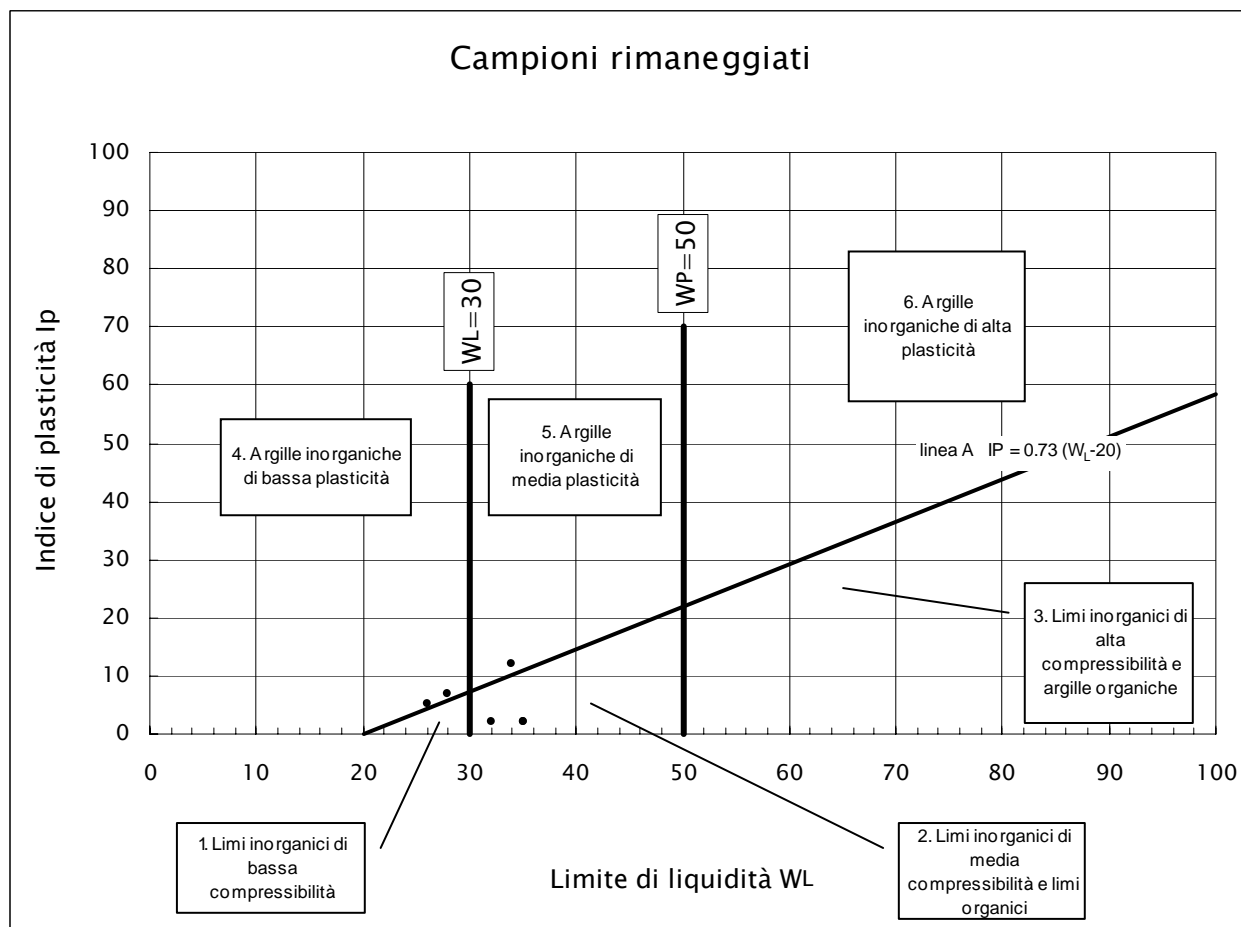


Figura 5.5a – Campioni indisturbati. Carta di Plasticità di Casagrande



*Figura 5.5b – Campioni rimaneggiati. Carta di Plasticità di Casagrande.*

Per quanto riguarda i campioni indisturbati, il grafico, più significativo vista la categoria di campioni esaminati, evidenzia la presenza prevalente di limi inorganici di media compressibilità e limi organici.

### 5.3 DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO NATURALE D'ACQUA $w_N$

Il contenuto naturale d'acqua è una delle più importanti proprietà indici, soprattutto per le terre a grana fine. Esso è definito dalla seguente relazione:

$$w = \frac{P_a}{P_s}$$

5.1

in cui  $P_a$  è il peso dell'acqua e  $P_s$  il peso del materiale solido essiccato a 105°C. La procedura standard (ASTM D2216–80) utilizzata per la determinazione consiste nel pesare un campione rappresentativo di terreno, che non deve aver subito ovviamente variazioni di umidità, e di farlo successivamente essiccare in forno a 105°C. Si pesa nuovamente il campione ricavando il valore del contenuto d'acqua dalla seguente relazione:

$$w = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_c} \quad 5.2$$

dove  $w_1$  e  $w_2$  sono i pesi del contenitore e del terreno rispettivamente umido e secco, e  $w_c$  il peso del contenitore; il contenuto d'acqua è espresso in percentuale e arrotondato alla prima cifra decimale. I valori, riportati nella tabella riepilogativa allegata a fine capitolo, sono compresi tra il 5.6% e il 72.7%.

La quasi totalità dei campioni testati è caratterizzata da valori del contenuto d'acqua compresi tra il limite liquido e quello plastico. Il terreno è quindi allo stato plastico, può essere deformato e manipolato senza dar luogo a fessure e senza cambiamento di volume, ha una certa coesione e, sottoposto a carichi relativamente piccoli, si deforma notevolmente senza rompersi. Si tratta di una condizione di normale consolidamento o di leggera sottoconsolidazione; la compressibilità e la resistenza al taglio assumono quindi valori medi.

#### 5.4 DETERMINAZIONE DEL PESO UNITARIO DEI COMPONENTI SOLIDI $G_s$

Il peso unitario dei componenti solidi  $G_s$ , noto anche come peso specifico dei grani, è definito come:

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad 5.3$$

dove  $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua e

$$\gamma_s = \frac{w_s}{V_s} \quad 5.4$$

nella quale  $w_s$  rappresenta il peso della componente solida del terreno e  $V_s$  il corrispondente volume. Il peso specifico dei grani, grandezza adimensionale, si determina mediante l'impiego di picnometri opportunamente tarati seguendo la procedura standard definita dalla ASTM D854–83. I valori ottenuti sono compresi in un range piuttosto ampio che va da 2.30 a 2.98; i valori più bassi sono in genere attribuiti a campioni caratterizzati da una certa componente organica (vedi S30Pz33, con un  $G_s$  di 2.54, prelevato all'interno dell'orizzonte coesivo lagunare ricco in sostanza organica).

## 5.5 DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME $\gamma$

Il peso di volume di un terreno può essere determinato pesando un campione rappresentativo del terreno stesso di cui sia noto il volume. Tale determinazione può essere effettuata in laboratorio utilizzando strumenti che permettano di ricavare un campione di volume noto, senza disturbarne la struttura. Si ricorda, a tale proposito, che parte delle prove di classificazione delle terre (analisi granulometriche, limiti di Atterberg, contenuto d'acqua, peso specifico dei grani) possono essere effettuate sul terreno indipendentemente dalla sua struttura, in quanto non tengono conto dello stato di addensamento e di aggregazione del terreno in sito e possono quindi essere effettuate sia su campioni indisturbati sia rimaneggiati. (nel caso del contenuto d'acqua deve essere però mantenuto inalterato il grado di umidità). Per la determinazione in laboratorio del peso di volume il campione deve invece essere indisturbato. La formula per il calcolo è la seguente:

$$\gamma_s = \frac{W}{V} \quad 5.5$$

dove  $w$  è il peso e  $V$  il volume del campione di terreno.

I valori ottenuti variano da 1.47 a 2.14 gr/cm<sup>3</sup>, in funzione del grado di consistenza e di saturazione e del contenuto di sostanza organica.

In linea generale, campioni con un contenuto d'acqua elevato sono anche caratterizzati da bassi valori del peso di volume e del  $G_s$  e risultano spesso caratterizzati da un contenuto di sostanza organica rilevante.

## 5.6 PROVE DI TAGLIO DIRETTO

Nella prova di taglio diretto un carico assiale  $N$  applicato sulla sezione  $A$  di un provino di terreno determina una tensione efficace di compressione  $\sigma'_n$  pari al rapporto tra  $N$  e  $A$ . Il provino è contenuto in una scatola (*scatola di Casagrande*) costituita da due parti sovrapposte separate lungo un piano orizzontale e fatte scorrere tra loro (*Raviolo, 1993*). In fase di prova si applica uno spostamento in direzione orizzontale alla parte inferiore della scatola, mentre quella superiore è contrastata da un sistema rigido in grado di registrare il carico applicato. Sulla sezione agisce pertanto uno sforzo di taglio  $\tau$  dato dal rapporto tra la forza orizzontale applicata  $F$  e la sezione  $A$  del provino.

Sullo stesso tipo di terreno sono preparati più provini ed eseguite almeno tre prove di taglio con diversi valori della tensione normale applicata. Dalle curve che descrivono l'andamento delle  $\tau$  in funzione dello spostamento è possibile ricavare la resistenza al taglio massima e diagrammarla in funzione della  $\sigma$ . Il grafico permette di tracciare l'involuppo di rottura e definire i parametri  $c'$  e  $\phi'$  (coesione e angolo di resistenza al taglio in termini di tensioni efficaci). Le prove, condotte secondo la normativa standard ASTM D3080-72 su un numero complessivo di quaranta campioni, hanno fornito valori dell'angolo d'attrito variabili da

15° a 39.2°, maggiori per i campioni caratterizzati da una componente sabbiosa rilevante; la coesione efficace varia invece da 0 a 0.20 kg/cm<sup>2</sup> ed è quindi piuttosto bassa.

### 5.7 PROVE DI COMPRESSIONE CON ESPANSIONE LATERALE LIBERA (ELL)

Questa prova (normativa ASTM D2166-85) rappresenta un metodo semplice ed immediato per valutare la resistenza al taglio dei terreni coesivi. Un provino indisturbato viene sottoposto ad un carico assiale crescente fino a rottura (valore di picco visibile sulla curva o quando si supera il 20% di deformazione). La resistenza al taglio non drenata del terreno è pari alla metà del carico di rottura  $q_{u_{max}}$  riportato nella tabella riassuntiva e nei certificati di prova, dove sono inoltre visualizzati: il diagramma relativo alla resistenza in funzione della deformazione percentuale, il valore di resistenza alla compressione, il peso di volume ed il contenuto d'acqua del provino.

Le prove sono state condotte su due provini prelevati dallo stesso campione. I valori di  $q_{u_{max}}$  ottenuti sono variabili in un range piuttosto ampio che va da 0.31 a 3.06 kg/cm<sup>2</sup>, con una generale tendenza all'aumento con la profondità.

### 5.8 PROVE TRIASSIALI CONSOLIDATE NON DRENATE

Con le prove triassiali (normativa standard ASTM D4767) si riproduce in laboratorio un determinato stato tensionale su un provino e, attraverso la misura delle pressioni interstiziali, si segue l'evoluzione delle tensioni efficaci fino alla rottura (*Raviolo, 1993*).

Nella prova consolidata non drenata (CIU) si controlla la dissipazione delle pressioni interstiziali e la variazione di volume durante la fase di consolidazione, mentre la fase di rottura è condotta in assenza di variazione di volume, misurando le pressioni interstiziali generate.

Nelle prove CID (consolidate e drenate) la fase di rottura è condotta in maniera lenta in modo da consentire la dissipazione delle pressioni interstiziali, misurando la variazione di volume del provino.

Le prove sono ripetute su diversi provini sottoposti a stati tensionali diversi durante la fase di consolidazione, correlando la resistenza al taglio con le tensioni efficaci applicate in modo da ottenere un diagramma denominato *inviluppo di resistenza al taglio a rottura* dal quale si ricavano i valori di  $\phi'$  e  $c'$ .

Nei certificati allegati sono riportate delle tabelle riassuntive con i principali dati relativi alle diverse fasi della prova, e il diagramma con il valore di  $\phi'$  e  $c'$ ; i dati finali relativi all'angolo d'attrito e alla coesione efficace sono riportati anche nella tabella riassuntiva allegata a fine capitolo. L'angolo d'attrito è compreso tra  $21.2^\circ$  e  $42.0^\circ$ , mentre la  $c'$  varia da 0 a  $0.65 \text{ kg/cm}^2$ .

## 5.9 PROVE EDOMETRICHE

La prova di consolidazione edometrica consiste nell'applicare un carico verticale ad un provino cilindrico di terreno saturo contenuto lateralmente da un anello rigido e compreso tra due pietre porose che consentono il drenaggio dell'acqua interstiziale nella direzione verticale (*Raviolo, 1993*). La variazione di volume registrata (misurata come cedimento verticale) dipende dall'espulsione dell'acqua interstiziale. La prova è stata condotta con incrementi di carico successivi tali che il rapporto tra il  $\sigma_{\text{consolidazione}}$  e  $\Delta\sigma$  fosse pari ad 1, e mantenendo di volta in volta il carico fino all'esaurimento dei cedimenti. Dall'analisi dei dati (cfr. certificati allegati) è stato possibile ricavare i valori *dell'indice dei vuoti "e"*, della *deformazione percentuale  $\varepsilon$* , del *coefficiente di compressibilità  $m_v$*  e del *modulo edometrico  $E$*  per i diversi gradini di carico, oltre che del *coefficiente di consolidazione primaria  $c_v$*  e di quello di *conducibilità idraulica  $k$* . I dati

sono riportati nelle tabelle di prova e nei diagrammi relativi all'andamento dell'indice dei vuoti con la pressione, in scala semilogaritmica, e dell'altezza del provino in funzione della radice quadrata del tempo (metodo di Taylor). Il coefficiente di consolidazione primaria  $c_v$  varia da  $1.02 \cdot 10^{-2}$  a  $1.86 \cdot 10^{-4}$  cm<sup>2</sup>/sec, mentre il coefficiente di permeabilità edometrica è compreso tra  $2.70 \cdot 10^{-9}$  a  $1.00 \cdot 10^{-4}$  cm/sec.

#### 5.10 DETERMINAZIONE DELLE RESISTENZE AL POCKET PENETROMETER ED AL TORVANE

La misura delle resistenze al Pocket Penetrometer ed al Torvane è stata effettuata sui campioni indisturbati estrusi presso il laboratorio geotecnico. Il P.P. consente una determinazione speditiva della resistenza alla compressione semplice  $q_u$ , espressa in kg/cm<sup>2</sup>, mentre il Torvane (scissometro tascabile) permette invece di determinare la resistenza al taglio non drenata, corrispondente alla  $c_u$ , di un terreno coesivo. I valori ottenuti sono riportati nelle descrizioni visive dei campioni indisturbati allegate alla presente relazione, e sono riassunti nella tabella riepilogativa come valori massimo e minimo misurati, per campione. Il campo di variabilità è piuttosto ampio e funzione delle caratteristiche di consistenza dei campioni prelevati.

Tabella 5.3a – Campioni indisturbati. Riepilogo parametri geotecnici

Sigla sondaggio e piezometro	Sigla C.I.	Profondità C.I.				Analisi granulometrica				Limiti di Atterberg (frazione < 75)			Contenuto d'acqua	Peso di volume	Peso specifico dei grani	Prova di taglio diretto		Prova ELL		Prova triassiale		Prova edometrica		Determinazione delle resistenze al P.P. e al Torvane**	
		Da m p.c.	A m p.c.	Da m s.l.m.m.	A m s.l.m.m.	sabbia (>75 µm)	limo (%4-75 µm)	argilla (<4 µm)	classificazione	w <sub>L</sub> (%)	w <sub>p</sub> (%)	I <sub>p</sub> (%)				Φ (gradi)	c (kg/cm²)	q <sub>Umax</sub> prov.1 (kg/cm²)	q <sub>Umax</sub> prov.2 (kg/cm²)	φ' (gradi)	c' (kg/cm²)	c <sub>v</sub> (cm²/sec)	k <sub>ED</sub> (cm/sec)	P.P. (kg/cm²)	Torv. (kg/cm²)
S1 Pz1	S1Pz1/A	7,50	8,10	-5,41	-6,01	1,3	73,6	25,2	Limo argilloso	29	20	9	25,7	1,78	2,67			0,66	0,59	30,0	0,10	1,40E-03	2,10E-08	0,1-1,0	0,05-0,5
	S1Pz1/B	9,00	9,60	-6,91	-7,51	26,7	64,7	8,6	Limo con sabbia deb. argilloso	np	np	np	24,2	1,77	2,79	34,2	0,08			39,0	0,00	1,40E-03	2,14E-08	0,4-1,6	0,05
	S1Pz1/C	16,50	17,10	-14,41	-15,01	64,6	32,6	2,8	Sabbia con limo	np	np	np	27,9	1,90	2,70	38,4	0,04							0,5-1,3	nd
S2 Pz2	S2Pz2/A	6,00	6,60	-3,77	-4,37	17,0	56,0	27,0	Limo sabbioso con argilla	31	20	11	26,3	1,72	2,69			0,47	0,61	32,0	0,00	7,80E-04	1,90E-07	1,8-2,3	0,4-0,6
	S2Pz2/B	7,50	8,10	-5,27	-5,87	0,9	73,3	25,8	Limo con argilla	30	20	10	29,4	1,73	2,64			0,99	0,57			7,80E-04	1,40E-07	0,5-2,2	0,05-0,6
	S2Pz2/C	9,00	9,60	-6,77	-7,37	15,3	76,1	8,6	Limo deb. sebbioso deb. argill.	np	np	np	30,5	1,95	2,66	36,4	0,07							0,6-2,0	0,05
	S2Pz2/D	10,50	11,10	-8,27	-8,87	12,9	73,7	13,4	Limo deb. sebbioso deb. argill.	np	np	np	25,7	1,75	2,89					39,5	0,00			1,2-1,8	0,1-0,5
	S2Pz2/E	15,00	15,60	-12,77	-13,37	36,9	59,1	4,0	Limo con sabbia deb. argilloso	np	np	np	31,2	1,78	2,67	36,0	0,05							1,8-2,7	nd
SS1Pz23	non previsti																								
S4	S4/A	4,50	5,10	-1,83	-2,43	0,7	69,7	29,6	Limo con argilla	37	21	16	25,8	1,78	2,76					26,3	0,15	1,50E-03	1,92E-07	0,2-4,5	0,15-0,85
	S4/B	6,00	6,60	-3,33	-3,93	12,7	70,4	16,9	Limo sabbioso argilloso	30	21	9	20,2	2,12	2,78			3,06	2,55			1,10E-02	2,60E-06	0,4-3,2	0,15-0,85
	S4/C	9,00	9,60	-6,33	-6,93	33,5	62,0	4,5	Limo con sabbia fine	np	np	np	27,8	2,10	2,75	36,4	0,12			37,2	0,40			0,5-3,4	0,1-0,3
SS2 Pz24	non previsti																								
S5 Pz3	S5Pz3/A	4,50	5,10	-2,13	-2,73	37,2	57,8	5,1	Limo con sabbia fine	np	np	np	22,9	1,97	2,83					42,0	0,00	1,50E-03	6,60E-07	0,4-2,0	0,1-0,2
	S5Pz3/B	7,50	8,10	-5,13	-5,73	11,7	57,4	31,0	Limo con argilla deb. sabbioso	np	np	np	28,9	2,04	2,62			1,23	1,29			2,90E-03	8,50E-08	0,6-1,9	0,05-0,4
	S5Pz3/C	9,10	9,70	-6,73	-7,33	17,3	59,0	23,7	Limo sabbioso argilloso	np	np	np	29,4	2,05	2,79	30,3	0,08	1,44	1,33					0,2-0,4	0,05
	S5Pz3/D	10,50	11,10	-8,13	-8,73	14,5	61,0	24,5	Limo sabbioso argilloso	np	np	np	26,4	1,89	2,73			0,71	0,67	29,5	0,04			0,1-1,7	0,05-0,5
	S5Pz3/E	15,00	15,60	-12,63	-13,23	26,6	64,2	9,2	Limo con sabbia deb. argilloso	np	np	np	27,0	1,95	2,87	35,2	0,00							0,8-1,3	0,05-0,2
S6 Pz4	S6Pz4/A	6,00	6,60	-3,76	-4,36	13,3	65,4	21,3	Limo argilloso sabbioso	27	20	7	19,1	2,11	2,80					35,0	0,12	5,90E-03	1,10E-06	1,6-3,4	0,2-0,75
	S6Pz4/B	7,50	8,10	-5,26	-5,86	13,7	59,1	27,2	Limo con argilla deb. sabbioso	35	26	9	28,4	2,10	2,73	29,4	0,04	0,52	0,43					0,8-1,2	0,15-0,4
	S6Pz4/C	9,00	9,60	-6,76	-7,36	17,8	60,9	21,3	Limo argilloso sabbioso	38	28	10	25,5	2,05	2,68	35,6	0,12	0,87	0,89			3,20E-03	1,25E-08	0,1-1,4	0,25-0,5
	S6Pz4/D	15,00	15,60	-12,76	-13,36	47,7	47,6	4,7	Sabbia fine con limo	31	23	8	29,6	1,98	2,75					42,0	0,00			0,5-1,4	0,1-0,5
S7 Pz5	S7Pz5/A	6,00	6,60	-3,48	-4,08	1,7	73,2	25,0	Limo argilloso	32	20	12	24,5	1,75	2,78					29,9	0,10	8,20E-04	1,40E-07	1,5-3,0	0,5-0,7
	S7Pz5/B	7,50	8,10	-4,98	-5,58	1,3	68,6	30,1	Limo con argilla	30	20	10	28,9	1,76	2,66			0,31	0,58			9,80E-04	1,20E-08	0,9-2,9	0,05-0,4
	S7Pz5/C	9,50	10,10	-6,98	-7,58	5,8	67,8	26,4	Limo con argilla deb. sabbioso	28	22	6	26,8	2,12	2,72	30,4	0,15	0,55	0,68					0,6-2,4	0,1-0,6
	S7Pz5/D	10,50	11,10	-7,98	-8,58	3,1	63,5	33,4	Limo con argilla	40	27	13	31,4	1,88	2,68					22,6	0,10			0,7-1,7	0,1-0,5
	S7Pz5/E	28,50	29,10	-25,98	-26,58	2,3	71,4	26,3	Limo con argilla	29	20	9	26,9	1,83	2,69									0,1-4,5	nd
SS3 Pz25	non previsti																								
SS3 BIS	non previsti																								
S8 Pz6	S8Pz6/A	7,50	8,10	-4,47	-5,07	0,2	68,5	31,3	Limo con argilla	31	20	11	26,8	1,74	2,70					32,0	0,10	2,40E-03	3,20E-08	0,6-1,4	0,2-0,35
	S8Pz6/B	9,00	9,60	-5,97	-6,57	1,8	70,7	27,6	Limo con argilla	30	20	10	26,8	1,74	2,69			0,98	0,87			3,20E-03	4,10E-08	0,6-4,7	0,1-0,6
	S8Pz6/C	10,50	11,10	-7,47	-8,07	18,2	69,7	12,1	Limo sabbioso deb. argilloso	np	np	np	26,3	1,96	2,76					41,0	0,00			0,8-1,4	0,2
	S8Pz6/D	15,00	15,60	-11,97	-12,57	0,7	72,5	26,8	Limo con argilla	35	24	11	26,3	1,96	2,76	30,2	0,05	0,59	0,54					0,8-1,4	0,15-0,3
S9 Pz7	non previsti																								
S10 Pz8	S10Pz8/A	7,50	8,10	-5,37	-5,97	2,0	63,9	34,1	Limo con argilla	33	23	10	20,1	1,72	2,73					30,9	0,05	9,50E-03	3,60E-08	0,6-1,8	0,2-0,25
	S10Pz8/B	9,00	9,60	-6,87	-7,47	15,8	75,6	8,6	Limo sabbioso deb. argilloso	np	np	np	19,3	1,71	2,73	31,9	0,06					1,30E-02	6,50E-08	nd	nd
	S10Pz8/C	13,50	14,10	-11,37	-11,97	5,0	70,9	24,1	Limo argilloso	34	24	10	33,0	1,83	2,69			0,64	0,70					0,8-1,3	0,2
	S10Pz8/D	15,00	15,60	-12,87	-13,47	12,9	75,7	11,4	Limo deb. sebbioso deb. argill.	36	34	2	23,8	1,89	2,75			1,16	1,78	40,0	0,20			1,7-2,4	0,1-0,2
S12 Pz10	S12Pz10/A	9,00	9,60	-6,18	-6,78	21,1	60,3	18,6	Limo argilloso sabbioso	41	29	12	24,3	1,72	2,84					29,7	0,00	2,90E-03	3,10E-05	1,0-2,7	0,35-0,55
	S12Pz10/B	12,90	13,50	-10,08	-10,68	1,1	59,0	40,0	Limo con argilla	37	28	9	26,2	2,71	2,92	25,8	0,00	0,44	0,49			6,10E-04	7,20E-06	0,65-1,4	0,1-0,35
	S12Pz10/C	15,00	15,60	-12,18	-12,78	2,5	70,9	26,6	Limo con argilla	34	26	8	29,4	2,12	2,90	27,7	0,06	1,73	1,61					1,3-2,2	0,25-0,55
	S12Pz10/D	29,40	30,00	-26,58	-27,18	12,6	66,7	20,7	Limo argilloso deb. Sabbioso	28	22	6	33,2	1,83	2,83					27,1	0,00			0,7-1,5	0,1-0,2
SS4 Pz26	non previsti																								

Tabella 5.3a – Campioni indisturbati. Riepilogo parametri geotecnici (continua)

Sigla sondaggio e piezometro	Sigla C.I.	Profondità C.I.				Analisi granulometrica				Limiti di Atterberg (frazione < 75 µm)			Contenuto d'acqua	Peso di volume	Peso specifico dei grani	Prova di taglio diretto		Prova ELL		Prova triassiale		Prova edometrica		Determinazione delle resistenze al P.P. e al Torvane**	
		Da m p.c.	A m p.c.	Da m s.l.m.m.	A m s.l.m.m.	sabbia (%>75 µm)	limo (%4-75 µm)	argilla (%<4 µm)	classificazione	w <sub>L</sub> (%)	w <sub>p</sub> (%)	I <sub>p</sub> (%)				Φ (gradi)	c (kg/cm²)	q <sub>Umax</sub> prov.1 (kg/cm²)	q <sub>Umax</sub> prov.2 (kg/cm²)	Φ' (gradi)	c' (kg/cm²)	c <sub>v</sub> (cm²/sec)	k <sub>ED</sub> (cm/sec)	P.P. (kg/cm²)	Torv. (kg/cm²)
S13 Pz11	S13Pz11/A	4,50	5,10	-1,93	-2,53	1,3	60,9	37,8	Limo con argilla	43	27	16	22,9	2,05	2,80			2,48	2,26			2,70E-03	5,50E-07	1,6-3,9	0,5-0,8
	S13Pz11/B	9,00	9,60	-6,43	-7,03	2,8	60,7	36,5	Limo con argilla deb. sabbioso	34	24	10	25,1	2,03	2,71					29,5	0,10	3,20E-03	4,10E-08	0,4-1,1	0,05-0,4
	S13Pz11/C	13,50	14,10	-10,93	-11,53	0,9	40,2	58,9	Argilla con limo	41	26	15	27,8	1,96	2,63	24,6	0,00	0,80	0,91					0,2-4,5	0,1-0,6
	S13Pz11/D	15,00	15,60	-12,43	-13,03	2,8	70,0	27,2	Limo con argilla deb. sabbioso	35	25	10	24,5	2,04	2,65	26,8	0,06	1,13	1,43					1,2-3,1	0,5-0,6
	S13Pz11/E	16,50	17,10	-13,93	-14,53	24,4	63,6	12,0	Limo sabbioso deb. argilloso	29	21	8	31,1	1,99	2,78					34,1	0,00			2,0-2,7	0,4-0,55
S14 Pz28	non previsti																								
S15 Pz32	S15Pz32/A	4,50	5,10	-2,08	-2,68	2,4	68,0	29,6	Limo con argilla	32	24	8	28,5	1,87	2,83					30,0	0,65	1,46E-03	2,50E-05	1,3-fs	0,55-fs
	S15Pz32/B	9,00	9,60	-6,58	-7,18	7,2	67,8	25,0	Limo argilloso deb. sabbioso	44	34	10	29,9	1,66	2,64					32,5	0,01	8,01E-04	1,83E-05	1,4-2,3	0,5-0,7
	S15Pz32/C	12,90	13,50	-10,48	-11,08	1,3	43,1	55,7	Argilla con limo	43	28	15	27,0	1,91	2,90	15,0	0,15	0,71	0,54					0,9-1,4	0,35-0,6
	S15Pz32/D	15,00	15,60	-12,58	-13,18	4,9	65,9	29,2	Limo con argilla	34	24	10	34,0	1,93	2,96	30,0	0,07	1,52	1,46					1,5-2,1	0,4-0,6
	S15Pz32/E	22,50	23,10	-20,08	-20,68	23,8	71,3	5,0	Limo sabbioso	np	np	np	28,0	1,92	2,94			0,69	0,73					0,4-2,7	0,25-0,35
S16 Pz12	S16Pz12/A	9,20	9,80	-7,02	-7,62	14,9	73,3	11,8	Limo deb. sebbioso deb. argill.	np	np	np	20,3	1,72	2,98					34,6	0,28	5,90E-03	3,10E-05	1,5-2,4	0,25-0,5
	S16Pz12/B	13,50	14,10	-11,32	-11,92	4,7	52,2	43,2	Limo con argilla	25	21	4	23,8	1,70	2,98					26,6	0,19	2,67E-04	5,19E-05	0,4-1,5	0,2-0,5
	S16Pz12/C	15,00	15,60	-12,82	-13,42	22,2	71,9	5,8	Limo sabbioso deb. argilloso	np	np	np	31,0	1,89	2,93	37,6	0,04	0,99	0,93					0,9-1,9	0,1
	S16Pz12/D	22,50	23,10	-20,32	-20,92	11,0	78,2	10,9	Limo deb. sebbioso deb. argill.	np	np	np	25,0	1,98	2,88	32,7	0,01	1,02	1,06					0,4-3,8	0,2-0,8
	S16Pz12/E	29,40	30,00	-27,22	-27,82	24,4	63,6	12,0	Limo sabbioso deb. argilloso	np	np	np	20,0	1,95	2,89			0,35	0,39					0,8-1,0	nd
S17	S17/A	9,00	9,60	-6,87	-7,47	16,1	72,6	11,3	Limo sabbioso deb. argilloso	np	np	np	26,0	1,69	2,75					35,9	0,20	1,30E-02	1,10E-06	0,9-3,5	0,25-0,5
	S17/B	12,00	12,60	-9,87	-10,47	0,0	60,0	40,0	Limo con argilla	31	22	9	22,8	1,67	2,82					30,4	0,00	1,40E-03	2,40E-05	1,2-1,7	0,2-0,6
	S17/C	13,50	14,10	-11,37	-11,97	2,1	71,2	26,8	Limo con argilla	34	26	8	27,1	2,13	2,93	30,3	0,02	0,96	0,90					0,5-1,0	0,05-0,2
	S17/D	15,00	15,60	-12,87	-13,47	7,8	69,8	22,4	Limo argilloso deb. Sabbioso	27	23	4	26,9	2,06	2,89	28,4	0,14	2,76	2,20					1,8-3,0	0,35-0,8
	S17/E	24,00	24,60	-21,87	-22,47	3,0	76,4	20,7	Limo argilloso	39	30	9	29,2	1,97	2,94			2,30	2,26					2,9-3,6	0,45-0,7
S18 Pz14	S18Pz14/A	4,60	5,20	-2,30	-2,90	2,7	65,2	32,1	Limo con argilla	33	21	12	9,3	1,70	2,30					31,2	0,40	1,00E-03	1,00E-04	0,5-3,2	0,9
	S18Pz14/B	13,50	14,10	-11,20	-11,80	2,9	69,6	27,6	Limo con argilla	34	26	8	34,6	1,61	2,75	29,4	0,00	1,72	1,85			5,70E-03	1,60E-04	1,5-3,8	0,65-0,9
	S18Pz14/C	15,00	15,60	-12,70	-13,30	1,0	71,7	27,4	Limo con argilla	38	36	2	24,1	2,10	2,83			1,48	2,49					2,8-3,6	0,4-0,5
	S18Pz14/D	21,00	21,60	-18,70	-19,30	0,7	76,6	22,7	Limo argilloso	38	31	7	30,9	2,00	2,79	28,3	0,00	1,49	0,93					0,8-2,9	0,1-0,75
	S18Pz14/E	22,60	23,20	-20,30	-20,90	0,1	65,1	34,8	Limo con argilla	37	25	12	28,6	1,95	2,82					27,3	0,38			2,6-3,1	0,45-0,8
S30 Pz33	S30Pz33/A	9,00	9,60	-6,89	-7,49	4,3	69,7	26,1	Limo con argilla	33	22	11	27,7	1,69	2,54					30,9	0,05	3,20E-03	4,80E-04	0,9-1,5	0,1-0,25
	S30Pz33/B	13,50	14,10	-11,39	-11,99	1,6	74,1	24,3	Limo argilloso	32	23	9	27,7	1,68	2,73					33,2	0,10	8,00E-04	1,10E-05	1,3-2,0	0,1-0,15
	S30Pz33/C	15,00	15,60	-12,89	-13,49	2,8	82,7	14,5	Limo deb. argilloso	31	24	7	27,0	2,06	2,79	32,4	0,04	0,90	0,95					1,7-2,0	0,15-0,25
	S30Pz33/D	21,00	21,60	-18,89	-19,49	0,4	76,3	23,3	Limo argilloso	43	29	14	28,8	1,96	2,83			1,51	1,42					1,4-3,2	0,2-0,45
	S30Pz33/E	22,50	23,10	-20,39	-20,99	0,6	67,0	32,4	Limo con argilla	42	30	12	26,1	2,02	2,80	28,2	0,06	2,58	1,95					2,1-2,4	1,5
S19 Pz15	S19Pz15/A	7,50	8,10	-5,47	-6,07	0,4	65,0	34,6	Limo con argilla	36	26	10	21,1	1,67	2,73					30,9	0,10	1,50E-03	2,20E-05	0,7-1,8	0,05-0,35
	S19Pz15/B	12,00	12,60	-9,97	-10,57	2,8	73,5	23,8	Limo argilloso	26	20	6	22,0	2,14	2,91	31,0	0,04	0,81	0,85					1,2-4,3	0,05-0,2
	S19Pz15/C	21,00	21,60	-18,97	-19,57	2,8	76,1	21,1	Limo argilloso	34	26	8	27,2	1,69	2,66			2,04	1,85			1,50E-03	1,90E-05	1,6-4,0	0,15-0,55
	S19Pz15/D	22,50	23,10	-20,47	-21,07	1,5	85,3	13,2	Limo debolmente argilloso	32	26	6	27,2	2,02	2,78			1,92	1,75	36,7	0,35			2,0-2,2	0,05-0,15
	S19Pz15/E	26,90	27,50	-24,87	-25,47	2,7	56,8	40,5	Limo con argilla	42	30	12	27,2	1,96	2,46	27,7	0,08							2,0-4,2	0,3-0,65
S21 Pz17	S21Pz17/A	4,50	5,10	-2,29	-2,89	0,2	70,7	29,2	Limo con argilla	38	30	8	36,0	1,71	2,89					26,6	0,10	1,28E-04	1,78E-06	1,6-2,0	0,75-0,8
	S21Pz17/B	16,50	17,1	-14,29	-14,89	3,6	81,4	15,0	Limo debolmente argilloso	np	np	np	26,2	1,71	2,90					31,7	0,15	5,80E-03	6,19E-05	1,6-2,6	0,2-0,65
	S21Pz17/C	18,00	18,6	-15,79	-16,39	3,4	78,7	17,8	Limo argilloso	43	33	10	31,9	2,01	2,96	28,2	0,00	1,11	1,39					1,3-3,9	0,4-0,6
	S21Pz17/D	19,50	20,10	-17,29	-17,89	73,3	23,8	2,9	Sabbia limosa	np	np	np	21,4	2,07	2,83	36,4	0,18							0,9-2,0	0,05-0,2
SS6 Pz29	non previsti																								

Tabella 5.3a – Campioni indisturbati. Riepilogo parametri geotecnici (continua)

Sigla sondaggio e piezometro	Sigla C.I.	Profondità C.I.				Analisi granulometrica				Limiti di Atterberg (frazione < 75 µm)			Contenuto d'acqua	Peso di volume	Peso specifico dei grani	Prova di taglio diretto		Prova ELL		Prova triassiale		Prova edometrica		Determinazione delle resistenze al P.P. e al Torvane**	
		Da m p.c.	A m p.c.	Da m s.l.m.m.	A m s.l.m.m.	sabbia (%>75 µm)	limo (%4-75 µm)	argilla (%<4 µm)	classificazione	w <sub>L</sub> (%)	W <sub>p</sub> (%)	I <sub>p</sub> (%)				Φ (gradi)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	q <sub>Umax</sub> prov.1 (kg/cm <sup>2</sup> )	q <sub>Umax</sub> prov.2 (kg/cm <sup>2</sup> )	Φ' (gradi)	c' (kg/cm <sup>2</sup> )	c <sub>v</sub> (cm <sup>2</sup> /sec)	k <sub>ED</sub> (cm/sec)	P.P. (kg/cm <sup>2</sup> )	Torv. (kg/cm <sup>2</sup> )
S22 Pz18	S22Pz18/A	4,50	5,10	-2,05	-2,65	13,6	68,0	18,4	Limo argilloso deb. Sabbioso	28	27	1	72,7	1,47	2,86					21,2	0,21	1,02E-02	3,75E-04	0,4-0,7	0,1-0,25
	S22Pz18/B	6,00	6,60	-3,55	-4,15	82,6	15,7	1,8	Sabbia limosa	np	np	np	34,2	1,56	2,91									0,5-0,6	nd
	S22Pz18/C	15,00	15,60	-12,55	-13,15	1,7	73,1	25,2	Limo con argilla	27	24	3	28,8	1,64	2,87							4,20E-03	7,50E-05	0,6	0,2
	S22Pz18/D	16,50	17,10	-14,05	-14,65	0,3	65,8	33,9	Limo con argilla	31	27	4	26,0	1,97	2,89	28,8	0,09			29,1	0,20			1,0-3,2	0,65-0,7
	S22Pz18/E	18,00	18,60	-15,55	-16,15	2,3	69,1	28,6	Limo con argilla	35	31	4	28,0	1,92	2,87			0,51	0,39					0,6-2,7	0,2-0,8
S23 Pz19	S23Pz19/A	4,50	5,10	-2,40	-3,00	87,4	9,3	3,3	Sabbia debolmente limosa	np	np	np	27,4	1,84	2,86									0,3-0,6	nd
	S23Pz19/B	13,50	14,10	-11,40	-12,00	7,0	73,7	19,3	Limo argilloso deb. Sabbioso	np	np	np	31,5	1,66	2,89					34,3	0,27	1,86E-04	5,20E-06	1,6-2,0	0,25-0,3
	S23Pz19/C	15,00	15,60	-12,90	-13,50	2,2	68,5	29,3	Limo con argilla	40	28	12	30,6	1,63	2,86					29,8	0,43	1,13E-02	1,80E-08	1,0-2,2	0,45-0,55
	S23Pz19/D	16,50	17,10	-14,40	-15,00	1,5	69,8	28,8	Limo con argilla	37	30	7	30,0	1,87	2,85	30,9	0,15	0,57	0,69					2,1	0,55
	S23Pz19/E	18,90	19,50	-16,80	-17,40	0,3	69,1	30,7	Limo con argilla	39	30	9	32,0	1,87	2,87	26,1	0,04	1,48	1,12					1,9-2,3	0,55-0,6
S24	S24/A	4,50	5,10	-2,54	-3,14	40,9	45,4	13,8	Sabbia con limo deb. Argillosa	np	np	np	32,2	1,67	2,90							1,95E-04	5,80E-06	0,1-0,7	nd
	S24/B	12,00	12,60	-10,04	-10,64	19,1	67,4	13,5	Limo sabbioso deb. argilloso	28	27	1	20,0	1,74	2,93							6,00E-03	5,10E-05	2,5	0,35
	S24/C	14,50	15,10	-12,54	-13,14	6,6	78,0	15,4	Limo argilloso deb. Sabbioso	23	21	2	32,0	1,96	2,85	32,3	0,05	1,01	0,71	32,5	0,15			1,6-1,9	0,3-0,45
	S24/D	16,50	17,10	-14,54	-15,14	3,7	83,1	13,3	Limo debolmente argilloso	41	33	8	37,0	1,79	2,87			0,68	0,85	28,7	0,10			1,5-2,9	0,3-0,5
	S24/E	19,50	20,10	-17,54	-18,14	7,7	77,7	14,6	Limo deb. argilloso deb. Sabbioso	np	np	np	27,0	1,95	2,91	39,2	0,02	0,94	0,88					1,2-2,4	0,25-0,5
S28 Pz30	S28Pz30/A	4,50	5,10	-2,41	-3,01	26,0	56,4	17,6	limo argilloso con sabbia	28	24	4	25,5	1,76	2,79							1,15E-03	1,47E-04	0,2-1,6	nd
	S28Pz30/B	15,90	16,50	-13,81	-14,41	0,3	71,9	27,8	Limo con argilla	32	25	7	25,2	1,72	2,82							6,01E-04	1,13E-04	0,4-0,9	0,1
	S28Pz30/C	17,50	18,10	-15,41	-16,01	7,7	77,9	14,3	Limo deb. argilloso deb. Sabbioso	35	27	8	25,5	1,74	2,80									0,9-1,9	0,2-0,45
S29 Pz31	S29Pz31/A	13,50	14,10	-10,53	-11,13	17,0	70,4	12,7	Limo sabbioso deb. argilloso	np	np	np	15,6	1,67	2,79	35,9	0,00					9,30E-03	2,70E-08	1,7-3,1	0,05
	S29Pz31/B	18,00	18,60	-15,03	-15,63	25,2	60,1	14,7	Limo sabbioso deb. argilloso	53	35	18	21,0	1,67	2,65					26,9	0,15	9,00E-03	2,70E-07	1,1-5,0	0,15-0,5
	S29Pz31/C	19,50	20,10	-16,53	-17,13	8,2	75,9	15,9	Limo argilloso deb. Sabbioso	34	26	8	30,6	2,02	2,72			0,64	0,88	34,6	0,10			0,7-2,0	0,05-0,2
	S29Pz31/D	21,00	21,60	-18,03	-18,63	0,3	72,1	27,6	Limo con argilla	35	23	12	26,1	1,93	2,62	28,5	0,07	1,92	1,55					0,9-1,7	0,05-0,25
	S29Pz31/E	22,50	23,10	-19,53	-20,13	1,9	79,7	18,5	Limo argilloso	44	32	12	32,4	1,94	2,84			1,84	1,57					1,3-4,4	0,35-0,45
S26 Pz21	S26Pz21/A	6,00	6,60	-3,54	-4,14	4,2	65,4	30,5	Limo con argilla	45	35	10	18,4	1,73	2,74			1,97	2,01			9,50E-03	3,60E-08	fs	0,45
	S26Pz21/B	12,00	12,60	-9,54	-10,14	17,5	56,4	26,0	Limo argilloso sabbioso	49	36	13	34,5	1,66	2,65					26,4	0,10	1,10E-02	4,10E-09	0,7-1,7	0,4-0,65
	S26Pz21/C	16,50	17,10	-14,04	-14,64	0,5	61,9	37,6	Limo con argilla	40	28	12	29,1	2,01	2,94			1,33	1,70					1,7-2,0	0,4-0,55
	S26Pz21/D	18,00	18,60	-15,54	-16,14	12,1	75,8	12,1	o debolmente sabbioso deb. Argill	np	np	np	28,5	1,84	2,83	31,4	0,11							0,8-5,5	0,05-0,6
	S26Pz21/E	19,50	20,10	-17,04	-17,64	3,5	81,3	15,2	Limo argilloso	37	28	9	28,8	1,92	2,77			0,49	0,56	32,4	0,09			0,5-1,4	0,05-0,4
S27 Pz22	S27Pz22/A	12,00	12,60	-9,23	-9,83	4,2	65,4	30,5	Limo con argilla	30	21	9	18,4	1,73	2,76					31,6	0,00	5,80E-03	8,20E-08	0,9-1,7	0,05-0,3
	S27Pz22/B	13,50	14,10	-10,73	-11,33	27,3	60,1	12,6	Limo con sabbia deb. argilloso	np	np	np	28,6	1,85	2,76									1,7-2,0	0,2-0,3
	S27Pz22/C	22,50	23,10	-19,73	-20,33	0,9	76,8	22,3	Limo argilloso	37	28	9	13,3	1,69	2,74	26,8	0,07					9,30E-03	2,70E-09	1,9-3,3	0,2-0,45
	S27Pz22/D	24,00	24,60	-21,23	-21,83	2,6	75,3	22,1	Limo argilloso	33	25	8	31,8	1,99	2,80			1,33	1,16					1,3-1,8	0,1-0,35
	S27Pz22/E	28,50	29,10	-25,73	-26,33	4,0	77,5	18,5	Limo argilloso	35	24	11	24,8	2,09	2,70	28,8	0,20	1,27	0,72					2,0-2,9	0,25-0,3

Tabella 5.3b – Campioni rimaneggiati. Riepilogo parametri geotecnici

Sigla sondaggio e piezometro	Sigla C.I.	Profondità C.I.				Analisi granulometrica				Limiti di Atterberg (frazione < 75 µm)			Contenuto d'acqua	Peso specifico dei grani
		Da m p.c.	A m p.c.	Da m s.l.m.m.	A m s.l.m.m.	sabbia (%>75 µm)	limo (%4-75 µm)	argilla (%<4 µm)	classificazione	w <sub>L</sub> (%)	W <sub>p</sub> (%)	I <sub>p</sub> (%)	W <sub>N</sub> (%)	G <sub>s</sub>
S1 Pz1	S1Pz1/R1	6,00	6,45	-3,91	-4,36	8,6	67,1	24,3	Limo argilloso deb.te sabbioso	np	np	np	27,0	2,78
	S1Pz1/R2	12,00	12,45	-9,91	-10,36	14,0	62,1	23,9	Limo argilloso deb.te sabbioso	np	np	np	23,2	2,70
	S1Pz1/R3	18,00	18,45	-15,91	-16,36	65,5	28,0	6,6	Sabbia fine con limo deb. Argil.	np	np	np	23,9	2,77
S2 Pz2	S2Pz2/R1	12,00	12,45	-9,77	-10,22	22,2	60,9	16,9	Limo sabbioso argilloso	np	np	np	26,8	2,61
	S2Pz2/R2	18,00	18,45	-15,77	-16,22	88,3	9,4	2,3	Sabbia medio fine deb. Limosa	np	np	np	25,7	2,79
	S2Pz2/R3	21,00	21,45	-18,77	-19,22	86,3	11,5	2,2	Sabbia medio fine Limosa	np	np	np	18,9	2,70
SS1Pz23	non previsti													
S4	S4/R1	12,00	12,45	-9,33	-9,78	20,3	57,0	22,7	Limo argilloso deb.te sabbioso	np	np	np	33,6	2,80
	S4/R2	15,00	15,45	-12,33	-12,78	10,6	72,0	17,4	Limo argilloso	np	np	np	30,3	2,82
	S4/R3	18,00	18,45	-15,33	-15,78	22,5	57,0	20,5	Limo argilloso	np	np	np	25,9	2,73
SS2 Pz24	non previsti													
S5 Pz3	S5Pz3/R1	6,00	6,45	-3,63	-4,08	49,9	40,0	10,1	Limo con sabbia deb. Argilloso	np	np	np	5,6	2,72
	S5Pz3/R2	16,50	16,95	-14,13	-14,58	35,4	43,6	21,0	Limo argilloso con sabbia fine	np	np	np	23,9	2,74
	S5Pz3/R3	25,50	25,95	-23,13	-23,58	56,4	34,3	9,3	Limo con sabbia deb. Argilloso	np	np	np	20,4	2,72
S6 Pz4	S6Pz4/R1	18,00	18,45	-15,76	-16,21	60,6	31,0	8,4	Sabbia con limo deb. argillosa	np	np	np	20,4	2,86
	S6Pz4/R2	21,00	21,45	-18,76	-19,21	8,7	64,3	27,0	Limo con argilla deb.te sabbioso	np	np	np	17,9	2,88
	S6Pz4/R3	24,00	24,45	-21,76	-22,21	66,8	25,4	7,8	Sabbia con limo deb. argillosa	np	np	np	20,6	2,78
S7 Pz5	S7Pz5/R1	16,50	16,95	-13,98	-14,43	20,0	62,4	17,6	Limo argilloso deb.te sabbioso	np	np	np	19,1	2,75
	S7Pz5/R2	19,50	19,95	-16,98	-17,43	82,6	14,9	2,5	Sabbia medio fine limosa	np	np	np	26,6	2,71
	S7Pz5/R3	22,50	22,95	-19,98	-20,43	95,5	4,1	0,4	Sabbia medio fine	np	np	np	26,7	2,73
SS3 Pz25	non previsti													
SS3 BIS	non previsti													
S8 Pz6	S8Pz6/R1	18,00	18,45	-14,97	-15,42	14,5	70,9	14,6	Limo deb. argilloso deb. Sabb.	np	np	np	26,1	2,69
	S8Pz6/R2	25,50	25,95	-22,47	-22,92	46,2	40,3	13,6	Sabbia con limo deb. argillosa	np	np	np	21,1	2,73
	S8Pz6/R3	30,00	30,45	-26,97	-27,42	6,5	64,0	29,5	Limo con argilla deb.te sabbioso	np	np	np	25,0	2,70
S9 Pz7	non previsti													
S10 Pz8	S10Pz8/R1	10,50	10,95	-8,37	-8,82	12,8	71,0	16,2	Limo sabbioso deb.te argilloso	np	np	np	27,5	2,71
	S10Pz8/R2	18,00	18,45	-15,87	-16,32	3,3	77,3	19,4	Limo sabbioso argilloso	np	np	np	36,2	2,77
	S10Pz8/R3	19,50	19,95	-17,37	-17,82	38,3	54,5	7,2	Limo con sabbia deb. Argilloso	np	np	np	25,8	2,80
S12 Pz10	S12Pz10/R1	6,00	6,45	-3,18	-3,63	3,1	74,0	22,9	Limo argilloso	28	22	6	28,8	2,79
	S12Pz10/R2	11,50	11,95	-8,68	-9,13	5,0	83,6	11,4	Limo argilloso	np	np	np	47,9	2,90
	S12Pz10/R3	19,50	19,95	-16,68	-17,13	48,1	45,9	6,1	Sabbia con limo deb. argillosa	np	np	np	20,0	2,89
SS4 Pz26	non previsti													
S13 Pz11	S13Pz11/R1	21,00	21,45	-18,43	-18,88	21,4	63,4	15,3	Limo sabbioso deb.te argilloso	np	np	np	32,4	2,74
	S13Pz11/R2	24,00	24,45	-21,43	-21,88	6,6	75,4	18,0	Limo argilloso deb.te sabbioso	np	np	np	24,6	2,66
	S13Pz11/R3	29,55	30,00	-26,98	-27,43	12,3	71,3	16,4	Limo sabbioso argilloso	np	np	np	25,9	2,64
S14 Pz28	non previsti													
S15 Pz32	S15Pz32/R1	10,50	10,95	-8,08	-8,53	29,3	62,4	8,3	Limo con sabbia deb. Argilloso	np	np	np	31,5	2,79
	S15Pz32/R2	16,50	16,95	-14,08	-14,53	21,9	69,4	8,7	Limo sabbioso deb.te argilloso	np	np	np	26,9	2,79
	S15Pz32/R3	19,50	19,95	-17,08	-17,53	28,4	63,6	8,0	Limo con sabbia deb. Argilloso	np	np	np	29,1	2,80
S16 Pz12	S16Pz12/R1	7,50	7,95	-5,32	-5,77	2,0	66,4	31,6	Limo con argilla	28	21	7	25,6	2,73
	S16Pz12/R2	12,00	12,5	-9,82	-10,27	13,6	53,1	33,3	Limo sabbioso con argilla	np	np	np	31,7	2,70
	S16Pz12/R3	16,5	17	-14,32	-14,77	71,8	24,0	4,2	Sabbia limosa	np	np	np	25,3	2,65
S17	S17/R1	7,20	7,65	-5,07	-5,52	34,9	52,8	12,3	Limo con sabbia deb. Argilloso	26	21	5	25,1	2,92
	S17/R2	16,40	16,85	-14,27	-14,72	7,9	73,6	18,5	Limo argilloso deb.te sabbioso	np	np	np	54,4	2,86
	S17/R3	18,00	18,45	-15,87	-16,32	11,0	66,2	22,8	Limo argilloso deb.te sabbioso	np	np	np	25,8	2,95

Tabella 5.3b – Campioni rimaneggiati. Riepilogo parametri geotecnici (continua)

Sigla sondaggio e piezometro	Sigla C.I.	Profondità C.I.				Analisi granulometrica				Limiti di Atterberg (frazione < 75 µm)			Contenuto d'acqua	Peso specifico dei grani
		Da m p.c.	A m p.c.	Da m s.l.m.m.	A m s.l.m.m.	sabbia (%>75 µm)	limo (%4-75 µm)	argilla (%<4 µm)	classificazione	w <sub>L</sub> (%)	w <sub>p</sub> (%)	I <sub>p</sub> (%)	W <sub>N</sub> (%)	G <sub>s</sub>
S18 Pz14	S18 Pz14/R1	7,00	7,45	-4,70	-5,15	38,0	55,2	6,8	Limo con sabbia deb. Argilloso	np	np	np	25,2	2,73
	S18 Pz14/R2	12,00	12,45	-9,70	-10,15	22,0	45,9	32,1	Limo con argilla sabbioso	np	np	np	26,2	2,65
	S18 Pz14/R3	16,50	16,95	-14,20	-14,65	33,6	50,3	16,1	Limo con sabbia argilloso	np	np	np	25,9	2,71
S30 Pz33	S30 Pz33/R1	10,50	10,95	-8,39	-8,84	61,3	27,3	11,4	Sabbia con limo deb. argillosa	np	np	np	25,2	2,72
	S30 Pz33/R2	16,50	16,95	-14,39	-14,84	28,9	53,9	17,2	Limo con sabbia argilloso	np	np	np	24,7	2,73
	S30 Pz33/R3	30,00	30,45	-27,89	-28,34	25,3	62,9	11,8	Limo con sabbia deb. Argilloso	np	np	np	23,5	2,77
S19 Pz15	S19 Pz15/R1	10,50	10,95	-8,47	-8,92	45,5	46,0	8,5	Sabbia con limo deb. argillosa	np	np	np	25,1	2,77
	S19 Pz15/R2	16,50	16,95	-14,47	-14,92	50,0	39,9	10,1	Sabbia con limo deb. argillosa	np	np	np	25,7	2,73
	S19 Pz15/R3	18,00	18,45	-15,97	-16,42	87,0	10,4	2,6	Sabbia debolmente limosa	np	np	np	28,0	2,72
S21 Pz17	S21Pz17/R1	7,50	7,95	-5,29	-5,74	50,2	43,7	6,1	Sabbia con limo deb. argillosa	np	np	np	26,3	2,90
	S21Pz17/R2	14,50	15	-12,29	-12,74	23,1	64,2	12,7	Limo sabbioso deb.te argilloso	np	np	np	32,7	2,85
	S21Pz17/R3	21,00	21,5	-18,79	-19,24	9,7	74,3	16,0	Limo argilloso deb.te sabbioso	np	np	np	28,8	2,84
SS6 Pz29	non previsti													
S22 Pz18	S22Pz18/R1	10,50	11	-8,05	-8,50	85,3	11,1	3,6	Sabbia debolmente limosa	np	np	np	26,9	2,85
	S22Pz18/R2	24,00	24,5	-21,55	-22,00	70,2	25,6	4,2	Sabbia con limo	np	np	np	26,2	2,85
	S22Pz18/R3	27,00	27,5	-24,55	-25,00	83,4	12,7	3,9	Sabbia debolmente limosa	np	np	np	20,5	2,83
S23 Pz19	S23Pz19/R1	9,00	9,45	-6,90	-7,35	87,9	10,1	2,0	Sabbia debolmente limosa	np	np	np	28,7	2,84
	S23Pz19/R2	25,50	25,95	-23,40	-23,85	83,9	13,7	2,4	Sabbia debolmente limosa	np	np	np	24,6	2,82
	S23Pz19/R3	29,55	30,00	-27,45	-27,90	88,8	8,4	2,8	Sabbia debolmente limosa	np	np	np	20,8	2,83
S24	S24/R1	6,00	6,45	-4,04	-4,49	55,8	37,7	6,5	Sabbia con limo deb. argillosa	np	np	np	28,2	2,85
	S24/R2	21,00	21,5	-19,04	-19,49	25,4	64,8	9,8	Limo con sabbia deb. Argilloso	np	np	np	31,0	2,90
	S24/R3	22,50	23	-20,54	-20,99	79,0	18,0	3,0	Sabbia limosa	np	np	np	30,4	2,87
S28 Pz30	S28Pz30/R1	7,50	7,95	-5,41	-5,86	29,6	63,4	7,0	Limo con sabbia deb. Argilloso	np	np	np	25,8	2,96
	S28Pz30/R2	10,50	11	-8,41	-8,86	85,7	10,3	4,0	Sabbia medio fine deb. Limosa	np	np	np	20,1	2,84
	S28Pz30/R3	21,00	21,5	-18,91	-19,36	76,3	20,3	3,5	Sabbia limosa	np	np	np	27,3	2,96
S29 Pz31	S29 Pz31/R1	7,50	7,95	-4,53	-4,98	78,8	16,7	4,6	Sabbia medio fine limosa	np	np	np	19,9	2,77
	S29 Pz31/R2	10,50	10,95	-7,53	-7,98	85,0	11,7	3,4	Sabbia medio fine deb. Limosa	np	np	np	20,9	2,76
	S29 Pz31/R3	15,00	15,45	-12,03	-12,48	29,9	56,7	13,4	Limo con sabbia deb. Argilloso	np	np	np	20,4	2,77
S26 Pz21	S26 Pz21/R1	9,00	9,45	-6,54	-6,99	63,1	29,2	7,7	Sabbia fine con limo deb. Argil.	35	33	2	24,0	2,79
	S26 Pz21/R2	15,00	15,45	-12,54	-12,99	30,4	57,1	12,5	Limo sabbioso deb.te argilloso	np	np	np	22,0	2,79
	S26 Pz21/R3	24,00	24,45	-21,54	-21,99	20,4	64,5	15,1	Limo sabbioso deb.te argilloso	32	30	2	26,7	2,77
S27 Pz22	S27 Pz22/R1	9,00	9,45	-6,23	-6,68	25,9	61,8	12,3	Limo con sabbia deb. Argilloso	35	33	2	26,3	2,79
	S27 Pz22/R2	15,00	15,45	-12,23	-12,68	39,7	49,4	10,9	Limo con sabbia deb. Argilloso	np	np	np	24,5	2,76
	S27 Pz22/R3	16,50	16,95	-13,73	-14,18	78,8	15,2	6,0	Sabbia limosa deb. Argillosa	np	np	np	20,5	2,78

Tabella 5.3c – Campioni rimaneggiati (prelievo per analisi chimiche). Riepilogo parametri geotecnici

Sigla sondaggio e piezometro	Profondità C.R. per analisi chimiche				Analisi granulometrica						Contenuto d'acqua	Peso specifico dei grani
	m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.	ciottoli (%>75 mm)	ghiaia (%4,75– 75mm)	sabbia (%75– 4750µm)	limo (%4–75 µm)	argilla (%<4 µm)	classificazione	W <sub>N</sub> (%)	G <sub>s</sub>
S1 Pz1	0,00	1,80	2,09	0,29		0,53	94,19	5,28		Sabbia fine debolmente limosa	9,9	2,72
	1,80	4,00	0,29	–1,91			4,29	80,43	15,28	Limo argilloso	20,5	2,70
	4,00	6,00	–1,91	–3,91			80,33	14,80	4,87	Sabbia fine debolmente limosa	26,7	2,76
S2 Pz2	0,05	0,80	2,18	1,43		0,42	95,42	4,16		Sabbia fine	10,9	2,77
	0,80	1,50	1,43	0,73			78,85	19,36	1,79	Sabbia medio fine limosa	24,1	2,77
	1,50	2,30	0,73	–0,07		0,68	92,51	6,33	0,48	Sabbia fine debolmente limosa	24,4	2,69
SS1Pz23	0,00	2,00	2,70	0,70			90,61	8,50	0,89	Sabbia medio fine debolmente limosa	11,9	2,65
	2,00	3,00	0,70	–0,30			90,44	8,66	0,90	Sabbia medio fine debolmente limosa	6,6	2,69
	3,00	3,50	–0,30	–0,80			47,63	45,71	6,66	Sabbia fine con limo debolmente argillosa	11,0	2,77
S4	non previsti											
SS2 Pz24	non previsti											
S5 Pz3	non previsti											
S6 Pz4	0,00	1,00	2,24	1,24			28,15	57,21	14,64	Limo con sabbia fine debolmente argilloso	4,1	2,77
	1,00	2,00	1,24	0,24			34,86	58,59	6,55	Limo con sabbia fine debolmente argilloso	5,2	2,79
	3,50	4,00	–1,26	–1,76			1,49	65,88	32,63	Limo con argilla	58,0	2,75
S7 Pz5	0,50	0,90	2,02	1,62		31,02	67,94	1,04		Sabbia medio grossa con ghiaia	33,5	2,74
	1,00	2,00	1,52	0,52			77,83	20,63	1,54	Sabbia medio fine limosa	43,7	2,73
	2,00	3,00	0,52	–0,48			33,80	60,58	5,62	Limo con sabbia fine debolmente argilloso	26,7	2,70
SS3 Pz25	0,00	2,90	2,41	–0,49		16,84	81,81	1,35		Sabbia medio grossa ghiaiosa	7,4	2,69
	2,90	4,50	–0,49	–2,09			70,58	26,29	3,13	Sabbia medio fine con limo	37,9	2,75
	4,50	5,50	–2,09	–3,09			0,95	73,02	26,03	Limo con argilla	48,4	2,77
SS3 BIS	0,00	3,00	2,43	–0,57		10,70	87,53	1,77		Sabbia media debolmente ghiaiosa	75,7	2,76
	3,00	4,00	–0,57	–1,57			12,24	81,06	6,70	Limo debolmente sabbioso e argilloso	46,6	2,73
	4,00	6,00	–1,57	–3,57			0,62	60,47	38,91	Limo con argilla	23,5	2,73
S8 Pz6	0,00	3,10	3,03	–0,07		15,87	82,53	1,60		Sabbia medio fine ghiaiosa	28,7	2,78
	3,10	5,50	–0,07	–2,47			0,62	60,47	38,91	Limo con argilla	56,7	2,77
	5,50	6,10	–2,47	–3,07			1,89	63,09	35,02	Limo con argilla	23,0	2,75
S9 Pz7	0,50	3,00	2,45	–0,05		2,91	94,76	2,33		Sabbia medio fine	5,6	2,73
	3,00	4,50	–0,05	–1,55			20,70	64,49	14,81	Limo sabbioso debolmente argilloso	29,2	2,73
	4,50	5,00	–1,55	–2,05			24,05	59,92	16,03	Limo sabbioso argilloso	42,7	2,79
S10 Pz8	0,00	2,80	2,13	–0,67		13,25	85,19	1,56		Sabbia media debolmente ghiaiosa	11,9	2,76
	2,80	4,30	–0,67	–2,17			19,28	70,83	9,89	Limo sabbioso debolmente argilloso	27,9	2,77
	4,30	5,80	–2,17	–3,67			37,25	56,66	6,09	Limo con sabbia fine debolmente argilloso	20,3	2,78
S12 Pz10	0,00	1,15	2,82	1,67			19,55	65,73	14,72	Limo sabbioso debolmente argilloso	12,0	2,75
	1,15	2,25	1,67	0,57		1,46	96,82	1,72		Sabbia medio fine	6,2	2,73
	2,25	4,40	0,57	–1,58			79,66	18,12	2,22	Sabbia medio fine limosa	16,3	2,72
SS4 Pz26	non previsti											
S13 Pz11	0,00	1,00	2,57	1,57			70,13	24,38	5,49	Sabbia medio fine limosa deb. argillosa	17,2	2,69
	1,00	2,00	1,57	0,57			84,94	13,57	1,49	Sabbia medio fine debolmente limosa	9,3	2,67
	2,00	3,50	0,57	–0,93			77,83	20,63	1,54	Sabbia medio fine limosa	30,4	2,65
S14 Pz28	non previsti											
S15 Pz32	0,00	1,00	2,42	1,42		9,24	88,86	1,90		Sabbia media debolmente ghiaiosa	9,4	2,72
	1,00	2,60	1,42	–0,18			81,43	16,65	1,92	Sabbia medio fine limosa	13,8	2,73
	2,60	3,25	–0,18	–0,83			49,19	46,94	3,87	Sabbia fine con limo	23,5	2,77

Tabella 5.3c – Campioni rimaneggiati (prelievo per analisi chimiche). Riepilogo parametri geotecnici (continua)

Sigla sondaggio e piezometro	Profondità C.R. per analisi chimiche				Analisi granulometrica						Contenuto d'acqua	Peso specifico dei grani
	m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.	ciottoli (%>75 mm)	ghiaia (%4,75– 75mm)	sabbia (%75– 4750µm)	limo (%4–75 µm)	argilla (%<4 µm)	classificazione	W <sub>N</sub> (%)	G <sub>s</sub>
S16 Pz12	0,00	1,00	2,18	1,18		18,04	80,74	1,22		Sabbia medio grossa ghiaiosa	10,6	2,75
	1,00	2,00	1,18	0,18			72,69	25,12	2,19	Sabbia medio fine con limo	21,7	2,75
	2,00	3,00	0,18	–0,82		32,63	66,32	1,05		Sabbia medio grossa con ghiaia	10,9	2,75
S17	0,00	3,00	2,13	–0,87		18,55	80,19	1,26		Sabbia medio grossa ghiaiosa	4,0	2,74
	3,00	3,30	–0,87	–1,17			82,25	16,07	1,68	Sabbia medio fine limosa	13,9	2,77
	3,30	4,50	–1,17	–2,37			2,14	60,95	36,91	Limo con argilla	3,4	2,77
S18 Pz14	0,05	0,50	2,25	1,80		5,62	92,26	2,12		Sabbia medio fine debolmente ghiaiosa	15,7	2,76
	0,50	2,10	1,80	0,20		40,88	58,28	0,84		Sabbia medio grossa con ghiaia	8,2	2,72
	2,10	2,90	0,20	–0,60		6,31	91,72	1,97		Sabbia medio fine debolmente ghiaiosa	32,1	2,81
S30 Pz33	non previsti											
S19 Pz15	0,05	1,90	1,98	0,13		11,32	86,98	1,70		Sabbia medio fine debolmente ghiaiosa	7,9	2,68
	1,90	3,50	0,13	–1,47			2,76	66,11	31,13	Limo con argilla	47,9	2,72
	3,50	4,50	–1,47	–2,47			1,51	66,04	32,45	Limo con argilla	52,9	2,75
S21 Pz17	0,20	1,00	2,01	1,21		15,75	82,60	1,65		Sabbia medio fine ghiaiosa	11,2	2,75
	1,00	1,90	1,21	0,31		32,46	66,49	1,05		Sabbia medio grossa con ghiaia	20,2	2,73
	1,90	4,00	0,31	–1,79			4,22	78,45	17,33	Limo argilloso	30,4	2,73
SS6 Pz29	0,00	1,00	2,24	1,24			84,58	14,04	1,38	Sabbia medio fine debolmente limosa	8,2	2,76
	1,00	1,60	1,24	0,64			84,39	14,33	1,28	Sabbia medio fine debolmente limosa	10,6	2,76
	1,60	3,00	0,64	–0,76			72,42	24,24	3,34	Sabbia medio fine limosa	14,5	2,77
S22 Pz18	0,00	1,20	2,45	1,25			0,75	66,33	32,92	Limo con argilla	31,2	2,77
	1,20	2,00	1,25	0,45			0,49	66,16	33,35	Limo con argilla	45,1	2,73
	2,00	3,60	0,45	–1,15			3,42	70,66	25,92	Limo con argilla	53,4	2,74
S23 Pz19	0,05	1,10	2,05	1,00		10,78	87,26	1,96		Sabbia media debolmente ghiaiosa	43,9	2,80
	1,10	2,00	1,00	0,10			3,87	77,79	18,34	Limo argilloso	39,7	2,73
	2,00	3,50	0,10	–1,40			0,15	59,76	40,09	Limo con argilla	82,5	2,73
S24	0,00	0,65	1,96	1,31		15,10	83,06	1,84		Sabbia media ghiaiosa	34,8	2,78
	0,65	2,00	1,31	–0,04			1,43	61,97	36,60	Limo con argilla	82,1	2,75
	2,00	3,40	–0,04	–1,44			9,70	81,53	8,77	Limo debolmente sabbioso e argilloso	100,0	2,73
S28 Pz30	0,00	1,00	2,09	1,09			33,82	56,71	9,47	Limo con sabbia debolmente argilloso	57,0	2,73
	1,00	2,00	1,09	0,09			37,75	53,23	9,02	Limo con sabbia debolmente argilloso	40,1	2,73
	2,00	3,00	0,09	–0,91			76,17	19,50	4,33	Sabbia fine limosa	36,1	2,70
S29 Pz31	0,00	1,20	2,97	1,77		2,81	94,94	2,25		Sabbia medio fine	28,2	2,72
	1,20	4,00	1,77	–1,03			1,98	78,22	19,80	Limo argilloso	23,3	2,71
	4,00	6,00	–1,03	–3,03			2,03	64,87	33,10	Limo con argilla	74,2	2,71
S26 Pz21	0,00	1,50	2,46	0,96			81,43	16,65	1,92	Sabbia medio fine limosa	31,4	2,73
	1,50	2,00	0,96	0,46			47,42	45,06	7,52	Sabbia fine con limo debolmente argilloso	35,0	2,73
	3,00	4,05	–0,54	–1,59			2,76	66,11	31,13	Limo con argilla	33,9	2,78
S27 Pz22	0,05	3,00	2,72	–0,23		6,76	91,25	1,99		Sabbia medio fine debolmente ghiaiosa	13,6	2,73
	3,00	5,40	–0,23	–2,63			24,00	61,21	14,79	Limo sabbioso debolmente argilloso	32,3	2,74
	5,40	8,00	–2,63	–5,23			1,41	77,07	21,52	Limo argilloso	60,8	2,74

## 6. ANALISI CHIMICHE

Nel corso dei sondaggi a rotazione con carotaggio continuo sono stati prelevati settantotto campioni rimaneggiati di terreno (tre per ciascun punto di sondaggio) da destinare alle analisi chimiche; il prelievo è stato condotto negli strati più superficiali interessati dall'opera e/o immediatamente al di sotto della stessa. Per le modalità di campionamento e conservazione dei campioni si veda quanto descritto al paragrafo 3.4.

Nella tabella che segue sono riepilogate le sigle dei campioni e le profondità di prelievo sia rispetto al piano campagna sia rispetto al livello medio mare.

*Tabella 6.1 – Campioni medi di terreno per analisi chimiche*

Sigla sondaggio e piezometro	Quota piano campagna	Profondità C.R. per analisi chimiche			
		da	a	da	a
	m s.l.m.m.	m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.
S1 Pz1	2,09	0,00	1,80	2,09	0,29
		1,80	4,00	0,29	-1,91
		4,00	6,00	-1,91	-3,91
S2 Pz2	2,23	0,05	0,80	2,18	1,43
		0,80	1,50	1,43	0,73
		1,50	2,30	0,73	-0,07
SS1Pz23	2,70	0,00	2,00	2,70	0,70
		2,00	3,00	0,70	-0,30
		3,00	3,55	-0,30	-0,85
S4	2,67	non previsti			
SS2 Pz24	2,46	non previsti			
S5 Pz3	2,37	non previsti			
S6 Pz4	2,24	0,00	1,00	2,24	1,24
		1,00	2,00	1,24	0,24
		3,50	4,00	-1,26	-1,76
S7 Pz5	2,52	0,50	0,90	2,02	1,62
		1,00	2,00	1,52	0,52
		2,00	3,00	0,52	-0,48
SS3 Pz25	2,41	0,00	2,90	2,41	-0,49
		2,90	4,50	-0,49	-2,09
		4,50	5,50	-2,09	-3,09

Tabella 6.1 – Campioni medi di terreno per analisi chimiche. Continua

Sigla sondaggio e piezometro	Quota piano campagna	Profondità C.R. per analisi chimiche			
		da	a	da	a
	m s.l.m.m.	m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.
SS3 BIS	2,43	0,00	3,00	2,43	-0,57
		3,00	4,00	-0,57	-1,57
		4,00	6,00	-1,57	-3,57
S8 Pz6	3,03	0,00	3,10	3,03	-0,07
		3,10	5,50	-0,07	-2,47
		5,50	6,10	-2,47	-3,07
S9 Pz7	2,95	0,50	3,00	2,45	-0,05
		3,00	4,50	-0,05	-1,55
		4,50	5,00	-1,55	-2,05
S10 Pz8	2,13	0,00	2,80	2,13	-0,67
		2,80	4,30	-0,67	-2,17
		4,30	5,80	-2,17	-3,67
S12 Pz10	2,82	0,00	1,15	2,82	1,67
		1,15	2,25	1,67	0,57
		2,25	4,40	0,57	-1,58
SS4 Pz26	2,60	non previsti			
S13 Pz11	2,57	0,00	1,00	2,57	1,57
		1,00	2,00	1,57	0,57
		2,00	3,50	0,57	-0,93
S14 Pz28	1,89	non previsti			
S15 Pz32	2,42	0,00	1,00	2,42	1,42
		1,00	2,60	1,42	-0,18
		2,60	3,25	-0,18	-0,83
S16 Pz12	2,18	0,00	1,00	2,18	1,18
		1,00	2,00	1,18	0,18
		2,00	3,00	0,18	-0,82
S17	2,13	0,00	3,00	2,13	-0,87
		3,00	3,30	-0,87	-1,17
		3,30	3,45	-1,17	-1,32
S18 Pz14	2,3	0,05	0,50	2,25	1,80
		0,50	2,10	1,80	0,20
		2,10	2,90	0,20	-0,60
S30 Pz33	2,11	non previsti			
S19 Pz15	2,03	0,05	1,90	1,98	0,13
		1,90	3,50	0,13	-1,47
		3,50	4,50	-1,47	-2,47
S21 Pz17	2,21	0,00	1,00	2,21	1,21
		1,00	1,90	1,21	0,31
		1,90	4,00	0,31	-1,79
SS6 Pz29	2,24	0,00	1,00	2,24	1,24
		1,00	1,60	1,24	0,64
		1,60	3,00	0,64	-0,76
S22 Pz18	2,45	0,00	1,20	2,45	1,25
		1,20	2,00	1,25	0,45
		2,00	3,60	0,45	-1,15

Tabella 6.1 – Campioni medi di terreno per analisi chimiche. Continua

Sigla sondaggio e piezometro	Quota piano campagna	Profondità C.R. per analisi chimiche			
		da	a	da	a
	m s.l.m.m.	m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.
S23 Pz19	2,10	0,05	1,10	2,05	1,00
		1,10	2,00	1,00	0,10
		2,00	3,50	0,10	-1,40
S24	1,96	0,00	0,65	1,96	1,31
		0,65	2,00	1,31	-0,04
		2,00	3,40	-0,04	-1,44
S28 Pz30	2,09	0,00	1,00	2,09	1,09
		1,00	2,00	1,09	0,09
		2,00	3,00	0,09	-0,91
S29 Pz31	2,97	0,00	1,20	2,97	1,77
		1,20	4,00	1,77	-1,03
		4,00	6,00	-1,03	-3,03
S26 Pz21	2,46	0,00	1,50	2,46	0,96
		1,50	2,00	0,96	0,46
		3,00	4,05	-0,54	-1,59
S27 Pz22	2,77	0,05	3,00	2,72	-0,23
		3,00	5,40	-0,23	-2,63
		5,40	8,00	-2,63	-5,23

Per completare la caratterizzazione chimica del sito, in corrispondenza di ventitre punti di sondaggio sono stati prelevati campioni di acqua di falda secondo le modalità specificate nel paragrafo 3.4. Nella tabella che segue sono riportate le sigle dei campioni prelevati e ripetute le indicazioni relative alla profondità del tratto finestrato del piezometro e alla tipologia di falda monitorata (superficiale, prima o seconda).

Tabella 6.2 – Campioni di acqua di falda per analisi chimiche

Sigla sondaggio e piezometro	Quota piano campagna	Profondità tratto fessurato				Falda indagata
		da	a	da	a	
	m s.l.m.m.	m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.	
S1 Pz1	2,09	4,10	6,60	-2,01	-4,51	1 <sup>a</sup>
S2 Pz2	2,23	22,50	25,00	-20,27	-22,77	2 <sup>a</sup>
SS1 Pz23	2,70	non previsto				
S4	2,67	non previsto				
SS2 Pz24	2,46	3,50	6,00	-1,04	-3,54	1 <sup>a</sup>
S5 Pz3	2,37	11,50	14,00	-9,13	-11,63	2 <sup>a</sup>

Tabella 6.2 – Campioni di acqua di falda per analisi chimiche. Continua

Sigla sondaggio e piezometro	Quota piano campagna	Profondità tratto fessurato piezometro				Falda indagata
		da	a	da	a	
	m s.l.m.m.	m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.	
S6 Pz4	2,24	22,50	25,00	-20,26	-22,76	2 <sup>a</sup>
S7 Pz5	2,52	12,00	14,50	-9,48	-11,98	2 <sup>a</sup>
SS3 Pz25	2,41	4,00	6,00	-1,59	-3,59	1 <sup>a</sup>
SS3bis	2,43	non previsto				
S8 Pz6	3,03	22,50	25,00	-19,47	-21,97	2 <sup>a</sup>
S9 Pz7	2,95	12,50	15,00	-9,55	-12,05	2 <sup>a</sup>
S10 Pz8	2,13	non previsto				
S12 Pz10	2,82	4,50	2,40	-1,68	0,42	Sup.
SS4 Pz26	2,60	non previsto				
S13 Pz11	2,57	18,50	21,00	-15,93	-18,43	2 <sup>a</sup>
S14 Pz28	1,89	0,50	3,00	1,39	-1,11	sup.
S15 Pz32	2,40	10,00	12,00	-7,60	-9,60	1 <sup>a</sup>
S16 Pz12	2,18	17,00	19,50	-14,82	-17,32	2 <sup>a</sup>
S17	2,13	non previsto				
S18 Pz14	2,30	0,50	3,00	1,80	-0,70	sup.
S30Pz33	2,11	9,80	12,00	-7,69	-9,89	1 <sup>a</sup>
S19 Pz15	2,03	16,80	19,00	-14,77	-16,97	2 <sup>a</sup>
S21 Pz17	2,21	22,50	25,00	-20,29	-22,79	2 <sup>a</sup>
SS6 Pz29	2,24	non previsto				
S22 Pz18	2,45	7,30	9,80	-4,85	-7,35	1 <sup>a</sup>
S23 Pz19	2,10	24,00	26,50	-21,90	-24,40	2 <sup>a</sup>
S24	1,96	non previsto				
S28 Pz30	2,09	non previsto				
S29 Pz31	2,97	9,50	12,00	-6,53	-9,03	1 <sup>a</sup>
S26 Pz21	2,46	13,00	15,50	-10,54	-13,04	1 <sup>a</sup>
S27 Pz22	2,77	2,00	4,50	0,77	-1,73	sup.

Le determinazioni analitiche previste nei *campioni di terreno* sono le seguenti:

- pH, residuo a 105°C, residuo a 600°C, sostanza organica totale (espressa come TOC)
- COMPOSTI INORGANICI: Cianuri, Cianuri liberi, Fluoruri, Solfuri, Ammoniaca (NH<sub>4</sub>), Nitriti (N), Nitrati (N), Fosforo totale (P), Ortofosfati (P), Antimonio, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo totale, Cromo VI, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Stagno, Tallio, Vanadio, Zinco
- COMPOSTI ORGANICI: *-Idrocarburi Aromatici*: Benzene, Etilbenzene, Stirene, Toluene, Xilene, Sommatoria Organici Aromatici, *-Idrocarburi Policiclici Aromatici (più tossici)*: Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(j)fluorantene, Benzo(ghi)perilene, Crisene, Dibenzo(a,e)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Indeneo(1,2,3-c,d)pirene, Pirene, Sommatoria IPA più tossici, *- Idrocarburi Policiclici Aromatici (meno tossici)*: Acenaftene, Antracene, Fenantrene, Fluorene, Fluorantene, Naftalene, Sommatoria IPA meno tossici, Sommatoria IPA, *-Alifatici clorurati cancerogeni*: Clorometano, Diclorometano, Triclorometano, Cloruro di vinile, 1,2-dicloroetano, 1,1-dicloroetilene, 1,2-dicloropropano, 1,1,2-tricloroetano, Tricloroetilene, 1,2,3-tricloropropano, 1,1,2,2-tetracloroetano, Tetracloroetilene (PCE), *-Alifatici clorurati non*

*cancerogeni*: 1,1-dicloroetano, 1,2-dicloroetilene, 1,1,1-tricloroetano, –*Alifatici alogenati cancerogeni*: Tribromometano (Bromoformio), 1,2-dibromoetano, Dibromoclorometano, Bromodiclorometano, –*Nitrobenzeni*: Nitrobenzene, 1,2-dinitrobenzene, 1,3-dinitrobenzene, Cloronitrobenzeni, –*Clorobenzeni*: Monoclorobenzene, Diclorobenzeni non cancerogeni (1,2-diclorobenzene), Diclorobenzeni cancerogeni (1,4-diclorobenzene), 1,2,4-triclorobenzene, Pentaclorobenzene, Esaclorobenzene 1,2,4,5-tetraclorobenzene, –*Fenoli non clorurati*: Metilfenolo (o-,m-,p-), Fenolo, –*Fenoli clorurati*: 2-clorofenolo, 2,4-diclorofenolo, 2,4,6-triclorofenolo, Pentaclorofenolo, –*Ammine aromatiche*: Anilina, o-Anisidina, m, p-Anisidina, Difenilammina, p-Toluidina, Sommatoria Ammine Aromatiche, –*Fitofarmaci*: Alaclor, Aldrin, Atrazina, alfa-esacloroetano, beta-esacloroetano, gamma-esacloroetano (Lindano), Clordano, DDD, DDT, DDE, Dieldrin, Endrin, Pesticidi Organo Clorurati (POC), Policlorobifenili (PCB), –*Idrocarburi*: Idrocarburi Leggeri C<12, Idrocarburi Pesanti C>12, Idrocarburi totali, Idrocarburi Alogenati Alifatici, Idrocarburi Alogenati Aromatici, Idrocarburi Alogenati Totali, Idrocarburi Alifatici non alogenati.

Sui tredici campioni di terreno elencati in tabella 6.3 sono stati inoltre determinati le diossine (PCDD, PCDF) ed i policloronaftaleni, mentre su quelli riportati in tab. 6.4 l'amianto (fibre libere), gli esteri dell'acido ftalico, , gli organostannici. La scelta dei campioni sui quali analizzare i parametri aggiuntivi è stata fatta sulla base dei risultati chimici preliminari e tenendo conto dei seguenti criteri:

- per le diossine e i policloronaftaleni sono stati analizzati i campioni con le concentrazioni più elevate di PCB (cfr. tabella 6.3). Il criterio generale di scelta prevede infatti di determinare i suddetti parametri sui campioni con valori di policlorobifenili più alti, o, nel caso di concentrazioni di PCB inferiori al limite di rilevabilità e concentrazione di almeno un idrocarburo alogenato superiore a quella prevista nella colonna B della tabella 1 riportata nell'allegato 1 al D.M. 471/99, sui campioni con più elevata presenza di idrocarburi alogenati.
- In linea generale, qualora le concentrazioni più elevate di contaminanti risultassero da campioni provenienti dalla stessa carota, e concentrazioni significative di contaminanti fossero presenti in campioni provenienti da altre carote, potranno essere scelti anche

questi ultimi campioni, mantenendo comunque inalterato il numero complessivo previsto;

- per l'amianto, gli organostannici e gli esteri dell'acido ftalico sono stati scelti i campioni con presenza di almeno due parametri con concentrazioni superiori a quelle previste nella colonna B della tabella 1 riportata nell'allegato 1 al D.M. 471/99 (cfr. tabella 6.4). Il criterio generale adottato per la scelta prevede che, nel caso in cui il numero di campioni da analizzare (utilizzando la regola appena esposta) risultasse superiore al numero massimo previsto, dovranno essere analizzati i campioni caratterizzati dal maggior numero di parametri presenti con concentrazioni superiori a quelle previste dal D.M.471/99 (colonna B). Anche per questi parametri integrativi vale quanto specificato in precedenza per diossine e policloronaftaleni relativamente ai casi di concentrazioni più elevate su campioni provenienti dalla stessa carota.

*Tabella 6.3 – Campioni medi di terreno per analisi chimiche integrative:  
PCDD/PCDF e policloronaftaleni*

Sigla sondaggio e piezometro	Profondità C.R.				Concentrazione di PCB in mg/kg (Limite "B" D.M. 471/99 = 5 mg/kg)
	da	a	da	a	
	m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.	mg/kg
SS1Pz23	0.00	1.00	2,70	0,70	0.233
S7Pz5	2.00	3.00	0,52	-0,48	2.080
SS3bis	0.00	3.00	2,43	-0,57	0.196
S10Pz8	0.00	2.80	2,13	-0,67	0.311
S12Pz10	1,15	2,25	1,67	0,57	0.220
S18Pz14	0.05	0.50	2,25	1,80	0.896
SS6Pz29	0.00	1.00	2,21	1,21	0.176
S22Pz18	0.00	1.20	2,45	1,25	3.180
S23Pz19	0.05	1.10	2,05	1,00	1.550
S24	0.00	0.65	1,96	1,31	2.360
S28Pz30	2.00	3.00	0,09	-0,91	0.255
S29Pz31	0.00	1.20	2,97	1,77	0.381
S27Pz22	0.05	3.00	2,72	-0,23	0.496

**Tabella 6.4– Campioni medi di terreno per analisi chimiche integrative:**  
**Esteri dell'acido ftalico, amianto (fibre libere) e composti organostannici**

Sigla sondaggio e piezometro	Profondità C.R.				Contaminazione ai sensi D.M. 471/99 –Colonna B
	da	a	da	a	
	m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.	
S6Pz4	3.50	4.00	-1.26	-1.76	Cd, Zn
SS3bis	3.00	4.00	-0.57	-1.57	C<12
S23Pz19	0.05	1.10	2.06	1.00	C<12, As, Cd, Pb, Zn
S23Pz19	2.00	3.50	0.10	-1.40	Sb, Cd, Pb, Zn
S24	0.00	0.65	1.96	1.31	As, Cd
S24	0.65	2.00	1.31	-0.04	Sb, Cd, Pb, Zn
S24	2.00	3.40	-0.04	-1.44	Sb, Cd, Pb, Zn
S27Pz22	5.40	8.00	-2.63	-5.63	As, Cd, Zn, C<12
S27Pz22	0.05	3.00	2.73	-0.23	C<12

Per i *campioni di acqua di falda* sono stati analizzati i seguenti parametri:

- pH, Temperatura, Colore, Odore, Solidi sospesi totali (SST), B.O.D.5 (O<sub>2</sub>), C.O.D. (O<sub>2</sub>),
- **COMPOSTI INORGANICI:** Cianuri, Cianuri liberi, Cloruri, Fluoruri, Solfuri, Solfati, Ammoniaca (NH<sub>4</sub>), Nitriti (N), Nitrati (N), Azoto totale, Fosforo totale (P), Ortofosfati (P), Alluminio, Antimonio, Argento, Arsenico, Boro, Bario, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo totale, Cromo VI, Ferro, Manganese, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Stagno, Tallio, Vanadio, Zinco
- **COMPOSTI ORGANICI:** *–Idrocarburi Aromatici:* Benzene, Etilbenzene, Stirene, Toluene, Xilene, Sommatoria Organici Aromatici, *–Idrocarburi Policiclici Aromatici (più tossici):* Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(ghi)perilene, Crisene, Dibenzo(a,e)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Indeneo(1,2,3–c,d)pirene, Pirene, Sommatoria IPA più tossici, *–Idrocarburi Policiclici Aromatici (meno tossici):* Acenaftene, Antracene, Fenantrene, Fluorene, Naftalene, Sommatoria IPA meno tossici, Sommatoria IPA, *–Alifatici clorurati cancerogeni:* Clorometano, Diclorometano, Triclorometano, Cloruro di vinile, 1,2–dicloroetano, 1,1–dicloroetilene, 1,2–dicloropropano, 1,1,2–tricloroetano, Tricloroetilene, 1,2,3–tricloropropano, 1,1,2,2–tetracloroetano, Esaclorobutadiene, Tetraclorometano, Tetracloroetilene, Sommatoria Organoalogenati, *–Alifatici clorurati non cancerogeni:* 1,1–dicloroetano, 1,2–dicloroetilene, 1,1,1–tricloroetano, *–Alifatici alogenati cancerogeni:* Bromoformio, 1,2–dibromoetano, Dibromoclorometano, Bromodiclorometano, *–Nitrobenzeni:* Nitrobenzene, 1,2–dinitrobenzene, 1,3–dinitrobenzene, Cloronitrobenzeni, 2–cloronitrobenzene, 4–cloronitrobenzene, 2,3–dicloronitrobenzene, 2,4–dicloronitrobenzene, 2,5–dicloronitrobenzene, 2,3,4–tricloronitrobenzene, 2,4,5–tricloronitrobenzene, 2,3,4,5–tetracloronitrobenzene, 2,3,5,6–tetracloronitrobenzene, Pentacloronitrobenzene, *–Clorobenzeni:* Monoclorobenzene, Diclorobenzeni non cancerogeni (1,2–diclorobenzene), Diclorobenzeni cancerogeni (1,4–diclorobenzene), 1,2,4–triclorobenzene, Pentaclorobenzene, Esaclorobenzene 1,2,4,5–tetraclorobenzene, *–Fenoli non clorurati:* Metilfenolo (o–,m–,p–), Fenolo, *Fenoli clorurati:* 2–clorofenolo, 2,4–diclorofenolo, 2,4,6–triclorofenolo, Pentaclorofenolo, *–Ammine aromatiche:* Anilina, Difenilammina, p–Toluidina, Sommatoria Ammine Aromatiche, –

*Fitofarmaci:* Alaclor, Adrin, Atrazina, alfa-esacloroetano, beta-esacloroetano, Lindano, Clordano, DDD, DDT, DDE, Dieldrin, Endrin, Sottosomma Fitofarmaci, Policlorobifenili (PCB),  
*-Idrocarburi:* Idrocarburi totali, Idrocarburi Alogenati Alifatici, Idrocarburi Alogenati Aromatici, Idrocarburi Alogenati Totali, Idrocarburi Alifatici non alogenati

Su cinque campioni di acqua, indicati in tabella 6.5 e 6.6, sono state inoltre determinate le diossine (PCDD/F, diciassette congeneri più sommatoria e conversione in T.E.Q./I.T.E.), l'amianto (fibre >100 mm), l'acido para-ftalico, l'acrilammide e gli organostannici. I criteri di scelta dei campioni sui quali procedere con le analisi integrative delle diossine e degli altri parametri sono gli stessi precedentemente descritti per i suoli.

*Tabella 6.5 – Campioni di acqua per analisi chimiche integrative:  
PCDD/PCDF*

Sigla sondaggio e piezometro	Quota piano campagna	Profondità tratto fessurato piezometro				Falda indagata	Contaminazione
		da	a	da	a		
	m s.l.m.m.	m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.		
S1 Pz1	2,09	4,10	6,60	-4,51	-2,01	1 <sup>a</sup>	Idrocarburi clorurati
S2 Pz2	2,23	22,50	25,00	-22,77	-20,27	2 <sup>a</sup>	Idrocarburi clorurati
S5 Pz3	2,37	11,50	14,00	-11,63	-9,13	2 <sup>a</sup>	Idrocarburi clorurati
S7 Pz5	2,52	12,00	14,50	-11,98	-9,48	2 <sup>a</sup>	Idrocarburi clorurati
S9 Pz7	2,95	12,50	15,00	-12,05	-9,55	2 <sup>a</sup>	Idrocarburi clorurati

*Tabella 6.6 – Campioni di acqua per analisi chimiche integrative:  
amianto, acido para-ftalico, acrilammide, organostannici*

Sigla sondaggio e piezometro	Quota piano campagna	Profondità tratto fessurato piezometro				Falda indagata	Contaminazione
		da	a	da	a		
	m s.l.m.m.	m p.c.	m p.c.	m s.l.m.m.	m s.l.m.m.		
S1 Pz1	2,09	4,10	6,60	-2,01	-4,51	1 <sup>a</sup>	Metalli e composti organici
S2 Pz2	2,23	22,50	25,00	-20,27	-22,77	2 <sup>a</sup>	Metalli e composti organici
SS2 Pz24	2,6	3,0	6,0	-1,04	-3,54	1 <sup>a</sup>	Metalli e composti organici
S7 Pz5	2,52	12,00	14,50	-9,48	-11,98	2 <sup>a</sup>	Metalli e composti organici
S12 Pz10	2,82	2,40	4,50	0,42	-1,68	Sup.	Metalli e composti organici

## 6.1 METODICHE ANALITICHE E CONTROLLI DI QUALITÀ

Per determinare i parametri previsti sono stati utilizzati metodi CNR-IRSA, APHA, STD. METHOD, UNICHIM e EPA, ossia metodi riconosciuti sia in Europa sia negli USA. Ogni metodo è siglato dal proprio codice in cui compare un numero di identificazione e la data di approvazione. Nella tabella che segue (tab. 6.7) sono sintetizzate le sigle dei metodi adottati, analogamente a quanto riportato nei certificati analitici allegati.

*Tabella 6.7 – Analisi chimiche dei suoli. Metodiche analitiche adottate*

Parametro	Metodo	Parametro	Metodo
Residuo a 105°C	D.M.13.09.99 – II.2	Xilene	EPA 8260B/96
Residuo a 600°C	POP11040-R.0	Stirene	EPA 8260B/96
Metalli	EPA 6020A/98	Aromatici Policiclici	EPA 8270C/96
Antimonio (come Sb)	EPA 6020A/98	Benzo (a) Antracene	EPA 8270C/96
Arsenico (come As)	EPA 6020A/98	Benzo (a) Pirene	EPA 8270C/96
Berillio (come Be)	EPA 6020A/98	Benzo (b+k+j) Fluoranteni	EPA 8270C/96
Cadmio (come Cd)	EPA 6020A/98	Benzo (g,h,i) Perilene	EPA 8270C/96
Cobalto (come Co)	EPA 6020A/98	Crisene	EPA 8270C/96
Cromo totale (come Cr)	EPA 6020A/98	Dibenzo (a,e) Pirene	EPA 8270C/96
Mercurio (come Hg)	EPA 6020A/98	Dibenzo (a,h) Antracene	EPA 8270C/96
Nichel (come Ni)	EPA 6020A/98	Indeno (1,2,3-c,d) Pirene	EPA 8270C/96
Piombo (come Pb)	EPA 6020A/98	Pirene	EPA 8270C/96
Rame (come Cu)	EPA 6020A/98	Naftalene	EPA 8270C/96
Selenio (come Se)	EPA 6020A/98	Acenaftilene	EPA 8270C/96
Stagno (come Sn)	EPA 6020A/98	Acenaftene	EPA 8270C/96
Tallio (come Tl)	EPA 6020A/98	Fluorene	EPA 8270C/96
Vanadio (come V)	EPA 6020A/98	Fenantrene	EPA 8270C/96
Zinco (come Zn)	EPA 6020A/98	Antracene	EPA 8270C/96
Cromo esavalente (come Cr)	IRSA Q64/III/16/86	Fluorantene	EPA 8270C/96
Pesticidi Organoclorurati	EPA 8081A/96	Alifatici Clorurati Cancerogeni	EPA 8260B/96
alfa BHC	EPA 8081A/96	Cloro Metano	EPA 8260B/96
beta BHC	EPA 8081A/96	Dicloro Metano	EPA 8260B/96
Lindano	EPA 8081A/96	Tricloro Metano	EPA 8260B/96
Aldrin	EPA 8081A/96	Cloruro di Vinile	EPA 8260B/96
Dieldrin	EPA 8081A/96	1,2-Dicloro Etano	EPA 8260B/96
Endrin	EPA 8081A/96	1,1-Dicloro Etilene	EPA 8260B/96
Clordano	EPA 8081A/96	1,2-Dicloro Propano	EPA 8260B/96
DDD, DDT, DDE	EPA 8081A/96	1,1,2-Tricloro Etano	EPA 8260B/96
Alaclor	EPA 8081A/96	Tricloro Etilene	EPA 8260B/96
Pesticidi Organofosforati	EPA 8141A/94	1,2,3-Tricloro Propano	EPA 8260B/96
Atrazina	EPA 8141A/94	1,1,2,2-Tetracloro Etano	EPA 8260B/96
Aromatici	EPA 8260B/96	Tetracloro Etilene	EPA 8260B/96
Benzene	EPA 8260B/96	Alifatici Clorurati non Cancerogeni	EPA 8260B/96
Etil Benzene	EPA 8260B/96	1,1-Dicloro Etano	EPA 8260B/96

Tabella 6.7 – Analisi chimiche dei suoli. Metodiche analitiche adottate. Continua

Parametro	Metodo	Parametro	Metodo
Toluene	EPA 8260B/96	1,2-cis-Dicloro Etilene	EPA 8260B/96
1,1,1-Tricloro Etano	EPA 8260B/96	Fenoli non Clorurati	EPA 8270C/96
Alifatici Alogenati Cancerogeni	EPA 8260B/96	Metil Fenoli (o-,m-,p-)	EPA 8270C/96
Tribromo Metano	EPA 8260B/96	Fenolo	EPA 8270C/96
1,2-Dibromo Etano	EPA 8260B/96	Fenoli Clorurati	EPA 8270C/96
Dibromo Cloro Metano	EPA 8260B/96	2-Cloro Fenolo	EPA 8270C/96
Bromo Dicloro Metano	EPA 8260B/96	2,4-Dicloro Fenolo	EPA 8270C/96
Nitrobenzeni	EPA 8270C/96	2,4,6-Tricloro Fenolo	EPA 8270C/96
Nitro Benzene	EPA 8270C/96	Pentacloro Fenolo	EPA 8270C/96
1,2-Dinitro Benzene	EPA 8270C/96	Ammine Aromatiche	EPA 8270C/96
1,3-Dinitro Benzene	EPA 8270C/96	Anilina	EPA 8270C/96
2-Cloro Nitro Benzene	EPA 8270C/96	2-Anisidina	EPA 8270C/96
3-Cloro Nitro Benzene	EPA 8270C/96	3-Anisidina	EPA 8270C/96
4-Cloro Nitro Benzene	EPA 8270C/96	4-Anisidina	EPA 8270C/96
Clorobenzeni	EPA8270C/96+8260B/96	Difenilammina	EPA 8270C/96
Cloro Benzene	EPA 8260B/96	2-Toluidina	EPA 8270C/96
1,2-Dicloro Benzene	EPA 8260B/96	4-Toluidina	EPA 8270C/96
1,4-Dicloro Benzene	EPA 8260B/96	PCB	EPA 8082/96
1,2,4-Tricloro Benzene	EPA 8260B/96	Idrocarburi	EPA 8015B/96
1,2,4,5-Tetracloro Benzene	EPA 8270C/96	Idrocarburi Leggeri C < 12	EPA 8015B/96
Pentacloro Benzene	EPA 8270C/96	Idrocarburi Pesanti C > 12	EPA 8015B/96
Esaccloro Benzene	EPA 8270C/96		

Il metodo EPA 8260B/96 e il metodo 8270C/96 sono utilizzati nella maggior parte delle determinazioni analitiche relative ai terreni. Questi due metodi sono basati sull'utilizzo della *gascromatografia* associata alla *spettroscopia di massa* per la definizione della presenza dei composti. L'8260 è usato per determinare i composti organici volatili, l'8270 per determinare la concentrazione di composti organici semivolatili. Anche il metodo EPA 8082/96, utilizzato esclusivamente per la determinazione della concentrazione di PCB, utilizza la tecnica gascromatografica. Con il metodo EPA 8015B/96 si determinano le concentrazioni di vari composti organici non alogenati volatili e semivolatili attraverso la *gascromatografia con detector a ionizzazione di fiamma (FID)*; nello specifico è servito a determinare gli idrocarburi leggeri e pesanti. Infine, con i metodi EPA 6020A/98 e EPA 8081A/96 si determinano

rispettivamente i metalli, con strumentazione *ICP-MS (Inductively coupled plasma-mass spectrometry)*, e i pesticidi organoclorurati, attraverso gas cromatografia.

Tabella 6.8 – Analisi chimiche delle acque. Metodiche analitiche adottate

Parametro	Metodo	Parametro	Metodo
pH	CNR IRSA 2080 Q.100 1994	<i>I.P.A. (più tossici)</i>	STD. METHOD ED.2000 6400-6410 B
Temperatura	CNR IRSA 2110 Q.100 1994	Benzo(a)antracene	
Colore (dil. 1:20)	CNR IRSA 2020 Q.100 1994	Benzo(a)pirene	
Odore	CNR IRSA 2070 Q.100 1994	Benzo(b)fluorantene	
Solidi sospesi totali (SST)	CNR IRSA 2050 Q.100 1994	Benzo(k)fluorantene	
B.O.D.5 (O2)	APHA 5210 D2000	Benzo(j)fluorantene	
C.O.D. (O2)	CNR IRSA 5110 Q.100 1994	Benzo(ghi)terilene	
COMPOSTI INORGANICI		Crisene	
Cianuri	STD. METHOD ED.2000 4500 CN	Dibenzo(a,e)pirene	
Cianuri liberi	CNR IRSA 4050 Q.100 1994	Dibenzo(a,h)antracene	
Cloruri	APHA 4110 B2000	Indeno(1,2,3-c,d)pirene	
Fluoruri	STD. METHOD ED.2000 4110 B	Pirene	
Solfuri	CNR IRSA 4140 Q.100 1994	Sommatoria IPA più tossici	
Solfati	APHA 4110 B2000	<i>I.P.A. (meno tossici)</i>	STD. METHOD ED.2000 6400-6410 B
Ammoniaca (NH4)	CNR IRSA 4010 MET. A Q.100 1994	Acenaftene	
Nitriti (N)	APHA 4500 B2000	Antracene	
Nitrati (N)	APHA 4110 B2000	Fenantrene	
Azoto totale	UNICHIM MU 942 1995	Fluorene	
Fosforo totale (P)	CNR IRSA 4090 Q.100 1994	Fluorantene	
Ortofosfati (P)	STD. METHOD ED.2000 4500 PB – PE	Naftalene	
Alluminio	APHA 3113 B2000	Sommatoria IPA meno tos.	
Antimonio	STD. METHOD ED.2000 3113 B	Sommatoria IPA	
Argento	STD. METHOD ED.2000 3113 B	<i>Alif. Clorurati Cancerogeni</i>	US EPA 8260 B/96
Arsenico	CNR IRSA 3020 MET. A3 Q.100 1994	Clorometano	
Boro	UNICHIM MU 982 1995		
Bario	APHA 3113 B2000		
Berillio	APHA 3113 B2000		
Cadmio	APHA 3113 B2000		
Cobalto	APHA 3113 B2000		
Cromo totale	APHA 3113 B2000		
Cromo VI	CNR IRSA 3080 MET. B Q.100 1994		
Ferro	APHA 3113 B2000		
Manganese	APHA 3113 B2000		
Mercurio	CNR IRSA 3130 MET. B Q.100 1994		
Nichel	APHA 3113 B2000		
Piombo	APHA 3113 B2000		
Rame	APHA 3113 B2000		
Selenio	POP 1-52 REV. 4 2001		
Stagno	STD. METHOD ED.2000 3113 B		
Tallio	STD. METHOD ED.2000 3113 B		
Vanadio	STD. METHOD ED.2000 3113 B		
Zinco	APHA 3113 B – D 2000		
COMPOSTI ORGANICI			
<i>Idrocarburi Aromatici</i>	US EPA 8260 B/96		
Benzene			
Etilbenzene			
Stirene			
Toluene			
Para-Xilene			

Per le procedure di controllo qualità adottate dal laboratorio S.G.S. Ecologia di Villafranca (PD), che ha eseguito le analisi sui suoli, si faccia riferimento alle note esterne.

Il laboratorio Siemec di Monselice (PD), che ha effettuato le analisi sulle acque, è accreditato Sinal dal 1998 (n°0189) ed ha implementato il proprio Sistema Qualità in conformità alla norma UNI EN ISO 45001 sostituita dal 2001 dalla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025/2000.

I controlli di qualità messi in atto per garantire un'adeguata confidenza ai dati analitici ottenuti comprendono:

- a) *verifica del corretto campionamento e conservazione del campione da analizzare.* Il campionamento delle acque in esame è avvenuto in conformità a procedure CNR IRSA e i campioni sono stati conservati seguendo le modalità in esse definite, procedendo alla refrigerazione o al bloccaggio dei parametri analitici soggetti ad alterazione qualora l'esecuzione dell'analisi non avvenisse in tempi brevi. La temperatura dei refrigeratori destinati alla conservazione dei campioni viene registrata in continuo mediante degli opportuni *data logger* per individuare eventuali scostamenti dall'intervallo di temperatura considerato ottimale. La taratura dei refrigeratori bimensile;
- b) *verifica dell'accurata applicazione dei metodi analitici.* Il personale che esegue le determinazioni analitiche viene annualmente chiamato ad eseguire le prove per le quali è abilitato sotto il controllo del Responsabile del Laboratorio e del Responsabile della Qualità onde accertare la corretta applicazione dei metodi di prova. Si conserva opportuna registrazione di tali verifiche;
- c) *verifica del rispetto dei valori di tolleranza stabiliti dai metodi di prova.* Ogni lotto di campioni da analizzare viene accompagnato da una soluzione a titolo noto, allestita a partire da materiali di riferimento e processata unitamente ai campioni con le medesime

modalità stabilite dai metodi di prova, al fine di valutare il rispetto dei limiti di tolleranza definiti per ciascuna determinazione analitica. Si conserva opportuna registrazione di tali verifiche, delle non conformità rilevate e delle azioni correttive implementate;

- d) *verifica dello stato di taratura della strumentazione utilizzata.* La strumentazione utilizzata per l'esecuzione delle determinazioni analitiche è sempre tarata. A tal fine il laboratorio ha stabilito un calendario di tarature da eseguirsi nell'arco dell'anno che tiene conto delle esigenze tecniche specifiche di ogni apparecchiatura. Alcune tarature vengono eseguite dal personale del laboratorio utilizzando campioni di riferimento tarati SIT (pesi campione, termometro certificato) o materiali di riferimento necessari per l'allestimento delle curve di taratura dei metodi di prova che prevedono l'impiego di gascromatografi, spettrofotometri, spettrometri ad assorbimento atomico e di massa. Altre tarature vengono eseguite con l'ausilio di personale esterno (centri SIT). Si conserva opportuna registrazione dell'esito delle tarature strumentali eseguite, delle eventuali non conformità riscontrate e delle azioni correttive messe in atto per risolvere l'inconveniente riscontrato.
- e) *verifica della correttezza delle modalità di refertazione dei dati analitici.* Il sistema qualità prevede controlli incrociati al fine di evitare errori di trascrizione degli esiti analitici sui rapporti di prova. Il formato scelto per la presentazione degli esiti analitici risponde alle prescrizioni della normativa vigente in materia di qualità, alle prescrizioni SINAL e tende a consentire, al fruitore dei dati analitici, la rapida comprensione della conformità dei risultati ai limiti di legge.

## 6.2 RISULTATI ANALITICI E CLASSIFICAZIONE DEI CAMPIONI IN BASE ALLE NORMATIVE VIGENTI

Tutti i risultati delle analisi chimiche effettuati sui suoli e sulle acque sono sintetizzati nelle tabelle 6.10–6.16 allegate. Nelle stesse tabelle i valori dei diversi parametri determinati sono confrontati con i limiti fissati dalle normative vigenti: D.M. 471/99 per le acque, D.M. 471/99 colonna B e Protocollo d’Intesa 08/04/93 per i suoli; in entrambi i casi i valori delle sostanze eccedenti uno dei limiti indicati sono evidenziati con un criterio grafico specificato nelle note. Per quanto riguarda la Delibera C.I. 27/07/84, si allegano i certificati d’analisi in cui sono riportati i dati espressi sul tal quale ed il conferimento a discarica dei terreni analizzati.

### 6.2.1 Analisi chimiche sui suoli

Le analisi chimiche hanno interessato i terreni di ventisei dei sondaggi a rotazione con carotaggio continuo effettuati. In corrispondenza di ognuno di essi, come esposto in tabella 6.9, sono stati prelevati tre campioni, per un totale di settantotto livelli, rappresentativi dello spessore del terreno di riporto, o degli strati più superficiali interessati dall’opera.

Come visualizzato nella stessa tabella, è importante sottolineare che in corrispondenza dei sondaggi S1Pz1, SS1Pz23, SS3bis, S8Pz6, S10Pz8, SS6Pz29 il campione più profondo, e talora quello intermedio, sono rappresentati da sedimenti naturali, come sabbie o limi olocenici e a volte pleistocenici, ed argille sovraconsolidate attribuibili al caranto. I rimanenti campioni, al contrario, sono costituiti da terreni di riporto e/o da rifiuti industriali, come fanghi rossi, o materiali limoso–argillosi con forte odore di idrocarburi.

Tabella 6.9 – Descrizione litostratigrafica dei campioni di terreno destinati alle analisi chimiche

Sigla sondaggio e piezometro	C.R. medi di terreno per analisi chimiche (m p.c.)		Descrizione litostratigrafica
	da	a	
S1 Pz1	0,00	1,80	Riporto
	1,80	4,00	Caranto in facies tipica
	4,00	6,00	Sabbia
S2 Pz2	0,05	0,80	Riporto
	0,80	1,50	Riporto
	1,50	2,30	Limo argilloso grigio con odore di idocarburi
SS1Pz23	0,00	2,00	Riporto
	2,00	3,00	Sabbia media limosa grigia con rari ciottoli
	3,00	3,55	Sabbia medio-fine limosa grigia
S6 Pz4	0,00	1,00	Riporto
	1,00	2,00	Riporto
	3,50	4,00	Fanghi rossi
S7 Pz5	0,50	0,90	Riporto
	1,00	2,00	Fanghi rossi
	2,00	3,00	Limo frammisto a fanghi rossi
SS3 Pz25	0,00	2,90	Riporto nero con masserelle simili a cenere
	2,90	4,50	Sabbia con inclusioni nerastre e fanghi rossi
	4,50	5,50	Fanghi rossi
SS3 BIS	0,00	3,00	Riporto nero con masserelle simili a cenere
	3,00	4,00	Fango nero molle e limo grigio verdastro
	4,00	6,00	Caranto in facies tipica
S8 Pz6	0,00	3,10	Riporto nero con masserelle simili a cenere
	3,10	5,50	Fanghi rossi
	5,50	6,10	Caranto in facies tipica
S9 Pz7	0,50	3,00	Riporto
	3,00	4,50	Fanghi rossi
	4,50	5,00	Fanghi grigi con odore di idrocarburi
S10 Pz8	0,00	2,80	Riporto
	2,80	4,30	Limo sabbioso
	4,30	5,80	Caranto in facies tipica
S12 Pz10	0,00	1,15	Riporto
	1,15	2,25	Riporto bruno-rossastro
	2,25	4,40	Sabbia medio-fine
S13 Pz11	0,00	1,00	Riporto
	1,00	2,00	Limo argilloso grigio intercalato da livelli ocracei e lenti nere
	2,00	3,50	Fanghi rossi
S15 Pz32	0,00	1,00	Riporto con granuli di fango rosso
	1,00	2,60	Riporto con granuli di fango rosso
	2,60	3,25	Riporto con laterizi
S16 Pz12	0,00	1,00	Riporto
	1,00	2,00	Riporto
	2,00	3,00	Riporto
S17	0,00	3,00	Riporto
	3,00	3,30	Sabbia limosa rossastra
	3,30	3,45	Argilla limosa con livelli neri e rossi
S18 Pz14	0,05	0,50	Terreno vegetale e riporto
	0,50	2,10	Riporto
	2,10	2,90	Fanghi rossi e sabbia

Tabella 6.9 – Descrizione litostratigrafica dei campioni di terreno destinati alle analisi chimiche.  
 Continua

Sigla sondaggio e piezometro	C.R. medi di terreno per analisi chimiche (m p.c.)		Descrizione litostratigrafica
	da	a	
S19 Pz15	0,05	1,90	Terreno vegetale e riporto
	1,90	3,50	Fanghi rossi
	3,50	4,50	Argilla limosa grigia con odore di idrocarburi
S21 Pz17	0,00	1,00	Sabbia limosa
	1,00	1,90	Riporto
	1,90	4,00	Limo e fanghi rossi
SS6 Pz29	0,00	1,00	Riporto
	1,00	1,60	Riporto
	1,60	3,00	Sabbia limosa grigio-nocciola
S22 Pz18	0,00	1,20	Fanghi rossi
	1,20	2,00	Fanghi rossi
	2,00	3,60	Fanghi rossi
S23 Pz19	0,05	1,10	Riporto
	1,10	2,00	Riporto
	2,00	3,50	Fanghi rossi
S24	0,00	0,65	Riporto
	0,65	2,00	Fanghi rossi
	2,00	3,40	Fanghi rossi
S28 Pz30	0,00	1,00	Riporto
	1,00	2,00	Riporto
	2,00	3,00	Riporto
S29 Pz31	0,00	1,20	Riporto
	1,20	4,00	Riporto
	4,00	6,00	Riporto con odore di idrocarburi
S26 Pz21	0,00	1,50	Riporto
	1,50	2,00	Argille con odore di idrocarburi e sabbia fine ocra
	3,00	4,05	Argille con odore di idrocarburi
S27 Pz22	0,05	3,00	Riporto
	3,00	5,40	Riporto e limo sabbioso
	5,40	8,00	Fanghi rossi e fanghi neri intrisi di idrocarburi

Tabella 6.10 – Analisi chimiche sui suoli. Parametri generali e composti inorganici

Parametro	Scheletro (2 mm)	pH (in H2O)	Residuo a 105°C	Residuo a 600°C	Azoto ammoniacale (come N)	Carbonio organico (come C)	Cianuri (come CN-)	Cianuri liberi (come CN-)	Fosforo totale (come P)	Solfuri (come S=)	Fluoruri (come F-)	Fosfati (come PO4 3-)	Azoto nitrico (come N)	Azoto nitroso (come N)
U.M.(s.s.)	mg/kg	-	%	%	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Limite B D.M. 471 /99							100				2000			
Limite A Prot.08.04.93														
Limite B Prot.08.04.93														
Limite C Prot.08.04.93														
Sigla sondaggio														
S1 Pz1 0,00-1,80m	14	9,90	91,0	88,3	15	0,7	<1	<1	576	<10	5,4	<2	4,5	<2,5
S1 Pz1 1,80-4,00m	16	9,10	83,0	80,4	<5	0,5	<1	<1	500	<10	<2,5	<2,0	<2,5	<2,5
S1 Pz1 4,00-6,00m	10	8,85	78,9	77,8	<5	0,1	<1	<1	387	14,00	<2,5	<2,0	<2,5	<2,5
S2 Pz2 0,00-0,80m	11	9,40	90,2	88,4	<5	0,6	<1	<1	515	<10	11,0	<2,0	2,5	<2,5
S2 Pz2 0,80-1,50m	17	9,70	80,6	78,9	35	0,4	<1	<1	311	<10	5,2	<2,0	<2,5	<2,5
S2 Pz2 1,50-2,50m	18	9,60	80,4	78,6	49	0,3	<1	<1	493	<10	<2,5	<2,0	<2,5	<2,5
SS1 Pz23 0,00-2,00m	677	8,35	89,4	86,5	47	1,0	<1	<1	585	<10	3,1	<2,0	9,1	2,5
SS1 Pz23 2,00-3,00m	658	8,80	93,8	92,1	30	0,3	<1	<1	422	<10	4,5	<2,0	<2,5	<2,5
SS1 Pz23 3,00-3,50m	223	9,10	90,1	87,9	42	0,5	<1	<1	522	<10	3,3	<2,0	5,5	<2,5
S6 Pz4 0,00-1,00m	81	9,60	96,1	95,2	17	0,1	<1	<1	409	<10	<2,5	<2,0	3,4	<2,5
S6 Pz4 1,00-2,00m	24	9,70	95,1	94,1	<5	0,2	<1	<1	396	<10	<2,5	<2,0	<2,5	<2,5
S6 Pz4 3,50-4,00m	Assente	9,35	63,3	59,7	30	1,3	<1	<1	602	<10	10,0	<2,0	<2,5	<2,5
S7 Pz5 0,50-0,90m	569	8,55	74,9	66,5	27	1,3	<1	<1	745	<10	<2,5	<2,0	<2,5	<2,5
S7 Pz5 1,00-2,00m	28	8,85	69,6	65,6	69	0,9	<1	<1	584	<10	3,4	<2,0	2,6	<2,5
S7 Pz5 2,00-3,00m	Assente	9,15	78,9	75,4	6	0,8	<1	<1	587	<10	<2,5	<2,0	<2,5	<2,5
SS3 Pz25 0,00-2,90m	438	10,70	93,1	57,8	33	2,3	<1	<1	2043	<10	<2,5	<2,0	13	5,2
SS3 Pz25 2,90-4,50m	Assente	9,65	72,5	70,2	22	0,6	<1	<1	628	210	6,9	<2,0	<2,5	<2,5
SS3 Pz25 4,50-5,50m	Assente	9,45	67,4	64,2	53	0,8	<1	<1	629	70	6,8	<2,0	<2,5	<2,5
SS3 BIS 0,00-3,00m	319	10,15	56,9	49,8	<7	2,2	<1	<1	1586	<10	5,1	<2,0	5,7	<2,5
SS3 BIS 3,00-4,00m	123	9,40	68,2	64,6	64	1,0	<1	<1	656	<10	2,6	<2,0	<2,5	<2,5
SS3 BIS 4,00-6,00 m	Assente	9,70	81,0	76,6	23	<0,1	<1	<1	469	17,00	3,3	<2,0	<2,5	<2,5
S8 Pz6 0,00-3,10m	383	8,65	77,7	65,8	23	2,4	<1	<1	901	40	<2,5	<2,0	<2,5	<2,5
S8 Pz6 5,50-6,10m	Assente	9,80	81,3	80,6	33	0,2	<1	<1	516	<10	5,5	<2,0	<2,5	<2,5
S8 Pz6 3,10-5,50m	Assente	9,25	63,8	60,5	29	1,0	<1	<1	275	37	8,9	<2,0	<2,5	<2,5
S9 Pz7 0,50-3,00m	122	9,55	94,7	93,2	<5	<0,1	<1	<1	360	24	4,4	<2,0	2,7	<2,5
S9 Pz7 3,00-4,50m	Assente	9,30	77,4	74,7	<5	0,5	<1	<1	464	50	3,7	<2,0	<2,5	<2,5
S9 Pz7 4,50-5,00m	Assente	9,30	70,1	65,2	30	1,2	<1	<1	602	31	4,7	<2,0	<2,5	<2,5
S10 Pz8 0,00- 2,80 m	361	9,50	89,4	86,5	<5	0,4	<1	<1	467	<10	4,5	<2,0	15	<2,5
S10 Pz8 2,80-4,30 m	17	9,45	78,2	74,9	72	0,5	<1	<1	611	26	5,5	<2,0	<2,5	<2,5
S10 Pz8 4,30-5,80 m	Assente	9,90	83,1	80,1	14	0,1	<1	<1	499	18,0	5,8	<2,0	<2,5	<2,5
S12 Pz10 0,00-1,15 m	Assente	7,80	89,3	80,0	<5	0,4	<1	<1	490	<10	11	<2,0	4,7	<2,5
S12 Pz10 1,15-2,25 m	82	8,05	94,2	77,5	<5	0,4	<1	<1	333	<10	72	<2,0	5,8	<2,5
S12 Pz10 2,25 - 4,40 m	96	7,95	86,0	79,2	<5	0,2	<1	<1	240	<10	15	<2,0	<2,5	<2,5
S13 Pz11 0,00- 1,00 m	Assente	9,55	85,3	81,2	44	0,8	<1	<1	457	38	4,1	<2,0	<2,5	<2,5
S13 Pz11 1,00-2,00 m	461	9,45	91,5	88,1	7	0,5	<1	<1	419	<10	6,2	<2,0	<2,5	<2,5
S13 Pz11 2,00-3,50 m	Assente	9,20	76,7	73,6	15	0,5	<1	<1	426	56	6,3	<2,0	<2,5	<2,5
S15 Pz32 0,00-1,00m	271	8,45	91,4	90,6	<5	0,1	<1	<1	345	<10	130	<2,0	6,6	<2,5
S15 Pz32 1,00-2,60m	193	8,50	87,9	87,2	<5	0,1	<1	<1	255	<10	100	<2,0	6,8	<2,5
S15 Pz32 2,60-3,25m	Assente	8,10	81,0	78,5	<5	0,5	<1	<1	400	<10	12	<2,0	2,7	6,6

900	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il valore limite accettabile per le acque sotterranee di cui all'All.1 D.M.471 /99
10	non sono evidenziati i valori di concentrazione inferiori al limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna A)
35	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna B)
150	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite B del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna C)
600	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite C del Protocollo 08.04.93

Tabella 6.10 – Analisi chimiche sui suoli. Parametri generali e composti inorganici. Continua

Parametro	Scheletro (2 mm)	pH (in H2O)	Residuo a 105°C	Residuo a 600°C	Azoto ammoniacale (come N)	Carbonio organico (come C)	Cianuri (come CN-)	Cianuri liberi (come CN-)	Fosforo totale (come P)	Solfuri (come S=)	Fluoruri (come F-)	Fosfati (come PO4 3-)	Azoto nitrico (come N)	Azoto nitroso (come N)
U.M.(s.s.)	mg/kg	-	%	%	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Limite B D.M. 471 /99							100				2000			
Limite A Prot.08.04.93														
Limite B Prot.08.04.93														
Limite C Prot.08.04.93														
Sigla sondaggio														
S16 Pz12 0,00-1,00m	455	7,95	90,4	89,1	<5	0,3	<1	<1	315	<10	29	<2,0	4,1	<2,5
S16 Pz12 1,00-2,00m	Assente	8,10	82,2	79,0	<5	0,2	<1	<1	365	<10	5,6	<2,0	<2,5	<2,5
S16 Pz12 2,00-3,00m	558	8,75	90,2	88,7	<5	0,1	<1	<1	620	<10	11	2,8	<2,5	<2,5
S17 0,00-3,00 m	459	8,40	96,2	88,1	<5	0,1	<1	<1	240	17	33	<2,0	<2,5	<2,5
S17 3,00-3,30 m	Assente	8,30	87,8	77,1	<5	0,1	<1	<1	240	<10	12	<2,0	<2,5	<2,5
S17 3,30- 4,50 m	Assente	7,60	96,7	43,1	116	1,3	<1	<1	385	<10	5,4	<2,0	<2,5	<2,5
S18 Pz14 0,50-2,10m	641	10,20	92,4	89,7	6	<0,1	<1	<1	351	26	28	<2,0	<2,5	<2,5
S18 Pz14 2,10-2,90m	152	9,00	75,7	72,8	16	0,2	<1	<1	357	38	15	<2,0	<2,5	<2,5
S18 Pz14 0,05-0,50m	173	9,50	86,4	79,4	<5	0,1	<1	<1	315	<10	55	<2,0	<2,5	<2,5
S19 Pz15 0,05-1,90m	242	9,55	92,7	91,7	6	0,3	<1	<1	565	17	16	<2,0	<2,5	<2,5
S19 Pz15 1,90-3,50m	Assente	8,90	67,6	63,5	8	0,2	<1	<1	1615	23	14	<2,0	<2,5	<2,5
S19 Pz15 3,50-4,50m	Assente	8,05	65,4	60,9	89	2,8	<1	<1	581	36	5,0	<2,0	<2,5	<2,5
S21 Pz17 0,20-1,00m	373	8,40	89,9	85,5	<5	0,6	<1	<1	255	18	2,9	<2,0	<2,5	5,8
S21 Pz17 1,00-1,90m	550	8,85	83,2	81,9	<5	0,1	<1	<1	235	<10	3,0	<2,0	3,1	<2,5
S21 Pz17 1,90-4,00m	109	8,40	76,7	73,8	<5	<0,1	<1	<1	350	10	4,6	<2,0	<2,5	<2,5
SS6 Pz29 0,00-1,00m	342	7,95	92,4	90,6	<5	0,5	<1	<1	265	<10	7,1	2,9	10	<2,5
SS6 Pz29 1,00-1,60m	70	8,35	90,4	89,3	<5	0,2	<1	<1	340	<10	4,6	<2,0	3,9	<2,5
SS6 Pz29 1,60-3,00m	130	8,40	87,3	85,6	<5	0,3	<1	<1	395	<10	6,8	<2,0	12	<2,5
S22 Pz18 0,00-1,20m	104	8,10	76,2	72,9	<5	0,5	<1	<1	360	19	9,0	<2,0	<2,5	<2,5
S22 Pz18 1,20-2,00m	Assente	9,40	68,9	64,8	<5	0,2	<1	<1	540	<10	9,5	<2,0	<2,5	<2,5
S22 Pz18 2,00-3,60m	87	8,30	65,2	61,9	<5	0,2	<1	<1	660	<10	8,6	<2,0	<2,5	<2,5
S23 Pz19 0,05-1,10m	304	8,10	69,5	65,0	<5	0,6	<1	<1	1410	11,00	22	<2,0	<2,5	<2,5
S23 Pz19 1,10-2,00m	Assente	8,00	71,6	68,6	<5	0,7	<1	<1	510	<10	8,3	<2,0	<2,5	<2,5
S23 Pz19 2,00-3,50m	Assente	8,20	54,8	51,5	<5	0,1	<1	<1	440	<10	22	<2,0	<2,5	<2,5
S24 0,00-0,65m	382	8,30	74,2	70,0	<5	0,9	<1	<1	760	<10	9,4	<2,0	7,1	<2,5
S24 0,65-2,00m	Assente	8,45	54,9	51,7	<5	0,4	<1	<1	520	<10	22	<2,0	<2,5	<2,5
S24 2,00-3,40m	Assente	8,50	50,0	47,1	<5	0,2	<1	<1	525	<10	26	<2,0	<2,5	<2,5
S28 Pz30 0,00-1,00m	Assente	8,50	63,7	61,0	<5	0,2	<1	<1	330	12	8,1	<2,0	<2,5	<2,5
S28 Pz30 1,00-2,00m	85	8,25	71,4	69,6	<5	0,1	<1	<1	320	<10	7,9	<2,0	<2,5	<2,5
S28 Pz30 2,00-3,00m	Assente	7,95	73,5	72,0	<5	0,2	<1	<1	300	10,00	4,8	<2,0	<2,5	<2,5
S29 Pz31 0,0-1,20m	107	8,45	78,0	77,1	41	0,6	<1	<1	729	18	7,1	<2,0	3,8	<2,5
S29 Pz31 1,20-4,00m	Assente	8,55	81,1	79,3	14	0,3	<1	<1	507	<10	4,7	<2,0	<2,5	<2,5
S29 Pz31 4,00-6,00m	Assente	7,65	57,4	53,0	59	5,0	<1	<1	697	54	4,4	<2,0	<2,5	<2,5
S26 Pz21 0,00-1,50 m	Assente	9,35	76,1	73,0	27	0,5	<1	<1	541	<10	5,2	<2,0	3,9	<2,5
S26 Pz21 1,50-2,00 m	146	9,15	74,1	71,1	9	1,1	<1	<1	687	20	5,4	<2,0	<2,5	<2,5
S26 Pz21 3,00-4,05 m	193	9,30	74,7	72,1	<5	0,6	<1	<1	582	63	6,8	<2,0	<2,5	<2,5
S27 Pz22 0,05-3,00m	215	8,50	88,0	86,1	19	0,8	<1	<1	579	40	9,1	<2,0	<2,5	<2,5
S27 Pz22 3,00-5,40m	Assente	8,25	75,6	74,9	16	0,8	<1	<1	603	30	4,3	<2,0	<2,5	<2,5
S27 Pz22 5,40-8,00m	Assente	8,20	62,2	80,0	17	4,7	<1	<1	786	180	7,0	<2,0	<2,5	<2,5

900	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il valore limite accettabile per le acque sotterranee di cui all'All.1 D.M.471 /99
10	non sono evidenziati i valori di concentrazione inferiori al limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna A)
35	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna B)
150	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite B del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna C)
600	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite C del Protocollo 08.04.93

Tabella 6.11 – Analisi chimiche sui suoli. Metalli

Parametro	Antimonio (come Sb)	Arsenico (come As)	Berillio (come Be)	Cadmio (come Cd)	Cobalto (come Co)	Cromo (come Cr)	Mercurio (come Hg)	Nichel (come Ni)	Piombo (come Pb)	Rame (come Cu)	Selenio (come Se)	Stagno (come Sn)	Tallio (come Tl)	Vanadio (come V)	Zinco (come Zn)
U.M.(s.s.)	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Limite B D.M. 471/99	30	50	10	15	250	800	5	500	1000	600	15	350	10	250	1500
Limite A Prot.08.04.93		15		1,0		20	0,5	45	45	40					200
Limite B Prot.08.04.93		25		5		100	2	50	100	50					400
Limite C Prot.08.04.93		50		20		500	10	150	500	400					3000
Sigla sondaggio															
S1 Pz1 0,00-1,80m	<1	10	<1	0,5	7,0	14	<0,5	17	22,0	18	1	<1	<1	21	58
S1 Pz1 1,80-4,00m	<1	12	<1	<0,5	8	16	<0,5	20	16	17	1	<1	<1	19	47
S1 Pz1 4,00-6,00m	<1	5	<1	<0,5	6	10	<0,5	12	11	11	<1	<1	<1	16	30
S2 Pz2 0,00-0,80m	<1	7	<1	<0,5	5	11	<0,5	12		16	1	<1	<1	21	60
S2 Pz2 0,80-1,50m	<1	10	<1	<0,5	8	17	<0,5	15	24	15	1	<1	<1	19	45
S2 Pz2 1,50-2,50m	<1	7	<1	<0,5	9	18	<0,5	25	18	18	1	<1	<1	20	50
SS1 Pz23 0,00-2,00m	<1	5	<1	0,5	4	9	<0,5	10	16	13	1	<1	<1	25	64
SS1 Pz23 2,00-3,00m	<1	6	<1	<0,5	4	7	<0,5	8	9	8	<1	<1	<1	15	28
SS1 Pz23 3,00-3,50m	<1	7	<1	<0,5	5	8	<0,5	8	15	9	<1	<1	<1	14	40
S6 Pz4 0,00-1,00m	<1	6	<1	<0,5	5	10	<0,5	12	12	7	<1	<1	<1	19	35
S6 Pz4 1,00-2,00m	<1	6	<1	<0,5	5	9	<0,5	10	13	7	<1	<1	<1	16	33
S6 Pz4 3,50-4,00m	30,0	40	1	50	23	215	0,5	102	650	128	2	18	<1	120	2400
S7 Pz5 0,50-0,90m	<1	8	3	1,0	17	31	<0,5	65	66	70	1	1	<1	250	320
S7 Pz5 1,00-2,00m	13,0	27	1	15	16	113	<0,5	65	360	66	1	8	<1	75	1150
S7 Pz5 2,00-3,00m	<1	17	1	0,5	11	20	<0,5	22	30	18	1	<1	<1	25	67
SS3 Pz25 0,00-2,90m	<1	8	3	1,0	14	50	<0,5	72	60	48	3	4	<1	270	86
SS3 Pz25 2,90-4,50m	<1	18	<1	0,6	8	21	<0,5	46	30	25	1	<1	<1	114	86
SS3 Pz25 4,50-5,50m	6,0	29	1	8,1	14	68	<0,5	44	175	50	1	4	<1	49	610
SS3 BIS 0,00-3,00m	3,0	16	4	1,2	15	61	<0,5	72	89	114	3	7	1	144	200
SS3 BIS 3,00-4,00m	<1	29	1	1,0	13	32	<0,5	35	45	30	1	1	<1	47	150
SS3 BIS 4,00-6,00 m	<1	19	<1	0,5	10,0	18,0	<0,5	23	22,0	18,0	1,0	<1	<1	21,0	54,0
S8 Pz6 0,00-3,10m	<1	5	2	1,0	8	24	<0,5	41	41	30	1	2	<1	130	70
S8 Pz6 5,50-6,10m	<1	22	<1	<0,5	16	22	<0,5	31	29	20	1	<1	<1	25	58
S8 Pz6 3,10-5,50m	13,0	27	1	18	16	114	<0,5	69	380	70	1	8	<1	73	1200
S9 Pz7 0,50-3,00m	<1	7	<1	0,7	6	23	<0,5	16	28	7	1	<1	<1	28	58
S9 Pz7 3,00-4,50m	<1	12	<1	1,6	8	29	<0,5	19	55	16	1	1	<1	0,1	150
S9 Pz7 4,50-5,00m	<1	23	<1	3,2	15	30		27	81	43	1	3	<1	35	330
S10 Pz8 0,00- 2,80 m	<1	12	<1	2,1	7	49	<0,5	21	180	16	1	1	<1	35	280
S10 Pz8 2,80-4,30 m	<1	27	1	0,5	11	23	<0,5	22	28	21	1	<1	<1	26	65
S10 Pz8 4,30-5,80 m	<1	7	<1	<0,5	7	18	<0,5	18	12	11	1	<1	<1	25	33
S12 Pz10 0,00-1,15 m	<1	18	<1	<0,5	9	18	<0,5	17	46	22	<1	1	<1	22	68
S12 Pz10 1,15-2,25 m	<1	15	<1	2,8	8	26	<0,5	23	40	21	1	2	<1	31	150
S12 Pz10 2,25 - 4,40 m	<1	8	<1	1,2	4	10	<0,5	10	16	10	<1	1	<1	15	70
S13 Pz11 0,00- 1,00 m	<1	9	<1	<0,5	9	18	<0,5	25	18	17	1	<1	<1	21	47
S13 Pz11 1,00-2,00 m	<1	10	<1	1,3	7		<0,5	17	35	21	1	<1	<1	23	102
S13 Pz11 2,00-3,50 m	4,0	13	<1	8,8	8	38	<0,5	23	130	30	1	3	<1	35	450
S15 Pz32 0,00-1,00m	<1	6	2	0,7	5	15	<0,5	14	16	11	<1	1	<1	19	52
S15 Pz32 1,00-2,60m	<1	6	1	0,5	5	11	<0,5	11	13	10	<1	<1	<1	15	40
S15 Pz32 2,60-3,25m	<1	11	<1	0,7	7	16	<0,5	18	22	18	<1	1	<1	23	68

900	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il valore limite accettabile per le acque sotterranee di cui all'All.1 D.M.471/99
10	non sono evidenziati i valori di concentrazione inferiori al limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna A)
35	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna B)
150	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite B del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna C)
600	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite C del Protocollo 08.04.93

Tabella 6.11 – Analisi chimiche sui suoli. Metalli. Continua

Parametro	Antimonio (come Sb)	Arsenico (come As)	Berillio (come Be)	Cadmio (come Cd)	Cobalto (come Co)	Cromo (come Cr)	Mercurio (come Hg)	Nichel (come Ni)	Piombo (come Pb)	Rame (come Cu)	Selenio (come Se)	Stagno (come Sn)	Tallio (come Tl)	Vanadio (come V)	Zinco (come Zn)
U.M.(s.s.)	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Limite B D.M. 471/99	30	50	10	15	250	800	5	500	1000	600	15	350	10	250	1500
Limite A Prot.08.04.93		15		1,0		20	0,5	45	45	40					200
Limite B Prot.08.04.93		25		5		100	2	50	100	50					400
Limite C Prot.08.04.93		50		20		500	10	150	500	400					3000
Sigla sondaggio															
S16 Pz12 0,00–1,00m	<1	7	<1	0,9	5	15	<0,5	16	27	20	<1	1	<1	23	80
S16 Pz12 1,00–2,00m	<1	8	<1	1,0	8	25	<0,5	24	28	15	<1	1	<1	25	68
S16 Pz12 2,00–3,00m	1,0	5	<1	0,6	4	21	<0,5	9	63	19	<1	<1	<1	16	39
S17 0,00–3,00 m	<1	5	<1	0,5	4	10	<0,5	10		9	<1	<1	<1	16	40
S17 3,00–3,30 m	<1	7	<1	0,5	3	8	<0,5	7	12	5	<1	<1	<1	14	40
S17 3,30–4,50 m	<1	19	2	<0,5	13	45	<0,5	33	54	21	<1	3	<1	48	110
S18 Pz14 0,50–2,10m	<1	4	<1	0,5	7	77	<0,5	55	16	9	1	2	<1	52	23
S18 Pz14 2,10–2,90m	11,0	33	1	8,9	14	138	<0,5	73	470	39	1	8	<1	89	730
S18 Pz14 0,05–0,50m	4,0	6	1	<0,5	11	234	<0,5	52	60	8	<1	7	<1	155	14
S19 Pz15 0,05–1,90m	<1	6	<1	0,5	5	12	<0,5	12	16	10	<1	2	<1	19	46
S19 Pz15 1,90–3,50m	19,0	28	2	8,7	27	420	<0,5	220	410	70	1	37	<1	220	450
S19 Pz15 3,50–4,50m	<1	27	1	0,8	15	27	<0,5	26	62	42	<1	2	<1	36	150
S21 Pz17 0,20–1,00m	0,4	13	0,4	0,7	5,8	16	<0,1	14	41	21	0,7	3,0	0,1	17	104
S21 Pz17 1,00–1,90m	<1	5	0,3	0,2	4,4	11	<0,1	10	11	10	0,5	0,5	<0,1	15	32
S21 Pz17 1,90–4,00m	2,0	13	0,9	1,0	11	117	0,1	46	60	26	0,7	5,9	0,2	66	69
SS6 Pz29 0,00–1,00m	1,6	10	0,4	2,1	6,3	25	<0,1	20	47	18	0,5	1,7	0,1	26	190
SS6 Pz29 1,00–1,60m	0,4	9	0,4	1,2	6,0	20	0,1	15	31	15	0,7	2,3	0,1	17	120
SS6 Pz29 1,60–3,00m	8,8	20	0,7	12	9,8	70	0,2	39	180	50	0,9	10	0,3	46	590
S22 Pz18 0,00–1,20m	5,0	31	1,0	9,7	15	115	0,5	55	160	62	1,2	12	0,7	69	580
S22 Pz18 1,20–2,00m	10,0	14	1,4	4,8	18	320	0,3	108	170	36	1,0	24	0,5	170	88
S22 Pz18 2,00–3,60m	13,0	17	1,4	20	22	280	0,8	105	270	53	1,1	21	0,9	136	460
S23 Pz19 0,05–1,10m	12,0	310	1,4	16	25	245	2,4	84	1600	480	2,9	180	1,3	130	2400
S23 Pz19 1,10–2,00m	1,3	49	0,8	8,2	22	40	1,0	30	130	100	3,0	10	1,6	35	660
S23 Pz19 2,00–3,50m	260,0	46	2,4	374	29	340	0,8	175	3400	350,0	1,9	70	1,5	205	11400
S24 0,00–0,65m	17,0	84	0,9	36	15	155	1,1	60	590	149	1,7	64	0,8	95	1300
S24 0,65–2,00m	83,0	36	1,4	128	20	303	0,6	118	1830	132	1,4	49	2,1	180	3200
S24 2,00–3,40m	180,0	46	1,6	220	25	370		140	3300	220	1,6	70	2,4	202	6000
S28 Pz30 0,00–1,00m	18,0	10	1,6	32	19	290	0,6	120	310	49	1,3	26	0,8	145	600
S28 Pz30 1,00–2,00m	9,2	7	1,1	23	13	215	0,3	85	160	38	1,0	14	0,4	110	280
S28 Pz30 2,00–3,00m	3,4	14	0,5	12	12	62	0,4	28	99	33	0,9	9,2	0,4	41	430
S29 Pz31 0,0–1,20m	<1	12	<1	5,2	9	24	0,7	25	87	41	1	3	<1	23	300
S29 Pz31 1,20–4,00m	3,0	14	<1	27	8	17	0,9	20	130	28	1	2	<1	21	620
S29 Pz31 4,00–6,00m	<1	38	1	2,4	16	28	<0,5	35	33	19	<1	2	<1	39	115
S26 Pz21 0,00–1,50 m	<1	14	<1	1,3	10	19	<0,5	26	27	24	1	<1	<1	24	81
S26 Pz21 1,50–2,00 m	<1	15	<1	3,3	9	17	0,8	24	65	30	1	1	<1	22	210
S26 Pz21 3,00–4,05 m	1,0	27	<1	6,0	10	18	2,4	24	203	40	2	1	<1	22	390
S27 Pz22 0,05–3,00m	<1	20	<1	1,6	8	18	1,0	35	76	52	<1	3	<1	23	120
S27 Pz22 3,00–5,40m	<1	15	<1	2,8	11	17	<0,5	19	57	32	<1	2	<1	23	240
S27 Pz22 5,40–8,00m	14,0	54	<1	47	39	62	1,6	38	640	143	1	9	3	58	3000

900	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il valore limite accettabile per le acque sotterranee di cui all'All.1 D.M.471/99
10	non sono evidenziati i valori di concentrazione inferiori al limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna A)
35	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna B)
150	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite B del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna C)
600	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite C del Protocollo 08.04.93

Tabella 6.12 – Analisi chimiche sui suoli. Pesticidi organo clorurati, pesticidi organo fosforati, aromatici

	Pesticidi Organoclorurati									Pesticidi Organo-fosforati	Aromatici				
Parametro	alfa BHC	beta BHC	Lindano	Aldrin	Dieldrin	Endrin	Clordano	DDD, DDT, DDE	Alaclor	Atrazina	Benzene	Etil Benzene	Toluene	Xilene	Stirene
U.M.(s.s.)	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
	0,1	0,5	0,5	0,1	0,1	2,0	0,1	0,1	1,0	1	2	50	50	50	50
Limite A Prot.08.04.93															
Limite B Prot.08.04.93															
Limite C Prot.08.04.93															
Sigla sondaggio															
S1 Pz1 0,00–1,80m	0,0006	0,0001	0,0001	0,0006	0,0002	0,0006	0,0003	0,0047	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S1 Pz1 1,80–4,00m	0,0007	0,0001	0,0004	0,0007	0,0009	0,0002	0,0004	0,0019	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S1 Pz1 4,00–6,00m	0,0015	0,0001	0,0001	0,0013	0,0002	0,0002	0,0004	0,0021	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S2 Pz2 0,00–0,80m	0,0008	0,0001	0,0002	0,0015	0,0002	0,0010	0,0004	0,0072	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S2 Pz2 0,80–1,50m	0,0016	0,0001	0,0002	0,0005	0,0003	0,0003	0,0006	0,0043	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S2 Pz2 1,50–2,50m	0,0012	0,0001	0,0001	0,0003	0,0001	0,0002	0,0003	0,0011	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
SS1 Pz23 0,00–2,00m	0,0004	0,0001	<0,0001	0,0025	0,0007	0,0027	0,0004	0,0221	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
SS1 Pz23 2,00–3,00m	0,0005	0,0001	0,0004	0,0014	0,0001	0,0003	0,0005	0,0004	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
SS1 Pz23 3,00–3,50m	0,0004	0,0002	0,0001	0,0021	0,0003	0,0014	0,0004	0,0125	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S6 Pz4 0,00–1,00m	0,0006	0,0001	0,0001	0,0005	0,0002	0,0003	0,0003	0,0043	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S6 Pz4 1,00–2,00m	0,0008	0,0001	0,0002	0,0006	0,0001	0,0003	0,0004	0,0019	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S6 Pz4 3,50–4,00m	0,0003	0,0004	0,0005	0,0010	0,0004	0,0003	0,0019	0,0285	0,0300	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S7 Pz5 0,50–0,90m	0,0012	0,0002	0,0002	0,0008	0,0003	0,0007	0,0004	0,0075	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S7 Pz5 1,00–2,00m	0,0009	<0,0001	0,0006	0,0013	0,0003	0,0004	0,0011	0,0200	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S7 Pz5 2,00–3,00m	0,0011	0,0002	0,0002	0,0003	0,0008	0,0002	0,0026	0,0626	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
SS3 Pz25 0,00–2,90m	<0,0001	0,0002	0,0004	0,0007	0,0007	0,0006	0,0008	0,0098	0,0300	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
SS3 Pz25 2,90–4,50m	0,0003	0,0001	0,0003	0,0005	0,0004	0,0003	0,0005	0,0039	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
SS3 Pz25 4,50–5,50m	0,0002	0,0002	0,0005	0,0003	0,0006	0,0003	0,0007	0,0094	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
SS3 BIS 0,00–3,00m	0,0005	0,0001	0,0007	0,0026	0,0006	0,0021	0,0006	0,0205	0,0100	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
SS3 BIS 3,00–4,00m	0,0003	0,0025	0,0001	0,0011	0,0008	0,0021	0,0015	0,0221	0,0100	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
SS3 BIS 4,00–6,00 m	0,0008	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0003	0,0012	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S8 Pz6 0,00–3,10m	0,0003	0,0001	0,0004	0,0018	0,0002	0,0008	0,0004	0,0067	0,0700	<0,1	<0,1	<0,1	0,10	<0,1	<0,1
S8 Pz6 5,50–6,10m	0,0004	0,0002	0,0001	0,0002	0,0008	0,0002	0,0003	0,0010	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S8 Pz6 3,10–5,50m	0,0003	<0,0001	0,0005	0,0008	0,0003	0,0004	0,0001	0,0149	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S9 Pz7 0,50–3,00m	0,0005	0,0001	0,0001	0,0004	0,0001	0,0002	0,0003	0,0011	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S9 Pz7 3,00–4,50m	0,0003	0,0001	0,0002	0,0006	0,0001	0,0003	0,0005	0,0027	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S9 Pz7 4,50–5,00m	0,0003	0,0002	0,0005	0,0013	0,0002	0,0003	0,0005	0,0075	0,0100	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S10 Pz8 0,00– 2,80 m	0,0002	<0,0001	<0,0001	0,0012	0,0003	0,0035	0,0004	0,0150	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	0,30	<0,1	<0,1
S10 Pz8 2,80–4,30 m	0,0006	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0004	0,0014	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S10 Pz8 4,30–5,80 m	0,0016	0,0002	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002	0,0004	0,0013	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S12 Pz10 0,00–1,15 m	0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0010	<0,0001	0,0002	0,0009	0,0035	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S12 Pz10 1,15–2,25 m	0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0030	<0,0001	0,0004	0,0027	0,0018	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S12 Pz10 2,25 – 4,40 m	0,0001	<0,0001	0,0005	0,0007	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0011	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S13 Pz11 0,00– 1,00 m	0,0005	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001	0,0002	0,0004	0,0015	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S13 Pz11 1,00–2,00 m	0,0003	<0,0001	<0,0001	0,0021	0,0062	0,0008	0,0007	0,0110	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S13 Pz11 2,00–3,50 m	0,0001	0,0001	0,0001	0,0004	0,0003	0,0002	0,0005	0,0059	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S15 Pz32 0,00–1,00m	0,0004	<0,0001	<0,0001	0,0007	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	0,10	<0,1	<0,1
S15 Pz32 1,00–2,60m	0,0003	<0,0001	<0,0001	0,0003	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S15 Pz32 2,60–3,25m	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

10	non sono evidenziati i valori di concentrazione inferiori al limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna A)
35	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna B)
150	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite B del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna C)
600	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite C del Protocollo 08.04.93

Tabella 6.12 – Analisi chimiche sui suoli. Pesticidi organo clorurati, pesticidi organo fosforati, aromatici. Continua

	Pesticidi Organoclorurati									Pesticidi Organo-fosforati	Aromatici				
Parametro	alfa BHC	beta BHC	Lindano	Aldrin	Dieldrin	Endrin	Clordano	DDD, DDT, DDE	Alaclor	Atrazina	Benzene	Etil Benzene	Toluene	Xilene	Stirene
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Limite B D.M.	0,1	0,5	0,5	0,1	0,1	2,0	0,1	0,1	1,0	1	2	50	50	50	50
Limite A Prot.08.04.93															
Limite B Prot.08.04.93															
Limite C Prot.08.04.93															
Sigla sondaggio															
S16 Pz12 0,00–1,00m	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S16 Pz12 1,00–2,00m	0,0005	<0,0001	<0,0001	0,0006	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S16 Pz12 2,00–3,00m	0,0003	<0,0001	<0,0001	0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S17 0,00–3,00 m	0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0009	0,0004	0,0006	0,0007	0,0048	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S17 3,00–3,30 m	0,0002	<0,0001	<0,0001	0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0002	0,0001	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S17 3,30–4,50 m	0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001	<0,0001	0,0003	0,0001	0,0004	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S18 Pz14 0,50–2,10m	0,0001	0,0003	0,0005	0,0018	<0,0001	0,0015	0,0012	0,0055	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S18 Pz14 2,10–2,90m	0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0002	<0,0001	<0,0001	0,0001	0,0002	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S18 Pz14 0,05–0,50m	0,0003	<0,0001	<0,0001	0,0003	0,0007	0,0008	0,0085	0,0839	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S19 Pz15 0,05–1,90m	0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0034	0,0007	0,0009	0,0017	0,0067	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S19 Pz15 1,90–3,50m	0,0002	<0,0001	<0,0001	0,0004	<0,0001	<0,0001	0,0002	<0,0001	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S19 Pz15 3,50–4,50m	0,0002	0,0001	<0,0001	interferito	<0,0001	0,0001	0,0001	0,0003	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S21 Pz17 0,20–1,00m	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S21 Pz17 1,00–1,90m	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0016	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S21 Pz17 1,90–4,00m	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
SS6 Pz29 0,00–1,00m	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0017	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
SS6 Pz29 1,00–1,60m	0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0040	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
SS6 Pz29 1,60–3,00m	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0003	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S22 Pz18 0,00–1,20m	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0007	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S22 Pz18 1,20–2,00m	0,0004	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S22 Pz18 2,00–3,60m	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0039	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S23 Pz19 0,05–1,10m	0,0003	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0354	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S23 Pz19 1,10–2,00m	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S23 Pz19 2,00–3,50m	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0005	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S24 0,00–0,65m	0,0001	0,0005	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S24 0,65–2,00m	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0026	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S24 2,00–3,40m	<0,0001	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S28 Pz30 0,00–1,00m	0,0006	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S28 Pz30 1,00–2,00m	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0004	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S28 Pz30 2,00–3,00m	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S29 Pz31 0,0–1,20m	0,0003	<0,0001	<0,0001	0,0010	0,0033	0,0069	0,0058	0,0300	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S29 Pz31 1,20–4,00m	<0,0001	0,0003	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0033	0,0007	0,0200	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S29 Pz31 4,00–6,00m	0,0001	<0,0001	0,0007	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0062	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S26 Pz21 0,00–1,50 m	0,0003	0,0001	0,0002	0,0010	0,0002	0,0003	0,0006	0,0029	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S26 Pz21 1,50–2,00 m	0,0005	0,0003	0,0003	0,0011	0,0003	0,0007	0,0005	0,0096	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S26 Pz21 3,00–4,05 m	0,0002	0,0003	0,0001	0,0002	0,0004	0,0008	0,0007	0,0100	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S27 Pz22 0,05–3,00m	0,0007	0,0002	<0,0001	<0,0001	0,0032	<0,0001	<0,0001	0,0385	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S27 Pz22 3,00–5,40m	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0007	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S27 Pz22 5,40–8,00m	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0023	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

10	non sono evidenziati i valori di concentrazione inferiori al limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna A)
35	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna B)
150	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite B del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna C)
600	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite C del Protocollo 08.04.93

Tabella 6.13 – Analisi chimiche sui suoli. Aromatici policiclici

Parametro	Aromatici Policiclici															
	Benzo (a) Antracene	Benzo (a) Pirene	Benzo (b+k+j) Fluoranten	Benzo (g,h,i) Perilene	Crisene	Dibenzo (a,e) Pirene	Dibenzo (a,h) Antracene	Indeno (1,2,3-c,d) Pirene	Pirene	Naftalene	Acenaftilene	Acenaftene	Fluorene	Fenantrene	Antracene	Fluorantene
U.M.(s.s.)	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Limite B D.M.	10	10	10	10	50	10	10	5	50							
Limite A Prot.08.04.93																
Limite B Prot.08.04.93																
Limite C Prot.08.04.93																
Sigla sondaggio																
S1 Pz1 0,00-1,80m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S1 Pz1 1,80-4,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S1 Pz1 4,00-6,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S2 Pz2 0,00-0,80m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S2 Pz2 0,80-1,50m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S2 Pz2 1,50-2,50m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
SS1 Pz23 0,00-2,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
SS1 Pz23 2,00-3,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
SS1 Pz23 3,00-3,50m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S6 Pz4 0,00-1,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S6 Pz4 1,00-2,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S6 Pz4 3,50-4,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S7 Pz5 0,50-0,90m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S7 Pz5 1,00-2,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S7 Pz5 2,00-3,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
SS3 Pz25 0,00-2,90m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
SS3 Pz25 2,90-4,50m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
SS3 Pz25 4,50-5,50m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
SS3 BIS 0,00-3,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
SS3 BIS 3,00-4,00m	<0,5	1,40	0,80	3,80	<0,5	<0,5	<0,5	1,70	11,00	1,10	8,80	<0,5	1,00	4,20	0,70	5,40
SS3 BIS 4,00-6,00 m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,80	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S8 Pz6 0,00-3,10m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S8 Pz6 5,50-6,10m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S8 Pz6 3,10-5,50m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,80	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S9 Pz7 0,50-3,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S9 Pz7 3,00-4,50m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S9 Pz7 4,50-5,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S10 Pz8 0,00-2,80 m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S10 Pz8 2,80-4,30 m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S10 Pz8 4,30-5,80 m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S12 Pz10 0,00-1,15 m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,60
S12 Pz10 1,15-2,25 m	0,80	0,70	1,50	0,60	0,90	<0,5	<0,5	0,70	1,50	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,10
S12 Pz10 2,25 - 4,40 m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S13 Pz11 0,00- 1,00 m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S13 Pz11 1,00-2,00 m	<0,5	<0,5	0,70	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,50
S13 Pz11 2,00-3,50 m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S15 Pz32 0,00-1,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S15 Pz32 1,00-2,60m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S15 Pz32 2,60-3,25m	<0,5	<0,5	<0,5	0,50	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,00	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,70	<0,5

900	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il valore limite accettabile per le acque sotterranee di cui all'All.1 D.M.471/99
10	non sono evidenziati i valori di concentrazione inferiori al limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna A)
35	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna B)
150	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite B del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna C)
600	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite C del Protocollo 08.04.93

Tabella 6.13 – Analisi chimiche sui suoli. Aromatici policiclici. Continua

Parametro	Aromatici Policiclici															
	Benzo (a) Antracene	Benzo (a) Pirene	Benzo (b+k+j) Fluoranten	Benzo (g,h,i) Perilene	Crisene	Dibenzo (a,e) Pirene	Dibenzo (a,h) Antracene	Indeno (1,2,3-c,d) Pirene	Pirene	Naftalene	Acenaftilene	Acenaftene	Fluorene	Fenantrene	Antracene	Fluorantene
U.M.(s.s.)	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Limite B D.M.	10	10	10	10	50	10	10	5	50							
Limite A Prot.08.04.93																
Limite B Prot.08.04.93																
Limite C Prot.08.04.93																
Sigla sondaggio																
S16 Pz12 0,00-1,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S16 Pz12 1,00-2,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S16 Pz12 2,00-3,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S17 0,00-3,00 m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S17 3,00-3,30 m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S17 3,30- 4,50 m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S18 Pz14 0,50-2,10m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S18 Pz14 2,10-2,90m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S18 Pz14 0,05-0,50m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S19 Pz15 0,05-1,90m	0,50	0,50	0,70	<0,5	0,50	<0,5	<0,5	<0,5	0,90	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,50	<0,5	1,10
S19 Pz15 1,90-3,50m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S19 Pz15 3,50-4,50m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S21 Pz17 0,20-1,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S21 Pz17 1,00-1,90m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S21 Pz17 1,90-4,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
SS6 Pz29 0,00-1,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
SS6 Pz29 1,00-1,60m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
SS6 Pz29 1,60-3,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S22 Pz18 0,00-1,20m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S22 Pz18 1,20-2,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,90	<0,5	<0,5	<0,5	0,60	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,90	<0,5	<0,5
S22 Pz18 2,00-3,60m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,80	<0,5	<0,5	<0,5	0,50	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,70	<0,5	<0,5
S23 Pz19 0,05-1,10m	1,60	2,60	5,00	2,70	2,50	0,70	0,70	3,50	1,40	<0,5	2,90	<0,5	2,30	0,80	<0,5	1,40
S23 Pz19 1,10-2,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S23 Pz19 2,00-3,50m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S24 0,00-0,65m	0,60	0,90	1,80	1,20	1,00	<0,5	<0,5	1,40	0,90	<0,5	1,30	<0,5	0,90	<0,5	<0,5	0,90
S24 0,65-2,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S24 2,00-3,40m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S28 Pz30 0,00-1,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S28 Pz30 1,00-2,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S28 Pz30 2,00-3,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S29 Pz31 0,0-1,20m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S29 Pz31 1,20-4,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S29 Pz31 4,00-6,00m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S26 Pz21 0,00-1,50 m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S26 Pz21 1,50-2,00 m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S26 Pz21 3,00-4,05 m	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,80	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,50
S27 Pz22 0,05-3,00m	0,90	1,10	2,20	0,90	1,20	<0,5	<0,5	1,00	1,20	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,50	<0,5	1,30
S27 Pz22 3,00-5,40m	<0,5	<0,5	0,80	<0,5	0,70	<0,5	<0,5	<0,5	0,50	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,60
S27 Pz22 5,40-8,00m	<0,5	0,60	1,50	0,50	0,70	<0,5	<0,5	0,60	1,10	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,50

900	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il valore limite accettabile per le acque sotterranee di cui all'All.1 D.M.471/99
10	non sono evidenziati i valori di concentrazione inferiori al limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna A)
35	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna B)
150	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite B del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna C)
600	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite C del Protocollo 08.04.93

Tabella 6.14 – Analisi chimiche sui suoli. Alifatici clorurati cancerogeni e non cancerogeni

Parametro	Alifatici Clorurati Cancerogeni												Alifatici Clorurati non Cancerogeni		
	Cloro Metano	Dicloro Metano	Tricloro Metano	Cloruro di Vinile	1,2-Dicloro Etano	1,1-Dicloro Etilene	1,2-Dicloro Propano	1,1,2-Tricloro Etano	Tricloro Etilene	1,2,3-Tricloro Propano	1,1,2,2-Tetracloro Etano	Tetracloro Etilene	1,1-Dicloro Etano	1,2-cis-Dicloro Etilene	1,1,1-Tricloro Etano
U.M.(s.s.)	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Limite B D.M. 471/99	5	5	5	0,1	5	1	5	15	10	1	10	20	30	15	50
Limite A Prot.08.04.93															
Limite B Prot.08.04.93															
Limite C Prot.08.04.93															
Sigla sondaggio															
S1 Pz1 0,00-1,80m	<0,1	0,20	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S1 Pz1 1,80-4,00m	<0,1	0,20	<0,1	<0,1	0,30	<0,1	<0,1	0,20	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S1 Pz1 4,00-6,00m	<0,1	0,20	<0,1	2,30	0,20	0,30	<0,1	3,90	0,80	0,10	<0,1	<0,1	<0,1	0,40	<0,1
S2 Pz2 0,00-0,80m	<0,1	0,20	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S2 Pz2 0,80-1,50m	<0,1	0,20	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S2 Pz2 1,50-2,50m	<0,1	0,90	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
SS1 Pz23 0,00-2,00m	<0,1	1,10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
SS1 Pz23 2,00-3,00m	<0,1	0,40	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
SS1 Pz23 3,00-3,50m	<0,1	0,10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S6 Pz4 0,00-1,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S6 Pz4 1,00-2,00m	<0,1	0,50	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S6 Pz4 3,50-4,00m	<0,1	1,30	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S7 Pz5 0,50-0,90m	<0,1	0,10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S7 Pz5 1,00-2,00m	<0,1	0,80	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S7 Pz5 2,00-3,00m	<0,1	0,60	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
SS3 Pz25 0,00-2,90m	<0,1	0,80	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
SS3 Pz25 2,90-4,50m	<0,1	1,90	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
SS3 Pz25 4,50-5,50m	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
SS3 BIS 0,00-3,00m	<0,1	0,20	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,20	<0,1	0,30
SS3 BIS 3,00-4,00m	<0,1	0,50	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,10	<0,1	0,20
SS3 BIS 4,00-6,00 m	<0,1	0,50	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S8 Pz6 0,00-3,10m	<0,1	0,30	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S8 Pz6 5,50-6,10m	<0,1	0,50	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S8 Pz6 3,10-5,50m	<0,1	0,50	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S9 Pz7 0,50-3,00m	<0,1	0,10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S9 Pz7 3,00-4,50m	<0,1	0,10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S9 Pz7 4,50-5,00m	<0,1	0,30	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S10 Pz8 0,00- 2,80 m	<0,1	0,50	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S10 Pz8 2,80-4,30 m	<0,1	0,10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S10 Pz8 4,30-5,80 m	<0,1	0,10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S12 Pz10 0,00-1,15 m	<0,1	0,40	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S12 Pz10 1,15-2,25 m	<0,1	0,40	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S12 Pz10 2,25 - 4,40 m	<0,1	0,30	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S13 Pz11 0,00- 1,00 m	<0,1	0,50	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S13 Pz11 1,00-2,00 m	<0,1	0,40	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S13 Pz11 2,00-3,50 m	<0,1	0,30	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S15 Pz32 0,00-1,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S15 Pz32 1,00-2,60m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S15 Pz32 2,60-3,25m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

900	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il valore limite accettabile per le acque sotterranee di cui all'AlI.1 D.M.471/99
10	non sono evidenziati i valori di concentrazione inferiori al limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna A)
35	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna B)
150	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite B del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna C)
600	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite C del Protocollo 08.04.93

Tabella 6.14 – Analisi chimiche sui suoli. Alifatici clorurati cancerogeni e non cancerogeni. Continua

Parametro	Alifatici Clorurati Cancerogeni												Alifatici Clorurati non Cancerogeni		
	Cloro Metano	Dicloro Metano	Tricloro Metano	Cloruro di Vinile	1,2– Dicloro Etano	1,1– Dicloro Etilene	1,2– Dicloro Propano	1,1,2– Tricloro Etano	Tricloro Etilene	1,2,3– Tricloro Propano	1,1,2,2– Tetracloro Etano	Tetracloro Etilene	1,1–Dicloro Etano	1,2–cis–Dicloro Etilene	1,1,1–Tricloro Etano
U.M.(s.s.)	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Limite B D.M.	5	5	5	0,1	5	1	5	15	10	1	10	20	30	15	50
Limite A Prot.08.04.93															
Limite B Prot.08.04.93															
Limite C Prot.08.04.93															
Sigla sondaggio															
S16 Pz12 0,00–1,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S16 Pz12 1,00–2,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S16 Pz12 2,00–3,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S17 0,00–3,00 m	<0,1	0,20	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S17 3,00–3,30 m	<0,1	0,20	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S17 3,30– 4,50 m	<0,1	0,30	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S18 Pz14 0,50–2,10m	<0,1	0,10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S18 Pz14 2,10–2,90m	<0,1	0,10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S18 Pz14 0,05–0,50m	<0,1	0,10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S19 Pz15 0,05–1,90m	<0,1	0,20	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S19 Pz15 1,90–3,50m	<0,1	0,10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S19 Pz15 3,50–4,50m	<0,1	0,20	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S21 Pz17 0,20–1,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S21 Pz17 1,00–1,90m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S21 Pz17 1,90–4,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
SS6 Pz29 0,00–1,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
SS6 Pz29 1,00–1,60m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
SS6 Pz29 1,60–3,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S22 Pz18 0,00–1,20m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S22 Pz18 1,20–2,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S22 Pz18 2,00–3,60m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S23 Pz19 0,05–1,10m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S23 Pz19 1,10–2,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S23 Pz19 2,00–3,50m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S24 0,00–0,65m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S24 0,65–2,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S24 2,00–3,40m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S28 Pz30 0,00–1,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S28 Pz30 1,00–2,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S28 Pz30 2,00–3,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S29 Pz31 0,0–1,20m	<0,1	0,10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S29 Pz31 1,20–4,00m	<0,1	0,20	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S29 Pz31 4,00–6,00m	<0,1	0,30	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S26 Pz21 0,00–1,50 m	<0,1	0,10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S26 Pz21 1,50–2,00 m	<0,1	0,40	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S26 Pz21 3,00–4,05 m	<0,1	0,60	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S27 Pz22 0,05–3,00m	<0,1	0,20	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S27 Pz22 3,00–5,40m	<0,1	0,10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
S27 Pz22 5,40–8,00m	<0,1	0,30	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
10	non sono evidenziati i valori di concentrazione inferiori al limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna A)														
35	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna B)														
150	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite B del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna C)														
600	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite C del Protocollo 08.04.93														

Tabella 6.15 – Analisi chimiche sui suoli. Alifatici alogenati cancerogeni, nitrobenzeni, clorobenzeni

Parametro	Alifatici Alogenati Cancerogeni				Nitrobenzeni						Clorobenzeni						
	Tribromo Metano	1,2-Dibromo Etano	Dibromo Cloro Metano	Bromo Dicloro Metano	Nitro Benzene	1,2-Dinitro Benzene	1,3-Dinitro Benzene	2-Cloro Nitro Benzene	3-Cloro Nitro Benzene	4-Cloro Nitro Benzene	Cloro Benzene	1,2-Dicloro Benzene	1,4-Dicloro Benzene	1,2,4-Tricloro Benzene	1,2,4,5-Tetracloro Benzene	Pentacloro Benzene	Esacloro Benzene
U.M.(s.s.)	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Limite B D.M.	10	0,1	10	10	30	25	25	10	10	10	50	50	10	50	25	50	5
Limite A Prot.08.04.93																	
Limite B Prot.08.04.93																	
Limite C Prot.08.04.93																	
Sigla sondaggio																	
S1 Pz1 0,00–1,80m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S1 Pz1 1,80–4,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S1 Pz1 4,00–6,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S2 Pz2 0,00–0,80m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S2 Pz2 0,80–1,50m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S2 Pz2 1,50–2,50m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
SS1 Pz23 0,00–2,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
SS1 Pz23 2,00–3,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
SS1 Pz23 3,00–3,50m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S6 Pz4 0,00–1,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S6 Pz4 1,00–2,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S6 Pz4 3,50–4,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S7 Pz5 0,50–0,90m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S7 Pz5 1,00–2,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S7 Pz5 2,00–3,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
SS3 Pz25 0,00–2,90m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
SS3 Pz25 2,90–4,50m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
SS3 Pz25 4,50–5,50m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
SS3 BIS 0,00–3,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
SS3 BIS 3,00–4,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
SS3 BIS 4,00–6,00 m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S8 Pz6 0,00–3,10m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S8 Pz6 5,50–6,10m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S8 Pz6 3,10–5,50m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S9 Pz7 0,50–3,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S9 Pz7 3,00–4,50m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S9 Pz7 4,50–5,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S10 Pz8 0,00– 2,80 m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S10 Pz8 2,80–4,30 m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S10 Pz8 4,30–5,80 m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S12 Pz10 0,00–1,15 m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S12 Pz10 1,15–2,25 m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S12 Pz10 2,25 – 4,40 m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S13 Pz11 0,00– 1,00 m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S13 Pz11 1,00–2,00 m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S13 Pz11 2,00–3,50 m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S15 Pz32 0,00–1,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S15 Pz32 1,00–2,60m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S15 Pz32 2,60–3,25m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

900

10

35

150

600

sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il valore limite accettabile per le acque sotterranee di cui all'All.1 D.M.471/99

non sono evidenziati i valori di concentrazione inferiori al limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna A)

sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna B)

sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite B del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna C)

sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite C del Protocollo 08.04.93

Tabella 6.15 – Analisi chimiche sui suoli. Alifatici alogenati cancerogeni, nitrobenzeni, clorobenzeni. Continua

Parametro	Alifatici Alogenati Cancerogeni				Nitrobenzeni						Clorobenzeni						
	Tribromo Metano	1,2-Dibromo Etano	Dibromo Cloro Metano	Bromo Dicloro Metano	Nitro Benzene	1,2-Dinitro Benzene	1,3-Dinitro Benzene	2-Cloro Nitro Benzene	3-Cloro Nitro Benzene	4-Cloro Nitro Benzene	Cloro Benzene	1,2-Dicloro Benzene	1,4-Dicloro Benzene	1,2,4-Tricloro Benzene	1,2,4,5-Tetracloro Benzene	Pentacloro Benzene	Esacloro Benzene
U.M.(s.s.)	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Limite B D.M.	10	0,1	10	10	30	25	25	10	10	10	50	50	10	50	25	50	5
Limite A Prot.08.04.93																	
Limite B Prot.08.04.93																	
Limite C Prot.08.04.93																	
Sigla sondaggio																	
S16 Pz12 0,00-1,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S16 Pz12 1,00-2,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S16 Pz12 2,00-3,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S17 0,00-3,00 m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S17 3,00-3,30 m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S17 3,30- 4,50 m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S18 Pz14 0,50-2,10m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S18 Pz14 2,10-2,90m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S18 Pz14 0,05-0,50m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S19 Pz15 0,05-1,90m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S19 Pz15 1,90-3,50m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S19 Pz15 3,50-4,50m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S21 Pz17 0,20-1,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S21 Pz17 1,00-1,90m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S21 Pz17 1,90-4,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
SS6 Pz29 0,00-1,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
SS6 Pz29 1,00-1,60m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
SS6 Pz29 1,60-3,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S22 Pz18 0,00-1,20m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S22 Pz18 1,20-2,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S22 Pz18 2,00-3,60m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S23 Pz19 0,05-1,10m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,70
S23 Pz19 1,10-2,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S23 Pz19 2,00-3,50m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S24 0,00-0,65m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S24 0,65-2,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S24 2,00-3,40m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S28 Pz30 0,00-1,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S28 Pz30 1,00-2,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S28 Pz30 2,00-3,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S29 Pz31 0,0-1,20m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S29 Pz31 1,20-4,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S29 Pz31 4,00-6,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S26 Pz21 0,00-1,50 m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S26 Pz21 1,50-2,00 m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S26 Pz21 3,00-4,05 m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S27 Pz22 0,05-3,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S27 Pz22 3,00-5,40m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
S27 Pz22 5,40-8,00m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

900	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il valore limite accettabile per le acque sotterranee di cui all'All.1 D.M.471/99
10	non sono evidenziati i valori di concentrazione inferiori al limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna A)
35	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna B)
150	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite B del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna C)
600	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite C del Protocollo 08.04.93

Tabella 6.16 – Analisi chimiche sui suoli. Fenoli non clorurati, fenoli clorurati, ammine aromatiche, idrocarburi, sommatorie Protocollo 08.04.93

	Fenoli non Clorurati		Fenoli Clorurati				Ammine Aromatiche								Idrocarburi		Sommatorie del Protocollo 08.04.93 (si veda la relazione per i parametri ed i criteri utilizzati per eseguire le sommatorie)		
Parametro	Metil Fenoli (o-,m-,p-)	Fenolo	2-Cloro Fenolo	2,4-Dicloro Fenolo	2,4,6- Tricloro Fenolo	Pentacloro Fenolo	Anilina	2- Anisidina	3- Anisidina	4- Anisidina	Difenilammina	2- Toluidina	4- Toluidina	PCB	Idrocarburi Pesanti C > 12	Idrocarburi Leggeri C < 12	Idrocarburi totali	IPA	POC
U.M.(s.s.)	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Limite B D.M. 471/99	25	60	25	50	5	5	5	10	10	10	10		5	5	250	750			
Limite A Prot.08.04.93														0,01			30	1	0,001
Limite B Prot.08.04.93														0,2			500	10	0,0200
Limite C Prot.08.04.93														2			4000	20	0,5
Sigla sondaggio																			
S1 Pz1 0,00–1,80m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,06	<1	21	21,5	2,25	0,0055
S1 Pz1 1,80–4,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,002	<1	15	15,5	2,25	0,0031
S1 Pz1 4,00–6,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,002	<1	33	33,5	2,25	0,0038
S2 Pz2 0,00–0,80m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,07	<1	51	51,5	2,25	0,0083
S2 Pz2 0,80–1,50m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,01	<1	<10	5,5	2,25	0,0062
S2 Pz2 1,50–2,50m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,01	<1	<10	5,5	2,25	0,0025
SS1 Pz23 0,00–2,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,23	<1	118	118,5	2,25	0,0227
SS1 Pz23 2,00–3,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,03	<1	<10	5,5	2,25	0,0014
SS1 Pz23 3,00–3,50m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,14	<1	107	107,5	2,25	0,0132
S6 Pz4 0,00–1,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,04	<1	<10	5,5	2,25	0,0051
S6 Pz4 1,00–2,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,03	<1	<10	5,5	2,25	0,003
S6 Pz4 3,50–4,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,02	<1	80	80,5	2,25	0,0297
S7 Pz5 0,50–0,90m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,05	<1	21	21,5	2,25	0,0091
S7 Pz5 1,00–2,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,04	<1	35	35,5	2,25	0,02155
S7 Pz5 2,00–3,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,08	<1	<10	5,5	2,25	0,0641
SS3 Pz25 0,00–2,90m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,05	<1	18	18,5	2,25	0,0104
SS3 Pz25 2,90–4,50m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,02	<1	167	167,5	2,25	0,0046
SS3 Pz25 4,50–5,50m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,019	<1	83	83,5	2,25	0,0103
SS3 BIS 0,00–3,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,20	<1	117	117,5	2,25	0,0218
SS3 BIS 3,00–4,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,18	23	1288	1288	25,05	0,0250
SS3 BIS 4,00–6,00 m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,01	<1	17	17,5	2,8	0,0022
S8 Pz6 0,00–3,10m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,06	<1	89	89,5	2,25	0,0075
S8 Pz6 5,50–6,10m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,01	<1	<10	5,5	2,25	0,0017
S8 Pz6 3,10–5,50m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,01	<1	58	58,5	2,25	0,01575
S9 Pz7 0,50–3,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,02	<1	<10	5,5	2,25	0,0018
S9 Pz7 3,00–4,50m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,03	<1	28	28,5	2,25	0,0033
S9 Pz7 4,50–5,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,02	<1	57	57,5	2,25	0,0085
S10 Pz8 0,00– 2,80 m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,31	<1	436	436,5	2,25	0,0153
S10 Pz8 2,80–4,30 m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,01	<1	224	224,5	2,25	0,0024
S10 Pz8 4,30–5,80 m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,00	<1	126	126,5	2,25	0,0032
S12 Pz10 0,00–1,15 m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,06	<1	32	32,5	2,6	0,0037
S12 Pz10 1,15–2,25 m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,22	<1	69	69,5	7	0,002
S12 Pz10 2,25 – 4,40 m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,01	<1	13	13,5	2,25	0,00175
S13 Pz11 0,00– 1,00 m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,002	<1	25	25,5	2,25	0,0024
S13 Pz11 1,00–2,00 m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,05	<1	127	127,5	2,5	0,0114
S13 Pz11 2,00–3,50 m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,01	<1	15	15,5	2,25	0,0062
S15 Pz32 0,00–1,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,002	<1	155	155,5	2,25	0,0006
S15 Pz32 1,00–2,60m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,002	<1	219	219,5	2,25	0,0005
S15 Pz32 2,60–3,25m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,002	<1	241	241,5	2,7	0,0002

900	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il valore limite accettabile per le acque sotterranee di cui all'All.1 D.M.471/99
10	non sono evidenziati i valori di concentrazione inferiori al limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna A)
35	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna B)
150	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite B del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna C)
600	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite C del Protocollo 08.04.93

Tabella 6.16 – Analisi chimiche sui suoli. Fenoli non clorurati, fenoli clorurati, ammine aromatiche, idrocarburi, sommatorie Protocollo 08.04.93. Continua

	Fenoli non Clorurati		Fenoli Clorurati				Ammine Aromatiche								Idrocarburi		Sommatorie del Protocollo 08.04.93 (si veda la relazione per i parametri ed i criteri utilizzati per eseguire le sommatorie)		
Parametro	Metil Fenoli (o-,m-,p-)	Fenolo	2-Cloro Fenolo	2,4-Dicloro Fenolo	2,4,6-Tricloro Fenolo	Pentacloro Fenolo	Anilina	2-Anisidina	3-Anisidina	4-Anisidina	Difenilammina	2-Toluidina	4-Toluidina	PCB	Idrocarburi Pesanti C > 12	Idrocarburi Leggeri C < 12	Idrocarburi i totali	IPA	POC
U.M.(s.s.)	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Limite B D.M. 471/99	25	60	25	50	5	5	5	10	10	10	10		5	5	250	750			
Limite A Prot.08.04.93														0,01			30	1	0,001
Limite B Prot.08.04.93														0,2			500	10	0,0200
Limite C Prot.08.04.93														2			4000	20	0,5000
Sigla sondaggio																			
S16 Pz12 0,00-1,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,002	<1	31	31,5	2,25	0,0002
S16 Pz12 1,00-2,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,002	<1	<10	5,5	2,25	0,0007
S16 Pz12 2,00-3,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,002	<1	224	224,5	2,25	0,0005
S17 0,00-3,00 m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,04	<1	42	42,5	2,25	0,0050
S17 3,00-3,30 m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,01	<1	108	108,5	2,25	0,0004
S17 3,30- 4,50 m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,02	<1	322	322,5	2,25	0,0006
S18 Pz14 0,50-2,10m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,08	<1	<10	5,5	2,25	0,0064
S18 Pz14 2,10-2,90m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,02	<1	78	78,5	2,25	0,0004
S18 Pz14 0,05-0,50m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,90	<1	17	17,5	2,25	0,0843
S19 Pz15 0,05-1,90m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,09	<1	51	51,5	4,75	0,0069
S19 Pz15 1,90-3,50m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,05	<1	129	129,5	2,25	0,0004
S19 Pz15 3,50-4,50m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,01	<1	100	100,5	2,25	0,0007
S21 Pz17 0,20-1,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,04	<1	124	124,5	2,25	0,0002
S21 Pz17 1,00-1,90m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,01	<1	66	66,5	2,25	0,0002
S21 Pz17 1,90-4,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,04	<1	141	141,5	2,25	0,0002
SS6 Pz29 0,00-1,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,18	<1	58	58,5	2,25	0,0002
SS6 Pz29 1,00-1,60m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,02	<1	74	74,5	2,25	0,0004
SS6 Pz29 1,60-3,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,07	<1	124	124,5	2,25	0,0004
S22 Pz18 0,00-1,20m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	3,18	<1	128	128,5	2,25	0,0004
S22 Pz18 1,20-2,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,21	<1	210	210,5	3,90	0,0007
S22 Pz18 2,00-3,60m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,19	<1	292	292,5	3,50	0,0042
S23 Pz19 0,05-1,10m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		<1	902	902,5	13,10	0,0359
S23 Pz19 1,10-2,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,16	<1	229	229,5	2,25	0,0003
S23 Pz19 2,00-3,50m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,01	<1	138	138,5	2,25	0,0004
S24 0,00-0,65m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,36	<1	401	401,5	5,95	0,0008
S24 0,65-2,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,15	<1	261	261,5	2,25	0,0004
S24 2,00-3,40m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,14	<1	221	221,5	2,25	0,0004
S28 Pz30 0,00-1,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,10	<1	87	87,5	2,25	0,0009
S28 Pz30 1,00-2,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,17	<1	83	83,5	2,25	0,0004
S28 Pz30 2,00-3,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,26	<1	90	90,5	2,25	0,0004
S29 Pz31 0,0-1,20m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,38	<1	173	173,5	2,25	0,0305
S29 Pz31 1,20-4,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,05	<1	82	82,5	2,25	0,0012
S29 Pz31 4,00-6,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,01	<1	80	80,5	2,25	0,0071
S26 Pz21 0,00-1,50 m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,02	<1	151	151,5	2,25	0,0035
S26 Pz21 1,50-2,00 m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,05	<1	266	266,5	2,25	0,0107
S26 Pz21 3,00-4,05 m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,09	2	336	338	3,05	0,0106
S27 Pz22 0,05-3,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,50	<1	7500	7500,5	6,95	0,0395
S27 Pz22 3,00-5,40m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,08	<1	96	96,5	3,30	0,0010
S27 Pz22 5,40-8,00m	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,03	1	830	831	4,15	0,0026

900	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il valore limite accettabile per le acque sotterranee di cui all'All.1 D.M.471/99
10	non sono evidenziati i valori di concentrazione inferiori al limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna A)
35	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite A del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna B)
150	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite B del Protocollo 08.04.93 (conforme colonna C)
600	sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il limite C del Protocollo 08.04.93

Per tutti i campioni sono state determinate le concentrazioni dei 103 parametri precedentemente elencati, seguendo le metodologie analitiche riportate in tabella 6.7. I limiti di rilevabilità delle determinazioni analitiche sono stati assunti in funzione del successivo confronto dei dati ottenuti con le concentrazioni limite ammissibili per il suolo ed il sottosuolo ai sensi della Colonna B di cui all'Allegato 1 del D.M. 471/99.

E' quindi, significativo rilevare che alcuni analiti mostrano sempre concentrazioni inferiori al limite di rilevabilità. Questi sono:

- fra i composti inorganici: cianuri, cianuri liberi e cromo esavalente;
- fra i composti organici:
  - ✓ le singole specie di *pesticidi organofosforati* (atrazina), *alifatici alogenati cancerogeni* (tribromometano, 1,2-dibromoetano, dibromoclorometano, bromodiclorometano), *nitrobenzeni* (nitrobenzene, 1,2-dinitrobenzene, 1,3-dinitrobenzene, 2-cloronitrobenzene, 3-cloronitrobenzene, 4-cloronitrobenzene), *fenoli non clorurati* (orto-, meta- e para-metilfenolo, fenolo) e di *fenoli clorurati* (2-clorofenolo, 2,4-diclorofenolo, 2,4,6-triclorofenolo, pentaclorofenolo);
  - ✓ fra gli *aromatici*: benzene, etilbenzene, xilene, stirene;
  - ✓ fra i *clorobenzeni*: clorobenzene, 1,2-diclorobenzene, 1,4-diclorobenzene, 1,2,4-triclorobenzene, 1,2,4,5-tetraclorobenzene, pentaclorobenzene;
  - ✓ fra le *ammine aromatiche* : anilina, 2-anisidina, 3-anisidina, 4-anisidina, difenilammina, 2-toluidina, 4-toluidina;
  - ✓ fra gli *alifatici clorurati cancerogeni*: clorometano, triclorometano, 1,2-dicloropropano, 1,1,2,2-tetracloroetano, tetracloroetilene;
  - ✓ fra gli *aromatici policiclici* unicamente l'acenaftene;

✓ fra i *parametri integrativi*: amianto;

Tutte le altre determinazioni analitiche risultano superiori ai limiti di rilevabilità strumentali adottati. Fra queste, prescindendo da qualunque quadro normativo, si osserva mediamente un significativo e diffuso arricchimento in metalli; ugualmente diffusa, seppur decisamente meno spiccata, la presenza di pesticidi organoclorati, di policlorobifenili (PCB) e di idrocarburi leggeri ( $C<12$ ). Concentrazioni di chiara origine antropogenica di altri composti organici, al contrario, caratterizzano campioni e quindi situazioni isolate.

Dei 94 parametri previsti dal D.M. 471/99, e determinati su tutti i campioni, le concentrazioni di antimonio, arsenico, cadmio, piombo, vanadio, zinco, cloruro di vinile ed idrocarburi leggeri ( $C<12$ ) superano quelle limite accettabili nel suolo e nel sottosuolo in relazione alla destinazione ad uso commerciale ed industriale del sito (Colonna B di cui all'Allegato 1 del D.M. 471/99).

In tabella 6.17 si riassume il superamento dei limiti legislativi nei singoli campioni in relazione al tipo di terreno analizzato. Dalla tabella si evince come il cadmio sia il metallo che supera i limiti legislativi per il maggior numero di campioni (10 su 78); seguono il piombo, lo zinco e gli idrocarburi leggeri (4 su 78), l'antimonio (3 su 78), l'arsenico (2 su 78), il vanadio e il cloruro di vinile (1 su 78). Se si considerano, invece, i singoli campioni si nota come i livelli S23Pz19 (2.00–3.50 m dal p.c.), S24 (0.65–2.00 m dal p.c.) e S24 (2.00–3.40 m dal p.c.) mostrino un marcato e contemporaneo arricchimento in antimonio, cadmio, piombo e zinco; il campione S27Pz22 (5.40–8.00 m) evidenzia un eccesso di arsenico, cadmio, zinco ed idrocarburi leggeri, mentre il livello S23Pz19 (0.05–1.10 m dal p.c.) risulta contaminato da arsenico, piombo ed idrocarburi leggeri. Il campione S24 (0.00–0.65 m dal p.c.) è caratterizzato

da concentrazioni di arsenico e cadmio superiori ai limiti legislativi adottati, mentre i campioni S6Pz4 (3.50–4.00 m dal p.c.), S22Pz18 (2.00–3.60 m dal p.c.), S28Pz30 (0.00–1.00), S28Pz30 (1.00–2.00 m dal p.c.) e S29Pz31 (1.20–4.00 m dal p.c.) mostrano un arricchimento in cadmio variabile dalle 1.3 alle 3.3 volte la massima concentrazione prevista dalla colonna B di cui all'Allegato 1 del D.M. 471/99. Fra gli altri composti inorganici il vanadio supera il limite legislativo di confronto unicamente in corrispondenza del campione SS3Pz25 (0.00–2.90m dal p.c.), mentre fra i composti organici gli idrocarburi leggeri ( $C < 12$ ) eccedono da 2 a 10 volte le massime concentrazioni tabellari rispettivamente nei campioni SS3bis (3.00–4.00 m dal p.c.) e S27Pz22 (0.05–3.00 m dal p.c.) ed il cloruro di vinile supera di 23 volte il limite di cui alla colonna B del D.M. 471/99 nelle sabbie corrispondenti al campione S1Pz1 (4.00–6.00 m dal p.c.).

In sintesi, 15 campioni su 78 eccedono, per almeno una sostanza, i limiti tabellari ammissibili per il suolo ed il sottosuolo in relazione alla destinazione ad uso commerciale ed industriale del sito previste dal D.M. 471/99.

*Tabella 6.17 – Analisi chimiche sui suoli. Descrizione litostratigrafia dei campioni di terreno e sostanze che superano la massima concentrazione stabilita dalla Colonna B di cui all'Allegato 1 del D.M. 471/99*

Sigla sondaggio e piezometro	C.R. medi di terreno per analisi chimiche (m p.c.)		Descrizione litostratigrafica	Sostanza che supera la concentrazione stabilita dalla Colonna B del D.M. 471/99
	da	a		
S1 Pz1	0,00	1,80	Riporto	
	1,80	4,00	Caranto in facies tipica	
	4,00	6,00	Sabbia	Cloruro di vinile
S2 Pz2	0,05	0,80	Riporto	
	0,80	1,50	Riporto	
	1,50	2,30	Limo argilloso grigio con odore di idocarburi	
SS1Pz23	0,00	2,00	Riporto	
	2,00	3,00	Sabbia media limosa grigia con rari ciottoli	
	3,00	3,55	Sabbia medio-fine limosa grigia	
S6 Pz4	0,00	1,00	Riporto	
	1,00	2,00	Riporto	
	3,50	4,00	Fanghi rossi	Cadmio
S7 Pz5	0,50	0,90	Riporto	
	1,00	2,00	Fanghi rossi	
	2,00	3,00	Limo frammisto a fanghi rossi	
SS3 Pz25	0,00	2,90	Riporto nero con masserelle simili a cenere	Vanadio
	2,90	4,50	Sabbia con inclusioni nerastre e fanghi rossi	
	4,50	5,50	Fanghi rossi	
SS3 BIS	0,00	3,00	Riporto nero con masserelle simili a cenere	
	3,00	4,00	Fango nero molle e limo grigio verdastro	C<12
	4,00	6,00	Caranto in facies tipica	
S8 Pz6	0,00	3,10	Riporto nero con masserelle simili a cenere	
	3,10	5,50	Fanghi rossi	
	5,50	6,10	Caranto in facies tipica	
S9 Pz7	0,50	3,00	Riporto	
	3,00	4,50	Fanghi rossi	
	4,50	5,00	Fanghi grigi con odore di idrocarburi	
S10 Pz8	0,00	2,80	Riporto	
	2,80	4,30	Limo sabbioso	
	4,30	5,80	Caranto in facies tipica	
S12 Pz10	0,00	1,15	Riporto	
	1,15	2,25	Riporto bruno-rossastro	
	2,25	4,40	Sabbia medio-fine	

*Tabella 6.17 – Analisi chimiche sui suoli. Descrizione litostratigrafia dei campioni di terreno e sostanze che superano la massima concentrazione stabilita dalla Colonna B di cui all'Allegato 1 del D.M. 471/99. Continua*

Sigla sondaggio e piezometro	C.R. medi di terreno per analisi chimiche (m p.c.)		Descrizione litostratigrafica	Sostanza che supera la concentrazione stabilita dalla Colonna B del D.M. 471/99
	da	a		
S13 Pz11	0,00	1,00	Riporto	
	1,00	2,00	Limo argilloso grigio intercalato da livelli ocrei e lenti nere	
	2,00	3,50	Fanghi rossi	
S15 Pz32	0,00	1,00	Riporto con granuli di fango rosso	
	1,00	2,60	Riporto con granuli di fango rosso	
	2,60	3,25	Riporto con laterizi	
S16 Pz12	0,00	1,00	Riporto	
	1,00	2,00	Riporto	
	2,00	3,00	Riporto	
S17	0,00	3,00	Riporto	
	3,00	3,30	Sabbia limosa rossastra	
	3,30	3,45	Argilla limosa con livelli neri e rossi	
S18 Pz14	0,05	0,50	Terreno vegetale e riporto	
	0,50	2,10	Riporto	
	2,10	2,90	Fanghi rossi e sabbia	
S19 Pz15	0,05	1,90	Terreno vegetale e riporto	
	1,90	3,50	Fanghi rossi	
	3,50	4,50	Argilla limosa grigia con odore di idrocarburi	
S21 Pz17	0,00	1,00	Sabbia limosa	
	1,00	1,90	Riporto	
	1,90	4,00	Limo e fanghi rossi	
SS6 Pz29	0,00	1,00	Riporto	
	1,00	1,60	Riporto	
	1,60	3,00	Sabbia limosa grigio-nocciola	
S22 Pz18	0,00	1,20	Fanghi rossi	
	1,20	2,00	Fanghi rossi	
	2,00	3,60	Fanghi rossi	Cadmio
S23 Pz19	0,05	1,10	Riporto	Arsenico, piombo, C<12
	1,10	2,00	Riporto	
	2,00	3,50	Fanghi rossi	Antimonio, cadmio, piombo, zinco
S24	0,00	0,65	Riporto	Arsenico, cadmio
	0,65	2,00	Fanghi rossi	Antimonio, cadmio, piombo, zinco
	2,00	3,40	Fanghi rossi	Antimonio, cadmio, piombo, zinco
S28 Pz30	0,00	1,00	Riporto	Cadmio
	1,00	2,00	Riporto	Cadmio
	2,00	3,00	Riporto	
S29 Pz31	0,00	1,20	Riporto	
	1,20	4,00	Riporto	Cadmio
	4,00	6,00	Riporto con odore di idrocarburi	

*Tabella 6.17 – Analisi chimiche sui suoli. Descrizione litostratigrafia dei campioni di terreno e sostanze che superano la massima concentrazione stabilita dalla Colonna B di cui all'Allegato 1 del D.M. 471/99. Continua*

Sigla sondaggio e piezometro	C.R. medi di terreno per analisi chimiche (m p.c.)		Descrizione litostratigrafica	Sostanza che supera la concentrazione stabilita dalla Colonna B del D.M. 471/99
	da	a		
S26 Pz21	0,00	1,50	Riporto	
	1,50	2,00	Argille con odore di idrocarburi e sabbia fine ocra	
	3,00	4,05	Argille con odore di idrocarburi	
S27 Pz22	0,05	3,00	Riporto	C<12
	3,00	5,40	Riporto e limo sabbioso	
	5,40	8,00	Fanghi rossi e fanghi neri intrisi di idrocarburi	Arsenico, cadmio, zinco, C<12

Riassumendo, rispetto al profilo normativo che disciplina la modalità per la messa in sicurezza, la bonifica ed il ripristino ambientale dei siti inquinati, si osserva una marcata contaminazione da metalli pesanti, nella fattispecie essenzialmente cadmio, piombo e zinco ed un subordinato, seppur non meno pesante, arricchimento in idrocarburi leggeri (C<12). La contaminazione da arsenico, antimonio, vanadio e cloruro di vinile rappresenta, al contrario, una situazione puntuale. In ogni qual modo, è significativo notare come i livelli più contaminati corrispondano geograficamente al tratto di imbocco del Canale Industriale Sud, nell'area attualmente in concessione ad Edison Termoelettrica ed al Depuratore di Fusina.

In tabella 6.18 si riassume il superamento dei limiti di concentrazione ai sensi del PROTOCOLLO D'INTESA 8/4/93 (*Protocollo recante criteri di sicurezza ambientale per gli interventi di escavazione, trasporto e reimpiego dei fanghi estratti dai canali di Venezia*). Dalla medesima tabella si nota che tutti i campioni analizzati, per almeno una delle sostanze previste da suddetta normativa, superano uno dei tre limiti stabiliti dalla Tabella 1 dello stesso Protocollo.

E' importante sottolineare che per quanto riguarda gli idrocarburi totali, gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) ed i pesticidi organoclorurati (POC) le concentrazioni di riferimento derivano dalla sommatoria di più specie chimiche determinate ai sensi del D.M. 471/99. In particolare:

- *idrocarburi totali*: idrocarburi leggeri ed idrocarburi pesanti;
- *idrocarburi policiclici aromatici (IPA)*: benzo(a)antracene, benzo(a)pirene, crisene, pirene, antracene, fenantrene, fluorene, fluorantene, naftalene;
- *pesticidi organoclorurati (POC)*: alfa-esacloroesano, beta-esacloroesano, lindano, DDD, DDT, DDE;

Per tutti e tre i gruppi di sostanze, qualora la concentrazione di una singola specie chimica fosse risultata inferiore al limite di rilevabilità, per eseguire le sommatorie si è optato per considerare la sua concentrazione pari al 50% del limite di rilevabilità stesso, essendo il metodo mediamente cautelativo più convenzionalmente adottato.

**Tabella 6.18– Analisi chimiche sui suoli. Descrizione litostratigrafia dei campioni di terreno e sostanze che superano le massime concentrazioni stabilite dalla Colonna A, B e C di cui alla Tabella 1 del Protocollo 8/4/93.**

Sigla sondaggio e piezometro	C.R. medi di terreno per analisi chimiche (m p.c.)		Descrizione litostratigrafica	Sostanza che supera le concentrazioni stabilite dal Prot. 8/4/93		
	da	a		> A	> B	> C
S1 Pz1	0,00	1,80	Riporto	Pb, PCB, IPA, POC		
	1,80	4,00	Caranto in facies tipica	Idr. Tot., IPA, POC		
	4,00	6,00	Sabbia	Idr. Tot., IPA, POC		
S2 Pz2	0,05	0,80	Riporto	PCB, IPA, POC		
	0,80	1,50	Riporto	IPA, POC		
	1,50	2,30	Limo argilloso grigio con odore di idocarburi	IPA, POC		
SS1Pz23	0,00	2,00	Riporto	Idr. Tot., IPA	PCB, POC	
	2,00	3,00	Sabbia media limosa grigia con rari ciottoli	PCB, IPA, POC		
	3,00	3,55	Sabbia medio-fine limosa grigia	PCB, Idr. Tot., IPA, POC		
S6 Pz4	0,00	1,00	Riporto	PCB, IPA, POC		
	1,00	2,00	Riporto	PCB, Idr. Tot., IPA, POC		
	3,50	4,00	Fanghi rossi	PCB, IPA	As, Cr, Ni, Cu, Zn, POC	Cd, Pb
S7 Pz5	0,50	0,90	Riporto	Cr, Pb, Zn, PCB, Idr. Tot., IPA, POC	Ni, Cu	
	1,00	2,00	Fanghi rossi	PCB, Idr. Tot., IPA	As, Cd, Cr, Ni, Pb, Cu, Zn, POC	
	2,00	3,00	Limo frammisto a fanghi rossi	As, IPA	POC	PCB
SS3 Pz25	0,00	2,90	Riporto nero con masserelle simili a cenere	As, Cr, Pb, Cu, PCB, IPA, POC	Ni	
	2,90	4,50	Sabbia con inclusioni nerastre e fanghi rossi	Cr, Ni, PCB, IPA, POC	As, Idr. Tot.	
	4,50	5,50	Fanghi rossi	Cr, Ni, Cu, PCB, IPA, POC	As, Cd, Pb, Zn, Idr. Tot.	

**Tabella 6.18– Analisi chimiche sui suoli. Descrizione litostratigrafia dei campioni di terreno e sostanze che superano le massime concentrazioni stabilite dalla Colonna A, B e C di cui alla Tabella 1 del Protocollo 8/4/93. Continua**

Sigla sondaggio e piezometro	C.R. medi di terreno per analisi chimiche (m p.c.)		Descrizione litostratigrafica	Sostanza che supera le concentrazioni stabilite dal Prot. 8/4/93		
	da	a		> A	> B	> C
SS3 BIS	0,00	3,00	Riporto nero con masserelle simili a cenere	As, Cd, Cr, Pb, Zn, IPA	POC	
	3,00	4,00	Fango nero molle e limo grigio verdastro	Cr	As, POC	IPA
	4,00	6,00	Caranto in facies tipica	As, POC, IPA		
S8Pz6	0,00	3,10	Riporto nero con masserelle simili a cenere	Cr, Idr. Tot., IPA, POC		
	3,10	5,50	Fanghi rossi	As, Cr, IPA, POC		
	5,50	6,10	Caranto in facies tipica	Idr. Tot., IPA, POC	As, Cd, Cr, Ni, Pb, Cu, Zn	
S9 Pz7	0,50	3,00	Riporto	Cr, PCB, IPA, POC		
	3,00	4,50	Fanghi rossi	Cd, Cr, Pb, PCB, IPA, POC		
	4,50	5,00	Fanghi grigi con odore di idrocarburi	Cd, Cr, Hg, Pb, Cu, Zn, PCB, Idr. Tot., IPA, POC		
S10 Pz8	0,00	2,80	Riporto	As, Cd, Cr, Zn, Idr. Tot., IPA, POC	Pb, PCB	
	2,80	4,30	Limo sabbioso	Cr, Idr. Tot., IPA, POC		
	4,30	5,80	Caranto in facies tipica	Idr. Tot., IPA, POC		
S12 Pz10	0,00	1,15	Riporto	As, Pb, PCB, Idr. Tot., IPA, POC		
	1,15	2,25	Riporto bruno-rossastro	Cd, Cr, Idr. Tot., IPA, POC	PCB	
	2,25	4,40	Sabbia medio-fine	Cd, IPA, POC		
S13 Pz11	0,00	1,00	Riporto	IPA, POC		
	1,00	2,00	Limo argilloso grigio intercalato da livelli ocrei e lenti nere	Cd, PCB, IPA, POC	Idr. Tot.	
	2,00	3,50	Fanghi rossi	Cr, IPA, POC	Cd, Pb, Zn	
S15 Pz32	0,00	1,00	Riporto con granuli di fango rosso	Idr. Tot., IPA		
	1,00	2,60	Riporto con granuli di fango rosso	Idr. Tot., IPA		
	2,60	3,25	Riporto con laterizi	Idr. Tot., IPA		
S16 Pz12	0,00	1,00	Riporto	Idr. Tot., IPA		
	1,00	2,00	Riporto	Cr, IPA, POC		
	2,00	3,00	Riporto	Cr, Pb, Idr. Tot., IPA		

**Tabella 6.18– Analisi chimiche sui suoli. Descrizione litostratigrafia dei campioni di terreno e sostanze che superano le massime concentrazioni stabilite dalla Colonna A, B e C di cui alla Tabella 1 del Protocollo 8/4/93. Continua**

Sigla sondaggio e piezometro	C.R. medi di terreno per analisi chimiche (m p.c.)		Descrizione litostratigrafica	Sostanza che supera le concentrazioni stabilite dal Prot. 8/4/93		
	da	a		> A	> B	> C
S17	0,00	3,00	Riporto	PCB, Idr. Tot., IPA, POC		
	3,00	3,30	Sabbia limosa rossastra	Idr. Tot., IPA		
	3,30	3,45	Argilla limosa con livelli neri e rossi	As, Cr, Pb, PCB, Idr. Tot., IPA		
S18 Pz14	0,05	0,50	Terreno vegetale e riporto	Cr, PCB, IPA, POC	Ni	
	0,50	2,10	Riporto	PCB, Idr. Tot., IPA	As, Cd, Cr, Ni, Pb, Zn	
	2,10	2,90	Fanghi rossi e sabbia	Pb, IPA	Cr, Ni, PCB, POC	
S19 Pz15	0,05	1,90	Terreno vegetale e riporto	PCB, Idr. Tot., IPA, POC		
	1,90	3,50	Fanghi rossi	PCB, Idr. Tot., IPA	As, Cd, Cr, Pb, Cu, Zn	
	3,50	4,50	Argilla limosa grigia con odore di idrocarburi	Cr, Pb, Cu, Idr. Tot., IPA	As	Ni
S21 Pz17	0,00	1,00	Sabbia limosa	PCB, Idr. Tot., IPA		
	1,00	1,90	Riporto	Idr. Tot., IPA		
	1,90	4,00	Limo e fanghi rossi	Cr, Ni, Pb, PCB, Idr. Tot., IPA		
S6 Pz29	0,00	1,00	Riporto	Cd, Cr, Pb, PCB, Idr. Tot., IPA		
	1,00	1,60	Riporto	Cd, PCB, Idr. Tot., IPA		
	1,60	3,00	Sabbia limosa grigio-nocciola	Cr, Cu, PCB, Idr. Tot., IPA	Cd, Pb, Zn	
S22 Pz18	0,00	1,20	Fanghi rossi	Idr. Tot., IPA	Cd, Cr, Ni, Pb, Cu, Zn	PCB
	1,20	2,00	Fanghi rossi	Cd, Idr. Tot., IPA	As, Cr, Ni, Pb	PCB
	2,00	3,60	Fanghi rossi	As, Hg, PCB, Idr. Tot., IPA, POC	Cr, Ni, Pb, Cu, Zn	Cd
S23 Pz19	0,05	1,10	Riporto	Hg, Ni	Cd, Cr, Zn, PCB, Idr. Tot., IPA, POC	As, Pb, Cu
	1,10	2,00	Riporto	Cr, Hg, Idr. Tot., IPA	As, Cd, Pb, Cu, Zn, PCB	
	2,00	3,50	Fanghi rossi	Hg, Idr. Tot., IPA	As, Cr, Cu	Cd, Ni, Pb, Zn

**Tabella 6.18– Analisi chimiche sui suoli. Descrizione litostratigrafia dei campioni di terreno e sostanze che superano le massime concentrazioni stabilite dalla Colonna A, B e C di cui alla Tabella 1 del Protocollo 8/4/93. Continua**

Sigla sondaggio e piezometro	C.R. medi di terreno per analisi chimiche (m p.c.)		Descrizione litostratigrafica	Sostanza che supera le concentrazioni stabilite dal Prot. 8/4/93		
	da	a		> A	> B	> C
<b>S24</b>	0,00	0,65	Riporto	Hg, Idr. Tot., IPA	Cr, Ni, Cu, Zn, PCB	Cd, Pb
	0,65	2,00	Fanghi rossi	Hg, PCB, Idr. Tot., IPA	Cr, Ni, Cu	Cd, Pb, Zn
	2,00	3,40	Fanghi rossi	PCB, Idr. Tot., IPA	Cr, Ni, Cu	Cd, Pb, Zn
<b>S28 Pz30</b>	0,00	1,00	Riporto	Hg, Idr. Tot., IPA	Cr, Ni, Pb, Zn	Cd
	1,00	2,00	Riporto	Zn, PCB, Idr. Tot., IPA	Cr, Ni, Pb	Cd
	2,00	3,00	Riporto	Cr, Pb, Idr. Tot., IPA	Cd, Zn, PCB	
<b>S29 Pz31</b>	0,00	1,20	Riporto	Cr, Hg, Pb, Zn, Idr. Tot., IPA	Cd, PCB, POC	
	1,20	4,00	Riporto	Cr, Hg, PCB, Idr. Tot., IPA, POC	Pb, Zn	Cd
	4,00	6,00	Riporto con odore di idrocarburi	As, Cd, Cr, Idr. Tot., IPA, POC		
<b>S26 Pz21</b>	0,00	1,50	Riporto	Cd, Hg, PCB, IPA, POC		
	1,50	2,00	Argille con odore di idrocarburi e sabbia fine ocra	Cd, Pb, Zn, PCB, IPA, POC		
	3,00	4,05	Argille con odore di idrocarburi	Zn, PCB, IPA, POC	As, Cd, Hg, Pb	
<b>S27 Pz22</b>	0,05	3,00	Riporto	As, Cd, Hg, Pb, IPA	Cu, PCB, POC	Idr. Tot.
	3,00	5,40	Riporto e limo sabbioso	Cd, Pb, PCB, Idr. Tot., IPA, POC		
	5,40	8,00	Fanghi rossi e fanghi neri intrisi di idrocarburi	Hg, PCB, IPA, POC	Cu, Zn, Idr. Tot.	As, Cd, Pb

Dal punto di vista grafico, il confronto con le normative vigenti è evidenziato nell'*Atlante Analisi chimiche* allegato (Tavole 29–44) e nei grafici riportati nelle figure 6.1– 6.13, seppur le concentrazioni di questi analiti siano espresse in scala logaritmica per una più chiara resa grafica.

Da queste rappresentazioni grafiche e dalla tabella 6.18 si nota che tutti i 78 campioni analizzati superano, per almeno una sostanza, uno dei tre limiti legislativi stabiliti dal Protocollo d'Intesa 8/4/93. Più in particolare, per almeno due delle dodici specie chimiche previste da suddetta normativa in tutti i campioni si osserva il superamento del limite A, per almeno una sostanza 38 campioni su 78 superano il limite B e per almeno una specie chimica 16 campioni su 78 eccedono le concentrazioni massime previste dal limite C.

Settantasei campioni su 78 superano la concentrazione limite di 1 ppm per gli IPA, ferma restando tuttavia la possibile sovrastima della loro effettiva concentrazione risultando quest'ultima dalla sommatoria di singoli composti mediamente inferiori ai limiti di rilevabilità adottati. Seguono gli idrocarburi totali (47 su 78) ed i pesticidi organoclorurati (40 campioni su 78), che comunque presentano le stesse problematiche esposte per gli IPA. Le concentrazioni dei policlorobifenili (PCB) superano quelle previste dalla Classe A del Protocollo 8/4/93 in 41 casi su 78. Fra i metalli quello che preferenzialmente supera le concentrazioni previste è il cromo (27 campioni su 78); seguono il piombo (16 su 78), il cadmio (14 su 78), il mercurio (13 su 78) e l'arsenico (10 su 78). Le concentrazioni di rame, zinco e nichel superano quelle previste dal limite A della normativa rispettivamente per 6 e 4 campioni su 78.

L'elemento per il quale si osserva il massimo superamento del limite B di cui al Protocollo 8/4/93 (17 campioni su 78) è lo zinco; seguono il cromo, il nichel ed il piombo (15 su 78), il rame (13 su 78), il cadmio (12 su 78), l'arsenico (11 su 78), i pesticidi organoclorurati ed i PCB (10 su 78), gli idrocarburi totali (5 su 78) ed infine mercurio ed IPA (1 su 78).

Le concentrazioni di cromo, mercurio e pesticidi organoclorurati non eccedono mai quelle previste dalla colonna C del Protocollo 8/4/93. Il superamento di suddetto valore si limita, invece, ad un singolo campione per rame, idrocarburi totali ed IPA. Seguono l'arsenico

ed il nichel (2 su 78) e lo zinco e i PCB (3 su 78). L'elemento che eccede maggiormente le concentrazioni previste dalla Classe C è, invece, il cadmio (10 campioni su 78).

Riassumendo, rispetto alla normativa che legifera riguardo al possibile riutilizzo di questi materiali in Laguna di Venezia, si osserva un diffuso arricchimento in idrocarburi policiclici aromatici, in idrocarburi totali ed in pesticici organoclorurati, sebbene siano già state esposte le problematiche inerenti la possibile sovrastima delle loro reali concentrazioni nei terreni analizzati. Significativamente presenti sono i policlorobifenili ed i metalli pesanti. Come già osservato discutendo il quadro normativo del D.M. 471/99 si osserva una marcata e diffusa contaminazione da parte di questi ultimi composti nel tratto di imbocco del Canale Industriale Sud, nelle aree demaniali in concessione ad Edison Termoelettrica ed al Depuratore di Fusina.

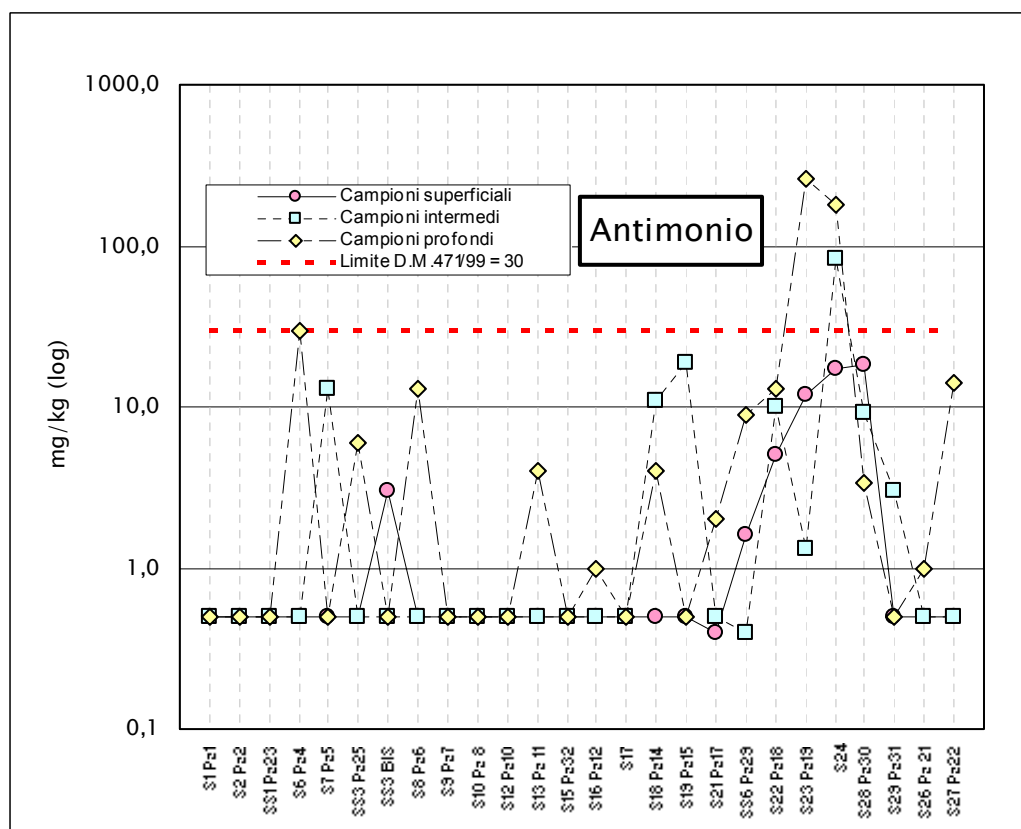


Figura 6.1 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. "Antimonio"

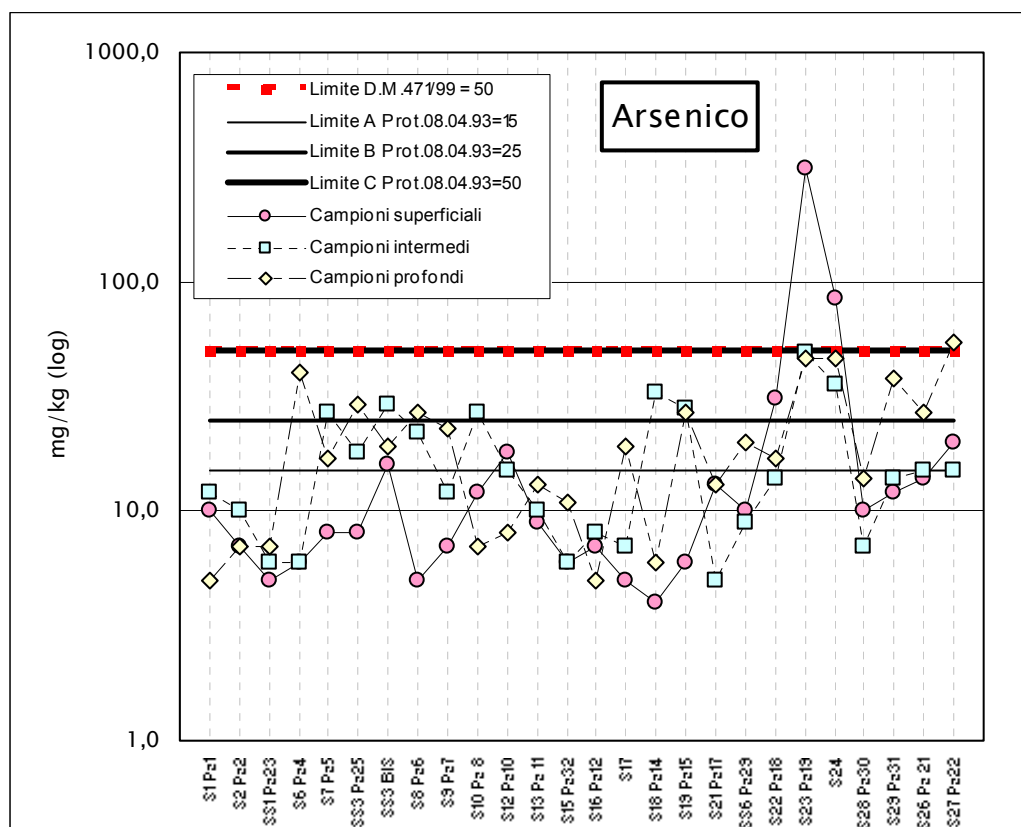


Figura 6.2- Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. “Arsenico”

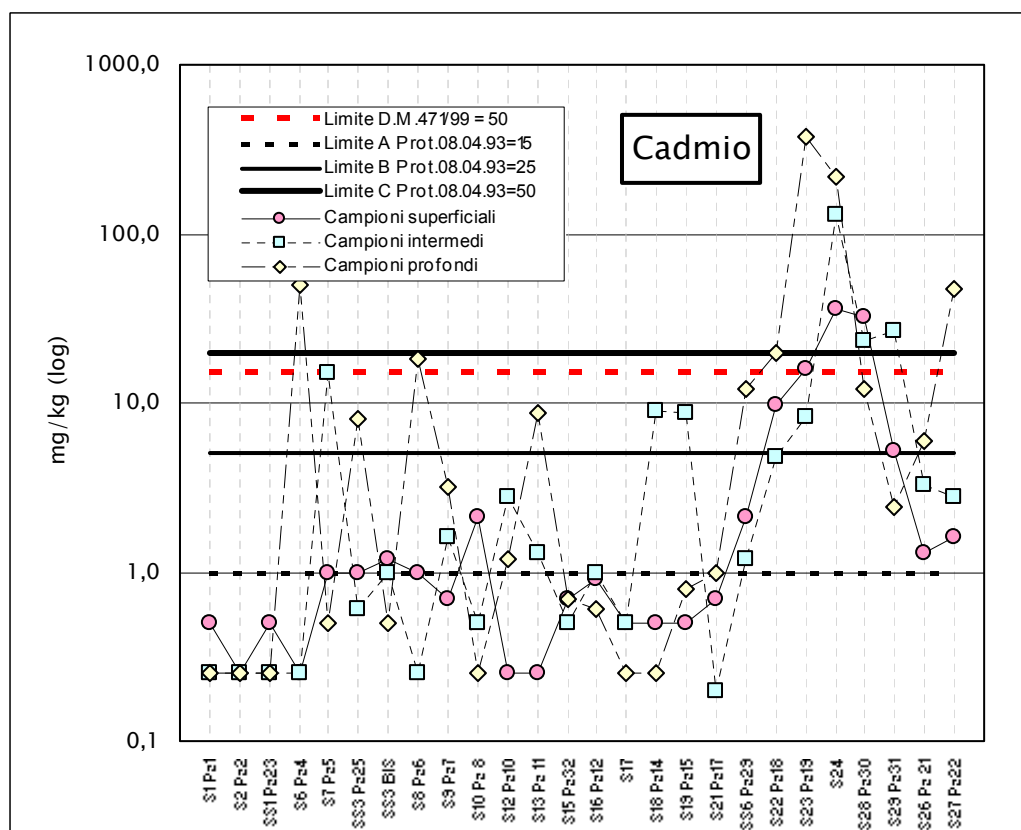


Figura 6.3- Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. “Cadmio”

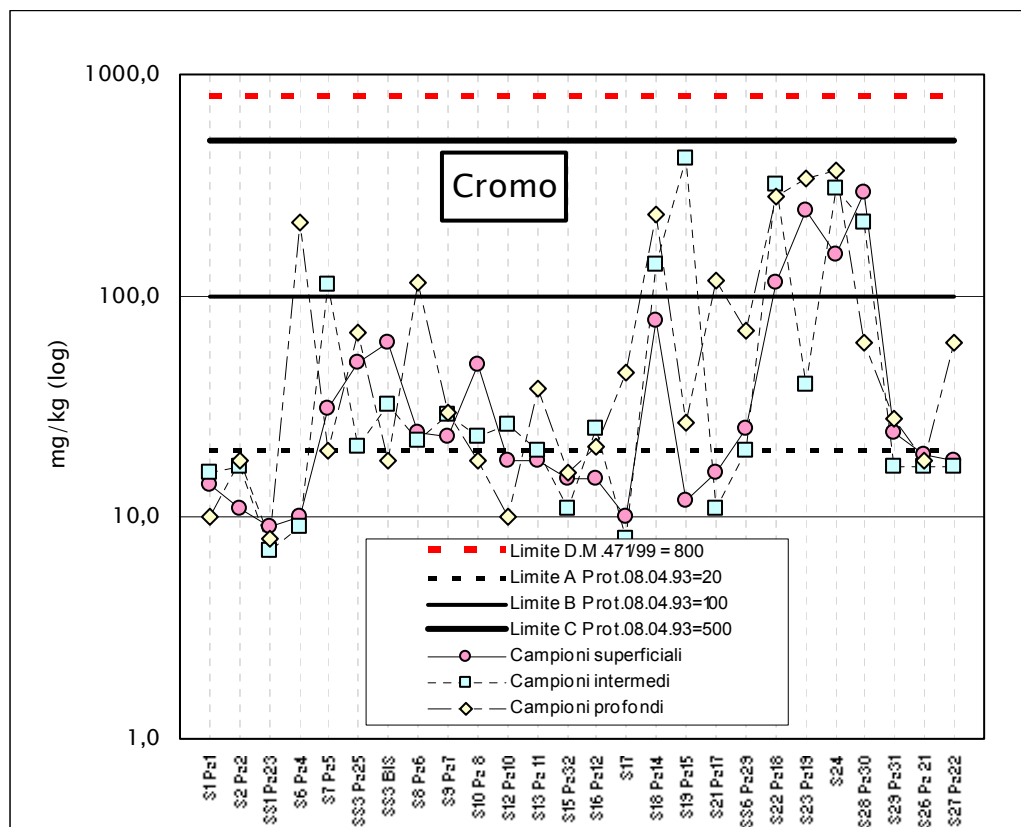


Figura 6.4- Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. "Cromo"

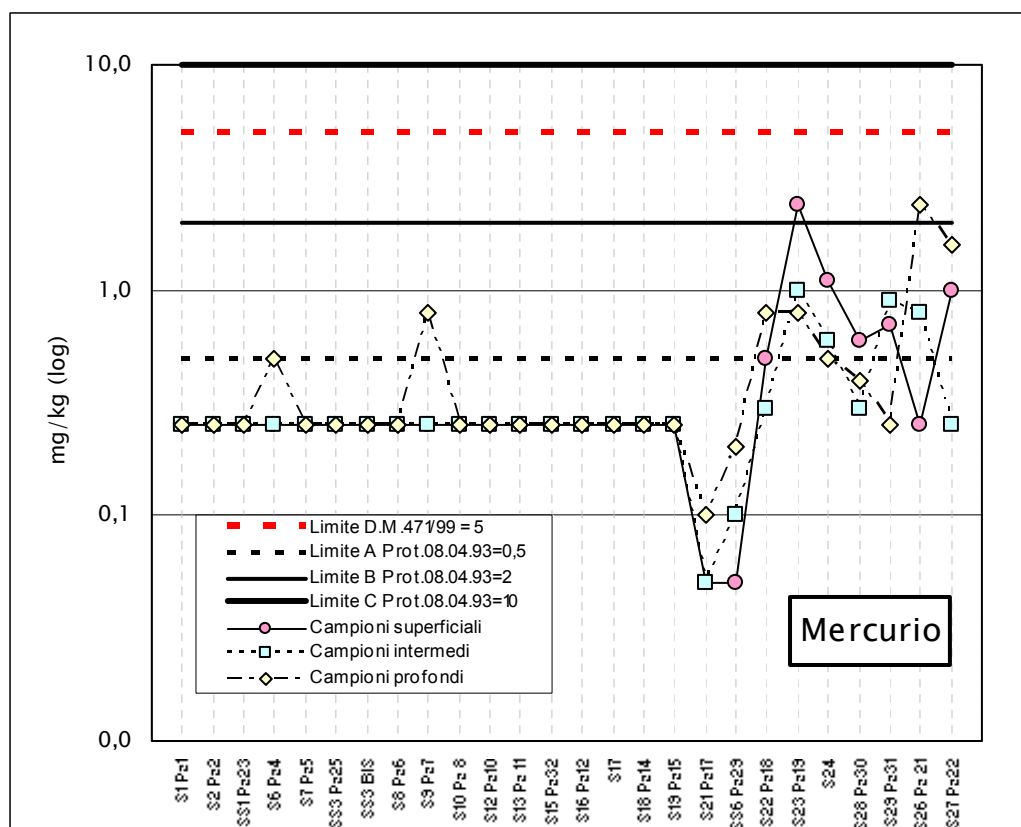


Figura 6.5- Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. "Mercurio"

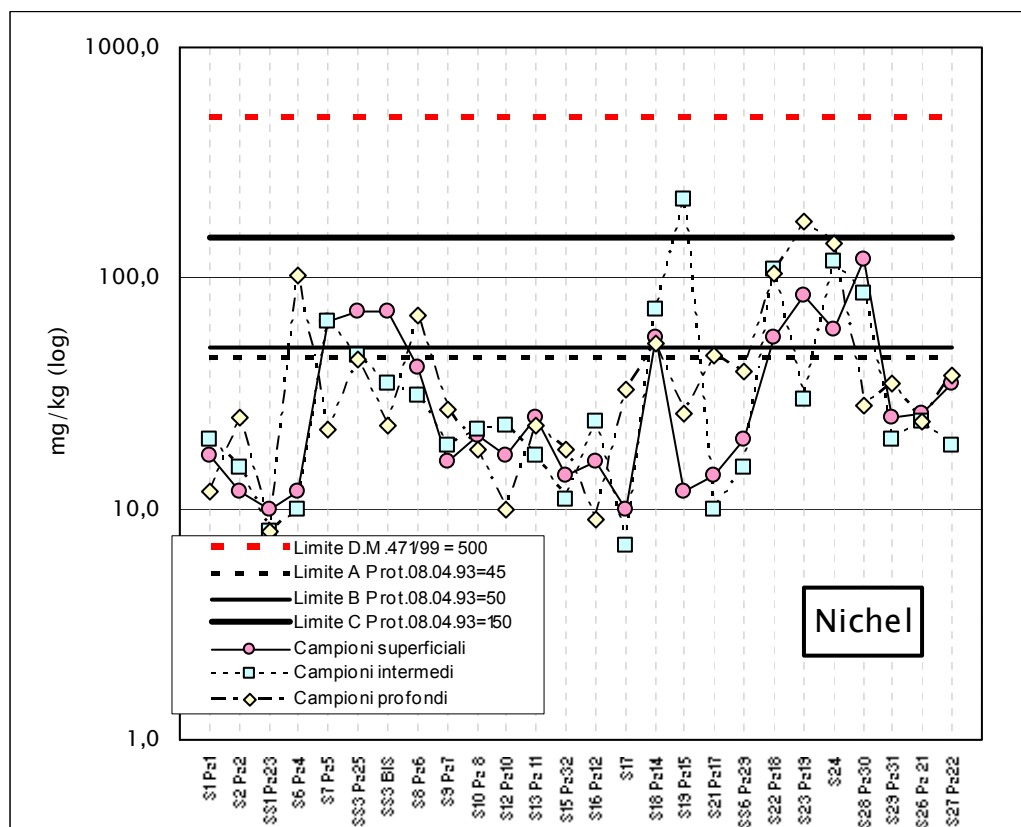


Figura 6.6- Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. "Nichel"

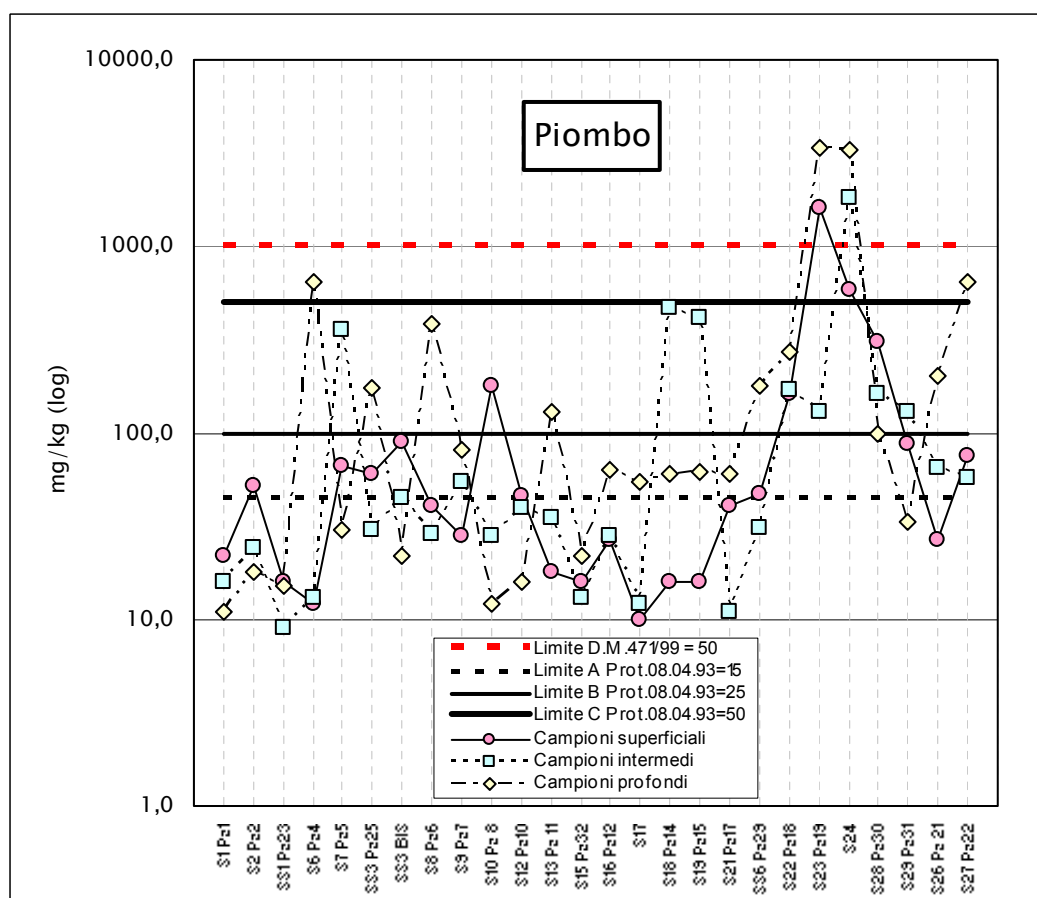


Figura 6.7- Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. "Piombo"

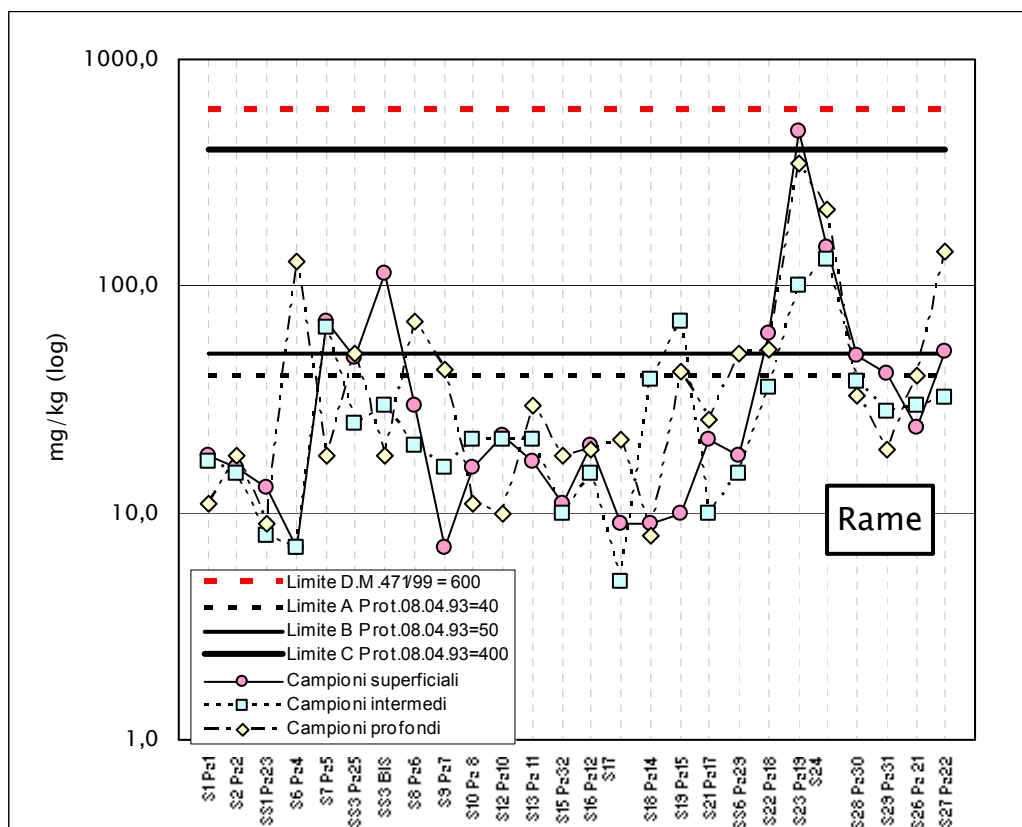


Figura 6.8- Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. “Rame”

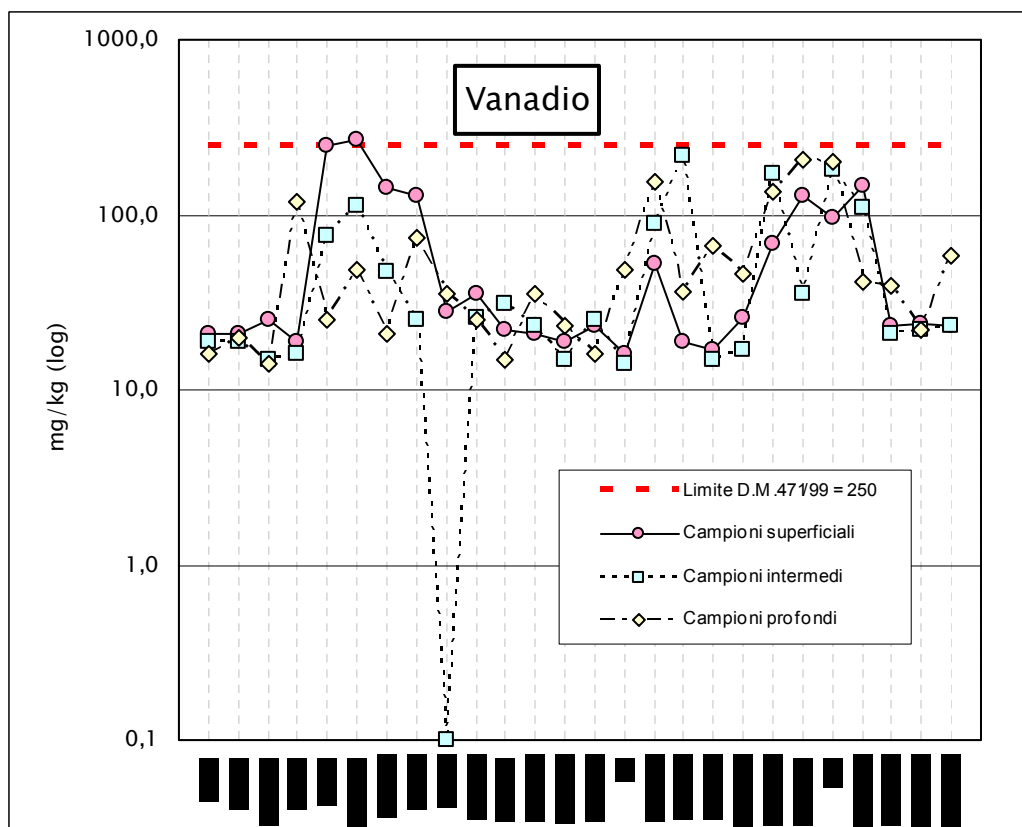


Figura 6.9- Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. “Vanadio”

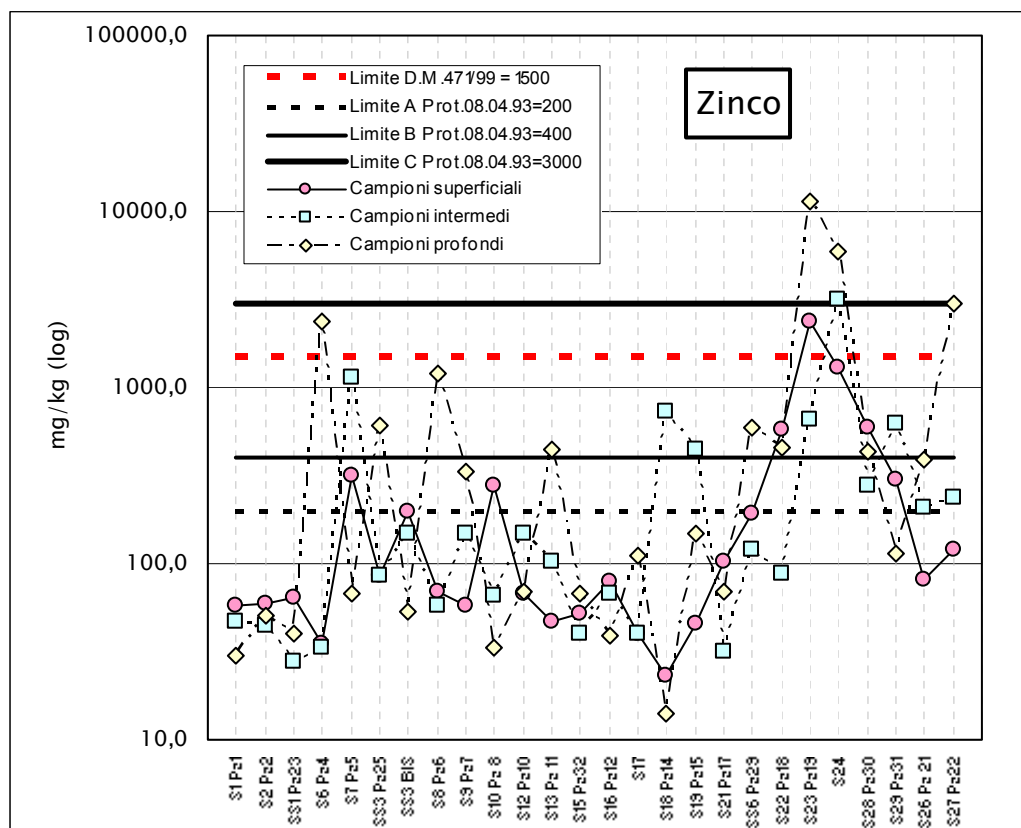


Figura 6.10- Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. “Zinco”

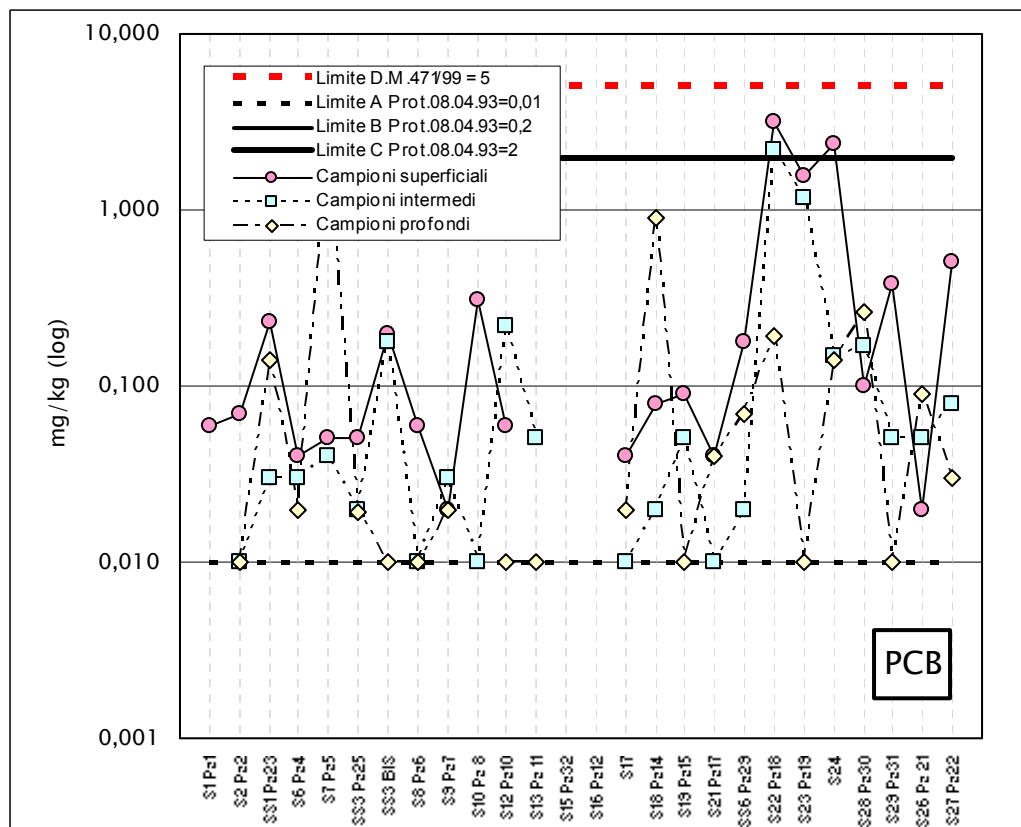


Figura 6.11- Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. “PCB”

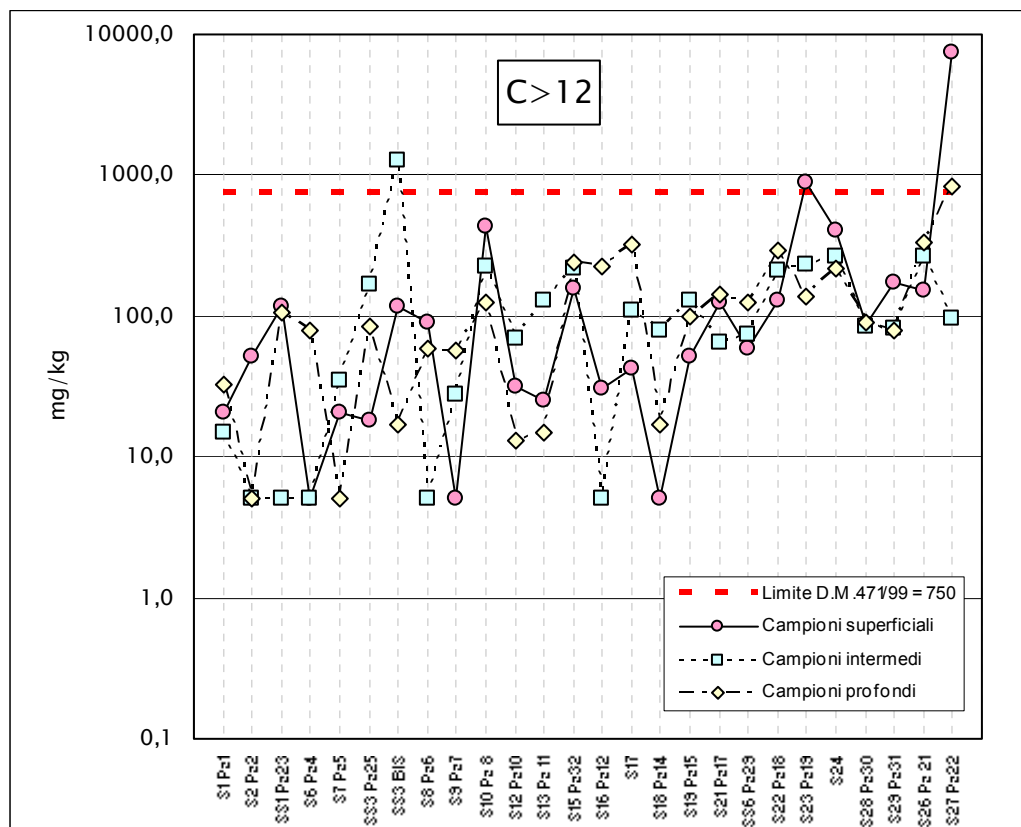


Figura 6.12– Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. “C>12”

In tabella 6.19 si riporta una sintesi dei risultati emersi dalle analisi aggiuntive eseguite sui campioni, con le modalità previste al paragrafo 6.1.

Dalla tabella si nota come i campioni S22Pz18 0.00–1.20 m, S23Pz19 0.05–1.10 m, S24 0.00–0.65 m e S28Pz30 2.00–3.00 m mostrino contenuti in dibenzodiossine e dibenzo furani (PCCD/F) superiori a quelli previsti dalla Colonna B di cui alla Tabella 1 dell’Allegato 1 al D.M. 471/99. Particolarmente rilevante è la contaminazione da queste sostanze in corrispondenza dei campioni più superficiali dei sondaggi S23Pz19 e S24, dove le concentrazioni limite vengono superate rispettivamente di 193 e 41 volte. In corrispondenza degli stessi campioni si osservano, inoltre, le uniche concentrazioni di policloronaftaleni superiori ai limiti di rilevabilità.

Per quanto riguarda gli altri composti si nota solo come le concentrazioni normate vengano superate unicamente per il Bis-(2-Etil) Ftalato nel campione SS3bis 3.00–4.00 m.

Tabella 6.19 – Analisi chimiche sui suoli. Diossine, policloronaftaleni, amianto, organostannici ed esteri dell'acido ftalico

Parametro	PCDD PCDF	Policloro- naftaleni	Parametro	Esteri dell'Acido Ftalico (ognuno)						Amianto	Composti Organostannici			
				Bis-(2-Etil) Ftalato	Butil Benzil Ftalato	Dietil Ftalato	Dimetil Ftalato	Di n-Butil Ftalato	Di n-Octil Ftalato		Mono-Butil Stagno	Di-Butil Stagno	Tri-Butil Stagno	Tetra-Butil Stagno
U.M. (s.s.)	mg/kg	mg/kg	U.M. (s.s.)	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Limite B D.M. 471/99	1,00E-04	:	Limite B D.M. 471/99	60	60	60	60	60	60	1000	:	:	:	:
Campione			Campione											
SS1Pz23 0,00-1,00 m	4,00E-05	<0,1	S6Pz4 3,50-4,00 m	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1000	0,006	0,009	0,006	<0,001
S7Pz5 2,00-3,00 m	< 1,00E-05	<0,1	SS3bis 3,00-4,00 m	82	<1	<1	<1	<1	<1	<1000	0,002	0,005	0,004	<0,001
SS3bis 0,00-3,00 m	< 1,00E-05	<0,1	S23Pz19 0,05-1,10 m	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1000	0,002	0,004	0,006	<0,001
S10Pz8 0,00-2,80 m	< 1,00E-05	<0,1	S23Pz19 2,00-3,50 m	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1000	0,003	0,008	0,006	<0,001
S12Pz10 1,15-2,25 m	3,00E-05	<0,1	S24 0,00-0,65 m	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1000	0,001	0,002	0,004	<0,001
S18Pz14 0,05-0,50 m	< 1,00E-05	<0,1	S24 0,65-2,00 m	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1000	0,001	0,001	0,004	<0,001
SS6Pz29 0,00-1,00 m	5,00E-05	<0,1	S24 2,00-3,40 m	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1000	<0,001	0,001	0,003	<0,001
S22Pz18 0,00-1,20 m	7,80E-04	0,8	S27Pz22 0,05-3,00 m	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1000	0,001	0,003	0,004	<0,001
S23Pz19 0,05-1,10 m	1,93E-02	2,4	S27Pz22 5,40-8,00 m	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1000	0,002	0,003	0,004	<0,001
S24 0,00-0,65 m	4,07E-03	0,6												
S28Pz30 2,00-3,00 m	2,50E-04	<0,1												
S29Pz31 0,00-1,20 m	< 1,00E-05	0,1												
S27Pz22 0,05-3,00 m	1,00E-05	<0,1												

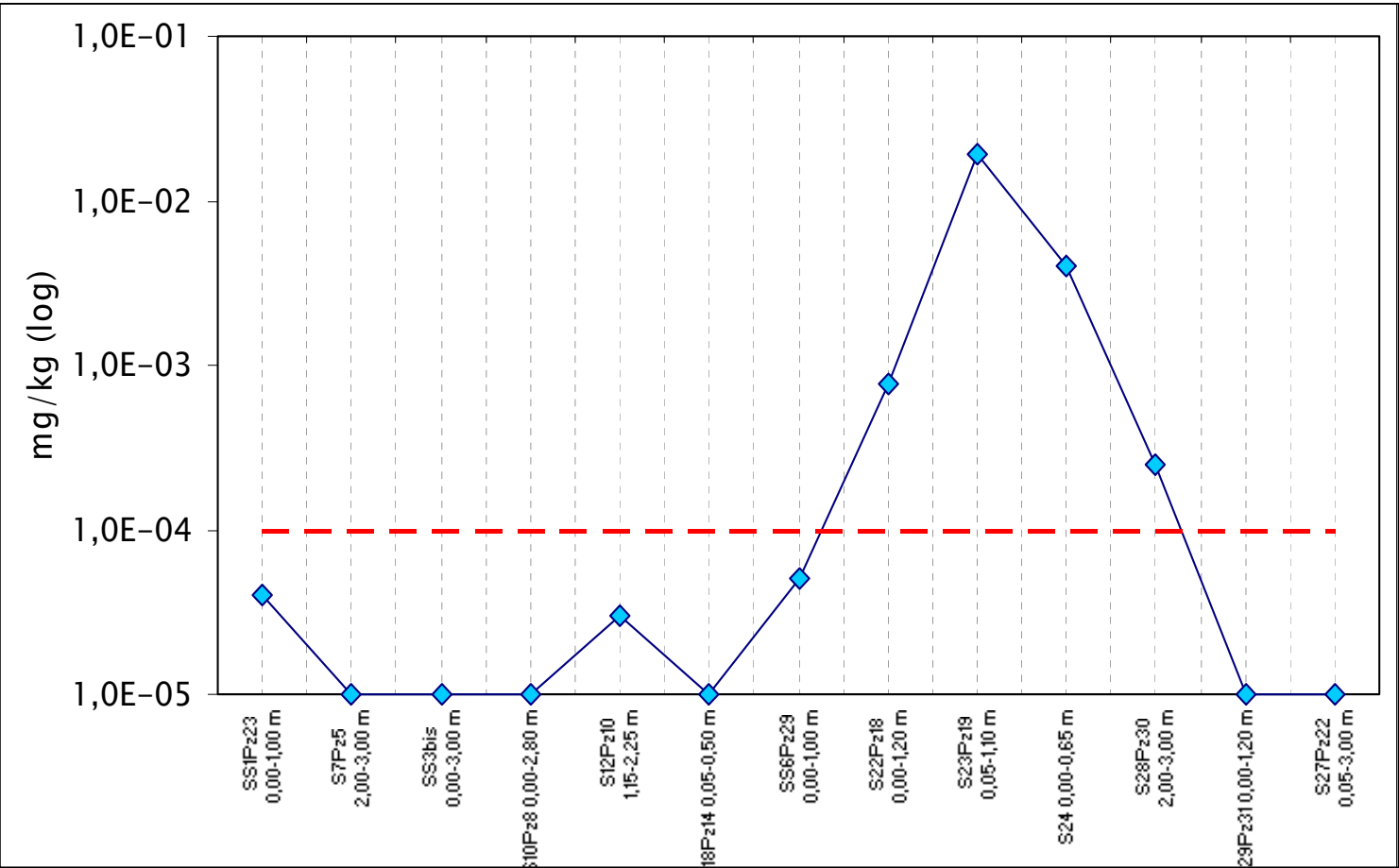


Figura 6.13 – PCDD/F. Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati

Infine in tabella 6.20 si riassumono le risultanze delle analisi chimiche ai sensi della Delibera C.I. 27/07/4 e del D.P.R. 915/82 in attesa delle nuove norme applicative derivanti dal D.Lgs. 22/97.

Dalla tabella si nota come 60 campioni su 78 vadano conferiti a discarica 2B, 9 a discarica 2B Super e 9 a discarica 2C. Va evidenziato, inoltre, che non sembra esserci una correlazione fra la natura del materiale ed il tipo di discarica in cui andrebbe stoccato.

*Tabella 6.20 – Conferimento in discarica*

Sigla sondaggio e piezometro	C.R. medi di terreno per analisi chimiche (m p.c.)		Descrizione litostratigrafica	Tipo di discarica
<b>S1 Pz1</b>	0,00	1,80	Riporto	2B
	1,80	4,00	Caranto in facies tipica	2B
	4,00	6,00	Sabbia	2B
<b>S2 Pz2</b>	0,05	0,80	Riporto	2B
	0,80	1,50	Riporto	2B
	1,50	2,30	Limo argilloso grigio con odore di idocarburi	2B
<b>SS1Pz23</b>	0,00	2,00	Riporto	2C
	2,00	3,00	Sabbia media limosa grigia con rari ciottoli	2B
	3,00	3,55	Sabbia medio-fine limosa grigia	2B
<b>S6 Pz4</b>	0,00	1,00	Riporto	2B
	1,00	2,00	Riporto	2B
	3,50	4,00	Fanghi rossi	2B Super
<b>S7 Pz5</b>	0,50	0,90	Riporto	2B
	1,00	2,00	Fanghi rossi	2B
	2,00	3,00	Limo frammisto a fanghi rossi	2B
<b>SS3 Pz25</b>	0,00	2,90	Riporto nero con masserelle simili a cenere	2B
	2,90	4,50	Sabbia con inclusioni nerastre e fanghi rossi	2B
	4,50	5,50	Fanghi rossi	2B
<b>SS3 BIS</b>	0,00	3,00	Riporto nero con masserelle simili a cenere	2B
	3,00	4,00	Fango nero molle e limo grigio verdastro	2B
	4,00	6,00	Caranto in facies tipica	2B

Tabella 6.20 – Conferimento in discarica. Continua

Sigla sondaggio e piezometro	C.R. medi di terreno per analisi chimiche (m p.c.)		Descrizione litostratigrafica	Tipo di discarica
<b>S8 Pz6</b>	0,00	3,10	Riporto nero con masserelle simili a cenere	2B
	3,10	5,50	Fanghi rossi	2B
	5,50	6,10	Caranto in facies tipica	2B
<b>S9 Pz7</b>	0,50	3,00	Riporto	2B
	3,00	4,50	Fanghi rossi	2B
	4,50	5,00	Fanghi grigi con odore di idrocarburi	2B
<b>S10 Pz8</b>	0,00	2,80	Riporto	2C
	2,80	4,30	Limo sabbioso	2B
	4,30	5,80	Caranto in facies tipica	2B
<b>S12 Pz10</b>	0,00	1,15	Riporto	2B
	1,15	2,25	Riporto bruno-rossastro	2C
	2,25	4,40	Sabbia medio-fine	2B
<b>S13 Pz11</b>	0,00	1,00	Riporto	2B
	1,00	2,00	Limo argilloso grigio intercalato da livelli ocracei e lenti nere	2B
	2,00	3,50	Fanghi rossi	2B
<b>S15 Pz32</b>	0,00	1,00	Riporto con granuli di fango rosso	2B
	1,00	2,60	Riporto con granuli di fango rosso	2B
	2,60	3,25	Riporto con laterizi	2B
<b>S16 Pz12</b>	0,00	1,00	Riporto	2B
	1,00	2,00	Riporto	2B
	2,00	3,00	Riporto	2B
<b>S17</b>	0,00	3,00	Riporto	2B
	3,00	3,30	Sabbia limosa rossastra	2B
	3,30	3,45	Argilla limosa con livelli neri e rossi	2B
<b>S18 Pz14</b>	0,05	0,50	Terreno vegetale e riporto	2B
	0,50	2,10	Riporto	2B
	2,10	2,90	Fanghi rossi e sabbia	2B
<b>S19 Pz15</b>	0,05	1,90	Terreno vegetale e riporto	2B
	1,90	3,50	Fanghi rossi	2B Super
	3,50	4,50	Argilla limosa grigia con odore di idrocarburi	2B
<b>S21 Pz17</b>	0,00	1,00	Sabbia limosa	2B
	1,00	1,90	Riporto	2B
	1,90	4,00	Limo e fanghi rossi	2B

Tabella 6.20 – Conferimento in discarica. Continua

Sigla sondaggio e piezometro	C.R. medi di terreno per analisi chimiche (m p.c.)		Descrizione litostratigrafica	Tipo di discarica
<b>SS6 Pz29</b>	0,00	1,00	Riporto	2C
	1,00	1,60	Riporto	2B
	1,60	3,00	Sabbia limosa grigio-nocciola	2B Super
<b>S22 Pz18</b>	0,00	1,20	Fanghi rossi	2C
	1,20	2,00	Fanghi rossi	2B
	2,00	3,60	Fanghi rossi	2B Super
<b>S23 Pz19</b>	0,05	1,10	Riporto	2C
	1,10	2,00	Riporto	2B
	2,00	3,50	Fanghi rossi	2B
<b>S24</b>	0,00	0,65	Riporto	2C
	0,65	2,00	Fanghi rossi	2B
	2,00	3,40	Fanghi rossi	2B
<b>S28 Pz30</b>	0,00	1,00	Riporto	2B Super
	1,00	2,00	Riporto	2B Super
	2,00	3,00	Riporto	2C
<b>S29 Pz31</b>	0,00	1,20	Riporto	2B Super
	1,20	4,00	Riporto	2B Super
	4,00	6,00	Riporto con odore di idrocarburi	2B
<b>S26 Pz21</b>	0,00	1,50	Riporto	2B
	1,50	2,00	Argille con odore di idrocarburi e sabbia fine ocra	2B
	3,00	4,05	Argille con odore di idrocarburi	2B Super
<b>S27 Pz22</b>	0,05	3,00	Riporto	2C
	3,00	5,40	Riporto e limo sabbioso	2B
	5,40	8,00	Fanghi rossi e fanghi neri intrisi di idrocarburi	2B

Supponendo di suddividere la sponda sud del Canale Industriale Sud in tre intervalli, corrispondenti rispettivamente alla darsena che si sviluppa nella sua porzione terminale in direzione SW-NE, in un primo tratto dall'Area 43 ha in direzione SW-NE fino alla zona in concessione all'AMAV ed in un secondo tratto con direzione NW-SE fino all'intersezione con il Canale S. Leonardo-Marghera, è inoltre possibile aggiungere alcune altre importanti

considerazioni. Infatti, come già emerso discutendo il quadro normativo, si nota una marcata contaminazione da metalli pesanti, ed in particolare da cadmio, piombo e zinco e subordinatamente da arsenico, antimonio, nichel e cromo nei terreni dei sondaggi prelevati in corrispondenza delle aree demaniali in concessione ad Edison Termoelettrica ed al Depuratore di Fusina. Confrontando questa risultanza con la tabella 6.17, dove si riporta la descrizione litostratigrafia dei singoli campioni analizzati dal punto di vista chimico, si nota come in corrispondenza di questo tratto della sponda sud del Canale Industriale Sud si assista alla maggiore presenza di risultanze di scarico di tipo industriale ed in particolare di fanghi rossi. Questi ultimi mostrano anomali ed accentuati arricchimenti in cadmio, legati ai residui di lavorazione della bauxite, ed in piombo e zinco, connessi ai residui di lavorazione di blende. Infatti, in altri tipi di terreni queste tre specie metalliche non superano mai le concentrazioni limite fissate dalla colonna B di cui all'Allegato 1 del D.M. 471/99 e dalla colonna C di cui alla Tabella 1 del Protocollo 8/4/93. Nei medesimi campioni si osservano anche i massimi contenuti in dibenzodiossine e dibenzofurani (PCCD/F) rilevati e dalla tabella 6.20 si evince il conferimento di questi materiali preferenzialmente in discariche di tipo 2B Super e 2C.

In casi isolati, sia in terreni di riporto eterogenei sia in fanghi rossi, è stata osservata una pesante contaminazione da composti organici ed in particolar modo da idrocarburi leggeri ( $C < 12$ ) e da policlorobifenili (PCB). Ciò non di meno le concentrazioni con cui sono rinvenuti i PCB testimoniano un arricchimento di origine antropogenica nei terreni di tutta la sponda sud del Canale Industriale Sud. Al contrario i pesticidi organoclorurati, seppur con concentrazioni sempre conformi ai limiti legislativi previsti dalla colonna B del D.M. 471/99 e solo occasionalmente superiori a quelle stabilite dalla colonna B della Tabella 1 di cui al Protocollo

8/4/93, indicano situazioni di contaminazione localizzate principalmente lungo le sponde della darsena e nel primo tratto di sponda del Canale Industriale Sud.

Il significativo arricchimento in cloruro di vinile delle sabbie del livello S1Pz1 da 4.00 a 6.00 m dal p.c. rappresenta un caso del tutto isolato.

### 6.2.2 Analisi chimiche sulle acque

Nel corso delle indagini sono stati prelevati ventitrè campioni d'acqua (tabella 6.2) sui quali eseguire le analisi chimiche elencate nel paragrafo introduttivo. Come specificato nella tabella 6.21, dei ventitrè campioni prelevati, quattro sono riferibili alla falda superficiale, otto alla prima falda ed undici alla seconda falda. Nella stessa tabella è inoltre indicato, per ciascuna sostanza, il numero di campioni che presentano concentrazioni eccedenti il valore limite accettabile per le acque sotterranee di cui all'Allegato 1 del D.M. 471/99, specificando inoltre a quale falda esso è attribuito (cfr. figure 6.14–6.46). I dati chimici completi sono riportati nelle tabelle allegate a fine capitolo (6.24–6.34).

*Tabella 6.21 – Analisi chimiche sulle acque. Sostanze eccedenti le concentrazioni previste i limiti del D.M. 471/99 nelle tre falde indagate.*

Sostanza che supera il limite del D.M. 471/99	Sigla campioni	Numero Campioni	Falda sup.	1ª Falda	2ª Falda
<b>COMPOSTI INORGANICI</b>					
Fluoruri	S18Pz14	1/23	1/5	0/7	0/11
Solfati	S1Pz1, SS2Pz24, SS3Pz25, S9Pz7, S12Pz10, S14Pz18, S30Pz33, S22Pz18, S23Pz19, S29Pz31, S26Pz21	11/23	3/5	6/7	2/11
Alluminio	S15Pz32, S18Pz14	2/23	1/5	1/7	0/11
Argento	S9Pz7, S14Pz28, S30Pz33, S22Pz18, S23Pz19, S29Pz31, S26Pz21	7/23	1/5	4/7	2/11
Arsenico	S1Pz1, SS2Pz24, S5Pz3, S7Pz5, SS3Pz25, S19Pz15, S22Pz18	7/23	1/5	3/7	3/11
Boro	S22Pz18, S23Pz19	2/23	0/5	1/7	1/11
Ferro	S1Pz1, S2Pz2, SS2Pz24, S5Pz3, S6Pz4, S7Pz5, S8Pz6, S12Pz10, S15Pz32, S16Pz12, S21Pz17, S23Pz19, S29Pz31, S26Pz21	14/23	1/5	5/7	8/11
Manganese	S1Pz1, S2Pz2, SS2Pz24, S5Pz3, S6Pz4, S7Pz5, SS3Pz25, S8Pz6, S9Pz7, S12Pz10, S13Pz11, S14Pz18, S15Pz32, S16Pz12, S18Pz14, S30Pz33, S19Pz15, S21Pz17, S22Pz18, S23Pz19, S29Pz31, S26Pz21, S27Pz22	23/23	5/5	7/7	11/11
Nichel	S12Pz10, S13Pz11, S14Pz18, S15Pz32, S30Pz33, S19Pz15, S23Pz19, S29Pz31, S26Pz21	9/23	2/5	4/7	3/11
Piombo	S1Pz1, S6Pz4, S7Pz5, S8Pz6, S9Pz7, S12Pz10, S14Pz18, S30Pz33, S29Pz31, S26Pz21, S27Pz22	11/23	3/5	4/7	4/11

**Tabella 6.21 – Analisi chimiche sulle acque. Sostanze eccedenti le concentrazioni previste i limiti del D.M. 471/99 nelle tre falde indagate. Continua**

Sostanza che supera il limite del D.M. 471/99	Sigla campioni	Numero Campioni	Falda sup.	1ª Falda	2ª Falda
Tallio	S21Pz17, S23Pz19	2/23	0/5	0/7	2/11
<b>COMPOSTI ORGANICI</b>					
<b>Idrocarburi Aromatici</b>					
Benzene	S1Pz1, S2Pz2, SS3Pz25	3/23	1/5	1/7	1/11
<b>Idrocarburi Policiclici Aromatici (più tossici)</b>					
Benzo(a)pirene	SS3Pz25, S12Pz10	2/23	2/5	0/7	0/11
Benzo(ghi)perilene	S12Pz10	1/23	1/5	0/7	0/11
Dibenzo(ah)antracene	S12Pz10	1/23	1/5	0/7	0/11
Sommatoria IPA più tossici	S12Pz10	1/23	1/5	0/7	0/11
<b>Alifatici clorurati cancerogeni</b>					
Triclorometano	S1Pz1, S12Pz10, S178Pz14	3/23	2/5	1/7	0/11
Cloruro di vinile	S1Pz1, S2Pz2, S5Pz3, S6Pz4, S8Pz6, S9Pz7	6/23	0/5	1/7	5/11
1,2-dicloroetano	S1Pz1, SS2Pz24, S5Pz3, S6Pz4, S7Pz5	5/23	0/5	2/7	3/11
1,1-dicloroetilene	S1Pz1, S2Pz2, SS2Pz24, S5Pz3, S6Pz4, S7Pz5, S8Pz6, S9Pz7	8/23	0/5	2/7	6/11
1,2-dicloropropano	S1Pz1	1/23	0/5	1/7	0/11
1,1,2-tricloroetano	S1Pz1, S2Pz2, SS2Pz24, S5Pz3, S6Pz4, S7Pz5, S8Pz6, S9Pz7, S27Pz22	9/23	1/5	2/7	6/11
Tricloroetilene	S1Pz1, S2Pz2, SS2Pz24, S5Pz3, S6Pz4, S9Pz7	6/23	0/5	2/7	4/11
1,1,2,2-tetracloroetano	S1Pz1	1/23	0/5	1/7	0/11
Tetracloroetilene	S1Pz1, S2Pz2, SS2Pz24, S7Pz4, S8Pz6	5/23	0/5	2/7	3/11
Sommatoria Organoalogenati	S1Pz1, S2Pz2, SS2Pz24, S5Pz3, S6Pz4, S7Pz5, S8Pz6, S9Pz7	8/23	0/5	2/7	6/11
<b>Alifatici clorurati non cancerogeni</b>					
1,1-dicloroetano	S2Pz2	1/23	0/5	0/7	1/11
1,2-dicloroetilene	S1Pz1	1/23	0/5	1/7	0/11
<b>Alifatici alogenati cancerogeni</b>					
Dibromoclorometano	S12Pz10, S18Pz14	2/23	2/5	0/7	0/11
Bromodichlorometano	S12Pz10, S18Pz14	2/23	2/5	0/7	0/11
<b>Clorobenezeni</b>					
Monoclorobenzene	S1Pz1, S2Pz2	2/23	0/5	1/7	1/11
Diclorobenezeni cancerogeni (1,4-diclorobenzene)	S1Pz1	1/23	0/5	1/7	0/11
Pentaclorobenzene	S1Pz1, S12Pz10	2/23	1/5	1/7	0/11

In tabella 6.22 si riporta invece l'elenco dei campioni analizzati, suddivisi per tipologia di falda indagata, e, per ciascuno di essi, il numero e l'elenco delle sostanze con concentrazioni eccedenti i limiti tabellari. E' inoltre indicata la distribuzione percentuale dei composti inorganici e di quelli organici presenti in ciascun campione.

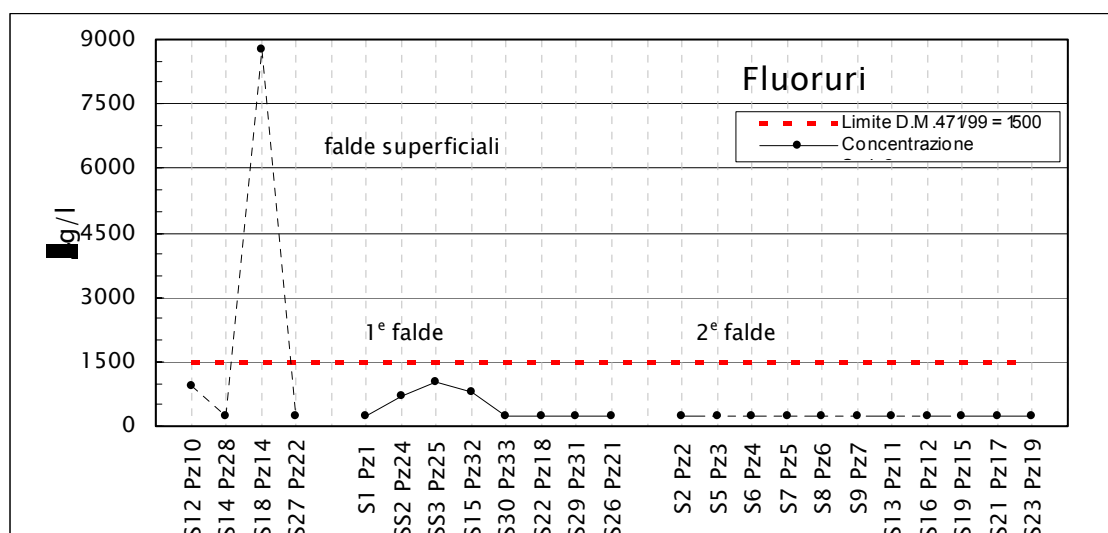


Figura 6.14 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. “Fluoruri”

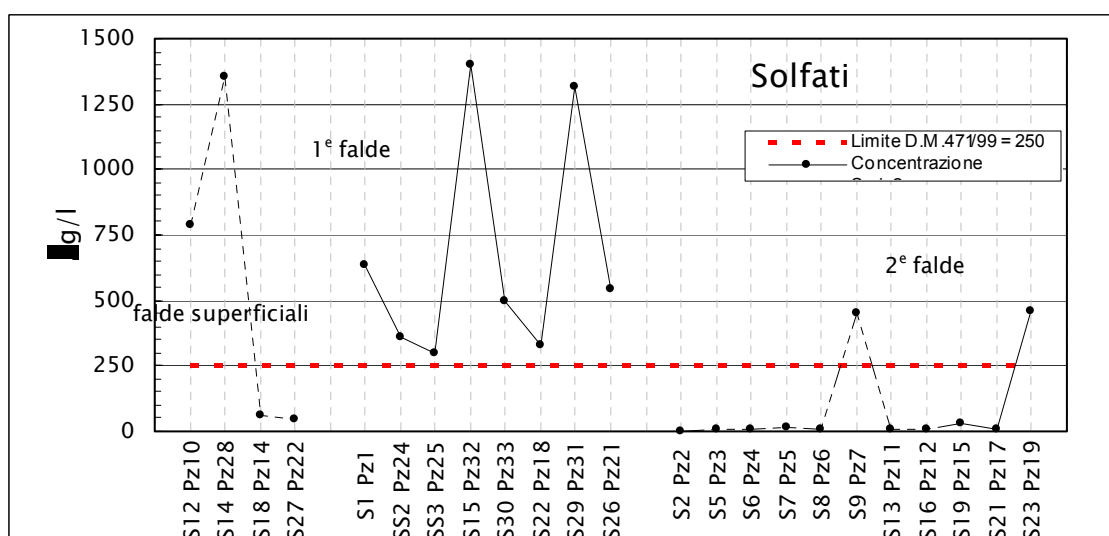


Figura 6.15 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. “Solfati”

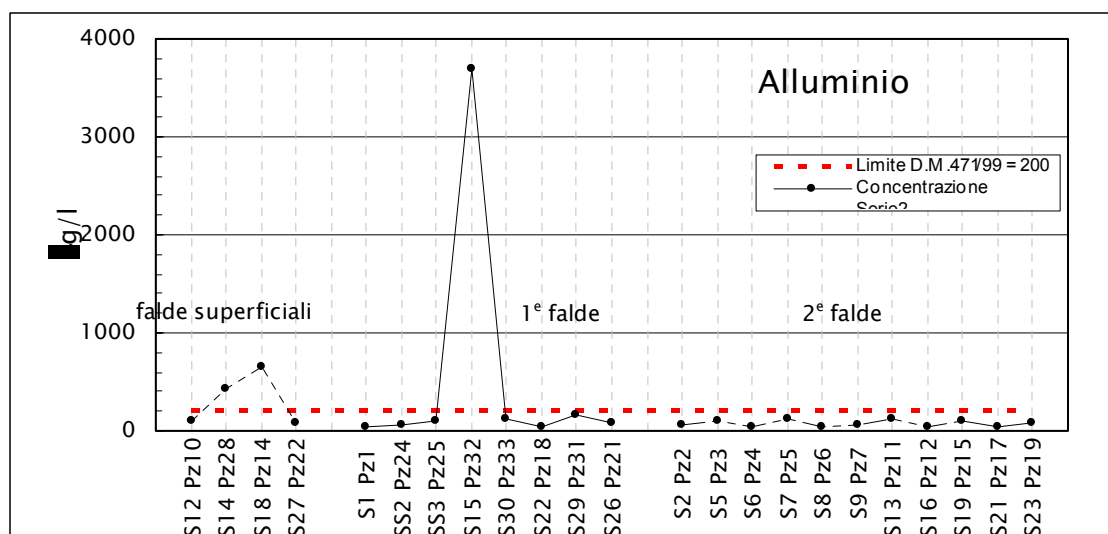


Figura 6.16 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. “Alluminio”

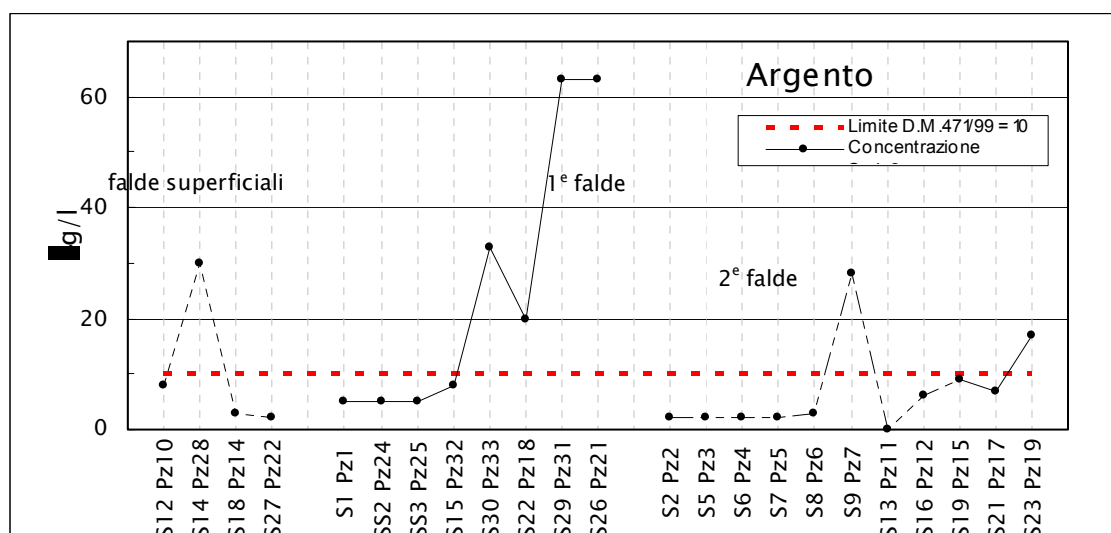


Figura 6.17 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. “Argento”

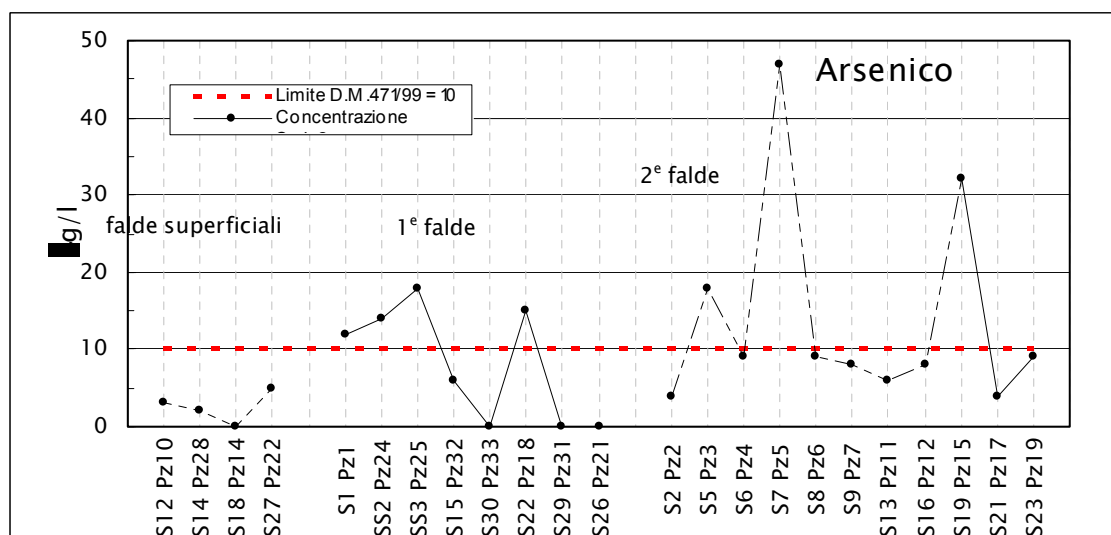


Figura 6.18 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. “Arsenico”

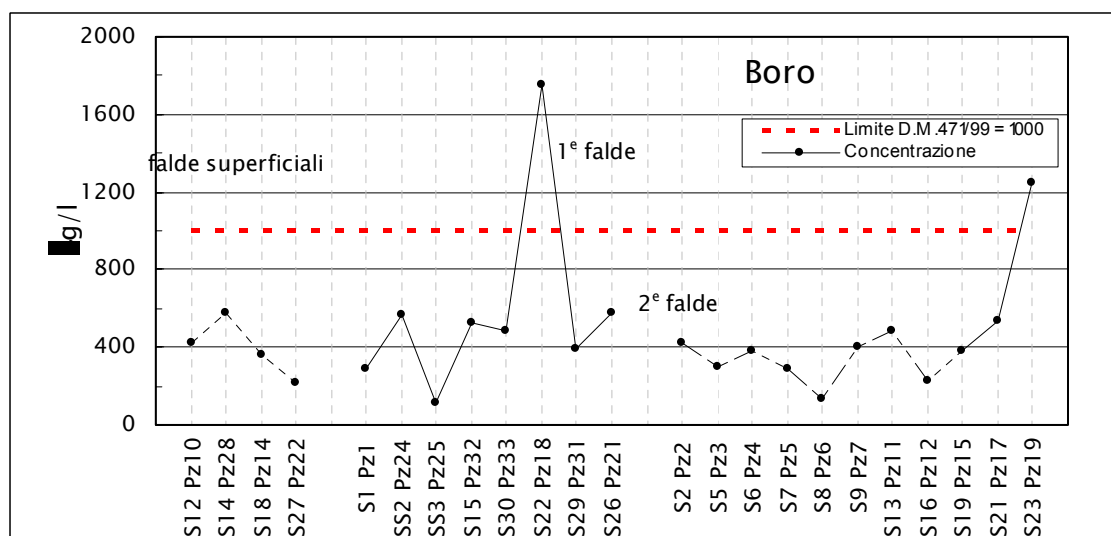


Figura 6.19 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. “Boro”

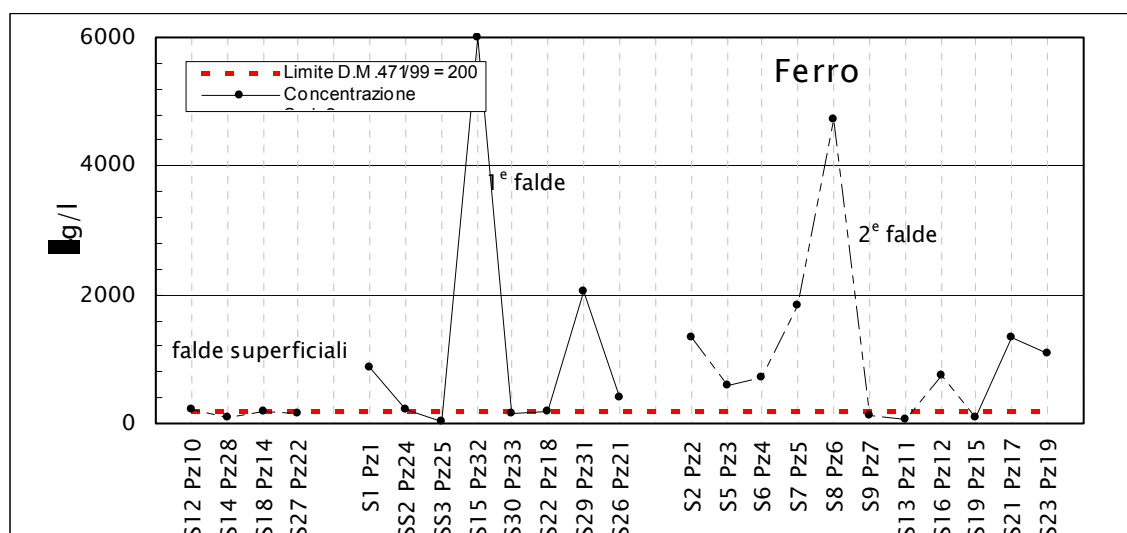


Figura 6.20 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. “Ferro”

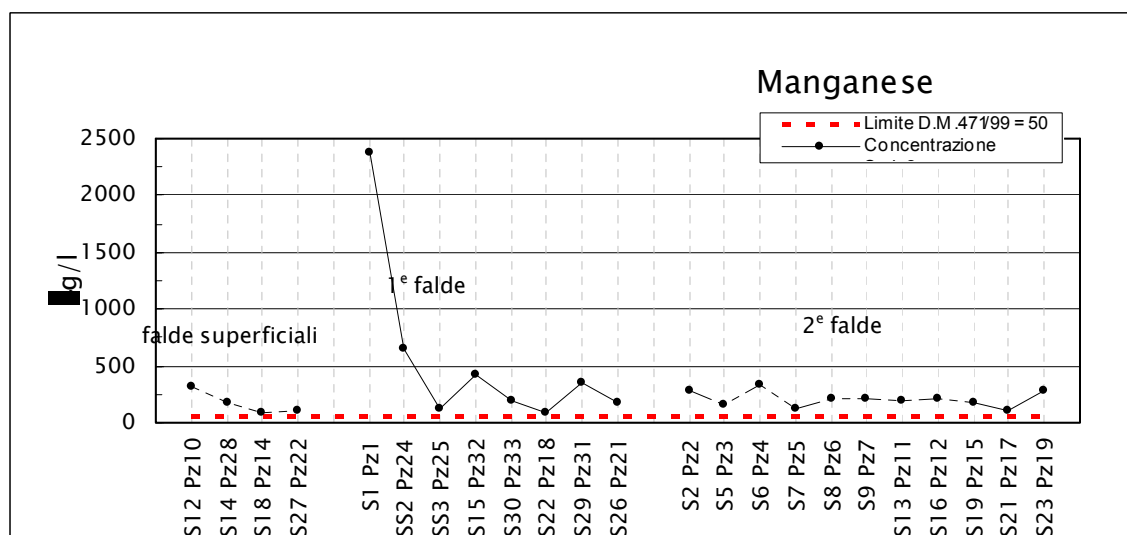


Figura 6.21 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. “Manganese”

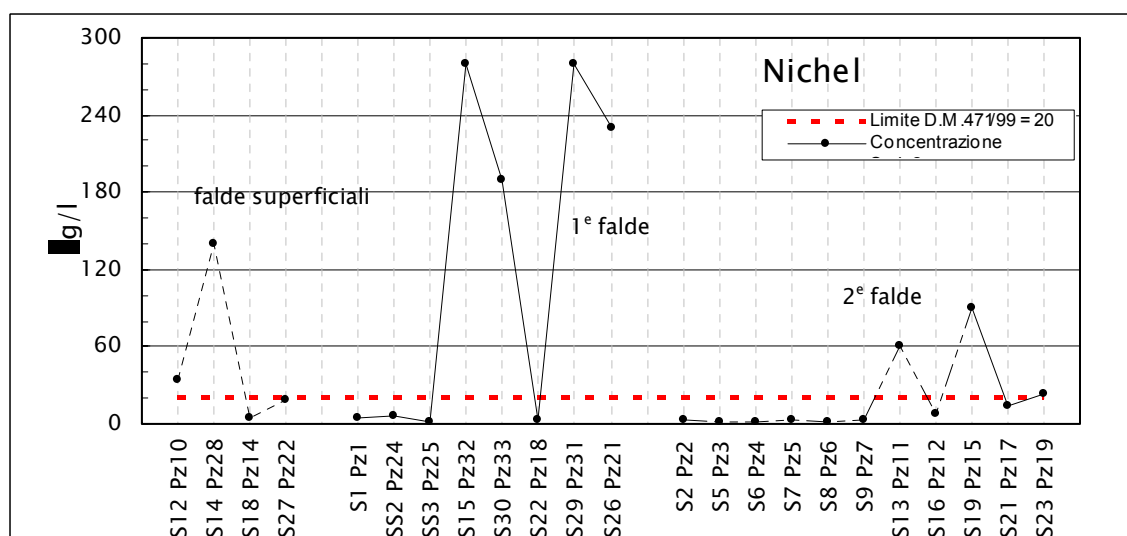


Figura 6.22 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. “Nichel”

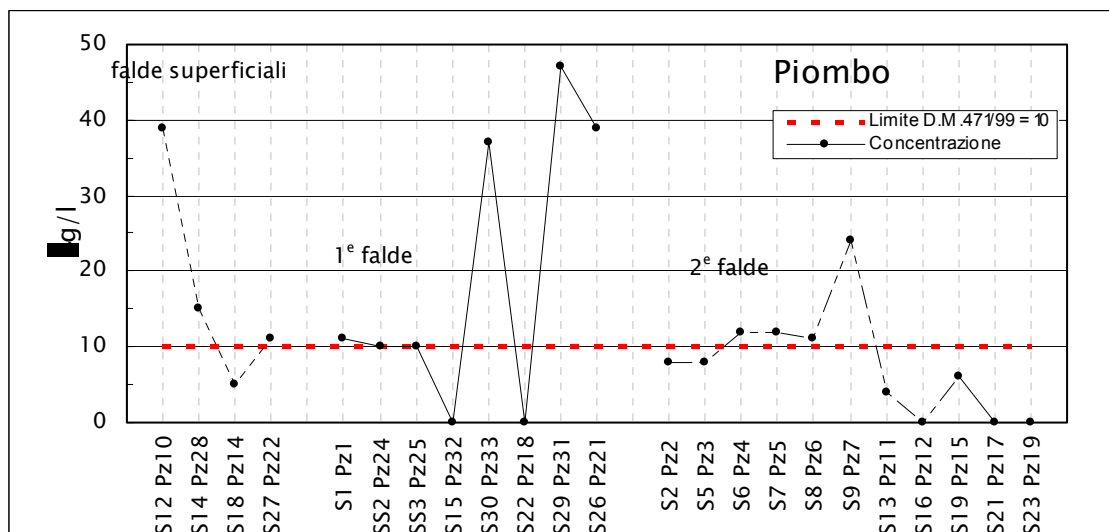


Figura 6.23 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. “Piombo”

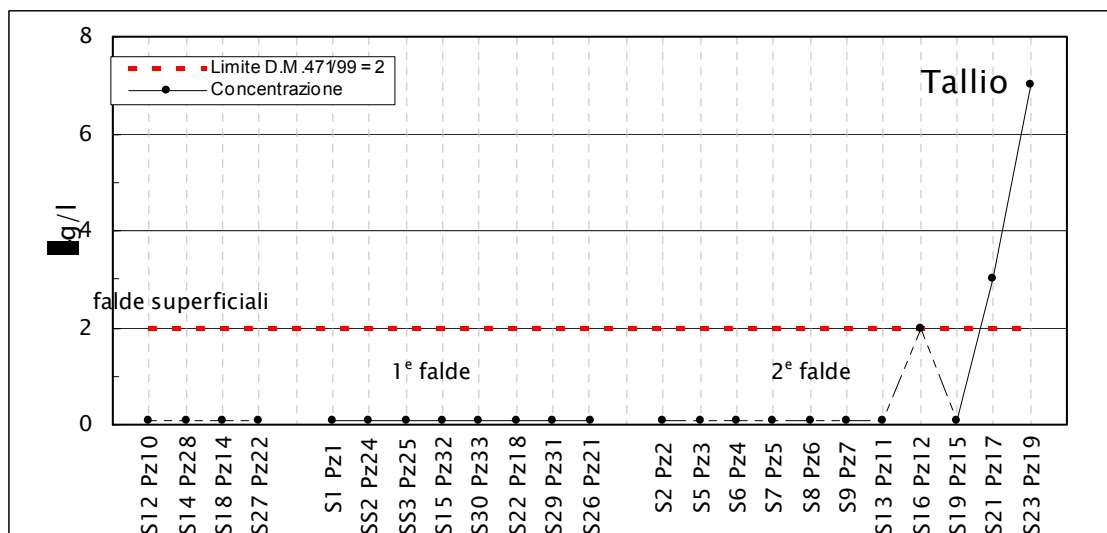


Figura 6.24 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. “Tallio”

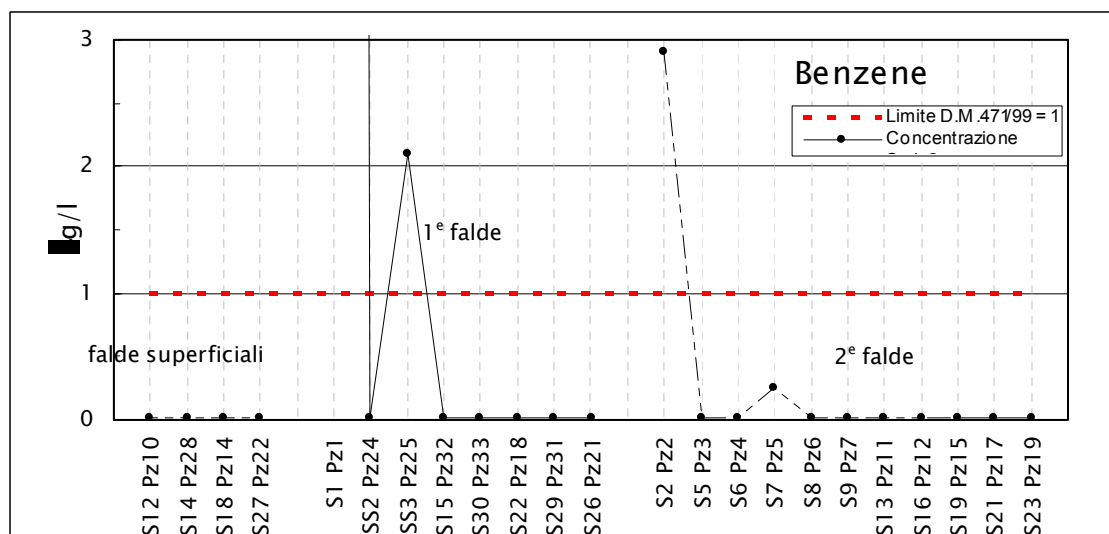


Figura 6.25 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. “Benzene”

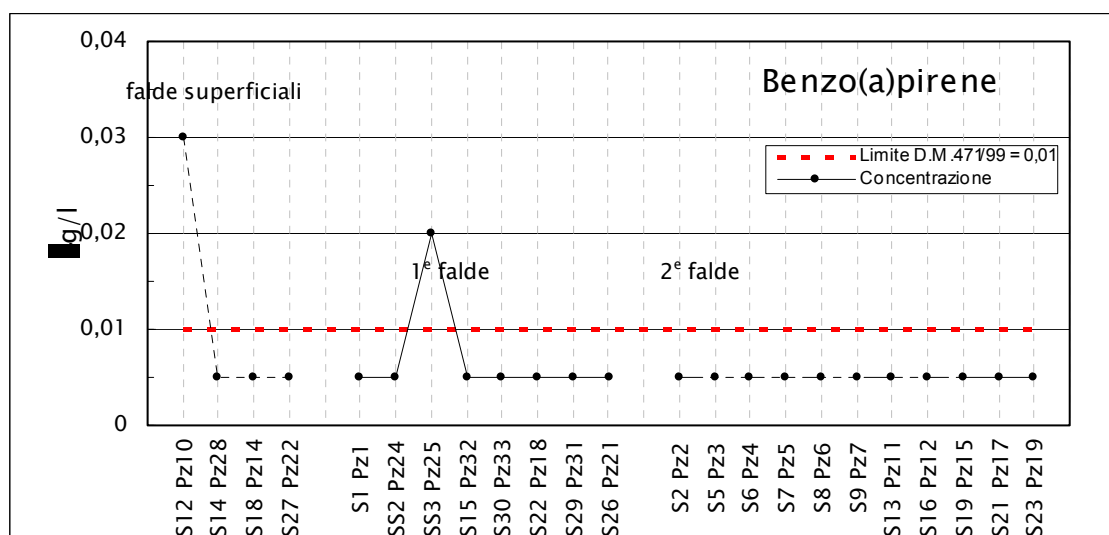


Figura 6.26 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. “Benzo (a) pirene”

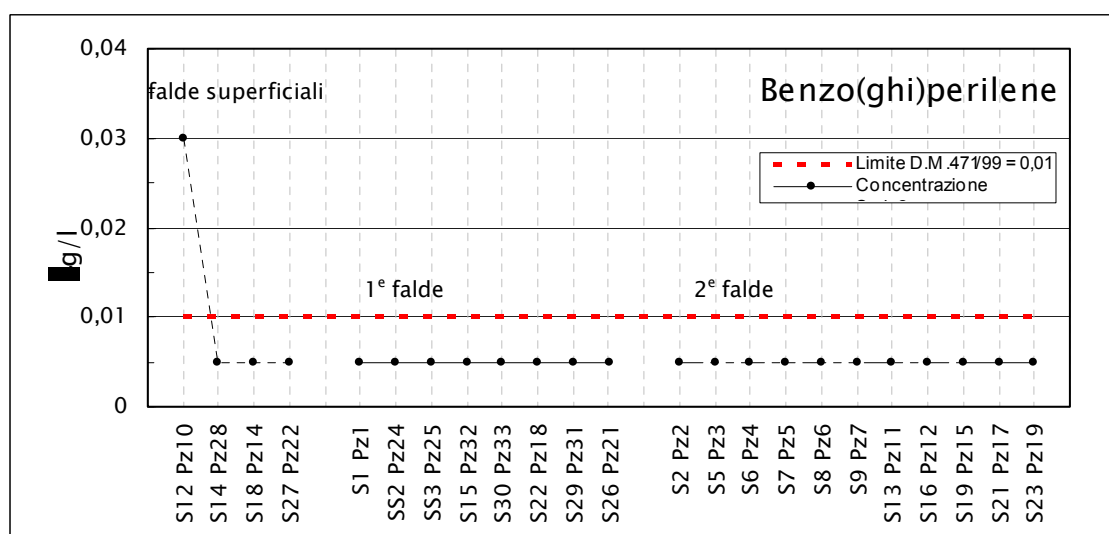


Figura 6.27 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. “Benzo (ghi) perilene”

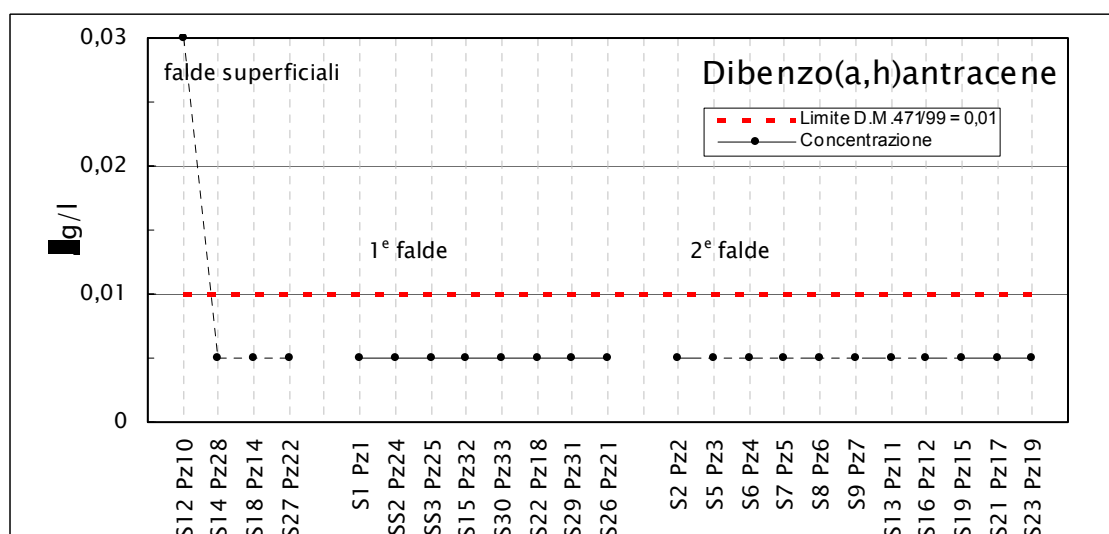


Figura 6.28 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. “Dibenzo (ah) antracene”

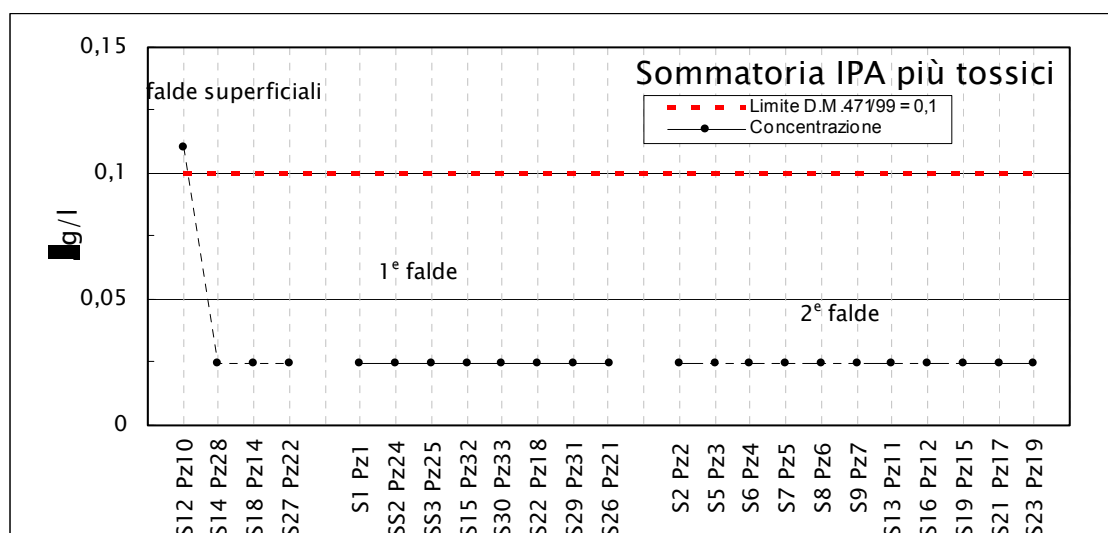


Figura 6.29 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. “Sommatoria IPA più tossici”

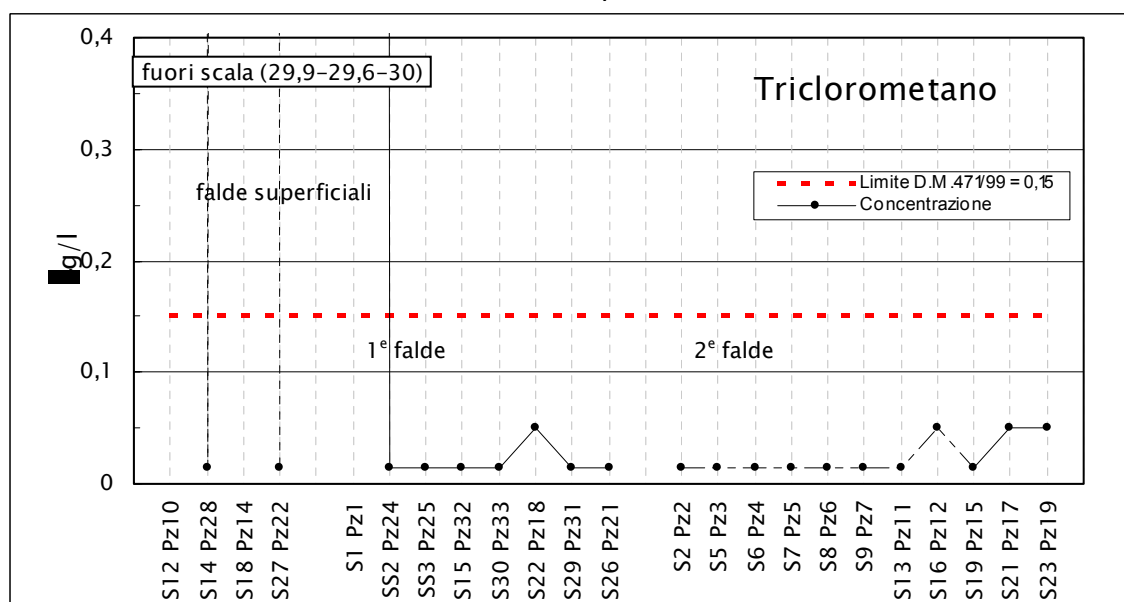


Figura 6.30 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. “Triclorometano”

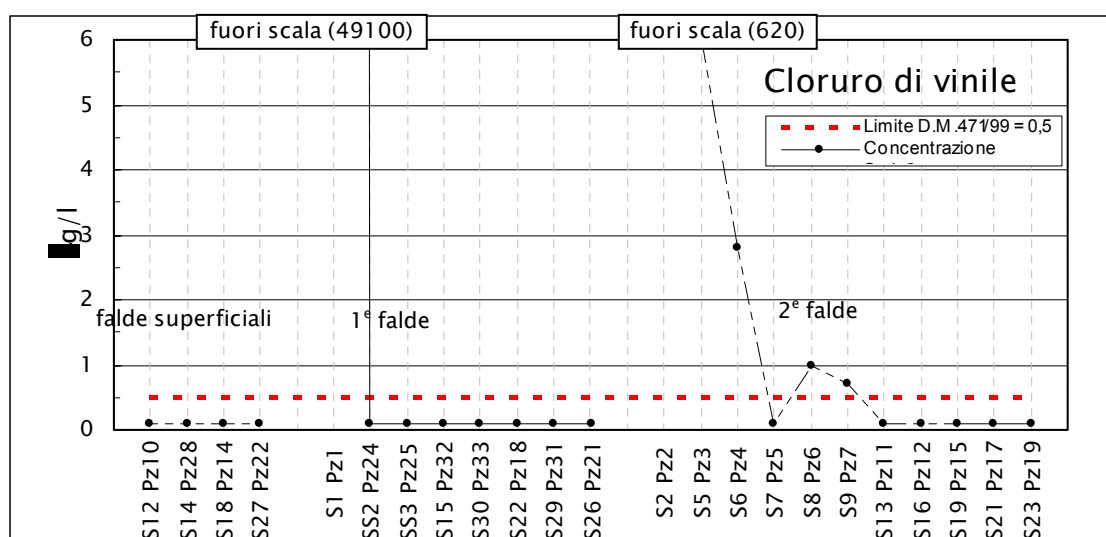


Figura 6.31 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. “Cloruro di vinile”

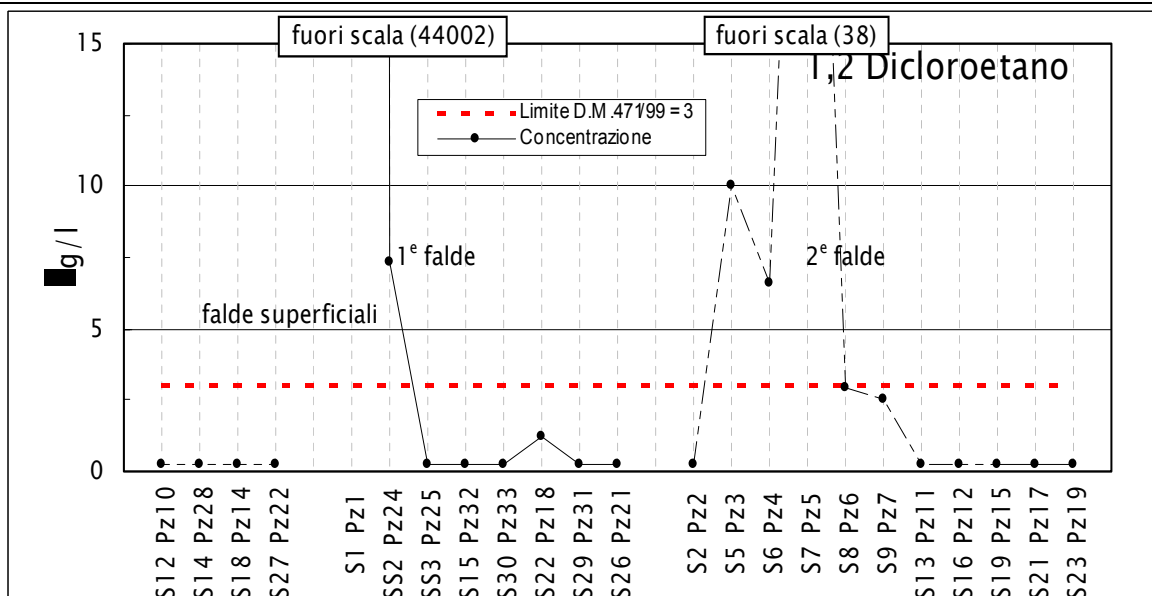


Figura 6.32 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati.  
“1, 2 dicloroetano”

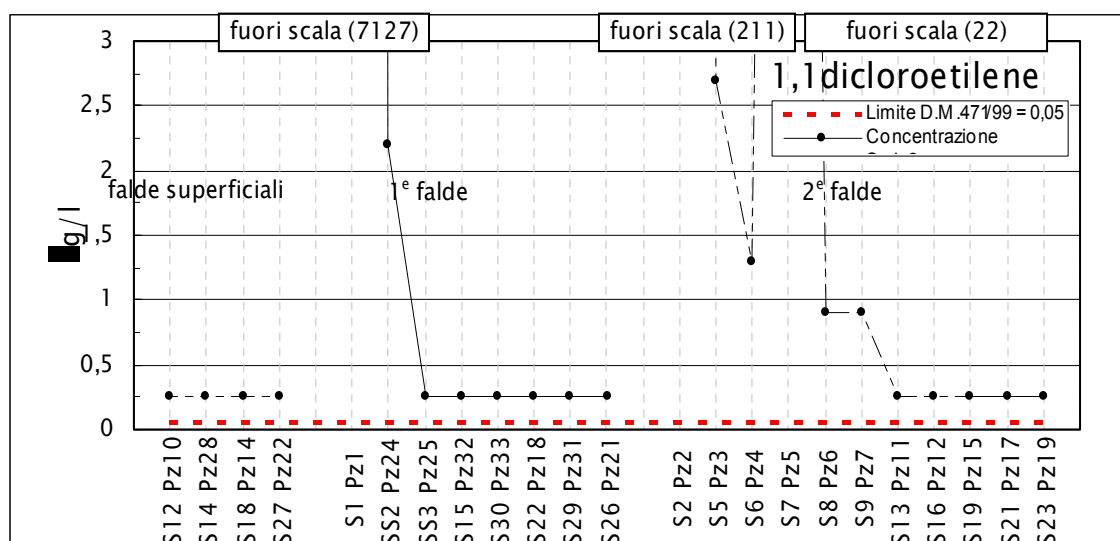


Figura 6.33 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati.  
“1, 1 dicloroetilene”

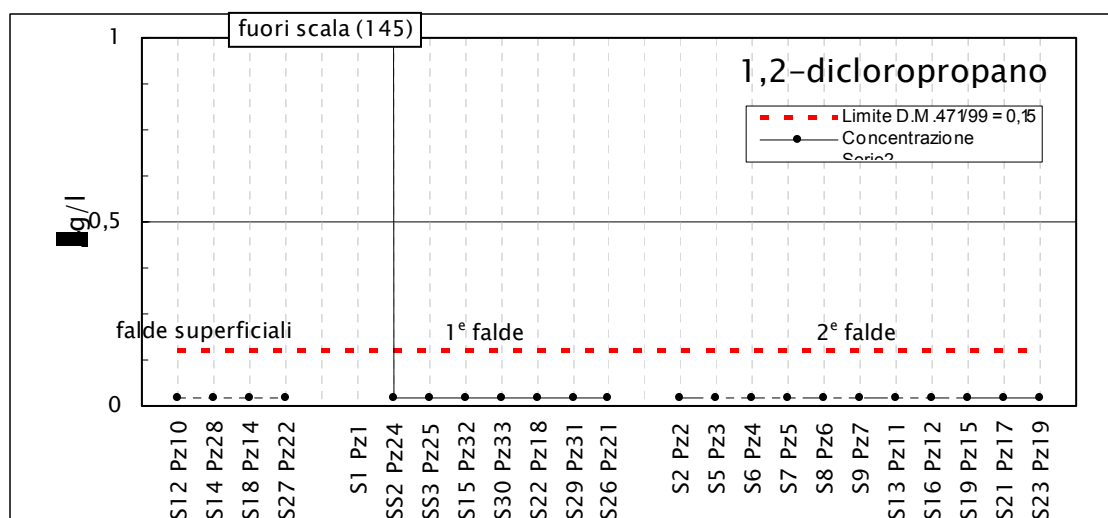


Figura 6.34 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati.  
“1, 2 dicloropropano”

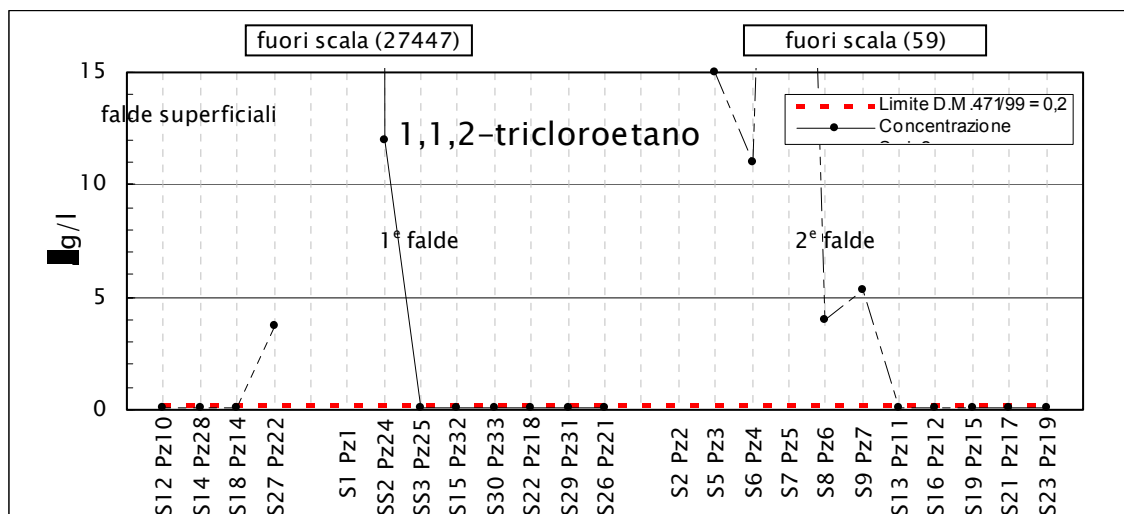


Figura 6.35 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati.  
“1, 1, 2 tricloroetano”

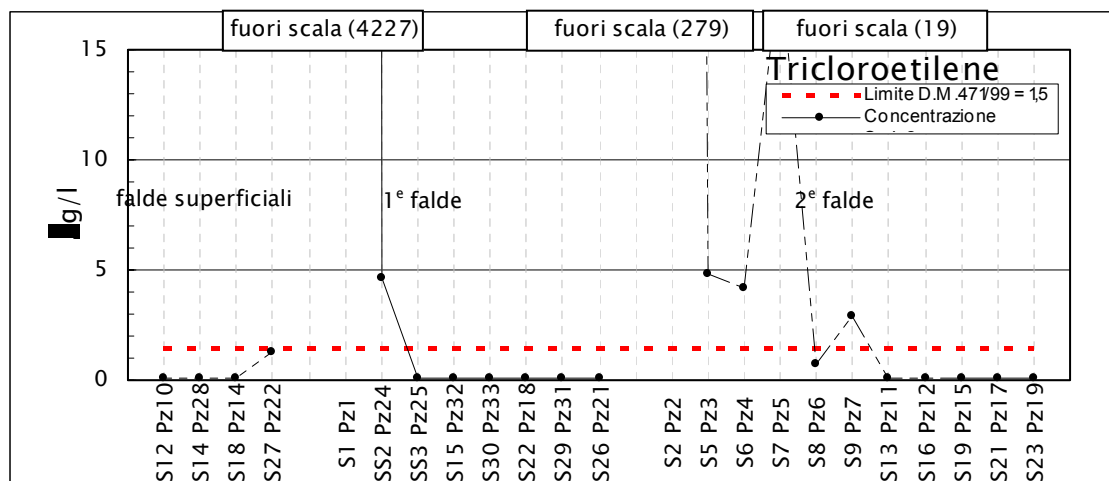


Figura 6.36 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati.  
“1, 1, 2 tricloroetilene”

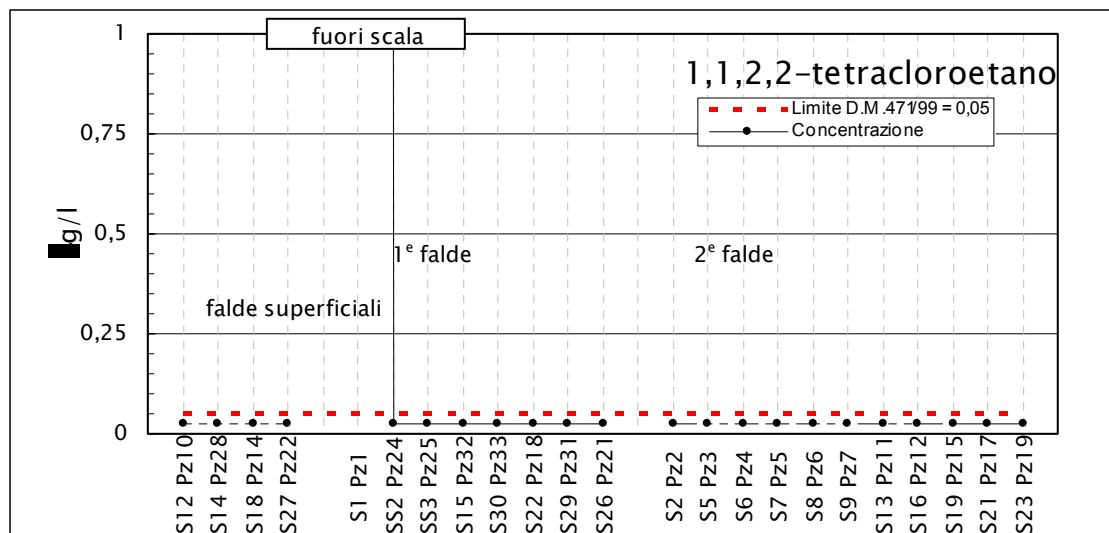


Figura 6.37 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati.  
“1, 1, 2 tricloroetilene”

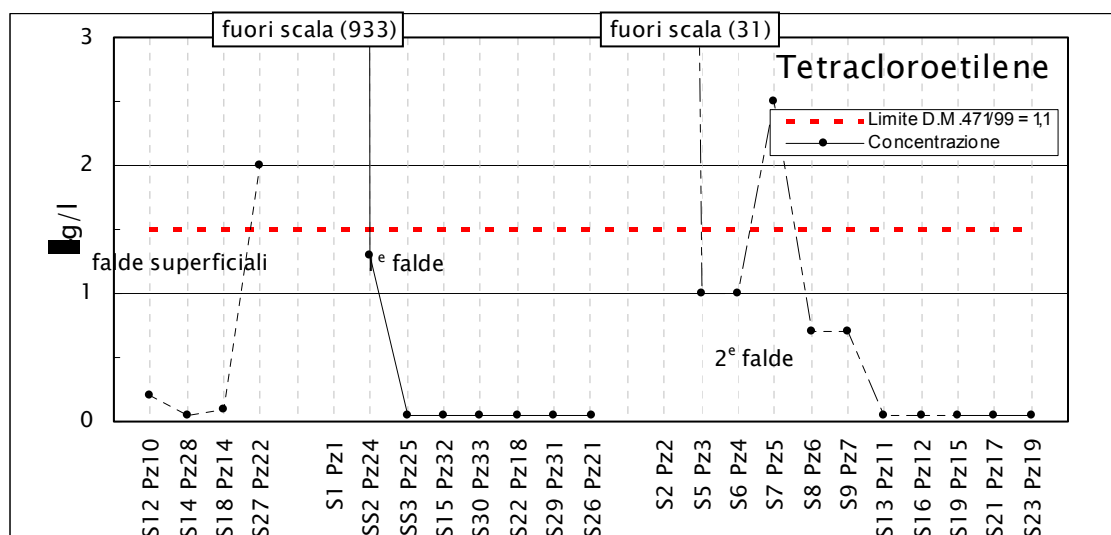


Figura 6.38 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati.  
“Tetrachloroetilene”

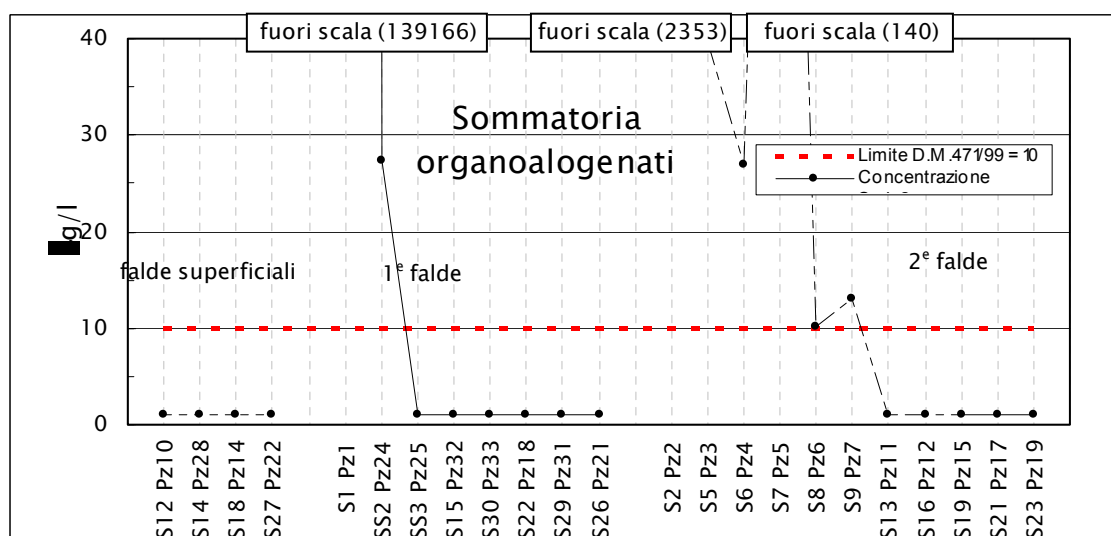


Figura 6.39 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati.  
“Sommatomia organoalogenati”

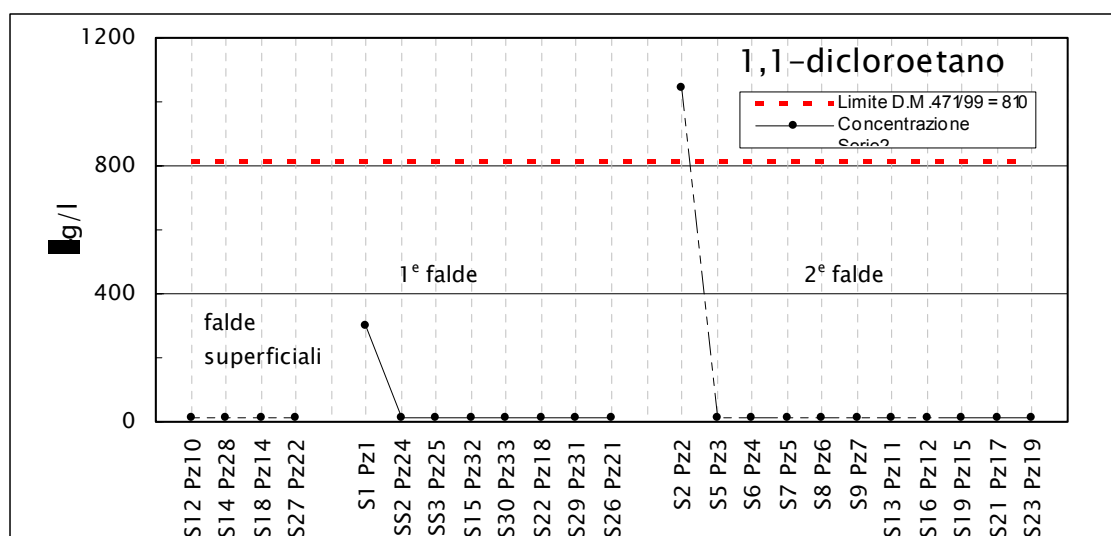


Figura 6.40 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati.  
“1,1 dicloroetano”

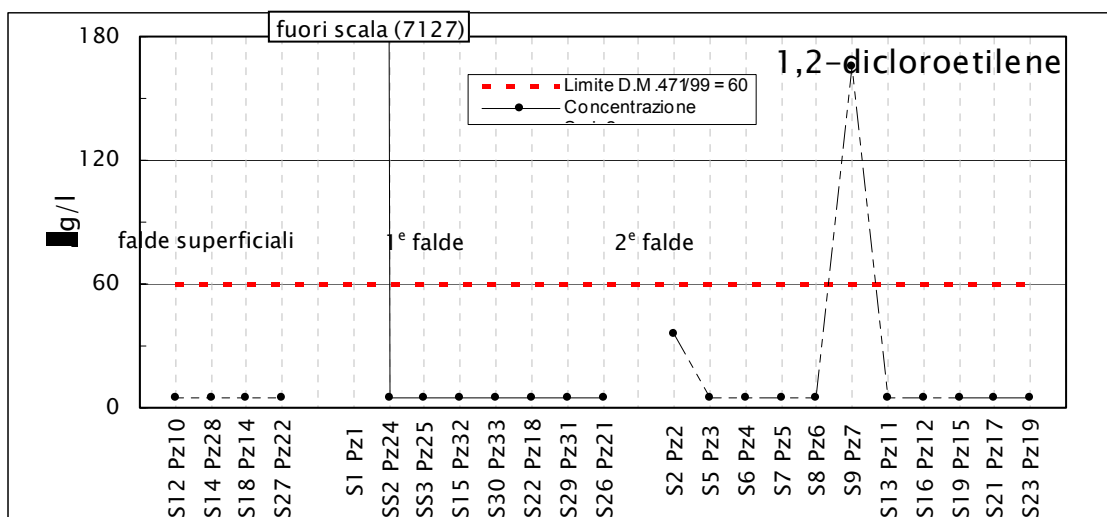


Figura 6.41 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati.  
"1,2 dicloroetilene"

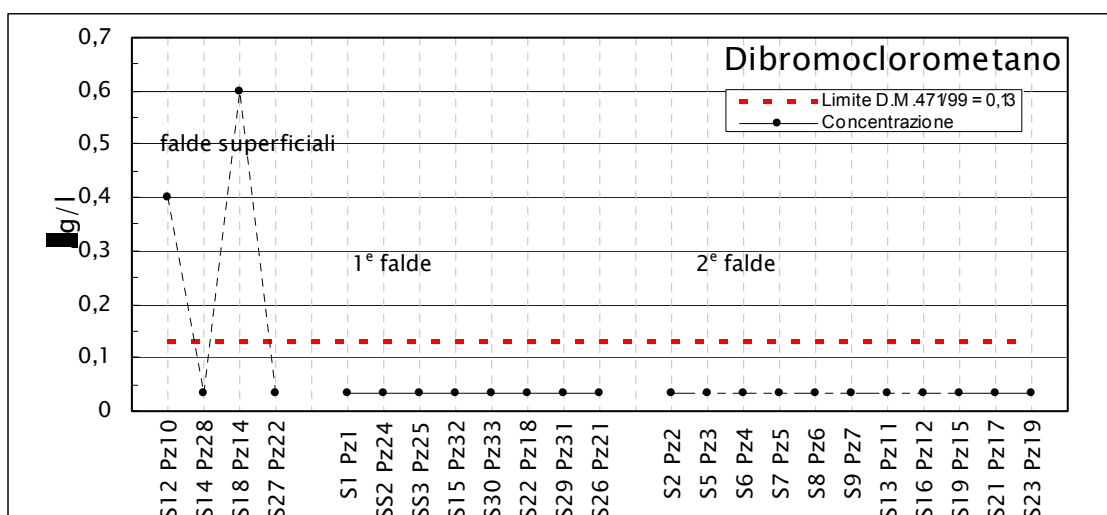


Figura 6.42 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati.  
"Dibromoclorometano"

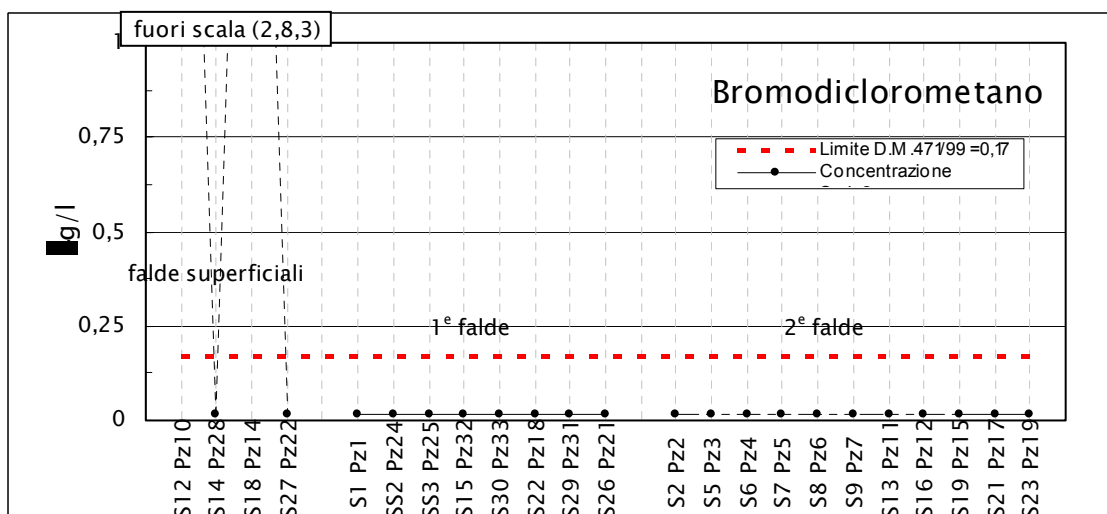


Figura 6.43 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati. "Bromodiclorometano"

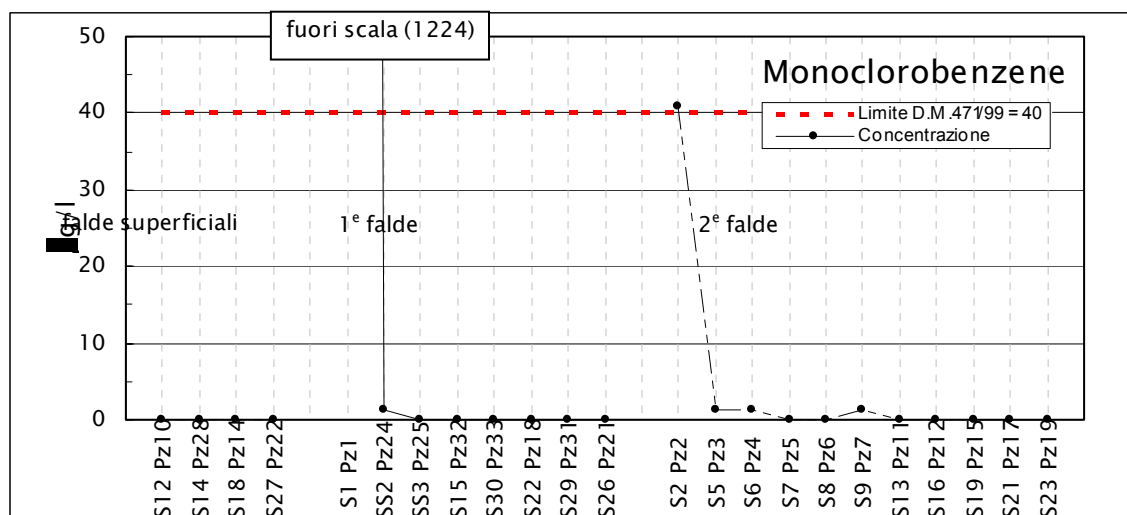


Figura 6.44 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati.  
“Monoclorobenzene”

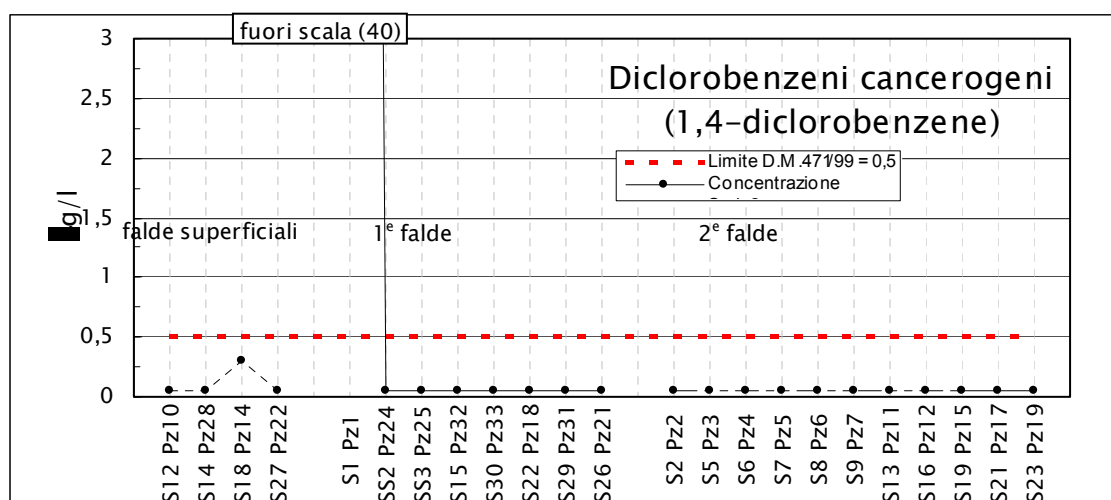


Figura 6.45– Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati.  
“Diclorobenzeni cancerogeni (1, 4 diclorobenzene)”

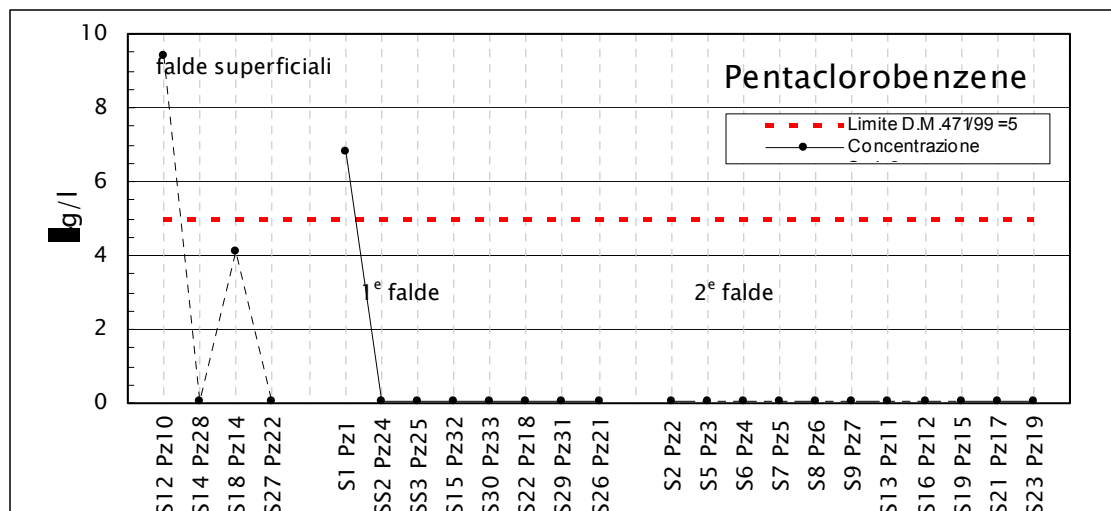


Figura 6.46 – Andamento delle concentrazioni nei singoli campioni analizzati.  
“Pentaclorobenzene”

*Tabella 6.22 – Quantità e tipo di sostanze che superano il limite del D.M. 471/99 nei campioni di acqua di falda prelevati.*

Falda indagata	Numero di sostanze che superano il limite del D.M. 471/99	Sostanze che superano il limite del D.M. 471/99	% Composti inorganici presenti	% Composti organici presenti
<b><i>Falda superficiale</i></b>				
SS3Pz25	5/97	Solfati, arsenico, manganese, benzene, benzo(a)pirene	60%	40%
S12Pz10	12/97	Solfati, ferro, manganese, nichel, piombo, benzo(a)pirene, benzo(ghi)perilene, dibenzo(ah)antracene, sommatoria IPA più tossici, triclorometano (x190*), dibromoclorometano, bromodiclorometano	42%	58%
S14Pz28	6/97	Solfati, argento, manganese, nichel, piombo, alluminio	100%	0%
S18Pz14	6/97	Fluoruri, alluminio, manganese, triclorometano (x190), dibromoclorometano, bromodiclorometano	50%	50%
S27Pz22	2/97	Manganese, piombo	100%	0%
<b><i>Prima falda</i></b>				
S1Pz1	20/97	Solfati, arsenico, ferro, manganese, piombo, benzene (x100), triclorometano (x200), cloruro di vinile (x98200), 1,2-dicloroetano (x14667), 1,1-dicloroetilene (x142540), 1,2-dicloropropano (x967), 1,1,2-tricloroetano (x137235), tricloroetilene (x2818), tetracloroetilene (x848), sommatoria organoalogenati (x13917), 1,2-dicloroetilene (x119), monoclorobenzene, diclorobenzeni canc., pentaclorobenzene, 1,1,2,2-tetracloroetano(x123100)	25%	75%
SS2Pz24	10/97	Solfati, arsenico, ferro, manganese, 1,2-dicloroetano, 1,1-dicloroetilene, 1,1,2-tricloroetano, tricloroetilene, tetracloroetilene, sommatoria organoalogenati	40%	60%
S15Pz32	5/97	Solati, alluminio, ferro, manganese, nichel	100%	0%
S30Pz33	5/97	Solfati, argento, manganese, nichel, piombo	100%	0%
S22Pz18	5/97	Solfati, argento, arsenico, boro, manganese	100%	0%

*Tabella 6.22 – Quantità e tipo di sostanze che superano il limite del D.M. 471/99 nei campioni di acqua di falda prelevati. Continua*

S29Pz31	6/97	Solfati, argento, ferro, manganese, nichel, piombo	100%	0%
S26Pz21	6/97	Solfati, argento, ferro, manganese, nichel, piombo	100%	0%
<i><u>Seconda falda</u></i>				
S2Pz2	11/97	Ferro, manganese, benzene, cloruro di vinile (x1240), 1,1-dicloroetilene(x4220), 1,1,2-tricloroetano(x6000), tricloroetilene, tetracloroetilene, sommatoria organoalogenati (x235), 1,1-dicloroetano, monoclorobenzene	18%	82%
S5Pz3	9/97	Arsenico, ferro, manganese, cloruro di vinile, 1,2-dicloroetano, 1,1-dicloroetilene, 1,1,2-tricloroetano, tricloroetilene, sommatoria organoalogenati	25%	75%
S6Pz4	8/97	Ferro, manganese, piombo, cloruro di vinile, 1,2-dicloroetano, 1,1-dicloroetilene, 1,1,2-tricloroetano, tricloroetilene, sommatoria organoalogenati	37%	63%
S7Pz5	10/97	Arsenico, ferro, manganese, piombo, 1,2-dicloroetano, 1,1-dicloroetilene (x440), 1,1,2-tricloroetano (x295), tricloroetilene, tetracloroetilene, sommatoria organoalogenati	40%	60%
S8Pz6	7/97	Ferro, manganese, piombo, cloruro di vinile, 1,1-dicloroetilene, 1,1,2-tricloroetano, sommatoria organoalogenati	43%	57%
S9Pz7	10/97	Solfati, argento, manganese, piombo, cloruro di vinile, 1,1-dicloroetilene, 1,1,2-tricloroetano, tricloroetilene, sommatoria organoalogenati, 1,2-dicloroetilene	40%	60%
S13Pz11	2/97	Manganese, nichel	100%	0%
S16Pz12	2/97	Ferro, manganese	100%	0%
S19Pz15	3/97	Arsenico, manganese, nichel	100%	0%
S21Pz17	3/97	Ferro, manganese, tallio	100%	0%
S23Pz19	7/97	Solfati, argento, boro, ferro, manganese, nichel, tallio	100%	0%

\* Si segnala quando la concentrazione trovata supera di più di 100 volte il limite stabilito dal D.M. 471/99

E' innanzitutto importante sottolineare come tutti i campioni d'acqua analizzati superino almeno per una sostanza le concentrazioni limite stabilite dal D.M. 471/99.

In particolare, le acque afferenti alla falda superficiale risultano preferenzialmente arricchite in composti inorganici, ad eccezione dei campioni S12Pz10 e S18Pz14, dove alcuni alifatici clorurati cancerogeni (entro i quali risulta significativo il triclorometano, presente con tenori 190 volte superiori a quelli stabiliti dalla Legge) e non cancerogeni, e subordinatamente alcuni idrocarburi policiclici aromatici superano il valore di concentrazione limite fissato dal D.M. 471/99.

Anche i campioni prelevati in corrispondenza della prima falda risultano prevalentemente arricchiti in composti inorganici. In particolare, i solfati ed il manganese eccedono sempre il limite stabilito dal D.M. 471/99, mentre il boro è in concentrazioni superiori a quelle previste unicamente nel campione S22Pz18; gli altri elementi eccedenti le prescrizioni legislative (alluminio, argento, arsenico, ferro, nichel e piombo) risultano, invece, alternativamente presenti nei campioni presi in considerazione (tabella 6.22). Unicamente le acque prelevate in corrispondenza dei piezometri S1Pz1 e SS2Pz24 risultano contaminate da composti organici, con percentuali medie rispettivamente del 75 e del 60%. Più specificatamente il campione S1Pz1 risulta il più inquinato fra i 23 analizzati, in quanto per 20 dei 97 composti previsti dal D.M. 471/99 vengono superati i valori critici. Si rivela una pesante contaminazione da alifatici clorurati cancerogeni, con concentrazioni rispettivamente 142540, 137235 e 123100 volte superiori a quelle accettabili per il 1,1-dicloroetilene, il 1,1,2-tricloroetano ed il 1,1,2,2-tetracloroetano; il cloruro di vinile mostra tenori medi pari a 49100 µg/l rispetto ad una concentrazione minima ammessa di 0,5 µg/l, mentre il 1,2-dicloroetano, la sommatoria degli organoalogenati, il tricloroetilene, il tetracloroetilene ed il triclorometano

eccedono i limiti legislativi da circa 15000 a 200 volte (cfr. tabella 6.22). Questo campione d'acqua è inoltre fortemente contaminato da benzene (117 µg/l) e subordinatamente da alcuni clorobenzeni (cfr. tabella 6.16). Fra i composti inorganici il manganese (2380 µg/l) mostra le massime concentrazioni misurate nei campioni d'acqua presi in esame, mentre i tenori di solfati, ferro, arsenico e piombo eccedono per un massimo di 4 volte i limiti previsti. Il campione d'acqua prelevato in corrispondenza del piezometro SS2Pz24 mostra una contaminazione da composti organici connessa ad un eccesso di alcuni composti alifatici clorurati cancerogeni, comunque decisamente inferiore a quello riscontrato in S1Pz1 (cfr. tabella 6.22) ed in cui significativa appare la virtuale assenza di cloruro di vinile, triclorometano, 1,2-dicloropropano e 1,1,2,2-tetracloroetano con concentrazioni inferiori ai limiti di rilevabilità strumentali.

I campioni prelevati in corrispondenza della seconda falda, infine, assumono un comportamento particolare, risultando per il 55% contaminati principalmente da composti organici e per il restante 45% unicamente da composti inorganici (cfr. tabella 6.22). Fra i campioni d'acqua della seconda falda il più contaminato risulta essere quello del piezometro S2Pz2, evidenziando concentrazioni rispettivamente di 6000, 4220, 1240 e 235 volte superiori a quelle previste dal D.M. 471/99 per il 1,1,2-tricloroetano, il 1,1-dicloroetilene, il cloruro di vinile e la sommatoria degli organoalogenati. Presente, ma meno significativo l'arricchimento in benzene, monoclorobenzene e 1,1-dicloroetano. Fra i composti inorganici eccedenti i limiti legislativi considerati si trovano solo ferro e manganese. I solventi organoalogenati, sebbene con concentrazioni decisamente inferiori a quelle del campione S2Pz2, rappresentano in ogni qual modo le specie contaminanti percentualmente predominanti nei campioni S5Pz3, S6Pz4, S7Pz5, S8Pz6 e S9Pz7 (tab. 6.22). I campioni S13Pz11, S16Pz12, S19Pz15, S21Pz17, S23Pz19,

al contrario, mostrano un eccesso solo di metalli pesanti ed unicamente per il campione S23Pz19 di solfati (cfr. tabella 6.22).

Considerando le 33 sostanze che superano le concentrazioni limite ammissibili per le acque sotterranee del D.M. 471/99 (tabelle 6.21 e 6.22) in riferimento alle tre falde indagate si possono evidenziare alcuni comportamenti caratteristici.

Il manganese è presente in tutti campioni considerati; i fluoruri, gli alifatici alogenati cancerogeni, il benzo(ghi)perilene ed il dibenzo(ah)antracene eccedono i limiti legislativi unicamente nei campioni prelevati in corrispondenza della falda superficiale; soltanto il 1,2-dicloropropano, il 1,1,2,2-tetracloroetano, il 1,2-dicloroetilene e i diclorobenzeni cancerogeni superano le concentrazioni massime previste dal D.M. 471/99 ed esclusivamente in corrispondenza del campione S1Pz1; solo le acque della seconda falda analizzate mostrano concentrazioni di tallio e 1,1-dicloroetano superiori ai termini ammessi, mentre solo quelle della prima falda risultano significativamente arricchite in benzo(a)pirene. I campioni d'acqua della falda superficiale, inoltre, non risultano mai contaminate ai sensi del D.M. 471/99 da boro, benzo(a)pirene, cloruro di vinile, 1,2-dicloroetano, 1,1-dicloroetilene, tricloroetilene, 1,1,2,2-tetracloroetano, sommatoria organoalogenati e monoclorobenzene; i tenori di alluminio, triclorometano e pentaclorobenzene non eccedono mai i limiti previsti nei campioni prelevati in corrispondenza della seconda falda. Tutte le altre sostanze riportate in tabella 6.21 sono presenti nelle acque prelevate in corrispondenza di due diverse falde.

E', infine, importante sottolineare come i solfati siano preferenzialmente presenti nelle acque della prima falda, il ferro ed alcuni alifatici clorurati cancerogeni nei campioni della

seconda falda, mentre il piombo si trova nel 60% delle acque prelevate dalla falda superficiale (cfr. tabella 6.22).

In tabella 6.23 si riassumono, infine, le risultanze emerse dalle analisi chimiche dei parametri aggiuntivi ed eseguite su un numero limitato di cinque campioni.

*Tabella 6.23 – Determinazione delle concentrazioni di amianto, acido para-ftalico, acrilammide, organostannici, PCDD/F*

		Limite D.M. 471/99	S1PZ1 Nuova Sirma	S7PZ5 Area 43 ha	S5PZ3 Pagnan	S2PZ2 Nuova Sirma	S9PZ7 Area 43 ha	SS2 PZ24 Pagnan	S12 PZ10 AMAV
<i><u>Altre sostanze</u></i>									
Amianto (fibre > 100mm)	µg/l		< 0,02	< 0,02		< 0,02		< 0,02	< 0,02
Acido para-ftalico	µg/l	37000	< 1000	< 1000		< 1000		< 1000	< 1000
Acrilammide	µg/l	0,1	< 0,05	< 0,05		< 0,05		< 0,05	< 0,05
Organostannici	µg/l		< 1	< 1		< 1		< 1	< 1
<i><u>Diossine – Furani</u></i>									
2,3,7,8-TCDD	pg/l		< 1	< 1	< 1	< 1	< 1		
1,2,3,7,8-PCDD	pg/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5		
1,2,3,4,7,8-HxCDD	pg/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5		
1,2,3,6,7,8-HxCDD	pg/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5		
1,2,3,7,8,9-HxCDD	pg/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5		
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	pg/l		< 10	< 10	< 10	< 10	< 10		
OCDD	pg/l		13,5	42,1	< 10	< 10	< 10		
2,3,7,8-TCDF	pg/l		< 1	< 1	< 1	< 1	< 1		
1,2,3,7,8-PCDF	pg/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5		
2,3,4,7,8-PCDF	pg/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5		
1,2,3,4,7,8-HxCDF	pg/l		< 5	12,9	< 5	< 5	< 5		
1,2,3,6,7,8-HxCDF	pg/l		< 5	5,7	< 5	< 5	< 5		
2,3,4,6,7,8-HxCDF	pg/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5		
1,2,3,7,8,9-HxCDF	pg/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5		
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	pg/l		12,6	71,6	< 10	< 10	< 10		
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	pg/l		10	14,9	< 10	< 10	< 10		
OCDF	pg/l		32,7	313,7	< 10	< 10	18,7		
Tossicità equivalente secondo I-TEF	µg/l	$4 \times 10^{-6}$	$< 1 \times 10^{-6}$	$3,08 \times 10^{-6}$	$< 1 \times 10^{-6}$	$< 1 \times 10^{-6}$	$< 1 \times 10^{-6}$		

Dalla tabella si evince che le diossine, l'amianto, l'acido para-ftalico, l'acrilammide e gli organostannici sono sempre inferiori ai limiti legislativi previsti. Unicamente il campione d'acqua prelevato in corrispondenza del piezometro S7Pz5 mostra una concentrazione di

diossine elevata ( $3.08 \times 10^{-6}$  µg/l di T.E.Q.), ma comunque inferiore ai limiti di legge. E' significativo rivelare che le diossine, in questo caso, sono presenti in corrispondenza di un campione prelevato in corrispondenza della seconda falda e che sulla base delle altre analisi chimiche risultava sì pesantemente contaminato da composti clorurati, ma comunque in misura minore ad altri campioni, come per esempio S1Pz1, dove, al contrario, le diossine risultano inferiori ai limiti di rilevabilità adottati.

Supponendo di suddividere la sponda sud del Canale Industriale Sud nei tre intervalli già specificati nel paragrafo 6.2.1, è inoltre possibile aggiungere alcune altre importanti considerazioni. Si può infatti notare (cfr. *Allegato Analisi Chimiche*) che le acque prelevate dai piezometri installati in corrispondenza della darsena risultano le più contaminate, in quanto le sostanze che superano i limiti previsti dal D.M. 471/99 variano da un massimo di 20/97 ad un minimo di 8/97, ed inoltre nei campioni d'acqua S1Pz1 ed S2Pz2 si rinvenivano le massime concentrazioni di alogenati alifatici cancerogeni misurate; significativa, inoltre, è l'abbondanza relativa dei composti organici su quelli inorganici (tabella 6.22).

Al contrario, le sostanze disciolte nelle acque del secondo tratto, ad eccezione del campione S18Pz14, superano i limiti previsti dalla legge soltanto per i composti inorganici.

Le acque prelevate in corrispondenza del primo tratto, invece, risultano più diversificate; il numero di composti eccedenti i limiti legislativi è variabile da un minimo di 5/97 ad un massimo di 11/97, ma le percentuali relative di quelli organici e di quelli inorganici sono fra loro paragonabili.

Considerando, quindi, tutte le caratteristiche emerse dallo studio della composizione chimica dei campioni d'acqua presi in esame si evince che le acque della seconda falda della darsena e del primo tratto sono quelle per le quali il numero di sostanze contaminanti eccedenti i limiti stabiliti dal D.M. 471/99 è superiore. Significativa risulta la contaminazione da alifatici clorurati cancerogeni; questi ultimi, infatti, sono sostanze potenzialmente molto inquinanti, in quanto non biodegradabili e, quindi, una volta immesse, avendo viscosità maggiore di quella dell'acqua e densità maggiore, tendono ad accumularsi negli acquiferi più profondi (*Zangheri, 2000*). I campioni d'acqua afferenti alla seconda falda del secondo tratto non mostrano, invece, alcun tipo di contaminazione da parte di composti organici. Come già evidenziato al capitolo 4, quella che dal punto di vista stratigrafico è stata interpretata come la seconda falda presenta comportamenti diversi nelle tre porzioni in cui è stata suddivisa la sponda sud del Canale Industriale Sud. Queste differenze sono, quindi, confermate anche dalle analisi chimiche. Queste ultime, infatti, mettono in luce da un lato come questi acquiferi non siano fra loro apparentemente in comunicazione e dall'altro come la sorgente inquinante sia puntuale. Quest'ultima potrebbe essere ricercata o in qualche scarico industriale, o in una pesante contaminazione delle acque del Canale, peraltro non nota, in contatto con queste falde vista la profondità del canale stesso, o infine nella presenza a fondo canale di terreni di riporto fortemente contaminati, come sarebbe lecito supporre in funzione di indagini simili condotte sul fondo di altri canali industriali (*MAV-CVN, 1999*).

Discorso analogo vale per i campioni d'acqua prelevati in corrispondenza della prima falda; i solventi organo alogenati sono, infatti, presenti unicamente nei campioni prelevati nella darsena.

Le acque della falda superficiale, al contrario, mostrano un comportamento a se stante. La pesante contaminazione da triclorometano e da composti alifatici alogenati cancerogeni riscontrata nei campioni S12Pz10 e S18Pz14 e dalle altre sostanze eccedenti i limiti imposti dal D.M. 471/99 in tutti i campioni non sembra connessa ad una significativa presenza di queste sostanze nel terreno di riporto in cui queste falde sono incluse e risulta quindi difficilmente interpretabile, se non supponendo la presenza puntuale di qualche forma di scarico industriale.

Tabella 6.24 – Analisi chimiche sulle acque. Parametri generali

Parametro	Conducibilità	pH	Temperatura	Colore (dil 1:20)	Odore		Solidi sospesi totali (SST)	B.O.D.5 (O <sub>2</sub> )	C.O.D. (O <sub>2</sub> )
Unità di misura	mS/cm	–	°C	–	soglia di percezione	natura dell'odore	mg/l	mg/l	mg/l
<b>Limiti D.M.471 /99</b>									
Sigla sondaggio									
S1 Pz1	6,85	6,33	15,8	n.p.	240	Chimico	11	30	260
S2 Pz2	2,30	6,55	14,8	n.p.	240	n.p.	10	< 10	80
SS2 Pz24	2,75	6,84	17,7	n.p. (dil. 1 /20)	240	n.p.	21	< 10	48
S5 Pz3	2,03	6,58	14,8	n.p.	1	Muffa	4	< 10	62
S6 Pz4	3,00	6,45	15,2	n.p.	5	Muffa	2	< 10	88
S7 Pz5	1,08	7,08	16	n.p.	240	n.p.	1	< 10	75
SS3 Pz25	3,05	7,63	14,5	n.p.	40	Muffa	1	< 10	50
S8 Pz6	2,20	6,88	15,8	n.p.	120	Fecale	1	< 10	76
S9 Pz7	23,80	6,51	15,1	n.p.	1	Muffa	1	< 10	60
S12 Pz10	4,54	7,31	13,4	n.p.	120	Chimico	2	12	23
S13 Pz11	4,15	7,04	14,3	n.p. (dil.1 /20)	240	n.p.	1	<10	56
S14 Pz28	16,05	7,23	13,8	n.p. (dil.1 /20)	240	n.p.	101	10	123
S15 Pz32	30,80	7,3	17,4	n.p. (dil.1 /20)	240	n.p.	205	<10	22
S16 Pz12	4,20	6,78	14,5	n.p. (dil.1 /20)	240	n.p.	2	40	63
S18 Pz14	1,60	7,93	9,2	n.p. (dil.1 /20)	240	n.p.	2	11	18
S30 Pz33	24,70	7,25	14,7	n.p. (dil.1 /20)	240	n.p.	1	<10	47
S19 Pz15	9,39	7,21	14,1	n.p. (dil.1 /20)	240	n.p.	6	10	85
S21 Pz17	15,60	6,95	15,1	n.p. (dil.1 /20)	240	n.p.	4	< 10	82
S22 Pz18	12,60	8,05	15,8	n.p. (dil.1 /20)	240	n.p.	1	< 10	54
S23 Pz19	24,50	6,89	14,5	n.p. (dil.1 /20)	240	n.p.	7	< 10	82
S29 Pz31	31,80	7,29	13,8	n.p. (dil.1 /20)	240	n.p.	8	< 10	85
S26 Pz21	29,10	7,24	15,1	n.p.	160	Muffa	4	<10	118
S27 Pz22	4,91	7,3	17,5	n.p. (dil.1 /20)	240	n.p.	65	20	56

Nota: sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il valore limite accettabile per le acque sotterranee di cui all'All.1 D.M.471 /99

Tabella 6.25 – Analisi chimiche sulle acque. Composti inorganici

Parametro	Cianuri	Cianuri liberi	Cloruri	Fluoruri	Solfuri	Solfati	Ammoniaca (NH <sub>4</sub> )	Nitriti (N)	Nitrati (N)	Azoto totale	Fosforo totale (P)	Ortofosfati (P)	Alluminio	Antimonio	Argento	Arsenico	Boro
Unità di misura	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Limiti D.M.471/99		50		1 500		250		500					200	5	10	10	1000
Sigla sondaggio																	
S1 Pz1	< 10	< 10	1535	< 500	< 0,1	634	3,03	0,01	< 0,5	5,3	< 0,05	< 0,05	47	< 1	5	12	285
S2 Pz2	< 10	< 10	124	< 500	< 0,1	< 1	35,9	< 0,01	< 0,5	33,6	0,05	< 0,05	53	< 1	2	4	427
SS2 Pz24	< 10	< 10	112	696	< 0,1	356	3,16	< 0,01	< 0,5	3,6	0,06	< 0,05	68	< 1	5	14	572
S5 Pz3	< 10	< 10	85	< 500	< 0,1	6	33,1	0,092	< 0,5	35	0,05	< 0,05	103	< 1	2	18	297
S6 Pz4	< 10	< 10	1456	< 500	< 0,1	11	51,1	< 0,01	< 0,5	56	< 0,05	< 0,05	37	< 1	2	9	384
S7 Pz5	< 10	< 10	98	< 500	0,14	14	11,1	< 0,01	< 0,5	26,6	0,1	< 0,05	114	< 1	2	47	290
SS3 Pz25	< 10	< 10	494	1046	< 0,1	302	2,09	< 0,01	< 0,5	7,1	< 0,05	< 0,05	98	< 1	5	18	110
S8 Pz6	< 10	< 10	314	< 500	< 0,1	9	22,4	< 0,01	< 0,5	49	< 0,05	< 0,05	45	< 1	3	9	130
S9 Pz7	< 10	< 10	7660	< 500	< 0,1	453	15,4	< 0,01	< 0,5	28	0,06	< 0,05	56	< 1	28	8	403
S12 Pz10	10	< 10	760	926	< 0,1	790	1,44	< 0,01	< 0,5	8,1	< 0,05	< 0,05	104	< 1	8	3	426
S13 Pz11	< 10	< 10	941	< 500	< 0,1	6	34,9	0,011	< 0,5	35,1	< 0,05	< 0,05	130	1	< 1	6	487
S14 Pz28	< 10	< 10	3798	< 500	< 0,1	1356	4,74	0,104	1,4	8	< 0,05	< 0,05	430	1	30	2	576
S15 Pz32	< 10	< 10	10420	800	< 0,1	1400	26,2	< 0,01	1,5	26,7	< 0,05	< 0,05	3700	< 1	8	6	530
S16 Pz12	< 10	< 10	1824	< 500	< 0,1	11	39,3	0,013	< 0,5	35	< 0,05	< 0,05	33	3	6	8	228
S18 Pz14	< 10	< 10	432	8788	< 0,1	64	0,59	0,026	< 0,5	1,4	< 0,05	< 0,05	650	< 1	3	< 1	356
S30 Pz33	< 10	< 10	8910	< 500	< 0,1	495	21,2	0,081	0,6	37,8	< 0,05	< 0,05	130	< 1	33	< 1	487
S19 Pz15	< 10	< 10	2693	< 500	< 0,1	32	16,2	0,194	< 0,5	25,2	< 0,05	< 0,05	111	1	9	32	384
S21 Pz17	< 10	< 10	4886	< 500	< 0,1	7	86,1	< 0,01	< 0,5	77	0,06	< 0,05	50	2	7	4	538
S22 Pz18	< 10	< 10	3546	< 500	< 0,1	331	4,87	0,014	< 0,5	4,2	< 0,05	< 0,05	39	1	20	15	1752
S23 Pz19	20	< 10	7632	< 500	< 0,1	459	65,4	0,01	< 0,5	61,6	0,05	< 0,05	74	5	17	9	1245
S29 Pz31	< 10	< 10	9916	< 500	< 0,1	1315	5,58	0,164	2	4,8	0,3	0,2	160	< 1	63	< 1	389
S26 Pz21	< 10	< 10	9267	< 500	< 0,1	543	19,3	0,011	< 0,5	33,6	0,08	< 0,05	90	< 1	63	< 1	576
S27 Pz22	< 10	< 10	1138	< 500	< 0,1	47	6,7	< 0,01	< 0,5	11,3	0,28	0,25	85	1	2	5	214

Nota: sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il valore limite accettabile per le acque sotterranee di cui all'All.1 D.M.471/99

Tabella 6.26 – Analisi chimiche sulle acque. Composti inorganici

Parametro	Bario	Berillio	Cadmio	Cobalto	Cromo totale	Cromo VI	Ferro	Manganese	Mercurio	Nichel	Piombo	Rame	Selenio	Stagno	Tallio	Vanadio	Zinco
Unità di misura	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Limiti D.M.471/99		4	5	50	50	5	200	50	1	20	10	1000	10		2		3000
Sigla sondaggio																	
S1 Pz1	110	< 1	< 1	1	2	< 5	860	2380	< 0,2	4	11	11	6	< 10	< 0,2	43	20
S2 Pz2	1450	< 1	< 1	1	2	< 5	1350	290	< 0,2	3	8	2	4	< 10	< 0,2	10	< 5
SS2 Pz24	80	< 1	< 1	2	2	< 5	230	660	< 0,2	6	10	8	2	< 10	< 0,2	23	< 5
S5 Pz3	1422	< 1	< 1	< 1	2	< 5	580	150	< 0,2	2	8	2	1	< 10	< 0,2	16	10
S6 Pz4	2276	< 1	< 1	1	< 1	< 5	700	340	< 0,2	2	12	3	1	< 10	< 0,2	24	< 5
S7 Pz5	478	< 1	< 1	< 1	1	< 5	1840	120	< 0,2	3	12	2	< 1	< 10	< 0,2	< 5	< 5
SS3 Pz25	89	< 1	< 1	< 1	3	< 5	40	130	< 0,2	2	10	6	< 1	< 10	< 0,2	27	< 5
S8 Pz6	594	< 1	< 1	< 1	3	< 5	4720	210	< 0,2	2	11	120	< 1	< 10	< 0,2	12	240
S9 Pz7	460	< 1	4	12	15	< 5	110	220	< 0,2	3	24	40	< 1	< 10	< 0,2	39	< 5
S12 Pz10	217	< 0,5	< 1	17	4	< 5	210	320	< 0,2	34	39	7	< 1	< 10	< 0,2	78	32
S13 Pz11	3,15	< 0,5	< 1	10	1	< 5	70	190	< 0,2	60	4	1	< 1	< 10	< 0,2	0,014	10
S14 Pz28	0,376	< 0,5	< 1	13	6	< 5	90	170	< 0,2	140	15	30	< 1	< 10	< 0,2	0,159	20
S15 Pz32	151	< 0,5	< 1	20	42	< 5	5990	430	< 0,2	280	< 1	90	< 1	< 10	< 0,2	0,836	1760
S16 Pz12	4,01	< 0,5	< 1	3	1	< 5	750	210	< 0,2	7	< 1	9	< 1	< 10	2	0,076	26
S18 Pz14	89	< 0,5	< 1	2	1	< 5	185	80	< 0,2	5	5	2	< 1	< 10	< 0,2	5	11
S30 Pz33	0,669	< 0,5	1	7	11	< 5	170	200	< 0,2	190	37	40	< 1	21	< 0,2	0,266	20
S19 Pz15	4,42	< 0,5	< 1	5	2	< 5	90	170	< 0,2	90	6	16	< 1	< 10	< 0,2	0,027	20
S21 Pz17	5,28	< 0,5	< 1	3	4	< 5	1330	110	0,8	14	< 1	26	< 1	< 10	3	0,123	32
S22 Pz18	0,579	< 0,5	< 1	< 1	2	< 5	180	80	< 0,2	3	< 1	24	< 1	< 10	< 0,2	0,154	21
S23 Pz19	1,05	< 0,5	< 1	27	13	< 5	1100	280	< 0,2	24	< 1	42	< 1	< 10	7	0,259	39
S29 Pz31	0,27	< 0,5	1	8	11	< 5	2060	360	< 0,2	280	47	40	< 1	29	< 0,2	0,453	100
S26 Pz21	0,434	< 0,5	1	8	4	< 5	410	170	< 0,2	230	39	40	< 1	82	< 0,2	0,249	60
S27 Pz22	0,318	< 0,5	1	12	1	< 5	150	100	< 0,2	19	11	2	< 1	21	< 0,2	0,027	34

Nota: sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il valore limite accettabile per le acque sotterranee di cui all'All.1 D.M.471/99

Tabella 6.27 – Analisi chimiche sulle acque. Composti organici. Idrocarburi aromatici e IPA più tossici

Parametro	Idrocarburi Aromatici						Idrocarburi Policiclici Aromatici (più tossici)											
	Benzene	Etilbenzene	Stirene	Toluene	para-Xilene	Sommatoria Organici Aromatici	Benzo(a)antracene	Benzo(a)pirene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(k)fluorantene	Benzo(j)fluorantene	Benzo(ghi)perilene	Crisene	Dibenzo(a,e)pirene	Dibenzo(a,h)antracene	Indeneo(1,2,3-c,d)pirene	Pirene	Sommatoria IPA più tossici
Unità di misura	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Limiti D.M.471/99	1	50	25	15	10		0,1	0,01	0,1	0,05		0,01	5		0,01	0,1	50	0,1
Sigla sondaggio																		
S1 Pz1	117	< 0,06	< 0,04	< 0,5	< 0,5	117	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05
S2 Pz2	2,9	< 0,06	< 0,04	< 0,5	< 0,5	2,9	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05
SS2 Pz24	< 0,04	< 0,06	< 0,04	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05
S5 Pz3	< 0,04	< 0,06	< 0,04	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05
S6 Pz4	< 0,04	< 0,06	< 0,04	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05
S7 Pz5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05
SS3 Pz25	2,1	< 0,06	< 0,04	< 0,5	< 0,5	2,1	< 0,01	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	< 0,05
S8 Pz6	< 0,04	< 0,06	< 0,04	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05
S9 Pz7	< 0,04	< 0,06	< 0,04	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05
S12 Pz10	< 0,04	< 0,06	< 0,04	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,03	0,03	0,03	0,02	< 0,01	0,03	0,04	< 0,01	0,03	0,03	0,39	0,11
S13 Pz11	< 0,04	< 0,06	< 0,04	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05
S14 Pz28	< 0,04	< 0,06	< 0,04	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05
S15 Pz32	< 0,04	< 0,06	< 0,04	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05
S16 Pz12	< 0,04	< 0,06	< 0,04	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05
S18 Pz14	< 0,04	< 0,06	< 0,04	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05
S30 Pz33	< 0,04	< 0,06	< 0,04	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05
S19 Pz15	< 0,04	< 0,06	< 0,04	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05
S21 Pz17	< 0,04	< 0,06	< 0,04	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05
S22 Pz18	< 0,04	1,5	< 0,04	7,7	3,8	13	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05
S23 Pz19	< 0,04	< 0,06	< 0,04	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05
S29 Pz31	< 0,04	< 0,06	< 0,04	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05
S26 Pz21	< 0,04	< 0,06	< 0,04	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05
S27 Pz22	< 0,04	< 0,06	< 0,04	8,6	< 0,5	8,6	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,07	< 0,05

Nota: sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il valore limite accettabile per le acque sotterranee di cui all'All.1 D.M.471/99

Tabella 6.28 – Analisi chimiche sulle acque. Composti organici. IPA meno tossici

Parametro	Idrocarburi Policiclici Aromatici (meno tossici)							Sommatoria IPA
	Acenaftene	Antracene	Fenantrene	Fluorene	Fluorantene	Naftalene	Sommatoria IPA meno tossici	
Unità di misura	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Limiti D.M.471/99								
Sigla sondaggio								
S1 Pz1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05
S2 Pz2	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05
SS2 Pz24	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05
S5 Pz3	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05
S6 Pz4	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05
S7 Pz5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05
SS3 Pz25	0,22	< 0,01	0,01	0,06	< 0,01	0,09	0,38	0,42
S8 Pz6	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05
S9 Pz7	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05
S12 Pz10	< 0,01	0,02	0,04	< 0,01	< 0,01	0,14	0,2	< 0,05
S13 Pz11	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05
S14 Pz28	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05
S15 Pz32	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05	<0,05
S16 Pz12	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05
S18 Pz14	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05
S30 Pz33	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05
S19 Pz15	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05
S21 Pz17	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05
S22 Pz18	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05
S23 Pz19	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05
S29 Pz31	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05
S26 Pz21	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05
S27 Pz22	< 0,01	0,02	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05

Nota: sono evidenziatii valori di concentrazione eccedenti il valore limite accettabile per le acque sotterranee di cui all'All.1 D.M.471/99

Tabella 6.29 – Analisi chimiche sulle acque. Composti organici. Alifatici clorurati cancerogeni

Parametro	Alifatici Clorurati Cancerogeni														
	Clorometano	Diclorometano	Triclorometano	Cloruro di vinile	1,2–dicloroetano	1,1–dicloroetilene	1,2–dicloropropano	1,1,2–tricloroetano	Tricloroetilene	1,2,3–tricloropropano	1,1,2,2–tetracloroetano	Esaclorobutadiene	Tetraclorometano	Tetracloroetilene	Sommatoria Organoalogenati
Unità di misura	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<b>Limiti D.M.471/99</b>	<b>1,5</b>		<b>0,15</b>	<b>0,5</b>	<b>3</b>	<b>0,05</b>	<b>0,15</b>	<b>0,2</b>	<b>1,5</b>	<b>0,001</b>	<b>0,05</b>	<b>0,15</b>		<b>1,1</b>	<b>10</b>
Sigla sondaggio															
S1 Pz1	< 0,13	< 0,1	30	49100	44002	7127	145	27447	4227	< 0,001	6155	< 0,1	< 0,1	933	139166
S2 Pz2	< 0,13	< 0,1	< 0,03	620	< 0,5	211	< 0,04	1212	279	< 0,001	< 0,05	< 0,1	< 0,1	31	2353
SS2 Pz24	< 0,13	< 0,1	< 0,03	< 0,17	7,3	2,2	< 0,04	12	4,6	< 0,001	< 0,05	< 0,1	< 0,1	1,3	27,4
S5 Pz3	< 0,13	< 0,1	< 0,03	6	10	2,7	< 0,04	15	4,8	< 0,001	< 0,05	< 0,1	< 0,1	1	39,5
S6 Pz4	< 0,13	< 0,1	< 0,03	2,8	6,6	1,3	< 0,04	11	4,2	< 0,001	< 0,05	< 0,1	< 0,1	1	26,9
S7 Pz5	< 0,13	< 0,1	< 0,03	< 0,17	38	22	< 0,04	59	19	< 0,001	< 0,05	< 0,1	< 0,1	2,5	140,5
SS3 Pz25	< 0,13	< 0,1	< 0,03	< 0,17	< 0,5	< 0,05	< 0,04	< 0,1	< 0,1	< 0,001	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 2
S8 Pz6	< 0,13	< 0,1	< 0,03	1	2,9	0,9	< 0,04	4	0,7	< 0,001	< 0,05	< 0,1	< 0,1	0,7	10,2
S9 Pz7	< 0,13	< 0,1	< 0,03	0,7	2,5	0,9	< 0,04	5,3	2,9	< 0,001	< 0,05	< 0,1	< 0,1	0,7	13
S12 Pz10	< 0,13	0,2	29,9	< 0,17	< 0,5	< 0,05	< 0,04	< 0,1	< 0,1	< 0,001	< 0,05	< 0,1	< 0,1	0,2	< 2
S13 Pz11	< 0,13	< 0,1	< 0,03	<0,17	<0,5	<0,05	< 0,04	< 0,1	< 0,1	< 0,001	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 2
S14 Pz28	< 0,13	< 0,1	< 0,03	<0,17	<0,5	<0,05	< 0,04	< 0,1	< 0,1	< 0,001	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 2
S15 Pz32	<0,13	<0,1	<0,03	<0,17	<0,5	<0,05	<0,04	<0,1	<0,1	<0,001	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1	<2
S16 Pz12	< 0,13	<0,1	<0,1	<0,17	<0,5	<0,05	< 0,04	< 0,1	< 0,1	< 0,001	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 2
S18 Pz14	< 0,13	0,2	29,6	<0,17	<0,5	<0,05	< 0,04	< 0,1	< 0,1	< 0,001	< 0,05	< 0,1	< 0,1	0,1	< 2
S30 Pz33	< 0,13	< 0,1	< 0,03	< 0,17	< 0,5	< 0,05	< 0,04	< 0,1	< 0,1	< 0,001	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 2
S19 Pz15	< 0,13	< 0,1	< 0,03	<0,17	<0,5	<0,05	< 0,04	< 0,1	< 0,1	< 0,001	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 2
S21 Pz17	< 0,13	<0,1	<0,1	<0,17	<0,5	<0,05	< 0,04	< 0,1	< 0,1	< 0,001	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 2
S22 Pz18	< 0,13	< 0,1	< 0,1	< 0,17	1,2	<0,05	< 0,04	< 0,1	< 0,1	< 0,001	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 2
S23 Pz19	< 0,13	< 0,1	< 0,1	< 0,17	<0,5	<0,05	< 0,04	< 0,1	< 0,1	< 0,001	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 2
S29 Pz31	< 0,13	< 0,1	< 0,03	<0,17	<0,5	<0,05	< 0,04	< 0,1	< 0,1	< 0,001	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 2
S26 Pz21	< 0,13	< 0,1	< 0,03	<0,17	<0,5	<0,05	< 0,04	< 0,1	< 0,1	< 0,001	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 2
S27 Pz22	< 0,13	3,4	< 0,03	< 0,17	< 0,5	< 0,05	< 0,04	3,7	1,3	< 0,001	< 0,05	< 0,1	< 0,1	2,0	< 5

Nota: in grassetto sono e Nota: sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il valore limite accettabile per le acque sotterranee di cui all'Al.1 D.M.471/99

Tabella 6.30 – Analisi chimiche sulle acque. Composti organici. Alifatici clorurati non cancerogeni, alifatici alogenati cancerogeni e nitrobenzeni

Parametro	COMPOSTI ORGANICI									
	Alifatici Clorurati non Cancerogeni			Alifatici Alogenati Cancerogeni				Nitrobenzeni		
	1,1– dicloroetano	1,2– dicloroetilene	1,1,1– tricloroetano	Bromoformio	1,2– dibromoetano	Dibromoclorometan o	Bromodiclorometan o	Nitrobenzene	1,2– dinitrobenzene	1,3– dinitrobenzene
Unità di misura	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Limiti D.M.471/99	810	60		0,3	0,001	0,13	0,17	3,5	15	3,7
Sigla sondaggio										
S1 Pz1	300	7127	< 0,1	< 0,06	< 0,001	< 0,07	< 0,03	< 0,1	< 0,1	< 0,1
S2 Pz2	1045	36	< 0,1	< 0,06	< 0,001	< 0,07	< 0,03	< 0,1	< 0,1	< 0,1
SS2 Pz24	< 20	< 10	< 0,1	< 0,06	< 0,001	< 0,07	< 0,03	< 0,1	< 0,1	< 0,1
S5 Pz3	< 20	< 10	< 0,1	< 0,06	< 0,001	< 0,07	< 0,03	< 0,1	< 0,1	< 0,1
S6 Pz4	< 20	< 10	< 0,1	< 0,01	< 0,001	< 0,07	< 0,03	< 0,1	< 0,1	< 0,1
S7 Pz5	< 20	< 10	< 0,1	< 0,06	< 0,001	< 0,07	< 0,03	< 0,1	< 0,1	< 0,1
SS3 Pz25	< 20	< 10	< 0,1	< 0,06	< 0,001	< 0,07	< 0,03	< 0,1	< 0,1	< 0,1
S8 Pz6	< 20	< 10	< 0,1	< 0,06	< 0,001	< 0,07	< 0,03	< 0,1	< 0,1	< 0,1
S9 Pz7	< 20	165	< 0,1	< 0,06	< 0,001	< 0,07	< 0,03	< 0,1	< 0,1	< 0,1
S12 Pz10	< 20	< 10	< 0,1	< 0,06	< 0,001	0,4	2,8	< 0,1	< 0,1	< 0,1
S13 Pz11	< 20	< 10	< 0,1	< 0,06	< 0,001	< 0,07	< 0,03	< 0,1	< 0,1	< 0,1
S14 Pz28	< 20	< 10	< 0,1	< 0,06	< 0,001	< 0,07	< 0,03	< 0,1	< 0,1	< 0,1
S15 Pz32	< 20	< 10	< 0,1	< 0,06	< 0,001	< 0,07	< 0,03	< 0,1	< 0,1	< 0,1
S16 Pz12	< 20	< 10	< 0,1	< 0,06	< 0,001	< 0,07	< 0,03	< 0,1	< 0,1	< 0,1
S18 Pz14	< 20	< 10	< 0,1	< 0,06	< 0,001	0,6	3,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1
S30 Pz33	< 20	< 10	< 0,1	< 0,06	< 0,001	< 0,07	< 0,03	< 0,1	< 0,1	< 0,1
S19 Pz15	< 20	< 10	< 0,1	< 0,06	< 0,001	< 0,07	< 0,03	< 0,1	< 0,1	< 0,1
S21 Pz17	< 20	< 10	< 0,1	< 0,06	< 0,001	< 0,07	< 0,03	< 0,1	< 0,1	< 0,1
S22 Pz18	< 20	< 10	< 0,1	< 0,06	< 0,001	< 0,07	< 0,03	< 0,1	< 0,1	< 0,1
S23 Pz19	< 20	< 10	< 0,1	< 0,06	< 0,001	< 0,07	< 0,03	< 0,1	< 0,1	< 0,1
S29 Pz31	< 20	< 10	< 0,1	< 0,06	< 0,001	< 0,07	< 0,03	< 0,1	< 0,1	< 0,1
S26 Pz21	< 20	< 10	< 0,1	< 0,06	< 0,001	< 0,07	< 0,03	< 0,1	< 0,1	< 0,1
S27 Pz22	< 20	< 10	< 0,1	< 0,06	< 0,001	< 0,07	< 0,03	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Nota: sono evidenziatii valori di concentrazione eccedenti il valore limite accettabile per le acque sotterranee di cui all'All.1 D.M.471/99

Tabella 6.31 – Analisi chimiche sulle acque. Composti organici. Cloronitrobenzeni e clorobenzeni

Parametro	COMPOSTI ORGANICI																
	Cloronitrobenzeni										Clorobenzeni						
	2-cloronitrobenzene	4-cloronitrobenzene	2,3-dicloronitrobenzene	2,4-dicloronitrobenzene	2,5-dicloronitrobenzene	2,3,4-tricloronitrobenzene	2,4,5-tricloronitrobenzene	2,3,4,5-tetracloronitrobenzene	2,3,5,6-tetracloronitrobenzene	Pentacloronitrobenzene	Monoclorobenzene	Diclorobenzeni non cancerogeni (1,2-diclorobenzene)	Diclorobenzeni cancerogeni (1,4-diclorobenzene)	1,2,4-triclorobenzene	Pentaclorobenzene	Esaclorobenzene	1,2,4,5-tetraclorobenzene
Unità di misura	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Limiti D.M.471/99	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	40	270	0,5	190	5	0,01	1,8
Sigla sondaggio																	
S1 Pz1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1224	34	40	< 0,1	6,8	< 0,01	< 0,1
S2 Pz2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	41	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,01	< 0,1
SS2 Pz24	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,4	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,01	< 0,1
S5 Pz3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,4	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,01	< 0,1
S6 Pz4	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,01	< 0,1
S7 Pz5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,01	< 0,1
SS3 Pz25	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,01	< 0,1
S8 Pz6	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,01	< 0,1
S9 Pz7	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,01	< 0,1
S12 Pz10	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	9,4	< 0,01	0,5
S13 Pz11	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,01	< 0,1
S14 Pz28	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,01	< 0,1
S15 Pz32	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,01	< 0,1
S16 Pz12	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,01	< 0,1
S18 Pz14	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,3	< 0,1	4,1	< 0,01	0,1
S30 Pz33	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,01	< 0,1
S19 Pz15	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,01	< 0,1
S21 Pz17	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,01	< 0,1
S22 Pz18	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,01	< 0,1
S23 Pz19	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,01	0,1
S29 Pz31	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,01	< 0,1
S26 Pz21	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,01	< 0,1
S27 Pz22	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,01	< 0,1

Nota: sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il valore limite accettabile per le acque sotterranee di cui all'All.1 D.M.471/99

Tabella 6.32 – Analisi chimiche sulle acque. Composti organici. Fenoli non clorurati, fenoli clorurati e ammine aromatiche

Parametro	Fenoli non Clorurati		Fenoli Clorurati				Ammine Aromatiche			
	Metilfenolo (o-,m-,p-)	Fenolo	2- clorofenolo	2,4- diclorofenolo	2,4,6- triclorofenolo	Pentaclorofenolo	Anilina	Difenilammina	p- Toluidina	Sommatoria Ammine Aromatiche
Unità di misura	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Limiti D.M.471/99			180	110	5	0,5	10	910	0,35	
Sigla sondaggio										
S1 Pz1	6	5,8	26	< 0,5	< 0,5	< 0,1	< 1	< 1	< 0,3	< 2,5
S2 Pz2	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,1	< 1	< 1	< 0,3	< 2,5
SS2 Pz24	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,1	< 1	< 1	< 0,3	< 2,5
S5 Pz3	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,1	< 1	< 1	< 0,3	< 2,5
S6 Pz4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,1	< 1	< 1	< 0,3	< 2,5
S7 Pz5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,1	< 1	< 1	< 0,3	< 2,5
SS3 Pz25	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,1	< 1	< 1	< 0,3	< 2,5
S8 Pz6	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,1	< 1	< 1	< 0,3	< 2,5
S9 Pz7	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,1	< 1	< 1	< 0,3	< 2,5
S12 Pz10	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,1	< 1	< 1	< 0,05	< 2,5
S13 Pz11	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,1	< 1	< 1	< 0,05	< 2,5
S14 Pz28	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,1	< 1	< 1	< 0,05	< 2,5
S15 Pz32	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,1	< 1	< 1	< 0,05	< 2,5
S16 Pz12	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,1	< 1	< 1	< 0,3	< 2,5
S18 Pz14	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,1	< 1	< 1	< 0,3	< 2,5
S30 Pz33	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,1	< 1	< 1	< 0,05	< 2,5
S19 Pz15	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,1	< 1	< 1	< 0,05	< 2,5
S21 Pz17	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,1	< 1	< 1	< 0,3	< 2,5
S22 Pz18	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,1	< 1	< 1	< 0,3	< 2,5
S23 Pz19	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,1	< 1	< 1	< 0,3	< 2,5
S29 Pz31	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,1	< 1	< 1	< 0,3	< 2,5
S26 Pz21	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,1	< 1	< 1	< 0,05	< 2,5
S27 Pz22	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,1	< 1	< 1	< 0,05	< 2,5

Nota: sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il valore limite accettabile per le acque sotterranee di cui all'All.1 D.M.471/99

Tabella 6.33 – Analisi chimiche sulle acque. Composti organici. Fitofarmaci, PCB, Idrocarburi, n-esano

	Fitofarmaci											PCB	Idrocarburi					Altre Sostanze
Parametro	Alaclor	Adrin	Atrazina	alfa-esacloroetano	beta-esacloroetano	Lindano	Clordano	DDD, DDT, DDE	Dieldrin	Endrin	Sommatoria Fitofarmaci	Policlorobifenili	Idrocarburi totali	Idrocarburi Alogenati Alifatici	Idrocarburi Alogenati Aromatici	Idrocarburi Alogenati Totali	Idrocarburi Alifatici non alogenati	n-esano
Unità di misura	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Limiti D.M.471/99	0,1	0,03	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,03	0,1	0,5	0,01						350
Sigla sondaggio																		
S1 Pz1	0,07	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,1	< 0,002	147898	146593	1305	147898	< 50	< 50
S2 Pz2	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,1	< 0,002	3475	3434	41	3475	< 50	< 50
SS2 Pz24	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,1	< 0,002	< 50	27,4	1,4	28,8	< 50	< 50
S5 Pz3	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,1	< 0,002	< 50	39,5	1,4	40,9	< 50	< 50
S6 Pz4	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,1	< 0,002	< 50	26,9	1,3	28,2	< 50	< 50
S7 Pz5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,1	< 0,002	140,5	140,5	< 1	140,5	< 50	< 50
SS3 Pz25	0,05	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,1	< 0,002	< 50	< 5	< 1	< 5	< 50	< 50
S8 Pz6	0,06	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,1	< 0,002	< 50	10,2	< 1	10,2	< 50	< 50
S9 Pz7	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,1	< 0,002	179,2	178	1,2	179,2	< 50	< 50
S12 Pz10	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,1	< 0,002	1586	59,6	94	69	1517	< 50
S13 Pz11	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,1	< 0,002	< 50	< 5	< 1	< 5	< 50	< 50
S14 Pz28	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,1	< 0,002	< 50	< 5	< 1	< 5	< 50	< 50
S15 Pz32	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01	<0,01	<0,1	<0,002	<50	<5	<1	<5	<50	<50
S16 Pz12	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,1	< 0,002	< 50	< 5	< 1	< 5	< 50	< 50
S18 Pz14	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,1	< 0,002	4055,9	33,5	4,4	37,9	4018	< 50
S30 Pz33	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,1	< 0,002	< 50	< 5	< 1	< 5	< 50	< 50
S19 Pz15	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,1	< 0,002	< 50	< 5	< 1	< 5	< 50	< 50
S21 Pz17	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,1	< 0,002	< 50	< 5	< 1	< 5	< 50	< 50
S22 Pz18	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,1	< 0,002	< 50	< 5	< 1	< 5	< 50	< 50
S23 Pz19	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,1	< 0,002	< 50	< 5	< 1	< 5	< 50	< 50
S29 Pz31	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,1	< 0,002	< 50	< 5	< 1	< 5	< 50	< 50
S26 Pz21	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,1	< 0,002	< 50	< 5	< 1	< 5	< 50	< 50
S27 Pz22	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,1	< 0,002	< 50	10,4	< 1	10,4	< 50	< 50

Nota: sono evidenziati i valori di concentrazione eccedenti il valore limite accettabile per le acque sotterranee di cui all'All.1 D.M.471/99

Tabella 6.34 – Analisi chimiche sulle acque. Diossine e furani e altre sostanze

DIOSSINE E FURANI

	2,3,7,8 – TCDD	1,2,3,7,8 – PCDD	1,2,3,4,7,8 – HxCDD	1,2,3,6,7,8 – HxCDD	1,2,3,7,8,9 – HxCDD	1,2,3,4,6,7,8 – HpCDD	1,2,3,4,6,7,8,9 OCDD			
u.m	pg/l	pg/l	pg/l	pg/l	pg/l	pg/l	pg/l			
I-TEF	1	0,5	0,1	0,1	0,1	0,01	0,001			
S1 Pz1	<1	< 5	< 5	< 5	< 5	< 10	13,5			
S2 Pz2	<1	< 5	< 5	< 5	< 5	< 10	< 10			
S5 Pz3	<1	< 5	< 5	< 5	< 5	< 10	< 10			
S9 Pz7	<1	< 5	< 5	< 5	< 5	< 10	< 10			
S7 Pz5	<1	< 5	< 5	< 5	< 5	< 10	42,1			
	2,3,7,8 – TCDF	1,2,3,7,8 – PCDF	2,3,4,7,8 – PCDF	1,2,3,4,7,8 – HxCDF	1,2,3,6,7,8 – HxCDF	2,3,4,6,7,8 – HxCDF	1,2,3,7,8,9 – HxCDF	1,2,3,4,6,7,8 – HpCDF	1,2,3,4,7,8,9 – HpCDF	1,2,3,4,6,7,8,9 – OCDF
u.m	pg/l	pg/l	pg/l	pg/l	pg/l	pg/l	pg/l	pg/l	pg/l	pg/l
I-TEF	0,1	0,05	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,01	0,01	0,001
S1 Pz1	<1	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	12,6	< 10	32,7
S2 Pz2	<1	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 10	< 10	< 10
S5 Pz3	<1	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 10	< 10	< 10
S9 Pz7	<1	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 10	< 10	18,7
S7 Pz5	<1	< 5	< 5	12,9	5,7	< 5	< 5	71,6	14,9	313,7

Tossicità equivalente secondo I-TEF	
u.m	µg/l
Limiti D.M.471 / 99	4E-06
S1 Pz1	< 1
S2 Pz2	< 1
S5 Pz3	< 1
S9 Pz7	< 1
S7 Pz5	3,08E-06

Nota: sono evidenziatii valori di concentrazione eccedenti il valore limite accettabile per le acque sotterranee di cui all'All.1 D.M.471 /99

		Limite D.M.471 / 99	S1PZ1 Nuova	S7PZ5 Area 43 ha	S2PZ2 Nuova	SS2 PZ24 Pagnan	S12 PZ10 AMAV
Altre sostanze							
Amianto (fibre >100mm)	µg/l		< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Acido para-ftalico	µg/l	37000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000
Acrilammide	µg/l	0,1	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Organostannici	µg/l		< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

### 6.2.3 Considerazioni conclusive

Confrontando le risultanze emerse dalle analisi chimiche eseguite sui terreni della sponda sud del Canale Industriale Sud e sulle acque prelevate dai piezometri installati si può notare come i campioni di terreno mostrano significativi eccessi nelle concentrazioni di metalli pesanti mentre i campioni di acqua di falda risultino mediamente e pesantemente contaminati da composti organici. Anche dal punto di vista geografico si può notare come le acque di falda prelevate in corrispondenza dei piezometri installati sulla sponda della darsena e del primo tratto di sponda siano fra le più contaminate di tutte quelle analizzate, mentre i terreni risultano più inquinati laddove si rinvenivano i fanghi rossi ed essenzialmente in corrispondenza del secondo tratto in cui è stata suddivisa la sponda sud del Canale Industriale Sud.

In ogni modo il significativo e marcato arricchimento in cloruro di vinile in corrispondenza del campione S1Pz1 (da 4.00 a 6.00 m dal p.c.) in sabbie ritenute stratigraficamente naturali rappresenta sì un caso isolato fra tutti i terreni analizzati; tuttavia, presumibilmente, i materiali granulari su cui insistono falde contaminate da composti organici e persistenti come gli alifatici alogenati cancerogeni possono esserne contaminate, pur essendo queste sabbie o questi limi sabbiosi sedimenti di origine naturale e non terreni di riporto. Appare, quindi, limitativo considerare contaminati unicamente i materiali di riporto rappresentativi degli strati più superficiali interessati dall'opera.

## 7. CONCLUSIONI

Si riassumono brevemente i principali risultati delle attività di campo e di laboratorio condotte nell'ambito del progetto “*OP/222 Indagini integrative a supporto delle progettazioni degli interventi sulle sponde dei canali di Porto Marghera – CANALE INDUSTRIALE SUD – DARSENA E SPONDA SUD*”.

### Evoluzione morfologica dell'area

Il primo elaborato cartografico utilizzato per la ricostruzione morfologica dell'area, è la carta del Paleocapa del 1845 nella quale l'area del Canale Industriale Sud risulta ubicata al margine tra terraferma e territorio lagunare, in una zona caratterizzata dalla presenza di barene e vie d'acqua naturali e non ancora rettificata artificialmente. La situazione rimane sostanzialmente invariata fino al 1940. Nel trentennio che segue la morfologia dell'area attualmente interessata dalla presenza del Canale Industriale Sud muta in modo considerevole. Dopo la seconda guerra mondiale furono infatti ricostruiti gli stabilimenti distrutti ma fu soprattutto realizzata una *seconda zona industriale*, indispensabile a seguito della occupazione praticamente totale della prima zona. Gli interventi più significativi sono la realizzazione del *Canale Malamocco – Marghera* (il *Canale dei Petroli*), necessario per unire tra loro i vari bacini di evoluzione e che altera definitivamente il profilo naturale della costa cancellando le ultime barene presenti, e il Canale Industriale Sud che, parallelo al Canale Industriale Ovest, termina con una importante darsena.

<b>Evoluzione morfologica dell'area</b>	Nei periodi successivi la situazione si mantiene sostanzialmente invariata fatta eccezione per un'intensa urbanizzazione dell'area, caratterizzata da nuovi e numerosi insediamenti industriali e da una rete viaria di collegamento complessa ed articolata.
<b>Interpretazione stratigrafica</b>	La situazione stratigrafica dell'area occupata dalla darsena e dalla sponda del Canale Industriale Sud, desunta dai cinque profili geostatigrafici realizzati sulla base delle stratigrafie relative ai sondaggi e interpretata sulla base della serie tipo veneziana, vede la presenza di uno strato di riporto eterogeneo costituito da materiale limoso sabbioso con ciottoli, radici e frammenti di varia natura localmente seguito da fanghi rossi. Lo strato riportato poggia sulla sequenza naturale che inizia con i classici depositi lagunari di ambiente olocenico seguiti dal caranto. Il complesso sedimentario continentale vede l'alternanza di orizzonti granulari costituiti da sabbie medio fini con componente limosa variabile e livelli limoso argillosi. Nell'area della darsena e nel primo tratto del canale è prevalente la presenza di un livello coesivo sotto il deposito olocenico o il caranto, seguito da uno spesso bancone sabbioso localmente interrotto da lenti limose. Procedendo verso la confluenza con il canale Malamocco – Marghera il livello coesivo più superficiale aumenta progressivamente di spessore con una conseguente riduzione di potenza del livello sabbioso sottostante, la cui continuità verticale risulta inoltre interrotta da lenti coesive di spessore rilevante. La presenza di queste lenti e di intercalazioni sabbiose all'interno delle stesse determina una fitta alternanza

**Interpretazione stratigrafica** di orizzonti con caratteristiche litologiche diverse nel tratto di canale che va dal cambio direzione dello stesso (area Amav – ex Abibes) al sondaggio S19Pz15. E' difficile in questo tratto distinguere un numero limitato di orizzonti (2-3) con caratteristiche litologiche omogenee. La situazione si modifica nuovamente, semplificandosi, nell'ultimo tratto del canale, dove il deposito sedimentario continentale è caratterizzato dalla presenza di un livello sabbioso al tetto, seguito da un orizzonte coesivo e da un nuovo livello sabbioso alla base della sequenza stratigrafica. Gli spessori variano considerevolmente tra sondaggi posti anche a distanza limitata. L'interpretazione stratigrafica generale dell'area conferma la complessa variabilità degli orizzonti, sia in senso verticale sia in senso orizzontale, dell'unità continentale, variabilità determinata dalla presenza di depositi a sviluppo lentiforme o corpi massicci con forme eteropiche o forme anomale di colmata di antiche zone erosive.

**Prove SPT e prove Lefranc** I risultati ottenuti dalle prove SPT (Standard Penetration Test) condotte in corrispondenza degli orizzonti granulari, evidenziano la presenza preponderante di terreni sabbiosi o sabbioso limosi con un grado di addensamento medio (circa il 50%) seguiti da livelli sciolti (circa il 30 %).

Per quanto riguarda le prove di permeabilità in foro di sondaggio, il 65.6% delle stesse ha fornito valori di permeabilità medi ( $10^{-6}$  –  $10^{-5}$  m/sec), mentre solo il 18% e il 14.8% dei terreni testati sono caratterizzati rispettivamente da permeabilità basse ( $10^{-7}$ – $10^{-6}$  m/sec) e alte ( $10^{-5}$ – $10^{-4}$

Prove SPT  
e  
Prove Lefranc

m/sec). Solo una prova ha fornito valori di conducibilità molto bassi. In linea generale, l'intervallo di valori calcolati sulla base dei dati delle prove è tipico di terreni costituiti da sabbie fini, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati, in accordo con quanto rilevato dall'esame visivo delle carote estruse e dalle analisi granulometriche.

Assetto  
idrogeologico

Dall'interpretazione stratigrafica e dal monitoraggio in continuo delle acque di falda emerge un assetto idrogeologico dell'area piuttosto complesso. I vari acquiferi incontrati presentano infatti caratteristiche idrogeologiche difficilmente inquadrabili nei classici modelli di idrogeologia. Si tratta di un sistema multifalda caratterizzato da acquiferi costituiti da sabbie fini limose; le acque di falda presentano valori di conducibilità dell'ordine di qualche mS/cm, e sono quindi classificabili come salmastre. Nel caso specifico il contenuto di sali delle acque è riconducibile alla vicinanza della laguna aperta, con la quale gli acquiferi risultano essere, o sono stati, in stretta relazione, considerate anche le oscillazioni in relazione alle escursioni di marea.

*FALDA SUPERFICIALE.* La falda superficiale è stata monitorata in corrispondenza di sei punti di sondaggio distribuiti lungo il percorso della darsena e del canale. Dall'analisi dei dati si evince che la falda interna al deposito presenta caratteristiche diverse da punto a punto. Due piezometri evidenziano un andamento indipendente dalle oscillazioni di marea, con livelli di falda posti

**Assetto  
idrogeologico**

a quote sensibilmente diverse. Si tratta quindi di punti nei quali la falda superficiale è sostanzialmente isolata rispetto al canale principalmente per la presenza di barriere artificiali (banchine). In tutti gli altri piezometri superficiali monitorati, il livello di falda è caratterizzato da oscillazioni decimetriche più o meno marcate che seguono con regolarità l'andamento della marea nei diversi intervalli temporali considerati. Si osserva, in linea generale, uno sfasamento contenuto (poche ore) e una certa attenuazione delle oscillazioni che determina una corrispondenza tra i valori massimi della falda e quelli relativi alla marea ma non tra i minimi. Le fasi di abbassamento della marea non sono accompagnate da un corrispondente abbassamento della falda; evidentemente, la ciclicità delle pulsazioni mareali, combinata con una conducibilità idraulica medio bassa (normalmente  $10^{-6}$  m/sec) dell'orizzonte testato, non consente il rapido drenaggio ("scarico") delle acque di falda, per cui il livello si mantiene più alto rispetto a quello relativo alla marea. Trattandosi di falde sospese localizzate all'interno del terreno di riporto con caratteristiche "litologiche" eterogenee in senso sia laterale sia verticale, risulta ovviamente poco significativa una correlazione tra le stesse.

*PRIMA FALDA.* Nell'interpretazione dell'assetto idrogeologico si deve considerare il fatto che la correlazione tra gli orizzonti coesivi e quelli granulari relativi al deposito continentale pleistocenico risulta particolarmente difficile, ed è di conseguenza piuttosto problematica l'attribuzione delle falde monitorate ad uno stesso orizzonte granulare. Dall'interpretazione stratigrafica si evince comunque che la prima falda è

**Assetto  
idrogeologico**

generalmente localizzata sotto il deposito lagunare olocenico. I piezometri collocati all'interno di questo orizzonte sabbioso, di potenza variabile, localmente interrotto da lenti coesive e in alcuni tratti del tutto assente sono complessivamente dieci. Dall'analisi dei dati acquisiti durante il monitoraggio si deduce che il comportamento della falda è omogeneo nella maggior parte dei piezometri monitorati, in corrispondenza dei quali è quindi evidente la presenza di un'unica falda in stretta dipendenza con il canale. La risposta alle variazioni di marea evidenzia un ritardo praticamente nullo ed una attenuazione delle oscillazioni più o meno marcata a seconda delle caratteristiche di permeabilità degli orizzonti testati. Come già specificato nel paragrafo relativo alle falde superficiali, la ciclicità delle pulsazioni mareali e la conducibilità idraulica medio bassa non consentono il rapido drenaggio delle acque di falda, per cui nella maggior parte delle postazioni indagate il livello si mantiene più alto rispetto a quello relativo alla marea (buona corrispondenza tra i massimi ma non tra i minimi).

*SECONDA FALDA.* I piezometri installati in corrispondenza della seconda falda sono complessivamente dodici e sono collocati nell'orizzonte granulare più profondo intercettato nel corso dei sondaggi. Come si osserva nell'interpretazione stratigrafica generale il suddetto livello è ben identificato e presenta uno spessore consistente in corrispondenza della darsena e del primo tratto di canale. Nel secondo tratto lo stesso livello ha spessori variabili per la presenza di lenti coesive che interrompono la

**Assetto  
idrogeologico**

continuità verticale rendendo più complessa la correlazione stratigrafica. Nella maggior parte dei piezometri installati l'andamento del livello di falda nel periodo di monitoraggio è in stretta dipendenza con le oscillazioni mareali; lo sfasamento è praticamente nullo e si rileva una buona corrispondenza tra i massimi ed una attenuazione delle oscillazioni determinata dalla ciclicità delle pulsazioni mareali che non consentono il rapido drenaggio delle acque di falda; per questo motivo, nei suddetti piezometri, così come in quelli superficiali e della prima falda collegati al canale, il livello di falda si mantiene più alto rispetto a quello relativo alla marea.

**Prove  
geotecniche di  
laboratorio**

Dal punto di vista *granulometrico* si evidenzia la variabilità litologica dei campioni prelevati e testati e la debole differenziazione in termini litologici tra campioni indisturbati e rimaneggiati. Queste caratteristiche determinano una certa ampiezza dei due fusi (terreni poco omogenei) e una debole traslazione orizzontale verso i diametri maggiori del fuso relativo ai rimaneggiati rispetto agli indisturbati.

Il *limite di liquidità* è compreso tra il 20 e il 55%, con valori più frequenti tra il 30 e il 35%; per quanto riguarda il *limite di plasticità*, i dati di laboratorio hanno rilevato un campo di variazione che va dal 15 al 40%, con una frequenza maggiore di valori compresi tra il 25 e il 30% (media e bassa plasticità). Per quanto riguarda i campioni indisturbati, prevalgono i limi inorganici di media compressibilità e i limi organici.

**Prove geotecniche di laboratorio** il *contenuto d'acqua* è compreso in un range piuttosto ampio che va dal 5.6% al 72.7%. La quasi totalità dei campioni testati è caratterizzata da valori del contenuto d'acqua compresi tra il limite liquido e quello plastico. Il terreno è quindi allo stato plastico, può essere deformato e manipolato senza dar luogo a fessure e senza cambiamento di volume, ha una certa coesione e, sottoposto a carichi relativamente piccoli, si deforma notevolmente senza rompersi. Si tratta di una condizione di normale consolidamento o di leggera sottoconsolidazione; la compressibilità e la resistenza al taglio assumono quindi valori medi.

Anche per quanto riguarda il *peso specifico dei grani* sono stati determinati valori compresi in un ampio intervallo (2.30 a 2.98); i valori più bassi sono in genere attribuiti a campioni caratterizzati da una certa componente organica.

Per il *peso di volume* i valori ottenuti variano da 1.47 a 2.14 gr/cm<sup>3</sup>, in funzione del grado di consistenza, di saturazione e del contenuto di sostanza organica. In linea generale, campioni con un contenuto d'acqua elevato sono anche caratterizzati da bassi valori del peso di volume e del Gs e risultano spesso caratterizzati da un contenuto di sostanza organica rilevante.

Le *prove di taglio diretto* hanno fornito valori dell'angolo d'attrito variabili da 15° a 39.2°, maggiori per i campioni caratterizzati da una componente sabbiosa rilevante; la coesione efficace varia invece da 0 a 0.20 kg/cm<sup>2</sup> ed è quindi piuttosto bassa.

**Prove  
geotecniche di  
laboratorio**

Le *prove di compressione con espansione laterale libera* sono state condotte su due provini prelevati dallo stesso campione. I valori di  $q_{u_{max}}$  ottenuti sono variabili in un range piuttosto ampio che va da 0.31 a 3.06 kg/cm<sup>2</sup>, con una generale tendenza all'aumento con la profondità.

Dalle *prove triassiali CIU e CID* sono stati ottenuti valori di angolo d'attrito compresi tra 21.2° e 42.0°, mentre la  $c'$  varia da 0 a 0.65 kg/cm<sup>2</sup>.

L'interpretazione delle *prove edometriche* ha fornito valori del coefficiente di consolidazione primaria  $c_v$  variabili da  $1.02 \cdot 10^{-2}$  a  $1.86 \cdot 10^{-4}$  cm<sup>2</sup>/sec, mentre il coefficiente di permeabilità edometrica è compreso tra  $2.70 \cdot 10^{-9}$  a  $1.00 \cdot 10^{-4}$  cm/sec.

**Analisi  
chimiche**

Tutti i risultati delle analisi chimiche effettuati sui suoli e sulle acque sono confrontati con i limiti fissati dalle normative vigenti: D.M. 471/99 per le acque, D.M. 471/99 e Protocollo d'Intesa 08/04/93 per i suoli.

SUOLI. Le analisi chimiche hanno interessato i terreni di ventisei dei sondaggi a rotazione con carotaggio continuo. In corrispondenza di ognuno di essi sono stati prelevati tre campioni, per un totale di settantotto livelli, rappresentativi dello spessore del terreno di riporto, o degli strati più superficiali interessati dall'opera. In un certo numero di sondaggi il campione più profondo, e talora quello intermedio, sono rappresentati da sedimenti naturali, come sabbie o limi olocenici e a volte pleistocenici, ed argille sovraconsolidate attribuibili al caranto. I rimanenti campioni, al contrario, sono costituiti da terreni di riporto e/o da rifiuti industriali, come

**Analisi  
chimiche**

fanghi rossi, o materiali limoso-argillosi con forte odore di idrocarburi.

Rispetto al profilo normativo che disciplina la modalità per la messa in sicurezza, la bonifica ed il ripristino ambientale dei siti inquinati, si osserva una marcata contaminazione da metalli pesanti, nella fattispecie essenzialmente cadmio, piombo e zinco ed un subordinato, seppur non meno pesante, arricchimento in idrocarburi leggeri ( $C < 12$ ). La contaminazione da arsenico, antimonio, vanadio e cloruro di vinile rappresenta, al contrario, una situazione puntuale. In ogni qual modo, è significativo notare come i livelli più contaminati corrispondano geograficamente al tratto di imbocco del Canale Industriale Sud.

Rispetto alla normativa che legifera riguardo al possibile riutilizzo di questi materiali in Laguna di Venezia (*Protocollo d'Intesa 08.04.93*), si osserva un diffuso arricchimento in idrocarburi policiclici aromatici, in idrocarburi totali ed in pesticidi organoclorurati, sebbene siano già state esposte le problematiche inerenti la possibile sovrastima delle loro reali concentrazioni nei terreni analizzati. Significativamente presenti sono i policlorobifenili ed i metalli pesanti. Come già osservato discutendo il quadro normativo del D.M. 471/99 si osserva una marcata e diffusa contaminazione da parte di questi ultimi composti nel tratto di imbocco del Canale Industriale Sud.

**Analisi  
chimiche**

Dal confronto del dato espresso sul tal quale con la Delibera C.I. 27/07/4 del D.P.R. 915/82 (in attesa delle nuove norme applicative derivanti dal D.Lgs. 22/97) si evince che 60 campioni su 78 vanno conferiti a discarica 2B, 9 a discarica 2B Super e 9 a discarica 2C. Va evidenziato, inoltre, che non sembra esserci una correlazione fra la natura del materiale ed il tipo di discarica in cui andrebbe stoccato.

ACQUE. Nel corso delle indagini sono stati prelevati ventitrè campioni d'acqua; dei campioni prelevati, quattro sono riferibili alla falda superficiale, otto alla prima falda ed undici alla seconda falda.

Tutti i campioni d'acqua analizzati superano, almeno per una sostanza, le concentrazioni limite stabilite dal D.M. 471/99. Le acque della seconda falda della darsena e del primo tratto sono quelle per le quali il numero di sostanze contaminanti eccedenti i limiti stabiliti dal D.M. 471/99 è superiore. Significativa risulta la contaminazione da alifatici clorurati cancerogeni; questi ultimi, infatti, sono sostanze potenzialmente molto inquinanti, in quanto non biodegradabili e, quindi, una volta immesse, avendo viscosità maggiore di quella dell'acqua e densità maggiore, tendono ad accumularsi negli acquiferi più profondi (*Zangheri, 2000*). I campioni d'acqua afferenti alla seconda falda del secondo tratto non mostrano, invece, alcun tipo di contaminazione da parte di composti organici. Come già evidenziato al capitolo 4, quella che dal punto di vista stratigrafico è stata interpretata come la seconda falda presenta comportamenti diversi nelle tre porzioni in cui è stata suddivisa la sponda sud del Canale Industriale Sud.

**Analisi  
chimiche**

Queste differenze sono, quindi, confermate anche dalle analisi chimiche. Queste ultime, infatti, mettono in luce da un lato come questi acquiferi non siano fra loro apparentemente in comunicazione e dall'altro come la sorgente inquinante sia puntuale. Quest'ultima potrebbe essere ricercata o in qualche scarico industriale, o in una pesante contaminazione delle acque del Canale, peraltro non nota, in contatto con queste falde vista la profondità del canale stesso, o infine nella presenza a fondo canale di terreni di riporto fortemente contaminati, come sarebbe lecito supporre in funzione di indagini simili condotte sul fondo di altri canali industriali (*MAV-CVN, 1999*). Discorso analogo vale per i campioni d'acqua prelevati in corrispondenza della prima falda; i solventi organo alogenati sono, infatti, presenti unicamente nei campioni prelevati nella darsena. Le acque della falda superficiale, al contrario, mostrano un comportamento a se stante. La pesante contaminazione da triclorometano e da composti alifatici alogenati cancerogeni riscontrata nei campioni S12Pz10 e S18Pz14 e dalle altre sostanze eccedenti i limiti imposti dal D.M. 471/99 in tutti i campioni non sembra connessa ad una significativa presenza di queste sostanze nel terreno di riporto.

*CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.* Confrontando le risultanze emerse dalle analisi chimiche eseguite sui terreni della sponda sud del Canale Industriale Sud e sulle acque prelevate dai piezometri installati si può notare come i campioni di terreno mostrano significativi eccessi nelle concentrazioni di metalli

**Analisi  
chimiche**

pesanti mentre i campioni di acqua di falda risultino mediamente e pesantemente contaminati da composti organici. Anche dal punto di vista geografico si può notare come le acque di falda prelevate in corrispondenza dei piezometri installati sulla sponda della darsena e del primo tratto di sponda siano fra le più contaminate di tutte quelle analizzate, mentre i terreni risultano più inquinati laddove si rinvenivano i fanghi rossi ed essenzialmente in corrispondenza del secondo tratto in cui è stata suddivisa la sponda sud del Canale Industriale Sud.

In ogni modo il significativo e marcato arricchimento in cloruro di vinile in corrispondenza del campione S1Pz1 (da 4.00 a 6.00 m dal p.c.) in sabbie ritenute stratigraficamente naturali rappresenta sì un caso isolato fra tutti i terreni analizzati; tuttavia, presumibilmente, i materiali granulari su cui insistono falde contaminate da composti organici e persistenti come gli alifatici alogenati cancerogeni possono esserne contaminate, pur essendo queste sabbie o questi limi sabbiosi sedimenti di origine naturale e non terreni di riporto. Appare, quindi, limitativo considerare contaminati unicamente i materiali di riporto rappresentativi degli strati più superficiali interessati dall'opera

**BIBLIOGRAFIA**

*Celico P. (1986).* “Prospezioni idrogeologiche”. Volume I e volume II. Liguori Editore (NA). pp.1–735, pp.1–520.

*Cestari F. (1990).* “Prove geotecniche in sito”. I edizione. Ed. Geo-Graph s.n.c. – Segrate (MI). pp.1–401.

*Coen – Cagli E. (1929).* “Porto Marghera: realtà del primo aprile 1929”. Società Anon. Coop. “Il rotare”, Milano, 1929, 19 pp.

*Colombo P. (1974).* “Elementi di geotecnica”. Ed. Zanichelli (BO). pp. 1–290.

*Colombo P., Matteotti G. (1963).* “Contributo allo studio delle caratteristiche geotecniche dei terreni della Laguna di Venezia e zone limitrofe”. Memoria presentata all’adunanza del 26 maggio 1963 dal m.e. prof. G. Ferro. pp. 385–398.

*Consorzio Venezia Nuova (1999).* “interventi per il recupero ambientale e morfologico della Laguna di Venezia. Indagine per la caratterizzazione dei fondali a supporto della progettazione esecutiva degli interventi di riqualificazione ambientale dell’area del Canale Industriale Nord e del Canale Bretella a Porto Marghera – OP 183. Esecutore SELC & SGS.

*Ferro G. (a cura di) (1956).* Porto Marghera: ieri, oggi, domani. Istituto vanto di Scienze, Lettere ed Arti. Atti del Convegno per il retroterra veneziano. Officine grafiche Carlo Ferrari, Venezia, 97–104 pp.

*Gatto P. (1973).* “Ricostruzione litostratigrafica del sottosuolo veneziano sulla base delle documentazioni di 120 pozzi artesiani e geotecnici”. CNR – Laboratorio per lo studio delle dinamica delle grandi masse – Ottobre 1973 – TR33. pp.1–17

*Gatto P., Previatello P. (1974).* “Significato stratigrafico, comportamento meccanico e distribuzione nella Laguna di Venezia di una argilla sovraconsolidata nota come *caranto*”. CNR – Laboratorio per lo studio delle dinamica delle grandi masse – Aprile 1974 – TR70. pp.1–45.

*Gatto P., Serandrei Barbero R. (1979).* “Aggiornamento scientifico sui problemi della laguna: paleomorfologia e subsidenza”. Atti dei convegni 1979 – Associazione civile *Venezia serenissima* – 5 aprile 1979 – Scuola Grande S. Teodoro. pp.1–22.

*Lancellotta R. (1993).* “Geotecnica”. Ed. Zanichelli (BO). pp. 1–555.

*Mancuso F. (1997).* “L’archeologia industriale nelle città d’acqua. Il riuso delle strutture industriali e portuali legate all’acqua”. In *Aquapolis*, n. 4, Padova, dicembre 1997, 54–60 pp.

*MAV-CVN (1999).* Interventi per il recupero ambientale e morfologico della Laguna di Venezia. “Indagine per la caratterizzazione dei fondali a supporto della progettazione esecutiva degli

interventi di riqualificazione ambientale dell'area Canale Industriale Nord e Canale Bretella a Porto Marghera – OP 183”. Esecutore: SELC p.SCARI. pp. 1–56.

*Raviolo P.L. (1993).* “Il laboratorio geotecnico”. Ed. Controls (Cernusco S.N.). pp. 1–608.

*Ricceri G., Previatello P. (1972).* “Caratteristiche geotecniche del sottosuolo della Laguna Veneta”. Memoria presentata all'adunanza del 23 gennaio 1972 dal socio eff. G. Ferro. pp. 1–73.

*Urbanistica Quaderni (1996).* Comune di Venezia. La pianificazione urbanistica come strumento di politica industriale. La variante al PRG per Porto Marghera. Collana dell'Istituto Nazionale di Urbanistica, Anno II, ottobre 1996. A cura di Turiddo Pugliese–Coses.

*Zangheri P. (2000).* “L'acqua sotterranea:una risorsa nascosta. Pozzi, acquiferi e falde nella Provincia di Venezia”. Assessorato alle Politiche Ambientali della Provincia di Venezia – Civiltà dell'Acqua.