

Criteri per la realizzazione di una rete di monitoraggio quantitativo e sperimentazione

Criteria for the realization of a quantitative monitoring network and testing

MARTELLI G. (*), GRANATI C. (*), RODA C. (*)

RIASSUNTO - Nel settore delle risorse idriche sotterranee, il Servizio Geologico Nazionale (APAT) ha promosso attività finalizzate a definire le caratteristiche dei corpi idrici sotterranei attraverso la realizzazione di una rete sperimentale di controllo in un'area campione di rilevante interesse: la Bassa Pianura Friulana (BPF) in Provincia di Udine. Le risorse idriche sotterranee presenti in tale settore sono infatti oggetto di intenso e capillare attingimento finalizzato all'utilizzo domestico, potabile, irriguo, industriale ed ittiogenico.

L'elevato numero di fonti di approvvigionamento idrico (oltre 30.000) è strettamente collegato, oltre che a tradizioni costituenti parte viva ed integrante della cultura popolare del territorio, all'attuale assenza in alcuni Comuni di una rete acquedottistica pubblica. Nonostante ciò, l'area è a tutt'oggi priva di una rete di monitoraggio quantitativo.

Il settore indagato della BPF si estende su un'area di circa 738 km² tra il Fiume Tagliamento ad W ed il sistema idrografico Torre-Natisone-Isonzo a E, dalla

zona delle risorgive a N alla linea di costa a S. A seguito dei processi deposizionali del Pleistocene superiore, strettamente connessi con gli eventi climatici del Quaternario, esso risulta costituito da un'alternanza di depositi prevalentemente ghiaiosi, talora sabbiosi, intercalati ad estesi e continui livelli siltoso-argillosi impermeabili. La conoscenza della struttura profonda dell'area e della coltre alluvionale sovrastante deriva rispettivamente dai dati stratigrafici e geofisici prodotti dalle indagini per la ricerca di idrocarburi, e dai dati litostratigrafici resi disponibili dai pozzi idrici.

Al fine di definire le caratteristiche dinamiche delle acque sotterranee della BPF in Provincia di Udine, è stata progettata ed appositamente predisposta una rete di monitoraggio quantitativo facente capo a pozzi esistenti nell'area, volta alla determinazione sia delle potenzialità degli acquiferi, sia delle tendenze evolutive spazio-temporali delle risorse idriche sotterranee del settore.

La base conoscitiva di riferimento è stata realizza-

(*) Dipartimento di Georisorse e Territorio, Università degli Studi di Udine

ta mediante la raccolta, l'informatizzazione, l'analisi e l'elaborazione dei dati preesistenti disponibili, nonché attraverso il reperimento di ulteriori informazioni nel corso di specifiche indagini *in situ*.

La procedura utilizzata per l'individuazione dei siti di monitoraggio, inizialmente basata su criteri geometrici ed idrogeologici, è risultata condizionata dalla disponibilità di pozzi idonei alla misura. A partire da un campione di 526 pozzi, sono stati selezionati in una prima fase 83 punti di controllo, la cui idoneità al rilevamento è stata stabilita sulla base del soddisfacimento di precisi requisiti, tra i quali accessibilità, disponibilità del proprietario, profondità nota, captazione da un unico acquifero, non coinvolgimento in cicli produttivi. Una prima campagna di rilevamento dei livelli piezometrici e delle portate naturali è stata realizzata nel periodo gennaio-febbraio 2003.

In seguito, il reperimento di ulteriori 51 pozzi integrativi rispetto alla fase precedente è stato dettato dall'esigenza di rendere omogenea la distribuzione dei punti di misura sul territorio e di raggiungere tutti i livelli acquiferi individuati nel sottosuolo; in particolare, un infittimento dei punti di controllo è stato realizzato in corrispondenza delle aree di alimentazione (zona delle risorgive). La rete di monitoraggio definitiva è risultata pertanto costituita da 134 pozzi provvisti di dati litostratigrafici e tali da interessare tutti i livelli acquiferi riconosciuti nel sottosuolo. Una seconda campagna di misura è stata infine condotta nel periodo settembre-ottobre 2003.

I valori misurati sono stati elaborati in funzione della posizione dei punti di monitoraggio, identificati da un sistema di coordinate in proiezione Gauss-Boaga.

La presentazione grafica dei risultati è stata realizzata attraverso la predisposizione di due serie di carte piezometriche, una per ciascuna campagna di misura; le carte sono state tracciate adottando il *kriging* quale tecnica di interpolazione geostatistica dei dati. È stato possibile in tal modo individuare le direzioni di deflusso principale ed i gradienti idraulici medi per la maggior parte dei livelli acquiferi, comparare i valori piezometrici ottenuti in diverse condizioni di carico ed avanzare considerazioni sull'andamento delle piezometrie e delle portate misurate.

PAROLE CHIAVE - Friuli, pianura alluvionale, rete di monitoraggio, acquifero multifalda, livello piezometrico, *kriging*.

ABSTRACT - In groundwater resources' field, the Italian National Geological Survey (APAT) has promoted activities in order to define the groundwater bodies' characteristics and to realize an experimental monitoring network in a sample alluvial plain area of relevant interest: the Low Friuli Plain in Udine district (BPF).

In the BPF subsoil, considerable groundwater resources are allocated, whose role is strategic referring both to the drinking use and to the maintenance and development of industrial and agricultural activities. The large amount of exploiting wells (over 30.000) is due to traditions being an integral part of a keen popular culture; in some countries, they are the only source of water supply. Notwithstanding this, such area is completely unprovided with active control networks.

The BPF, about 738 km² wide, extends from the spring zone to N, to the Adriatic coastline to S, being

delimited by the Tagliamento River to the W and the Torre-Natisone-Isonzo hydrographic system to the E.

As a result of the Upper Pleistocene depositional processes, strictly connected with the climatic events of Quaternary glaciations, the sector is formed by an alternance of pervious sand and gravel lenticular bodies, intercalated with impervious, wide and continuous silty-clay layers. The knowledge of the deep structure of the area prevalingly follows from the geophysical and stratigraphical data of hydrocarbon surveys; the structure of the superimposed alluvial body is pointed out by means of the lithostratigraphical data coming from water wells.

In order to define the dynamic characteristics of BPF's groundwater, a purposely arranged quantitative monitoring network referring to single aquifer units has been planned. The survey has been developed according to the geological and hydrogeological characteristics of the sector, to the amount and kind of available data and to various territorial constraints.

In a first stage, the analysis and critical review of both new and already available data, together with the finding of further information during specific *in situ* controls, has allowed to realize a reference knowledge basis. The collected data have been organized in a computer-aided database, supporting all the cartographic elaborations that can be brought up-to-date by a GIS (MapInfo).

Successively, the general methodological aspects associated to the monitoring networks' realization have been closely examined. First basing on geometrical and hydrogeological criteria, the network sites' choice has been managed. A set of 83 wells endowed with suitable characteristics for the purpose of the research (possibility of fairly using the measure instruments for both unconfined and confined aquifers; accessibility; well-known depth; exploitation of a sole aquifer; refusing of wells involved in production cycles) has been preliminarily singled out from a sample of 526 wells. Groundwater levels and natural discharges have been measured in a first series of field investigations (January-February 2003); the collected data have allowed to map out a flow field for each aquifer unit, using *kriging* as geostatistical interpolation method.

In a further stage, since the spatial distribution of the 83 wells was not homogeneous and some aquifer levels were not concerned, the integration and stabilization of the measure sites have been managed; in particular, control points have been thickened correspondingly with recharge areas (spring zone), in compatibility with the disposal of suitable wells. The monitoring network has been refined during the field investigations by means of an increase of the measure sites equal to 62%; the procedure has led to the choice of 134 wells provided with geological references and reaching all the recognised aquifers. The measure of groundwater levels and the observation of natural groundwater discharge have been repeated under a different storage condition (September-October 2003) involving the whole identified water-wells. A second set of piezometric maps, compared with the ones firstly drawn, has allowed both to achieve a satisfactory accuracy in the hydrogeological model, and to single out the evolution trends in space and time of the groundwater resources.

KEY WORDS: Friuli, alluvial plain, monitoring network, confined aquifer system, hydraulic head, *kriging*.

1. - INTRODUZIONE

La realizzazione di una rete di monitoraggio delle acque sotterranee della Bassa Pianura Friulana si inserisce nell'ambito delle attività di misura ed osservazione dell'ambiente finalizzate alla descrizione di sistemi naturali complessi, all'acquisizione sistematica di dati non casualmente dispersi nel tempo e nello spazio e alla generazione di una base conoscitiva su cui impostare adeguate politiche di tutela e gestione della risorsa idrica.

Il progetto sperimentale condotto in riferimento ai sistemi acquiferi della Bassa Pianura Friulana intende suggerire un percorso metodologico, sviluppantesi attraverso successive fasi conoscitive, volto all'implementazione delle informazioni idrogeologiche disponibili nel settore sottoposto a controllo, sottolineando la diffusa mancanza di dati pregressi (stratigrafici, di deflusso, relativi ai parametri idrogeologici) qualitativamente adeguati e la conseguente necessità di integrazioni fondamentali per l'interpretazione delle misure rese disponibili dalla rete di monitoraggio.

1.1. - AMBITO TERRITORIALE INTERESSATO DALLE ATTIVITÀ

La Pianura Friulana è delimitata ad E ed a NE dai rilievi collinari del Carso Triestino, del Collio e dei Colli Orientali del Friuli; ad W essa si collega con la Pianura Veneta, mentre la linea di costa a S e l'anfiteatro morenico del Fiume Tagliamento a N ne costituiscono i limiti meridionale e settentrionale rispettivamente.

Sotto l'aspetto idrogeologico (fig. 1), la Pianura Friulana può essere suddivisa in *Alta Pianura* (APF), caratterizzata da un potente materasso alluvionale ad elevata permeabilità, sede di una falda freatica estesa e continua, e in *Bassa Pianura* (BPF), contraddistinta dalla presenza di un acquifero multistrato all'interno del quale si dispone una complessa sequenza di falde artesiane variamente sovrapposte e ramificate; tale sequenza risulta localmente sottoposta ad una falda freatica superficiale e discontinua.

In superficie, il limite tra i due domini è marcato dalla cosiddetta "linea delle risorgive", cioè da una fascia territoriale, sviluppantesi in direzione E-W e larga mediamente alcuni chilometri, all'interno della quale si dispongono i numerosi recapiti sorgentizi di trabocco delle acque sotterranee dell'APF. Poiché l'allineamento di tali affioramenti varia la propria posizione in relazione allo stato di impinguamento della falda freatica, il limite meridionale della fascia suddetta rappresenta convenzionalmente il confine tra APF e BPF (FERUGLIO, 1925).

Nel sottosuolo, in corrispondenza della fascia delle risorgive, l'interdigitazione tra depositi ghiaio-

so-sabbiosi permeabili e sedimenti fini a scarsa permeabilità determina il passaggio tra la falda freatica dell'APF e le falde artesiane della BPF. In virtù di tale condizione di continuità, i due sistemi idrogeologici risultano, dal punto di vista idraulico, reciprocamente connessi.

L'area oggetto di studio e sperimentazione è rappresentata dalla BPF in Provincia di Udine, limitata a N dalla fascia delle risorgive, a S dal Mare Adriatico, a E dal confine amministrativo della Provincia di Gorizia e ad W dal Fiume Tagliamento.

Per comodità di aggregazione e di rappresentazione dei dati idrogeologici raccolti e dei risultati ottenuti, è stato preso in considerazione il dominio amministrativo dei 31 Comuni della Provincia di Udine evidenziati in figura 2; tale ambito risulta essere comprensivo, per il settore provinciale udinese, del territorio della BPF come sopra definito, della fascia delle risorgive, nonché della porzione più meridionale dell'APF.

In particolare, il basso corso del Fiume Tagliamento segna il confine con la Bassa Pianura Veneta, già presa in considerazione dal Servizio Geologico Nazionale nel quadro del PROGETTO DI RIORGANIZZAZIONE DELLA RETE DI MONITORAGGIO DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI NEL TERRITORIO DI COMPETENZA DELL'UFFICIO COMPARTIMENTALE IDROGRAFICO E MAREOGRAFICO DI VENEZIA (MARI, questo volume).

2. - INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La Pianura Friulana è costituita da una coltre di depositi quaternari di natura clastica, con spessore crescente da NE verso SW, poggiante su un substrato pre-Quaternario.

La struttura geologica del substrato è stata indagata esclusivamente attraverso dati derivanti dalle indagini per ricerche di idrocarburi, dati che sono stati solo in parte pubblicati. La struttura della coltre quaternaria è invece conosciuta sulla base dei dati ricavabili dai pozzi per ricerca e sfruttamento delle falde idriche sotterranee.

La conoscenza del substrato pre-Quaternario è necessaria anche ai fini dello studio delle falde idriche contenute nella coltre quaternaria, in quanto tale substrato costituisce un limite di permeabilità, del quale è necessario tenere conto non solo nella valutazione della potenzialità e delle caratteristiche chimiche delle falde idriche localizzate all'interno della copertura alluvionale, ma anche nella individuazione della genesi del termalismo conosciuto nei pozzi della BPF (BARNABA, 1990; CALORE *et alii*, 1995; DAL PRÀ & STELLA, 1978; DELLA VEDOVA *et alii*, 1987; ENEL, 1994; OGS, 1989; STEFANINI, 1980).



Fig. 1 - Alta (APF) e Bassa (BPF) Pianura Friulana nell'ambito della Provincia di Udine, tra il Fiume Tagliamento ad W ed il sistema idrografico Torre - Natisone - Isonzo ad E.

- High (APF) and Low (BPF) Friuli Plain in Udine District, between the Tagliamento River to the W and the Torre-Natisone-Isonzo hydrographic system to the E.

2.1. - IL SUBSTRATO MESOZOICO

La paleogeografia della regione coperta dalla BPF è caratterizzata, sin dal tardo Paleozoico, da condizioni di mare epicontinentale nell'ambito delle quali si produce, nel corso dell'intero Mesozoico, una sedimentazione prevalentemente carbonatica, con spessori complessivi superiori a 6.000 metri (CALORE *et alii*, 1995). I depositi carbonatici mesozoici hanno formato la cosiddetta Piattaforma Mesozoica Friulana, la quale ha svolto la funzione di avampaese tra il Bacino Appenninico ad W ed il Bacino Dinarico ad E (AMATO *et alii*, 1976; CASTELLARIN & CANTELLI,

2000; CATI *et alii*, 1989a, 1989b; CAVALLIN & MARTINIS, 1977; CAVALLIN & PIRINI RADRIZZANI, 1987; CAVALLIN *et alii*, 1987; DOGLIONI & BOSELLINI, 1987).

La struttura tettonica del substrato mesozoico è contraddistinta da elementi ad orientamento dinarico (NW-SE) nel sottosuolo della Pianura Friulana, mentre la direzione alpina (WSW-ENE e W-E) prevale nel settore della catena montuosa a N della Pianura Friulana.

Il substrato mesozoico della BPF è stato attraversato dal sondaggio denominato "Cesarolo 1", perforato dall'AGIP poco ad W della foce del Fiume Tagliamento. Le sequenze stratigrafiche delle for-

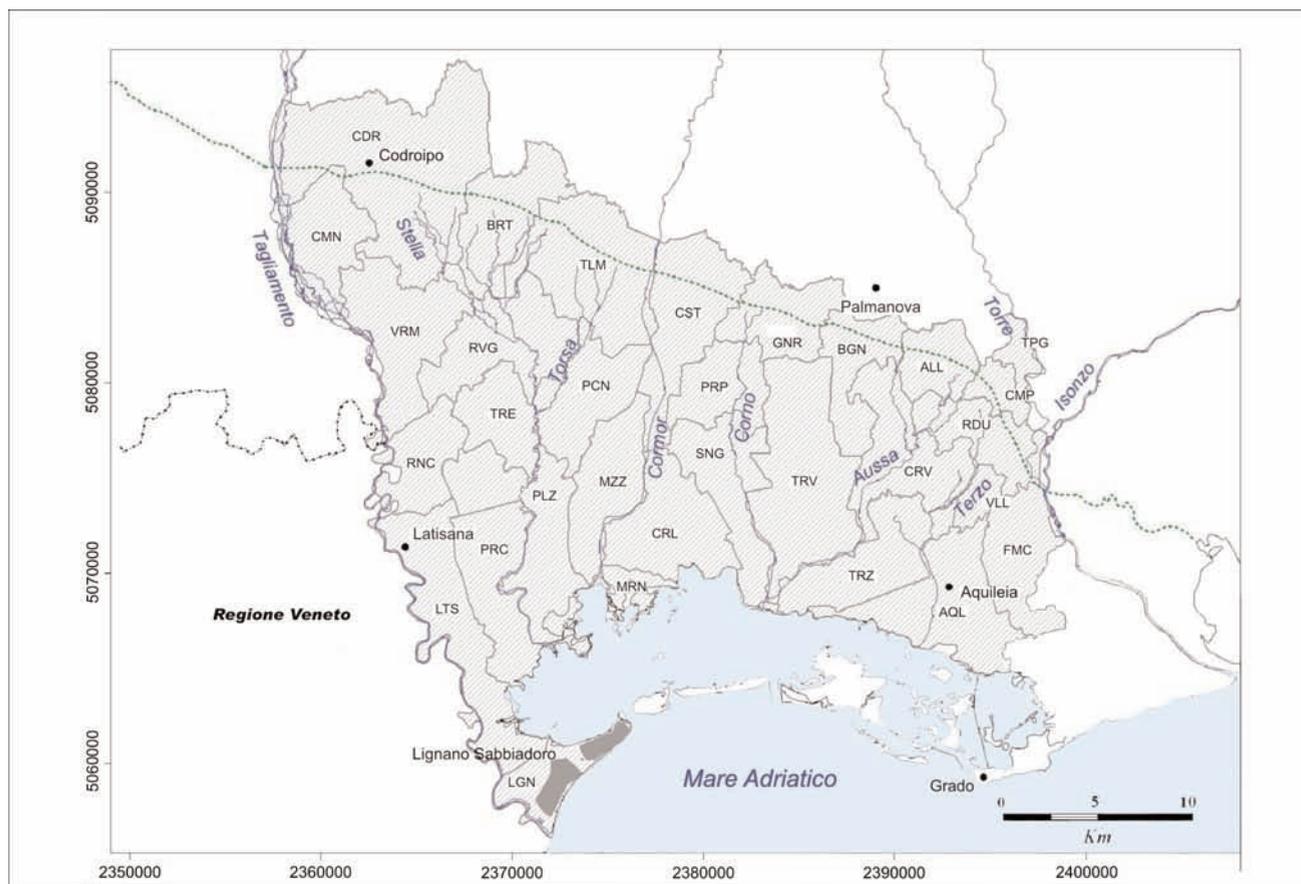


Fig. 2 – Ambito territoriale interessato dallo studio, con indicazione dei limiti amministrativi dei 31 Comuni della BPF in Provincia di Udine (ALL: Aiello del Friuli; AQL: Aquileia; BGN: Bagnaria Arsà; BRT: Bertiolo; CMN: Camino al Tagliamento; CMP: Campolongo al Torre; CRL: Carlino; CST: Castions di Strada; CRV: Cervignano del Friuli; CDR: Codroipo; FMC: Fiumicello; GNR: Gonas; LTS: Latisana; LGN: Lignano Sabbiadoro; MRN: Marano Lagunare; MZZ: Muzzana del Turgnaro; PLZ: Palazzolo dello Stella; PCN: Pocenia; PRP: Porpetto; PRC: Precenico; RVG: Rivignano; RNC: Ronchis; RDU: Ruda; SNG: San Giorgio di Nogarò; TLM: Talmassons; TPG: Tapogliano; TRE: Teor; TRZ: Terzo d’Aquileia; TRV: Torviscosa; VRM: Varmo; VLL: Villa Vicentina).

– BPF monitored area in Udine District; the administrative limits of the 31 considered municipalities are indicated.

mazioni mesozoiche e cenozoiche attraversate da tale sondaggio sono riportate rispettivamente in figura 3 e figura 9 (AGIP, 1972; CATI *et alii*, 1989a).

Il sondaggio appare ubicato in corrispondenza del limite sud-occidentale della Piattaforma Mesozoica Friulana, al passaggio cioè tra la Piattaforma stessa e la scarpata di collegamento al Bacino Bellunese. La successione stratigrafica attraversata dal sondaggio consente, pertanto, di seguire l’evoluzione della Piattaforma Friulana durante tutto il Mesozoico.

Dal basso verso l’alto, dagli strati più antichi a quelli più recenti, il sondaggio “Cesarolo 1” ha attraversato i seguenti depositi sedimentari (fig. 3):

a) *Dolomia principale* del Triassico superiore: da 4.332 m a 4.100 m di profondità dal piano campagna;

b) *Calcari grigi del Friuli* liassici: da 4.100 m a 3.250 m di profondità, in continuità di sedimentazione sulla sottostante Dolomia principale; la formazione, che testimonia la presenza di condizioni di piattaforma marina poco profonda, contraddi-

stinte da velocità di sedimentazione di circa 28 mm ogni 1.000 anni, è interessata, alla sommità, da una lacuna stratigrafica;

c) *Formazione di Cesarolo* di età compresa tra il Dogger e l’inizio dell’Oxfordiano: da 3.250 m a 2.700 m di profondità; si tratta di calcari dolomitici ad ooliti (velocità di sedimentazione di circa 18 mm ogni 1.000 anni) che testimoniano l’arretramento della Piattaforma e la diminuzione della profondità dell’ambiente di sedimentazione;

d) *Calcari ad Ellipsactinia*, di età Oxfordiano-Kimmeridgiana (Malm): da 2.700 m a 1.735 m di profondità; tale formazione, che rappresenta l’unico deposito di scogliera individuabile nel sondaggio, è contraddistinta da un sensibile incremento della velocità di sedimentazione, che raggiunge valori di 193 mm ogni 1.000 anni; i calcari ad Ellipsactinia sono limitati in sommità da una superficie di erosione, sulla quale poggiano i successivi depositi che indicano un ampliamento dell’area occupata dalla Piattaforma;

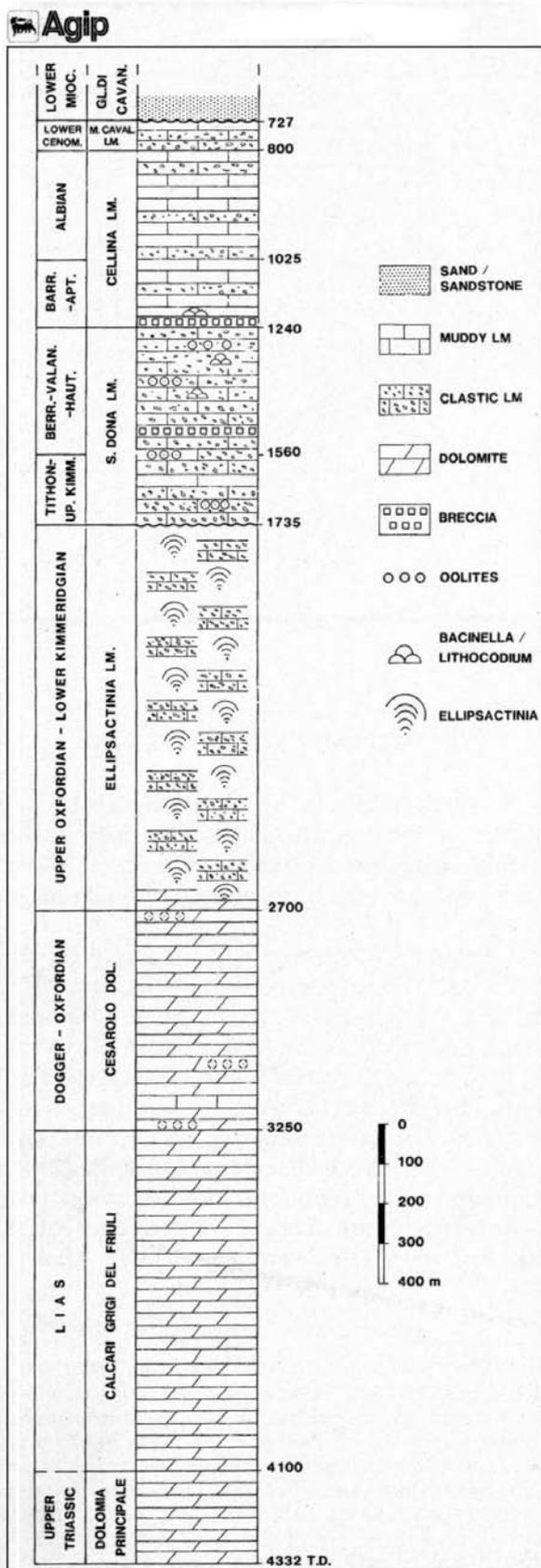


Fig. 3 - Colonna litostrografica mesozoica del sondaggio AGIP "Cesarolo 1" (da CATI *et alii*, 1989a).

- Mesozoic lithostratigraphic column of the "Cesarolo 1" AGIP borehole (from CATI *et alii*, 1989a).

e) *Calcari di S. Dona*, di età compresa tra il Titoniano (Malm) e l'Hauteriviano (Cretaceo inferiore): da 1.735 m a 1.240 m di profondità; si tratta di una formazione litologicamente eterogenea, comprendente banchi calcarei intercalati a banchi calcarenitici, calcari oolitici, breccie calcaree e calcari derivanti da antiche colonie algali; nell'insieme, la successione attesta un ambiente di sedimentazione non molto profondo, probabilmente interrotto da locali episodi di emersione; la velocità di sedimentazione corrispondente è stata valutata in 27 mm ogni 1.000 anni;

f) *Calcari del Cellina*, depositati nell'intervallo tra Barremiano ed Albiano (Cretaceo inferiore): da 1.240 m a 800 m di profondità; tale formazione, costituita da una alternanza di banchi calcarei e calcarenitici poggianti su un livello di breccia calcarea, attesta la massima estensione raggiunta dalla Piattaforma Friulana e l'inizio della fase di arretramento della stessa; la velocità di sedimentazione è ridotta a soli 20 mm ogni 1.000 anni;

g) *Calcare di Monte Cavallo* del Cenomaniano inferiore (Cretaceo superiore): da 800 m a 727 m di profondità; è la formazione mesozoica più recente attraversata dal sondaggio, che testimonia l'invasione della Piattaforma da parte del mare aperto, con un nuovo incremento della velocità di sedimentazione, che raggiunge 28 mm ogni 1.000 anni.

A 727 m di profondità dal piano campagna, le formazioni mesozoiche attraversate dal sondaggio "Cesarolo 1" sono interrotte da una superficie di erosione, alla quale si accompagna una lacuna stratigrafica comprendente tutta la restante parte del Cretaceo superiore ed il Paleogene. I depositi sovrastanti sono già di età miocenica, mancando, nella successione attraversata dal sondaggio, i sedimenti relativi ad un intervallo temporale di circa 80 milioni di anni.

Per meglio inquadrare la successione delle formazioni mesozoiche che formano il substrato della BPF, si riporta nella figura 4 uno schema paleogeografico delle formazioni giurassiche e cretache esteso a tutto il territorio della Regione Friuli-Venezia Giulia, elaborato dall'AGIP sulla base delle evidenze geofisiche (CATI *et alii*, 1989a).

Uno schema di correlazione stratigrafica tra le unità giurassiche e cretache della Piattaforma Friulana e dell'adiacente Bacino Bellunese è riprodotto anche in figura 5. La sezione, raffigurata con l'ausilio di scale grafiche non omogenee nelle direzioni orizzontale e verticale, costituisce esclusivamente una ricostruzione dimostrativa in grado di sintetizzare l'evoluzione del margine sud-occidentale della Piattaforma Friulana lungo l'allineamento che congiunge i sondaggi "Cesarolo 1" e "Ada 1", quest'ultimo ubicato nel Mare Adriatico settentrionale (fig. 4).

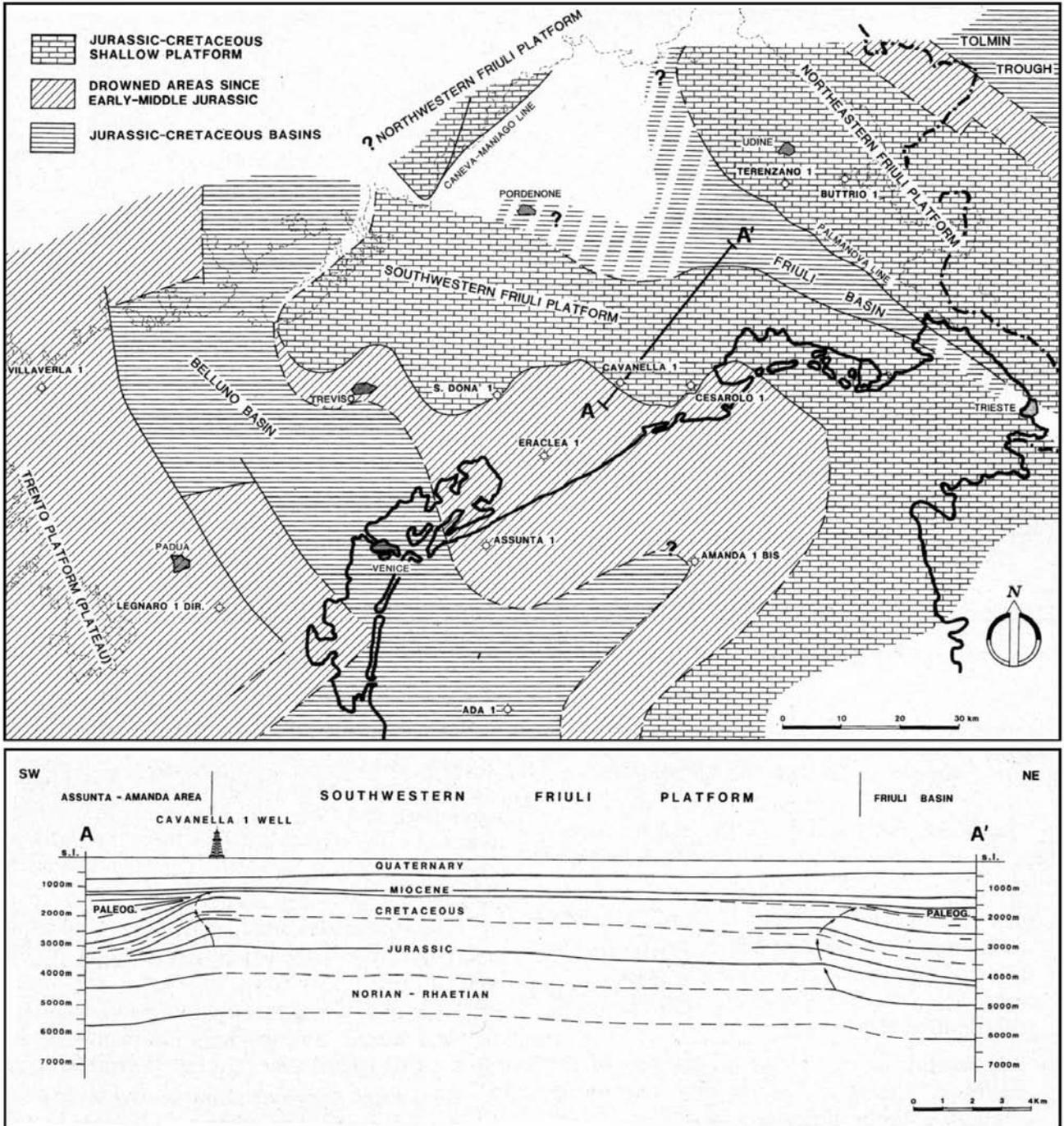


Fig. 4 - Paleogeografia delle formazioni giurassiche e cretache nell'area adriatica settentrionale, con sezione sismica interpretata lungo l'allineamento A-A' (da CATI *et alii*, 1989a).
 - Jurassic and Cretaceous paleogeographic units in the northern Adriatic area; the seismic section is referred to the A-A' alignment (from CATI *et alii*, 1989a).

Ulteriori informazioni sul substrato mesozoico possono essere ricavate dai rilievi geofisici (magnetico, gravimetrico, sismico), anch'essi realizzati, al pari dei sondaggi profondi, per ricerche di idrocarburi (CASSANO *et alii*, 1986; CATI *et alii*, 1989b).

Il rilievo magnetico è stato realizzato nel 1977 dalla CGG *Company of Massy* per conto dell'AGIP,

utilizzando strumentazione aerotrasportata (rilievo aeromagnetico); i voli, mantenuti alla quota di 2.700 m, sono stati impostati lungo un reticolo a maglie di 5 x 5 km.

Nell'area della BPF, la carta del campo magnetico residuo ridotto al Polo (fig. 6) mostra una graduale e limitata diminuzione dei valori sia in dire-

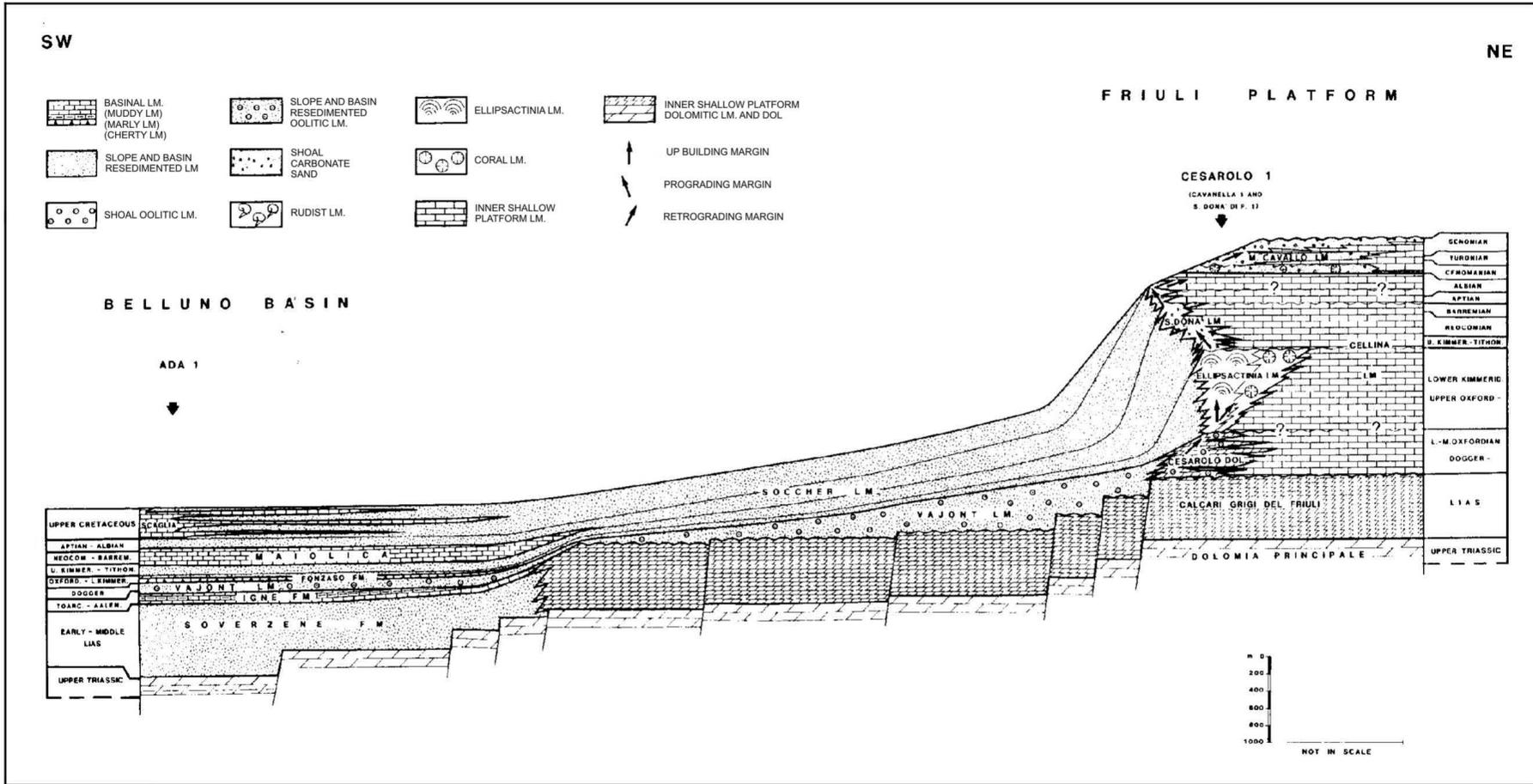


Fig. 5 - Correlazione stratigrafica tra le unità giurassiche e cretacee della Piattaforma Friulana e del Bacino Bellunese nell'area adriatica settentrionale (da CATI *et alii*, 1989a).
 - Stratigraphic correlation between Friuli Platform and Belluno Basin units of Jurassic and Cretaceous age in the northern Adriatic area (from CATI *et alii*, 1989a).

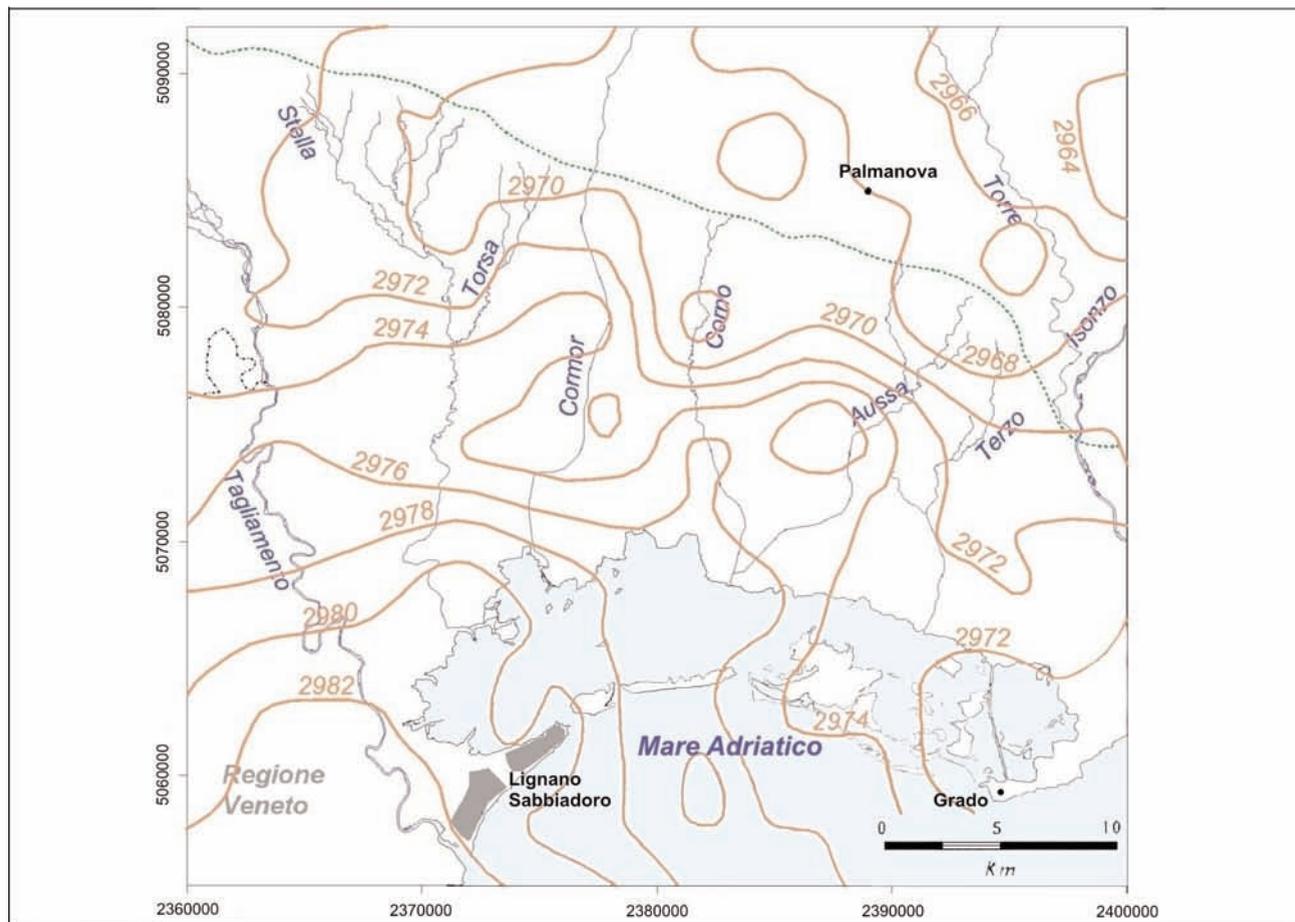


Fig. 6 - Carta del Campo Magnetico Residuo ridotto al Polo (da CATI *et alii*, 1989b, ridisegnata).
 - Map of the Residual Magnetic Field reduced to the pole (from CATI *et alii*, 1989b, redrawn).

zione NE che in direzione NW, con un massimo in corrispondenza del basso corso del Fiume Tagliamento, al confine con la Regione Veneto (cioè in prossimità del sondaggio “Cesarolo 1”). Tale andamento è conforme all’esistenza, nel sottosuolo della BPF, di strutture a direzione dinarica intersecantesi con strutture a direzione alpina.

La successiva analisi spettrale, realizzata mediante filtri bidimensionali radiali passa-alto e passa-basso e finalizzata alla separazione delle anomalie regionali caratterizzate da basse frequenze spaziali da anomalie residue a più alta frequenza (CASSANO *et alii*, 1986), ha consentito inoltre di evidenziare come, nel settore della BPF, le anomalie magnetiche del basamento pre-mesozoico e della copertura sedimentaria presentino distribuzioni analoghe. Significativa appare anche l’anomalia positiva allungata in direzione WSW-ENE lungo il settore costiero, in quanto potrebbe essere collegata con il termalismo regionale già citato.

Il rilievo gravimetrico del territorio della Regione Friuli-Venezia Giulia è stato eseguito negli anni 1953-1955 dall’AGIP e dall’OGS di Trieste, con

densità di 1 stazione/km² nelle aree di pianura e di 1 stazione/10 km² nelle zone di montagna. I rilievi in mare sono invece stati eseguiti nel 1982 dal RIG di Milano per conto dell’AGIP.

L’analisi delle anomalie di Bouguer evidenzia una diminuzione regionale della gravimetria da S verso N dovuta all’ispessimento della crosta terrestre, che passa dai 35 km di spessore in corrispondenza del Mare Adriatico ai 55-60 km sotto le Alpi.

La separazione delle anomalie a bassa frequenza (dovute ad elementi crostali o profondi) da quelle ad alta frequenza (legate ad elementi più superficiali) consente, anche nel caso del rilievo gravimetrico, una agevole interpretazione qualitativa della distribuzione areale delle strutture sepolte (CASSANO *et alii*, 1986). A tale proposito, viene di seguito riportata la carta delle anomalie di Bouguer filtrate per passa-banda (fig. 7), la cui analisi consente di evidenziare una locale anomalia positiva lungo il bordo nord-orientale della Pianura Friulana, da mettersi in relazione con la presenza di strutture dinariche ad orientamento NW-SE (CATI *et alii*, 1989b).

Nel loro complesso, i dati geofisici rivelano

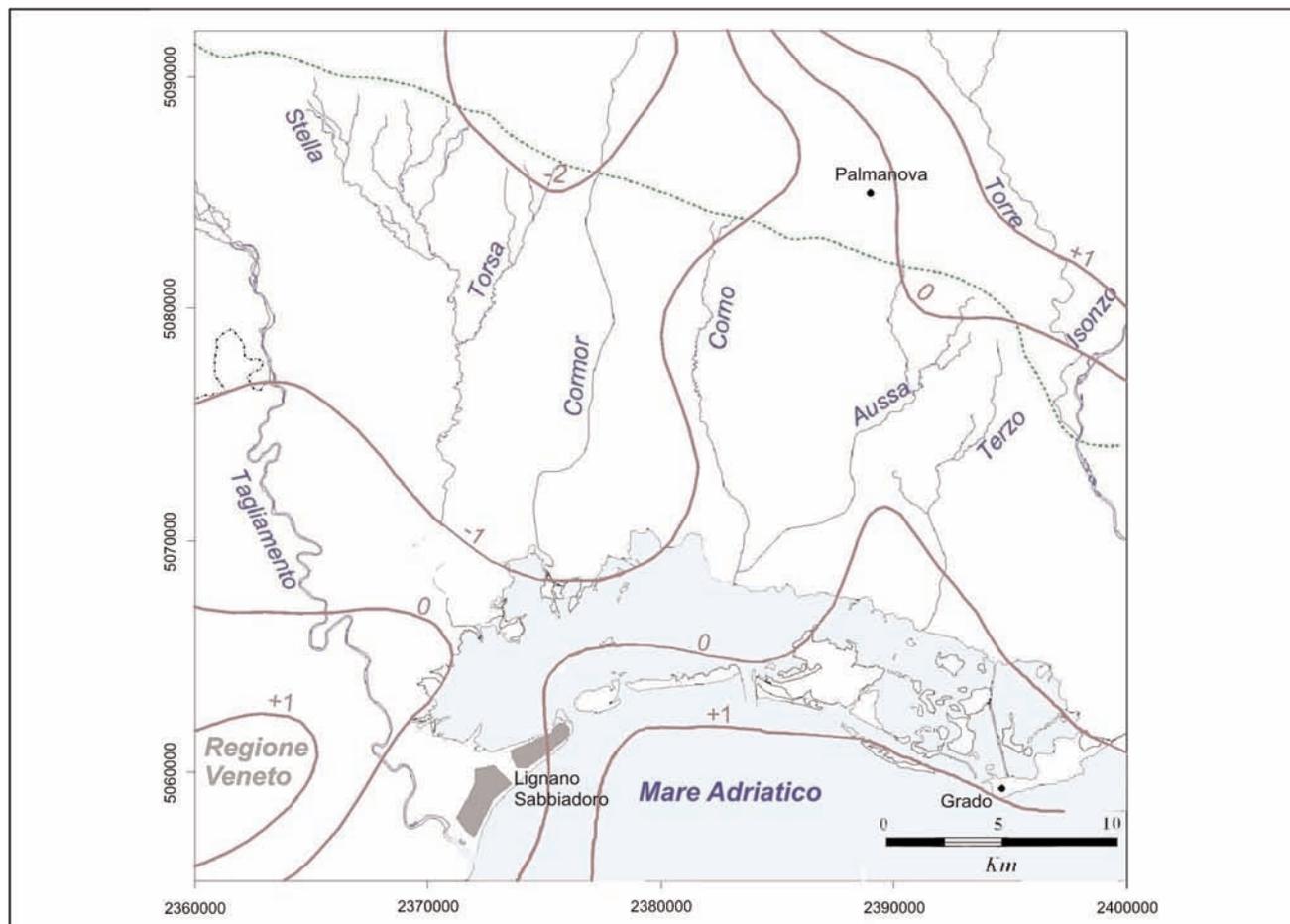


Fig. 7 - Carta delle anomalie di Bouguer con filtro passa-banda (da CATI *et alii*, 1989b, ridisegnata).
 - Map of band pass filter of Bouguer anomalies (from CATI *et alii*, 1989b, redrawn).

come le strutture sepolte, responsabili della deformazione del substrato mesozoico sul quale poggia la coltre quaternaria della BPF, abbiano assi strutturali a direzione dinarica NW-SE, con accavallamenti diretti verso SW.

Le strutture con direzione alpina che caratterizzano le aree di montagna a N della BPF hanno direzione all'incirca E-W nel territorio della Regione Friuli-Venezia Giulia, mentre assumono un andamento NNE-SSW nel vicino Veneto.

Le geometrie strutturali sopra dette sono comuni sia al substrato sedimentario mesozoico sia al basamento pre-mesozoico, in quanto il *trend* delle anomalie gravimetriche (associato con il tetto dei carbonati mesozoici) non mostra alcuna discordanza geometrica con le parti profonde (CATI *et alii*, 1989b).

Una caratterizzazione strutturale di sintesi dell'area, basata sull'interpretazione ed elaborazione dei dati geofisici disponibili, ha condotto (fig. 8) alla realizzazione della carta del tetto del substrato mesozoico al di sotto della BPF (CALORE *et alii*, 1995). Tale carta evidenzia il progressivo approfondimento del basamento carbonatico procedendo da NE verso SW.

2.2. - LA COPERTURA DETRITICA TERZIARIA

Al di sopra della superficie di erosione che, nel sottosuolo della BPF, segna il limite superiore del substrato mesozoico, i sondaggi profondi già citati ed i rilievi geofisici mettono in evidenza un intervallo di depositi essenzialmente detritici, riferiti all'Eocene ed al Miocene.

Nell'area di studio, queste formazioni non sono conosciute mediante esplorazioni dirette, in quanto anche i pozzi per approvvigionamento idrico più profondi non le raggiungono e, comunque, le informazioni stratigrafiche ricavabili dai pozzi stessi sono talmente scarse da non permettere la distinzione tra queste formazioni e la sovrastante coltre quaternaria, anch'essa formata da sedimenti detritici.

L'indagine relativa alla copertura detritica terziaria della BPF può quindi essere condotta unicamente sulla base dei risultati geologico-strutturali derivanti dai rilievi geofisici e delle informazioni stratigrafiche desumibili dai sondaggi perforati dall'AGIP in aree limitrofe ("Cesarolo 1",

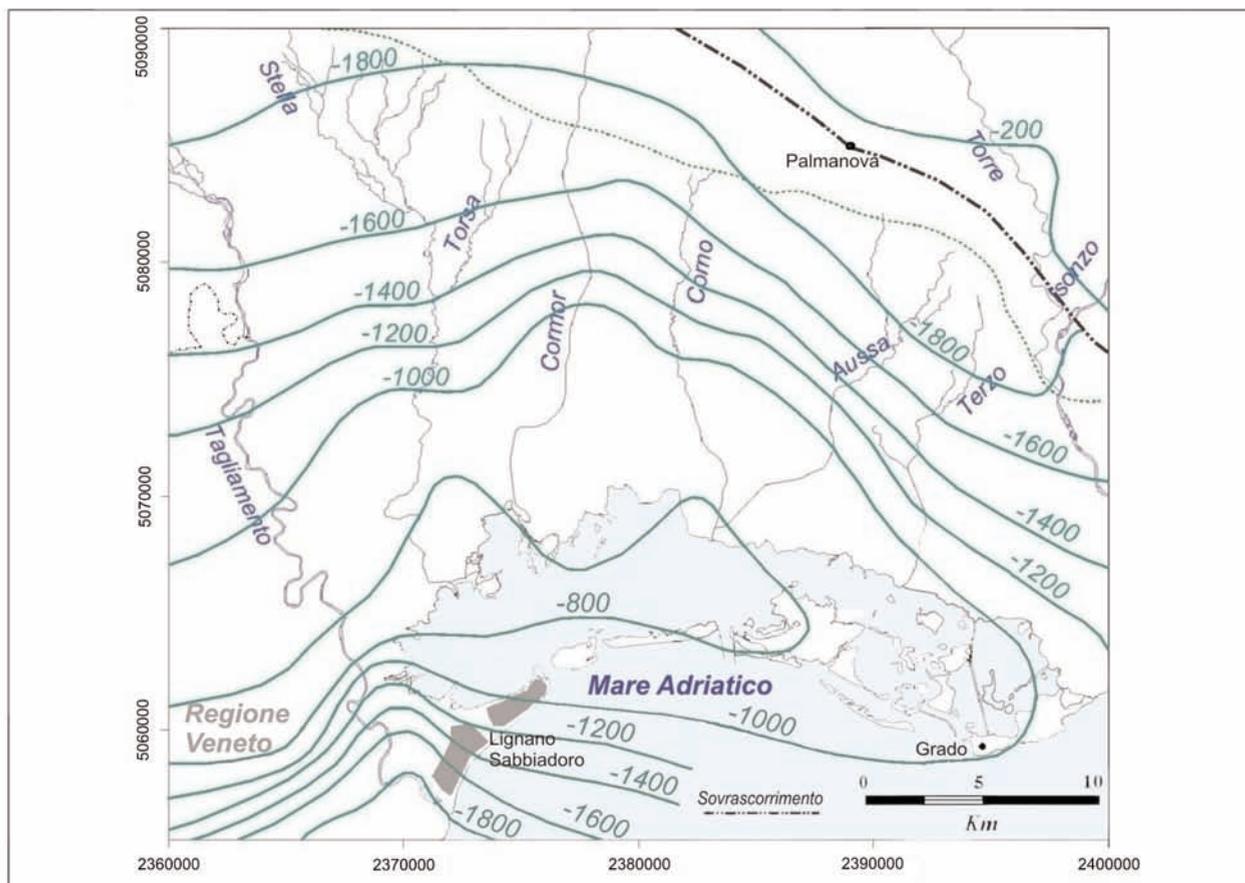


Fig. 8 – Isobate (in m) del tetto delle formazioni carbonatiche mesozoiche (da CALORE *et alii*, 1995, ridisegnata).
 – *Isobaths (m) of the top of the Mesozoic Carbonate (from CALORE et alii, 1995, redrawn).*

“Lavariano 1”, “Terenzano 1”, “Cargnacco 1”, “Buttrio 1”) (fig. 1).

Il già menzionato sondaggio “Cesarolo 1” (fig. 9) ha attraversato, tra 727 e 620 m di profondità dal piano campagna, una formazione sabbioso-arenacea di incerta datazione a causa della mancanza di fossili, con permeabilità modesta e crescente dal basso verso l’alto, impregnata di acqua salmastra (AGIP, 1972). Da alcuni Autori che derivano le loro informazioni dall’AGIP (BARNABA, 1990; CATI *et alii*, 1989), questa formazione è attribuita, sulla base di analogie litologiche, al Miocene (Strati di Cavanella) ed è interpretata come il deposito iniziale della trasgressione marina che nel Miocene ha raggiunto, in corrispondenza del sondaggio “Cesarolo 1”, la Piattaforma Friulana dopo un lungo periodo di emersione. Altri Autori (CALORE *et alii*, 1995), utilizzando sempre gli stessi dati dell’AGIP, preferiscono invece attribuire questo intervallo all’Eocene, correlandolo con il *Flysch* arenaceo-marnoso noto nel sottosuolo più ad E ed in affioramento al bordo nord-orientale della Pianura Friulana.

Tra 620 e 605 m di profondità, il sondaggio

“Cesarolo 1” ha attraversato un banco di calcare arenaceo riferito (AGIP, 1972) al Miocene medio, sovrastato da due banchi arenacei (da 605 a 585 m e da 540 a 475 m di profondità) separati da un intervallo marnoso impermeabile (da 585 a 540 m); anche queste formazioni sono attribuite al Miocene medio.

La successione miocenica è tagliata alla sommità da una superficie di erosione sulla quale poggia la coltre dei depositi quaternari.

In corrispondenza del sondaggio “Cesarolo 1”, pertanto, la copertura detritica terziaria raggiunge uno spessore complessivo di 252 m; l’età della frazione inferiore, per uno spessore di 107 m, è incerta, mentre i livelli più alti, per uno spessore di 145 m, sono con sicurezza attribuibili al Miocene medio e sono correlabili con i depositi miocenici affioranti nei dintorni di Travesio, Pinzano e Meduna (PN).

A NE del sondaggio “Cesarolo 1”, nell’APF in Comune di Mortegliano (UD), è stato perforato dall’AGIP nel 1962 il sondaggio “Lavariano 1” (MARTINIS, 1971), che ha raggiunto la profondità di 1.011,5 m senza tuttavia incontrare il substrato

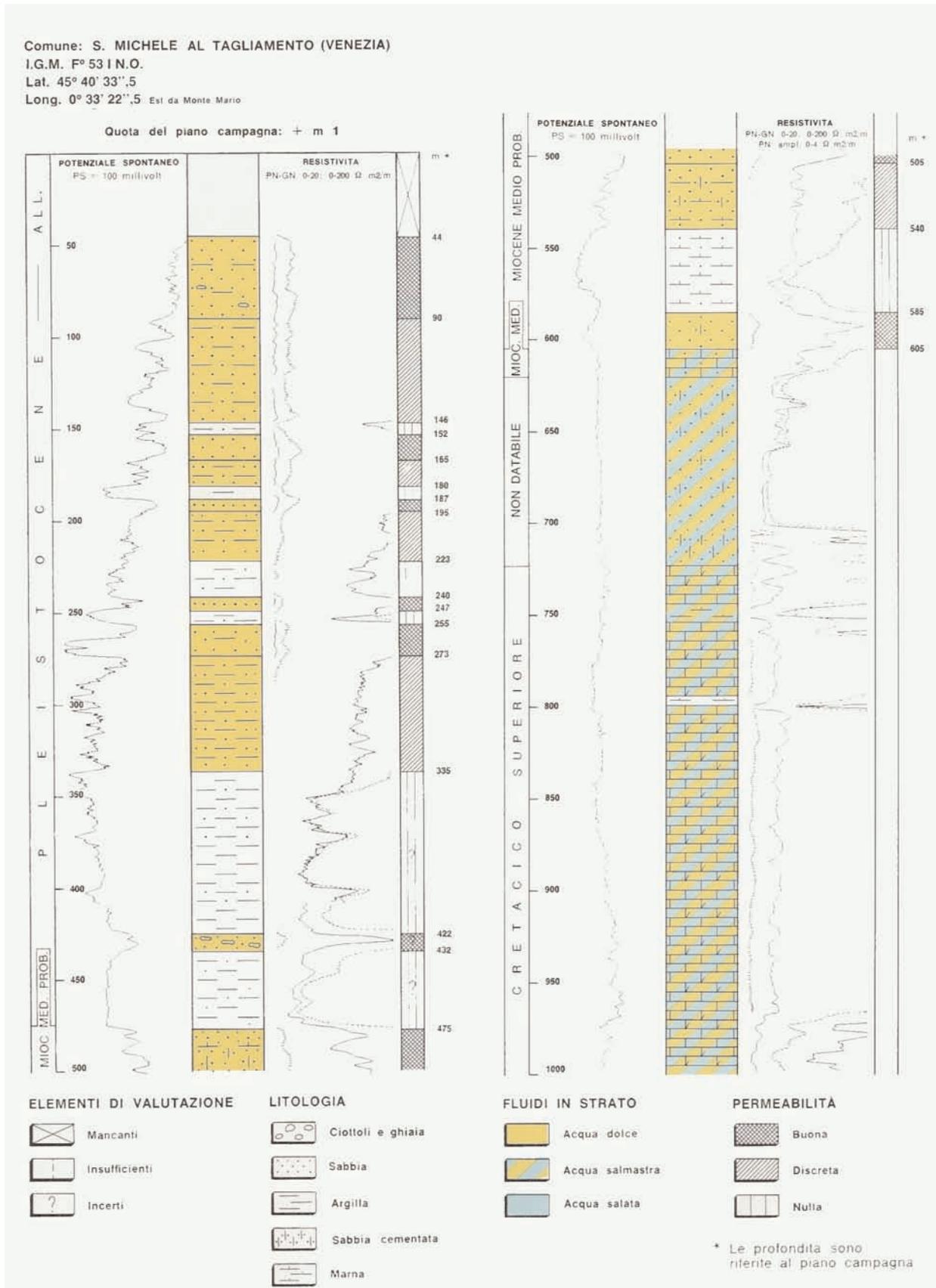


Fig. 9 - Le formazioni detritiche terziarie e quaternarie nel sondaggio "Cesarolo 1" (da AGIP, 1972).
 - Tertiary and Quaternary detrital deposits in the "Cesarolo 1" AGIP borehole (from AGIP, 1972).

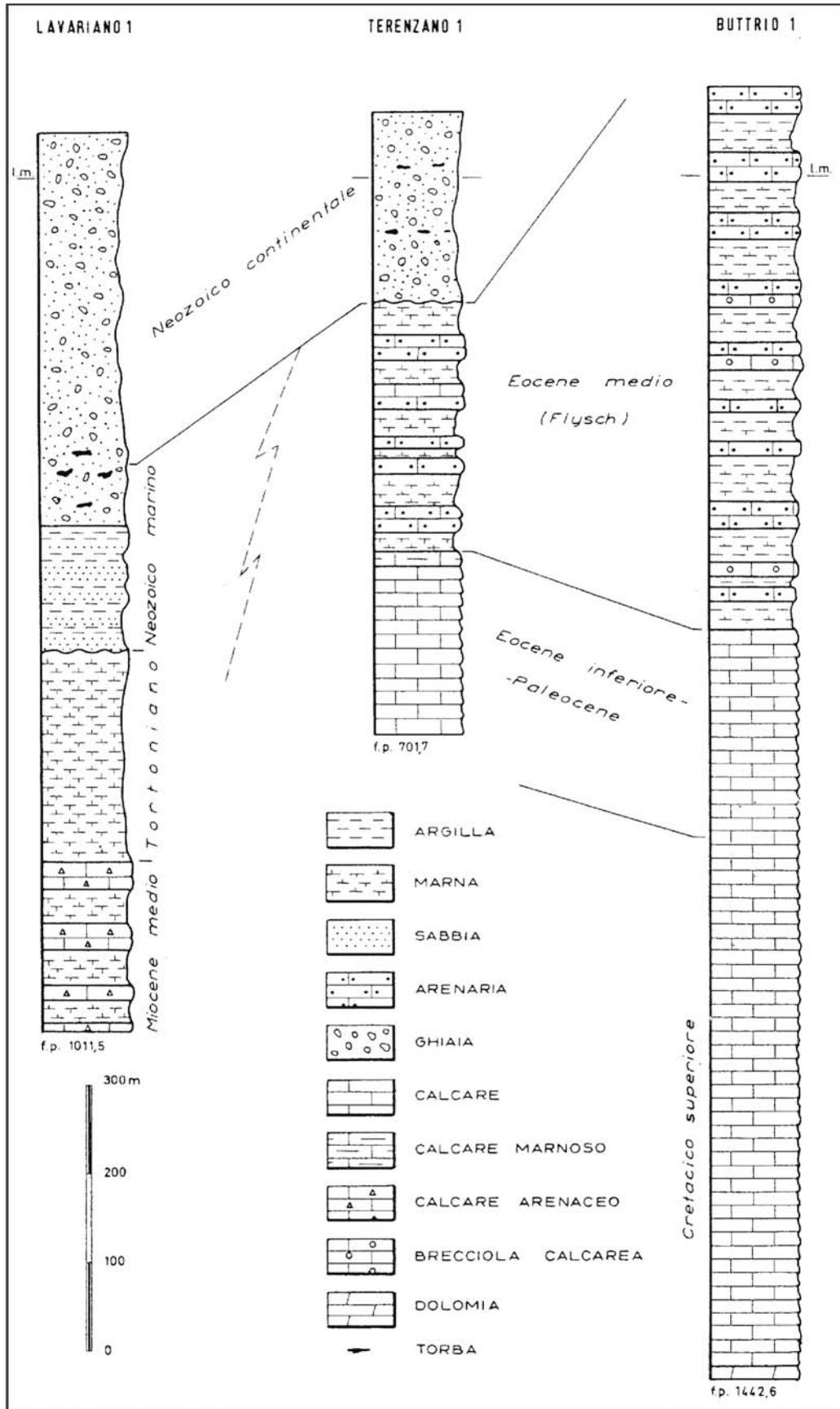


Fig. 10 - Colonne stratigrafiche dei pozzi "Lavariano 1" e "Terenzano 1" (da MARTINIS, 1971).
- Stratigraphic columns of the "Lavariano 1" e "Terenzano 1" AGIP boreholes (from MARTINIS, 1971).

mesozoico (fig. 10).

Da fondo foro fino alla profondità di 813 m, il sondaggio ha attraversato una alternanza di marne e calcari arenacei attribuita genericamente (AGIP, 1972) al Miocene medio. Procedendo ulteriormente verso l'alto, fa seguito, da 813 a 580 m di profondità, uno spesso banco di marne riferite al Tortoniano (Miocene superiore), tagliato in sommità dalla già menzionata superficie di erosione sulla quale poggia la coltre dei depositi quaternari.

I sovrastanti sedimenti quaternari, trasgressivi sul substrato marnoso, sono rappresentati da una alternanza di sabbie, ghiaie e argille sabbiose di deposito marino sino alla profondità di 374 m e, da qui fino al piano campagna, da ghiaie sabbiose variamente cementate ed intercalate con sabbie argillose e argille sabbiose, di origine alluvionale.

Anche il sondaggio "Terenzano 1", ubicato nell'APF in Comune di Pozzuolo del Friuli (UD) a circa 4 km a NE del precedente e perforato dall'AGIP nel 1963, non ha raggiunto il substrato mesozoico (fig. 10).

Dal fondo foro (701,7 m) fino alla profondità di 493 m, il sondaggio ha attraversato sedimenti prevalentemente calcarei di età attribuibile al Paleocene ed all'Eocene inferiore, per passare poi, da 493 a 213 m di profondità, al *Flysch* arenaceo-marnoso dell'Eocene medio.

Anche in questo caso, le formazioni eoceniche sono tagliate alla sommità dalla superficie di erosione sulla quale poggiano le ghiaie sabbiose quaternarie di origine alluvionale.

Sempre nell'APF, a circa 6 km a S di Udine (fig. 1), il sondaggio "Cargnacco 1" (AMATO *et alii*, 1976; VENTURINI, 2002), profondo 7.250 m, ha raggiunto ed attraversato per 375 m (da fondo foro a 6.875 m di profondità) le vulcaniti di età Ladinica (Trias medio), al di sopra delle quali si sviluppa la successione mesozoica, rappresentata, dal basso verso l'alto, dagli Strati di Raibl, dalla Dolomia principale, dai Calcari grigi del Friuli, dai Calcari del Cellina e dai Calcari del Monte S. Michele. All'interno della successione mesozoica, è stata evidenziata, alla profondità di 2.940 m, una superficie di sovrascorrimento che produce il parziale raddoppio delle formazioni mesozoiche.

La successione terziaria, in continuità di sedimentazione con la sottostante successione mesozoica, inizia a 1.074 m di profondità all'interno dei Calcari del Monte S. Michele. Alla profondità di 900 m, è stato localizzato il limite tra detti calcari ed il sovrastante *Flysch* di Cormons dell'Eocene medio, attraversato per uno spessore di 750 m tra le profondità di 900 e 150 m dal piano campagna. Seguono, tra 150 e 90 m, arenarie attribuite al Miocene medio (Strati di Cavanella), discordanti

sui sottostanti depositi eocenici, ed infine le alluvioni quaternarie che, in corrispondenza del sondaggio "Cargnacco 1", hanno uno spessore di soli 90 m.

La denominazione di *Flysch* è attribuita, nell'Italia nord-orientale, a diversi livelli paleogenici, estesi a tutta la regione con caratteristiche generali uniformi, ma che localmente possono tuttavia presentare consistenti variazioni litologiche.

Il *Flysch* eocenico è riconoscibile in affioramento tra i Fiumi Tagliamento ed Isonzo (CASTELLARIN & ZUCCHI, 1963; CAVALLIN & MARTINIS, 1977; FERUGLIO, 1954; MALARODA, 1947; MARTINIS, 1962, 1966, 1967, 1971, 1975; TUNIS & PIRINI RADRIZZANI, 1987; TUNIS & VENTURINI, 1990; VENTURINI & TUNIS, 1992), ove forma i rilievi immediatamente a monte dell'anfiteatro morenico. In sinistra Isonzo, il *Flysch* è esteso sino alla costa e poggia sui rilievi calcarei del Carso Triestino; in destra Tagliamento, gli affioramenti del *Flysch* sono discontinui e limitati ai nuclei delle sinclinali. Lo spessore del *Flysch* in affioramento raggiunge alcune migliaia di metri, con riduzioni legate ai processi di erosione.

Generalmente, la formazione ha le caratteristiche di un deposito di torbida, anche se talora si possono osservare sedimenti di mare poco profondo, come ad esempio a Rocca Bernarda (Ipplis, UD), a Rosazzo (Manzano, UD) ed a Noax (Corno di Rosazzo, UD).

Il *Flysch* consta di una regolare alternanza di strati calcarenitici e marnosi. La prevalenza di uno dei due litotipi può localmente far assumere alla formazione una facies marnosa, come avviene nell'area compresa tra Cormons (GO) e Lucinico (GO), ovvero una facies arenacea, riconoscibile nei pressi di Gorizia e di Trieste.

Nei livelli basali della formazione, sono presenti anche depositi a granulometria maggiore, quali conglomerati ad elementi calcarei o le breccie calcaree le cui bancate, soggette ad escavazione nella valle del Fiume Natisone, forniscono la cosiddetta "Pietra piacentina", apprezzato materiale costruttivo e ornamentale. Nei dintorni di Tarcento (UD), tali breccie sono molto estese e passanti frequentemente verso l'alto a calcari arenacei.

Le arenarie affiorano in strati di spessore compreso tra 3 e 40 cm, con colore grigio-bluastro alla frattura fresca, che diviene da giallo a bruno per effetto dell'alterazione. Il cemento delle arenarie è sempre calcareo.

Nell'area centrale della Regione, il *Flysch* è sovrapposto in discordanza a sedimenti carbonatici cretacei. Più ad E, si osserva continuità di sedimentazione sul Calcare del Monte S. Michele, di età compresa tra il Cretaceo superiore ed il Paleocene. Solamente ad W del Tagliamento il

Flysch è coperto da sedimenti oligocenici e miocenici.

Le formazioni mioceniche affiorano essenzialmente in destra Tagliamento, nei dintorni di Travesio, Pinzano e Meduno (PN). La successione è essenzialmente detritica, molto nota per i suoi fossili, avente uno spessore notevole, tanto da superare in affioramento i 2.000 m di spessore.

I depositi miocenici del sottosuolo della Pianura Friulana sono stati studiati da numerosi Autori (GELATI, 1969; STEFANI, 1982; STEFANINI, 1915; VENTURINI S., 1987; VENTURINI C., 1992).

Al loro interno, è possibile distinguere in affioramento sei litozone (GELATI, 1969).

La più antica, trasgressiva sul *Flysch* eocenico, inizia con brecce e conglomerati, proseguendo verso l'alto con sabbie poco cementate contenenti lenti carboniose e conglomeratiche. Seguono marne di colore grigio-azzurro con intercalazioni sabbiose, che passano verso l'alto in continuità ad arenarie grigie, le quali testimoniano una fase di sedimentazione in ambiente marino poco profondo e prossimo alla costa.

Procedendo verso l'alto, si rinvencono quindi marne grigio-azzurre a stratificazione indistinta, ricche di macrofossili, a loro volta sormontate da sabbie siltose e marnose riferite al Tortoniano. La successione è completata da conglomerati con intercalazioni sabbiose di deposito marino, anch'essi riferiti al Tortoniano, ed infine da conglomerati calcarei con lenti argillose, arenacee e talora lignitifere di origine continentale.

La presenza nel sottosuolo della BPF dei depositi riferiti al *Flysch* arenaceo-marnoso ed alla successione detritica del Miocene è testimoniata dai sondaggi AGIP più volte citati e dai rilievi geofisici che permettono di estrapolare i dati dei sondaggi stessi al sottosuolo della BPF.

I rilievi geofisici, in particolare, evidenziano la presenza di uno spesso corpo sedimentario interposto tra il substrato mesozoico e la base delle formazioni quaternarie. Tuttavia, i dati a disposizione non sono sufficienti per ricostruire, con il dettaglio necessario per uno studio delle acque sotterranee, né lo spessore delle singole formazioni né l'andamento della superficie di separazione tra il *Flysch* eocenico e le formazioni detritiche mioceniche.

I rilievi geofisici disponibili lasciano peraltro qualche incertezza anche nella individuazione del limite tra formazioni mioceniche e formazioni quaternarie (*bottom* del Quaternario). Tali incertezze non sono chiarite neppure dai pozzi più profondi perforati per la ricerca e lo sfruttamento delle acque sotterranee, in quanto, a differenza di quanto succede per i sondaggi petroliferi, in questi pozzi molto spesso non viene stata studiata con sufficiente dettaglio la successione stratigrafica attraversata.

2.3. - LA COLTRE QUATERNARIA

La coltre dei depositi quaternari, sulla quale è modellata la BPF, è conosciuta nel sottosuolo principalmente sulla base delle informazioni ricavabili dai pozzi per ricerca e sfruttamento delle falde idriche (GIOVANNELLI *et alii*, 1985; MAROCCO, 1988; MAROCCO *et alii*, 1988; MARTINIS, 1953, 1957).

Come già in precedenza evidenziato, "i dati litologici sono carenti e quelli stratigrafici, ad eccezione dei pozzi AGIP, sono per ora assenti" (BARNABA, 1990). Nell'area della BPF qui presa in considerazione, non esistono pozzi dell'AGIP e pertanto è necessario fare riferimento ai sondaggi già citati in precedenza ("Cesarolo 1", ad W del Fiume Tagliamento; "Lavariano 1" e "Terenzano 1", a N della BPF), i quali tuttavia sono troppo distanti per poter fornire riferimenti di sufficiente dettaglio sull'area in esame (fig. 1).

La successione litologica quaternaria attraversata dai sondaggi "Cesarolo 1", "Lavariano 1" e "Terenzano 1" (le cui colonne stratigrafiche di dettaglio sono visibili in figura 9 e in figura 11) viene riportata di seguito.

Cesarolo 1

m 475 - 432 Argille siltose, probabilmente impemeabili
 m 432 - 422 Sabbie e ghiaie, con buona permeabilità
 m 422 - 335 Argille siltose, probabilmente impermeabili
 m 335 - 240 Argille sabbiose e sabbie, con aumento della granulometria e della permeabilità verso l'alto
 m 240 - 223 Argille siltose, impermeabili
 m 223 - 152 Argille sabbiose e sabbie, con aumento della granulometria e della permeabilità verso l'alto
 m 152 - 148 Argille siltose, impermeabili
 m 148 - 90 Argille sabbiose e sabbie, con aumento della granulometria e della permeabilità verso l'alto
 m 90 - 0 Ghiaie sabbiose e ghiaie variamente cementate.

Lavariano 1

m 580 - 478 Sabbie e argille sabbiose; non sono disponibili ulteriori dettagli per questo intervallo stratigrafico, se non che si tratta di depositi marini
 m 478 - 411 Sabbie con lenti argillose, ghiaiose e di lignite; permeabilità discreta
 m 411 - 402 Argille impermeabili
 m 402 - 391 Sabbie con fossili, permeabilità discreta
 m 391 - 374 Argille impermeabili; si tratta degli ultimi depositi marini prima delle alluvioni continentali
 m 374 - 253 Ghiaie e ghiaie sabbiose con lenti argillose; granulometria e permeabilità crescenti verso l'alto
 m 253 - 232 Argille siltose impermeabili
 m 232 - 201 Ghiaie sabbiose e sabbie con elevata permeabilità

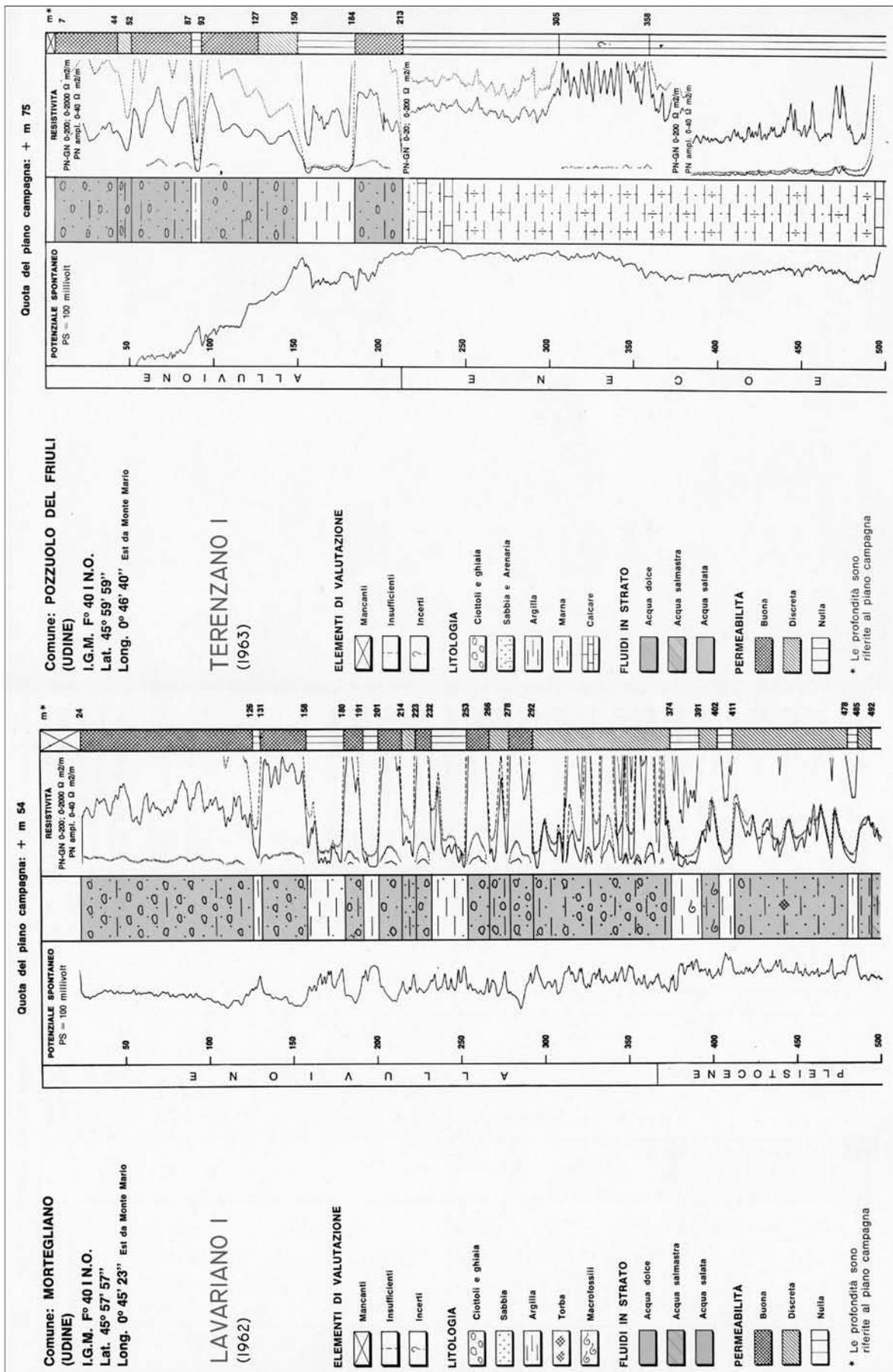


Fig. 11 - Successioni stratigrafiche quaternarie dei sondaggi "Lavariano 1" e "Terenzano 1" (da AGIP, 1972).
 - Stratigraphic sequences of the Quaternary deposits in the "Lavariano 1" and "Terenzano 1" AGIP boreholes (from AGIP, 1972).

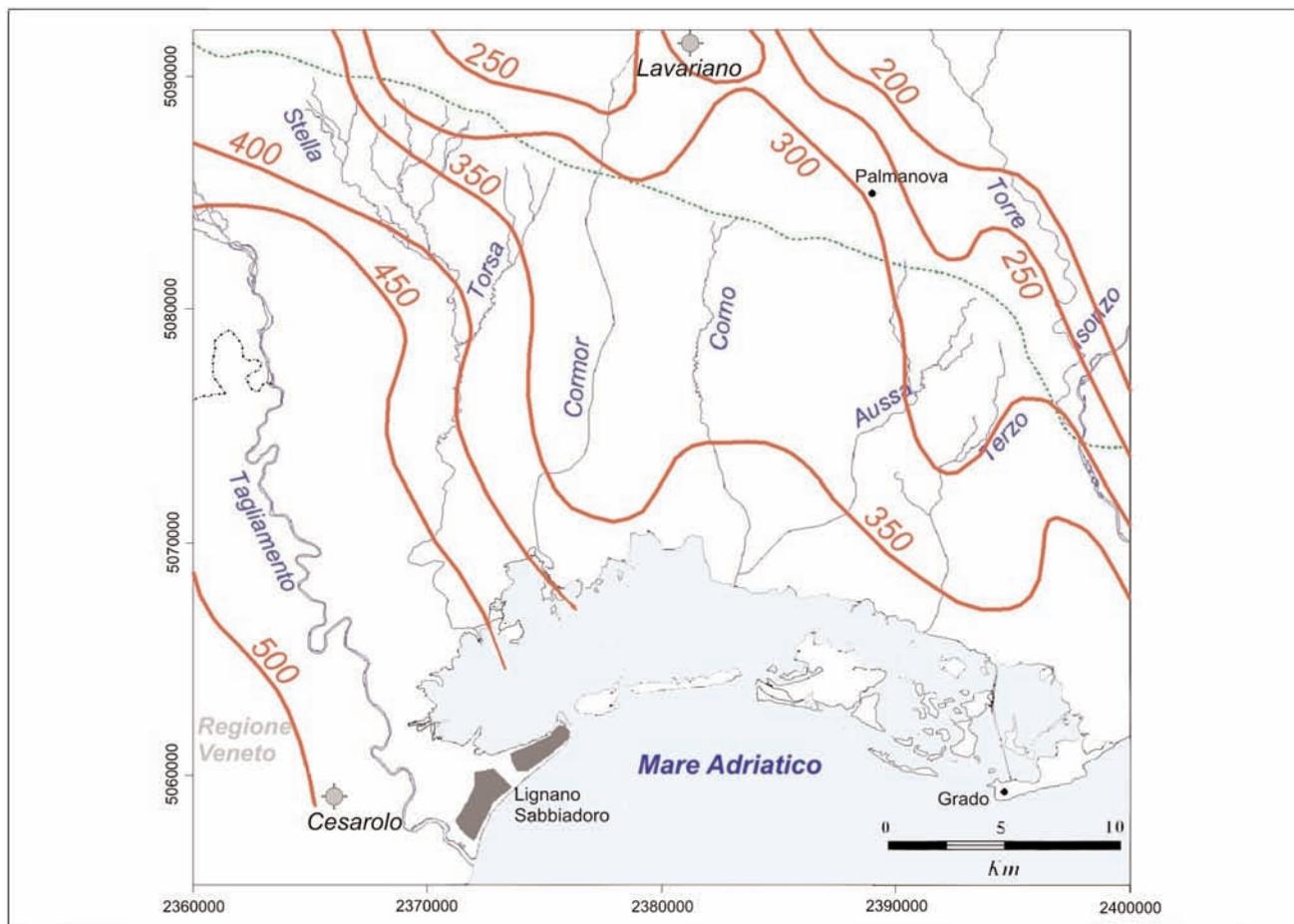


Fig. 12 - Isobate (in m) del Bottom del Quaternario (da CAVALLIN & MARTINIS, 1980, ridisegnata).
 - Isobaths (m) of the bottom of the Quaternary deposits (from CAVALLIN & MARTINIS, 1980, redrawn).

- m 201 - 191 Argille impermeabili
- m 191 - 180 Ghiaie sabbiose con buona permeabilità
- m 180 - 158 Argille siltose impermeabili
- m 158 - 131 Ghiaie sabbiose con buona permeabilità
- m 131 - 126 Argille impermeabili
- m 126 - 0 Ghiaie e ghiaie sabbiose con buona permeabilità.

Terenzano 1

- m 213 - 184 Ghiaie e ghiaie sabbiose con buona permeabilità
- m 184 - 150 Argille impermeabili
- m 150 - 93 Ghiaie, ghiaie sabbiose e sabbie con permeabilità crescente verso l'alto
- m 93 - 87 Argille impermeabili
- m 87 - 0 Ghiaie e ghiaie sabbiose con locali lenti argillose; permeabilità generalmente buona.

Sulla base di questa descrizione, sembra possibile distinguere quattro cicli sedimentari prevalentemente regressivi (MARTELLI & RODA, 1998), che iniziano con depositi a grana fine (argille siltose) e terminano in alto con depositi più grossolani (sab-

bie e, nel caso del ciclo più recente, ghiaie sabbiose e ghiaie). I quattro cicli sono compresi tra le seguenti profondità dal piano campagna:

- I° Ciclo: m 475 - 422
- II° Ciclo: m 422 - 240
- III° Ciclo: m 240 - 152
- IV° Ciclo: m 152 - 0

2.4. - IL BOTTOM DEL QUATERNARIO

La morfologia e la profondità della superficie di separazione tra la coltre quaternaria ed i sottostanti sedimenti, generalmente nota come *bottom* del Quaternario, sono determinabili, in corrispondenza della BPF, solamente utilizzando i rilievi geofisici eseguiti dall'AGIP per ricerche petrolifere e, in particolare, i profili sismici a riflessione, in quanto dalle perforazioni condotte per ricerche idriche non può derivare alcun aiuto a seguito della scarsità di indicazioni stratigrafiche.

In particolare, vengono qui proposte due elaborazioni, nell'ambito delle quali i predetti rilievi

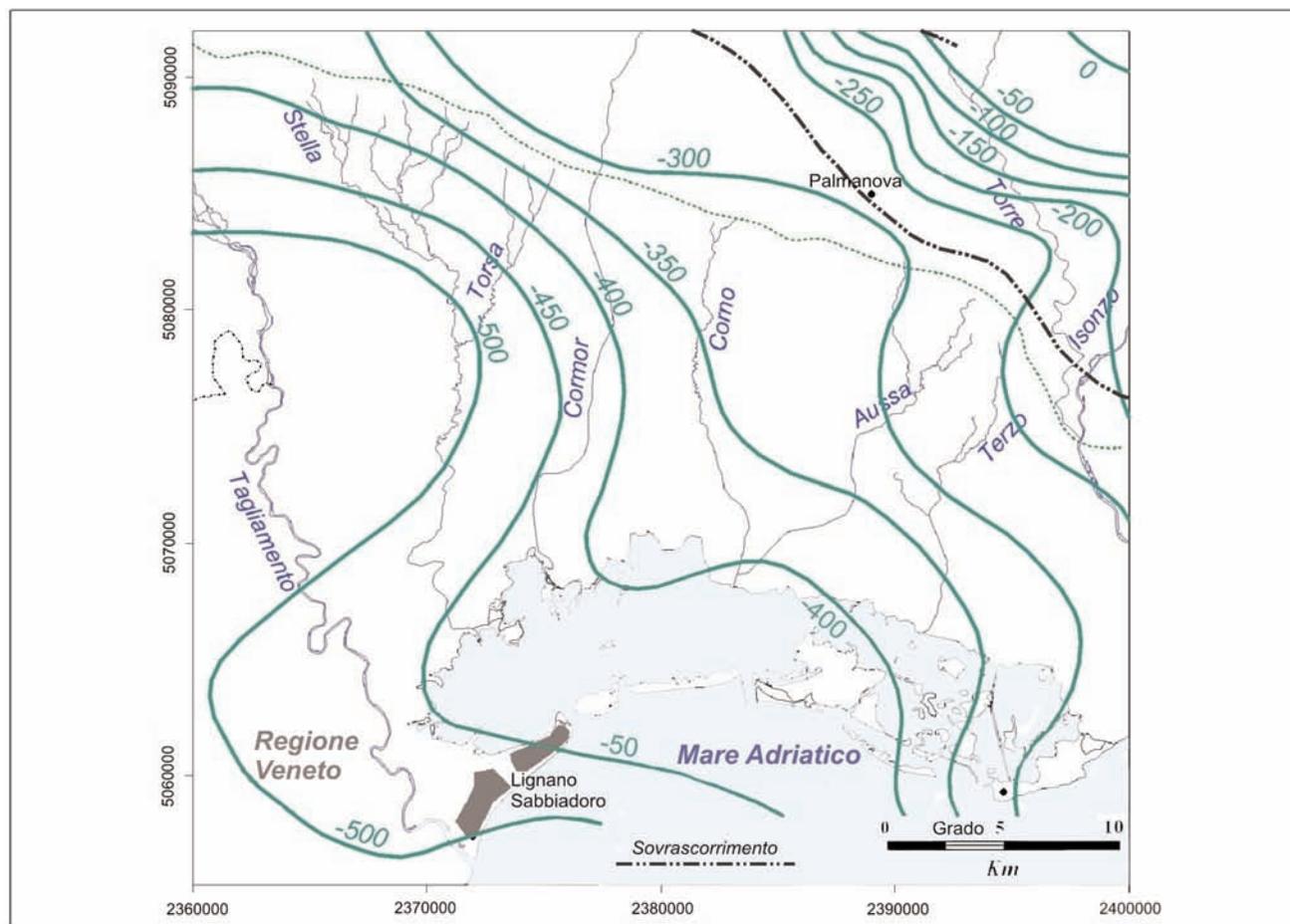


Fig. 13 - Isobate (in m) del Bottom del Quaternario (da CALORE *et alii*, 1995, ridisegnata).
 - Isobaths (m) of the bottom of the Quaternary deposits (from CALORE *et alii*, 1995, redrawn).

geofisici sono stati utilizzati allo scopo di estendere la ricostruzione del *bottom* del Quaternario all'intero territorio regionale: la prima (fig. 12) è quella pubblicata da CAVALLIN & MARTINIS (1980), mentre la seconda (fig. 13), più recente, deriva da uno studio di CALORE *et alii* (1995).

Ambedue le ricostruzioni batimetriche della superficie di appoggio della coltre quaternaria sul *Flysch* marnoso-arenaceo, pur con alcune differenze per l'area della BPF, ne evidenziano il carattere dinarico, con progressiva immersione verso SW e pendenza media del 4% circa nel settore orientale della pianura. Come conseguenza, lo spessore dei sovrastanti depositi quaternari aumenta da NE (circa 250 m presso Palmanova) verso SW (oltre 500 m ad W di Lignano).

Una depressione con direzione alpina WSW-ENE è riconoscibile in corrispondenza della valle attuale del Fiume Isonzo; essa prosegue, progressivamente attenuandosi, sino ad W del Fiume Tagliamento.

Più ad W (fig. 13), la superficie di base del Quaternario forma un pianoro con pendenza

dell'1,5-2%, ondulato da deformazioni con direzione alpina degli assi.

A S della predetta depressione, è localizzabile una dorsale che raggiunge il massimo di evidenza in corrispondenza della valle del Fiume Tagliamento.

Si tratta comunque di ondulazioni molto dolci, con pendenza dei fianchi che non supera lo 0,3% ed un dislivello massimo tra cresta e depressione inferiore a 100 m. Recentemente, profili sismici a riflessione ad alta risoluzione ed informazioni dedotte da pozzi profondi, dislocati essenzialmente nella fascia più meridionale della BPF, sono stati utilizzati rispettivamente per la caratterizzazione litostratigrafica e la calibrazione dei depositi alluvionali recenti al fine di estendere la ricostruzione del *bottom* del Quaternario all'intero territorio regionale (REGIONE AUTONOMA FRIULI-VENEZIA GIULIA, 2004). L'analisi geofisica, pur non fornendo elementi per una definizione esatta dei limiti stratigrafici ed una determinazione univoca della base del Pleistocene, ha consentito di associare il significato più incerto di base del qua-

ternario al segnale sismico più contiguo al contatto Pleistocene/Pliocene. La digitalizzazione e la georeferenziazione delle sezioni sismiche interpretate, l'interpolazione dei tempi di riflessione e delle velocità sismiche su una griglia di discretizzazione spaziale, e l'integrazione di dati provenienti da alcuni pozzi per la ricerca idrica hanno consentito la realizzazione di una mappa delle isopache del Quaternario alla scala 1:200.000 (REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA, 2004). Tale mappa non solo descrive la variabilità della copertura quaternaria fino all'estremità settentrionale dell'alta pianura, ma anche cartografa la distribuzione areale delle litofacies prequaternarie in affioramento.

3. - PRINCIPALI LINEAMENTI EVOLUTIVI QUATERNARI DELLA PIANURA FRIULANA

L'evoluzione geomorfologica della Pianura Friulana durante il Quaternario è stata condizionata dal glacialismo pleistocenico e dalle oscillazioni eustatiche (FLORINETH & SCHLUCHTER, 2000; OROMBELLI & RAVAZZI, 1996).

L'anfiteatro morenico del Tagliamento costituisce la principale testimonianza della glaciazione wurmiana; esso è costituito da depositi morenici disposti in tre archi principali concentrici, caratterizzati da altezza decrescente dall'esterno verso l'interno e corrispondenti ad altrettante fasi di regresso del ghiacciaio.

I depositi fluvioglaciali wurmiani dell'Alta Pianura pedemorenica ricoprono quasi interamente i depositi più antichi, che emergono in ristretti lembi terrazzati e sopraelevati. Tali sedimenti sono rappresentati dalle morene alterate in affioramento a Pagnacco e Tricesimo (UD) e dai conglomerati che si estendono a S di Udine (presso Variano, Orgnano e Pozzuolo) al di sotto dei depositi wurmiani, costituendo un orizzonte raccordabile in un'unica superficie ideale alta da 5 a 10 m sopra l'attuale piano campagna.

I terrazzi pre-wurmiani sono da considerarsi residui di antiche alluvioni, sollevate sulla restante pianura in seguito a movimenti di corrugamento del substrato miocenico (COMEL, 1955).

È probabile l'esistenza di un terzo orizzonte alluvionale più antico, presumibilmente pre-rissiano, che in parte si confonde con i precedenti, a cui appartengono alcuni banchi conglomeratici che affiorano nella valle del Torrente Cormor. Diversi terrazzi (a ridosso del colle di Udine, ad E di Cividale e alla base dei colli di Buttrio) possono essere collegati con questo più antico livello pleistocenico; essi si raccordano in un unico ideale

orizzonte alluvionale alto da 10 a 30 m sulla pianura attuale (FERUGLIO, 1925).

Durante la fase di massima espansione del ghiacciaio wurmiano (*Last Glacial Maximum-LGM*), si sono sviluppate nell'APF, tra i Fiumi Torre e Tagliamento, quattro principali correnti fluvio-glaciali, in corrispondenza degli attuali corsi d'acqua Torre, Cormor, Corno e Tagliamento. I materiali trasportati da Torre e Cormor derivavano dalle rocce marnoso-arenacee eoceniche e calcareo-dolomitiche del bacino del Fiume Fella; i materiali trasportati dal Corno e dal Tagliamento (elementi calcareo-dolomitici, arenarie di varia età, rocce eruttive antiche, conglomerati silicei) provenivano invece dalla regione carnica. Le correnti fluvio-glaciali, perdendo progressivamente velocità ed energia nel loro deflusso verso il mare, hanno depositato a monte i materiali ghiaioso-sabbiosi più grossolani ed a valle quelli sabbioso-argillosi più fini, originando in tal modo Alta e Bassa Pianura.

Nel corso del massimo glaciale (circa 22.000 anni B.P.), l'attuale Bassa Pianura Veneto-Friulana e l'area del Golfo di Trieste erano occupate da una vasta piana alluvionale di tipo steppico, soggetta ad intensi alluvionamenti e frequenti impaludamenti, solcata dal sistema idrografico isontino ad E e da quello tilaventino ad W (ANTONIOLI & VAI, 2004; GAMBOLATI, 1998).

Datazioni radiometriche (^{14}C) eseguite su torbe rinvenute a profondità variabili (-6,3 m s.l.m. ad Aquileia, -29,7 m s.l.m. ad Aprilia Marittima, -30 m s.l.m. a Marano) in una serie di sondaggi ubicati lungo la fascia costiera (MAROCCO, 1989, 1991) hanno permesso di datare tali depositi con un'età compresa tra 29.600 e 20.200 anni B.P. La differenza di profondità di rinvenimento delle torbe è stata attribuita alla subsidenza (BORTOLAMI *et alii*, 1977) o alla naturale pendenza in direzione meridiana della paleopianura (MAROCCO, 1991), valutata intorno a 1,5-2,0% (BONDESAN & FONTANA, 1999; BOSCHIAN, 1993; BRAMBATI, 1970, 1985; BRAMBATI & VENZO, 1967; GIOVANNELLI *et alii*, 1985; MARTINIS, 1953, 1957; MOSETTI & D'AMBROSI, 1966).

Il post-glaciale, con il ritiro del ghiacciaio wurmiano, ha visto cessare quella fase di marcato alluvionamento che ha caratterizzato soprattutto l'APF nel corso del Pleistocene. I corsi d'acqua non solo hanno inciso i propri vecchi depositi, mobilizzando e depositando i materiali così rimasti nella bassa paleo-pianura, ma, incassandosi in essi, hanno originato una importante fase di terrazzamento che ha interessato in modo non omogeneo l'area della Pianura Friulana. Le maggiori evidenze sono riconoscibili infatti nella BPF, ove le correnti fluvioglaciali, caratterizzate da una diminuzione di portata, hanno inciso i

depositi argillosi dando luogo a fasce di depositi ghiaiosi, a decorso parallelo, orientate prevalentemente in direzione NNE-SSW. Le alluvioni ghiaiose, sempre più frequentemente intercalate a sabbie e con spessori in sensibile diminuzione procedendo verso S, si trovano attualmente disposte entro solchi ed occupano zone visibilmente depresse rispetto ai banchi argillosi che le limitano lateralmente. Il sistema più esteso di terrazzi è situato in destra orografica del sistema fluviale Taglio-Stella (BOSCHIAN, 1993; CAVALLIN & PIRINI RADRIZZANI, 1987).

Nel periodo cataglaciale olocenico, la BPF (MAROCCO, 1989, 1991) è stata pertanto interessata da scarsa sedimentazione, fenomeno peraltro assai evidente in epoca storica, come testimoniano, ad esempio, i reperti archeologici appartenenti alla colonia romana di Aquileia (fondata nel 181 a.C.), rinvenuti ad appena 1,0-1,5 m di profondità dal piano campagna.

Lo scioglimento dei ghiacciai ha innescato la progressiva ingressione marina (ANTONIOLI & VAI, 2004; FERUGLIO, 1925; GAMBOLATI, 1998), che, favorita dal basso gradiente della paleo-pianura alluvionale, ha raggiunto il suo massimo circa 5.000 anni B.P. (CORREGGIARI *et alii*, 1996).

Per quanto riguarda la testimonianza di eventuali oscillazioni eustatiche nella BPF, le carote di alcuni sondaggi effettuati presso Palazzolo dello Stella (in località Bonifica Fraida e Piancada) hanno rivelato la presenza (FERUGLIO, 1936) di resti di molluschi di specie marine viventi (*Cardium*, *Turritella*, *Chlamys*, *Cerithium*). Nel sondaggio di Piancada, in particolare, sono stati rinvenuti, al di sotto di uno strato torboso localizzato a circa 40 m di profondità dal piano campagna, depositi di origine marina (argille, marne e sabbie fini) con presenza di fossili fino alla profondità di 168 m. Al di sotto di questi depositi, fino a 175 m di profondità, è presente un orizzonte di ghiaia sciolta, mista a grossi ciottoli (arenarie, calcari selciferi, calcari, dolomie) di evidente trasporto alluvionale. Tali materiali grossolani derivano probabilmente da una fase fluvio-glaciale pre-wurmiana, mentre i sedimenti marini sovrastanti sono da attribuirsi al Pleistocene.

L'evoluzione dell'area della BPF è stata condizionata anche dalle divagazioni dei Fiumi Tagliamento e Isonzo. Infatti, dalle sopra citate indagini radiometriche condotte su alcuni sondaggi, profondi circa 30 m, ubicati lungo la fascia costiera (MAROCCO, 1989, 1991) ed in corrispondenza del delta attuale del Fiume Tagliamento (MAROCCO, 1988), risulta che il sottosuolo del delta tilaventino si è andato formando nel Pleistocene superiore per alluvionamento sabbioso-pelitico in una piana di fiume meandriforme, a

volte interessata da episodi acquitrinosi con deposizione di torba. È stata infatti evidenziata una sequenza di sedimenti continentali, prevalentemente sabbiosi e subordinatamente pelitici, derivanti dai contributi dell'apparato idrografico isontino (Fiumi Torre, Natisone ed Isonzo) e ricoperti per trasgressione da depositi litorali-lagunari. Ciò sembra rafforzare l'ipotesi di un paleo-Tagliamento localizzato, prima dell'LGM, ad W dell'attuale corso, con foce localizzata presumibilmente nella laguna di Caorle (VE).

L'apparato deltizio attuale del Tagliamento (MAROCCO, 1988) si è formato negli ultimi 2.000 anni, dopo che una divagazione fluviale aveva spostato l'asta terminale del corso d'acqua verso E, nell'area occupata dalla preesistente paleo-laguna di Marano. In tempi storici più recenti, le alluvioni del Tagliamento, probabilmente insieme a quelle del Torrente Corno, hanno costruito il settore occidentale della Pianura Friulana, ad E del Fiume Stella; nel territorio tra Latisana e Precenicco è testimoniata infatti la presenza di numerosi paleo-alvei, che in qualche caso erano già disattivati in epoca neolitica (BONDESAN & FONTANA, 1999; BOSCHIAN, 1993).

4. - CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE E IDROGEOLOGICHE DELLA PIANURA FRIULANA

I caratteri idrogeologici della Pianura Friulana sono una diretta conseguenza dei processi deposizionali che si sono verificati nel Quaternario e che hanno portato ad una suddivisione del territorio (fig. 1) in due domini distinti (COMEL, 1958; DAL PRÀ & ANTONELLI, 1978; VECCHIA *et alii*, 1968):

Alta Pianura (APF), caratterizzata da depositi detritici grossolani prevalentemente ghiaiosi, irregolarmente cementati in orizzonti di conglomerato ed intercalati a livelli di sabbia e raramente di argilla; tali depositi sono il risultato della rapida progradazione di un sistema di conoidi alluvionali formati nel Pleistocene superiore (DAL PRÀ & ANTONELLI, 1978; MOSETTI & FERUGLIO, 1964a, 1964b; REGIONE AUTONOMA FRIULI-VENEZIA GIULIA, 1971; STEFANINI, 1972, 1978; STEFANINI & CUCCHI, 1977b; VECCHIA *et alii*, 1968);

Bassa Pianura (BPF), caratterizzata da depositi sabbioso-pelitici intercalati in modo complesso ed irregolare ad orizzonti ghiaiosi che diventano sempre più rari e profondi man mano che ci si sposta verso S; sono inoltre presenti estesi orizzonti torbosi; tali depositi sono in parte di origine fluvio-glaciale e in parte di origine marina, lagunare e palustre (DORO & D'AMBROSI, 1964; MOSETTI & MOSETTI,

1985; OGS, 1988; STEFANINI & CUCCHI, 1976, 1977a).

Il limite superficiale tra i due domini è rappresentato dalla linea delle risorgive.

La progressiva trasformazione, in senso meridiano, del materasso alluvionale da una struttura omogenea ad elevata permeabilità, ad una struttura differenziata con livelli permeabili ed impermeabili sovrapposti, determina il passaggio da un sistema acquifero indifferenziato di tipo freatico a monte, ad un sistema acquifero multistrato a valle, in stretta connessione reciproca (GRANATI *et alii*, 2001; MARTELLI & RODA, 1998; MARTELLI *et alii*, 2003; STEFANINI & CUCCHI, 1977). Una simile struttura è riconoscibile nell'intera Pianura Padana (REGIONE EMILIA-ROMAGNA, ENI-AGIP, 1998).

Lungo la fascia di transizione tra i due sistemi acquiferi, in corrispondenza della più significativa variazione della granulometria dei sedimenti, la falda freatica viene a giorno dando origine alla zona delle risorgive, che si sviluppa nella regione friulana approssimativamente in direzione E-W per circa 100 km, di cui 40 alla destra del Fiume Tagliamento e 60 in sinistra, con larghezze dell'ordine del chilometro. Quest'area è caratterizzata da un allineamento di sorgenti da cui derivano i fiumi di risorgiva, i quali, insieme alle canalizzazioni artificiali, formano il reticolo idrografico della BPF.

La portata delle risorgive è stata valutata mediamente in 70-80 m³/s per il tratto compreso tra il Fiume Tagliamento ed il Fiume Torre (CONSORZIO DI BONIFICA LEDRA-TAGLIAMENTO, 1982; DAL PIAZ *et alii*, 1965; VECCHIA *et alii*, 1968).

La linea delle risorgive si sviluppa in modo pressochè continuo anche al di fuori della regione friulana, fino alla zona di Mondovì, a S di Torino (ANTONELLI & STEFANINI, 1982; DAL PRÀ *et alii*, 1989; FERUGLIO, 1925; MARTINIS *et alii*, 1976).

L'alimentazione dell'acquifero freatico dell'APF è garantito, oltre che dalla ricarica diretta costituita dalle infiltrazioni efficaci degli afflussi meteorici, anche dalle perdite per dispersione in subalveo dei corsi d'acqua e dagli apporti provenienti dall'anfiteatro morenico e dalle aree prealpine (MOSETTI, 1983; STEFANINI, 1978). L'acquifero freatico alimenta a sua volta l'acquifero multistrato della BPF (MOSETTI, 1983; VECCHIA *et alii*, 1968).

La superficie piezometrica della falda freatica dell'APF, nel tratto compreso tra la cerchia morenica e la linea delle risorgive, ha una pendenza media dello 0,5%; nel settore meridionale, a NW di Palmanova, la pendenza si riduce allo 0,1%, mentre raggiunge valori elevati nel settore orientale.

La direzione di percolazione, N-S nella parte settentrionale, ruota fino a disporsi NW-SE nella fascia più prossima alla linea delle risorgive.

Nel sottosuolo della BPF, sono tradizional-

mente distinti (STEFANINI & CUCCHI, 1977a) otto acquiferi artesiani, che corrispondono ai principali livelli permeabili sabbioso-ghiaiosi intercalati ai potenti intervalli argillosi impermeabili riconoscibili nell'area.

La falda artesianiana più profonda è stata raggiunta, alla profondità media di -420 m s.l.m., da alcuni pozzi perforati ad W della foce del Fiume Stella (*Falda I*).

A profondità comprese tra -265 e -295 m s.l.m. è stata individuata, da alcuni pozzi perforati nella zona di Lignano, una seconda falda, denominata *Falda H*.

La *Falda G* è stata individuata alla profondità media di -240 m s.l.m.; essa è contenuta in un banco di sabbia con locali lenti ghiaiose.

Al di sopra, si trova la *Falda F*, a profondità media di -190 m s.l.m., anch'essa contenuta in sabbia con locali lenti di ghiaia. La falda è localmente divisa in due livelli.

La sovrastante *Falda D*, dotata di buone caratteristiche di continuità e rinvenibile ad una profondità media di -160 m s.l.m., è prevalentemente contenuta in ghiaie nel settore orientale ed in sabbie nel settore occidentale.

Tra le profondità di -110 e -150 m s.l.m., si trova la *Falda C* che, nella direzione E-W, appare discontinua e localmente ramificata in due o tre strati. Tale falda è probabilmente assente nell'area della Provincia di Udine ad occidente del Torrente Cormor.

Poco al di sopra, alla profondità media di -95 m s.l.m., è stata individuata la *Falda B*, generalmente costituita da uno o due orizzonti acquiferi.

La più superficiale delle falde individuate è la *Falda A*, complessa e generalmente ramificata in almeno tre orizzonti sabbioso-ghiaiosi, tra le profondità di -20 e -80 m s.l.m..

In vicinanza dell'attuale linea di costa, tra le foci dei Fiumi Cormor e Aussa-Corno, gli acquiferi sono generalmente contenuti in ghiaie, mentre ad E e ad W prevalgono le sabbie.

Le potenze dei livelli acquiferi si aggirano mediamente sui 10-15 m, con locali incrementi connessi alla presenza di paleovalvei (STEFANINI & CUCCHI, 1977a).

È interessante rilevare come sia possibile stabilire una correlazione tra la successione degli acquiferi come sopra descritti e la distinzione in cicli della sequenza quaternaria individuata nel sondaggio "Cesarolo 1". In effetti, la *Falda I* corrisponde al limite superiore del Primo Ciclo, fissato alla profondità di 422 m dal piano campagna, e cioè a -421 m s.l.m.. La *Falda G* corrisponde alla conclusione del Secondo Ciclo, osservata alla profondità di 240 m dal piano campagna, e cioè a -239 m s.l.m.. Infine, la *Falda D* corrisponde alla conclusione del Terzo Ciclo, individuata alla profondità di -151 m s.l.m. Le tre *Falde A, B, C* sono comprese nel Primo Ciclo, all'interno del quale non è possibile fare distinzioni significative in corrispondenza del sondaggio "Cesarolo 1". Tenuto conto

della eterogeneità della successione sedimentaria della coltre alluvionale quaternaria, il fatto che sia possibile stabilire questa correlazione rappresenta un elemento significativo per la definizione del modello idrogeologico del sottosuolo della Pianura Friulana.

5. - VERIFICA E VALUTAZIONE DELLA DOCUMENTAZIONE ESISTENTE

Il quadro geologico delineato in relazione al sottosuolo della Pianura Friulana costituisce il necessario riferimento sia per l'interpretazione delle informazioni ricavabili dalle stratigrafie relative alle perforazioni per ricerca e sfruttamento delle acque sotterranee, sia per la definizione delle condizioni al contorno nella scelta dei nodi della rete di monitoraggio.

Le finalità dello studio intrapreso hanno pertanto condotto, in primo luogo, alla verifica e alla valutazione preliminare della documentazione esistente presso:

- Servizio Geologico Nazionale e Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali;
- Dipartimento di Georisorse e Territorio dell'Università degli Studi di Udine;
- Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, Direzione Regionale per l'Ambiente;
- Provincia di Udine;
- altri Enti Pubblici (Genio Civile di Udine, Direzione Provinciale dei Servizi Tecnici di Udine).

5.1. - SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE E DIPARTIMENTO PER I SERVIZI TECNICI NAZIONALI

Presso gli Uffici del Servizio Geologico Nazionale, non sono risultati essere disponibili dati relativi a pozzi ubicati nell'area di studio; nell'ambito dell'archivio del Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali, è stato invece possibile consultare 95 schede monografiche di pozzi per approvvigionamento idrico esistenti in Provincia di Udine. Tenuto quindi conto dell'ambito previsto per le attività di studio e sperimentazione, sono state prese in considerazione solamente le 39 schede relative alla BPF, alle quali è stata aggiunta l'unica scheda presente in archivio relativa al Comune di Grado, comune della Provincia di Gorizia confinante con la BPF in Provincia di Udine. Complessivamente, le schede considerate sono risultate pertanto 40.

E' necessario rilevare, in via preliminare, come la documentazione contenuta nell'archivio del Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali appaia modesta se confrontata con il numero molto maggiore (un paio di ordini di grandezza)

dei pozzi noti nella BPF in Provincia di Udine (GRANATI *et alii*, 2000). Inoltre, la maggior parte delle schede reperite si riferisce a pozzi presenti in un unico Comune, quello di San Giorgio di Nogaro, mentre per gran parte dei Comuni della BPF non esiste documentazione in archivio. Infine, diversi pozzi risultano ubicati in corrispondenza del settore di transizione tra APF e BPF.

La tabella 1 schematizza la ripartizione delle 40 schede acquisite in funzione del Comune di ubicazione dei pozzi. Si può notare come il solo Comune di San Giorgio di Nogaro sia provvisto di un numero significativo di schede in archivio.

Le profondità dei 36 pozzi per i quali è risultato essere disponibile tale dato sono riportate, con ordinamento crescente, nella tabella 2.

La figura 14 mostra graficamente la distribuzione di tali profondità.

TAB. 1 - Numero di schede-pozzo, relative ai Comuni della BPF, reperite nell'archivio del Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali.
- Number of BPF well-census papers coming from the National Technical Survey Department archive.

| Comune | N° pozzi |
|-----------------------------|----------|
| Bagnaria Arsa (BGN) | 1 |
| Carlino (CRL) | 1 |
| Castions di Strada (CST) | 1 |
| Campolongo al Torre (CMP) | 1 |
| Codroipo (CDR) | 1 |
| Gonars (GNR) | 1 |
| Grado | 1 |
| Lignano Sabbiadoro (LGN) | 1 |
| Porpetto (PRP) | 1 |
| Precenicco (PRC) | 1 |
| San Giorgio di Nogaro (SNG) | 28 |
| Varmo (VRM) | 2 |

5.2. - DIPARTIMENTO DI GEORISORSE E TERRITORIO DELL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI UDINE

Presso il Dipartimento di Georisorse e Territorio dell'Università di Udine, negli anni 1994-1999, è stato avviato uno studio delle falde idriche della Pianura Friulana in Provincia di Udine finalizzato alla tutela e alla gestione integrata della risorsa, con particolare riguardo alla BPF.

La scarsità dei dati tecnici e di interesse idrogeologico presenti nella documentazione disponibile presso i vari Enti, relativamente ai pozzi idrici esistenti nel territorio, è stato il motivo che ha ispirato, nel 1995, la messa a punto di un questionario informativo in grado di coinvolgere la popolazione

| N° identificativo pozzo | Comune | Profondità (m dal p.c.) |
|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 40 | Varmo (VRM) | 5 |
| 1 | Bagnaria Arsa (BGN) | 17 |
| 39 | Varmo (VRM) | 30 |
| 2 | Campolongo al Torre (CMP) | 32 |
| 5 | Codroipo (CDR) | 42 |
| 6 | Gonars (GNR) | 51 |
| 4 | Castions di Strada (CST) | 63 |
| 35 | San Giorgio di Nogaro (SNG) | 80 |
| 31 | San Giorgio di Nogaro (SNG) | 82 |
| 12 | San Giorgio di Nogaro (SNG) | 83 |
| 33 | San Giorgio di Nogaro (SNG) | 84 |
| 25 | San Giorgio di Nogaro (SNG) | 87 |
| 24 | San Giorgio di Nogaro (SNG) | 88 |
| 27 | San Giorgio di Nogaro (SNG) | 88 |
| 32 | San Giorgio di Nogaro (SNG) | 91 |
| 11 | San Giorgio di Nogaro (SNG) | 93 |
| 38 | San Giorgio di Nogaro (SNG) | 95 |
| 37 | San Giorgio di Nogaro (SNG) | 96 |
| 26 | San Giorgio di Nogaro (SNG) | 98 |
| 16 | San Giorgio di Nogaro (SNG) | 100 |
| 28 | San Giorgio di Nogaro (SNG) | 100 |
| 29 | San Giorgio di Nogaro (SNG) | 100 |
| 30 | San Giorgio di Nogaro (SNG) | 101 |
| 15 | San Giorgio di Nogaro (SNG) | 102 |
| 19 | San Giorgio di Nogaro (SNG) | 102 |
| 36 | San Giorgio di Nogaro (SNG) | 102 |
| 14 | San Giorgio di Nogaro (SNG) | 108 |
| 22 | San Giorgio di Nogaro (SNG) | 108 |
| 10 | Precenico (PRC) | 120 |
| 34 | San Giorgio di Nogaro (SNG) | 128 |
| 20 | San Giorgio di Nogaro (SNG) | 156 |
| 9 | Porpetto (PRP) | 158 |
| 17 | San Giorgio di Nogaro (SNG) | 161 |
| 23 | San Giorgio di Nogaro (SNG) | 163 |
| 7 | Grado | 250 |
| 8 | Lignano Sabbiadoro (LGN) | 250 |

TAB. 2 - Profondità di 36 pozzi (su 40 complessivamente disponibili) reperiti nell'archivio del Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali.

- Depth of 36 wells coming from the National Technical Survey Department archive.

- locale in una raccolta dati con i seguenti obiettivi:
- desumere informazioni utili per una ricostruzione semi-quantitativa dei volumi idrici prelevati dagli acquiferi;
 - acquisire dati relativi alla piezometria e alla profondità delle falde più sfruttate;
 - trarre indicazioni circa le possibilità di utilizzazione dei pozzi per un controllo quali-quantitativo delle risorse idriche sotterranee.

La costruzione del questionario è risultata una operazione particolarmente delicata in quanto, oltre a dover soddisfare specifiche esigenze tecniche, doveva risultare comprensibile e utilizzabile da un pubblico non specializzato; per tale motivo, nella sua stesura, è stato talvolta necessario utilizzare una terminologia non scientifica ma che esprimeva efficacemente un concetto o un iter da seguire per l'effettuazione di misure in sito.

Per la realizzazione di tale indagine esplorativa, è stata inoltre fondamentale la collaborazione con le Amministrazioni comunali dei 31 Comuni della BPF ed in particolare degli Uffici Tecnici che si sono

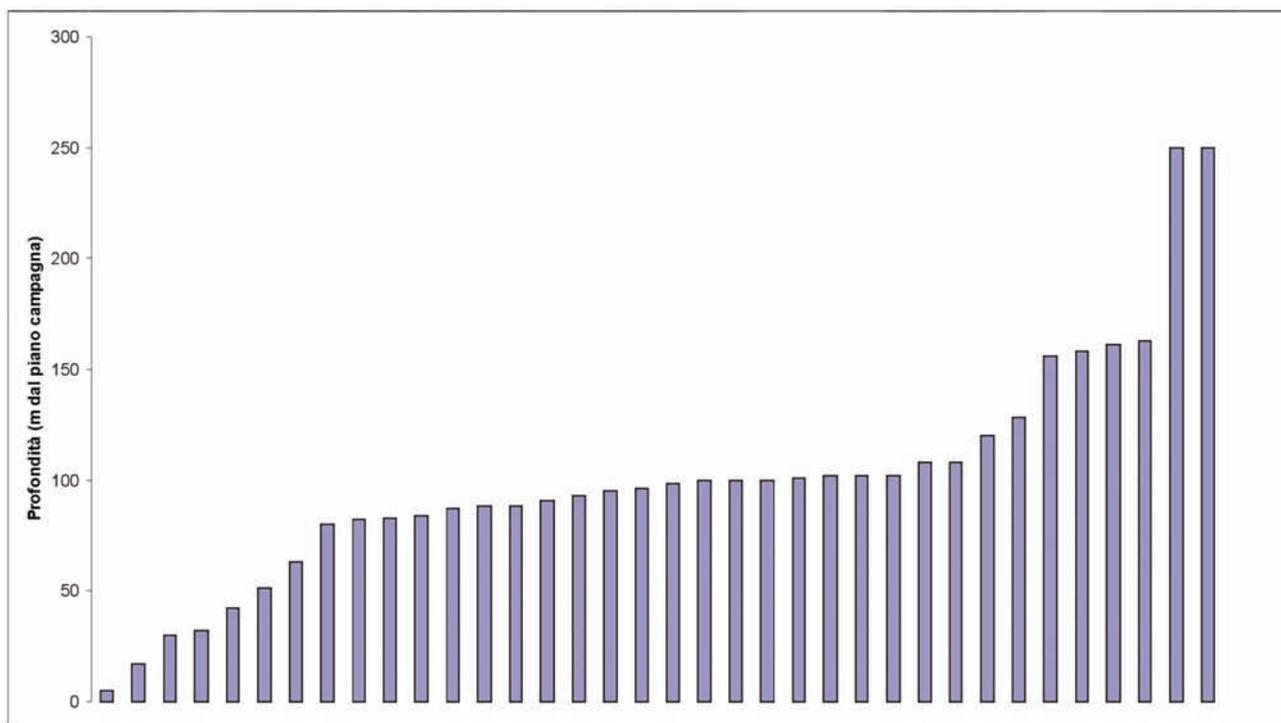


Fig. 14 - Distribuzione delle profondità di 36 pozzi (su 40 complessivamente disponibili) reperiti nell'archivio del Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali.

- Depth distribution of 36 wells coming from the National Technical Survey Department archive.



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI UDINE
DIPARTIMENTO DI GEORISORSE E TERRITORIO
 Via Cottonificio 114, I-33100 UDINE (Italy)

**STUDIO DELLE FALDE IDRICHE DELLA BASSA PIANURA FRIULANA:
 TUTELA E GESTIONE INTEGRATA DELLA RISORSA**

SCHEDA POZZO

Comune: _____

Uso del pozzo: domestico agricolo industriale commerciale altro _____

Portata mediamente estratta durante il 1997: _____ litri/secondo

Se il getto che esce dal pozzo è continuo, in quanti secondi si riempie di acqua un secchio della capacità di 20 litri (tipo quello della pittura a tempera) ? _____ secondi

Il getto dell'acqua che esce dal pozzo è stato grossomodo costante durante l'anno ? Sì No

Ci sono stati periodi di secca durante il 1997 ? Sì Quando? _____ No

Periodo di utilizzazione: _____ mesi all'anno

Ditta esecutrice della perforazione: _____

Anno di scavo: _____

Metodo di perforazione: trivellazione martinetto meccanico a mano altro _____

Profondità del pozzo : _____ metri dal piano campagna

Diametro del pozzo: _____ cm Diametro del boccapozzo: _____ cm

Altezza del boccapozzo dal piano campagna: _____ m

Il pozzo pesca: in una falda in più falde

Parte filtrante del tubo (pesca): Grandezza dei fori o fessure: _____ mm

Profondità di pesca dal piano campagna: da m ___ a m ___ ; da m ___ a m ___ ; da m ___ a m ___ ;

Falda: zampillante (L'acqua esce da sola dalla bocca del pozzo, senza l'aiuto della pompa, formando un getto "a fontana")

Altezza dell'acqua sul piano campagna (la misura può essere effettuata nel seguente modo: infilare un tubo alla bocca del pozzo, avendo cura di evitare fuoriuscite d'acqua; alzare il resto del tubo in verticale e misurare l'altezza raggiunta dall'acqua sul piano campagna): _____ cm; _____ cm; _____ cm

Data della misura: _____ ; _____ ; _____

Pressione dell'acqua se il pozzo è fornito di manometro: _____ atm; data: _____

Non zampillante (L'acqua esce dalla bocca del pozzo solo con l'aiuto di una pompa)

Profondità dell'acqua dal piano campagna: _____ m; _____ m; _____ m

Data della misura: _____ ; _____ ; _____

Eventuale pompa installata: Sì No Tipo: _____

Ore di utilizzazione al giorno (mediamente): _____

Prova di portata: Non eseguita Eseguita : _____ l/s data : _____

Eventuale stratigrafia del terreno: _____

Possibilità di utilizzare il pozzo per saltuari rilevamenti idrogeologici: No Sì previa telefonata al numero: _____ Per eventuali chiarimenti, telefonare al Dipartimento di Georisorse e Territorio, tel. 0432/558711-558710 dal Lunedì al Venerdì dalle ore 9.00 alle ore 17.00.

Fig. 15 - Scheda-pozzo utilizzata per il censimento, a carattere anonimo e volontario, promosso nel 1995 dal Dipartimento di Georisorse e Territorio dell'Università di Udine.

- Well-census paper used by the "Georisorse e Territorio" Department of Udine University in 1995.

resi disponibili sia per la fase preliminare di consegna dei questionari, sia per la raccolta finale dei dati.

Il questionario, denominato *Scheda pozzo*, è stato strutturato in conformità ai seguenti principi:

- essere il più semplice possibile alla lettura ed alla compilazione delle parti richieste;
- rispettare il vincolo dell'anonimato non richiedendo i dati anagrafici del proprietario, pur contemplando la possibilità di ubicare il pozzo schedato in modo utile per le successive fasi dello studio;
- ottenere in un'unica pagina di testo il maggior numero possibile di informazioni tecniche;
- introdurre alcuni test di controllo a riconferma di risposte precedenti;
- contenere gli elementi per le procedure assegnate agli Uffici Tecnici in merito all'anonimato e all'ubicazione del pozzo, da realizzarsi sulla Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 all'interno di un reticolo a maglie quadrate con lato di 500 metri.

In coerenza con quanto sopra espresso, è stata prodotta la scheda riportata in figura 15; essa richiede informazioni inerenti l'uso, la portata estratta, le caratteristiche tecnico-costruttive del pozzo, il pescaggio, la piezometria, l'esistenza di documentazione stratigrafica, nonché la disponibilità del proprietario all'effettuazione di eventuali

misure.

Al termine della campagna, sono stati raccolti 915 questionari: 750 schede, contenenti le informazioni funzionali all'ubicazione del pozzo relativo, sono state inserite nell'archivio denominato *Georisorse* (fig. 16), mentre i dati provenienti dalle rimanenti 165 schede, sprovviste dei termini di georeferenziazione, sono stati organizzati nell'archivio *Georisorse non ubicabile*, avente comunque struttura analoga al precedente, come verrà specificato in seguito.

Come già sottolineato, allo scopo di rispettare l'anonimato del proprietario, l'ubicazione dei pozzi è stata fatta mediante attribuzione generica del singolo pozzo ad una porzione quadrata di territorio avente lato pari a 500 metri.

Ogni pozzo, pertanto, è stato univocamente identificato da un numero progressivo all'interno del quadrato di appartenenza e dalle coordinate geografiche del baricentro del quadrato stesso (GRANATI *et alii*, 1999).

Senza questo accorgimento, non sarebbe stato possibile ottenere dai proprietari le notizie richieste, considerato il clima di conflittualità instauratosi tra i cittadini e la Pubblica Amministrazione a seguito dell'entrata in vigore dell'art.10 del DL

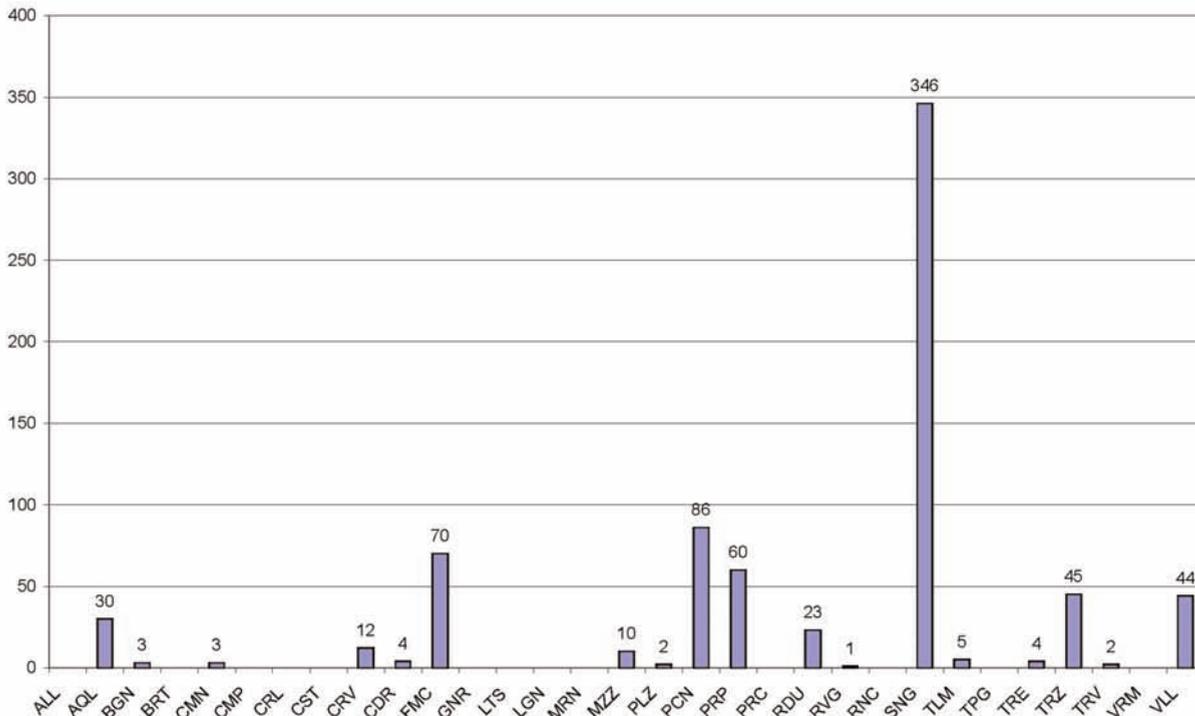


Fig. 16 - Distribuzione, per Comune di appartenenza, dei 750 pozzi ubicabili presenti nell'archivio "Georisorse" (ALL: Aiello del Friuli; AQL: Aquileia; BGN: Bagnaria Arsa; BRT: Bertiolo; CMN: Camino al Tagliamento; CMP: Campolongo al Torre; CRL: Carlino; CST: Castions di Strada; CRV: Cervignano del 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).

- Distribution, within the 31 considered BPF municipalities, of the 750 water-wells of the "Georisorse" archive that can be located on the Regional Numerical Cartography drawn at the 1:5.000 scale.

resi disponibili sia per la fase preliminare di consegna dei questionari, sia per la raccolta finale dei dati.

Il questionario, denominato *Scheda pozzo*, è stato strutturato in conformità ai seguenti principi:

- essere il più semplice possibile alla lettura ed alla compilazione delle parti richieste;
- rispettare il vincolo dell'anonimato non richiedendo i dati anagrafici del proprietario, pur contemplando la possibilità di ubicare il pozzo schedato in modo utile per le successive fasi dello studio;
- ottenere in un'unica pagina di testo il maggior numero possibile di informazioni tecniche;
- introdurre alcuni test di controllo a riconferma di risposte precedenti;
- contenere gli elementi per le procedure assegnate agli Uffici Tecnici in merito all'anonimato e all'ubicazione del pozzo, da realizzarsi sulla Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 all'interno di un reticolo a maglie quadrate con lato di 500 metri.

In coerenza con quanto sopra espresso, è stata prodotta la scheda riportata in figura 15; essa richiede informazioni inerenti l'uso, la portata estratta, le caratteristiche tecnico-costruttive del pozzo, il pescaggio, la piezometria, l'esistenza di documentazione stratigrafica, nonché la disponibilità del proprietario all'effettuazione di eventuali

misure.

Al termine della campagna, sono stati raccolti 915 questionari: 750 schede, contenenti le informazioni funzionali all'ubicazione del pozzo relativo, sono state inserite nell'archivio denominato *Georisorse* (fig. 16), mentre i dati provenienti dalle rimanenti 165 schede, sprovviste dei termini di georeferenziazione, sono stati organizzati nell'archivio *Georisorse non ubicabile*, avente comunque struttura analoga al precedente, come verrà specificato in seguito.

Come già sottolineato, allo scopo di rispettare l'anonimato del proprietario, l'ubicazione dei pozzi è stata fatta mediante attribuzione generica del singolo pozzo ad una porzione quadrata di territorio avente lato pari a 500 metri.

Ogni pozzo, pertanto, è stato univocamente identificato da un numero progressivo all'interno del quadrato di appartenenza e dalle coordinate geografiche del baricentro del quadrato stesso (GRANATI *et alii*, 1999).

Senza questo accorgimento, non sarebbe stato possibile ottenere dai proprietari le notizie richieste, considerato il clima di conflittualità instauratosi tra i cittadini e la Pubblica Amministrazione a seguito dell'entrata in vigore dell'art.10 del DL

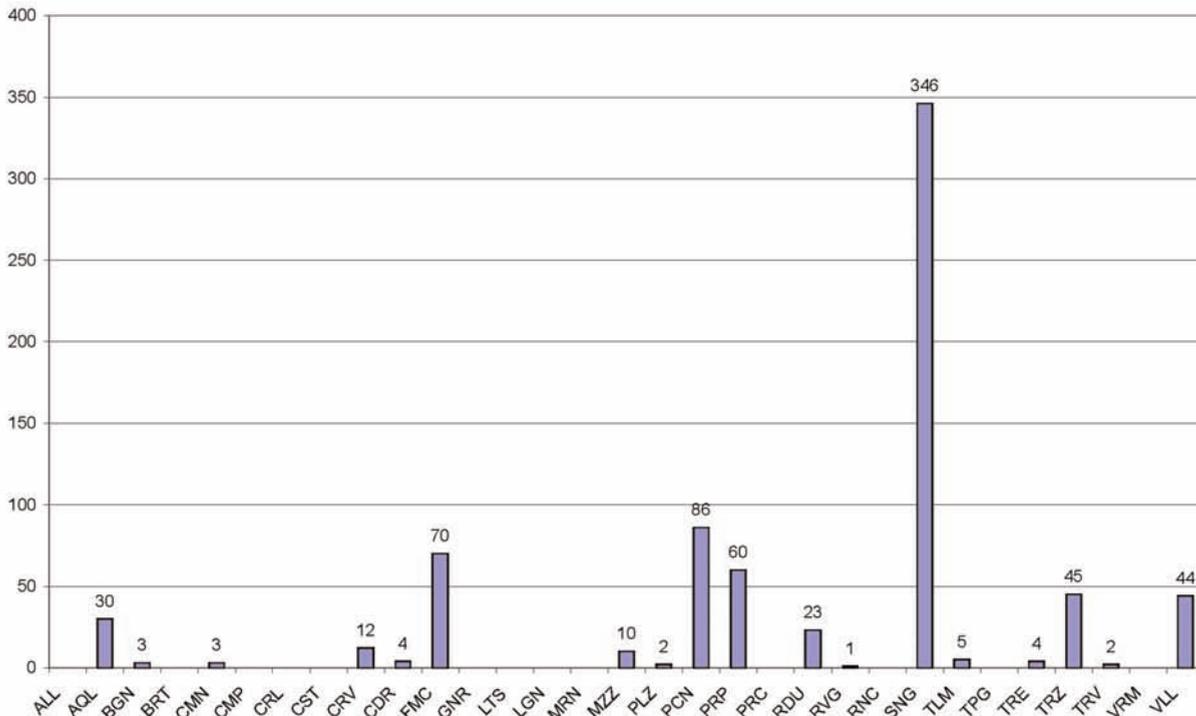


Fig. 16 - Distribuzione, per Comune di appartenenza, dei 750 pozzi ubicabili presenti nell'archivio "Georisorse" (ALL: Aiello del Friuli; AQL: Aquileia; BGN: Bagnaria Arsa; BRT: Bertiolo; CMN: Camino al Tagliamento; CMP: Campolongo al Torre; CRL: Carlino; CST: Castions di Strada; CRV: Cervignano del Friuli; CDR: Codroipo; FMC: Fiumicello; GNR: Gonars; LTS: Latisana; LGN: Lignano Sabbiadoro; MRN: Marano Lagunare; MZZ: Muzzana del Turgnano; PLZ: Palazzolo dello Stella; PCN: Poesia; 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 the 31 considered BPF municipalities, of the 750 water-wells of the "Georisorse" archive that can be located on the Regional Numerical Cartography drawn at the 1:5.000 scale.

```

*****
* REGIONE AUTONOMA FRIULI-VENEZIA GIULIA
* DIREZIONE REGIONALE DELL'AMBIENTE
* CATASTO REGIONALE DEI POZZI
*****
* Codice comune..... 213 VILLA VICENTINA UD *
* Numero progressivo... 0017
*-----IDENTIFICAZIONE-----*
* Localita'..... CAPO DI SOPRA
* Indirizzo(via/piazza) GARIBALDI 61
*
* Staz.piezometrica...
* Staz.analisi acque...
*
* Tavola C.T.R. .... 088132 (1:5000)
* Tavoletta I.G.M. .... 40 II NE (1:25000)
* Coord. Gauss-Boaga... 2394487 5075744
* Quota piano campagna. 8.00 Stimato
* Arca sogg. tutela... S Si
*-----CARATTERISTICHE-----*
* Profondita' dal p.c. (152.00) 150.00
*
* Anno di esecuzione... 1982
* Perforatore..... Bulfoni Rivignano (UD)
* Note.....
*-----DATI IDROLOGICI-----*
* Tipo pozzo..... 1 Artesiano
* Prove di logs..... N No
* Prove cmungimento... S Si
* Piezometria...data... m. dal piano campagna...
* Piezometria...data... m. dal piano campagna...
* Piezometria...data... m. dal piano campagna...
*-----EQUIPAGGIAMENTO-----*
* Avanzopozzo..... N No
* Cabina sollevamento... N No
* Serbatoio..... S Si
* Tipo pompa..... 3 Elettropompa non sommersa
* Diam.boccapozzo (mm).
* Potenza (Kw).... 1
* Prevalenza (m)...
* Portata (l/s)...
*-----UTILIZZO-----*
* Utilizzo prevalente..
* Portata.....
* Attingimento..... C Continuo
* Ore/giorno.....
* Giorni/mese..... 30
* Mesi/anno..... 12
* Stato conservazione..
*-----TITOLARE-----*
* Ditta..... MUGLONI GIUSEPPE
* Indirizzo.....
* Situazione amministr. 1 Approvvigionamento idrico autonomo
* Codice pratica.....
*-----STRATIGRAFIA-----*
* Attendibilita'.....
* Fonte di reperimento
*****

```

Fig. 18 - Esempio di scheda dei pozzi archiviati nel Catasto Regionale. Le annotazioni a mano corrispondono a correzioni derivanti dall'incrocio dei dati ivi riportati con quelli contenuti in altri archivi disponibili. - Example of a Regional well-census paper. The manual notations are corrections made on the basis of the comparison between the reported data and the information coming from other available archives.

Un secondo archivio, sempre in formato cartaceo, è stato realizzato dalla Provincia di Udine a partire dal 1994 in applicazione dell'art. 10 del DL 275/1993, mediante la compilazione di una scheda di *Denuncia di pozzo esistente*. Tale scheda contiene solo informazioni rilevanti ai fini amministrativi (generalità ed indirizzo del dichiarante, titolo d'uso del pozzo; località di ubicazione, estremi catastali; uso prevalente del pozzo; titolo giuridico di concessione al prelievo idrico) e pertanto non di interesse per gli scopi della Convenzione.

Anche questo archivio, contenente allo stato attuale 15.037 denunce, è stato informatizzato dal Dipartimento di Georisorse e Territorio, con la struttura riportata nella tabella 7. In particolare, circa 12.800 denunce si riferiscono a pozzi localizzati nel territorio della BPF, mentre le rimanenti 2.200 denunce sono relative a fonti di approvvigionamento idrico autonomo esistenti nel resto della Provincia di Udine (APF, zona collinare e montuosa). Nonostante il numero dei pozzi denunciati sia elevato, non sembra che esso rappresenti la totalità dei pozzi esistenti (GRANATI *et alii*, 1999).

TAB. 5 - Pozzi censiti e stratigrafie disponibili nell'archivio del Catasto Regionale (da REGIONE AUTONOMA FRIULI-VENEZIA GIULIA, 1990a, 1990b).

- Collected wells and available stratigraphies coming from the Regional archive (from REGIONE AUTONOMA FRIULI-VENEZIA GIULIA, 1990a, 1990b).

| Comune | Sigla | N° pozzi | N° stratigrafie |
|------------------------|-------|--------------|-----------------|
| Aiello del Friuli | ALL | 28 | 2 |
| Aquileia | AQL | 73 | 13 |
| Bagnaria Arsa | BGN | 76 | 3 |
| Bertiole | BRT | 24 | 2 |
| Camino al Tagliamento | CMN | 37 | 3 |
| Campolongo al Torre | CMP | 28 | |
| Carlino | CRL | 65 | 7 |
| Castions di Strada | CST | 46 | 2 |
| Cervignano del Friuli | CRV | 55 | 9 |
| Codroipo | CDR | 73 | 10 |
| Fiumicello | FMC | 32 | 5 |
| Gonars | GNR | 31 | 2 |
| Latisana | LTS | 65 | 19 |
| Lignano Sabbiadoro | LGN | 49 | 16 |
| Marano Lagunare | MRN | 29 | 7 |
| Muzzana del Turgnano | MZZ | 37 | 2 |
| Palazzolo dello Stella | PLZ | 76 | 34 |
| Pocenia | PCN | 77 | 4 |
| Porpetto | PRP | 47 | 2 |
| Precenicco | PRC | 52 | 9 |
| Rivignano | RVG | 55 | 2 |
| Ronchis | RNC | 36 | 6 |
| Ruda | RDU | 40 | |
| San Giorgio di Nogaro | SNG | 90 | 30 |
| Talmassons | TLM | 23 | 2 |
| Tapogliano | TPG | 18 | 2 |
| Teor | TRE | 44 | 4 |
| Terzo d'Aquileia | TRZ | 55 | 5 |
| Torviscosa | TRV | 89 | 44 |
| Varmo | VRM | 64 | 6 |
| Villa Vicentina | VLL | 40 | 3 |
| Totali | | 1.554 | 255 |

TAB. 6 - *Struttura dell'archivio provinciale delle fonti di approvvigionamento idrico autonomo.*
- Udine district water-wells archive structure.

| Nome | Tipo | Dimensione |
|-------------------------------------------|------------------------------|------------|
| Identificatore Provincia | Numero (Lungo) | 4 |
| Località del Pozzo | Testo | 20 |
| Data Censimento | Data/ora | 8 |
| Numero Particella Catastale | Testo | 8 |
| Numero Foglio Catastale | Testo | 8 |
| Nome Proprietario | Testo | 20 |
| Cognome Proprietario (Ditta) | Testo | 40 |
| Indirizzo Proprietario | Testo | 50 |
| Comune Residenza Proprietario | Testo | 30 |
| Provincia (Stato) Residenza Proprietario | Testo | 30 |
| Profondità del Pozzo (m) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Esistenza Pompa | Testo | 2 |
| Esistenza Serbatoio di Accumulo | Testo | 2 |
| Capacità Serbatoio (mc) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Prevalenza (m) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Portata (l/s) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Uso Civile | Si/No | 1 |
| Uso Industriale | Si/No | 1 |
| Uso Agricolo | Si/No | 1 |
| Uso Zootecnico | Si/No | 1 |
| Mesi di Prelievo | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Frequenza del Prelievo (ore/giorno) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Frequenza del Prelievo (giorni/settimana) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Frequenza del Prelievo (giorni/anno) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Consumo Totale (mc/anno) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Esistenza Stratigrafia | Si/No | 1 |
| Numeraazione Chimico-Irische | Numero (Intero) | 2 |

5.5. - ALTRI ENTI: GENIO CIVILE DI UDINE, DIREZIONE PROVINCIALE DEI SERVIZI TECNICI DI UDINE

I dati raccolti presso l'archivio del Genio Civile di Udine riguardano 136 pratiche di concessione all'esercizio di grandi derivazioni idriche per uso potabile, industriale ed ittiogenico relative a pozzi ubicati in 11 Comuni della BPF.

Le derivazioni ad uso potabile sono concentrate nei Comuni di Gonars (località Fauglis) e Camino al Tagliamento (località Biauzzo) e riguardano i pozzi gestiti dal Consorzio dell'Acquedotto del Friuli Centrale; le derivazioni ad uso industriale sono presenti nel Comune di Torviscosa per quanto riguarda l'industria chimica (Caffaro S.p.a.) e nel Comune di Cervignano del Friuli per l'industria tessile (Marcegaglia S.p.a.); le derivazioni ad uso ittiogenico riguardano, oltre che il Comune di Cervignano del Friuli, anche i Comuni di Codroipo, Varmo, Rivignano, Pocenja e Talmassons.

I dati acquisiti sono stati desunti dalle relazioni idrogeologico-tecniche allegate alle domande di concessione, che descrivono con buon dettaglio le caratteristiche delle prese d'acqua; per garantire la possibilità di confronto con i dati degli archivi precedentemente descritti, le informazioni raccolte sono state riportate su una scheda cartacea analoga a quella predisposta per il censimento condotto dal Dipartimento di Georisorse e Territorio.

I dati raccolti presso gli archivi della Direzione Provinciale dei Servizi Tecnici di Udine provengono da 213 domande di piccole derivazioni ad uso agrico-

lo ed industriale.

Analogamente a quanto esposto in relazione all'archivio del Genio Civile, le informazioni idrogeologico-tecniche, desunte dalla documentazione cartacea allegata alle domande di concessione, sono state inserite nella scheda di base utilizzata per il censimento volontario del 1994.

Tutti i dati acquisiti dal Genio Civile e dalla Direzione Provinciale dei Servizi Tecnici di Udine sono stati registrati dal Dipartimento di Georisorse e Territorio all'interno di due appositi archivi informatici, la cui struttura è descritta nella tabella 8.

6 - PUNTI DI RILEVAMENTO PER LE MISURE DI LIVELLO DELLE FALDE

In attuazione delle leggi nazionali e regionali operanti in materia di tutela delle acque dall'inquinamento e di razionale utilizzo delle risorse idriche (REGIONE AUTONOMA FRIULI-VENEZIA GIULIA, 1982), è stata istituita, a partire dall'anno 1967, una rete di rilevamento dei livelli piezometrici delle falde acquifere regionali, ponendo inizialmente sotto sistematica osservazione i livelli di falda in circa 60 pozzi ubicati prevalentemente in due distinte zone del territorio friulano: la fascia

TAB. 7 - *Struttura dell'archivio provinciale di "Denuncia di pozzo esistente" (art.10 del DL. 275/93).*
- Structure of Udine district "Denuncia di pozzo esistente" archive.

| Nome | Tipo | Dimensione |
|-----------------------------|----------------------------|------------|
| Identificatore Denuncia | Numero (Precisione doppia) | 8 |
| Cognome o Ditta | Testo | 100 |
| Nome | Testo | 20 |
| Comune di nascita | Testo | 50 |
| Data di nascita | Data/ora | 8 |
| Comune Residenza | Testo | 30 |
| Frazione Residenza | Testo | 35 |
| Indirizzo | Testo | 80 |
| Cap | Testo | 5 |
| Provincia o Stato Residenza | Testo | 30 |
| Numero Telefono | Testo | 30 |
| Caratteristica | Numero (Byte) | 1 |
| Comune Ubicazione | Testo | 35 |
| Località Ubicazione | Testo | 65 |
| Indirizzo Ubicazione | Testo | 80 |
| Numero Particella Catastale | Testo | 80 |
| Numero Foglio Catastale | Testo | 25 |
| Uso Civile | Si/No | 1 |
| Uso Ind | Si/No | 1 |
| Uso Agricolo | Si/No | 1 |
| Uso Zootecnico | Si/No | 1 |
| Uso Domestico | Si/No | 1 |
| Uso Potabile | Si/No | 1 |
| Uso Irriguo | Si/No | 1 |
| Uso Industriale | Si/No | 1 |
| Uso Igenico-Assimilato | Si/No | 1 |
| Uso ittiogenico | Si/No | 1 |
| Uso Altro | Testo | 150 |
| Note Amministrative | Testo | 255 |
| Dati tecnici | Testo | 255 |
| Data Censimento | Data/ora | 8 |
| Coordinata X | Numero (Precisione doppia) | 8 |
| Coordinata Y | Numero (Precisione doppia) | 8 |

TAB. 8 - *Struttura degli archivi dei dati raccolti presso il Genio Civile e presso la Direzione dei Servizi Tecnici Provinciali di Udine.*
 – “Genio Civile” and “Servizi Tecnici” archives structure.

| Nome | Tipo | Dimensione |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------|------------|
| Identificatore | Numero (Intero) | 2 |
| Comune | Testo | 30 |
| X | Numero (Lungo) | 4 |
| Y | Numero (Lungo) | 4 |
| Uso Civile | Si/No | 1 |
| Uso Industriale | Si/No | 1 |
| Uso Agricolo | Si/No | 1 |
| Uso Commerciale | Si/No | 1 |
| Uso “altro” | Si/No | 1 |
| Portata Annuale (l/s) 1997 | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Data Prova Riempimento | Data/ora | 8 |
| Tempo Riempimento Secchio 15 L | Numero (Intero) | 2 |
| Tipo Riempimento | Testo | 25 |
| Costanza di getto Ultimo Anno | Si/No | 1 |
| Periodi di secca | Si/No | 1 |
| Quali Periodi di Secca | Testo | 50 |
| Periodo di Utilizzazione (mesi/anno) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Ditta Esecutrice Perforazione | Testo | 100 |
| Anno di Scavo | Numero (Intero) | 2 |
| Perforazione per Trivellazione | Si/No | 1 |
| Perforazione con Martinetto Meccanico | Si/No | 1 |
| Perforazione a Mano | Si/No | 1 |
| Perforazione “altro” | Si/No | 1 |
| Profondità del Pozzo dal Piano di Campagna (m) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Diametro del Pozzo (pollici) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Diametro del Boccapozzo (pollici) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Altezza del Boccapozzo dal Piano di Campagna (cm) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Boccapozzo Interrato | Si/No | 1 |
| Numero Falde Pescaggio | Numero (Byte) | 1 |
| Grandezza dei Fori/Fessure Filtraggio (mm) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Lunghezza Parte Filtrante (m) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Inizio Profondità di Pesca dal Piano di Campagna (m) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Fine Profondità di Pesca dal Piano di Campagna (m) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Falda Zampillante | Si/No | 1 |
| Altezza Acqua 1 dal Piano di Campagna (Zampillante) (cm) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Altezza Acqua 2 dal Piano di Campagna (Zampillante) (cm) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Altezza Acqua 3 dal Piano di Campagna (Zampillante) (cm) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Data Misurazione 1 Altezza Acqua dal Piano di Campagna | Data/ora | 8 |
| Data Misurazione 2 Altezza Acqua dal Piano di Campagna | Data/ora | 8 |
| Data Misurazione 3 Altezza Acqua dal Piano di Campagna | Data/ora | 8 |
| Data Misurazione Pressione | Data/ora | 8 |
| Pressione dell’Acqua (Atm) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Falda Non Zampillante | Si/No | 1 |
| Profondità Acqua 1 dal Piano di Campagna (Non Zampillante) (m) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Profondità Acqua 2 dal Piano di Campagna (Non Zampillante) (m) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Profondità Acqua 3 dal Piano di Campagna (Non Zampillante) (m) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Data Misurazione 1 Profondità Acqua dal Piano di Campagna | Testo | 40 |
| Data Misurazione 2 Profondità Acqua dal Piano di Campagna | Testo | 40 |
| Data Misurazione 3 Profondità Acqua dal Piano di Campagna | Testo | 40 |
| Presenza Pompa | Si/No | 1 |
| Tipo di Pompa | Testo | 255 |
| Ore di Utilizzo al Giorno | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Prova di Portata | Si/No | 1 |
| Portata (l/s) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Data Prova di Portata | Data/ora | 8 |
| Esistenza Stratigrafia | Si/No | 1 |
| Note | Memo | - |
| MAPINFO_ID | Numero (Lungo) | 4 |

dell’APF immediatamente a monte della linea della risorgive e la piana di Gemona-Osoppo-Artegnà a N di Udine.

La rete è stata successivamente ampliata al resto della Pianura Friulana e all’alta valle dei Fiumi Tagliamento e Natisone, sia ponendo sotto controllo ulteriori pozzi esistenti nelle zone di indagine, sia procedendo ad apposite perforazioni. Nel 1981,

la rete di rilevamento regionale era costituita da 231 pozzi, ai quali si devono aggiungere 37 pozzi appositamente realizzati dal Servizio Idraulica della Direzione Regionale LLPP. Complessivamente, nel 1981, i pozzi sotto osservazione raggiungevano pertanto la ragguardevole cifra di 268 per il territorio regionale; solo una modesta frazione di tali pozzi, tuttavia, risultava essere ubicata nella BPF,

come si evince dalla figura 19.

Alle osservazioni provvedevano, nella maggior parte dei casi, Enti pubblici (Consorzi di bonifica, Consorzi acquedottistici, Aziende municipalizzate) e, per un numero meno rilevante di pozzi, osservatori privati. La cadenza di rilevamento era variabile da 3 a 15 giorni.

Negli anni successivi, alcuni punti di misura sono stati sostituiti ed altri sono stati dismessi. Nel 1991, su tutto il territorio regionale, sono stati monitorati 216 pozzi.

I dati relativi alla piezometria sono stati pubblicati sia sotto forma di compendi relativi al primo ventennio (1967-86) e al primo trentennio (1967-99) di attività della rete, sia con cadenza annuale relativamente agli anni 1985-87-88-89-90-91, a cura della Direzione Regionale dei LLPP, Servizio dell’Idraulica, come allegato “3” (caratteristiche idrologiche delle acque sotterranee) del Piano generale per il risanamento delle acque (art.8, Legge 10.5.1976, n.319; DPGR 23.8.82, n.384).

A partire dal 1974, sulla base dell’art.4 della LR n.16 del 27/05/1970, la Regione ha anche organiz-

zato una rete di monitoraggio della qualità dei corpi idrici regionali superficiali (corsi d’acqua naturali, canali di bonifica, idrovore, affluenti/effluenti di depuratori, acque marittimo-costiere e lagunari) e profondi (acque sotterranee). Negli anni 80-90, le acque venivano analizzate, mediamente 4-5 volte all’anno, in corrispondenza di circa 350 punti del territorio regionale; sui campioni prelevati, venivano misurate in laboratorio diverse decine di parametri fisici, chimici e biologici.

In particolare, i 121 punti di prelievo dei campioni d’acqua di falda, esistenti sul territorio regionale al 1979, sono riportati nella figura 20; come si può osservare, tali punti erano all’epoca per la maggior parte ubicati nell’APF, in quanto nella BPF il campionamento interessava quasi esclusivamente acque superficiali.

I dati sono stati pubblicati, relativamente agli anni 1982-83-85-86-92, a cura della Direzione Regionale dei LLPP, Servizio dell’Idraulica, come allegato “5” (caratteristiche chimico-fisiche e biologiche dei corpi idrici superficiali e profondi della Regione) del Piano generale per il risanamento

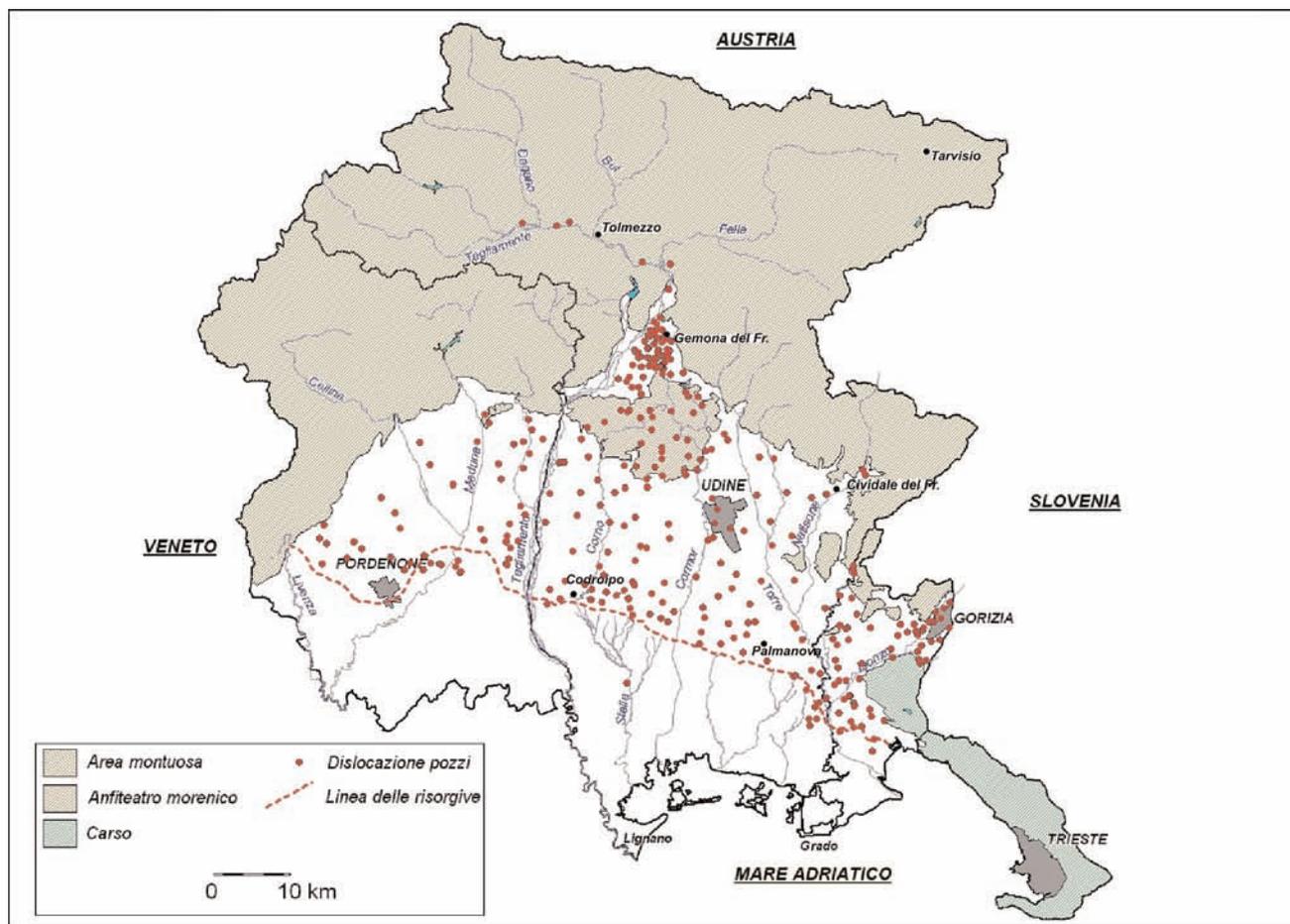


Fig. 19 - Rete piezometrica regionale: ubicazione dei pozzi per la misura dei livelli di falda, riferita al 1981.
 - Regional piezometric network: location of the monitoring wells referred to the year 1981.

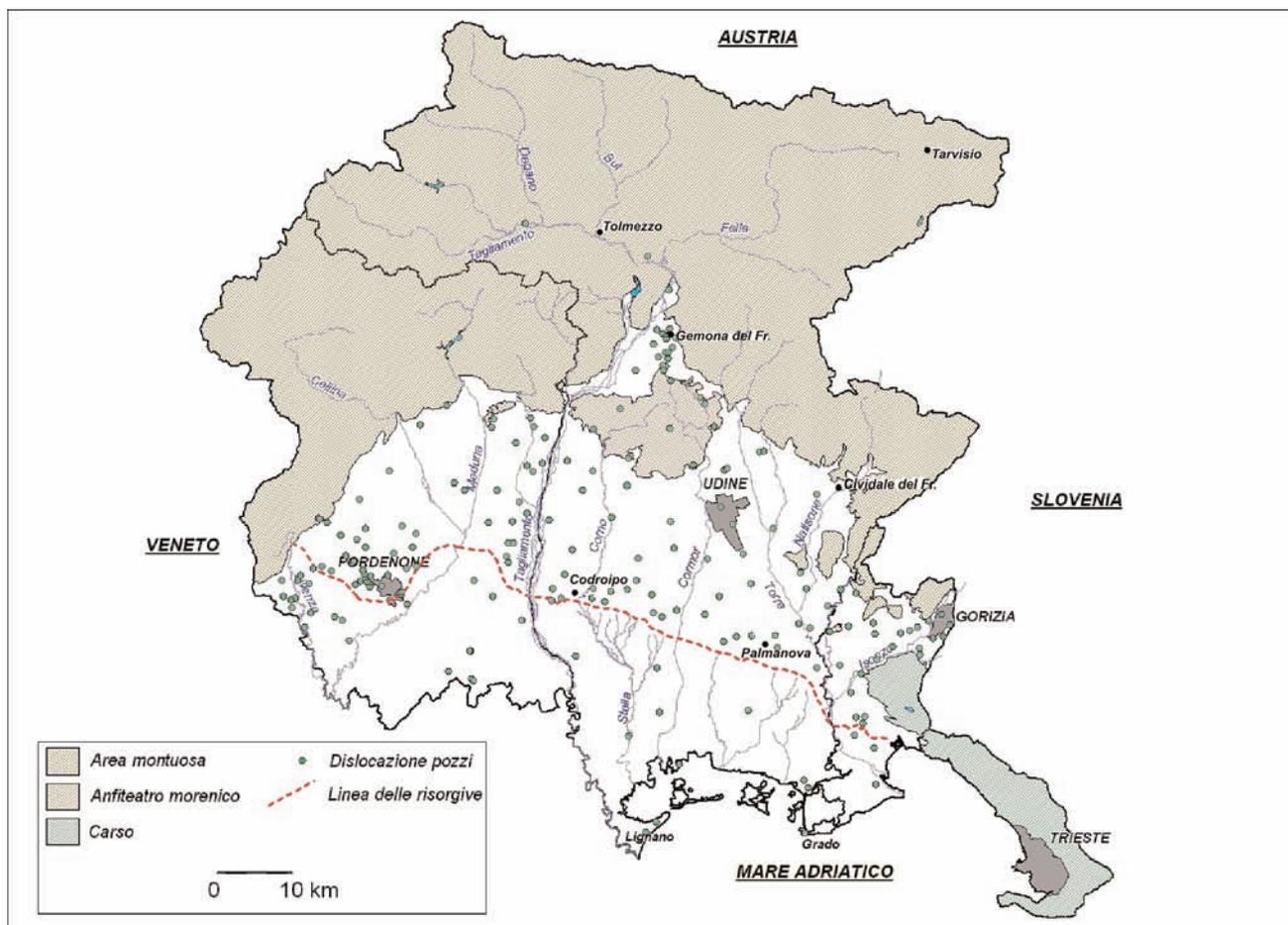


Fig. 20 - Rete regionale di rilevamento della qualità dell'acqua: ubicazione dei pozzi per la determinazione delle caratteristiche chimico-fisiche e biologiche delle acque sotterranee, riferita al 1979.

—Water quality regional monitoring network: location of the wells used for chemical-physical and biological characterization of groundwaters, referred to the year 1979.

delle acque (art.8, Legge 10.5.1976, n.319; DPGR 23.8.82, n.384).

Una ulteriore rete di controllo dell'inquinamento delle acque di falda dell'APF è stata istituita nel 1991 dalla Provincia di Udine; i nodi di tale rete erano costituiti da pozzi appositamente terabrati a carico della Provincia stessa, in corrispondenza dei quali venivano effettuate sia misure in continuo, sia prelievi periodici per specifiche analisi di laboratorio. Dopo una prima fase di misure conclusasi nell'estate del 1992, la rete è rimasta inattiva per circa un anno. A partire dal mese di settembre del 1993, la rete è stata riattivata sotto la responsabilità del CRAD (Centro di Ricerca Applicata e Documentazione della Camera di Commercio, Industria, Artigianato ed Agricoltura di Udine). Le misure sono proseguite sino alla fine del 1996, quando il CRAD ha cessato l'attività.

Durante la gestione del CRAD, a partire dal mese di dicembre del 1993, sono stati pubblicati bollettini mensili, con la denominazione di *Bollettino della rete provinciale di rilevamento*

dell'inquinamento idrico sotterraneo fino al mese di aprile del 1996, e successivamente di *Bollettino della rete provinciale di rilevamento della qualità delle acque sotterranee* dal mese di maggio al mese di dicembre del 1996, e rapporti annuali con le stesse denominazioni.

La rete è stata realizzata con finalità conoscitiva e preventiva, anche in relazione alle competenze dell'Amministrazione Provinciale sul rilascio delle autorizzazioni allo smaltimento dei rifiuti.

La rete era articolata in 8 stazioni di misura e prelievo (fig. 21) ubicate in due zone caratterizzate da un'intensa attività agricola e dalla presenza di numerosi impianti per lo smaltimento dei rifiuti: 5 stazioni erano infatti collocate al limite tra APF e BPF (fascia delle risorgive), in corrispondenza dei Comuni principali a S della SS 255 "Napoleonica" (rete della Stradalta), mentre le rimanenti 3 stazioni erano situate in un'area al confine tra Prealpi Giulie e Pianura Friulana, lungo la strada provinciale che collega Cividale a Manzano (rete del Cividalese). Per analizzare in

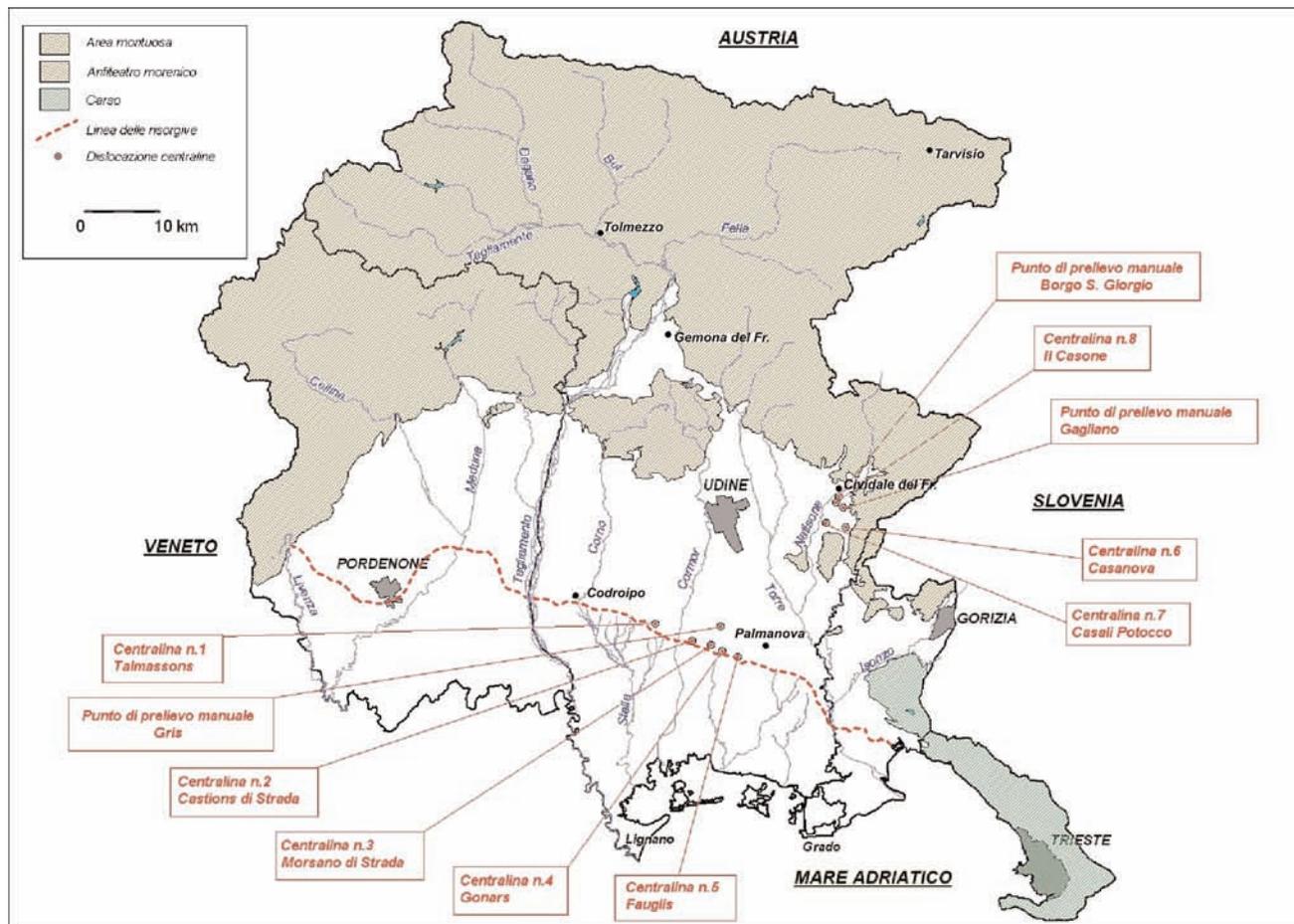


Fig. 21 - Ubicazione delle stazioni della rete di rilevamento istituita dalla Provincia di Udine.
 - Location of the Udine District monitoring network stations.

dettaglio i fenomeni di diffusione degli inquinanti e per identificare le possibili fonti di contaminazione, il CRAD ha ritenuto inoltre opportuno affiancare, alle stazioni della rete di rilevamento, tre punti di prelievo manuale dei campioni a monte delle due aree interessate: in località Gris del Comune di Bicinicco per la rete della Stradalta, nelle località Borgo S. Giorgio e Gagliano per la rete del Cividalese.

Ogni stazione della rete della Stradalta era provvista di due pozzi dotati di pompe sommerse, posizionate in ciascuno di essi a profondità diverse, in modo da effettuare il campionamento a differenti livelli. Le centraline della rete della Stradalta erano dotate di un campionatore automatico a depressione; l'acqua veniva stoccata in appositi contenitori e refrigerata a 4°C, in modo da risultare utilizzabile per esami batteriologici. Erano inoltre presenti sonde in pozzo per la misura in continuo dei seguenti parametri: livello piezometrico, temperatura, conduttività, potenziale Redox (in 2 stazioni), concentrazione ioni idrogeno, ossigeno disciolto (in 3 stazioni).

Ciascuna delle tre stazioni della rete del Cividalese era caratterizzata dalla presenza di un unico pozzo, all'interno del quale venivano misurati i parametri sopra elencati con riferimento alla rete della Stradalta, anche con l'ausilio di analizzatori in centralina e sonde calate in pozzo.

7. - ACQUISIZIONE DELLA DOCUMENTAZIONE DI INTERESSE ED INFORMATIZZAZIONE DEI DATI

Il presente progetto di studio ha preso avvio, secondo quanto previsto, da una fase preliminare di verifica, valutazione ed acquisizione della documentazione di interesse ai fini della realizzazione del progetto stesso. Di conseguenza, a completamento di attività già intraprese dal Dipartimento di Georisorse e Territorio, si è provveduto al censimento, alla raccolta, all'archiviazione, alla omogeneizzazione e all'analisi di tutte le notizie di carattere tecnico ed idrogeologico inerenti i pozzi per acqua documentati sul territorio della BPF in Provincia di Udine.

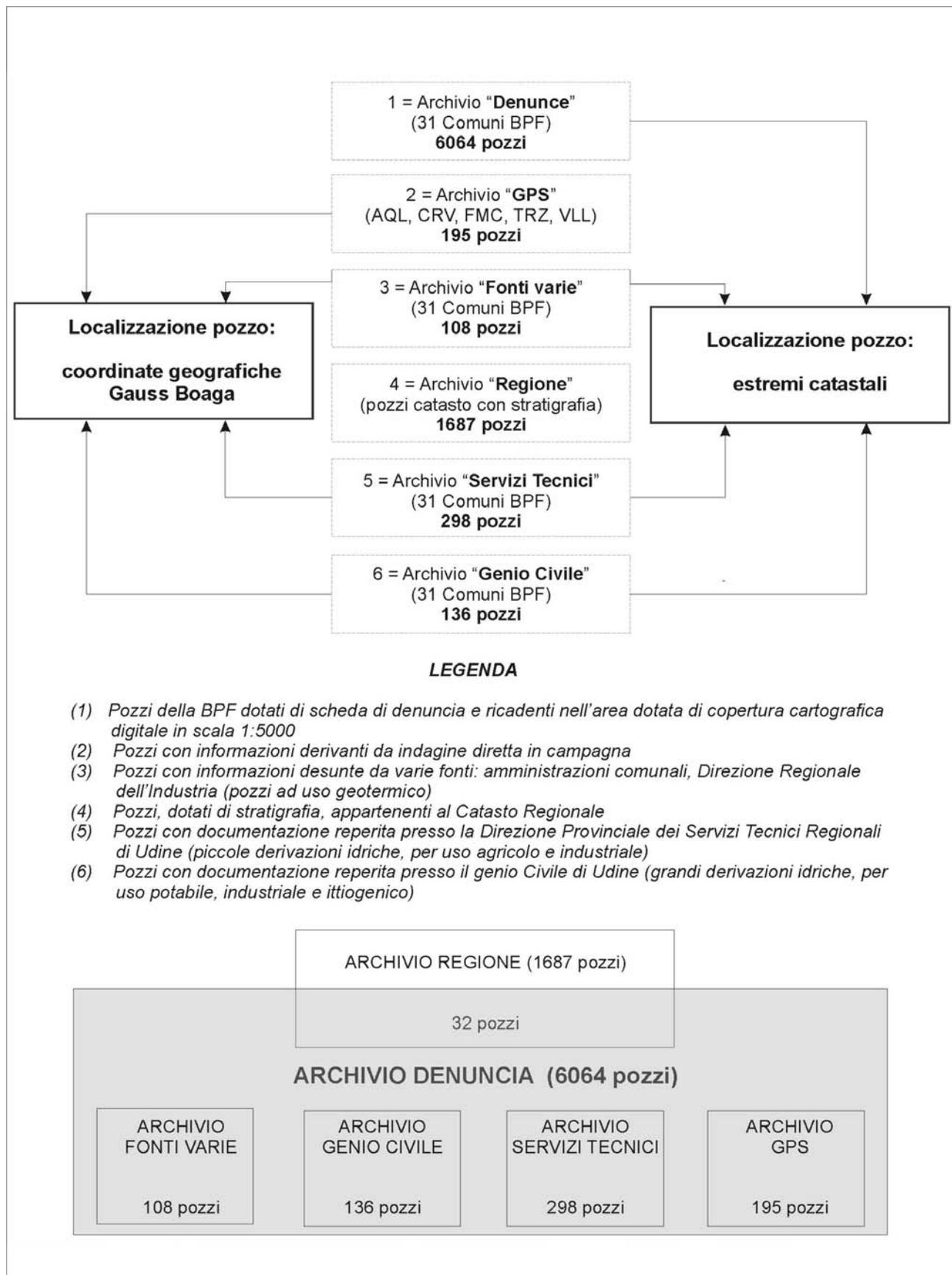


Fig. 22 - Struttura dei dati di partenza organizzati nel database "InfoGeo".
- "InfoGeo" database structure.

Nell'ambito della prima fase del processo di informatizzazione, i dati, contenuti nelle oltre 20.000 schede informative acquisite presso le fonti citate nel paragrafo 5, sono stati opportunamente organizzati in undici archivi intercollegabili costituenti parte integrante della banca-dati denominata *Infopozzi*. Tale applicazione permette di ordinare ed estrarre i dati utilizzando varie chiavi di accesso, consente un reciproco confronto tra gli archivi in modo da individuare uno stesso pozzo censito in archivi differenti e garantisce elaborazioni sui dati in base a diversi moduli di interrogazione.

La seconda fase del processo di informatizzazione è consistita nel collegare i dati relativi ai pozzi censiti con un sistema informativo territoriale (*GIS*). A tale scopo, utilizzando il *software Microsoft Access* in ambiente *Windows*, è stato creato un *database* denominato *InfoGeo* (fig. 22), all'interno del quale sono stati inseriti i pozzi idrici univocamente identificati mediante una coppia di coordinate planimetriche del Sistema Nazionale Gauss-Boaga e pertanto georeferenzabili sulla Cartografia Numerica Regionale in formato vettoriale alla scala 1:5.000. Le informazioni desumibili dai pozzi sono state organizzate in 6 tabelle relazionali separate, distinte in base alle

diverse fonti di acquisizione dei dati; gli attributi qualificativi di ciascun pozzo censito risultano essere sintetizzati in un *record* della corrispondente tabella di appartenenza.

I *files* numerici corrispondenti a ciascun elemento cartografico, preventivamente convertiti nel formato di interscambio grafico di *AutoCad 10*, sono stati importati in ambiente *MapInfo*, in quanto tale *software*, di semplice utilizzazione, è in grado di lavorare con mappe e archivi di dati creati sia direttamente al suo interno, sia realizzati con applicazioni esterne.

L'ubicazione puntuale dei pozzi sulla cartografia numerica ha quindi interessato i 6 insiemi relazionali del *database InfoGeo* (fig. 22), che sono stati importati a loro volta in ambiente *MapInfo* e sottoposti alla procedura di georeferenziazione del *software*. In tal modo, è stato possibile associare un simbolo grafico a ciascun *record* delle tabelle, rendendo possibile la visualizzazione dei pozzi su *layers* distinti ed indipendenti (uno per ciascuna tabella) in sovrapposizione alla CTRN 1:5.000 (GRANATI *et alii*, 1999).

Il risultato delle operazioni di georeferenziazione, che richiedono tempi lunghi d'esecuzione e che pertanto sono state progressivamente sviluppate nel corso degli ultimi anni, è stato condi-

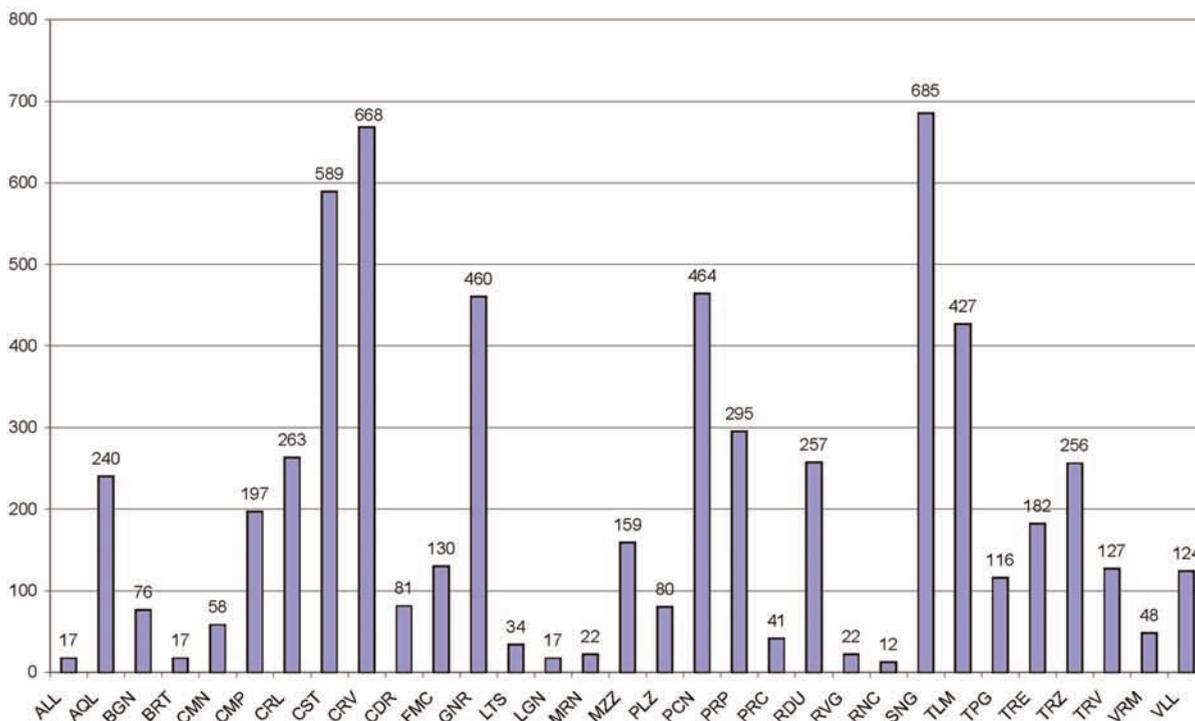


Fig. 23 - Distribuzione per Comune dei 6.064 pozzi ubicabili dell'archivio "Denuncia" (ALL: Aiello del Friuli; AQL: Aquileia; BGN: Bagnaria Arsa; BRT: Bertiole; CMN: Camino al Tagliamento; CMP: Campolongo al Torre; CRL: Carlino; CST: Castions di Strada; CRV: Cervignano del Friuli; CDR: Codroipo; FMC: 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).
 - Distribution, within each BPF municipality, of the 6.064 locatable water-wells coming from the "Denuncia" archive.

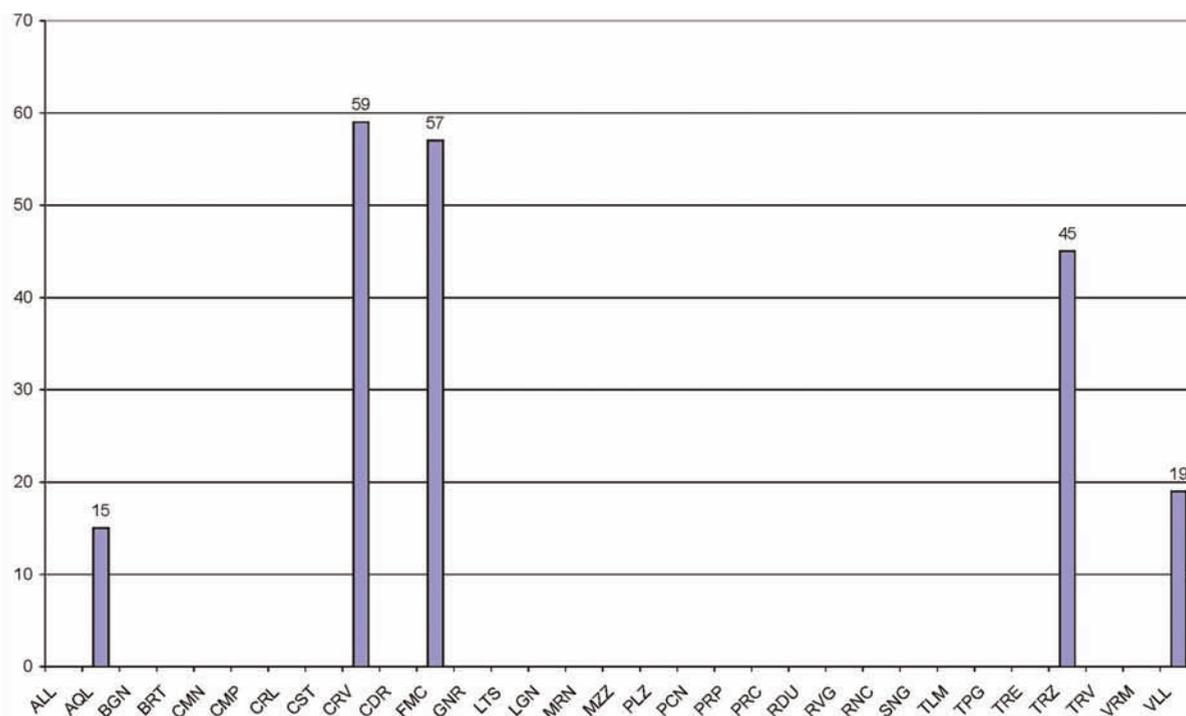


Fig. 24 - Distribuzione per Comune dei 195 pozzi ubicabili dell'archivio "GPS" (ALL: Aiello del Friuli; AQL: Aquileia; BGN: Bagnaria Arsa; BRT: Bertiolo; CMN: Camino al Tagliamento; CMP: Campolongo al Torre; CRL: Carlino; CST: Castions di Strada; CRV: Cervignano del Friuli; CDR: Codroipo; FMC: Fiumicello; 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).
 - Distribution, within each BPF municipality, of the 195 locatable water-wells coming from the "GPS" archive.

zionato dalla disponibilità d'uso della cartografia numerica vettoriale alla scala 1:5.000, inizialmente prodotta dalla Regione Friuli-Venezia Giulia solo per la fascia più meridionale della BPF; solo il completamento della copertura cartografica digitale realizzato successivamente al 1998 ha consentito di estendere la georeferenziazione ai Comuni di Codroipo, Camino al Tagliamento, Bertiolo, Rivignano, Talmassons, Gonars ed Aiello del Friuli, e di ultimare quella dei Comuni di Varmo, Pocenia, Castions di Strada, Porpetto, Bagnaria Arsa e Cervignano del Friuli.

Le operazioni di georeferenziazione, inoltre, si sono distinte in base alle diverse modalità di espressione dei dati originari di localizzazione dei pozzi; a seconda della fonte di acquisizione, infatti, l'ubicazione dei pozzi è risultata essere identificata o mediante i dati catastali di riferimento della particella di appartenenza, oppure mediante le esplicite coordinate geografiche in proiezione Gauss-Boaga. Solo quest'ultima modalità di ubicazione è risultata direttamente compatibile con il trattamento informatico dei dati, mentre la prima ha richiesto il preventivo passaggio dalla base cartacea catastale al supporto cartografico digitale mediante riconoscimento della particella catastale sulla Carta Numerica

Regionale alla scala 1:5.000, localizzazione del pozzo approssimativamente al centro della particella e attribuzione al pozzo stesso della corrispondente coppia di coordinate geografiche (GRANATI *et alii*, 1999).

Di seguito, si riporta una descrizione delle fonti e della struttura delle tabelle del *database* Infogeo (fig. 22) relative ai pozzi georeferenziazibili:

Archivio Denunce: comprende 6.064 denunce di pozzi esistenti nella BPF in Provincia di Udine (in applicazione dell'art. 10 del DL 275/1993), acquisite presso l'Ufficio Ecologia della Provincia di Udine e aggiornate al 2001 (fig. 23).

Archivio GPS: è costituito da 195 schede di pozzi della BPF (fig. 24) contenenti dati rilevati direttamente in situ; in particolare, per ogni pozzo, compaiono il risultato di una misura elementare di portata e la georeferenziazione eseguita con l'ausilio di uno strumento GPS. Non è stato possibile estendere le attività di georeferenziazione e misura alla maggior parte dei pozzi denunciati, a causa della diffidenza e della mancata disponibilità dei relativi proprietari.

Archivio Fonti Varie: contiene 108 schede di pozzi della BPF (fig. 25) reperite presso gli Uffici Tecnici Comunali e presso la Direzione Regionale dell'Industria (domande di concessione per lo sfruttamento geotermico delle acque calde

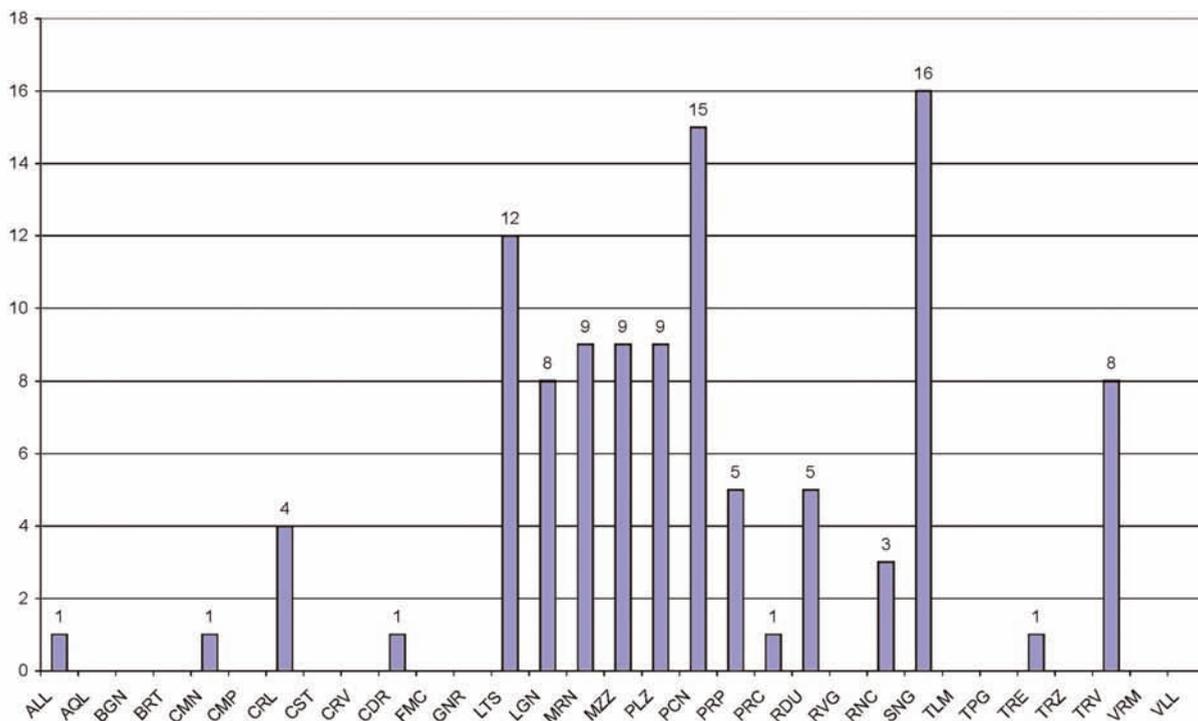


Fig. 25 - Distribuzione per Comune dei 108 pozzi ubicabili dell'archivio "Fonti varie" (ALL: Aiello del Friuli; AQL: Aquileia; BGN: Bagnaria Arsa; BRT: Bertoliolo; CMN: Camino al Tagliamento; CMP: Campolongo al Torre; CRL: Carlino; CST: Castions di Strada; CRV: Cervignano del Friuli; CDR: Codroipo; FMC: 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).
 - Distribution, within each BPF municipality, of the 108 locatable water-wells coming from the "Fonti varie" archive.

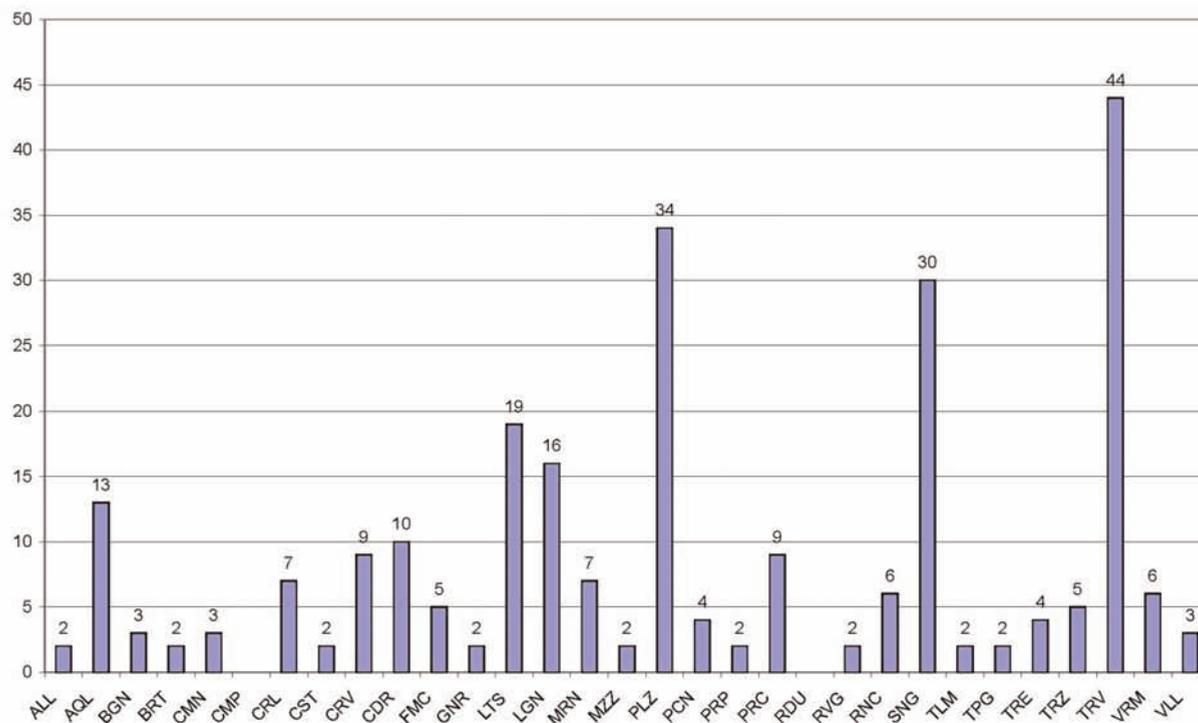


Fig. 26 - Distribuzione per Comune dei 255 pozzi ubicabili dell'archivio "Regione" (ALL: Aiello del Friuli; AQL: Aquileia; BGN: Bagnaria Arsa; BRT: Bertoliolo; CMN: Camino al Tagliamento; CMP: Campolongo al Torre; CRL: Carlino; CST: Castions di Strada; CRV: Cervignano del Friuli; CDR: Codroipo; FMC: 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).
 - Distribution, within each BPF municipality, of the 225 locatable water-wells coming from the "Regione" archive.

profonde).

Archivio Regione: comprende 1.687 schede di pozzi, provvisti di stratigrafia, figuranti nel Catasto Regionale dei Pozzi (REGIONE AUTONOMA FRIULI-VENEZIA GIULIA, 1990a, 1990b) e reperite presso la Direzione Regionale dell'Ambiente. Tali schede riguardano pozzi distribuiti sull'intero territorio regionale; di queste, 255 si riferiscono a pozzi ubicati nei 31 Comuni della BPF qui presi in considerazione (fig. 26).

Archivio Servizi Tecnici: è costituito da 298 schede di pozzi della BPF, reperite presso la Direzione Provinciale dei Servizi Tecnici Regionali di Udine, che riguardano piccole derivazioni idriche per uso agricolo ed industriale (fig. 27).

Archivio Genio Civile: contiene 136 schede di pozzi della BPF, reperite presso il Genio Civile di Udine, inerenti grandi derivazioni idriche per uso potabile, industriale ed ittiogenico (fig. 28).

Tutti i pozzi degli archivi GPS, Fonti Varie, Genio Civile e Servizi Tecnici sono di fatto contenuti anche nell'archivio Denunce, in quanto contemporaneamente denunciati come pozzi esistenti. Per i pozzi dell'archivio Regione, il raffronto con l'archivio Denunce non è immediato a motivo di inesattezze, lacune o variazioni (di proprietà o denominazione) nei dati dei pozzi censi-

ti; per tale motivo, solo un limitato numero di pozzi dell'archivio Regione è stato riconosciuto con certezza anche nell'ambito delle denunce di esistenza (fig. 22).

La struttura delle tabelle relazionali per le sei fonti sopra descritte presenta tre tipologie distinte sulla base dei dati a disposizione.

Il primo tipo di struttura è pertinente all'archivio Denunce, che sintetizza informazioni per lo più di carattere amministrativo, quali generalità ed indirizzo del dichiarante, titolo d'uso del pozzo, località ed estremi catastali di ubicazione, uso prevalente del pozzo, titolo giuridico di concessione al prelievo idrico.

La seconda tipologia riguarda i dati dell'archivio Regione, che si riferiscono sostanzialmente all'ubicazione, alla profondità del pozzo e all'attendibilità della stratigrafia.

Il terzo tipo di struttura caratterizza i restanti archivi GPS, Fonti Varie, Servizi Tecnici e Genio Civile, che contengono, oltre alle informazioni inerenti la proprietà e l'ubicazione del pozzo, anche dati di interesse idrogeologico quali prevalenza e/o soggiacenza della falda rispetto al piano campagna, portata annuale e sua variabilità, caratteristiche tecniche del pozzo.

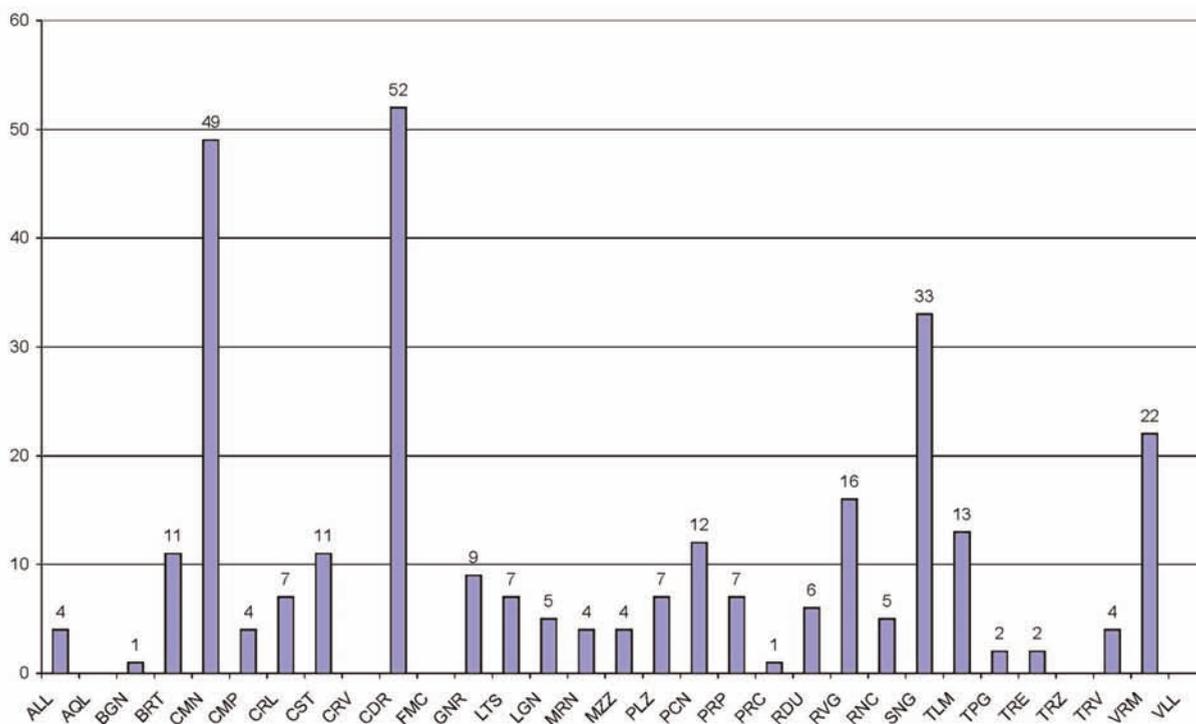


Fig. 27 - Distribuzione per Comune dei 298 pozzi ubicabili dell'archivio "Servizi Tecnici" (ALL: Aiello del Friuli; AQL: Aquileia; BGN: Bagnaria Arsa; BRT: Bertio; CMN: Camino al Tagliamento; CMP: Campolongo al Torre; CRL: Carlino; CST: Castions di Strada; CRV: Cervignano del Friuli; CDR: Codroipo; FMC: 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 Nogarò; TLM: Talmassons; TPG: Tapogliano; TRE: Teor; TRZ: Terzo d'Aquileia; TRV: Torviscosa; VRM: Varmo; VLL: Villa Vicentina).

- Distribution, within each BPF municipality, of the 298 locatable water-wells coming from the "Servizi Tecnici" archive.

275/93 e il conseguente atteggiamento di timore, diffidenza o gelosia manifestato da molti proprietari di pozzi; da tale complessa situazione è sino ad ora derivata la difficoltà principale nella creazione di un catasto completo dei pozzi della BPF.

È opportuno anche sottolineare come, in alcuni Comuni della BPF, l'opposizione della popolazione, che utilizza le acque sotterranee mediante pozzi al servizio di singole abitazioni, abbia sino ad oggi impedito la realizzazione di un sistema acquedottistico pubblico.

Il tipo di ubicazione adottato non consente il confronto dei 750 pozzi censiti con quelli, univoca-

mente identificati mediante coordinate geografiche puntuali Gauss-Boaga, presenti in altri archivi a disposizione per le finalità dello studio.

Entrambi gli archivi *Georisorse* e *Georisorse non ubicabili* sono costituiti da una tabella, di analoga struttura, in cui sono contenuti i dati ricavati dalle schede rispettivamente per i pozzi ubicabili e per i pozzi non ubicabili; per l'archivio *Georisorse*, inoltre, una terza tabella, collegata alla principale, riporta i dati necessari per l'ubicazione dei pozzi.

La struttura delle prime due tabelle è riportata di seguito nella tabella 3, mentre la struttura della terza tabella è riportata nella tabella 4.

TAB. 3 - *Struttura degli archivi "Georisorse" e "Georisorse non ubicabili"*.
– "Georisorse" and "Georisorse non ubicabili" archives structure.

| Nome | Tipo | Dimensione |
|------------------------------------------------------|------------------------------|------------|
| Identificatore_Georisorse | Numero (Lungo) | 4 |
| Data Censimento | Data/ora | 8 |
| Comune | Testo | 30 |
| Uso Civile | Si/No | 1 |
| Uso Industriale | Si/No | 1 |
| Uso Agricolo | Si/No | 1 |
| Uso Commerciale | Si/No | 1 |
| Uso "altro" | Si/No | 1 |
| Portata Annuale (l/s) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Costanza di Getto Ultimo Anno | Testo | 2 |
| Periodi di Secca | Testo | 2 |
| Quali Periodi di Secca | Testo | 20 |
| Periodo di Utilizzazione (mesi/anno) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Ditta Fsecutrice Perforazione | Testo | 50 |
| Anno di Scavo | Numero (Intero) | 2 |
| Perforazione per Trivellazione | Si/No | 1 |
| Perforazione con Martinetto Meccanico | Si/No | 1 |
| Perforazione a Mano | Si/No | 1 |
| Perforazione "altro" | Si/No | 1 |
| Profondità del Pozzo dal Piano Campagna (m) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Diametro del Pozzo (cm) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Altezza del Boccapozzo dal Piano Campagna (m) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Grandezza dei Fori (mm) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Falda Zampillante | Si/No | 1 |
| Inizio Profondità di Pesca dal Piano Campagna (m) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Fine Profondità di Pesca dal Piano Campagna (m) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Altezza Acqua dal Piano Campagna (Zampillante) (cm) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Data Misurazione Altezza Acqua dal Piano Campagna | Data/ora | 8 |
| Data Misurazione Pressione | Data/ora | 8 |
| Pressione dell'Acqua (Atm) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Falda Non Zampillante | Si/No | 1 |
| Profondità Acqua dal Piano Campagna (Non Zamp) (cm) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Data Misurazione Profondità Acqua dal Piano Campagna | Data/ora | 8 |
| Esistenza Studi | Testo | 50 |
| Disponibilità Monitoraggio Pozzo | Si/No | 1 |
| Numero Telefonico Monitoraggio | Testo | 12 |
| Tipo di Pompa | Testo | 30 |
| Ore di Utilizzo al Giorno | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Prova di Portata | Si/No | 1 |
| Portata della Pompa (l/s) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Data Prova di Portata | Data/ora | 8 |
| Esistenza Stratigrafia | Si/No | 1 |

TAB. 4 - *Struttura dell'archivio "Ubicazione Georisorse"*.
– "Ubicazione Georisorse" archive structure.

| Nome | Tipo | Dimensione |
|------------------------|------------------------------|------------|
| Numero Carta Tecnica | Testo | 6 |
| X sulla Carta | Numero (Lungo) | 4 |
| Y sulla Carta | Numero (Lungo) | 4 |
| Z Quota | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Numero Progressivo | Numero (Intero) | 2 |
| Sigla Comune | Testo | 3 |
| Numerazione Georisorse | Numero (Intero) | 2 |

5.3. - REGIONE FRIULI-VENEZIA GIULIA, DIREZIONE REGIONALE PER L'AMBIENTE

La Direzione Regionale per l'Ambiente del Friuli-Venezia Giulia dispone del più completo catasto dei pozzi dell'intero territorio della Regione.

L'ubicazione sulla carta tecnica regionale alla scala 1:10.000 dei pozzi censiti e le stratigrafie disponibili sono stati pubblicati in appositi volumi (REGIONE AUTONOMA FRIULI-VENEZIA GIULIA, 1990a, 1990b). Il Dipartimento di Georisorse e Territorio ha altresì acquisito le schede dalle quali sono stati tratti i dati pubblicati.

Nella tabella 5 è riportato il numero dei pozzi censiti e delle stratigrafie disponibili per ognuno dei 31 Comuni della BPF qui presi in considerazione.

Gli stessi dati sono visualizzati e posti a confronto, nell'ambito di ciascun Comune di appartenenza, nell'istogramma della figura 17.

Nel Catasto Regionale, i pozzi sono archiviati su base informatizzata nel formato illustrato dalla scheda monografica riportata in figura 18.

5.4. - PROVINCIA DI UDINE

L'Ufficio Ecologia della Provincia di Udine dispone di due archivi relativi alle terebrazioni per ricerca e sfruttamento delle risorse idriche sotterranee.

Un primo archivio contiene, per 20 dei 31 Comuni della BPF qui presi in considerazione, 8.268 pratiche in formato cartaceo relative alle *Fonti di approvvigionamento idrico autonomo*, raccolte (ai sensi dell'art.7 LR 319/76 e dell'art.10 LR 650/79) dalla Provincia di Udine con diverse modalità dal 1984 al 1985 e pertanto non omogenee.

Il predetto archivio è stato informatizzato dal Dipartimento di Georisorse e Territorio adottando la struttura riportata nella tabella 6.

Nelle schede originali, l'ubicazione dei pozzi è indicata mediante gli estremi catastali (Comune censuario, numero di foglio e particella catastale) e pertanto essa non è direttamente utilizzabile per georeferenziare i pozzi sulle carte tecniche.

Ove possibile, il Dipartimento di Georisorse e Territorio ha provveduto a trasformare i dati catastali in coordinate geografiche puntuali mediante sovrapposizione delle mappe catastali alla Carta Tecnica Regionale (GRANATI *et alii*, 1999).

La procedura di rilievo diretto in campagna mediante strumento GPS si è rivelata di difficile realizzazione, in quanto la maggior parte dei proprietari dei pozzi si è rifiutata di autorizzare l'accesso al relativo fondo di proprietà. Come già prima accennato, infatti, nella BPF è attivo un consistente movimento di opinione che si oppone al censimento dei pozzi idrici.

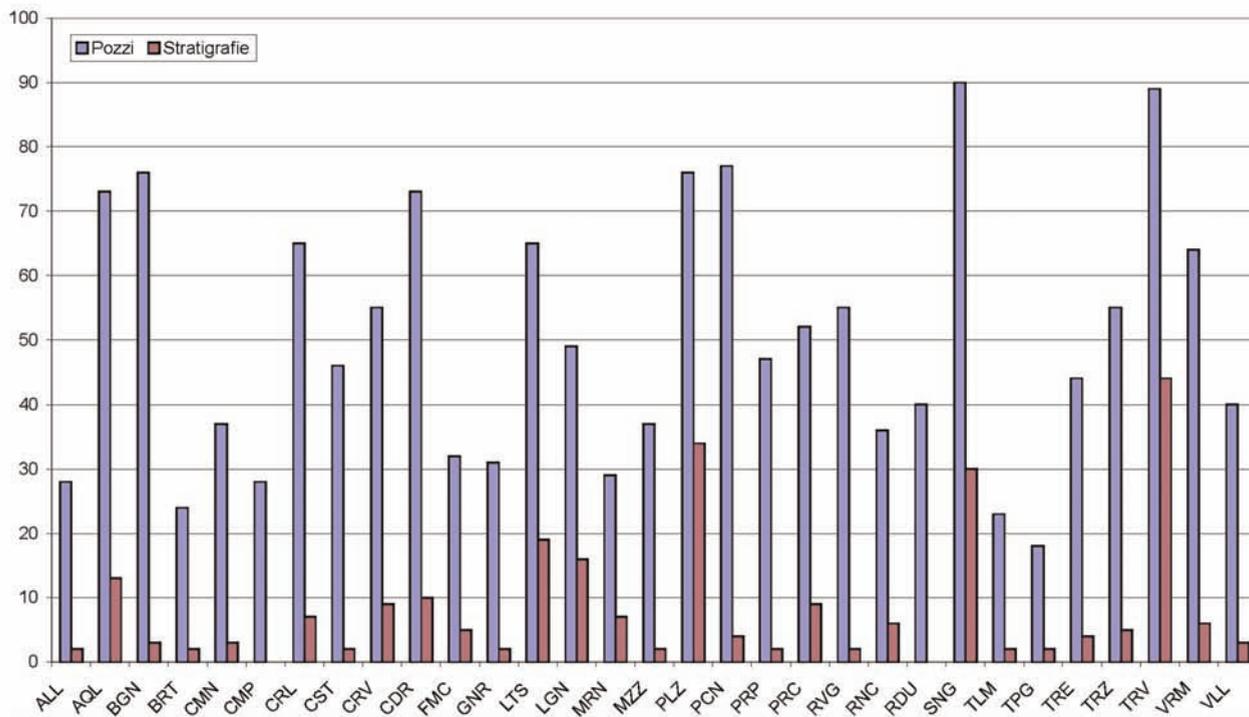


Fig. 17 - Pozzi censiti e stratigrafie disponibili nell'archivio del Catasto Regionale (ALL: Aiello del Friuli; AQL: Aquileia; BGN: Bagnaria Arsa; BRT: Bertiolo; CMN: Camino al Tagliamento; CMP: Campolongo al Torre; CRL: Carlino; CST: Castions di Strada; CRV: Cervignano del Friuli; CDR: Codroipo; FMC: 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).

- Collected water-wells and available stratigraphies in the Regional archive.

```

*****
* REGIONE AUTONOMA FRIULI-VENEZIA GIULIA
* DIREZIONE REGIONALE DELL'AMBIENTE
* CATASTO REGIONALE DEI POZZI
*****
* Codice comune..... 213 VILLA VICENTINA UD *
* Numero progressivo... 0017
*-----IDENTIFICAZIONE-----*
* Localita'..... CAPO DI SOPRA
* Indirizzo(via/piazza) GARIBALDI 61
*
* Staz.piezometrica...
* Staz.analisi acque...
*
* Tavola C.T.R. .... 088132 (1:5000)
* Tavoletta I.G.M. .... 40 II NE (1:25000)
* Coord. Gauss-Boaga... 2394487 5075744
* Quota piano campagna. 8.00 Stimato
* Arca sogg. tutela... S Si
*-----CARATTERISTICHE-----*
* Profondita' dal p.c. (152.00) 150.00
*
* Anno di esecuzione... 1982
* Perforatore..... Bulfoni Rivignano (UD)
* Note.....
*-----DATI IDROLOGICI-----*
* Tipo pozzo..... 1 Artesiano
* Prove di logs..... N No
* Prove cmungimento... S Si
* Piezometria..data... m. dal piano campagna...
* Piezometria..data... m. dal piano campagna...
* Piezometria..data... m. dal piano campagna...
*-----EQUIPAGGIAMENTO-----*
* Avanzopozzo..... N No
* Cabina sollevamento... N No
* Serbatoio..... S Si
* Tipo pompa..... 3 Elettropompa non sommersa
* Diam.boccapozzo (mm).
* Potenza (Kw).... 1
* Prevalenza (m)...
* Portata (l/s)...
*-----UTILIZZO-----*
* Utilizzo prevalente..
* Portata.....
* Attingimento..... C Continuo
* Ore/giorno.....
* Giorni/mese..... 30
* Mesi/anno..... 12
* Stato conservazione..
*-----TITOLARE-----*
* Ditta..... MUGLONI GIUSEPPE
* Indirizzo.....
* Situazione amministr. 1 Approvvigionamento idrico autonomo
* Codice pratica.....
*-----STRATIGRAFIA-----*
* Attendibilita'.....
* Fonte di reperimento
*****

```

Fig. 18 - Esempio di scheda dei pozzi archiviati nel Catasto Regionale. Le annotazioni a mano corrispondono a correzioni derivanti dall'incrocio dei dati ivi riportati con quelli contenuti in altri archivi disponibili. - Example of a Regional well-census paper. The manual notations are corrections made on the basis of the comparison between the reported data and the information coming from other available archives.

Un secondo archivio, sempre in formato cartaceo, è stato realizzato dalla Provincia di Udine a partire dal 1994 in applicazione dell'art. 10 del DL 275/1993, mediante la compilazione di una scheda di *Denuncia di pozzo esistente*. Tale scheda contiene solo informazioni rilevanti ai fini amministrativi (generalità ed indirizzo del dichiarante, titolo d'uso del pozzo; località di ubicazione, estremi catastali; uso prevalente del pozzo; titolo giuridico di concessione al prelievo idrico) e pertanto non di interesse per gli scopi della Convenzione.

Anche questo archivio, contenente allo stato attuale 15.037 denunce, è stato informatizzato dal Dipartimento di Georisorse e Territorio, con la struttura riportata nella tabella 7. In particolare, circa 12.800 denunce si riferiscono a pozzi localizzati nel territorio della BPF, mentre le rimanenti 2.200 denunce sono relative a fonti di approvvigionamento idrico autonomo esistenti nel resto della Provincia di Udine (APF, zona collinare e montuosa). Nonostante il numero dei pozzi denunciati sia elevato, non sembra che esso rappresenti la totalità dei pozzi esistenti (GRANATI *et alii*, 1999).

TAB. 5 - Pozzi censiti e stratigrafie disponibili nell'archivio del Catasto Regionale (da REGIONE AUTONOMA FRIULI-VENEZIA GIULIA, 1990a, 1990b).

- Collected wells and available stratigraphies coming from the Regional archive (from REGIONE AUTONOMA FRIULI-VENEZIA GIULIA, 1990a, 1990b).

| Comune | Sigla | N° pozzi | N° stratigrafie |
|------------------------|-------|--------------|-----------------|
| Aiello del Friuli | ALL | 28 | 2 |
| Aquileia | AQL | 73 | 13 |
| Bagnaria Arsa | BGN | 76 | 3 |
| Bertiole | BRT | 24 | 2 |
| Camino al Tagliamento | CMN | 37 | 3 |
| Campolongo al Torre | CMP | 28 | |
| Carlino | CRL | 65 | 7 |
| Castions di Strada | CST | 46 | 2 |
| Cervignano del Friuli | CRV | 55 | 9 |
| Codroipo | CDR | 73 | 10 |
| Fiumicello | FMC | 32 | 5 |
| Gonars | GNR | 31 | 2 |
| Latisana | LTS | 65 | 19 |
| Lignano Sabbiadoro | LGN | 49 | 16 |
| Marano Lagunare | MRN | 29 | 7 |
| Muzzana del Turgnano | MZZ | 37 | 2 |
| Palazzolo dello Stella | PLZ | 76 | 34 |
| Pocenia | PCN | 77 | 4 |
| Porpetto | PRP | 47 | 2 |
| Precenicco | PRC | 52 | 9 |
| Rivignano | RVG | 55 | 2 |
| Ronchis | RNC | 36 | 6 |
| Ruda | RDU | 40 | |
| San Giorgio di Nogaro | SNG | 90 | 30 |
| Talmassons | TLM | 23 | 2 |
| Tapogliano | TPG | 18 | 2 |
| Teor | TRE | 44 | 4 |
| Terzo d'Aquileia | TRZ | 55 | 5 |
| Torviscosa | TRV | 89 | 44 |
| Varmo | VRM | 64 | 6 |
| Villa Vicentina | VLL | 40 | 3 |
| Totali | | 1.554 | 255 |

TAB. 6 - *Struttura dell'archivio provinciale delle fonti di approvvigionamento idrico autonomo.*
- Udine district water-wells archive structure.

| Nome | Tipo | Dimensione |
|-------------------------------------------|------------------------------|------------|
| Identificatore Provincia | Numero (Lungo) | 4 |
| Località del Pozzo | Testo | 20 |
| Data Censimento | Data/ora | 8 |
| Numero Particella Catastale | Testo | 8 |
| Numero Foglio Catastale | Testo | 8 |
| Nome Proprietario | Testo | 20 |
| Cognome Proprietario (Ditta) | Testo | 40 |
| Indirizzo Proprietario | Testo | 50 |
| Comune Residenza Proprietario | Testo | 30 |
| Provincia (Stato) Residenza Proprietario | Testo | 30 |
| Profondità del Pozzo (m) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Esistenza Pompa | Testo | 2 |
| Esistenza Serbatoio di Accumulo | Testo | 2 |
| Capacità Serbatoio (mc) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Prevalenza (m) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Portata (l/s) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Uso Civile | Si/No | 1 |
| Uso Industriale | Si/No | 1 |
| Uso Agricolo | Si/No | 1 |
| Uso Zootecnico | Si/No | 1 |
| Mesi di Prelievo | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Frequenza del Prelievo (ore/giorno) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Frequenza del Prelievo (giorni/settimana) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Frequenza del Prelievo (giorni/anno) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Consumo Totale (mc/anno) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Esistenza Stratigrafia | Si/No | 1 |
| Numerazione Chimico-Fisiche | Numero (Intero) | 2 |

5.5. - ALTRI ENTI: GENIO CIVILE DI UDINE, DIREZIONE PROVINCIALE DEI SERVIZI TECNICI DI UDINE

I dati raccolti presso l'archivio del Genio Civile di Udine riguardano 136 pratiche di concessione all'esercizio di grandi derivazioni idriche per uso potabile, industriale ed ittiogenico relative a pozzi ubicati in 11 Comuni della BPF.

Le derivazioni ad uso potabile sono concentrate nei Comuni di Gonars (località Fauglis) e Camino al Tagliamento (località Biauzzo) e riguardano i pozzi gestiti dal Consorzio dell'Acquedotto del Friuli Centrale; le derivazioni ad uso industriale sono presenti nel Comune di Torviscosa per quanto riguarda l'industria chimica (Caffaro S.p.a.) e nel Comune di Cervignano del Friuli per l'industria tessile (Marcegaglia S.p.a.); le derivazioni ad uso ittiogenico riguardano, oltre che il Comune di Cervignano del Friuli, anche i Comuni di Codroipo, Varmo, Rivignano, Pocenja e Talmassons.

I dati acquisiti sono stati desunti dalle relazioni idrogeologico-tecniche allegate alle domande di concessione, che descrivono con buon dettaglio le caratteristiche delle prese d'acqua; per garantire la possibilità di confronto con i dati degli archivi precedentemente descritti, le informazioni raccolte sono state riportate su una scheda cartacea analoga a quella predisposta per il censimento condotto dal Dipartimento di Georisorse e Territorio.

I dati raccolti presso gli archivi della Direzione Provinciale dei Servizi Tecnici di Udine provengono da 213 domande di piccole derivazioni ad uso agrico-

lo ed industriale.

Analogamente a quanto esposto in relazione all'archivio del Genio Civile, le informazioni idrogeologico-tecniche, desunte dalla documentazione cartacea allegata alle domande di concessione, sono state inserite nella scheda di base utilizzata per il censimento volontario del 1994.

Tutti i dati acquisiti dal Genio Civile e dalla Direzione Provinciale dei Servizi Tecnici di Udine sono stati registrati dal Dipartimento di Georisorse e Territorio all'interno di due appositi archivi informatici, la cui struttura è descritta nella tabella 8.

6 - PUNTI DI RILEVAMENTO PER LE MISURE DI LIVELLO DELLE FALDE

In attuazione delle leggi nazionali e regionali operanti in materia di tutela delle acque dall'inquinamento e di razionale utilizzo delle risorse idriche (REGIONE AUTONOMA FRIULI-VENEZIA GIULIA, 1982), è stata istituita, a partire dall'anno 1967, una rete di rilevamento dei livelli piezometrici delle falde acquifere regionali, ponendo inizialmente sotto sistematica osservazione i livelli di falda in circa 60 pozzi ubicati prevalentemente in due distinte zone del territorio friulano: la fascia

TAB. 7 - *Struttura dell'archivio provinciale di "Denuncia di pozzo esistente" (art.10 del DL. 275/93).*
- Structure of Udine district "Denuncia di pozzo esistente" archive.

| Nome | Tipo | Dimensione |
|-----------------------------|----------------------------|------------|
| Identificatore Denuncia | Numero (Precisione doppia) | 8 |
| Cognome o Ditta | Testo | 100 |
| Nome | Testo | 20 |
| Comune di nascita | Testo | 50 |
| Data di nascita | Data/ora | 8 |
| Comune Residenza | Testo | 30 |
| Frazione Residenza | Testo | 35 |
| Indirizzo | Testo | 80 |
| Cap | Testo | 5 |
| Provincia o Stato Residenza | Testo | 30 |
| Numero Telefono | Testo | 30 |
| Caratteristica | Numero (Byte) | 1 |
| Comune Ubicazione | Testo | 35 |
| Località Ubicazione | Testo | 65 |
| Indirizzo Ubicazione | Testo | 80 |
| Numero Particella Catastale | Testo | 80 |
| Numero Foglio Catastale | Testo | 25 |
| Uso Civile | Si/No | 1 |
| Uso Ind | Si/No | 1 |
| Uso Agricolo | Si/No | 1 |
| Uso Zootecnico | Si/No | 1 |
| Uso Domestico | Si/No | 1 |
| Uso Potabile | Si/No | 1 |
| Uso Irriguo | Si/No | 1 |
| Uso Industriale | Si/No | 1 |
| Uso Igenico-Assimilato | Si/No | 1 |
| Uso ittiogenico | Si/No | 1 |
| Uso Altro | Testo | 150 |
| Note Amministrative | Testo | 255 |
| Dati tecnici | Testo | 255 |
| Data Censimento | Data/ora | 8 |
| Coordinata X | Numero (Precisione doppia) | 8 |
| Coordinata Y | Numero (Precisione doppia) | 8 |

TAB. 8 - *Struttura degli archivi dei dati raccolti presso il Genio Civile e presso la Direzione dei Servizi Tecnici Provinciali di Udine.*
 – “Genio Civile” and “Servizi Tecnici” archives structure.

| Nome | Tipo | Dimensione |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------|------------|
| Identificatore | Numero (Intero) | 2 |
| Comune | Testo | 30 |
| X | Numero (Lungo) | 4 |
| Y | Numero (Lungo) | 4 |
| Uso Civile | Si/No | 1 |
| Uso Industriale | Si/No | 1 |
| Uso Agricolo | Si/No | 1 |
| Uso Commerciale | Si/No | 1 |
| Uso “altro” | Si/No | 1 |
| Portata Annuale (l/s) 1997 | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Data Prova Riempimento | Data/ora | 8 |
| Tempo Riempimento Secchio 15 L | Numero (Intero) | 2 |
| Tipo Riempimento | Testo | 25 |
| Costanza di getto Ultimo Anno | Si/No | 1 |
| Periodi di secca | Si/No | 1 |
| Quali Periodi di Secca | Testo | 50 |
| Periodo di Utilizzazione (mesi/anno) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Ditta Esecutrice Perforazione | Testo | 100 |
| Anno di Scavo | Numero (Intero) | 2 |
| Perforazione per Trivellazione | Si/No | 1 |
| Perforazione con Martinetto Meccanico | Si/No | 1 |
| Perforazione a Mano | Si/No | 1 |
| Perforazione “altro” | Si/No | 1 |
| Profondità del Pozzo dal Piano di Campagna (m) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Diametro del Pozzo (pollici) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Diametro del Boccapozzo (pollici) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Altezza del Boccapozzo dal Piano di Campagna (cm) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Boccapozzo Interrato | Si/No | 1 |
| Numero Falde Pescaggio | Numero (Byte) | 1 |
| Grandezza dei Fori/Fessure Filtraggio (mm) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Lunghezza Parte Filtrante (m) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Inizio Profondità di Pesca dal Piano di Campagna (m) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Fine Profondità di Pesca dal Piano di Campagna (m) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Falda Zampillante | Si/No | 1 |
| Altezza Acqua 1 dal Piano di Campagna (Zampillante) (cm) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Altezza Acqua 2 dal Piano di Campagna (Zampillante) (cm) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Altezza Acqua 3 dal Piano di Campagna (Zampillante) (cm) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Data Misurazione 1 Altezza Acqua dal Piano di Campagna | Data/ora | 8 |
| Data Misurazione 2 Altezza Acqua dal Piano di Campagna | Data/ora | 8 |
| Data Misurazione 3 Altezza Acqua dal Piano di Campagna | Data/ora | 8 |
| Data Misurazione Pressione | Data/ora | 8 |
| Pressione dell’Acqua (Atm) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Falda Non Zampillante | Si/No | 1 |
| Profondità Acqua 1 dal Piano di Campagna (Non Zampillante) (m) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Profondità Acqua 2 dal Piano di Campagna (Non Zampillante) (m) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Profondità Acqua 3 dal Piano di Campagna (Non Zampillante) (m) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Data Misurazione 1 Profondità Acqua dal Piano di Campagna | Testo | 40 |
| Data Misurazione 2 Profondità Acqua dal Piano di Campagna | Testo | 40 |
| Data Misurazione 3 Profondità Acqua dal Piano di Campagna | Testo | 40 |
| Presenza Pompa | Si/No | 1 |
| Tipo di Pompa | Testo | 255 |
| Ore di Utilizzo al Giorno | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Prova di Portata | Si/No | 1 |
| Portata (l/s) | Numero (Precisione semplice) | 4 |
| Data Prova di Portata | Data/ora | 8 |
| Esistenza Stratigrafia | Si/No | 1 |
| Note | Memo | - |
| MAPINFO_ID | Numero (Lungo) | 4 |

dell’APF immediatamente a monte della linea della risorgive e la piana di Gemona-Osoppo-Artegnà a N di Udine.

La rete è stata successivamente ampliata al resto della Pianura Friulana e all’alta valle dei Fiumi Tagliamento e Natisone, sia ponendo sotto controllo ulteriori pozzi esistenti nelle zone di indagine, sia procedendo ad apposite perforazioni. Nel 1981,

la rete di rilevamento regionale era costituita da 231 pozzi, ai quali si devono aggiungere 37 pozzi appositamente realizzati dal Servizio Idraulica della Direzione Regionale LLPP. Complessivamente, nel 1981, i pozzi sotto osservazione raggiungevano pertanto la ragguardevole cifra di 268 per il territorio regionale; solo una modesta frazione di tali pozzi, tuttavia, risultava essere ubicata nella BPF,

come si evince dalla figura 19.

Alle osservazioni provvedevano, nella maggior parte dei casi, Enti pubblici (Consorzi di bonifica, Consorzi acquedottistici, Aziende municipalizzate) e, per un numero meno rilevante di pozzi, osservatori privati. La cadenza di rilevamento era variabile da 3 a 15 giorni.

Negli anni successivi, alcuni punti di misura sono stati sostituiti ed altri sono stati dismessi. Nel 1991, su tutto il territorio regionale, sono stati monitorati 216 pozzi.

I dati relativi alla piezometria sono stati pubblicati sia sotto forma di compendi relativi al primo ventennio (1967-86) e al primo trentennio (1967-99) di attività della rete, sia con cadenza annuale relativamente agli anni 1985-87-88-89-90-91, a cura della Direzione Regionale dei LLPP, Servizio dell'Idraulica, come allegato "3" (caratteristiche idrologiche delle acque sotterranee) del Piano generale per il risanamento delle acque (art.8, Legge 10.5.1976, n.319; DPGR 23.8.82, n.384).

A partire dal 1974, sulla base dell'art.4 della LR n.16 del 27/05/1970, la Regione ha anche organiz-

zato una rete di monitoraggio della qualità dei corpi idrici regionali superficiali (corsi d'acqua naturali, canali di bonifica, idrovore, affluenti/effluenti di depuratori, acque marittimo-costiere e lagunari) e profondi (acque sotterranee). Negli anni 80-90, le acque venivano analizzate, mediamente 4-5 volte all'anno, in corrispondenza di circa 350 punti del territorio regionale; sui campioni prelevati, venivano misurate in laboratorio diverse decine di parametri fisici, chimici e biologici.

In particolare, i 121 punti di prelievo dei campioni d'acqua di falda, esistenti sul territorio regionale al 1979, sono riportati nella figura 20; come si può osservare, tali punti erano all'epoca per la maggior parte ubicati nell'APF, in quanto nella BPF il campionamento interessava quasi esclusivamente acque superficiali.

I dati sono stati pubblicati, relativamente agli anni 1982-83-85-86-92, a cura della Direzione Regionale dei LLPP, Servizio dell'Idraulica, come allegato "5" (caratteristiche chimico-fisiche e biologiche dei corpi idrici superficiali e profondi della Regione) del Piano generale per il risanamento

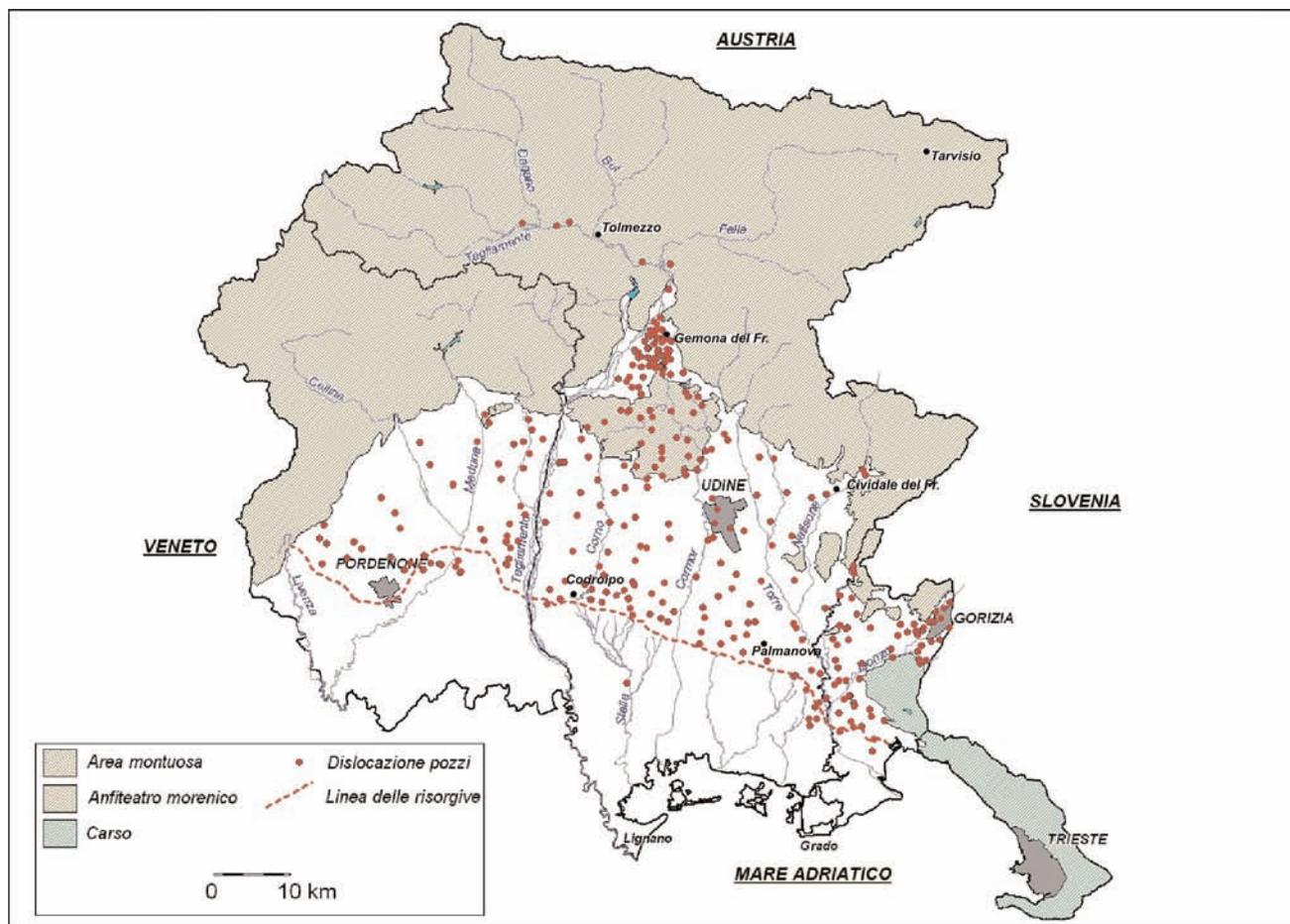


Fig. 19 - Rete piezometrica regionale: ubicazione dei pozzi per la misura dei livelli di falda, riferita al 1981.
 - Regional piezometric network: location of the monitoring wells referred to the year 1981.

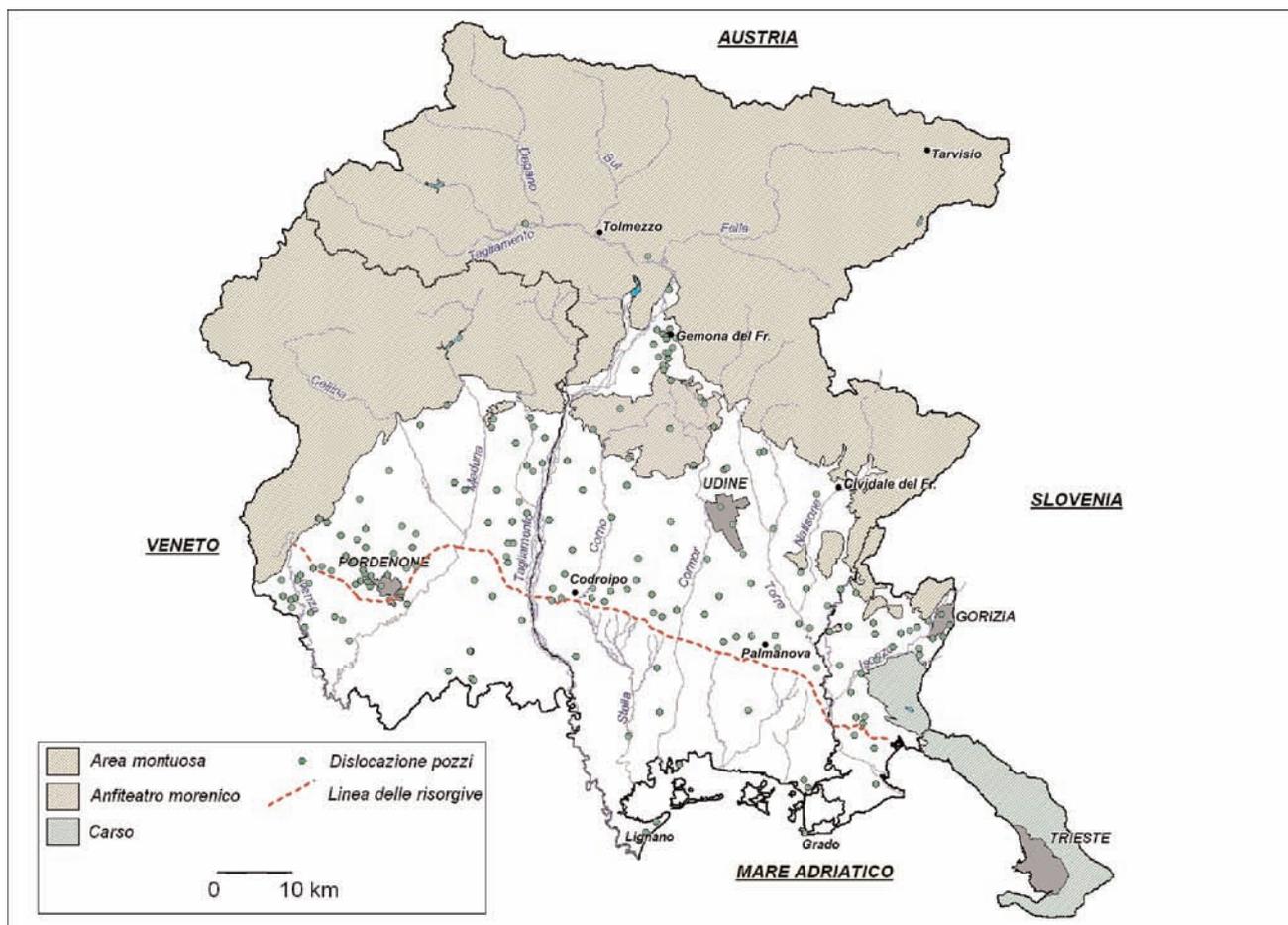


Fig. 20 - Rete regionale di rilevamento della qualità dell'acqua: ubicazione dei pozzi per la determinazione delle caratteristiche chimico-fisiche e biologiche delle acque sotterranee, riferita al 1979.

—Water quality regional monitoring network: location of the wells used for chemical-physical and biological characterization of groundwaters, referred to the year 1979.

delle acque (art.8, Legge 10.5.1976, n.319; DPGR 23.8.82, n.384).

Una ulteriore rete di controllo dell'inquinamento delle acque di falda dell'APF è stata istituita nel 1991 dalla Provincia di Udine; i nodi di tale rete erano costituiti da pozzi appositamente terabrati a carico della Provincia stessa, in corrispondenza dei quali venivano effettuate sia misure in continuo, sia prelievi periodici per specifiche analisi di laboratorio. Dopo una prima fase di misure conclusasi nell'estate del 1992, la rete è rimasta inattiva per circa un anno. A partire dal mese di settembre del 1993, la rete è stata riattivata sotto la responsabilità del CRAD (Centro di Ricerca Applicata e Documentazione della Camera di Commercio, Industria, Artigianato ed Agricoltura di Udine). Le misure sono proseguite sino alla fine del 1996, quando il CRAD ha cessato l'attività.

Durante la gestione del CRAD, a partire dal mese di dicembre del 1993, sono stati pubblicati bollettini mensili, con la denominazione di *Bollettino della rete provinciale di rilevamento*

dell'inquinamento idrico sotterraneo fino al mese di aprile del 1996, e successivamente di *Bollettino della rete provinciale di rilevamento della qualità delle acque sotterranee* dal mese di maggio al mese di dicembre del 1996, e rapporti annuali con le stesse denominazioni.

La rete è stata realizzata con finalità conoscitiva e preventiva, anche in relazione alle competenze dell'Amministrazione Provinciale sul rilascio delle autorizzazioni allo smaltimento dei rifiuti.

La rete era articolata in 8 stazioni di misura e prelievo (fig. 21) ubicate in due zone caratterizzate da un'intensa attività agricola e dalla presenza di numerosi impianti per lo smaltimento dei rifiuti: 5 stazioni erano infatti collocate al limite tra APF e BPF (fascia delle risorgive), in corrispondenza dei Comuni principali a S della SS 255 "Napoleonica" (rete della Stradalta), mentre le rimanenti 3 stazioni erano situate in un'area al confine tra Prealpi Giulie e Pianura Friulana, lungo la strada provinciale che collega Cividale a Manzano (rete del Cividalese). Per analizzare in

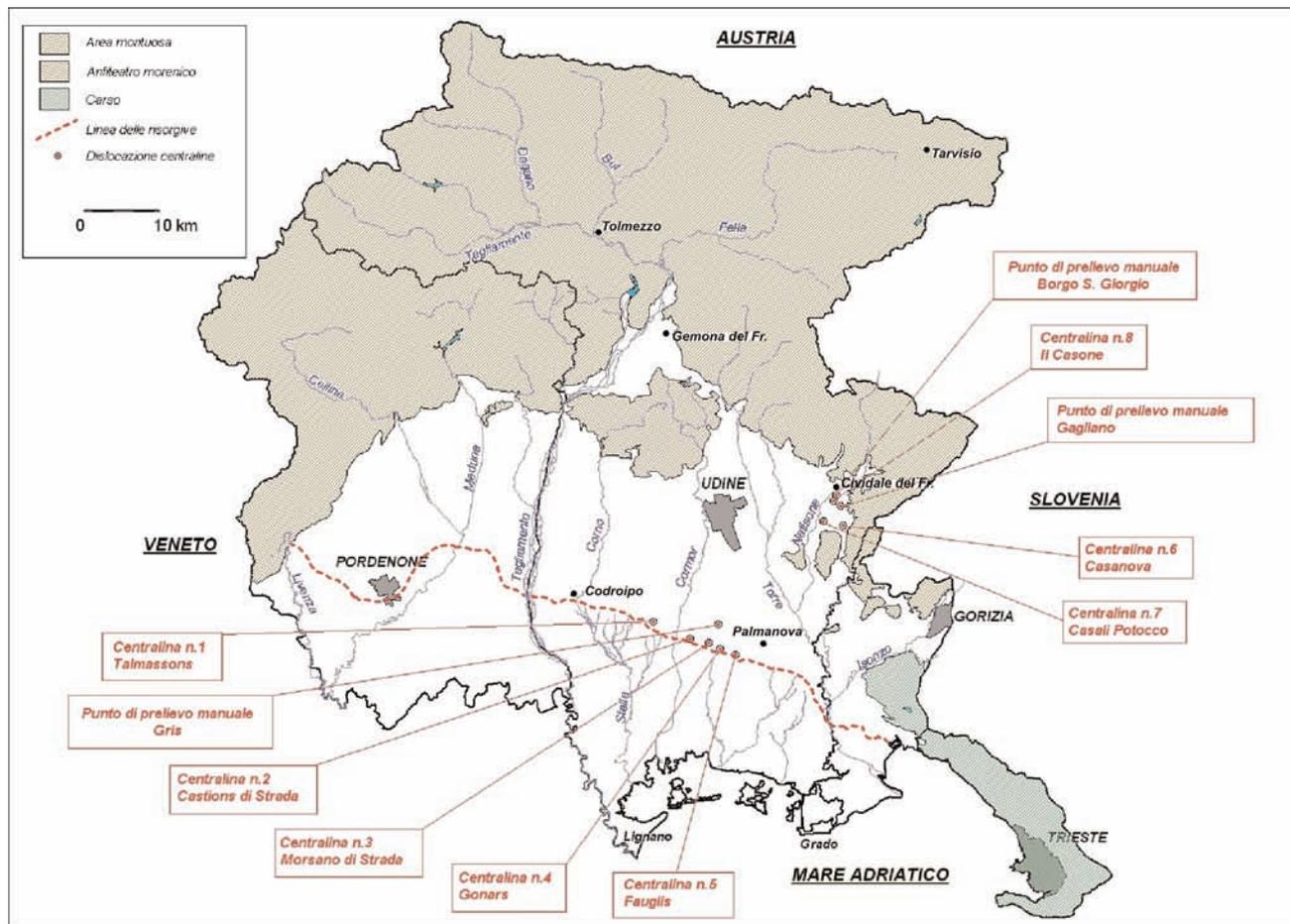


Fig. 21 - Ubicazione delle stazioni della rete di rilevamento istituita dalla Provincia di Udine.
 - Location of the Udine District monitoring network stations.

dettaglio i fenomeni di diffusione degli inquinanti e per identificare le possibili fonti di contaminazione, il CRAD ha ritenuto inoltre opportuno affiancare, alle stazioni della rete di rilevamento, tre punti di prelievo manuale dei campioni a monte delle due aree interessate: in località Gris del Comune di Bicinicco per la rete della Stradalta, nelle località Borgo S. Giorgio e Gagliano per la rete del Cividalese.

Ogni stazione della rete della Stradalta era provvista di due pozzi dotati di pompe sommerse, posizionate in ciascuno di essi a profondità diverse, in modo da effettuare il campionamento a differenti livelli. Le centraline della rete della Stradalta erano dotate di un campionatore automatico a depressione; l'acqua veniva stoccata in appositi contenitori e refrigerata a 4°C, in modo da risultare utilizzabile per esami batteriologici. Erano inoltre presenti sonde in pozzo per la misura in continuo dei seguenti parametri: livello piezometrico, temperatura, conduttività, potenziale Redox (in 2 stazioni), concentrazione ioni idrogeno, ossigeno disciolto (in 3 stazioni).

Ciascuna delle tre stazioni della rete del Cividalese era caratterizzata dalla presenza di un unico pozzo, all'interno del quale venivano misurati i parametri sopra elencati con riferimento alla rete della Stradalta, anche con l'ausilio di analizzatori in centralina e sonde calate in pozzo.

7. - ACQUISIZIONE DELLA DOCUMENTAZIONE DI INTERESSE ED INFORMATIZZAZIONE DEI DATI

Il presente progetto di studio ha preso avvio, secondo quanto previsto, da una fase preliminare di verifica, valutazione ed acquisizione della documentazione di interesse ai fini della realizzazione del progetto stesso. Di conseguenza, a completamento di attività già intraprese dal Dipartimento di Georisorse e Territorio, si è provveduto al censimento, alla raccolta, all'archiviazione, alla omogeneizzazione e all'analisi di tutte le notizie di carattere tecnico ed idrogeologico inerenti i pozzi per acqua documentati sul territorio della BPF in Provincia di Udine.

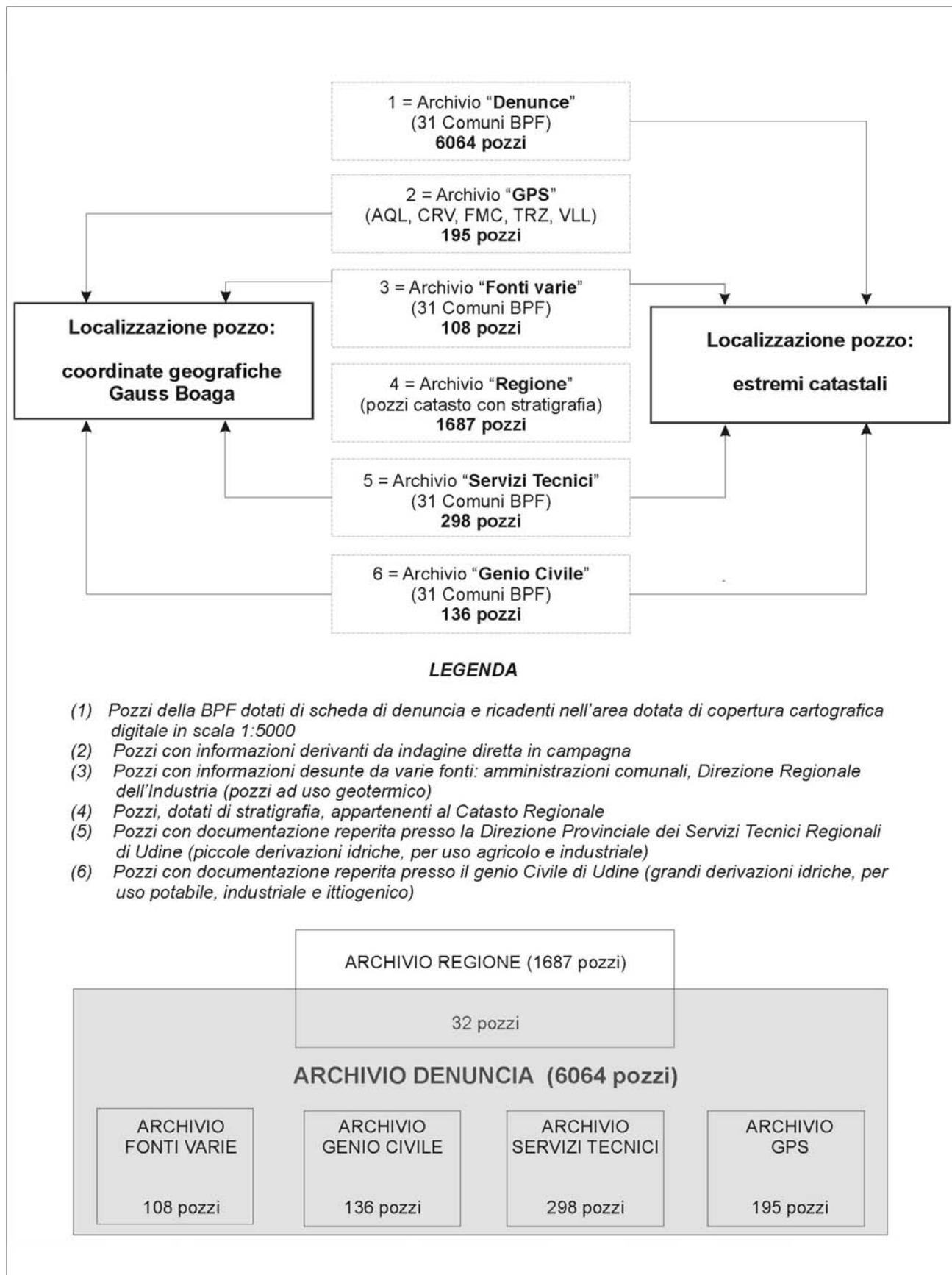


Fig. 22 - Struttura dei dati di partenza organizzati nel database "InfoGeo".
- "InfoGeo" database structure.

Nell'ambito della prima fase del processo di informatizzazione, i dati, contenuti nelle oltre 20.000 schede informative acquisite presso le fonti citate nel paragrafo 5, sono stati opportunamente organizzati in undici archivi intercollegabili costituenti parte integrante della banca-dati denominata *Infopozzi*. Tale applicazione permette di ordinare ed estrarre i dati utilizzando varie chiavi di accesso, consente un reciproco confronto tra gli archivi in modo da individuare uno stesso pozzo censito in archivi differenti e garantisce elaborazioni sui dati in base a diversi moduli di interrogazione.

La seconda fase del processo di informatizzazione è consistita nel collegare i dati relativi ai pozzi censiti con un sistema informativo territoriale (*GIS*). A tale scopo, utilizzando il *software Microsoft Access* in ambiente *Windows*, è stato creato un *database* denominato *InfoGeo* (fig. 22), all'interno del quale sono stati inseriti i pozzi idrici univocamente identificati mediante una coppia di coordinate planimetriche del Sistema Nazionale Gauss-Boaga e pertanto georeferenzabili sulla Cartografia Numerica Regionale in formato vettoriale alla scala 1:5.000. Le informazioni desumibili dai pozzi sono state organizzate in 6 tabelle relazionali separate, distinte in base alle

diverse fonti di acquisizione dei dati; gli attributi qualificativi di ciascun pozzo censito risultano essere sintetizzati in un *record* della corrispondente tabella di appartenenza.

I *files* numerici corrispondenti a ciascun elemento cartografico, preventivamente convertiti nel formato di interscambio grafico di *AutoCad 10*, sono stati importati in ambiente *MapInfo*, in quanto tale *software*, di semplice utilizzazione, è in grado di lavorare con mappe e archivi di dati creati sia direttamente al suo interno, sia realizzati con applicazioni esterne.

L'ubicazione puntuale dei pozzi sulla cartografia numerica ha quindi interessato i 6 insiemi relazionali del *database InfoGeo* (fig. 22), che sono stati importati a loro volta in ambiente *MapInfo* e sottoposti alla procedura di georeferenziazione del *software*. In tal modo, è stato possibile associare un simbolo grafico a ciascun *record* delle tabelle, rendendo possibile la visualizzazione dei pozzi su *layers* distinti ed indipendenti (uno per ciascuna tabella) in sovrapposizione alla CTRN 1:5.000 (GRANATI *et alii*, 1999).

Il risultato delle operazioni di georeferenziazione, che richiedono tempi lunghi d'esecuzione e che pertanto sono state progressivamente sviluppate nel corso degli ultimi anni, è stato condi-

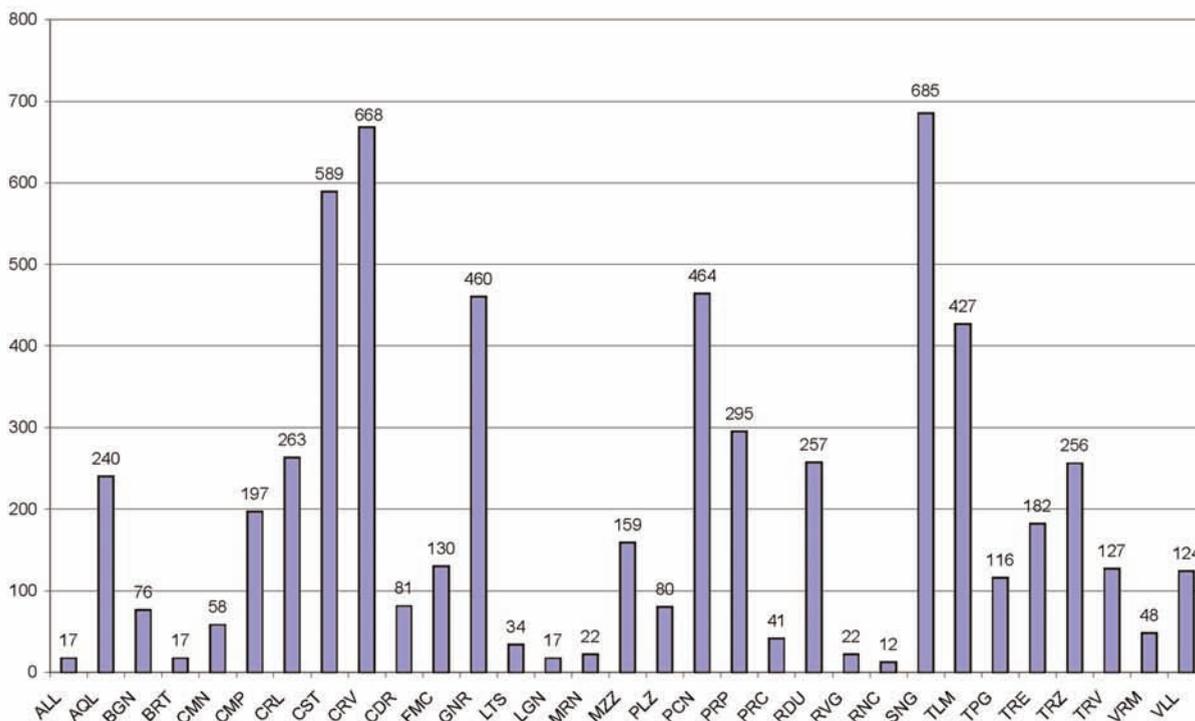


Fig. 23 - Distribuzione per Comune dei 6.064 pozzi ubicabili dell'archivio "Denuncia" (ALL: Aiello del Friuli; AQL: Aquileia; BGN: Bagnaria Arsa; BRT: Bertiolo; CMN: Camino al Tagliamento; CMP: Campolongo al Torre; CRL: Carlino; CST: Castions di Strada; CRV: Cervignano del Friuli; CDR: Codroipo; FMC: 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).
 - Distribution, within each BPF municipality, of the 6.064 locatable water-wells coming from the "Denuncia" archive.

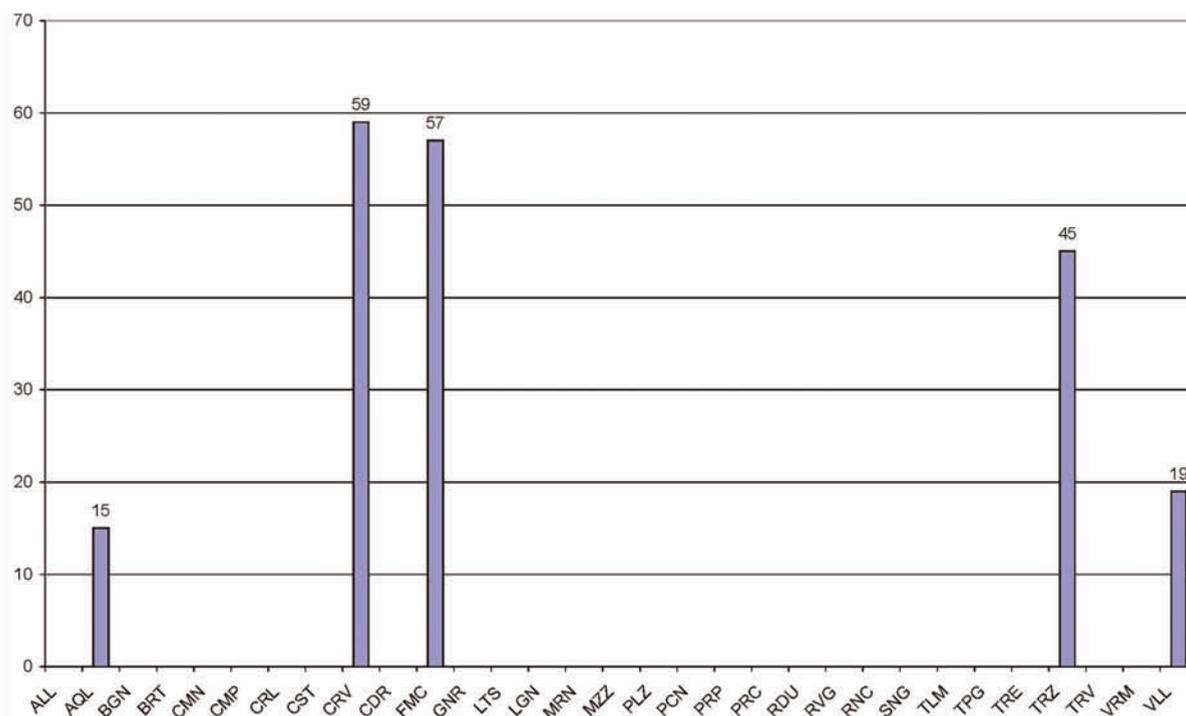


Fig. 24 - Distribuzione per Comune dei 195 pozzi ubicabili dell'archivio "GPS" (ALL: Aiello del Friuli; AQL: Aquileia; BGN: Bagnaria Arsa; BRT: Bertiolo; CMN: Camino al Tagliamento; CMP: Campolongo al Torre; CRL: Carlino; CST: Castions di Strada; CRV: Cervignano del Friuli; CDR: Codroipo; FMC: Fiumicello; 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).
 - Distribution, within each BPF municipality, of the 195 locatable water-wells coming from the "GPS" archive.

zionato dalla disponibilità d'uso della cartografia numerica vettoriale alla scala 1:5.000, inizialmente prodotta dalla Regione Friuli-Venezia Giulia solo per la fascia più meridionale della BPF; solo il completamento della copertura cartografica digitale realizzato successivamente al 1998 ha consentito di estendere la georeferenziazione ai Comuni di Codroipo, Camino al Tagliamento, Bertiolo, Rivignano, Talmassons, Gonars ed Aiello del Friuli, e di ultimare quella dei Comuni di Varmo, Pocenia, Castions di Strada, Porpetto, Bagnaria Arsa e Cervignano del Friuli.

Le operazioni di georeferenziazione, inoltre, si sono distinte in base alle diverse modalità di espressione dei dati originari di localizzazione dei pozzi; a seconda della fonte di acquisizione, infatti, l'ubicazione dei pozzi è risultata essere identificata o mediante i dati catastali di riferimento della particella di appartenenza, oppure mediante le esplicite coordinate geografiche in proiezione Gauss-Boaga. Solo quest'ultima modalità di ubicazione è risultata direttamente compatibile con il trattamento informatico dei dati, mentre la prima ha richiesto il preventivo passaggio dalla base cartacea catastale al supporto cartografico digitale mediante riconoscimento della particella catastale sulla Carta Numerica

Regionale alla scala 1:5.000, localizzazione del pozzo approssimativamente al centro della particella e attribuzione al pozzo stesso della corrispondente coppia di coordinate geografiche (GRANATI *et alii*, 1999).

Di seguito, si riporta una descrizione delle fonti e della struttura delle tabelle del *database* Infogeo (fig. 22) relative ai pozzi georeferenziazibili:

Archivio Denunce: comprende 6.064 denunce di pozzi esistenti nella BPF in Provincia di Udine (in applicazione dell'art. 10 del DL 275/1993), acquisite presso l'Ufficio Ecologia della Provincia di Udine e aggiornate al 2001 (fig. 23).

Archivio GPS: è costituito da 195 schede di pozzi della BPF (fig. 24) contenenti dati rilevati direttamente in situ; in particolare, per ogni pozzo, compaiono il risultato di una misura elementare di portata e la georeferenziazione eseguita con l'ausilio di uno strumento GPS. Non è stato possibile estendere le attività di georeferenziazione e misura alla maggior parte dei pozzi denunciati, a causa della diffidenza e della mancata disponibilità dei relativi proprietari.

Archivio Fonti Varie: contiene 108 schede di pozzi della BPF (fig. 25) reperite presso gli Uffici Tecnici Comunali e presso la Direzione Regionale dell'Industria (domande di concessione per lo sfruttamento geotermico delle acque calde

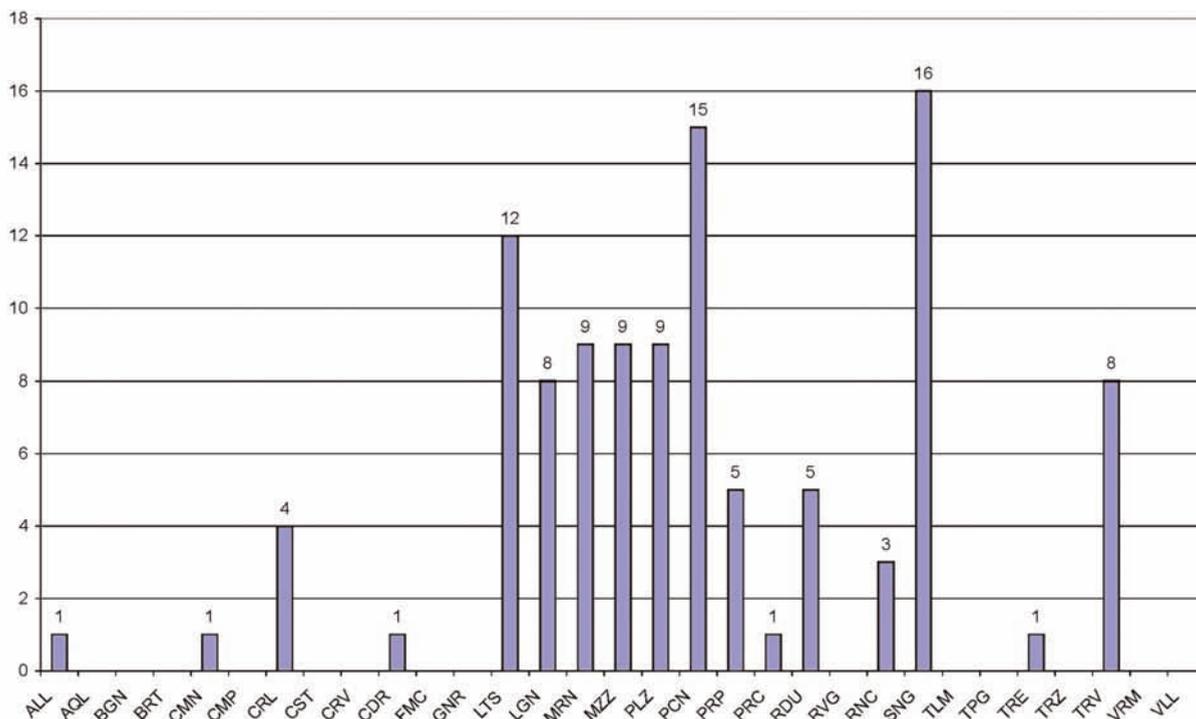


Fig. 25 - Distribuzione per Comune dei 108 pozzi ubicabili dell'archivio "Fonti varie" (ALL: Aiello del Friuli; AQL: Aquileia; BGN: Bagnaria Arsa; BRT: Bertio; CMN: Camino al Tagliamento; CMP: Campolongo al Torre; CRL: Carlino; CST: Castions di Strada; CRV: Cervignano del Friuli; CDR: Codroipo; FMC: 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).
 - Distribution, within each BPF municipality, of the 108 locatable water-wells coming from the "Fonti varie" archive.

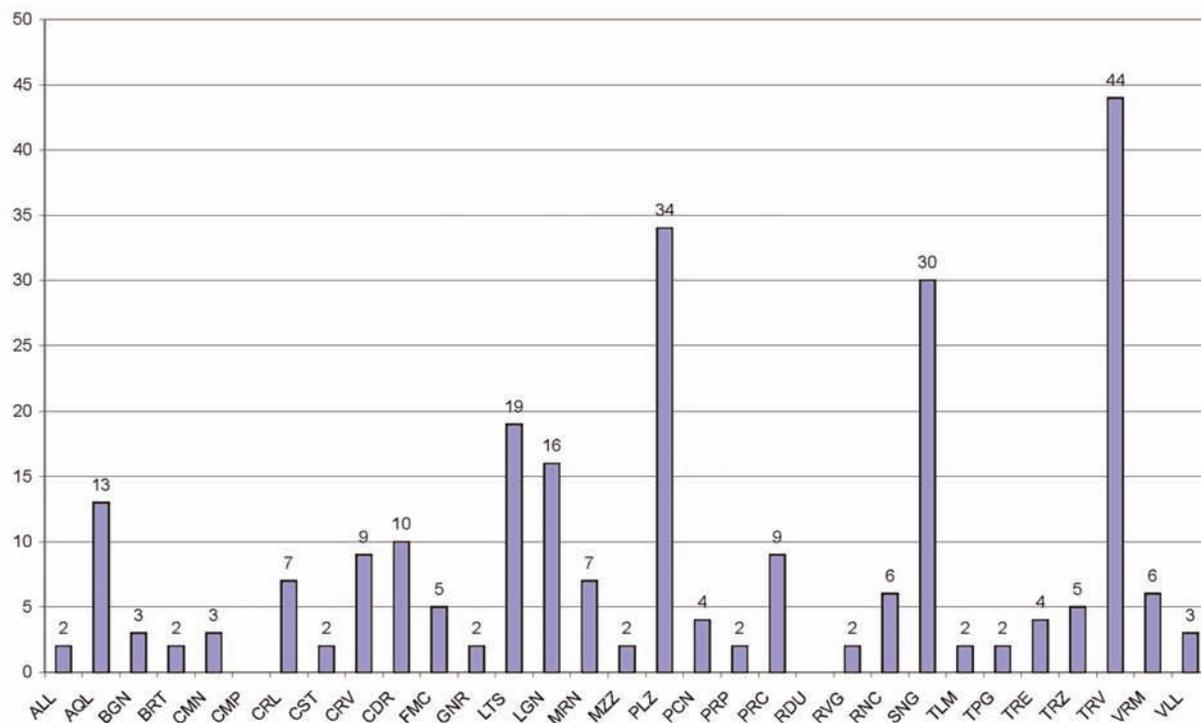


Fig. 26 - Distribuzione per Comune dei 255 pozzi ubicabili dell'archivio "Regione" (ALL: Aiello del Friuli; AQL: Aquileia; BGN: Bagnaria Arsa; BRT: Bertio; CMN: Camino al Tagliamento; CMP: Campolongo al Torre; CRL: Carlino; CST: Castions di Strada; CRV: Cervignano del Friuli; CDR: Codroipo; FMC: Fiumicello; 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).
 - Distribution, within each BPF municipality, of the 225 locatable water-wells coming from the "Regione" archive.

profonde).

Archivio Regione: comprende 1.687 schede di pozzi, provvisti di stratigrafia, figuranti nel Catasto Regionale dei Pozzi (REGIONE AUTONOMA FRIULI-VENEZIA GIULIA, 1990a, 1990b) e reperite presso la Direzione Regionale dell'Ambiente. Tali schede riguardano pozzi distribuiti sull'intero territorio regionale; di queste, 255 si riferiscono a pozzi ubicati nei 31 Comuni della BPF qui presi in considerazione (fig. 26).

Archivio Servizi Tecnici: è costituito da 298 schede di pozzi della BPF, reperite presso la Direzione Provinciale dei Servizi Tecnici Regionali di Udine, che riguardano piccole derivazioni idriche per uso agricolo ed industriale (fig. 27).

Archivio Genio Civile: contiene 136 schede di pozzi della BPF, reperite presso il Genio Civile di Udine, inerenti grandi derivazioni idriche per uso potabile, industriale ed ittiogenico (fig. 28).

Tutti i pozzi degli archivi GPS, Fonti Varie, Genio Civile e Servizi Tecnici sono di fatto contenuti anche nell'archivio Denunce, in quanto contemporaneamente denunciati come pozzi esistenti. Per i pozzi dell'archivio Regione, il raffronto con l'archivio Denunce non è immediato a motivo di inesattezze, lacune o variazioni (di proprietà o denominazione) nei dati dei pozzi censi-

ti; per tale motivo, solo un limitato numero di pozzi dell'archivio Regione è stato riconosciuto con certezza anche nell'ambito delle denunce di esistenza (fig. 22).

La struttura delle tabelle relazionali per le sei fonti sopra descritte presenta tre tipologie distinte sulla base dei dati a disposizione.

Il primo tipo di struttura è pertinente all'archivio Denunce, che sintetizza informazioni per lo più di carattere amministrativo, quali generalità ed indirizzo del dichiarante, titolo d'uso del pozzo, località ed estremi catastali di ubicazione, uso prevalente del pozzo, titolo giuridico di concessione al prelievo idrico.

La seconda tipologia riguarda i dati dell'archivio Regione, che si riferiscono sostanzialmente all'ubicazione, alla profondità del pozzo e all'attendibilità della stratigrafia.

Il terzo tipo di struttura caratterizza i restanti archivi GPS, Fonti Varie, Servizi Tecnici e Genio Civile, che contengono, oltre alle informazioni inerenti la proprietà e l'ubicazione del pozzo, anche dati di interesse idrogeologico quali prevalenza e/o soggiacenza della falda rispetto al piano campagna, portata annuale e sua variabilità, caratteristiche tecniche del pozzo.

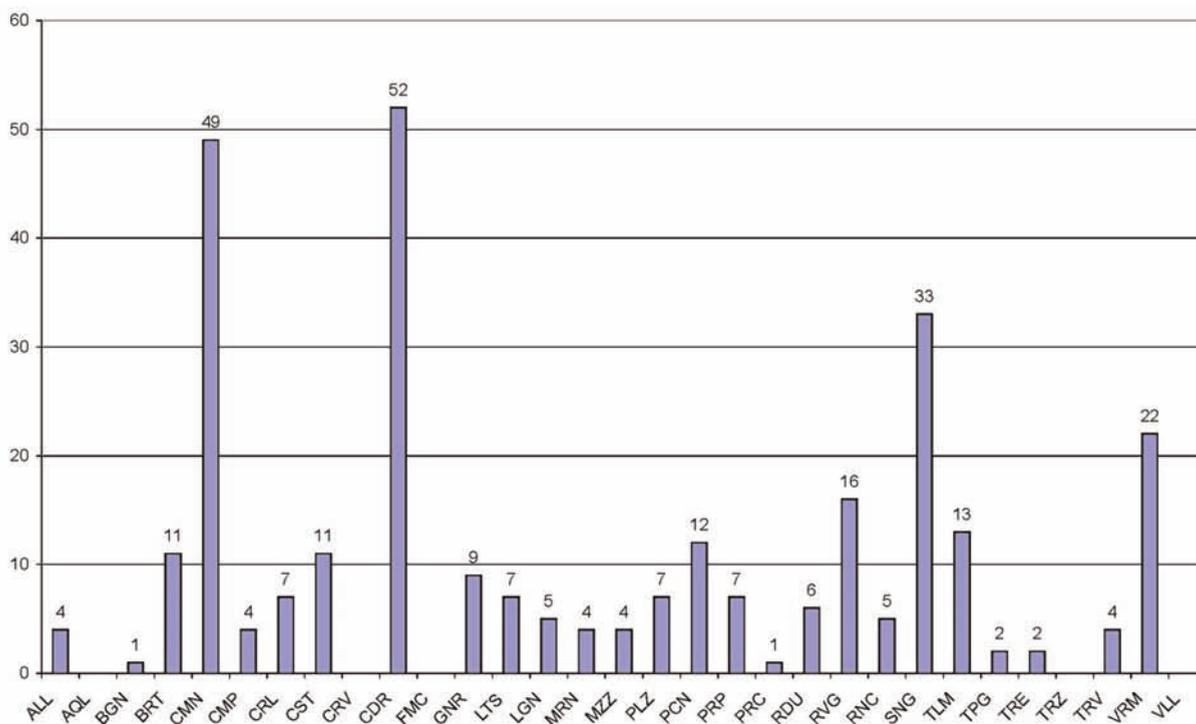


Fig. 27 - Distribuzione per Comune dei 298 pozzi ubicabili dell'archivio "Servizi Tecnici" (ALL: Aiello del Friuli; AQL: Aquileia; BGN: Bagnaria Arsa; BRT: Bertio; CMN: Camino al Tagliamento; CMP: Campolongo al Torre; CRL: Carlino; CST: Castions di Strada; CRV: Cervignano del Friuli; CDR: Codroipo; FMC: 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 Nogarò; TLM: Talmassons; TPG: Tapogliano; TRE: Teor; TRZ: Terzo d'Aquileia; TRV: Torviscosa; VRM: Varmo; VLL: Villa Vicentina).

- Distribution, within each BPF municipality, of the 298 locatable water-wells coming from the "Servizi Tecnici" archive.