

## ALLEGATO I: FOTO POZZI DELLA RETE DI MONITORAGGIO

PN1



PN2



PN3



PN4



PN5



PN6



PN7



PN8



PN9



PN11



PN12



PN13



PN15



PN16



PN17



PN18



PN19



PN20



PN21



PN22



PN23



PN24



PN25



PN26



PN27



PN28



PN29



PN30



PN31



PN32



## ALLEGATO II: SCHEDE DI CAMPAGNA

### PN1

Quota di riferimento bocca pozzo  
21.5m  
Profondità esplorata 77m  
Livello piezometrico preso da bocca pozzo  
Livello riferimento bocca pozzo  
Campioni presi con hydrasleeve a 35  
e 67 m da bocca pozzo



#### CAMPIONAMENTI\_PFC

	Lv_pz	Cond	pH	temp	µl HCl 0.1N
35 m					
67 m					
28/01/2015	Lv_pz	Cond	pH	temp	µl HCl 0.1N
35 m	21.68	1688	7.99	16.8	
67 m		3760	7.94	17.7	

LOG ogni 5m  
30/09/2014  
28/01/2015  
05/05/2015

#### MONITORAGGIO IN CONTINUO dive a 57m

Da ott14 a gen15 CTDD Doveri 100new f:1h  
Da gen15 a magg15 CD CeraDiverD7 f:1h  
Da magg15 – attuale CeraDiverD7 f:½h

#### ULTERIORI MISURE LV\_COND

30/09/2014 → 21.71  
28/01/2015-29/01/2015 → 21.68/21.65 \_ 1688  
05/05/2015 → 21.66 \_ 2200  
19/05/2015 → 21.61

#### Scarico/Carico diver

Livello piezo pre scarico \_\_\_\_\_  
Data e ora scarico \_\_\_\_\_  
Data e ora install \_\_\_\_\_

#### DUBBIO SU ALCALINITA' A 60 m

In camp 60microlitri in laboratorio 45microlitri

### PN2

Quota di riferimento bocca pozzo  
21.08m  
Profondità esplorata 75m  
Livello piezo preso da bocca pozzo  
Livello riferimento bocca pozzo  
Campioni presi con hydrasleeve a 40  
e 60 m da bocca pozzo



#### CAMPIONAMENTI\_PFC

	Lv_pz	Cond	pH	temp	µl HCl 0.1N
40 m					
60 m					
27/01/2015	Lv_pz	Cond	pH	temp	µl HCl 0.1N
40 m	22.22	1182	7.65	18.5	
60 m		2325	8.16	18.6	

LOG ogni 5m  
29/09/2014  
27/01/2015  
05/05/2015

#### MONITORAGGIO IN CONTINUO dive a 50m

Da ott14 – attuale CTDD Doveri50new2 f:1h  
Da maggio 15 f:½h

#### ULTERIORI MISURE LV\_COND

29/09/2014 → 23.03  
27/01/2015-30/01/2015 → 22.22 \_ 1182  
05/05/2015 → 21.98 \_ 1310  
19/05/2015 → 22.09

#### Scarico/Carico diver

Livello piezo pre scarico \_\_\_\_\_  
Data e ora scarico \_\_\_\_\_  
Data e ora install \_\_\_\_\_

### PN3

Quota di riferimento piano campagna 18.97m

Profondità esplorata 55m

Livello piezo preso da bocca tubo dal quale togliere altezza del bocca tubo (variabile nel tempo)



### CAMPIONAMENTI\_PFC

	Lv_pz	Cond	pH	temp	µl HCl 0.1N
28/01/2015	23.70	998	7.77	18.1	39

LOG ogni 2m  
06/05/2015 difficile

Campionamento effettuato da rubinetto

MONITORAGGIO IN CONTINUO  
dive a 40m

Da magg 15 – attuale CTDD Doveri100new f:½ h

### ULTERIORI MISURE LV\_COND

27/01/2015-30/01/2015 → 23.70 \_ 998

07/05/2015 → 23.01 \_ 976

19/05/2015 → 30.35

Scarico/Carico diver

Livello piezo pre scarico \_\_\_\_\_

Data e ora scarico \_\_\_\_\_

Data e ora install \_\_\_\_\_

### PN4

Quota di riferimento bocca pozzo 20.83m

Profondità esplorata 77m

Livello piezo preso da boccapozzo

Livello riferimento bocca pozzo



### CAMPIONAMENTI\_PFC

	Lv_pz	Cond	pH	temp	µl HCl 0.1N
28/01/2015	17.72	1096	7.50	17.1	42

LOG ogni 5m  
29/09/2014  
28/01/2015  
05/05/2015

MONITORAGGIO IN CONTINUO  
dive a 60m

Da ott14 – attuale CTDD Doveri50new1 f:1h

Da maggio 15 f:½h

### ULTERIORI MISURE LV\_COND

29/09/2014 → 17.79

27/01/2015-30/01/2015 → 17.72 \_ 1096

05/05/2015 → 17.71 \_ 1086

19/05/2015 → 17.77

Scarico/Carico diver

Livello piezo pre scarico \_\_\_\_\_

Data e ora scarico \_\_\_\_\_

Data e ora install \_\_\_\_\_



## PN5

Quota di riferimento bocca pozzo 17.3m

Profondità esplorata 26m, originaria 108m, possibile collasso.

Livello piezo preso da boccapozzo



Pozzo non campionato, perché non considerato rappresentativo

## ULTERIORI MISURE LV\_COND

29/09/2014 → 14.74

27/01/2015-30/01/2015 → 14,74 \_ 1553

05/05/2015 → 14.81 \_ 1370

## PN6

Quota di riferimento bocca pozzo 18.73m

Profondità esplorata 22m, originaria 80m

Livello piezo preso da bocca pozzo

Livello di riferimento bocca pozzo



LOG ogni 5m  
30/09/2014

MONITORAGGIO IN CONTINUO

diver a 20m

Da ott14 – gen15 CD Cera Parco f:1h

## ULTERIORI MISURE LV\_COND

27/01/2015-30/01/2015 → 19.18

05/05/2015 → 19.09 \_ 1537

Scarico/Carico diver

Livello piezo pre scarico → 19.18

Data e ora scarico → 28/01/2015 16:00

### PN7

Quota di riferimento bocca pozzo 21,43m

Profondità 21.2 m

Livello piezo preso da lamiera di contorno bocca pozzo

Livello di riferimento bocca pozzo



### ULTERIORI MISURE LV\_COND

27/01/2015-30/01/2015 → 19.75 \_ 2032

05/05/2015 → 19.71 \_ 1934

### PN8

Quota di riferimento bocca pozzo 19.74m

Profondità esplorata 22.3

Livello piezo preso sotto al tubo presente sul bocca pozzo

Livello di riferimento bocca pozzo



### CAMPIONAMENTI\_PFC

	Lv_pz	Cond	pH	temp	µl HCl 0.1N
28/01/2015	19.29	863	8.02	14.9	32.5

### MONITORAGGIO IN CONTINUO

diver a 21m

Da ott14 – gen15 CTDD Ielli 10 back f :1h

### ULTERIORI MISURE LV\_COND

27/01/2015-30/01/2015 → 19.29 \_ 863

06/05/2015 → 19.25 \_ 859

### Scarico/Carico diver

Livello piezo pre scarico → 19.29

Data e ora scarico → 29/01/2015 09:00

### PN9

Quota di riferimento bocca pozzo  
11.63m

Profondità 12,8m

Livello piezo preso da bocca pozzo

Livello di riferimento bocca pozzo



### ULTERIORI MISURE LV\_COND

27/01/2015-30/01/2015 → 11.83 \_ 8116

06/05/2015 → 11.86 \_ 2880

### PN11

Quota di riferimento bocca pozzo 17.61m

Profondità 16.2m

Livello piezo preso da bocca pozzo

Livello di riferimento bocca pozzo



### CAMPIONAMENTI\_PFC

	Lv_pz	Cond	pH	temp	µl HCl 0.1N
28/01/2015	14.08	1135	8.14	15.9	35,3

### ULTERIORI MISURE LV\_COND

27/01/2015-30/01/2015 → 14.08 \_ 1135

05/05/2015 → 13.94 \_ 1097

### PN12

Quota di riferimento bocca pozzo 19.73m

Profondità esplorata 18m

Livello piezo preso sotto griglia presente sul bocca pozzo

Livello di riferimento bocca pozzo



### CAMPIONAMENTI\_PFC

	Lv_pz	Cond	pH	temp	µl HCl 0.1N
27/01/2015	16.40	1034	7.57	16.1	35

### MONITORAGGIO IN CONTINUO diver a 24.7m

Da ott14 – attuale CTDD doveri 10 new f :1h

### ULTERIORI MISURE LV\_COND

27/01/2015-30/01/2015 → 16.40 \_ 1034

05/05/2015 → 16.46 \_ 1041

19/05/2015 → 16.40

### Scarico/Carico diver

Livello piezo pre scarico \_\_\_\_\_

Data e ora scarico \_\_\_\_\_

Data e ora install \_\_\_\_\_

### PN13

Quota di riferimento bocca pozzo 18.34m

Profondità esplorata 16.4m

Livello piezo preso da bocca pozzo

Livello di riferimento bocca pozzo



### CAMPIONAMENTI\_PFC

	Lv_pz	Cond	pH	temp	µl HCl 0.1N
28/01/2015	13.90	917	7.23	15.6	46

### MONITORAGGIO IN CONTINUO diver a 18m

Da ott14 – gen15 CD Cera diver D7 f :1h

### ULTERIORI MISURE LV\_COND

28/01/2015-30/01/2015 → 13.90 \_ 917

05/05/2015 → 13.95 \_ 921

### Scarico/Carico diver

Livello piezo pre scarico →13.95

Data e ora scarico → 28/01/2015 16:00

### PN14

Quota di riferimento bocca pozzo 6.34m

Profondità esplorata 6.62m

Livello piezo preso da griglia che si trova sopra bocca pozzo

Livello di riferimento bocca pozzo



### ULTERIORI MISURE LV\_COND

11/05/2015 → 6.48 \_ 3300

### PN15

Quota di riferimento bocca pozzo 12.55m

Profondità esplorata 12m

Livello piezo preso da bocca pozzo

Livello di riferimento bocca pozzo



N.B. Il pozzo è risultato secco durante tutte le campagne.

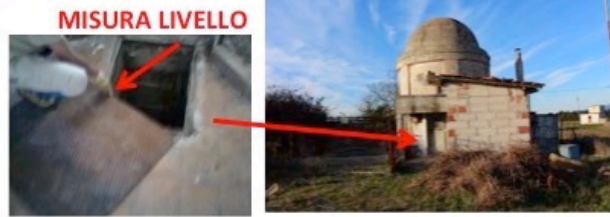
## PN16

Quota di riferimento bocca pozzo 16.24m

Profondità 17.5m

Livello piezo preso da bocca pozzo

Livello di riferimento bocca pozzo



## CAMPIONAMENTI\_PFC

	Lv_pz	Cond	pH	temp	µl HCl 0.1N
28/01/2015	16.10	869	7.86	15.8	38

## ULTERIORI MISURE LV\_COND

28/01/2015-30/01/2015 → 16.10 \_ 869

05/05/2015 → 15.92 \_ 878

## PN17

Quota di riferimento bocca pozzo 19.23m

Profondità esplorata 20.4m

Livello piezometrico preso da lamiera all'interno  
del bocca pozzo

Livello di riferimento lamiera



## CAMPIONAMENTI\_PFC

	Lv_pz	Cond	pH	temp	µl HCl 0.1N
28/01/2015	19.42	4470	7.46	16.7	42.5

## MONITORAGGIO IN CONTINUO

diver a 19m

Da ott14 – attuale CTDD diver Grassi 100 A f :1h

## ULTERIORI MISURE LV\_COND

28/01/2015-30/01/2015 → 19.42 \_ 4470

05/05/2015 → 19.40 \_ 3970

19/05/2015 → 19.34

## Scarico/Carico diver

Livello piezo pre scarico \_\_\_\_\_

Data e ora scarico \_\_\_\_\_

Data e ora install \_\_\_\_\_

### PN18

Quota di riferimento bocca pozzo 16.52m

Profondità esplorata 15.3m

Livello piezo preso da bocca pozzo

Livello di riferimento bocca pozzo



### CAMPIONAMENTI\_PFC

	Lv_pz	Cond	pH	temp	µl HCl 0.1N
28/01/2015	12.53	888	7.67	13.4	30

LOG ogni

5m

28/01/2015

MONITORAGGIO IN CONTINUO

diver a 16m

Da ott14 – gen15 CTDD diver Grassi 100 B f : 1h

Da gen15-attuale CD Cera Parco f : 1h

### ULTERIORI MISURE LV\_COND

28/01/2015-30/01/2015 → 12.53 \_ 888

05/05/2015 → 12.56 \_ 865

Scarico/Carico diver

Livello piezo pre scarico \_\_\_\_\_

Data e ora scarico \_\_\_\_\_

Data e ora install \_\_\_\_\_

### PN19

Quota di riferimento bocca pozzo 15.8m

Profondità esplorata 16.5m

Livello piezo preso dalla lamiera intorno  
al bocca pozzo

Livello di riferimento lamiera



### CAMPIONAMENTI\_PFC

	Lv_pz	Cond	pH	temp	µl HCl 0.1N
28/01/2015	15.83	1202	8.25	12.7	42

MONITORAGGIO IN CONTINUO

diver a 19m

Da ott14 – attuale CTDD 50m Grassi\_ingresso f : 1h

### ULTERIORI MISURE LV\_COND

28/01/2015-30/01/2015 → 15.83 \_ 1202

05/05/2015 → 15.85 \_ 1040

19/05/2015 → 15.82

Scarico/Carico diver

Livello piezo pre scarico \_\_\_\_\_

Data e ora scarico \_\_\_\_\_

Data e ora install \_\_\_\_\_

## PN20

Quota di riferimento bocca pozzo 15.84m

Profondità 17.1m

Livello piezo preso da bocca pozzo

Livello di riferimento bocca pozzo



## CAMPIONAMENTI\_PFC

	Lv_pz	Cond	pH	temp	µl HCl 0.1N
28/01/2015	15.75	3760	7.91	14.9	43.7

## ULTERIORI MISURE LV\_COND

28/01/2015-30/01/2015 → 15.75 \_ 3760

05/05/2015 → 15.69 \_ 3696

## PN21

Quota di riferimento bocca pozzo 19.98m

Profondità esplorata 19.7m

Livello piezo preso da bocca pozzo

Livello di riferimento bocca pozzo



## ULTERIORI MISURE LV\_COND

28/01/2015-30/01/2015 → 19.28 \_ 2580

05/05/2015 → secco



## PN22

Quota di riferimento bocca pozzo 13.49m

Profondità esplorata 15.7m

Livello piezo preso da sotto al tubo presente sul bocca pozzo

Livello di riferimento tubo



## CAMPIONAMENTI\_PFC

	Lv_pz	Cond	pH	temp	µl HCl 0.1N
28/01/2015	13.63	6590	7.57	16.1	44.5

## MONITORAGGIO IN CONTINUO

diver a 14m

Da ott14 – gen15 CTDD Sergio diver 100\_new1 f :1h

Da gen15-attuale CTDD Ielli10 back f : 1h

## ULTERIORI MISURE LV\_COND

28/01/2015-30/01/2015 → 13.63 \_ 6590

06/05/2015 → 13.57 \_ 6440

19/05/2015 → 13.53

## Scarico/Carico diver

Livello piezo pre scarico \_\_\_\_\_

Data e ora scarico \_\_\_\_\_

Data e ora install \_\_\_\_\_

## PN23

Quota di riferimento bocca pozzo 18.52m

Profondità 17.75m

Livello piezo preso da bocca pozzo

Livello di riferimento bocca pozzo



## CAMPIONAMENTI\_PFC

	Lv_pz	Cond	pH	temp	µl HCl 0.1N
29/01/2015	17.31	1198	7.93	13.3	34.7

## ULTERIORI MISURE LV\_COND

28/01/2015-30/01/2015 → 17.31 \_ 1198

06/05/2015 → 17.30 \_ 1151

## PN24

Quota di riferimento bocca pozzo 16.15m

Profondità 17.05m

Livello piezometrico preso da bocca pozzo  
(parte interna)

Livello di riferimento bocca pozzo



## CAMPIONAMENTI\_PFC

	Lv_pz	Cond	pH	temp	µl HCl 0.1N
29/01/2015	16.07	1935	7.92	13.8	43

## ULTERIORI MISURE LV\_COND

28/01/2015-30/01/2015 → 16.07 \_ 1935

06/05/2015 → 16.07 \_ 1861

## PN25

Quota di riferimento bocca pozzo 20.96m

Profondità 19.26m

Livello piezo preso da bocca pozzo

Livello di riferimento bocca pozzo

## CAMPIONAMENTI\_PFC

	Lv_pz	Cond	pH	temp	µl HCl 0.1N
27/01/2015	16.99	1695	7.73	12.9	46

MISURA  
LIVELLO



## ULTERIORI MISURE LV\_COND

28/01/2015-30/01/2015 → 16.99 \_ 1695

06/05/2015 → 17.04 \_ 1656

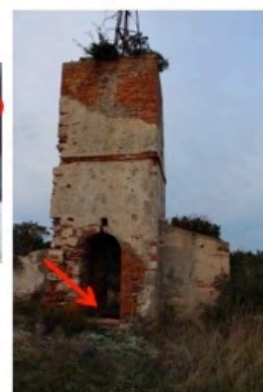
## PN26

Quota di riferimento bocca pozzo 23.85m

Profondità 13.41m

Livello piezo preso da barra di ferro all'interno del pozzo

Livello di riferimento barra di ferro



### CAMPIONAMENTI\_PFC

	Lv_pz	Cond	pH	temp	µl HCl 0.1N
27/01/2015	12.87	1822	8.08	12.9	44

### ULTERIORI MISURE LV\_COND

28/01/2015-30/01/2015 → 12.87 \_ 1822

06/05/2015 → 12.59 \_ 1147

## PN27

Quota di riferimento bocca pozzo 26.55m

Profondità 20.6m

Livello piezometrico preso da bocca pozzo

Livello di riferimento bocca pozzo



### CAMPIONAMENTI\_PFC

	Lv_pz	Cond	pH	temp	µl HCl 0.1N
27/01/2015	19.39	825	7.77	14.9	37.5

### ULTERIORI MISURE LV\_COND

28/01/2015-30/01/2015 → 19.39 \_ 825

06/05/2015 → 19.34 \_ 816

## PN28

Quota di riferimento bocca pozzo 22.74m

Profondità 24.15m

Livello piezo preso da bocca pozzo

Livello di riferimento bocca pozzo



## CAMPIONAMENTI\_PFC

	Lv_pz	Cond	pH	temp	µl HCl 0.1N
27/01/2015	23.03	1946	7.78	13.5	37.5

## ULTERIORI MISURE LV\_COND

28/01/2015-30/01/2015 → 23.03 \_ 1946

06/05/2015 → 23.05 \_ 1834

## PN29

Quota di riferimento bocca pozzo 17.77m

Profondità 20.02m

Livello piezo preso da bocca pozzo

Livello di riferimento bocca pozzo



## CAMPIONAMENTI\_PFC

	Lv_pz	Cond	pH	temp	µl HCl 0.1N
29/01/2015	17.93	2593	7.85	15.5	57

## ULTERIORI MISURE LV\_COND

28/01/2015-30/01/2015 → 17.93 \_ 2593

06/05/2015 → 17.93 \_ 2619

### PN30

Quota di riferimento bocca pozzo 22.34m

Profondità 19.7m

Livello piezo preso da bocca pozzo  
(per bocca pozzo si intende l'apertura  
in alto alla struttura, quella al piano  
campagna non accessibile)

Livello di riferimento bocca pozzo



### ULTERIORI MISURE LV\_COND

28/01/2015-30/01/2015 → 22.47 \_ 2085

06/05/2015 → 22.43 \_ 2122

### PN31

Quota di riferimento bocca pozzo 16m

Profondità 16.12m

Livello piezometrico preso da bocca pozzo

Livello di riferimento bocca pozzo



### CAMPIONAMENTI\_PFC

	Lv_pz	Cond	pH	temp	µl HCl 0.1N
29/01/2015	15.63	1505	8.10	15.3	43.7

### ULTERIORI MISURE LV\_COND

28/01/2015-30/01/2015 → 15.63 \_ 1505

06/05/2015 → 15.57 \_ 1380

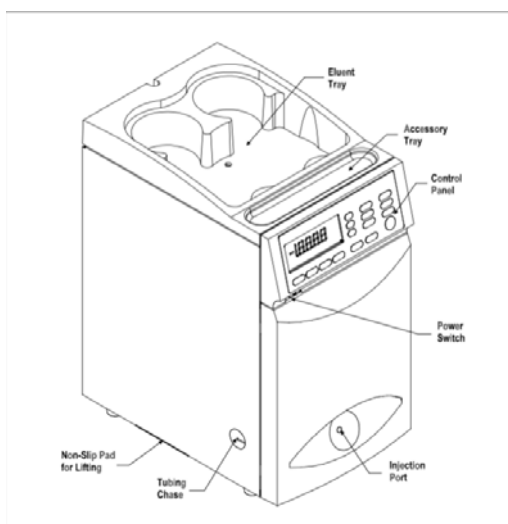
### **ALLEGATO III: METODICHE ANALITICHE (ANALISI CHIMICA DELLE ACQUE)**

#### *Cromatografia ionica*

La cromatografia ionica è una delle tecniche più utilizzate per la determinazione degli anioni nelle acque, non solo per la precisione dei risultati e la relativa rapidità con cui queste analisi possono essere svolte, ma anche perché, questa è la metodica *standard* per la certificazione della qualità delle acque. La cromatografia ionica è un metodo di separazione, applicato alla determinazione di campioni liquidi contenenti specie ioniche, che è stato sviluppato da Small et al (1975). Il principio di funzionamento è basato sulla differente forza di legame, che si genera fra una fase solida, contenente gruppi funzionali carichi positivamente o negativamente, e i vari ioni presenti in soluzione. Gli scambiatori ionici, o colonne cromatografiche, sono costituiti da resine polimeriche, sulla cui superficie sono attaccati gruppi funzionali debolmente ionici, carichi positivamente o negativamente, a cui si legano ioni di segno opposto contenuti nel campione da analizzare. La fase mobile (eluente) è una soluzione ionica, che entra in competizione con gli ioni del campione trattenuti nei siti di scambio della colonna e li rimuove spingendoli verso l'uscita. La rimozione avviene in funzione della forza ionica che ciascun ione instaura con i gruppi funzionali della fase stazionaria, rispetto a quella dell'eluente. Il tempo che intercorre tra l'iniezione del campione e l'uscita del picco di ciascun ione sul cromatogramma si definisce tempo di ritenzione ( $t_r$ ) di ciascuna specie ionica presente in soluzione.

Il cromatografo ionico utilizzato nel corso di questo lavoro è un cromatografo "Metrohm 883 Basic Ic plus" al quale è possibile interfacciarsi con il *software* "MagicIC Net Basic" (Fig. 1). Questo software consente di settare i parametri dello strumento e di controllare che nel corso delle analisi tali parametri non subiscano variazione che possono compromettere l'affidabilità delle stesse. Inoltre, questo *software* non solo consente di iniettare il campione riempiendo la *loop* di campionamento con la soluzione da analizzare e di osservare in tempo reale il cromatogramma del campione in analisi, ma anche di riprocessare i dati. Questa operazione può essere compiuta sia durante lo svolgimento delle analisi,

ma anche in seguito, infatti tutte le analisi svolte vengono archiviate automaticamente in specifici *database*.



**Figura 1: Esempio di un cromatografo ionico (Dionex manuale dell'operatore).**

In un cromatogramma tipico ciascun picco si riferisce ad un analita separato e la posizione del picco nel cromatogramma ne consente la sua identificazione. La posizione nel cromatogramma dipende dal tempo di ritenzione, ed è costante, a parità di condizioni analitiche quali tipo di colonna, composizione dell'eluente, flusso dell'eluente, etc. Inoltre, l'area e l'altezza del picco sono proporzionali alla concentrazione dell'analita e permettono di effettuare un'analisi di tipo quantitativo. Il calcolo dei contenuti delle diverse specie ioniche si effettua confrontando le aree dei picchi dei campioni con quelle di soluzioni a concentrazione nota (*standard*) delle stesse specie chimiche. Le soluzioni *standard* sono stati preparati partendo da apposite soluzioni madri dei vari elementi, in particolare nel corso di queste analisi sono state utilizzate le seguenti soluzioni:

- soluzione madre di bromuro: 1000 ppm  $\text{Br}^-$
- soluzione madre di fluoruro: 1000 ppm  $\text{F}^-$
- soluzione madre di nitrato: 1000 ppm  $\text{NO}_3^-$
- soluzione madre di solfato: 1000 ppm  $\text{SO}_4^-$
- soluzione madre di cloruri: 1000 ppm  $\text{Cl}^-$

In tabella 1 sono riportate le concentrazioni dei vari *standard* utilizzati eseguendo opportune diluizioni delle soluzioni madre di partenza

Analita	St1 (ppm)	St2 (ppm)	St3 (ppm)	St4 (ppm)	St5(ppm)
Br <sup>-</sup>	0,1	0,2	0,4	1	10
F <sup>-</sup>	0,1	0,2	0,4	1	10
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,1	0,2	0,4	1	10
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0,1	0,2	0,4	1	10
Cl <sup>-</sup>	0,1	0,2	0,4	1	10

**TABELLA 1: Standard per l'analisi degli anioni principali attraverso l'utilizzo del cromatografo ionico.**

Per la preparazione degli *standard* vengono utilizzati appositi matracci tarati (a volume noto) ed acqua deionizzata ultra pura (con resistività di: 18,2 Mohm/cm), denominata Milli-Q, dal nome del sistema di purificazione (Fig. 2).



**Figura 2: Bancone di lavoro, presso il CNR di pisa, sul quale si possono osservare i vari campioni di acqua dell'Isola di Pianosa in secondo piano, mentre in primo piano sono presenti i vati matricci contenti le soluzioni standard.**

Sulla base delle altezze/aree dei picchi del cromatogramma dei vari *standard* è stata definita la curva di calibrazione per ogni elemento (altezza picchi/ concentrazioni) sulla quale poi sono stati calcolate le concentrazione dei vari campioni. Inoltre, in modo da tenere sotto controllo la riproducibilità e la stabilità dello strumento, gli *standard* sono stati analizzati numerose volte, durante la stessa giornata di analisi.



I campioni, prima di procedere con le analisi, sono stati anch'essi opportunamente diluiti in modo da far rientrare le concentrazioni dei diversi analiti all'interno del *range* della curva di calibrazione (nel caso specifico 0,1 ppm e 10 ppm).

Una volta che, sono stati preparati gli *standard* e i campioni, si procede con l'analisi iniettandoli nel cromatografo. L'iniezione viene effettuata con un'apposita siringhe per un volume di circa 5ml.

Mentre la soluzione passa all'interno del rilevatore, sul *software* compare il cromatogramma (Fig. 3) dove vengono materializzati graficamente i vari picchi, a diversi intervalli di tempo ( $t_r$ ) e grazie al software "MagicIC Net Basic" si può risalire immediatamente alla concentrazione dei vari anioni.

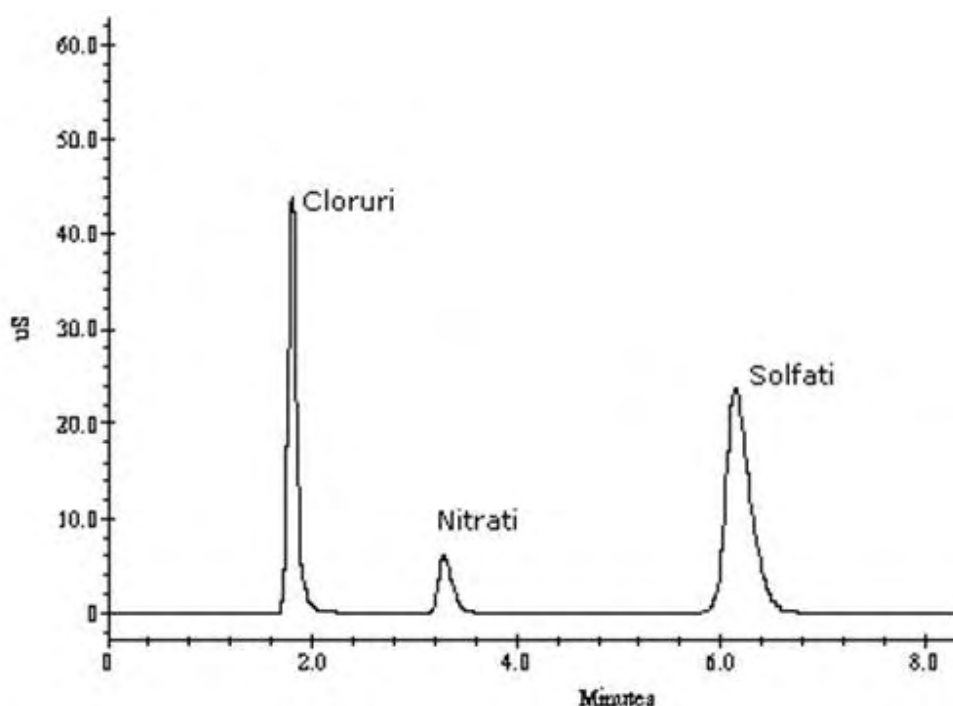


Figura 3: Esempio di un cromatogramma dove si vedono riportati i picchi dei cloruri, dei nitrati e dei solfati (Dionex manuale dell'operatore).

Per l'analisi dei cationi è stata utilizzata la tecnica dell'assorbimento atomico. Questa tecnica sfrutta la capacità degli atomi di assorbire le radiazioni elettromagnetiche, aventi un'opportuna lunghezza d'onda, specifica per ogni elemento.

### *Assorbimento atomico*

L'assorbimento atomico è un processo che avviene quando, un atomo nel suo stato fondamentale assorbe una quantità di energia, che provoca la promozione di un elettrone dell'orbitale più interno (stato fondamentale) a quello più esterno (stato eccitato). La quantità di radiazione assorbita dipende dal numero di atomi allo stato fondamentale presenti sul cammino ottico. Questa configurazione, risulta instabile, per tale motivo nel momento in cui l'energia fornita dall'esterno termina, l'elettrone tenderà a ritornare nella configurazione più stabile. Durante questo processo, l'atomo cede la stessa quantità di energia prima assorbita sotto forma di radiazione luminosa.

Questo strumento, per i campioni d'acqua dell'Isola di Pianosa, è stato utilizzato per la determinazione del:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ .

L'energia, che serve per il passaggio dallo stato fondamentale a quello eccitato, viene fornita da una lampada a catodo cavo dello stesso elemento che si vuole analizzare. Per quanto riguarda invece il passaggio, degli elementi presenti nel campione, da stato molecolare a quello atomico, viene utilizzata una fornace, o fiamma. Dopo di che, attraverso un rilevatore vengono raccolte le radiazioni in uscita dalla fiamma, che risulteranno attenuate in modo proporzionale alla concentrazione dell'elemento. Infine un sistema di amplificazione e conversione fornisce un segnale elettrico, che viene convertito in un numero visualizzato sullo display dello strumento (Fig. 4).



**Figura 4:** Strumento per effettuare la tecnica dell'assorbimento atomico, che si trova in dotazione del laboratorio del CNR di Pisa (IGG Istituto di Geoscienze e Georisorse).

La metodica di laboratorio anche in questo caso prevede la preparazione degli standard a concentrazione nota (Tab. 2), per definire la retta di calibrazione per ogni catione, e la diluizione dei campioni.

In particolare per la preparazione degli *standard* sono state utilizzate le seguenti soluzioni madre:

- soluzione madre di sodio: 1000 ppm di  $\text{Na}^+$
- soluzione madre di potassio: 1000 ppm  $\text{K}^+$
- soluzione madre di calcio: 1000 ppm  $\text{Ca}^{2+}$
- soluzione madre di magnesio: 1000 ppm  $\text{Mg}^{2+}$

E da queste sono stati preparati gli *standard* riportati nella seguente tabella 7.2:

	St1 (ppm)	St2 (ppm)	St3 (ppm)	St4 (ppm)	St5 (ppm)
$\text{Ca}^{2+}$	1	2	3	4	5
$\text{Mg}^{2+}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$\text{Na}^+$	0,4	0,8	1,2	1,6	
$\text{K}^+$	0,4	0,8	1,2	1,6	

**TABELLA 2:** Standard per l'analisi dei cationi principali attraverso l'utilizzo dell'assorbimento atomico.

Tenendo in considerazione che, durante le analisi si può incorrere in fenomeni di interferenza, dati dal fatto che, ad esempio durante l'analisi del calcio la fiamma è in grado di ionizzare anche il magnesio e viceversa, mentre durante quella del sodio può ionizzare anche il potassio, all'interno degli *standard*, ma anche dei

campioni vengono messe delle sostanze in grado di favorire la ionizzazione di un elemento rispetto all'altro.

Per quanto riguarda il calcio e il magnesio si utilizza lo stronzio a 5000 ppm, mentre per il sodio e potassio si utilizza il cesio, con una concentrazione di 10000 ppm. Queste due sostanze, vengono inserite nei matracci, prima che il campione venga portato a volume con la Milli-Q, in quantità tale da rappresentare il 10% del volume totale

Anche in questo caso, se i campioni non rientrano nel *range* di variazione definito dagli *standard*, devono essere preparati nuovamente con diversa diluizione.

Una volta completate tutte le analisi chimiche, va verificata l'effettiva correttezza delle analisi attraverso il bilancio ionico. Per il principio dell'elettroneutralità per ogni analisi si dovrebbe ottenere l'uguaglianza fra la somma dei cationi e quella degli anioni, espressi in equivalenti/litro (bilancio ionico). In pratica, per gli inevitabili errori insiti nelle procedure analitiche e a causa di quelli commessi dall'operatore è sempre presente un certo sbilanciamento ionico che viene quantificato, in prima approssimazione, dalla formula seguente:

Sbilanciamento % =  $100 * (\Sigma \text{anioni} - \Sigma \text{cationi}) / (\Sigma \text{anioni} + \Sigma \text{cationi})$ .

Sono state considerate accettabili solo le analisi con sbilanciamento inferiore al 5%.

## ALLEGATO IV: STRATIGRAFIE POZZI PROFONDI

codice punto	data di	diametro rivestimento	profondità	livello statico	portata	livello
d'acqua	trivellazione	(mm)	(m)	(m)	(l/min)	dinamico
PN 1	12/12/1977	250	126			
PN 2		200	106			
PN 3	da 14/07/1972 a 04/08/1972	200	75	15	150	18
PN 4	gen-78	250	116			
PN 5	da 23/08/1972 a 15/09/1972	220	108	22	95	34
					180	42
PN 6	da 23/09/1972 a 10/10/1972	220	80	18,5	100	

PN1	
0-15	ciottoli bianchi con terra
15-16	calcare organogeno
16-21	calcare giallo compatto
21-39	conglomerato matrice argillosa
39-53	argilla compatta
53-58	ghiaia e conglomerati sciolti con sabbia
58-60	argillite compatta
60-63	ghiaia cementata
63-74	calcari e arenaria dura
74-80	argillite (marna?)
80-82	calcari
82-87	argillite (marna?)
87-90	calcari
90-105	marne
105-108	marne grigio turchine
108-126	argillite e marna compatta

<b>PN2</b>	
<b>0-13</b>	calcarenite (tufo)
<b>13-46</b>	calcare organogeno
<b>46-49</b>	calcarenite scura
<b>49-51</b>	argillite blu
<b>51-70</b>	marna
<b>70-72</b>	marna e arenaria
<b>72-74</b>	marna compatta
<b>74-81</b>	marna sabbiosa
<b>81-88</b>	marna sabbiosa e strati di arenaria
<b>88-92</b>	argilla plastica
<b>92-95</b>	marna
<b>95-97</b>	arenaria
<b>97-100</b>	sabbia
<b>100-106</b>	marna

<b>PN3</b>		
<b>0-11</b>	calcare	
<b>11-13,5</b>	argilla e calcarenite	
<b>13,5-19</b>	calcarenite	
<b>19-26</b>	argillite azzurra	
<b>26-30</b>	argillite azzurra	
<b>30-32,5</b>	argillite compatta	
<b>32,5-38</b>	conglomerati di ghiaia	1° falda (32,5-38)
<b>38-39,5</b>	conglomerati di ghiaia	
<b>39,5-43</b>	argilla dura	
<b>43-51</b>	argillite durissima	
<b>51-54</b>	argillite durissima	
<b>54-63,5</b>	argillite	
<b>63,5-64,5</b>	conglomerato	2° falda (63,5-69)
<b>64,5-65</b>	argilla	
<b>65-69</b>	conglomerato	
<b>69-70</b>	argilla	
<b>70-75</b>	argilla con trovanti di arenaria	

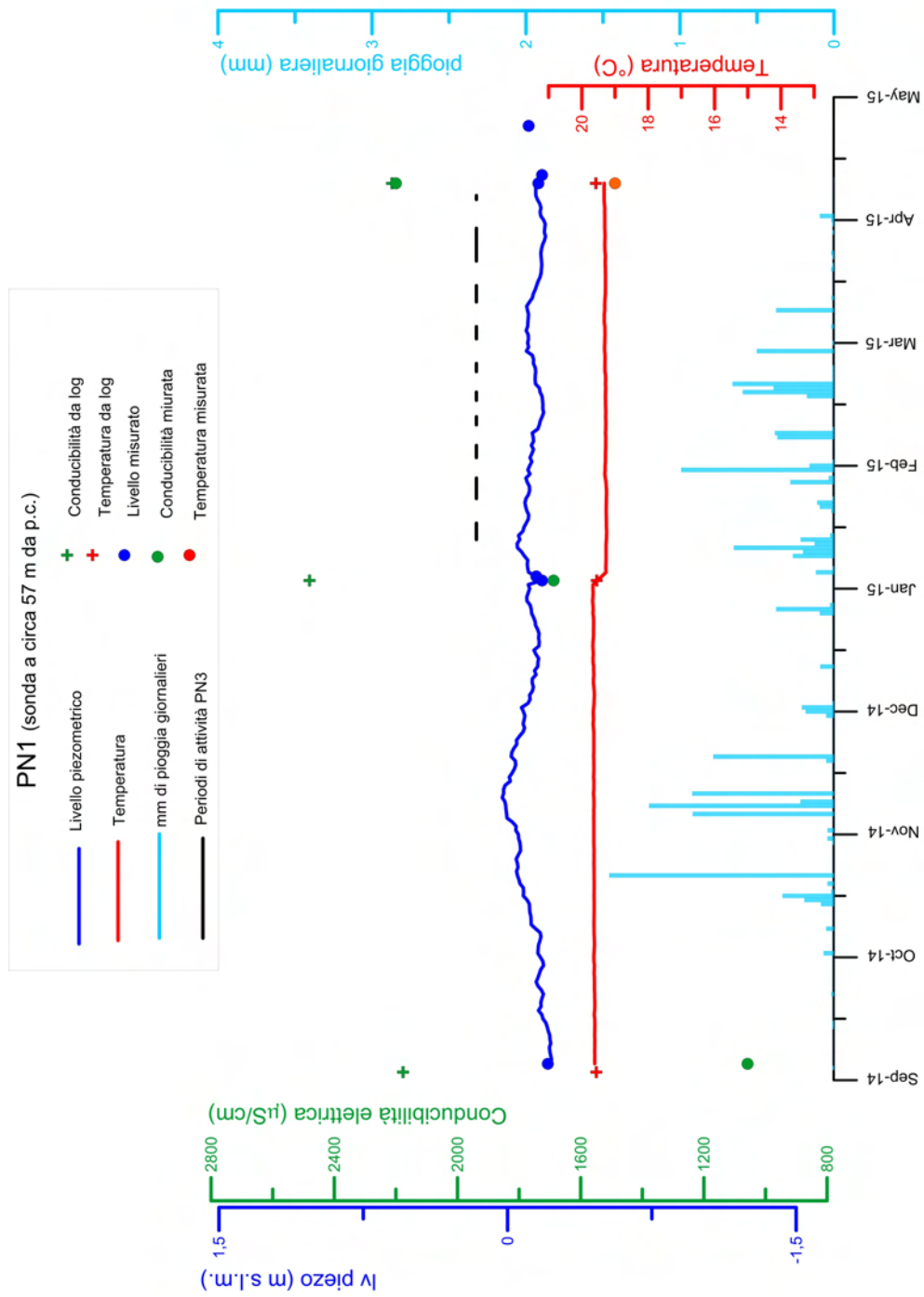
<b>PN4</b>	
<b>0-24</b>	calcarenite
<b>24-37</b>	marna turchina compatta
<b>37-38</b>	ghiaia cementata e sciolta con acqua
<b>38-55</b>	argillite dura
<b>55-57</b>	ghiaia in matrice limosabbiosa
<b>57-61</b>	argillite compatta
<b>61-63</b>	ghiaia in matrice limosabbiosa
<b>63-68</b>	argillite e calcarenite compatta
<b>68-70</b>	lignite dura
<b>70-82</b>	calcarenite durissima
<b>82-89</b>	argillite e calcarenite molto dura
<b>89-97</b>	calcarenite dura
<b>97-116</b>	calcarenite durissima

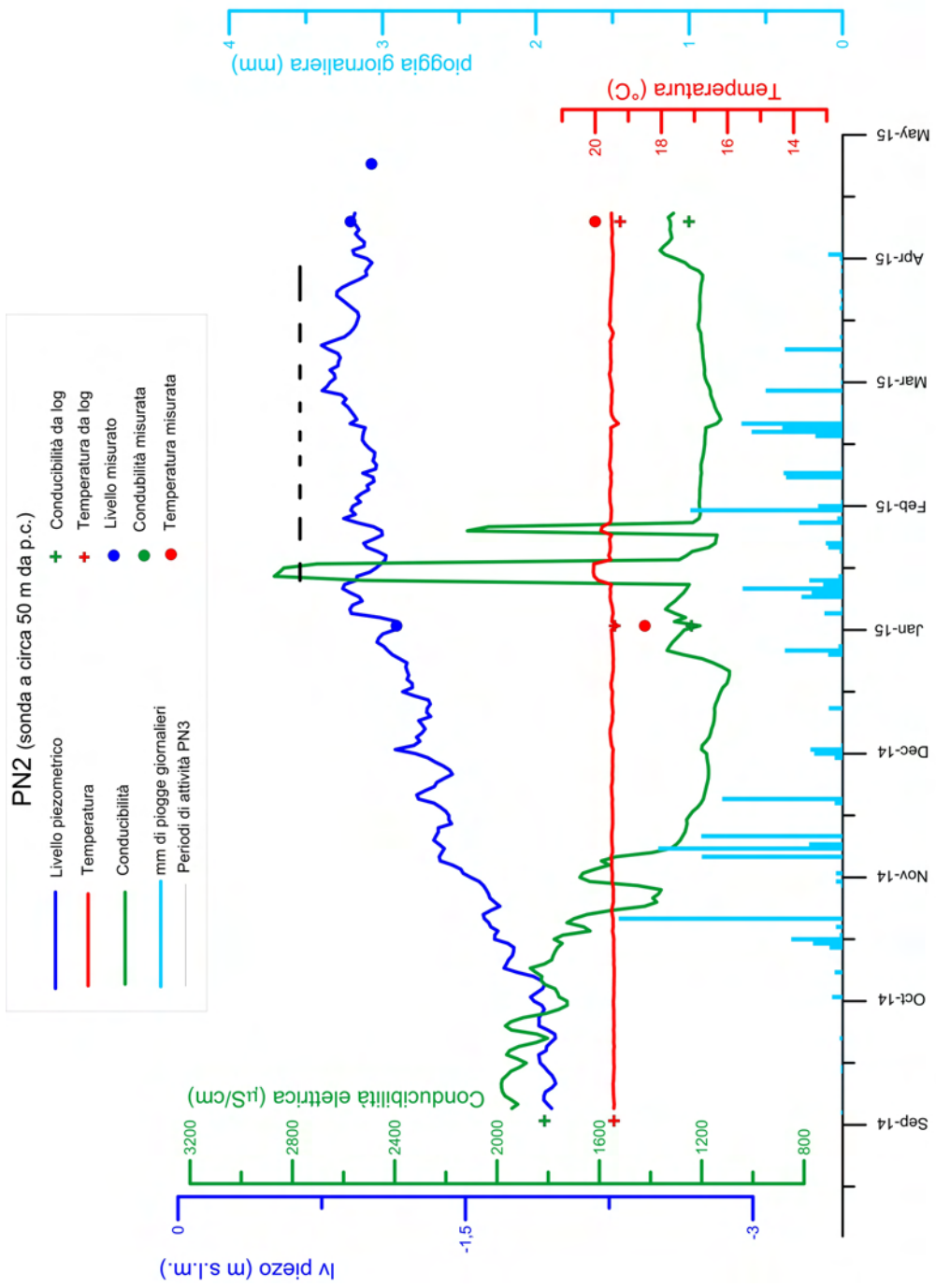
<b>PN5</b>	
<b>0-3</b>	calcare
<b>3-21,5</b>	calcare
<b>21,5-24</b>	argilla
<b>24-27</b>	arenaria
<b>27-28,5</b>	argilla mista
<b>28,5-29,5</b>	arenaria
<b>29,5-37</b>	argilla dura
<b>37-40</b>	arenaria
<b>40-43</b>	arenaria dura ad argilla
<b>43-51</b>	arenaria dura mista ad argilla
<b>51-63</b>	
<b>63-66</b>	arenaria mista a argilla
<b>66-76</b>	argilla
<b>76-84</b>	marne e arenarie
<b>84-87</b>	argille
<b>87-89</b>	calcare
<b>89-90</b>	roccia mista con argille
<b>90-92</b>	roccia mista con argille
<b>92-95</b>	marne e arenarie
<b>95-101</b>	marne dure miste a roccia calcarea
<b>101-103,5</b>	roccia mista a marne
<b>103,5-108</b>	marne

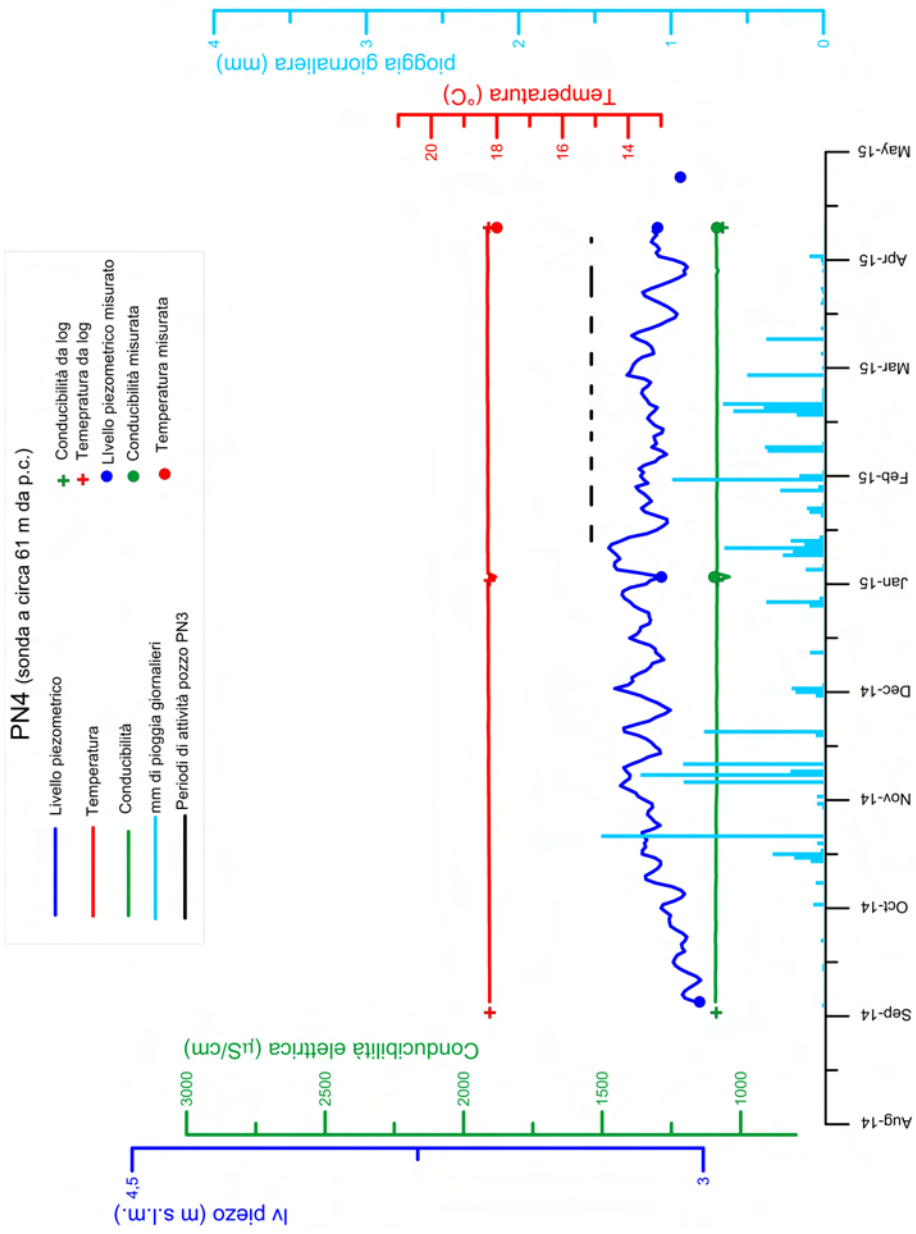
<b>PN6</b>	
<b>0-0,5</b>	terreno agrario
<b>0,5-8</b>	calcare
<b>8-21,70</b>	calcare
<b>21,70-22,5</b>	argilla
<b>22,5-24</b>	arenaria
<b>24-27,5</b>	calcare
<b>27,5-30</b>	arenaria compatta
<b>30-34</b>	marne (ritrovamento di acqua)
<b>34-38</b>	marne compatte
<b>38-44,5</b>	arenaria
<b>44,5-45</b>	ghiaia
<b>45-50</b>	marne dure
<b>50-60</b>	marne
<b>60-63</b>	marne
<b>63-66</b>	arenaria
<b>66-70</b>	ghiaia conglomeratica con passaggi di acqua
<b>70-80</b>	arenarie compatte



# ALLEGATO V: CRONOGRAMMI

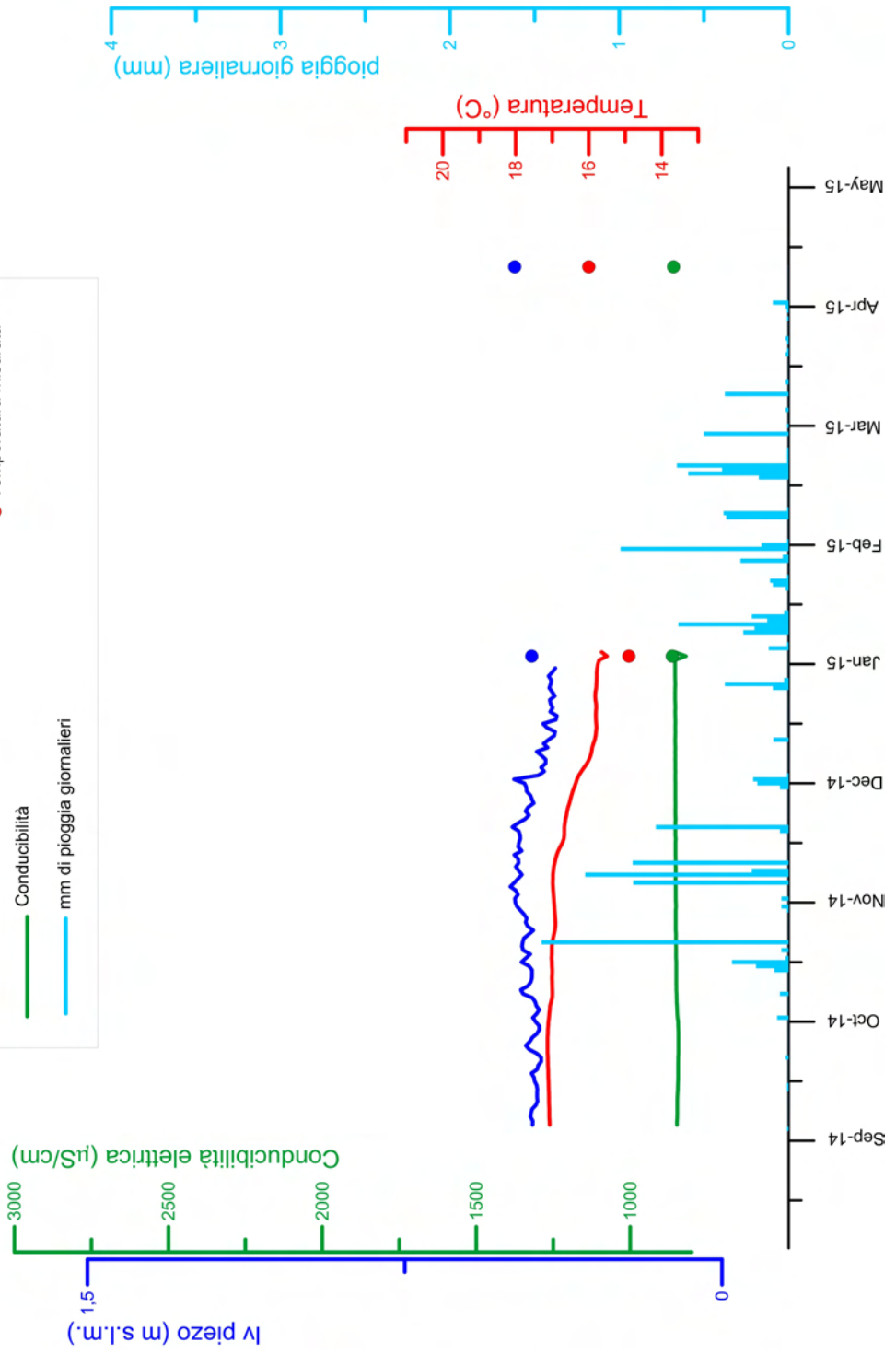






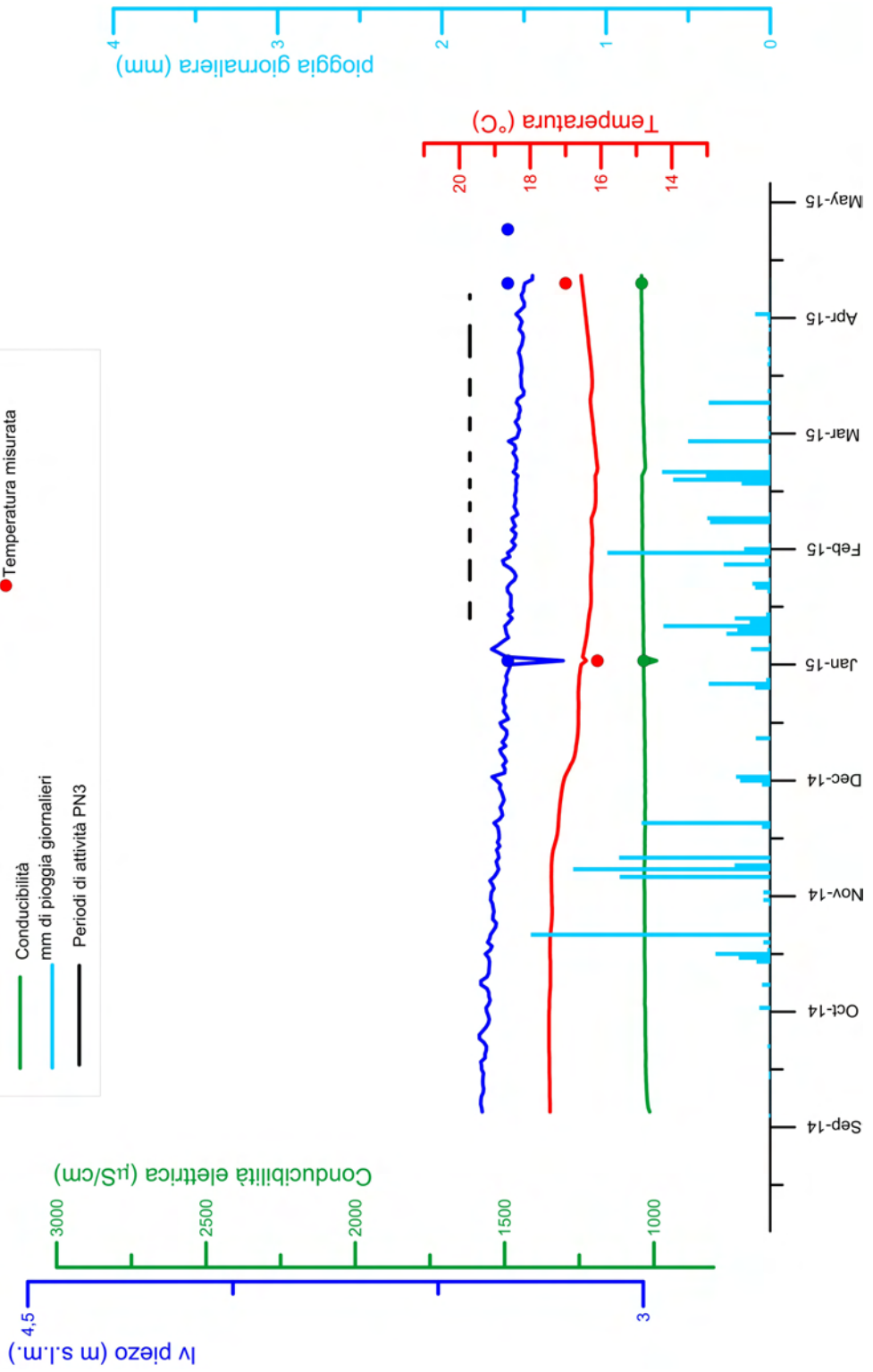
**PN8 (sonda a circa 21 m da p.c.)**

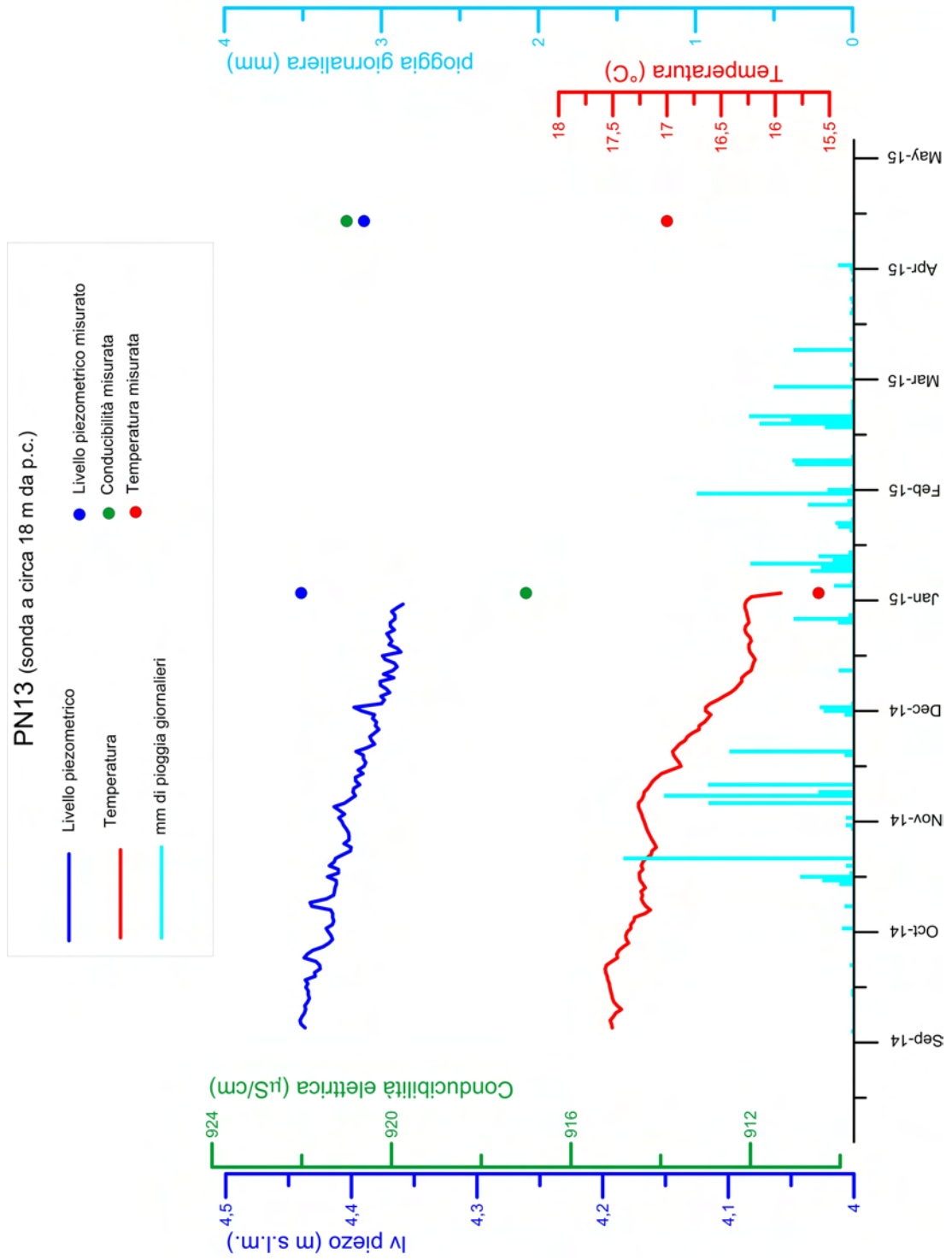
- Livello piezometrico
- Temperatura
- Conducibilità
- mm di pioggia giornalieri
- Livello piezometrico misurato
- Conducibilità misurata
- Temperatura misurata

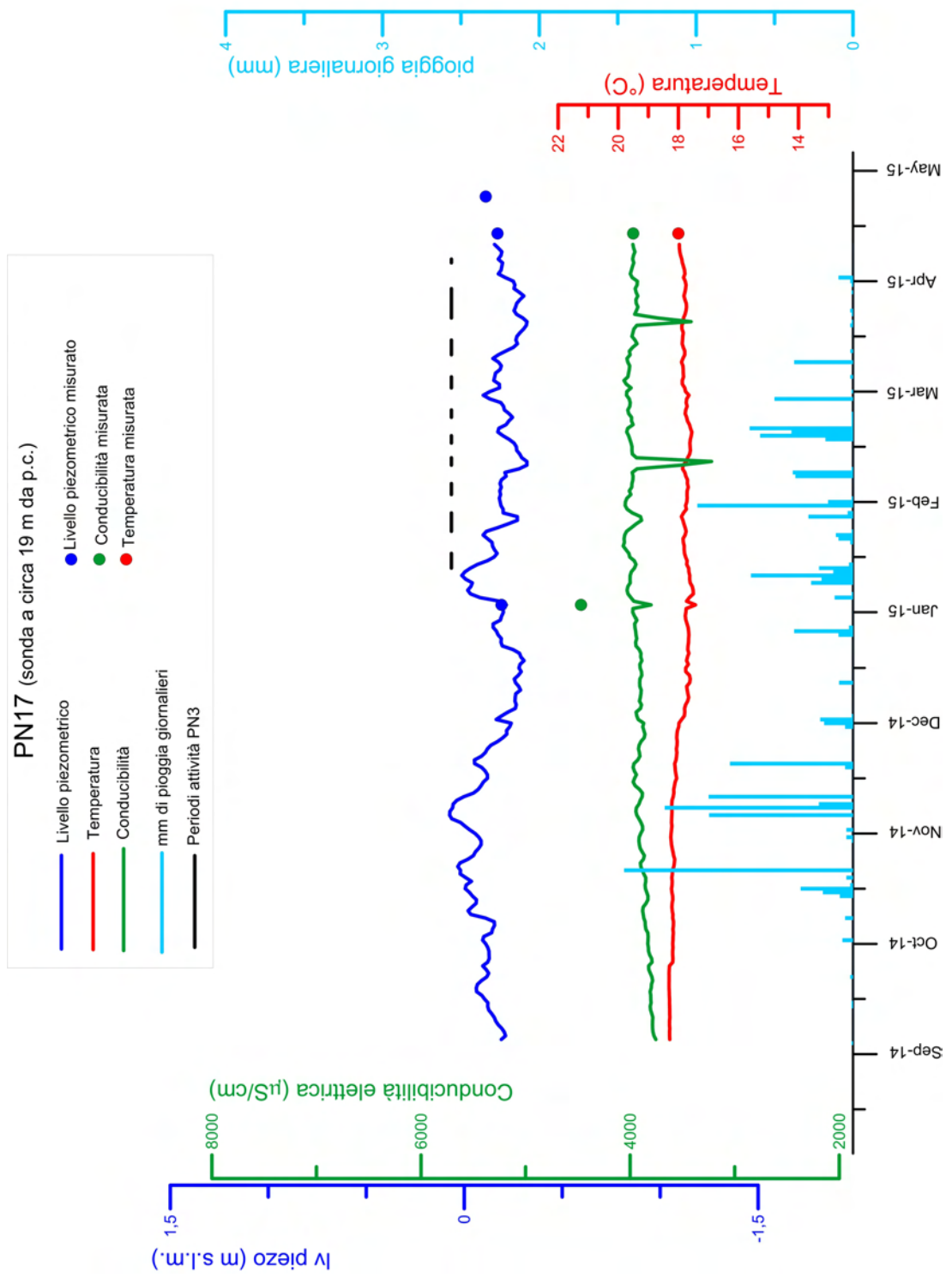


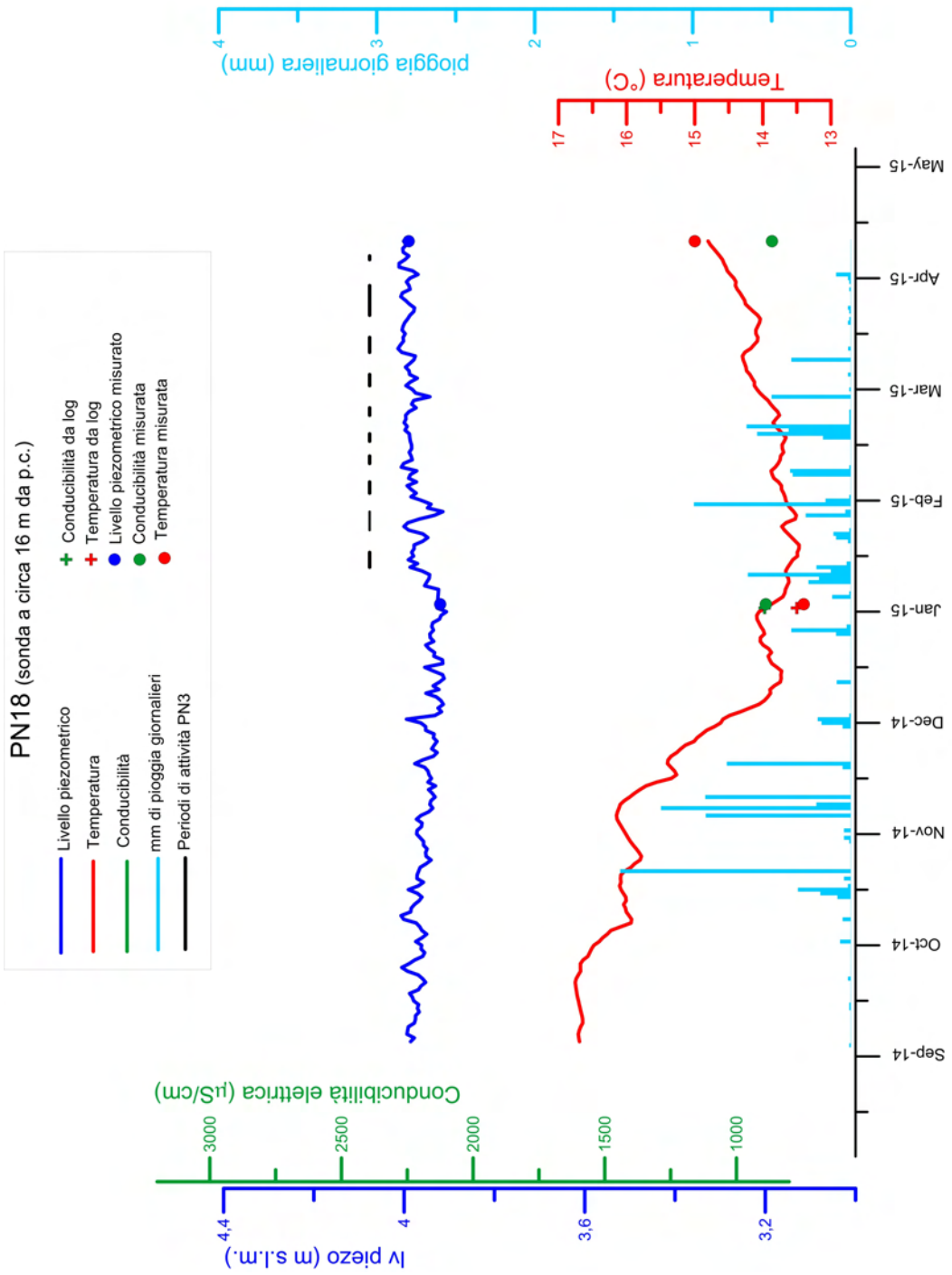
**PN12 (sonda a circa 18 m da p.c.)**

- Livello piezometrico
- Temperatura
- Conducibilità
- mm di pioggia giornalieri
- Periodi di attività PN3
- Livello piezometrico misurato
- Conducibilità misurata
- Temperatura misurata







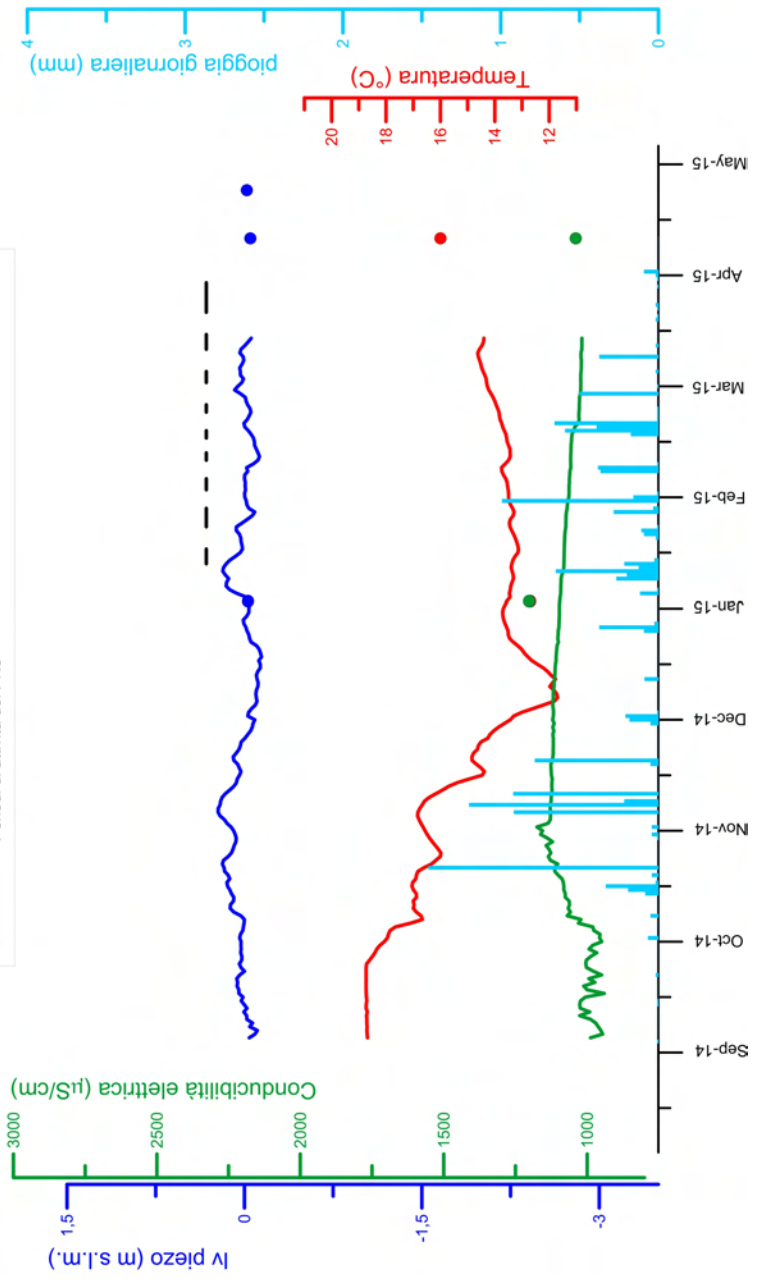


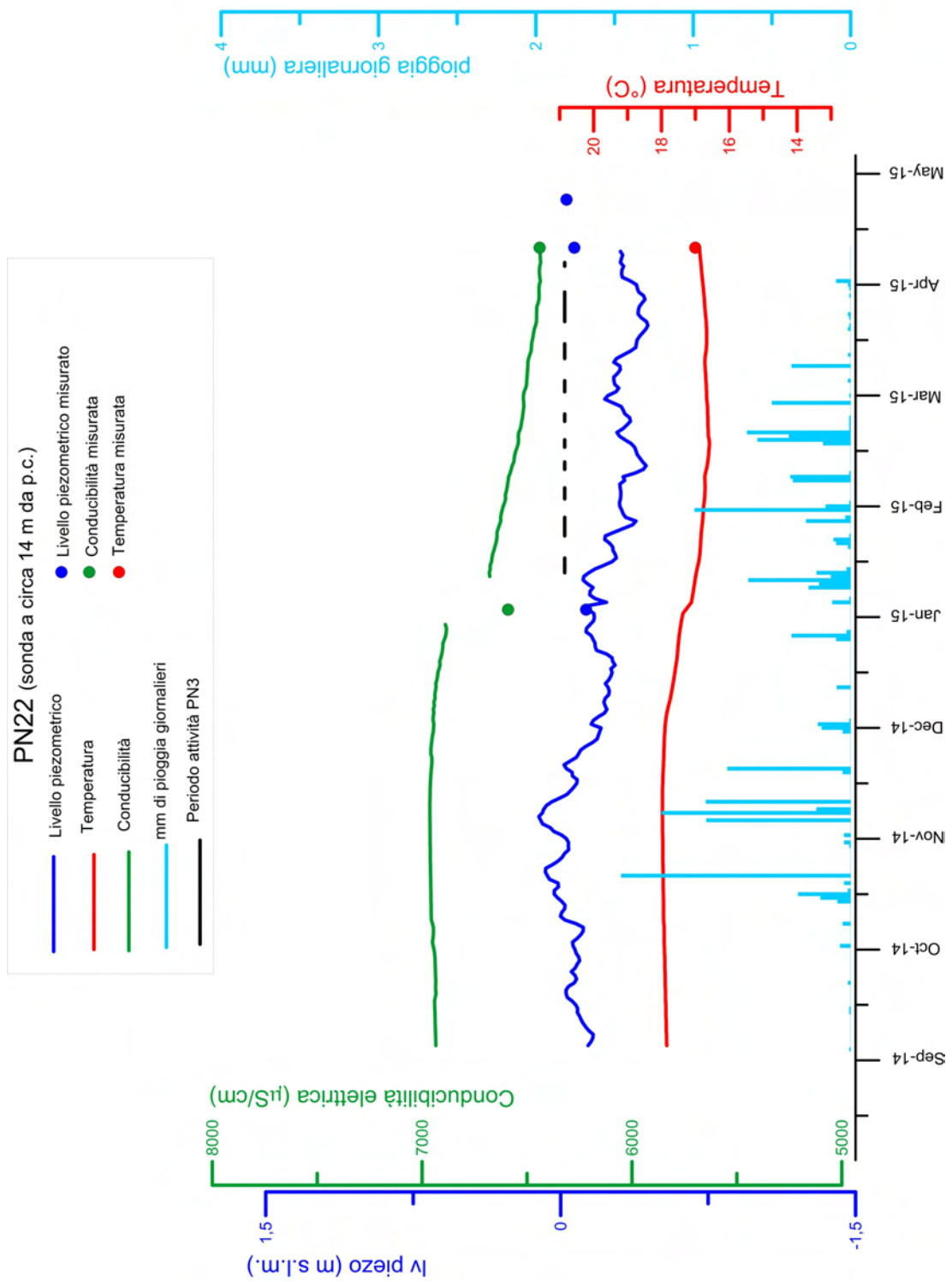


**PN19 (sonda a circa 19 m da p.c.)**

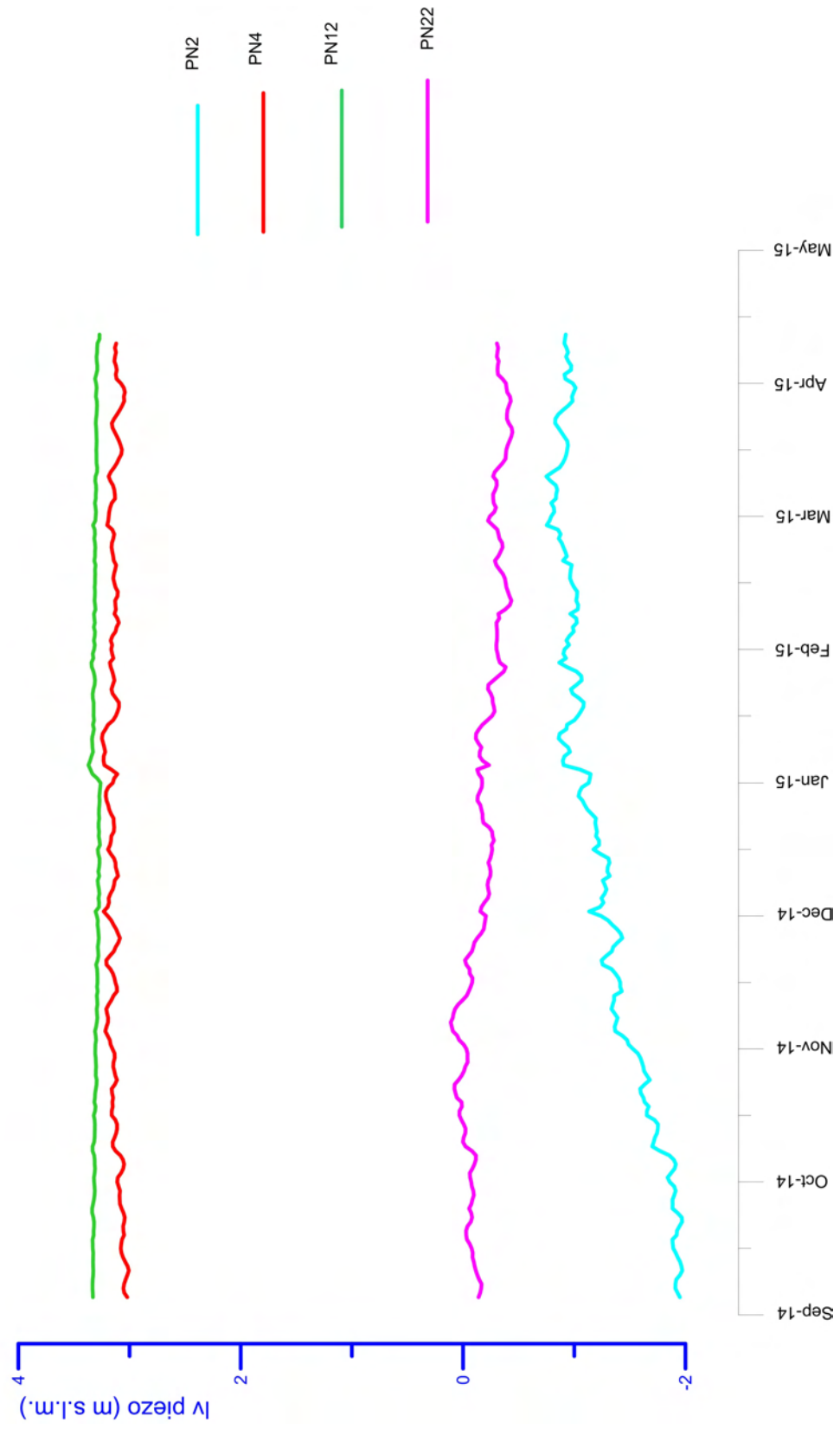
- Livello piezometrico
- Temperatura
- Conduttività
- mm di pioggia giornalieri
- Periodi di attività del PN3

- Livello piezometrico misurato
- Conduttività misurata
- Temperatura misurata





# Pozzi PN2, PN4, PN12 e PN22



**APPENDICE VI: MODELLO IDROGEOLOGICO CONCETTUALE PRELIMINARE.**

