



PAE 2007

Piano delle Attività Estrattive



Fascicolo 2

Relazione Geologica ed Idrogeologica

Approvato con Delibera di Consiglio Comunale o.d.g. n. 43 del 29/01/2010 - P.G. 311130/2009

Sindaco
Flavio Delbono

**Assessore Politiche Urbanistiche e Pianificazione territoriale,
Politiche ambientali, Politiche dello Sport**

Maurizio Degli Esposti

Segretario Generale
Caterina Grechi

Capo Dipartimento Qualità della Città
Giacomo Capuzzimati

Direttore Settore Ambiente
Roberto Diolaiti

Flavio Delbono

Sindaco

Maurizio Degli Esposti

Assessore Politiche Urbanistiche e Pianificazione territoriale, Politiche ambientali,
Politiche dello Sport

COORDINAMENTO GENERALE

Giacomo Capuzzimati

Capo Dipartimento Qualità della Città

Roberto Diolaiti

Direttore Settore Ambiente

Giovanni Fini

Dirigente U.I. Qualità Ambientale

Claudio Savoia

Responsabile Ufficio Suolo e Attività Estrattive

GRUPPO TECNICO DI LAVORO

Dipartimento Qualità della Città

Settore Ambiente

Sandro Bellini, Lara Dal Pozzo, Marco Farina, Giovanni Fini, Nadia Mandrioli,
Roberta Mazzetti, Claudio Savoia

con il contributo di: Matteo Balboni, Daniele Cangini, Laura Cantagalli, Donatella
Di Pietro, Silvia Frontini, Stefania Gualandi, Valeria Leone, Serena Persi Paoli,
Manuela Ratta

Settore Urbanistica

Mauro Bertocchi, Nadia Cattoli

Settore Mobilità

Cleto Carlini

con il contributo di: Rosanna Bandini, Luca Saltarelli

Consulente Tecnico: Alberto Fiori

REDAZIONE VAS E VALUTAZIONE DI INCIDENZA

Settore Ambiente

Nicoletta Toffaletti, Inti Bertocchi, Francesco Betti, Simona Pettazzoni

Fondazione Villa Ghigi

Mino Petazzini, Ivan Bisetti, Teresa Guerra

INDICE

1. Premessa	3
2. Inquadramento dell'area.....	3
2.1- Caratteristiche geomorfologiche.....	3
2.2 Quadro geologico – stratigrafico di riferimento.....	5
2.2.1 Successione sepolta di pianura.....	5
2.3 Caratterizzazione del primo sottosuolo.....	10
2.4 Inquadramento idrogeologico.....	12
2.4.1 Unità idrogeologiche profonde.....	17
2.4.2 Unità idrogeologiche superficiali.....	18
3. Descrizione dei settori oggetto di attività estrattiva.....	20
3.1 Settore Casteldebole.....	21
3.1.1 Caratteristiche geologiche ed idrogeologiche.....	22
3.2 Settore Aeroporto.....	23
3.2.1 Caratteristiche geologiche ed idrogeologiche.....	24
3.3 Settore Reno.....	25
3.3.1 Assetto geologico ed idrogeologico.....	25
3.4 Settore Zanardi-Corticella.....	31
3.4.1 Ambito Possessione Palazzo e Polo S. Niccolò.....	31
3.4.2 Comparto Rosario-S. Giacomino, Colombo.....	45
3.4.3 Prescrizioni allo scavo in falda.....	55

ELENCO ALLEGATI

- Allegato 1 – Carta geomorfologica di pianura
- Allegato 2 – Settori analizzati
- Allegato 3 – Spessore totale dell'acquifero A1
- Allegato 4 – Rapporto tra depositi grossolani e spessore totale dell'acquifero A1
- Allegato 5 – Percentuale di depositi grossolani nell'Acquitardo ALFA
- Allegato 6 – Isopiezometriche Falda Sup1 (m s.l.m.)
- Allegato 7 - Isopiezometriche Falda Sup2 (m s.l.m.)
- Allegato 8 – Isopiezometriche Falda Sup4 (m s.l.m.)
- Allegato 9 – Isopiezometriche Falda Profonda (m s.l.m.)
- Allegato 10 – Settore CASTELDEBOLE
- Allegato 11 – Settore RENO
- Allegato 12 – Settore AEROPORTO
- Allegato 13 – Settore ZANARDI – CORTICELLA. Carta della soggiacenza di Sup3
- Allegato 14 – Sezioni idrogeologiche
- Allegato 15 – Ricostruzione planimetrica del 1° acquifero nel settore Zanardi - Corticella, porzione superiore
- Allegato 16 – Ricostruzione planimetrica del 1° acquifero nel settore Zanardi - Corticella, porzione inferiore

ELENCO TAVOLE

- Tavola 1 – Litologia superficiale
- Tavola 2 – Isobate del tetto delle ghiaie e percentuale di ghiaie nei primi 20 metri
- Tavola 3 – Carta delle attività estrattive storiche

1. Premessa

Il presente elaborato si propone di fornire un quadro delle conoscenze geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche del territorio di pianura del Comune di Bologna e, più in particolare, delle aree coinvolte da attività di estrazione di inerti.

Tali attività si esplicano attualmente essenzialmente lungo il tracciato del Fiume Reno, collocandosi all'interno di una fascia di ampiezza pari a circa 5 Km circostante il tratto di pianura del corso d'acqua, da Casteldebole al confine comunale settentrionale.

L'indagine ambientale è stata condotta inizialmente attraverso la consultazione della documentazione bibliografica esistente e l'analisi della cartografia tematica disponibile relativa alla descrizione dei caratteri geomorfologici, litologico-stratigrafici ed idrogeologici dei territori in esame. In particolare, al fine di disporre di elementi sufficienti a consentire una appropriata valutazione del grado di interferenza delle attività estrattive con l'ambiente idrico sotterraneo, sono state analizzate ad una scala di maggior dettaglio le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche di singoli ambiti territoriali (denominati *settori*) sostanzialmente omogenei al loro interno per quanto riguarda l'assetto geologico ed idrogeologico e, conseguentemente, l'insorgere di specifiche problematiche connesse con l'esercizio di attività estrattiva.

Le indagini storiche relative alla localizzazione dei siti oggetto di attività estrattiva eseguita dall'U. I. Qualità Ambientale (Ufficio Suolo e Attività Estrattive) hanno consentito di valutare inoltre l'evolversi sul territorio delle attività estrattive sul territorio nel periodo di tempo compreso fra il 1954 e l'attuale (Tavola 3).

2. Inquadramento dell'area

Vengono di seguito descritti i principali lineamenti morfologici, geologici, stratigrafico-strutturali, ed idrogeologici del settore di pianura del Comune di Bologna.

2.1- Caratteristiche geomorfologiche

La descrizione dei lineamenti geomorfologici riportati nella cartografia tematica allegata (Allegato 1), elaborata dai tecnici dell'Ufficio Suolo e Attività Estrattive, si basa su osservazioni dirette e sull'analisi della documentazione cartografica e bibliografica esistenti. Una descrizione dettagliata delle caratteristiche geomorfologiche della pianura bolognese è riportata in Elmi et al., 1984.

Dal punto di vista morfologico si distinguono un sistema collinare ed un sistema di pianura. L'individuazione dei due sistemi, caratterizzati da una evoluzione strutturale indipendente, è legata all'esistenza, in corrispondenza del settore

pedecollinare, del lineamento tettonico ad andamento NW-SE correlabile alla struttura di thrust nota in letteratura con la denominazione Sovrascorrimento Frontale Pedeappennico o PTF (Castellarin et al., 1985).

La morfologia collinare è definita da rilievi a pendenza medio-elevata e da sistemi vallivi in corrispondenza dei quali si impostano i bacini idrografici del F. Reno e del T. Savena. Fra questi si interpongono i sistemi minori del T. Ravone, Rio Meloncello, T. Aposa e Fossa Cavallina.

Gli elementi geomorfologici riscontrabili a valle del lineamento tettonico precedentemente citato sono essenzialmente ascrivibili ad ambienti di deposizione alluvionale quali ambiente di conoide, di piana alluvionale e, localmente, di terrazzo alluvionale.

La pianura bolognese può essere suddivisa in tre settori sulla base delle caratteristiche morfologiche, sedimentologiche e tessiturali dei depositi presenti.

L'alta pianura, compresa tra il limite appenninico a Sud e la direttrice Anzola – Castelmaggiore – Castenaso a Nord, si estende in corrispondenza delle quote più elevate della conoide del T. Samoggia a Ovest al T. Quaderna ad Est, caratterizzandosi principalmente per la presenza di litotipi a granulometria grossolana di spessore anche rilevante. La media e la bassa pianura si collocano a Nord del settore individuato. Procedendo in direzione Sud-Nord si assiste ad un progressivo aumento dei litotipi a granulometria fine.

Le quote variano da 80-90 m s.l.m. m a ridosso del margine appenninico a 32 m s.l.m. m in prossimità del confine settentrionale del territorio comunale.

Le pendenze della superficie topografica diminuiscono da valori superiori al 25 per mille in corrispondenza dell'alta pianura a valori di 1-2 per mille nelle porzioni più distali.

L'alta pianura è essenzialmente caratterizzata dalla presenza dei conoidi alluvionali riferibili alla attività deposizionale del F. Reno e del T. Savena che hanno modellato la fascia pedecollinare rispettivamente in corrispondenza del settore occidentale ed orientale dell'area in esame. Fra le due strutture di conoide principali si interpongono le strutture minori del T. Ravone, Rio Meloncello, T. Aposa e Fossa Cavallina.

La conoide del F. Reno presenta forma ristretta ed allungata, identificandosi in un ampio dosso, largo fino a 3 Km, che si estende nella pianura per oltre 10 km; risulta caratterizzata da lobature marginali corrispondenti a deviazioni del suo tracciato ed identificate, in profondità, da dossi ghiaioso-sabbiosi.

Nella sua porzione apicale, dove l'alveo risulta inciso nel substrato marino miopliocenico, si riconoscono tre ordini di terrazzi che convergono e si annullano a 4 km dal margine della pianura (Elmi, et al., 1984). L'andamento meandriforme del corso d'acqua presenta due deviazioni in corrispondenza rispettivamente dei centri abitati di Casalecchio e Casteldebole, probabilmente riconducibili a basculamenti tettonici locali (Francavilla e Colombetti, 1980).

Procedendo verso Nord, dopo un breve tratto rettilineo a canali intrecciati, l'alveo prosegue con caratteristiche sia meandriche che di canali intrecciati [Ori, 1979].

Nella porzione occidentale del territorio si sviluppano alcune dorsali probabilmente corrispondenti a paleoalvei alimentati dal Torrente Lavino.

Come precedentemente accennato, ad Est del conoide del Reno sono riconoscibili quattro conoidi di corsi d'acqua minori: Rio Meloncello, T.Ravone, T.Aposa e Fossa Cavallina.

I limiti di questi conoidi sono incerti a causa sia delle ridotte dimensioni dei depositi alluvionali sia delle frequenti deviazioni e modificazioni dei tracciati fluviali in tempi storici.

Il T. Ravone presenta una dorsale che si flette verso ovest, a confluire nel F. Reno. Il conoide dell'Aposa, che occupa il nucleo antico della città, presenta diverse dorsali divergenti corrispondenti ad antichi percorsi del torrente. Nel suo alveo è stato aperto il Canale Navile che occupa una depressione posta sul lato ovest della conoide. La conoide del T. Savena presenta una forma a ventaglio, determinata dalle successive deviazioni subite dal corso d'acqua. Oltre al tracciato storico, seguito fino al 1776 e tuttora attivo e pensile nella sua parte più settentrionale (Savena abbandonato: Chiesa, 1742; Cremonini S., 1980), si individuano numerose dorsali coincidenti con assi di deflusso, certamente attivi in periodi recenti, preromani o romani. Il tracciato attuale del T. Savena, in parte artificiale, è caratterizzato, nelle zone prossimali al margine appenninico, da forme terrazzate non individuabili nell'antistante pianura.

2.2 Quadro geologico – stratigrafico di riferimento

Notevoli contributi finalizzati alla definizione della ricostruzione stratigrafica del sottosuolo della pianura bolognese sono stati forniti da *Amorosi e Farina* [1994a, 1994b], *Elmi et al.* [1984], *Regione Emilia Romagna - Agip* [1998], *Farina et al.* [2001a]. Tali lavori sono stati eseguiti essenzialmente tramite correlazione su base litologica e geometrica di dati stratigrafici relativi a sondaggi esistenti e perforazioni a scopo principalmente idropotabile.

2.2.1 Successione sepolta di pianura

La pianura bolognese costituisce parte del più ampio bacino sedimentario sintettonico padano. Gli autori riconoscono, al suo interno, una successione quaternaria continentale [ciclo Q_c di *Ricci Lucchi et al.*, 1982], che definisce la porzione sommitale dei sedimenti di riempimento del bacino padano, costituito da depositi alluvionali e poggianti, con contatto discordante, sul ciclo pleistocenico inferiore marino (ciclo Q_m).

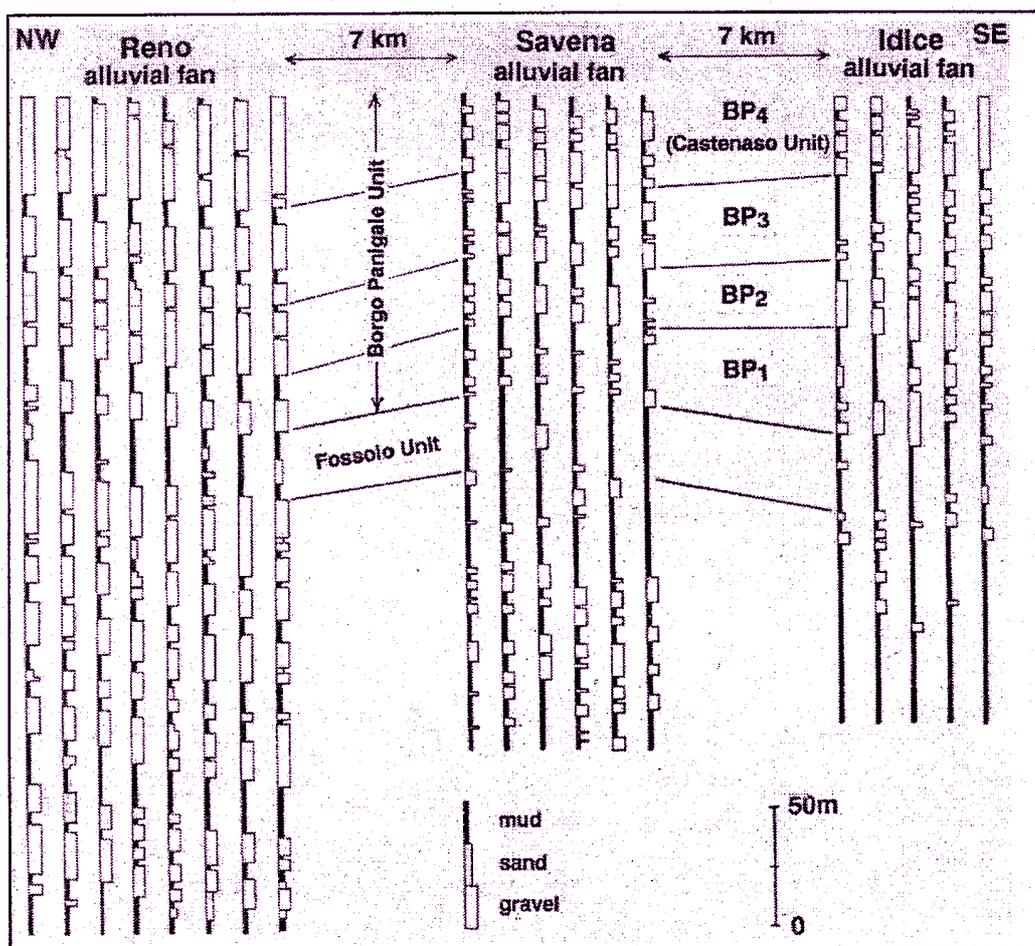


Fig. 1: Quadro stratigrafico dei conoidi di Reno, Savena e Idice [da Amorosi et al., 1996]

La successione Quaternaria continentale è caratterizzata dal progressivo delinarsi del sistema deposizionale del conoide del Reno nel corso dell'ultimo milione di anni e, in età più recenti, del conoide del Savena.

Nelle Figure 1 e 2 si riporta lo schema stratigrafico elaborato per le conoidi di Reno, Savena e Idice.

Il Quaternario continentale viene suddiviso, secondo la definizione proposta da Regione Emilia Romagna - Agip, 1998, in due unità a contenuto grossolano, definite Ciclo A [Unità Alluvionale superiore di Amorosi e Farina, 1994b] e Ciclo B [Unità Alluvionale Inferiore di Amorosi e Farina, 1994b], dello spessore di circa 100-150 m, separate da corpi a deposizione francamente argillosa. In posizione sottostante è presente un ciclo C, riconosciuto recentemente a scala regionale, che può essere assimilato alla parte terminale del Quaternario marino Q_m , e ne rappresenta l'espressione basale.

Unità stratigrafiche			Unità idrogeologiche	Età	
Quaternario Continentale (Qc)	Ciclo A	A1	Falda SUP4	Olocene	
			A1c		Falda SUP3
			A1b	Falda SUP2	Pleistocene superiore
			A1a	Falda SUP1	
	Ciclo B	A2	Falda profonda	Pleistocene medio	
					A3
					A4
					Orizz. Fossolo
Ciclo C	A4	Falda profonda	Pleistocene inferiore		
					Orizz. Fossolo
Quaternario Marino (Qm)	Ciclo C				

Fig. 2: Quadro riassuntivo delle unità geologiche ed idrogeologiche riconosciute [da Farina et al., 2001b]

Lo spessore del ciclo Q_c , all'interno del quale si sviluppano gli acquiferi captati, supera, nell'area bolognese, i 300 m [Francavilla et al., 1980; Ori, 1979]; tale spessore diminuisce procedendo verso Nord, in direzione di Ferrara, dove la base del Quaternario continentale si ritrova a qualche decina di metri di profondità dal piano campagna attuale [Pieri e Groppi, 1981]. Nell'ambito della successione quaternaria continentale, le unità attraversate sono costituite, dal punto di vista litologico, essenzialmente da ghiaie e, subordinatamente, da peliti, più scarse appaiono le sabbie. Le ghiaie risultano dominanti nell'area del F. Reno, mentre il rapporto grossolano/pelite, espresso dal rapporto fra la somma delle frazioni ghiaiosa e sabbiosa e la frazione a granulometria fine ed indicato come G/P, risulta inferiore nelle sezioni dei torrenti Savena ed Idice.

Amorosi e Farina [1994a, 1994b, 1995] riconoscono, nell'ambito della distribuzione verticale delle litologie, una chiara organizzazione delle ghiaie e delle peliti secondo cicli o ritmi di diverso spessore risultanti in alternanze di depositi prevalentemente grossolani e di depositi a dominante fine su spessori variabili da 10 a oltre 100 metri.

Un intervallo prevalentemente fine di significativa continuità stratigrafica, denominato Unità di Fossolo [base del Ciclo A], consente di distinguere una Unità Alluvionale Inferiore [Ciclo B] da una Unità Alluvionale Superiore o Unità di Borgo Panigale [UBP, da Amorosi et al., 1996 o Ciclo A da Regione Emilia Romagna, Agip, 1998] costituendo sia un marker stratigrafico, sia, dal punto di vista idrogeologico, un acquitardo di importanza regionale.

Tale orizzonte pelitico si colloca ad una profondità pari a circa 120 – 150 metri dal piano campagna ed ha uno spessore di circa 20-25 metri. È composto da materiale prevalentemente siltoso ed argilloso, con intercalazioni di corpi sabbiosi e localmente ghiaiosi caratterizzati da un valore di G/P sempre inferiore a 1/3.

L'Unità Alluvionale inferiore [o Ciclo B] si colloca a profondità comprese fra 120-150 m (tetto) e 270-320 m (base) e presenta spessori superiori 200 metri nell'area del F. Reno. Risulta di difficile caratterizzazione litologica e stratigrafica nella sua porzione inferiore, mentre la sua parte sommitale è costituita da una megasequenza di spessore variabile tra 100 e 120 metri che presenta una espressione fortemente ghiaiosa nel settore del Reno [G/P = 3/1], mentre nel settore del Savena il rapporto G/P è inferiore a 1.

L'Unità Alluvionale Superiore definita Unità di Borgo Panigale, o Ciclo A, è caratterizzata da un tenore in ghiaie mediamente più elevato rispetto alla sottostante Unità Alluvionale Inferiore, o Ciclo B, indicativo di una deposizione prevalentemente grossolana sull'intera area in esame. Il rapporto G/P raggiunge 6/1 nella conoide del Reno e 2/1 nei conoidi di Savena ed Idice.

All'interno dell'Unità Alluvionale Superiore si riconoscono quattro cicli a base ghiaiosa dello spessore di circa 30-40 metri delimitati a tetto da intervalli prevalentemente fini di minore potenza, pari a circa 5-10 metri. Queste unità, denominate dall'alto come A1, A2, A3, A4 [Regione Emilia Romagna, Agip, 1998] o BP4, BP3, BP2, BP1 secondo *Amorosi et al.*, 1996, si caratterizzano come corpi acquiferi parzialmente amalgamati tra loro, in particolare nelle zone apicali e in presenza di isolati corpi grossolani all'interno degli spessori pelitici. Gli orizzonti descritti presentano un elevato grado di correlabilità nell'area del Reno, e sono caratterizzati da una buona persistenza anche nei settori di Savena ed Idice.

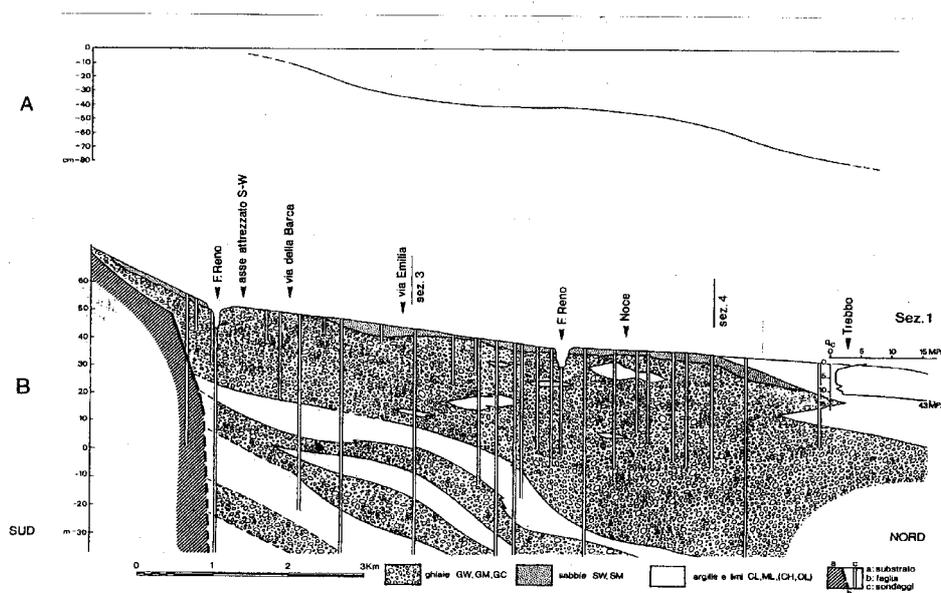


Fig. 3: Sezione N-S sul conoide del Reno (da Elmi et al, 1984)

Le sezioni geologiche riportate nelle figure 3 e 4 consentono di osservare l'alternanza ghiaia-pelite presente nel sistema di conoide appenninico. Si nota la presenza dell'elemento tettonico posto a Sud del sistema di conoide, correlabile alla struttura di thrust definito Sovrascorrimento Frontale Pedeappenninico o PTF (Castellarin et al., 1985).

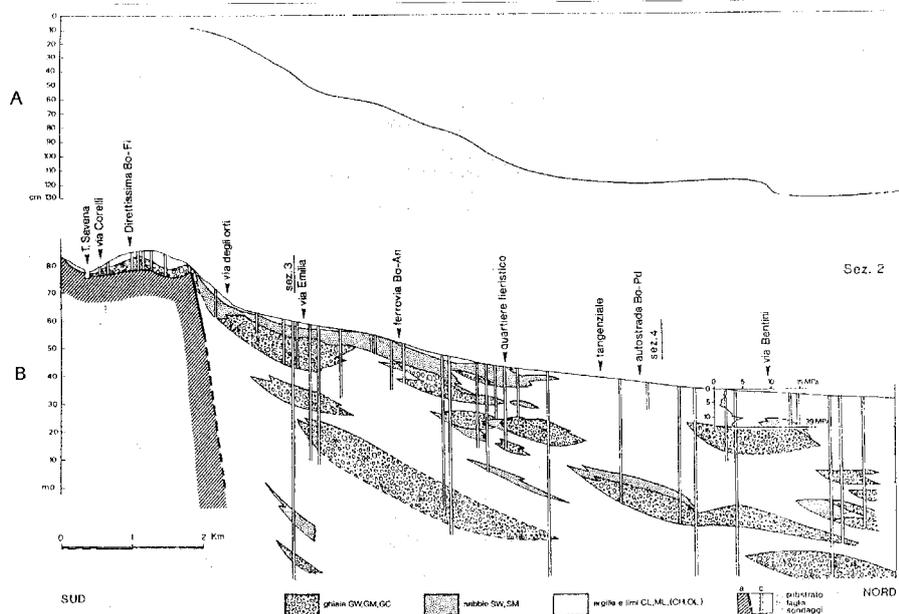


Fig. 4: Sezione N-S sul conoide del Savena (da Elmi et al, 1984)

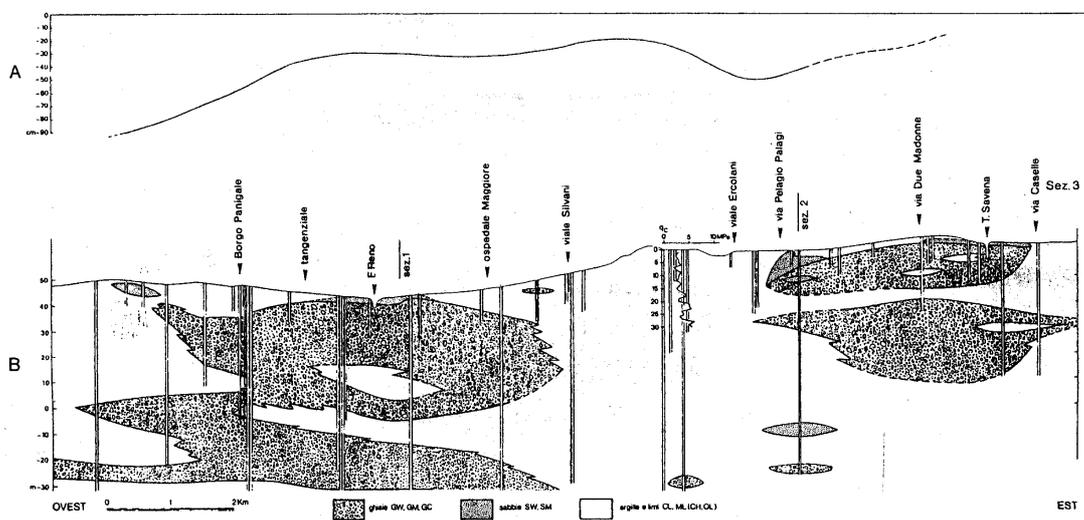


Fig. 5: Sezione W-E trasversale sul conoide del Reno e Savena (da Elmi et al, 1984)

Lateralmente rispetto alle aree di conoide si distinguono settori caratterizzati dalla presenza di litofacies di piana alluvionale, riferibili sia a fenomeni di esondazione di Reno e Savena, sia a deposizione di materiale pelitico proveniente dalla sedimentazione del reticolo minore (Meloncello, Ravone, Aposa). Si individua un settore definibile di interconoide, dove non si verifica coalescenza laterale tra i corpi

ghiaiosi attribuibili al F. Reno e al T. Savena. I depositi sono costituiti principalmente da materiali limoso-argillosi. Solo raramente si riscontra la presenza di intercalazioni sabbiose, di ridotta continuità laterale. Questa transizione litologica è riscontrabile anche all'interno della documentazione cartografica allegata relativa alla descrizione della litologia di superficie.

La fig. 5 mostra una sezione a direzione Ovest-Est localizzata all'incirca in corrispondenza della Via Emilia dove si osservano le geometrie dei depositi ghiaiosi del Reno e del Savena in senso trasversale. Si può notare che i corpi grossolani non interessano la zona del centro storico di Bologna che risulta collocarsi all'interno del settore di interconoide.

2.3 Caratterizzazione del primo sottosuolo

La cartografia allegata ricostruisce, sulla base dell'analisi dei dati litostratigrafici disponibili, i seguenti tematismi finalizzati alla caratterizzazione dello spessore più superficiale del sottosuolo, direttamente interessato dalle attività estrattive:

Litologia superficiale (Tavola 1)

L'elaborato descrive la distribuzione areale dei litotipi prevalenti in corrispondenza di profondità comprese entro i primi 3 m dal piano campagna distinguendo i litotipi presenti in base alle quattro classi granulometriche sotto indicate.

- argille inorganiche, argille limose
- limi da argillosi a sabbiosi, fitte alternanze di limi e sabbie fini
- sabbie e sabbie ghiaiose, sabbie limose
- ghiaie, ghiaie e sabbie

Isobate del tetto delle ghiaie e percentuale di ghiaie nei primi 20 metri (Tavola 2)

L'elaborato ricostruisce, sulla base dell'interpolazione di dati litostratigrafici, le isolinee di ugual soggiacenza del tetto del corpo ghiaioso più prossimo al piano campagna e le isolinee di ugual percentuale di litotipi a granulometria grossolana presenti nell'ambito di uno spessore superficiale pari a 20 m dal piano campagna.

Le indicazioni desumibili dagli elaborati cartografici descritti consentono di trarre indicazioni preliminari relativamente al grado di idoneità dei siti ad ospitare attività estrattive fornendo indicazioni relativamente alla localizzazione nel sottosuolo di orizzonti a granulometria grossolana, possibili sedi di falde idriche, e alle caratteristiche di vulnerabilità degli acquiferi legate alla profondità del corpo acquifero rispetto al piano campagna e alla presenza/assenza, in corrispondenza degli spessori sovrastanti, di orizzonti a bassa permeabilità di sufficiente estensione areale e continuità.

L'analisi della cartografia consente inoltre il riscontro, all'interno del settore occidentale dell'area in esame di un lobo ghiaioso allungato, il cui asse coincide con l'alveo attuale del F. Reno, caratterizzato dalla presenza, in superficie di depositi a granulometria grossolana di tipo ghiaioso.

In corrispondenza della porzione settentrionale del corpo ghiaioso circostante l'alveo del F. Reno si dipartono due lobi sabbiosi principali allungati in direzioni divergenti verso Est e verso Ovest rispettivamente.

I litotipi grossolani costituenti la conoide del F. Reno, ghiaie ad ampia distribuzione granulometrica o, più frequentemente, miscele di ghiaie e sabbie, sono rilevabili direttamente in affioramento o a profondità inferiore a 10 m in un'ampia fascia in asse con il fiume che si estende oltre i limiti comunali.

Depositi a granulometria fine (limi e argille) occupano le parti esterne, laterali e distali, della conoide, con varie irregolarità connesse all'influenza dei corsi d'acqua minori.

Lateralmente, in sinistra idrografica del F. Reno si riscontra la presenza di litotipi argillosi e limosi in affioramento. Il tetto del primo orizzonte ghiaioso tende ad approfondirsi raggiungendo una profondità pari a 18 m dal piano di campagna.

In corrispondenza della porzione Sud - Occidentale del territorio comunale si sviluppa la parte terminale della conoide del T. Lavino caratterizzata dalla presenza in affioramento di depositi di tipo sabbioso. In questo settore il tetto del primo orizzonte ghiaioso si colloca a profondità inferiori ai 12 m dal p.c.

L'andamento delle isolinee di ugual percentuale di litotipi a granulometria grossolana nei primi 20 m segue i lineamenti descritti in precedenza presentando valori compresi fra l'80 % e il 100% in corrispondenza della dorsale morfologica che contraddistingue l'attuale alveo del Fiume Reno e gradualmente decrescenti in direzione del confine occidentale del territorio comunale, spostandosi verso zone laterali alla conoide.

In corrispondenza della porzione nord-occidentale del territorio in esame le isolinee relative alla profondità del tetto delle ghiaie e alla percentuale di litotipi grossolani esistenti nell'ambito dello spessore più superficiale, presentano una lobatura con concavità rivolta verso Est, individuando l'esistenza di un settore interessato da un corpo ghiaioso collocato a profondità inferiori rispetto alle zone circostanti.

In corrispondenza del settore orientale, i depositi a granulometria grossolana presentano distribuzione areale più limitata rispetto al settore occidentale. Il corpo ghiaioso si presenta molto più discontinuo, suddiviso in accumuli irregolari e lentiformi di dimensioni contenute. In superficie gli affioramenti si estendono poco oltre la Via Emilia ed in profondità si chiudono ad una distanza pari a circa 2 km a N rispetto ad essa (Elmi, 1984).

Allo sbocco della valle del Savena i materiali a granulometria grossolana si dispongono secondo due lobi diretti rispettivamente verso Nord, con asse

coincidente con l'antico corso del Fiume attivo fino al 18° secolo, e verso ENE, coincidente all'incirca con il corso attuale.

Tale corso deriva da una diversione operata tra il 1776 e il 1777 che ha portato il Fiume a confluire nell'Idice, secondo un tracciato corrispondente in parte ad un piccolo corso d'acqua, in parte ad un più antico alveo dello stesso Savena (Elmi, et al., 1984).

I sedimenti sabbiosi presentano una distribuzione più articolata ed arealmente estesa, con andamento analogo alle ghiaie. Oltre a tre lobi a direzione raggiata si distingue una lente ad andamento W-E, trasversale rispetto al decorso degli assi fluviali pedeappenninici, attribuibile, forse, ad un antico percorso fluviale.

In corrispondenza della porzione orientale del territorio comunale il tetto dell'orizzonte ghiaioso più superficiale si colloca a profondità inferiori a 2 m all'interno del dominio del T. Savena, cui competono, parimenti, percentuali di materiali grossolani compresi fra 40 e 70 %. La morfologia definita dalle due famiglie di isolinee risulta in generale accordo con le indicazioni desumibili dalle informazioni relative ai caratteri litologici di superficie.

In corrispondenza delle porzioni centrali e nord-orientali del territorio comunale si riscontra la presenza in superficie di litotipi a granulometria fine ascrivibili alle classi granulometriche 2 e 3. Tali litotipi individuano, come descritto precedentemente, zone di interconoide. In corrispondenza dei medesimi settori il tetto dell'orizzonte ghiaioso più prossimo alla superficie topografica si approfondisce fino a raggiungere profondità dell'ordine di 25 m dal piano di campagna.

2.4 Inquadramento idrogeologico

Gli acquiferi esistenti in corrispondenza dell'area di pianura bolognese assumono un ruolo di primaria importanza nell'ambito della gestione delle risorse idriche sotterranee, alimentando i tre principali centri di approvvigionamento idrico comunale denominati Borgo Panigale, Tiro a Segno e S. Vitale. Tali centri di prelievo, gestiti da SEABO S.p.A., forniscono circa l'80% della risorsa idrica sotterranea necessaria a soddisfare la richiesta di acqua potabile destinata ad un bacino d'utenza costituito da oltre 400.000 persone [Farina et al., 2001a].

Particolarmente sentita è, pertanto, l'esigenza, da parte degli organismi competenti, di poter disporre di mezzi in grado di garantire un efficace monitoraggio qualitativo e quantitativo della risorsa idrica disponibile. A tale scopo, nel corso degli ultimi decenni, sono stati promossi vari studi che hanno consentito di affrontare problematiche quali ad esempio la definizione della struttura generale degli acquiferi [Regione Emilia Romagna, 1998], la caratterizzazione idrogeologica degli acquiferi più superficiali e le loro relazioni con gli acquiferi profondi [Farina et al., 1998, Artioli, U. Baldini et al, 1997], le caratteristiche di vulnerabilità degli acquiferi [Acoser, 1996], l'ampiezza delle zone di cattura dei pozzi di approvvigionamento

idrico (Seabo: rapporti interni). Il Comune di Bologna e Seabo S.p.A. sono stati impegnati nel progetto denominato *Stochastic Analysis of Well Head Protection and Risk Assessment (W-SAHARA)* finanziato dalla Comunità Europea. Nell'ambito di tale progetto, finalizzato alla analisi di applicazioni di metodologie stocastiche per la perimetrazione della zona di cattura di pozzi idrici, è stata analizzata la struttura geologica ed idrogeologica della conoide del Fiume Reno (Farina et al., 2001a).

Ad integrazione di quanto riportato nei paragrafi precedenti, ulteriori approfondimenti condotti nell'ambito del citato progetto di ricerca W-Sahara consentono una descrizione dettagliata della struttura geologica della conoide del Fiume Reno, all'interno della quale si colloca la quasi totalità delle attività estrattive attualmente esistenti. Sono state identificate le seguenti unità idrogeologiche:

- Acquifero A1
- Acquitrando Alfa
- Acquifero A2, A3, A4 (unità acquifere accorpate in una singola unità denominata A234)
- Acquitrando Delta
- Acquifero B
- Acquitrando Epsilon
- Acquifero C

La Figura 6 fornisce uno schema di comparazione fra la nomenclatura utilizzata in letteratura nell'ambito della definizione delle unità geologiche riconosciute, cui si è fatto riferimento in precedenza, e la denominazione delle unità idrogeologiche proposta più recentemente [Farina et al., 2001a].

<i>Sistema Acquifero</i>		<i>Acquitranti</i>	<i>Falde</i>	
A	A1	A1c	SUP3-SUP4	
		A1b	SUP2	
		A1a	SUP1	
			Alfa	
	A2		Profondo	
	A3			
	A4			
		Delta		
B				
		Epsilon		
C				

Fig. 6: Quadro riassuntivo delle unità geologiche ed idrogeologiche riconosciute [da Farina et al., 2001a]

La struttura geologica dell'area in esame è stata definita attraverso l'analisi di sondaggi e stratigrafie di pozzi idrici e tramite la ricostruzione di appropriate sezioni idrogeologiche.

Al fine di ricostruire l'andamento delle falde idriche presenti nel sottosuolo, sono stati analizzati, inoltre, dati di carico idraulico. I dati disponibili sono stati organizzati all'interno di un data-base ed utilizzati per la realizzazione di sezioni idrogeologiche e carte tematiche relative all'andamento spaziale di base e tetto di ciascuna Unità riconosciuta unitamente al loro spessore totale. Il contenuto in sedimenti caratterizzati da elevata permeabilità è stato espresso in funzione del rapporto fra spessore cumulato di ghiaie (ghiaie e sabbie per gli acquitardi) e lo spessore totale.

Vengono di seguito descritte le principali caratteristiche delle unità idrogeologiche identificate.

Acquifero A1

Rappresenta l'acquifero più superficiale. È stato descritto tramite 53 log di sondaggi geognostici e 232 log di pozzi. Di geometria cuneiforme, presenta spessori variabili da 24-28 m in prossimità del margine collinare a 65-70 m nelle zone più distali. Il rapporto $[(gh+sb)/tot]$ fra spessore cumulato delle ghiaie (gh) e lo spessore totale (tot) varia da 0.6 a 0.8 in corrispondenza del conoide del Fiume Reno. Lateralmente ad esso raggiunge rapidamente valori inferiori a 0.2. L'Acquifero A1 ospita un articolato complesso di falde superficiali. L'andamento areale dello spessore di A1 e del rapporto (ghiaie e sabbie)/tot sono riportati nelle tavole in Allegato 3 e 4.

Acquitardo Alfa

Questo acquitardo costituisce un importante elemento di suddivisione all'interno del Gruppo Acquifero A, separando il complesso delle falde superficiali dal complesso delle falde profonde. È caratterizzato da spessori variabili da 1-3 m in corrispondenza delle zone più prossime all'apice di conoide a 8-12 m in corrispondenza dei campi pozzo "Borgo Panigale" e "Tiro a Segno" gestiti da Seabo. Spessori maggiori, pari a 15-20 m, si riscontrano nei settori più settentrionali.

È stato descritto tramite 39 log di sondaggi geognostici e 183 log di pozzi. I depositi che lo costituiscono sono prevalentemente di tipo limoso-argilloso, con locali intercalazioni grossolane.

Il rapporto $[gh+sb]/tot$ fra lo spessore cumulato di ghiaie (gh) e sabbie (sb) sullo spessore totale è generalmente pari a 0-0.2 mostrando, tuttavia, locali picchi superiori a 0.8. L'esistenza di settori di interessati dalla presenza di elevate percentuali di sedimenti a granulometria grossolana e, quindi, ad elevata permeabilità, evidenzia la presenza di discontinuità dell'acquitardo (Guadagnini et al., 2002) e, conseguentemente, la possibilità di comunicazione fra le falde superficiali, localmente interessate da fenomeni di contaminazione, e profonde, utilizzate a scopo idropotabile.

L'andamento areale dello spessore di Alfa e del rapporto $(g+s)/tot$ sono riportati nelle tavole in allegato 5.

Acquifero A2+A3+ A4 (A234)

La porzione dell'acquifero A sottostante l'Acquitardo Alfa è costituita dalle sottounità denominate A2, A3 e A4 separate da due acquitardi di rango analogo all'Acquitardo Alfa. Il corpo acquifero è noto in base a 192 pozzi ed a n. 6 sondaggi geognostici. Le conoscenze sono concentrate intorno ai principali centri di pompaggio.

Non consentendo i dati disponibili al momento della analisi una dettagliata descrizione delle singole sottounità, esse sono state accorpate all'interno di una singola Unità geologica, denominata A234 il cui spessore complessivo varia da 40 a 160 m, aumentando in direzione Sud-Nord. Il rapporto $[(g+s)/tot]$ presenta valori pari a 0.8-1 in corrispondenza della conoide alluvionale. L'Acquifero A234 è sede di una falda profonda confinata caratterizzata, come verrà successivamente descritto, da livelli piezometrici differenziati.

Acquitardo Delta

L'Acquitardo Delta si localizza tra gli acquiferi A e B. La geometria di base e tetto dell'orizzonte acquitardo è stata determinata sulla base di 105 dati log.

Lo spessore è compreso tra 20 e 25 m (23 in corrispondenza dei campi pozzo "Borgo Panigale" e "Tiro a Segno"). I depositi sono prevalentemente limoso-argillosi, con locali intercalazioni grossolane.

Il rapporto $[(gh+sb)/tot]$ è generalmente pari a 0-0.15.

Acquifero B

È stato descritto tramite 2 log di sondaggi geognostici e 73 log di pozzi. Le conoscenze sono concentrate quasi esclusivamente intorno ai principali centri di pompaggio. Lo spessore complessivo varia da 15 a 150 m, aumentando in direzione Nord.

Una sensibile riduzione dello spessore totale dell'acquifero (riconosciuta in corrispondenza del centro storico di Bologna) è connessa a motivi di attività tettonica.

Il contenuto in depositi permeabili, calcolati in base al rapporto $[(gh+sb)/tot]$ presenta valori pari a 0.6-0.7. Il gruppo acquifero B è sede di una falda profonda confinata.

Acquitardo Epsilon

L'Acquitardo Epsilon separa gli acquiferi B e C. Nell'ambito dell'area in esame lo spessore varia da 15 a 25 m.

È stato descritto tramite 74 log di pozzi, localizzati principalmente in corrispondenza dei centri di prelievo Seabo.

I depositi che lo costituiscono sono essenzialmente siltoso-argillosi, con locali intercalazioni di sedimenti a granulometria grossolana. Il rapporto

Il rapporto $[(gh+sb)/tot]$ è generalmente pari a 0-0.2.

Acquifero C

La scarsità dei dati attualmente disponibili (72 log) non consentono una dettagliata descrizione dell'Acquifero C, sede di un acquifero profondo confinato.

I rilievi piezometrici eseguiti confermano l'esistenza di un acquifero multifalda costituito da un complesso di falde superficiali ed un complesso di falde profonde [Farina et al., 2001a]. Tale articolazione, come verrà di seguito descritto, si sviluppa ulteriormente all'interno delle falde superficiali, localizzate nell'ambito dei primi 30-40 metri di profondità, ovvero di spessori direttamente interessati dall'esplicitarsi di attività estrattive.

La differenziazione dei livelli piezometrici relativi alle diverse falde riconosciute è documentata, ad esempio, in corrispondenza della stazione di monitoraggio "Fiera" il cui andamento è illustrato nel grafico riportato. I dati disponibili consentono di rilevare l'esistenza di andamenti piezometrici sostanzialmente simili tra i 70 e i 160 m di profondità. In corrispondenza di profondità inferiori o superiori, ovvero in riferimento a falde ospitate all'interno degli acquiferi B ed A1, si riscontrano livelli piezometrici nettamente diversi, con soggiacenza più prossima al piano campagna (A1) o più profonda (Ciclo B).

Vengono di seguito descritte le principali caratteristiche delle unità idrogeologiche profonde e superficiali e delle falde in esse contenute.

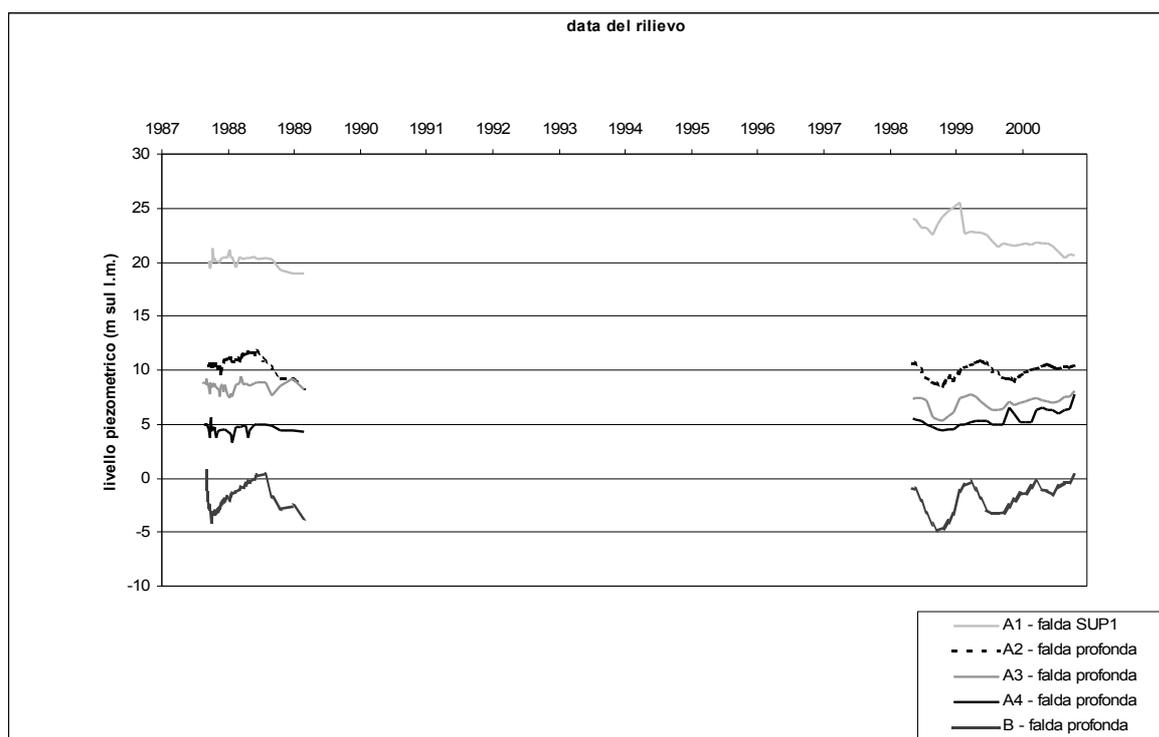


Fig. 7: evoluzione piezometrica delle falde profonde (unità geologiche A234 e B) e della falda superficiale SUP1

2.4.1 Unità idrogeologiche profonde

Le caratteristiche idrodinamiche ed idrochimiche delle falde profonde sono note attraverso gli studi condotti da Idroser e Arpa nel corso dell'ultimo ventennio.

Tali falde si collocano all'interno di acquiferi posti a profondità comprese tra 50-60 metri e 300-400 metri, corrispondenti alle unità stratigrafiche dei Cicli B e C e della porzione inferiore del Ciclo A. I corpi acquiferi sono caratterizzati da intercalazioni pelitiche che portano ad una elevata anisotropia della permeabilità. A profondità ulteriori è presente l'interfaccia acqua dolce-acqua salmastra [Agip, 1972]; l'acqua presente a tali profondità non è pertanto sfruttabile a fini economici.

La documentazione piezometrica nota da letteratura [Scarponi et al., 1997] evidenzia una profonda depressione nel conoide del Reno, dovuta agli intensi prelievi, che giunge a -55 m dal piano campagna.

L'evoluzione piezometrica temporale permette di osservare un continuo e progressivo abbassamento della falda, con medie di oltre 2 m/anno [Artioli et al., 1997]. L'area bolognese, ubicata su uno dei più antichi centri di emungimento (campi pozzi di Borgo Panigale e Tiro a Segno), ha visto stabilizzarsi le quote piezometriche su livelli dinamici assai depressi, intorno alla metà degli anni '80 anche a seguito della diminuzione dei volumi sollevati. La Figura 8 mostra l'andamento temporale delle soggiacenze della falda profonda in corrispondenza dei centri di emungimento collocati nell'ambito della conoide del Fiume Reno.

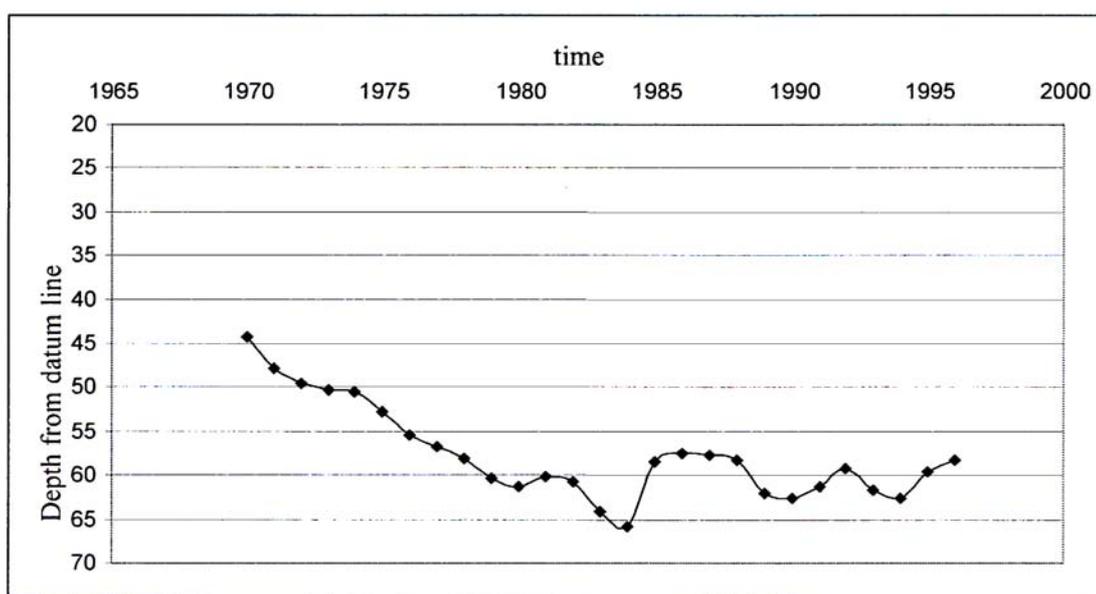


Fig. 8: evoluzione piezometrica della falda profonda misurata in corrispondenza dei pozzi di SEABO [da Farina et al., 2001a]

Il richiamo causato dall'emungimento dei pozzi profondi si trasmette anche negli acquiferi più superficiali. Fenomeni di drenanza sono osservabili fino a circa 200 metri di profondità, pur verificandosi con particolare evidenza tra il piano campagna e i 70 metri di profondità [Artioli et al., 1997]. dove la differenza tra le quote piezometriche dei diversi acquiferi è pari a circa 20-30 m.

La Tavola riportata in allegato 9 mostra il complesso andamento della superficie piezometrica ricostruita della falda profonda.

La morfologia della superficie piezometrica risulta interessata da una marcata depressione localizzata all'interno del conoide del F. Reno. I valori di soggiacenza raggiungono, in queste zone, valori pari a -55 m dal piano campagna. Tale situazione è determinata dall'azione di richiamo esercitata dai prelievi effettuati in corrispondenza dei centri di emungimento di Borgo Panigale e Tiro a Segno.

2.4.2 Unità idrogeologiche superficiali

La struttura delle unità superficiali, contraddistinta come precedentemente descritto, dall'alternanza verticale di corpi a granulometria grossolana e fine, rappresenta una condizione favorevole per l'individuarsi di un acquifero multifalda.

All'interno dell'Unità A1 (o UBP4) sono stati riconosciuti tre corpi ghiaioso-sabbiosi, denominati A1a, A1b, A1c [Farina et al., 1998]. Si tratta di corpi acquiferi parzialmente saturi, localmente in pressione, totalmente insaturi in corrispondenza di specifiche localizzazioni.

Le falde in essi contenute sono denominate, dalla più profonda alla più superficiale, SUP1, SUP2 e SUP3, e sono ospitate all'interno dei corpi acquiferi A1a A1b e A1c rispettivamente. Un'ulteriore falda, denominata SUP4, è contenuta nei depositi sabbioso fini - siltoso - argillosi localizzati in corrispondenza degli spessori più superficiali. In quest'ultimo caso non è chiaramente riconoscibile un corpo acquifero permeabile, delimitato da intervalli a bassa permeabilità. L'acquifero appare infatti costituito da corpi semipermeabili difficilmente circoscrivibili.

Viene di seguito fornita una descrizione dei principali lineamenti caratterizzanti il complesso delle falde superficiali.

Unità SUP1 – corpo acquifero: Ciclo A1a

L'unità denominata SUP1 (allegato 6) è contenuta all'interno del corpo acquifero A1a ghiaioso-sabbioso, situato a profondità variabile fra 25 e 55 metri e caratterizzato da spessori superiori a 15 m in corrispondenza delle parti depocentrali della conoide del Fiume Reno.

Il corpo acquifero A1 si sovrappone stratigraficamente all'orizzonte acquitardo Alfa [Farina et al., 2001b]. Come precedentemente descritto, l'acquitardo Alfa è costituito da depositi a granulometria prevalentemente fine il cui spessore medio, generalmente pari a circa 7-10 metri, risulta notevolmente ridotto (si riscontrano spessori anche inferiori a 1 m) e localmente assente nelle posizioni apicali.

La Tavola riportata in allegato mostra il complesso andamento della superficie piezometrica ricostruita per la falda SUP1.

La morfologia della superficie piezometrica consente di individuare un settore interessato da linee di flusso divergenti localizzato in corrispondenza di depositi a valori di conducibilità idraulica limitata correlabili ai corpi acquiferi prevalentemente

canalizzati in matrice limoso-argillosa presenti nella zona di interconoide nel cui ambito si colloca il centro storico di Bologna. In corrispondenza di questo settore si viene ad individuare uno spartiacque che separa i due bacini idrogeologici principali riferibili al F. Reno e al T. Savena.

Gli assi di drenaggio corrispondono essenzialmente agli assi depocentrali delle strutture di conoide.

I settori di conoide del F. Reno e del T. Savena risultano presentano condizioni di falda libera individuabili principalmente in posizione apicale e mediana, mentre nelle posizioni distali si rilevano condizioni di falda in pressione.

Il settore di conoide del F. Reno, in particolare, risulta caratterizzato prevalentemente da condizioni di falda libera correlabili alla presenza di spessori superficiali consistenti di depositi a granulometria grossolana.

In conseguenza della situazione sopra descritta, la falda SUP1 riceve localmente alimentazione diretta dalla superficie e dal corso d'acqua.

Nella porzione apicale del conoide del F. Reno la falda SUP1 risulta priva di idriche.

Unità SUP2 – corpo acquifero: Ciclo A1b

L'unità denominata SUP2 (allegato 7) è contenuta all'interno dell'acquifero A1b e risulta stratigraficamente sovrapposta ad un acquitardo di minore importanza stratigrafica rispetto al caso precedentemente esaminato, caratterizzato da minori spessori di materiale grossolano, ridotti spessori di falda e una maggiore estensione areale del corpo grossolano

Il corpo acquifero A1b è caratterizzato da estesi corpi lenticolari delimitati in prevalenza da depositi fini. La Tavola riportata in allegato mostra il complesso andamento della superficie piezometrica ricostruita per la falda SUP2.

La struttura della falda SUP2 ripercorre i lineamenti morfologici della falda SUP1.

Essa risulta caratterizzata da condizioni di falda libera per buona parte del territorio comunale. Condizioni di falda confinata si riscontrano nella porzione nord-orientale e nel settore di interconoide. In particolare, data l'esiguità degli intervalli costituiti litotipi a granulometria fine, in corrispondenza delle porzioni occidentali, interessate dalla presenza della conoide del F. Reno. In corrispondenza di questo settore il corpo acquifero A1b è privo di manifestazioni idriche; i corpi A1a e A1b risultano saldati insieme e il corpo A1b costituisce l'insaturo della sottostante falda SUP1.

Unità SUP3 e SUP4 – corpo acquifero: Ciclo A1c

Il corpo acquifero A1c costituisce il corpo grossolano più prossimo al piano campagna. Le sue dimensioni sono meno rilevanti rispetto ai corpi A1a e A1b, nonostante la struttura a corpi ghiaiosi coalescenti mantenga una larghezza comunque considerevole e pari anche a 4 – 5 Km.

La falda contenuta all'interno dell'unità descritta (SUP3) presenta solitamente una minore continuità rispetto alla falda sottostante.

L'allegato 8 mostra il complesso andamento della superficie piezometrica ricostruita per la falda SUP4. Si riscontra una totale assenza di falda superficiale all'interno di un ampio settore assiale ai conoidi del F. Reno e del T. Savena, legata alla mancanza di orizzonti a granulometria fine di spessore e continuità sufficienti ad interrompere la continuità dei depositi ghiaiosi superficiali. La situazione descritta si rileva lungo il tracciato del F: Reno in corrispondenza di un settore di larghezza pari a circa 3-4 Km, individuabile da Casalecchio al confine comunale settentrionale. Nell'ambito del conoide del T. Savena tale situazione si riscontra all'interno di un settore ampio circa 3 Km.

La morfologia della superficie piezometrica della falda SUP4 evidenzia, inoltre, la depressione prodotta dal drenaggio esercitato dal Canale Navile nella parte occidentale del comune fino entro il limite del centro storico. Tale funzione di drenaggio porta a situazioni di depressione allungata nel senso del corso di acqua. E' però plausibile ammettere che tale andamento delle isolinee venga accentuato dai numerosi vuoti di ex cava ivi presenti.

Si osserva, inoltre, l'effetto di ricarica operata dal paleoalveo del Savena che determina la formazione di un possibile spartiacque.

3. Descrizione dei settori oggetto di attività estrattiva

A seguito delle conoscenze acquisite nell'ambito della precedente fase di caratterizzazione del territorio di pianura del comune di Bologna, si è pervenuti all'individuazione di quattro ambiti territoriali (denominati nel proseguo *settori*) all'interno dei quali si localizzano le attività estrattive attualmente esistenti e le previsioni proposte dalla Variante P.A.E.

Tali ambiti definiscono porzioni di territorio sostanzialmente omogenee al loro interno per quanto riguarda l'assetto geologico ed idrogeologico e, conseguentemente, l'esplicitarsi di specifiche problematiche connesse all'esistenza di attività estrattive.

La possibilità dell'insorgere di interferenze fra l'attività estrattiva e l'ambiente idrico sotterraneo è stata valutata sulla base della ricostruzione ed analisi di appropriate sezioni idrogeologiche e di carte della soggiacenza relativa alla falda più superficiale e maggiormente significativa dal punto di vista quantitativo e qualitativo riconosciuta all'interno di ciascun settore.

Denominazione Settore	Denominazione comparti di PAE
Settore Casteldebole	Sim-Morazzo S. Luca Ex Cava Drava
Settore Aeroporto	Polo Cappellina Bruschetti Lem S. Anna
Settore Reno	S. Maria Pigna 2 Volta Forni Traghetto Ponte Romano
Settore Zanardi-Corticella	Spiriti Zanardi Spiriti S. Niccolò Possessione Palazzo S. Giacomino-Rosario Fondo Orologio

Tabella 1: Denominazione dei Settori in esame e delle attività estrattive esistenti

La Tabella 1 riporta la denominazione dei singoli settori analizzati unitamente alle cave e/o impianti di lavorazione compresi all'interno di ciascuno di essi. La localizzazione dei settori individuati è indicata nella tavola riportata in Allegato 2.

Le carte della soggiacenza sono state elaborate utilizzando valori di medi desunti dalle serie storiche disponibili.

3.1 Settore Casteldebole

Il settore in esame (allegato 10) si colloca in corrispondenza della porzione sud occidentale del territorio comunale. Al suo interno risultano localizzati gli ambiti estrattivi denominati Comparto Sim-Morazzo e Polo S. Luca. A Sud del Comparto Sim - Morazzo è presente, inoltre, un'area di ex-cava denominata Cava Drava. La localizzazione dei comparti estrattivi presenti nell'ambito del settore in esame è riportata in Allegato.

3.1.1 Caratteristiche geologiche ed idrogeologiche

Il settore in esame risulta localizzato nell'ambito della porzione apicale della conoide alluvionale del Fiume Reno, parzialmente coalescenze, verso Ovest, con i sedimenti riferibili all'attività deposizionale esercitata dal T. Lavino il cui tracciato definisce il confine occidentale del territorio comunale di Bologna nel tratto Zola Predosa-Nord di Lavino.

I comparti estrattivi sono ubicati in sinistra idrografica del Fiume Reno, a distanze ridotte rispetto all'alveo del corso d'acqua. In particolare, Polo S. Luca risulta ubicato ad una distanza di circa 120 m dall'orlo del terrazzo alluvionale del corso d'acqua.

Il Comparto Sim-Morazzo, posto in posizione più occidentale, si colloca ad una distanza minima dal corso d'acqua pari a circa 800m.

Le quote topografiche sono comprese fra 52-50 m s.l.m in corrispondenza di Polo S. Luca e fra 54 e 51 in corrispondenza del comparto Sim-Morazzo.

L'analisi della cartografia tematica prodotta relativamente alla litologia di superficie segnala la presenza, nell'ambito dello spessore più superficiale, di litotipi riferibili alla classe 3, corrispondente a *limi da argillosi a sabbiosi, fitte alternanze di limi e sabbie fini*. L'esame di stratigrafie di pozzi idrici disponibili nella zona consente di localizzare il tetto dell'orizzonte ghiaioso più superficiale a profondità variabili fra 7.5 e 10 m dal p.c. in corrispondenza del Polo Sim-Morazzo e fra 2.5 e 5 m in corrispondenza di Polo S. Luca.

Le caratteristiche idrogeologiche del settore in esame sono state analizzate tramite la realizzazione di n. 3 sezioni idrogeologiche riportate in allegato. Tali sezioni consentono la ricostruzione di uno spessore di sottosuolo variabile fra 31 e 98 m.

La sezione 1 si sviluppa in direzione S-N a partire dal settore pedecollinare, a Sud del confine comunale. Tale sezione, consentendo la ricostruzione del sottosuolo nell'ambito di uno spessore massimo pari a circa 70 m, illustra lo sviluppo dei sedimenti riferibili al corpo acquifero A nelle sue porzioni apicali, con un contatto tettonico con i depositi mio-pliocenici dell'Appennino.

La sezione 2, il cui tracciato si sviluppa in direzione E-W, consente di rilevare la presenza, nell'ambito di profondità comprese fra piano campagna e -90 m, di depositi a granulometria prevalentemente grossolana caratterizzati da elevati valori di permeabilità. All'interno di tali depositi si individuano solo localmente orizzonti costituiti da depositi limo-argillosi a bassa permeabilità il cui spessore è generalmente inferiore ad 1 m. Tale sezione evidenzia la discontinuità e l'esiguo spessore dei sedimenti pelitici attribuibili all'acquitarzo alfa e riscontrabili a profondità variabili fra 23 e 25.6 m in corrispondenza dei punti 220120P028 e 220120P062, localizzati nelle adiacenze del limite meridionale del comparto Sim-Morazzo.

Procedendo in direzione E si osserva il graduale approfondimento dell'orizzonte acquitarzo e, parallelamente, una diminuzione dello spessore dei sedimenti pelitici

progressivamente sostituiti da depositi a granulometria grossolana. In corrispondenza del punto 5259, ubicato in destra idrografica del Fiume Reno, non sono riconoscibili, nell'ambito delle profondità che competono all'acquitaro alfa, litotipi a granulometria fine. Sono osservabili, a profondità comprese fra 66.5 e 74.8 m dal p.c., depositi pelitici riferibili all'acquitaro delta. Il livello di falda misurato in corrispondenza di tale punto è da attribuirsi, pertanto, ad una falda profonda, contenuta all'interno del corpo acquifero A234.

La sezione 3 consente la ricostruzione delle caratteristiche litostratigrafiche dello spessore di sottosuolo compreso entro i primi 54 m in corrispondenza del comparto Sim-Morazzo. Depositati a bassa permeabilità attribuibili all'acquitaro alfa sono riscontrabili a profondità comprese fra 23 e 30.6 m dal p.c.. Al progressivo approfondimento di tali sedimenti in direzione SW-NE fa riscontro una graduale diminuzione dello spessore che, in corrispondenza del punto 220080P445, risulta ridotto a circa 10 cm, essendo i litotipi pelitici progressivamente sostituiti da depositi di natura sabbiosa.

Come desumibile dalla documentazione descritta in precedenza ed in particolare dall'analisi dei dati piezometrici e litostratigrafici disponibili, l'area in esame si colloca in corrispondenza di un settore interessato dalla presenza del complesso delle falde profonde, essendo lo spessore più superficiale insaturo ed il complesso delle falde superficiali, conseguentemente, privo di manifestazioni. La tavola riportata in allegato mostra l'andamento delle curve di ugual soggiacenza della falda profonda dal piano di campagna ricostruite sulla base dell'interpolazione dei dati disponibili, unitamente ai punti di controllo esistenti nell'intorno dell'area di interesse. I valori di soggiacenza, in corrispondenza del settore in esame, risultano compresi fra 58 e 60 m dal piano di campagna e crescenti in direzione NE-SW.

La superficie piezometrica si colloca, quindi, a profondità tali da non essere soggetta ad una interferenza diretta con una attività estrattiva spinta fino a 20 m. Si ritiene comunque opportuno segnalare come l'elevata permeabilità dei depositi costituenti lo spessore più superficiale del sottosuolo, caratterizzati da una percentuale di ghiaie e sabbie compresa fra il 70 e l'80% in corrispondenza di Polo S. Luca e fra il 50 e il 60% in corrispondenza di Polo Sim-Morazzo, unitamente alla situazione litostratigrafica descritta e caratterizzata dalla locale assenza di spessori di consistenza e continuità areale sufficienti a garantire una adeguata protezione del complesso delle falde profonde, possano rappresentare un fattore di rischio di contaminazione per l'ambiente idrico sotterraneo in relazione a possibili infiltrazioni di sostanze inquinanti rilasciate in superficie.

3.2 Settore Aeroporto

Il settore in esame (allegato 12) si colloca in corrispondenza della porzione centro – settentrionale del territorio comunale. La localizzazione dei comparti estrattivi presenti nell'ambito del settore in esame è riportata in allegato.

3.2.1 Caratteristiche geologiche ed idrogeologiche

Il settore in esame risulta ubicato nell'ambito della alta-media pianura bolognese, in sinistra idrografica del Fiume Reno. Le quote topografiche variano da 39 e 35 m s.l.m. procedendo in direzione SW-NE.

L'analisi della cartografia tematica prodotta relativamente alla litologia di superficie unitamente al confronto con le sezioni idrogeologiche ricostruite segnala la presenza, nell'ambito dello spessore più superficiale, di litotipi riferibili alla classe 4, corrispondente a *sabbie e sabbie ghiaiose, sabbie limose*.

L'esame delle stratigrafie disponibili consente di localizzare il tetto dell'orizzonte ghiaioso più superficiale a profondità pari a circa 10 m dal p.c. in corrispondenza della ex-cava Due Portoni. Le profondità di tale orizzonte diminuiscono nell'ambito delle porzioni settentrionale ed orientale del settore in esame all'interno delle quali si colloca rispettivamente a profondità comprese fra 7.5 e 5 m e fra 5 e 2.5 m.

Le caratteristiche idrogeologiche del settore in esame sono state analizzate tramite la realizzazione di n. 3 sezioni idrogeologiche riportate in allegato. Tali sezioni consentono la ricostruzione di uno spessore di sottosuolo variabile fra 25 e 82 m, sviluppandosi principalmente all'interno del corpo acquifero A1.

La sezione 1, ad andamento SW-NE, consente di distinguere una porzione meridionale, interessata dalla presenza i depositi superficiali di tipo argilloso-limoso, da una porzione centrale e settentrionale caratterizzata dalla presenza, in superficie, di consistenti spessori di tipo sabbioso. Nell'ambito delle profondità investigate, il sottosuolo appare costituito da depositi a granulometria grossolana attribuibili al corpo acquifero più superficiale denominato A1. Depositi pelitici riferibili al corpo acquitardo alfa sono individuabili a profondità comprese fra 34 e 35 m in corrispondenza del punto Sc2, che raggiunge il tetto dell'acquitardo, e fra 46 e 76 m in corrispondenza del punto 220080P501 che, oltrepassando l'acquitardo alfa, raggiunge il corpo acquifero A234.

La sezione 3, che attraversa la porzione settentrionale del settore in esame con andamento NW-SE, evidenzia la buona continuità areale e il considerevole spessore caratterizzanti localmente l'acquitardo alfa. I dati disponibili in corrispondenza della porzione meridionale del settore in esame ed utilizzati per la ricostruzione della sezione 2 non consentono il raggiungimento di profondità tali da fornire una adeguata descrizione dello spessore acquitardo.

Quindi l'acquitardo alfa sembra avere localmente (cioè esattamente in corrispondenza di questa zona), in base ai dati attualmente disponibili, buone caratteristiche di tenuta e di protezione degli acquiferi profondi. Si rileva come i terreni fini di copertura al banco ghiaioso aumentino progressivamente di spessore precedendo verso Ovest, da valori di poco superiori a 5 metri sino a 13.5 m sul lato orientale del Polo Cappellina.

Come desumibile a seguito dell'analisi della documentazione descritta in precedenza ed in particolare dall'analisi dei dati piezometrici e litostratigrafici disponibili, l'area

in esame si colloca in corrispondenza di un settore interessato dalla presenza del complesso delle falde superficiali ed, in particolare della falda Sup1, essendo lo spessore più superficiale insaturo e le falde superficiali Sup2, Sup3 e Sup4 conseguentemente, prive di manifestazioni. La tavola riportata in allegato mostra l'andamento delle curve di uguale soggiacenza della falda Sup1 dal piano di campagna ricostruite sulla base dell'interpolazione dei dati disponibili, unitamente ai punti di controllo esistenti nell'intorno dell'area di interesse. I valori di soggiacenza, in corrispondenza del settore in esame risultano compresi fra 22 e 28 m dal piano di campagna e crescenti in direzione NE-SW.

La superficie piezometrica si colloca, quindi, a profondità di poco inferiori a 20m. In particolare per il Polo Cappellina alcune misure effettuate su piezometri esistenti indica una soggiacenza variabile da 21 a 23 metri.

Si ritiene opportuno segnalare, inoltre, come l'elevata permeabilità dei depositi costituenti lo spessore più superficiale del sottosuolo, caratterizzati da una percentuale di ghiaie e sabbie compresa fra il 50% in corrispondenza della porzione più occidentale e l'80% in corrispondenza della porzione più orientale del settore in esame, possano rappresentare un fattore di rischio di contaminazione per l'ambiente idrico sotterraneo in relazione a possibili infiltrazioni di sostanze inquinanti rilasciate in superficie. La possibilità di intercomunicazione fra il complesso delle falde superficiali e profonde legata essenzialmente a fenomeni di drenanza accentuati dall'azione di richiamo esercitata dai centri di prelievo di Borgo Panigale e Tiro a Segno può estendere il rischio di contaminazione ai corpi acquiferi più profondi.

3.3 Settore Reno

Il settore in esame (allegato 11) si colloca in corrispondenza della porzione settentrionale del Comune di Bologna, nell'ambito della zona mediana del dosso morfologico formato da sedimenti a granulometria grossolana la cui presenza è da ricondursi alla attività deposizionale del Fiume Reno.

All'interno di questo settore risulta ubicato un numero considerevole di cave e due impianti di lavorazione.

Elementi di particolare rischio, dal punto di vista idrogeologico, sono rappresentati dalla presenza, all'interno del settore in esame, del tracciato fluviale e dei centri di prelievo di Borgo Panigale e Tiro a Segno.

3.3.1 Assetto geologico ed idrogeologico

L'analisi di stratigrafie di pozzi idrici disponibili nella zona consente di localizzare il tetto dell'orizzonte ghiaioso più superficiale a profondità variabili fra 7.5 m; in corrispondenza della porzione orientale del territorio considerato e, quindi, in posizione più distale rispetto al corso del Fiume Reno) e inferiori a 2.5 m in corrispondenza delle posizioni più prossimali al tracciato fluviale.

In corrispondenza del settore in esame il tetto dell'orizzonte Acquitaro Alfa si colloca a profondità variabili tra 30-35 e 50-60 m circa dal piano di campagna, approfondendosi gradualmente in direzione Sud-Ovest (direttrice cava Bruschetti-Impianto Ponte Romano) - Nord-Est (impianto Traghetto).

Le caratteristiche idrogeologiche del settore in esame sono state analizzate tramite la ricostruzione di 1 sezione riportata in allegato.

Essa consente di verificare l'esistenza nel sottosuolo di una alternanza litologica che individua una struttura idrogeologica schematizzabile in un acquifero multifalda, costituito da orizzonti sovrapposti e separati da corpi litologici dotati di bassa conducibilità idraulica.

In particolare è riconoscibile l'acquitaro alfa, orizzonte di separazione tra un acquifero più superficiale, corrispondente al corpo acquifero A1, sede del complesso delle falde superficiali, ed il sottostante acquifero A234, sede del complesso delle falde profonde. Il tetto di tale orizzonte si estende nel sottosuolo a profondità variabili fra 30-35 e 50-60 m circa dal piano di campagna, approfondendosi gradualmente in direzione Sud-Ovest (direttrice cava Bruschetti - Impianto Ponte Romano) - Nord-Est (impianto Traghetto).

Tale orizzonte è caratterizzato da bassa conducibilità idraulica ed è costituito da argille prevalenti con locali intercalazioni di limi argillosi e/o sabbiosi.

In particolare, il confronto con la cartografia tematica relativa alla ricostruzione dello spessore dell'acquitaro alfa consente di rilevare che l'acquitaro in questa zona ha spessore generalmente superiore a 5 m ed è caratterizzato da percentuali in $(gh+s)/tot$ inferiori a 0.2.

In corrispondenza della porzione di territorio circostante il centro di prelievo denominato Tiro a Segno. Al contrario, in corrispondenza del centro di prelievo denominato Borgo Panigale si osservano, all'interno dello spessore acquitaro alfa, percentuali di litotipi a granulometria grossolana superiori al 20% e crescenti verso Sud (vedi figura relativa), indicative dell'esistenza di locali discontinuità dell'acquitaro.

All'interno dello spessore del corpo acquifero A1, inoltre, si riconosce, a profondità comprese fra 20 e 30m dal p.c., l'esistenza di un corpo discontinuo costituito da sedimenti di natura pelitica e, quindi, caratterizzato da bassa permeabilità che, interrompendo la continuità dei depositi grossolani di A1, individua al suo interno, due ulteriori acquiferi sovrapposti e localmente in comunicazione.

Come desumibile a seguito dell'analisi della documentazione descritta in precedenza ed in particolare dall'analisi dei dati piezometrici e litostratigrafici disponibili, l'area in esame si colloca in corrispondenza di un settore interessato dalla presenza del complesso delle falde superficiali ed, in particolare della falda Sup1, essendo lo spessore più superficiale insaturo e le falde superficiali Sup2, Sup3 e Sup4, conseguentemente, prive di manifestazioni. La tavola riportata in allegato mostra l'andamento delle curve di ugual soggiacenza della falda superficiale denominata

Sup1 dal piano di campagna ricostruite sulla base dell'interpolazione dei dati disponibili, unitamente ai punti di controllo esistenti nell'intorno dell'area di interesse. I valori di soggiacenza, in corrispondenza del settore in esame risultano compresi fra 29-34m (Cava Bruschetti) e 22 m (Impianto Traghetto) dal piano di campagna e decrescenti in direzione SW-NE.

Localizzaz. punti di controllo	Denominaz. punti di controllo	valori medi soggiacenza falda da p.c. (m)	valori minimi soggiacenza falda da p.c. (m)	valori max soggiacenza falda da p.c. (m)	Oscillazione massima (m)	periodo di controllo
Cava Birra	04-M (C)	27.42	26.10	29.29	3.19	1998-2007
	04-I (B)	27.67	26.50	29.45	2.95	
	04-L (A)	27.14	26.00	29.90	3.90	
Cava Pigna 2	04-A (S1)	26.01	24.87	27.26	2.39	1998-2001
	04-B (S2)	29.29	24.15	26.42	2.27	
	04-C (S3)	24.77	23.68	25.86	2.18	
Cava Forni	05-E (S1)	26.03	23.97	27.95	3.98	1998-2007
	09-F (S2)	25.75	23.49	27.75	4.26	
	05-F (S3)	25.22	23.24	26.69	3.45	
Cava Bruschetti	09-M (Pz1)	32.15	28.31	33.00	4.69	2000-2002
Cava Berleta	04-O (S1)	28.10	27.40	28.80	1.40	1999-2001
	04-N (S2)	23.22	22.64	24.06	1.42	
Cava Volta	04-H (Pz1)	25.89	24.94	27.52	2.59	1997-2001
	09-E (Pz2)	26.73	25.80	27.90	2.10	
Cava Bertalia	09-A	29.08	26.00	31.10	5.10	1998-2001

Tabella 2: piezometri di controllo – localizzazione e valori di soggiacenza misurati

Le caratteristiche piezometriche della zona in esame risultano note a seguito dei controlli effettuati in corrispondenza dei piezometri ubicati nelle adiacenze delle aree sede di attività estrattiva.

I dati disponibili hanno consentito la ricostruzione dell'evoluzione piezometrica nel tempo all'interno del settore in esame, riassunta nella tabella e nei diagrammi di seguito riportati.

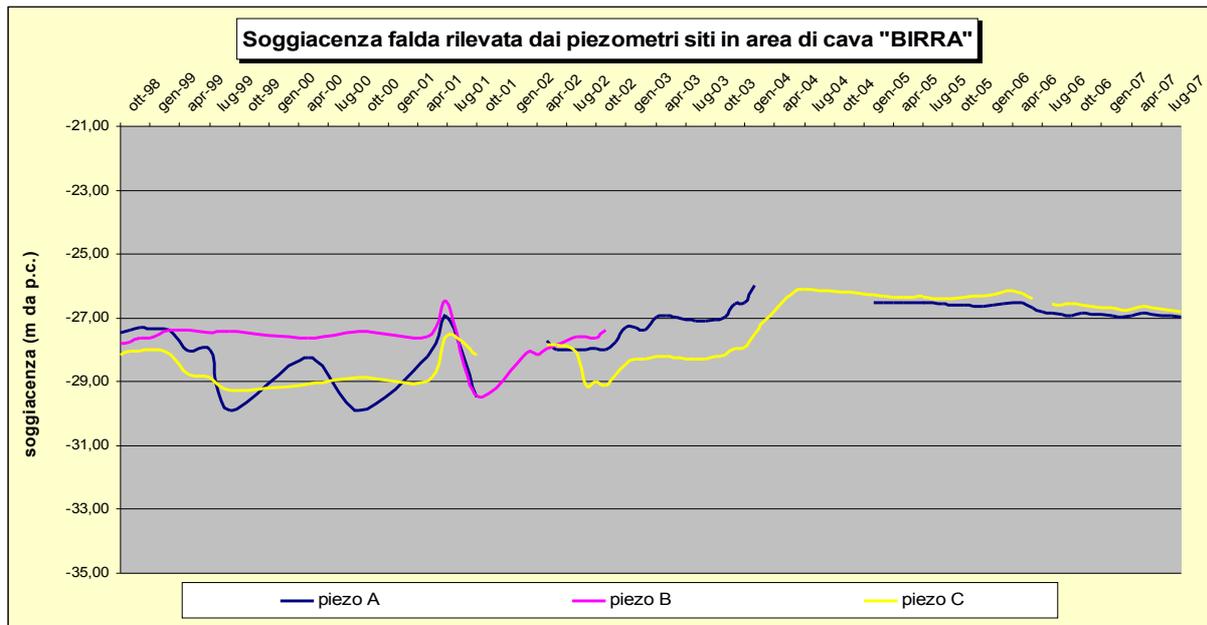


Fig. 9: evoluzione piezometrica rilevata presso la Cava Birra

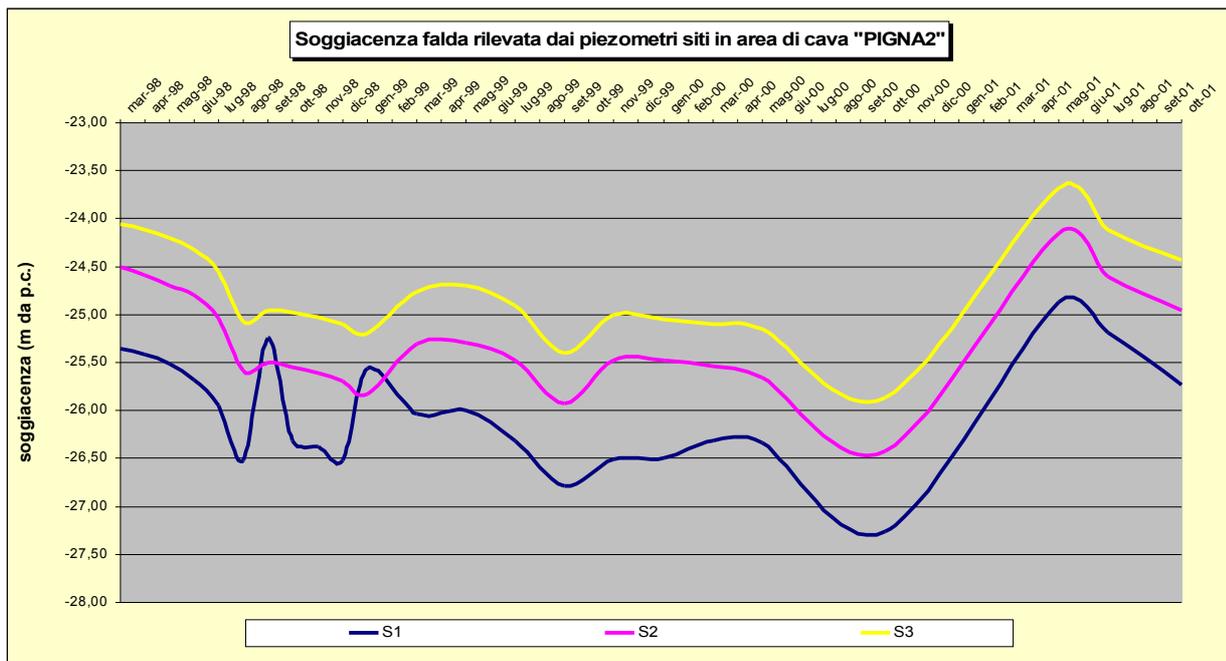


Fig. 10: evoluzione piezometrica rilevata presso la Cava Pigna2

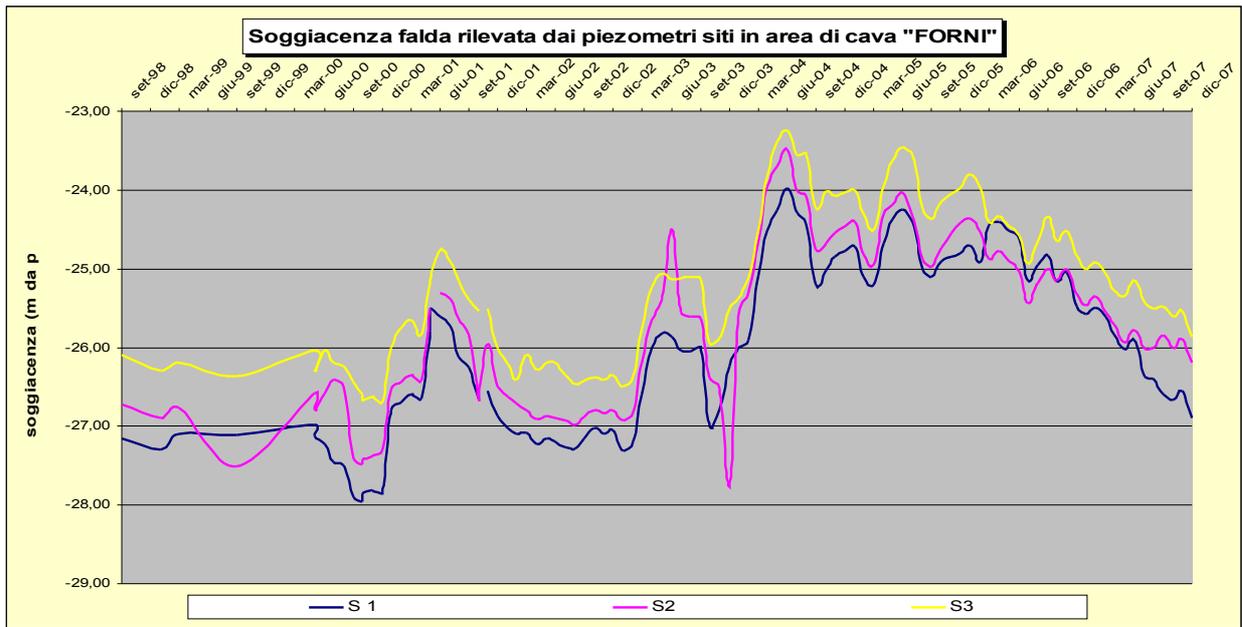


Fig. 11: evoluzione piezometrica rilevata presso la Cava Forni

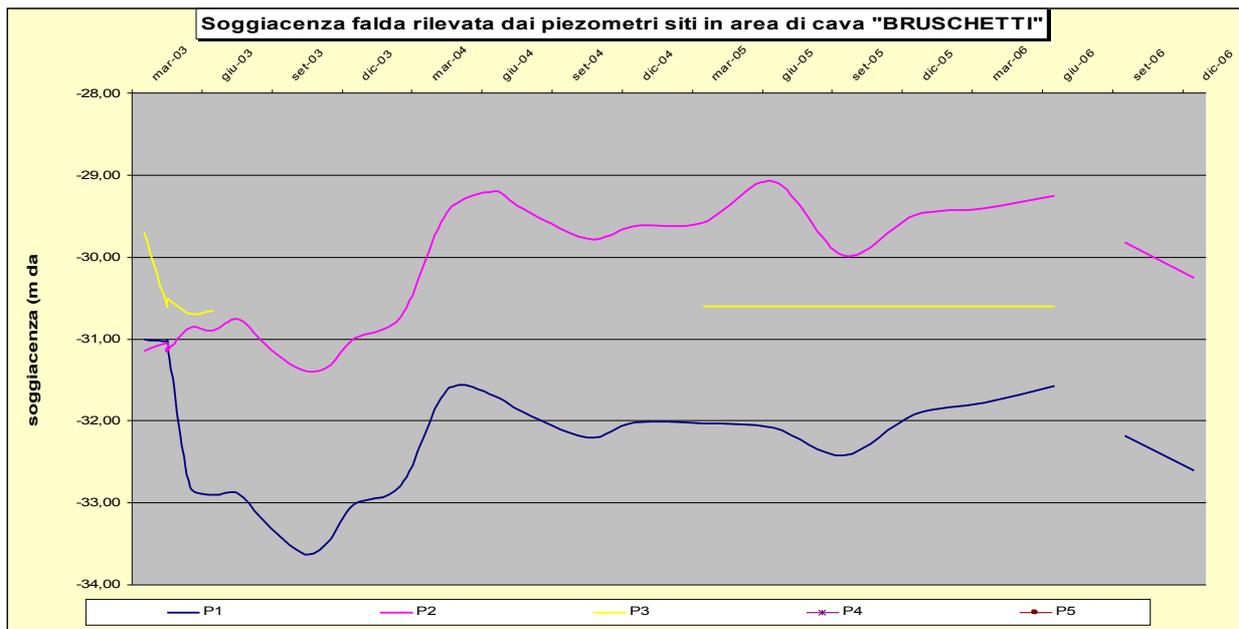


Fig. 12: evoluzione piezometrica presso la Cava Bruschetti

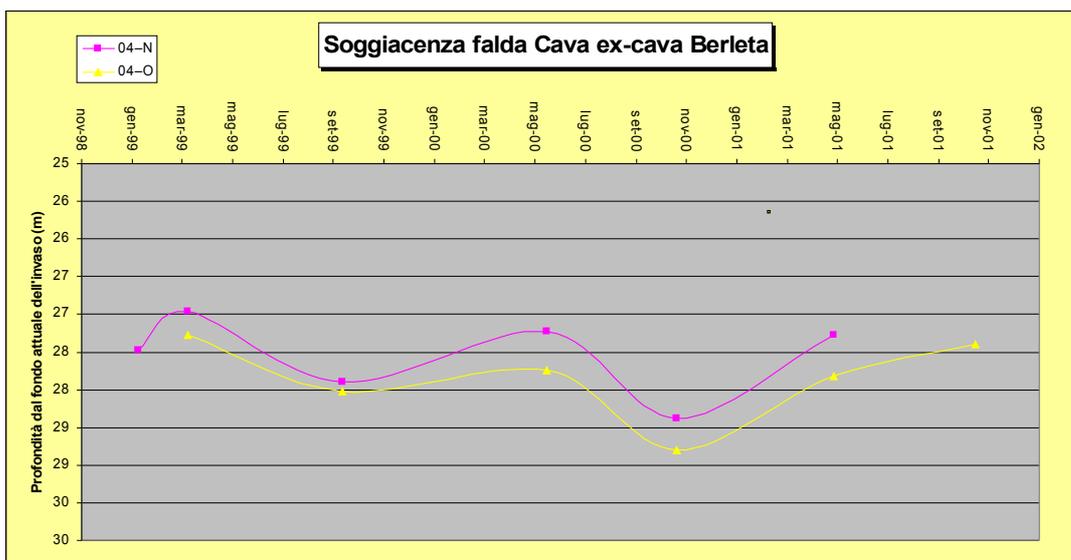


Fig. 13: evoluzione piezometrica presso la Cava Berleta

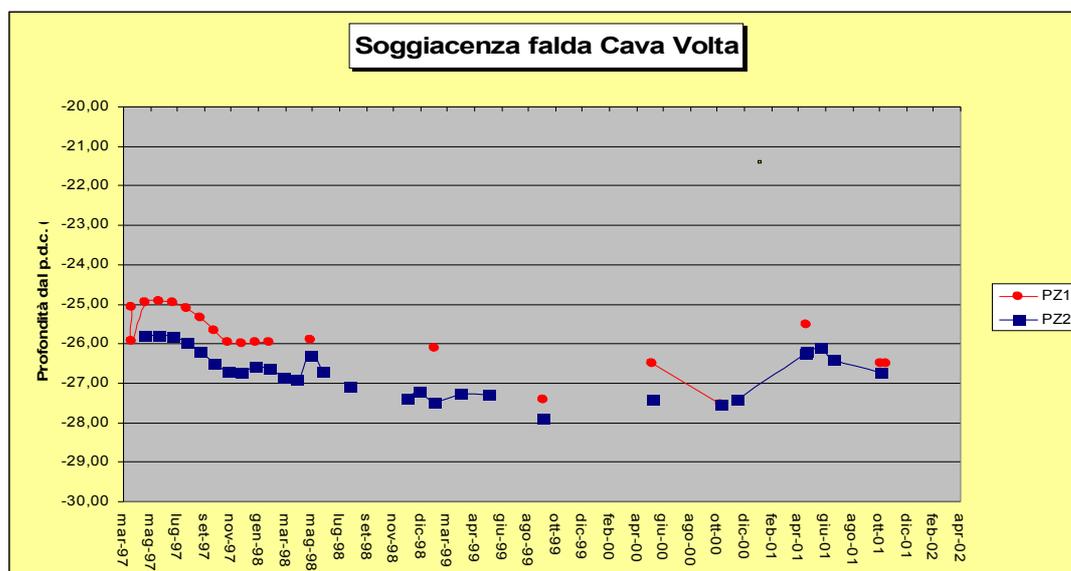


Fig. 14: evoluzione piezometrica presso la Cava Volta

La superficie piezometrica della falda superficiale SUP1 si colloca, quindi, a profondità superiori a 20m. rispetto al piano di campagna originario.

Si ritiene opportuno segnalare come l'elevata permeabilità dei depositi costituenti lo spessore più superficiale del sottosuolo, caratterizzati da una percentuale di ghiaie e sabbie compresa fra il 50% in corrispondenza della porzione più occidentale e l'80% in corrispondenza della porzione più orientale, unitamente alla azione di richiamo esercitata dai centri di prelievo e alla presenza di discontinuità dell'acquitrando Alfa segnalate nelle vicinanze del centro di prelievo Borgo Panigale possano rappresentare un fattore di rischio di contaminazione per l'ambiente idrico sotterraneo in relazione a possibili infiltrazioni di sostanze inquinanti rilasciate in superficie.

3.4 Settore Zanardi-Corticella

L'area in esame si colloca in corrispondenza della porzione settentrionale del Comune di Bologna.

La localizzazione dei comparti estrattivi e/o impianti di lavorazione presenti nell'ambito del settore in esame è riportata in allegato.

Le caratteristiche idrogeologiche dell'area sono condizionate dalla presenza della conoide alluvionale del F. Reno, che costituisce un corpo allungato verso la pianura e isolato lateralmente da depositi argilloso - limosi a bassa conducibilità idraulica.

Viene di seguito riportata la caratterizzazione idrogeologica in riferimento all'area estrattiva S. Niccolò e Corticella risultanti ubicati in corrispondenza di porzioni del territorio interessate dal complesso sistema delle falde superficiali caratterizzate da valori di soggiacenza localmente inferiori a 10 m dal p.c.

Parte del materiale viene dedotto dalle relazioni idrogeologiche prodotte da Consorzio Cave s.c.a.r.l. e da Fornaciaci S.p.A., integrato da dati e documentazione elaborata dall'Ufficio Suolo e Attività Estrattive.

3.4.1 Ambito Possessione Palazzo e Polo S. Niccolò

Per la ricostruzione della struttura idrogeologica degli orizzonti acquiferi presenti nell'area S. Niccolò vengono presentate 3 sezioni idrogeologiche di dettaglio riportate in allegato che permettono di descrivere la struttura del sottosuolo sino alla profondità massima di circa 50 m dal p.c., raggiunta dalle perforazioni più recenti.

Le sezioni 1 e 2 descrivono la geometria del sottosuolo, sviluppandosi entrambe in direzione Sud - Nord, rispettivamente attraverso la porzione occidentale e orientale delle aree. Le sezioni 3 e 4 si estendono da Est a Ovest, rispettivamente lungo il margine settentrionale e meridionale del Polo S. Niccolò.

L'alternanza litologica riscontrata delinea una struttura idrogeologica schematizzabile in un acquifero multifalda, costituito da orizzonti sovrapposti e separati da corpi litologici dotati di bassa conducibilità idraulica.

Presentazione dei dati geologici e idrogeologici

Le sezioni elaborate individuano nell'area S. Niccolò la presenza, al di sotto di un orizzonte prevalentemente argilloso - limoso superficiale, individuabile fino ad una profondità di 6-9 m dal p.c., di tre orizzonti acquiferi ghiaiosi identificati a profondità comprese tra 6-9 e 56 m dal p.c. (massima profondità investigata).

Il sottosuolo investigato con metodi diretti, anche grazie a nuovi pozzi e piezometri appositamente realizzati nell'area di escavazione, presenta mediamente la seguente stratigrafia.

Depositi fini superficiali

Da 0 a circa 6 - 9 m dal p.c. sono presenti sedimenti prevalentemente argilloso-limosi al cui interno si distinguono i seguenti orizzonti: un orizzonte più superficiale (tra 0 e 3-5 m dal p.c.) costituito da terreni limosi color ocra localmente sabbiosi e con sporadiche sabbie medio - fini e un sottostante orizzonte (tra 3-5 e 6-9 m dal p.c.), avente uno spessore medio di circa 2-5 m, costituito terreni prevalentemente argilloso - limosi grigio scuro, con resti vegetali localmente abbondanti, che formano un tetto continuo al sottostante primo orizzonte acquifero ghiaioso identificato nell'areale in esame.

Entro questo orizzonte si è osservato, localmente e stagionalmente, in corrispondenza dei livelli più permeabili (sabbie limoso argillose), la presenza di acque, riferibili alla falda superficiale SUP4, che saturano parzialmente questi sottili e discontinui livelli permeabili.

Primo acquifero

Da circa 6 - 9 a 12 - 16 m dal p.c., per uno spessore mediamente compreso tra 5 - 8 m, si riscontrano sedimenti ghiaiosi eterogenei localmente immersi in matrice limoso - sabbiosa; localmente al tetto delle ghiaie è presente un orizzonte sabbioso medio - fine di colore grigio, esteso con continuità nel settore orientale dell'area e che si chiude verso Nord, Nord - Ovest; tali orizzonti sono interessati dal progetto di escavazione e rappresentano il primo livello acquifero ghiaioso dell'area, sede di una falda libera corrispondente alla falda superficiale SUP3, individuabile con discreta continuità. La distribuzione dei depositi grossolani è rappresentata in figura riportata in allegato 18.

Da circa 12 - 16 a 18 - 22 m dal p.c. (spessore mediamente compreso tra 5 - 7 m) sono presenti sedimenti argillosi color grigio, caratterizzati dalla presenza di abbondante sostanza organica e torba; costituiscono un orizzonte di separazione con continuità laterale (aquiclude) tra il primo e il secondo acquifero ghiaioso individuato. Due corpi di ghiaie e sabbie sono identificabili all'interno, uno disposto con asse N40 entrante dal vertice SW e un secondo con direzione N320, sabbioso entrante dal lato est, come emerge dalla figura riportata in allegato 19. Sulla base dei dati stratigrafici disponibili si è ricostruito l'andamento della base di tale acquifero che tra l'altro risulta quello direttamente coinvolto dall'estrazione, ottenendo i risultati riportati nelle fig. 15 e 16.

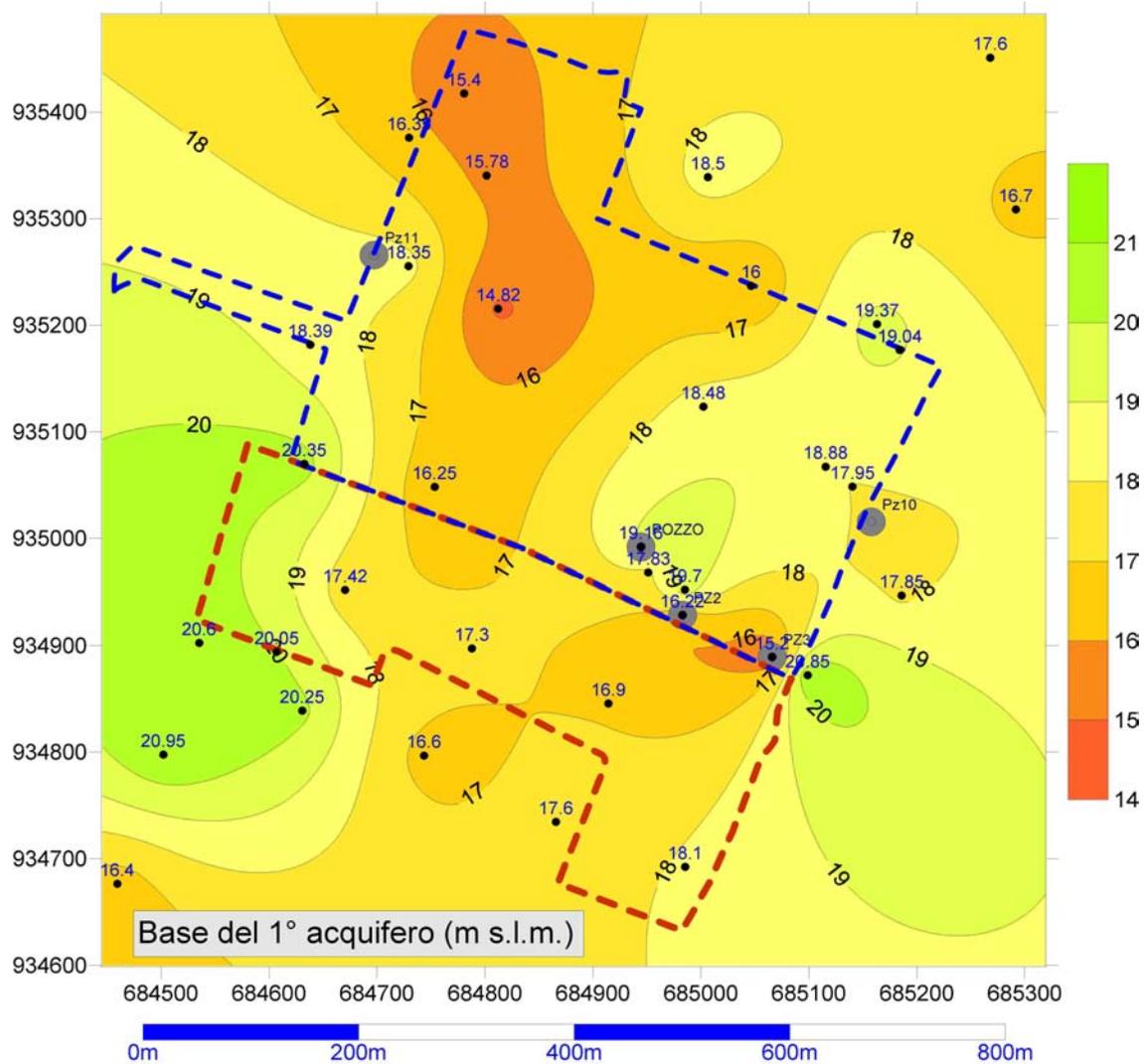


Fig. 15: Base del 1° acquifero (m s.l.m.)

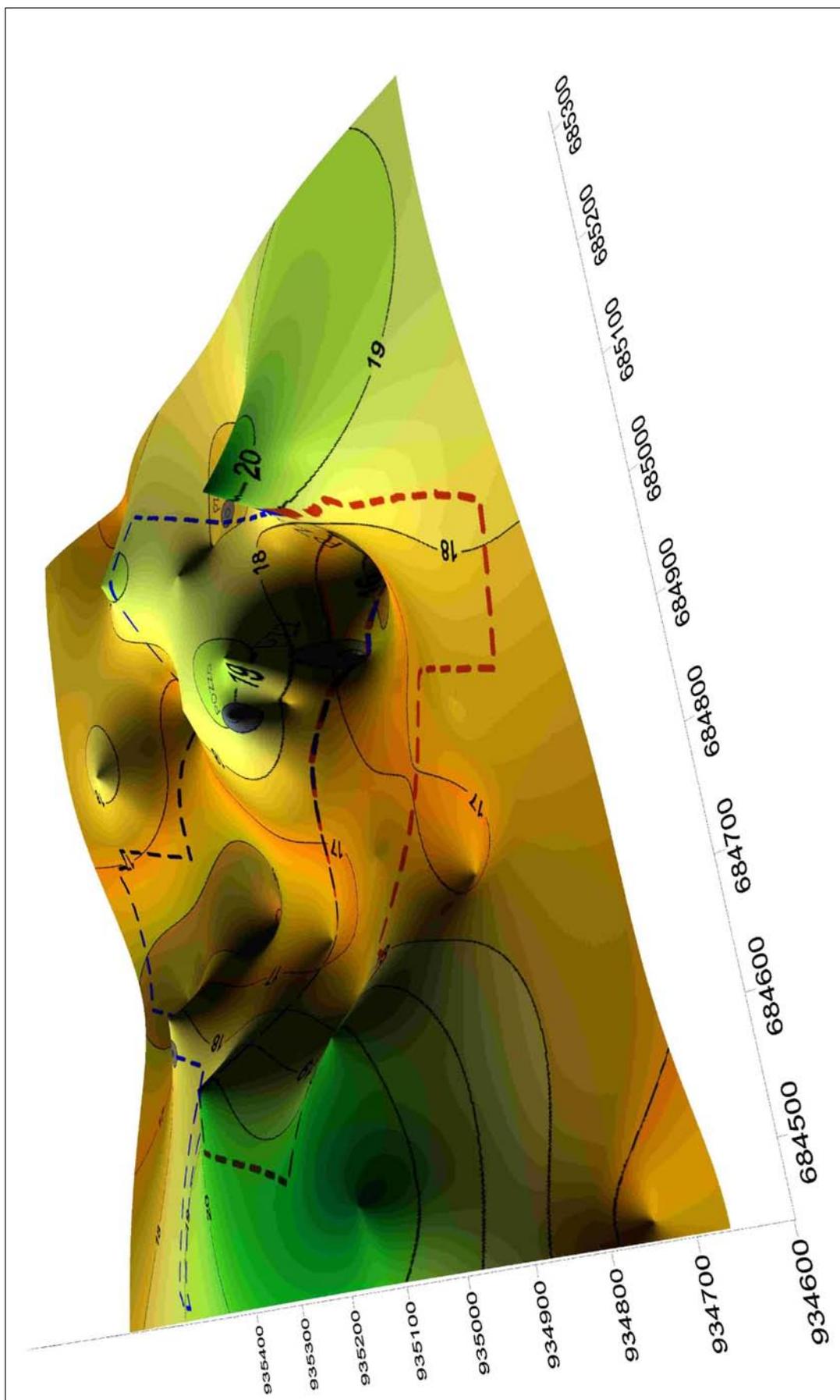


Fig. 16: Andamento della base del 1° acquifero 3D (m s.l.m.)

Morfologicamente si evidenzia una depressione con andamento principale N-S che come vedremo di seguito condiziona gli andamenti piezometrici della falda contenuta nel 1° acquifero.

E' inoltre in questo settore che si assottiglia lo spessore dei terreni fini che costituiscono l'acquitrando di separazione con l'acquifero sottostante (Fig. 17) con valori medi di circa 3 metri, mentre lateralmente lo spessore aumenta sino ad oltre 7 metri.

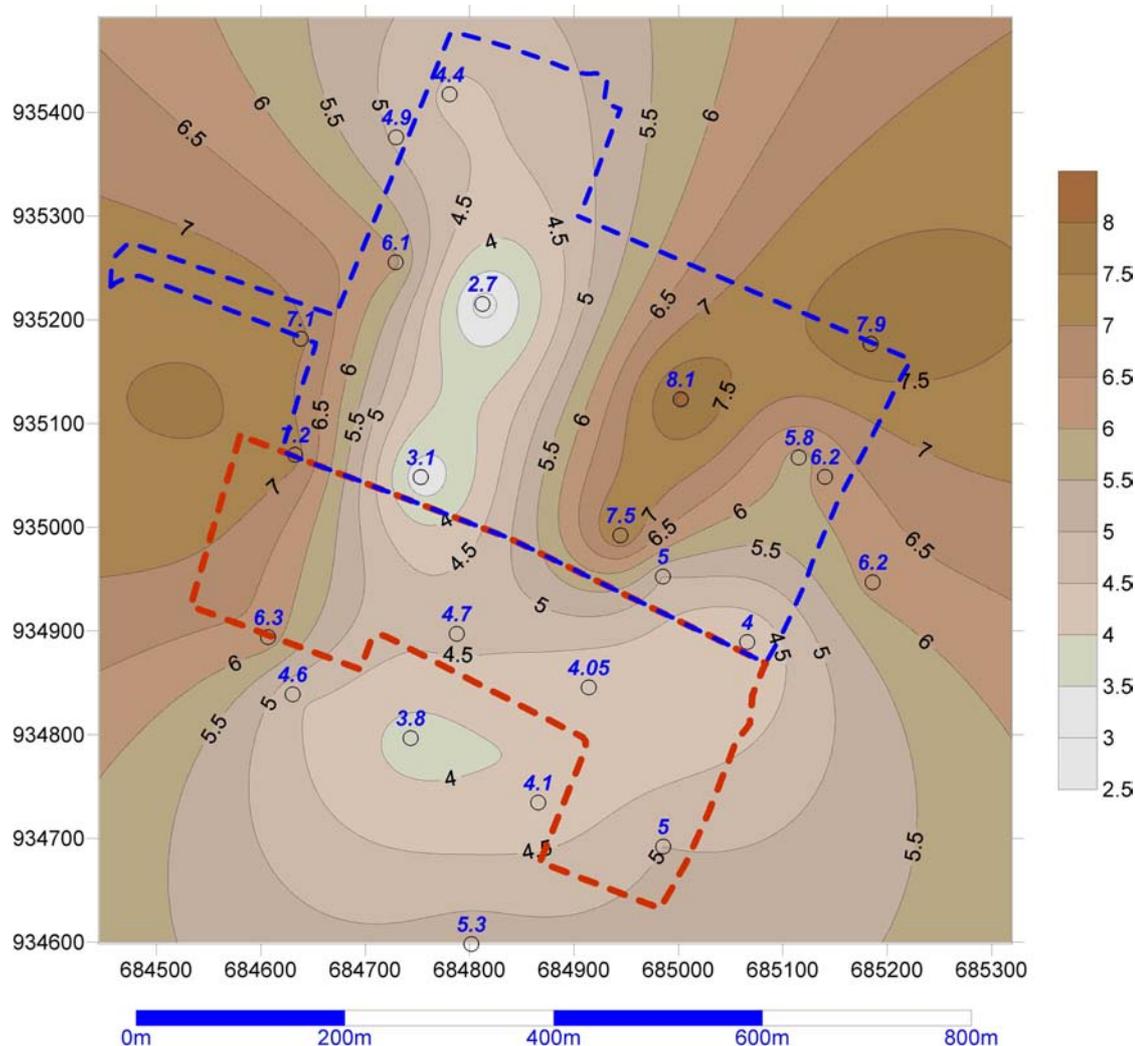


Fig. 17 : Spessore acquitrando di separazione 1° e 2° acquifero

Secondo acquifero

Da circa 18 - 22 a 35 m dal p.c. (spessore medio di circa 15 - 16 m) sono presenti sedimenti ghiaiosi eterogenei immersi in matrice limoso - sabbiosa localmente abbondante, con sporadici orizzonti di sabbia grossolana; tali orizzonti rappresentano il secondo livello acquifero ghiaioso nell'area, sede di una falda di tipo confinata corrispondente alla falda superficiale SUP2.

Da circa 35 a 39 m dal p.c. (spessore medio di 2 - 4 m) sono presenti sedimenti argillosi grigi compatti che formano un orizzonte continuo di separazione (aquitard) tra il secondo orizzonte individuato e quello sottostante.

Terzo acquifero

Da circa 39 m a oltre 56 m dal p.c. sono presenti sedimenti ghiaiosi eterogenei (ghiaia e ghiaietto); tali orizzonti costituiscono il terzo livello acquifero ghiaioso, sede di una falda di tipo semi – confinato denominata SUP1.

Nessuna delle perforazioni eseguite ha raggiunto la base dell'acquifero ghiaioso più profondo, ma dall'esame della sezione schematica e riferendosi ai dati stratigrafici più profondi è probabile che nell'area tale orizzonte si trovi alla profondità di circa 60 –65 m dal p.c..

I piezometri di controllo presenti nell'ambito dell'area di escavazione sono soggetti a monitoraggio periodico.

Si riscontra il carattere di stagionalità della falda superficiale captata dal piezometro P7, alla profondità di circa 7 m, dove nel periodo compreso tra i mesi di marzo 1999 e febbraio 2000 si osserva una variazione del livello piezometrico di circa 0.8 m. Da sottolineare che nei mesi di giugno, agosto ed ottobre il piezometro è sempre risultato asciutto.

Sulla base dei risultati della campagna piezometrica condotta nel 2007 si osserva che la morfologia piezometrica del primo orizzonte acquifero ghiaioso (Fig. 18) individuato nell'area e sede di una falda libera, ricostruita limitatamente all'area di futura estrazione, individua una zona di drenaggio della falda, evidenziata dalla convergenza del flusso idrico verso l'area centrale del comparto S. Niccolò con gradienti piezometrici maggiori nel settore orientale.

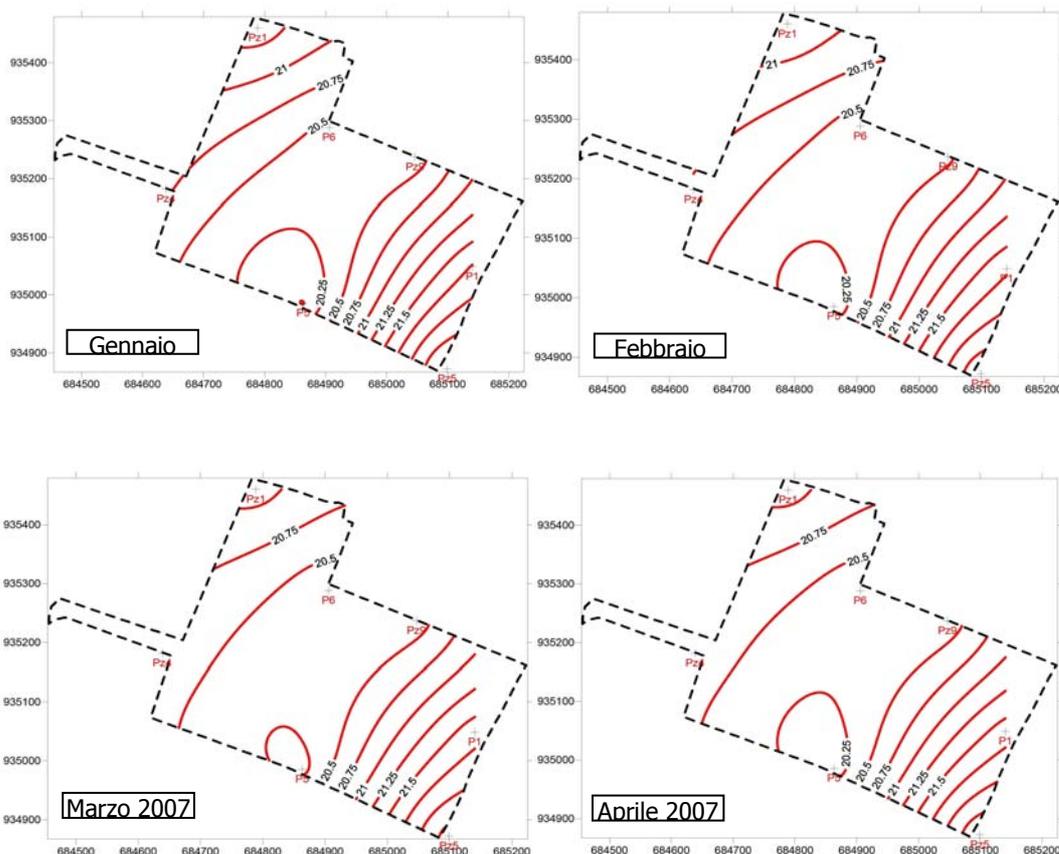


Fig. 18: Andamento piezometrico della falda SUP3 in corrispondenza del Polo San Niccolò da campagne piezometriche del 2007

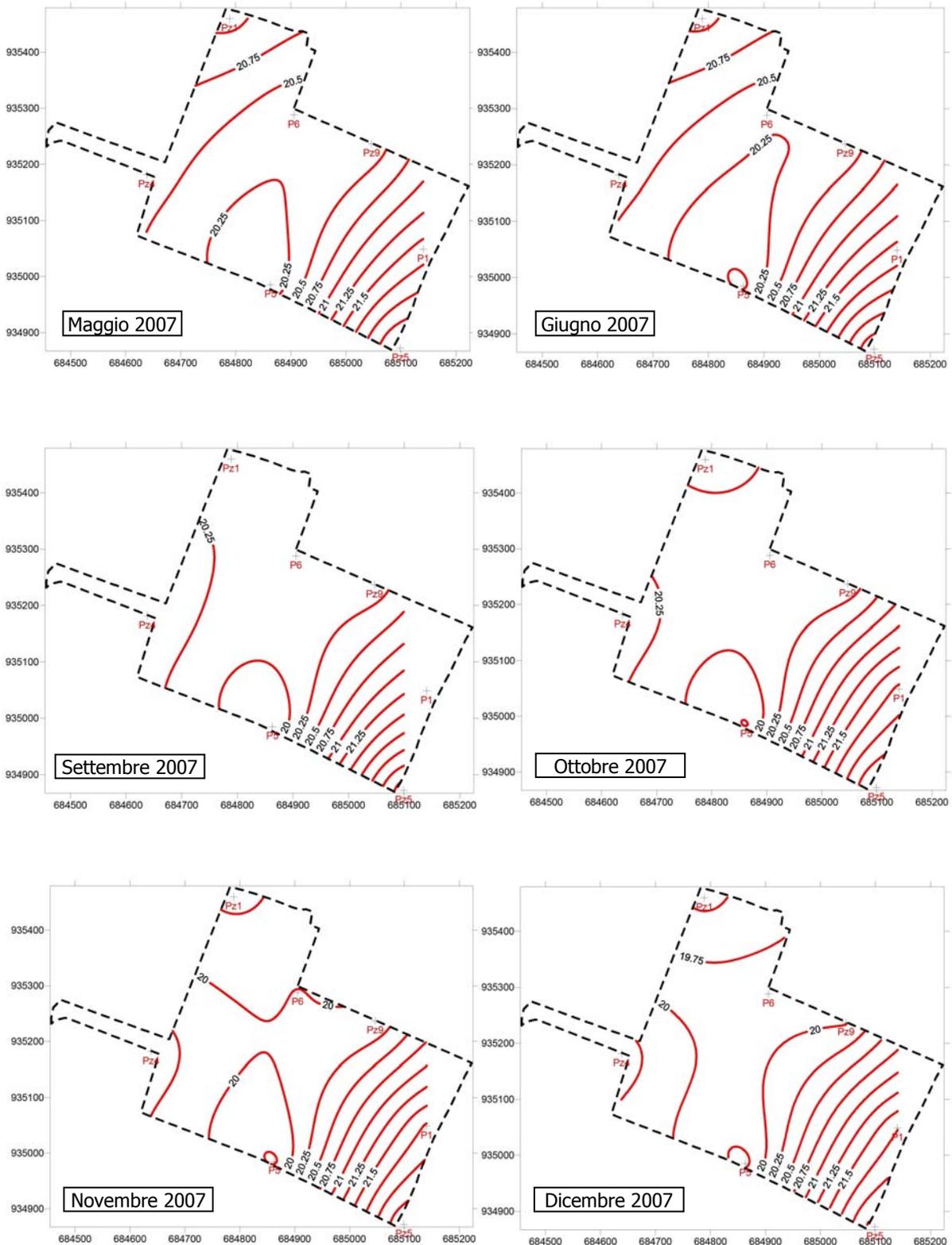


Fig. 18: Andamento piezometrico della falda SUP3 in corrispondenza del Polo San Niccolò da campagne piezometriche del 2007

Le quote piezometriche della falda contenuta nel 1° acquifero sono comprese tra 18 e 23 m s.l.m.. Il confronto con i livelli registrati nel sovrastante orizzonte argilloso-limoso superficiale evidenzia una differenza di carico di circa 7 m. Tale differenza è direttamente verificabile nell'area confrontando la quota registrata nei due piezometri adiacenti P6 e P7, che captano rispettivamente l'orizzonte ghiaioso (falda SUP3) e l'orizzonte argilloso-limoso superficiale (falda SUP4).

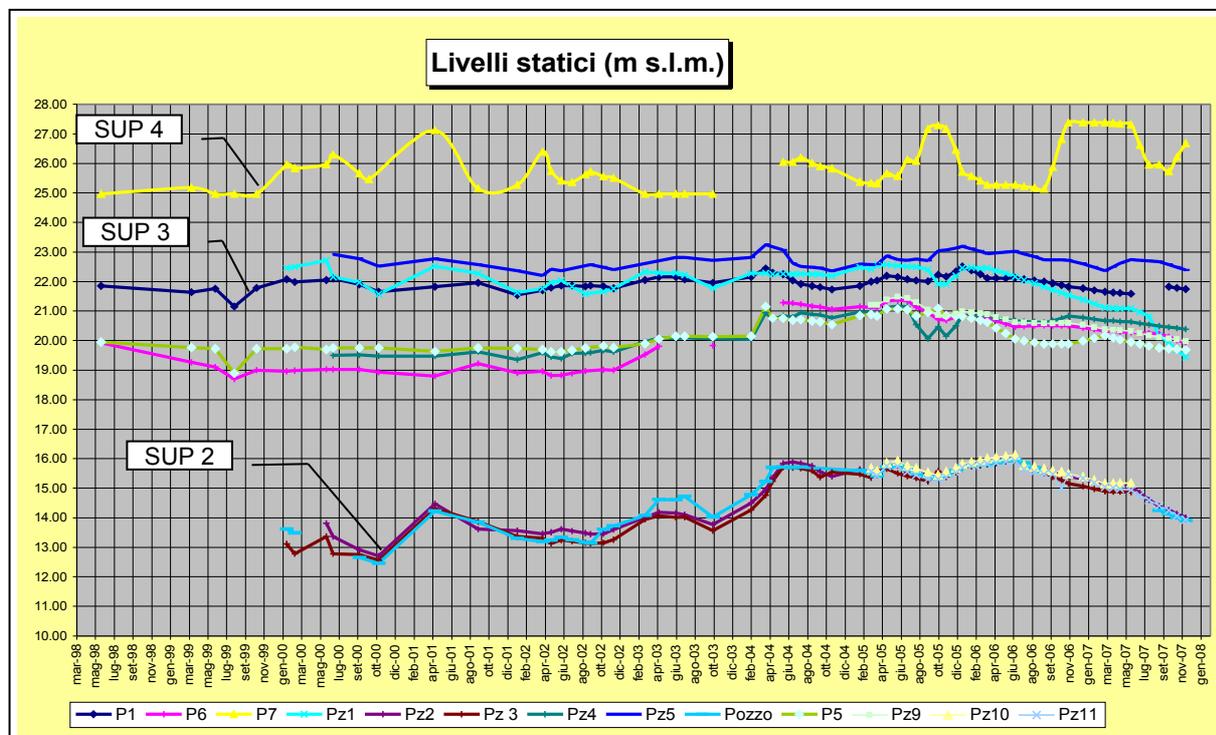


Fig. 19: evoluzione piezometrica presso il Polo S. Niccolò in corrispondenza dei punti di controllo

Si osserva inoltre quanto segue:

- nel settore Est dell'area di cava si ha un sensibile incremento del gradiente idraulico diretto verso l'area di escavazione in ragione del sollevamento della base (argille) del primo acquifero in corrispondenza del Pz5;
- nel settore Ovest-SudOvest, di contro, si ha una riduzione del gradiente idraulico in quanto nel Pz4 la base delle ghiaie si trova ad una quota inferiore rispetto a quanto si osserva nei limitrofi sondaggi S3/1994 e A/1983;
- la morfologia piezometrica sembra trovare ragione nella particolare conformazione geometrico-strutturale della base del primo orizzonte acquifero.

Nel complesso gli andamenti delle falde individuate riflettono quello delle precipitazioni (Fig. 20), con un graduale aumento dei livelli piezometrici nel periodo compreso tra Maggio 2002 e Maggio 2004, che si stabilizzano sino a Giugno 2006. Successivamente, a fronte di una diminuzione delle precipitazioni complessive, si registra un continuo e graduale abbassamento dei livelli piezometrici.

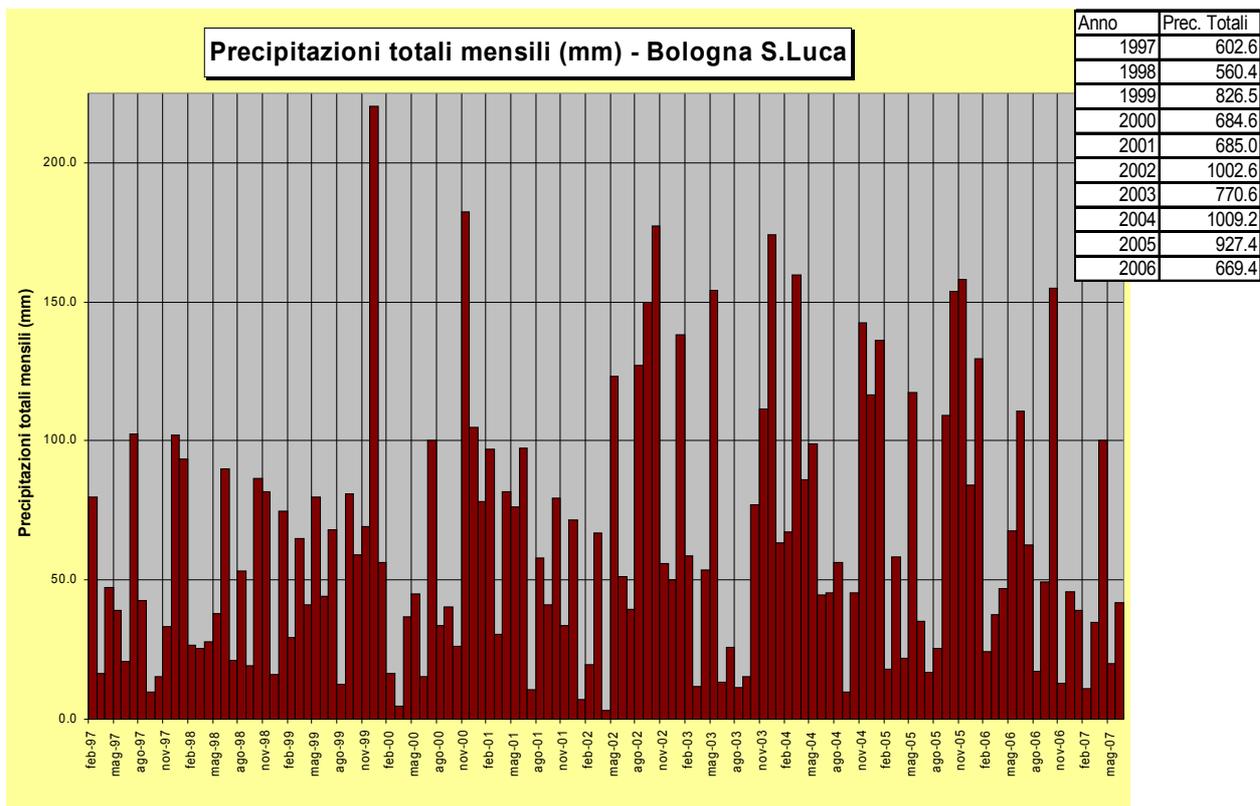


Fig. 20: Precipitazioni Medie Mensili

Particolarmente interessante è il confronto tra l'andamento piezometrico della falda SUP2 e quello delle medie mobili delle precipitazioni totali mensili calcolate su 12 mesi (Fig. 21), che risultano perfettamente confrontabili.

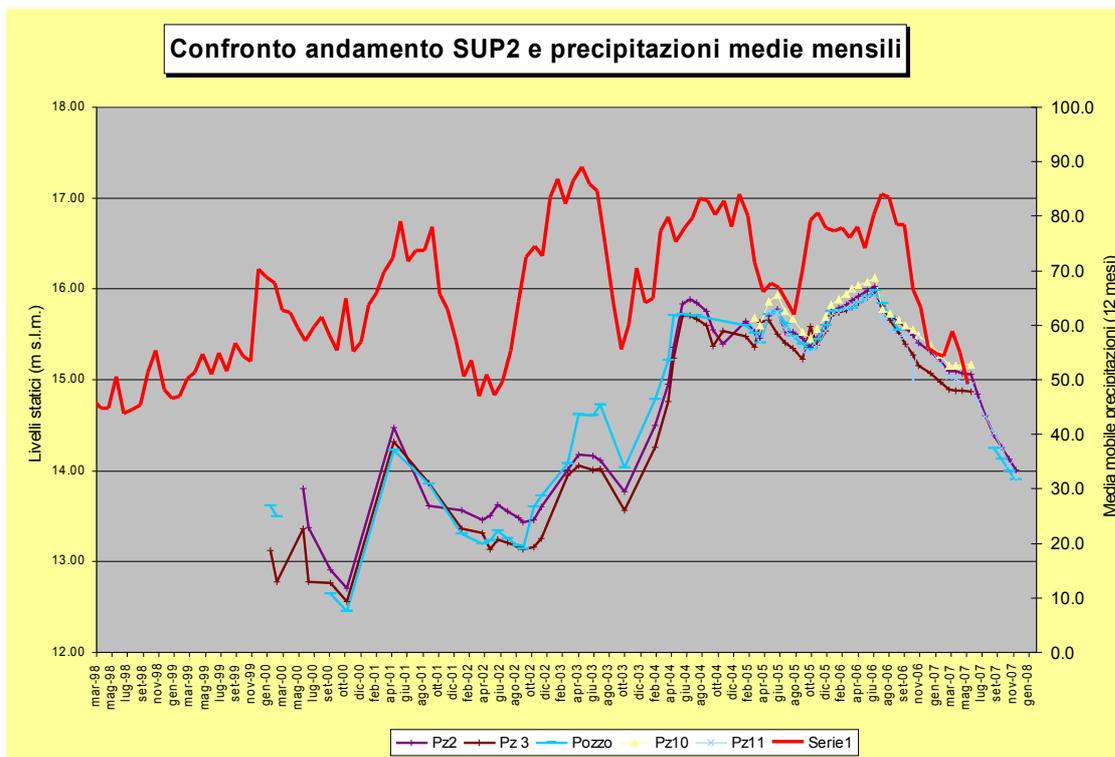


Fig. 21: Confronto piezometria e precipitazioni

La tavola riportata in allegato 16 mostra l'andamento delle curve di uguale soggiacenza della falda superficiale denominata Sup3 dal piano di campagna ricostruite sulla base dell'interpolazione dei dati disponibili, unitamente ai punti di controllo esistenti nell'intorno dell'area di interesse.

Per quanto concerne i valori di soggiacenza, si registrano i valori riportati nella fig. 22.

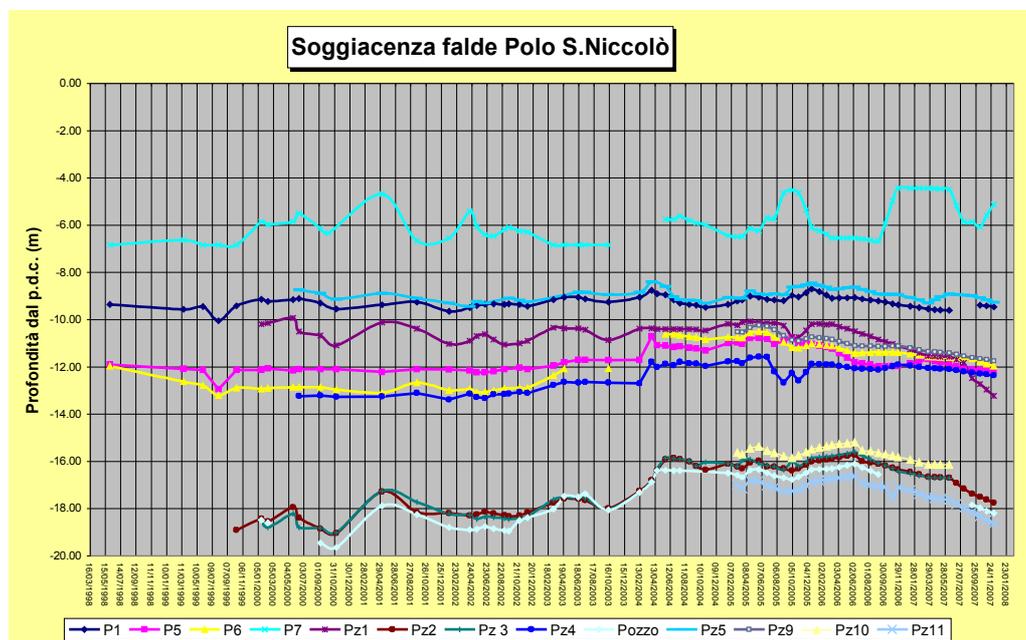


Fig. 22: Valori soggiacenza nei punti di controllo

L'analisi dei valori di soggiacenza delle falde individuate nell'ambito del territorio in esame misurati nel corso delle diverse campagne di misura eseguite nell'area di studio tra il Febbraio 1998 e Dicembre 2007 (Fig. 16) indica come il livello piezometrico della falda SUP 4 sia collocato tra -4 e -7 m dal p.d.c., per la falda SUP3 tra -9 e -13 m, e per la falda SUP 2 tra -16 e -20 m.

Nella tabella 4 successiva sono riportate le oscillazioni massime dei livelli.

Punti	Acquifero captato	Falda monitorata	Oscillazioni massime (m)
P7	Superficiale	SUP4	2,41
P1	I°	SUP3	1,36
P5	I°	SUP3	2,25
P6	I°	SUP3	2,69
Pz1	I°	SUP3	3,29
Pz4	I°	SUP3	1,82
Pz5	I°	SUP3	1,04
Pz9	I°	SUP3	1,50
Pz2	II°	SUP2	3,32
Pz10	II°	SUP2	2,06
Pz11	II°	SUP2	2,00
Pozzo	II°	SUP2	3,53
Pz3	III°	SUP1	3,40

Tabella 4: Oscillazione dei livelli di falda

In corrispondenza dell'area sono state eseguite alcune prove di emungimento che hanno permesso di definire i valori dei parametri principali dei singoli orizzonti permeabili individuati (primo, secondo e terzo orizzonte acquifero) e di valutarne gli eventuali rapporti di interconnessione idraulica. La Tabella 5 riassume, in termini di trasmissività, conducibilità idraulica e coefficiente di immagazzinamento, i risultati desunti a seguito delle indagini condotte.

L'orizzonte permeabile più superficiale, direttamente interessato dall'attività estrattiva, risulta caratterizzato da una notevole riduzione dei valori di trasmissività e conducibilità idraulica in corrispondenza della porzione occidentale del territorio indagato.

Ciò trova conferma sia nell'andamento piezometrico ricostruito a scala locale sia nelle caratteristiche litologiche osservate durante la perforazione del piezometro Pz1. In generale tale orizzonte permeabile è caratterizzato da valori di trasmissività contenuti, anche in ragione dell'esiguo spessore saturo rilevabile stagionalmente. Le prove eseguite inoltre permettono il riscontro, in corrispondenza dell'area in esame, di una effettiva separazione idraulica tra l'orizzonte acquifero superficiale (SUP3) e il sistema acquifero sottostante. La situazione descritta trova ulteriore conferma nella diversità dei valori di carico idraulico esistente tra i due orizzonti acquiferi (variabile da 4 a 8 m) e nella locale continuità areale dell'elemento di separazione tra i due acquiferi.

Falda	Trasmissività	Conducibilità	Coeff. d'immagazzinamento	Spessore saturo medio
I° falda: SUP3 (libera)	$T = 6.5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ $T = 1.0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$	$k = 6.3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ $K = 1.0 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$		0.5 – 1.0 m
II° falda: SUP2 (confinata)	$T = 5.60 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	$k = 4.66 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$		15 – 16 m
III° falda: SUP1 (semiconfinata)	$T = 2 - 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$	$k = 8.00 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$	$S = 2.00 \cdot 10^{-4}$	circa 20 m

Tabella 5: Sintesi dei risultati delle prove di pompaggio effettuate in località S. Niccolò

Elaborazione dei dati

Le analisi svolte consentono di evidenziare quanto segue:

Orizzonte argilloso-limoso superficiale

L'orizzonte argilloso-limoso superficiale interessato dalla escavazione è caratterizzato, fino ad una profondità di circa 6 - 9 m dal p.c., da sedimenti prevalentemente argilloso-limosi. All'interno di tale orizzonte sono presenti sottili e discontinui livelli sabbioso-limosi a permeabilità più elevata risultati, in alcuni periodi, parzialmente saturi. L'esame dei dati disponibili evidenzia il carattere di stagionalità e discontinuità della falda SUP4 contenuta all'interno degli spessori più superficiali.

Non sussistono problemi alla escavazione del volume in oggetto.

Primo acquifero ghiaioso

Il primo acquifero ghiaioso di interesse estrattivo risulta localizzarsi a profondità comprese fra 6-9 m e 12-16 m dal p.c.. All'interno di tale orizzonte permeabile, caratterizzato da uno spessore medio variabile tra 5 e 8 m, è stata identificata una falda libera corrispondente alla falda SUP3 il. La ricostruzione idrogeologica di dettaglio evidenzia la presenza, nell'ambito dell'area di estrazione, di un orizzonte di separazione, di natura argilloso - limosa e di spessore medio di 3 - 8 m, avente una buona continuità sull'areale considerato, anche se interessato da corpi grossolani per alcuni tratti.

Gli andamenti piezometrici della falda contenuta in tale acquifero, evidenzia la presenza di un asse di drenaggio impostato in corrispondenza del fondo S. Niccolò, verso cui converge il flusso idrico sotterraneo; ciò trova ragione anche nell'ispessimento dell'orizzonte ghiaioso ivi evidenziato nelle ricostruzioni idrogeologiche. Le quote piezometriche misurate in corrispondenza dei sei piezometri di controllo predisposti nell'area sono comprese tra 18.8 e 23.3 m s.l.m.

Dall'esame dei livelli piezometrici registrati negli orizzonti sopra e sottostanti si osserva una differenza di quota variabile tra circa 4 e 7 m tra il livello misurato in prima falda e quello osservato nell'orizzonte argilloso-limoso superficiale, a favore di quella sovrastante (cfr. valori ai piezometri adiacenti P7 e P6) e una differenza di variabile tra 4 e 6 m tra la prima e la seconda falda, a favore della prima (cfr. valori ai piezometri P5, P6 P1, Pz1, Pz4, Pz5 e Pz9 in prima falda e il piezometro Pz2, Pz10, Pz11 e Pozzo in seconda falda).

In termini di oscillazione piezometrica della prima falda, i valori misurati nel periodo a disposizione indicano una escursione massima del livello variabile tra 1-3 m.

Le prove di pompaggio eseguite in corrispondenza del primo orizzonte permeabile forniscono un valore di trasmissività pari a circa $6.5 \cdot 10^{-4}$ m²/s (P5) che corrisponde, per un valore di spessore saturo di circa 1 m, a un valore di conducibilità idraulica di $6.32 \cdot 10^{-4}$ m/s. I risultati delle prove condotte nel piezometro Pz1 forniscono invece un valore molto basso di conducibilità idraulica, dell'ordine di $1 \cdot 10^{-6}$ m/s, suggerendo una riduzione della trasmissività dell'orizzonte in esame spostandosi lateralmente (verso Ovest) rispetto all'area di escavazione, confermata anche dall'incremento nel valore di gradiente idraulico misurato in questa direzione.

Dai risultati emersi dalle prove di pompaggio condotte invece in corrispondenza del secondo e del terzo acquifero si evidenzia la mancanza di interconnessione idraulica tra il primo acquifero e quelli sottostanti.

Secondo acquifero ghiaioso

L'assenza di interconnessione idraulica con la sottostante falda SUP2, posta entro l'orizzonte ghiaioso identificato tra 18-22 e 35 m dal p.c. è testimoniata oltre che dalla ricostruzione idrogeologica che evidenzia la presenza di un orizzonte di separazione argilloso-limoso sull'areale, posto tra 12-16 e 18-22 m dal p.c., sia dai

risultati delle prove di pompaggio appositamente eseguite nell'area, sia dai valori piezometrici registrati nei punti di controllo posti in prima e in seconda falda.

Durante le prove di pompaggio non è stata infatti registrata nessuna variazione di livello in prima falda per effetto del pompaggio effettuato sia nella seconda falda confinata sottostante che nella terza falda semiconfinata. Relativamente ai carichi idraulici registrati nei diversi piezometri si è osservata una differenza di carico idraulico di circa 4-6 m tra la prima e la seconda falda, a favore della falda superficiale libera, ovvero la prima falda risulta pensile, sostenuta dallo strato di separazione argilloso-limoso sottostante.

Si ritiene comunque necessario non interessare estrattivamente lo strato acquitardo tra il primo e il secondo acquifero ghiaioso al fine di evitare possibili interferenze tra i due acquiferi.

Risorse idriche profonde

I pozzi acquedottistici, ad uso idropotabile più vicini all'area in esame sono posti in sinistra idrografica F. Reno, in località S. Vitale, ad una distanza di oltre 1 km dall'area di futura escavazione e i pozzi del campo acquifero di Tiro a Segno e di Borgo Panigale, posti molto più a Sud, ad una distanza di oltre 3-4 km. Come precedentemente descritto, tali pozzi acquedottistici, mettendo in produzione falde confinate localizzabili a profondità superiori a 85 m (S. Vitale e Tiro a Segno) e a 60 m (Borgo Panigale), filtrano livelli acquiferi più profondi e generalmente più protetti rispetto agli orizzonti acquiferi superficiali analizzati in questa sede. Tuttavia, il riscontro di locali riduzioni di spessore e discontinuità nell'ambito degli orizzonti argillosi superficiali e la conseguente complessità dei circuiti idrici sotterranei unitamente alla azione di richiamo esercitata dall'emungimento dei centri di prelievo ha portato a riconoscere intercomunicazione fra il complesso delle falde superficiali e profonde con annesso fattore di rischio di contaminazione per queste ultime.

Considerazioni conclusive

L'analisi della situazione idrogeologica dell'area ha consentito nel PAE 2001 di ammettere lo scavo delle ghiaie comprese nel primo acquifero in quanto contenevano una falda non significativa, in termini di potenzialità, estensione, rapporti di interconnessione idraulica con gli orizzonti sottostanti e di utilizzo della risorsa.

L'eterogeneità stratigrafica e le variazioni di spessore dell'acquitardo che divide il 1° e 2° acquifero ghiaioso avevano indotto nel PAE 2001 ad introdurre una norma cautelativa nella operazioni di estrazione del Polo S. Niccolò, prevedendo il mantenimento, in ogni fase estrattiva, di un franco di sicurezza non inferiore a 2 m rispetto al massimo livello piezometrico registrato nel II° acquifero.

Tale norma veniva inserita in un contesto generale di tutela, ricordando anche che i livelli piezometrici di una falda in pressione possono aumentare con grande facilità, dato che il coefficiente di immagazzinamento delle falde in pressione è estremamente basso (inferiore a 0.0001), e di conseguenza un surplus idrico si sarebbe tradotto immediatamente in aumento del livello piezometrico. Si segnalava inoltre il rischio di assottigliamento dello strato argilloso di separazione delle falde, con suo possibile indebolimento che poteva innescare fenomeni di sifonamento e possibile transfert di inquinamento verso le falde profonde.

In fase di autorizzazione estrattiva della 1° fase estrattiva del Polo S. Niccolò la profondità massima di scavo è stata posta alla quota di 16,50 m s.l.m., con l'obbligo di mantenere comunque un franco di due metri dal livello piezometrico massimo registrato nei piezometri di monitoraggio della falda SUP2.

Il monitoraggio piezometrico su tale falda ha evidenziato come nell'arco di poco più di 7 anni, i livelli della SUP2 si siano costantemente mantenuti al di sotto della quota di scavo autorizzata raggiungendo un massimo pari a 16.12 m s.l.m. con una oscillazione massima di 3.53 m; attualmente invece le quote di falda risultano pari a circa 14 m s.l.m. e di conseguenza è possibile spingere l'estrazione sino alla quota autorizzata.

Sulla base dei risultati del monitoraggio piezometrico e dei nuovi dati stratigrafici si possono fare le seguenti considerazioni:

1. La continuità laterale dell'acquitrando di separazione tra le falde SUP3 e SUP2 si estende anche sulle aree limitrofe in cui è stato localizzato l'ambito estrattivo "Possessione Palazzo".
2. Gli spessori dell'acquitrando raggiungono valori minimi di circa 3 metri per estensioni areali molto limitate per poi crescere rapidamente sino a valori superiori a 7 metri;
3. L'acquitrando presente è sufficiente a garantire l'isolamento delle due falde, dato per altro confermato dalle quote piezometriche registrate anche in corrispondenza dei nuovi piezometri realizzati.
4. Il livello piezometrico della falda SUP2 in 7 anni di monitoraggio ha registrato livelli massimi pari a 16.12 m s.l.m.
5. La modalità di scavo attualmente autorizzata comporta difficoltà di controllo ispettivo sull'estrazione, considerando la variabilità della quota di scavo agganciata ad un livello piezometrico.

Da tali considerazioni si ritiene possibile rivedere le modalità di scavo in tali zone estrattive, ed accettabile una quota minima di scavo pari a quella autorizzata pari a 16.50 m s.l.m., eliminando ragionevolmente, se si ammette, come per altro dimostrato dai dati l'isolamento delle due falde, ogni interferenza con il livello piezometrico della falda contenuta nell'acquifero sottostante soprattutto in termini di possibile sifonamento e di possibile trasmissione di inquinamento.

3.4.2 Comparto Rosario-S. Giacomo, Colombo

Le indagini condotte nell'ambito dell'area di interesse, i cui risultati sono stati utilizzati per la ricostruzione della sezione n. 5 riportata in allegato, hanno consentito una descrizione dettagliata della geometria del sottosuolo in corrispondenza di una profondità di circa 40 metri, evidenziando gli orizzonti acquiferi presenti ascrivibili al complesso delle falde superficiali. L'alternanza litologica dei depositi delinea una struttura idrogeologica schematizzabile in un acquifero multifalda, costituito da orizzonti sovrapposti e separati da corpi litologici dotati di bassa conducibilità idraulica.

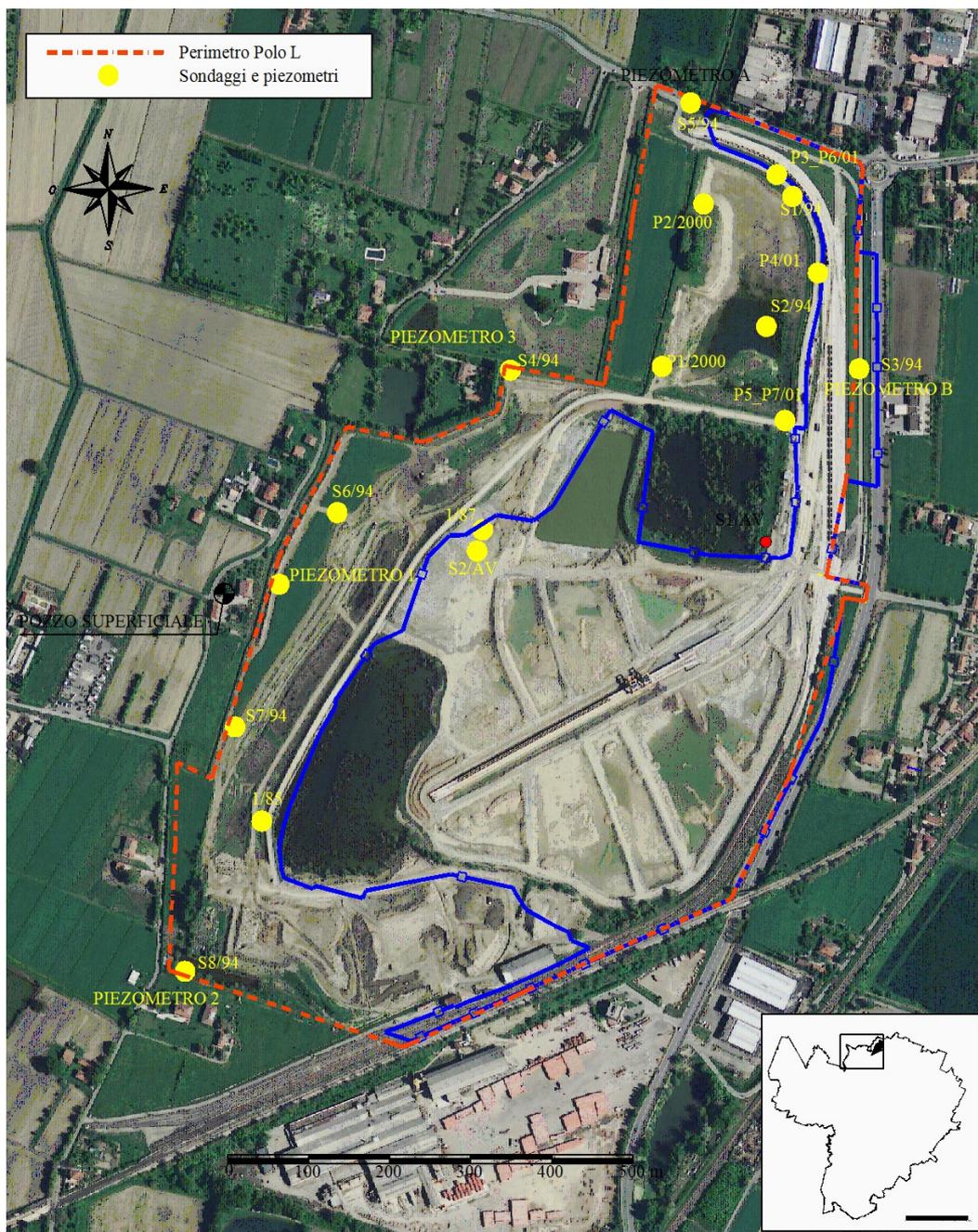


Fig. 23: ubicazione dei sondaggi effettuati e dei piezometri di controllo

La Figura 23 mostra l'ubicazione dei sondaggi e dei piezometri di controllo esistenti all'interno dell'area in esame. I risultati forniti dalle indagini condotte (illustrati nelle figg. 24a e 24b) consentono l'individuazione di due settori ben definiti (sezione in allegato) e di seguito descritti.

Si accenna anche al fatto che in periodo invernale l'area è caratterizzata da ampi specchi d'acqua variamente interrotti dai rilevati stradali esistenti su fondo cava e da ulteriori rilevati appositamente costruiti intorno alla zona umida. Tali invasi sono dovuti ad acque meteoriche con un rilevante contributo di acque di falda; quest'ultimo aspetto è chiaramente riscontrato in Cava Rosario-San Giacomino e in cava Colombo. Nel periodo estivo tali aree risultano più contenute per la presenza di locali escursioni di falda, di un contributo di evapotraspirazione e per una diminuzione dell'apporto meteorico. Quanto espresso è supportato dal riscontro di marcate somiglianze tra i livelli delle zone umide presenti e i livelli dei piezometri ubicati nelle immediate vicinanze.

Dati geologici e idrogeologici disponibili

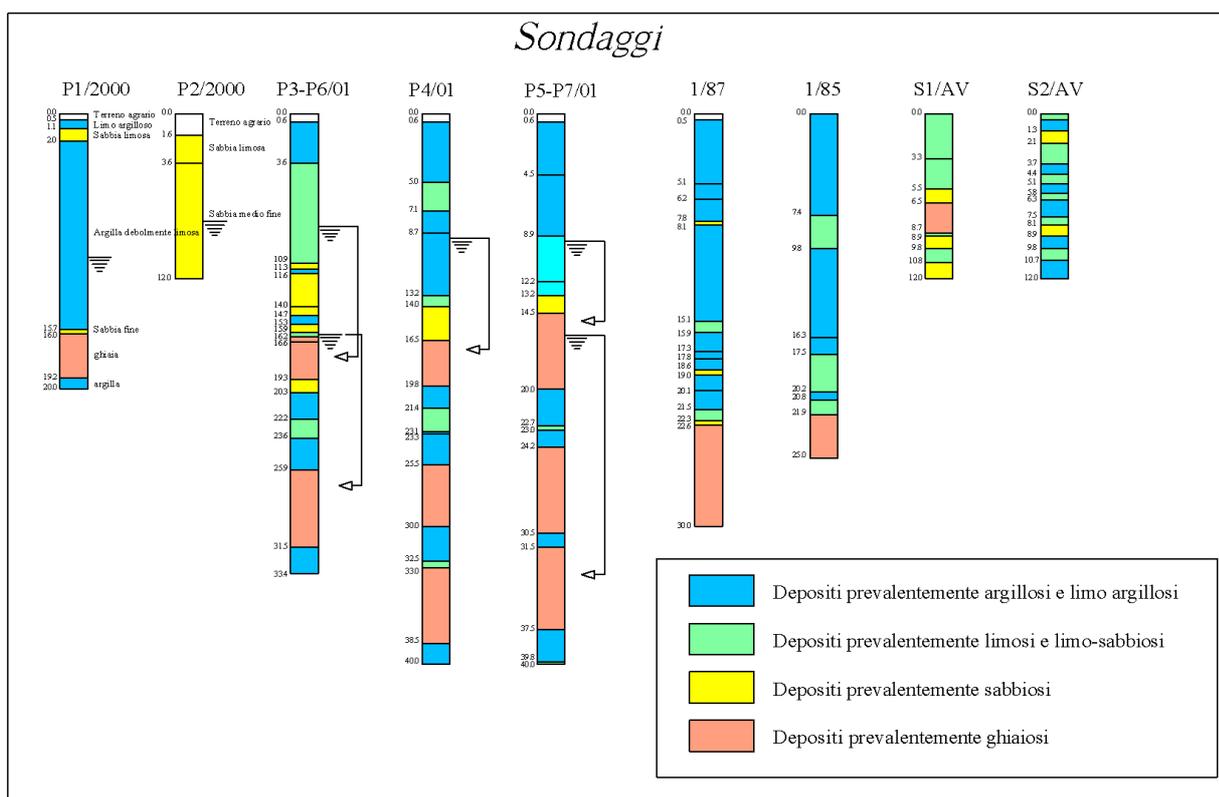


Fig. 24a: stratigrafia dei sondaggi

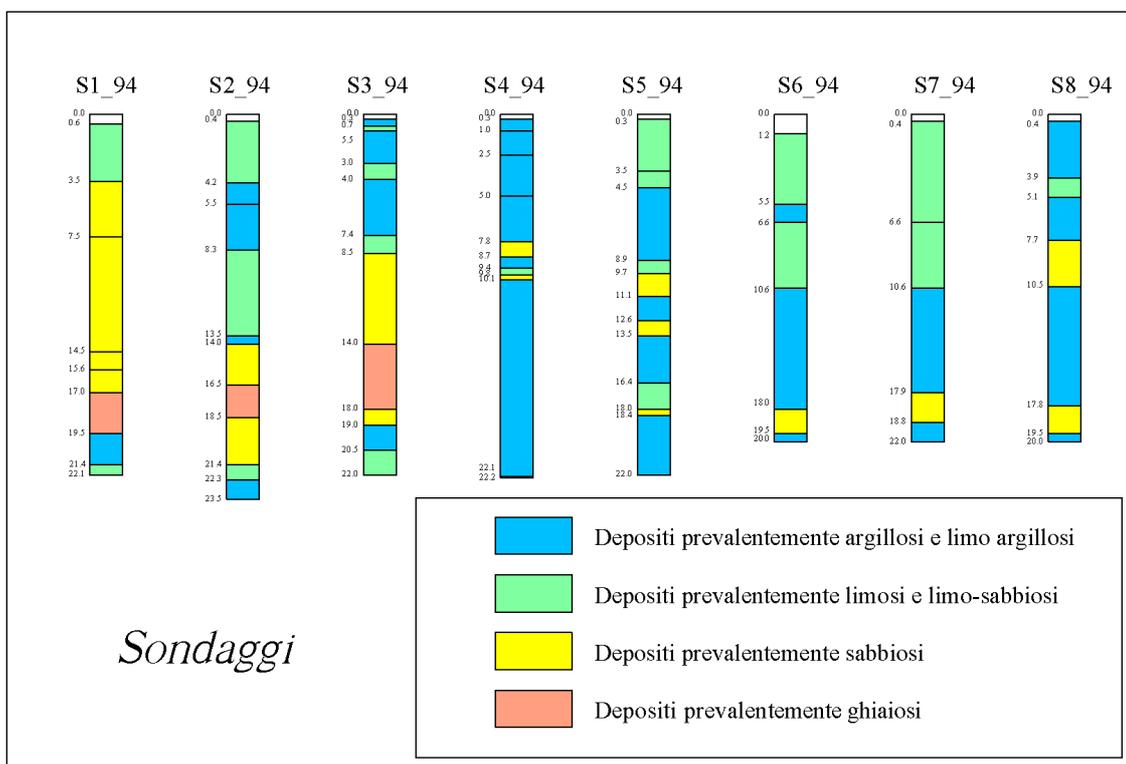


Fig. 24 b: Stratigrafia dei sondaggi

I dati disponibili da un punto di vista piezometrico per l'area in esame sono riassumibili come segue :

- pozzo superficiale ad uso agricolo sito in Via del Rosario 6, serie storica piezometrica dal 1964 al 1998, inerente la falda SUP4 (figura 25);

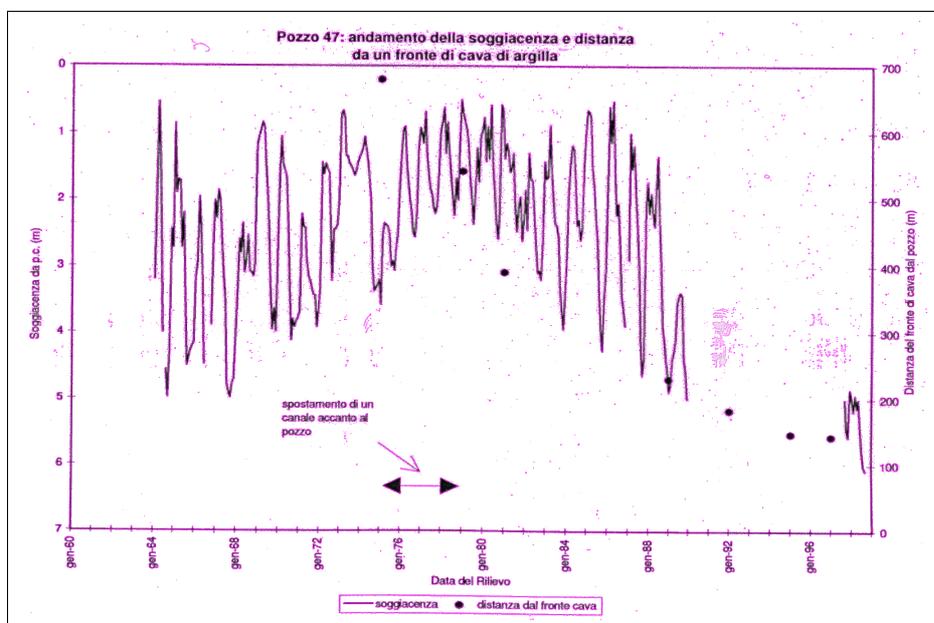


Fig. 25: evoluzione piezometrica della falda SUP4 in relazione all'avanzamento della cava Rosario San Giacomo.

- sondaggi geognostici adibiti a piezometri nell'area di cava, relativi alle falde SUP3 e secondariamente SUP2.

Il pozzo individuato nella figura 19 e ubicato come da figura 18 mostra chiaramente come l'altezza piezometrica di tale falda possa essere direttamente influenzata dall'attività estrattiva nel comparto e dalla presenza di canali irrigui. A metà degli anni '70, per ragioni estrattive è avvenuto lo spostamento del canale Bondanello, avvicinandosi a poche decine di metri dal pozzo (il canale era posto in precedenza a oltre 200 metri di distanza); ciò ha comportato un innalzamento della tavola d'acqua di quasi 1,5 metri. Successivamente l'avvicinarsi di un fronte di cava verso il pozzo, con scavo a -8 m, ha prodotto nel tempo una progressiva depressione piezometrica: la figura mostra la buona rispondenza tra gli andamenti di scavo e quelli della falda.

I piezometri P1, P2, P3, P4 e P5 interessano direttamente la falda SUP3, e l'andamento delle soggiacenze dal 2000 al 2006 un progressivo innalzamento dei livelli con valori massimi di circa 6 m (Fig. 26).

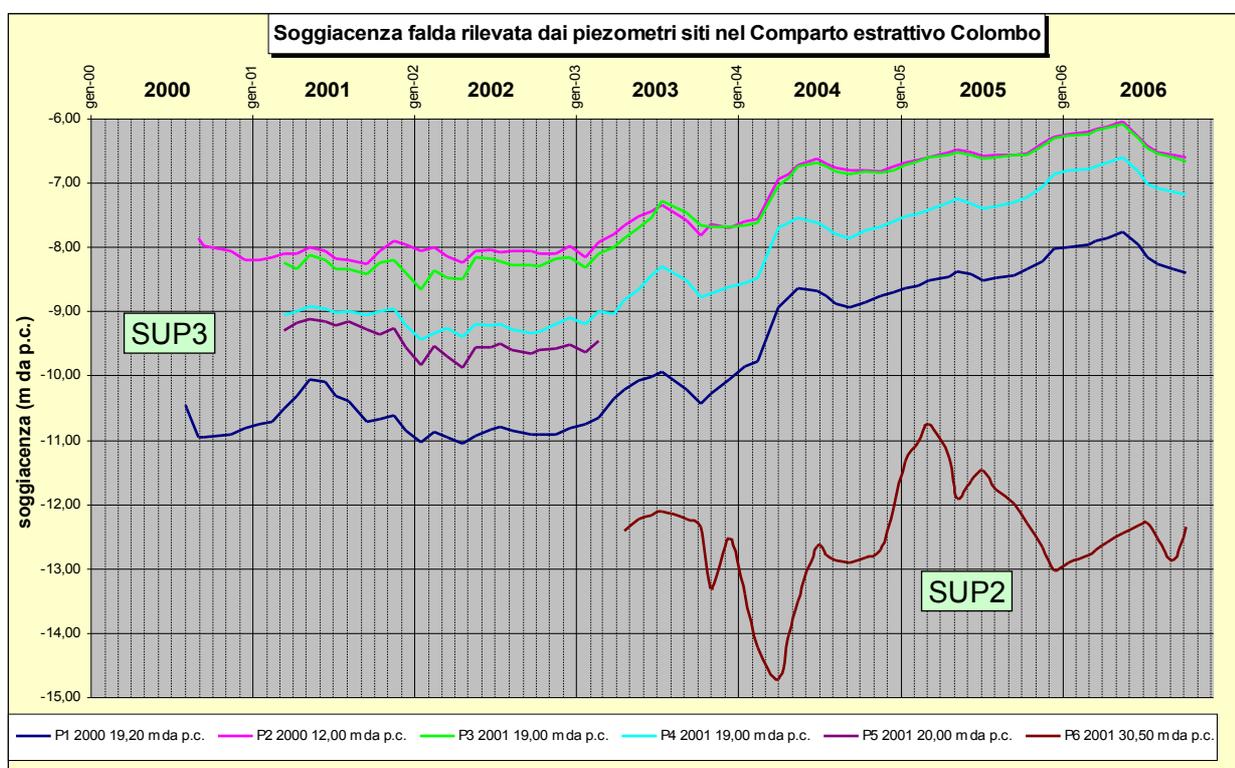


Fig. 26: Valori di soggiacenza nel comparto Colombo

Le misure relative al piezometro P6 che capta la falda SUP2, mostrano valori medi di soggiacenza compresi tra -12 e -13 m. Misure puntuali del 2001 per il piezometro P7 (fenestrato a 37,0 m di profondità e che interessa la falda SUP1) indicano valori di soggiacenza pari -15,3 m.

I parametri idrogeologici rilevati da uno studio condotto da Fornaciai s.p.a. portano a valori di permeabilità come da tabella seguente.

sondaggio	Profondità	Permeabilità misurata
S4 / 87	8.6 - 9.6 m	$4,3 * 10^{-6}$ m/s
S3 / 87	15.0 m	$1,95 * 10^{-4}$ m/s
S2 / 87	17 - 18 m	$4,2 * 10^{-6}$ m/s
S1 / 87	24 m	$1,6 * 10^{-4}$ m/s
P5 / 01	14 - 20 m	$1.46 * 10^{-6}$ m/s

Tabella 7: misura della permeabilità nel comparto Colombo e Rosario San Giacomino

Elaborazione dei dati

Le analisi svolte consentono di evidenziare quanto segue.

Depositi fini superficiali

L'orizzonte argilloso-limoso superficiale interessato dalla escavazione è caratterizzato, fino ad una profondità di circa 6 - 9 m dal p.c., da sedimenti prevalentemente argilloso-limosi. All'interno di tale orizzonte e in particolare alla base delle scarpate esistenti, sono presenti discontinui livelli sabbioso-limosi a permeabilità più elevata risultati, in alcuni periodi, parzialmente saturi, in particolare nelle parti più profonde. L'esame dei dati disponibili mostra una falda SUP4 captata ad uso irriguo, con valori presumibili di bassa permeabilità; l'influenza dell'attività estrattiva sulla falda si manifesta nella depressione piezometrica apportata.

La permeabilità assai scarsa del terreno attraversato dalla SUP4 permette di definire tale acquifero come non significativo. Il livello piezometrico rilevato dal Comune nel corso dei decenni scorsi rileva la presenza di una falda a moderata escursione piezometrica, situata a profondità variabile tra 4 e 7 m.

Lo scavo in argilla ha comportato un'interferenza con la falda e un suo progressivo abbassamento come risulta dalla figura 19.

Tale interferenza diretta cava-falda verificatasi nel corso dello scorso decennio risulta di scarso effetto sul sistema idrogeologico complessivo, con l'effetto di una parziale deformazione della piezometria e di una parziale alimentazione di acqua all'invaso di cava.

Pertanto la scarsa significatività della falda stessa ha comportato che gli effetti dell'attività estrattiva sul sistema ambientale siano assolutamente modesti.

Primo acquifero

Il primo acquifero sabbioso ghiaioso di interesse estrattivo risulta localizzarsi a profondità comprese fra 9 e 18-19 m dal p.c.. L'organizzazione dei depositi pelitici e sabbioso ghiaiosi risulta molto articolata, con prevalenza della ghiaia solo a profondità maggiore di 14.5 - 16.0 m. Lo spessore complessivo di depositi

grossolani è indicativamente pari a 5-8 m nel comparto Colombo mentre si assottiglia con spessori pari a 3-4 m verso le porzioni meridionali del comparto.

Le figure riportate negli allegati 15 e 16, già illustrate brevemente nel paragrafo relativo a San Niccolò, forniscono un'ulteriore precisazione del quadro stratigrafico per l'area in esame. In particolare questo primo acquifero può essere suddiviso in due strati sovrapposti dallo spessore di 2-5 m l'uno, di estensione e geometria differente, suddivisione che determina alcune peculiarità significative per la descrizione dell'assetto dei luoghi e per le finalità di pianificazione in esame.

Il primo acquifero è pertanto suddiviso in un corpo acquifero superiore (fig. allegato 15), posto tra profondità comprese tra 8 e 14 m, ed un secondo corpo acquifero (fig. allegato 16) compreso indicativamente tra 15 e 19 m. Nel primo di questi corpi – presente anche in San Niccolò in modo rilevante – si riscontra una distribuzione localizzata alle porzioni orientali del comparto San Giacomino Rosario – Colombo, con depositi sabbiosi e localmente ghiaie. La larghezza di questo corpo è indicativamente pari a 300-500 m, con locali e meno estesi corpi sabbiosi verso ovest.

La litologia riscontrata fino a -12 è in prevalenza sabbia limosa e sabbia fine e media nel comparto Colombo, in prevalenza limi sabbioso argillosi e sabbie limose in comparto San Giacomino Rosario.

All'interno di tale orizzonte permeabile, è stata identificata una falda libera corrispondente a quella già denominata SUP3, che satura quasi completamente il deposito poroso permeabile. Il livello di soggiacenza è pari a circa 6-11 m. Vista la locale presenza di uno scavo a -12 m all'interno del comparto (cava San Giacomino, ora denominata "zona umida"), si deve supporre una emergenza di falda SUP3 in tale contesto; l'invaso presenta una quota di 22 s.l.m.. Le piezometrie indicano pertanto una piezometria un movimento di falda da Nord a Sud (comparto Colombo Figg. 27-28-29-30) verso la zona umida, la quale produce anche un richiamo - decisamente meno marcato - anche dalle porzioni occidentali meno interessate da depositi sabbiosi. Il deposito grossolano presenta inoltre a sud est del comparto valori di piezometria pari a 20 (prossimi al Canale Navile, corpo idrico probabilmente alimentante) e inferiori a 17 m a soli 1,2 km verso sud (punto ubicato in carta). Infine all'altezza del sistema viabilistico dell'Autostrada A14 il livello piezometrico è pari a 15 m s.l.m.

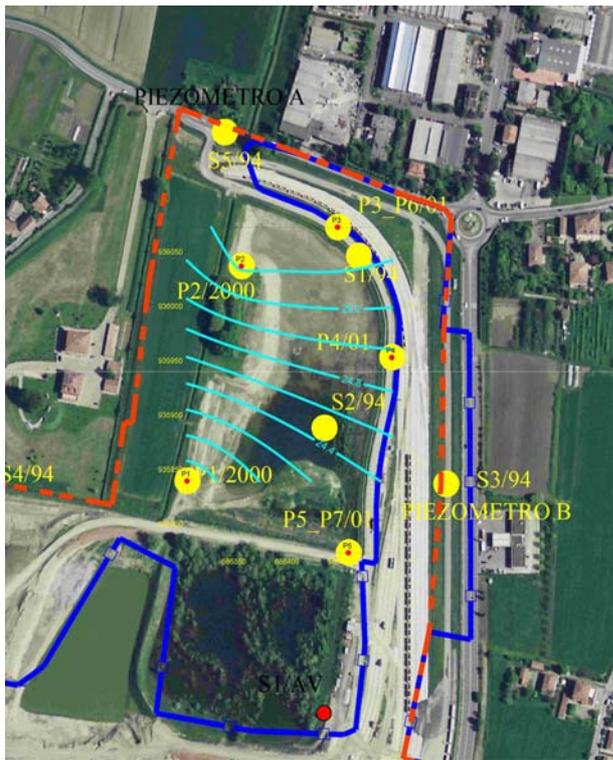


Fig. 27: andamento piezometrico della falda SUP3 – Marzo 2005

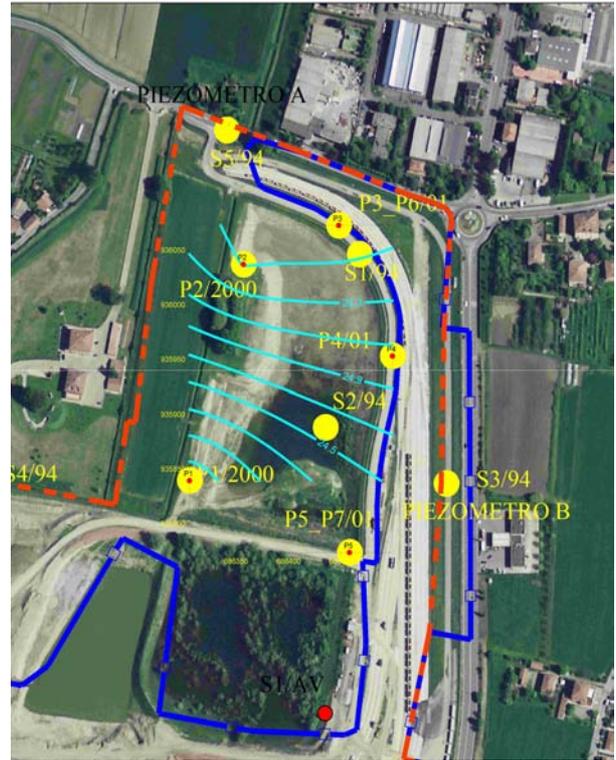


Fig. 28: andamento piezometrico della falda SUP3 – Giugno 2005

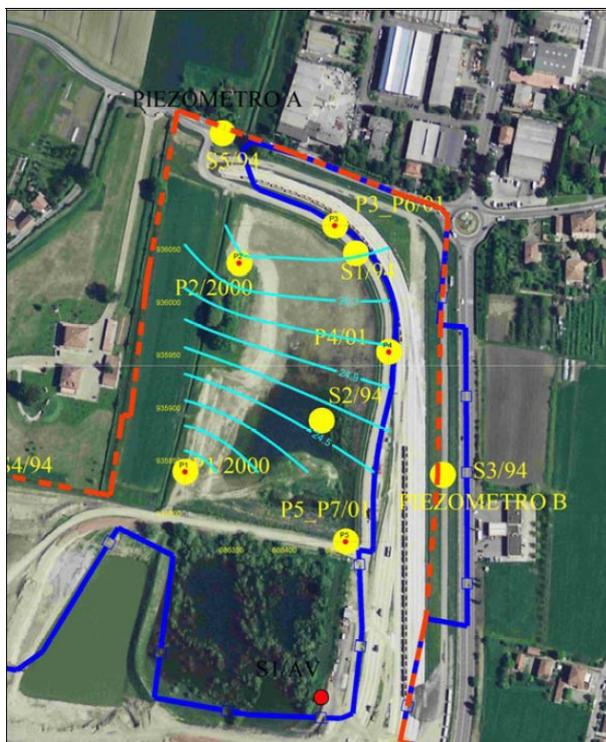


Fig. 29: andamento piezometrico della falda SUP3 – Settembre 2005

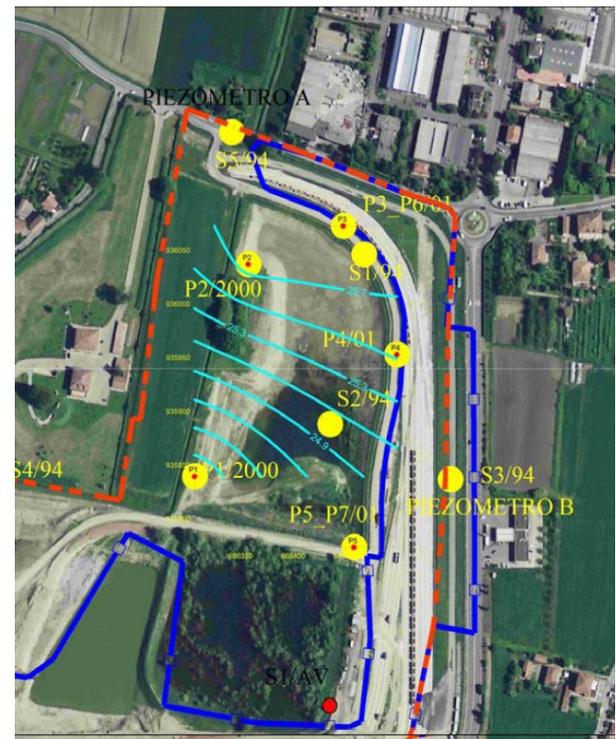


Fig. 30: andamento piezometrico della falda SUP3 – Dicembre 2005

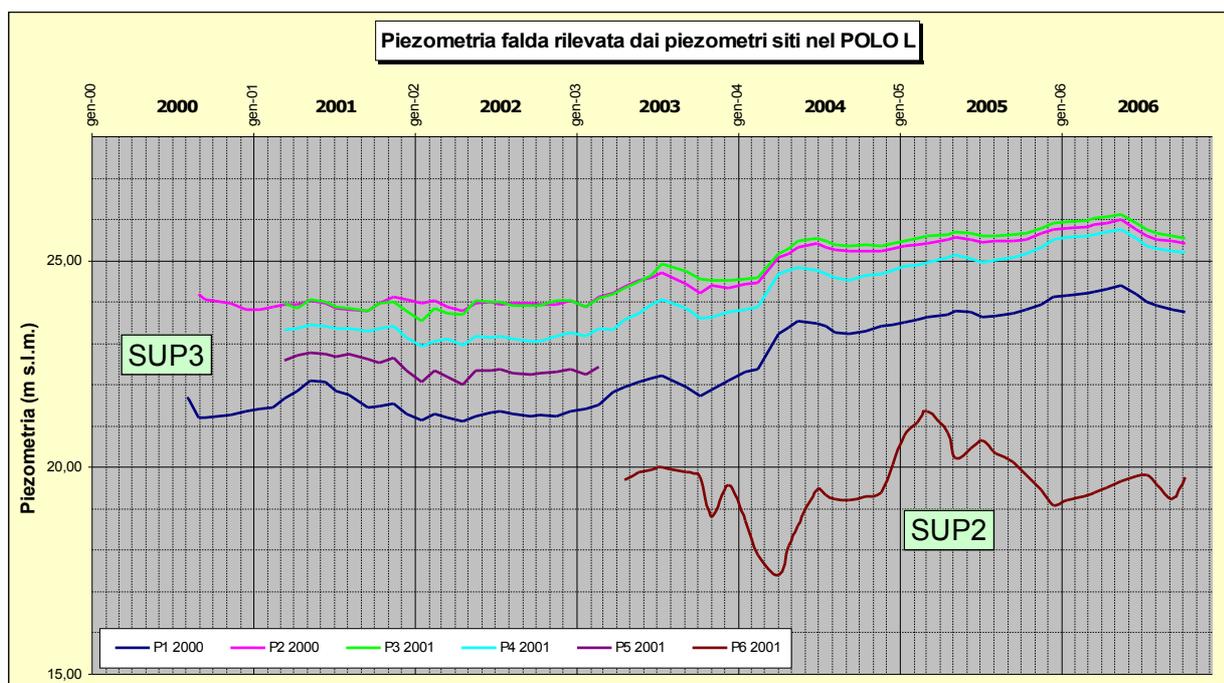


Fig. 31: Piezometrie nel comparto Colombo

Se ne deduce che la direzione di falda è chiaramente verso sud sia nel comparto Colombo sia a sud della zona umida verso le porzioni più centrali del conoide.

La direzione di tale falda permette pertanto a eventuali percorsi di contaminazione di dirigersi verso Sud, ove sono presenti falde superficiali più cospicue (SUP2 e poi SUP1) e in parziale connessione con le falde profonde potabili.

Lo sviluppo della zona umida nella ex cava San Giacomo con connotati vegetazionali e faunistici altamente peculiari, rende ambientalmente interessante tale emergenza di falda per i benefici complessivi che si vengono a creare.

Nella figura dell'allegato 16 si osserva inoltre il secondo corpo acquifero, posto nel comparto in oggetto tra 15 e 19 m circa. La litologia presente in Cava Colombo e a sud della zona umida è prevalentemente ghiaiosa mentre verso ovest (cava Rosario San Giacomo) è presente uno spessore di 0,8 - 1,2 m di sabbie, localmente limose, con geometria tabulare. Le condizioni piezometriche determinate in Colombo corrispondono a soggiacenze di 9 m circa e a piezometria pari a 24 m circa; tali valori, decurtati di circa 2-3 m, corrispondono a quanto è presumibilmente si riscontra in cava Rosario San Giacomo.

Per quanto attiene le condizioni di flusso al di fuori del comparto, si demanda a quanto già espresso poco sopra, in quanto si ritiene che le condizioni piezometriche del due corpi sostanzialmente coincidano.

Localmente, la funzione di protezione dell'acquifero sottostante viene comunque assicurata in quanto si notano livelli piezometrici differenziati; le soggiacenze presentano una differenza di quota pari a 7 m circa, passando da -8/-10 a -16 m dal piano campagna. Le litologie di tale acquitardo che suddivide il primo dal secondo acquifero, contenente le falde SUP3 e SUP2 rispettivamente, sono rappresentate da limi argillosi prevalenti. Le permeabilità misurate in laboratorio portano a valori di $3 \cdot 10^{-8} - 3 \cdot 10^{-9}$ cm/s.

Secondo acquifero

L'acquifero sottostante presenta una marcata continuità laterale, sia nell'area in esame sia all'intero areale del conoide del Reno. Nel comparto in oggetto, i dati forniscono uno spessore pari a circa 6-10 m di depositi grossolani, prevalentemente ghiaiosi, con scarse interruzioni di continuità, esso contiene la falda SUP2.

Il tetto dell'acquifero è posto a profondità pari a 22-25 m dal piano campagna, la base si posiziona a profondità variabili tra 35 e 38 m. I valori minori sono riferiti alle posizioni sud-occidentali del comparto, i valori maggiori alla porzione settentrionale.

Le litologie sono costituite da ghiaie sabbiose, con locale prevalenza in sabbie, intercalate da un livello di argilla spesso localmente più di un metro.

Nell'area in esame sono stati riscontrati i seguenti parametri idrogeologici. La piezometria si aggira sui 15-16 m s.l.m. le escursioni piezometriche non sono note – attualmente – per la mancanza di punti di misura in continuo; si presumono valori pari a circa 1 m.

Disponendo di un solo punto di misura, non si dispone di dati locali sul movimento della falda ma si presume un movimento verso SW visto il potenziale richiamo operato dalle unità permeabili poste nel settore centrale del conoide, a loro volta soggette a massicci prelievi.

La sottostante falda SUP1 non viene monitorata nel comparto e pertanto non si dispone di elementi conoscitivi ulteriori rispetto a quanto noto a livello di scala vasta.

Risorse idriche profonde

I pozzi acquedottistici, ad uso idropotabile più vicini all'area in esame sono posti in sinistra idrografica F. Reno, in località S. Vitale, ad una distanza di oltre 3 km dall'area di futura escavazione; i pozzi del campo acquifero di Tiro a Segno e di Borgo Panigale, posti più a Sud, ad una distanza di oltre 4 km. Come precedentemente descritto, tali pozzi acquedottistici, mettendo in produzione falde confinate localizzabili a profondità superiori a 85 m (S. Vitale e Tiro a Segno) e a 60 m (Borgo Panigale), filtrano livelli acquiferi più profondi e generalmente più protetti rispetto agli orizzonti acquiferi superficiali analizzati in questa sede. Tuttavia, il riscontro di locali riduzioni di spessore e discontinuità nell'ambito degli orizzonti argillosi superficiali e la conseguente complessità insita alla circolazione idrica sotterranea, unitamente alla azione di richiamo esercitata dall'emungimento dei centri di prelievo, ha portato già da alcuni anni a riconoscere una intercomunicazione fra il complesso delle falde superficiali e profonde, con annesso un fattore di rischio di contaminazione per queste ultime.

Considerazioni conclusive

In base a quanto sopra riportato si giunge alle seguenti considerazioni.

Zona S. Giacomino - Rosario

Come si è osservato, tale area è caratterizzata dalla presenza di uno spessore di circa 21-22 metri di sedimenti prevalentemente fini (argille limose, limi e limi sabbiosi) con intercalazioni di depositi più grossolani (sabbie limose): ciò ha luogo intorno a 7-9 m e a profondità di 17-19 m. In tali terreni è presente una falda SUP4 e SUP3 che viene anche captata da pozzi tradizionali a camicia nell'area circostante, ad uso – si presume – irriguo.

L'area in esame riceve già attualmente un contributo di acque di falda SUP4, alimentata a sua volta anche dall'adiacente scolo Bondanello.

Per quanto attiene i livelli piezometrici del corpo permeabile inferiore, pur non disponendo informazioni dirette in merito, si ritiene possibile interpolare il livello piezometrico della falda SUP3 dei comparti Colombo e San Niccolò.

Al di sotto di tali terreni è stato individuato un acquifero ghiaioso (II° livello acquifero – SUP2) che, anche sulla base di dati stratigrafici di pozzi profondi ubicati nelle immediate vicinanze, presenta spessori di circa 15-16 metri, e poggia su un acquitrando argilloso di circa 3 metri di spessore che lo separa da un acquifero ghiaioso sottostante (III° livello acquifero – falda SUP1). Anche per queste due falde non sono noti livelli piezometrici anche se è possibile interpolare i dati dei comparti limitrofi, indicanti per la SUP2 piezometrie pari a 15-16 m s.l.m., nonché ipotizzare caratteristiche confinate.

Le considerazioni svolte non precludono la possibilità di scavo in falda fino a profondità di 12 m in quanto tali porzioni contengono "falde idriche non significative", in termini di estensione e permeabilità del volume oggetto di scavo.

Un piano di monitoraggio atto al controllo dell'interferenza durante e dopo lo scavo, previo un adeguato controllo ante – operam delle condizioni indisturbate, dovrà essere previsto nelle fasi di attività estrattiva.

Zona Colombo

Nel secondo settore, che ricomprende il Polo Colombo, la successione stratigrafica superficiale risulta caratterizzata dalla presenza di un corpo sedimentario grossolano che è costituito da ghiaie e sabbie con base a circa 19 m di profondità dal p.d.c. e tetto collocato a profondità molto variabili. Si registrano valori massimi di spessore dei depositi ghiaiosi di circa 6.5 m.

Tale orizzonte rappresenta il primo livello acquifero ghiaioso nell'area, sede di una falda SUP3 in condizione mista semiconfinata / libera. La tabella 6 e la figura 20 mostrano l'evoluzione piezometrica relativa alla falda SUP3. Le misure effettuate nell'arco di un intervallo temporale di circa 6 anni mostrano profondità variabili tra 6 e 11 m circa dal p.d.c. La situazione riscontrata è probabilmente legata ad una alimentazione della falda continua e in parte svincolata da apporti meteorici prossimali. Si verifica inoltre una emersione diretta di falda.

Come già ampiamente espresso, si osserva che dati desumibili dell'intorno dimostrano che la direzione verso sud delle falde in esame prosegue sino all'altezza

dell'Autostrada A14, zona in cui si riscontra un netto approfondimento della soggiacenza fino a profondità di circa 18 metri. La separazione tra le falde indicate sul sito, se analizzata in senso verticale, fa ipotizzare la presenza di barriere fisiche, ma l'analisi in tre dimensioni permette di definire movimenti di falda verso Sud o Sud-Ovest, riportando masse idriche verso le zone centrali della conoide, senza la presenza di barriere nel flusso.

Anche in questo caso le considerazioni svolte non precludono la possibilità di scavo in falda fino a profondità di 12 m in quanto tali porzioni contengono "falde idriche non significative", in termini di estensione e permeabilità del volume oggetto di scavo, date le litologie limose, sabbioso limose e sabbioso fini. A profondità ulteriori il progressivo aumento della permeabilità e del disturbo delle condizioni idriche non rendono accettabile lo scavo.

Un piano di monitoraggio atto al controllo dell'interferenza durante e dopo lo scavo, previo un adeguato controllo ante - operam delle condizioni indisturbate, dovrà essere previsto nelle fasi di attività estrattiva.

3.4.3 Prescrizioni allo scavo in falda

Le analisi ed approfondimenti eseguiti sulle caratteristiche idrogeologiche delle aree estrattive se da un lato hanno consentito di verificare l'ammissibilità di una scavo in falda, dall'altro determinano problematiche inerenti le eventuali operazioni di tombamento, soprattutto in quei settori in cui non sarà prevista la formazione di invasi, e in cui sarà necessario di conseguenza operare tombamenti che saranno collocati al di sotto del livello piezometrico e quindi a contatto diretto con le acque di falda. Se tali operazioni saranno eseguite come è previsto nel Polo S.Niccolò con materiale proveniente dal medesimo sito di cava (materiale di cappellaccio sterile e non produttivo) non sussistono particolari preoccupazioni, mentre nel caso del Polo L "Rosario-S.Giacomino", il deficit comporterà necessariamente l'importazione di materiale di tombamento dall'esterno.

In questo ultimo caso si ritiene quindi necessario operare attraverso modalità che forniscano garanzie per la sistemazione finale delle aree sia in termini quantitativi che qualitativi. Per quanto concerne il primo aspetto occorrerà adottare specifiche modalità di scavo e sistemazione, ritenendo necessario prevedere che l'attività estrattiva sia esercitata attraverso 2 fasi successive; la prima sino alla profondità di 8 metri dal p.d.c. originario, la seconda invece da -8 a -12 m. Al fine di garantire la sistemazione finale delle aree in cui non sarà prevista la formazione di invasi, la seconda fase estrattiva (da -8 a -12) dovrà essere organizzata in lotti annuali, con l'attuazione di ogni lotto che sarà vincolata alla conclusione di almeno il 50% della sistemazione morfologica del lotto precedente. Per quanto concerne gli aspetti qualitativi, la sistemazione dovrà essere preferibilmente ottenuta attraverso materiali di scavo provenienti dal medesimo sito di cava (materiale di cappellaccio sterile e non produttivo), o terre e rocce di scavo provenienti da attività estrattiva o da attività assimilabili e soggette alle modalità di utilizzo e conferimento di cui all'allegato E della Normativa Tecnica di Attuazione del P.A.E.

BIBLIOGRAFIA

A.Co.Se.R. – Centro Idea (1995) Studio di Vulnerabilità dell'Acquifero Sotterraneo Bolognese compreso fra i Torrenti Samoggia e Sillaro – Relazione Generale

Agip (1972) Acque dolci sotterranee

Amorosi, A. & Farina, M. (1994a) Stratigrafia della successione quaternaria continentale della pianura bolognese mediante correlazione di dati di pozzo. Proc. of the 1st European Congr. on Regional Geological Cartography and Information Systems, **5**, 16-34, Bologna (Italy) June 13-16, 1994.

Amorosi, A. & Farina, M. (1994b) Sequenze deposizionali nei depositi alluvionali quaternari del primo sottosuolo nell'area ad est di Bologna, tra il T. Savena ed il T. Idice. Proc. of the 1st European Congr. on Regional Geological Cartography and Information Systems, **5**, 35-54, Bologna (Italy) June 13-16, 1994.

Amorosi, A. & Farina, M. (1995) Large-scale architecture of a thrust-related alluvial complex from subsurface data: the Quaternary succession of the Po Basin in the Bologna area (Northern Italy), *Giornale di Geologia*, **57**, 3-16.

Amorosi, A., Farina, M., Severi P., Preti, D., Caporale, L. & Di Dio, G. (1996) Genetically related alluvial deposits across active fault zones: an example of alluvial fan-terrace correlation from the upper Quaternary of the southern Po Basin, Italy, *Sedimentary Geology*, **102**, 275-295.

Artioli, G.P., U. Baldini et al., (1997) Area metropolitana di Bologna: stato di avanzamento delle ricerche. Progetto strategico del CNR - Geologia delle grandi aree - Atti del Convegno, Bologna (Italy) 4-5 novembre, 1997.

Castellarin, A. Eva, C., Giglia, G., Vai, G.B. (1985) Analisi strutturale del Fronte Appenninico Padano. *Giornale di Geologia*, **3**(47), 47-75.

Chiesa, A. (1742) Carta topografica di tutta la pianura del bolognese

Cremonini, S. (1980) Evoluzione morfologica ed idrografica della pianura bolognese tra Reno e Idice. Tesi di laurea. Università di Bologna.

Elmi, C., Bergonzoni, A., Massa, C. & Montaletti, V. (1984) Il territorio di pianura del comune di Bologna: aspetti geologici e geotecnici. *Giornale di Geologia*, **46**(2), 127-152.

Farina, M., Simoni, M. & Passuti, I. (1998) Il complesso idrogeologico superficiale nel contesto della città di Bologna. *Il Geologo dell'Emilia Romagna*, **11**, 4-14.

Farina, M., Simoni, M., Frontini, S., Toffaletti, N., Anzalone, C., Bergonzoni, A., Bottarelli, M. & Guadagnini L., (2001a) W-Sahara European Project – Annual Report.

Farina, M. et al., (2001b) Progetto di metro leggero automatico per la città di Bologna – Progetto Definitivo – Relazione Geologica. Comune di Bologna - Unità Ambiente Settore Territorio e Riquilificazione Urbana

Francavilla, F. & Colombetti, A., (1980) Lineamenti Idrogeologici della pianura della provincia di Bologna. *Quad. Ist. Ric. Acque CNR*, **51** (1), 119-143.

Francavilla, F., D'Onofrio, S. & Toni, G. (1980) Caratteri idrogeologici, strutturali e paleoecologico-stratigrafici del conoide del Fiume Reno (Bologna) (Hydrogeological, structural, paleo-ecological and stratigraphical characteristics of the Reno river alluvial fan (Bologna)). *Quaderni Ist. Ric. Acque C.N.R.* **51-1**, 81-95.

Guadagnini, L., Farina, M., Frontini, S. & Simoni, M. (2002) Geostatistical modelling of a heterogeneous alluvial aquifer, Proc. of the *International Conference on Calibration and Reliability in groundwater modelling*, ModelCARE2002, Prague, 167 – 171

Ori, G. (1979) Barre di meandro nelle alluvioni ghiaiose del F. Reno (Bologna). *Bollettino Società geologica italiana*, 98, 35-54.

Pieri, M. & Groppi, G. (1981) Subsurface geological structure of the Po Plain, Italy. *Pubbl. 414 P.F. Geodinamica*, C.N.R.

Regione Emilia Romagna - Agip (1998) Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna, Technical Report. Regione Emilia Romagna, Firenze.

Scarponi F., Vicari L. Arpa, (1997) La qualità delle acque sotterranee a Bologna

Ricci Lucchi, F., Colalongo, M. L., Cremonini, G., Gasperi, G., Iaccarino, S., Papani, G., Raffi, S. & Rio, D. (1982) Evoluzione sedimentaria e paleogeografica del margine appenninico. *Guida alla geologia del margine appenninico padano*. Guide geologiche regionali, Società geologica italiana, 17-46.