

CASSA DI ESPANSIONE DEL TORRENTE BAGANZA NEI COMUNI DI FELINO, SALA BAGANZA, COLLECCHIO E PARMA (PR-E-1047)

PROGETTO DEFINITIVO

B	02/2018	Emissione a seguito dei rilievi del servizio di verifica (art. 26 D.Lgs. 50/2016)	MA	MN	DC
A	10/2016	Prima emissione	MA	MN	DC
INDICE	DATA	MODIFICHE	DISEGN.	CONTR.	APPROV.

GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA E GEOTECNICA RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA

IL RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI:

MANDATARIA
PROGETTAZIONE GENERALE ED IDRAULICA

MAJONE&PARTNERS
ENGINEERING

Prof. Ing. Ugo Majone
Dott. Ing. Denis Cerlini
Dott. Ing. Marco Belicchi
Dott. Ing. Nicola Pessarelli
Dott. Ing. Michele Ferrari
Dott. Ing. Gaetano Di Franca

MANDANTE
STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

AMBITER S.r.l.
società di ingegneria ambientale

Dott. Geol. Giorgio Neri
Dott. Amb. Gabriele Virgili
Dott. Amb. Alessio Ravera
Dott. Amb. Ecol. Adelia Sabatino
Dott. Nat. Silvia Del Fiore
Dott. Arch. Daniela Pisciotto
Dott. Leg. Rossana Valentini

MANDANTE
ASPETTI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI

EG
ENGINEERING GEOLOGY

Prof. Geol. Giovanni Paolo Beretta
Dott. Geol. Maurizio Nespoli
Dott. Geol. Monica Avanzini
Dott. Geol. Anna Cantoni
Dott. Marta Maiocchi

MANDANTE
ANALISI DELL'ASTA FLUVIALE

Studio Prof. Ing.
Alberto Bizzarri

Prof. Ing. Alberto Bizzarri

MANDANTE
ASPETTI STRUTTURALI

Ing. Claudio Marcello S.r.l.
Dott. Ing. Carlo Claudio Marcello

MANDANTE
ASPETTI GEOTECNICI

colleselli & p.
INGEGNERIA GEOTECNICA
Prof. Ing. Francesco Colleselli

PER IL R.T.P.:

Dott. Ing. Denis Cerlini

(documento firmato digitalmente)

IL R.U.P.:

Dott. Ing. Mirella Vergnani

(documento firmato digitalmente)

CONSULENTI:

MODELLAZIONE FISICA E NUMERICA

DICATeA - Università degli studi di Parma
(Prof. Ing. Paolo Mignosa)

ASPETTI ARCHEOLOGICI

AR/S Archeosistemi società Cooperativa
(Archeologa Lorenza Bronzoni)

CODICE ELABORATO:

B A G 2 0 3 G E O R R E 0 2 B

ID (1)

CAP. (2)

TIPO (3)

DOC. (4)

PROGR. (5-6) REV. (7)

SCALA

OTTOBRE
2016

IL RESPONSABILE DELL'ATTIVITÀ SPECIALISTICA:

Dott. Geol. Maurizio Nespoli

(documento firmato digitalmente)

INDICE

1. PREMESSA.....	5
2. INTRODUZIONE	7
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	10
4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGRAFICO	12
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	16
6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	23
6.1 CARATTERI IDROGEOLOGICI DI DETTAGLIO DEL SETTORE INTERESSATO DALL'OPERA	29
6.1.1 <i>Indagini condotte nell'ambito della progettazione</i>	<i>29</i>
6.1.2 <i>Sezioni idrogeologiche di dettaglio.....</i>	<i>30</i>
6.2 OPERE DI CAPTAZIONE PRESENTI NELL'INTORNO DELL'AREA	40
6.3 CARATTERI PIEZOMETRICI	48
6.3.1 <i>La rete di monitoraggio delle acque sotterranee</i>	<i>48</i>
6.3.1.1. Reti di controllo regionale (I grado) e provinciale (II grado)	48
6.3.1.2. Rete di controllo dell'area di studio	49
6.3.2 <i>Analisi della morfologia piezometrica</i>	<i>51</i>
6.3.2.1. La piezometria della falda freatica alla scala dell'opera.....	58
6.3.3 <i>Oscillazioni del livello di falda</i>	<i>71</i>
6.3.3.1. Dati delle reti di controllo regionale e provinciale	71
6.3.3.2. Rete di controllo dell'area di studio	74
6.4 PARAMETRI IDROGEOLOGICI DEGLI ACQUIFERI	79
6.4.1 <i>Esiti delle indagini condotte nell'ambito della progettazione preliminare (2011÷2013).....</i>	<i>79</i>
6.4.1.1. Prova 26 Luglio 2012 - Pompaggio S1 - Monitoraggio S1bis, S3, S4, Sa, Sb, Sc	81
6.4.1.2. Prova 7 Settembre 2012 - Pompaggio S1bis - Monitoraggio S1, S3, S4, Sa, Sb, Sc.....	81
6.4.2 <i>Esiti delle indagini condotte nell'ambito della progettazione definitiva (2016)</i>	<i>83</i>
6.4.2.1. Prova M (piezometri di controllo PzM1-PzM2-PzM3) – 13 luglio 2016	84
6.4.2.2. Prova Pozzo V (piezometri di controllo PzV1-PzV2-PzV3) – 19 luglio 2016.....	96
6.5 CARATTERISTICHE DI VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI	107
7. BIBLIOGRAFIA	111

ELENCO FIGURE

- Figura 1– Inquadramento territoriale dell'area di studio su base ortofotografica (fonte: Google Maps)
- Figura 2 – Inquadramento territoriale dell'area di studio su CTR scala 1:5000
- Figura 3 – Distribuzione dei depositi alluvionali e andamento dei paleoalvei dei principali corsi d'acqua
- Figura 4 – Schema tettonico dell'Appennino e della Pianura di Parma
- Figura 5 – Carta Geologica d'Italia a scala 1:50000 - Foglio 199 Parma Sud - Estratto
- Figura 6 – Schema stratigrafico e idrostratigrafico del Pleistocene Emiliano-Romagnolo
- Figura 7 – Traccia delle sezioni geologiche a larga scala disponibili per il settore di studio
- Figura 8 –Sezione geologica n.40-F (direzione S-NE) - Progetto CARG
- Figura 9 –Sezione geologica n.41-G (direzione NW-SE) - Progetto CARG
- Figura 10 –Sezione geologica n.42-H (direzione NW-SE) - Progetto CARG
- Figura 11 – Stralcio della "Cartografia Geologica" del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli di ARPA Emilia-Romagna
- Figura 12 – Stralcio della cartografia del PTCP di Parma (Tav.15 "Le aree di salvaguardia per la tutela delle acque potabili ed emergenze naturali") (in rosso/blu: zone di rispetto ristretta/allargata dei pozzi ad uso acquedottistico)
- Figura 13 – Stralcio della cartografia del PTA della Regione Emilia-Romagna (Tavola 1)
- Figura 14 – Distribuzione dei punti di controllo della rete ARPA in un intorno significativo dell'area di studio
- Figura 15 –Piezometria della pianura di Parma - Autunno 1989
- Figura 16 –Piezometria della pianura di Parma - Primavera 1990
- Figura 17 –Piezometria della pianura di Parma - Autunno 1990
- Figura 18 –Piezometria comune di Sala Baganza - Maggio-Giugno 1995
- Figura 19 –Piezometria conoide Parma - Baganza - Media 2003
- Figura 20 –Piezometria falda libera superficiale - Campagna preliminare 6 Marzo 2012
- Figura 21 –Piezometria falda libera superficiale - Campagna 7 Settembre 2012
- Figura 22 –Piezometria falda libera superficiale - Campagna 22 Novembre 2012
- Figura 23 –Piezometria falda libera superficiale - Campagna 5 Marzo 2013
- Figura 24 –Piezometria falda libera superficiale - Campagna 27 Maggio 2013
- Figura 25 –Piezometria falda freatica – Complesso acquifero A0 - Campagna 26 Luglio 2016
- Figura 26 –Oscillazione del livello di falda nei pozzi della rete di controllo ARPA (1977-2009) - Quota piezometrica (m s.l.m.)
- Figura 27 –Oscillazione del livello di falda nei pozzi della rete di controllo ARPA (1977-2009) - Soggiacenza (m da p.c.)
- Figura 28 –Oscillazione del livello di falda nei piezometri della rete di controllo PP - Periodo 2012-2016
- Figura 29 –Oscillazione del livello di falda nei piezometri della rete di controllo PD (Interni) - Giugno-Luglio 2016
- Figura 30 –Oscillazione del livello di falda nei piezometri della rete di controllo PD (Esterni) - Giugno-Luglio 2016
- Figura 31 –Curva di abbassamento dei livelli misurati nel corso della prova del 26 Luglio 2012
- Figura 32 –Curva di abbassamento dei livelli misurati nel corso della prova del 7 Settembre 2012
- Figura 33 –Curva di abbassamento e risalita del livello misurato al pozzo di monte- 13/07/2016

Figura 34 –Curve di abbassamento e risalita del livello misurato ai piezometri di controllo di monte- 13/07/2016

Figura 35 – Prova pozzo M – Curva di abbassamento nel pozzo M (metodo di Jacob)

Figura 36 – Prova pozzo M – Curva di abbassamento nel pozzo M (metodo di Neuman)

Figura 37 – Prova pozzo M – Curva di risalita nel pozzo M (metodo di Jacob)

Figura 38 – Prova pozzo M – Curva di abbassamento nel piezometro PzM1 (metodo di Jacob)

Figura 39 – Prova pozzo M – Curva di abbassamento nel piezometro PzM1 (metodo di Neuman)

Figura 40 – Prova pozzo M – Curva di risalita nel piezometro PzM1 (metodo di Jacob)

Figura 41 – Prova pozzo M – Curva di risalita nel piezometro PzM1 (metodo di Neuman)

Figura 42 – Prova pozzo M – Curva di abbassamento nel piezometro PzM2 (metodo di Jacob)

Figura 43 – Prova pozzo M – Curva di abbassamento nel abbassamento PzM2 (metodo di Neuman)

Figura 44 – Prova pozzo M – Curva di risalita nel piezometro PzM2 (metodo di Jacob)

Figura 45 – Prova pozzo M – Curva di risalita nel piezometro PzM2 (metodo di Neuman)

Figura 46 – Prova pozzo M – Curva di abbassamento nel piezometro PzM3 (metodo di Jacob)

Figura 47 – Prova pozzo M – Curva di abbassamento nel piezometro PzM3 (metodo di Neuman)

Figura 48 – Prova pozzo M – Curva di risalita nel piezometro PzM3 (metodo di Jacob)

Figura 49 – Prova pozzo M – Curva di risalita nel piezometro PzM3 (metodo di Neuman)

Figura 50 –Curva di abbassamento e risalita del livello misurato al pozzo di valle - 19/07/2016

Figura 51 –Curve di abbassamento e risalita del livello misurato ai piezometri di controllo di valle - 19/07/2016

Figura 52 – Prova pozzo V – Curva di abbassamento nel pozzo V (metodo di Jacob)

Figura 53 – Prova pozzo V – Curva di abbassamento nel pozzo V (metodo di Neuman)

Figura 54 – Prova pozzo V – Curva di risalita nel pozzo V (metodo di Jacob)

Figura 55 – Prova pozzo V – Curva di risalita nel pozzo V (metodo di Nauman)

Figura 56 – Prova pozzo V – Curva di abbassamento nel piezometro PzV1 (metodo di Jacob)

Figura 57 – Prova pozzo V – Curva di abbassamento nel pozzo PzV1 (metodo di Neuman)

Figura 58 – Prova pozzo V – Curva di risalita nel pozzo PzV1 (metodo di Jacob)

Figura 59 – Prova pozzo V – Curva di risalita nel pozzo PzV1 (metodo di Neuman)

Figura 60 – Prova pozzo V – Curva di abbassamento nel piezometro PzV3 (metodo di Jacob)

Figura 61 – Prova pozzo V – Curva di abbassamento nel abbassamento PzV3 (metodo di Neuman)

Figura 62 – Prova pozzo V – Curva di risalita nel piezometro PzV3 (metodo di Jacob)

Figura 63 – Prova pozzo V – Curva di risalita nel piezometro PzV3 (metodo di Neuman)

Figura 64 –Carta della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento (CNR, 1992)

Figura 65 –Carta della vulnerabilità idrogeologica della Pianura di Parma (Università degli Studi di Parma, 1992)

Figura 66 –Stralcio Cartografia PTCP - Variante approvata con Del. C.P. n.118 del 22/12/2008

ELENCO ELABORATI

BAG2_03GEO_D_PL_01_A - Planimetria delle indagini geologiche e geotecniche

BAG2_03GEO_D_PL_02_A - Planimetria idrogeologica

BAG2_03GEO_D_SZ_01_A - Sezioni geologiche Sud - Nord

BAG2_03GEO_D_SZ_02_A - Sezioni geologiche Ovest - Est

1. PREMESSA

Con Det. n°749 del 13.07.2016, L'AIPO - Agenzia interregionale per il fiume Po, ha reso efficace l'aggiudicazione della progettazione definitiva relativa ai *Lavori di realizzazione della Cassa di espansione del torrente Baganza nei comuni di Felino, Sala Baganza, Collecchio e Parma (PR-E-1047)* allo scrivente R.T.P. Majone & Partners S.r.l. – Ambiter S.r.l. – Studio Prof. Ing. Alberto Bizzarri – Studio Colleselli & Partners – EG Engineering Geology di G.P. Beretta e Associati – Ing. Claudio Marcello S.r.l. (di seguito RTP).

Il progetto preliminare (marzo 2015), trasmesso dall'AIPO a Regione e Autorità di Bacino del fiume Po, è stato validato ed inserito da questi ultimi, nel luglio 2015, tra le istanze di finanziamento per interventi di mitigazione del rischio idrogeologico proposte dalla Regione Emilia-Romagna, mediante la validazione delle schede istruttorie inserite nella piattaforma telematica ReNDIS-web, dando atto che l'intervento è coerente con gli atti di pianificazione territoriale e tra gli interventi prioritariamente individuati attraverso gli strumenti di analisi del rischio.

Con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 15 settembre 2015 è stato approvato il Piano stralcio per le aree metropolitane e le aree urbane con alto livello di popolazione esposta al rischio di alluvioni, nel quale l'intervento in questione è stato inserito in tabella D¹ allegata all'atto, con la previsione di un finanziamento di 55.000.000,00 Euro, come da previsione del progetto preliminare.

Al fine di individuare, nei tempi ristretti assegnati per la progettazione, soluzioni condivise che perseguissero obiettivi a scala sovracomunale (di bacino) nel rispetto delle esigenze locali, è stato avviato un percorso progettuale in grado di definire le migliori opzioni d'intervento attraverso una progettazione integrata e multidisciplinare, che analizzasse ex ante in modo coordinato le esigenze tecniche, le esigenze territoriali e le esigenze ambientali e che consentisse un confronto costruttivo con le Amministrazioni coinvolte e con i portatori di interesse e più in generale con la cittadinanza attiva.

Tale percorso di partecipazione con i diversi stakeholder, avviato da AIPO nell'autunno 2015 e conclusosi nel novembre dello stesso anno, ha così permesso d'individuare gli elementi migliorativi da utilizzare nello sviluppo della progettazione definitiva della Cassa d'espansione sul Torrente Baganza. In particolare, è emersa da diversi soggetti la necessità di sviluppare la progettazione della cassa di laminazione con una visione complessiva di bacino Parma-Baganza che permettesse, oltre alla realizzazione dell'invaso, l'individuazione delle azioni complementari da attuare lungo le aste di Parma e Baganza al fine della riduzione e mitigazione del rischio residuale.

Nel presente progetto definitivo è pertanto contenuta, oltre al progetto dell'opera in senso stretto, anche una prima complessiva risposta alle suddette richieste, mediante un'analisi idraulica e geomorfologica a livello d'asta fluviale nel tratto di Torrente Baganza compreso tra Calestano e la confluenza con il T. Parma, ed una diagnosi sulle

¹ Nella tabella D sono indicati gli interventi di mitigazione del rischio alluvionale che presentano un livello di progettazione preliminare e per i quali è necessario raggiungere tempestivamente un livello di progettazione definitivo od esecutivo al fine di consentire l'utilizzo immediato delle risorse che si renderanno disponibili

arginature esistenti, eseguita per tratti omogenei, nel tratto d'alveo del T. Parma a valle della città sino alla confluenza con il Fiume Po.

Il presente progetto definitivo è stato predisposto in conformità con l'art. 23 c.7 del D.Lgs 50/2016 nonché, in applicazione dell'art. 216, c.4 dello stesso, con gli artt.24÷32 del D.P.R. 207/2010 e s.m.i., ed individua compiutamente i lavori da realizzare nel rispetto dei criteri, dei vincoli, degli indirizzi e delle indicazioni stabiliti dalla stazione appaltante nell'ambito del progetto preliminare e delle successive fasi di partecipazione sopra accennate e nel rispetto, laddove possibile e/o pertinente, delle *“Linee guida per le attività di programmazione e progettazione degli interventi per il contrasto del rischio idrogeologico (versione 2.0 del settembre 2016 - #italiasicura)”*.

La presente Relazione Geologica e idrogeologica (art. 26 del D.P.R. 207/2010) si articola nello specifico nei seguenti capitoli:

- Introduzione (Capitolo 2);
- Inquadramento territoriale (Capitolo 3);
- Inquadramento geomorfologico e idrografico (Capitolo 4);
- Inquadramento geologico (Capitolo 5);
- Inquadramento idrogeologico (Capitolo 6);
- Bibliografia (Capitolo 7).

2. INTRODUZIONE

La presente relazione illustra l'assetto geologico, geomorfologico e idrogeologico delle aree interessate dal Progetto Definitivo della Cassa di Espansione del Torrente Baganza.

In base ai dati attualmente disponibili per l'areale interessato e alle osservazioni effettuate durante sopralluoghi sul campo, sono state eseguite le seguenti fasi di studio:

- raccolta e analisi dei dati idrologici e idrogeologici esistenti in bibliografia e in precedenti studi già redatti per l'area in esame, compreso il Progetto Preliminare (2015);
- ricostruzione del modello fisico del sottosuolo dell'area di indagine effettuata mediante:
 - identificazione delle principali caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche dell'area interessata dal progetto;
 - identificazione dei punti di controllo della falda esistenti (pozzi e piezometri);
 - raccolta e redazione di sezioni idrogeologiche rappresentative dell'area;
 - ricostruzione dei caratteri geometrico-strutturali dell'acquifero interessato dal progetto;
 - ricostruzione dell'andamento piezometrico della falda interessata dal progetto;
 - ricostruzione delle oscillazioni dei livelli di falda rilevati presso i piezometri della rete regionale e i punti di controllo presenti nell'area in esame.

I dati di inquadramento sono stati derivati da quanto riportato in bibliografia, nella cartografia geologica nazionale e regionale, nei report ambientali redatti da ARPA e nei documenti di Piano redatti a scala provinciale e comunale per i comuni interessati dal progetto (Parma, Sala Baganza e Collecchio).

Le informazioni di carattere generale così raccolte sono state integrate e supportate dai risultati delle diverse campagne di indagini svolte nell'ambito della redazione del Progetto Preliminare e delle indagini integrative svolte per la stesura del presente Progetto Definitivo.

Più nel dettaglio, nell'ambito della progettazione della cassa di espansione sul Torrente Baganza, su committenza di AIPO sono state condotte tra il 2011 e il 2016 le seguenti attività:

- Luglio - Agosto 2011 - Campagna di indagini preliminari (Progetto Preliminare)
 - n. 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (S1÷S3) (PARMAGEO s.r.l.);
 - n. 1 prova di permeabilità Lefranc (in S2) (PARMAGEO s.r.l.);
 - indagini geofisiche (GeoExploration s.r.l.): n. 5 allineamenti geoelettrici, n. 1 stendimento sismico a rifrazione, n.1 stendimento sismico a riflessione, n.1 rilievo down-hole (S1);
 - prove di classificazione in laboratorio su n.6 campioni di sondaggio (Università degli Studi di Parma - DICATeA).

- Giugno - Settembre 2012 - Prima campagna di indagini integrative (Progetto Preliminare)
 - n. 16 sondaggi a carotaggio continuo (S1÷S16) a profondità variabile tra 30 e 60 m e relative prove SPT e Lefranc a carico variabile (SOGEO s.r.l.);
 - n. 1 sondaggio a carotaggio continuo (S4) (PARMAGEO s.r.l.);
 - n. 9 perforazioni a distruzione di nucleo (Sa÷Si) a profondità variabile tra 20 e 28 m e relative prove Lefranc a carico variabile (SOGEO s.r.l.);
 - installazione di n.14 tubi piezometrici NORTON a tubo aperto (SOGEO s.r.l.);
 - n. 25 campionamenti di terreno indisturbato con campionatore Osterberg (SOGEO s.r.l.);
 - n. 84 prove SPT (SOGEO s.r.l.);
 - n. 10 prove penetrometriche dinamiche DPSH tra 2 e 12 m di profondità (SOGEO s.r.l.);
 - n. 10 pozzetti esplorativi (PS1÷PS10) di profondità pari a 4 m e relativo prelievo di campioni rimaneggiati (SOGEO s.r.l.);
 - n. 1 indagine geofisica down-hole (S2) (GeoExploration s.r.l.);
 - prove di classificazione e caratterizzazione geotecnica e meccanica in laboratorio sui campioni prelevati in sito (Università degli Studi di Parma - DICATeA).
- Luglio 2013 - Seconda campagna di indagini integrative (Progetto Preliminare)
 - n. 2 sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati, successivamente attrezzati a piezometro (SOGEO s.r.l.).
- Giugno - Luglio 2016 - Terza campagna di indagini integrative (Progetto Definitivo)
 - n. 9 sondaggi a carotaggio continuo di profondità pari a 20 m (SI1÷SI9), esterni all'area di studio, successivamente attrezzati a piezometro per la misura dei livelli di falda;
 - n. 4 sondaggi a carotaggio continuo di profondità pari a 45 m (SIG1÷SIG4), interni all'area di studio, successivamente attrezzati a piezometro, in corrispondenza dei quali sono state eseguite prove SPT (22 per ciascun sondaggio) e campionamenti (almeno 5 per ciascun sondaggio);
 - n. 6 sondaggi a carotaggio continuo di profondità pari a 10-25 m (SMC), per la verifica della continuità dello strato argilloso e per la raccolta di campioni (3 per ciascun sondaggio);
 - realizzazione di n.2 campi prova per l'esecuzione di prove di pompaggio a portata costante, ciascuno composto da n.1 pozzo e n.3 piezometri di controllo;
 - 80 pozzetti esplorativi (74 per analisi terre e rocce da scavo - 6 per analisi ambientali);
 - 5 campionamenti in alveo;

- n. 4 stendimenti di tomografia elettrica, rispettivamente due nella zona di monte e due nella zona di valle;
- n. 3 profili geofisici con tecnologia MASW 2D nella zona di valle;
- prove di classificazione e caratterizzazione in laboratorio;
- analisi chimiche;
- rilievo topografico dei punti di indagine.

L'ubicazione di tutte le indagini eseguite è riportata nell'elaborato BAG2_03GEO_D_PL_01_A "Planimetria delle indagini geologiche e geotecniche".

3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area interessata dall'opera in progetto è ubicata per la maggior parte in Comune di Parma, in corrispondenza del confine Sud-Ovest, con un minimo interessamento dei territori comunali di Sala Baganza e Collecchio (Figura 1 e Figura 2).

L'area è compresa nelle Sezioni CTR scala 1:10000 n.199070 "Sala Baganza" e n. 199080 "Corcagnano" e nella Tavola 199 "Parma Sud" della Carta Geologica d'Italia scala 1:50000.

Si tratta di un settore a prevalente uso agricolo; gli abitati più prossimi all'area di studio sono Sala Baganza (a Sud-Ovest) e la frazione Casale di Felino (circa 300 m a Sud).

Nell'ambito del PTCP (2008) l'area risulta inquadrata in "Zona di tutela ambientale ed idraulica dei corsi d'acqua" e in "Zona di deflusso della piena" ai sensi degli art.12 e 13 delle NTA e in "Aree di valore naturale e ambientale" e "Ambiti di rilievo paesaggistico" ai sensi degli art. 39 e 40 delle NTA.

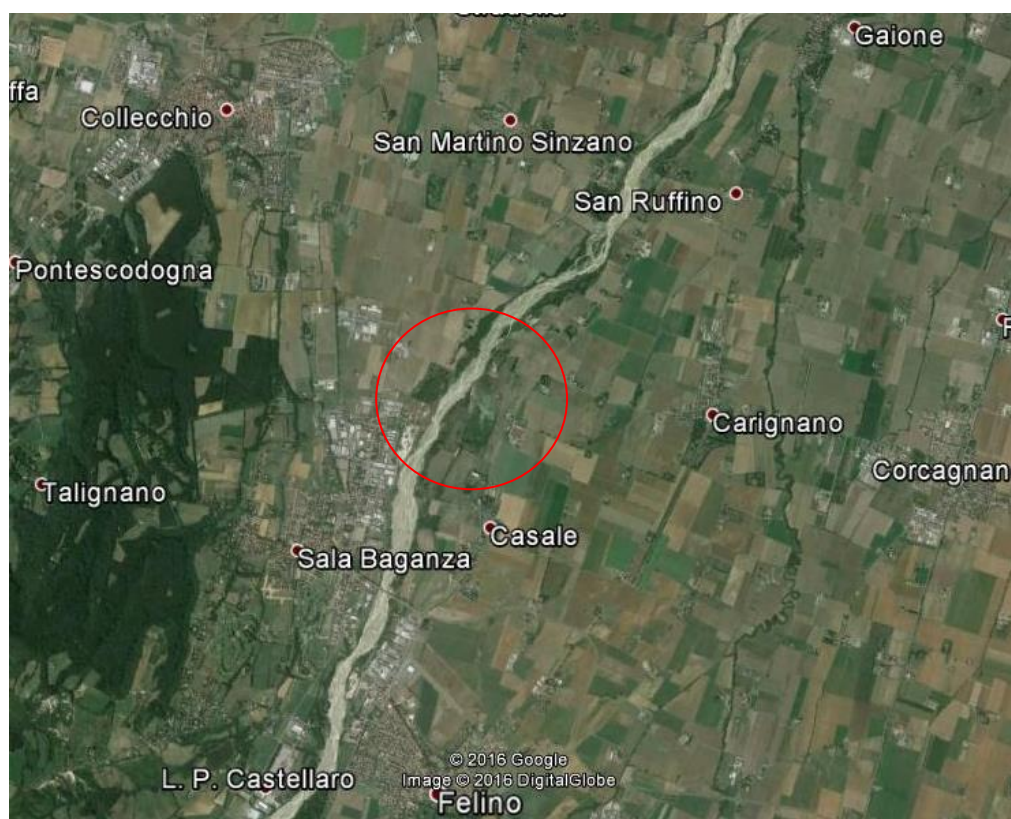


Figura 1– Inquadramento territoriale dell'area di studio su base ortofotografica (fonte: Google Maps)

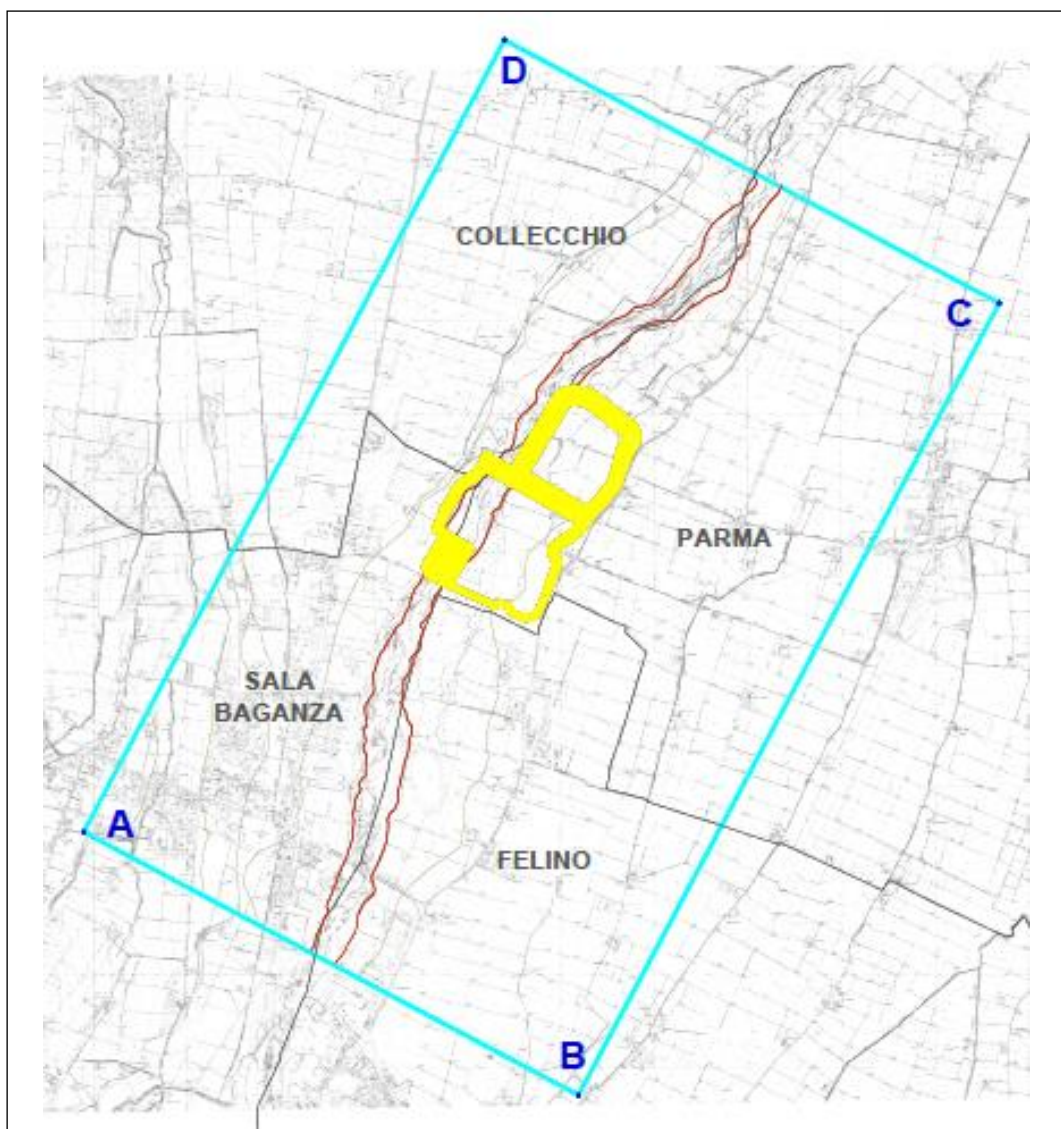


Figura 2 – Inquadramento territoriale dell'area di studio su CTR scala 1:5000
 (il rettangolo A-B-C-D indica l'areale interessato dal modello)

4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGRAFICO

Dal punto di vista geomorfologico, l'area oggetto d'indagine ricade nell'ambito della pianura pedemontana parmense (alta pianura) formata dalla coalescenza delle conoidi dei tre corsi d'acqua principali (Taro, Baganza e Parma) e dei terrazzi alluvionali intravallivi, in graduale raccordo con la bassa pianura.

La pianura di Parma è assimilabile ad una superficie subpianeggiante con lieve immersione verso NNE, interrotta nella zona medio-alta dai rilievi isolati di Montechiarugolo, Basilicogioiano-Monticelli Terme, Marano e Stradella.

Nel settore di studio la topografia presenta gradienti topografici attorno all'1-1.2% e quote altimetriche comprese tra circa 145 m s.l.m. (a Sud) e 130 m s.l.m. (a Nord).

Gli eventi responsabili dell'attuale assetto del territorio sono riconducibili essenzialmente all'attività tettonica passata e recente e alla dinamica fluviale manifestatasi nel periodo Pleistocene-Olocene; nel periodo recente è intervenuta anche l'attività antropica con azioni mirate alla stabilizzazione e alla modellazione delle superfici del suolo da rendere compatibili con le esigenze economiche, produttive e insediative.

Il paesaggio della pianura pedemontana è contraddistinto da corsi d'acqua ad andamento rettilineo che scorrono nelle aree topograficamente inferiori e da zone perfluviali pianeggianti e terrazzate.

Allontanandosi dai corsi d'acqua sono infatti individuabili vari ordini di terrazzi fluviali impostati a quote progressivamente superiori (progressivamente più antichi), caratterizzati da superfici sub-pianeggianti digradanti verso N-NE con pendenze medie pari a 0.5-1%.

Verso il lato fiume i terrazzi sono interrotti lateralmente da scarpate di alcuni metri (orli di terrazzi fluviali), che verso monte affiorano con sufficiente continuità, mantenendo un andamento all'incirca parallelo all'asta fluviale, mentre verso la pianura si riducono progressivamente fino a elidersi completamente. Ne consegue che i corsi d'acqua nella zona al limite con la fascia collinare sono impostati in ampie depressioni vallive, mentre spostandosi verso valle gli alvei si riducono a contenute incisioni nel piano campagna.

Inserita nel vasto ambito dell'Alta Pianura di Parma, l'area oggetto di studio si colloca in particolare nel settore centrale della conoide del torrente Baganza.

Il torrente Baganza ha origine nell'Appennino Parmense, dal complesso del Monte Borgognone (1375 m s.l.m.) e scorre per circa 57 km verso Nord, sfiorando le località di Berceto, Fugazzolo, Casaselvatica, Ravarano, Calestano, Ronzano, Marzolaro, San Vitale Baganza, Felino, Sala Baganza, San Ruffino e Gaione, fino alla confluenza con il torrente Parma all'interno del nucleo dell'omonima città, circa 800 m a valle di Ponte Nuovo. Nei pressi di Sala Baganza il torrente lambisce il parco naturale regionale Boschi di Carrega.

Il bacino idrografico del torrente Baganza, esteso su una superficie di circa 225 km², presenta una forma allungata all'incirca parallela a quella del bacino del torrente Parma; nel tratto di monte (fino a Marzolaro) presenta una morfologia asimmetrica, con versanti più ripidi e ridotti in sinistra idrografica e versanti più blandi ed estesi in destra idrografica. A Sud di Marzolaro il bacino assume una morfologia più ampia e omogenea, fino a restringersi nuovamente all'altezza di S.Martino Sinzano (a valle dell'area di studio) fino alla confluenza con il torrente Parma.

Il torrente Baganza presentava originariamente un alveo più grande e caratteri di maggiore energia. A partire dal Pleistocene superiore - Olocene, invece, il passaggio da condizioni climatiche glaciali a condizioni più miti ha portato di fatto ad una riduzione dell'attività dei corsi d'acqua, determinando dapprima una migrazione a più fasi dell'alveo stesso verso Est (Figura 3) e una evoluzione dell'alveo fluviale verso forme maggiormente in equilibrio con la cadente morfologica.

In questo tratto fluviale, il torrente è contraddistinto da un assetto in equilibrio precario ed è sufficiente che avvengano piccole variazioni dei parametri idraulici e geomorfologici perché il corso d'acqua cambi spontaneamente il suo tracciato e la sua configurazione di drenaggio.

L'attuale conformazione mostra un drenaggio a canale singolo o doppio (principale e secondario), ad andamento sinuoso, con barre fluviali di estensione non trascurabile che talvolta costituiscono vere e proprie isole, spesso vegetate e raramente sommerse in regime di piena.

Il canale secondario, generalmente aderente a una delle due sponde, presenta dimensioni variabili, fino a un massimo pari alla grandezza di quello principale. Tale canale secondario è solitamente generato in concomitanza di piene di una certa entità, per taglio delle barre laterali longitudinali; a seguito delle piene successive il canale può occludersi ed essere definitivamente abbandonato, oppure allargarsi fino a diventare egli stesso il canale principale.

In sinistra e destra idrografica del torrente Baganza sono individuabili 3 ordini di terrazzi fluviali:

- terrazzi in evoluzione: si estendono parallelamente e di poco sospesi a lato dell'alveo inciso dal torrente, rimanendo tuttavia sempre all'interno dell'alveo in piena; sono frequentemente interessati dalle piene e presentano morfologia molto varia, con depressioni e rilievi. In relazione alla dinamica fluviale (erosione e deposizione), la forma di questi terrazzi è in continua evoluzione;
- terrazzi di secondo ordine (riferibili ai depositi sedimentati nell'ambito degli eventi alluvionali degli ultimi 1500 anni): lambiscono il torrente in posizione di poco sospesa al di sopra dell'alveo di piena; presentano morfologia pianeggiante leggermente degradante verso valle e verso l'asse fluviale, con pendenze variabili da 0.2 a 0.8 %. L'orlo di questi terrazzi è discontinuo, in relazione agli interventi antropici e all'azione erosiva della corrente fluviale durante le piene;
- terrazzi di terzo ordine (deposti a partire da 7500 anni fa): discretamente sopraelevati e incisi da numerosi canali minori, presentano superficie piana leggermente degradante verso N-NE con pendenza variabile da 0.5 a 1 %.

In rapporto alle altre aste idrografiche principali presenti sul territorio, i corsi d'acqua che insieme al torrente Baganza hanno partecipato in modo determinante alla costruzione della pianura di Parma sono il torrente Parma e il fiume Taro.

Il torrente Parma scorre circa 7 km ad Est del settore di studio e raccoglie le acque del Baganza all'altezza del centro abitato di Parma; il fiume Taro scorre, invece, circa 7 km ad Ovest dell'area di interesse.

Il fiume Taro, dopo aver formato la parte sommitale della conoide, ha deviato verso NE fin oltre il corso attuale del torrente Enza e ha costruito con i suoi depositi la media e bassa pianura parmense.

Il torrente Parma durante il Pleistocene avrebbe abbandonato l'area parmense deviando già nell'alta pianura il proprio corso verso Est, contribuendo attivamente alla costruzione della pianura reggiana.

Il torrente Baganza si sarebbe associato al fiume Taro nella costruzione della pianura più recente.

Le conoidi attuali dei torrenti Parma e Baganza sono sovrapposte a quella più antica del fiume Taro; tale informazione riveste particolare significato nell'interpretazione idrogeologica del sistema acquifero profondo.

Sempre in riferimento all'idrografia principale, si segnala infine la presenza del torrente Enza, che scorre circa 15 Km a Est del settore di studio; il torrente non viene considerato determinante nella costruzione della pianura di Parma in quanto sarebbe migrato nella posizione attuale solo in una fase successiva.

La rete idrografica secondaria presente nell'intorno e all'interno dell'area interessata dal progetto è costituita da una fitta serie di cavi, canali e fossi prevalentemente artificiali, frutto degli interventi antropici attuati essenzialmente a scopo agricolo a garanzia di un regolare drenaggio nei periodi di pioggia e di un adeguato apporto irriguo nei periodi siccitosi.

Ulteriore aspetto idrogeologico riconducibile all'idrografia superficiale è costituito dalle risorgive presenti nell'alta e media pianura, che danno luogo a una rete di scolo in parte naturale.

Le risorgive dell'alta pianura, in particolare, sono legate a fattori tettonici e morfologico-sedimentologici e sono caratterizzate da potenziale idrico ridotto ed elevata vulnerabilità.

A questo proposito, nell'elaborato BAG2_03GEO_D_PL_02_A "Planimetria idrogeologica" sono riportati i fontanili attivi o parzialmente attivi presenti in un intorno significativo dell'area di studio, tratti dalla cartografia idrogeologica del PTCP di Parma. All'interno del perimetro della cassa di espansione, in corrispondenza del settore Sud-Est, sarebbe presente un fontanile parzialmente attivo; è inoltre rilevabile la presenza di una coppia di fontanili (di cui uno parzialmente attivo e uno attivo) circa 2 km a Nord della cassa di espansione.

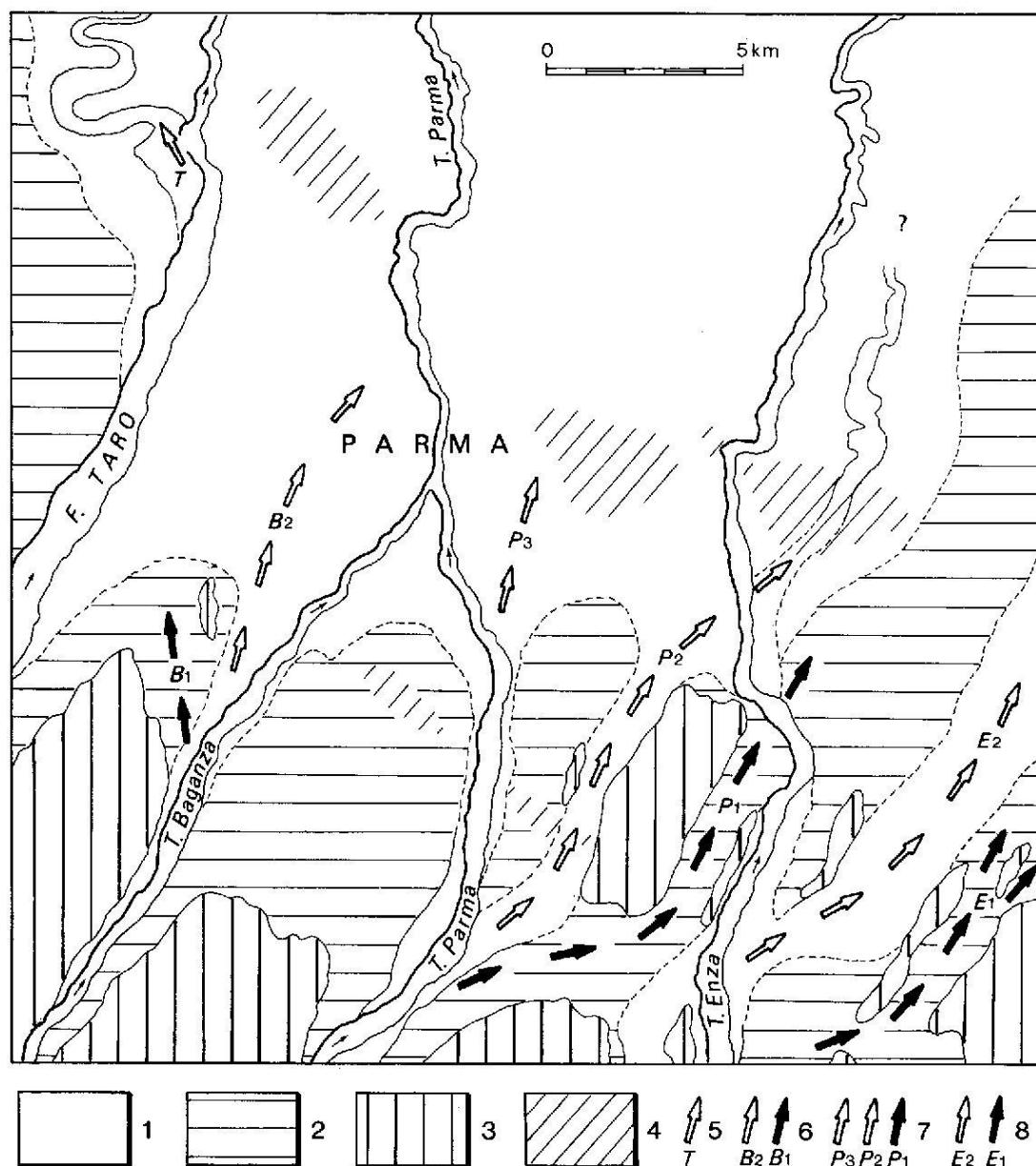


Fig. 6: 1) Alluvioni medio recenti, esondabili in caso di piene eccezionali che talora superano e rompono gli argini (Olocene); 2) Alluvioni antiche (Olocene); 3) Depositi fluviali terrazzati (Pleistocene); 4) Area di risorgiva; 5) T=alveo recente abbandonato dal F. Taro; 6) Tracce di alvei del T. Baganza: B₂ = Olocene recente; B₁=Pleisto-Olocene; 7) Tracce di alvei del T. Parma: P₃ = periodo storico (?); P₂ = Olocene recente; P₁= Pleisto-Olocene; 8) Tracce di alvei del T. Enza: E₂= Olocene; E₁= Pleisto-Olocene.

Figura 3 – Distribuzione dei depositi alluvionali e andamento dei paleoalvei dei principali corsi d'acqua
(Università degli Studi di Parma, 1992)

5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico, l'area di studio si inserisce nell'ambito dei depositi quaternari della conoide del Torrente Baganza, formati nel Pleistocene Superiore, dopo la chiusura del ciclo marino pleistocenico-calabrianico e il sollevamento definitivo della catena appenninica.

L'attuale struttura dell'Edificio Appenninico e del Bacino Padano trae origine dalle spinte deformative che, a partire dal Miocene superiore, hanno coinvolto l'Appennino Settentrionale e l'antistante substrato padano, provocandone la deformazione secondo un modello generale a falde sovrapposte ed embrici NE vergenti (Pieri e Groppi, 1982).

Nel Quaternario, la crescente estensione di terre emerse soggette a erosione, consentì ai corsi d'acqua alpini e appenninici di colmare il bacino padano con la coltre di sedimenti alluvionali che ne caratterizza l'attuale morfologia.

Il territorio è caratterizzato da una attività tettonica recente mascherata dalla relativa tranquillità morfologica: le strutture deformative passate e recenti (sovrascorrimenti, faglie, duplicazioni e pieghe) risultano in parte sepolte dalle coperture alluvionali quaternarie e in parte evidenti lungo il margine appenninico settentrionale.

Indagini geofisiche hanno infatti evidenziato chiaramente la presenza dell'anticlinale di Montepelato (Monticelli)-Stradella-Fontevivo, vergente verso NNE, che coinvolge substrato marino e depositi continentali quaternari, con dislocazioni tettoniche ad andamento appenninico complicate da coniugate orientate circa SSO-NNE.

Gli studi hanno inoltre permesso di stabilire che i sedimenti alluvionali sono stati piegati dopo la loro deposizione, complicando la delimitazione degli acquiferi.

Le strutture descritte sono visibili nello schema tettonico riportato in Figura 4 (tratto dalla "Carta geologica d'Italia" in scala 1:50000 - Foglio 199 Parma Sud), che identifica anche i principali sistemi geologici descritti di seguito.

Per un inquadramento delle principali caratteristiche geologiche dell'area oggetto di studio, il principale riferimento rimane la Carta Geologica d'Italia a scala 1:50000 del Progetto CARG (Foglio 199 – Parma), riprodotta nell'elaborato BAG2_03GEO_D_PL_02_A "Planimetria idrogeologica" e riportata in stralcio in Figura 5.

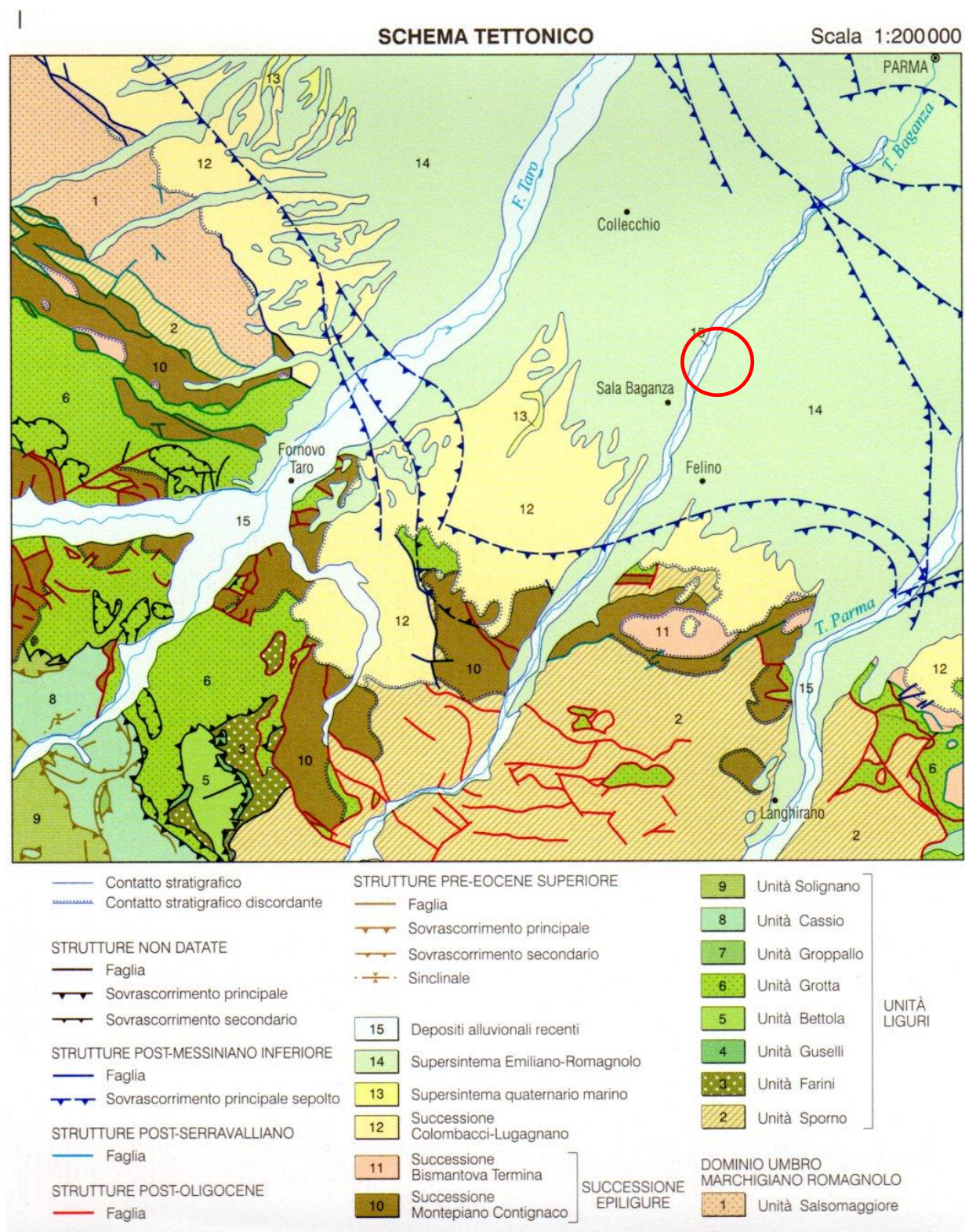
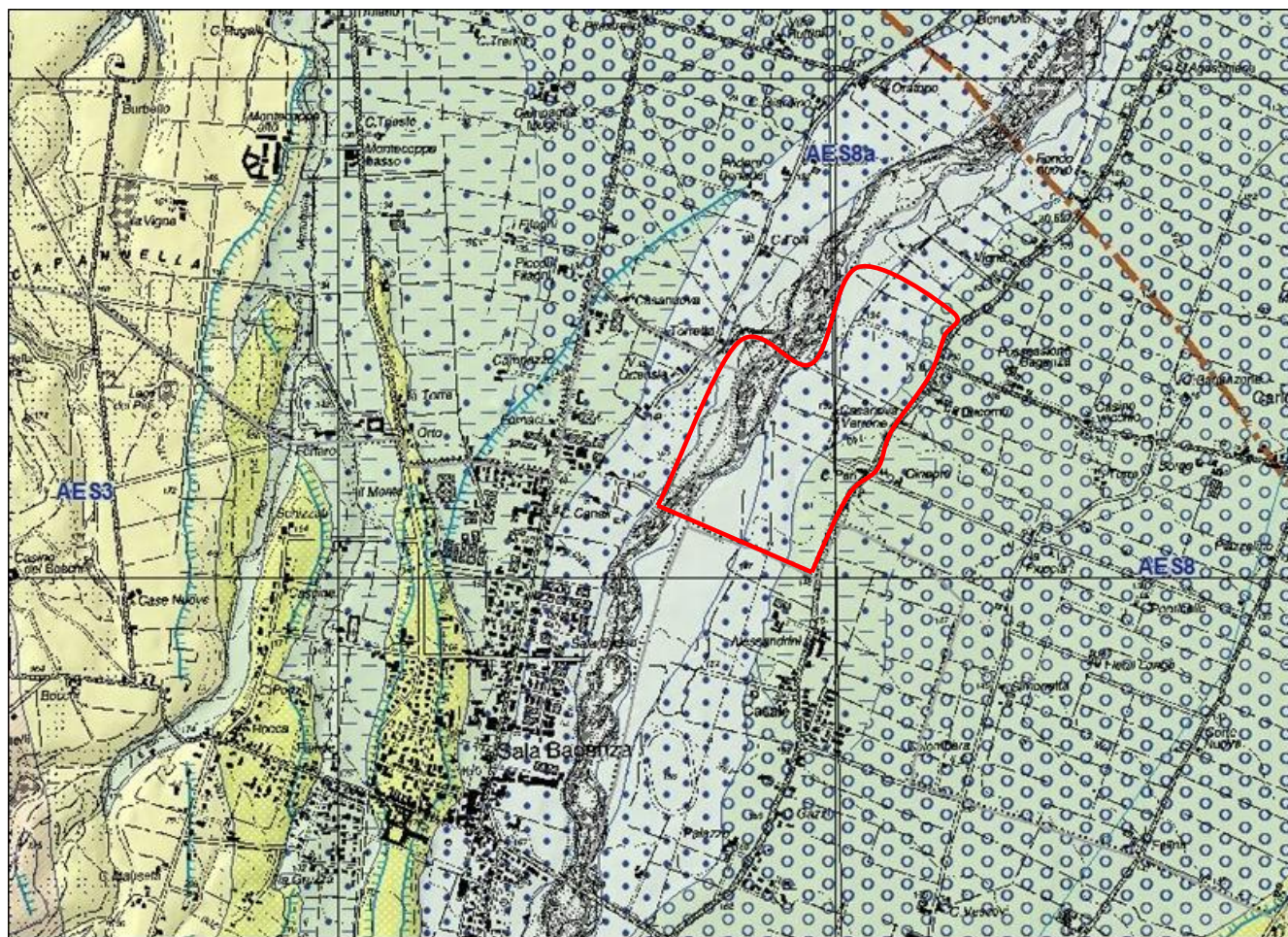


Figura 4 – Schema tettonico dell'Appennino e della Pianura di Parma



Ambienti deposiz. e litologie (50K)

- ghiaia di piana alluvionale
- ghiaia sabbiosa di piana alluvionale
- limo argilloso di piana alluvionale
- limo sabbioso di piana alluvionale
- sabbia di piana alluvionale

Unità geologiche (50K)

- AEI - Sintema emiliano-romagnolo inferiore
- AES2a - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Maiatico - unità di Miano
- AES2b - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Maiatico - unità di Fico Rosso
- AES3 - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Agazzano
- AES7a - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Villa Verucchio - unità di Niviano
- AES8 - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna
- AES8a - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna - unità di Modena
- CMZ - Sintema di Costamezzana

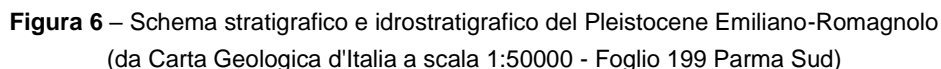
Figura 5 – Carta Geologica d'Italia a scala 1:50000 - Foglio 199 Parma Sud - Estratto

I depositi presenti nel sottosuolo dell'area di studio risultano suddivisi in 3 domini che, dal più antico al più recente, sono noti come:

- **Dominio Ligure:** si tratta dei sedimenti di fondo oceanico dell'estinto bacino della Tetide, depositati antecedentemente alla collisione della placca africana con la placca europea. Si tratta d'unità traslate e intensamente deformate sopra le unità autoctone durante l'orogenesi appenninica. Si compongono di un Complesso di Base a composizione argillo-calcareo prevalente con inclusi potenti complessi ofiolitici (Complessi Ofiolitici di M. Aiona, M. Penna, M. Sillara, ecc.) e da una serie d'unità calcareo-marnose (Unità Cassio, Unità Caio, Unità Solignano) e arenaceo-calcareo-pelitiche (Unità Dosso, Sporno, M. Gottero, M. Zatta);
- **Successione Epiligure:** si tratta di unità pseudo-autoctone di mare profondo e poco profondo, sedimentate nei bacini in corso di evoluzione durante le principali fasi orogenetiche dell'Appennino Settentrionale. In termini stratigrafici si collocano al tetto della catena appenninica ricoprendo le unità del Dominio Ligure. La loro sedimentazione e struttura tettonica è geneticamente legata alla rimobilizzazione delle unità liguri sulle quali giacciono;
- **Dominio Padano Adriatico:** si tratta della successione post-evaporitica del Margine Padano-Adriatico, che si presenta nel suo complesso come un ciclo sedimentario trasgressivo-regressivo costituito alla base da depositi continentali, seguiti da depositi francamente marini e con a tetto ancora depositi continentali.

L'area di studio si colloca nella porzione di pertinenza del *Dominio Padano Adriatico (Pleistocene)*, all'interno del quale si possono distinguere, dal basso verso l'alto, 2 Sequenze Principali (vedi schema stratigrafico in Figura 6):

- **Supersistema del Quaternario Marino** (ciclo Quaternario Marino Qm);
- **Supersistema Emiliano-Romagnolo** (ciclo Quaternario Continentale Qc).



- Sistema Emiliano Romagnolo inferiore (AEI) (Pleistocene medio);
- Sistema Emiliano Romagnolo superiore (AES) (Pleistocene medio - Olocene).

Nell'area in esame il Sintema AES è rappresentato dai seguenti Subsintemi (dal più antico al più recente):

- Subsistema di Maiatico AES2 (Pleistocene Medio): nell'ambito dei depositi intravallivi terrazzati, si rinvennero cicli positivi plurimetrici, stratigraficamente giustapposti, formati da un intervallo basale

grossolano a ghiaie a supporto clastico con matrice sabbioso-limosa e da un intervallo superiore prevalentemente fine, massivo, di colore grigiastro (giallognolo all'alterazione), con locali intercalazioni sabbiose e ghiaiose di spessore massimo pari a 2 m. Nell'ambito dei depositi di conoide alluvionale, verso valle i cicli positivi si trasformano gradualmente in cicli negativi che si sovrappongono stratigraficamente, nei quali l'intervallo basale argilloso-limoso e quello sovrastante ghiaioso mostrano alterazione pedogenetica debole o assente. Lo spessore complessivo del subsistema varia da pochi metri a circa 35 m nel sottosuolo dell'ambito di pianura. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto, raggiunge i 7-8 m di profondità ed è di tipo Bt/Btc/BC/Ck/C sulle litofacies grossolane e di tipo A/Bw/Bkss oppure A/E/Bt/Btc/Btb/Btcb/Btb/Btcb sulle litofacies fini. Il contatto di base è erosivo e discordante sulle unità più antiche in sinistra idraulica del fiume Taro, mentre in destra Taro diventa continuo e concordante sul Subsistema di Monterlinzana (AES1).

- Subsistema di Agazzano AES3 (Pleistocene Medio): è costituito da ghiaie e ghiaie sabbioso-argillose prevalenti nelle zone di conoide alluvionale e nei bacini intravallivi terrazzati, mentre nelle zone d'interconoide la successione stratigrafica è costituita da sabbie e limi argillosi, con subordinati livelli di ghiaie, localmente stratificati. I depositi intravallivi sono generalmente costituiti da un intervallo basale con ghiaie prevalenti, sovrastato da un intervallo fine, limoso-argilloso; i depositi distali di conoide ghiaiosa, invece, presentano comunemente un livello fine di spessore metrico alla base dell'unità. Lo spessore complessivo del subsistema risulta variabile da alcuni metri a 30 m (nel sottosuolo della pianura). Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto, raggiunge i 6-7 m di profondità ed è di tipo Bt/Btc/BC/Ck/C sulle litofacies grossolane e di tipo A/Bw/Bkss oppure A/E/Bt/Btc/Btb/Btcb/Btb/Btcb sulle litofacies fini. Il contatto di base è erosivo e discordante sulle unità più antiche.
- Subsistema di Villa Verrucchio AES7 (Pleistocene sup.): è costituito da depositi di spessore massimo inferiore a 30 m. Il tetto è rappresentato dalla superficie deposizionale relitta corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è erosivo e discordante sugli altri subsistemi e sulle unità più antiche. Il Subsistema è ulteriormente suddiviso, su base morfologica e pedostratigrafica, in due unità di spessore variabile da alcuni metri ad alcune decine di metri:
 - Unità di Niviano AES7a (Pleistocene Sup.): si tratta di depositi di conoide ghiaiosa e intravallivi terrazzati, costituiti da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati di spessore complessivo inferiore a 15 m. Il profilo di alterazione è molto evoluto, pari a 4-5 m di tipo (A)/Bt/Btg/BC/Ck (litofacies grossolane) e di tipo A/Bw/Bkss (litofacies fini). La copertura dell'unità, costituita da limi e limi argillosi giallastri, presenta spessore fino a 3 m e profilo di alterazione molto evoluto di tipo A/Bw/Btc/Bg;
 - Unità di Vignola AES7b (Pleistocene Sup.). L'unità presenta uno spessore massimo inferiore a 15 m. Nei settori di conoide e intravallivi è costituita da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, localmente con copertura limoso-argillosa discontinua; in corrispondenza del reticolo idrografico secondario è invece costituita da limi e limi sabbiosi con intercalazione ghiaiose e sabbiose. Il profilo di alterazione, di spessore pari a 1.5-2 m, è di tipo A/B(t)/BC(k)/C;

- Subsintema di Ravenna AES8 (Pleistocene superiore - Olocene; post circa 20.000 anni B.P.). Nelle zone apicali di conoide alluvionale il Subsintema di Ravenna è costituito da depositi prevalentemente ghiaiosi, strutturati in spessi corpi a geometria cuneiforme e organizzati in cicli elementari a base grossolana e tetto fine, mentre nelle zone d'interconoide è costituito principalmente da alluvioni sabbiose e limo-argillose solcate localmente da canali di ghiaie. Nei bacini vallivi dell'area collinare è costituito da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi. Presenta uno spessore massimo di circa 20 metri. Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante, sugli altri subsintemi e sulle unità più antiche. Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1 m ed è di tipo A/Bw/Bk(C). Su base morfologica, archeologica e pedostratigrafica viene distinta la parte più recente e superficiale con il nome di Unità di Modena:
 - Unità di Modena AES8a (Olocene; post IV-VII sec. d.C.). Nelle zone di conoide alluvionale l'unità Modena caratterizza i depositi terrazzati più bassi, e quindi più recenti, che bordano i principali corsi d'acqua. E' costituita da una successione prevalentemente ghiaiosa, con intercalazioni sabbiose, a giacitura suborizzontale e geometria lenticolare ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua. Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm) e di tipo A/C, localmente A/Bw/C.

6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'area di studio, compresa nella zona di alta-media pianura della provincia di Parma, è caratterizzata dalla presenza dei depositi pleistocenici e olocenici della conoide quaternaria del torrente Baganza, nel cui ambito i sedimenti alluvionali raggiungono spessori complessivamente variabili tra pochi metri (generalmente nel settore pedemontano meridionale allo sbocco delle valli fluviali) e circa 300-400 m nella bassa pianura.

L'acquifero quaternario alluvionale poggia sul substrato marino argilloso plio-pleistocenico, il cui tetto delimita in genere la profondità massima di perforazione dei pozzi per acque dolci. Il contatto con questi depositi presenta inclinazioni e morfologie variegata, in ragione della posizione (apicale o distale) e dei differenti fenomeni tettonici che hanno interessato tutto il margine appenninico-padano.

Lo spessore del materasso alluvionale si riduce notevolmente in corrispondenza di alcune località (Monticelli, Stradella, Fontevivo) laddove si riconoscono anticlinali sepolte le cui culminazioni assiali si trovano a pochi metri o decine di metri dal piano campagna; a Nord delle anticlinali si ha poi un consistente e graduale approfondimento del substrato fino a profondità di diverse centinaia di metri, a cui corrisponde un incremento di spessore del materiale alluvionale a tetto.

Nella zona apicale della conoide i depositi grossolani formano corpi ghiaiosi coalescenti a costituire un unico acquifero monostrato con presenza di una falda libera e consistenti scambi idrici falda-fiume, con contributo alimentante dal corso d'acqua alle acque sotterranee: la ricarica delle falde nei settori di alta pianura avviene infatti in modo diretto tramite meccanismi di infiltrazione meteorica e dispersione da subalveo.

Verso valle, nella bassa pianura, si ha la comparsa di sedimenti fini che s'interpongono tra i corpi ghiaiosi-sabbiosi di conoide, dando così origine a un sistema acquifero multifalda, sede di falde in pressione.

In riferimento all'ambiente deposizionale, il corpo acquifero principale è costituito dai sedimenti ghiaiosi e sabbiosi degli alvei sepolti dei corsi d'acqua principali e dai depositi di delta-conoide; la compartimentazione del sistema acquifero avviene a opera di orizzonti a granulometria fine interdeltizi o di interconoide e bacino interfluviale.

Gli orizzonti acquiferi presentano pertanto un andamento sinuoso e geometrie irregolari, allungate in direzione concorde al percorso dei paleoalvei e complicate dal modellamento provocato dalla tettonica recente (sin e post-sedimentaria).

Ne consegue che ogni sezione riguardante la coltre di depositi alluvionali presenta localmente una situazione idrostratigrafica e idrogeologica varia e complessa.

La definizione dei caratteri idrogeologici del sottosuolo può essere effettuata seguendo diversi approcci.

In base all'approccio tradizionale il complesso idrogeologico della medio-alta pianura parmense è suddiviso in due sistemi acquiferi principali, "superficiale" e "profondo", differenziati su base idraulica in quanto il primo contiene al suo interno una falda di tipo libero, mentre il secondo una di tipo semi-confinata o confinata.

Ovviamente questa schematizzazione non tiene conto di situazioni locali, laddove emerge una notevole eterogeneità sia laterale che verticale nei litotipi, ma ha precisi riscontri idrogeologici in quanto ogni acquifero è contraddistinto da caratteri idraulici ben definiti.

Il sistema acquifero superficiale (o primo acquifero) contiene una falda libera direttamente alimentata dalla superficie (corsi d'acqua e precipitazioni). Lo sfruttamento della falda in esso contenuta è attualmente esercitato da alcuni pozzi, perlopiù a uso privato. Si tratta dell'acquifero direttamente interessato dall'opera in progetto, sebbene nella sua sola parte più superficiale.

Il sistema acquifero profondo (o secondo acquifero), separato dal precedente da diaframmi scarsamente permeabili costituiti da limi e argille, di spessore ed estensione areale variabile, contiene falde semi-confinato o confinate. Nella realtà esso è formato da un acquifero multistrato costituito da più livelli permeabili ghiaioso-sabbiosi con variabile percentuale di matrice limoso-argillosa tra loro variamente comunicanti. Questo acquifero è quello principalmente sfruttato dalle opere di captazione presenti nell'area, sia acquedottistiche che private, queste ultime di tipo prevalentemente irriguo.

La base del secondo acquifero, corrispondente al tetto del substrato marino, è caratterizzata da un andamento più irregolare rispetto a quella del primo acquifero.

Al di sotto di questi corpi idrici sotterranei si hanno i sedimenti del substrato marino, nei quali si manifesta la prevalenza di depositi limoso-argillosi con presenza di fossili. A questi litotipi si alternano banchi sabbiosi e più raramente lenti ghiaiose. I litotipi più grossolani costituiscono acquiferi di scarsa potenzialità contenenti falde confinate a elevato contenuto salino e per queste motivazioni non vengono captate da pozzi per acqua.

Un secondo approccio si basa invece sulla classificazione introdotta dallo studio "*Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna*" (1998), frutto della collaborazione tra l'Ufficio Geologico della Regione Emilia-Romagna e la Direzione Esplorazione Italia dell'Eni-AGIP S.p.A, che ha consentito di aggiornare il quadro conoscitivo dell'evoluzione sedimentaria del bacino alluvionale parmense.

Nel sottosuolo della pianura e sul Margine Appenninico parmense sono stati riconosciuti tre Gruppi Acquiferi separati da barriere di permeabilità di estensione regionale, informalmente denominati, a partire dal piano campagna, Gruppi Acquiferi A, B e C (Figura 6), che corrispondono alle seguenti unità stratigrafiche:

- Gruppo Acquifero A: Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES);
- Gruppo Acquifero B: Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI);
- Gruppo Acquifero C: Supersintema Quaternario Marino

Ciascuna di queste unità appoggia in discordanza su un substrato argilloso definito *Acquitardo Basale* (Pliocene Inf.-Miocene), ossia l'insieme delle unità complessivamente impermeabili che, estendendosi nel sottosuolo della pianura e affiorando sul margine appenninico padano, costituiscono il limite della circolazione idrica sotterranea.

I limiti basali dei tre gruppi acquiferi corrispondono a discordanze stratigrafiche sui principali alti strutturali interni al bacino e alle superfici di continuità ad esse correlate nelle zone meno deformate.

La tettonica regionale ha esercitato una forte influenza sull'andamento generale delle basi, che mostra come lo spessore delle unità sia maggiore in corrispondenza delle sinclinali e minore sulle anticlinali.

L'architettura interna del Gruppo Acquifero A, in particolare, è articolata secondo un'organizzazione ciclica di depositi quaternari; sulla base di questa ciclicità sono stati individuati dei sottogruppi (A0, A1, A2, A3, A4) ai quali corrispondono unità idrogeologiche di rango gerarchico inferiore, che corrispondono a *Sequenze Deposizionali Minori* generate da eventi climatici che hanno causato l'alternarsi di attivazioni e disattivazioni dei sistemi fluviali e deltizi. Questi eventi sono riconoscibili in quanto determinano la formazione di corpi geologici delimitati alla base da litotipi argillosi (acquitardi) e al tetto da depositi ghiaioso-sabbiosi di conoide (acquiferi).

Dal punto di vista idrogeologico, i Gruppi Acquiferi A e B presentano una struttura complessa e articolata a causa della giustapposizione e sovrapposizione di differenti sistemi deposizionali; il Gruppo Acquifero C si presenta invece come un monostrato acquifero indifferenziato, solitamente in pressione.

Secondo la classificazione proposta in questo approccio, l'opera in progetto interesserebbe solo i livelli acquiferi superficiali del Gruppo Acquifero A (sottogruppo A0).

Per una ricostruzione a larga scala dell'architettura interna dei Gruppi Acquiferi e dei loro sottogruppi è possibile fare riferimento alle sezioni geologiche disponibili sul Portale Cartografico della Regione Emilia Romagna (Servizio geologico, sismico e dei suoli), provenienti dagli studi condotti nell'ambito del Progetto CARG e di progetti minori a scala regionale e provinciale.

Le sezioni prossime al settore di studio sono (vedi traccia sezioni in Figura 7):

- Sezione 40-F (L≈14 km), tracciata in direzione S-NE attraverso i comuni di Langhirano, Felino e Parma, passante circa 5 km ad Est della futura cassa di espansione (stralcio in Figura 8);
- Sezione 41-G (L≈17 km), tracciata in direzione NW-SE attraverso i comuni di Medesano, Collecchio e Sala Baganza, passante circa 1 km a Sud della futura cassa di espansione (stralcio in Figura 9);
- Sezione 42-H (L≈18 km), tracciata in direzione NW-SE attraverso i comuni di Noceto, Medesano, Collecchio e Parma, passante circa 1,2 km a Nord della futura cassa di espansione (stralcio in Figura 10).

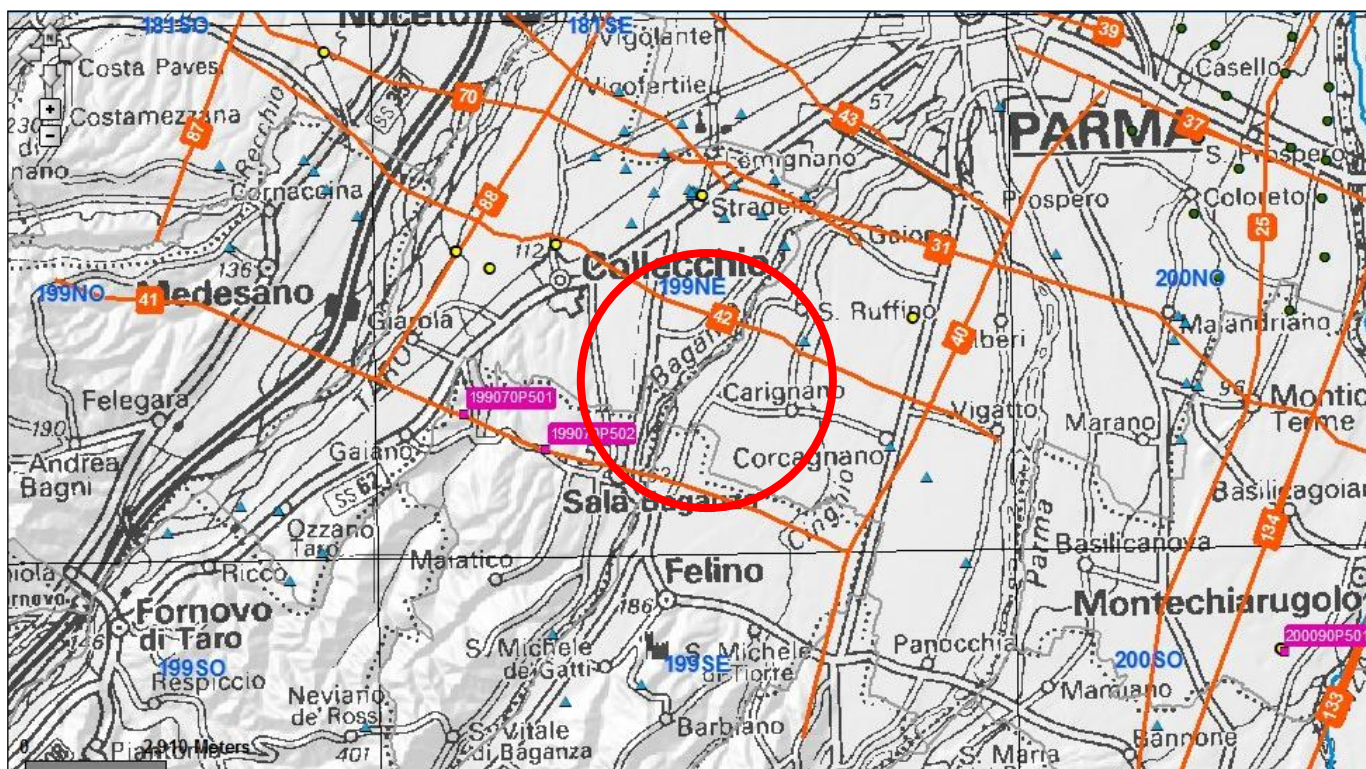


Figura 7 – Traccia delle sezioni geologiche a larga scala disponibili per il settore di studio
 (fonte: Portale Cartografico della Regione Emilia Romagna - Servizio geologico, sismico e dei suoli)

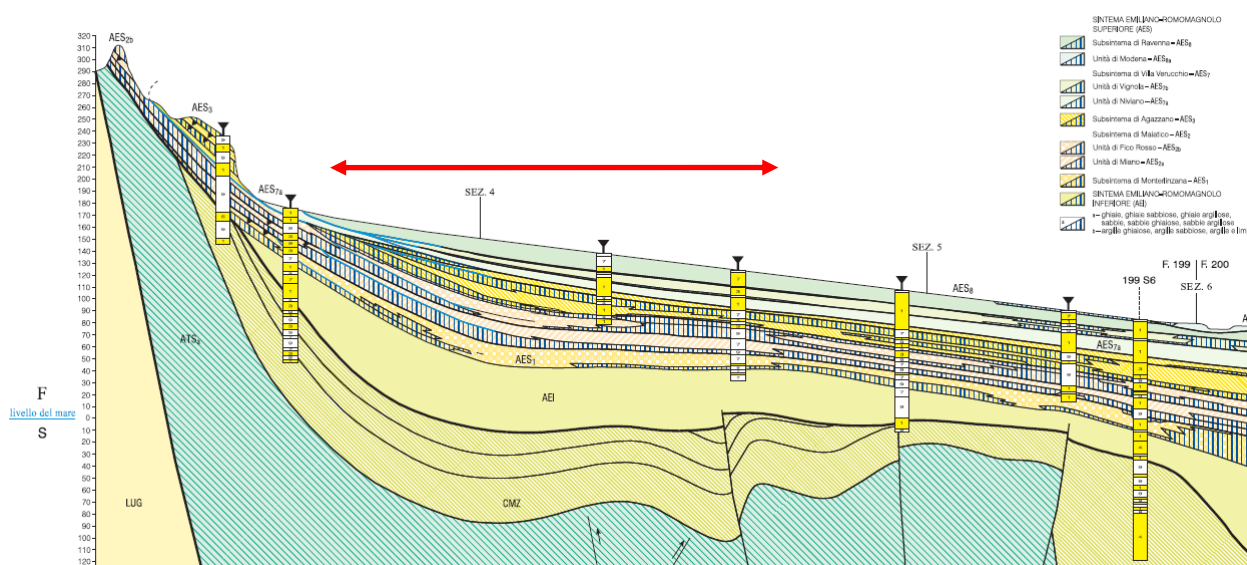


Figura 8 –Sezione geologica n.40-F (direzione S-NE) - Progetto CARG
(fonte: Portale Cartografico della Regione Emilia Romagna - Servizio geologico, sismico e dei suoli)

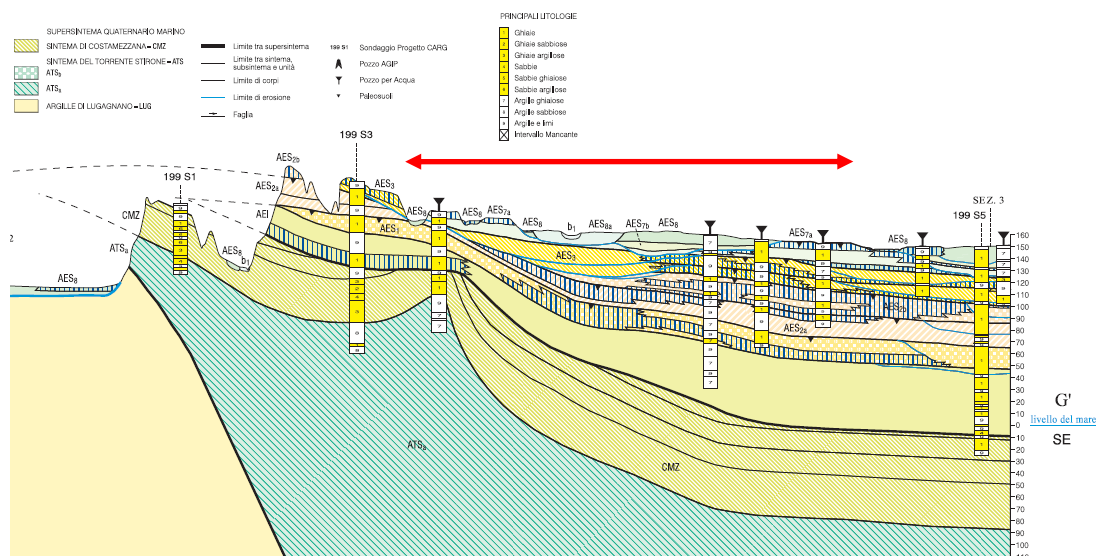


Figura 9 –Sezione geologica n.41-G (direzione NW-SE) - Progetto CARG
(fonte: Portale Cartografico della Regione Emilia Romagna - Servizio geologico, sismico e dei suoli)

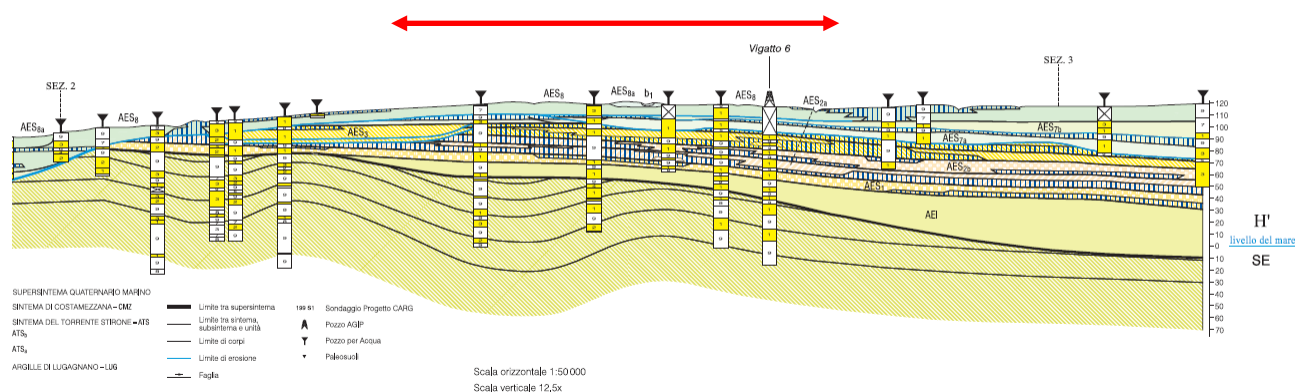


Figura 10 –Sezione geologica n.42-H (direzione NW-SE) - Progetto CARG

(fonte: Portale Cartografico della Regione Emilia Romagna - Servizio geologico, sismico e dei suoli)

Da un'analisi delle sezioni geologiche sopra riportate è possibile riconoscere la presenza della successione quaternaria continentale del Supersistema Emiliano Romagnolo (Gruppi Acquiferi A e B) mediamente fino a una profondità di 100 m, in appoggio sulle unità più antiche del Supersistema Quaternario Marino (Gruppo Acquifero C). Tale profondità risulta in realtà solo indicativa in quanto determinata dalla presenza del margine appenninico e dalla tettonica sin e post sedimentaria che ha ulteriormente differenziato la posizione del tetto dei depositi quaternari marini.

Il margine appenninico risulta chiaramente visibile nella porzione meridionale della sezione 40 e nella sezione 41, laddove si rileva la presenza di spessori di centinaia di metri di depositi marini appartenenti al Sistema di Costamezzana (CMZ) e al Sistema del torrente Stirone (ATS), il cui tetto si approfondisce spostandosi verso Nord-Est (in allontanamento dal margine appenninico) fino a profondità anche superiori a 150 m.

In particolare, in un intorno significativo del settore di studio (indicato in rosso sulle sezioni) il tetto dei depositi marini del Gruppo Acquifero C è individuabile a profondità variabili tra 50-60 m (ad Est) e 150 m (a Nord-Est); le sezioni 41 e 42 mostrano come a Ovest del settore di studio le unità del Quaternario Marino siano state progressivamente erose e ricoperte in discordanza dai depositi alluvionali del Fiume Taro.

Per quanto riguarda le sovrastanti unità alluvionali del Pleistocene Medio-Superiore/Olocene (Gruppi Acquiferi A e B), è possibile evidenziare come la successione sia composta prevalentemente dall'alternanza di livelli acquiferi e livelli limoso-argillosi (posti a separazione tra gli stessi), corrispondenti alle diverse sequenze deposizionali che nel loro complesso rappresentano il Gruppo Acquifero A (Sistema Emiliano Romagnolo Superiore): in un intorno significativo del settore di studio tale acquifero presenta uno spessore variabile tra un minimo di 20-30 m e un massimo di circa 100 m, in progressivo incremento verso Nord-Est; lo spessore del sottostante Gruppo Acquifero B (Sistema Emiliano Romagnolo Inferiore) è invece più limitato e variabile tra un minimo di 10-20 m e un massimo di circa 60 m, sempre in progressivo incremento verso Nord-Est, tranne che nei settori in cui la posizione del limite basale è stata complicata dalla tettonica (vedi sezione 40).

Dal punto di vista idrogeologico, il Gruppo Acquifero A risulta separato dal sottostante Gruppo Acquifero B per mezzo di una serie sostanzialmente continua di livelli a prevalenza argillosa (argille ghiaiose, argille sabbiose, argille e limi) rilevabili alla base del sottogruppo Acquifero A4. In questo settore il Gruppo Acquifero B è composto prevalentemente da ghiaie e sabbie più o meno argillose; in altri settori, lontani dai principali paleo-apparati fluviali, il Gruppo Acquifero B è invece quasi integralmente composto da limi e limi argillosi prevalenti, con intercalazioni ghiaiose subordinate.

6.1 CARATTERI IDROGEOLOGICI DI DETTAGLIO DEL SETTORE INTERESSATO DALL'OPERA

Il sottosuolo dell'area interessata dall'opera è costituito da alluvioni fluviali a litologia ghiaiosa e sabbiosa immerse in abbondante matrice limosa, talora alternate a livelli prevalentemente limoso-argillosi. I livelli limoso-argillosi determinano una compartimentazione locale degli acquiferi che, nel tratto interessato dall'opera in progetto, consente di distinguere un acquifero superficiale a falda libera e una serie di acquiferi sottostanti contenenti falde semi-confinare o confinate.

Allo scopo di fornire un quadro di maggior dettaglio in merito ai litotipi e ai corpi acquiferi presenti nel sottosuolo dell'area di studio, si riportano di seguito una sintesi delle informazioni stratigrafiche sito-specifiche raccolte nel corso delle diverse campagne di indagine e una descrizione delle sezioni idrogeologiche di dettaglio redatte alla scala dell'opera per la redazione del Progetto Definitivo.

6.1.1 Indagini condotte nell'ambito della progettazione

Nell'ambito delle attività di progettazione della cassa di espansione sul Torrente Baganza, sono state commissionate da AIPO diverse campagne di indagine (già dettagliate nel Paragrafo 1.1) che hanno previsto la realizzazione di numerosi sondaggi geognostici per l'identificazione della successione stratigrafica presente nel sottosuolo dell'area di studio.

L'ubicazione di tutte le indagini eseguite è riportata nell'elaborato BAG2_03GEO_D_PL_01_A "Planimetria delle indagini geologiche e geotecniche"; per quanto attiene la documentazione stratigrafica dei sondaggi realizzati nell'ambito del Progetto Definitivo si rimanda all'Allegato 1 a corredo della presente relazione, mentre per quelli realizzati per la predisposizione del Progetto Preliminare ai relativi allegati.

Le prime indagini furono eseguite nell'area nel mese di luglio 2011 mediante la perforazione di 3 sondaggi a carotaggio continuo (S1÷S3 PARMAGEO s.r.l.), ubicati all'interno dell'alveo del torrente Baganza nelle posizioni di monte, centrale e di valle della cassa di espansione.

Successivamente, nel bimestre Luglio-Agosto 2012 e nel mese di Luglio 2013, furono realizzati ulteriori 19 sondaggi a carotaggio continuo e a distruzione di nucleo (S4 - PARMAGEO s.r.l.; S1÷S18 - SOGEO s.r.l.) spinti fino a una profondità massima di 60 m.

L'ultima campagna di indagini integrative, condotta nel 2016 nell'ambito del presente Progetto Definitivo, ha consentito un ulteriore approfondimento delle conoscenze stratigrafiche sia all'interno che all'esterno dell'area interessata dalla futura realizzazione della cassa di espansione, attraverso la perforazione di 19 sondaggi a carotaggio continuo fino a profondità variabili tra 20 e 45 m da p.c..

6.1.2 Sezioni idrogeologiche di dettaglio

Il materiale stratigrafico raccolto nell'ambito delle diverse campagne geognostiche e del censimento dei pozzi presenti all'intorno del settore di studio, è stato utilizzato per la redazione di 10 sezioni idrogeologiche di dettaglio ricostruite alla scala dell'opera in progetto, di cui 5 sezioni a sviluppo longitudinale Sud-Nord (profili A-B-C-D-E) e 5 a sviluppo trasversale Ovest-Est (sezioni F-G-H-I-L).

Tale ricostruzione permette di visualizzare i rapporti geometrici tra le diverse unità presenti nel sottosuolo fino a una profondità generalmente non superiore a 40-50 m.

La traccia delle sezioni è riportata nell'elaborato BAG2_03GEO_D_PL_02_A "Planimetria idrogeologica": La planimetria riporta l'ubicazione dei pozzi per acqua censiti nell'intorno dell'opera e dei sondaggi geognostici realizzati per il progetto preliminare e per quello definitivo.

Le sezioni geologiche sono riportate negli elaborati BAG2_03GEO_D_SZ_01_A "Sezioni geologiche Sud - Nord" e BAG2_03GEO_D_SZ_02_A "Sezioni geologiche Ovest - Est".

In ogni profilo le unità presenti in affioramento e nel sottosuolo sono state principalmente differenziate in ragione delle loro caratteristiche idrogeologiche, vale a dire in termini di granulometria, comportamento idrodinamico (acquifero - aquitard - aquiclude) e coefficiente di permeabilità.

Per quanto attiene gli aspetti stratigrafici, quasi tutte le sezioni, in ragione della profondità dei pozzi e sondaggi utilizzati per la loro ricostruzione, interessano il solo Sintema Emiliano Romagnolo Superiore (AES); nella sola sezione E, la maggiore profondità dei pozzi per acqua ivi presenti consentono di identificare anche le unità del sintema Emiliano Romagnolo Inferiore (AEI), oltre che la porzione più superficiale del Supersintema Quaternario Marino.

Per quanto attiene le caratteristiche idrogeologiche sono stati individuate tre principali litozone costituite da:

- depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi;
- depositi ghiaioso-sabbiosi in abbondante matrice limoso-argillosa;
- depositi prevalentemente limoso-argillosi.

La prima litozona, costituita da ghiaie e sabbie di colore grigio debolmente limose, è stratigraficamente riconducibile all'Unità di Modena (AES8a), che rappresenta la porzione più superficiale del Subsintema di Ravenna (AES8). Tale unità costituisce il terrazzo più recente della conoide del Baganza, affiorante in una fascia della larghezza di circa 600-800 m, posta a ridosso del corso d'acqua. Nonostante l'esiguo spessore, orientativamente variabile tra circa 3 e 8 m, questa unità costituisce il principale tra gli acquiferi interessati dall'opera in quanto contraddistinta da elevati valori di conducibilità idraulica che può essere assunta variabile tra $1 \cdot 10^{-4}$ e $1 \cdot 10^{-3}$ m/s.

All'interno dei depositi dell'Unità di Modena è veicolata una falda libera, subaffiorante in corrispondenza dell'attuale alveo inciso del Baganza e con soggiacenza di pochi metri al di sotto del terrazzo alluvionale. In corrispondenza dell'unità la scarsa soggiacenza della falda determina anche la presenza di fontanili.

In ragione delle proprie caratteristiche litologiche, l'unità in oggetto è interessata dalla presenza di cave, tra cui quella localizzata entro il perimetro della futura cassa di espansione, la cui attività ha determinato la formazione di un laghetto di falda.

Nell'ambito della seconda litozona sono stati riuniti tutti i livelli a scheletro ghiaioso-sabbioso in abbondante matrice limoso-argillosa di colore nocciola, che costituiscono il Sintema Emiliano Romagnolo Superiore (gruppo acquifero A) e il Sintema Emiliano Romagnolo Inferiore (gruppo acquifero B), frequentemente intervallati da livelli a predominanza limoso-argillosa che sono stati riuniti nella terza litozona.

I livelli della seconda litozona presentano un comportamento che, in ragione della maggiore o minore frazione sabbiosa e dell'abbondanza di matrice limoso-argillosa, possono assumere un comportamento assimilabile a quello di un acquifero scarsamente produttivo o a quello di un aquitard; le caratteristiche di conducibilità idraulica di questa litozona possono essere assunte variabili tra $1 \cdot 10^{-6}$ e $1 \cdot 10^{-4}$ m/s. Gli orizzonti più produttivi, captati dai pozzi irrigui e a uso acquedottistico si rinvenivano generalmente al di sotto di 40 m di profondità dal piano campagna e pertanto non sono interferiti dall'opera in progetto.

Nell'ambito della conoide del Baganza, la scarsa produttività di questi acquiferi è testimoniata anche dal notevole depauperamento della risorsa idrica sotterranea esplicitato da un significativo abbassamento del livello piezometrico (fino a circa 35-40 m dal p.c.) entro i corpi acquiferi posti al di sotto di 40 m di profondità innescato dai prelievi da pozzi a uso acquedottistico, irriguo e industriale.

I livelli a predominanza limoso-argillosa presentano caratteristiche di conducibilità idraulica variabili tra $1 \cdot 10^{-8}$ e $1 \cdot 10^{-6}$ m/s e, in ragione della percentuale limosa, assumono un comportamento assimilabile a quello di un aquitard o di un aquiclude.

Le unità geologiche che costituiscono la seconda e la terza litozona sono rappresentate, dalla più recente alla più antica dai Subsintemi di Ravenna (complesso acquifero A0), Villa Verucchio (complesso acquifero A1), Agazzano (complesso acquifero A2) e Maiatico (complesso acquifero A3), facenti parte del Sintema Emiliano Romagnolo Superiore (gruppo acquifero A).

Tra di essi quello di principale importanza, poiché interferito direttamente dallo scavo dell'opera, è rappresentato dal Subsistema di Ravenna (complesso acquifero A0), che costituisce il terrazzo più antico affiorante nell'area interessata dall'opera esternamente al terrazzo dell'unità di Modena oltre che presente al di sotto di essa.

Il Subsistema di Ravenna è contraddistinto da ghiaie in abbondante matrice limoso-argillosa che conferiscono all'acquifero caratteristiche di scarsissima produttività. Al suo interno si ha la presenza di locali livelli limoso-argillosi contraddistinti da limitato spessore (circa 1-3 m) ed estensione areale; in corrispondenza dell'opera lo spessore complessivo dell'acquifero si incrementa da monte verso valle, passando da valori variabili tra circa 10 m (a Sud) a circa 20-25 m (a Nord).

Il limite inferiore del subsistema di Ravenna è costituito da un banco argilloso di potenza significativa e discreta continuità areale, denominato Unità di Niviano (AES7a) che costituisce la porzione sommitale del subsistema di Villa Verucchio (AES7), il quale a sua volta prosegue a maggiore profondità passando a litologie ghiaioso-sabbiose in abbondante matrice limoso-argillosa.

Nello schema di Tabella 1 sono riportate le varie denominazioni che saranno utilizzate nel testo per descrivere le caratteristiche strutturali, stratigrafiche e idrogeologiche delle unità presenti in affioramento e nel sottosuolo dell'area. Sono evidenziati in colore i subsistemi, le unità e i complessi acquiferi che saranno interferiti dall'opera o che, per caratteristiche strutturali e idrogeologiche, assumono rilevanza nell'ambito del progetto della cassa di espansione del Baganza.

Tabella 1 – Unità stratigrafiche e idrostratigrafiche presenti nel settore di studio

Supersistema	Sistema	Subsistema	Unità	Gruppo acquifero	Complesso acquifero
Emiliano-Romagnolo	Emiliano Romagnolo Superiore	Ravenna AES8	Modena AES8a	A	A0
		Villa Verucchio AES7	Niviano AES7a		A1
		Agazzano AES3			A2
		Maiatico AES2			A3
	Emiliano Romagnolo Inferiore	AEI		B	
Quaternario Marino					

Le succitate caratteristiche idrogeologiche sono evidenziate nelle sezioni tracciate in senso Sud-Nord e Ovest-Est dal cui esame, con particolare riferimento agli acquiferi che hanno principale interesse per l'opera in oggetto, vale a dire i complessi acquiferi A0 e A1.

Sezioni Sud-Nord (elaborato BAG2_03GEO_D_SZ_01_A "Sezioni geologiche Sud - Nord")

La **sezione A** più occidentale, tracciata in sinistra idrografica del Baganza in vicinanza della scarpata dell'alveo inciso, quindi in corrispondenza dell'argine sinistro del Comparto 1, evidenzia lo sviluppo longitudinale delle ghiaie e sabbie dell'Unità di Modena (AES8a) che presentano uno spessore medio di circa 6-7 m nella porzione meridionale (sondaggi S15, SIG4, S8) e nell'estremità meridionale (sondaggio S5). Solo nella porzione centrale, all'altezza del sondaggio S6 si osserva una riduzione di questa unità che manifesta uno spessore inferiore a 3 m.

Il Subsistema di Ravenna (AES8) contraddistinto, come già evidenziato, da ghiaie in prevalente matrice limoso-argillosa, viene rilevato con spessore crescente da Sud verso Nord. Nel settore meridionale la base dell'unità si rinviene a profondità variabili tra circa 15 e 17 m da p.c., mentre procedendo verso Nord a profondità di circa 20 m in S7, circa 27 m in S6 e circa 31 m in S5.

All'interno dell'unità AES8 l'unico significativo livello a prevalenza limoso-argillosa è stato rilevato alla base dell'unità AES8a nei sondaggi S8 e S7 con spessori rispettivamente variabili tra circa 1.5 e 3.5 m.

L'unità AES8 costituisce l'acquifero contenente la falda freatica (complesso acquifero A0) che sarà direttamente interferita dall'opera e che nel profilo idrogeologico in esame presenta soggiacenze medie di circa 5-7 m, ovviamente variabili in funzione dell'andamento morfologico del territorio.

Le caratteristiche idrauliche della falda contenuta nel complesso acquifero A0, possono localmente passare a condizioni semi-confinare laddove presenti livelli a predominanza limoso-argillosa, quali quelli rilevati presso i sondaggi S8 e S7, facenti funzione di aquitard o aquiclude.

Le caratteristiche di conducibilità idraulica sono elevate in corrispondenza dell'unità AES8a e medio-basse nella sottostante porzione dell'unità AES8 a predominanza di ghiaie in matrice limoso-argillosa. In termini di trasmissività gli elevati valori di permeabilità che contraddistinguono l'Unità di Modena sono tuttavia ridimensionati dal ridotto spessore saturo, che in condizioni di magra della falda si riduce anche a valori inferiori al m sino a elidersi localmente.

Prove Lefranc effettuate nell'unità AES8, in corrispondenza dei sondaggi Se, Sd e S6 hanno consentito di calcolare i seguenti valori di conducibilità idraulica: nel sondaggio Se un valore di $3.36 \cdot 10^{-5}$ m/s a un intervallo di profondità di 11.5-12 m in ghiaie sabbioso-limose; nel sondaggio Sd un valore di $1.71 \cdot 10^{-5}$ m/s a un intervallo di profondità di 17.5-18 m in ghiaie sabbioso-limose; nel sondaggio S6 valori di variabili tra $1.59 \cdot 10^{-5}$ e $3.03 \cdot 10^{-5}$ m/s rispettivamente a intervalli di profondità di 12-12.5 m e di 21-21.5 m in ghiaie in matrice limoso-argillosa.

La base del Subsistema di Ravenna è costituita dai livelli a predominanza limoso-argillosa che segnano il passaggio al sottostante Subsistema di Villa Verucchio (AES7) e in particolare all'Unità di Niviano (AES7a), che affiora in corrispondenza delle prime ondulazioni collinari presso il settore occidentale dell'abitato di Sala Baganza per poi immergersi nel sottosuolo ed essere rinvenuta all'altezza dell'opera in progetto alle profondità sopra specificate.

La porzione sommitale dell'unità AES7 è costituita da un potente e continuo banco limoso-argilloso talora inglobante rara ghiaia e calcinelli che, sotto l'aspetto idrogeologico, costituisce la base dell'acquifero freatico contenuto nell'unità AES8.

Il banco a predominanza limoso-argillosa sembrerebbe sostanzialmente continuo lungo tutto il profilo e contraddistinto da spessori considerevoli, variabili tra circa 8 e 12 m.

La successione dell'unità AES7 prosegue in profondità con ulteriori livelli ghiaioso-sabbiosi in abbondante matrice limoso-argillosa sostanzialmente indistinguibili da quelli della soprastante unità AES8.

Questi livelli contengono un acquifero di medio bassa potenzialità contenente una falda in condizioni semi-confinare o confinate, captata da alcuni pozzi irrigui presenti nell'area. L'estrazione di acque sotterranee, contestualmente alla scarsa produttività dell'acquifero ha innescato un modesto abbassamento del livello piezometrico che, come sarà meglio dettagliato di seguito, presenta una soggiacenza di circa 2-3 m superiore a quella dell'acquifero freatico.

La **sezione B**, tracciata a breve distanza dalla precedente, ma lungo l'alveo attuale del Baganza, presenta ovviamente caratteri simili alla precedente.

Le principali differenze riguardano lo spessore dell'unità AES8a che, in ragione delle caratteristiche di sovralluvionamento dell'alveo del Baganza, manifesta spessori inferiori variabili tra circa 1.5 e 4 m procedendo da Sud (sondaggio S4PG) verso Nord (sondaggio S1).

La sottostante porzione del Subsistema di Ravenna (AES8), contraddistinta da ghiaie in prevalente matrice limoso-argillosa, presenta spessore crescente da Sud verso Nord. Nel settore meridionale la base dell'unità sembrerebbe molto rialzata in quanto rinvenibile a profondità comprese tra circa 7 e 10 m, rispettivamente nei sondaggi S4PG e S3PG, per poi abbassarsi progressivamente fino a profondità di circa 20 m in S2PG15, 25 m in S1PG e 29 m in S1.

All'interno dell'unità AES8 sono state riscontrate sporadiche lenti limoso-argillose di scarso spessore (1-2 m) ed estensione areale, quali ad esempio quelle intercettate dai sondaggi S1PG a circa 15 m di profondità e S1 a 7 e 19 m di profondità.

Una prova Lefranc effettuata durante la perforazione del sondaggio S1 all'interno dell'unità AES8 ha consentito di calcolare un valore di conducibilità idraulica di $1.32 \cdot 10^{-5}$ m/s a un intervallo di profondità di 21.2-21.5 m in ghiaie in matrice limoso-argillosa.

Nelle condizioni di magra esistenti all'atto delle misure effettuate nel luglio 2016, la falda freatica contenuta nel complesso acquifero A0 in corrispondenza dell'alveo attuale del Baganza presentava soggiacenze medie di circa 1-2 m dal piano dell'alveo determinando uno spessore saturo dell'unità AES8a dell'ordine del metro o anche meno.

I livelli a predominanza limoso-argillosa che preannunciano il passaggio alla sottostante Unità di Niviano (AES7a) del Subsistema di Villa Verucchio (AES7) appaiono continui lungo tutta la sezione, con spessori più eterogenei poiché variabili tra un minimo di circa 6 m in S1PG e un massimo di circa 15 m in S3PG.

La successione dell'unità AES7 prosegue in profondità con ulteriori livelli ghiaioso-sabbiosi in abbondante matrice limoso-argillosa individuando un corpo acquifero di bassa produttività contenente una falda in condizioni semi-confinata o confinata (complesso acquifero A1).

Una prova Lefranc effettuata durante la perforazione del sondaggio S1 all'interno dell'unità AES7 ha determinato un valore di conducibilità idraulica di $3.39 \cdot 10^{-8}$ m/s a un intervallo di profondità di 39.5-40.5 m in sedimenti limoso-argillosi.

A profondità superiori, variabili tra circa 35 m nel settore meridionale (sondaggio S3PG), e 42-45 m in quello settentrionale (sondaggi m S1PG e S1), si rileva il sottostante Subsistema di Agazzano, anch'esso preannunciato da livelli a prevalente granulometria fine che determinano un'ulteriore compartimentazione dei livelli acquiferi individuati nell'area (complesso acquifero A2).

La **sezione C**, tracciata in destra idrografica del Baganza in vicinanza della scarpata dell'alveo inciso, quindi in corrispondenza dell'argine sinistro del Comparto 2, consente di apprezzare uno spessore dell'unità AES8a

mediamente dell'ordine di 4-5 m da p.c.. La soggiacenza della falda, rilevata a circa 3-4 m da p.c. evidenzia ulteriormente il limitato spessore saturo di questa unità nelle condizioni di magra della falda.

Il Subsistema di Ravenna (AES8), con litozona a ghiaie in prevalente matrice limoso-argillosa, viene rilevato con spessore irregolare da Sud verso Nord, in quanto i livelli a predominanza limoso-argillosa che preannunciano l'inizio della sottostante unità di Niviano (AES7a) appaiono di più difficile individuazione soprattutto in ragione di spessori piuttosto ridotti (anche inferiori al metro). La base dell'unità AES8 può essere individuata a profondità di circa 15 m nel settore meridionale (sondaggio SIG3), circa 20 m in quello centrale (sondaggi SMC3 e SMC4) e circa 22 m in quello meridionale (sondaggio S14); meno chiara è la posizione del limite inferiore in SMC5 e SMC6.

Un livello a prevalente litologia limoso-argillosa di significativa estensione areale, in quanto rilevato sia nel settore centrale del profilo che in quello settentrionale, e spessore dell'ordine del metro, è stato intercettato a profondità di circa 6 m nei sondaggi SMC3, SMC4, SMC5 e SMC6 e di circa 8 m nel sondaggio S14. Questo livello di bassa conducibilità idraulica conferisce locali caratteristiche di semi-confinamento alla falda freatica contenuta nel complesso acquifero A0. La soggiacenza media, misurata in condizioni di magra lungo il profilo in oggetto, è risultata pari a circa 4 m dal p.c..

Una prova di pompaggio eseguita nel pozzo M, ubicato in vicinanza del sondaggio SIG3 e captante l'acquifero A0, ha consentito di ricavare valori di conducibilità idraulica di $9.0 \cdot 10^{-4}$ m/s per l'unità AES8a e di $3.9 \cdot 10^{-6}$ m/s per l'unità AES8. Un'ulteriore prova di pompaggio eseguita nel pozzo V, ubicato in vicinanza del sondaggio S14 e captante l'acquifero A0, ha consentito di ricavare valori di conducibilità idraulica di $1.3 \cdot 10^{-3}$ m/s per l'unità AES8a e di $6.6 \cdot 10^{-7}$ m/s per l'unità AES8.

La porzione sommitale dell'unità AES7, costituita dagli orizzonti limoso-argillosi talora inglobanti rara ghiaia e calcinelli presenta spessori estremamente variabili lungo il profilo, in quanto pari a circa 11 m in SIG3, 1 m in SMC2, SMC3 e SMC4, per poi nuovamente incrementarsi verso Nord fino a valori di circa 16 m in S14.

Il complesso acquifero A1 contiene una falda con caratteristiche da semi-confinata a confinata. Di particolare significato il livello piezometrico misurato nel piezometro SIG3, nel quale il tratto filtrante è stato posizionato nel solo complesso acquifero A1, che ha evidenziato un livello di falda di circa 7 m, vale a dire circa 3 m più profondo rispetto a quello misurato nei limitrofi piezometri fenestrati nel solo acquifero freatico del complesso A0.

I livelli limoso-argillosi che segnano la comparsa del sottostante Subsistema di Agazzano sono stati rilevati unicamente nel settore meridionale del profilo a una profondità di circa 32 m dal p.c..

La **sezione D**, tracciata all'incirca nella porzione longitudinale mediana dei Comparti 1 e 2 della cassa di espansione, come anche la successiva sezione E, manifesta, nel suo insieme, una sostanziale riduzione dello spessore dei livelli di compartimentazione limoso-argillosi dei principali sistemi acquiferi.

L'unità AES8a è stata intercettata unicamente laddove il profilo attraversa il terrazzo recente. Nel settore meridionale, laddove le attività di escavazione hanno determinato la totale asportazione dell'unità si ha l'affioramento della falda. Verso Nord lo spessore dell'unità raggiunge valori di circa 6 m in prossimità del sondaggio S12.

La base delle ghiaie in prevalente matrice limoso-argillosa attribuibili al Subsistema di Ravenna (AES8) non risulta di facile individuazione, anche in ragione del minor numero di sondaggi; nel settore centro-settentrionale essa è probabilmente identificabile con le lenti argilloso-limose rilevate a profondità tra circa 20 e 25 m in S10 e S12, mentre nel settore meridionale a circa 11 m nei sondaggi S17 e S9.

Verso Est sembrerebbe evidenziarsi una maggiore anastomizzazione dei complessi acquiferi A0 e A1 talora sovrapposti direttamente l'uno all'altro senza alcuna interposizione di orizzonti fini a litologia limoso-argillosa, in quanto anche i livelli a predominanza limoso-argillosa che preannunciano il passaggio all'Unità di Niviano (AES7a) del Subsistema di Villa Verucchio (AES7) non sembrerebbero manifestare continuità lungo la sezione.

Nelle condizioni di magra esistenti all'atto delle misure effettuate nel luglio 2016, la falda freatica contenuta nel complesso acquifero A0 è stata rilevata a profondità medie di 4 m, salvo, come già evidenziato, in corrispondenza delle aree di cava, laddove la falda è affiorante.

Caratteristiche litologiche sostanzialmente analoghe mostra anche la **sezione E**, che essendo tracciata in vicinanza dell'argine destro della cassa di espansione, al di fuori della fascia di affioramento dell'Unità AES8a, mostra, già a partire dal piano campagna, le litologie ghiaiose in matrice limoso-argillosa del Subsistema di Ravenna.

La base di questa unità può essere individuata con una certa indeterminatezza lungo tutta la sezione, anche in ragione del fatto che le informazioni stratigrafiche relative ai pozzi per acqua a uso irriguo potrebbero essere contraddistinte da minore affidabilità e precisione nella descrizione della litologia attraversata.

Nel settore meridionale e centrale, la base dell'acquifero A0 potrebbe essere ricondotta ai livelli a predominanza limoso-argillosa rilevati a profondità intorno a 20 m nei pozzi 698 e 625 e nel sondaggio Sf, mentre in quello settentrionale a profondità comprese tra circa 20 e 25 m nei sondaggi Sg, Sh, S11 e SIG2 e nel pozzo 624.

Prove Lefranc effettuate durante la perforazione dei sondaggi Sf, Sg e Sh all'interno dell'unità AES8 hanno fornito i seguenti valori di conducibilità idraulica: nel sondaggio Sf valori di $2.25 \cdot 10^{-6}$ m/s a un intervallo di profondità di 11.3-12.2 m in ghiaie in matrice limoso-argillosa; nel sondaggio Sg valori di $8.0 \cdot 10^{-6}$ m/s a un intervallo di profondità di 11.5-12.5 m in ghiaie sabbiose in matrice limosa; nel sondaggio Sh valori variabili tra $4.13 \cdot 10^{-6}$ e $1.80 \cdot 10^{-5}$ m/s rispettivamente a intervalli di profondità di 7.5-8 m e 20.5-21.5 m in argille limose e in ghiaie sabbiose in matrice limosa.

La maggiore profondità di alcuni pozzi presenti in questo settore, alcuni dei quali spinti sino a oltre 100 m dal p.c., rispetto a quella dei sondaggi realizzati nell'ambito dei progetti preliminare e definitivo, consente di apprezzare anche le unità appartenenti al Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore (indistinte) e persino la porzione sommitale del Supersistema Quaternario Marino. Nel pozzo 698 posto circa 300 m a sud della cassa di espansione, il Quaternario marino può essere individuato a profondità di 100 m dal p.c. in corrispondenza di livelli limoso-argillosi ricchi in fossili, mentre il limite tra il Sistema Emiliano-Romagnolo superiore e quello Inferiore a profondità di circa 80 m.

I pozzi irrigui capanti gli acquiferi posti a profondità mediamente superiori a 50 m da p.c., come evidenziato da un'opera di captazione irrigua ubicata in località Colombara, in vicinanza del sondaggio SI9, nella quale è stata rilevata una soggiacenza del livello piezometrico di circa 40 m da p.c., hanno determinato il sovrasfruttamento degli acquiferi più profondi, della conoide del Baganza, favorito anche dalla scarsa potenzialità idrica dei medesimi.

Sezioni Ovest-Est (elaborato BAG2_03GEO_D_SZ_02_A "Sezioni geologiche Ovest - Est")

La **sezione F**, più settentrionale, è tracciata all'incirca in corrispondenza dell'argine Sud del Comparto 1 della cassa di espansione, a partire dall'argine sinistro.

L'unità di Modena SEA8a affiora lungo quasi tutto il profilo con la sola eccezione del suo settore più orientale laddove si chiude a ridosso del terrazzo più antico dell'unità AES8. Lo spessore più rilevante, pari a circa 6.5 m, si osserva nella parte occidentale del profilo in corrispondenza del sondaggio S15, mentre quelli più ridotti in corrispondenza dell'alveo inciso del Baganza, laddove presenta valori variabili tra circa 1.5 e 3.5 m.

Le sottostanti ghiaie in matrice limoso-argillosa del Subsistema di Ravenna (AES8) si rilevano fino a profondità di circa 11 m nella parte più orientale del profilo (sondaggi S16 e S17), mentre nel settore in sinistra idrografica del Baganza, il banco a predominanza limoso-argillosa che segna il passaggio all'unità di Niviano (AES7a) si approfondisce fino a circa 17 m a p.c. (sondaggio S15). Non è chiaro se la correlazione tra il primo livello limoso-argilloso rilevato nei sondaggi S15 e S4PG sia di tipo erosionale o, come ipotizzato nella sezione un passaggio in eteropia tra sedimenti a differente percentuale limoso-argillosa.

All'interno dell'unità AES8 livelli a prevalenza limoso-argillosa sono stati rilevati in corrispondenza del sondaggio S17 sia in superficie che a 5 m da p.c., con spessori rispettivamente variabili tra circa 1 e 2 m.

La falda freatica contenuta nel complesso acquifero A0 presenta una soggiacenza media di circa 4 m, che si riduce a circa 1.5 m in corrispondenza dell'alveo inciso del Baganza, ma unicamente per evidenti ragioni legate alla morfologia della superficie topografica.

In condizioni di magra della falda, il già esiguo spessore saturo dell'unità AES8a, si riduce ulteriormente sino a elidersi localmente, come ad esempio in corrispondenza del sondaggio S4PG.

Il Subsistema di Villa Verucchio (AES7) si estende fino alla massima profondità investigata dai sondaggi e, come già evidenziato in precedenza, è stato individuato dalla comparsa di un banco a predominanza limoso-argillosa, di spessore variabili tra un minimo di circa 4 m (nel sondaggio S17) e un massimo di circa 10 m (nel sondaggio S15).

La successione dell'unità AES7 prosegue in profondità con ulteriori livelli ghiaioso-sabbiosi in abbondante matrice limoso-argillosa che rappresentano il complesso acquifero A1 contenente una falda in condizioni semi-confinata o confinata.

La **sezione G**, ubicata circa 200 m a Nord della precedente all'altezza delle briglie di monte da realizzare nell'alveo del Baganza e del Comparto 1 della cassa di espansione, evidenzia tutta l'estensione laterale dell'unità di Modena (AES8a) che affiora in corrispondenza del terrazzo recente.

Lo spessore maggiore, pari a circa 7 m nel sondaggio S8, si rileva ancora nel settore in sinistra idrografica del Baganza, mentre in destra idrografica si hanno spessori medi di circa 4 m come evidenziato dai sondaggi SMC1 e S9.

In corrispondenza del settore che sarà interessato dalla cassa di espansione in progetto, la base del sottostante Subsistema di Ravenna (AES8) è posizionata a quote variabili tra circa 11 e 14 m (sondaggi S8, S3PG, SMC1 e S9), mentre spostandosi verso l'estremità occidentale, la medesima sembrerebbe avvicinarsi alla superficie (circa 8 m in SI2).

La falda freatica contenuta nel complesso acquifero A0 presenta una soggiacenza media di circa 4-5 m, in corrispondenza delle aree di affioramento dell'unità AES8a (fatta eccezione per il settore dell'alveo inciso del Baganza dove si rileva a circa 1.5-2 m di profondità), e di circa 6-7 m nei piezometri ubicati al di sopra del terrazzo più antico dell'unità AES8.

Lo spessore degli orizzonti a predominanza limoso-argillosa posti alla sommità della sottostante unità AES7, significativo nel settore centro-occidentale del profilo in quanto pari a circa 12-13 m nei sondaggi SI2, S8 e S3PG, tende a ridursi verso Est (circa 6 m in S9), laddove il complesso acquifero A1 si presenta maggiormente compartimentato da più lenti limoso-argillose.

Tra di esse, quella intercettata a profondità di circa 38 m nel sondaggio S9, potrebbe rappresentare il passaggio al sottostante Subsistema di Agazzano (AES3).

La **sezione H** interessa perlopiù il settore in destra idrografica del Baganza ed è tracciata all'altezza dell'argine di separazione tra i Comparti 1 e 2 della cassa di espansione.

La base dell'unità AES8 può essere individuata a profondità più o meno costanti, pari a circa 20 m nei sondaggi S7, S2PG, SMC4 e nel pozzo 625, 25 m nel sondaggio S10.

All'interno dell'unità AES8 sono stati intercettati a differenti quote, livelli argilloso-limosi di spessore variabile tra circa 1 e 3 m e scarsa estensione areale, come ad esempio alle profondità di circa 6 e 15 m nei sondaggi S7 e SMC4 e di circa 5 m in S10.

La soggiacenza media, misurata in condizioni di magra lungo il profilo in oggetto è risultata pari a circa 4-6 m dal p.c..

Nel settore interno alla cassa di espansione, lo spessore degli orizzonti a predominanza limoso-argillosa posti alla sommità della sottostante unità AES7 è pari a circa 8-10 m (sondaggi S7, S2PG, SMC4 e S10).

La **sezione I** è tracciata all'incirca nella posizione mediana del Comparto 2 della cassa di espansione.

L'unità di Modena AES8a affiora lungo quasi tutto il profilo con spessori variabili tra 2 e 4 m con la sola eccezione del suo settore più orientale laddove si chiude a ridosso del terrazzo più antico dell'unità AES8.

La base di quest'ultima unità viene rilevata a profondità di circa 26-27 m nei sondaggi S1PG e S6, mentre spostandosi verso l'estremità orientale la medesima tende a sollevarsi in quanto può essere riconosciuta alla profondità di circa 21 m nel sondaggio S11.

Nell'ambito dell'unità AES8, lenti arealmente discontinue di sedimenti a predominanza limoso-argillosa sono state intercettate a profondità di circa 14 m in S1PG, circa 5 e 17 m in SMC6, nello strato superficiale, a 10 e a 22 m nel sondaggio S11.

La falda freatica del complesso acquifero A0 presenta una soggiacenza media di circa 4 m, in corrispondenza delle aree di affioramento dell'unità AES8a, circa 1.5-2 m nell'alveo inciso del Baganza e 5.5 m al di sopra del terrazzo più antico dell'unità AES8.

Lo spessore degli orizzonti a predominanza limoso-argillosa dell'unità di Niviano (AES7a), presenta valori di 6-8 m nei sondaggi S6 e S1PG. In quest'ultimo sondaggio, a una profondità di circa 42 m è stata rinvenuta la porzione sommitale a predominanza limoso-argillosa del Subsistema di Agazzano (AES3).

La **sezione L**, tracciata in corrispondenza dell'argine Nord del Comparto 2 della cassa di espansione, evidenzia buona parte dell'estensione dell'unità di Modena (AES8a) e la sua chiusura laterale verso Est.

Al di sopra del terrazzo recente lo spessore presenta valori variabili tra 5 e 7 m con massimi nel sondaggio S5 in sinistra idrografica e in S12 in destra idrografica, mentre in corrispondenza dell'alveo inciso del Baganza si hanno valori variabili tra 2 e 4 m.

La base dell'unità AES8 è ben identificabile nel settore compreso tra la sponda in sinistra idrografica e l'alveo inciso del Baganza, dove compare a profondità variabili tra 28 e 31 m dal p.c. nei sondaggi S5, S4, S1, S2 e S3. Procedendo verso Est essa tende a innalzarsi poiché viene rilevata a profondità di circa 20-22 m nei sondaggi S14, S12 e S13 e di circa 24 m in SIG2.

Internamente all'unità AES8 sono state intercettate diverse lenti di limitata estensione areale a varie profondità; nel sondaggio S4 a 6, 17 e 23.5 m, nel sondaggio S1 a 7 e 19 m, nei sondaggi S2 e S3 a 17 m, nei sondaggi S14, S12 e S13 a 8 m. Lungo il profilo in esame la soggiacenza media della falda nelle condizioni di magra è stata rilevata tra 3 e 4 m in corrispondenza delle aree di affioramento dell'unità AES8a (fatta eccezione per il settore dell'alveo inciso del Baganza dove si rileva a circa 1-1.5 m di profondità) e di circa 5-6 m nei piezometri ubicati al di sopra del terrazzo più antico dell'unità AES8.

Le prove Lefranc effettuate durante la perforazione dei sondaggi S4, Sb, S1, S3 e Sa all'interno dell'unità AES8, hanno fornito i seguenti valori di conducibilità idraulica: nel sondaggio S4 valori di $1.5 \cdot 10^{-5}$ m/s a un intervallo di profondità di 21-21.5 m in ghiaie in matrice limoso-argillosa; nel sondaggio Sb valori di $6.27 \cdot 10^{-6}$ m/s a un intervallo di profondità di 14.5-15 m in argilla-limosa; nel sondaggio S1 valori di $1.32 \cdot 10^{-5}$ m/s in ghiaie in matrice limoso-argillosa; nel sondaggio S3 valori di $4.14 \cdot 10^{-6}$ m/s a un intervallo di profondità di 21-21.5 m in ghiaie in matrice limoso-argillosa; nel sondaggio Sa valori variabili tra $2.48 \cdot 10^{-5}$ e $7.97 \cdot 10^{-6}$ m/s rispettivamente a intervalli di profondità di 13-13.5 m e 20-20.5 m in ghiaie in matrice limoso-argillosa.

Lo spessore degli orizzonti a predominanza limoso-argillosa posti alla sommità della sottostante unità AES7, risulta mediamente variabile tra 7 e 12 m, con una punta massima di circa 16 m in corrispondenza del sondaggio S14.

Le prove Lefranc effettuate durante la perforazione dei sondaggi S4, S1 e S3 nell'unità AES7 hanno fornito i seguenti valori di conducibilità idraulica: nel sondaggio S4 valori di $5.1 \cdot 10^{-7}$ m/s a un intervallo di profondità di 40-

41.5 m in limo con ghiaia; nel sondaggio S1 valori di $3.39 \cdot 10^{-8}$ m/s a un intervallo di profondità di 39.5-40.5 m in limo-argilloso; nel sondaggio S3 valori di $4.14 \cdot 10^{-6}$ m/s a un intervallo di profondità di 38.5-39 m in ghiaie in matrice limoso-argillosa.

Nei sondaggi S4, S1 e S3 a profondità di circa 45 m, o poco superiori, compaiono i primi livelli a predominanza limoso-argillosa del Subsistema di Agazzano (AES3).

6.2 OPERE DI CAPTAZIONE PRESENTI NELL'INTORNO DELL'AREA

E' stato effettuato un censimento dei pozzi per acqua riportati all'interno della cartografia interattiva disponibile sul portale cartografico del Servizio Geologico, Sismico e dei suoli di ARPA Emilia-Romagna, in particolare nella banca dati "Cartografia geologica", che riporta l'ubicazione di tutte le prove geognostiche disponibili (eseguite dal Servizio o reperite da archivi pubblici/privati esistenti), corredate dalle informazioni relative a quote, caratteristiche costruttive e stratigrafia.

In Figura 11 si riporta la maschera di navigazione del portale, con uno stralcio della cartografia relativa al settore di studio in scala 1:20000; le caratteristiche dei pozzi per acqua censiti in un intorno significativo dell'area di interesse (in un raggio di circa 1.5-2 km), così come riportate sul portale, sono sintetizzate in Tabella 2 (Settore Sud - Sala Baganza e Felino) e

Tabella 3 (Settore Nord - Collecchio e Parma).

In riferimento al settore di studio sono stati censiti 64 pozzi per acqua, la maggior parte dei quali sono a uso irriguo (agricolo/domestico) e presentano profondità molto variabili (da 6 m a 185 m); sono presenti alcuni pozzi industriali di profondità generalmente compresa tra 60 e 129 m. Sono stati inoltre censiti alcuni pozzi ad uso potabile (5 a Collecchio, 1 a Parma e 1 a Sala Baganza) di profondità variabile tra 24 e 127 m, presumibilmente captanti per lo più le falde profonde.

Tabella 2 –Caratteristiche dei pozzi per acqua censiti da ARPA - Servizio Geologico, Sismico e dei suoli - Settore Sud

Sezione	Nome	Comune	Data perforazione	Quota p.c. (m s.l.m.)	Profondità (m)	Uso
199080	644	Felino	1951	155,7	124,5	Irriguo
199080	645	Felino	1974	157,1	75,0	Industriale
199080	646	Felino	1974	158,1	75,0	Domestico
199080	647	Felino	1970	161,7	129,0	Industriale
199070	698	Felino	1950	149,0	149,0	Irriguo
199070	700	Felino	1990	155,5	36,0	Irriguo
199080	713	Felino	1987	152,7	30,0	Domestico
199080	737	Felino	1970	156,8	129,0	Irriguo
199080	745	Felino	1978	148,1	185,0	Irriguo
199070	643	Sala Baganza	1988	146,5	110,0	Industriale
199070	644	Sala Baganza	1966	146,8	60	Domestico
199070	645	Sala Baganza	-	146,4	60,0	Industriale
199070	649	Sala Baganza	1970	148,4	132	Industriale
199070	650	Sala Baganza	1985	153,6	124,2	Potabile
199070	655	Sala Baganza	1977	174,5	6	Domestico/Irriguo
199070	656	Sala Baganza	1976	157,4	6	Domestico/Irriguo
199070	657	Sala Baganza	1976	157,6	6,2	-
199070	659	Sala Baganza	1981	149,6	30	Irriguo
199070	661	Sala Baganza	1979	164,4	15	Irriguo
199070	662	Sala Baganza	1979	157,2	38	Irriguo
199070	665	Sala Baganza	1982	147,8	11	Irriguo
199070	666	Sala Baganza	1982	161,9	12,3	Irriguo
199070	671	Sala Baganza	1965	167,3	6	Domestico/Irriguo
199070	672	Sala Baganza	1963	166,8	6,0	Domestico
199070	673	Sala Baganza	1976	177,4	6	Domestico/Irriguo
199070	676	Sala Baganza	1960	148	6	Irriguo
199070	677	Sala Baganza	1920	175,4	10	Irriguo
199070	678	Sala Baganza	1967	167,3	7	Irriguo
199070	679	Sala Baganza	1972	148,3	9	Irriguo
199070	681	Sala Baganza	1977	166,2	7	Irriguo
199070	682	Sala Baganza	1975	162,9	6,3	Irriguo
199070	687	Sala Baganza	-	159,8	6,5	Agricolo
199070	688	Sala Baganza	-	159,8	6,5	Agricolo
199070	691	Sala Baganza	1967	170,2	9	Industriale

Tabella 3 –Caratteristiche dei pozzi per acqua censiti da ARPA - Servizio Geologico, Sismico e dei suoli - Settore Nord

Sezione	Nome	Comune	Data perforazione	Quota p.c. (m s.l.m.)	Profondità (m)	Uso
199070	606	Collecchio	1960	135,6	127,0	Irriguo
199070	607	Collecchio	1969	138,3	24,0	Potabile
199070	614	Collecchio	1949	126,4	163,0	Irriguo
199070	623	Collecchio	1986	123,7	70,0	Domestico
199070	695	Collecchio	1973	137,6	124,0	Potabile/Irriguo
199070	713	Collecchio	1960	139,0	127,0	Potabile
199070	720	Collecchio	1973	132,6	103,0	Potabile
199070	721	Collecchio	-	123,8	130,0	-
199080	728	Collecchio	-	119,8	107,1	Potabile
199080	734	Collecchio	1968	113,6	97,0	Irriguo
199080	603	Parma	-	110,2	40,0	-
199080	611	Parma	-	118,6	120,0	-
199080	613	Parma	1950	116,7	134,0	-
199080	615	Parma	1949	124,0	66,0	Potabile
199080	623	Parma	1950	139,5	119,0	-
199080	624	Parma	1979	137,7	114,1	Irriguo
199080	625	Parma	1991	143,3	42,5	Domestico
199080	629	Parma	1972	135,6	21,0	-
199080	634	Parma	1950	148,6	36,0	-
199080	726	Parma	1965	132,5	100,0	Irriguo
199080	742	Parma	1973	119,4	55,0	-
199080	746	Parma	1928	155,1	13,0	-
199080	747	Parma	1924	124,0	19,0	-
199080	616	Parma	1911	124,5	20,0	Agricolo
199080	617	Parma	1993	124,3	16,0	Irriguo
199080	618	Parma	1981	125,0	48,0	Irriguo
199080	619	Parma	-	123,6	10,0	Irriguo
199080	620	Parma	1987	127,9	10,5	Irriguo
199080	621	Parma	1983	128,8	10,0	Irriguo
199080	622	Parma	-	129,5	167,0	-

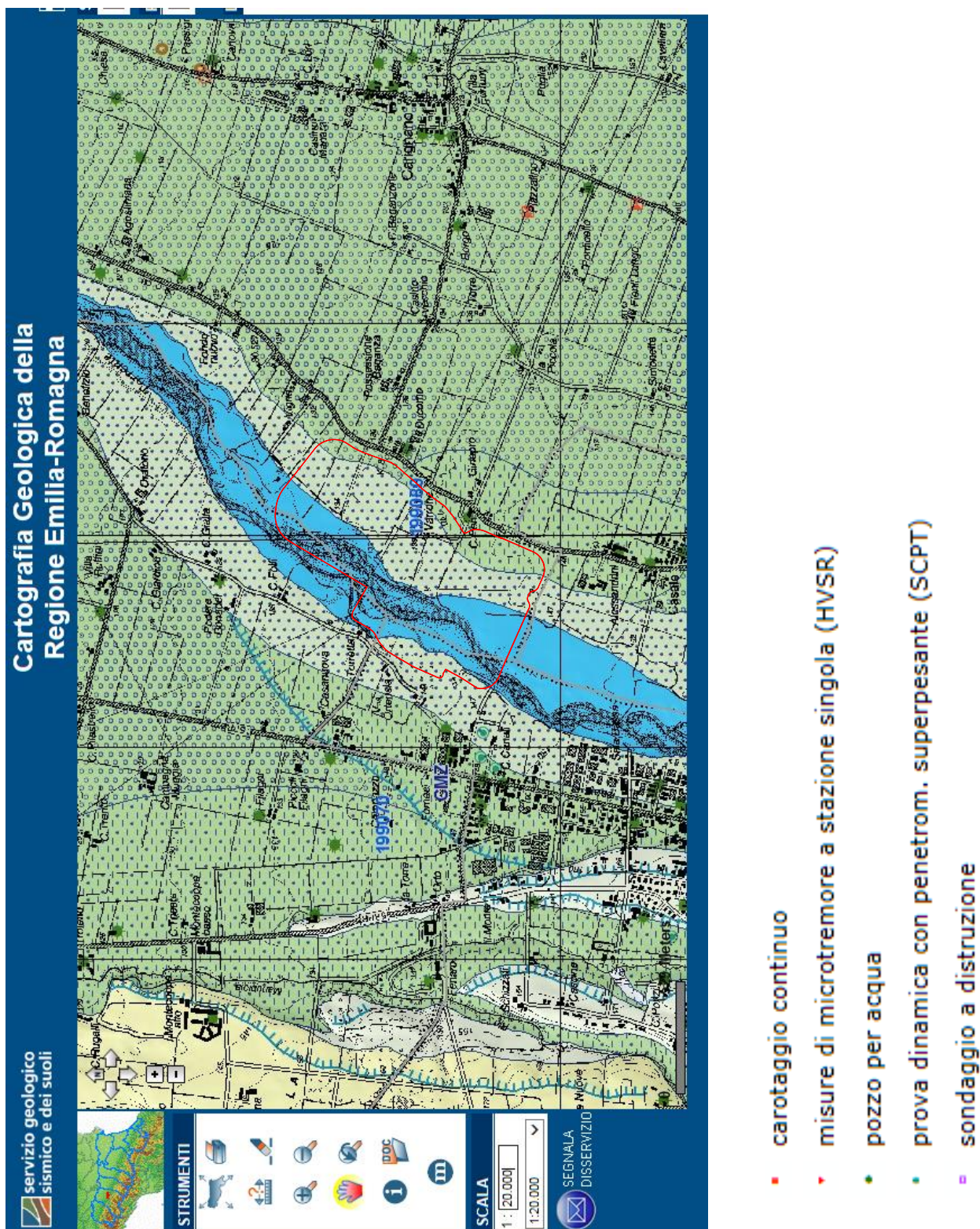


Figura 11 – Stralcio della "Cartografia Geologica" del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli di ARPA Emilia-Romagna con la distribuzione delle prove geognostiche puntuali (in verde: pozzi per acqua)

Sono stati inoltre reperiti i dati relativi ai n. 8 pozzi privati censiti nel 2012 nell'ambito delle indagini a corredo della stesura del Progetto Preliminare, dislocati in un intorno di circa 1 km dell'area di futura realizzazione della cassa di espansione: si tratta di pozzi a uso domestico, irriguo, zootecnico o industriale, di profondità generalmente pari o inferiore a 10 m, pertanto rappresentativi dell'acquifero superficiale; fanno eccezione il Pozzo 3 e il Pozzo 8, che presentano profondità superiori (rispettivamente 35.8 m e 102 m).

L'ubicazione degli 8 pozzi censiti nel Progetto Preliminare (PP) è riportata nell'elaborato BAG2_03GEO_D_PL_02_A "Planimetria idrogeologica" e nella piezometria del Marzo 2012 riportata in Figura 20; le caratteristiche disponibili per ciascun pozzo sono riassunte in Tabella 4.

Tabella 4 – Caratteristiche dei pozzi privati censiti nell'ambito del Progetto Preliminare (PP)

	Comune	Quota p.c. (m s.l.m.)	Quota b.p. (m s.l.m.)	Profondità (m)
Pozzo 1	Sala Baganza	149,00	149,00	10,0
Pozzo 2	Collecchio	136,3	137,00	7,2
Pozzo 3	Parma	144,00	144,00	35,8
Pozzo 4	Parma	129,7	129,7	4,2
Pozzo 5	Parma	127,3	128,3	5,0
Pozzo 6	Felino	148,73	148,73	4,2
Pozzo 7	Collecchio	131,3	129,8	5,35
Pozzo 8	Collecchio	131,5	131,5	102,0
Pozzo 9	Felino	148,2	148,2	5,0

Per un ulteriore riscontro, è stata effettuata un'indagine dei punti d'acqua censiti nell'ambito degli studi geologici a corredo degli strumenti urbanistici vigenti.

Nella relazione geologica e sismica del Quadro Conoscitivo del PSC del Comune di Sala Baganza sono riportate le caratteristiche dei pozzi per acqua rappresentativi del Gruppo acquifero A indagati per la ricostruzione dell'andamento piezometrico e per la valutazione di eventuali interferenze con fondazioni e cave: i punti d'acqua presenterebbero profondità limitata alle parti corticali del sottosuolo e ne filtrerebbero l'intero spessore; la relativa ubicazione è riportata sull'elaborazione piezometrica.

Nella Tavola P3 del PRG del Comune di Felino è riportata l'ubicazione dei pozzi ad uso potabile, relativamente ai quali tuttavia non si riferisce alcuna informazione; si sottolinea tuttavia che tali punti d'acqua non risultano di particolare interesse per il presente studio, essendo ubicati come minimo 3 km a Sud dalla futura cassa di espansione e presentano filtri in acquiferi non interferiti dall'opera in progetto.

Secondo quanto riportato nella documentazione cartografica del PSC di Parma (tavola "Tutele e vincoli ambientali", Foglio 9) circa 2 km ad Est dell'area di studio, in località Carignano-Seminario di Parma, è presente un pozzo acquedottistico, di cui tuttavia non sono riportate altre informazioni.

Non è stato infine possibile reperire informazioni relative agli strumenti di pianificazione del comune di Collecchio.

Per quanto riguarda la pianificazione a scala provinciale, le indagini condotte nel 2008 per la stesura del PTCP (Variante Dicembre 2008 "Approfondimento in materia di tutela delle acque") hanno identificato all'interno della rete acquedottistica provinciale i seguenti punti d'acqua:

- Collecchio: 4 pozzi - 1 serbatoio - 1 campo pozzi;
- Felino: 5 pozzi - 11 serbatoi - 1 campo pozzi;
- Sala Baganza: 4 pozzi - 1 serbatoio;
- Parma: 41 pozzi - 6 serbatoi - 1 campo pozzi.

Come visibile dalla carta di piano riportata in stralcio in Figura 12, l'unico pozzo ubicato in un raggio di 2 km dall'area di studio è il pozzo di località Carignano/Seminario identificato anche nella cartografia del PSC di Parma; all'interno del perimetro della cassa di espansione sarebbe inoltre presente un fontanile parzialmente attivo.

Si riporta infine in Figura 13 uno stralcio della cartografia del PTA regionale, da considerare tuttavia solo a scopo di conferma dei dati già presentati, in quanto la scala di rappresentazione non consente di apprezzare nel dettaglio la posizione dei diversi punti d'acqua, ma solo di confermarne la presenza nei comuni di interesse.

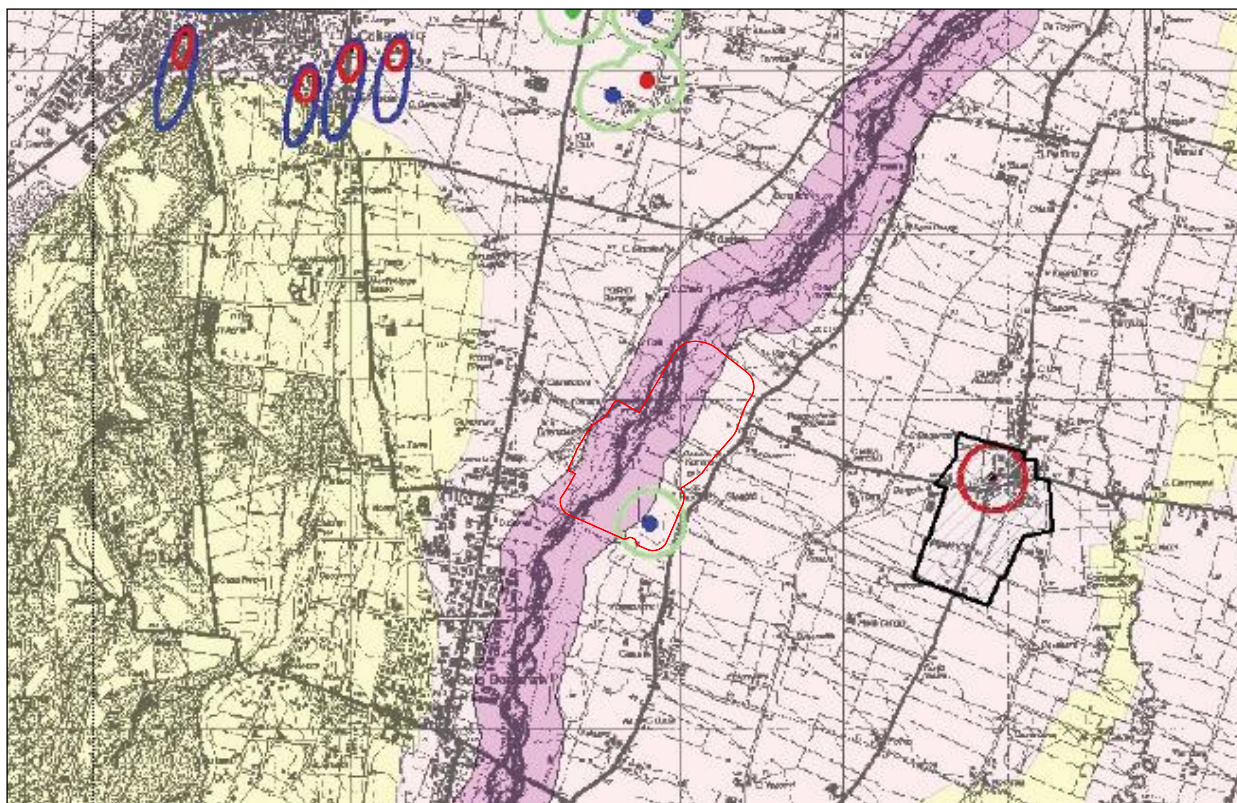


Figura 12 – Stralcio della cartografia del PTCP di Parma (Tav.15 "Le aree di salvaguardia per la tutela delle acque potabili ed emergenze naturali") (in rosso/blu: zone di rispetto ristretta/allargata dei pozzi ad uso acquedottistico)

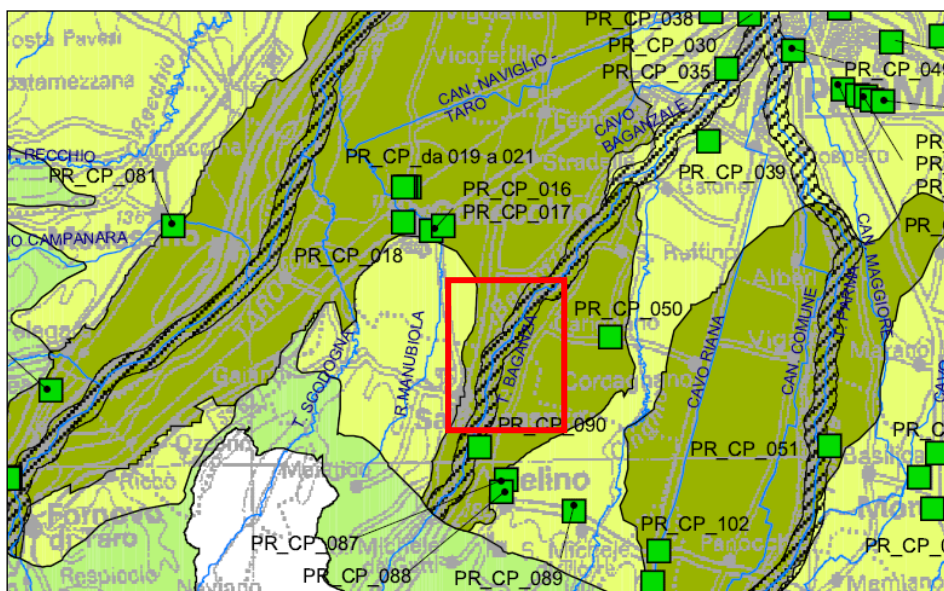


Figura 13 – Stralcio della cartografia del PTA della Regione Emilia-Romagna (Tavola 1)

Non si esclude che possa sussistere una parziale sovrapposizione tra le serie di dati riportate in ciascun censimento, anche se le caratteristiche costruttive dei punti d'acqua raccolte in ciascun censimento presentano sempre qualche differenza.

In conclusione, i punti d'acqua più vicini al perimetro dell'area di studio (ubicati in un raggio di 200-300 m), quindi potenzialmente interessati dalle perturbazioni provocate in fase di realizzazione ed esercizio della cassa di espansione, sono:

- Lato Sud: Pozzo 1 - Pozzo 6 - Pozzo 9 (PP), tutti superficiali (profondità massima 10 m);
- Lato Ovest: Pozzo 645 a uso industriale (profondità 110 m); Pozzo 2 (PP), superficiale (profondità 7.2 m);
- Lato Est: Pozzo 624 - Pozzo 625, a uso domestico/irriguo (profondità massima 114 m); Pozzo 3 (PP) (profondità 35.8 m);
- Lato Nord: Pozzo 4 (PP), superficiale (profondità 4.2 m).

Per l'ubicazione dei suddetti punti si faccia sempre riferimento all'elaborato BAG2_03GEO_D_PL_02_A "Planimetria idrogeologica".

6.3 CARATTERI PIEZOMETRICI

La ricostruzione a larga scala dell'andamento, nello spazio e nel tempo, della superficie piezometrica presso il settore di conoide in oggetto è stata effettuata esaminando la cartografia storica e i dati piezometrici rilevati sul lungo periodo nelle reti di controllo storiche e attuali, a scala regionale, provinciale e comunale.

Inoltre, per un'analisi alla scala dell'area di studio dell'andamento della falda freatica direttamente interessata dall'opera in progetto, sono state analizzate e descritte le misure piezometriche eseguite sulla rete di controllo appositamente predisposta nell'ambito dei progetti della cassa di espansione tra il 2012 e il 2016.

Nel seguente paragrafo sono descritte le reti di monitoraggio esistenti e utilizzate per la definizione delle principali caratteristiche piezometriche del settore in oggetto.

6.3.1 La rete di monitoraggio delle acque sotterranee

Il monitoraggio delle acque sotterranee avviene attraverso il controllo dei livelli piezometrici e dello stato chimico-fisico eseguito in pozzi e piezometri appartenenti a differenti reti di controllo.

6.3.1.1. Reti di controllo regionale (I grado) e provinciale (II grado)

Entrambe le reti sono state attivate a partire dagli anni '70 del secolo scorso, mediante la misura dei livelli di falda e i prelievi per analisi chimiche effettuati con periodicità semestrale, in corrispondenza dei periodi primaverile e autunnale.

Le reti hanno subito varie revisioni e modifiche nel tempo, sia per quanto riguarda il numero dei punti di controllo utilizzati, sia per la tipologia di controlli effettuati; in particolare, una sensibile ristrutturazione è stata apportata a partire dal 2003 nella rete provinciale di II grado, nella quale, per motivi gestionali, è stato ridotto il numero di punti di controllo.

Attualmente entrambe le reti di controllo sono gestite da ARPAE che provvede a effettuare le misure nei pozzi di propria competenza, a revisionare la rete e a sintetizzare le informazioni in specifici database; a questo proposito è stata recentemente eseguita una ripartizione preliminare delle reti di I e II grado secondo i criteri fissati dalla Regione Emilia-Romagna, in funzione della tipologia di acquifero captato (gruppi acquiferi A, B e C definiti nella classificazione ENI-Agip del 1998).

A partire dal 2007 è infine entrata in funzione una rete di monitoraggio automatica, gestita sempre da ARPAE, mediante l'installazione di misuratori in continuo con rilievo a scansione oraria; il misuratore in continuo più vicino al settore di studio è stato installato in corrispondenza del piezometro PR05-00, ubicato circa 9 km a valle, in corrispondenza del centro abitato di Parma, a Nord della confluenza tra i torrenti Baganza e Parma.

In Figura 14 è riportata la distribuzione dei punti di controllo della rete ARPAE ubicati in un intorno significativo del settore di studio, con la denominazione dei piezometri analizzati al Paragrafo 6.3.3 in relazione alle relative oscillazioni piezometriche.



Figura 14 – Distribuzione dei punti di controllo della rete ARPA in un intorno significativo dell'area di studio

6.3.1.2. Rete di controllo dell'area di studio

La rete di controllo piezometrico installata in corrispondenza dell'area di futura realizzazione della cassa di espansione del torrente Baganza è stata predisposta, nelle successive fasi di progetto preliminare e definitivo, con la principale finalità di individuare le caratteristiche di dettaglio dell'acquifero freatico direttamente impattato dall'opera (complesso acquifero A0) e, secondariamente, di quello semi-confinato o confinato immediatamente sottostante (complesso acquifero A1).

Nel corso delle attività di indagine condotte nell'ambito del Progetto Preliminare, tra Giugno e Settembre 2012, fu predisposta una rete di 14 piezometri a tubo aperto aventi profondità variabile tra un minimo di 18 m e un massimo di 48 m, fenestrati nel complesso acquifero A0, con la sola eccezione del punto di controllo S3 che fu fenestrato nel solo acquifero A1. Nel luglio 2013 la rete fu ampliata con l'aggiunta di altri 2 piezometri, entrambi aventi profondità di circa 10 m o poco inferiore.

Il monitoraggio fu attivato a partire dal luglio 2012 e fu condotto per un periodo di poco superiore a un anno.

Nell'ambito delle indagini integrative, realizzate per la stesura del Progetto Definitivo, sono stati posti in opera ulteriori 16 piezometri a tubo aperto, oltre che due campi prova per l'esecuzione di test di pompaggio ognuno di essi costituito da un pozzo di emungimento e 3 piezometri di controllo.

Anche in questa fase di indagine tutti i piezometri sono stati fenestrati nell'acquifero A0, con la sola eccezione dei punti d'acqua SIG3 e SIG4 fenestrati nel complesso acquifero A1.

I pozzi perforati per l'esecuzione delle prove di pompaggio e i relativi piezometri sono stati posizionati in vicinanza degli argini di monte e di valle della cassa di espansione e fenestrati fino alla profondità di rinvenimento dell'argilla di base dell'unità AES8, rispettivamente rinvenuta a circa 12 e 21 m da p.c..

Le principali caratteristiche dei piezometri della rete di monitoraggio sopra descritta sono riassunte in Tabella 5; per la loro ubicazione si faccia riferimento all'elaborato BAG2_03GEO_D_PL_01_A "Planimetria delle indagini geologiche e geotecniche".

Tabella 5 – Caratteristiche della rete di controllo dell'area di studio

Piezometro	Quota p.c. (m s.l.m.)	Esecutore	Anno	Profondità (m)	Filtri da - a (m)
S1	131,1	SoGeo	2012	60	1,5-28,5
S3	130,7	SoGeo	2012	50	35,0-48,0
S4	131,1	SoGeo	2012	50	1,0-28,0
S8	144,8	SoGeo	2012	40	2,0-17,0
Sa	130,7	SoGeo	2012	30	1,0-27,0
Sb	130,7	SoGeo	2012	30	15,0-20,0
Sc	131,4	SoGeo	2012	40	1,0-27,0
Sd	137,8	SoGeo	2012	27	2,5-26,5
Se	141,9	SoGeo	2012	21	2,0-17,0
Sf	146,2	SoGeo	2012	21	1,5-19,5
Sg	141,3	SoGeo	2012	23	3,0-21,0
Sh	136,1	SoGeo	2012	22,5	3,0-21,5
Si	132,1	SoGeo	2012	23	2,9-20,9
S1bis	131,3	SoGeo	2012	18	9,0-18,0
S17	130,6	SoGeo	2013	10	7,0-10,0
S18	130,6	SoGeo	2013	8,5	1,4-4,4
POZZO M	145,6	Vicenzetto	2016	12,5	3,0-12,5
PzM1	146,0	Vicenzetto	2016	12	3,0-11,7
PzM2	146,0	Vicenzetto	2016	12	3,0-11,8
PzM3	146,2	Vicenzetto	2016	13,5	3,0-11,7
POZZO V	131,9	Vicenzetto	2016	22,5	5,0-22,5
PzV1	132,1	Vicenzetto	2016	21	5,0-21,0
PzV2	132,3	Vicenzetto	2016	21	5,0-21,1
PzV3	132,0	Vicenzetto	2016	22,5	3,0-21,0
SIG1	130,5	Vicenzetto	2016	45	6,0-30,0
SIG2	133,5	Vicenzetto	2016	45	25,0-42,0

SIG3	146,1	Vicenzetto	2016	45	25,0-37,0
SIG4	145,5	Vicenzetto	2016	45	21,0-43,5
SI1	156,7	Vicenzetto	2016	20	3,0-20,0
SI2	142,0	Vicenzetto	2016	20	3,0-20,0
SI3	143,9	Vicenzetto	2016	20	3,0-20,0
SI4	160,5	Vicenzetto	2016	20	3,0-20,0
SI5	171,8	Vicenzetto	2016	20	3,0-20,0
SI6	118,4	Vicenzetto	2016	20	3,0-20,0
SI7	146,7	Vicenzetto	2016	20	3,0-20,0
SI8	140,0	Vicenzetto	2016	20	3,0-20,0
SI9	153,5	Vicenzetto	2016	20	3,0-20,0

6.3.2 Analisi della morfologia piezometrica

Le condizioni idrodinamiche dell'acquifero nell'ambito della pianura parmense, e in particolare della conoide del torrente Baganza, sono caratterizzate dalla presenza di una falda libera nel settore di conoide apicale, a ridosso del margine collinare, laddove avviene la ricarica degli acquiferi, e di falde semi-confinare/confinare nella zona di conoide medio/distale del settore di pianura, laddove le coperture a granulometria fine risultano più estese e continue e le numerose intercalazioni limoso-argillose determinano una compartimentazione dell'acquifero.

Tali differenze sono ben rappresentate dalle significative variazioni del gradiente idraulico che si osservano da monte a valle: nel settore apicale della conoide, in ragione dell'inclinazione del substrato marino e del contributo alimentante esercitato dal corso d'acqua, si hanno valori molto elevati dell'ordine di diverse unità percentuali, mentre nell'area di conoide distale e di pianura si hanno valori compresi tra 0.5 e 2%;

Ad ampia scala, la direzione principale della falda è orientata da SSW verso NNE, con soggiacenza decrescente da monte a valle, lungo la direzione di flusso; a livello locale si manifestano gli effetti dovuti alla ricarica delle acque disperse dei torrenti Parma e Baganza, che lungo il loro asse determinano la formazione di spartiacque piezometrici, più marcati in condizioni di elevato apporto pluviometrico.

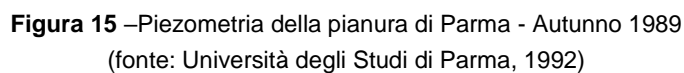
In generale si osserva che le condizioni di alto piezometrico si verificano nel periodo primaverile, mentre i minimi vengono mediamente registrati nel semestre successivo, anche in ragione degli effetti d'abbassamento indotti dal prelievo dei pozzi al sopraggiungere del periodo irriguo.

Per un'analisi storica dell'andamento del flusso idrico sotterraneo in un intorno vasto, si può fare riferimento alle seguenti elaborazioni:

- *Piezometrie Autunno 1989 (Figura 15) - Primavera 1990 (Figura 16) - Autunno 1990 (Figura 17) (da "Le acque nel Comune di Parma", Università degli Studi di Parma, Comune di Parma, 1992):* le piezometrie sono state ricostruite per l'ambito di conoide Parma-Baganza sulla base delle misure eseguite su una rete di circa 50 pozzi di profondità variabile, ubicati nel settore compreso tra la conoide del Torrente Enza (a

Est) e del fiume Taro (a Ovest). In ragione dell'elevato numero di punti misurati, tali elaborazioni costituiscono una rappresentazione realistica dell'andamento piezometrico nella pianura parmense. L'andamento delle isopieze riflette la presenza delle conoidi principali e mostra il primario contributo di alimentazione esercitato dai corrispondenti corsi d'acqua, soprattutto nel periodo primaverile; l'andamento sembrerebbe inoltre risentire della morfologia del tetto del substrato marino, delle strutture tettoniche appenniniche e degli alti strutturali, con gradienti idraulici in decremento dai settori di alta a quelli di media pianura. Dal confronto tra i diversi andamenti si evidenzerebbe un innalzamento del livello della falda tra il 1989 e il 1990: la quota piezometrica rilevata in corrispondenza del settore di studio oscilla infatti tra 100-110 m s.l.m. (Autunno 1989) e 105-120 m s.l.m. (Primavera e Autunno 1990), con un gradiente idraulico mediamente pari a circa 1.3%.

- *Piezometria Maggio-Giugno 1995 (Figura 18) (dal PSC del Comune di Sala Baganza):* in questa ricostruzione a scala comunale, la direzione del flusso idrico sotterraneo risulta nel complesso orientata SSW-NNE, con gradiente idraulico mediamente pari a circa 1.3%. Il livello piezometrico presenta quote comprese tra circa 140 e 190 m s.l.m.; nel settore di studio (ubicato all'estremità NE della carta piezometrica) si ha una quota di falda intorno a 140 m s.l.m.;
- *Piezometria media Anno 2003 (Figura 19) (da "Le caratteristiche degli acquiferi della Regione Emilia Romagna - Report 2003 , ARPA RER):* l'andamento è stato ricostruito sulla base delle poche misure disponibili per i punti di controllo della rete regionale e va pertanto considerato solo a titolo indicativo in riferimento alla direzione generale di flusso (prevalentemente SSW-NNE) e al gradiente piezometrico (pari a circa 1.5%); la quota piezometrica rilevabile in corrispondenza del settore di studio è pari a circa 100 m s.l.m. in ragione del fatto che l'attuale rete di controllo regionale è strutturata su pozzi captanti falde più profonde rispetto all'acquifero freatico, interessate da un significativo fenomeno di sovrasfruttamento che ha determinato un rilevante abbassamento medio del livello piezometrico.



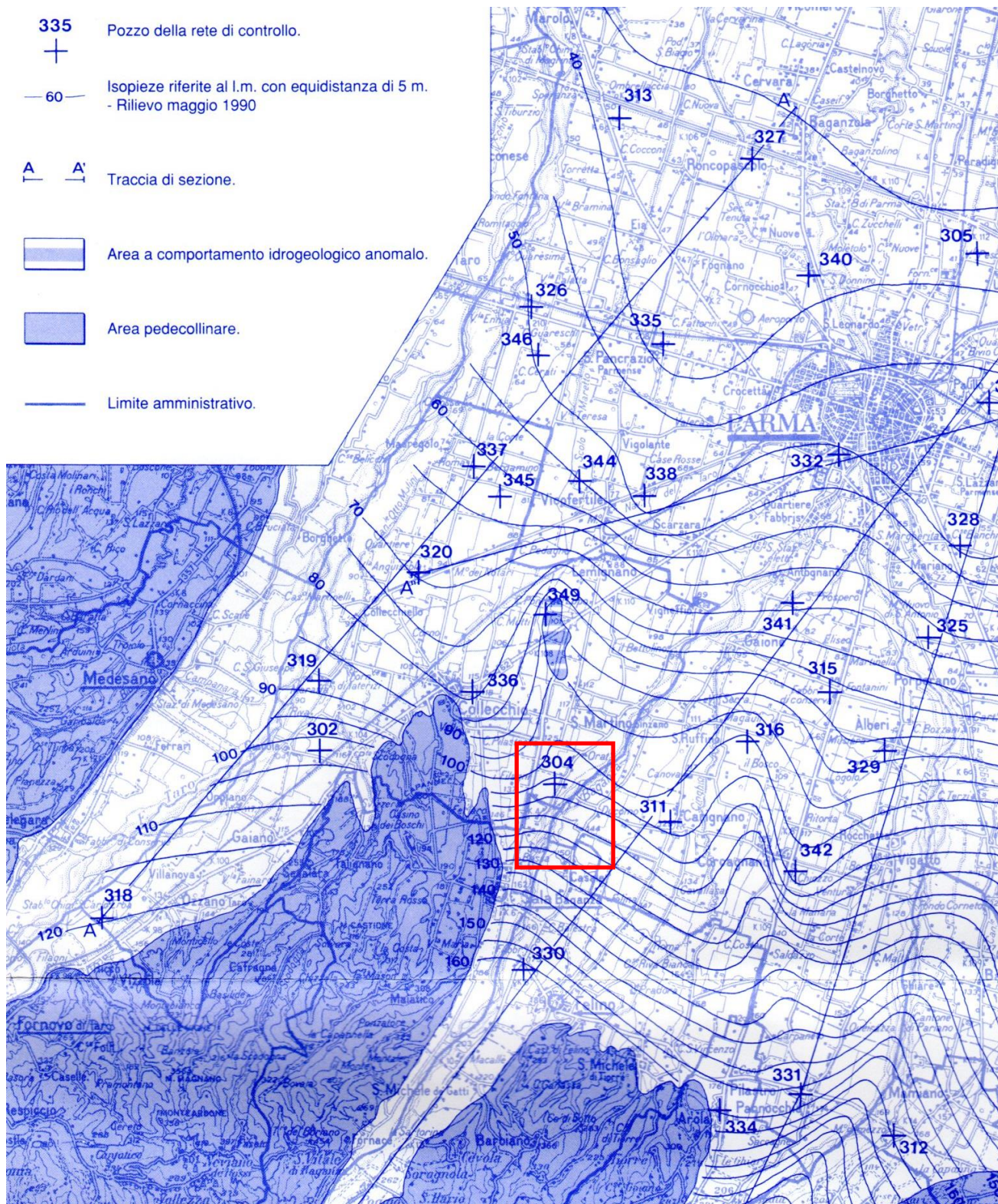


Figura 16 –Piezometria della pianura di Parma - Primavera 1990
(fonte: Università degli Studi di Parma, 1992)

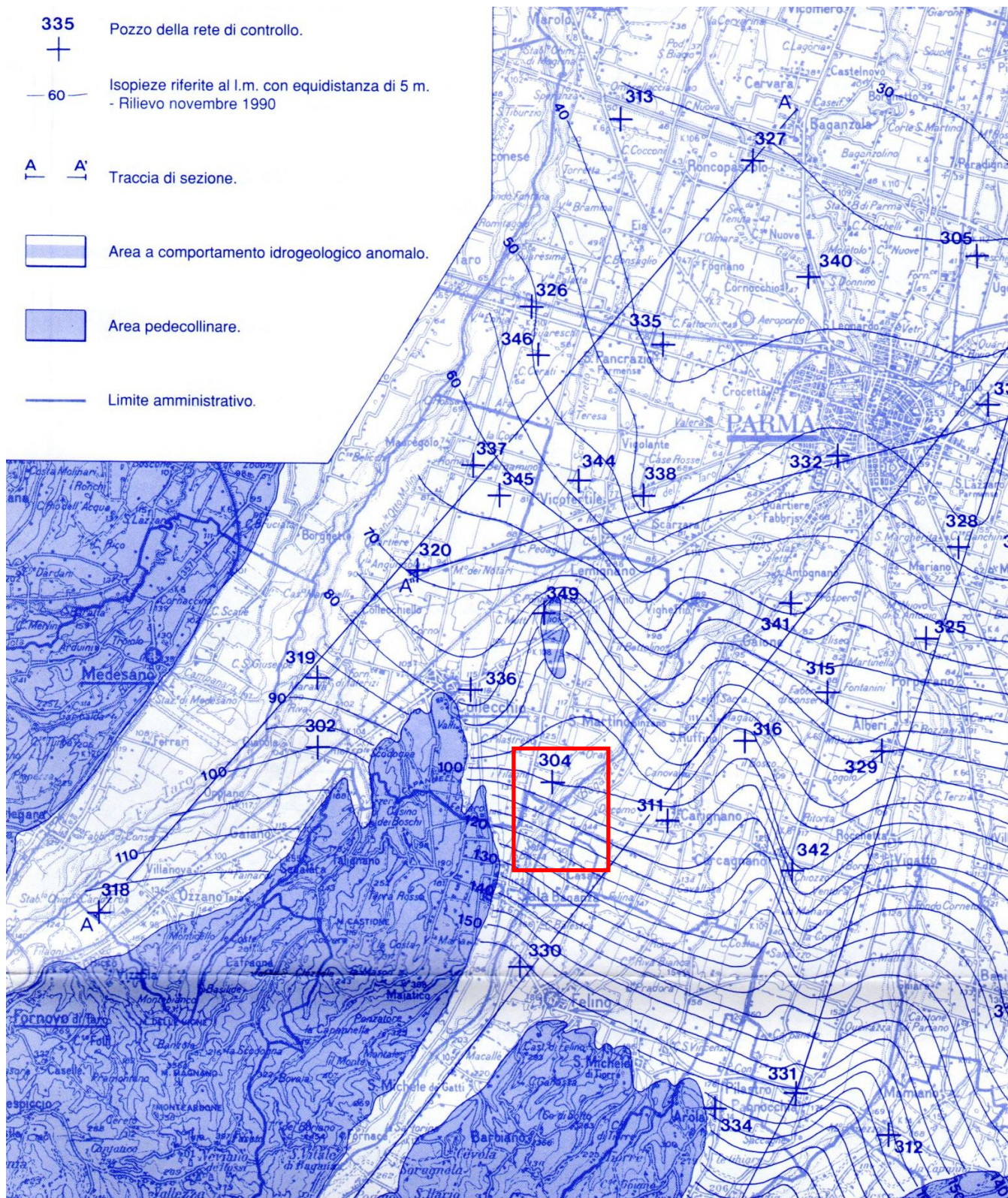


Figura 17 –Piezometria della pianura di Parma - Autunno 1990
(fonte: Università degli Studi di Parma, 1992)

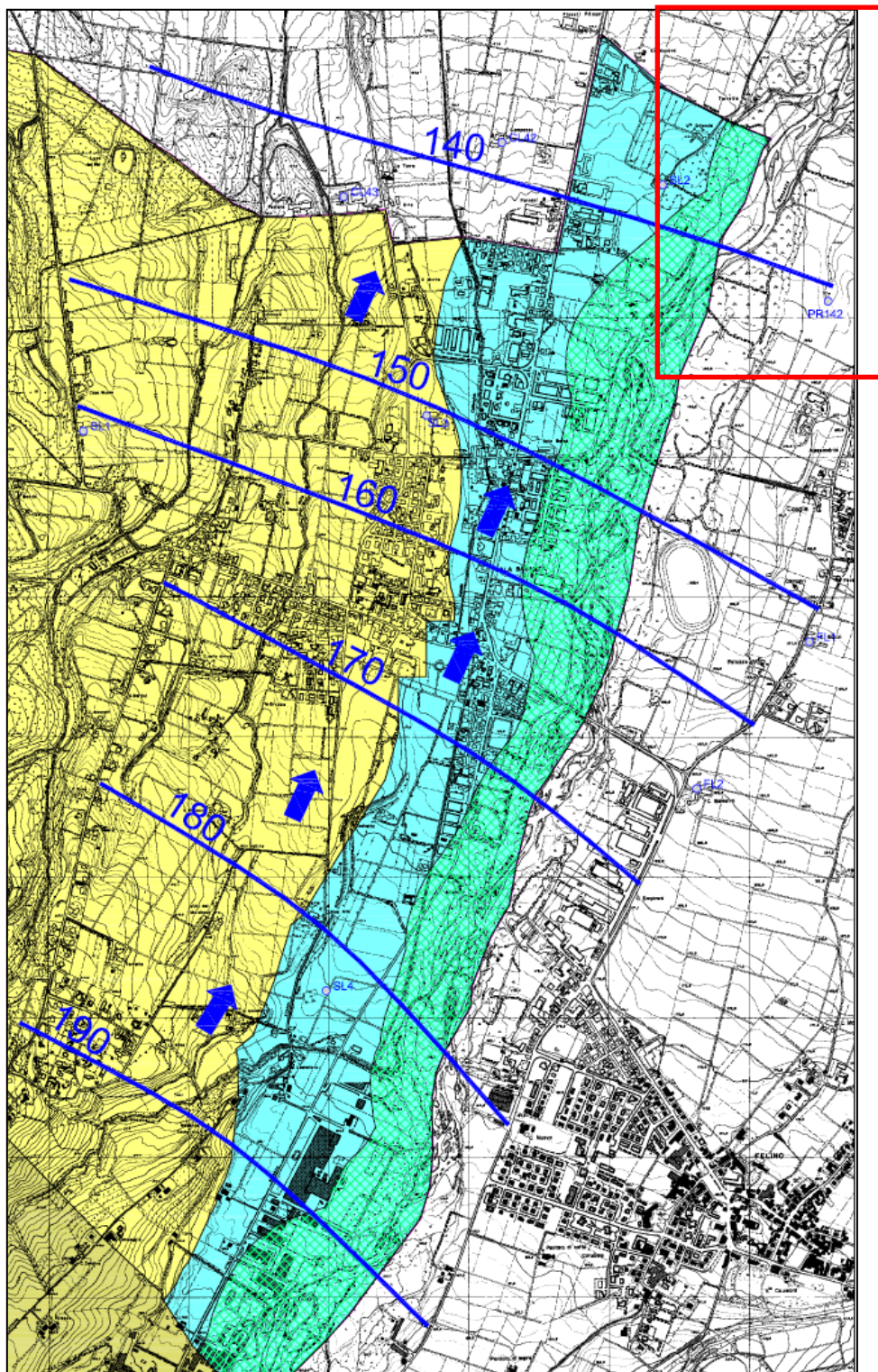


Figura 18 –Piezometria comune di Sala Baganza - Maggio-Giugno 1995
 (fonte: PSC Sala Baganza, 2010)

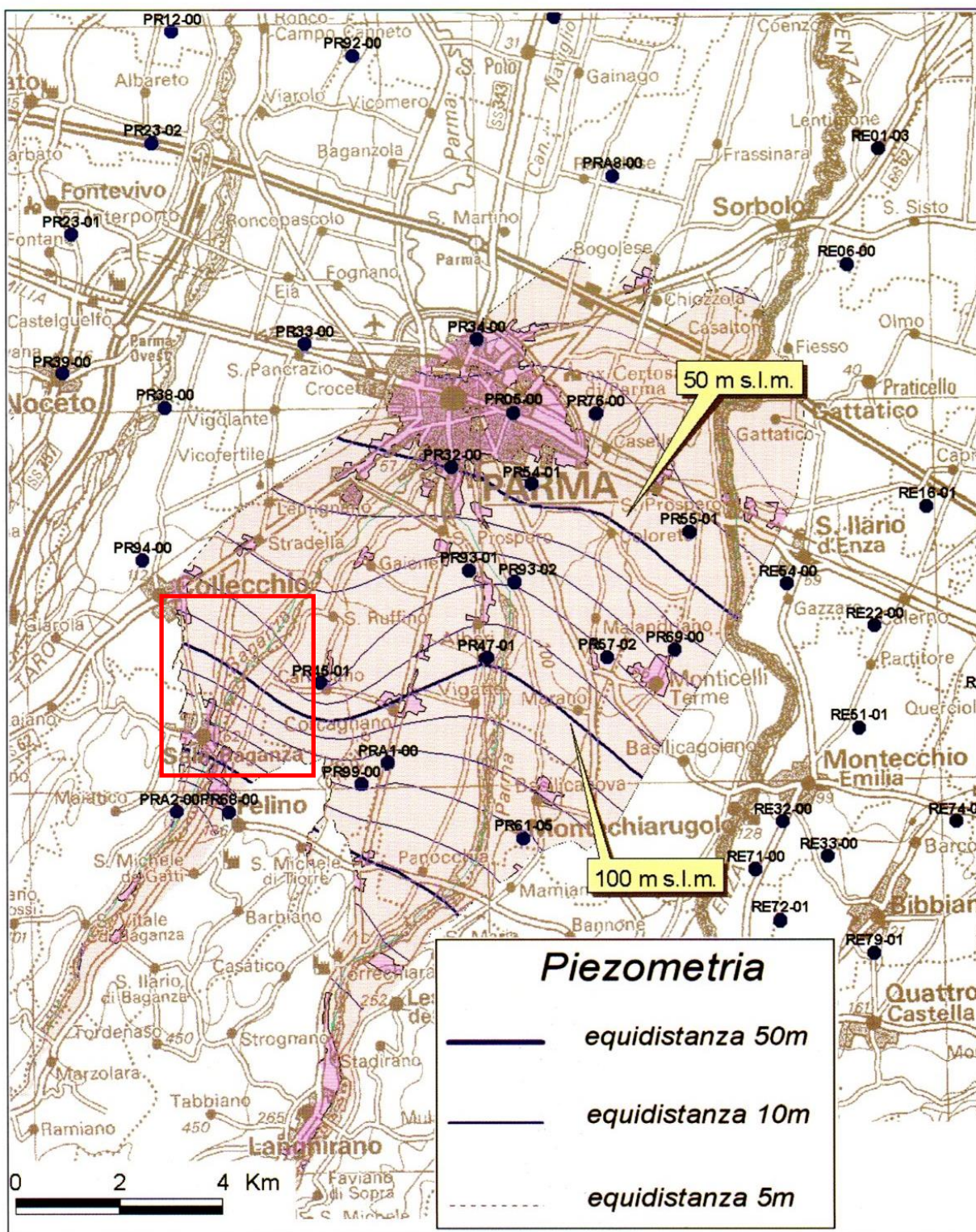


Figura 19 –Piezometria conoide Parma - Baganza - Media 2003
(fonte: ARPA RER, 2003)

6.3.2.1. La piezometria della falda freatica alla scala dell'opera

Per avere indicazioni di dettaglio in merito all'andamento piezometrico e alla soggiacenza della falda freatica impattata dall'opera in progetto, è necessario fare riferimento alle indagini a scala locale effettuate nel corso delle fasi di progettazione preliminare e definitiva.

Nel corso delle attività condotte per la predisposizione del Progetto Preliminare, la falda più superficiale direttamente interessata dalla cassa di espansione in progetto, è stata monitorata dal personale dell'Università degli Studi di Parma in collaborazione con AIPO.

Nel marzo 2012, prima dell'inizio delle attività di perforazione dei sondaggi geognostici attrezzati con piezometro a tubo aperto, fu eseguita una campagna piezometrica preliminare, attraverso misure di soggiacenza della falda in alcuni pozzi privati dislocati in prossimità dell'area di studio (si veda la descrizione al Paragrafo 6.2).

Successivamente, a partire dal Luglio 2012 fino al dicembre 2013, previa la predisposizione della nuova rete di controllo, fu eseguito un monitoraggio piezometrico, con misure a frequenza variabile, in corrispondenza dei punti di controllo progressivamente attivati nell'area di studio.

Nel mese di luglio 2016, nell'ambito del presente progetto definitivo e a seguito della realizzazione di ulteriori punti di monitoraggio perforati in un intorno più esteso rispetto a quello indagato nel corso del Progetto Preliminare, sono state eseguite ulteriori campagne di misura su tutti i punti di controllo disponibili, rappresentati dai nuovi piezometri integrativi e da quelli ancora esistenti perforati nel 2012.

Le campagne di monitoraggio piezometrico estese su tutta la rete piezometrica (Rete PP + Rete PD) sono state eseguite nelle date data 13 Luglio e 26 Luglio 2016.

Le quote piezometriche desunte da tutte le misure di livello raccolte nel corso delle diverse fasi di indagine sono sintetizzate nelle Tabella 6, 7, 8 e 9.

La tardiva realizzazione della nuova rete di controllo, contestualmente alle esigenze di consegna del Progetto Definitivo imposta dalla stazione appaltante, ha obbligato a effettuare misure di livello nel solo periodo estivo, contraddistinto da condizioni di portata di magra della falda.

Per le medesime ragioni non si è potuta implementare la prevista rete di controllo in continuo di alcuni punti di monitoraggio, attraverso l'installazione di data-logger, al fine di verificare gli eventuali effetti di alimentazione della falda conseguenti a portate di piena del Baganza o, al contrario, eventuali condizioni di drenaggio della falda da parte del corso d'acqua.

Tali limitazioni, che hanno imposto di concentrare gli studi al solo mese estivo di luglio, non hanno consentito agli scriventi di effettuare misurazioni dirette mirate alla definizione delle condizioni stagionali di alimentazione della falda, riconducibili sia a fattori naturali legati al regime delle precipitazioni, sia a motivi antropici connessi al prelievo da pozzo, principalmente per uso irriguo.

Per tali valutazioni si è pertanto dovuto ricorrere alle misure eseguite, per la predisposizione del Progetto Preliminare, nel corso dell'anno idrologico 2012-2013, con la consapevolezza che le medesime potrebbero non essere del tutto rappresentative di un anno di massima elevazione della falda.

I dati relativi alle campagne di monitoraggio più complete sono stati utilizzati per la ricostruzione dell'andamento piezometrico della falda freatica superficiale presente nel settore di studio, per la cui descrizione sono state utilizzate le seguenti elaborazioni, eseguite sia per il Progetto Preliminare che per quello Definitivo:

- Progetto Preliminare:

Piezometrie Marzo 2012 (Figura 20), Settembre 2012 (Figura 21), Novembre 2012 (Figura 22), Marzo 2013 (Figura 23) e Maggio 2013 (Figura 24).

- Progetto Definitivo:

Piezometria 26 Luglio 2016 (Figura 25).

Tra Luglio 2012 e Dicembre 2013 per la falda libera superficiale sono state registrate all'interno del sito quote piezometriche variabili tra un massimo di circa 140-142 m s.l.m., nel settore di monte e un minimo di circa 128-131 m s.l.m. in quello di valle; all'interno del periodo considerato, in corrispondenza dei singoli piezometri di controllo sono state registrate variazioni di carico contenute, generalmente inferiori a 1.5 m, con un massimo al piezometro Sh ($\Delta h=3.71$ m tra Settembre 2012 e Aprile 2013).

La piezometria del 26 Luglio 2016, riportata anche nell'elaborato BAG2_03GEO_D_PL_02_A "Planimetria idrogeologica", costituisce l'elaborazione più recente per il settore di studio e investe un settore più vasto nell'intorno della cassa di espansione allo scopo di poter essere utilizzata per l'implementazione di un modello di flusso delle acque sotterranee, che, con la finalità di simulare nel miglior modo possibile gli effetti indotti dalla realizzazione della cassa di espansione, richiede l'allontanamento dei limiti al contorno dall'area di influenza.

Nel bimestre Giugno-Luglio 2016, la falda freatica contenuta nel complesso acquifero A0 all'interno del sito ha presentato quote piezometriche variabili tra un massimo di 142-143 m s.l.m. (settore di monte) e un minimo di circa 129-130 m s.l.m. (settore di valle); considerando anche le rilevazioni effettuate in corrispondenza dei piezometri esterni (SI1÷SI9), si ha un range di quote piezometriche comprese tra circa 166 m s.l.m. (SI5 ubicato circa 2 km a monte) e circa 109 m s.l.m. (SI6 ubicato circa 2 km a valle).

Tabella 6 – Livelli piezometrici rilevati nei pozzi superficiali presenti in prossimità dell'area di studio - 6 Marzo 2012

	Pozzo 1	Pozzo 2	Pozzo 3	Pozzo 4	Pozzo 5	Pozzo 6	Pozzo 7	Pozzo 8	Pozzo 9
Quota bp [m s.l.m.]	149	137	144	129.7	128.3	148.73	129.8	131.5	148.2
06/03/12	145.7	131.5	136.8	127.4	125.3	146.53	128	96	146.25

Tabella 7 – Sintesi dei livelli piezometrici osservati nella rete di controllo PP nel corso delle indagini 2012-2013
 (evidenziati in giallo i piezometri tuttora esistenti)

	S1	S3	S4	Sa	Sb	Sc	S1bis	S8	Sd	Se	Sf	Sg	Sh	Si	S17	S18
Quota bp [m s.l.m.]	131.19	130.90	131.35	130.90	131.05	131.37	131.17	144.89	138.04	142.05	147.13	141.20	136.09	131.90	131.32	131.06
03/07/12	129.74															
05/07/12	129.60															
09/07/12	129.49		129.66													
12/07/12	129.52		129.57		128.65											
16/07/12				128.60												
17/07/12	129.31		129.31	128.52	128.58	129.86										
19/07/12	129.33		129.31	128.48												
20/07/12	129.29	122.12	129.26	128.48	128.56	129.85										
24/07/12	129.31	121.82	129.30	128.47	128.61	129.85										
25/07/12	129.42	121.73	129.40	128.50	128.65	129.89	129.34									
26/07/12	129.39	121.64	129.40	128.48	128.64	129.88	129.37									
05/09/12	129.89	119.16	130.25	128.73	129.32	130.14	129.88	141.31		138.90			128.24			
07/09/12	129.93	119.22	130.26	128.97	129.44	130.25	129.96	141.31	134.24	138.51			128.17	128.28		
22/11/12	130.28	124.27		129.52	129.90	130.62	130.33	141.55	134.72	139.21	141.42	135.67	131.34	129.18		
08/02/13	130.38	126.22		129.72		130.72	130.42	141.25	134.57	138.89	141.64	135.77	131.54	128.32		
05/03/13	130.33	126.55		129.71		130.67	130.37	141.25	134.62	138.91	141.63	135.81	131.64	129.39		
15/04/13		127.45				130.69		141.65	135.28	139.41	141.73	135.91	131.88	129.53		
27/05/13	130.24	127.31		129.83		130.65		141.62	135.21	139.21	141.30	135.73	131.37	129.25		
26/06/13	129.94	126.48		129.58		130.40		141.44	134.91	138.99	141.23	135.65	131.18	129.09		
03/07/13	129.89	125.81		129.47		130.35										
18/07/13	129.71	124.25		129.10		130.20		140.91	134.30	138.20	140.84	135.54	130.92	128.97	129.75	129.84
05/09/13	129.28	121.54		128.62		129.87		140.38	133.87	137.85	140.90	135.62	131.20	128.39	129.30	129.39
05/11/13	130.18	124.25		129.77		130.65		141.79	135.07	139.31	141.04	135.61	131.14	129.28	130.17	130.31
06/12/13	130.00	125.19		129.62		130.46		141.45	134.85	138.93	141.27	135.63	131.16	129.18	130.04	130.12

Tabella 8 – Sintesi dei livelli piezometrici osservati nella nuova rete di controllo PD nel corso delle indagini 2016

	POZZO M	PzM1	PzM2	PzM3	POZZO V	PzV1	PzV2	PzV3	SIG1	SIG2	SIG3	SIG4
Quota bp [m s.l.m.]	146.49	146.29	146.13	146.36	132.33	132.18	132.42	132.15	130.73	133.81	146.52	145.78
13/06/16		143.12	143.20	142.94								
15/06/16		143.11	143.20	142.93								
17/06/16	142.93	143.07	143.18	142.90								
21/06/16											141.09	
23/06/16	142.82	142.96	143.08	142.80								
24/06/16					129.19	129.44	129.58	129.33				
27/06/16	142.71	142.85	142.96	142.69	129.13	129.38	129.52	129.25				
28/06/16											140.87	
06/07/16											140.55	
07/07/16										128.65		
12/07/16	142.11	142.24	142.33	142.16								
13/07/16	142.15	142.23	142.32	142.15	128.81	129.10	129.25	128.94	128.97	128.47	140.10	
15/07/16									128.91			
19/07/16												138.39
26/07/16	141.88	141.97	142.05	141.89	128.70	128.97	129.13	128.83	128.69	128.27	139.27	137.98
(esterni)				SI1	SI2	SI3	SI4	SI5	SI6	SI7	SI8	SI9
Quota bp [m s.l.m.]				156,66	141,90	143,90	160,45	171,67	118,30	147,03	139,85	153,40
13/06/16												
15/06/16												
17/06/16												
21/06/16												
23/06/16												
24/06/16												
27/06/16												
28/06/16				151,88								
06/07/16				151,50								
07/07/16							157,50	166,04		143,39	133,95	147,30
12/07/16												
13/07/16				151,35			155,51	165,94	112,57	143,10	133,80	147,28
15/07/16					136,51				109,72			
19/07/16			138,15									
26/07/16	150,92	136,10	138,03	155,52	165,55	109,09	142,71	133,67	147,21			

Tabella 9 – Dettaglio dei dati piezometrici relativi alle campagne di monitoraggio condotte nel 2016 (13 e 26 Luglio)

Rete	Punto di controllo	Quota t.t.	Profondità	Filtri	Campagna 13 Luglio 2016		Campagna 26 Luglio 2016	
				da - a	Soggiacenza	Quota piezometrica	Soggiacenza	Quota piezometrica
		m s.l.m.		m	m t.t.	m s.l.m.	m t.t.	m s.l.m.
PP (2012 2013)	S8	144,89	40,0	2 - 17	4,57	140,32	4,86	140,03
	Sd	138,04	27,0	2,5 - 26,5	-	-	4,16	133,88
	Sf	147,13	21,0	1,5 - 19,5	6,40	140,73	6,63	140,50
	Sg	141,20	23,0	3 - 21	5,89	135,31	5,84	135,36
	Sh	136,09	22,5	3 - 21,5	5,17	130,92	5,49	130,60
	Si	131,90	23,0	2,9 - 20,9	3,05	128,85	3,21	128,69
PD (2016)	PozzoM	146,49	12,5	3 - 12,5	4,34	142,15	4,61	141,88
	PzM1	146,29	12,0	3 - 11,7	4,06	142,23	4,32	141,97
	PzM2	146,13	12,0	3 - 11,8	3,81	142,32	4,08	142,05
	PzM3	146,36	13,5	3 - 11,7	4,21	142,15	4,47	141,89
	PozzoV	132,33	22,5	5 - 22,5	3,52	128,81	3,64	128,70
	PzV1	132,18	21,0	5 - 21	3,08	129,10	3,21	128,97
	PzV2	132,42	21,0	5 - 21,1	3,18	129,25	3,30	129,13
	PzV3	132,15	22,5	3 - 21	3,21	128,94	3,32	128,83
	SIG1	130,73	45,0	6 - 30	1,76	128,97	2,04	128,69
	SIG2	133,81	45,0	25 - 42	5,34	128,47	5,54	128,27
	SIG3	146,52	45,0	25 - 37	6,42	140,10	7,25	139,27
	SIG4	145,78	45,0	21 - 43,5	-	-	7,80	137,98
	SI1	156,66	20,0	3 - 20	5,31	151,35	5,74	150,92
	SI2	141,90	20,0	3 - 20	-	-	5,80	136,10
	SI3	143,90	20,0	3 - 20	-	-	5,87	138,03
	SI4	160,45	20,0	3 - 20	4,94	155,51	4,93	155,52
	SI5	171,67	20,0	3 - 20	5,73	165,94	6,12	165,55
	SI6	118,30	20,0	3 - 20	5,73	112,57	9,21	109,09
	SI7	147,03	20,0	3 - 20	3,93	143,10	4,32	142,71
	SI8	139,85	20,0	3 - 20	6,05	133,80	6,18	133,67
	SI9	153,40	20,0	3 - 20	6,12	147,28	6,19	147,21
Pozzo C.na Colombara					-	-	38,23 (*)	n.d.
Pozzo 3			35,8		-	-	9,05 (*)	n.d.

(*) non considerato nell'elaborazione dell'andamento piezometrico del 26 Luglio 2016

L'andamento piezometrico presenta caratteri sostanzialmente omogenei a quelli ricostruiti per il periodo 2012-2013, con direzione di falda prevalentemente orientata SSW-NNE e gradiente idraulico variabile tra circa 1 e 1.4%.

L'elaborazione in oggetto (un cui stralcio è riportato in Figura 25), delinea una morfologia di tipo radiale divergente conforme all'andamento topografico della conoide; l'andamento divergente del campo di moto della falda determina una direzione da Sud-Nord in sinistra idrografica del Baganza, che ruota in senso orario sino a disporsi con direzione SSW-NNE in destra idrografica.

Non si può escludere che tale andamento piezometrico sia parzialmente riconducibile anche a un effetto di alimentazione della falda da perdite di subalveo, sebbene il periodo di misura in oggetto sia risultato contraddistinto da condizioni piuttosto siccitose con il corso d'acqua in condizioni di completa secca.

In corrispondenza dell'areale interessato dalla cassa di espansione si ha una direzione di falda da SSW verso NNE con quote piezometriche variabili tra circa 142 m s.l.m. presso l'argine Sud del Comparto 1 e 128 m s.l.m. presso l'argine Nord del comparto 2. Il conseguente gradiente idraulico della falda risulta all'incirca dell'ordine dell'1.2%.

Per quanto attiene la soggiacenza della falda, nelle porzioni laterali della conoide, vale a dire nelle aree di affioramento dei litotipi ghiaiosi in matrice argillosa riconducibili all'unità AES8, la profondità del livello freatico presenta valori medi di circa 6 m da p.c. sia in destra sia in sinistra idrografica del Baganza, senza che si osservi una particolare riduzione della soggiacenza procedendo verso Nord.

Nelle aree di affioramento dell'unità di Modena (AES8a), in conseguenza dell'abbassamento della quota media topografica che si osserva passando dal terrazzo più antico a quello recente, si ha una leggera riduzione della soggiacenza che passa a valori medi di circa 4 m, nel settore meridionale della cassa e di circa 3 m in quello settentrionale. In corrispondenza di questa unità geologica si rileva la presenza di alcuni fontanili oltre che di un laghetto artificiale di falda connesso all'escavazione dei materiali ghiaioso-sabbiosi specifici dell'unità in oggetto.

Un'ulteriore riduzione dei valori di soggiacenza, anch'essa connessa alla topografia del territorio, si verifica in corrispondenza dell'alveo attuale del Baganza, laddove i piezometri realizzati hanno evidenziato profondità del livello di falda di circa 1.5-2 m.

Il complesso acquifero A0 contiene pertanto una falda freatica subaffiorante lungo l'alveo del Baganza e posta a debole profondità nei settori laterali della conoide.

Sulla base della litologia del sottosuolo e dei valori di conducibilità idraulica delle unità presenti, ricavate dalle prove Lefranc e dalle prove di pompaggio, appare evidente che la circolazione idrica sotterranea tenda prevalentemente a concentrarsi nell'unità AES8a, sebbene con portate piuttosto ridotte in ragione del suo modesto spessore saturo, che in condizioni di magra si riduce anche a valori intorno al metro. Nella sottostante unità AES8, in ragione della presenza di abbondante matrice limoso-argillosa si hanno valori del coefficiente di permeabilità estremamente scarsi che, nonostante uno spessore saturo superiore a quello dell'unità di Modena determinano portate circolanti piuttosto ridotte.

La scarsa produttività dei complessi acquiferi A0 e A1, e più in generale dei gruppi acquiferi A e B che costituiscono la conoide alluvionale del Baganza, è la causa del forte fenomeno di abbassamento delle falde oggetto di estrazione di risorse idriche sotterranee da parte di pozzi a uso acquedottistico, industriale e irriguo.

Se il complesso acquifero A0 si può ritenere soggetto a uno sfruttamento pressoché nullo e limitato a qualche pozzo superficiale a uso domestico, anche in ragione della propria modesta potenzialità idrica, con l'aumento della profondità si assiste a un progressivo incremento dei volumi emunti che si traduce in valori di soggiacenza sempre più elevati nei singoli complessi acquiferi sovrapposti.

Il complesso acquifero A1, riconducibile al Subsintema di Villa Verucchio presenta infatti, laddove fenestrato dai sondaggi SIG3 e SIG4 valori di soggiacenza di circa 2-3 m superiori a quelli che si possono misurare nei piezometri posti in loro vicinanza fenestrati nell'acquifero A0.

Ma è nei complessi acquiferi sottostanti, presenti a profondità mediamente superiori a 50 m, che si esercita principalmente lo sfruttamento delle risorse idriche sotterranee da parte di pozzi acquedottistici e irrigui, sfruttamento che ha determinato un marcato depauperamento delle falde determinando un abbassamento dei livelli piezometrici fino a circa 40 m dal p.c..

Come descritto nel successivo capitolo, l'effetto di drenanza indotto dal prelievo dalle falde più profonde, appare come la principale causa dell'oscillazione, attualmente limitata a circa 2 m, che si osserva nella falda freatica dell'acquifero A0, come evidenziato dalla ciclica fluttuazione stagionale che si innesca con l'avvio del periodo irriguo e si conclude con l'avvento della stagione autunnale.

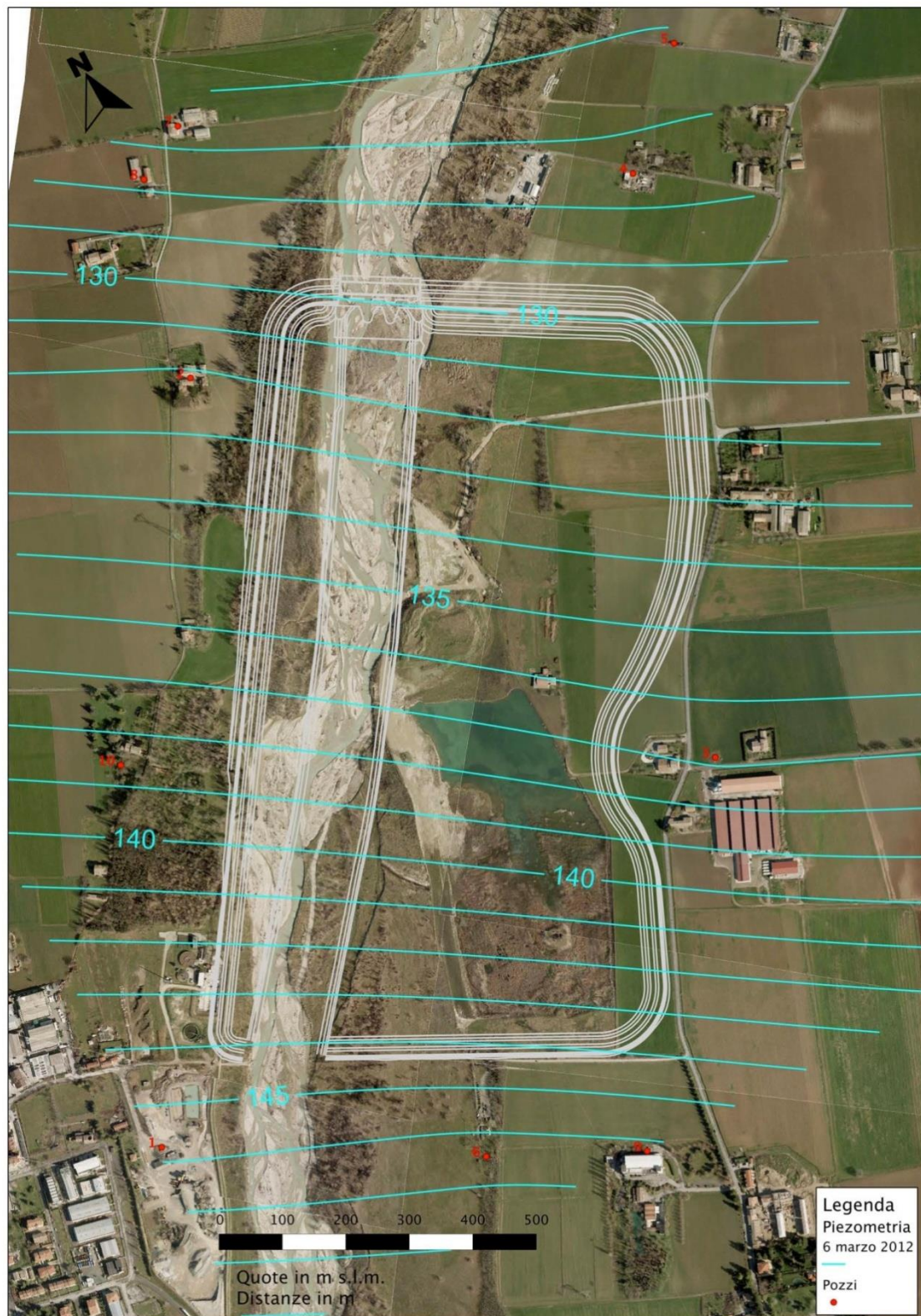


Figura 20 –Piezometria falda libera superficiale - Campagna preliminare 6 Marzo 2012
(fonte: Progetto Preliminare)

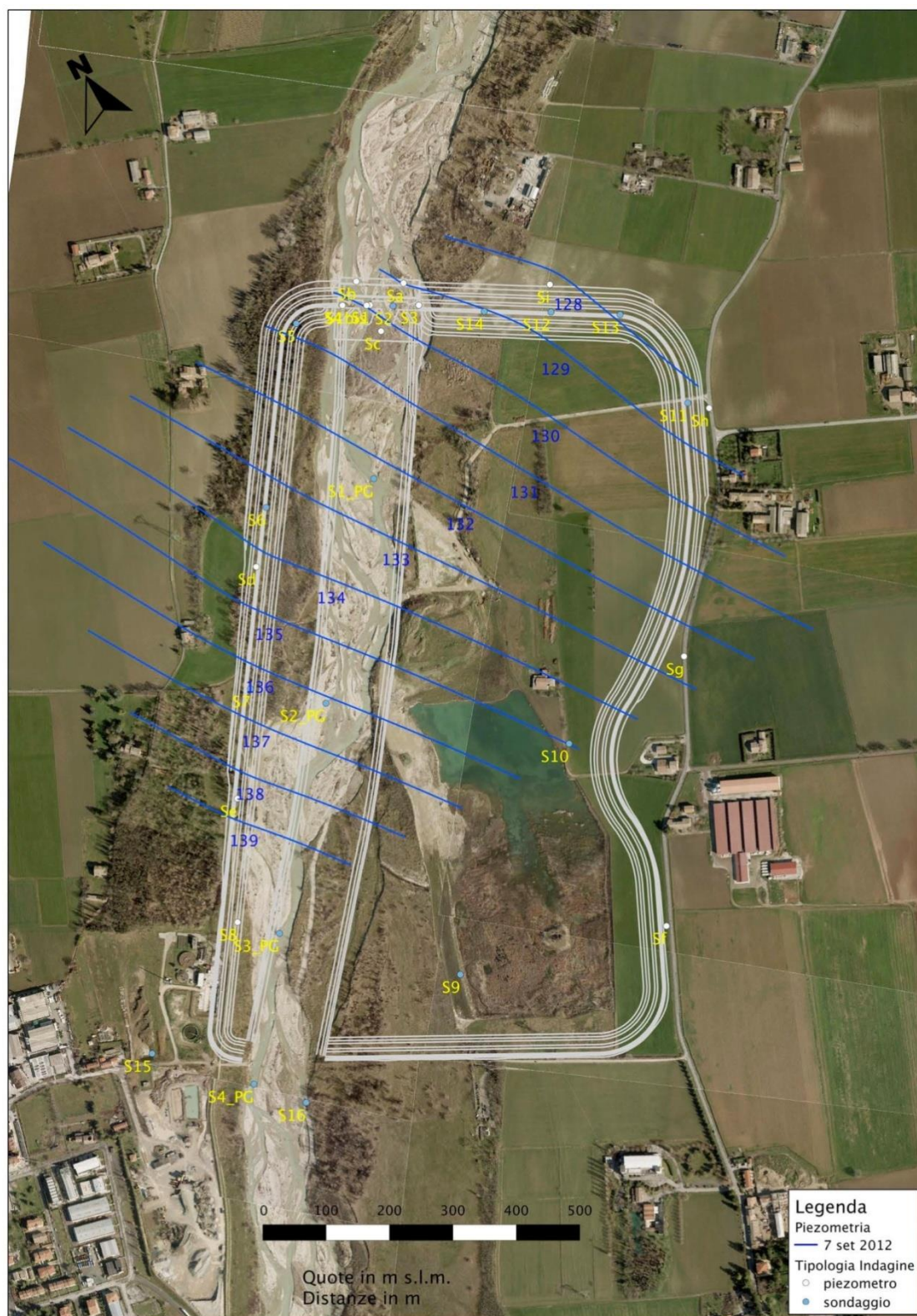


Figura 21 –Piezometria falda libera superficiale - Campagna 7 Settembre 2012
(fonte: Progetto Preliminare)

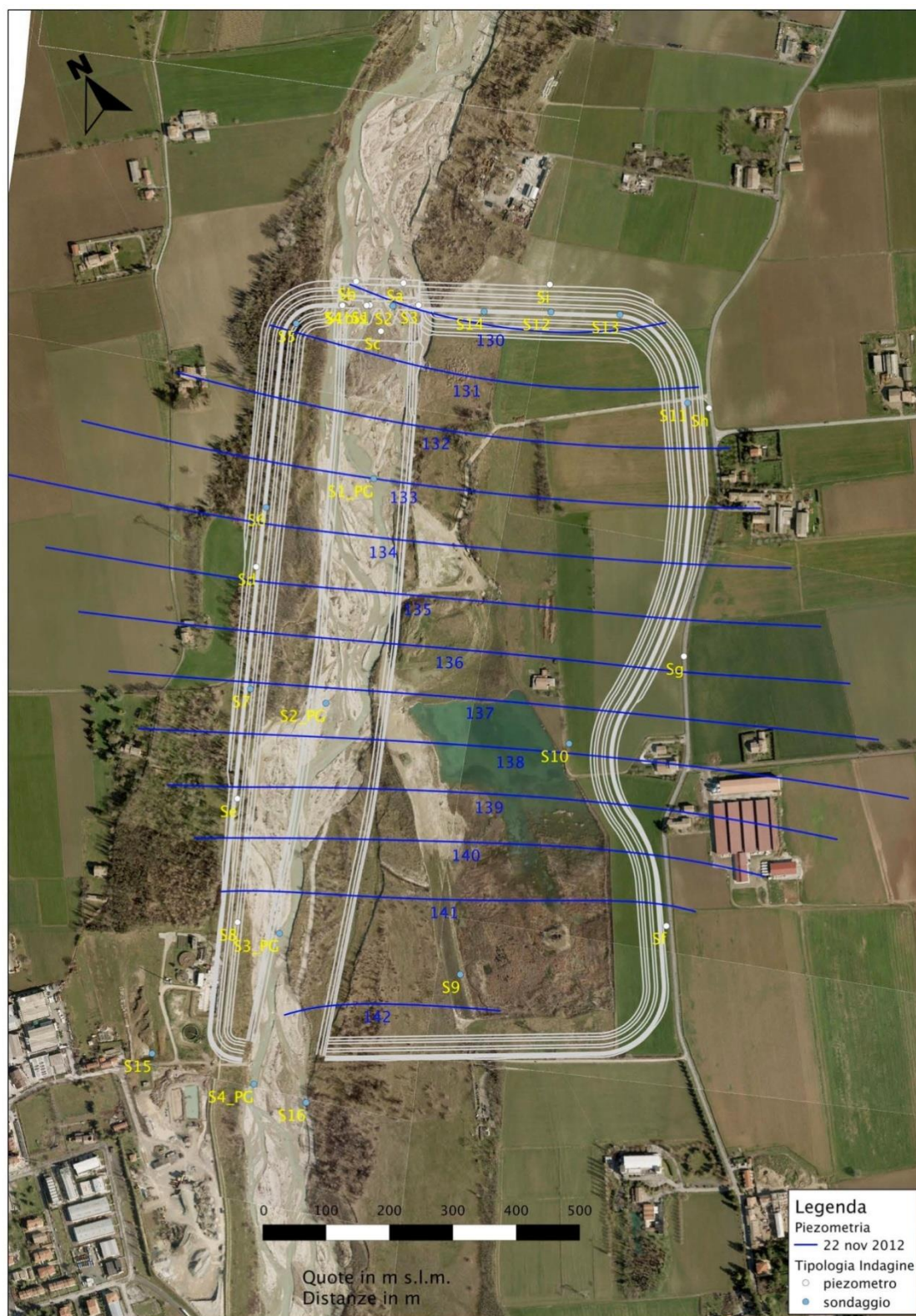


Figura 22 –Piezometria falda libera superficiale - Campagna 22 Novembre 2012
(fonte: Progetto Preliminare)

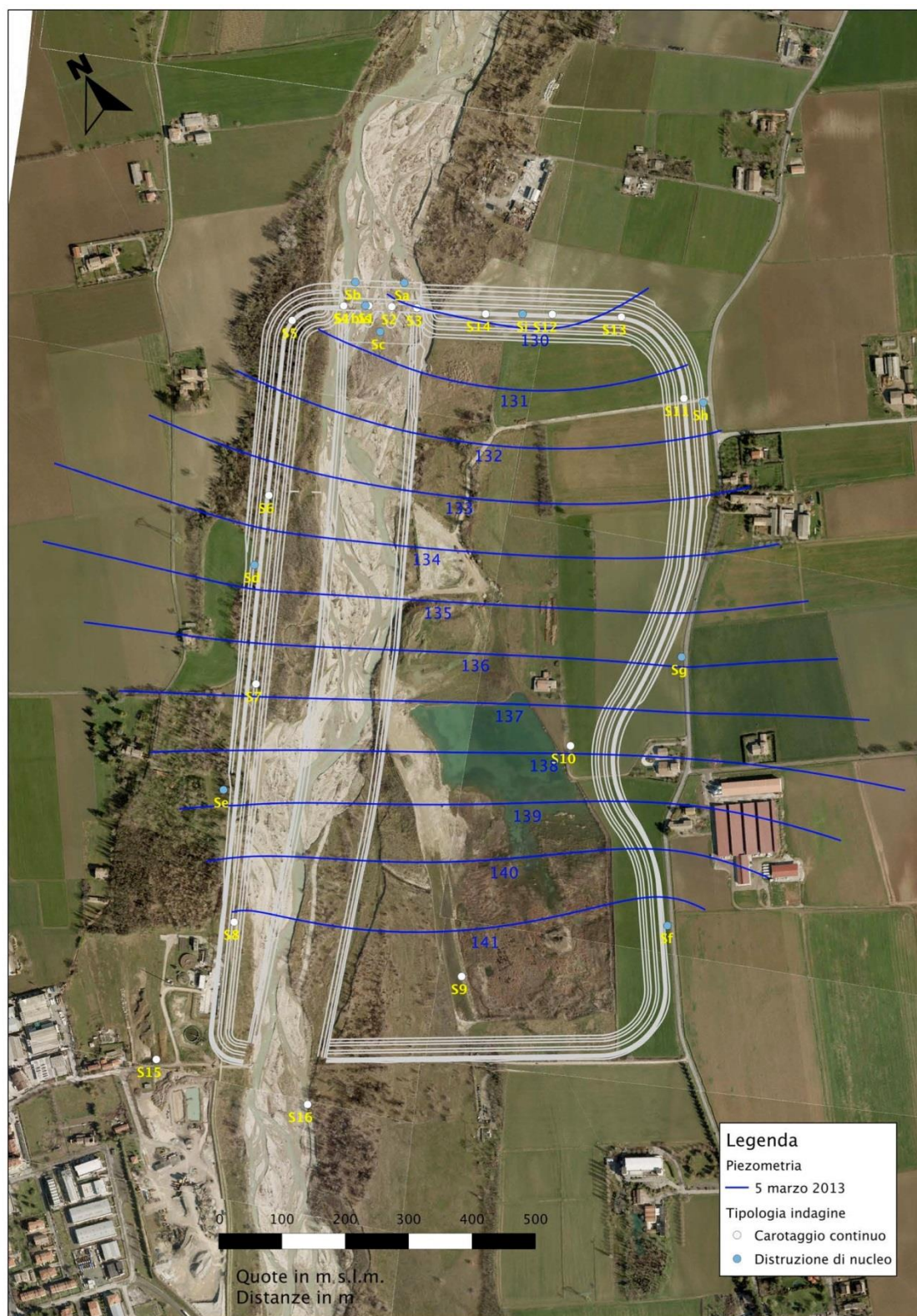


Figura 23 –Piezometria falda libera superficiale - Campagna 5 Marzo 2013
(fonte: Progetto Preliminare)

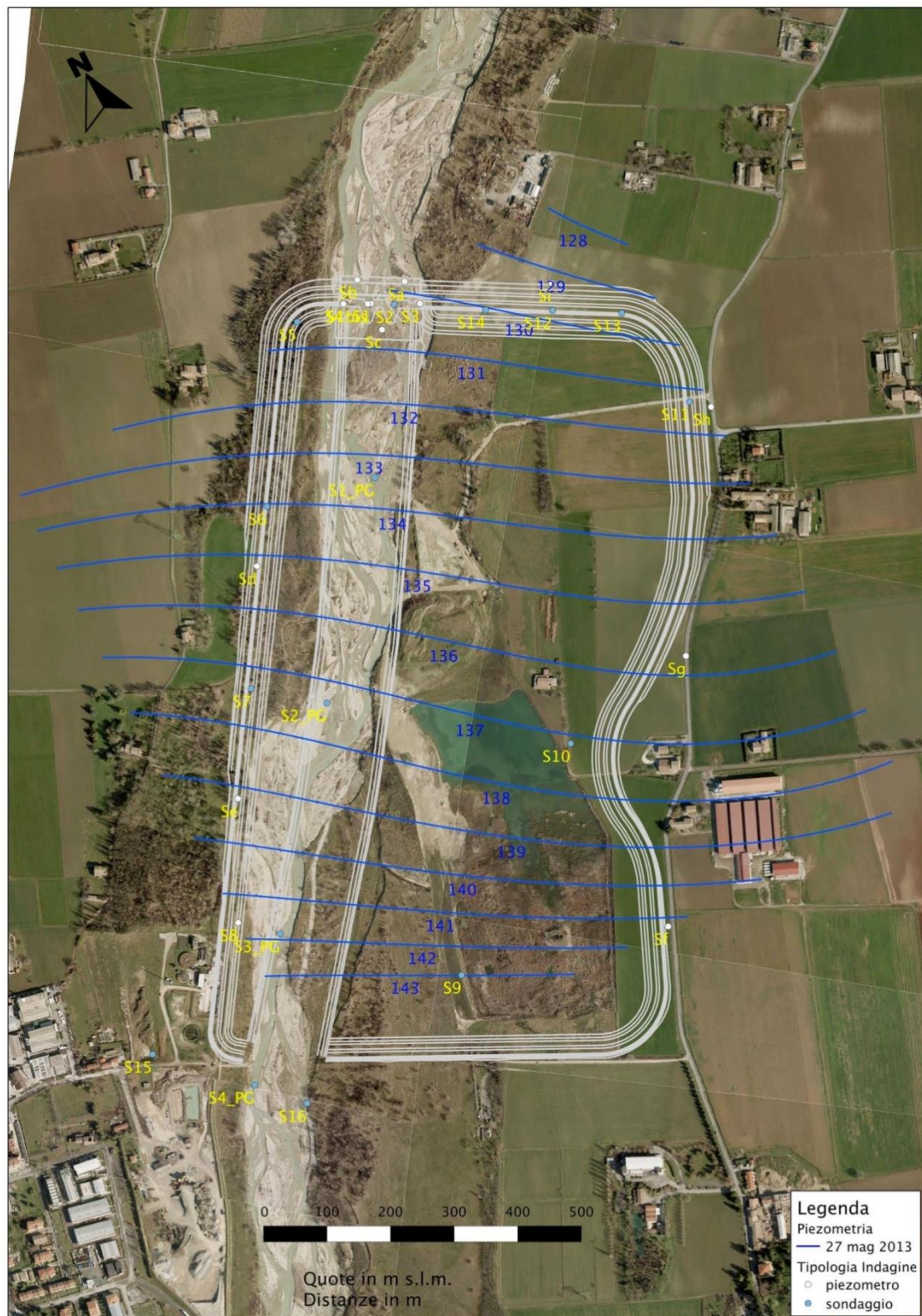


Figura 24 –Piezometria falda libera superficiale - Campagna 27 Maggio 2013
(fonte: Progetto Preliminare)

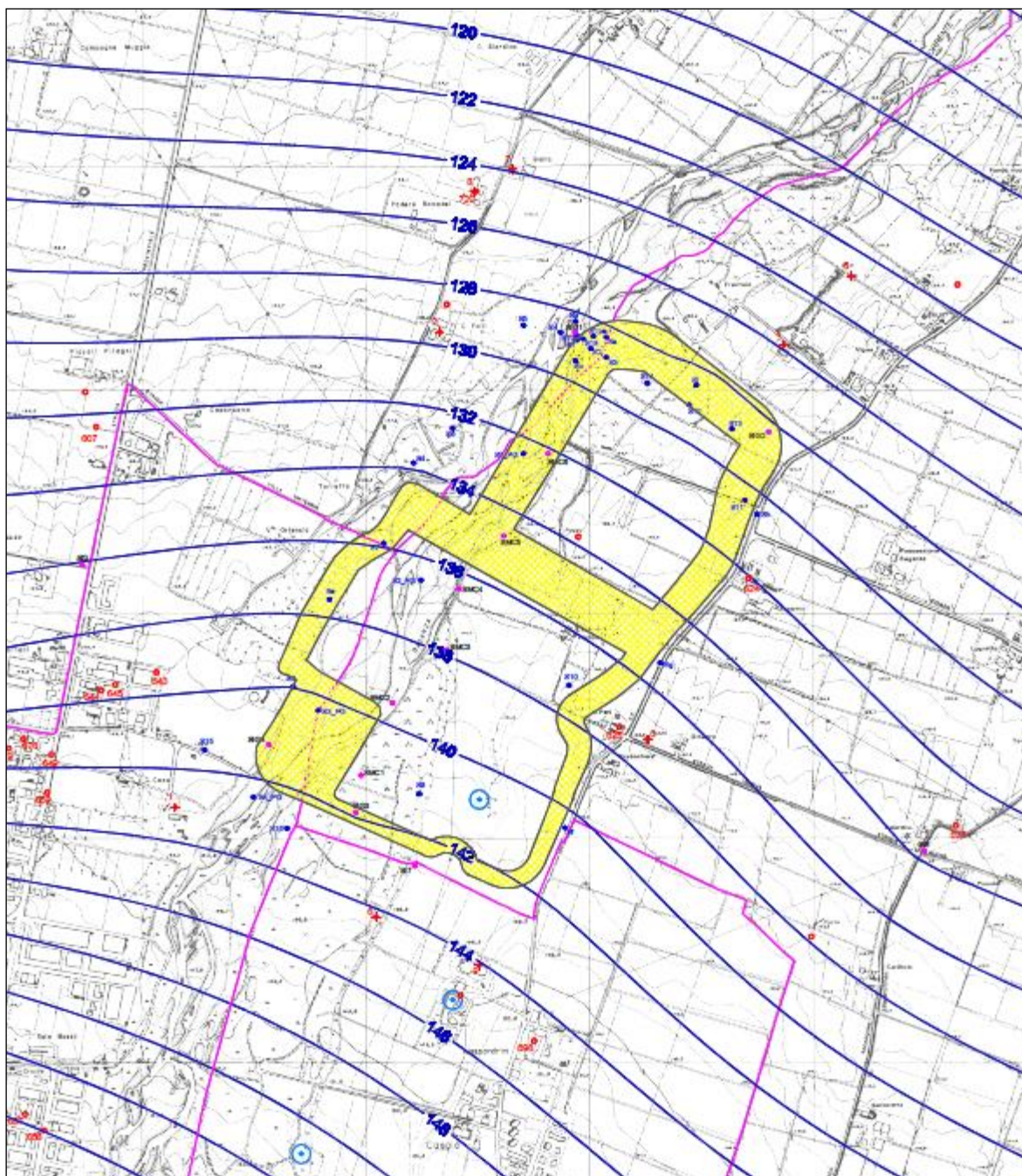


Figura 25 –Piezometria falda freatica – Complesso acquifero A0 - Campagna 26 Luglio 2016
 (Indagini Progetto Definitivo)

6.3.3 Oscillazioni del livello di falda

Le variazioni piezometriche permettono di identificare condizioni e periodi di deficit o surplus idrico che possono essere dovute sia a eventi naturali (apporti meteorici, modifiche nei rapporti fiume-falda, ecc.) che artificiali (sfruttamento delle falde, regimazione artificiale dei corsi d'acqua, apporti irrigui, ecc.).

Per un'analisi dell'escursione stagionale e pluriennale dei livelli della falda, sono stati elaborati alcuni grafici di oscillazione delle serie piezometriche storiche riferite alle reti di monitoraggio gestite da ARPAE e di tutti i dati di carattere locale acquisiti nel corso delle indagini eseguite sulla rete di controllo dell'opera in progetto.

Per questi ultimi, come già evidenziato, il limitato periodo di monitoraggio della falda che si è potuto effettuare nell'ambito del Progetto Definitivo, ha imposto di ricorrere ai dati misurati nell'anno idrologico 2012-2013, raccolti per la redazione del Progetto Preliminare.

In generale, l'esame dei grafici di oscillazione piezometrica conferma che i periodi primaverili sono caratterizzati da maggiore ricarica e massimi piezometrici, mentre nel periodo estivo e autunnale i livelli di falda manifestano quote inferiori, sia per effetto di una minore alimentazione, ma principalmente per il concomitante incremento dei prelievi da falda a uso irriguo. Le maggiori escursioni si verificano in corrispondenza dei punti di controllo ubicati nei settori apicali delle conoidi, mentre nella bassa pianura le oscillazioni si mostrano meno marcate.

6.3.3.1. Dati delle reti di controllo regionale e provinciale

Sono stati presi in esame i punti di controllo ARPA ubicati in un intorno significativo del settore di studio, a una distanza variabile tra 2.3 e 5 km dall'area di futura realizzazione della cassa di espansione; per la maggior parte dei punti di monitoraggio si è resa disponibile una serie di misure piezometriche perlopiù attivata a partire dagli anni 2000.

In Tabella 10 si riporta una sintesi delle caratteristiche dei punti di controllo analizzati e l'indicazione della serie di dati piezometrici disponibili, riprodotte nei grafici di Figura 26 (quota piezometrica) e Figura 27 (soggiacenza).

Tabella 10 – Punti della rete di controllo ARPA disponibili nell'intorno dell'area di studio

Comune	Codice	Quota p.c. (m s.l.m.)	Profondità (m)	Tipologia	Acquiferi captati	Serie piezometrica	Ubicazione
Felino	PR68-00	185	88	Industriale	A1, C	1988-2006	4 km SSW
Felino	PR99-00	149.1	175	Monitoraggio	A, B, C	2002-2008	4.6 km SE
Parma	PR05-00	54.53	75.5	Acquedottistico	A1	1977-2009	3.6 km NNE
Parma	PR45-01	128.7	108	Acquedottistico	A, B	2006-2009	2.3 km Est
Parma	PRA1-00	143.5	30	Zootecnico	A0, A1	2002-2009	5 km ESE
Sala Baganza	PRA2-00	194	10.6	Domestico	A0	2002-2009	3.6 km Sud

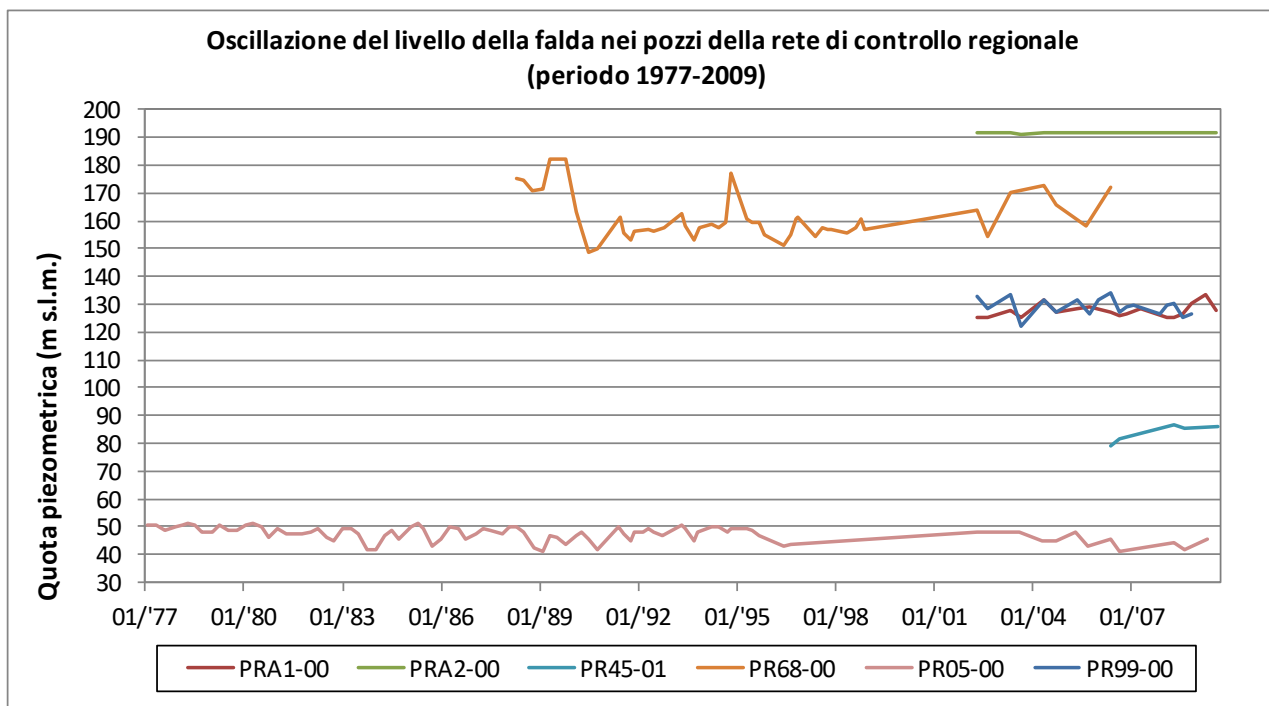


Figura 26 –Oscillazione del livello di falda nei pozzi della rete di controllo ARPA (1977-2009) - Quota piezometrica (m s.l.m.)

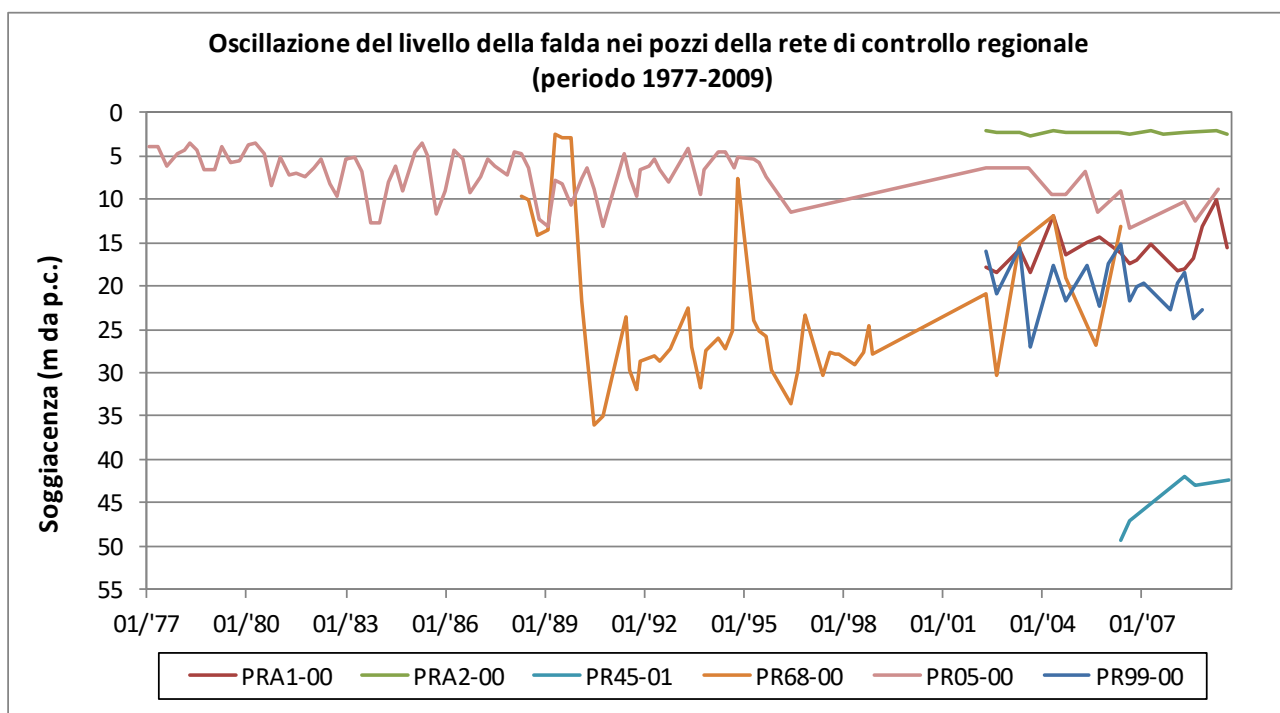


Figura 27 –Oscillazione del livello di falda nei pozzi della rete di controllo ARPA (1977-2009) - Soggiacenza (m da p.c.)

La lontananza dei punti di controllo ARPA dall'area di studio e la discontinuità nelle rilevazioni permettono di utilizzare i dati raccolti unicamente per trarre le seguenti considerazioni di massima, relative ai periodi di innalzamento della falda e all'entità delle escursioni piezometriche:

- l'andamento pluriennale evidenziato nelle serie storiche più estese (PR68-00, PR05-00) mostra come i valori medi registrati all'inizio delle serie (anni '70) rappresentino i massimi piezometrici assoluti; da allora è stato rilevato un progressivo decremento, fino ad arrivare agli anni 1989-1990, allorché si è assistito a un nuovo innalzamento dei livelli di falda, protrattosi fino alla fine delle rilevazioni; si discosterebbe da questo andamento il livello rilevato al pozzo PR05-00 di Parma, laddove a partire dal '95 sembrerebbe essersi instaurato un trend in lieve abbassamento dei livelli;
- le escursioni stagionali della falda manifestano una ciclicità perlopiù connessa ai periodi irrigui, con massimi di innalzamento generalmente coincidenti con il bimestre aprile-maggio e minimi con il bimestre ottobre-novembre;
- le oscillazioni del livello piezometrico risultano più marcate in corrispondenza dei pozzi multifalda che captano anche le falde contenute negli acquiferi B e C (PR68-00 e PR99-00); in ragione delle complesse modalità di alimentazione di questi orizzonti acquiferi, sono state infatti registrate escursioni piezometriche variabili tra 4-5 m e 10-15 m;
- i pozzi più superficiali, captanti le falde contenute nei complessi acquiferi A0 e A1, mostrano variazioni di livello più contenute, mediamente dell'ordine di 0.5-4 m; in particolare, rispetto agli altri punti di controllo, il pozzo PRA2-00 (profondità 10.6 m), filtrante la sola falda libera superficiale contenuta in A0, tra il 2002 e il 2009 ha mostrato oscillazioni trascurabili, sempre inferiori a 0.5 m;
- i valori di soggiacenza crescono progressivamente in funzione della profondità delle falde captate, risultando generalmente comprese tra 2 e 2.5 m per le falde in A0 (PRA2-00) e tra 3 e 18 m per le falde in A1 (PRA1-00 e PR05-00), con massimi fino a 49 m nei punti di controllo filtranti anche la falde profonde (PR99-00, PR68-00 e PR45-01).

Facendo specifico riferimento ai punti di controllo rappresentativi delle sole falde contenute nel Gruppo Acquifero A (PRA1-00, PRA2-00 e PR05-00), il livello piezometrico risulta variabile tra massimi di circa 192 m s.l.m. a monte (PRA2-00) e minimi di circa 40 m s.l.m. a valle (PR05-00), con valori di soggiacenza decrescenti da monte verso valle.

In corrispondenza del punto di controllo PRA2-00, ubicato circa 3.6 km a Sud dell'area di studio e rappresentativo della falda libera superficiale (sottogruppo acquifero A0), per il quale si dispone di una serie estesa tra maggio 2002 e settembre 2009, nel maggio 2007 è stato rilevato un massimo assoluto pari a 192 m s.l.m., corrispondente a una soggiacenza di 2 m da p.c..

6.3.3.2. Rete di controllo dell'area di studio

Come già evidenziato nella descrizione delle reti di monitoraggio, presso l'area di studio sono attualmente presenti 27 punti di monitoraggio, di cui 25 rappresentativi della falda freatica superficiale contenuta nel Complesso acquifero A0, direttamente interessata dal progetto e 2 (piezometri SIG3 e SIG4) rappresentativi della falda semi-confinata (complesso acquifero A1), da considerare separatamente, sia per la maggiore soggiacenza rispetto a quella della falda freatica sia perché di minore interesse per il presente studio.

Le serie di rilevazioni disponibili riguardano il periodo 2012-2013 sui piezometri realizzati per la stesura del Progetto Preliminare (Rete PP) e il mese di luglio 2016 sui piezometri ancora esistenti della originaria rete, integrati da quelli appositamente realizzati per il Progetto Definitivo (Rete PD).

La maggior parte dei punti di controllo presenta profondità pari o inferiore a 21 m, con massimi di 40 m (S8) e 45 m (SIG3 e SIG4) e tratti filtranti posizionati in corrispondenza dei livelli acquiferi superficiali presenti entro i primi 20 m (complesso acquifero A0), ad eccezione dei piezometri SIG3, SIG4, che presentano filtri tra 21 e 44 m (complesso acquifero A1).

L'elaborazione delle serie piezometriche disponibili (già riportate nelle Tabella 6, 7, 8 e 9), è visibile nei grafici di Figura 29 (Rete PP), Figura 31 (Rete PD - Interni) e Figura 33 (Rete PD - Esterni).

In riferimento alla falda freatica contenuta nell'acquifero A0, tra il 2012 e il 2016 sono state rilevate quote piezometriche variabili tra 140.03 m s.l.m. (S8 - 26 Luglio 2016) e 143.20 m s.l.m. (PzM2 - 13 Giugno 2016) nel settore di monte e tra 128.69 m s.l.m. (SIG1 e Si - 26 Luglio 2016) e 130.72 m s.l.m. (Sc - 8 Febbraio 2013) nel settore di valle.

I piezometri filtranti il sottostante acquifero A1, hanno invece mostrato quote piezometriche comprese tra 137.98 m s.l.m. (SIG4 - 26 Luglio 2016) e 141.09 m s.l.m. (SIG3 - 21 Giugno 2016) nel settore di monte e di 119.16 m s.l.m. (S3 - 5 Settembre 2012) nel settore di valle.

Esternamente al sito, nel sistema acquifero superficiale sono state rilevate quote massime di circa 166 m s.l.m. al piezometro SI5, ubicato circa 2 km a monte della cassa di espansione e quote minime di 109 m s.l.m. al piezometro SI6, posto a circa 2 km a Nord-Ovest del sito).

Le misure rilevate evidenziano in generale un innalzamento del livello piezometrico nei periodi di maggior ricarica meteorica e di minor richiesta idrica a scopo irriguo, mostrando un trend in incremento nei mesi primaverili e un successivo decremento durante l'estate, seguito da un ulteriore recupero autunnale. Nella falda freatica l'entità delle escursioni stagionali è comunque piuttosto limitata e quantificabile in circa 1-1.5 m, mentre la falda captata a maggiore profondità dai piezometri S3, SIG3 e SIG4 evidenzia oscillazioni più marcate, che nel caso del piezometro S3 hanno raggiunto escursioni pari a 6-8 m, in ragione del maggiore prelievo esercitato in questo acquifero.

A tal proposito, confrontando le oscillazioni piezometriche per gli anni 2012-2013 relative al piezometro profondo S3 e al gruppo di piezometri superficiali di valle (S1, S4, Sa, Sb, Sc, Si, S1bis, S17, S18) (Figura 29) è possibile osservare come, al passaggio tra la primavera e l'autunno, durante il periodo irriguo, la differenza di carico tra le

due falde risulti particolarmente marcata (fino a 9-10 m), per ridursi progressivamente durante i periodi autunnale e primaverile, allorché il dislivello risulta dell'ordine di 2-3 m.

In Tabella 11 è riportata una sintesi dei range di valori rilevati nel periodo di osservazione all'interno dell'area interessata dal progetto per i settori di monte e di valle: la soggiacenza minima, pari a 0.65 m da t.t., è stata registrata nel 2013 presso il piezometro di valle Sc.

Tabella 11 – Livelli massimi/minimi registrati tra il 2012 e il 2016 nella rete di controllo dell'area di studio

Settore	Quota piezometrica (m s.l.m.)	Soggiacenza (m da t.t.)	Piezometro	Quota t.t. (m s.l.m.)	Data
Monte	Max = 143.20	Min = 2.93	PzM2	146.13	13 Giugno 2013
	Min = 140.03	Max = 4.86	S8	144.89	26 Luglio 2016
Valle	Max = 130.72	Min = 0.65	Sc	131.37	8 Febbraio 2013
	Min = 128.69	Max = 2.04 Max = 3.21	SIG1 Si	130.73 131.90	26 Luglio 2016

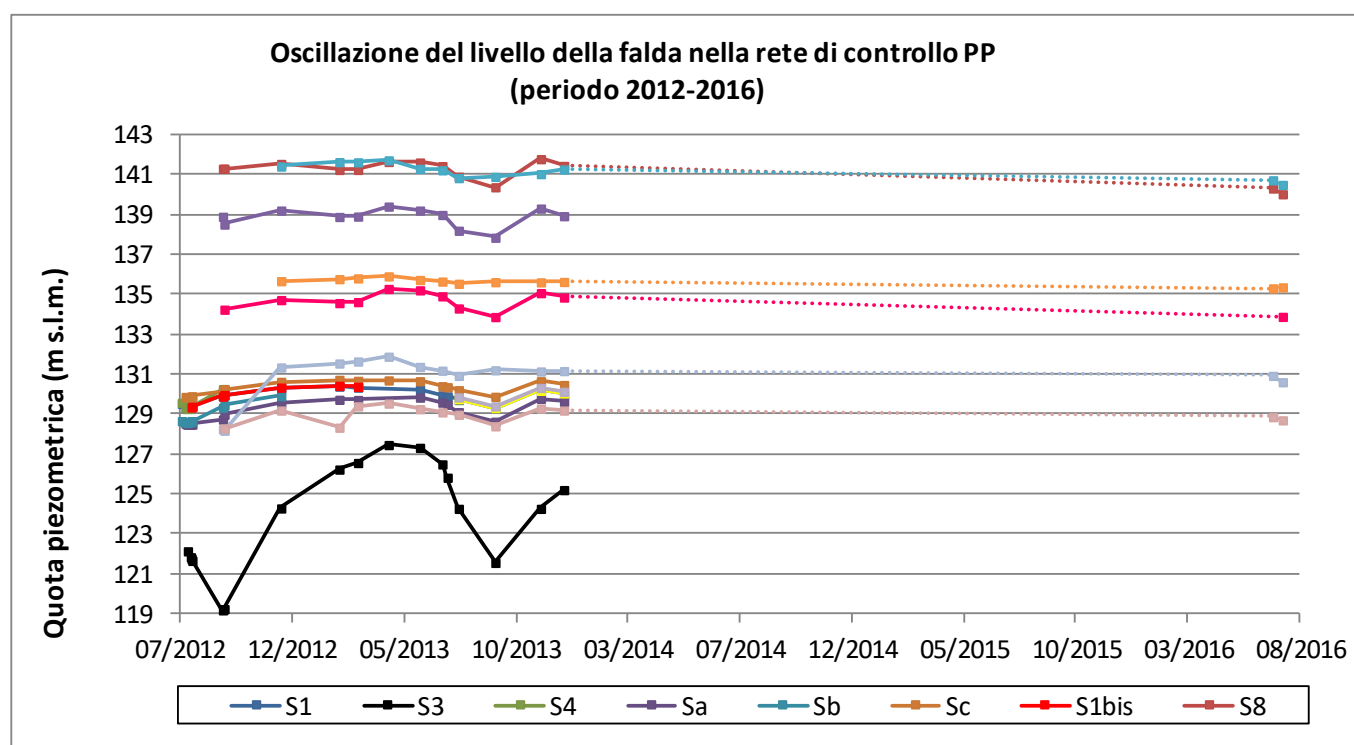


Figura 28 – Oscillazione del livello di falda nei piezometri della rete di controllo PP - Periodo 2012-2016

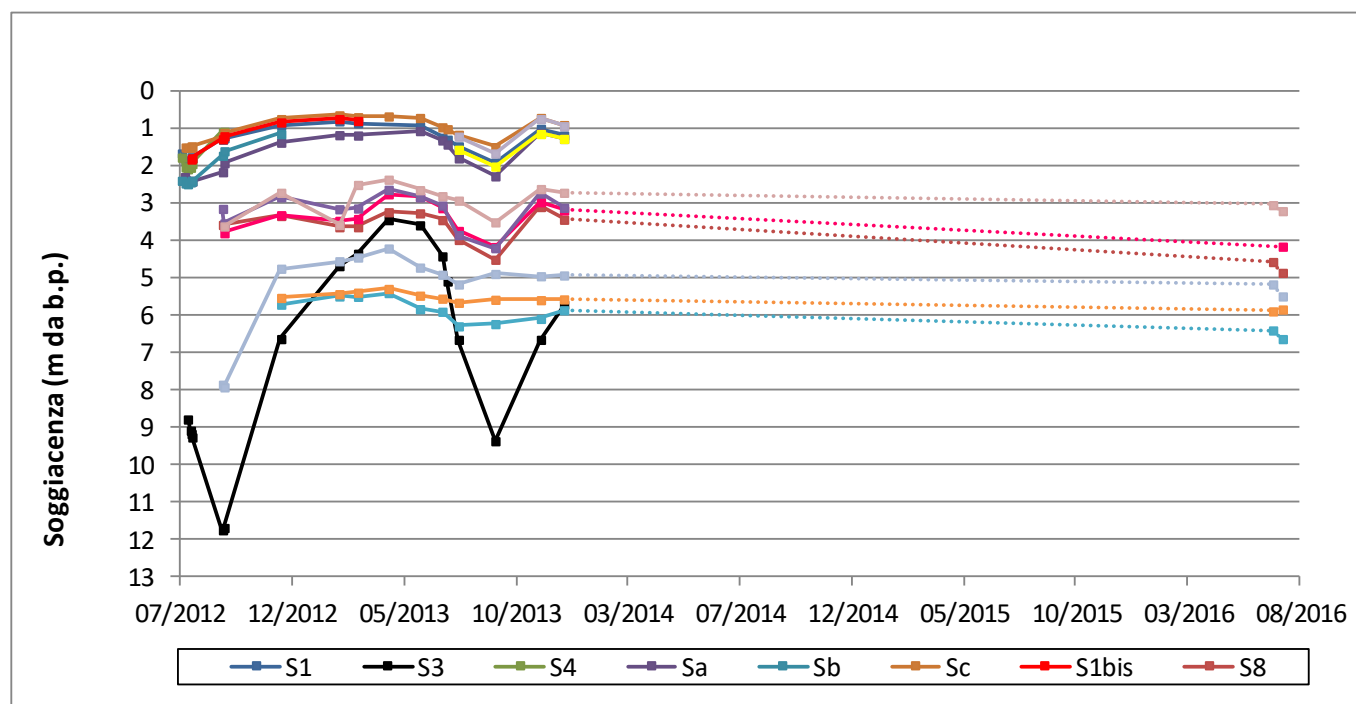


Figura 29 –Oscillazione del livello di falda nei piezometri della rete di controllo PP - Periodo 2012-2016

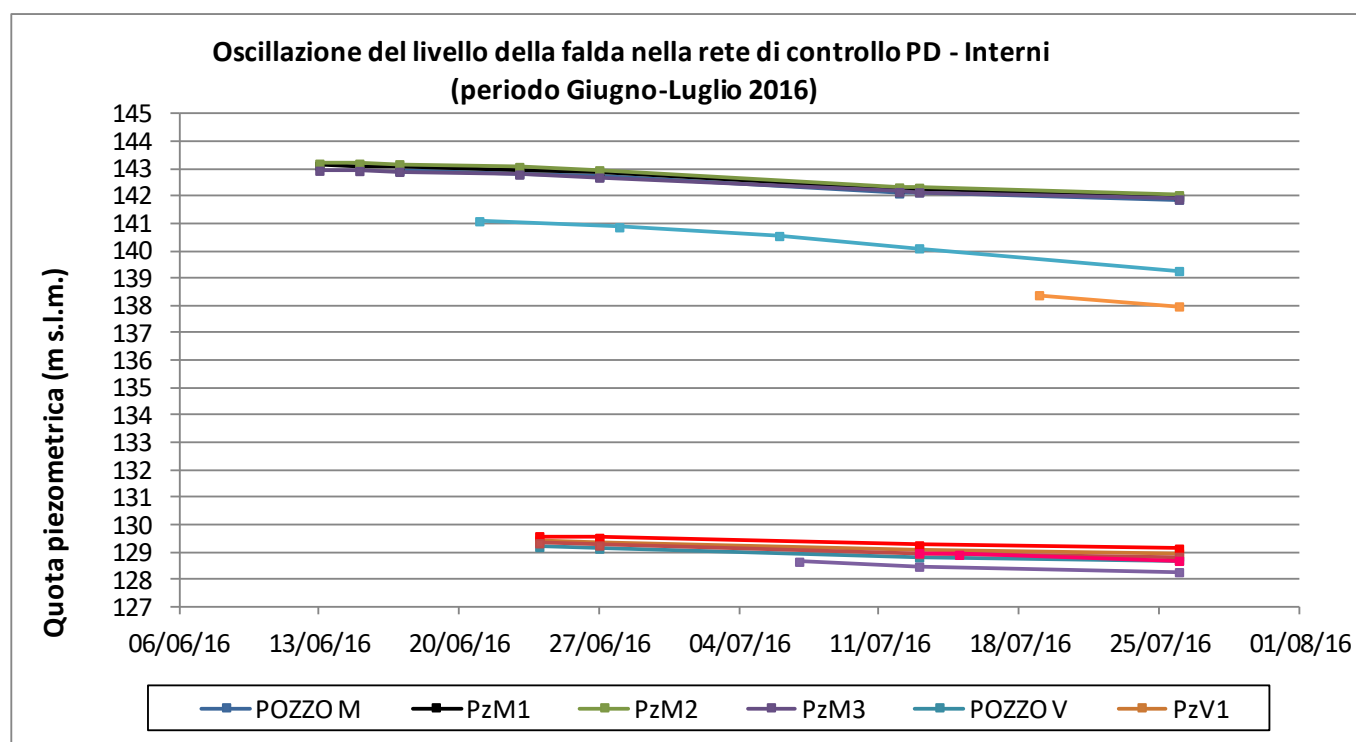


Figura 30 –Oscillazione del livello di falda nei piezometri della rete di controllo PD (Interni) - Giugno-Luglio 2016

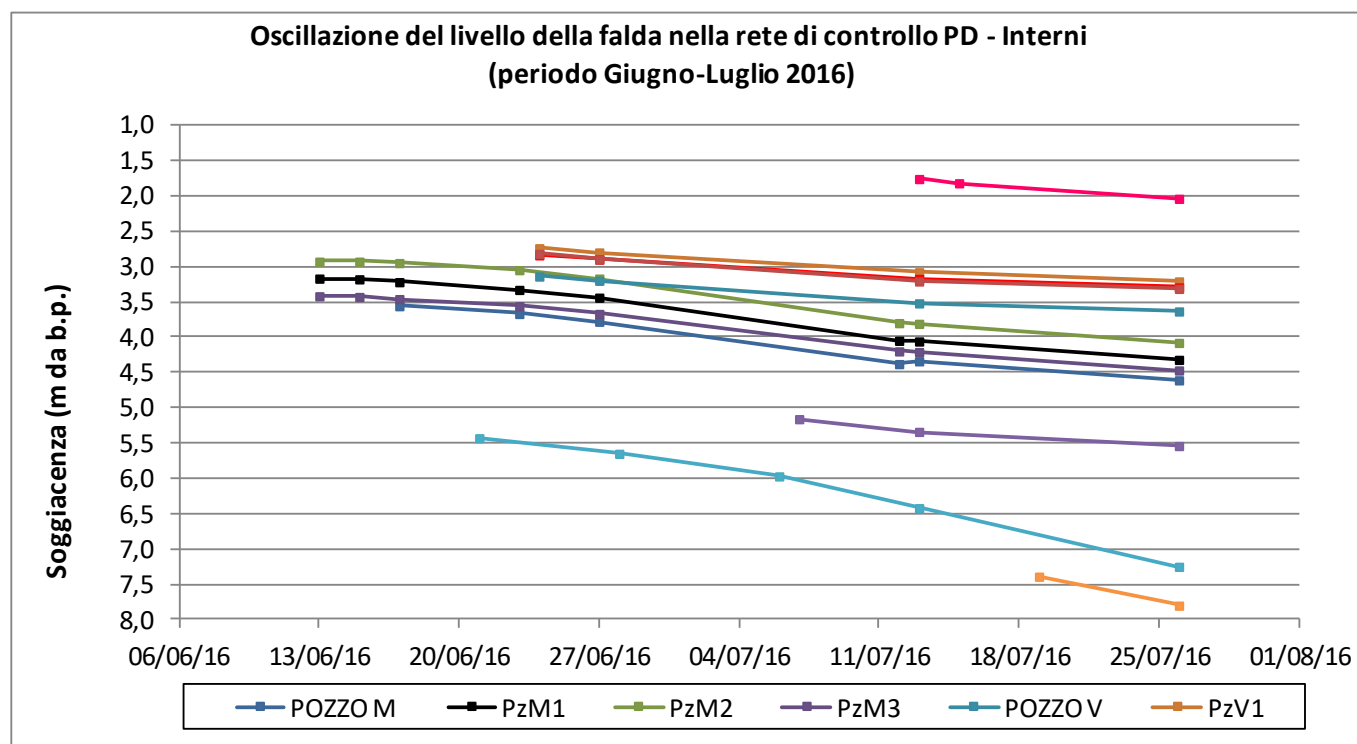


Figura 31 –Oscillazione del livello di falda nei piezometri della rete di controllo PD (Interni) - Giugno-Luglio 2016

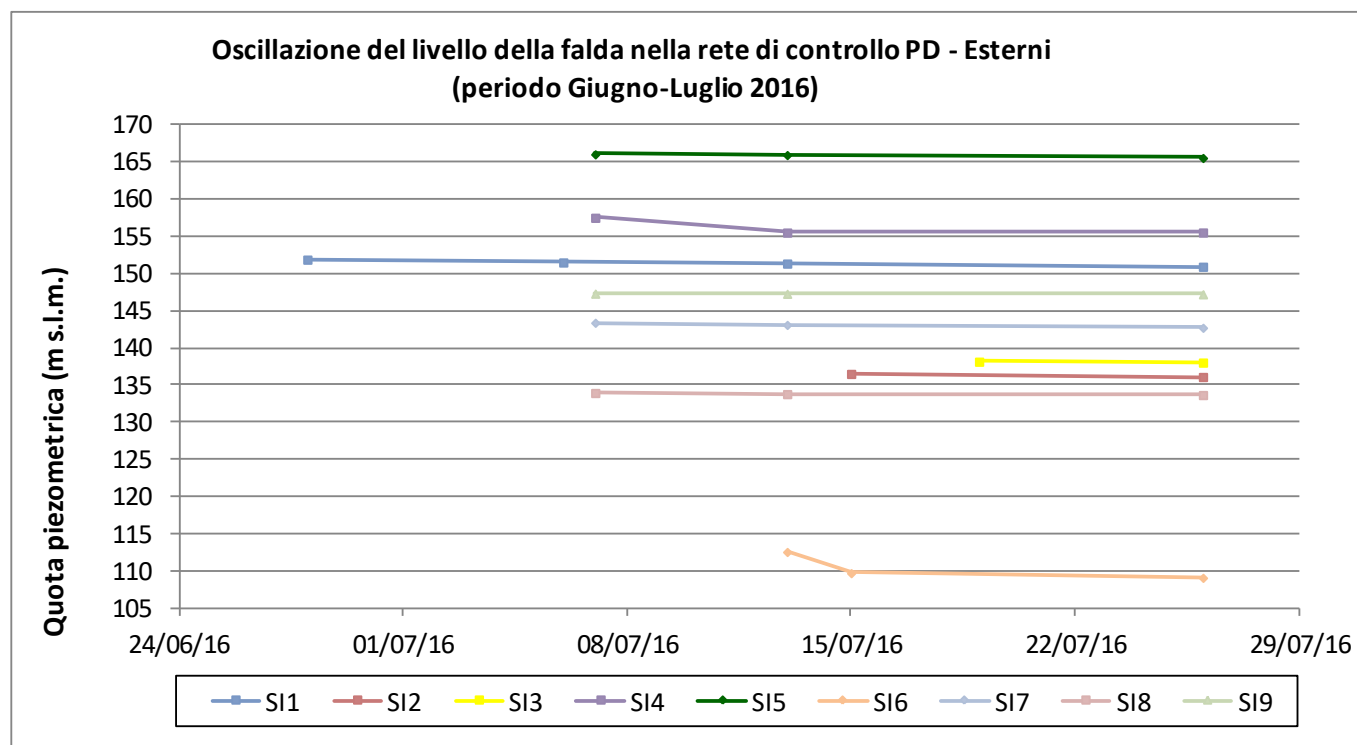


Figura 32 –Oscillazione del livello di falda nei piezometri della rete di controllo PD (Esterni) - Giugno-Luglio 2016

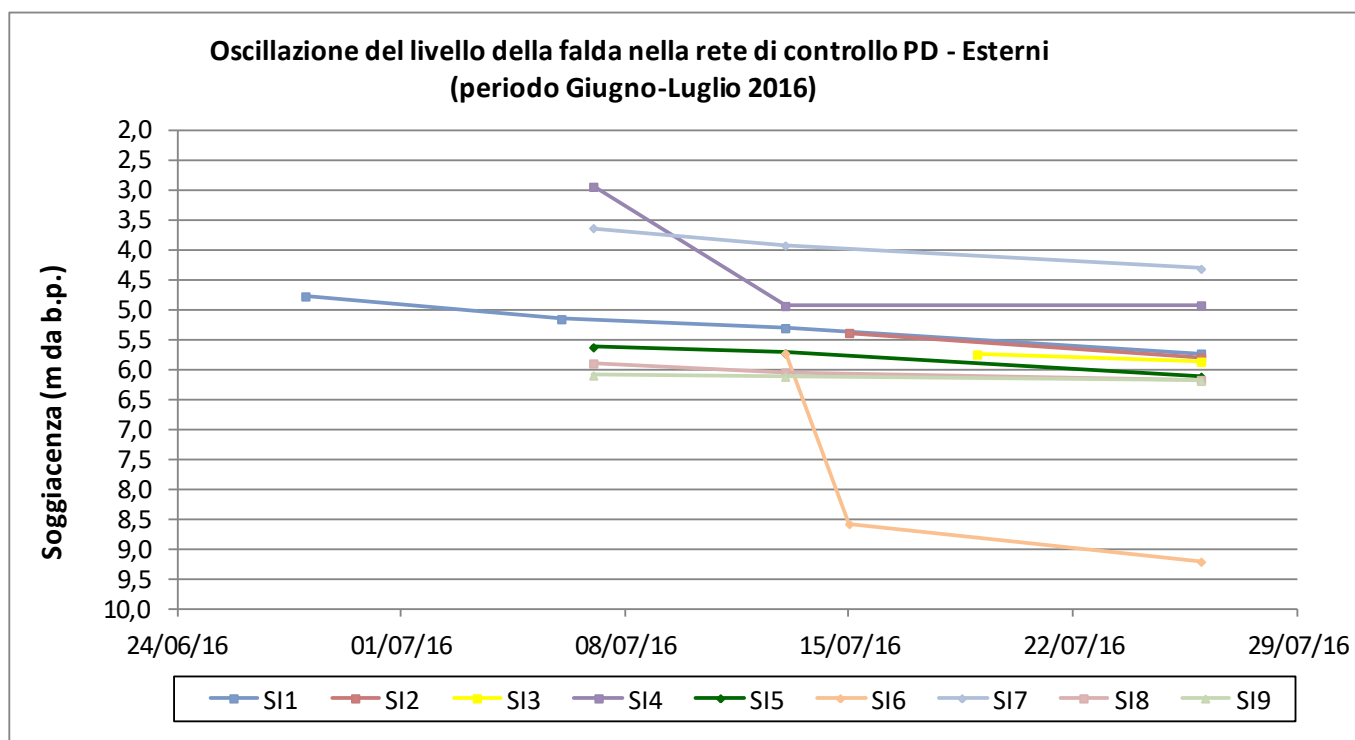


Figura 33 –Oscillazione del livello di falda nei piezometri della rete di controllo PD (Esterni) - Giugno-Luglio 2016

6.4 PARAMETRI IDROGEOLOGICI DEGLI ACQUIFERI

La conoscenza dei parametri idrogeologici degli acquiferi, in particolare della conducibilità idraulica k (m/s) e della trasmissività T (m^2/s), rappresenta un elemento fondamentale per la predisposizione del modello numerico di flusso delle acque sotterranee nel settore di studio, in quanto tali parametri determinano la potenzialità idrica di un acquifero e le sue principali risposte all'introduzione di fattori esterni quali ad esempio una cassa di espansione in falda.

6.4.1 Esiti delle indagini condotte nell'ambito della progettazione preliminare (2011÷2013)

Nel corso delle indagini preliminari eseguite nei mesi di Luglio e Agosto 2011 è stata condotta una prova Lefranc a carico variabile in corrispondenza del sondaggio S2_Parmageo su un tratto compreso tra 9.85 e 10.3 m da p.c.. La prova ha avuto una durata di 100 min e ha mostrato un abbassamento di 0.045 m. L'interpretazione dei risultati, riportata negli elaborati del Progetto Preliminare ed eseguita secondo le raccomandazioni AGI (1977), ha portato alla determinazione di un coefficiente di permeabilità k pari a $1.62 \cdot 10^{-8}$ m/s.

Nel corso della prima campagna di indagini integrative per la stesura del Progetto Preliminare, sono state eseguite ulteriori 21 prove Lefranc su tratti ubicati a profondità generalmente comprese tra 7.50 e 22.50 m da p.c. nel complesso acquifero A0, con l'eccezione di n.3 prove eseguite a profondità comprese tra 38 e 42 m nel complesso acquifero A1.

I risultati sono stati interpretati nell'ambito della stesura del Progetto Preliminare, secondo le raccomandazioni AGI (1977). In assenza di informazioni inerenti il livello statico della falda, un numero di 9 prove è stato interpretato a titolo indicativo, utilizzando la misura di livello registrata nel corso della perforazione, mentre per ulteriori 4 prove non è stato possibile derivare alcuna informazione in ragione della totale mancanza di informazioni relative al livello statico della falda.

Complessivamente sono stati determinati valori di conducibilità idraulica k variabili tra un minimo di $3.39 \cdot 10^{-8}$ m/s e un massimo di $3.36 \cdot 10^{-5}$ m/s; i valori più ridotti sono stati calcolati per le prove effettuate a profondità superiori a 38 m.

L'insieme dei risultati ricavati è mostrato nella seguente Tabella 12.

La distribuzione dei valori di permeabilità rilevati dalle prove Lefranc nell'ambito dei singoli complessi acquiferi è già stata descritta in un precedente capitolo.

Tabella 12 – Risultati delle prove Lefranc eseguite nell'ambito delle indagini per il Progetto Preliminare

	Data esecuzione	N° prova	Profondità di esecuzione (m)	Litologia del tratto testato	Coefficiente di permeabilità k (m/s)
S1	29/06/2012	1	21.20 - 21.50	Ghiaia medio grossolana in matrice limosa	1.32*10⁻⁵
	02/07/2012	2	39.50 - 40.50	Limo argilloso	3.39*10⁻⁸ (**)
S3	17/07/2012	1	21.00 - 21.50	Ghiaia media-grossa in matrice limosa-argillosa	4.14*10⁻⁶ (**)
	18/07/2012	2	38.00 - 39.00	Ghiaia media-grossa in matrice limosa-argillosa e limo-sabbiosa	4.14*10⁻⁶ (**)
S4	09/07/2012	1	21.00 - 21.50	Ghiaia debolmente sabbiosa in matrice limosa	1.50*10⁻⁵
	10/07/2012	2	40.00 - 41.50	Limo e ghiaia eterometrica	5.00*10⁻⁷ (**)
S5	20/07/2012	1	16.00 - 16.50	Ghiaia media-grossa in matrice di sabbia limosa	-
	20/07/2012	2	21.00 - 21.50	Ghiaia media-grossa in matrice di sabbia limosa	-
S6	25/07/2012	1	12.00 - 12.50	Ghiaia media-grossa in matrice limosa e limo sabbiosa	1.59*10⁻⁵ (**)
	25/07/2012	2	21.00 - 21.50	Ghiaia grossa-media in matrice di sabbia limosa	3.03*10⁻⁵ (**)
Sa	13/07/2012	1	13.00 - 13.50	Ghiaia in matrice limosa	2.48*10⁻⁵ (**)
	13/07/2012	2	20.00 - 20.50	Ghiaia	7.97*10⁻⁶ (**)
Sb	11/07/2012	1	14.50 - 15.00	Argilla limosa	6.27*10⁻⁶
Sc	12/07/2012	1	11.50 - 12.00	Limo e ghiaia	-
	12/07/2012	2	22.00 - 22.50	Limo e ghiaia	-
Sd	27/07/2012	1	17.50 - 18.00	Terreni fini	1.71*10⁻⁵
Se	31/07/2012	1	11.50 - 12.00	Ghiaia	3.36*10⁻⁵
Sf	03/08/2012	1	11.30 - 12.20	Ghiaia in matrice sabbiosa	2.25*10⁻⁶
Sg	06/08/2012	1	11.50 - 12.50	Ghiaia in matrice sabbiosa	8.00*10⁻⁶
Sh	23/08/2012	1	7.50 - 8.00	Ghiaia	4.13*10⁻⁶
	23/08/2012	2	20.50 - 21.50	Ghiaia	1.80*10⁻⁵ (**)

(**) valore calcolato utilizzando il livello di falda indicato sulla stratigrafia del sondaggio

Tra Luglio e Settembre 2012 sono state inoltre eseguite 3 prove di pompaggio a portata costante, utilizzando come punto di pompaggio il piezometro S1_Parmageo e monitorando gli abbassamenti dei livelli di falda indotti dal prelievo in diversi piezometri limitrofi.

La prima prova, eseguita in data 19 luglio 2012 per una durata di circa 2 ore, è stata realizzata con un pompaggio di 1 l/s, al solo scopo di dimensionare la portata da utilizzare per i successivi test; la seconda e la terza prova,

eseguite nelle date 26 luglio e 7 settembre 2012 e aventi durata pari a circa 7 ore, sono state realizzate con un pompaggio rispettivamente pari a 1 e a 1.3 l/s.

6.4.1.1. Prova 26 Luglio 2012 - Pompaggio S1 - Monitoraggio S1bis, S3, S4, Sa, Sb, Sc

Inizio prova: ore 10.24

Fine prova: ore 17:30

Livello statico nel piezometro S1 all'inizio della prova: 1.8 m

Livello dinamico nel piezometro S1 alla fine della prova: 3.21 m

Abbassamento misurato in S1: 1.41 m

Portata: 1 l/s

Durata della prova: 7 h 06 min

Le curve di abbassamento dei livelli di falda registrati nel punto in pompaggio S1 e nei 6 piezometri di controllo sono mostrate nel grafico semi-logaritmico di Figura 34.

A fronte di un abbassamento pari a circa 1.4 m nel punto di prelievo, si è osservato un abbassamento di circa 0.5 m nel piezometro S1bis e pari a circa 0.1 m nel piezometro Sb, mentre nessuna risposta è stata rilevata nei restanti punti di controllo posti a maggior distanza dal punto di prelievo (Sa, Sc, S4) oppure filtranti l'acquifero sottostante (S3), quest'ultimo non influenzato dal pompaggio e caratterizzato da soggiacenza più elevata (pari a circa 9.5 m al piezometro S3).

6.4.1.2. Prova 7 Settembre 2012 - Pompaggio S1bis - Monitoraggio S1, S3, S4, Sa, Sb, Sc

Inizio prova: ore 10.22

Fine prova: ore 17:30

Livello statico nel piezometro S1bis all'inizio della prova: 1.22 m

Livello dinamico nel piezometro S1bis alla fine della prova: 2.35 m

Abbassamento misurato in S1bis: 1.13 m

Portata: 1.3 l/s

Durata della prova: 7 h 08 min

Le curve di abbassamento dei livelli di falda registrati nel punto in pompaggio S1bis e nei piezometri di controllo sono mostrate nel grafico semilogaritmico di Figura 35.

A fronte di un abbassamento pari a circa 1.2 m nel punto di prelievo S1bis, si è osservato un abbassamento di circa 0.05-0.15 m anche nei piezometri posti a maggiore distanza (Sa, Sc, S4); anche in questo caso il piezometro S3, fenestrato nell'acquifero sottostante, non ha evidenziato alcun abbassamento.

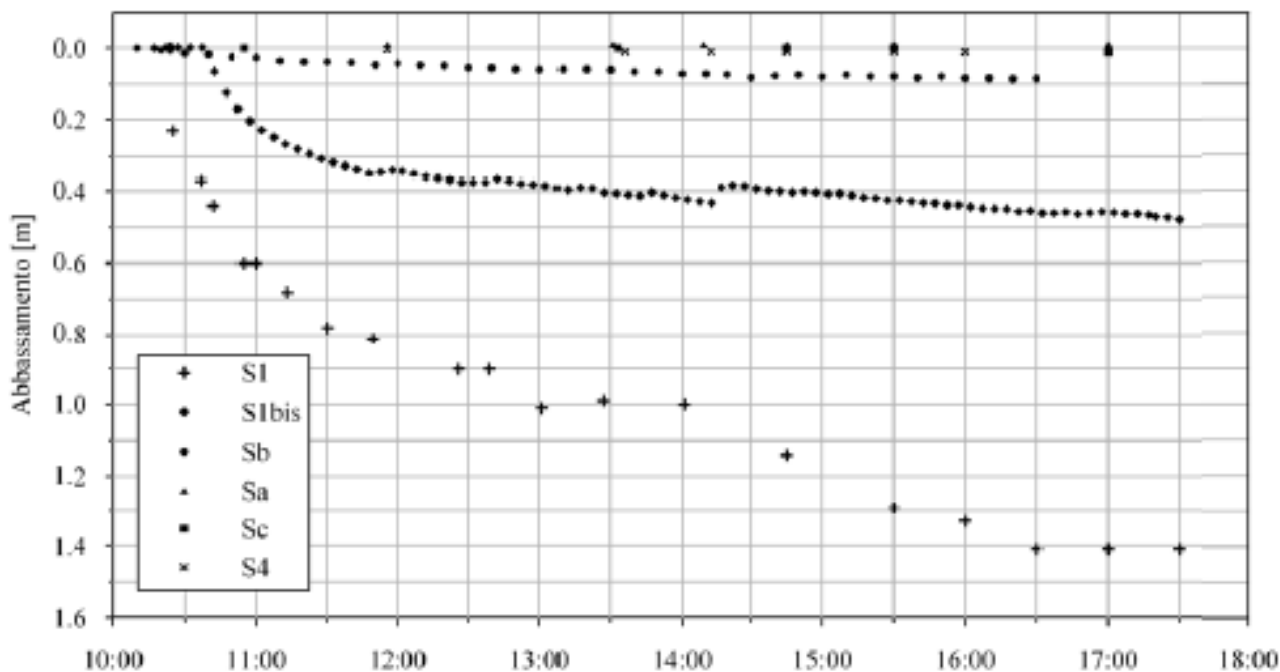


Figura 34 –Curva di abbassamento dei livelli misurati nel corso della prova del 26 Luglio 2012

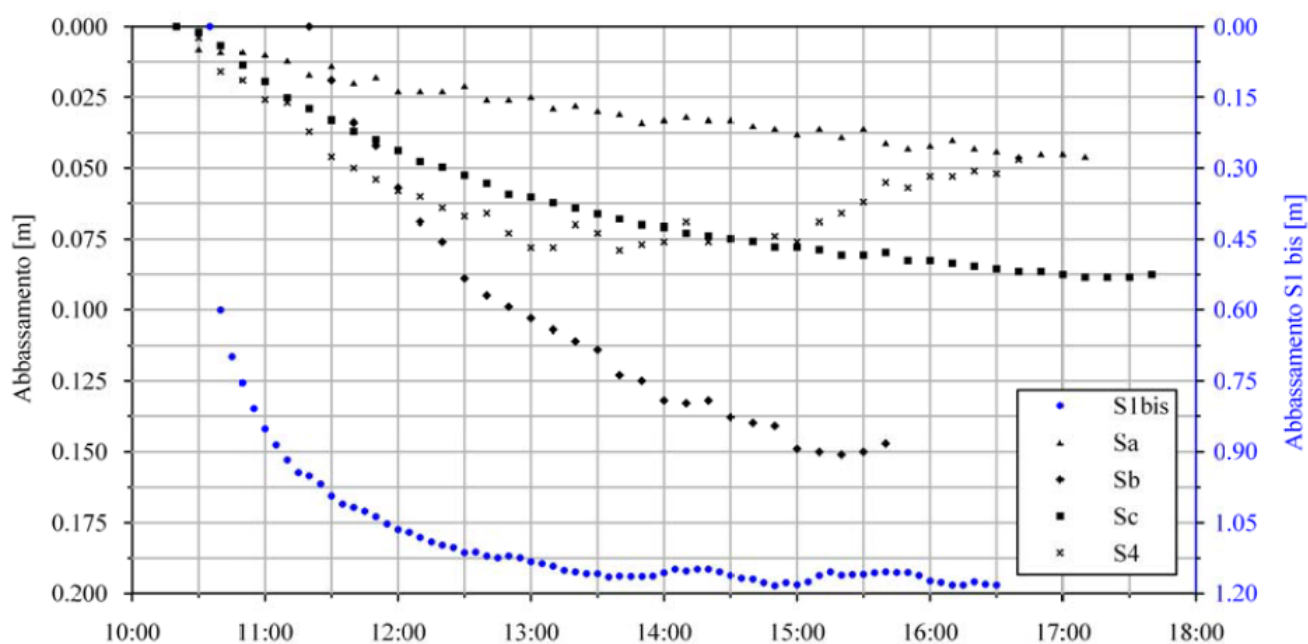


Figura 35 –Curva di abbassamento dei livelli misurati nel corso della prova del 7 Settembre 2012

I risultati delle prove sono stati interpretati con il metodo di Theis (valido per falda confinata), applicando una correzione agli abbassamenti secondo la formulazione proposta da Jacob (1963).

La trasmissività ricavata dalla prova, i cui valori sono riportati nella seguente Tabella 13, è risultata variabile tra circa $9 \cdot 10^{-4}$ e $5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

Tabella 13 – Parametri idrogeologici dell'acquifero ricavati dall'interpretazione delle prove di pompaggio condotte nel 2012

Data prova	Pozzo/piezometro (m s.l.m.)	T (m^2/s)
07.09.2012	S1bis	$8.96 \cdot 10^{-4}$
	Sb	$2.31 \cdot 10^{-3}$
26.07.2012	S1bis	$9.59 \cdot 10^{-4}$
	Sa	$4.94 \cdot 10^{-3}$
	Sb	$1.77 \cdot 10^{-3}$
	Sc	$2.97 \cdot 10^{-3}$
	S4	$4.76 \cdot 10^{-3}$

6.4.2 Esiti delle indagini condotte nell'ambito della progettazione definitiva (2016)

Nell'ambito delle indagini eseguite per la stesura del Progetto Definitivo, sono stati predisposti 2 campi prova per l'esecuzione di prove di pompaggio a portata costante, un primo in prossimità del limite di monte, un secondo presso l'argine di valle della cassa di espansione.

Ogni campo prova è stato predisposto realizzando un pozzo di prova e 3 piezometri di controllo, due dei quali disposti parallelamente alla direzione di flusso e 1 trasversalmente ad essa.

Sia i pozzi che i piezometri di controllo sono stati fenestrati nel solo complesso acquifero A0, fino a una profondità tale da raggiungere la lente limoso-argillosa che sostiene la falda freatica, che nel campo prova di monte è risultata di circa 12 m, mentre in quello di valle di circa 22 m da p.c..

L'esatta ricostruzione delle caratteristiche litologiche del sottosuolo è stata ricavata realizzando un primo piezometro a carotaggio continuo e sviluppando successivamente il pozzo e i piezometri con medesime caratteristiche di profondità e posizione dei filtri.

Per i dettagli costruttivi circa i punti di prelievo e controllo installati si rimanda all'elaborato BAG2_03GEO_R_RE_01_A, mentre nella seguente Tabella 14 sono riportate le principali caratteristiche costruttive e geometriche dei campi prova.

Tabella 14 – Caratteristiche costruttive e geometriche dei campi prova per le prove di pompaggio condotte nel 2016

Campo prova di monte				
Punto d'acqua	Allineamento con il pozzo	Profondità (m)	Filtri (da m a m)	distanza dal pozzo (m)
Pozzo M		12.5	3 - 12.5	
Piezometro PzM1	parallelo alla direzione di falda	11.7	3 - 12	9.75
Piezometro PzM2	parallelo alla direzione di falda	11.8	3 - 12	19.58
Piezometro PzM3	trasversale alla direzione di falda	11.7	3 - 12	8.76
Campo prova di valle				
Punto d'acqua	Allineamento con il pozzo	Profondità (m)	Filtri (da m a m)	distanza dal pozzo (m)
Pozzo V		22.5	5 - 22.5	
Piezometro PzV1	parallelo alla direzione di falda	21	5 - 21	11.53
Piezometro PzV2	parallelo alla direzione di falda	21	5 - 21	22.57
Piezometro PzV3	trasversale alla direzione di falda	21	5 - 21	9.58

Nel pozzo M le prove sono state eseguite in data 13 Luglio 2016, mentre nel pozzo V in data 19 Luglio 2016.

La misura dei livelli di falda durante le prove è stata effettuata in continuo, mediante data-logger, con misure a intervalli di tempo prefissati di un 1 minuto.

I data-logger utilizzati per la misura dei livelli nei pozzi, hanno restituito misure “relative” della pressione (in termini di metri di colonna d’acqua soprastanti la sonda) che sono state successivamente rapportate in termini di abbassamento per l’interpretazione delle prove. Il range di misurazione (FS) dei data-logger utilizzati è di 20 m di colonna d’acqua, con precisione inferiore a $\pm 0.1\%FS$. Tutte le sonde utilizzate erano dotate di compensazione automatica della pressione atmosferica e pertanto non si è resa necessaria alcuna correzione dei dati rilevati per le eventuali variazioni barometriche nel corso della prova.

6.4.2.1. Prova M (piezometri di controllo PzM1-PzM2-PzM3) – 13 luglio 2016

Inizio prova discesa: ore 9:35

Fine prova discesa / Inizio prova risalita: ore 17:55

Fine prova risalita: ore 24:00

Livello statico Pozzo M all'inizio della prova di discesa (attacco pompa): 4.47 m da t.t.

Livello dinamico Pozzo M all'inizio della prova di risalita (stacco pompa): 10 m da t.t.

Abbassamento Pozzo M: 5.53 m

Portata: 0.73 l/s

Durata della prova di discesa: 8 h 20 min

Durata della prova di risalita: 6 h 5 min

Sulla base dei livelli statici misurati prima della prova e della stratigrafia del sottosuolo si sono rilevati i seguenti valori di spessore saturo dell'acquifero A0:

- spessore saturo delle ghiaie e sabbie superficiali (unità AES8a): 1.59 m;
- spessore totale dell'acquifero captato (unità AES8a+AES8): 7.99 m.

Le curve di abbassamento e risalita del livello di falda misurate nel pozzo M e nei 3 piezometri di controllo sono mostrate nei grafici lineari di Figura 36 e Figura 37.

Le curve di abbassamento/risalita del pozzo e dei piezometri sono state interpretate con i metodi di Jacob, valido per falda confinata applicando la correzione per falda libera e con il metodo di Neuman, valido per falda libera.

L'elaborazione delle prove è mostrata nei grafici semi-logaritmici nelle Figure 38-49.

Alcuni risultati, soprattutto relativi al pozzo, possono presentare una certa approssimazione connessa al forte abbassamento dei livelli comparato allo spessore dell'acquifero, fattore che riduce la rappresentatività dei risultati in quanto.

I risultati ricavati hanno evidenziato una significativa discrepanza tra i valori dei parametri idrogeologici calcolati sulla curva registrata nel pozzo e su quelle dei piezometri, in ragione dell'eterogeneità litologica verticale del sottosuolo, contraddistinta da un primo livello di alta permeabilità rappresentato dai sedimenti ghiaioso-sabbiosi dell'Unità di Modena (AES8a) e da un sottostante livello di medio-bassa permeabilità rappresentato dai sedimenti ghiaiosi in abbonante matrice argillosa del Subsistema di Ravenna (AES8), entrambi drenati dal pozzo e dai piezometri.

La curva registrata nel pozzo, anche con la portata estremamente modesta di 0.73 l/s, ha evidenziato un rapido abbassamento del livello di falda all'interno del pozzo, che in poche ore ha quasi raggiunto la base dell'acquifero, imponendo lo spegnimento della pompa.

L'esame della curva semi-logaritmica di abbassamento del pozzo mostra un andamento spezzato, con un primo tratto in cui la discesa del livello è stata regolata anche dall'alimentazione fornita dalle ghiaie e sabbie dell'unità AES8a, entro le quali circola la maggior portata di falda, e tratti successivi, con pendenza più elevata, regolati dalla sola alimentazione fornita dalla sottostante unità AES8 rappresentativi del comportamento intervenuto una volta desaturata l'unità superficiale ghiaioso-sabbiosa.

A fronte di un abbassamento di circa 5.5 m misurato nel pozzo, i piezometri di controllo hanno invece manifestato un modesto abbassamento, misurato in circa 9 cm in PzM1, 5 cm in PzM2 e 17 cm in PzM3, indice di un ridotto

raggio di influenza, ma al contempo un comportamento riconducibile all'intero complesso acquifero A0 drenato dal pozzo.

Il secondo tratto delle curve di abbassamento restituite dal pozzo, si può pertanto ritenere rappresentativo delle caratteristiche di trasmissività delle sole ghiaie in matrice limoso-argillosa del Subsintema di Ravenna, mentre le curve di abbassamento restituite dai piezometri di controllo della trasmissività dell'intero complesso acquifero A0.

Nelle seguenti

Tabella 15 e 16 sono riportati tutti i valori di trasmissività e conducibilità idraulica ottenuti dalle elaborazioni effettuate sulle curve di abbassamento più rappresentative.

Tabella 15 – Pozzo M - Risultati della prova di pompaggio in discesa

		Jacob	Neuman
Pozzo M	T	5,09E-05	2,31E-05
	k	6,37E-06	2,89E-06
Pz1M	T	1,68E-03	3,66E-04
	k	2,10E-04	4,58E-05
Pz2M	T	3,72E-03	2,31E-03
	k	4,66E-04	2,89E-04
Pz3M	T	1,38E-03	9,20E-04
	k	1,73E-04	1,15E-04

T	Trasmissività (m ² /s)
k	Conducibilità idraulica (m/s)

Tabella 16 – Pozzo M - Risultati della prova di pompaggio in risalita

		Jacob	Neuman
Pozzo M	T	1,97E-05	
	k	2,47E-06	
Pz1M	T	2,50E-03	8,20E-04
	k	3,13E-04	1,02E-04
Pz2M	T	3,47E-03	8,20E-04
	k	4,34E-04	1,02E-04
Pz3M	T	1,25E-03	5,17E-04
	k	1,56E-04	6,47E-05

T	Trasmissività (m ² /s)
k	Conducibilità idraulica (m/s)

I valori medi di trasmissività e conducibilità idraulica del complesso acquifero A0, ottenuti dalla prova eseguite nel pozzo M perforato nel settore di monte della cassa di espansione, sono i seguenti:

T dell'acquifero A0 = $1.7 \cdot 10^{-3}$ m²/s

K media dell'acquifero A0 = $2.1 \cdot 10^{-4}$ m/s

Approssimativamente suddivisibili per ogni singola unità come riportato di seguito:

T dell'acquifero AES8a (unità di Modena) = $1.6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

K dell'acquifero AES8a (unità di Modena) = $9.0 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$

T dell'acquifero AES8 (subsistema di Ravenna) = $3.1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

K dell'acquifero AES8 (subsistema di Ravenna) = $3.9 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$

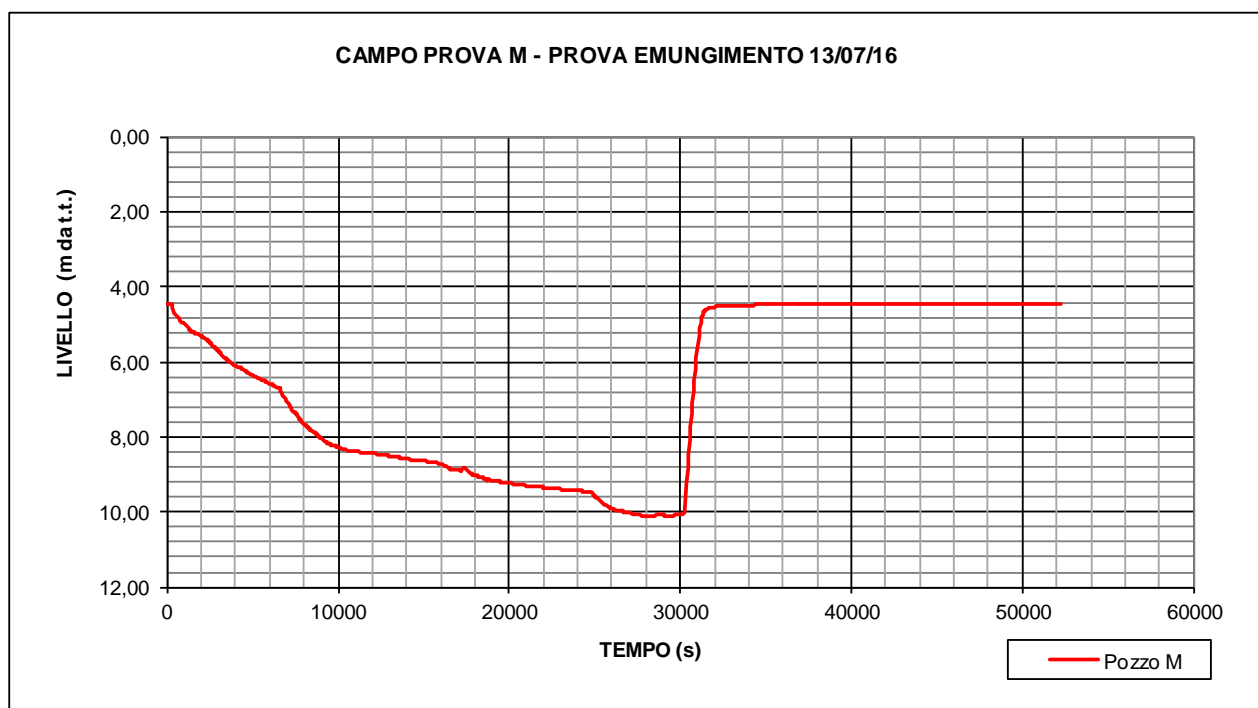


Figura 36 –Curva di abbassamento e risalita del livello misurato al pozzo di monte- 13/07/2016

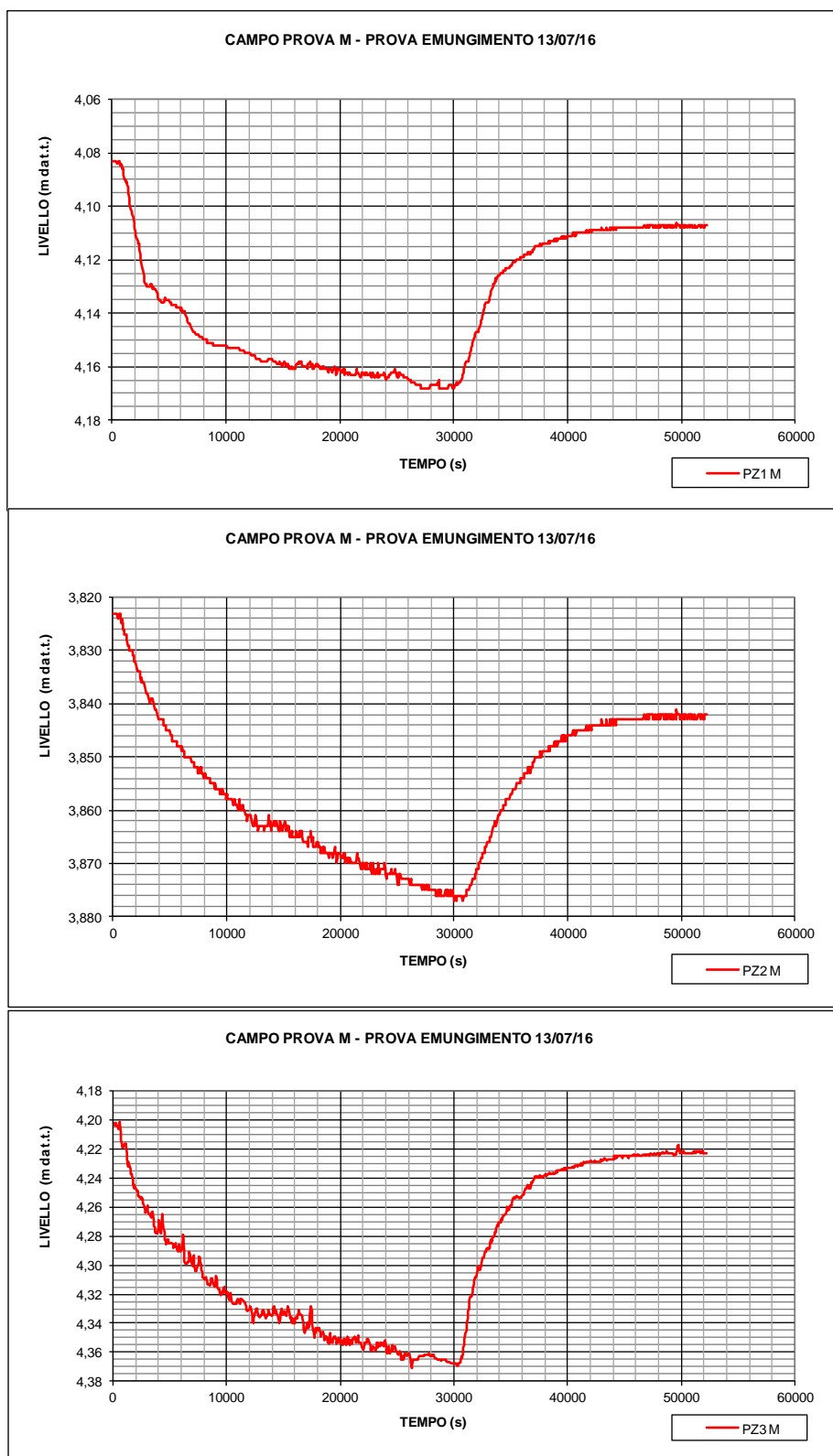


Figura 37 –Curve di abbassamento e risalita del livello misurato ai piezometri di controllo di monte- 13/07/2016

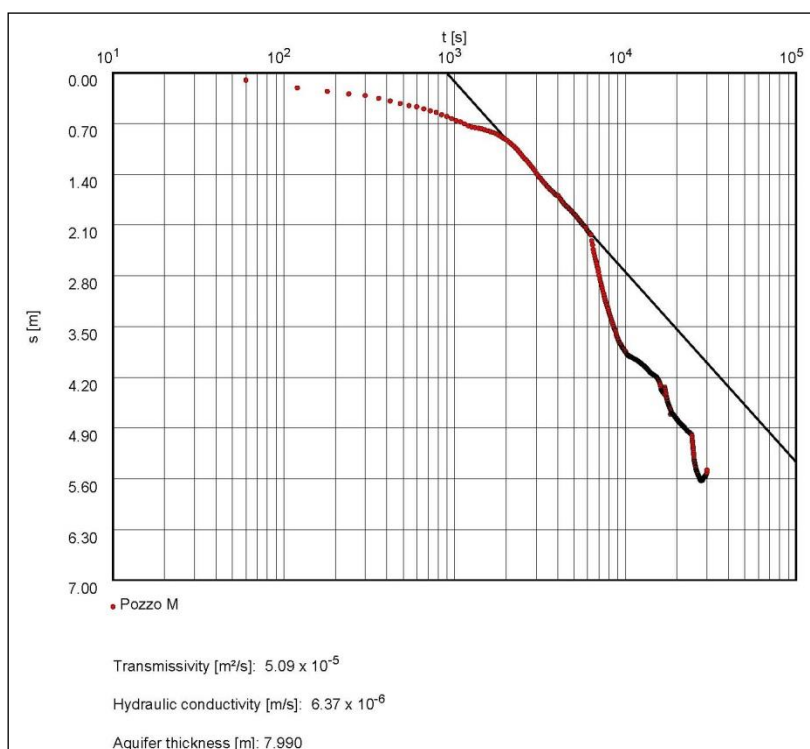


Figura 38 – Prova pozzo M – Curva di abbassamento nel pozzo M (metodo di Jacob)

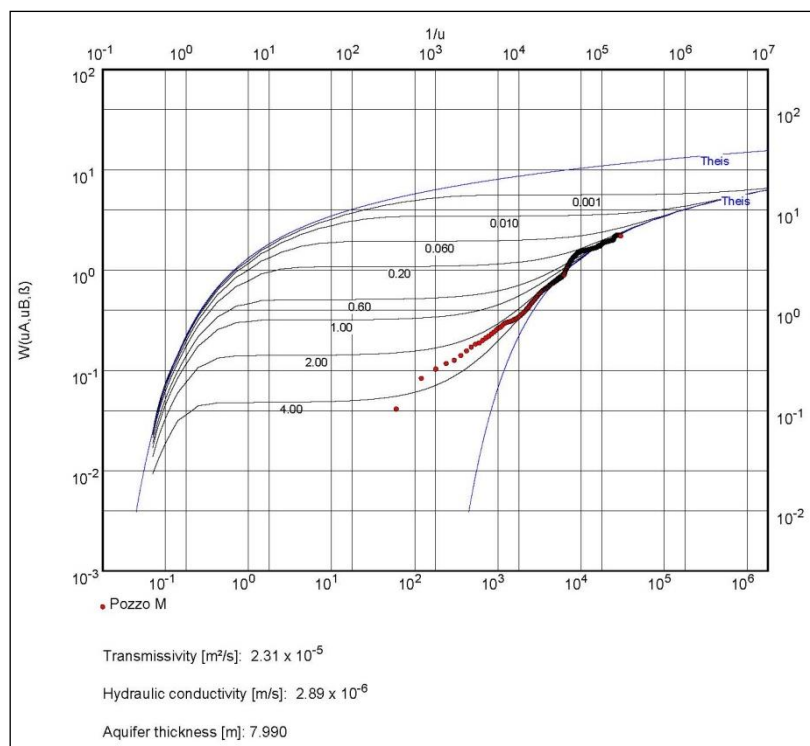


Figura 39 – Prova pozzo M – Curva di abbassamento nel pozzo M (metodo di Neuman)

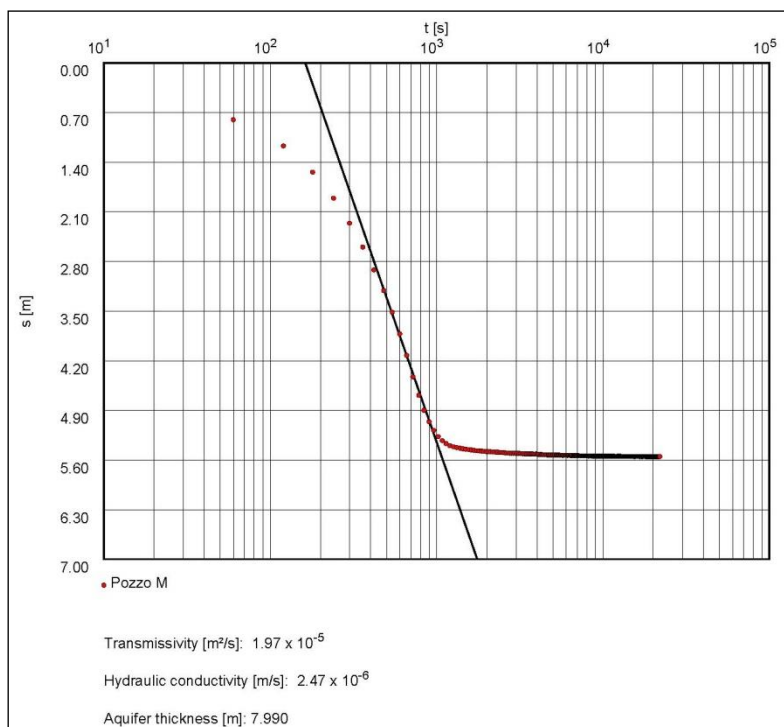


Figura 40 – Prova pozzo M – Curva di risalita nel pozzo M (metodo di Jacob)

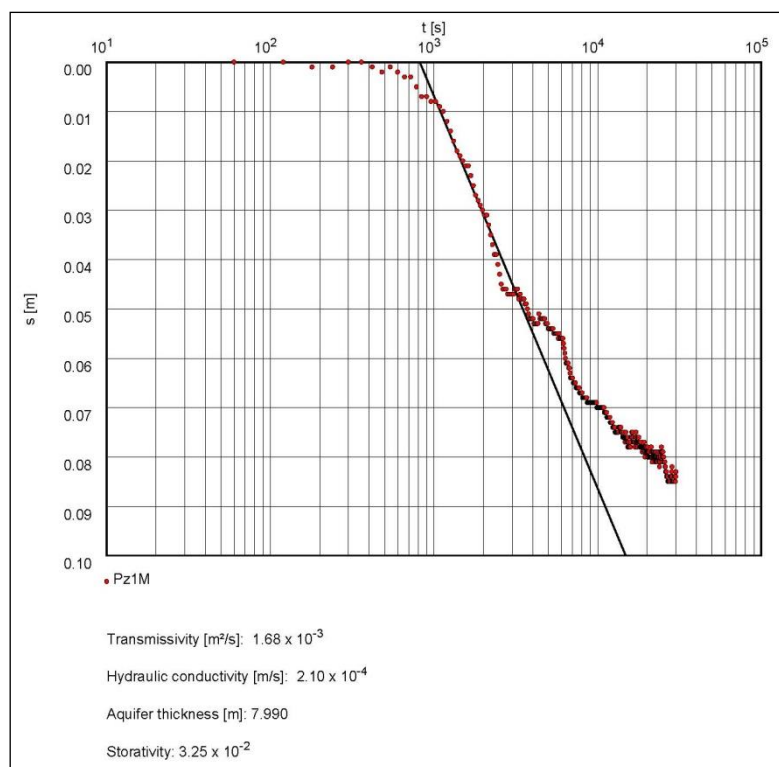


Figura 41 – Prova pozzo M – Curva di abbassamento nel piezometro PzM1 (metodo di Jacob)

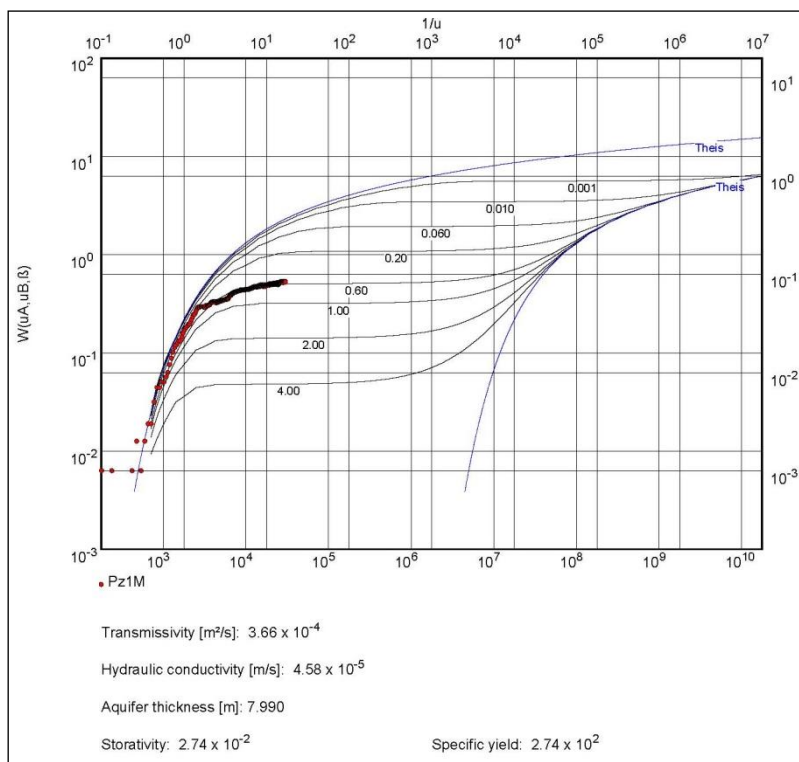


Figura 42 – Prova pozzo M – Curva di abbassamento nel piezometro Pz1M (metodo di Neuman)

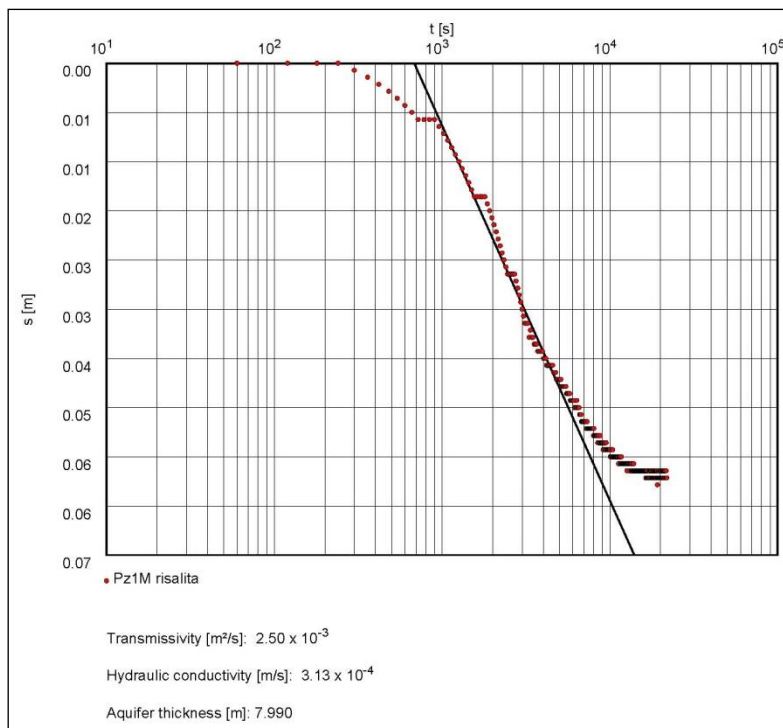


Figura 43 – Prova pozzo M – Curva di risalita nel piezometro Pz1M (metodo di Jacob)

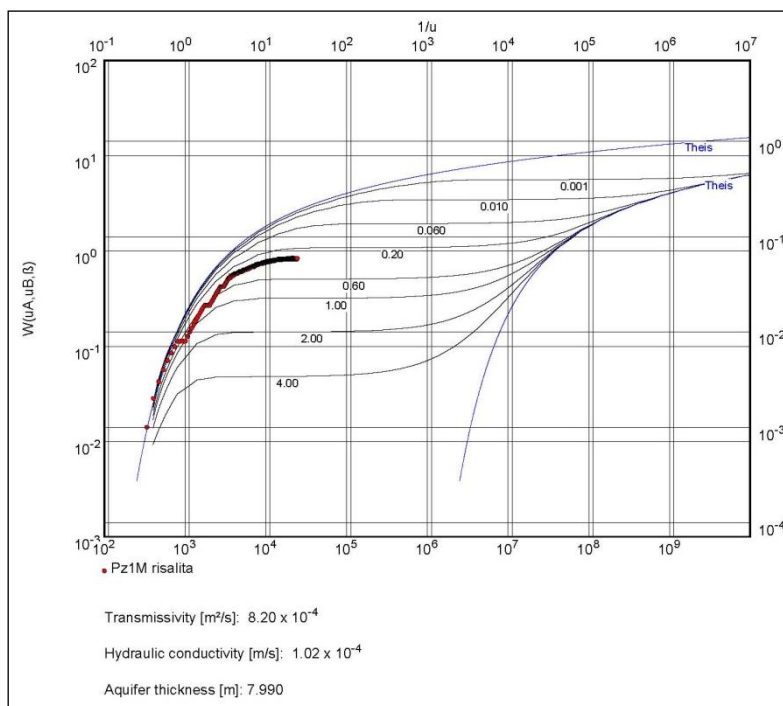


Figura 44 – Prova pozzo M – Curva di risalita nel piezometro PzM1 (metodo di Neuman)

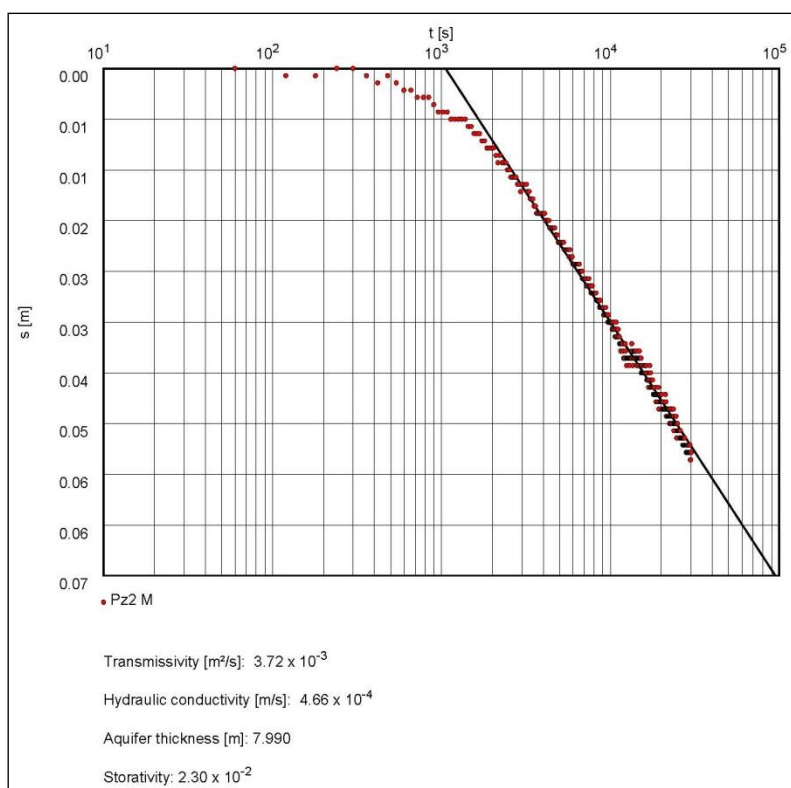


Figura 45 – Prova pozzo M – Curva di abbassamento nel piezometro PzM2 (metodo di Jacob)

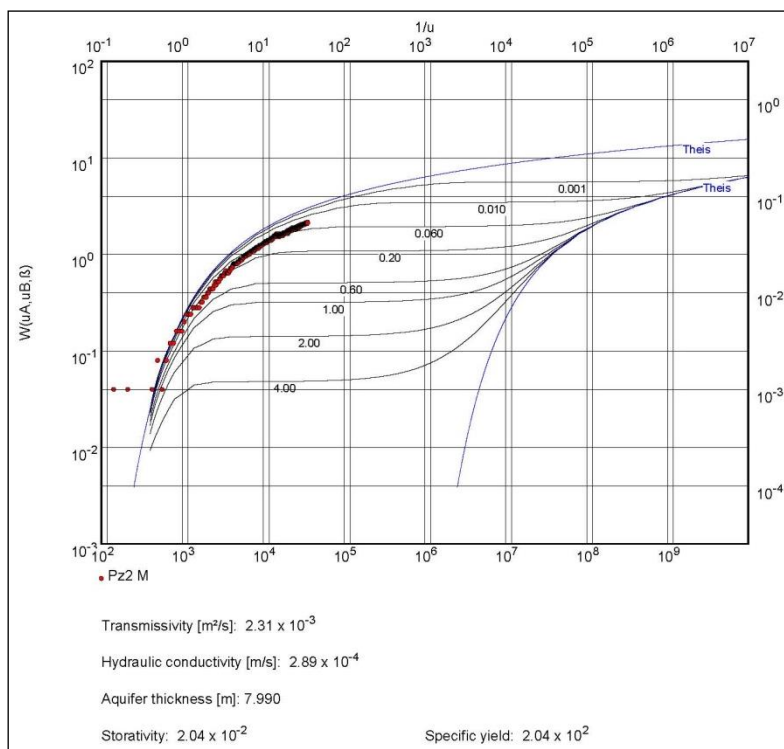


Figura 46 – Prova pozzo M – Curva di abbassamento nel abbassamento PzM2 (metodo di Neuman)

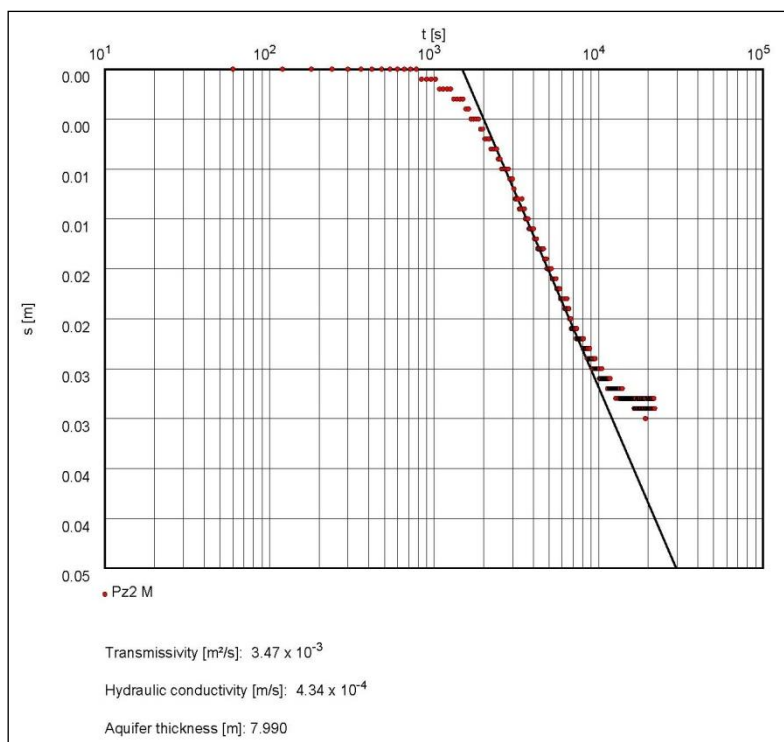


Figura 47 – Prova pozzo M – Curva di risalita nel piezometro PzM2 (metodo di Jacob)

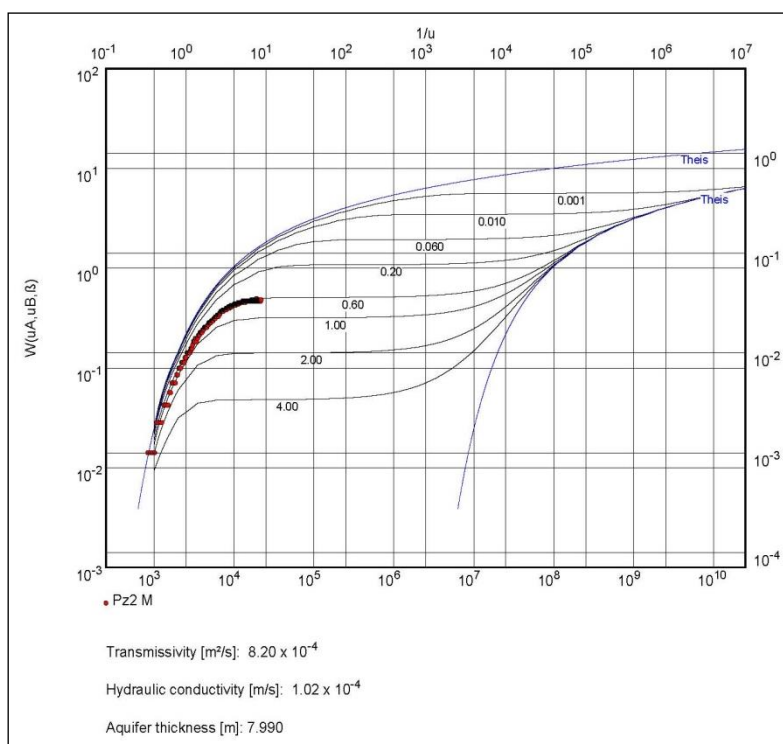


Figura 48 – Prova pozzo M – Curva di risalita nel piezometro PzM2 (metodo di Neuman)

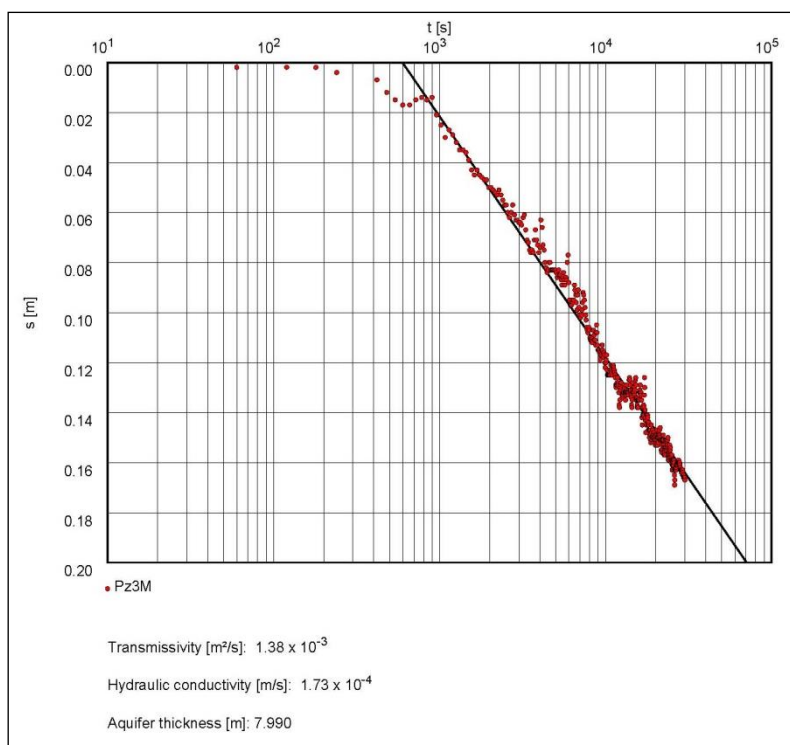


Figura 49 – Prova pozzo M – Curva di abbassamento nel piezometro PzM3 (metodo di Jacob)

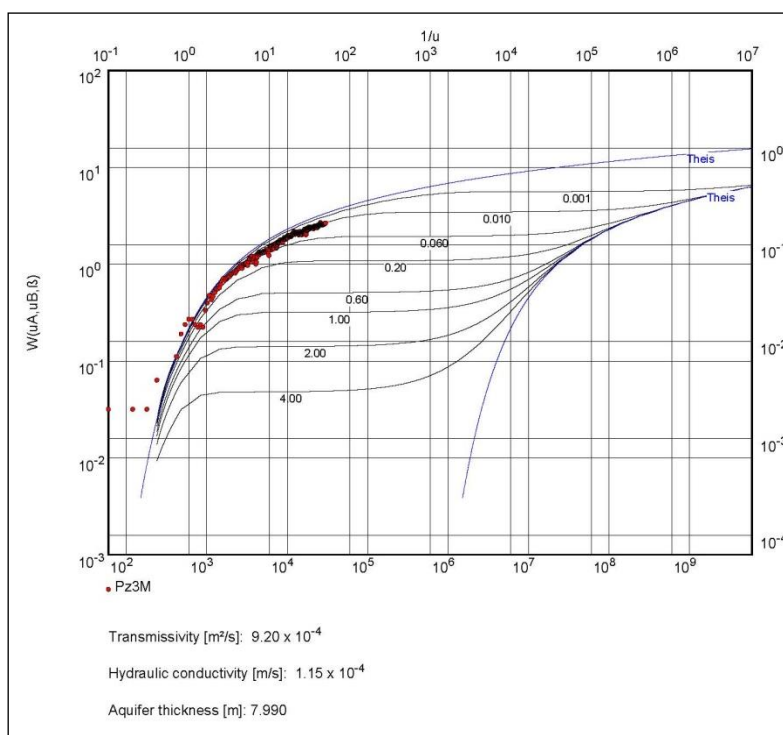


Figura 50 – Prova pozzo M – Curva di abbassamento nel piezometro Pz3M (metodo di Neuman)

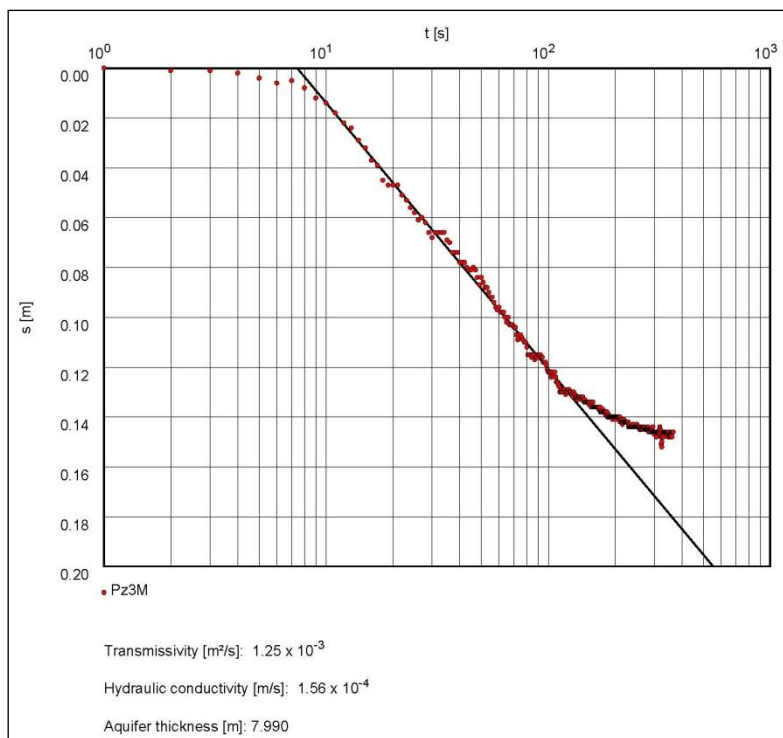


Figura 51 – Prova pozzo M – Curva di risalita nel piezometro Pz3M (metodo di Jacob)

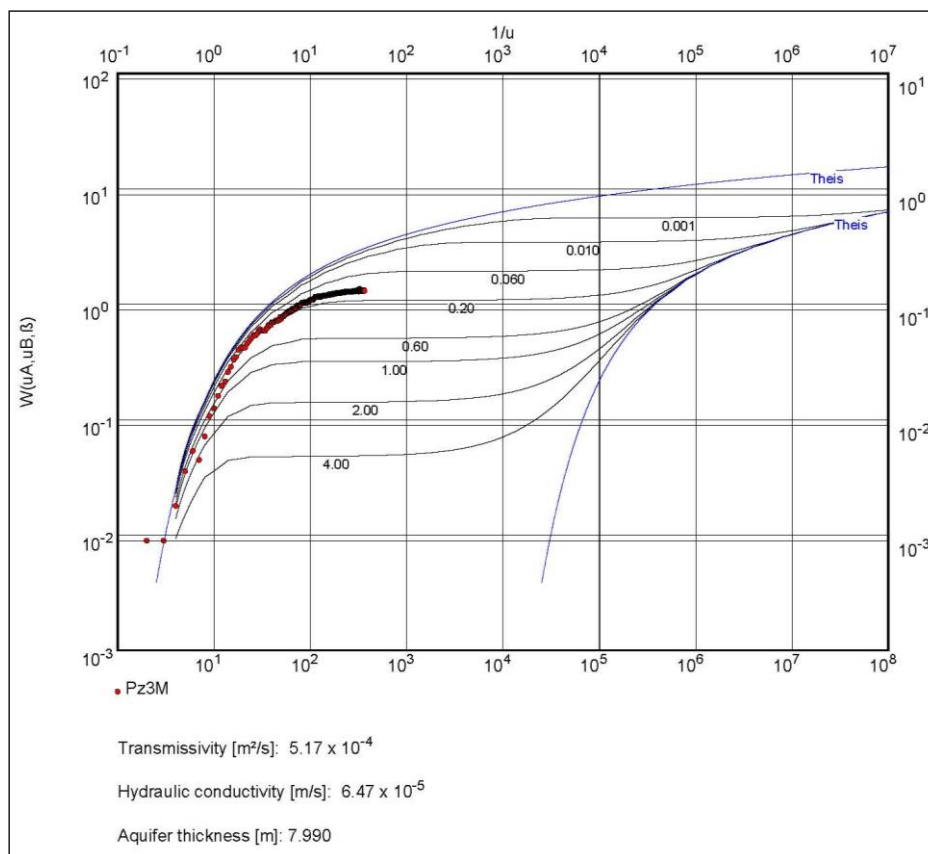


Figura 52 – Prova pozzo M – Curva di risalita nel piezometro Pz3M (metodo di Neuman)

6.4.2.2. Prova Pozzo V (piezometri di controllo PzV1-PzV2-PzV3) – 19 luglio 2016

Inizio prova discesa: ore 7:25

Fine prova discesa / Inizio prova risalita: ore 15:25

Fine prova risalita: ore 20:00

Livello statico Pozzo V all'inizio della prova di discesa: 3.78 m da t.t.

Livello dinamico Pozzo V all'inizio della prova di risalita: 14.05 m da t.t.

Abbassamento Pozzo V: 10.27 m

Portata: 0.89 l/s

Durata della prova di discesa: 8 h

Durata della prova di risalita: 4 h 35 min

Sulla base dei livelli statici misurati prima della prova e della stratigrafia del sottosuolo si sono rilevati i seguenti valori di spessore saturo dell'acquifero A0:

- spessore saturo delle ghiaie e sabbie superficiali (unità AES8a): 1.4 m;
- spessore totale dell'acquifero captato (unità AES8a+AES8): 19.0 m.

Le curve di abbassamento e risalita del livello di falda misurate nel pozzo V in prova e nei 3 piezometri di controllo (PzV1-PzV2-PzV3) sono mostrate nei grafici lineari in Figura 53 e Figura 54.

Le curve di abbassamento/risalita del pozzo e dei piezometri sono state interpretate con i metodi di Jacob, valido per falda confinata, applicando la correzione per falda libera, e con il metodo di Neuman, valido per falda libera.

L'elaborazione delle prove è mostrata nei grafici semi-logaritmici (elaborazioni con metodo di Jacob) e bi-logaritmici (elaborazioni con metodo di Neuman) nelle Figura 55 ÷ 63.

Alcune elaborazioni, soprattutto quelle eseguite con metodo di Jacob relative al pozzo, possono presentare una certa approssimazione connessa al forte abbassamento dei livelli comparato allo spessore dell'acquifero..

Come per la prova descritta in precedenza, i risultati ricavati evidenziano una significativa discrepanza tra i valori dei parametri idrogeologici calcolati sulla curva registrata nel pozzo e su quelle dei piezometri, in ragione della sovrapposizione di due unità contraddistinte da differenze di conducibilità idraulica di 2.5 o 3 ordini di grandezza.

La curva registrata nel pozzo, anche con una portata modesta di 0.89 l/s, ha evidenziato un abbassamento del livello di falda di circa 10 m, a fronte del quale i piezometri di controllo hanno manifestato un modesto abbassamento di circa 18 cm in PzV1, 2.5 cm in PzV2 e 3.5 cm in PzV3, indice, anche in questo caso di un ridotto raggio di influenza (inferiore a 30 m) riconducibile alla scarsa potenzialità idrica dell'acquifero testato.

Per la rapida desaturazione della porzione più superficiale dell'acquifero A0, riconducibile alle ghiaie e sabbie dell'unità AES8a, la curva di abbassamento restituita dal pozzo, si può ritenere rappresentativa delle caratteristiche di trasmissività delle sole ghiaie in matrice limoso-argillosa del Subsistema di Ravenna, mentre quelle registrate dai piezometri di controllo della trasmissività dell'intero complesso acquifero A0.

Nelle seguenti Tabella 17 e 18 sono riportati tutti i valori di trasmissività e conducibilità idraulica ottenuti dalle elaborazioni effettuate sulle curve di abbassamento più rappresentative.

Tabella 17 – Pozzo V - Risultati della prova di pompaggio in discesa

		Jacob	Neuman
Pozzo V	T	1,84E-05	7,94E-06
	k	9,71E-07	4,18E-07
Pz1V	T	9,96E-04	3,98E-04
	k	5,24E-05	2,05E-05
Pz3V	T	6,02E-03	2,23E-03
	k	3,17E-04	1,17E-04

T	Trasmissività (m ² /s)
k	Conducibilità idraulica (m/s)

Tabella 18 – Pozzo V - Risultati della prova di pompaggio in risalita

		Jacob	Neuman
Pozzo V	T	1,63E-05	7,08E-06
	k	8,62E-07	3,72E-07
Pz1V	T	6,99E-04	1,25E-04
	k	3,67E-05	6,62E-06
Pz3V	T	5,47E-03	1,00E-03
	k	2,88E-04	5,26E-05

T	Tramissività (m ² /s)
k	Conducibilità idraulica (m/s)

I valori medi di tramissività e conducibilità idraulica del complesso acquifero A0, ottenuti dalla prova di pompaggio eseguita nel pozzo V. perforato nel settore di valle della cassa di espansione, sono i seguenti:

T dell'acquifero A0 = $2.1 \cdot 10^{-3}$ m²/s

K media dell'acquifero A0 = $1.1 \cdot 10^{-4}$ m/s

Approssimativamente suddivisibili per ogni singola unità come riportato di seguito:

T dell'acquifero AES8a (unità di Modena) = $2.1 \cdot 10^{-3}$ m²/s

K dell'acquifero AES8a (unità di Modena) = $1.3 \cdot 10^{-3}$ m/s

T dell'acquifero AES8 (subsistema di Ravenna) = $1.2 \cdot 10^{-5}$ m²/s

K dell'acquifero AES8 (subsistema di Ravenna) = $6.6 \cdot 10^{-7}$ m/s

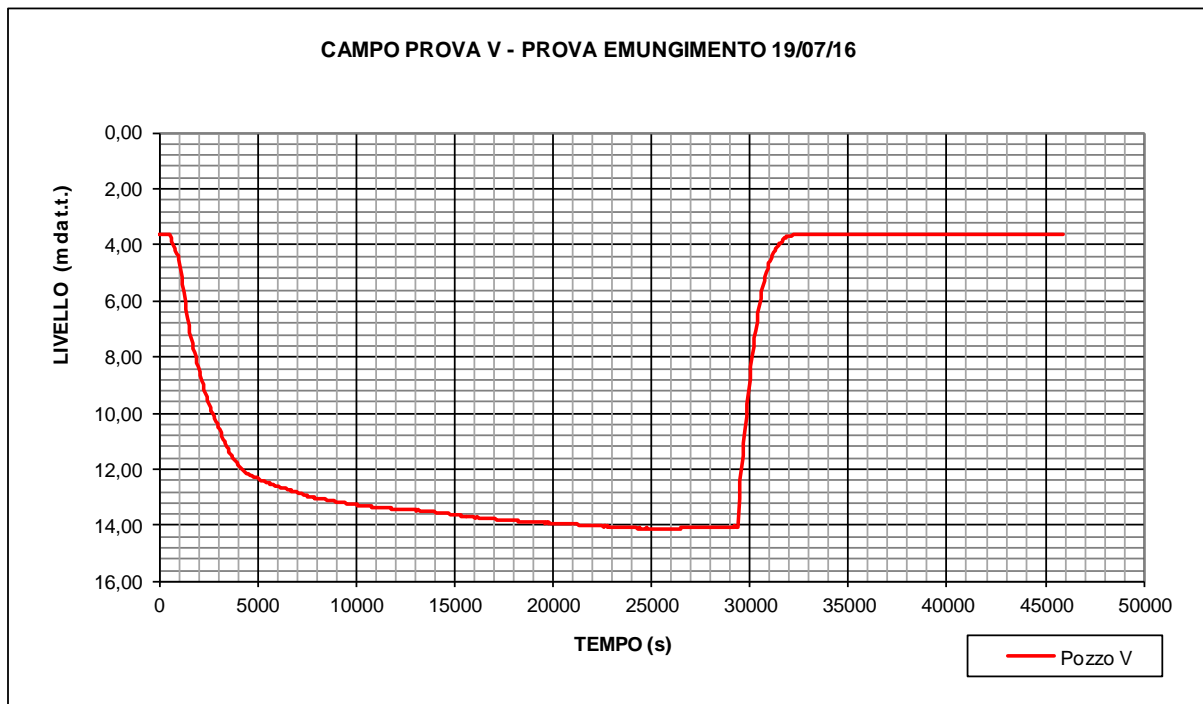


Figura 53 –Curva di abbassamento e risalita del livello misurato al pozzo di valle - 19/07/2016

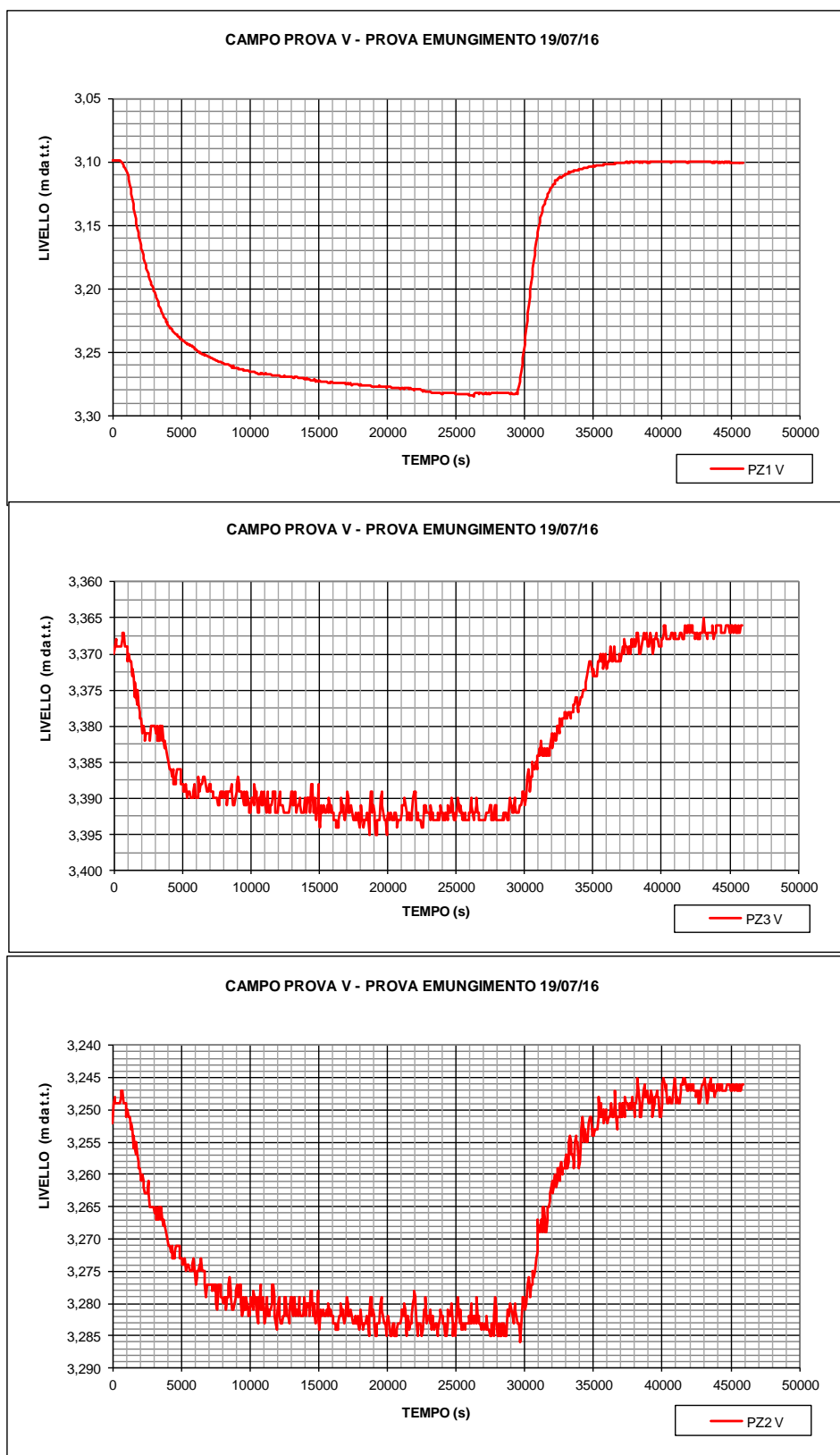


Figura 54 –Curve di abbassamento e risalita del livello misurato ai piezometri di controllo di valle - 19/07/2016

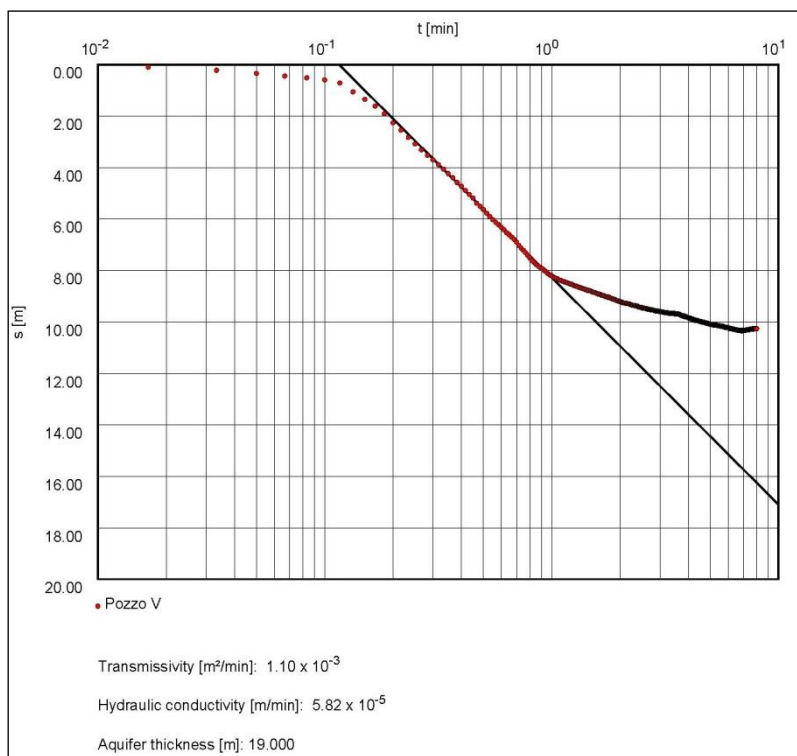


Figura 55 – Prova pozzo V – Curva di abbassamento nel pozzo V (metodo di Jacob)

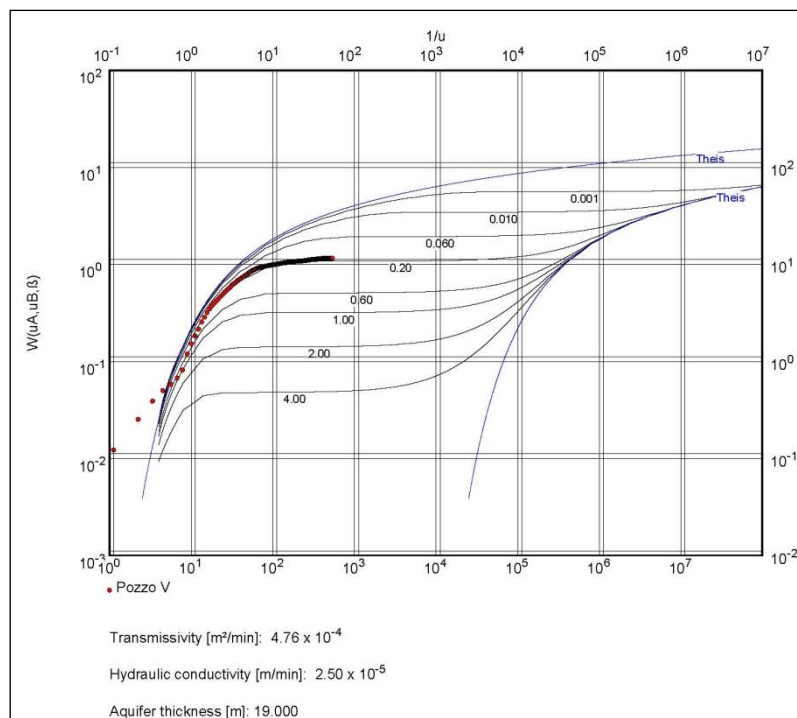


Figura 56 – Prova pozzo V – Curva di abbassamento nel pozzo V (metodo di Neuman)

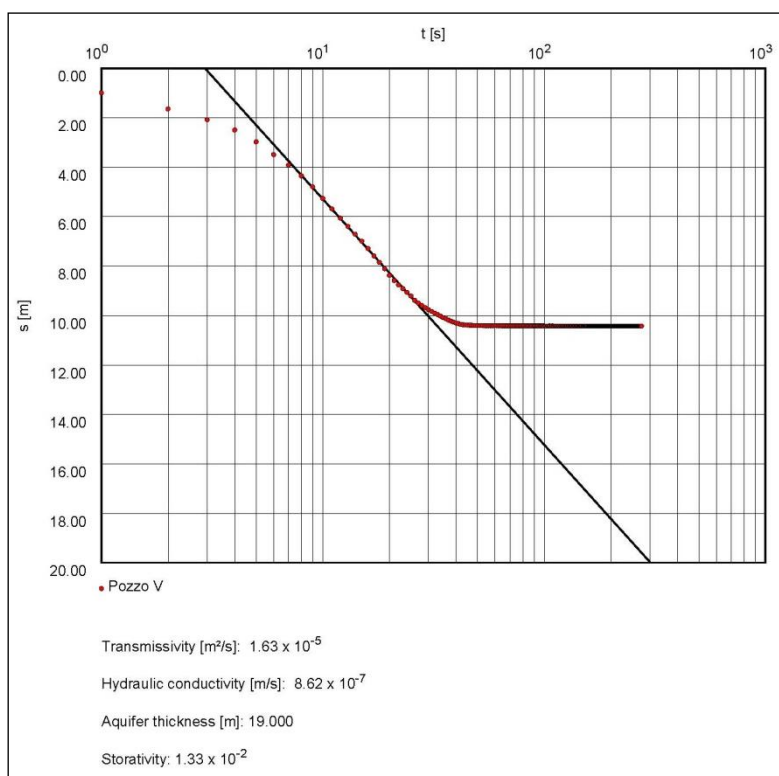


Figura 57 – Prova pozzo V – Curva di risalita nel pozzo V (metodo di Jacob)

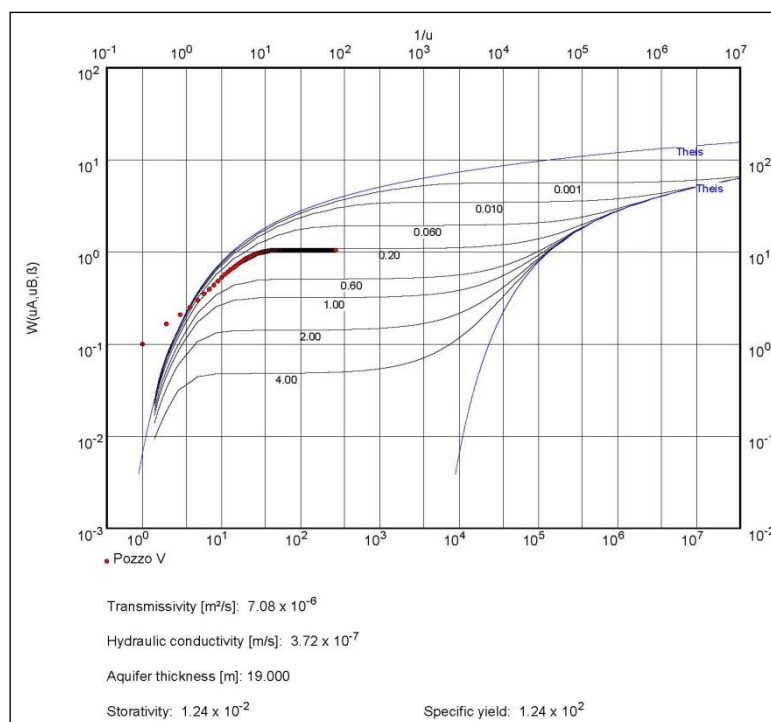


Figura 58 – Prova pozzo V – Curva di risalita nel pozzo V (metodo di Nauman)

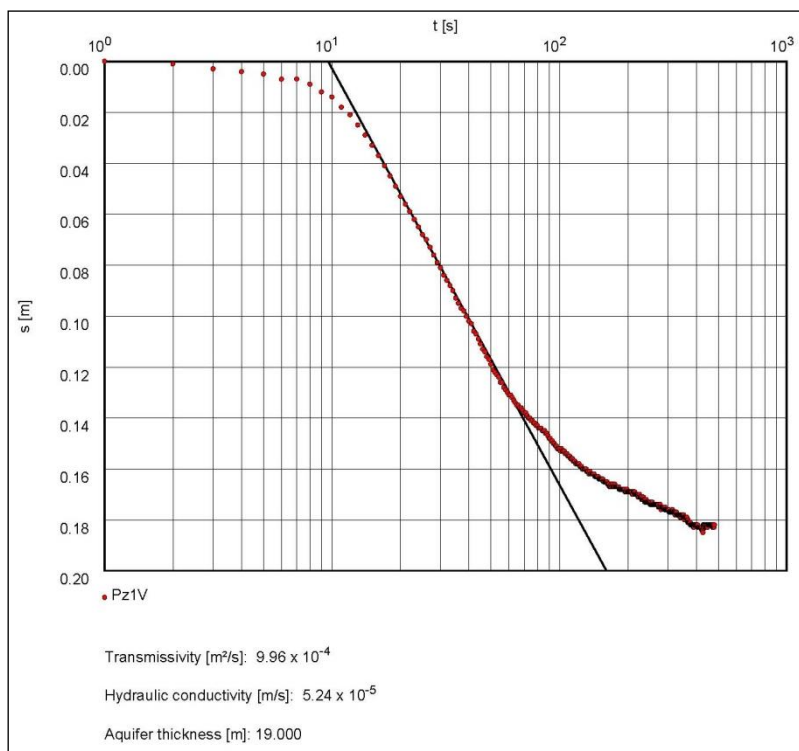


Figura 59 – Prova pozzo V – Curva di abbassamento nel piezometro PzV1 (metodo di Jacob)

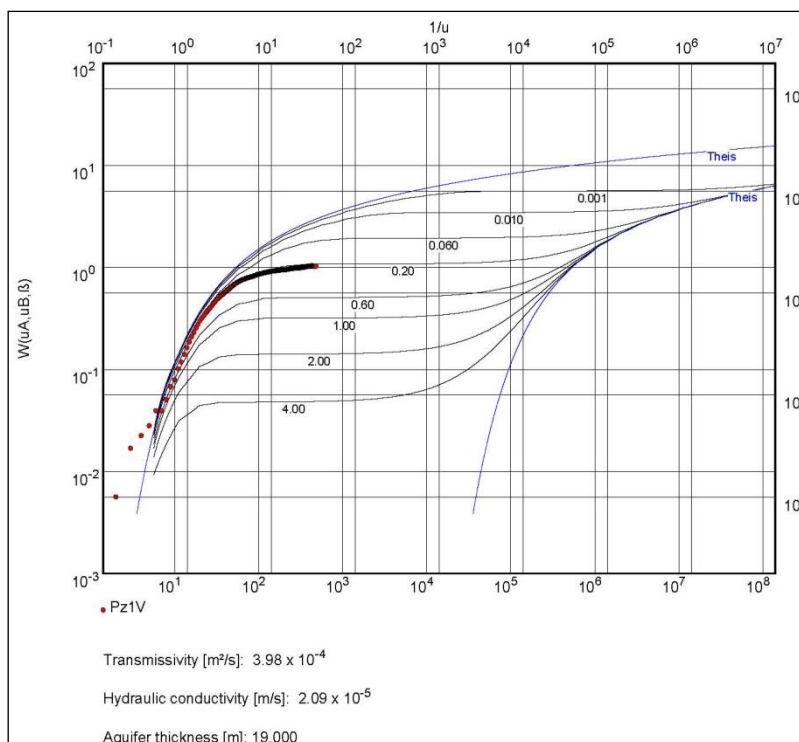


Figura 60 – Prova pozzo V – Curva di abbassamento nel pozzo PzV1 (metodo di Neuman)

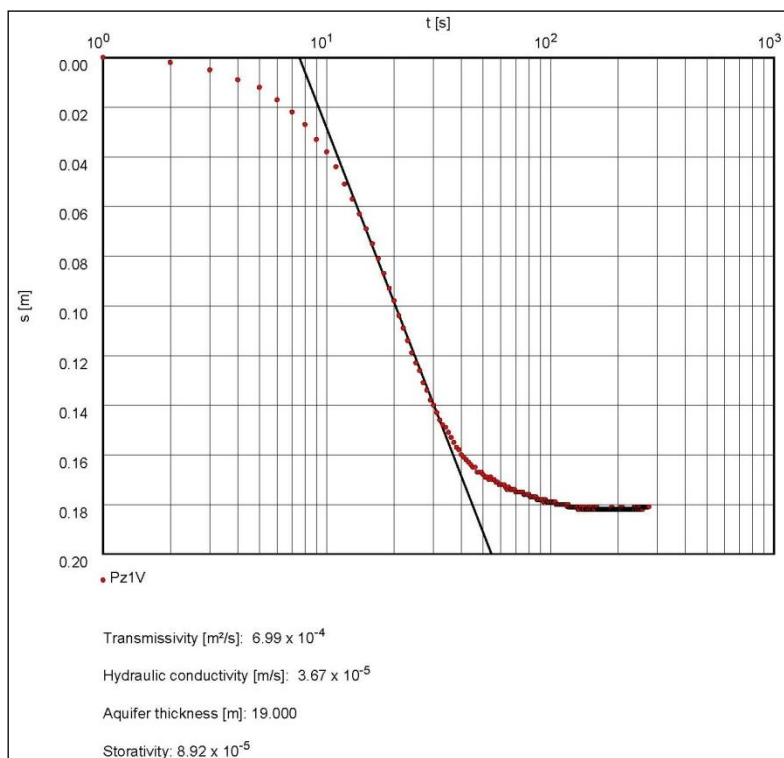


Figura 61 – Prova pozzo V – Curva di risalita nel pozzo PzV1 (metodo di Jacob)

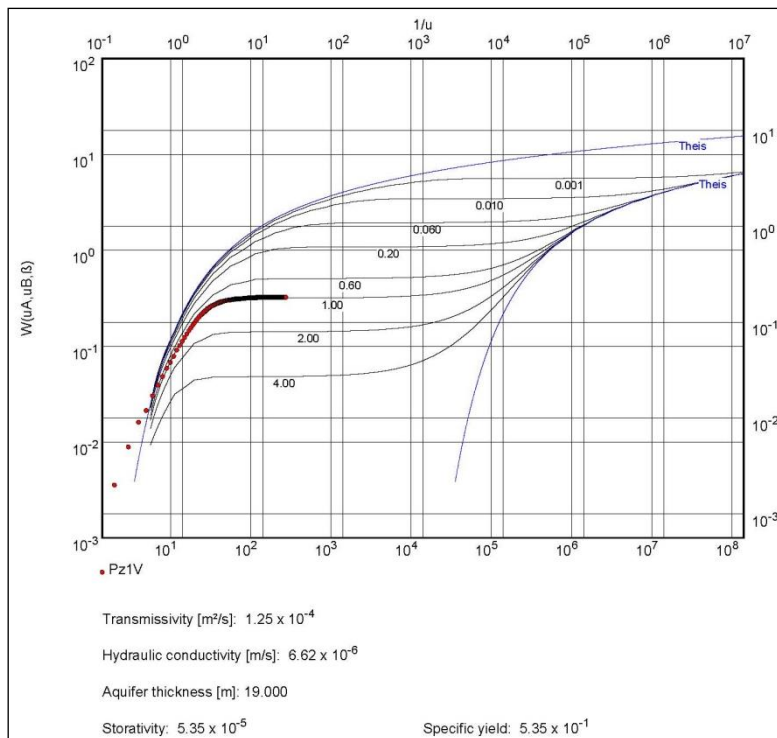


Figura 62 – Prova pozzo V – Curva di risalita nel pozzo PzV1 (metodo di Neuman)

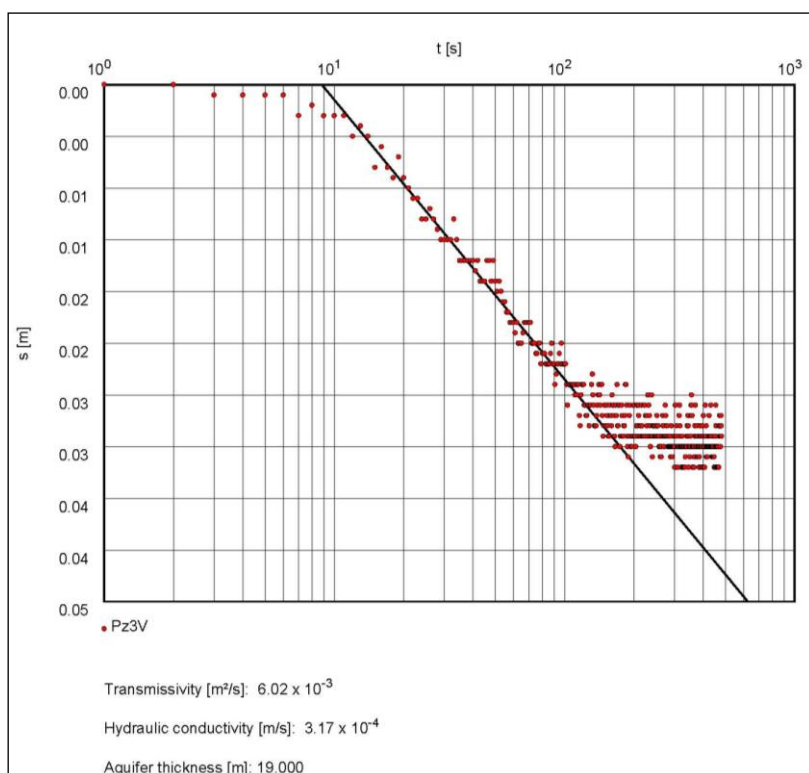


Figura 63 – Prova pozzo V – Curva di abbassamento nel piezometro PzV3 (metodo di Jacob)

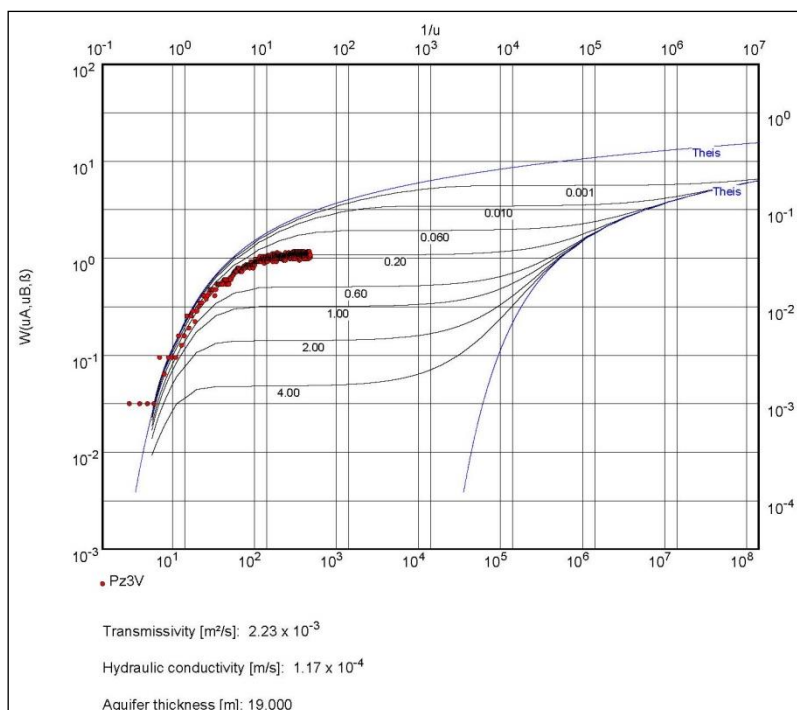


Figura 64 – Prova pozzo V – Curva di abbassamento nel abbassamento PzV3 (metodo di Neuman)

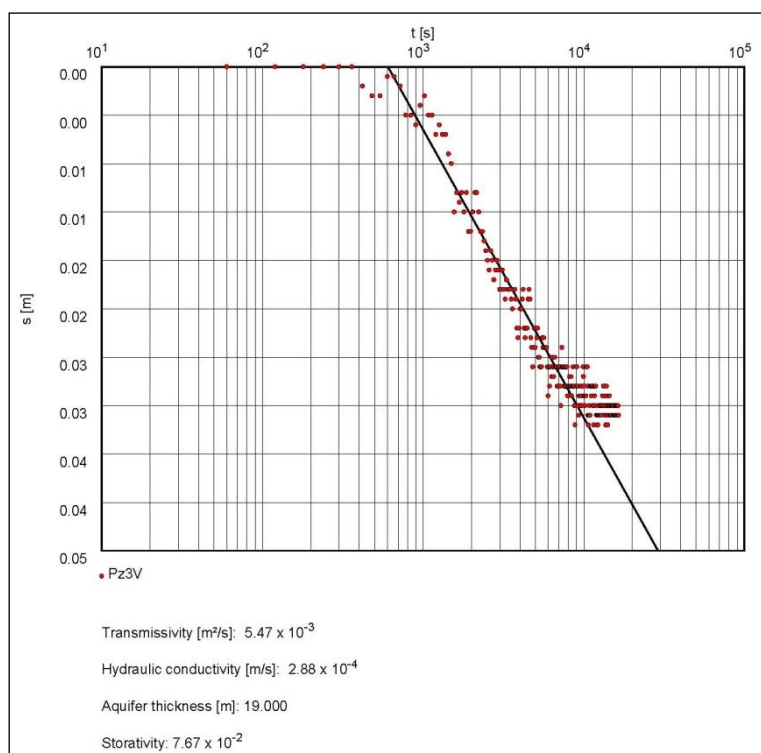


Figura 65 – Prova pozzo V – Curva di risalita nel piezometro PzV3 (metodo di Jacob)

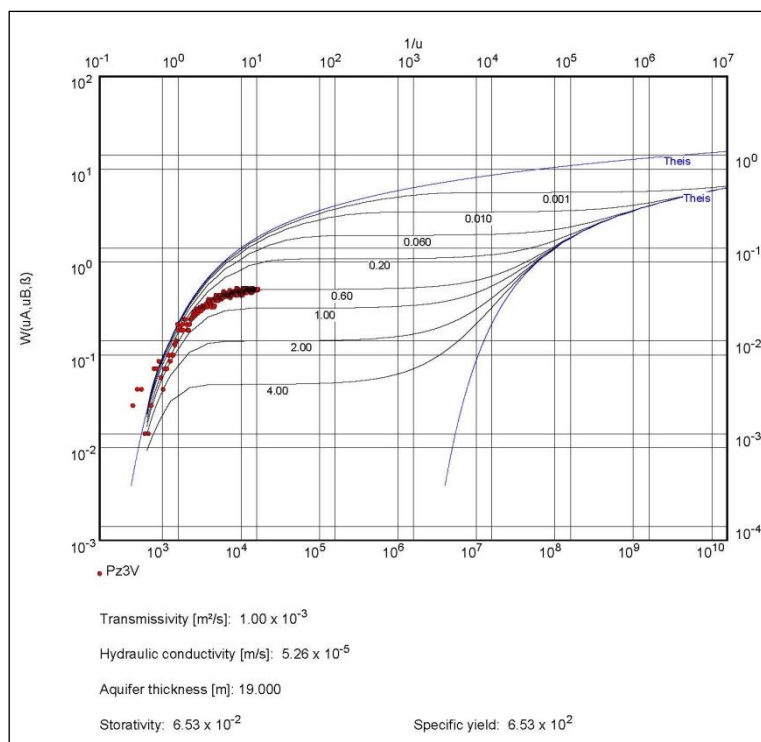


Figura 66 – Prova pozzo V – Curva di risalita nel piezometro PzV3 (metodo di Neuman)

6.5 CARATTERISTICHE DI VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI

Ai fini della tutela quali-quantitativa degli acquiferi è possibile operare una suddivisione del territorio in gradi di vulnerabilità diversificati.

Si ricorda che nella valutazione del grado di vulnerabilità assumono un peso preponderante fattori geologici e idrogeologici quali:

- tipo e grado di permeabilità verticale e orizzontale dei litotipi interessati, influenzante la velocità di percolazione dell'inquinante e l'azione di attenuazione in sito nei diversi terreni;
- tipo e spessore dell'eventuale copertura fine a bassa permeabilità, quale elemento di protezione per l'acquifero soggiacente;
- la soggiacenza media della falda, la quale definisce lo spessore della zona insatura, direttamente proporzionale all'azione di autodepurazione degli inquinanti operata dai terreni;
- le condizioni di alimentazione dell'acquifero da parte di corsi d'acqua naturali e canali artificiali.

In riferimento all'ambito di interesse, le porzioni a vulnerabilità inferiore saranno distribuite prevalentemente nei settori apicali di conoide (laddove sono presenti residui delle conoidi antiche) e nelle aree di bassa pianura colmate con materiale argilloso; in corrispondenza degli alvei fluviali, dei paleoalvei più recenti e delle conoidi attuali il grado di vulnerabilità è più elevato.

Per lo specifico settore di studio, si evidenzia che la falda libera presente nell'acquifero superficiale di interesse per il presente studio risulta essere in connessione idraulica diretta con il contributo alimentante esercitato tramite subalveo dal torrente Baganza.

In base a quanto riportato nella *"Carta della Vulnerabilità degli Acquiferi all'Inquinamento"* in scala 1:25000 (CNR, AA.VV.,1992), visibile nello stralcio di Figura 67, nel settore di studio la vulnerabilità degli acquiferi risulterebbe di grado da "Alto" a "Estremamente Elevato" in avvicinamento progressivo all'alveo del torrente.

Si rileva che in corrispondenza dell'affioramento dell'unità AES8a, viene individuata una classe di vulnerabilità estremamente elevata, mentre laddove affiorano le litologie ghiaiose in matrice limoso-argillosa del Subsistema di Ravenna si hanno classi variabili da alta a media e bassa.

Nella cartografia sono stati riportati i principali centri di pericolo censiti: viene identificata la presenza di alcune attività industriali, opere di captazione, una cava interna e una discarica a monte dell'area interessata dal progetto.

Si riporta in Figura 68 la *"Carta della vulnerabilità idrogeologica della Pianura di Parma"* a scala 1:25000 redatta nell'ambito dello studio *"Le acque nel Comune di Parma"* (Università degli Studi di Parma, 1992) secondo la quale, in termini di capacità di assorbimento di acque e soluti, il settore di studio risulterebbe compreso in *"Area a drenaggio superficiale elevato"*.

Secondo quanto riportato nel Quadro Conoscitivo del PTCP (Variante approvata con Del. C.P. n°118 del 22/12/2008 – Approfondimento in materia di Tutela delle acque - Tav. 6/D) l'areale di intervento ricade in una zona

classificata come "Area di ricarica diretta dell'acquifero C, oltre B ed A" appartenente alla classe di "Vulnerabilità a sensibilità elevata" (Figura 69).

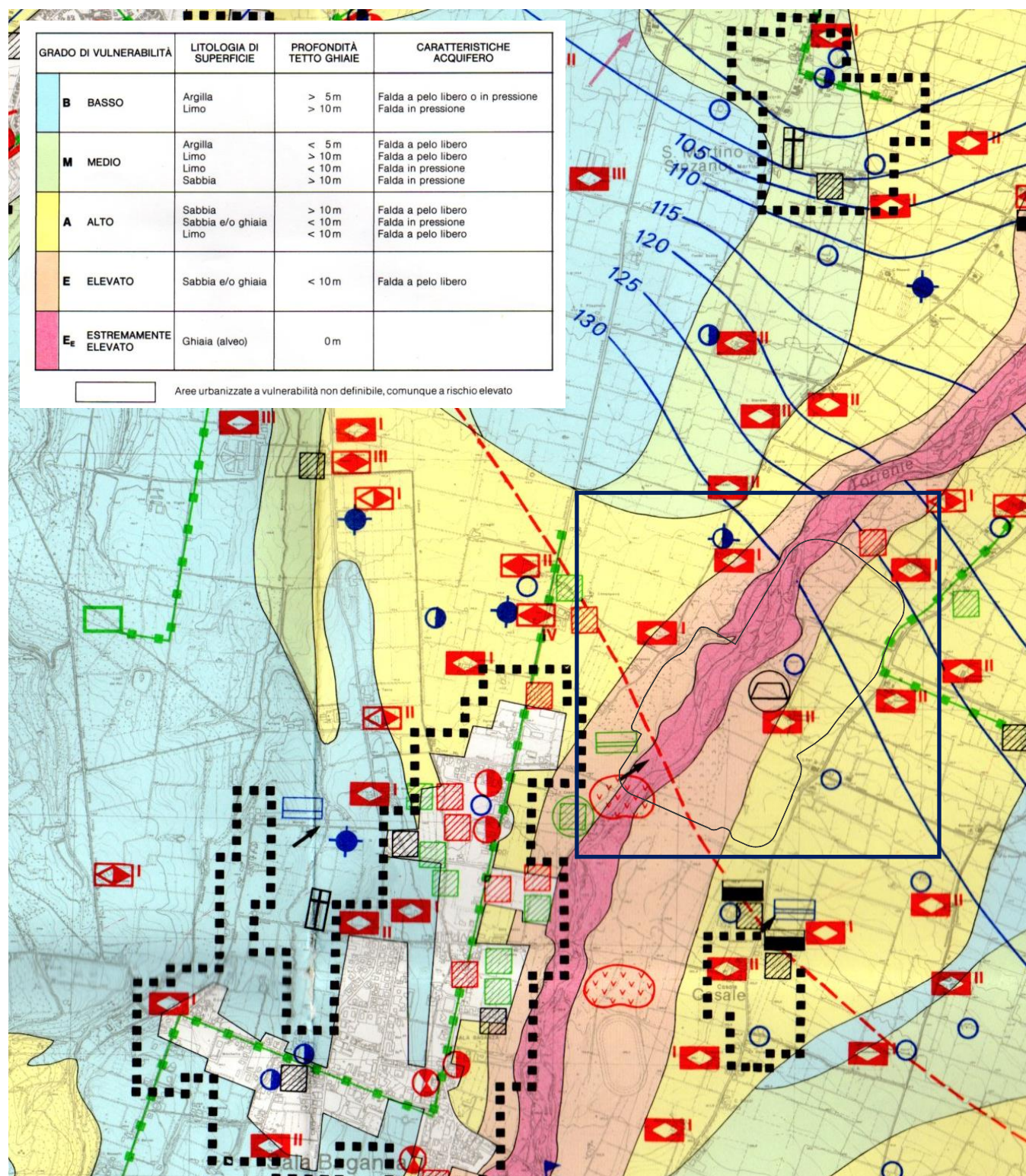


Figura 67 –Carta della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento (CNR, 1992)

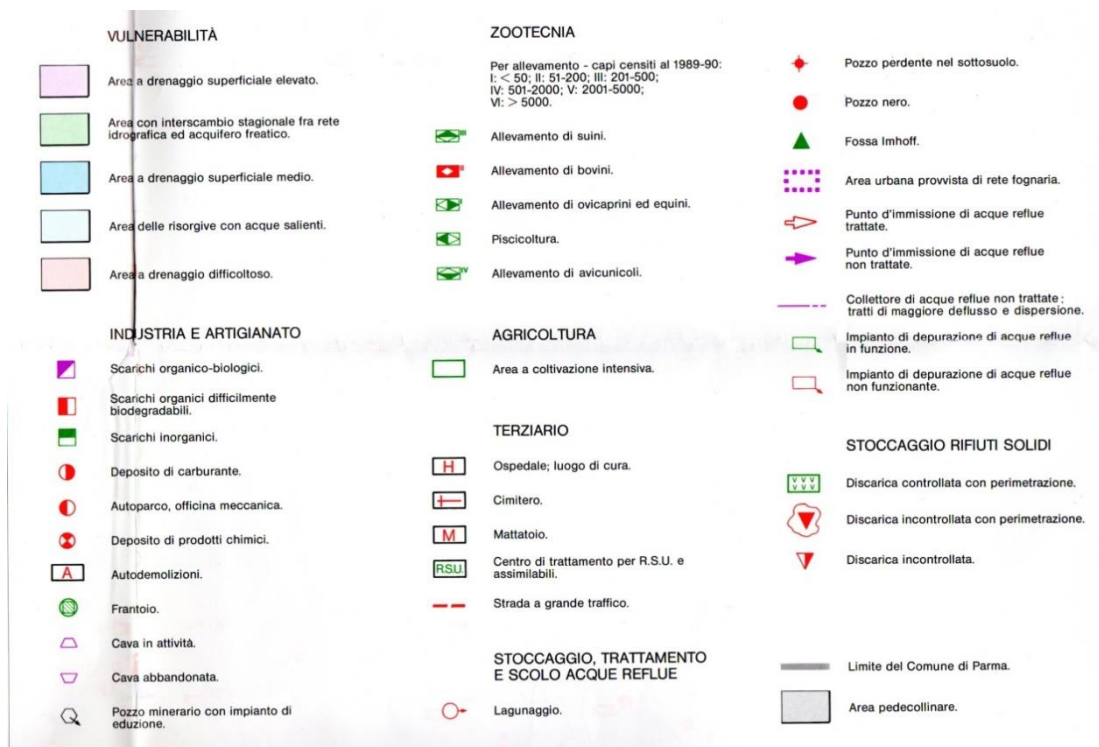
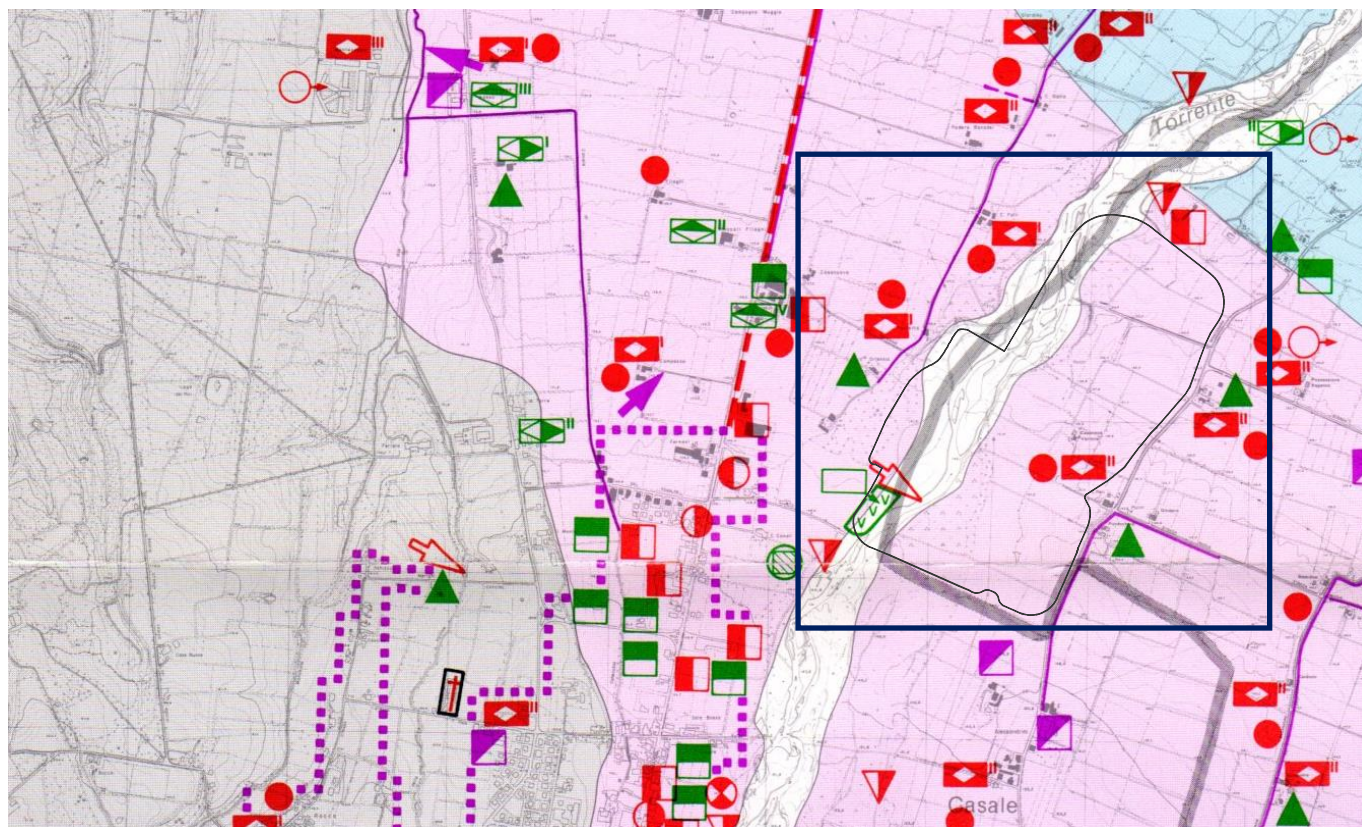
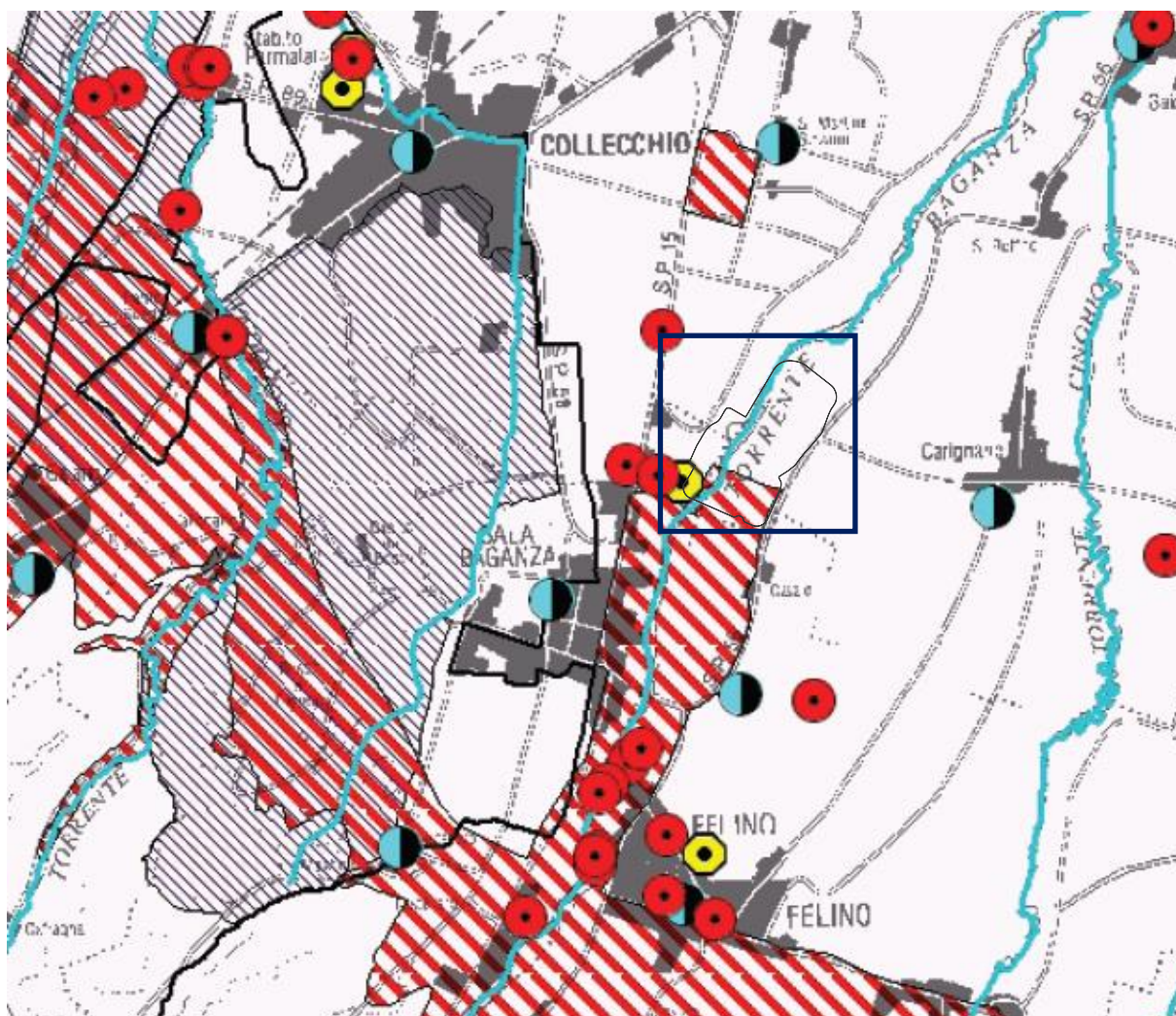


Figura 68 –Carta della vulnerabilità idrogeologica della Pianura di Parma (Università degli Studi di Parma, 1992)



Legenda

- Località con presenza di sfioratori di piena
- ⊕ Località con rete fognaria depurata a livello privato con A.E. <50
- ⊞ Località con rete dotata di sfioratore
- Scarico produttivo e/o meteorico di dilavamento
- ⊙ Depuratore
- ⊙ Località con depuratore e con scaricatore di piena
- ⊙ Località con depuratore e con presenza di rete fognaria non collettata ma trattata a livello privato
- ⊙ Località con depuratore e con presenza di rete fognaria non collettata ma trattata a livello privato e con scaricatori di piena

CARTA DEGLI INDIRIZZI PER LA TUTELA DELLE ACQUE

- ▨ Aree di ricarica diretta dell'acquifero C, oltre B e A

Classi di vulnerabilità

- poco vulnerabile
- ▨ vulnerabilità a sensibilità attenuata
- ▨ vulnerabilità a sensibilità elevata

- Bacini idrografici
- ▨ Area di rilevante interesse scientifico, naturalistico e ambientale (D.G.R. 2006/167)
- Rete idrografica

Figura 69 –Stralcio Cartografia PTCP - Variante approvata con Del. C.P. n.118 del 22/12/2008
("Approfondimento in materia di Tutela delle acque" - Tav. 6/D)

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] DICATeA-RER Servizio Provinciale Difesa del Suolo Risorse Idriche e Forestali (2003) "Studio della messa in sicurezza del territorio parmense, con particolare riferimento alla realizzazione della cassa di espansione sul Torrente Baganza - Relazione Idrologica".
- [2] DICATeA-RER Servizio Provinciale Difesa del Suolo Risorse Idriche e Forestali (2003) "Studio della messa in sicurezza del territorio parmense, con particolare riferimento alla realizzazione della cassa di espansione sul Torrente Baganza - Relazione Idraulica".
- [3] NERC (National Environmental Research Council) (1975), Flood Studies Report, v.1, London.
- [4] Bacchi B., Brath A., Kottegoda N.T. (1992). Analysis of the Relationships Between Flood Peaks and Flood Volumes Based on Crossing Properties of River Flow Processes, Water Resources Research, 28(10), p. 2773-2782.
- [5] DICATeA-AIPo (2012) "Modellazione 2D del tratto del torrente Parma: da Colorno alla confluenza in Po, con possibili scenari di sistemazione; da Parma a Colorno, con possibili interventi volti a migliorare l'effetto di laminazione".
- [6] DICATeA-AIPo (2008) "Prove su modello fisico del manufatto regolatore della cassa di espansione sul torrente Parma"
- [7] DICATeA-AIPo (2008) "Cassa di espansione sul torrente Parma: Quinta fase di invasi sperimentali (17 marzo-31 luglio 2008)"
- [8] DICATeA-AIPo (2012) "Aggiornamento delle analisi idrologiche e revisione del progetto preliminare della cassa di espansione sul torrente Baganza"
- [9] Alberini A. (2011) "Dimensionamento e simulazioni numeriche del manufatto di regolazione della cassa di espansione sul torrente Baganza", tesi di laurea magistrale, Facoltà di Ingegneria, Università degli Studi di Parma.
- [10] Forni A. (2011) "Dimensionamento e simulazioni numeriche 2D della cassa di espansione sul torrente Baganza", tesi di laurea magistrale, Facoltà di Ingegneria, Università degli Studi di Parma.
- [11] Ferrari A. (2011) "Cassa di espansione sul torrente Baganza: valutazione dell'efficienza in assenza e in presenza di manovre sulle paratoie", tesi di laurea, Facoltà di Ingegneria, Università degli Studi di Parma.
- [12] Surfer Version 9.1.352 – Apr 8 2009, Surface Mapping System, Copyright © 1993-2009, Golden Software, Inc.
- [13] SMS 11.0.00, Surface-Water Modeling System, Copyright 2011, Aquaveo LLC, All Rights Reserved.
- [14] ETH Zurich, VAW "BASEMENT, Basic Simulation Environment For Computation Of Environmental Flow And Natural Hazard Simulations", Copyright © 2006-2011, Faeh R., Mueller R., Rousselot P., Veprek R., Vetsch D., Volz C., Vonwiller L., Farshi D.
- [15] D'Oria M., Mignosa P., Tanda M.G. (2012). Reverse level pool routing: Comparison between a deterministic and a stochastic approach. Journal of Hydrology, vol. 470-471; p. 28-38, ISSN: 0022-1694, doi:10.1016/j.jhydrol.2012.07.045.
- [16] Anderson, M. P. and W. W. Woessner (1992). Applied Groundwater Modeling: Simulation of Flow and Advective Transport. San Diego, Academic Press.
- [17] ASTM-Standard (95 (2006)). D5880 Standard Guide for Subsurface Flow and Transport Modeling. West Conshohocken, PA, ASTM International.
- [18] Harbaugh, A. W., E. W. Banta, et al. (2000). MODFLOW-2000, the U.S. Geological Survey Modular Ground-Water Model--User Guide to Modularization Concepts and the Ground-Water Flow Process, United States Geological Survey: Open File Report 00-92: 121.
- [19] SOGEO (2012) Indagini geognostiche funzionali alla realizzazione della cassa di espansione del torrente Baganza nei comuni di Parma, Collecchio, Sala e Felino.
- [20] DICATeA-AIPo (2012) Revisione del progetto preliminare del collegamento tra la S.P. n. 56 e la S.P. n. 15 con nuovo ponte sul Baganza, Valutazione trasportistica sulle possibili alternative di progetto ed implicazioni sulla viabilità esistente.
- [21] AA.VV. (1995) - Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi - Vol.3 - Alta e media pianura parmense - Copyright © 1992 Pitagora Editrice Bologna

- [22] AA.VV. (1992) "Carta della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento - Unità idrogeologiche Alta e media pianura parmense - Scala 1:25000" - Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi - Vol.3 - Copyright © 1992 Pitagora Editrice Bologna
- [23] AA.VV. (1995) "La carta della vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero della pianura delle province di Parma, Reggio Emilia e Modena. Note illustrative" - Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi - Vol.11 - pp.57-91 - Copyright © 1995 Pitagora Editrice Bologna
- [24] AIPO (2015) Cassa di espansione sul T. Baganza - Progetto Preliminare - Relazione geologica e geotecnica
- [25] AIPO (2015) Cassa di espansione sul T. Baganza - Progetto Preliminare - Relazione idrologica e idraulica
- [26] AIPO (2016) Cassa di espansione del Torrente Baganza nei comuni di Felino, Sala Baganza, Collecchio e Parma - Piano delle indagini propedeutiche alla Progettazione Definitiva - Relazione illustrativa
- [27] Ambiter s.r.l. (2010) Piano Strutturale Comunale - Comune di Sala Baganza
- [28] Ambiter s.r.l. (2015) Polo estrattivo sovracomunale G9 "Cassa Baganza" - Progetto Definitivo Unitario - Relazione paesaggistica
- [29] Ambiter s.r.l. (2015) Polo estrattivo sovracomunale G9 "Cassa Baganza" - Progetto Definitivo Unitario - Relazione tecnica
- [30] APAT - Dipartimento Difesa del suolo - Servizio Geologico d'Italia (2005) Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000 - Foglio 199 Parma Sud
- [31] ARPA RER (2003) Le caratteristiche degli acquiferi della Regione Emilia Romagna - Report 2003
- [32] ARPA RER - Parma (2014) Report sullo stato delle acque sotterranee in Provincia di Parma - Anno 2013
- [33] DICATeA (2014) "Convenzione di ricerca per lo sviluppo di una serie di attività propedeutiche alla realizzazione di una cassa di espansione del torrente Baganza" - Studio geologico, geotecnico e idrogeologico dell'acquifero interagente con la cassa di laminazione del torrente Baganza
- [34] DICATeA (2014) "Convenzione di ricerca per lo sviluppo di una serie di attività propedeutiche alla realizzazione di una cassa di espansione del torrente Baganza" - Relazione Geologica
- [35] DICATeA-AIPo (2013) "Realizzazione di un modello matematico della falda mirato a simulare gli effetti della presenza del lago sull'acquifero sottostante"
- [36] Petrucci et alii (1975) Il sottosuolo del comprensorio di Parma nel programma di ricerche idriche dell'I.R.S.A. nel Bacino Padano-Veneto
- [37] Petrucci et alii (1976) Osservazioni geoidrologiche nella pianura a Sud di Parma
- [38] Provincia di Parma - Servizio Ambiente, Difesa del Suolo e Tutela del Territorio (2003) Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale - B. Relazione illustrativa
- [39] Provincia di Parma - Servizio Ambiente, Difesa del Suolo e Tutela del Territorio (2008) Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale - A. Quadro conoscitivo
- [40] Provincia di Parma - Servizio Ambiente, Difesa del Suolo e Tutela del Territorio (2008) Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale - A.1 Approfondimento in materia di tutela delle acque
- [41] ARPA Regione Emilia Romagna - Servizio geologico, sismico e dei suoli - Portale cartografico (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cartografia/webgis-banchedati>)
- [42] Università degli Studi di Parma (1992) Le acque nel Comune di Parma
- [43] Vannucchi M. Studio Tecnico Professionale (2014) "Piano di sviluppo aziendale - Progetto di realizzazione di un fabbricato colonico - Azienda Agricola La Grande - Loc.S.Michele Gatti - Comune di Felino (PR)" - Relazione geologica - Relazione sismica