

8. - LA RETE DI CONTROLLO: CRITERI PRELIMINARI UTILIZZATI PER LA SCELTA DEI POZZI DI MONITORAGGIO

Alla fase preliminare di documentazione ha fatto seguito la definizione di una rete di controllo quantitativo degli acquiferi della BPF in Provincia di Udine, finalizzata all'esecuzione di misure del livello di falda e alla ricostruzione dei campi di flusso idrico sotterraneo.

Il criterio idrogeologico è risultato essere notevolmente vincolante in un ambito complesso e accentuatamente anisotropo come quello del sottosuolo della BPF, caratterizzato non solo dalla presenza, al di sotto di un sistema superficiale freatico molto discontinuo, di almeno 8 falde in pressione separate da acquitardi non completamente impermeabili, ma anche dall'esistenza di importanti anomalie geotermiche locali (BARNABA, 1990; CALORE *et alii*, 1995; DAL PRÀ & STELLA, 1978; DELLA VEDOVA *et alii*, 1987; ENEL, 1994; OGS, 1989; STEFANINI, 1980).

La rete di controllo, riguardante gli acquiferi della BPF alle diverse profondità, è stata inizialmente tratteggiata sulla base della documentazione esistente, organizzata negli archivi informatizzati descritti nei paragrafi precedenti.

L'organizzazione e la predisposizione della rete di monitoraggio dei livelli piezometrici ha comportato alcune difficoltà in ordine al reperimento di pozzi significativi, cioè di pozzi che avessero caratteristiche idonee allo scopo della ricerca, che garantissero la possibilità di utilizzare in modo opportuno gli strumenti di misura per falde freatiche e/o in pressione e che fossero attribuibili alle diverse unità acquifere presenti nel sottosuolo:

- pozzi situati in luoghi accessibili;
- pozzi aventi profondità e/o posizione dei filtri nota;
- pozzi attingenti da un unico acquifero;
- pozzi non coinvolti in cicli produttivi.

Nel corso delle attività di ricerca dei pozzi associabili alla rete di monitoraggio, è stato talvolta impossibile superare la reticenza di alcuni proprietari di pozzi a fornire l'autorizzazione all'accesso e a concedere la propria disponibilità alla esecuzione delle misure. Tale reticenza è stata in parte motivata da alcuni articoli comparsi sui giornali regionali nei mesi di dicembre 2002 e gennaio 2003, in merito all'accordo di programma siglato tra Governo e Giunta regionale del Friuli-Venezia Giulia per interventi di approvvigionamento idropotabile in nove comuni della BPF in Provincia di

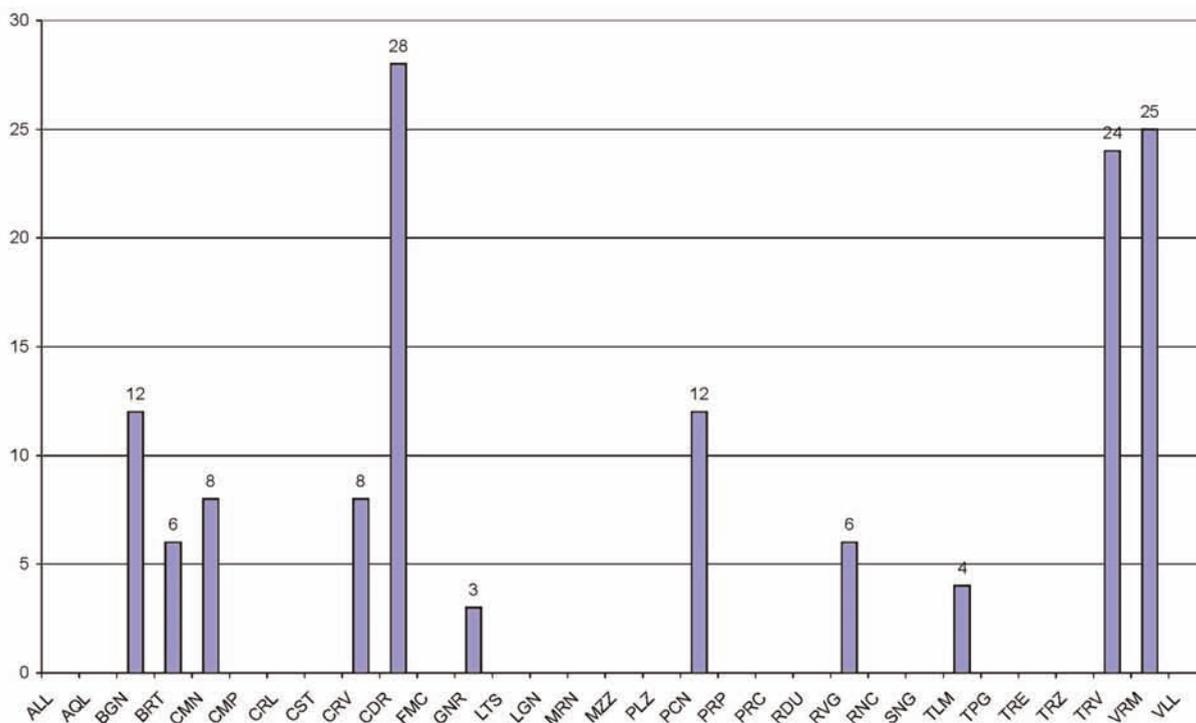


Fig. 28 - Distribuzione per Comune dei 136 pozzi ubicabili dell'archivio "Genio Civile" (ALL: Aiello del Friuli; AQL: Aquileia; BGN: Bagnaria Arsa; BRT: Bertolito; CMN: Camino al Tagliamento; CMP: Campolongo al Torre; CRL: Carlino; CST: Castions di Strada; CRV: Cervignano del Friuli; CDR: Codroipo; FMC: Fiumicello; GNR: Gonars; LTS: Latisana; LGN: Lignano Sabbiadoro; MRN: Marano Lagunare; MZZ: Muzzana del Turgnano; PLZ: Palazzolo dello Stella; PCN: Pocenja; PRP: Porpetto; PRC: Precenico; RVG: Rivignano; RNC: Ronchis; RDU: Ruda; SNG: San Giorgio di Nogaro; TLM: Talmassons; TPG: Tapogliano; TRE: Teor; TRZ: Terzo d'Aquileia; TRV: Torviscosa; VRM: Varmo; VLL: Villa Vicentina).
 - Distribution, within each BPF municipality, of the 136 locatable water-wells coming from the "Genio Civile" archive.

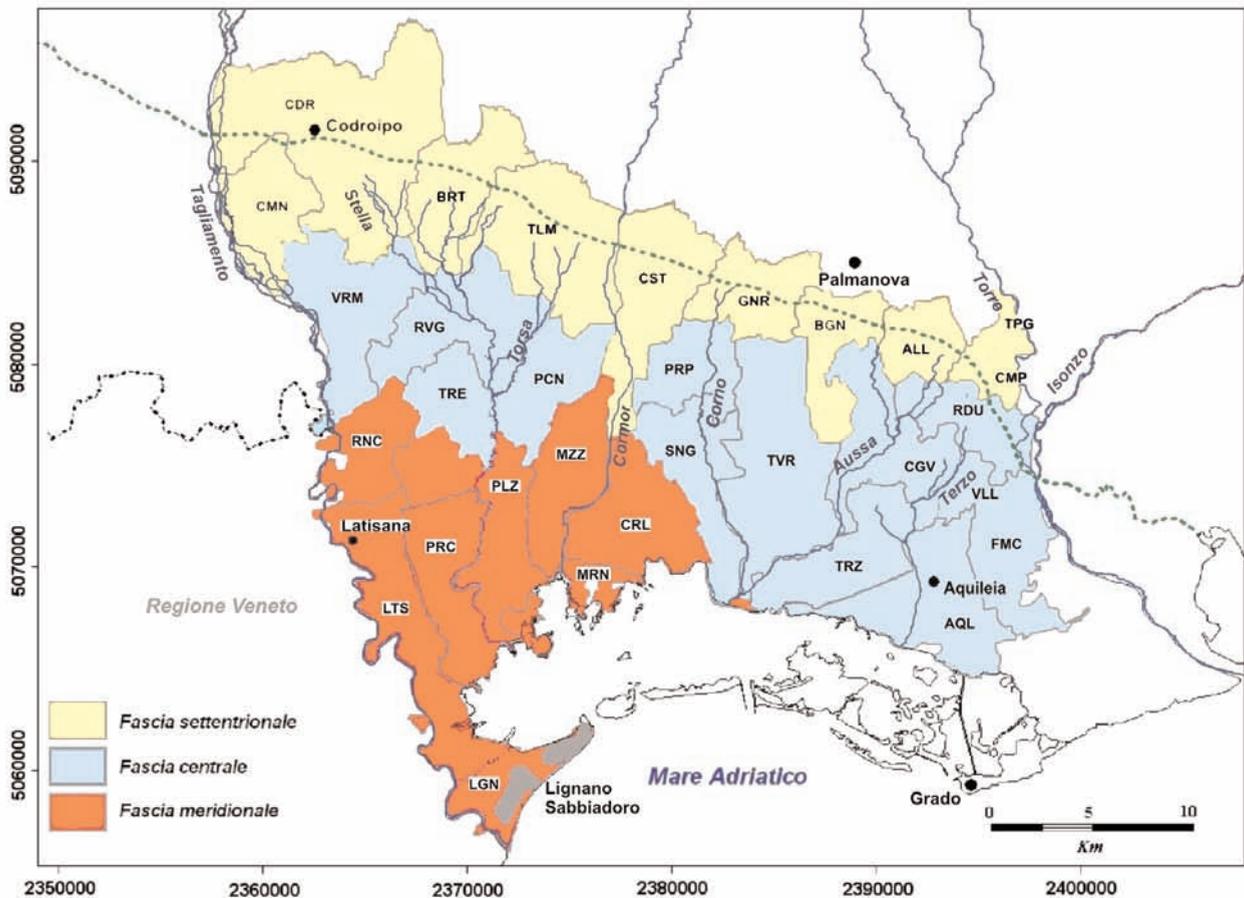


Fig. 29 - Comuni della BPF interessati dalla rete di monitoraggio, suddivisi in fasce territoriali (ALL: Aiello del Friuli; AQL: Aquileia; BGN: Bagnaria Arsa; BRT: Bertiolo; CMN: Camino al Tagliamento; CMP: Campolongo al Torre; CRL: Carlino; CST: Castions di Strada; CRV: Cervignano del Friuli; CDR: Codroipo; FMC: Fiumicello; GNR: Gonars; LTS: Latisana; LGN: Lignano Sabbiadoro; MRN: Marano Lagunare; MZZ: Muzzana del Turgnano; PLZ: Palazzolo dello Stella; PCN: Pocenia; PRP: Porpetto; PRC: Precenico; RVG: Rivignano; RNC: Ronchis; RDU: Ruda; SNG: San Giorgio di Nogaro; TLM: Talmassons; TPG: Tapogliano; TRE: Teor; TRZ: Terzo d'Aquileia; TRV: Torviscosa; VRM: Varmo; VLL: Villa Vicentina).

- BPF municipalities involved in the monitoring network and grouped by territorial band sectors.

Udine (Aiello del Friuli, Aquileia, Bagnaria Arsa, Cervignano del Friuli, Fiumicello, Porpetto, Ruda, S. Giorgio di Nogaro e Terzo d'Aquileia).

9. - INDIVIDUAZIONE DEI NODI DELLA RETE DI MONITORAGGIO

A partire dagli archivi disponibili presso il Dipartimento di Georisorse e Territorio, sono stati inizialmente individuati 526 pozzi, le cui caratteristiche strutturali ne suggerivano la possibilità di utilizzo ai fini della realizzazione della rete di monitoraggio.

Al fine di garantire una distribuzione uniforme di pozzi all'interno dell'area oggetto di studio e conseguentemente una copertura quanto più possibile omogenea del controllo di falda, il territorio della BPF in Provincia di Udine è stato convenzionalmente suddiviso in tre fasce (fig. 29), orientate in modo coerente al progressivo aumen-

to della frazione pelitica in direzione meridiana:

- fascia settentrionale, al limite tra APF e BPF in corrispondenza della più significativa variazione della granulometria dei sedimenti (linea delle risorgive);
- fascia centrale, a valle della linea delle risorgive, nel cui sottosuolo sono numerosi gli strati permeabili;
- fascia meridionale, il cui territorio si estende nella parte sud-occidentale della BPF e nel cui sottosuolo gli strati permeabili, più ridotti in numero e spessore rispetto alla fascia precedente, risultano separati da potenti livelli impermeabili; in tale zona, è rinvenibile anche una estesa quanto importante anomalia geotermica.

A tale schematizzazione geografica, è stata associata la seguente suddivisione idrostrutturale di massima dei livelli acquiferi (STEFANINI & CUCCHI, 1977a):

- Falda *freatica*: profondità inferiori a -20 m s.l.m.;
- Falda *A*: profondità comprese tra -20 e -80 m s.l.m.;
- Falda *B*: profondità comprese tra -80 e -130 m s.l.m.;
- Falda *C*: profondità comprese tra -130 e -150 m s.l.m.;
- Falda *D*: profondità comprese tra -150 e -175 m s.l.m.;

- *Falda E*: profondità comprese tra -175 e -210 m s.l.m.;
- *Falda F*: profondità comprese tra -210 e -260 m s.l.m.;
- *Falda G*: profondità comprese tra -260 e -295 m s.l.m.;
- *Falda H*: profondità superiore a -295 m s.l.m..

In base alla distribuzione e alla densità di ubicazione dei pozzi all'interno delle fasce territoriali sopra definite, l'insieme dei punti potenziali di controllo, idonei all'inserimento nella rete di monitoraggio della BPF, è stato ristretto da 526 a 128 pozzi; tali pozzi sono stati quindi oggetto di verifica mediante sopralluoghi atti ad accertarne l'effettiva rispondenza ai requisiti di accessibilità e misurabilità.

A seguito di tali sopralluoghi, 83 pozzi sono stati eliminati per uno o più dei motivi seguenti:

- incertezza sul numero di filtri presenti nel pozzo;
- impossibilità di eseguire le misure in quanto pozzi derivati o privi di uscite dirette;
- dimensione del boccapozzo, per i pozzi artesiani, superiore a 2";
- mancanza di disponibilità dei proprietari all'effettuazione delle misure.

L'applicazione dei suddetti criteri di esclusione ha consentito di selezionare 45 pozzi, la cui ripartizione all'interno delle tre fasce territoriali è riportata nella tabella 9; l'attribuzione di ciascun pozzo ad una falda acquifera è stata effettuata sulla base della profondità del tratto filtrante, oppure, in mancanza di questa informazione, sulla base della profondità del pozzo.

Si può osservare come circa il 55% dei pozzi interessi le falde denominate *Falda A* e *Falda B* per profondità complessivamente comprese tra -20 e -130 m

s.l.m.; la fascia settentrionale appare molto carente di informazioni, mentre la fascia meridionale si presenta priva di punti di controllo per le profondità comprese tra -150 e -295 m s.l.m.. Nessun pozzo, inoltre, intercetta la *Falda E* e la *Falda G*. Anche la falda freatica è poco rappresentata, con soli 8 pozzi concentrati per lo più nella fascia settentrionale.

Il numero di pozzi così individuato è apparso subito limitato per gli scopi della ricerca.

E' stato pertanto necessario procedere ad una integrazione dei punti di misura mediante rilievi diretti in campagna. Tale attività ha condotto all'identificazione di altri 38 pozzi idonei all'inserimento nella rete di monitoraggio, anche se la persistente mancanza di punti potenziali di controllo in corrispondenza della *Falda E* e della *Falda G* ha di fatto limitato l'estensione della copertura a tutti i livelli acquiferi riconoscibili nel sottosuolo. Tuttavia, il raggiungimento di un discreto numero complessivo di pozzi, soprattutto per le falde meno profonde, ha assicurato significatività alle successive misure di rilevamento piezometrico.

Al termine delle operazioni, la rete di monitoraggio è risultata così composta da 83 pozzi idrici, la cui distribuzione è riportata nella tabella 10.

Circa il 49% dei pozzi interessa nel complesso la *Falda A* e la *Falda B*; oltre alle lacune già evidenziate in relazione alla *Falda E* e alla *Falda G*, permane ancora la difficoltà di reperire, per la fascia meridionale, pozzi con profondità comprese tra -150 e -295 m s.l.m.. La *Falda freatica*, nelle fasce settentrionale e cen-

TAB. 9 – Ripartizione dei 45 pozzi della rete preliminare di monitoraggio in base alla fascia territoriale di appartenenza e alla falda intercettata dal tratto filtrante.

– Distribution, within each confined aquifer level and each territorial band sector, of the 45 preliminary monitoring network wells.

Fascia	Falda freatica	Falda A	Falda B	Falda C	Falda D	Falda E	Falda F	Falda G	Falda H
Settentrionale	6	-	1	-	-	-	-	-	-
Centrale	2	15	6	5	2	-	2	-	1
Meridionale	-	1	2	1	-	-	-	-	1
Totale	8	16	9	6	2	-	2	-	2
%	17,78	35,56	20,00	13,33	4,44	-	4,44	-	4,44

TAB. 10 - Distribuzione degli 83 pozzi della rete di monitoraggio.

– Distribution, within each confined aquifer level and each territorial band sector, of the 83 monitoring network wells.

Fascia	Falda freatica	Falda A	Falda B	Falda C	Falda D	Falda E	Falda F	Falda G	Falda H
Settentrionale	17	1	3	1	1	-	-	-	-
Centrale	9	19	10	5	4	-	2	-	1
Meridionale	-	3	5	1	-	-	-	-	1
Totale	26	23	18	7	5	-	2	-	2
%	31,32	27,71	21,69	8,43	6,02	-	2,41	-	2,41

trale, è raggiunta da circa il 31% dei pozzi.

Per quanto riguarda la distribuzione areale dei pozzi idrici, in questa prima fase sono risultati ancora privi di copertura 7 Comuni sui 31 che complessivamente interessano il territorio della BPF in Provincia di Udine, e precisamente i Comuni di Lignano Sabbiadoro, Latisana, Precenico, Ronchis, Aiello del Friuli, Campolongo al Torre e Tapogliano.

Nella scelta dei punti di controllo, è stata presa in adeguata considerazione anche l'individuazione di aree ristrette nelle quali fossero presenti pozzi riferibili a diverse unità acquifere, in modo da semplificare le operazioni di misura piezometrica e verificare le differenze di potenziale.

Le principali caratteristiche dei pozzi idrici prescelti per l'impostazione della rete di monitoraggio della BPF, ricavate dai dati reperiti negli archivi e verificate e/o integrate *in situ*, sono riportate nella tabella 11.

Per ciascun pozzo sono indicati:

- ID: numero identificativo nell'ambito della rete di monitoraggio;
- Comune di ubicazione;
- Località di ubicazione;
- X, Y: coordinate planimetriche in proiezione Gauss-Boaga;
- Tipo pozzo: campo in cui viene specificato se trattasi di pozzo zampillante o non zampillante;
- Stato di conservazione;
- Uso prevalente;
- Profondità del pozzo dal piano campagna (m);
- Quota del piano campagna (m s.l.m.);
- Anno di perforazione;
- Diam bp: diametro del boccapozzo (pollici);
- Diam p: diametro del fondo foro (pollici);
- Inizio pesca: profondità, in metri dal piano campagna, alla quale è posta l'estremità superiore del tratto filtrante;
- Fine pesca: profondità, in metri dal piano campagna, alla quale è posta l'estremità inferiore del tratto filtrante;
- Falda: acquifero in corrispondenza del quale risulta posto il tratto filtrante.

10. - REALIZZAZIONE DELLA PRIMA CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DEI LIVELLI PIEZOMETRICI

Nei mesi di gennaio e febbraio 2003, è stata realizzata la prima campagna di rilevamento dei livelli di falda, che ha interessato gli 83 pozzi prescelti per la rete di monitoraggio.

In corrispondenza di ciascun pozzo, sono state eseguite misure piezometriche mediante rilevamento della pressione dell'acqua al boccapozzo (in bar) per i pozzi artesiani e mediante osservazione della

profondità del livello piezometrico (in m dal boccapozzo) per i pozzi non zampillanti; per entrambe le tipologie, è stata misurata l'altezza o la profondità del boccapozzo rispetto al piano campagna, in modo da poter riferire le misure effettuate a quote assolute (m s.l.m.). Solamente per i pozzi artesiani, si è proceduto inoltre all'esecuzione di una elementare misura di portata del deflusso libero.

La strumentazione utilizzata per le misure è stata la seguente:

- manometri F.lli Magni; classe di precisione 1,6; valore di fondo scala 4-6-10 bar;
- raccordi Kronos per tubazioni metalliche da 3/8" a 2";
- freatimetro BFK50;
- recipiente in plastica della capacità di 20 litri.

La tabella 12 sintetizza i risultati (dati piezometrici e di deflusso libero) conseguiti attraverso la prima campagna di rilevamento quantitativo condotta sugli acquiferi della BPF in Provincia di Udine.

11. - INTEGRAZIONE DEI PUNTI DELLA RETE DI CONTROLLO

La rete di controllo quantitativa su cui è stata avviata la prima campagna di rilevamento dei livelli piezometrici nella BPF risultava caratterizzata da una distribuzione ancora non pienamente soddisfacente dei pozzi di misura (tab. 10), sia in relazione alla copertura territoriale, sia in riferimento ai livelli acquiferi raggiunti; in particolare, le maggiori lacune riguardavano la *Falda E* e la *Falda G*, prive di punti di rilevamento piezometrico.

Allo scopo di rendere ancora più omogenea la distribuzione dei punti di misura sull'area di studio e di garantire, per quanto possibile, la copertura di tutti i livelli acquiferi, si è provveduto, durante la terza fase del progetto, ad una ulteriore integrazione dei punti di rilevamento mediante il reperimento, effettuato attraverso indagine diretta sul territorio, di 51 nuovi pozzi: 21 pozzi sono stati individuati nel periodo maggio-agosto 2003, i restanti 30 nel periodo settembre-ottobre 2003.

La rete di monitoraggio definitiva è risultata quindi composta da 134 pozzi, la cui distribuzione è visualizzata nella tabella 13.

Nella nuova configurazione della rete di rilevamento dei livelli piezometrici, tutte le falde risultano rappresentate: sono stati infatti reperiti 4 nuovi pozzi idrici che intercettano la *Falda E* e la *Falda G*.

Inoltre, tutte le falde sono state interessate da un aumento dei punti di misura; in particolare, i pozzi che intercettano la *Falda freatica* sono aumentati di 17 unità, pari ad un incremento del 39,05%, mentre di 14 unità sono aumentati i pozzi relativi

TAB.11 - *Caratteristiche degli 83 pozzi della rete di monitoraggio.*
- Characteristics of the 83 monitoring network wells.

ID	Comune Pozzo	Località	X	Y	Tipo pozzo	Stato	Uso prevalente	Prof. (m)	Quota pc (m slm)	Anno	Diam.bp (pollici)	Diam.p (pollici)	Inizio p. (m)	Fine p. (m)	Falda
57	Aquileia	Vicolo Puntin	2393063	5069520	Zamp.	Efficiente	Domestico	66	3,6	1974	0,75	1			A
58	Aquileia	Loc. Beligna, Via J. Augusta	2393292	5069219	Zamp.	Efficiente	Domestico	162	0,2	1986	1,25	3			D
84	Aquileia	Loc. Beligna, Via J. Augusta	2393303	5069208	Zamp.	Efficiente	Domestico	27	0,2		0,75	0,75			A
124	Aquileia	Loc. Ca' Anfora, Tenuta Ca' Vescovo	2389057	5068828	Zamp.	Efficiente	Zootecnico	55	-0,1		1,5	2			A
125	Aquileia	Loc. Collina	2387174	5068533	Zamp.	Inutilizzato	Irriguo	326	-0,3		2	6	320	326	H
92	Bagnaria Arsa	Via Udine	2386939	5082788	Non zamp.	Efficiente	Irriguo	20	19,5		39,3	39,3			Fr.
123	Bagnaria Arsa	Castions delle Mura, Via Le Mura	2388180	5078039	Zamp.	Efficiente	Domestico	126	4,7		2	2	120	126	B
138	Bertolo	Stervo, Via Piave	2368792	5085279	Zamp.	Efficiente	Domestico	190	17,1		0,5	2			D
139	Bertolo	Via Tiepolo	2368709	5089267	Non zamp.	Efficiente	Domestico	10	17,1		47,2	47,2			Fr.
140	Bertolo	Loc. Fontana da la Selve, a N SP Madrisio	2368300	5086393	Non zamp.	Efficiente	Irriguo	7	20		39,3	39,3			Fr.
141	Bertolo	Loc. Villotta, a N della SP di Madrisio	2368210	5086165	Non zamp.	Efficiente	Irriguo	5	19,6		39,3	39,3			Fr.
142	Bertolo	Loc. Civolare, a N della SS di Palmanova	2370496	5090096	Non zamp.	Efficiente	Irriguo	24	34,5		39,3	39,3			Fr.
143	Bertolo	Loc. Todis, a N della SS di Palmanova	2370406	5090074	Non zamp.	Efficiente	Irriguo	7	35		39,3	39,3			Fr.
144	Camino al Tagliamento	Via Codroipo	2360843	5087984	Zamp.	Efficiente	Domestico	170	31,2	1972	1	2			B
145	Camino al Tagliamento	Via Strada Vecchia	2360777	5088299	Non zamp.	Efficiente	Irriguo	10	32,8		23,6	23,6			Fr.
146	Camino al Tagliamento	Gorizzo, a N della SP n.93	2361574	5088504	Zamp.	Efficiente	Fontana	170	32,4		1,25	1,25			B
147	Camino al Tagliamento	Bagnins, Via Crescentia	2359882	5086085	Zamp.	Efficiente	Domestico	29	26	1930	1	1			A
148	Camino al Tagliamento	Bagnins, Via Crescentia	2359884	5086086	Zamp.	Efficiente	Domestico	180	25,9	1975	1,25	2			C
94	Cervignano del Friuli	Strassoldo, Via Armona	2389631	5079572	Zamp.	Efficiente	Domestico	85	9,2		0,75	1			A
95	Cervignano del Friuli	Strassoldo, Via Julia Augusta	2389762	5079709	Zamp.	Efficiente	Domestico	49	8,9		0,75	0,75			A
96	Cervignano del Friuli	Via Polo	2391270	5075665	Zamp.	Efficiente	Domestico	149	4,6	1990	1	2,5	134	149	C
131	Cervignano del Friuli	Piazza Indipendenza	2390670	5075732	Zamp.	Efficiente	Fontana	120	3,1		0,375	0,375			B
132	Cervignano del Friuli	Cimitero di Muscoli	2390241	5077394	Zamp.	Efficiente	Fontana	65	4,2		0,5	0,5			A
133	Cervignano del Friuli	Cimitero di Scodovacca	2392585	5075764	Zamp.	Efficiente	Fontana	50	5,3		0,375	0,375			A
59	Codroipo	Lonea, Via del Santuario	2366748	5089896	Non zamp.	Efficiente	Domestico	10	32,1		0,5	0,5			Fr.
137	Codroipo	S. Martino, SP del Varro	2364642	5086718	Non zamp.	Efficiente	Irriguo	5	26		39,3	39,3			Fr.
60	Fiumicello	S. Lorenzo, Via Levata	2396808	5070383	Zamp.	Efficiente	Domestico	24	2,1	1960	1	1			A
85	Fiumicello	S. Lorenzo, Via Isoletta	2396804	5070396	Zamp.	Efficiente	Fontana	50	2,5		1,5	1,5			A
163	Gonars	Loc. Gris, a N della SS 252, c/o discarica	2382799	5085745	Non zamp.	Efficiente	Piezometro	20	25,9	2001	2	2			Fr.
164	Gonars	Loc. Gris, a N della SS 252, c/o discarica	2382865	5085644	Non zamp.	Efficiente	Piezometro	20	25,5	2001	2	2			Fr.
61	Muzzana del Turignano	Casali Franceschimis, Via Case Nuove	2376641	5078186	Zamp.	Efficiente	Fontana	60	9		1,5	1,5			A
77	Muzzana del Turignano	Loc. Bonifica	2374821	5073638	Zamp.	Efficiente	Irriguo	125	3,3		1	1			B
149	Muzzana del Turignano	Via Municipio	2374553	5075519	Zamp.	Efficiente	Fontana	90	5,5		0,5	0,5			B
150	Muzzana del Turignano	Piazza S. Marco	2374318	5075310	Zamp.	Efficiente	Fontana	90	4,9		0,75	0,75			B
151	Muzzana del Turignano	Via Palazzolo	2373734	5075161	Zamp.	Efficiente	Fontana	130	5,2		2	2			B
152	Muzzana del Turignano	Loc. Casali Franceschimis, campo basket	2376628	5078071	Zamp.	Efficiente	Fontana	80	7,7		0,75	1,5			A
153	Muzzana del Turignano	Loc. Casali Franceschimis, Centro sociale	2376552	5078335	Zamp.	Efficiente	Domestico	80	8		1,5	1,5			A
62	Muzzana del Turignano	Via Levata	2374449	5075168	Zamp.	Efficiente	Fontana	110	4,8		1	1			B
63	Palazzo dello Stella	Piancada, Via della Laguna	2371073	5071946	Zamp.	Efficiente	Domestico	150	2		1,25	1,25			C
93	Palazzo dello Stella	Piancada, Via Lamarutto	2371650	5072980	Zamp.	Efficiente	Domestico	350	3		1	2			H
64	Pocenia	Via Bassi	2372412	5076925	Zamp.	Efficiente	Domestico	125	7	1965	0,5	2	119	125	B
65	Pocenia	Torsa, Via Venezia	2373869	5081955	Zamp.	Efficiente	Domestico	162	11,8	1976	1	2,5	160	162	C

(Segue)

ID	Comune Pozzo	Località	X	Y	Tipo pozzo	Stato	Usa prevalente	Prof. (m)	Quota pc (m slm)	Anno	Diam.bp (pollici)	Diam.p (pollici)	Inizio p. (m)	Fine p. (m)	Falda
66	Poecnia	Via Bands	2372577	5078294	Zamp.	Efficiente	Domestico	135	8,5	1979	1	2	133	135	B
81	Poecnia	Via Bands	2372572	5078264	Zamp.	Efficiente	Domestico	135	8,5	1980	1	2			B
82	Poecnia	Via Udine	2372569	5078406	Zamp.	Efficiente	Domestico	153	8,4	1976	0,75	2			C
111	Poecnia	Via Codis	2372895	5078093	Zamp.	Efficiente	Zootecnico	232	7,6	1992	2	2	229,7	234	F
128	Poecnia	Via Codis	2372899	5078136	Zamp.	Efficiente	Domestico	75	7,7		0,75	1	69	75	A
67	Porpetto	Villalta, Via Cadorna	2381509	5079606	Zamp.	Efficiente	Domestico	28	8	1981	1,25	1,5			A
79	Porpetto	Pampaluna	2378964	5078566	Zamp.	Efficiente	Domestico	80	8,9	1969	0,75	1,5			A
134	Porpetto	Pampaluna	2379013	5078576	Zamp.	Efficiente	Domestico	128	8,9	1994	1,5	2,5			B
154	Rivignano	A S del Cimitero, presso discarica	2367491	5080938	Non zamp.	Efficiente	Irriguo	4	14,2	1985	39,3	39,3			Fr.
155	Rivignano	A S del Cimitero, presso discarica	2367601	5080918	Non zamp.	Efficiente	Irriguo	4	13,9	1985	39,3	39,3			Fr.
156	Rivignano	A SE del cimitero	2367833	5081032	Non zamp.	Efficiente	Irriguo	3,5	13,8	1985	39,3	39,3			Fr.
157	Rivignano	A SE del cimitero	2367637	5081128	Non zamp.	Efficiente	Irriguo	2,5	12,4	1985	39,3	39,3			Fr.
158	Rivignano	A W del cimitero	2367156	5081244	Non zamp.	Efficiente	Irriguo	4	13,2	1985	39,3	39,3			Fr.
159	Rivignano	A W del cimitero	2367333	5081342	Zamp.	Efficiente	Lavmacch.agr.	170	14	1985	1,5	1,5			D
75	Ruda	Via Mosestg	2395969	5077276	Non zamp.	Efficiente	Domestico	17	10,6	1982	1,5	1,5	15	17	Fr.
74	San Giorgio di Nogaro	Porto Nogaro, Via Coronis Bassa	2381331	5075030	Zamp.	Efficiente	Domestico	108	4,6	1990	2	2			B
76	San Giorgio di Nogaro	Via Bombaiù	2379741	5075667	Zamp.	Efficiente	Domestico	83	5,2	1972	1,25	2			A
135	San Giorgio di Nogaro	ia Bombaiù	2379720	5075647	Zamp.	Efficiente	Domestico	62	5,2	1977	2	2			A
136	San Giorgio di Nogaro	ia Bombaiù	2379719	5075646	Zamp.	Efficiente	Domestico	102	5,2	1986	1	1,25			B
68	Talmassons	Flambro, strada a S del cimitero	2371538	5088473	Non zamp.	Efficiente	Irriguo	12	27,8	1980	39,3	39,3	6	10	Fr.
86	Talmassons	Flambro, strada a S del cimitero	2371816	5088414	Non zamp.	Efficiente	Irriguo	3	27,5	1980	39,3	39,3	6	10	Fr.
87	Talmassons	Flambro, strada a S del cimitero	2371706	5088554	Non zamp.	Efficiente	Irriguo	10	28,1	1980	39,3	39,3	6	10	Fr.
88	Talmassons	Flambro, strada a S del cimitero	2371874	5088563	Non zamp.	Efficiente	Irriguo	12	28,4	1980	39,3	39,3	6	10	Fr.
165	Talmassons	Flambro, Via Tagliamento	2371555	5088309	Non zamp.	Efficiente	Irriguo	5	26,8		39,3	39,3			Fr.
166	Talmassons	Flambro, Via Tagliamento	2371823	5088289	Non zamp.	Efficiente	Domestico	7	27,3		39,3	39,3			Fr.
80	Teor	Rivarotta, Via Vittorio Emanuele III	2370972	5075851	Non zamp.	Efficiente	Domestico	10	4,2	1920	0,5	0,5			Fr.
126	Teor	Rivarotta, Via Vittorio Emanuele III	2371037	5075874	Zamp.	Efficiente	Domestico	250	3,3		1,5	2	244	250	F
127	Teor	Rivarotta, Via Vittorio Emanuele III	2371089	5075903	Zamp.	Efficiente	Domestico	160	2,2		1	2	154	160	D
72	Terzo d'Aquileia	Via F.lli Cervi	2391142	5073811	Zamp.	Efficiente	Domestico	120	3,7	1983	0,75	2			B
73	Terzo d'Aquileia	Via Julia Augusta	2391323	5074034	Zamp.	Efficiente	Domestico	150	2,6	1989	1,5	2,5	147,5	150	C
89	Terzo d'Aquileia	Via Julia Augusta	2391327	5074029	Zamp.	Efficiente	Domestico	54	2,6		0,5	0,5			A
90	Terzo d'Aquileia	Via Julia Augusta	2391230	5074015	Zamp.	Efficiente	Irriguo/Zootecnico	12	3,1		1,25	1,25			A
129	Terzo d'Aquileia	Via XXV Aprile, Centro Giovani	2391141	5073213	Zamp.	Efficiente	Fontana	60	4,1		1,25	1,25			A
130	Terzo d'Aquileia	Via XXV Aprile, Cimitero	2391141	5073266	Zamp.	Efficiente	Fontana	100	3,5		0,375	0,375			B
69	Torviscosa	Fornelli di Sotto, a S della ferrovia	2385502	5076133	Zamp.	Efficiente	Irriguo	57	3,5	1981	1,5	1,5			A
160	Varmo	Zona industriale, strada Madrisio-Varmo	2363609	5081694	Non zamp.	Efficiente	Irriguo	5	14,1		39,3	39,3			Fr.
161	Varmo	Via del Cimitero	2363402	5084090	Non zamp.	Efficiente	Irriguo	6	19,5		39,3	39,3			Fr.
162	Varmo	Via del Cimitero	2363249	5084182	Zamp.	Efficiente	Domestico	174	19,3	1977	1,5	1,5			D
70	Villa Vicentina	Borgo Paeco	2394144	5072842	Zamp.	Efficiente	Domestico	98	4,5	1983	1,5	1,5	91	97	B
71	Villa Vicentina	Borgo Sandrigo	2393902	5073721	Zamp.	Efficiente	Domestico	176	4,7		2	3			C
91	Villa Vicentina	Borgo Sandrigo	2393912	5073698	Zamp.	Inutilizzato	Fontana	45	4,7		1	1			A

TAB.12 – Prima campagna di rilevamento condotta in corrispondenza degli 83 pozzi della rete di monitoraggio (gennaio-febbraio 2003).
 – Hydraulic head and discharge measurements carried out in the period January-February 2003, involving 83 monitoring wells.

ID	Comune Pozzo	X	Y	Tipo pozzo	Usò prev.	Prof.(m)	Diam. b.p. (pollici)	Diam.f.f. (pollici)	Quota pc (m slm)	Inizio p. (m)	Fine p. (m)	Press. (bar)	Prof LP dal pc (m)	Quota LP (m slm)	Q (l/s)	Falda
57	AQL	2393063	5069520	Zamp.	Dom.	66	0,75	1	1,9			0,25		5,27	0,43	A
58	AQL	2393292	5069219	Zamp.	Dom.	162	1,25	3	0,8			0,4		5,76	0,71	D
84	AQL	2393303	5069208	Zamp.	Dom.	27	0,75	3/4	0,8			0,1		2,24	0,12	A
124	AQL	2389057	5068828	Zamp.	Zoot.	55	1,5	2	0,5			0,5		6,42	1,36	A
125	AQL	2387174	5068533	Zamp.	Irr.	326	2	6	-0,3	320	326	0,7		8,11	3	H
92	BGN	2386939	5082788	Non zamp.	Irr.	20	39,3	39,3	18,1				-4	14,1		Fr.
123	BGN	2388180	5078039	Zamp.	Dom.	126	2	2	4,7	120	126	1,2		18,16	2,5	B
138	BRT	2368792	5085279	Zamp.	Dom.	190	0,5	2	17,1			1,1		29,43	2,8	D
139	BRT	2368709	5089267	Non zamp.	Dom.	10	47,2	47,2	31				-1,4	29,6		Fr.
140	BRT	2368300	5086393	Non zamp.	Irr.	7	39,3	39,3	20				-0,1	19,9		Fr.
141	BRT	2368210	5086165	Non zamp.	Irr.	5	39,3	39,3	19,6				-0,95	18,65		Fr.
142	BRT	2370496	5090096	Non zamp.	Irr.	24	39,3	39,3	34,5				-6,5	28		Fr.
143	BRT	2370406	5090074	Non zamp.	Irr.	7	39,3	39,3	35				-0,71	34,29		Fr.
144	CMT	2360777	5088299	Zamp.	Irr.	170	1	2	31,2			0,5		37,07	1,17	B
145	CMT	2361574	5088504	Zamp.	Font.	170	23,6	23,6	32,2			0,5	-1,5	30,7		Fr.
146	CMT	2359882	5086085	Zamp.	Dom.	29	1	1	26			0,02		38,64	0,38	B
147	CMT	2359884	5086086	Zamp.	Dom.	180	1,25	4	25,9					26,57	0,12	A
148	CRV	2389631	5079572	Zamp.	Dom.	85	0,75	1	8,9			0,3		36,4	2,8	C
95	CRV	2389762	5079709	Zamp.	Dom.	49	0,75	0,75	8,9			0,3		12,53	0,32	A
96	CRV	2391270	5075665	Zamp.	Dom.	149	1	2	4,3	134	149	0,4		12,51	0,52	A
131	CRV	2390670	5075732	Zamp.	Font.	120	0,375	2	3,1			0,5		9,07	0,08	B
132	CRV	2390241	5077394	Zamp.	Font.	65	0,5	0,5	4,2			0,2		6,97	0,37	A
133	CRV	2392585	5075764	Zamp.	Font.	50	0,375	0,375	5,3			0,2		7,44	0,22	A
59	CDR	2366748	5089896	Non zamp.	Dom.	10	0,5	0,5	32,7				-1,93	30,77		Fr.
137	CDR	2364642	5086718	Non zamp.	Irr.	5	39,3	39,3	26				-1,08	24,92		Fr.
60	FMC	2396808	5070383	Zamp.	Dom.	24	1	1	2,5			0,19		4,69	0,24	A
85	FMC	2396804	5070396	Zamp.	Font.	50	1,5	1,5	2,5			0,25		5,51	0,66	A
163	GNR	2382799	5085745	Non zamp.	Piezometro	20	2	2	25,9				-7,45	18,45		Fr.
164	GNR	2382865	5085644	Non zamp.	Piezometro	20	2	2	25,5				-7,88	17,62		Fr.
61	MZZ	2376641	5078186	Zamp.	Font.	60	1,5	1,5	8,8			0,25		12,02	0,45	A
77	MZZ	2374821	5073638	Zamp.	Irr.	125	1	1	3,3			0,5		9,28	0,25	B
149	MZZ	2374553	5075519	Zamp.	Font.	90	0,5	0,5	5,5			0,3		9,32	0,17	B
150	MZZ	2374318	5075310	Zamp.	Font.	90	0,75	0,75	4,9			0,32		8,58	0,14	B
151	MZZ	2373734	5075161	Zamp.	Font.	130	2	2	5			0,1		6,65	0,34	B
152	MZZ	2376628	5078071	Zamp.	Font.	80	0,75	1,5	7,8			0,3		12,05	1,15	A
153	MZZ	2376552	5078335	Zamp.	Dom.	80	1,5	1,75	8,6			0,4		13,38	0,83	A
62	MZZ	2374449	5075168	Zamp.	Font.	110	1	1	5			0,2		8,02	0,2	B
63	PLZ	2371073	5071946	Zamp.	Dom.	150	1,25	1,25	1,8			0,1		3,62	0,21	C
93	PCN	2371650	5072980	Zamp.	Dom.	350	1	2	2,8			1,1		15,29	0,47	H
64	PCN	2372412	5076925	Zamp.	Dom.	125	0,5	2	6,6	119	125	0,25		9,88	0,24	B
65	PCN	2373869	5081955	Zamp.	Dom.	162	1	2	12,1	160	162	0,65		19,59	1,11	C

(Segue)

ID	Comune Pozzo	X	Y	Tipo pozzo	Uso prev.	Prof.(m)	Diam. b.p. (pollici)	Diam.f.f. (pollici)	Quota pc (m slm)	Inizio p. (m)	Fine p. (m)	Press. (bar)	Prof.L.P.dal pc (m)	Quota L.P. (m slm)	Q (l/s)	Falda
66	PCN	2372577	5078294	Zamp.	Dom.	135	1	2	7,2	133	135	0,9		17,33	0,32	B
81	PCN	2372572	5078264	Zamp.	Dom.	135	1	2	7,2			1		18,35	0,5	B
82	PCN	2372569	5078406	Zamp.	Dom.	153	0,75	2	8			0,8		17,43	0,45	C
111	PCN	2372895	5078093	Zamp.	Zoot.	232	2	2	7,7	229,7	234	1		19,2	1,25	F
128	PCN	2372899	5078136	Zamp.	Dom.	75	0,75	1	7,7	69	75	0,2		10,53	0,25	A
67	PRP	2381509	5079606	Zamp.	Dom.	28	1,25	1,5	5,6			0,3		9,68	1,2	A
79	PRP	2378964	5078566	Zamp.	Dom.	80	0,75	1,5	9			0,3		13,33	0,53	A
134	PRP	2379013	5078576	Zamp.	Dom.	128	1,5	2,5	8,6			0,4		13,95	1,4	B
154	RVG	2367491	5080938	Non zamp.	Irr.	4	39,3	39,3	14,9				-2,03	12,87		Fr.
155	RVG	2367601	5080918	Non zamp.	Irr.	4	39,3	39,3	12,8				-1,8	11		Fr.
156	RVG	2367833	5081032	Non zamp.	Irr.	3,5	39,3	39,3	12,7				-2,33	10,37		Fr.
157	RVG	2367637	5081128	Non zamp.	Irr.	2,5	39,3	39,3	12,1				-1,15	10,95		Fr.
158	RVG	2367156	5081244	Non zamp.	Irr.	4	39,3	39,3	13,1				-1,5	11,6		Fr.
159	RVG	2367353	5081342	Zamp.	Altro	170	1,5	1,5	13,5			0,85		23,5	3,5	D
75	RDA	2395969	5077276	Non zamp.	Dom.	17	1,5	1,5	11,4	15	17		-2,98	8,42		Fr.
74	SNG	2381331	5075030	Zamp.	Dom.	108	2	2	4,6			0,3		8,84	1,45	B
76	SNG	2379741	5075667	Zamp.	Dom.	83	1,25	2	5,2			0,25		8,67	0,44	A
135	SNG	2379720	5075647	Zamp.	Dom.	62	2	2	5,4			0,22		8,5	0,31	A
136	SNG	2379719	5075646	Zamp.	Dom.	102	1	1,25	5,4			0,2		8,72	2,14	B
68	TLM	2371538	5088473	Non zamp.	Irr.	12	39,3	39,3	27,4	6	10		-1,91	25,49		Fr.
86	TLM	2371816	5088414	Non zamp.	Irr.	3	39,3	39,3	27,8	6	10		0	27,8		Fr.
87	TLM	2371706	5088554	Non zamp.	Irr.	10	39,3	39,3	28,2	6	10		-1,65	26,55		Fr.
88	TLM	2371874	5088563	Non zamp.	Irr.	12	39,3	39,3	28,4	6	10		-2,6	25,8		Fr.
165	TLM	2371555	5088309	Non zamp.	Irr.	5	39,3	39,3	26,8				-1	25,8		Fr.
166	TLM	2371823	5088289	Non zamp.	Dom.	7	39,3	39,3	27,3				-2,5	24,8		Fr.
80	TRE	2370972	5075851	Non zamp.	Dom.	10	0,5	0,5	3,8				-2,22	1,58		Fr.
126	TRE	2371037	5075874	Zamp.	Dom.	250	1,5	1,5	3,6	244	250	0,5		9,92	1	F
127	TRE	2371089	5075903	Zamp.	Dom.	160	1	2	3,2	154	160	0,4		8,39	0,48	D
72	TRZ	2391142	5073811	Zamp.	Dom.	120	0,75	2	3			0,25		6,2	0,34	B
73	TRZ	2391323	5074034	Zamp.	Dom.	150	1,5	2	3,2	147,5	150	0,35		8,11	1,33	C
89	TRZ	2391327	5074029	Zamp.	Dom.	54	0,5	0,5	3,2			0,15		4,76	0,07	A
90	TRZ	2391230	5074015	Zamp.	Irr/Zoot	12	1	1	3,4			0,13		5,76	0,18	A
129	TRZ	2391191	5073213	Zamp.	Font.	60	1,25	1,25	4,3			0,25		7,85	0,23	A
130	TRZ	2391141	5073266	Zamp.	Font.	100	0,375	0,375	3,8			0,2		6,98	0,24	B
69	TRV	2385502	5076133	Zamp.	Irr.	57	1,5	1,5	3,3			0,35		8,11	0,81	A
160	VRM	2363609	5081694	Non zamp.	Irr.	5	39,3	39,3	14,2				-1,8	12,4		Fr.
161	VRM	2363402	5084090	Non zamp.	Irr.	6	39,3	39,3	19,5				-2,1	17,4		Fr.
162	VRM	2363249	5084182	Zamp.	Dom.	174	1,5	1,5	19,3			1,1		31,42	2,33	D
70	VLL	2394144	5072842	Zamp.	Dom.	98	1,5	1,5	5	91	97	0,22		7,74	0,76	B
71	VLL	2393902	5073721	Zamp.	Dom.	176	2	3	4,7			0,4		9,76	1,5	C
91	VLL	2393912	5073698	Zamp.	Font.	45	1	1	4,7			0,1		6,11	0,12	A

alla *Falda B*, con un incremento del 37,83%. Incrementi significativi hanno interessato la *Falda F* (66,67%) e la *Falda H* (71,43%).

Osservando la distribuzione dei pozzi per fasce territoriali di appartenenza (tab. 13), emerge l'assenza di punti di misura, nel settore settentrionale, per le *Falde E, F, G, H*: in tale zona, infatti, sono decisamente scarsi i pozzi con profondità superiore ai 175 metri.

Dal punto di vista areale, tutti i 31 Comuni della BPF in Provincia di Udine risultano caratterizzati dalla presenza di almeno un punto di misura.

Per ogni pozzo della rete di controllo definitiva, è stata predisposta una scheda monografica (consultabile sul supporto informatico prodotto in allegato), nella quale sono stati inseriti i seguenti campi:

- Numero identificativo;
- Comune di ubicazione;
- Località di ubicazione;
- Coordinate planimetriche Gauss-Boaga;
- Quota del piano campagna (m s.l.m.);
- Profondità del pozzo dal piano campagna (m);
- Profondità del filtro dal piano campagna (m);
- Diametro del boccapozzo (pollici);
- Diametro del fondopozzo (pollici);
- Quota del boccapozzo (m s.l.m.);
- Anno di perforazione;
- Uso prevalente;
- Note eventuali;
- Tipologia (pozzo zampillante, non zampillante);
- Pressione dell'acqua (bar) e portata (l/s) per i pozzi zampillanti;
- Profondità del livello piezometrico dal boccapozzo (m) e quota del livello piezometrico (m s.l.m.) per i pozzi non zampillanti;
- Data di esecuzione delle misure;
- Fotografia;
- Stralcio topografico con ubicazione del pozzo.

12. - REALIZZAZIONE DELLA SECONDA CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DEI LIVELLI PIEZOMETRICI

Nei mesi di settembre e ottobre 2003, è stata realizzata la seconda campagna di rilevamento dei livelli di falda, che ha interessato i 134 pozzi della rete di monitoraggio definitiva; in corrispondenza dei 21 pozzi reperiti nel periodo maggio-agosto 2003, la misura piezometrica autunnale ha fatto seguito a quella eseguita all'atto del primo sopralluogo.

Durante la seconda campagna di rilevamento, non è stato possibile effettuare misure in corrispondenza di 18 pozzi, come specificato nella tabella 14.

Infatti, 2 pozzi (ID89 TRZ in *Falda A* e ID137 CDR in *Falda freatica*) erano stati nel frattempo chiu-

si; in un altro pozzo (ID190 TPG in *Falda freatica*), un problema tecnico ha impedito l'esecuzione della misura durante la seconda campagna di rilevamento; 6 pozzi della prima campagna (ID201 CMN e ID200 CMN in *Falda A*; ID208 AQL in *Falda E*; ID180 LTS in *Falda G*; ID174 LTS e ID179 LTS in *Falda H*) e 9 dei pozzi di più recente acquisizione (ID147 CMN, ID94 CRV, ID133 CRV, ID60 FMC, ID85 FMC e ID91 VLL in *Falda A*; ID146 CMN, ID131 CRV e ID70 VLL in *Falda B*) sono risultati in secca.

Analogamente a quanto esposto in relazione alla prima campagna di misura, si è provveduto anche in tale circostanza al rilevamento della pressione dell'acqua al boccapozzo (in bar) per i pozzi artesiani e alla determinazione della profondità del livello piezometrico (in m dal boccapozzo) per i pozzi non zampillanti; per entrambe le tipologie, è stata misurata l'altezza o la profondità del boccapozzo rispetto al piano campagna, in modo da riferire le misure effettuate a quote assolute (m s.l.m.). Solamente in corrispondenza dei pozzi artesiani, è stata eseguita una misura di portata del deflusso libero.

Le misure (piezometriche e di deflusso libero) effettuate nel corso delle due campagne di rilevamento sono sinteticamente riportate nella tabella 15.

13. - ELABORAZIONE DEI DATI

I pozzi della rete di monitoraggio della BPF in Provincia di Udine, univocamente identificati da un numero progressivo e da un sistema di coordinate in proiezione Gauss-Boaga, risultano ubicati sulla base cartografica regionale come visualizzato nell'Allegato 1. I pozzi sono stati suddivisi per falda di attingimento mediante l'ausilio di una scala cromatica.

I dati dei livelli di falda, raccolti nel corso delle due campagne di misura effettuate, sono stati utilizzati per la realizzazione di carte a curve isopiezometriche (in m s.l.m.) relativamente alla *Falda freatica* e alle *Falde A, B, C, D, F e H*. Tali carte vengono prodotte in allegato nelle condizioni di carico relative ai periodi gennaio-febbraio 2003 (*All.2a-3a-4a-5a-6a*) e settembre-ottobre 2003 (*All.2b-3b-4b-5b-6b-7-8*); per la *Falda freatica* e per le *Falde A, B, C e D*, vengono posti a confronto diretto, tramite sovrapposizione, gli andamenti piezometrici riscontrati in corrispondenza delle due campagne di misura, elaborati utilizzando lo stesso insieme di punti di controllo (*All.2c-3c-4c-5c-6c*). Per le *Falde E e G*, non è stato possibile redigere degli elaborati cartografici in considerazione del numero limitato di punti di misura a disposizione. Le mappe ad isopieze sono state tracciate utilizzando *Surfer* (Win32) versione 6.04, programma di *contouring* bidimensionale in ambiente *Windows*. Tale pro-

gramma, largamente utilizzato per la rappresentazione di dati distribuiti sul territorio, è dotato di un sofisticato motore di interpolazione in grado di trasformare automaticamente, mediante opportuni metodi di *gridding* controllabili dall'operatore, gli attributi Z di un insieme comune disperso di punti dotati di coordinate X, Y in mappe che, opportunamente sovrapposte ad una cartografia di base, sintetizzano la distribuzione geografica dei dati.

Qualunque sia la densità areale delle osservazioni disponibili, il rilevamento dei dati piezometrici non può comunque assumere il carattere di continuità che, invece, deve essere restituito dalla rappresentazione grafica. Si è reso perciò necessario formulare un'ipotesi sul comportamento della grandezza in esame fra punti noti irregolarmente distribuiti nello spazio e scegliere una tecnica di interpolazione spaziale in grado di ricostruire i valori assunti dalla grandezza in oggetto presso punti non campionati all'interno dell'area coperta dalle osservazioni esistenti. Attraverso i metodi di interpolazione propri del campo geostatistico, i valori incogniti di una grandezza possono essere determinati attraverso estimatori, cioè attraverso opportune

combinazioni lineari dei valori noti (DAVIS, 1986; KITANIDIS, 1998). I metodi di *gridding* utilizzati da *Surfer* possono essere divisi in due categorie: interpolatori esatti e interpolatori di regolarizzazione (o di livellamento). Alcuni interpolatori del primo tipo possono contenere un fattore di livellamento che li rende del secondo tipo. Gli interpolatori di regolarizzazione possono essere utilizzati nel caso in cui i dati di misura non siano di elevata attendibilità. Questo tipo di interpolazione riduce gli effetti della variabilità su piccola scala tra punti di misura vicini. Gli interpolatori di livellamento non assegnano pesi unitari ai singoli punti di misura, anche quando uno di essi coincide esattamente con un nodo della griglia; i fattori di peso vengono assegnati in modo tale che la mappa di *contouring* risulti più livellata. Al limite, un ugual peso viene attribuito a tutti i punti di misura e la superficie diviene un piano orizzontale in corrispondenza della media dei dati di misura. Gli interpolatori esatti stimano i dati puntuali in modo esatto (cioè rispettano il valore del dato di partenza) quando il dato stesso coincide con il nodo della griglia di interpolazione. È possibile che il dato non venga rispettato

TAB. 13 - *Distribuzione dei 134 pozzi idrici costituenti la rete di monitoraggio definitiva della BPF.*

- Distribution, within each confined aquifer level and each territorial band sector, of the 134 ultimate monitoring network wells.

Fascia	Falda freatica	Falda A	Falda B	Falda C	Falda D	Falda E	Falda F	Falda G	Falda H
Settentrionale	26	8	3	1	2	-	-	-	-
Centrale	12	25	11	6	6	1	3	-	1
Meridionale	5	4	7	1	-	1	3	2	6
Totale	43	37	21	8	8	2	6	2	7
<i>Incremento %</i>	<i>39,05</i>	<i>37,83</i>	<i>14,28</i>	<i>12,50</i>	<i>12,50</i>	<i>100</i>	<i>66,67</i>	<i>100</i>	<i>71,43</i>

TAB. 14 - *Quadro riassuntivo dei pozzi effettivamente utilizzati per la seconda campagna di rilevamento (settembre-ottobre 2003).*

- Number of wells effectively used in the second series of measurements (September-October 2003).

Falda	Pozzi eliminati	Pozzi nuovi in secca	Pozzi vecchi in secca	Pozzi nuovi utilizzati	Pozzi vecchi utilizzati	Totale pozzi misurati
<i>Freatica</i>	2	-	-	16	25	41
A	1	2	6	12	16	28
B	-	-	3	3	15	18
C	-	-	-	1	7	8
D	-	-	-	3	5	8
E	-	1	-	1	-	1
F	-	-	-	4	2	6
G	-	1	-	1	-	1
H	-	2	-	3	2	5
	3	6	9	44	72	116

TAB. 15 – *Compendio delle misure effettuate nelle due campagne di rilevamento (AII: Aiello del Friuli; AQL: Aquileia; BGN: Bagnaria Arsa; BRT: Bertoli; CMN: Camino al Tagliamento; CMP: Campolongo al Torre; CRL: Carlino; CST: Castions di Strada; CRV: Cervignano del Friuli; CDR: Codroipo; FMC: Fiumicello; GNR: Gonars; LTS: Latisana; LGN: Lignano Sabbiadoro; MRN: Marano Lagunare; MZZ: Muzzana del Turgnano; PLZ: Palazzolo dello Stella; PCN: Pomena; PRP: Porpetto; PRC: Prevenico; RVG: Rivignano; RNC: Ronchis; RDU: Ruda; SNG: San Giorgio di Nogaro; TLM: Talmassons; TPG: Tapogliano; TRE: Teor; TRZ: Terzo d'Aquileia; TRV: Torviscosa; VRM: Varmo; VLL: Villa Vicentina).*
 - Summary of the measurements carried out during the two field investigations.

ID	Comune Pozzo	Q1 (l/s)	Press1 (bar)	Prof LP1 dal bp (m)	Quota LP1 (m slm)	Data 1	Q2 (l/s)	Press2 (bar)	Prof LP2 dal bp (m)	Quota LP2 (m slm)	Data 2	Falda
57	AQL	0,43	0,25		5,27	17/01/03	0,2	0,1		3,74	25/09/03	A
58	AQL	0,71	0,4		5,76	17/01/03	1,5	0,2		3,72	25/09/03	D
59	CDR			2,4	30,77	05/02/03			9,5	23,67	22/10/03	Fr.
60	FMC	0,24	0,19		4,69	21/01/03	0	0			24/09/03	A
61	MZZ	0,45	0,25		12,02	04/02/03	0,63	0,15		11	01/10/03	A
63	PLZ	0,21	0,1		3,62	04/02/03	0,11	0,05		3,11	16/10/03	C
64	PCN	0,24	0,25		9,88	31/01/03	0,2	0,28		10,19	09/10/03	B
65	PCN	1,11	0,65		19,59	31/01/03	1	0,5		18,06	09/10/03	C
66	PCN	0,32	0,9		17,33	06/02/03	0,18	0,4		12,23	09/10/03	B
67	PRP	1,2	0,3		9,68	24/01/03	1	0,1		7,64	07/10/03	A
68	TLM			1,8	25,49	05/02/03			3,7	23,59	24/10/03	Fr.
69	TRV	0,81	0,35		8,11	11/02/03	1,09	0,35		8,11	15/10/03	A
70	VLL	0,76	0,22		7,74	24/01/03	0	0			25/09/03	B
71	VLL	1,5	0,4		9,76	24/01/03	1,27	0,1		6,7	25/09/03	C
72	TRZ	0,34	0,25		6,2	17/01/03	0,16	0,25		6,2	25/09/03	B
73	TRZ	1,33	0,35		8,11	17/01/03	0,7	0,2		6,58	27/09/03	C
74	SNG	1,45	0,3		8,84	24/01/03	1,75	0,2		7,82	07/10/03	B
75	RDU			3,5	8,42	21/01/03			5,1	6,82	29/09/03	Fr.
76	SNG	0,44	0,25		8,67	24/01/03	0,56	0,2		8,16	07/10/03	A
77	MZZ	0,25	0,5		9,28	04/02/03	0,2	0,5		9,28	17/10/03	B
79	PRP	0,53	0,3		12,84	24/01/03	0,4	0,25		12,33	17/10/03	A
80	TRE			2,1	1,58	13/01/03			3	0,68	16/10/03	Fr.
81	PCN	0,5	1		18,35	13/01/03	0,5	0,8		16,31	09/10/03	B
82	PCN	0,45	0,8		17,43	13/01/03	0,7	0,5		14,37	09/10/03	C
84	AQL	0,12	0,1		2,24	17/01/03	0,08	0,01		1,32	25/09/03	A
85	FMC	0,66	0,25		5,51	21/01/03	0	0			24/09/03	A
86	TLM			0	27,8	05/02/03			2	25,8	24/10/03	Fr.
87	TLM			1,65	26,55	05/02/03			4	24,2	24/10/03	Fr.
88	TLM			2,6	25,8	05/02/03			3,5	24,9	24/10/03	Fr.
89	TRZ	0,07	0,15		4,76	17/01/03						A
90	TRZ	0,18	0,13		5,76	17/01/03	0,08	0,05		4,94	23/10/03	A
92	BGN			4	14,1	21/01/03			6,3	11,8	15/10/03	Fr.
93	PLZ	0,47	1,1		15,29	13/01/03	0,75	1		14,27	16/10/03	H
94	CRV	0,32	0,3		12,53	22/01/03	0	0			29/09/03	A
95	CRV	0,52	0,3		12,51	21/01/03	0,02	0		9,45	29/09/03	A
96	CRV	1,07	0,4		8,81	17/01/03	0,77	0,3		7,79	29/09/03	C
111	PCN	1,25	1		19,2	13/01/03	1,4	0,7		16,14	09/10/03	F
123	BGN	2,5	1,2		18,16	15/01/03	2,8	0,5		11,02	23/10/03	B
124	AQL	1,36	0,5		6,42	15/01/03	0,87	0,2		3,36	17/10/03	A
125	AQL	3	0,7		8,11	15/01/03	2,8	0,6		7,09	17/10/03	H
126	TRE	1	0,5		9,92	13/01/03	1	0,4		8,9	16/10/03	F
127	TRE	0,48	0,4		8,39	13/01/03	0,4	0,35		7,88	16/10/03	D
128	PCN	0,25	0,2		10,53	13/01/03	0,3	0,18		10,33	09/10/03	A
91	VLL	0,12	0,1		6,11	24/01/03	0	0			25/09/03	A
129	TRZ	0,23	0,25		7,85	24/01/03	0,19	0,1		6,32	25/09/03	A
130	TRZ	0,24	0,2		6,98	24/01/03	0,08	0		4,94	17/10/03	B
131	CRV	0,08	0,5		9,07	17/01/03	0	0			23/10/03	B
132	CRV	0,37	0,2		6,97	24/01/03	0,23	0,1		5,95	29/09/03	A
133	CRV	0,22	0,2		7,44	24/01/03	0	0			29/09/03	A
134	PRP	1,4	0,4		13,95	24/01/03	1	0,25		12,42	17/10/03	B
135	SNG	0,31	0,22		8,5	24/01/03	0,28	0,1		7,28	07/10/03	A
136	SNG	2,14	0,2		8,72	24/01/03	2	0,2		8,72	07/10/03	B
137	CDR			1,08	24,92	06/02/03						Fr.
138	BRT	2,8	1,1		29,43	28/01/03	0,6	0,7		25,35	22/10/03	D
139	BRT			2,6	29,6	28/01/03			10	22,2	08/10/03	Fr.
140	BRT			0,1	19,9	06/02/03			1	19	31/10/03	Fr.
141	BRT			0,95	18,65	06/02/03			2,1	17,5	31/10/03	Fr.
142	BRT			6,5	28	06/02/03			10	24,5	31/10/03	Fr.
143	BRT			0,9	34,29	06/02/03			1,06	34,13	31/10/03	Fr.
144	CMN	1,17	0,5		37,07	14/02/03	0,22	0,12		33,19	20/10/03	B
145	CMN			1,5	30,7	14/02/03			4	28,2	20/10/03	Fr.
146	CMN	0,38	0,5		38,64	14/02/03	0	0			20/10/03	B
147	CMN	0,12	0,02		26,57	14/02/03	0	0			20/10/03	A
148	CMN	2,8	0,9		36,4	14/02/03	1,75	0,6		33,34	20/10/03	C
149	MZZ	0,17	0,3		9,32	05/02/03	0,14	0,05		6,77	01/10/03	B
150	MZZ	0,14	0,32		8,58	04/02/03	0,12	0,05		5,83	01/10/03	B

(Segue)

ID	Comune Pozzo	Q1 (l/s)	Press1 (bar)	Prof LP1 dal bp (m)	Quota LP1 (m slm)	Data 1	Q2 (l/s)	Press2 (bar)	Prof LP2 dal bp (m)	Quota LP2 (m slm)	Data 2	Falda
151	MZZ	0,34	0,1		6,65	31/01/03	0,19	0,05		6,14	01/10/03	B
152	MZZ	1,15	0,3		12,05	31/01/03	0,98	0,25		11,54	01/10/03	A
153	MZZ	0,83	0,4		13,38	31/01/03	0,66	0,3		12,36	01/10/03	A
154	RVG			2,2	12,87	06/02/03			2,1	12,97	22/10/03	Fr.
155	RVG			1,8	11	06/02/03			1,85	10,95	22/10/03	Fr.
156	RVG			2,1	10,37	06/02/03			2,1	10,37	22/10/03	Fr.
157	RVG			1,15	10,95	06/02/03			1	11,1	22/10/03	Fr.
158	RVG			1,5	11,6	06/02/03			1,4	11,7	22/10/03	Fr.
159	RVG	3,5	0,85		23,5	06/02/03	2,8	0,75		22,48	22/10/03	D
160	VRM			1,8	12,4	06/02/03			1,8	12,4	22/10/03	Fr.
161	VRM			2,1	17,4	06/02/03			2,5	17	22/10/03	Fr.
161	VRM	2,33	1,1		31,42	06/02/03	2	0,8		28,36	08/10/03	D
163	GNR			7,55	18,45	04/02/03			10,6	15,4	17/10/03	Fr.
62	MZZ	0,2	0,2		8,02	04/02/03	0,13	0,05		6,49	01/10/03	B
165	TLM			1	25,8	05/02/03			2,3	24,5	24/10/03	Fr.
166	TLM			2,5	24,7	05/02/03			4,8	22,4	24/10/03	Fr.
170	PRC						1,75	0,3		5,41	16/10/03	E
171	PRC						0,11	0,25		4,95	16/10/03	A
172	PLZ						0,7	0,2		9,89	29/10/03	H
173	LGN								3,1	-2,18	29/10/03	Fr.
174	LTS						0	0			29/10/03	H
175	LTS								1,8	0,23	29/10/03	Fr.
176	LTS								1,9	-1	29/10/03	Fr.
177	RNC						0,1	0,2		11,31	29/10/03	G
178	RNC						0,45	0,55		16,03	29/10/03	F
179	LTS						0	0			29/10/03	H
180	LTS						0	0			29/10/03	G
181	LTS								2,7	-2,2	29/10/03	Fr.
182	VRM								0,7	15,68	22/10/03	A
183	RVG								0,8	13,02	22/10/03	A
184	CMN								2,9	29,7	22/10/03	Fr.
185	VRM								2,1	23	22/10/03	Fr.
186	ALL								6,1	11,2	20/10/03	A
187	TPG								8,6	9,8	25/10/03	Fr.
188	ALL								4,7	9,38	21/10/03	A
189	CMP								6,1	8,53	25/10/03	Fr.
190	TPG										21/10/03	Fr.
191	CST								4	15,3	09/09/03	Fr.
192	PRP						0,54	0,2		14,85	09/09/03	C
193	CST								6,5	15,9	09/09/03	A
194	CST						0,06	0,05		13,18	09/09/03	A
195	CST						0,17	0,01		12,77	09/09/03	A
196	VRM						1,55	1,35		31,25	10/09/03	D
197	VRM						2,33	1,35		31,02	10/09/03	D
198	VRM						0,87	0,5		22,58	10/09/03	A
199	VRM						0,06	0		16,92	10/09/03	A
200	VRM						0	0			10/09/03	A
201	CMN						0	0			10/09/03	A
202	CMN						2	0,65		34,07	10/09/03	D
203	GNR								5,3	13,68	12/09/03	A
204	CRL						0,16	0,1		4,27	17/09/03	B
205	CRL						0,11	0,1		3,86	17/09/03	B
206	CRL						2	0,5		7,94	17/09/03	H
207	AQL						2,33	0,2		4,31	18/09/03	F
208	ZQL						0	0			18/09/03	E
209	ZQL						1,55	0,31		4,62	25/09/03	A
210	CRL						0,36	0,15		4,33	02/10/03	F
211	CRL						0,54	0,8		10,5	02/10/03	H
212	CRL						1,27	0,3		5,28	02/10/03	F
213	CRL								1,3	-0,1	02/10/03	Fr.
214	VRM								3	15,8	08/10/03	Fr.
215	VRM								5	12,29	08/10/03	Fr.
216	CMN								2,3	25,66	08/10/03	Fr.
217	CMN								4,4	29,56	08/10/03	Fr.
218	CMN								5,4	36,42	08/10/03	Fr.
219	CDR								9,05	37,65	08/10/03	Fr.
220	SNG						0,45	0,3		8,46	28/10/03	B

esattamente dal *file* di griglia se i dati puntuali non coincidono con i nodi di griglia. Per interpolare i dati piezometrici sull'area geografica in esame, tra le diverse tecniche di tracciamento rese disponibili dal *software Surfer*, è stata scelta quella del *kriging*, stru-

mento base nel campo della geostatistica. Tale metodo, nato e sviluppato in un contesto geologico ma esteso a molti altri campi in virtù della sua elevata flessibilità, risulta particolarmente efficace nel trattamento automatico e nell'interpolazione di

variabili distribuite con continuità, i cui valori presentino una forte variabilità naturale. Il *kriging* è una tecnica di interpolazione stocastica lineare pesata a media mobile, basata sulle seguenti ipotesi: 1) - ogni osservazione è una delle possibili realizzazioni di una variabile aleatoria (variabile regionalizzata), non facilmente descrivibile da alcuna funzione matematica semplice e tale che punti vicini possiedono un certo grado di correlazione spaziale, mentre punti distanti sono statisticamente indipendenti; 2) - l'insieme dei fattori peso assegnati alle misure disponibili minimizza la varianza della stima, cioè l'errore che si commette nello stimare il valore incognito di una grandezza in un punto qualsiasi sulla base dei valori noti della stessa in altri punti; 3) - le proprietà statistiche della variabile considerata sono descritte da una funzione matematica detta *variogramma*, che definisce il grado di dipendenza spaziale dei dati in funzione della loro reciproca distanza; le informazioni del variogramma teorico, che modella la tendenza manifestata dal variogramma sperimentale, vengono utilizzate per determinare, mediante sistemi di equazioni lineari, l'insieme ottimale dei fattori peso da applicare ai valori noti.

La bontà e il dettaglio del risultato finale dipendono dalla qualità, distribuzione e densità dei valori puntuali di *input*, nonché dal settaggio dei parametri di controllo, anche se il *kriging* è in grado di fornire risultati di qualità anche a partire da dati numericamente scarsi o distribuiti in maniera non ottimale.

Nel caso studiato, il *kriging* è stato adattato all'insieme dei dati piezometrici disponibili sfruttando le potenzialità offerte dal pacchetto *Surfer*, che garantisce la possibilità di scegliere il modello di variogramma più appropriato.

In questa fase, è stato scelto l'uso del modello lineare di variogramma, mantenendo i parametri di *default* relativi alla scala (*sill*) e alla lunghezza (*range*). Una ulteriore scelta compiuta deriva dall'ipotesi intrinseca di stazionarietà del metodo di *kriging*. Come consigliato in caso di dubbio relativamente al riconoscimento di un *trend* di variazione spaziale nei valori disponibili nei punti di misura, ai dati piezometrici è stata imposta la condizione "No Drift", cioè è stata eseguita un'interpolazione secondo il *kriging* ordinario.

La terza ed ultima assunzione effettuata nell'elaborazione riguarda il cosiddetto "Nugget effect". Tale

opzione viene specificata quando sono sospettabili potenziali errori ed inaccuratezze nella raccolta dei dati di partenza. L'effetto *nugget* è dato dalla somma della varianza dell'errore di misura (valore che costituisce una quantificazione della ripetibilità delle misure) e della micro-varianza (cioè della varianza della struttura a piccola scala). Specificare tale effetto significa attribuire minor fiducia ai dati individuali rispetto all'andamento generale dei dati. Non specificando un effetto *nugget*, è stato applicato un *kriging* in veste di interpolatore esatto.

Su tali basi, dal punto di vista operativo, la tecnica d'interpolazione del *kriging* è stata applicata globalmente, cioè tutte le osservazioni disponibili per ciascun acquifero hanno concorso alla relativa stima effettuata.

La visualizzazione dell'andamento spaziale delle isopieze in sovrapposizione alla base cartografica regionale semplificata adottata per la riproduzione grafica delle elaborazioni è stata resa possibile mediante importazione in ambiente *MapInfo*, versione *Professional*, dei *files* generati in *Surfer*.

Il *software MapInfo* è in grado di associare, alle procedure di gestione di dati organizzati in *databases*, la rappresentazione visiva dei dati stessi mediante mappe. Gli archivi di dati possono essere realizzati con applicazioni esterne (ad esempio *MSAccess* o fogli di lavoro quali *Lotus* o *Excel*) o essere creati direttamente in *MapInfo*. Nel caso specifico, le informazioni relative a ciascun pozzo della rete di monitoraggio, inserite in un *database* esterno appositamente predisposto, sono state successivamente importate in ambiente *MapInfo* al fine di poter associare un punto ad ogni *record* corrispondente a un pozzo di controllo. A ciascun punto sono state pertanto assegnate le coordinate (X, Y) in proiezione Gauss-Boaga lette nel relativo campo del *database*. La selezione del simbolo corrispondente al generico pozzo consente di visualizzare le informazioni disponibili per l'oggetto prescelto.

Sfruttando infine le potenzialità di visualizzazione di *MapInfo*, che consente di sovrapporre a piacimento su *layers* distinti dati e basi cartografiche digitalizzate, utilizzabili in modo reciprocamente indipendente, sono state realizzate le rappresentazioni cartografiche prodotte in allegato.

TAB. 16 - Livelli piezometrici, rilevati nel corso delle due campagne di misura, nel Comune di Camino al Tagliamento. - Hydraulic heads measured in Camino al Tagliamento.

ID	LP1 (m s.l.m.)	LP2 (m s.l.m.)	Falda	Località
145	30.70	28.20	Fr	Camino al Tagliamento
147	26.57	-	A	
146	38.64	-	B	
144	37.07	33.19	B	
148	36.40	33.34	C	

TAB. 17 - *Livelli piezometrici, rilevati nel corso delle due campagne di misura, nei Comuni di Pocenia e Teor.*
- Hydraulic heads measured in Pocenia and Teor.

ID	LP1 (m s.l.m.)	LP2 (m s.l.m.)	Falda	Località
80	1.58	0.68	Fr	Teor
128	10.53	10.33	A	Pocenia
66	17.33	12.23	B	Pocenia
81	18.35	16.31	B	Pocenia
64	9.88	10.19	B	Pocenia
82	17.43	14.37	C	Pocenia
127	8.39	7.88	D	Teor
111	19.20	16.14	F	Pocenia
126	9.92	8.90	F	Teor

TAB. 18 - *Livelli piezometrici, rilevati nel corso delle due campagne di misura, nel Comune di Terzo d'Aquileia.*
- Hydraulic heads measured in Terzo d'Aquileia

ID	LP1 (m s.l.m.)	LP2 (m s.l.m.)	Falda	Località
90	5.76	4.94	A	Terzo d'Aquileia
89	4.76	-	A	
129	7.85	6.32	A	
72	6.20	6.20	B	
130	6.98	4.94	B	

TAB. 19 - *Confronto tra i livelli piezometrici rilevati in alcuni pozzi dei Comuni di Pocenia e Muzzana del Turgnano.*
- Comparison between hydraulic heads measured in Pocenia and Muzzana del Turgnano.

Comune: Pocenia			Falda		Comune: Muzzana del Turgnano		
ID	LP1 (m s.l.m.)	LP2 (m s.l.m.)			ID	LP1 (m s.l.m.)	LP2 (m s.l.m.)
81	18.35	16.31	B	B	150	8.58	5.83
66	17.33	12.23	B	B	149	9.32	6.77
				B	151	6.65	6.14
				B	62	8.02	6.49
				B	77	9.28	9.28

TAB. 20 - *Confronto tra i livelli piezometrici rilevati in alcuni pozzi dei Comuni di Porpetto e S. Giorgio di Nogaro.*
- Comparison between hydraulic heads measured in Porpetto and S. Giorgio di Nogaro.

Comune: Porpetto, loc. Pampaluna			Falda		Comune: S. Giorgio di Nogaro		
ID	LP1 (m s.l.m.)	LP2 (m s.l.m.)			ID	LP1 (m s.l.m.)	LP2 (m s.l.m.)
79	12.84	12.33	A	A	76	8.67	8.16
				A	135	8.50	7.28
134	13.95	12.42	B	B	136	8.72	8.72
				B	74	8.84	7.82

TAB. 21 - *Confronto tra i livelli piezometrici rilevati in alcuni pozzi dei Comuni di Cervignano del Friuli e Bagnaria Arsa.*
- Comparison between hydraulic heads measured in Cervignano del Friuli and Bagnaria Arsa.

Comuni: Cervignano del F., loc. Strassoldo; Bagnaria Arsa, loc. Castions delle Mura			Falda		Comune: Cervignano del F., loc. Muscoli		
ID	LP1 (m s.l.m.)	LP2 (m s.l.m.)			ID	LP1 (m s.l.m.)	LP2 (m s.l.m.)
95	12.51	9.45	A	A	132	6.97	5.95
94	12.53	-	A				
123	18.16	11.02	B	B	131	9.07	-

14. - VERIFICHE DI CORRELABILITÀ DEI RILIEVI PIEZOMETRICI PER OGNI ACQUIFERO INDIVIDUATO

Dall'analisi complessiva dei dati relativi ai livelli piezometrici di tutte le falde individuate, è possibile effettuare le seguenti considerazioni:

a) Non sempre è verificato che l'andamento del livello piezometrico sia crescente con la profondità dell'acquifero. Infatti, come mostrato in tabella 16, il livello piezometrico della *Falda C* è localmente inferiore rispetto a quello della *Falda B*, così come il livello piezometrico della *Falda D* è inferiore a quello delle falde sovrastanti (tab. 17).

b) Esistono localmente notevoli differenze di livello piezometrico all'interno dei singoli acquiferi. Nella zona di Pocenia, ad esempio (tab. 17), esistono differenze rilevanti, dell'ordine dei 10 metri, nei livelli piezometrici delle *Falde B* e *F*. Differenze meno marcate, ma pur sempre significative, caratterizzano le *Falde A* e *B* in Comune di Terzo d'Aquileia (tab. 18).

c) Una differenza consistente nei livelli piezometrici relativi alle *Falde A* e *B* è riconoscibile (tab. 19, tab. 20, tab. 21) tra alcuni pozzi situati a N della direttrice Cervignano del Friuli - Torviscosa - S. Giorgio di Nogaro (ID66-81; ID79-134; ID94-95-123) ed altri ubicati a S della stessa (ID62-77-149-150-151; ID74-76-135-136; ID131-132). Tale marcatissimo dislivello è probabilmente imputabile all'entità degli emungimenti che vengono effettuati nell'area.

15. - CONFRONTI TEMPORALI

Le misure piezometriche pregresse effettuate nella BPF, desumibili dagli archivi a disposizione come dati acquisiti precedentemente alle due campagne di misura condotte nel 2003, sono molto scarse, limitate a singoli pozzi ed eseguite in tempi diversi, per cui non è stato possibile redigere carte piezometriche da confrontare direttamente con quelle riportate negli allegati.

Un eventuale confronto di misure su base temporale risulta pertanto forzatamente limitato ad alcune situazioni puntuali, che comunque si riferiscono solamente all'acquifero freatico, in quanto, per i pozzi artesiani presenti negli archivi, il prezioso corredo di dati piezometrici perde di significatività qualora non siano rispettati i requisiti necessari all'interpretazione delle misure. Nella maggior parte dei casi, infatti, non è dato sapere se tali pozzi peschino esclusivamente da un unico acquifero e/o non è nota la profondità dei pozzi stessi.

Alla luce di tali considerazioni, le misure piezometriche effettuate per la falda libera nel corso delle

due campagne di rilevamento sono state messe a confronto, in corrispondenza di sette Comuni (Bagnaria Arsa, Bertiolo, Camino al Tagliamento, Codroipo, Gonars, Ruda e Talmassons), con le misure desunte da:

- *Bollettino della rete provinciale di rilevamento della qualità delle acque sotterranee*, Provincia di Udine, Assessorato all'Ambiente e al Territorio (CRAD): misure effettuate negli anni 1994-95-96;

- *Annale Freatimetrico regionale*, Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, Servizio dell'Idraulica: misure effettuate negli anni 1985-87-88-89-90-91 e mediate nei periodi 1967-1986, 1967-1999.

Dal confronto fra i diversi dati (tab. 22), risulta che i livelli piezometrici riscontrati nel 2003 rientrano generalmente nella media ventennale e trentennale delle misure effettuate dal Servizio dell'Idraulica regionale, pur registrandosi in alcuni Comuni (es. Bertiolo, Camino al Tagliamento, Codroipo) una tendenza attuale all'abbassamento.

16. - CONSIDERAZIONI SULL'ANDAMENTO DELLE PIEZOMETRIE E DELLE PORTATE MISURATE

Sono di seguito riportate alcune considerazioni che derivano dall'osservazione delle carte piezometriche e dall'elaborazione dei dati di portata spontanea dei pozzi.

Falda freatica: le ricostruzioni piezometriche effettuate hanno carattere puramente indicativo, in quanto tale falda superficiale è presente nell'immediato sottosuolo della BPF con caratteristiche di marcata discontinuità. Le linee isofreatiche relative alla prima campagna di misura (*All. 2a*) sono state costruite utilizzando i dati rilevati su 26 pozzi, mentre quelle relative alla seconda campagna di misura (*All. 2b*) interpolano i dati relativi a 43 pozzi. I pozzi sono ubicati principalmente nelle fasce settentrionale e centrale della BPF; procedendo verso S, infatti, la falda freatica si presenta sempre più discontinua, con spessori dell'ordine di pochi metri e non viene sfruttata. La direzione di deflusso principale corrisponde ad un asse con andamento NNW-SSE. Dal confronto tra le due misure (*All. 2c*), condotto sulla base di 25 pozzi comuni alle due campagne, emerge, per il periodo settembre-ottobre 2003, una diminuzione del livello piezometrico dell'ordine dei 3 metri rispetto al periodo gennaio-febbraio 2003. Il gradiente idraulico medio è 0.0016.

Falda A: le isopieze sono state costruite utilizzando i dati acquisiti in corrispondenza di 23 pozzi per la prima campagna (*All. 3a*) e di 37 pozzi per la seconda (*All. 3b*). I pozzi sono ubicati principal-

TAB. 22 - *Confronto tra i dati misurati nelle due campagne di rilevamento (DGT) ed i dati storici provinciali (CRAD) e regionali (REG).*
 – Comparison between hydraulic heads measured during the two field investigations (DGT) and the historical data coming from the Udine district (CRAD) and the Regional (REG) monitoring networks.

<i>Bagnaria Arsa</i>						
LP (m s.l.m.)						
	DGT		CRAD		REG	
	min	max	min	max	min	max
1985					13.0	15.6
1987					13.3	15.7
1988					13.3	15.7
1989					12.3	14.6
1990					12.4	14.8
1991					13.2	15.6
feb-94						
gen-95						
feb-95						
gen-96						
feb-96						
2003	11.8	14.1				
1967-1986					13.0	17.3
1967-1999					11.5	17.3
<i>Bertiolo</i>						
LP (m s.l.m.)						
	DGT		CRAD		REG	
	min	max	min	max	min	max
1985					26.4	32.7
1987					25.8	33.5
1988					26.8	33.0
1989					25.7	31.8
1990					25.4	31.5
1991					26.5	32.2
feb-94						
gen-95						
feb-95						
gen-96						
feb-96						
2003	17.5	34.3				
1967-1986					26.1	35.4
1967-1999					24.8	35.4
<i>Camino al Tagliamento</i>						
LP (m s.l.m.)						
	DGT		CRAD		REG	
	min	max	min	max	min	max
1985					36.0	38.5
1987					33.5	38.7
1988					35.4	38.4
1989					33.8	37.7
1990					33.1	37.9
1991					35.2	38.0
feb-94						
gen-95						
feb-95						
gen-96						
feb-96						
2003	28.2	30.7				
1967-1986					33.8	39.9
1967-1999					31.7	39.9
<i>Codroipo</i>						
LP (m s.l.m.)						
	DGT		CRAD		REG	
	min	max	min	max	min	max
1985					30.3	43.3
1987					29.2	44.1
1988					30.5	43.6
1989					29.1	42.3
1990					28.7	42.3
1991					30.3	42.6
feb-94						
gen-95						
feb-95						
gen-96						
feb-96						
2003	25.7	37.7				
1967-1986					29.7	46.9
1967-1999					25.6	46.9
<i>Gonars</i>						
LP (m s.l.m.)						
	DGT		CRAD		REG	
	min	max	min	max	min	max
1985					14.8	18.8
1987					14.7	18.8
1988					15.4	18.8
1989					14.8	17.6

Segue

1991					15.6	18.6
feb-94				17.9	18.3	
gen-95				16.7	16.9	
feb-95				16.7	16.9	
gen-96				17.7	18.2	
feb-96				18.0	18.2	
2003	17.6	18.5				
1967-1986					14.5	20.7
1967-1999					13.8	20.7
<i>Ruda</i> LP (m s.l.m.)						
	DGT		CRAD		REG	
	min	max	min	max	min	max
1985					6.3	9.5
1987					7.6	9.8
1988					7.3	9.7
1989					6.3	9.0
1990					6.1	7.8
1991					6.9	9.8
feb-94						
gen-95						
feb-95						
gen-96						
feb-96						
2003	6.8	8.4				
1967-1986					6.3	9.7
1967-1999					4.7	1.7
<i>Talmassons</i> LP (m s.l.m.)						
	DGT		CRAD		REG	
	min	max	min	max	min	max
1985					23.7	27.4
1987					23.3	27.9
1988					24.2	27.6
1989					22.6	26.8
1990					22.4	26.2
1991					23.4	27.1
feb-94			23.2	23.5		
gen-95			22.0	22.4		
feb-95			21.8	22.0		
gen-96			23.0	23.5		
feb-96			23.1	23.4		
2003	24.2	25.8				
1967-1986					23.3	29.5
1967-1999					21.3	29.5

mente nella fascia centrale della BPF. Due assi principali di drenaggio, ad andamento NNW-SSE, sono riconoscibili nel settore occidentale dell'area, in prossimità del Fiume Tagliamento, e più ad oriente, in corrispondenza del corso del Fiume Corno. Il confronto tra le due misure (*All. 3c*), condotto sulla base delle elaborazioni derivanti dai dati di 16 pozzi comuni alle due campagne, mostra per la seconda campagna un arretramento delle isopieze e una diminuzione del livello piezometrico dell'ordine di 6 metri. Il gradiente idraulico medio risulta pari a 0.001.

Falda B: le isopieze sono state tracciate utilizzando i dati rilevati su 18 pozzi per la prima campagna (*All. 4a*) e su 21 per la seconda (*All. 4b*). I pozzi sono ubicati quasi esclusivamente nella fascia centrale e meridionale della BPF. La direzione di deflusso principale coincide con un asse orientato NNW-SSE. Il raffronto delle elaborazioni basate sui dati di 15 pozzi comuni alle due campagne di rilevamento (*All. 4c*) evidenzia, per il periodo settembre-ottobre 2003, un abbassamento del livello piezometrico dell'ordine dei 3 metri, soprattutto nella parte nord-occidentale dell'area. Il gradiente

idraulico medio risulta pari a 0.0018.

Falda C: la mappa piezometrica è stata costruita utilizzando i dati rilevati in 7 pozzi per quanto riguarda la prima campagna (*All. 5a*) e in 8 pozzi per la seconda (*All. 5b*). I pozzi sono ubicati quasi esclusivamente nella fascia centrale della BPF. La direzione di deflusso principale corrisponde ad un asse NNW-SSE. Dal confronto con le misure effettuate durante la prima campagna di rilevamento (*All. 5c*), non risultano significative variazioni del livello piezometrico per il periodo settembre-ottobre 2003. Il gradiente idraulico medio è 0.0019.

Falda D: la piezometria è stata tracciata utilizzando i dati di 5 pozzi per la prima campagna (*All. 6a*) e di 8 pozzi per la seconda (*All. 6b*). I pozzi sono ubicati principalmente nella fascia centrale della Bassa Pianura. L'asse di deflusso principale ha direzione NNW-SSE. Il confronto tra le due misure (*All. 6c*), condotto sulla base delle elaborazioni derivanti dai dati di 5 pozzi comuni alle due campagne, mostra per la seconda campagna un abbassamento del livello piezometrico dell'ordine dei 3 metri. Il gradiente idraulico medio è 0.002.

Falda F: le isopieze relative alla seconda campa-

gna di misura (*All. 7*) sono state rappresentate utilizzando i dati rilevati su 6 pozzi, ubicati nella fascia centrale e meridionale della BPF. La direzione di deflusso principale è NNW-SSE. Il gradiente idraulico è 0.00082.

Falda H: la piezometria relativa alla seconda campagna di misura (*All. 8*) è stata ricostruita utilizzando i dati relativi a 7 pozzi ubicati nel settore più meridionale dell'area. L'andamento delle isopieze, estremamente irregolare, evidenzia per tale falda un comportamento nettamente diverso rispetto a tutte le falde sovrastanti, riconducibile probabilmente ad un peculiare circuito profondo di alimentazione; per tale motivo, non è stato calcolato il gradiente idraulico.

In conclusione, dal confronto tra le due serie di misure effettuate, emerge un generale arretramento delle isopieze nel periodo settembre-ottobre, conseguente al periodo siccitoso di maggio-agosto 2003.

Gli istogrammi di figura 30 e di figura 31 mostrano le variazioni di livello piezometrico medio e di portata spontanea media relativamente alle singole falde artesiane in corrispondenza delle due campagne di misura. Entrambi i grafici evidenziano, per i due parametri considerati, un andamento crescente con la profondità nelle prime quattro falde, diverso per le due falde più profonde.

17. - IL SISTEMA ACQUIFERO DELLA BPF IN PROVINCIA DI UDINE

Alla luce dei nuovi dati raccolti durante il censimento dei pozzi idrici e di quanto emerso durante il progetto, si è venuta a manifestare la necessità di sottoporre a verifica la struttura idrogeologica ipotizzata sulla base della letteratura scientifica. È stata pertanto effettuata (MARTELLI *et alii*, 2004) una ricostruzione litostratigrafica del sottosuolo utilizzando i dati provenienti da 339 stratigrafie di pozzi localizzati sia nella BPF che nel settore meridionale dell'APF, su un'area di circa 900 km².

Ciò ha consentito un miglioramento nella definizione delle caratteristiche geometriche della successione di falde idriche presenti nel sottosuolo dell'area in esame e l'individuazione di tre sistemi acquiferi:

- un sistema acquifero "confinato", costituito da 8 falde artesiane comprese tra le quote minima e massima di -19 ed oltre - 500 m s.l.m. rispettivamente;
- un sistema acquifero "di transizione", particolarmente sviluppato nel settore nord-occidentale dell'area e formato da due livelli idrici confinati; questo sistema, che presenta delle caratteristiche differenti rispetto al precedente, dal quale è stato mantenuto separato, è compreso tra le quote di +27.2 e - 12.2 m s.l.m.;
- un sistema "freatico", formato da una falda freati-

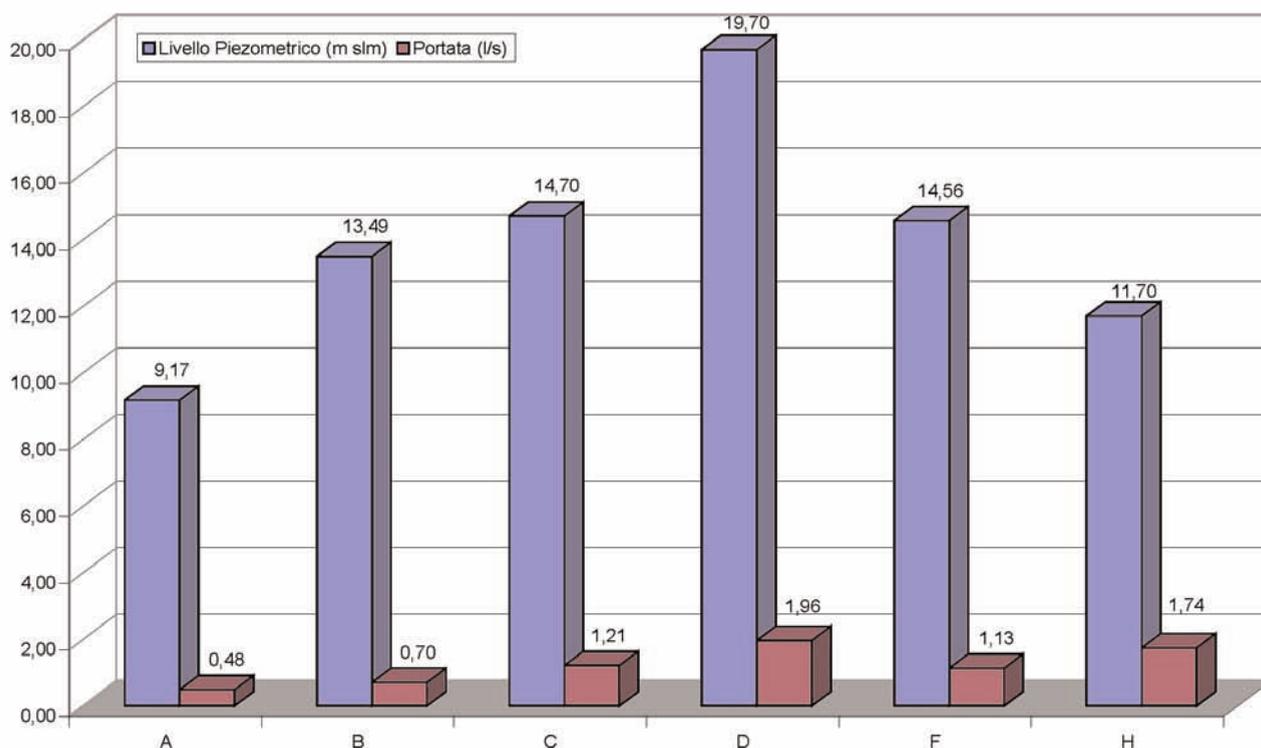


Fig. 30 - Andamento dei livelli piezometrici medi e delle portate spontanee dei pozzi misurate nel periodo gennaio-febbraio 2003.
- Average hydraulic heads and natural discharges measured in the January-February 2003 period.

ca superficiale che si sviluppa in modo discontinuo a profondità comprese tra - 18 m s.l.m. e + 44 m s.l.m.

Sistema acquifero confinato. È caratterizzato dalla presenza di 8 falde confinate (denominate *Falda A, B, C, D, E, F, G, H*), sei delle quali riconosciute mediante analisi di opportune sezioni litostratigrafiche orientate in senso sub-parallelo alla direzione principale di deflusso delle acque sotterranee e superficiali. Utilizzando i dati litostratigrafici provenienti da ulteriori 273 pozzi, è stato possibile non solo individuare le due falde (*G, H*) più profonde, ma anche riconoscere, per le prime sei falde, una suddivisione in sottolivelli.

Per ogni falda e per i relativi sottolivelli, sono stati calcolati gli spessori e le profondità, sintetizzati in tabella 23. Per la *Falda H*, i dati relativi alla profondità del letto coincidono con la profondità di fondo foro, per cui gli spessori calcolati debbono ritenersi puramente indicativi.

Sistema acquifero di transizione. È particolarmente sviluppato nel settore nord-occidentale dell'area di studio e segnala il passaggio tra l'acquifero indifferenziato dell'APF ed il sistema confinato della BPF. Utilizzando i dati provenienti da 11 pozzi, è stato possibile individuare due livelli confinati (*S1, S2*) alle profondità medie di +27.2 e -12.2 m s.l.m.; questi livelli sono determinati dalla comparsa, in prossimità della zona delle risorgive, di orizzonti argillosi superficiali che, interrom-

pendo la continuità dell'orizzonte ghiaioso indifferenziato dell'APF, confinano alcuni livelli permeabili. Gli spessori e le profondità (\pm m s.l.m.), calcolati per ciascuna falda, sono sintetizzati in tabella 24.

Sistema freatico. È particolarmente sviluppato nel settore settentrionale dell'area, lungo una fascia parallela alla zona delle risorgive, dove è presente con maggiore continuità rispetto al resto della BPF. In tale settore, infatti, l'acquifero freatico, rinvenibile a profondità comprese tra -18 m s.l.m. e +44 m s.l.m., presenta spessori medi compresi tra 40 e 10 m; spessori inferiori sono riscontrabili in corrispondenza di un asse con direzione NW-SE che dal Fiume Tagliamento si sviluppa quasi in coincidenza con l'alto corso del Fiume Stella e generalmente diminuiscono nell'area in senso meridiano.

18 - PROPOSTA PER LA DEFINIZIONE DI UNA RETE DI CONTROLLO QUANTITATIVO DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI

Nella definizione del progetto per l'impostazione di una rete di monitoraggio quantitativo degli acquiferi della BPF in Provincia di Udine, si è dovuto tenere conto di alcune specificità legate alle caratteristiche dell'area in oggetto:

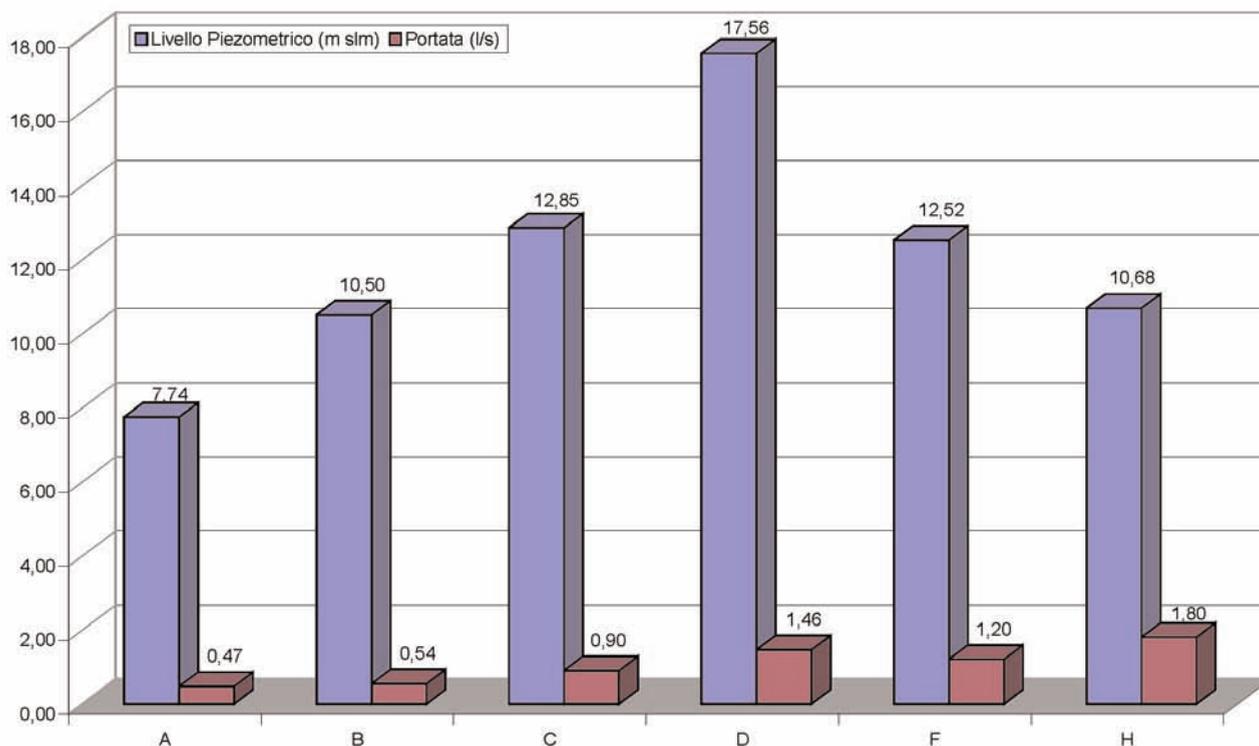


Fig. 31 - Andamento dei livelli piezometrici medi e delle portate spontanee dei pozzi misurate nel periodo settembre-ottobre 2003. - Average hydraulic heads and natural discharges measured in the September-October 2003 period.

- la struttura idrogeologica è composta da una serie complessa di falde confinate sovrapposte e da una falda freatica superficiale marcatamente discontinua;

- la maggior parte dei pozzi è priva di stratigrafia, per cui considerevoli sono le difficoltà da superare sia nel reperimento di pozzi significativi da impiegare nelle rete, sia nell'esecuzione di sezioni idrogeologiche;

- è riconoscibile, in generale, una perdita di efficienza dei pozzi che emungono le falde confinate;

- nel settore sud-orientale della BPF, sono diffusi gli approvvigionamenti idrici autonomi a scopo potabile, legati non solo ad una tradizione

che costituisce parte integrante della cultura locale, ma anche all'assenza di un sistema pubblico di acquedotto in corrispondenza dei Comuni di Aquileia, Cervignano del Friuli, Fiumicello, Porpetto, S. Giorgio di Nogaro, Terzo d'Aquileia e Torviscosa.

Alla luce delle condizioni esistenti, un corretto monitoraggio dovrebbe prevedere l'impostazione di una rete di controllo per ciascun acquifero; inoltre, sarebbe opportuno terebrare dei pozzi specificatamente dedicati al monitoraggio, sia per la falda freatica che per le falde confinate.

I criteri che guidano la scelta dei pozzi da inserire nella rete possono essere di tipo geometrico,

TAB. 23 - Sintesi dei principali dati (spessore e profondità) del sistema acquifero confinato.
- The confined aquifer system: summary of data relating to depth and thickness.

FALDA	N° pozzi	SPESSORE (m)			PROFONDITA' (- m s.l.m.)	
		min	max	med	min	max
A	152	1,2	58,3	29,7	19,4	80,3
A ₁	46	1,2	20,0	10,6	19,4	34,8
A ₂	82	2,0	37,0	19,5	38,5	63,9
A ₃	88	1,5	27,0	14,3	62,0	80,3
B	102	1,5	27,4	14,5	80,1	112,4
B ₁	61	2,0	21,5	11,8	80,1	91,7
B ₂	44	1,5	20,0	10,8	91,5	104,2
B ₃	9	4,5	11,3	7,9	106,9	112,4
C	57	2,0	37,0	19,5	114,6	148,3
C ₁	15	3,0	11,0	7,0	114,6	122,3
C ₂	21	2,0	19,0	10,5	125,8	137,2
C ₃	20	4,0	21,0	12,5	140,7	148,3
D	76	1,1	20,0	10,6	152,5	179,3
D ₁	57	1,1	18,5	9,8	152,5	168,5
D ₂	22	3,5	15,0	9,3	165,8	179,3
E	40	3,7	32,0	17,9	181,5	215,8
E ₁	7	4,0	15,0	9,5	181,5	190,9
E ₂	11	4,0	16,0	10,0	193,3	206,6
E ₃	21	3,7	13,2	8,5	211,2	215,8
F	52	1,5	40,3	20,9	219,5	261,8
F ₁	11	4,3	20,9	12,6	219,5	230,5
F ₂	23	1,5	11,0	6,3	232,2	241,1
F ₃	13	4,0	11,0	7,5	244,8	255,1
F ₄	4	7,7	11,0	9,4	258,2	261,8
G	3	9,0	12,7	10,9	267,3	276,4
H	22	2,7	62,0	32,4	303,3	553,0

TAB. 24 - Sintesi dei principali dati (spessore e profondità) del sistema acquifero di transizione.
- The transitional aquifer system: summary of data relating to depth and thickness.

Falda	N° pozzi	SPESSORE (m)			PROFONDITA' (\pm m s.l.m.)	
		min	max	med	min	max
S1	7	1,2	25,5	13,4	+3,8	+27,2
S2	8	5,5	22,0	13,8	-1,5	-12,2

idrogeologico, statistico:

1) il criterio geometrico consiste nell'individuare una equidistanza tra i pozzi di monitoraggio oppure nel fissare una densità media dei punti di controllo;

2) il criterio idrogeologico parte dal presupposto di una conoscenza della struttura dell'area e prevede un aumento della densità dei punti di misura in corrispondenza delle presunte aree di alimentazione; inoltre, nel caso in cui si abbiano a disposizione delle serie storiche di misure, si può diminuire la densità di rilevamento in aree con basso gradiente idraulico ed infittire la rete nei settori ove il gradiente idraulico è più elevato;

3) il criterio statistico, che necessita di un numero significativo di dati, si basa sulla elaborazione di variogrammi sperimentali che descrivono la distribuzione delle misure in relazione alla variabilità intrinseca dei sistemi naturali.

La procedura prescelta per l'individuazione dei punti della rete di monitoraggio della BPF è stata inizialmente quella di un approccio multicriteriale basato su un contesto geometrico e idrogeologico. La difficoltà di reperimento di punti confacenti alla misura e l'impossibilità di conoscere l'estensione areale delle singole falde hanno tuttavia reso non praticabile questo approccio. Si è cercato, comunque, compatibilmente con la disponibilità di pozzi idonei, di infittire i punti di controllo in corrispondenza delle zone con *deficit* di informazioni e delle aree di alimentazione (linea delle risorgive).

La tabella 25 riporta, per ciascun acquifero individuato nel sottosuolo della BPF, la densità areale dei punti di misura, che risulta modesta per la maggior parte delle falde. Il valore della superficie territoriale considerata per il calcolo, pari a 738 km² per la BPF, è comunque puramente indicativo, in quanto le singole falde non si sviluppano in maniera continua sulla totalità di tale area.

TAB. 25 - *Suddivisione dei punti di monitoraggio nell'ambito di ciascuna falda.*

– Monitoring wells within each confined aquifer level.

Falda	N° punti della rete	Densità (punti/km ²)
Freatica	41	0,046
A	28	0,032
B	18	0,020
C	8	0,009
D	8	0,009
E	1	0,0012
F	6	0,007
G	1	0,0012
H	5	0,0062

19. - VALUTAZIONI GENERALI DELLA FUNZIONALITÀ DEL PROGETTO E CONSIDERAZIONI COMPLESSIVE

L'esperienza maturata durante lo svolgimento della ricerca consente di valutare positivamente la fattibilità di organizzazione di una rete di monitoraggio quantitativo nell'area della BPF in Provincia di Udine.

Le acque sotterranee presenti in quest'area costituiscono indubbiamente una preziosa risorsa strategica a scala regionale; infatti la Pianura Friulana, naturale prosecuzione verso NE della Pianura Padana, rappresenta il più importante serbatoio di acque sotterranee della Regione Friuli-Venezia Giulia.

L'elevato numero di pozzi ad uso domestico, irriguo, industriale, ittigenico e potabile presenti sul territorio (GRANATI *et alii*, 2000) giustifica la necessità di un controllo quantitativo delle risorse idriche, finalizzato alla determinazione delle potenzialità degli acquiferi e all'indicazione delle tendenze evolutive spazio-temporali della quantità delle risorse stesse.

Questa esigenza è particolarmente significativa al fine di evitare che, anche per gli acquiferi artesiani più profondi, si sviluppi uno sfruttamento incontrollato e non compatibile con la potenzialità degli acquiferi stessi.

Si ritiene opportuno evidenziare che:

- per la stabilizzazione della rete di monitoraggio, sarebbe utile estendere la fase conoscitiva iniziale al biennio; l'esecuzione di ulteriori misure consentirebbe infatti di ottenere degli indicatori generali relativi, ad esempio, alla morfologia delle superfici piezometriche, alle escursioni dei livelli di falda e ad eventuali variazioni delle direzioni di deflusso;

- sarebbe importante acquisire maggiori informazioni sul modello idrogeologico dell'area, mediante un campionamento finalizzato alla individuazione delle principali caratteristiche chimico-fisiche delle acque sotterranee; ciò consentirebbe di definire meglio i circuiti sotterranei ed i rapporti tra i singoli livelli acquiferi.

Ringraziamenti

Si ringrazia la Dott.ssa Silvia Rossi per la preziosa, attiva e competente collaborazione sia nella laboriosa fase di reperimento dei pozzi di misura, sia nella fase esecutiva delle campagne di rilevamento piezometrico.

Si desidera altresì rivolgere un sentito ringraziamento ai proprietari dei pozzi per la disponibilità, la cortesia e la sensibilità manifestate alle finalità del progetto.