

PR050



Comune di Parma

PUG - Piano Urbanistico Generale

Microzonazione sismica e aspetti geologici

Relazione geologica (GEO.RG.1)

GEO.RG.1

Assunzione

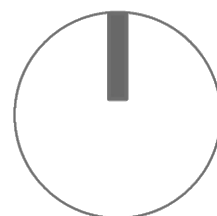
Delibera G.C. n. 241 del 12/07/2023

Adozione

Delibera C.C. n. 17 del 31/03/2025

Approvazione

Delibera C.C. n. del .../.../....



Il Piano Urbanistico Generale PR050
è stato elaborato e redatto dal
Raggruppamento Temporaneo d'Imprese
rappresentato dall'arch. Andreas Faoro -
(direttore dell'ufficio UNLAB) insieme e in
collaborazione con l'ufficio di piano del
Comune di Parma.

Sindaco:

Michele Guerra

Assessora alla Rigenerazione Urbana:

Chiara Vernizzi

Direttore e segretario generale:

Giuseppina Cruso

Dirigente del Settore pianificazione e
Sviluppo del Territorio

arch. Emanuela Montanini

Ufficio di Piano Comune di Parma

arch. Emanuela Montanini, arch. Lucia
Sartori, arch. Federica Zatti, arch.
Francesca Carluccio, dott.ssa Maria
Beatrice Corvi, arch. Antonella Fornari,
geom. Alessandra Gatti, arch. Samanta
Maccari, arch. Nicole Mariotti, arch.
Alessandro Massera, arch. Bianca Pelizza,
arch. Beatrice Peri, arch. Patrizia Rota,
ing. Devis Sbarzaglia, urb. Edy Zatta

Gruppo di lavoro incaricato

Capogruppo:

arch. Andreas Faoro (UNLAB)

RTI:

arch. Andreas Faoro (UNLAB), arch.
Carlo Santacroce arch. Piergiorgio
Tombolan (Studio Tombolan Associati),
ing. Alberto Mazzucchelli (MPMA), arch.
Luca Pagliettini (Collettivo di urbanistica),
arch. Fabio Ceci, arch. Raffaella Gambino,
arch. Federica Thomasset, arch. Paolo
Castelnovi, biol. Luca Bisogni, avv.
Roberto Ollari, geol. Francesco Cerutti
(Engeo s.r.l.)

SIT: arch. Federico Ghirardelli



Assunzione

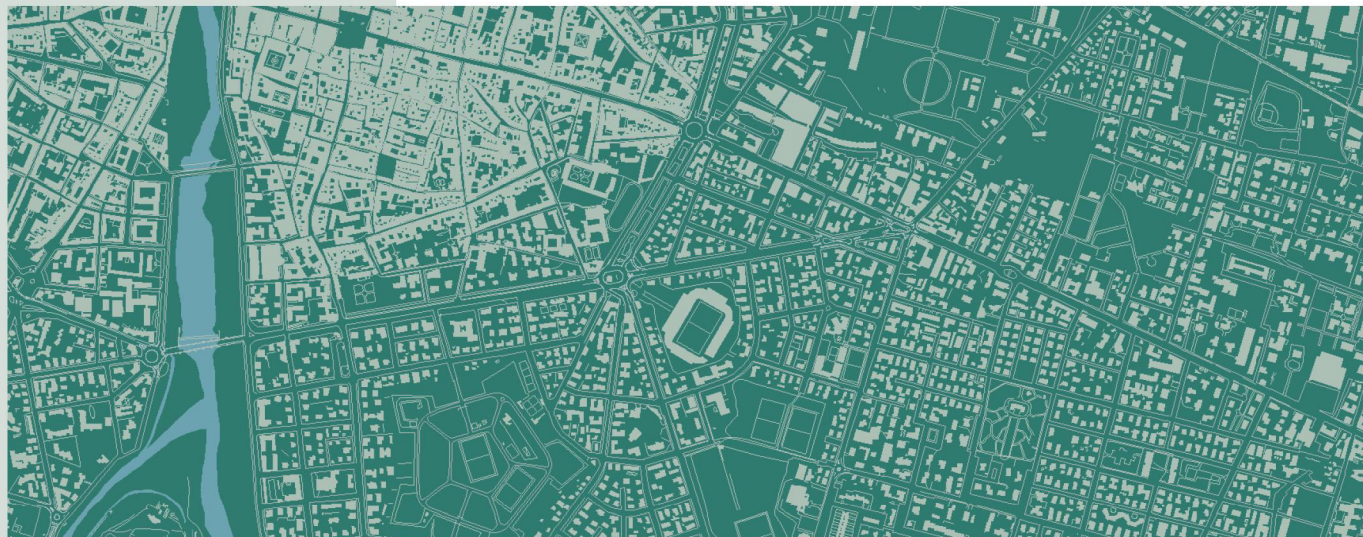
Delibera G.C. n. 241 del 12/07/2023

Adozione

Delibera C.C. n. 17 del 31/03/2025

Approvazione

Delibera C.C. n. del .../.../...



Relazione Geologica

GEO

Adozione

D.C.C. n. 13 del 14.02.2017

Controdeduzione

D.C.C. n. 64 del 23.07.2018

Approvazione

D.C.C. n. 53 del 22.07.2019

Aggiornamenti

Sindaco

Federico Pizzarotti

Assessore all'Urbanistica

Michele Alinovi

Segretario comunale

Andrea Ravagnani

Direttore del Settore Pianificazione e Sviluppo del Territorio e Dirigente del Servizio Urbanistica (*ad interim*)

Dante Bertolini

Servizio Urbanistica

Emanuela Montanini, Beatrice Peri, Lucia Sartori
con
Antonella Fornari, Alessandra Gatti, Francesca Luppi,
Samanta Maccari, Milena Mancini, Patrizia Rota
e
Tiziano di Bernardo, Costanza Barbieri,
Michela Bonini, Alessandra Gravante,
Bianca Pelizza, Federica Zatti

Coordinamento generale

† Ugo Baldini, Giampiero Lupatelli

Progetto urbanistico

Ugo Baldini, Fabio Ceci, Giampiero Lupatelli
con:
Francesco Avesani, Paolo Ghirelli, Alex Massari,
Vanessa Passalacqua, Stefano Recalcati, Matteo Salsi,
Giulio Saturni, Edy Zatta, Martina Zucconi
e
Marco Aicardi, Federico Beffa, Stefania Biagini,
Francesco Boccia, Paolo Catelli, Patrizia Chirico,
Tatiana Fontanesi, Davide Frigeri, Gabriela Galindez,
Serena Girani, Michela Michelotti, Andrea Panzavolta,
Luca Reverberi, Omar Tondelli

Val.S.A.T. - Aspetti ambientali

Giorgio Neri
con:
Davide Gerevini, Roberto Bertinelli,
Claudia Giardinà, Benedetta Rebecchi

Consulente scientifico

Richard Burdett

Grafica ed editing

Antonella Borghi

Comune di Parma

Provincia di Parma

Comune di Parma

PIANO STRUTTURALE COMUNALE (P.S.C.) 2030

Relazione Illustrativa

AMBITER s.r.l.

v. Nicolodi, 5/a 43126 – Parma tel. 0521-942630 fax 0521-942436 www.ambiter.it info@ambiter.it

DIREZIONE TECNICA

dott. Giorgio Neri

A CURA DI

dott. geo. Giorgio Neri

CODIFICA

1 2 1 2 - G E O - 0 2 / 1 8

ELABORATO

DESCRIZIONE

REL 5

Relazione Geologica

04							
03							
02	Dicembre 2018	G. Neri			G. Neri	G. Neri	Approvazione
01	Dicembre 2016	G. Neri			G. Neri	G. Neri	Emissione
REV.	DATA	REDAZIONE			VERIFICA	APPROV.	DESCRIZIONE

FILE	RESP. ARCHIVIAZIONE	COMMESSA
1212_GEO_rev_02-00.doc	GN	1212

INDICE

1	INTRODUZIONE	5
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	8
2.1	ASSETTO GEOLOGICO – STRUTTURALE.....	8
2.1.1	<i>Margine padano meridionale.....</i>	<i>9</i>
2.1.2	<i>L’Avanfossa Padana e la Piattaforma settentrionale (Monoclinale Pedevalpina).....</i>	<i>11</i>
2.2	EVOLUZIONE DEL BACINO.....	16
3	STRATIGRAFIA DEI DEPOSITI QUATERNARI.....	18
3.1	SUPERSINTEMA DEL QUATERNARIO MARINO	19
3.1.1	<i>Alloformazione del Torrente Stirone (ATS).....</i>	<i>19</i>
3.1.2	<i>Alloformazione di Costamezzana (CMZ)</i>	<i>20</i>
3.1.3	<i>Sintema del Quaternario Marino 3</i>	<i>20</i>
3.2	SUPERSINTEMA EMILIANO ROMAGNOLO	21
3.2.1	<i>Alloformazione Emiliano-Romagnola Inferiore (AEI)</i>	<i>21</i>
3.2.2	<i>Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore (AES).....</i>	<i>21</i>
3.3	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE LOCALI DI DETTAGLIO DEL COMUNE DI PARMA.....	24
3.3.1	<i>Allomembro di Villa Verucchio.....</i>	<i>25</i>
3.3.2	<i>Allomembro di Ravenna</i>	<i>26</i>
3.3.3	<i>Depositi attuali ed in evoluzione</i>	<i>28</i>
4	INQUADRAMENTO IDROSTRATIGRAFICO E IDROGEOLOGICO.....	30
4.1	IDROSTRATIGRAFIA DELL’ AREA DI STUDIO	31
4.2	ARCHITETTURA DEL BACINO IDROGEOLOGICO NELL’ AREA DI STUDIO	33
4.3	CONSIDERAZIONI IDROGEOLOGICHE	34
5	IDROGEOLOGIA DI DETTAGLIO NEL COMUNE DI PARMA	37
5.1	ASSETTO GENERALE DEGLI ACQUIFERI	37
5.1.1	<i>Gruppo Acquifero A</i>	<i>37</i>
5.1.2	<i>Gruppo Acquifero B</i>	<i>39</i>
5.1.3	<i>Gruppo Acquifero C.....</i>	<i>39</i>
5.1.4	<i>Acquitardo Basale.....</i>	<i>40</i>
5.2	CIRCOLAZIONE DELLE ACQUE SOTTERRANEE NEL GRUPPO ACQUIFERO A.....	41
5.2.1	<i>Falda a pelo libero nel complesso acquifero A₀.....</i>	<i>45</i>
5.2.2	<i>Falda in pressione nel complesso acquifero A₁.....</i>	<i>46</i>
6	VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI ALL’INQUINAMENTO	47

6.1	CARTA DELLA VULNERABILITÀ NATURALE DEGLI ACQUIFERI DELLA PIANURA PARMENSE	47
6.2	PIANO REGIONALE TUTELA ACQUE	51
6.3	NUOVA CARTA DELLA VULNERABILITÀ	53
6.3.1	<i>Zona di alimentazione dei Gruppi Acquiferi A e B</i>	<i>55</i>
6.3.2	<i>Zona di alimentazione del Gruppo Acquifero A.....</i>	<i>55</i>
6.3.3	<i>Zona di alimentazione ritardata dei Gruppi Acquiferi A e B</i>	<i>56</i>
6.3.4	<i>Zona di alimentazione ritardata del Gruppo Acquifero A.....</i>	<i>57</i>
6.3.5	<i>Zona con protezione parziale degli acquiferi principali</i>	<i>58</i>
6.3.6	<i>Zona con protezione totale degli acquiferi principali</i>	<i>59</i>
6.4	ZONE DI PROTEZIONE DEI SISTEMI ACQUIFERI	59
7	ASSETTO STRATIGRAFICO E ASPETTI GEOTECNICI	61
7.1	SUCCESSIONE STRATIGRAFICA TIPO 1	61
7.2	SUCCESSIONE STRATIGRAFICA TIPO 2	62
7.3	SUCCESSIONE STRATIGRAFICA TIPO 3	64
7.4	SUCCESSIONE STRATIGRAFICA TIPO 4	64
8	CONCLUSIONI	66
8.1	VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI	66
8.2	ASSETTO STRATIGRAFICO DEI TERRENI DI FONDAZIONE	67

FIGURE

1. Sezione schematica del bacino padano con in evidenza la piattaforma settentrionale (downwarped platform) e il margine meridionale (thrust belt) (Pieri e Groppi 1981, modificato da Ori 1993)
2. Struttura tettonica semplificata dell'Appennino settentrionale e dell'avanfossa padano - adriatica (AGIP 1983; modificato)
3. Sezione geologica della pianura parmense
4. Fasi di migrazione della Transizione Scarpata Sottomarina – Piana Bacinale dal Pliocene medio al Pleistocene medio (G. Di Dio 1998)
5. Conformazione del rilievo del sistema deposizionale della Pianura Pedemontana ad alimentazione appenninica
6. Conformazione del rilievo del sistema deposizionale della Piana alluvionale ad alimentazione appenninica
7. Schema geologico-stratigrafico e idrostratigrafico del Bacino Pleistocenico della Pianura Emiliano-Romagnola. Da "Di Dio G. (2001)
8. Sezione idrostratigrafica rappresentativa del Bacino Pleistocenico della Pianura Emiliano-Romagnola. Figura tratta dagli elaborati conoscitivi a supporto del Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna
9. Individuazione idrodinamica delle zone ove gli acquiferi principali, sfruttati per usi acquedottistici e attività produttive, sono o non sono vulnerabili dalla superficie. Modificato da "Regione Emilia-Romagna: Nuova Carta Regionale della Vulnerabilità - aspetti metodologici
10. Individuazione idrodinamica delle fasce di rispetto dei pozzi acquedottistici. Le frecce blu indicano potenziali inquinanti provenienti dalla superficie. Modificato da Conti et Al. (1999)
11. Individuazione dei piezometri – scala 1:2.000
12. Sezione geologica e individuazione dei piezometri
13. Confronto tra il livello idrometrico del T. Parma al Ponte Verdi e i livelli piezometrici della falda A₀ nel periodo ottobre 2004 - settembre 2005
14. Livello piezometrico della falda nel Complesso Acquifero A₁ (periodo novembre 2004-settembre 2005)
15. Nuova carta della vulnerabilità degli acquiferi" dell'Amministrazione provinciale di Parma
16. Zone di Protezione delle acque sotterranee: Aree di ricarica (Piano Regionale Tutela Acque)
17. Modello concettuale del complesso acquifero A₀ e dei rapporti con il complesso acquifero A₁.nel territorio comunale di Parma
18. Modello stratigrafico della zona di alimentazione dei Gruppi Acquiferi A e B
19. Modello stratigrafico della zona di alimentazione dei Gruppo Acquifero A
20. Modello stratigrafico della zona di alimentazione ritardata dei Gruppi Acquiferi A e B

21. Modello stratigrafico della zona di alimentazione ritardata del Gruppo Acquifero A
22. Modello stratigrafico della zona con protezione parziale degli acquiferi principali
23. Modello stratigrafico della zona con protezione totale degli acquiferi principali
24. Aspetto tipico della successione stratigrafica TIPO 1 e TIPO 2
25. Aspetto tipico della successione stratigrafica TIPO 3 e TIPO 4

1 INTRODUZIONE

Lo studio geologico del territorio comunale è mirato a definire le scelte localizzative compatibilmente alle potenzialità ed alla vocazione del territorio e a verificare puntualmente che i diversi processi di urbanizzazione riguardino zone geologicamente idonee, che le variazioni indotte sull'ambiente non costituiscano pericolo per gli stessi insediamenti e che queste non arrechino danni irreversibili alle risorse naturali.

Lo Studio è stato realizzato sulla base dei criteri e delle indicazioni contenute nella L.R. 24 marzo 2000 n. 24 e s.m.i. "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio" e sulla base delle disposizioni previste nella Circolare regionale 1288/83 "Indicazioni metodologiche sulle indagini geologiche da produrre a corredo dei piani urbanistici comunali".

Quali ulteriori riferimenti tecnici per la realizzazione dello studio e per la redazione degli elaborati richiesti è stato inoltre fatto specifico riferimento al D.M. 14/01/08 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", alla L.R. 30 ottobre 2008, n. 19 "Norme per la riduzione del rischio sismico" ed alla Delibera di Giunta della Regione Emilia Romagna n. 2193/2015 - "Art. 16 della L.R. n.20 del 24/3/2000. Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla deliberazione dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, n. 112".

Le previsioni del PSC in merito agli ambiti suscettibili di urbanizzazione e per gli interventi sul territorio urbanizzato devono risultare coerenti con le risultanze del quadro conoscitivo e, di conseguenza, nella Valsat deve essere contenuta una esplicita valutazione della potenziale ammissibilità degli interventi di trasformazione ipotizzati, per la non presenza di cause escludenti e per la conformità delle previsioni agli eventuali fattori limitanti.

Inoltre, sempre in via di prima applicazione, si richiama l'esigenza che il POC sia corredato dalle analisi di ammissibilità degli interventi pianificati, secondo quanto già richiesto per la relazione geologica – così come previsto dal punto C.3 della Circolare 1288/1983.

Lo studio geologico che accompagna il Piano Strutturale Comunale (PSC) provvede quindi ad un'attenta ricostruzione dell'assetto stratigrafico del territorio comunale, indispensabile per la valutazione della vulnerabilità dell'ambiente idrico sotterraneo e per le prime valutazioni di compatibilità geologico-geotecnica dei nuovi insediamenti.

Occorre in proposito evidenziare che la tutela delle risorse idriche è uno dei principali obiettivi dichiarati come strategici dalla pianificazione sovraordinata (Piano Territoriale Regionale – PTR, Piano Territoriale Paesistico Regionale – PTPR, Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale - PTCP, Agenda 21 della Provincia di Parma, Piano di Tutela Acque - PTA).

Lo studio ha quindi posto particolare attenzione alla determinazione della vulnerabilità degli acquiferi attraverso l'idrostratigrafia, ossia quella branca della geologia che studia l'architettura dei Bacini Idrogeologici con la definizione e la mappatura delle unità idrostratigrafiche.

In particolare si è ricorsi alla metodologia, utilizzata dalla Regione Emilia Romagna e dall'ENI-AGIP (1998), per lo studio delle *“Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna”* (G. Di Dio 1998).

L'approccio metodologico è così riassumibile:

1. definizione e mappatura delle unità geologiche affioranti nel Comune di Parma;
2. analisi della notevole fonte di profili stratigrafici presenti nel territorio comunale, relativi a pozzi per acqua, sondaggi a carotaggio continuo ed altre indagini geognostiche;
3. ricostruzione della struttura del sottosuolo attraverso 5 sezioni idrostratigrafiche tratte dagli studi originali del Servizio Geologico e del Servizio Tecnico dei Bacini Taro e Parma della Regione Emilia-Romagna;
4. individuazione dei Gruppi Acquiferi, dei Complessi Acquiferi, dei Sistemi Acquiferi e dei Sistemi Acquitardi, basandosi sul concetto di Unità Idrostratigrafiche-sequenziali (Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP, 1998);
5. definizione dei sedimenti depositati dal Fiume Po e dai suoi affluenti negli ultimi 20.000 anni, contenenti Sistemi Acquiferi quasi sempre freatici, di scarsa estensione e potenzialità (Complesso Acquifero Superficiale o A0), che rappresentano il manto di copertura dei sistemi acquiferi economicamente sfruttabili ed intercettati dai molteplici pozzi ad uso acquedottistico, industriale, irriguo, ecc.;
6. ricostruzione spaziale del cosiddetto “Complesso Acquifero Superficiale” o “A0” con individuazione dei sistemi acquiferi e dei sistemi acquitardi;
7. valutazione dei rapporti esistenti tra i sistemi acquiferi ed acquitardi del Complesso Acquifero Superficiale con i sistemi acquiferi ed acquitardi delle unità idrostratigrafiche più profonde.

L'approccio metodologico descritto, ed in particolare la valutazione dei rapporti stratigrafici, ha permesso quindi di definire e ricostruire in dettaglio la vulnerabilità naturale degli acquiferi sfruttabili, che si estendono ad oltre 20 metri dal profilo topografico, intercettati da quasi tutti i pozzi idrici ad uso idropotabile e non.

La mappatura delle aree vulnerabili e poco vulnerabili, nella cosiddetta “Carta della vulnerabilità”, riveste un ruolo fondamentale per indirizzare le scelte di sviluppo economico ed urbanistico nel rispetto e tutela dell'importante patrimonio di acque dolci contenute nel sottosuolo.

La ricostruzione dell'assetto stratigrafico dei terreni ha permesso di definire a grande scala le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche del territorio comunale; in particolare sono state individuate macroaree con caratteristiche geotecniche omogenee.

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'assetto fisico del territorio del Comune di Parma ha seguito le sorti della pianura padana, nel corso della sua storia evolutiva.

Dal Cretaceo (circa 100 MA) fino ai giorni nostri la regione padana è stata soggetta ad alterne fasi di compressione e stasi tettoniche, instaurate dalle interazioni tra la microplacca dell'Arco Appenninico Settentrionale e la microplacca Adriatica.

Solamente durante il Miocene, a seguito di un importante ciclo tettonico noto come "Fase Toscana" (ABBATE E. SAGRI M. 1991), posteriormente alla collisione continentale tra le placche Corso – Sarda ed Adriatica (Eocene medio), si venne a delineare, a nord e ad est degli accavallamenti e duplicazioni crostali in corso di strutturazione, relativi alla formazione della neo catena Appenninica, il bacino perisuturale padano – adriatico (Bally e Snelson 1980).

All'inizio del Pliocene (circa 5,3 MA) la parte di bacino, oggi nota come pianura padana (propaggine occidentale del Mare Adriatico), costituiva un grande golfo invaso dalle acque marine, limitato a nord dalle Alpi, a sud-ovest dagli Appennini e a nord-est dalle Dinaridi (Catena montuosa della Jugoslavia).

Tale bacino, sotto l'azione delle spinte orogenetiche, era gradualmente ridotto dalla traslazione verso nord/nord-est dalle falde di ricoprimento tettonico dell'Appennino settentrionale.

Nell'epoca quaternaria, successivamente al pleistocene medio, la crescente estensione di terre emerse e soggette ad erosione consentì ai corsi d'acqua alpini ed appenninici di colmare di sedimenti il bacino padano conferendone l'attuale assetto e morfologia.

2.1 Assetto geologico – strutturale

Il bacino perisuturale padano è suddivisibile in due domini con differente comportamento cinematico:

- margine padano meridionale caratterizzato da sovrascorrimenti, faglie, duplicazioni e pieghe;
- piattaforma settentrionale (Monoclinale pedealpina) debolmente immergente verso sud, il cui settore meridionale situato in posizione assiale depocentrale rispetto al bacino padano medesimo è definito Avanfossa Padana.

Entrambi i suddetti domini sono sepolti da sedimenti marini pliocenici e pleistocenici e sedimenti continentali pleistocenici ed olocenici (Fig. 1).

Le strutture tettoniche presenti nella piattaforma settentrionale e nel margine meridionale, come manifestato dai recenti terremoti, sono sismicamente attive, a testimonianza che il processo orogenetico delle Alpi e degli Appennini è tuttora attivo.

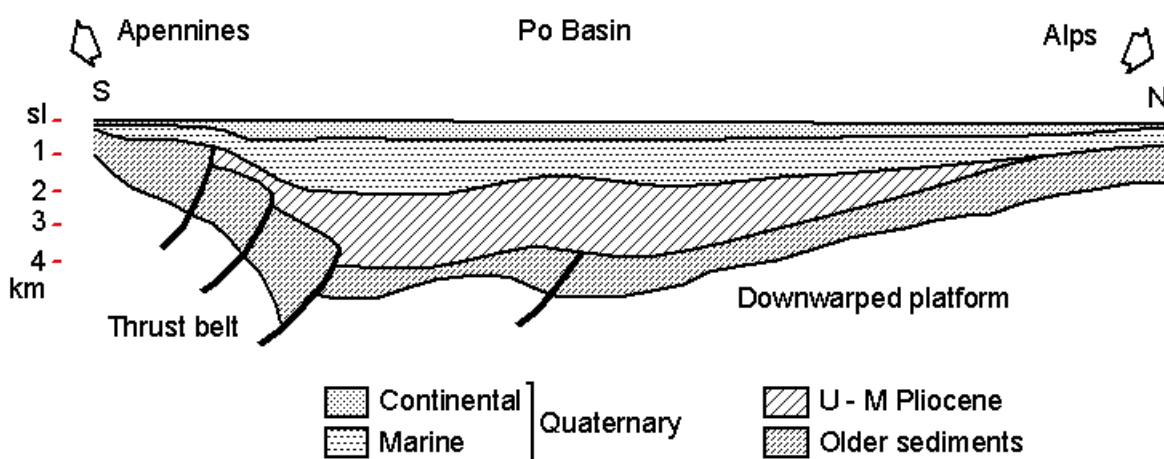


Figura 1: Sezione schematica del bacino padano con in evidenza la piattaforma settentrionale (downwarped platform) e il margine meridionale (thrust belt) (Pieri e Groppi 1981, modificato da Ori 1993).

2.1.1 Margine padano meridionale

Il margine padano meridionale è di tipo “complesso” (secondo Ricci Lucchi, 1986), perché interessato da sovrascorrimenti, faglie, duplicazioni, pieghe e bacini che si estendono da est ad ovest interessando per intero la pianura emiliana romagnola (Fig. 2).

In particolare nel sottosuolo antistante il margine morfologico dell'Appennino settentrionale, dal Piemonte meridionale fino al limite orientale della Romagna, seguendo poi l'allineamento Appennini – Mare Adriatico, sono presenti, a livello delle formazioni mesozoiche e mio-plioceniche (sepolte quindi da una più o meno spessa coltre alluvionale quaternaria), due serie principali di thrusts a sviluppo sequenziale frontale.

Essi costituiscono due sistemi di grandi pieghe asimmetriche con andamento anticlinalico (Fig. 3), formatesi attraverso molteplici faglie inverse e sovrascorrimenti, immergenti verso sud/sud-ovest con inclinazioni comprese tra i 15° e i 30°, che racchiudono un bacino satellite ad esse parallelo.

In letteratura geologica queste zone di scollamento tettonico sono note come “External Thrust Front” (ETF), sull'allineamento di Cremona – Parma – Reggio Emilia – Correggio (RE) – Mirandola (MO) – Ferrara e Ravenna, e “Pedeappenninic Thrust Front” (PTF), lungo il margine morfologico dell'Appennino Settentrionale.

Da nord a sud il margine padano meridionale è quindi caratterizzato dalle seguenti strutture:

1. External Thrust Front (ETF): alto strutturale (involuppo delle rampe frontali dei *thrust* sepolti) che esprime la zona di confine tra la Monoclinale pedealpina¹, che si apre in direzione nord a partire dal fronte settentrionale dell'alto strutturale medesimo, e la regione "Apennines" (zolla Corso - Sarda) a sud;
2. bacino minore o satellite: depressione racchiusa a nord dall'alto strutturale dell'ETF e a sud dalle strutture embricate del PTF; si estende in zona antistante al margine morfologico dell'Appennino emiliano romagnolo con allungamento in direzione ovest/nord-ovest ed est/sud-est, presentandosi con geometrie non costanti che esprimono settori strutturalmente svincolati tra loro in relazione all'andamento planimetrico delle strutture sepolte associate all'External Thrust Front" (ETF) e al Pedepenninic Thrust Front (PTF);
3. Pedepenninic Thrust Front (PTF); esprime la zona di confine tra il margine morfologico appenninico e il suddetto bacino satellite.

Le suddette strutture sono l'espressione della collisione tettonica tra la microplacca dell'Arco Appenninico Settentrionale e la microplacca Adriatica. Le deformazioni formatesi e la parziale subduzione della microplacca adriatica sotto quella dell'Arco Appenninico Settentrionale sono causate dalle spinte nord-est vergenti, impresse dal movimento di convergenza tra la zolla africana ed europea a seguito dell'estensione dell'Oceano Atlantico (Livemore e Smith 1985).

L'External Thrust Front è suddiviso in tre margini planimetricamente arcuati, denominati da ovest verso est "Piemonte Folds", "Emilia Folds" e "Ferrara Folds" (Fig. 2). A sud delle "Ferrara Folds", si estendono altri sistemi di thrust, sempre associati al meccanismo di deformazione delle precedenti, noti come "Romagna Folds" e "Adriatico Folds".

L'External Thrust Front è quindi caratterizzato da una serie di strutture ad arco, concave verso sud, che si raccordano in due zone di incrocio (Pavia e Reggio Emilia), dove il fronte appare notevolmente arretrato (Fig. 2). Questo assetto strutturale è probabilmente dovuto alla presenza, nella crosta superiore padana, di zone con maggiore rigidità che hanno impedito lo scollamento delle successioni mesozoiche e terziarie dal basamento sottostante, bloccando in tal modo la traslazione verso nord (Bernini e Papani, 1987).

Le principali cause sono imputabili alle manifestazioni magmatiche effusive, subvulcaniche ed epiplutoniche del Paleozoico, Trias medio e Terziario (in parte accertate nei pozzi profondi AGIP), verosimilmente responsabili delle maggiori anomalie magnetiche positive della Pianura Padana (Bolis et al., 1981).

Le anomalie risultano, infatti, in larga misura coincidenti con le porzioni più arretrate dell'External Thrust Front e delle zone di incrocio fra gli archi. In particolare l'anomalia presente a sud del Lago di

¹ L'avanfossa (Dennis 1967) antistante al sistema progradante della falde tettoniche di ricoprimento appenniniche.

Garda, estesa dal Mantovano fino alla pianura parmense e reggiana, corrisponde alla zona di incrocio tra Emilia Folds” e “Ferrara Folds”, mentre l'anomalia presente nella zona di Pavia, estesa nella pianura pavese e allessandrina, corrisponde alla zona di incrocio tra “Emilia Folds” e “Piemonte Folds”.

Il Pedepenninic Thrust Front è invece costituito da un margine discontinuo, planimetricamente parallelo al limite morfologico dell'Appennino settentrionale, segmentato da faglie trasversali, coincidenti con alcuni dei principali corsi d'acqua (Stirone, Taro, Enza, ecc.). Si tratta di una serie di thrusts e duplicazioni crostali che hanno determinato il sollevamento e il basculamento dei depositi affioranti nella fascia pedeappenninica.

Le faglie trasversali al Pedepenninic Thrust Front sono inoltre all'origine della suddivisione dell'Appennino settentrionale in settori a differente comportamento tettonico, responsabili altresì della traslazione differenziale dei vari settori dell'Appennino settentrionale come appunto testimoniano le rientranze del margine appenninico tra il F. Taro e il T. Enza e tra i F. Panaro e il F. Reno.

2.1.2 L'Avanfossa Padana e la Piattaforma settentrionale (Monoclinale Pedealpina)

A nord della città di Parma si estendono in successione l'Avanfossa Padana e la Monoclinale Pedealpina, interessando interamente la bassa pianura parmense e la pianura lombardo – veneta, fino al margine morfologico Prealpino. Il limite meridionale dell'Avanfossa Padana è rappresentato dall'alto strutturale noto come External Thrust Front (ETF).

L'Avanfossa Padana costituisce la parte depocentrale del Bacino Padano, ove si trovano accumulati, con giacitura pressochè orizzontale, quasi duemila metri di depositi quaternari marini e continentali (Fig. 1).

La Monoclinale Pedealpina, situata a nord del precedente dominio, è rappresentata invece da una piattaforma generalmente regolare, debolmente immergente verso sud e interrotta solamente da un'estesa anomalia strutturale nota come Sistema Verona - Brescia e da altre secondarie a scala provinciale come le strutture di Piadena, Sanguinetto e Mantova.

Il sistema Verona Brescia si estende nel sottosuolo della pianura lodigiana, bresciana e veronese, a livello delle formazioni mesozoiche e mio-plioceniche (sepolte quindi da una spessa coltre alluvionale quaternaria). E' costituito da una serie di thrusts a sviluppo sequenziale a ritroso, contrapponendosi al sistema strutturale di tipo frontale dell'External Thrust Front e del Pedepenninic Thrust Front, ed è rappresentato da un sistema di grandi pieghe asimmetriche con andamento anticlinalico, formatesi attraverso molteplici faglie inverse e sovrascorimenti, immergenti verso nord nord/ovest con inclinazioni comprese tra i 15° e i 30°.

Il sistema Verona - Brescia costituisce quindi un alto strutturale direttamente congiunto con la linea delle Giudicarie (linea di sutura della catena alpina).

Connessa al sistema Verona - Brescia c'è anche la faglia di Verona, situata a nord est dell'omologo centro abitato e impostata circa in corrispondenza del margine morfologico dei M. Lessini. Si tratta di una struttura verticale orientata nord-ovest e sud-est e responsabile dei maggiori rilasci sismici nella storia del bacino padano.

La struttura di Mantova è caratterizzata da un sistema di faglie verticali situate a nord dell'omologo centro abitato e orientate generalmente est-ovest. Esse sono all'origine della formazione del lago di Mantova e del gomito del F. Mincio.

La struttura di Piacenza è situata sull'asse dell'omologo centro abitato orientata nord-ovest e sud-est. E' costituita da un thrusts a sviluppo sequenziale frontale, rappresentato da una piega asimmetrica con andamento anticlinalico, formatasi attraverso una faglia inversa, immergente verso sud-ovest con inclinazioni comprese tra i 15° e i 30°.

La struttura di Sanguinetto è caratterizzata infine da un sistema di faglie verticali situate a cavaliere tra la pianura mantovana e veronese. Esse presentano un'orientazione generalmente nord-ovest e sud-est.

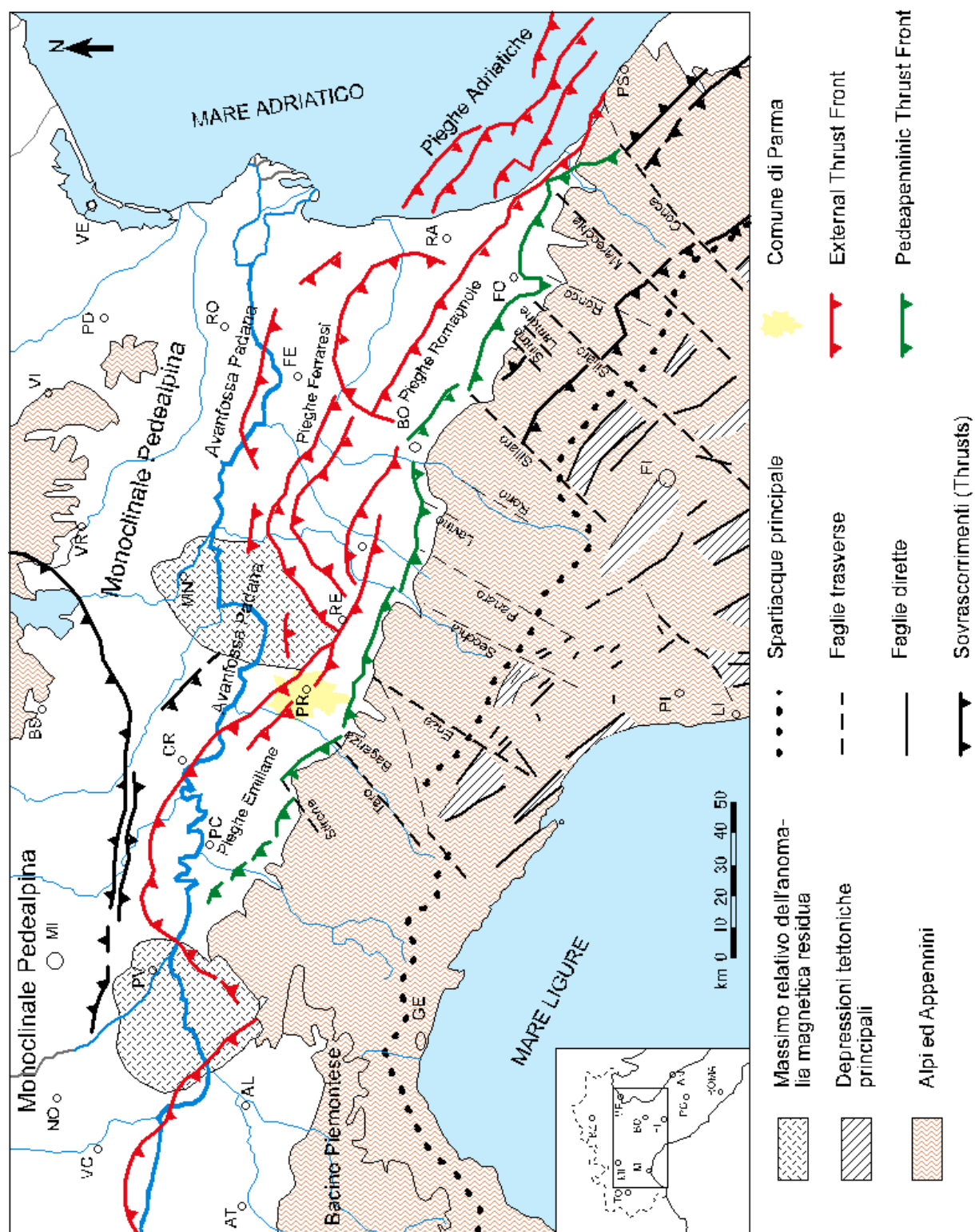


Figura 2: Struttura tettonica semplificata dell'Appennino settentrionale e dell'avanfossa padano - adriatica (AGIP 1983; modificato).

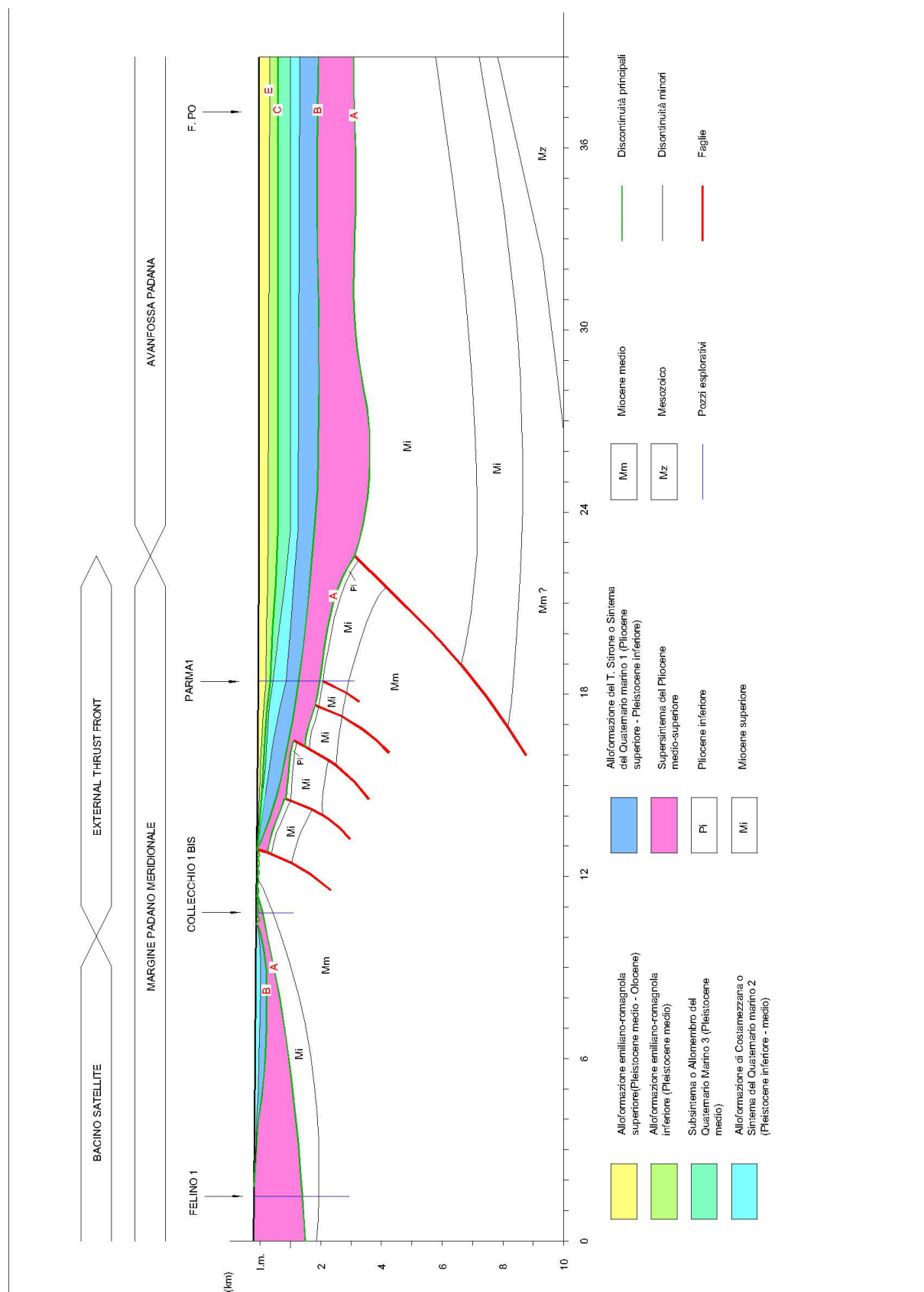


Figura 3: Sezione geologica della pianura parmense (traccia in Fig. 4) - Pieri e Groppi (1981 - modificato).

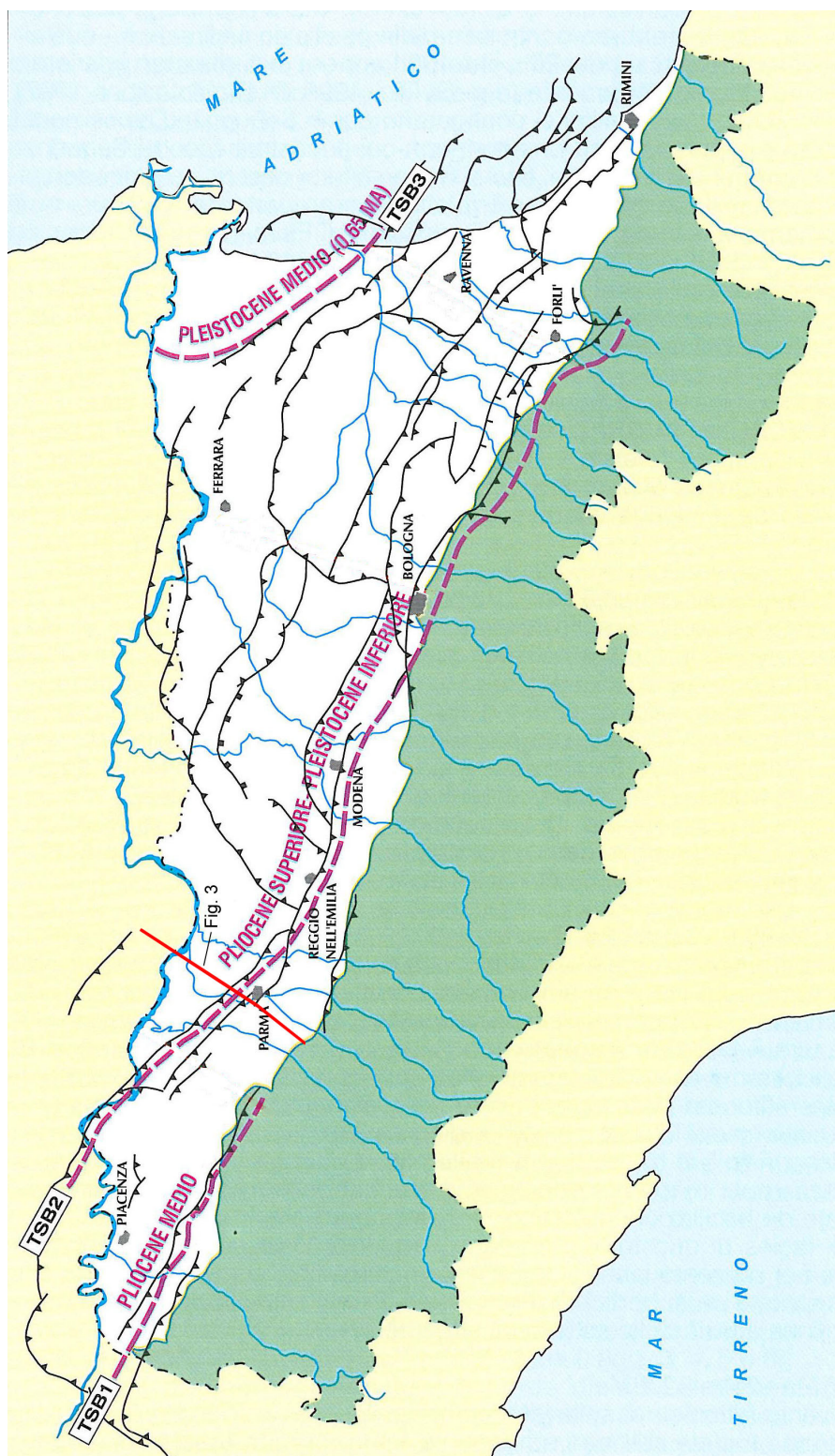


Figura 4: Fasi di migrazione della Transizione Scarpata Sottomarina – Piana Bacinale dal Pliocene medio al Pleistocene medio (G. Di Dio 1998)

2.2 Evoluzione del bacino

Nel sottosuolo dell'Emilia-Romagna, il riempimento del bacino marino ed il passaggio alla sedimentazione continentale non avvengono in maniera continua e progressiva, ma sono il risultato di eventi tettonico-sedimentari "parossistici", separati nel tempo da periodi di forte subsidenza bacinale e movimenti ridotti delle strutture compressive.

Nelle fasi di attività tettonica si hanno i seguenti effetti:

- sollevamenti regionali che coinvolgono principalmente le zone di margine del bacino;
- la modificazione delle geometrie del bacino e delle condizioni di sedimentazione;
- la segmentazione della zona di margine bacinale per mezzo di faglie e superfici di scorrimento;
- la formazione di superfici di erosione, con estensione regionale, sui margini del bacino e sulle strutture sepolte;
- la migrazione della Zona di Transizione Scarpata sottomarina - Piana Bacinale (TSB)² e conseguentemente quella del depocentro bacinale.

Nell'intervallo di tempo tra un evento tettonico di sollevamento regionale e quello successivo si assistono invece ad importanti fenomeni di subsidenza con notevole sviluppo della sedimentazione, soprattutto per progradazione dei prismi di accezione, in corrispondenza dei margini di bacino.

La complessa evoluzione del Bacino Perisuturale Padano, nelle età che vanno dal Pliocene inferiore all'attuale, può essere riassunta in sette fasi salienti (Di Dio et. al. 1998) rappresentate graficamente nelle Figg. 3 e 4.

1. Zancleano superiore – Piacenziano inferiore (da -3,9 a -3,6 - 3,3 Ma). Evento tettonico di sollevamento regionale che provoca un'importantissima regressione forzata nell'area piemontese sud-orientale e la rapida progradazione della Zona di Transizione Scarpata sottomarina – Piana Bacinale (TSB1 v. Fig. 4) fin sul fronte dell'allineamento strutturale Rivergaro - Salsomaggiore, lasciando alle spalle (Provincia di Piacenza e Pavia) un prisma sedimentario fluvio-deltizio, progradante, sormontato sul Margine da un'estesa superficie subaerea d'erosione e/o non deposizione (linea A, Fig. 3). In Provincia di Parma si assiste invece alla sedimentazione delle Argille Azzurre o Argille di Lugagnano ampiamente affioranti lungo il margine appenninico.
2. Piacenziano – Gelasiano inferiore (da -3,6 - 3,3 a -2,4 Ma). Subsidenza bacinale e quiescenza tettonica relativa inducono una rapida aggradazione e un ampliamento delle aree deposizionali sulla superficie di erosione, formatasi in precedenza sul Margine Appenninico Padano (linea A, Fig. 3). Depositi deltizi e costieri, di provenienza appenninica, si sviluppano sulla superficie di

² La TSB è definita in sismica come il punto in cui i riflettori clinoformi della scarpata sottomarina si raccordano alla base con i riflettori piano-paralleli della piana bacinale. Generalmente corrisponde con il margine del bacino.

- discontinuità originando il Supersistema del Pliocene medio-superiore affiorante nel territorio di Piacenza Provincia. In Provincia di Parma si assiste ancora alla sedimentazione delle Argille Azzurre o Argille di Lugagnano ampiamente affioranti lungo il margine appenninico.
3. Gelasiano inferiore – Pleistocene inferiore (da -2,4 a -1,7 Ma). Evento tettonico di sollevamento regionale che provoca un'importante regressione forzata nell'area emiliana. La Zona di Transizione Scarpata sottomarina – Piana Bacinale (TSB2 v. Fig. 4) prograda rapidamente fin sul fronte dell'allineamento strutturale Cortemaggiore - Fontevivo - Reggio Emilia - Modena - Somaglia – Castrocara (attuale External Thrust Front - ETF), lasciando alle spalle un prisma sedimentario fluvio-deltizio, progradante, sormontato sul Margine da un'estesa superficie subaerea d'erosione e/o non deposizione (linea B, Fig. 3). In Provincia di Parma si chiude la sedimentazione delle Argille Azzurre o Argille di Lugagnano attraverso la suddetta superficie subaerea (linea B) per poi iniziare con contatto basale netto e discordante la sedimentazione dell'Alloformazione del T. Stirone.
 4. Pleistocene inferiore – Pleistocene medio (da -1,7 a -0,9 Ma). Subsidenza bacinale e quiescenza tettonica relativa inducono una rapida aggradazione e un ampliamento delle aree deposizionali sulla superficie di erosione formatasi in precedenza sul Margine Appenninico Padano (linea B, fig. 3). Depositi fluvio-deltizi, marino-marginali e di piattaforma, di provenienza appenninica, danno origine all'Alloformazione del T. Stirone e all'Alloformazione di Costamezzana. La superficie erosiva di separazione (contatto netto e discordante) tra le suddette alloformazioni è contrassegnata da una ridotta fase sintettonica risalente a circa 1 Ma fa.
 5. Pleistocene medio (da -0,9 a -0,8 Ma). Evento tettonico di sollevamento regionale che provoca la più importante regressione forzata del margine padano. La Zona di Transizione Scarpata sottomarina – Piana Bacinale (TSB2 v. Fig. 4) prograda rapidamente fin sul fronte dell'allineamento strutturale noto come "Dorsale Ferrarese", lasciando alle spalle un prisma sedimentario fluvio-deltizio, progradante, sormontato sul Margine da un'estesa superficie subaerea d'erosione e/o non deposizione (linea C, fig. 3). Depositi grossolani di fronte deltizio e costieri danno origine al Sistema del Quaternario Marino 3.
 6. Pleistocene medio (da -0,80 a -0,45 Ma). Forte subsidenza bacinale e quiescenza tettonica relativa inducono una rapida aggradazione sedimentaria nell'area di pianura attuale, e la contemporanea trasgressione della superficie di erosione formatasi in precedenza sul Margine Appenninico Padano (linea C, fig. 3.). Depositi di piana alluvionale e conoide distale, di alimentazione appenninica, corrispondenti a questa fase, affiorano in modo discontinuo in Emilia, tra i torrenti Arda e Panaro (Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore). Verso la fine di questo periodo si verifica un evento minore di sollevamento delle strutture compressive appenniniche; esso è registrato in affioramento da una superficie di discontinuità erosiva (linea E, fig. 3), che, solitamente, separa i depositi di piana alluvionale e conoide distale, citati in precedenza, dai

depositi di conoide prossimale sovrastanti. Tale superficie, tracciata in sismica, risulta particolarmente evidente in corrispondenza dei principali fronti strutturali sepolti.

7. Pleistocene medio - attuale (da -0,45 all'attuale). Prosegue la forte subsidenza bacinale e la quiescenza tettonica relativa dello stadio evolutivo precedente. Nell'intervallo tra circa 200.000 e circa 100.000 anni fa, l'ampliamento delle aree deposizionali raggiunge la massima espansione sulle superfici di erosione del Margine (linea E, fig. 3). Depositi di conoide alluvionale, appartenenti a questa fase, affiorano in modo continuo lungo tutto il Margine Appenninico (Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore); depositi di piana alluvionale, deltizi e costieri, coevi dei precedenti, aggradano nelle aree di pianura attuali. Successivamente, in corrispondenza delle strutture del Margine, si verificano sollevamenti tettonici minori con spostamenti significativi verso valle delle cerniere strutturali che causano la fine della trasgressione e l'inizio del terrazzamento alluvionale.

3 STRATIGRAFIA DEI DEPOSITI QUATERNARI

I depositi, nel territorio Comunale di Parma, interessati dalle opere di fondazione di edifici ed infrastrutture o dai pozzi per il prelievo delle acque, sono contraddistinti da una potente successione terrigena del Quaternario.

A scala padana la successione quaternaria ha carattere regressivo, con sabbie e peliti torbiditiche alla base, seguite da un prisma sedimentario fluvio-deltizio, progradante, ricoperto al tetto da depositi continentali. Nei profili sismici si riconoscono due direzioni di progradazione: la prima, assiale, est-vergente, originata dal paleodelta del Po; la seconda, trasversale, nordest-vergente, originata dai sistemi deltizi ad alimentazione appenninica.

Le unità stratigrafiche definite e utilizzate nel presente studio rientrano nella classe delle Sequenze Deposizionali sensu Mitchum et Al. (1977). Dal punto di vista gerarchico si distinguono 2 Sequenze Principali (Supersintemi, secondo la terminologia delle U.B.S.U.) denominate come segue:

- Supersintema del Quaternario Marino, costituito da depositi di ambiente marino;
- Supersintema Emiliano-Romagnolo, costituita da depositi di ambiente continentale.

Il Supersintema del Quaternario Marino può essere ulteriormente suddiviso in 3 cicli progradazionali (dal più antico al più recente):

- Alloformazione del Torrente Stirone (Qm1) – (Pliocene superiore - Pleistocene inferiore);
- Alloformazione di Costamezzana (Qm2) - (Pleistocene inferiore – medio);
- Allomembro del Quaternario Marino 3 (Qm3) - (Pleistocene medio).

Il Supersistema del Emiliano Romagnolo può essere ulteriormente suddiviso in 2 sistemi principali (dal più antico al più recente):

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

3.1 Supersistema del Quaternario Marino

Il Supersistema del Quaternario Marino, sedimentato tra il Pliocene superiore e il Pleistocene inferiore, è costituito da terreni paralici e marini depositi al di sopra di una superficie di discontinuità regionale, in corrispondenza del margine padano meridionale (v. Fig. 3), e di una superficie di continuità in corrispondenza dell'avanfossa padana e della monoclinale pedemontana³ (v. Fig. 3).

3.1.1 Alloformazione del Torrente Stirone (ATS)

L'Alloformazione del Torrente Stirone (Sistema del Quaternario Marino 1) è costituita da depositi paralici e marini composti da due litofacies in parte eteropiche. Il limite basale è netto e discordante con il Supersistema del Pliocene Medio-Superiore o con altri domini tettonici.

Il limite basale è marcato dalla presenza di un livello calcarenitico di spessore plurimetrico ("calcarenite fossilifera"), rappresentante uno strato guida nei profili sismici; è interpretato come deposito residuale corrispondente alla migrazione dell'antica linea di costa al di sopra della superficie di inconformità basale del Supersistema del Quaternario Marino (Di Dio et al. 1997).

Lo spessore dell'Alloformazione del Torrente Stirone varia da poche decine a circa 1200 metri.

1. Litofacies ATSB: litofacies prevalentemente sabbiosa, localmente associata a ghiaie e peliti fossilifere. Le sabbie sono organizzate in corpi plurimetrici, di notevole estensione laterale, costituiti da strati sabbiosi, gradati e amalgamati e da strati sabbiosi con laminazione piano parallela e hummocky. Sono comuni i livelli ricchi di resti conchigliari. Talora si incontrano corpi ghiaioso-sabbiosi con tessitura ben selezionata, che mostrano strutture di embriciatura e laminazione obliqua. Questi corpi sono intercalati da livelli pelitici o sabbioso pelitici di spessore decametrico: depositi paralici e di fronte deltizio. Lo spessore massimo della litofacies ATSB è di diverse decine di metri.
2. Litofacies ATSA: litofacies prevalentemente fine, costituita da peliti sovente bioturbate e con presenza di fossili marini. Si intercalano strati sottili di sabbie fini, gradati, talvolta con detrito conchigliare alla base e con laminazione piano-parallela oppure di tipo hummocky.

³ Al passaggio tra i due domini tettonici la definizione di Allogruppo Quaternario Marino decade a favore della Sequenza Deposizionale sensu Mitchum et Al. (1977).

Eccezionalmente, intercalati alle peliti, si possono rinvenire livelli con ghiaie e ciottoli in matrice pelitica: depositi di prodelta, piattaforma e scarpata sottomarina. Lo spessore massimo della litofacies a è di circa 420 metri a sud-ovest dell'allineamento Stradella – Corcagnano, mentre esso supera i 1200 metri in corrispondenza della città di Parma.

3.1.2 Alloformazione di Costamezzana (CMZ)

L'Alloformazione di Costamezzana (Sintema del Quaternario Marino 2) è costituita grossolanamente da 3 associazioni di facies, sovrapposte ciclicamente e giustapposte, che individuano, nel complesso, un prisma sedimentario costiero con tendenza regressiva e progradante verso nord, nord-ovest:

1. depositi prossimali di delta-conoide: sabbie e ghiaie argillose in strati spessi, frequentemente gradati e amalgamati, con intercalati livelli argillosi sottili, discontinui, biancastri, sterili, alternate a banconi argilloso-limosi con livelli ricchi in resti vegetali lignitizzati;
2. depositi lagunari: sabbie medio-fini in strati sottili e medi con laminazione piano-parallela oppure di tipo hummocky, intercalate a limi argillosi verdi, debolmente bioturbati, contenenti talora macrofaune oligotipiche;
3. depositi di delta-conoide ad alta energia fluviale e marina: sabbie, sabbie ghiaiose e subordinatamente ghiaie ciottolose in strati massivi o con una gradazione diretta poco sviluppata e comunque sovente mascherata dalle frequenti amalgamazioni tra strati successivi che possono inglobare clasti pelitici di dimensioni anche metriche. Frequenti anche la stratificazione obliqua a grande scala e le laminazioni trattive. La matrice delle ghiaie è costituita sempre da sabbia medio grossolana.

Lo spessore complessivo varia da 0 a 400 m circa. Il contatto di base è erosivo o netto e discordante sull'Alloformazione del Torrente Stirone o sul Supersintema del Pliocene Medio-Superiore.

3.1.3 Sintema del Quaternario Marino 3

Il Sintema del Quaternario Marino 3 è rappresentato da un prisma sedimentario costiero con tendenza regressiva e progradante verso nord, nord-ovest. Si tratta di limi sabbiosi in strati spessi e molto spessi con intercalazioni sabbiose, d'ambiente litorale; in subordine da ghiaie solitamente alterate, in corpi discontinui a geometria lenticolare, d'ambiente deltizio con locale sviluppo di livelli torbosi e da limi argillosi d'ambiente lagunare.

3.2 Supersintema Emiliano Romagnolo

Il Supersintema Emiliano Romagnolo, depostosi a partire da circa 800.000 anni BP, è costituito da terreni continentali, sedimentati al di sopra di una superficie di discontinuità regionale, in corrispondenza del margine padano meridionale (v. Fig. 3), e di una superficie di continuità in corrispondenza dell'avanfossa padana e della monoclinale pedealpina⁴ (v. Fig. 3).

L'unità è suddivisa in due Sintemi: Sintema Emiliano Inferiore e Sintema Emiliano Superiore.

3.2.1 Alloformazione Emiliano-Romagnola Inferiore (AEI)

L'Alloformazione Emiliano-Romagnola Inferiore (AEI), depostosi probabilmente tra circa 800.000 e 450.000 anni BP (Pleistocene medio), è un'unità sedimentata in ambiente di piana alluvionale durante un prolungato periodo di subsidenza regionale.

Il contatto di base è netto e discordante, talora erosivo, sull'Allogrupo Quaternario Marino.

La successione stratigrafica è caratterizzata da limi e limi argillosi prevalenti di colore grigio-azzurro, talora con screziature giallo-ocracee di ossidazione, con intercalazioni ghiaiose le quali, in corrispondenza dei paleo-apparati fluviali principali (Taro, Baganza, Parma) possono diventare predominanti. Sono frequenti i livelli ricchi in sostanza organica (prevalentemente frustoli carboniosi) e con presenza di gasteropodi continentali: depositi di piana alluvionale e localmente di conoide alluvionale distale.

Nel bacino satellite interno lo spessore del Sintema Emiliano Inferiore è compreso tra 10 e 90 m circa; in corrispondenza della zona di alto strutturale (ETF) il Sintema Emiliano Inferiore è quasi sempre completamente eroso mentre a Nord della stessa aumenta rapidamente di spessore. In corrispondenza di Parma ad esempio presenta una potenza di circa 250 m.

3.2.2 Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore (AES)

L'Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore è un'Unità alluvionale prevalentemente grossolana, di età Pleistocene medio – Olocene.

Il limite di tetto è rappresentato dalla superficie topografica, mentre il contatto di base è netto e discordante sull'Alloformazione Emiliano-Romagnola Inferiore e su tutte le altre unità più antiche.

L'Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore è suddivisa in cinque allo membri che dal più recente a quello più antico sono:

⁴ Al passaggio tra i due domini tettonici la definizione di Supesintema o Allogrupo decade a favore della Sequenza Deposizionale sensu Mitchum et Al. (1977).

1. Allomembro di Ravenna (AES8)⁵: Pleistocene superiore - Olocene; post circa 20.000 anni B.P;
2. Allomembro di Villa Verucchio (AES7)⁶: Pleistocene superiore;
3. Allomembro di Agazzano (AES3) (Pleistocene medio): Ghiaie e ghiaie sabbioso-argillose prevalenti: depositi alluvionali intravallivi e di conoide ghiaiosa; sabbie e limi argillosi, con subordinati livelli di ghiaie, localmente stratificati: depositi di interconoide. I depositi intravallivi sono generalmente costituiti da un intervallo basale con ghiaie prevalenti, sovrastato da un intervallo fine, limoso-argilloso. I depositi di conoide ghiaiosa, distali, invece, presentano comunemente un livello fine di spessore metrico alla base dell'unità. Spessore variabile da alcuni metri a 30 metri (nel sottosuolo della pianura);
4. Allomembro di Maiatico (AES2) (Pleistocene medio): Unità costituita da cicli positivi plurimetrici, stratigraficamente giustapposti, formati da un intervallo basale grossolano a ghiaie clasto-sostenute, con matrice sabbioso-limosa, e da un intervallo superiore prevalentemente fine, massivo, di colore grigiastro, giallognolo all'alterazione, con intercalate localmente sabbie e ghiaie di spessore massimo pari a 2 metri: depositi intravallivi terrazzati. Verso valle i cicli positivi si trasformano gradualmente in cicli negativi che si sovrappongono stratigraficamente e nei quali l'intervallo basale argilloso-limoso e quello sovrastante ghiaioso mostrano una debole o assente alterazione pedogenetica: depositi di conoide alluvionale. Lo spessore di questo allomembro è variabile da alcuni metri a circa 35 m nel sottosuolo della pianura;
5. Allomembro di Monterlinzana AES1 (Pleistocene medio): Unità costituita da un intervallo basale grossolano a ghiaie clasto-sostenute, con matrice sabbioso-limosa, e da un intervallo superiore prevalentemente fine, massivo, di colore grigiastro, giallognolo all'alterazione, con intercalate localmente sabbie e ghiaie di spessore massimo pari a 2 metri: depositi intravallivi terrazzati. Sabbie e limi argillosi, con subordinati livelli di ghiaie, localmente stratificati: depositi di interconoide. Lo spessore dei depositi intravallivi, terrazzati, non supera i 20 metri; nel sottosuolo della pianura alluvionale, i depositi coevi di conoide alluvionale ghiaiosa raggiungono spessori di 35 metri.

L'Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore è caratterizzata da due direzioni di progradazione: la prima, assiale, est-vergente, originata dal Fiume Po; la seconda, trasversale, nordest-vergente, originata dai sistemi di alimentazione appenninica.

⁵ Per la descrizione si rimanda al successivo cap.3.3.

⁶ Per la descrizione si rimanda al successivo cap.3.3.

Sulla base delle direzioni di progradazione possono essere individuate le seguenti classi di sistemi deposizionali:

1. pianura pedemontana ad alimentazione appenninica;
2. pianura alluvionale ad alimentazione appenninica;
3. pianura alluvionale ad alimentazione assiale (paleoPo).

I suddetti sistemi deposizionali, in profondità si presentano interdigitati tra loro in relazione al tasso di apporto sedimentario, alle oscillazioni eustatiche del livello marino e alle fasi di attività e stasi tettonica, che nel corso del riempimento del bacino padano hanno determinato la continua variazione del depocentro bacinale.

Sistema deposizionale della Pianura pedemontana ad alimentazione appenninica

Il sistema deposizionale della Pianura pedemontana ad alimentazione appenninica (a livello dell'Allomembro di Ravenna) si estende dal margine morfologico dell'Appennino fino all'altezza della Via Emilia e poco oltre, lungo l'asse del T. Parma, e dell'autostrada del Sole lungo l'asse del F. Taro e del T. Enza.

Negli strati più profondi del sottosuolo (allomembro di Villa Verucchio) tale ambiente presenta una maggiore estensione, ben oltre il confine settentrionale del comune di Parma, fino a fondersi in alcuni casi (asse fluviale del F. Taro) all'ambiente deposizionale della pianura alluvionale ad alimentazione assiale (paleoPo).

Il sistema deposizionale della Pianura pedemontana è caratterizzato da depositi prevalentemente ghiaiosi nelle aree attigue e contigue dei corsi d'acqua principali e limi e/o argille prevalenti o comunque più abbondanti nelle aree perfluviali d'interconoide.

Il rapporto tra materiali grossolani e fini, elevato nella zona di alta pianura, decresce linearmente procedendo verso valle e verso le zone più interne delle aree perfluviali (zone d'interconoide), fino a valori medi, generalmente superiori all'unità.

I sedimenti sono organizzati in grandi sistemi di conoide alluvionale, dove le litologie grossolane (ghiaie e sabbie) costituiscono estesi corpi tabulari, interdigitati da cunei di materiali essenzialmente fini (limi ed argille).

In altri termini la "Pianura pedemontana" è il frutto della coalescenza dei sistemi di conoide alluvionale e delle zone d'interconoide.

Sistema deposizionale della Pianura alluvionale ad alimentazione appenninica

La Pianura alluvionale ad alimentazione appenninica si estende dalla Via Emilia e poco oltre, lungo l'asse del T. Parma, e dell'autostrada del Sole lungo l'asse del F. Taro e del T. Enza, fino a qualche chilometro a sud dell'asse fluviale del Po.

Il sistema deposizionale è caratterizzato da depositi prevalentemente fini argillosi e/o limosi attraversati in senso meridiano da corpi nastriformi di ghiaie e sabbie.

Il rapporto tra materiali grossolani e fini risulta generalmente inferiore all'unità.

Oltre i 20 metri di profondità dal piano campagna (a livello dell'allomembro di Villa Verucchio) il limite settentrionale della Pianura alluvionale ad alimentazione appenninica, precisamente lungo l'allineamento dei centri abitati di Soragna, San Secondo e San Polo (Comune di Torrice), si trova in posizione più meridionale rispetto al limite riscontrabile nello strato superficiale. In profondità si rinvenivano, infatti, potenti bancate sabbiose, riferibili ad antichi paleoalvei del fiume Po, a testimonianza della migrazione del corso d'acqua medesimo verso nord. Il tratto di pianura, con la successione sedimentaria descritta, è definita anche "Pianura a crescita verticale".

Sistema deposizionale della Pianura alluvionale ad alimentazione assiale (paleoPo)

La Pianura alluvionale ad alimentazione assiale in provincia di Parma si estende dall'asse del Fiume Po per circa qualche chilometro in direzione sud.

Il sistema deposizionale è caratterizzato da spesse bancate di sabbie prevalenti e ghiaie con locali intercalazioni lentiformi di argille e limi; il rapporto tra materiali grossolani e fini risulta alto.

Il tratto di pianura con la successione sedimentaria descritta è definito anche "Piana di meandreggiamento del Fiume Po".

Oltre i 20 metri di profondità dal piano campagna (a livello dell'allomembro di Villa Verucchio) il limite tra Pianura alluvionale ad alimentazione assiale e pianura alluvionale ad alimentazione appenninica si trova in posizione più meridionale, precisamente lungo l'allineamento dei centri abitati di Soragna, San Secondo e San Polo (Comune di Torrice).

3.3 Caratteristiche geologiche locali di dettaglio del Comune di Parma

I depositi affioranti nel territorio comunale di Parma sono stati cartografati nella Tav. 1 (carta geologica alla scala 1:25.000). Le unità geologiche definite in legenda sono state individuate sulla base delle loro caratteristiche morfologiche, stratigrafiche e pedologiche (profilo di alterazione dei suoli; per una sezione verticale con spessore di almeno 1,5 m).

Nella zonizzazione geologica, oltre al rilievo di dettaglio in sito, sono state consultate anche le seguenti documentazioni cartografiche:

- Carta geologica dei depositi quaternari della Provincia di Parma (1996). Servizio Cartografico - Ufficio Geologico della Regione Emilia Romagna;
- I suoli dell'Emilia Romagna - Carta 1:250.000 (1994). Servizio Cartografico - Ufficio Geologico della Regione Emilia Romagna.

Nel complesso i depositi affioranti sono relativi all'Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore. Di tale unità affiorano unicamente due sottounità definite in letteratura geologica come Allomembri: Allomembro di Ravenna e Allomembro di Villa Verucchio.

3.3.1 Allomembro di Villa Verucchio

L'allomembro è suddiviso, su base morfologica e pedostratigrafica, in due unità allostratigrafiche (o sequenze deposizionali) di spessore variabile da alcuni metri ad alcune decine di metri. Lo spessore massimo dell'Allomembro di Villa Verucchio è inferiore a 30 m. Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale relitta che nel territorio di Parma affiora solamente in limitati settori situati in località Bovarola (confine sud-ovest) e Marano, mentre il contatto di base è erosivo e discordante sugli altri allomembri e sulle unità più antiche.

L'allomembro di Villa Verrucchio è suddiviso nelle successive unità di Niviano e Vignola.

UNITA' NIVIANO (Pleistocene superiore)

L'unità Niviano affiora solo marginalmente nel settore più meridionale del Comune di Parma caratterizzando modesti rilievi con ampie superfici sommitali leggermente inclinate, poste a quote diverse, che si raccordano tramite brevi scarpate all'alta pianura.

Le paleosuperfici sono relativamente ben conservate con larghe e strette ondulazioni e profonde incisioni, connesse all'azione erosiva del reticolo idrografico che le attraversa.

L'unità Niviano è costituita da depositi di conoide alluvionale composti da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati.

Il profilo verticale presenta una successione sedimentaria formata dalla ripetizione di cicli elementari, ciascuno dei quali caratterizzato da un intervallo basale prevalentemente grossolano, di spessore in genere compreso tra qualche metro e 10 - 15 metri, ed un intervallo di tetto prevalentemente fine con spessore fino a 2 metri.

A volte l'intervallo fine può essere completamente eliso per erosione; in questo caso si ha la saldatura tra i depositi ghiaiosi riferibili a due cicli successivi.

I suoli dell'unità Niviano sono dolcemente inclinati con pendenze che variano da 1 a 3%, molto profondi, non calcarei e a moderata disponibilità di ossigeno.

Si attribuisce all'unità Niviano, affiorante nel territorio comunale di Parma, un'età approssimativa compresa tra gli 120.000 e i 50 - 30.000 anni.

UNITA' VIGNOLA (Pleistocene superiore)

L'unità Vignola non risulta mai affiorante nel territorio comunale di Parma, in quanto sistematicamente sepolta o erosa dai depositi delle unità più recenti.

L'unità è costituita da depositi di conoide alluvionale caratterizzati da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi e depositi di interconoide caratterizzati da argille limose e limi argillosi con intercalazioni di ghiaie e sabbie. Lo spessore massimo dell'unità è inferiore a 15 m

3.3.2 Allomembro di Ravenna

L'allomembro di spessore massimo di circa 20 metri è suddiviso in due unità: Modena e Idice. Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1 m ed è di tipo A/Bw/Bk(C). 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, sull'Allomembro di Villa Verucchio.

UNITA' IDICE

L'unità Idice appartiene al sistema deposizionale della pianura pedemontana ad alimentazione appenninica ed è sedimentata nell'intervallo temporale compreso tra i 20 - 18.000 e i 1.500 anni fa.

Affiora estesamente nel territorio del Comune di Parma, da Sud a Nord fin oltre la Via Emilia, ed è caratterizzata da superfici pianeggianti, incise da numerosi canali minori che scorrono per lo più all'interno di alvei regolarizzati secondo percorsi rettilinei.

Tali superfici sono discretamente sopraelevate rispetto all'alveo dei fiumi attuali e dei terrazzi più recenti e presentano deboli ondulazioni legate alla rimozione ed al trasporto dei materiali alluvionali, mobilizzati dai corsi d'acqua minori che le attraversano. Esse terrazzano i depositi riferibili all'unità Niviano e precedenti.

L'unità Idice nelle zone di conoide alluvionale è costituita 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 costituita principalmente da alluvioni sabbiose e limo-argillose solcate localmente da canali di ghiaie.

I suoli dell'unità Idice sono pianeggianti con pendenze che variano da 0,2 a 1%.

UNITA' MODENA

L'unità Modena è costituita da una successione sedimentaria la cui deposizione è inquadrabile nell'ambito degli eventi alluvionali che hanno caratterizzato gli ultimi 1.500 anni di storia evolutiva (post IV-VII sec. d.C.).

I depositi che costituiscono questa unità sono stati suddivisi, sulla base della differenziazione genetica e stratigrafico-sedimentologica, in 3 sottunità:

- sottunità Modena 1: Depositi di piana inondabili della pianura alluvionale ad alimentazione appenninica, costituiti da argille e limi con rare intercalazioni sabbiose;
- sottunità Modena 2: Depositi di argine naturale della pianura alluvionale ad alimentazione appenninica, costituiti in prevalenza da limi argillosi e limi sabbiosi, in subordine sabbie fini, ai quali si intercalano livelli generalmente decimetrici di sabbie medie e/o grossolane;
- sottunità Modena 3: Depositi di conoide alluvionale della pianura pedemontana ad alimentazione appenninica, prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi.

Sottunità Modena 1

La sottunità Modena 1 affiora a Nord della Via Emilia e ad essa appartengono i depositi di piana inondabile rinvenibili nei settori di intercanale, ovvero le aree più depresse della bassa pianura.

La morfologia risulta pianeggiante e a profilo concavo, con pendenze minori dello 0,1%; anticamente queste aree erano sede di paludi. Possono presentare al loro interno ondulazioni e modesti rilievi riferibili a depositi di argine del reticolo idrografico minore. Sono inoltre solcati da una fitta rete di canali artificiali per il deflusso delle acque di scorrimento superficiale. I depositi della sottunità Modena 1 sono i materiali più fini del sistema di pianura alluvionale, predominano infatti limi e argille di decantazione con rare intercalazioni sabbiose in strati generalmente centimetrici; localmente si rinvencono livelli torbosi.

I suoli di questa sottunità sono pianeggianti con pendenza compresa tra 0,05 e 0,1%.

Sottunità Modena 2

La sottounità Modena 2 è costituita dai depositi di argine naturale, rinvenibili nel settore di medio-bassa pianura del Comune di Parma a Nord dell'autostrada del Sole.

I sedimenti di questa sottounità caratterizzano dossi debolmente rilevati che fiancheggiano canali fluviali con alveo tipicamente inciso e impostato a quota inferiore rispetto il piano campagna. Essi presentano generalmente una forma allungata secondo l'asse del corso d'acqua e sono caratterizzati da un profilo trasversale convesso con pendenza dell'ordine dello 0,2%.

Sottounità Modena 3

La sottounità Modena 3 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.

3.3.3 Depositi attuali ed in evoluzione

I depositi attuali ed in evoluzione sono relativi all'alveo del F. Taro, del T. Parma, del T. Baganza, del T. Cinghio e del T. Enza.

La conformazione del rilievo è caratterizzata da un alveo inciso nel materasso alluvionale e da una zona golenale, più o meno ampia, sottesa da rilevati arginali. Nel tratto di pianura pedemontana, leggermente sospesi a lato dei corsi d'acqua, sono presenti anche alcune superfici terrazzate (terrazzi fluviale in evoluzione) che separano l'alveo inciso dalle fasce golenali.

Nell'alveo di piena si assiste all'affioramento di depositi alluvionali attuali e recenti, soggetti ad un continuo processo di mobilitazione. Le ghiaie sono le litologie prevalenti, sostituite progressivamente, procedendo verso la foce nel Fiume Po da sabbie fini e/o limi.

In particolare le ghiaie nell'alveo del F. Taro, del T. Baganza, del T. Cinghio e del T. Enza sono sempre presenti nell'ambito del territorio comunale di Parma, mentre in quello del T. Parma lo caratterizzano fino all'altezza di Baganzola.

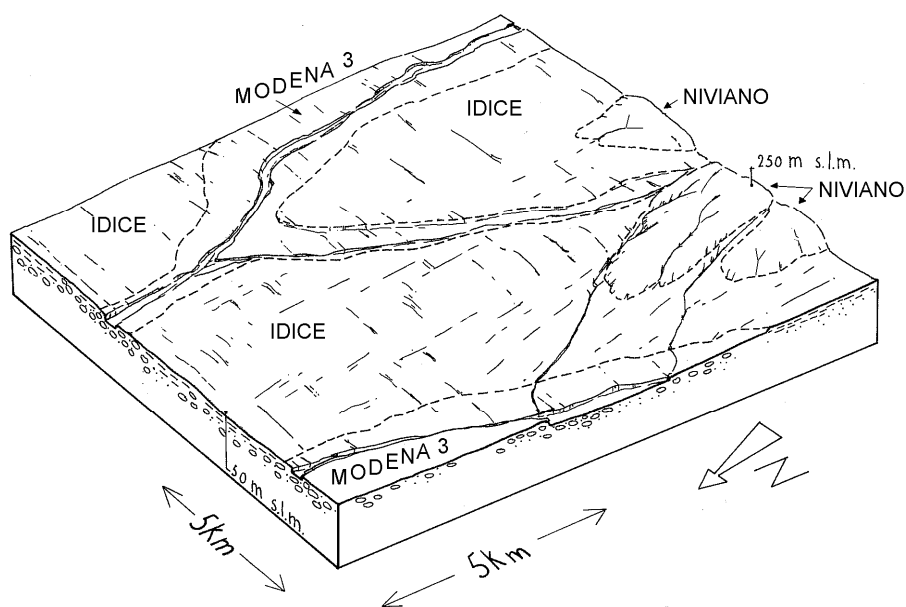


Figura 5: Conformazione del rilievo del sistema deposizionale della Pianura Pedemontana ad alimentazione appenninica (tratta da "I suoli dell'Emilia Romagna" 1994).

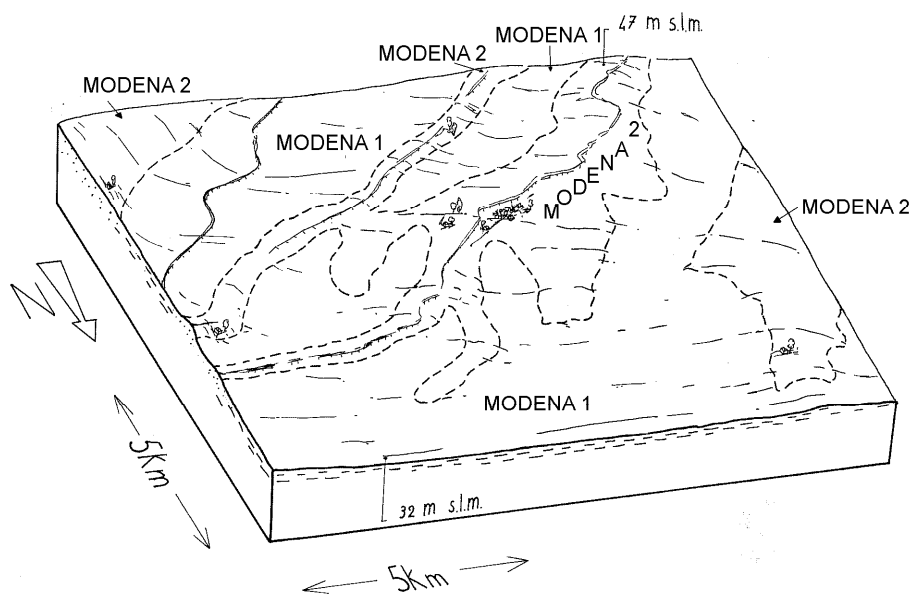


Figura 6: Conformazione del rilievo del sistema deposizionale della Piana alluvionale ad alimentazione appenninica (tratta da "I suoli dell'Emilia Romagna" 1994).

4 INQUADRAMENTO IDROSTRATIGRAFICO E IDROGEOLOGICO⁷

L'IDROSTRATIGRAFIA è quella branca della geologia che studia l'architettura dei Bacini Idrogeologici attraverso la definizione e la mappatura delle UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE.

Le Unità Idrostratigrafiche sono corpi geologici cartografabili, in ciascuno dei quali ha sede un circuito idrologico ragionevolmente definito e distinto (Maxey, 1964).

I mattoni dell'idrostratigrafia sono le IDROFACIES, informalmente dette LIVELLI, vale a dire corpi geologici con caratteristiche sedimentologiche e petrofisico-idrauliche omogenee. Un'associazione latero-verticale di Idrofacies, più o meno complessa, le cui caratteristiche petrofisiche d'insieme consentano l'accumulo e il transito di quantitativi d'acqua economicamente sfruttabili, si definisce SISTEMA ACQUIFERO. Un'associazione latero-verticale di Idrofacies a permeabilità d'insieme bassa, invece, forma una BARRIERA DI PERMEABILITA' REGIONALE o SISTEMA ACQUITARDO.

I Sistemi Acquiferi e le Barriere di Permeabilità Regionali (Sistemi Acquitardi) costituiscono le unità base dell'Idrostratigrafia. Insieme più o meno complessi di Sistemi Acquiferi e Barriere di Permeabilità Regionali possono essere accorpati in Unità Idrostratigrafiche di rango gerarchico crescente fino a comprendere l'intero Bacino Idrogeologico.

Nello studio del Bacino Idrogeologico della Pianura Emiliano-Romagnola, il Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna ha utilizzato una particolare sottoclasse d'Unità Idrostratigrafiche, denominate UNITA' IDROSTRATIGRAFICO-SEQUENZIALI (Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP, 1998). Le caratteristiche peculiari delle Unità Idrostratigrafico-Sequenziali (UIS) sono le seguenti:

1. sono costituite da una o più unità Stratigrafiche a limiti discontinui (limiti di discontinuità stratigrafica), denominate Sequenze Deposizionali, sensu Mitchum et Al. (1977).
2. comprendono in posizione basale e/o sommitale una Barriera di Permeabilità Regionale.

L'identificazione di una Sequenza Deposizionale con un'Unità Idrostratigrafica discende dalla considerazione seguente: una Sequenza Deposizionale è per definizione un corpo geologico complesso, formato da facies con geometrie e caratteri petrofisici variabili, ma legate geneticamente, cioè deposte in ambienti sedimentari contigui ed in continuità di sedimentazione. Le superfici di strato possono quindi toccare, ma non intersecare i limiti della Sequenza Deposizionale a cui appartengono. Dal momento che, se si escludono le aree di affioramento o i pozzi plurifenestrati, i flussi idrici sotterranei avvengono con componente parallela alle superfici di strato molto maggiore di quella ortogonale, si può concludere che tali flussi risultino necessariamente confinati all'interno di una singola Sequenza Deposizionale. Ne consegue che, per la definizione data ad inizio paragrafo, ogni Sequenza Deposizionale è un'Unità Idrostratigrafica. Inoltre, se si tiene in considerazione anche la seconda caratteristica, si potrà essere certi che ogni UIS così definita sia idraulicamente isolata da

⁷ Tutto il cap. 4 è stato redatto da G. Di Dio

quelle adiacenti. Un risvolto pratico importante di queste scelte teoriche è che il livello piezometrico misurato in un Sistema Acquifero appartenente a una determinata UIS è di norma indipendente dai livelli piezometrici misurati, sulla stessa verticale, in Sistemi Acquiferi contenuti in altre UIS.

4.1 Idrostratigrafia dell'area di studio

La Figura 7 illustra il quadro geologico-stratigrafico e idrostratigrafico del Bacino Idrogeologico della Pianura Emiliano-Romagnola, in cui si inserisce l'area di studio.

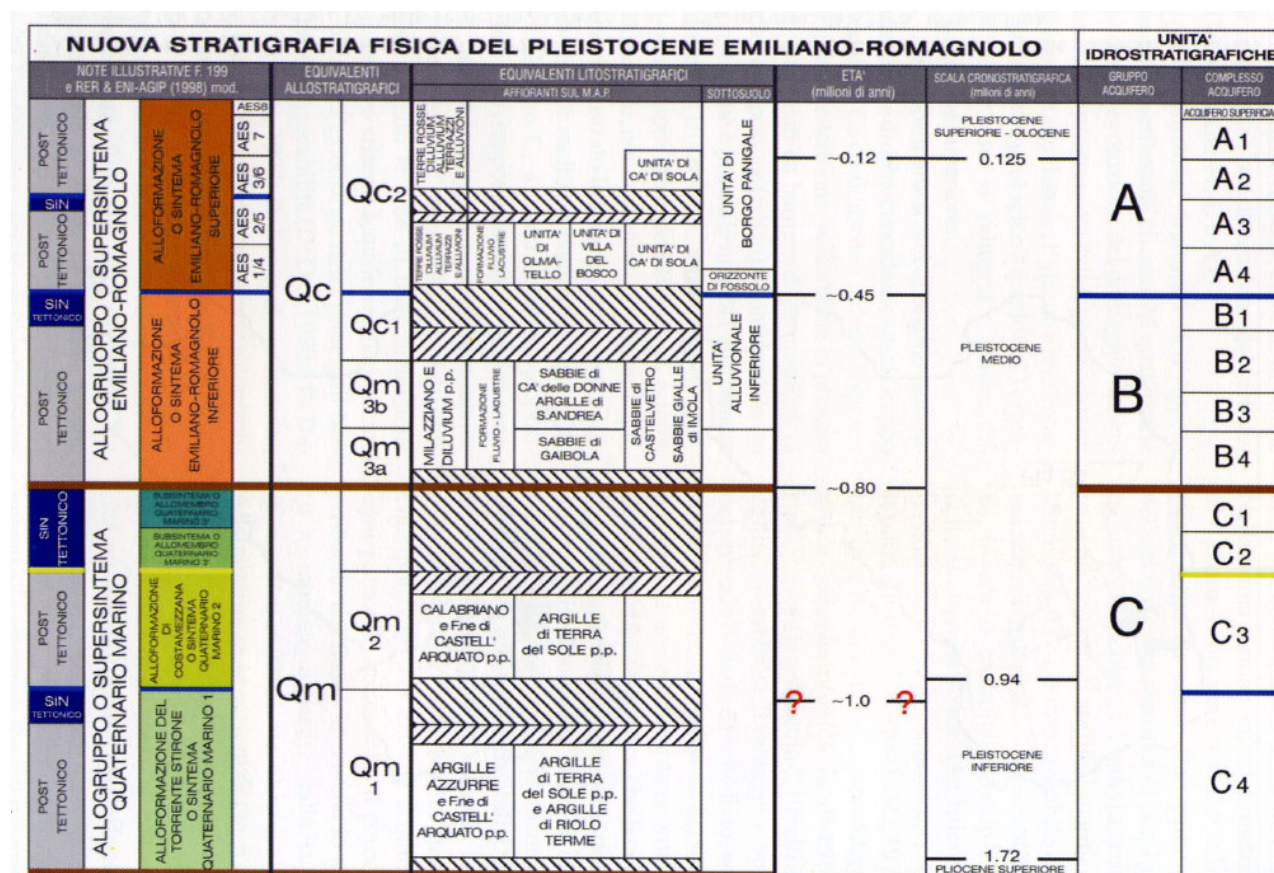


Figura 7: Schema geologico-stratigrafico e idrostratigrafico del Bacino Pleistocenico della Pianura Emiliano-Romagnola. Da "Di Dio G. (2001): Il quadro delle conoscenze. In STUDI SULLA VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI \ 15. Nuova Carta della vulnerabilità del parmense ed indirizzi di tutela delle acque. A cura di G. Alifracco. 9-20, Pitagora ed., Bologna".

Le Unità Idrostratigrafico-Sequenziali di rango superiore sono 3, denominate **Gruppi (di) Acquiferi A**, **B** e **C**, a loro volta suddivise in 12 UIS, gerarchicamente inferiori, denominate **Complessi (di) Acquiferi**. Esse affiorano estesamente sul margine meridionale del Bacino Idrogeologico della Pianura Emiliano-Romagnola per poi immergersi verso nord al di sotto dei sedimenti depositati dal Fiume Po e dai suoi affluenti negli ultimi 20.000 anni, contenenti Sistemi Acquiferi quasi sempre freatici, di scarsa estensione e potenzialità (**Complesso Acquifero Superficiale** o **A0**; Fig. 8).

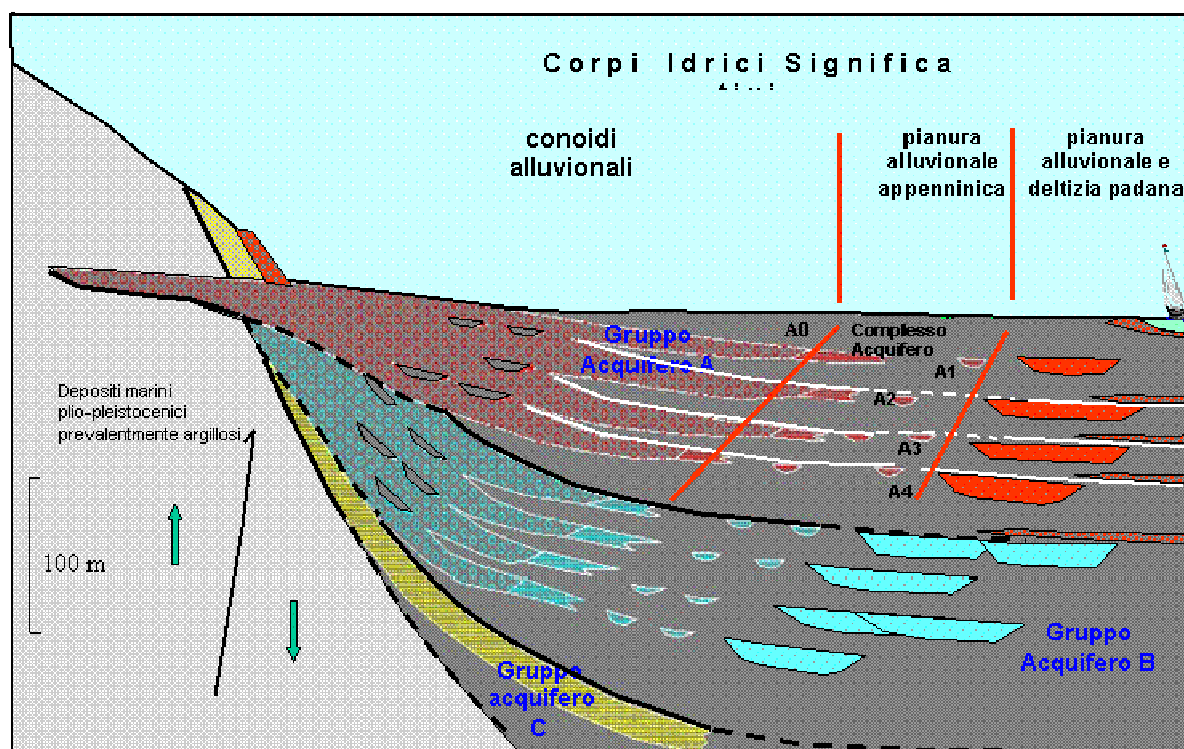


Figura 8: Sezione idrostratigrafica rappresentativa del Bacino Pleistocenico della Pianura Emiliano-Romagnola. Figura tratta dagli elaborati conoscitivi a supporto del Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna.

I corpi geologici che fungono da acquiferi sono costituiti da sedimenti ghiaiosi e sabbiosi di origine deltizia, litorale e alluvionale deposti dai paleo-fiumi appenninici e dal Paleo-fiume Po a partire da circa 1 milione di anni fa (nella provincia di Parma). Ciascun Gruppo Acquifero è idraulicamente separato, almeno per gran parte della sua estensione, da quelli sovrastanti e sottostanti, grazie a Barriere di Permeabilità Regionali.

Al suo interno ogni Gruppo Acquifero è composto da serbatoi acquiferi sovrapposti e giustapposti, parzialmente o totalmente isolati tra loro, suddivisi in Complessi e Sistemi Acquiferi.

Le principali barriere di permeabilità in senso orizzontale sono costituite da corpi geologici decametrici, a prevalente granulometria fine, interpretabili come sistemi deposizionali interdeltizi o di

interconoide e bacino interfluviale, che si giustappongono a sistemi deposizionali deltizi, di conoide alluvionale e fluviali, ricchi in materiali grossolani.

4.2 Architettura del bacino idrogeologico nell'area di studio

I rapporti geometrici fra i Complessi Acquiferi, che s'incontrano nel sottosuolo del Comune di Parma, sono illustrati nelle sezioni idrostratigrafiche delle Tavole 2, 3, 4, 5, 6, tratte dagli studi originali del Servizio Geologico e del Servizio Tecnico dei Bacini Taro e Parma della Regione Emilia-Romagna.

In colore blu, azzurro e verde chiaro sono indicati i Complessi Acquiferi, mentre le Barriere di Permeabilità Regionali sono in verde chiaro. Le caratteristiche geometrico-stratigrafiche e idrogeologiche più importanti sono le seguenti:

1. I depositi grossolani di origine marino-marginale e di delta-conoide ascritti al Complesso Acquifero C3 costituiscono Sistemi Acquiferi confinati di grande estensione, intercalati da Barriere di Permeabilità di notevole spessore (>8m) e continuità, la cui correlazione è possibile in tutta l'alta pianura parmense.
2. Il Complesso Acquifero C3 risulta molto deformato e strutturato per effetto dei movimenti tettonici tardo-quaternari del Margine Appenninico Padano; in conseguenza di ciò, gli assi strutturali sepolti condizionano notevolmente la profondità a cui può essere incontrato uno stesso Sistema Acquifero del Gruppo C, nell'alta pianura parmense.
3. I Gruppi Acquiferi B e A, d'origine alluvionale, non costituiscono mai, se non nelle zone strettamente apicali di conoide, un acquifero freatico, monostrato e indifferenziato. Essi risultano invece molto più complessi e articolati del Gruppo C a causa della giustapposizione e sovrapposizione di differenti sistemi deposizionali (Taro, Baganza, Parma e Enza), ma possono comunque essere studiati e cartografati in dettaglio, evidenziando le aree di interconnessione presenti tra Sistemi Acquiferi generalmente separati e l'estensione delle principali Barriere di Permeabilità.
4. Nel movimento dalla superficie verso gli strati del sottosuolo e verso i filtri dei pozzi (RICARICA), l'acqua ed eventualmente il suo carico inquinante, non può attraversare le Barriere di Permeabilità Regionali (zone in grigio), ma deve necessariamente correre lungo o attraverso i Sistemi Acquiferi (fasce colorate contigue).

Per sviluppare tutte le considerazioni idrogeologiche riguardanti la vulnerabilità degli acquiferi principali, rivestono una notevole importanza le carte relative alla distribuzione dei Sistemi Acquiferi e delle Barriere di Permeabilità appartenenti al Complesso Acquifero Superficiale, A0, riportate nella Tavola 7.

Esse mostrano numerosi aspetti sia stratigrafico-evolutivi, che idrogeologici relativi ai terreni fini saturi e non saturi e ai serbatoi freatici più superficiali del sottosuolo comunale. In particolare si può notare come l'estensione dei serbatoi acquiferi si riduca passando dal Sistema A03 al Sistema A01, a indicare una progressiva disattivazione dei sistemi fluviali a partire da 20.000 anni fa sino ad oggi. In tutti e tre i Sistemi, e in modo particolare nell'A01, sono evidenti i depositi grossolani attribuibili agli apparati di conoide alluvionale dei fiumi Taro, Baganza, Parma ed Enza, separati da depositi fini di interconoide che fungono da barriere di permeabilità in senso orizzontale. E' possibile vedere la zona dove tutti e tre i Sistemi si amalgamano dando luogo ad un unico serbatoio acquifero, freatico, che rappresenta la via preferenziale per la ricarica e la diffusione degli inquinanti negli acquiferi sottostanti che con esso vengano in contatto diretto, vale a dire senza l'interposizione di livelli impermeabili. Si nota, inoltre, l'ampia fascia settentrionale ove A0 è costituito da un potente Sistema Acquitardo, responsabile della protezione dall'inquinamento degli acquiferi principali sottostanti.

4.3 Considerazioni idrogeologiche

I flussi idrici sotterranei, com'è noto, avvengono prevalentemente lungo-strato e nei livelli più permeabili, tranne le aree d'affioramento dei serbatoi acquiferi, ove avviene la ricarica direttamente dalla superficie. Disponendo di sezioni e carte dei Sistemi Acquiferi, costruite secondo i dettami dell'Idrostratigrafia Sequenziale, risulta relativamente agevole ipotizzare, per ciascun Complesso Acquifero e in ogni punto del sottosuolo, il percorso più probabile del flusso idrico che lo alimenta (o lo inquina) a partire dalla superficie (Conti et Al., 1999; Dall'Olio et Al. 1999).

In particolare, mediante la cartografia del Complesso Acquifero A0, è possibile definire una zonizzazione del territorio in base alla vulnerabilità relativa degli acquiferi principali, seguendo lo schema di circolazione idrica sotterranea illustrato nella figura 9.

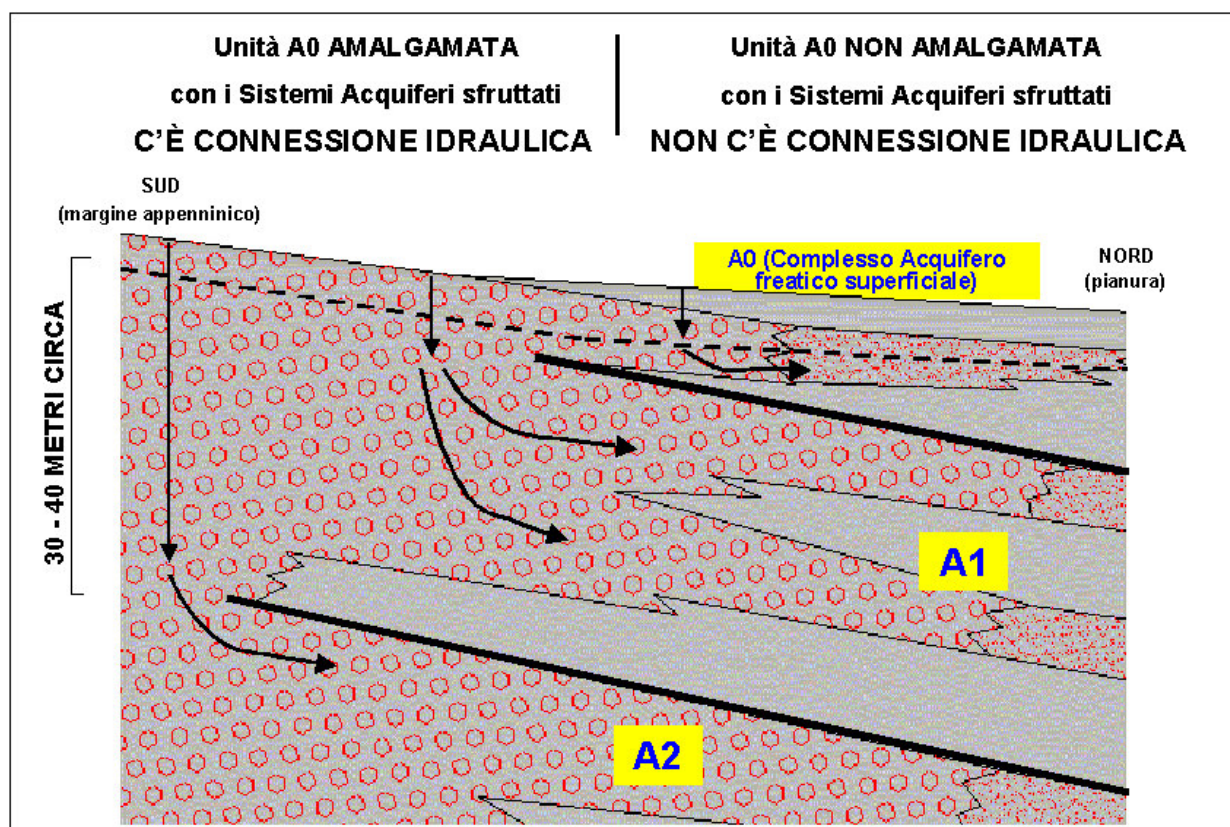


Figura 9: Individuazione idrodinamica delle zone ove gli acquiferi principali, sfruttati per usi acquedottistici e attività produttive, sono o non sono vulnerabili dalla superficie. Modificato da "Regione Emilia-Romagna: Nuova Carta Regionale della Vulnerabilità - aspetti metodologici (Direzione Ambiente e difesa del suolo e della costa; determinazione n. 6636 del 6/7/2001)".

Ulteriori considerazioni possono essere svolte, allo stesso modo, sulla vulnerabilità dei pozzi acquedottistici e sulle loro fasce di rispetto.

Nella maggior parte dei pozzi acquedottistici del Comune di Parma gli acquiferi sfruttati sono di tipo protetto. In questo caso l'utilizzo del criterio temporale per delimitare le zone di rispetto su cui istituire vincoli e regolamentazioni di protezione statica risulta discutibile sia sul piano teorico, sia sul piano dell'efficacia. Infatti il calcolo delle linee isocrone è eseguito nell'ipotesi di flusso lungo-strato, mentre la protezione statica ha lo scopo di eliminare il rischio di infiltrazione di inquinanti dalla superficie, lungo percorsi in tutto o in parte verticali (freccie blu di fig. 10). Quindi, nel caso di acquiferi protetti, il criterio temporale è utile per definire uno schema di protezione dinamica, mentre è senz'altro più efficace introdurre delle misure di protezione statica sulle aree di ricarica degli acquiferi sfruttati, così come individuate nella cartografia allegata agli Indirizzi per la Tutela delle Acque della Provincia di Parma e nella Tavola 8.

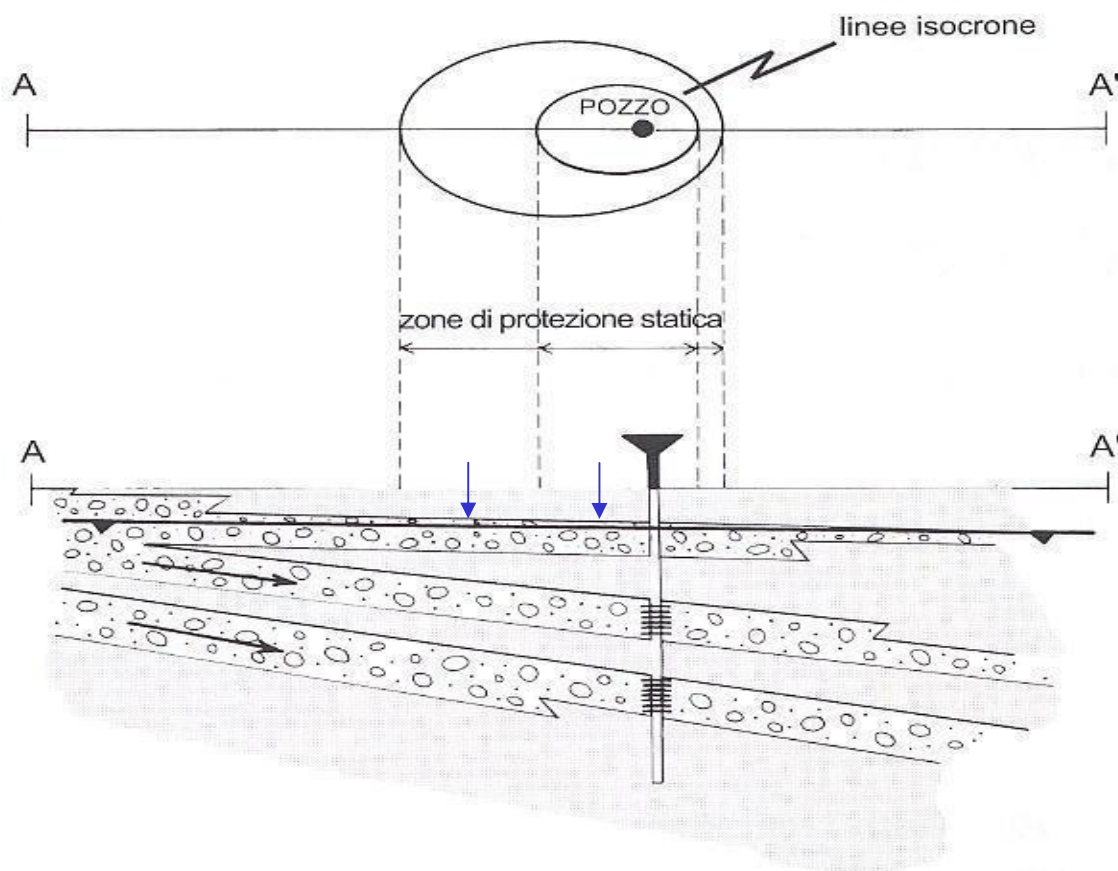


Figura 10: Individuazione idrodinamica delle fasce di rispetto dei pozzi acquedottistici. Le frecce blu indicano potenziali inquinanti provenienti dalla superficie. Modificato da Conti et Al. (1999).

5 IDROGEOLOGIA DI DETTAGLIO NEL COMUNE DI PARMA

Il metodo analitico di ricostruzione della struttura idrogeologica del sottosuolo della Pianura di Parma, che comprende tra l'altro la ricerca bibliografica dei dati stratigrafici disponibili nella letteratura geologica, consiste nella realizzazione di un modello tridimensionale del terreno mediante la costruzione di 5 sezioni (Tavv. 2, 3, 4, 5 e 6), delle quali 3 DIP (sezione 1-1', sezione 2-2' e sezione 3-3') e 2 STRIKE (sezione A-A', sezione B-B').

La base dei dati per le ricostruzioni idrostratigrafiche del sottosuolo, sono:

- Servizio Geologico della Regione Emilia Romagna; profili stratigrafici di pozzi idrici e sondaggi a carotaggio;
- Comune di Parma; profili stratigrafici di sondaggi per la messa in sicurezza di Ponte Bottego;
- Ambiter s.r.l.; profili stratigrafici di sondaggi per il progetto preliminare e definitivo delle linee di trasporto rapido di massa;
- Ambiter s.r.l.; profili stratigrafici di sondaggi per nuovi insediamenti, sparsi nell'ambito del territorio comunale;

5.1 Assetto generale degli acquiferi

Attraverso la definizione delle Unità Idrostratigrafico-Sequenziale è stato ricostruito il quadro idrostratigrafico del sottosuolo della pianura di Parma.

Le Unità Idrostratigrafico-Sequenziale fondamentali sono tre, informalmente definite Gruppo Acquifero A, B e C, a loro volta suddivise in quattordici Complessi Acquiferi.

La parte basale, prevalentemente fine, di ogni Unità costituisce una barriera di permeabilità regionale prodotta nella fase deposizionale di bassa energia (disattivazione) dei sistemi sedimentari.

5.1.1 Gruppo Acquifero A

Il Gruppo acquifero A ricalca il Sintema Emiliano Romagnolo superiore (450.000 anni BP) ed è essenzialmente caratterizzato da:

- ghiaie e sabbie prevalenti nella pianura pedemontana ad alimentazione appenninica;
- depositi prevalentemente fini argillosi e/o limosi attraversati in senso meridiano da corpi nastriformi di ghiaie e sabbie, nella piana alluvionale ad alimentazione appenninica;

- presenza di estese bancate sabbiose a sviluppo tabulare a partire dall'allineamento dei centri frazionali di Paradigna e Bogolese fino all'asse fluviale del Po, nella piana alluvionale ad alimentazione assiale.

Il gruppo Acquifero A è ulteriormente suddivisibile in 5 Complessi Acquiferi, riferibili ad altrettante Unità Idrostratigrafiche-Sequenziali, contrassegnati dal superiore all'inferiore, come di seguito elencato:

1. Complesso Acquifero A_0 ; affiora estesamente in tutto il territorio comunale, a parte limitati settori nelle località di Marano e Bovarola, ricalcando l'Allomembro di Ravenna; presenta da nord a sud uno spessore mediamente costante di circa 20 metri; è costituito da tre sistemi acquiferi, individuati cartograficamente nella Tav. 7 e convenzionalmente distinti come segue:
 1. Sistema Acquifero A_{01} : sistema acquifero affiorante o subaffiorante con tetto attestato dal p.c. a 4 metri di profondità e base da -4 a -7 metri di profondità;
 2. Sistema Acquifero A_{02} : sistema acquifero con tetto attestato da -4 a -7 metri di profondità e base da -9 a -12 metri di profondità;
 3. Sistema Acquifero A_{03} : sistema acquifero affiorante o subaffiorante con tetto attestato da -9 a -12 metri di profondità e base da -18 a -21 metri di profondità;
 2. Complesso Acquifero A_1 ; affiora in limitati settori nelle località di Marano e Bovarola; presenta uno spessore costante di circa 60 – 70 metri per ridursi drasticamente a circa 5 – 15 metri in corrispondenza dell'alto strutturale lungo l'allineamento di Marano - Fontevivo; è costituito da spessi strati di ghiaie con sviluppo ben oltre l'autostrada A1, amalgamati nella porzione meridionale del territorio comunale e intervallati da cunei fini in quella settentrionale; nel settore nord-est del territorio comunale i corpi ghiaiosi sono sostituiti localmente dalle bancate sabbiose riferibili ad antichi paleoalvei del F. Po;
 3. Complesso Acquifero A_2 ; nel territorio comunale di Parma è sempre sepolto dai precedenti complessi acquiferi; presenta uno spessore costante di circa 50 – 60 metri per chiudersi verso nord in corrispondenza dell'alto strutturale lungo l'allineamento di Marano – Fontevivo (qui è assente per erosione); è costituito da spessi strati di ghiaie con sviluppo ben oltre l'autostrada A1, amalgamati nella porzione meridionale del territorio comunale e intervallati da cunei fini in quella settentrionale; nel settore nord-est del territorio comunale i corpi ghiaiosi sono sostituiti localmente dalle bancate sabbiose riferibili ad antichi paleoalvei del F. Po;
- Complessi Acquiferi A_3 e A_4 ; nel territorio comunale di Parma sono sempre sepolti dai precedenti complessi acquiferi; presentano uno spessore complessivo di circa 100 metri per chiudersi verso nord in corrispondenza dell'alto strutturale lungo l'allineamento di Marano – Fontevivo (qui sono assenti per erosione); sono costituiti da spessi strati di ghiaie con sviluppo ben oltre l'autostrada A1, amalgamati nella porzione meridionale del territorio comunale e intervallati da cunei fini in

quella settentrionale; nel settore nord-est del territorio comunale i corpi ghiaiosi sono sostituiti localmente dalle bancate sabbiose riferibili ad antichi paleoalvei del F. Po;

5.1.2 Gruppo Acquifero B

Il gruppo acquifero B ricalca il Sintema Emiliano Romagnolo inferiore (800.000 e 450.000 anni BP) che rappresenta la fase iniziale della sedimentazione continentale del Quaternario con limite inferiore e superiore di tipo erosivo.

L'unità è sedimentata in un ambiente di piana alluvionale durante un periodo di subsidenza regionale, costituita in prevalenza da depositi fini con intercalazioni di corpi ghiaiosi e sabbiosi nastriformi, riferibili ad antichi paleoalvei fluviali, i quali diventano preponderanti in corrispondenza dell'apertura dei principali bacini vallivi sull'antistante pianura alluvionale.

Il gruppo Acquifero B è ulteriormente suddivisibile in 4 Complessi Acquiferi, riferibili ad altrettante Unità Idrostratigrafiche-Sequenziali, contrassegnati dal superiore all'inferiore, come di seguito elencato:

- Complesso Acquifero B₁;
- Complesso Acquifero B₂;
- Complesso Acquifero B₃;
- Complesso Acquifero B₄.

Nel territorio comunale di Parma il gruppo Acquifero B è sempre sepolto dal gruppo acquifero A. In corrispondenza dell'alto strutturale lungo l'allineamento di Marano – Fontevivo è collocato a circa 20 metri di profondità dal piano campagna, a parte la zona d'intersezione con l'asse fluviale del Taro dove è eroso, per poi approfondirsi a centinaia di metri procedendo verso nord-est.

L'ungo l'alto strutturale i corpi ghiaiosi del gruppo Acquifero A sono amalgamati con quelli del gruppo Acquifero B determinando condizioni di elevata vulnerabilità.

5.1.3 Gruppo Acquifero C

Il Gruppo acquifero C ricalca i sedimenti delle unità marine (Qm), sedimentate nell'intervallo temporale compreso tra 1,8 ? e 0,8 milioni di anni (Pliocene superiore - Pleistocene medio).

Il Gruppo acquifero C è rappresentato a partire dalla base dalle seguenti litologie:

- calcareniti fossilifere;
- depositi silico-clastici essenzialmente fini argillosi e siltosi di ambiente marino poco profondo;

- sabbie fini e medio-grossolane di ambiente litorale o deltizio;
- sabbie, da fini a grossolane d'ambiente litorale, talora associate a limi argillosi d'ambiente lagunare;
- ghiaie, solitamente alterate, d'ambiente deltizio a segnalazione della presenza di una paleofoce di qualche corso d'acqua;
- limi sabbiosi in strati spessi e molto spessi con intercalazioni sabbiose, d'ambiente litorale;
- in subordine da ghiaie solitamente alterate, in corpi discontinui a geometria lenticolare, d'ambiente deltizio con locale sviluppo di livelli torbosi e da limi argillosi d'ambiente lagunare.

Il gruppo Acquifero C è ulteriormente suddivisibile in 5 Complessi Acquiferi, riferibili ad altrettanti Sequenze Deposizionali Elementari, contrassegnati dal superiore all'inferiore, come di seguito elencato:

- Complesso Acquifero C₁;
- Complesso Acquifero C₂;
- Complesso Acquifero C₃;
- Complesso Acquifero C₄;
- Complesso Acquifero C₅.

Nel territorio comunale di Parma il gruppo Acquifero C è sempre sepolto dal gruppo acquifero A e B. In corrispondenza dell'alto strutturale lungo l'allineamento di Marano – Fontevivo è collocato a circa 20 – 30 metri di profondità dal piano campagna, per poi approfondirsi a centinaia di metri procedendo verso nord-est.

Nella zona d'intersezione dell'alto strutturale con l'asse fluviale del Taro dove il Gruppo Acquifero B è eroso, la base del gruppo acquifero A è saldata con il tetto del gruppo Acquifero C.

5.1.4 Acquitardo Basale

In posizione sottostante ai depositi alluvionali e marini del quaternario si trova il Supersistema del Pliocene medio-superiore. Nella provincia di Parma tale unità è rappresentata dalla formazione delle argille Azzurre o Argille di Lugagnano del Pliocene inf.- medio.

Si tratta di argille marnose compatte grigio-azzurre, a frattura concoide, con rari livelli sabbioso-siltosi nella porzione basale della formazione e siltosi in quella superiore, che in affioramento (lungo il margine morfologico dell'Appennino Settentrionale) presentano una potenza massima di circa 800 m.

La formazione delle argille Azzurre o Argille di Lugagnano nell'insieme costituisce un'unità complessivamente impermeabile, che, estendendosi nel sottosuolo della pianura ed affiorando sul Margine Appenninico Padano, costituiscono il limite della circolazione idrica sotterranea.

5.2 Circolazione delle acque sotterranee nel Gruppo Acquifero A

La circolazione delle acque sotterranee, nel Gruppo Acquifero A, è ben conosciuta per la gran quantità di dati reperibili nella bibliografia specializzata in materia. Tale Gruppo di acquiferi è anche quello maggiormente interessato dai pozzi che si trovano in Comune di Parma.

I corpi geologici che nel Gruppo Acquifero A fungono da acquiferi sono costituiti da sedimenti ghiaiosi e sabbiosi d'origine alluvionale. Essi costituiscono delle Unità Idrostratigrafiche-Sequenziali di rango inferiore idraulicamente separate, almeno per buona parte della loro estensione, da quelli sovrastanti e sottostanti, grazie alle cosiddette Barriere di Permeabilità Regionali.

Tali barriere di permeabilità, estese in senso orizzontale, sono ben sviluppate nella parte settentrionale del Comune di Parma, mentre in quella meridionale e in corrispondenza dell'asse fluviale del F. Taro si presentano discontinue e di scarsa potenza.

Conseguentemente nella parte sud ed ovest del territorio comunale il Gruppo Acquifero A configura un serbatoio idrico monostrato, nel quale gli strati di ghiaia e sabbia sono amalgamati tra loro. Nel complesso il comportamento idraulico del flusso idrico sotterraneo è omogeneo dalla base dell'Unità Idrostratigrafica-Sequenziale fino alla superficie topografica, contraddistinto da falde a pelo libero.

Nella parte nord ed est del territorio comunale il Gruppo Acquifero A configura invece un serbatoio idrico multistrato, nel quale gli strati di ghiaia e sabbia sono separati tra loro da barriere di permeabilità.

Il comportamento idraulico del flusso idrico sotterraneo per ogni Complesso Acquifero (A_0 , A_1 , A_2 , A_3 e A_4) è differente. Generalmente il Complesso Acquifero A_0 presenta falde a pelo libero o semi-confinato, mentre gli altri complessi mostrano falde confinate.

La zona di passaggio tra le condizioni di serbatoio monostrato a quelle di serbatoio multistrato per il Gruppo Acquifero A è messa in evidenza nella Tav. 7.

Nell'area della stazione per il progetto di Riqualificazione Urbana (PRU), è stato condotto il monitoraggio del complesso acquifero A_0 e dell'acquifero A_1 attraverso una serie di piezometri opportunamente installati.

Il monitoraggio dei livelli piezometrici è stato condotto nel periodo Ottobre 2004 – Settembre 2005, sia tramite misure manuali con sonda freaticometrica, sia mediante misure automatiche in seguito all'installazione di appositi trasduttori elettrici che permettono misurazioni in continuo.

La Tab. 1 riassume i dati tecnici dei piezometri installati, individuati in pianta e in sezione nelle Figg. 11 e 12.

PIEZOMETRO	PROFONDITA'	ACQUIFERO	QUOTA T.T.	TRATTO FENESTRATO	QUOTA FENESTRATURA
S02a	0 ÷ 12 m	A ₀	55,7 m	6 ÷ 12 m	49,7 ÷ 43,7 m
S02b	0 ÷ 43,5 m	A ₁	55,7 m	31,5 ÷ 43,5 m	24,7 ÷ 12,7 m
S03a	0 ÷ 10,5 m	A ₀	55,8 m	4,5 ÷ 10,5 m	51,3 ÷ 45,3 m

Tabella 1 Piezometri installati nei fori di sondaggio

Nel periodo di monitoraggio è stato possibile monitorare giornalmente la falda attraverso le centraline elettroniche per la misurazione in continuo tramite trasduttori di livello installate nei piezometri S2a, S2b ed S3a.

La misurazione è avvenuta in continuo per il piezometro S3a, fatta eccezione per alcuni giorni in cui non è stato possibile misurare il dato elettronicamente, in seguito ad attività di manutenzione della centralina.

Per i piezometri S02a ed S02b i dati in possesso sono più discontinui a causa di alcuni problemi tecnici che si sono verificati in fase di registrazione dei dati.

Dall'esame dei dati piezometrici è emerso che la falda nel complesso Acquifero A₀ è in condizioni idrauliche a pelo libero e in diretta correlazione con il T. Parma, mentre la falda nel complesso Acquifero A₁ è confinata e idraulicamente svincolata, sia dalla falda sovrapposta sia dal corso d'acqua medesimo.

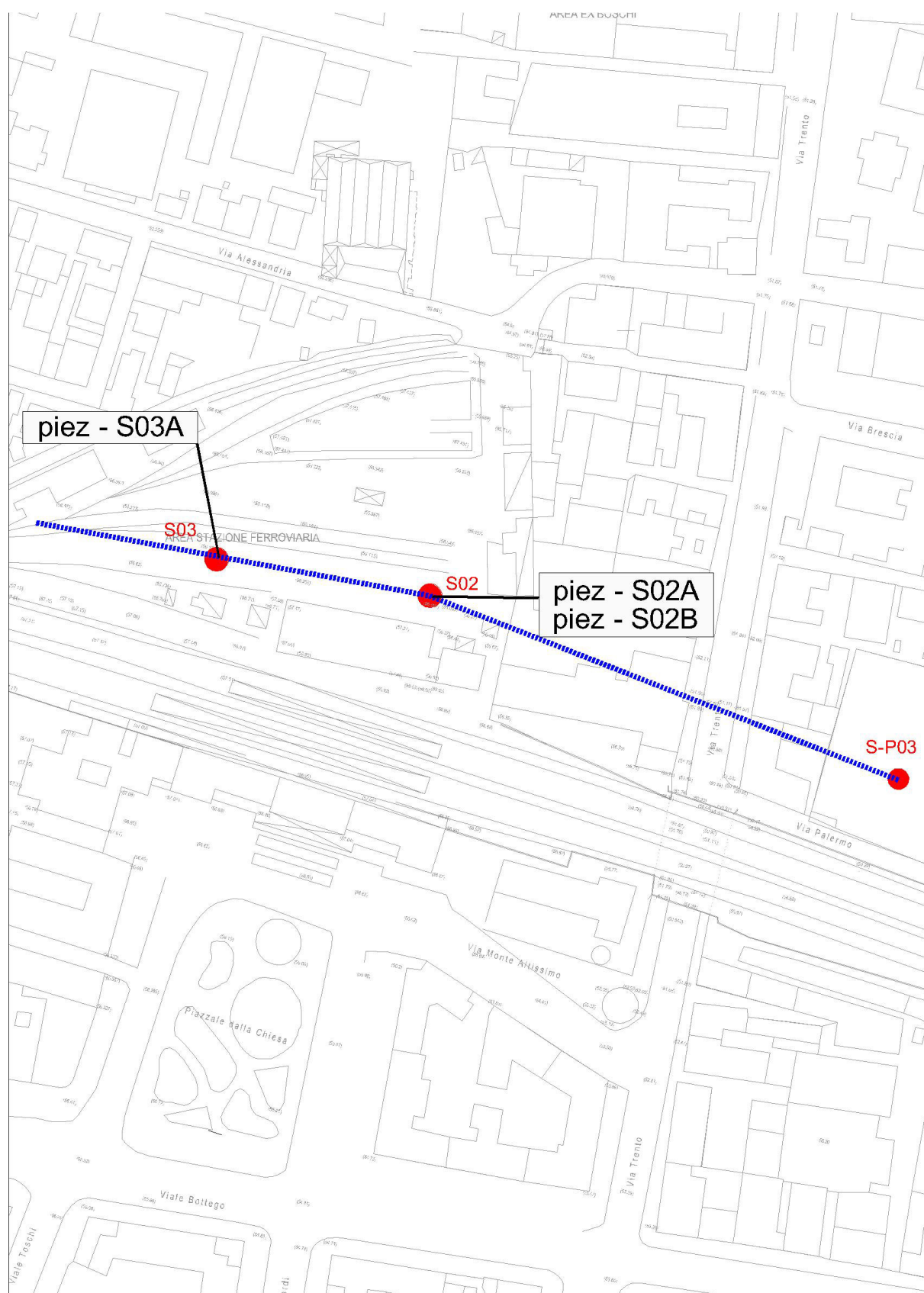


Figura 11: Individuazione dei piezometri – scala 1:2.000

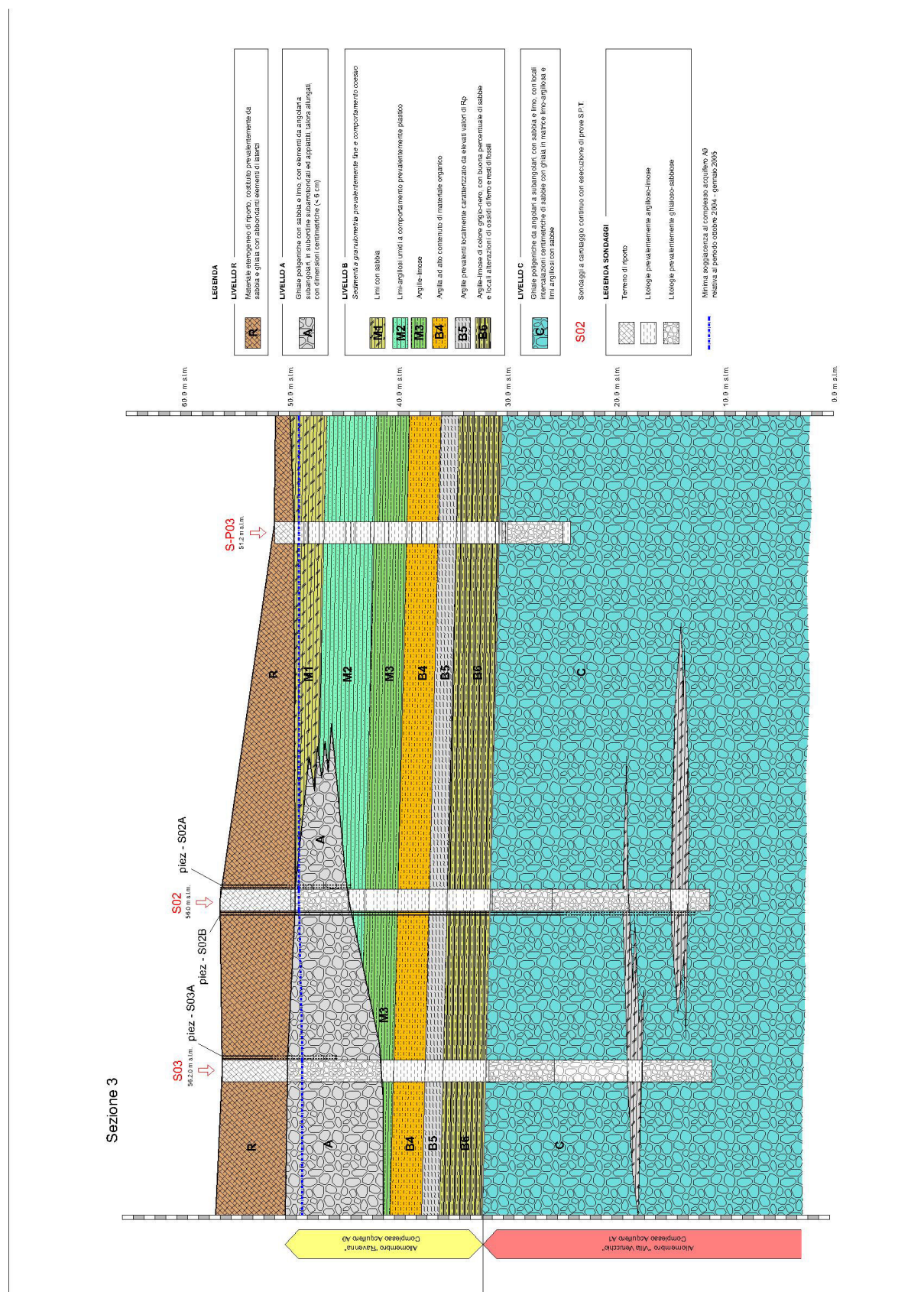


Figura 12: Sezione geologica e individuazione dei piezometri

5.2.1 Falda a pelo libero nel complesso acquifero A₀

Le osservazioni effettuate hanno permesso di dedurre che i livelli piezometrici della falda sono direttamente connessi con i livelli idrometrici livello delle acque nel T. Parma, come evidenziato nella Fig. 13.

Nel periodo estivo la falda è assente, come del resto l'acqua nel greto fluviale. Il massimo livello della falda è concomitante con la piena in corso nel T. Parma.

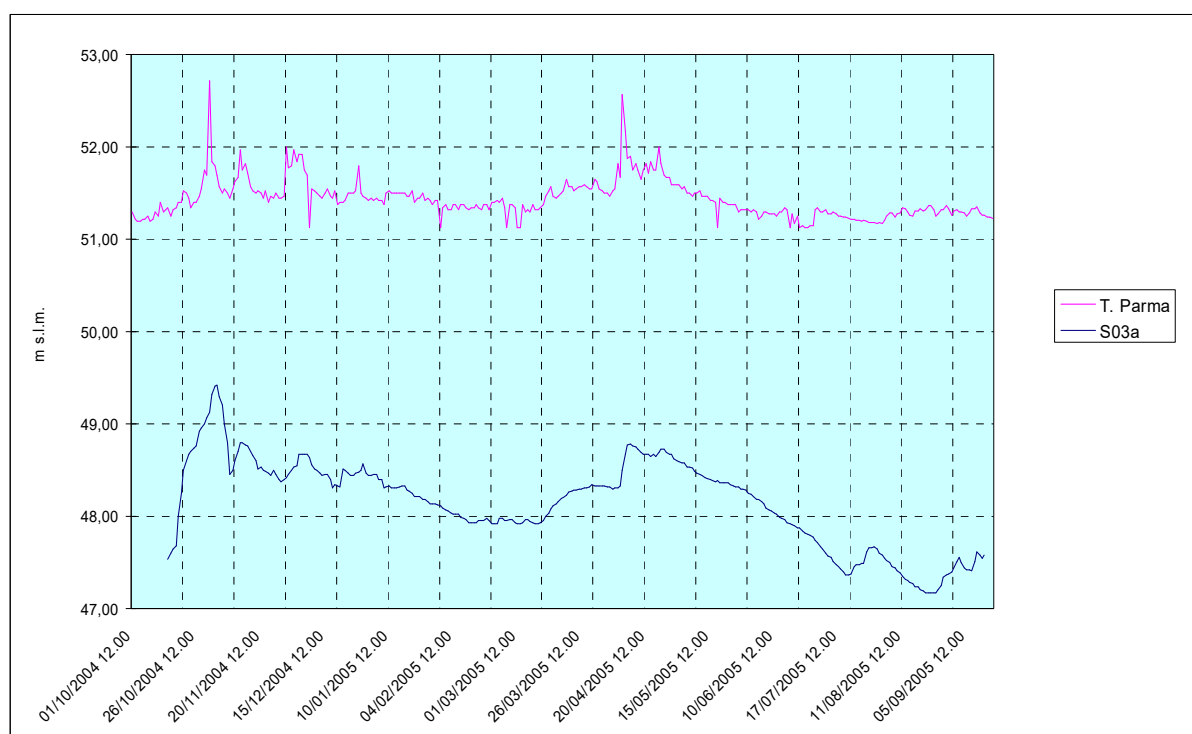


Figura 13: Confronto tra il livello idrometrico del T. Parma al Ponte Verdi e i livelli piezometrici della falda A₀ nel periodo ottobre 2004 - settembre 2005 (fonte dati per le portate del t. Parma: <http://www.provincia.parma.it>)

5.2.2 Falda in pressione nel complesso acquifero A₁

Il monitoraggio effettuato nel periodo ottobre 2004 – settembre 2005 ha evidenziato oscillazioni stagionali contenute in 1,5 m, in buon accordo con i valori osservati nella rete di controllo provinciale.

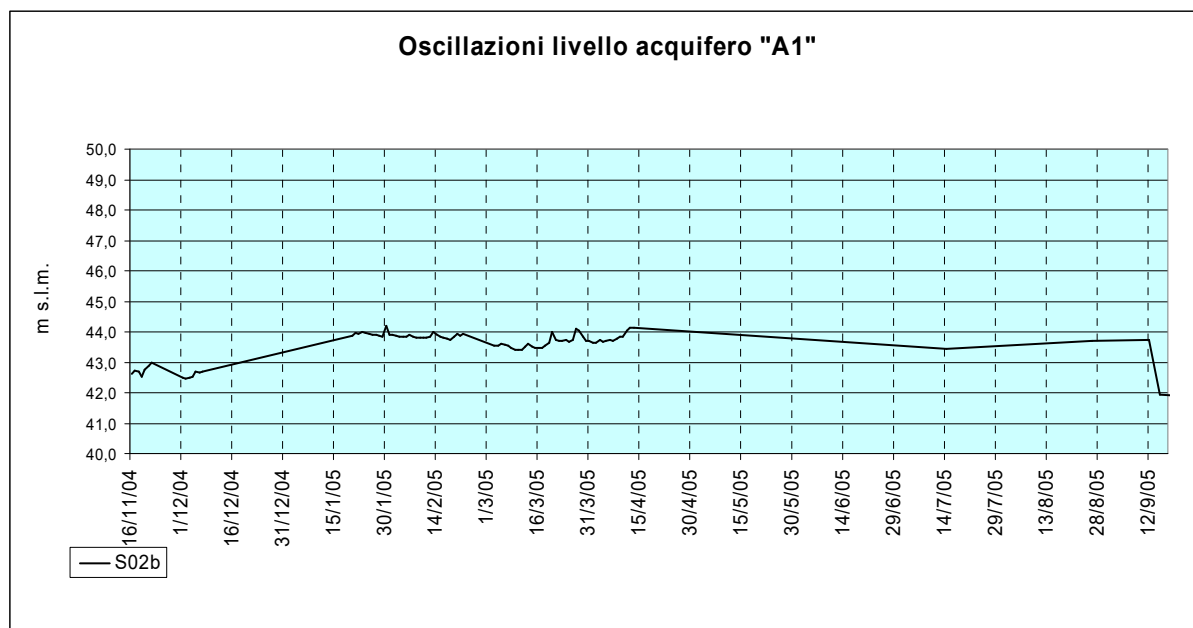


Figura 14: Livello piezometrico della falda nel Complesso Acquifero A₁ (periodo novembre 2004-settembre 2005)

Nel periodo di osservazione il livello piezometrico della falda nel Complesso Acquifero A₁ è stato di circa 4 – 5 metri inferiore a quello misurato nel Complesso Acquifero A₀.

6 VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI ALL'INQUINAMENTO

La vulnerabilità naturale degli acquiferi all'inquinamento rappresenta un indicatore ambientale di suscettibilità delle falde idriche al carico antropico.

La pianificazione sovraordinata riconoscendo quale obiettivo prioritario la tutela dell'ambiente idrico sotterraneo si è cimentata nello studio degli acquiferi, producendo carte tematiche volte alla tutela delle aree sensibili.

I risultati di tali analisi sono le cosiddette carte della vulnerabilità degli acquiferi o della ricarica degli acquiferi stessi.

I prodotti più recenti sono rappresentati dalle carte del grado di vulnerabilità naturale degli acquiferi della pianura parmense (Alifracco, Beretta et. al. – 2000) e del Piano Tutela delle Acque.

6.1 Carta della vulnerabilità naturale degli acquiferi della pianura parmense

La definizione del grado di vulnerabilità naturale degli acquiferi della pianura parmense redatta dalla Provincia di Parma, utilizzando la metodologia proposta da Alifracco, Beretta et. al. , indica diversi gradi di suscettibilità all'inquinamento sulla base delle possibili combinazioni tra i seguenti fattori geologici ed idrogeologici:

- litologia di superficie: le caratteristiche granulometriche, tessiturali e composizionali dei sedimenti influenzano direttamente la permeabilità, la trasmissività e la reattività chimica del terreno; da essi dipendono la capacità di autodepurazione, di filtrazione, di adsorbimento e di degradazione chimico-biologica del terreno;
- profondità delle ghiaie: fattore che definisce lo spessore di copertura a difesa del substrato permeabile sede di acquiferi;
- caratteristiche strutturali dell'acquifero: in relazione alle diverse aree di alimentazione e ricarica degli acquiferi individuate dalla nuova metodologia, si distinguono 3 casi:
 - area di alimentazione del Gruppo C (falda libera); trattasi dell'area pedecollinare, relativamente ristretta, di ricarica dell'intero serbatoio acquifero;
 - area di alimentazione dei Gruppi A e B (falda libera); area intermedia, corrispondente all'incirca all'alta pianura, di ricarica degli acquiferi superficiali e dell'acquifero cosiddetto "principale";
 - area di alimentazione degli acquiferi superficiali (falda libera e in pressione); area ubicata approssimativamente a nord della Via Emilia, di possibile alimentazione dei soli acquiferi superficiali.

Partendo dalla classificazione tradizionale (CNR-GNDCI, 1988 – Tabella 2) è stata redatta la nuova classificazione, che considera 5 classi di vulnerabilità, differenziate per ognuna delle 3 aree di alimentazione in precedenza descritte.

Tabella 2 – Classi di vulnerabilità degli acquiferi (GNDCI – CNR; AA.VV., 1988).

Grado di Vulnerabilità	Litologia di superficie	Profondità tetto ghiaie	Caratteristiche dell'acquifero
B - BASSO	argilla limo	> 5 m > 10 m	falda a pelo libero o in press. falda in pressione
M - MEDIO	argilla limo limo sabbia	< 5 m > 10 m < 10 m > 10 m	falda a pelo libero falda a pelo libero falda in pressione falda in pressione
A - ALTO	sabbia sabbia e/o ghiaia	> 10 m < 10 m	falda a pelo libero falda in pressione
E - ELEVATO	limo sabbia	< 10 m < 10 m	falda a pelo libero
E _E - ESTREMAMENTE ELEVATO	ghiaia (alveo)	0 m	

Il risultato è un elaborato, di validità tecnico-scientifica, dove ad una comune zonizzazione in funzione delle classi stabilite dalla metodologia CNR, si sovrappone una suddivisione del territorio in tre aree di alimentazione che specificano i domini acquiferi, distinti sia per natura che per utilizzo, a cui la vulnerabilità deve essere riferita.

Al fine di fornire uno strumento più adeguato agli scopi della pianificazione, le 15 classi di vulnerabilità ottenute sono state raggruppate in 3 sole classi nella “Nuova carta della vulnerabilità degli acquiferi” definite formalmente (Tabella 3):

- poco vulnerabile;
- vulnerabile a sensibilità attenuata;
- vulnerabile a sensibilità elevata.

Allo scopo di suddividere il territorio in classi omogenee e perseguire la tutela degli acquiferi della pianura parmense, l'Amministrazione provinciale di Parma ha proceduto ad individuare i principali sottobacini naturali e/o artificiali che sversano nei maggiori corsi d'acqua che solcano la pianura: T. Stirone, F. Taro, T. Baganza, T. Parma e T. Enza. Aree vulnerabili a sensibilità attenuata potrebbero ricevere reflui i quali attraverso i sistemi naturali e/o artificiali di scorrimento superficiale transiterebbero in aree, più a valle, vulnerabili a sensibilità elevata.

Tabella 3 – Classi di vulnerabilità degli acquiferi - Provincia di Parma (Alifracco, Beretta et. al. – 2000).

Classi di vulnerabilità	Classi di vulnerabilità suddivise per gruppi acquiferi alimentati	
	Classe	Gruppo acquifero
Poco vulnerabile	Bassa	Acquifero superficiale
	Media	Acquifero superficiale
Aree vulnerabili a sensibilità attenuata	Alta	Acquifero superficiale
	Bassa	Acquifero A e B
	Media	Acquifero A e B
	Bassa	Acquifero C
	Media	Acquifero C
Aree vulnerabili a sensibilità elevata	Elevata	Acquifero superficiale
	Estremamente elevata	Acquifero superficiale
	Alta	Acquifero A e B
	Elevata	Acquifero A e B
	Estremamente elevata	Acquifero A e B
	Alta	Acquifero C
	Elevata	Acquifero C
	Estremamente elevata	Acquifero C

In sintesi alla “Nuova carta della vulnerabilità degli acquiferi” è stata sovrapposta la carta dei sottobacini. Il confronto ha permesso di individuare le aree corrispondenti alle tre classi proposte: poco vulnerabili, vulnerabili a sensibilità attenuata, vulnerabili a sensibilità elevata. Per rendere la cartografia più aderente ai limiti del territorio e agevolare la comprensione si è proceduto a rettificare i limiti fra le tre classi individuate, considerando elementi topografici ben distinguibili, quali strade e linee ferroviarie.

Il territorio comunale di Parma è classificato come (v. Fig. 15):

- vulnerabile a sensibilità elevata nelle aree di alveo attivo del T. Parma e del T. Enza a sud della linea ferroviaria Milano – Bologna, nelle zone circostanti il F. Taro a sud di località Viarolo e nelle aree a sud di una direttrice ideale tra località Lemignano e località Botteghino, occupando il 34,5% del territorio comunale (pari a circa 9.000 ha);
- vulnerabile a sensibilità attenuata nelle aree comprese tra la direttrice sopracitata e la linea ferroviaria Milano-Bologna e la tangenziale nord di Parma, occupando il 27% circa del territorio comunale (pari a circa 7.050 ha) ed in particolare interessando l'intero centro abitato di Parma;

- poco vulnerabile a nord della linea ferroviaria Milano-Bologna e della tangenziale nord di Parma, occupando il rimanente 38,5% circa del territorio comunale (pari a circa 10.000 ha).

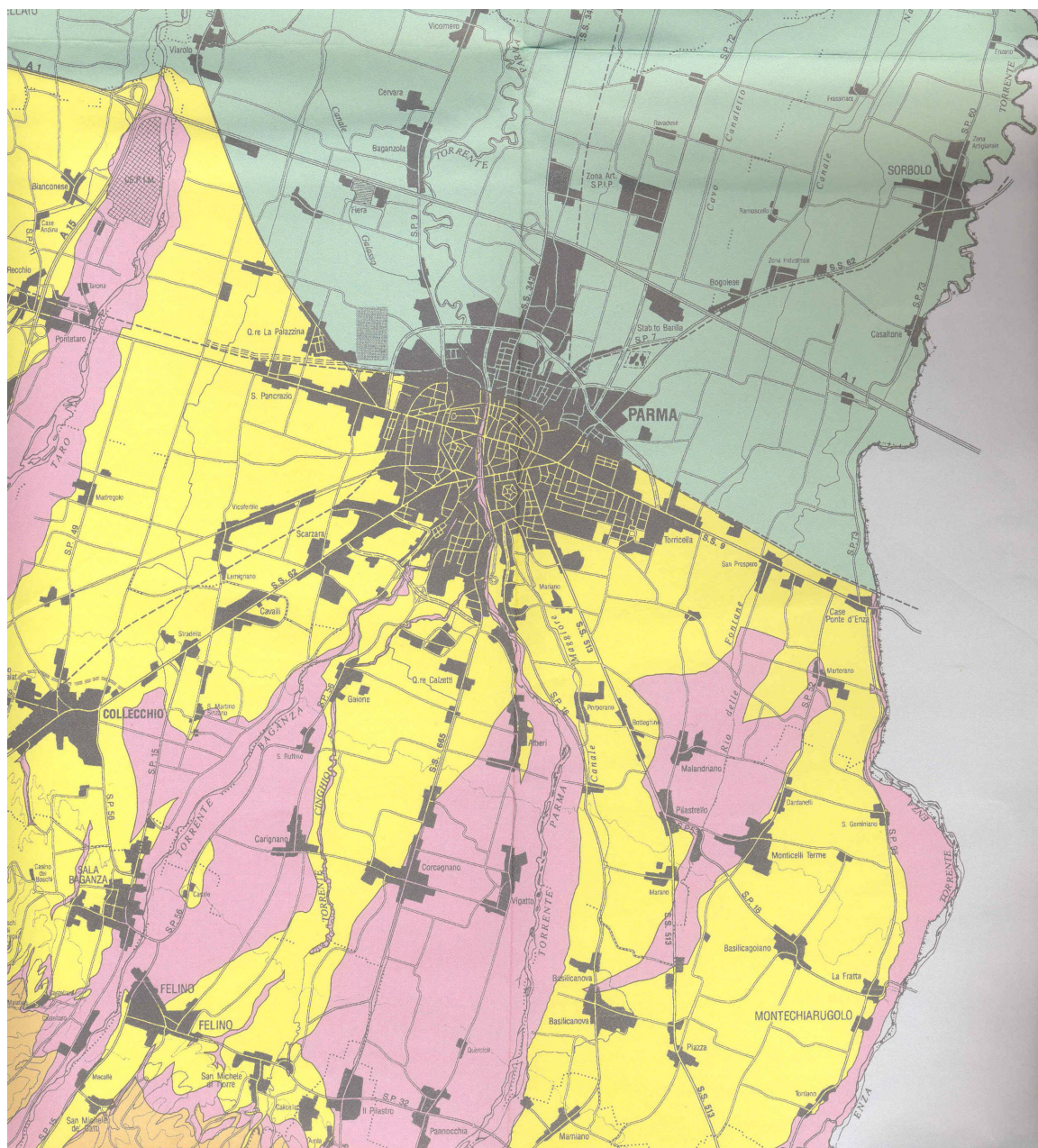


Figura 15 – “Nuova carta della vulnerabilità degli acquiferi” dell’Amministrazione provinciale di Parma (in verde: aree poco vulnerabili; in giallo: aree a vulnerabilità a sensibilità attenuata degli acquiferi all’inquinamento; in rosso: aree a vulnerabilità a sensibilità elevata degli acquiferi all’inquinamento).

6.2 Piano Regionale Tutela Acque

Il Piano Regionale Tutela Acque (PTA) della Regione Emilia Romagna, adottato con deliberazione C.R. n. 633 del 22/12/2004, costituisce lo strumento mediante il quale la Regione, in adeguamento ai principi generali espressi dalla L. 36/94, persegue la tutela e il risanamento delle acque superficiali e sotterranee secondo la disciplina generale definita dal D.Lgs 152/99.

Il PTA della regione Emilia Romagna costituisce lo strumento di pianificazione per il raggiungimento degli obiettivi di qualità fissati dalle Direttive Europee e recepite nella norma italiana, utilizzando un criterio integrato che prende in considerazione, oltre agli aspetti più tipicamente di carattere qualitativo, anche gli aspetti quantitativi (minimo deflusso vitale, risparmio idrico, verifica delle concessioni, diversione degli scarichi, etc.).

A tal fine, il Piano individua, fra l'altro, zone di protezione corrispondenti ad aree da assoggettare a specifiche modalità di gestione finalizzate alla tutela delle risorse idriche sotterranee e superficiali, individuandole anche cartograficamente.

Relativamente all'ambiente idrico sotterraneo il Piano Regionale Tutela Acque distingue le aree di protezione delle acque sotterranee in zone del territorio pedecollina-pianura, collinare-montano.

Per il Comune di Parma (pedecollinare – pianura), le zone di protezione delle acque sotterranee sono articolate in settori di ricarica delle falde di tipo A (aree caratterizzate da ricarica diretta della falda), di tipo B (aree caratterizzate da ricarica indiretta della falda), di tipo C (bacini imbriferi di primaria alimentazione dei settori di tipo A e B), di tipo D (fasce adiacenti agli alvei fluviali con prevalente alimentazione laterale subalvea), emergenze naturali di falda (fontanili), zone di riserva (presenza di risorse non ancora destinate al consumo umano e potenzialmente sfruttabili).

Il territorio comunale di Parma è suddiviso come illustrato nella Fig. 16 ed esplicito in seguito:

- Settore A: Aree caratterizzate da ricarica diretta della falda, generalmente a ridosso della pedecollina, idrogeologicamente identificabili come sistema monostrato, contenente una falda freatica in continuità con la superficie da cui riceve alimentazione per infiltrazione;
- Settore B: Aree caratterizzate da ricarica indiretta della falda, generalmente comprese tra la zona A e la media pianura, idrogeologicamente identificabili come sistema debolmente compartimentato, in cui la falda freatica superficiale segue una falda semiconfinata in collegamento per drenanza verticale;
- Settore C⁸: Bacini imbriferi di primaria alimentazione dei settori tipo A e B;
- Settore D: Fasce adiacenti agli alvei fluviali (250 metri per lato) con prevalente alimentazione laterale subalvea.

⁸ Non presente nel territorio comunale

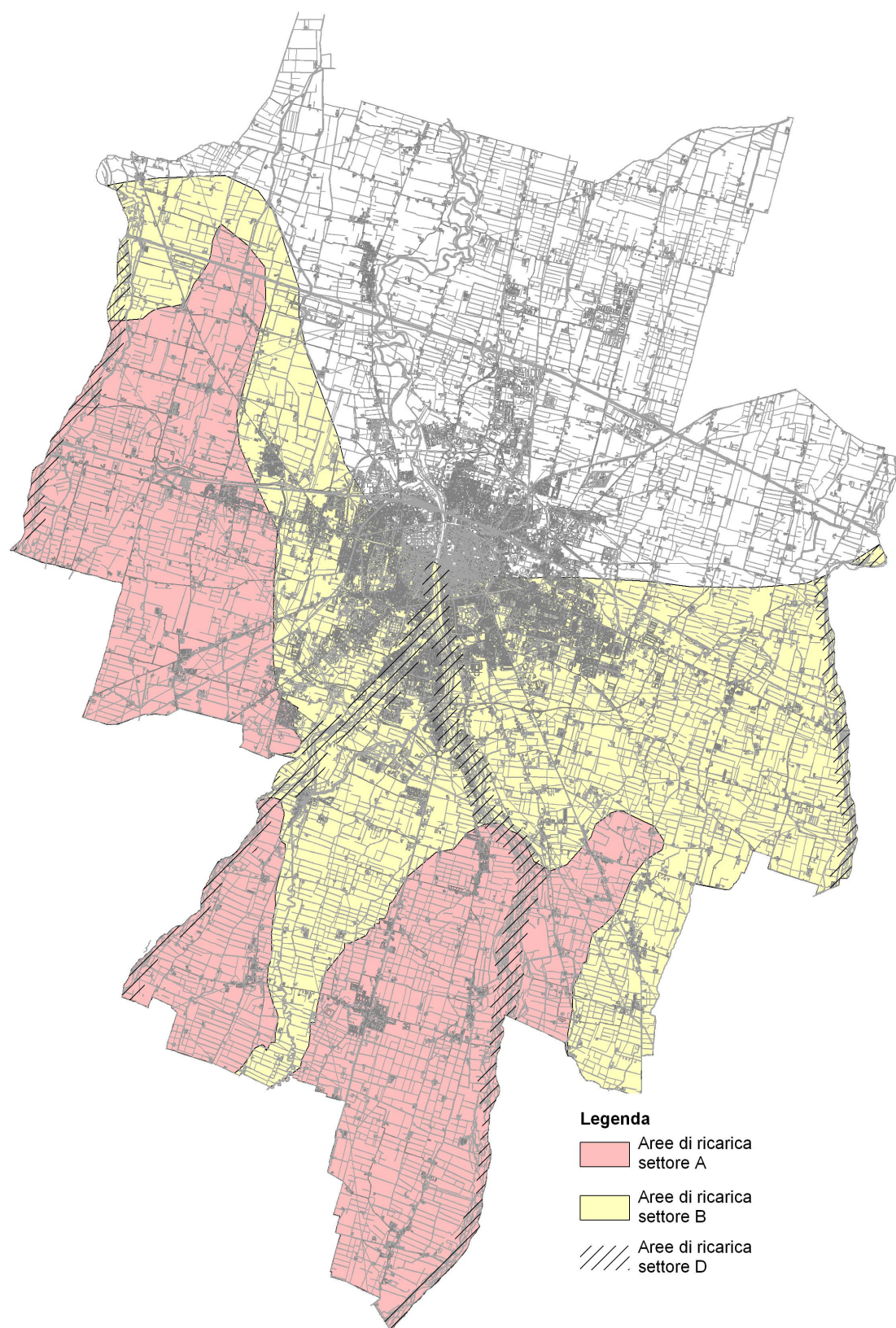


Figura 16: Zone di Protezione delle acque sotterranee: Aree di ricarica (Piano Regionale Tutela Acque)

6.3 Nuova Carta della Vulnerabilità

Attraverso l'analisi delle numerose perforazioni eseguite per la ricerca idrica e d'idrocarburi e per le indagini geotecniche è stato prodotto quale risultato un'evoluzione della carta della vulnerabilità della Provincia di Parma (Alifraco, Beretta et. al. – 2000). In particolare è stata analizzata nel dettaglio la struttura e la distribuzione spaziale dei sistemi acquiferi ed acquitardi, costituenti l'Unità Idrostratigrafica-Sequenziale A_0 , e i loro rapporti con i sistemi acquiferi ed acquitardi delle unità Idrostratigrafica-Sequenziale situate a maggiore profondità. In proposito occorre sottolineare che i sistemi acquiferi del complesso A_0 presentano una bassa potenzialità idrica e una scarsa estensione areale che li rende poco appetibili in termini di risorsa idrica.

Contrariamente i sistemi acquiferi, dei Complessi A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , e dei Gruppi B e C, costituiscono l'importante patrimonio d'acque dolci contenute nel sottosuolo del comune di Parma. Sono, infatti, intercettati, in particolar modo il complesso acquifero A_1 , da quasi tutte le opere di captazione idropotabile, industriale, irrigue, ecc. L'Unità Idrostratigrafica-Sequenziale A_0 estesa in tutto il territorio comunale, a parte limitati settori nelle località di Marano e Bovarola, rappresenta quindi il mezzo d'interscambio (in relazione all'estensione e o distribuzione dei sistemi acquiferi) e/o protezione (in relazione all'estensione e o distribuzione dei sistemi acquitardi) tra la superficie topografica e gli acquiferi principali. Come già riportato nei precedenti capitoli l'Unità Idrostratigrafica-Sequenziale A_0 presenta da nord a sud uno spessore mediamente costante di circa 20 metri, suddiviso nei seguenti tre livelli che dalla superficie topografica sono (v. Tav. 7):

1. Livello A_{01} : il sistema acquifero A_{01} affiorante o subaffiorante si sviluppa nella parte meridionale ed occidentale del territorio comunale con tetto attestato dal p.c. a 4 metri di profondità e base da -4 a -7 metri di profondità; nella restante parte del territorio comunale è sostituito da una barriera di permeabilità;
2. Livello A_{02} : il sistema acquifero A_{02} si sviluppa nella parte meridionale ed occidentale del territorio comunale con tetto attestato da -4 a -7 metri di profondità e base da -9 a -12 metri di profondità; presenta una maggiore estensione del sistema acquifero A_{01} a testimonianza che in passato i corsi d'acqua presentavano una maggiore competenza rispetto ai giorni nostri; nella restante parte del territorio comunale è sostituito da una barriera di permeabilità;
3. Livello A_{03} : il sistema acquifero A_{03} si sviluppa nella parte meridionale ed occidentale del territorio comunale con tetto attestato da -9 a -12 metri di profondità e base da -18 a -21 metri di profondità; presenta una maggiore estensione dei sistemi acquiferi A_{01} e A_{02} a testimonianza di una decrescente competenza dei tributari appenninici del Fiume Po; nella restante parte del territorio comunale è sostituito da una barriera di permeabilità.

Nella Fig. 17 è riportato il modello concettuale del complesso acquifero A_0 e dei rapporti con il complesso acquifero A_1 .

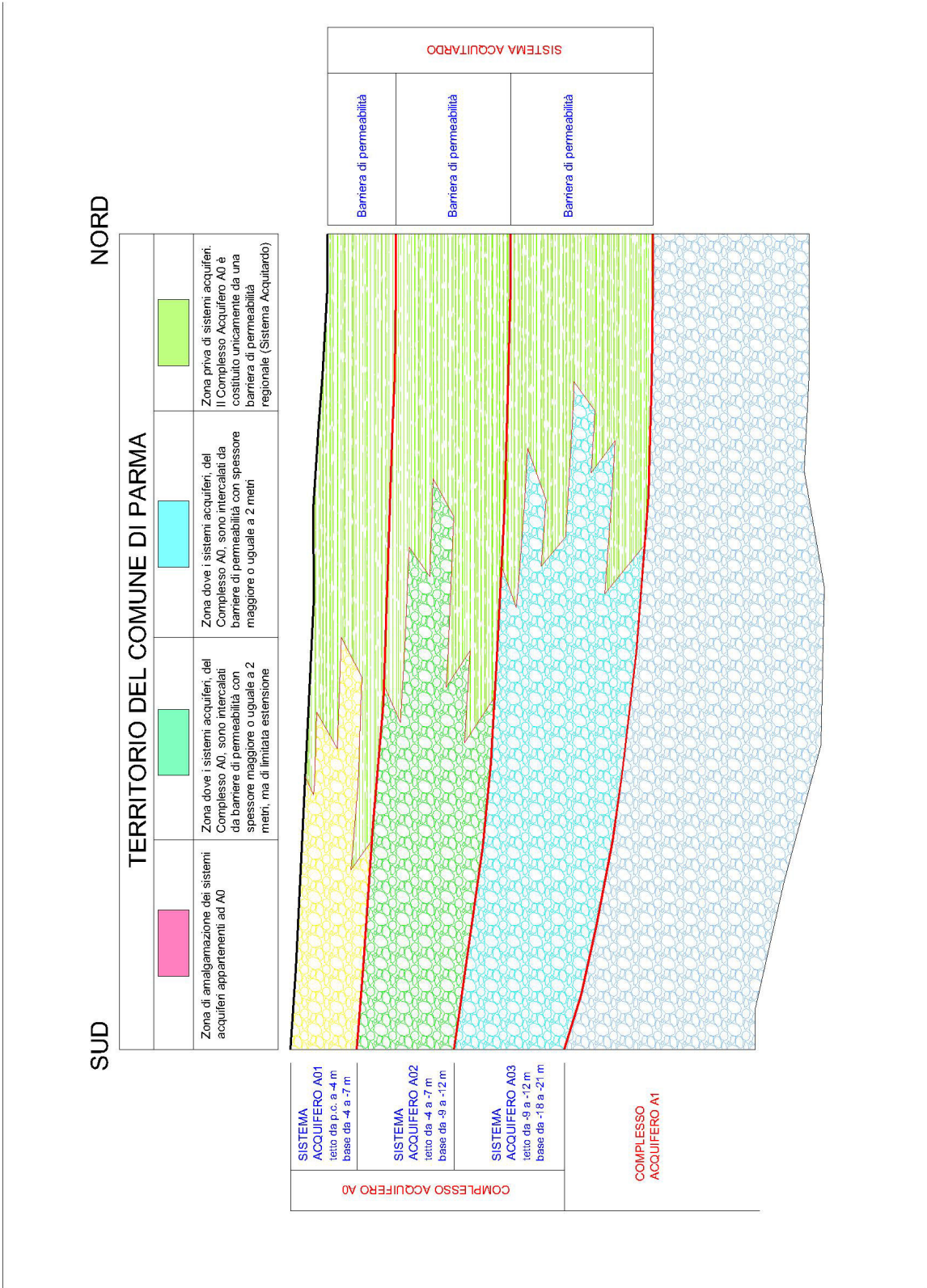


Figura 17: Modello concettuale del complesso acquifero A₀ e dei rapporti con il complesso acquifero A₁ nel territorio comunale di Parma

Sulla base dei rapporti tra i sistemi acquiferi e le barriere di permeabilità, costituenti l'Unità Idrostratigrafica-Sequenziale A₀, e i sistemi acquiferi e le barriere di permeabilità delle unità Idrostratigrafiche-Sequenziali situate a maggiore profondità, è stata realizzata la Tavola 8 che esprime nel dettaglio il grado di vulnerabilità naturale dei complessi acquiferi principali presenti nel sottosuolo del comune di Parma.

6.3.1 Zona di alimentazione dei Gruppi Acquiferi A e B

La successione stratigrafica è caratterizzata dalla presenza di strati di ghiaie amalgamati che dal piano campagna si estendono fino a profondità rilevanti senza interposizioni significative di livelli fini poco permeabili. Un inquinante sversato in superficie in queste zone potrebbe permeare in tutti gli Acquiferi dei Gruppi A e B, compresi quelli sfruttati per usi acquedottistici.

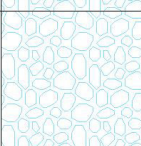
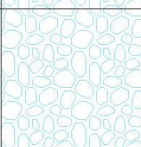
Zona di alimentazione dei Gruppi Acquiferi A e B	Gruppo Acquifero	Acquiferi		Stratigrafia tipo
	A	Sistemi acquiferi di A0 (complesso superficiale)	A01	
			A02	
			A03	
		A1, A2, A3, A4 Acquiferi principali		
	B	B1, B2, B3, B4 Acquiferi principali		

Figura 18: Modello stratigrafico della zona di alimentazione dei Gruppi Acquiferi A e B

6.3.2 Zona di alimentazione del Gruppo Acquifero A

La successione stratigrafica è caratterizzata dalla presenza di strati di ghiaie amalgamati che dal piano campagna si estendono fino a profondità rilevanti senza interposizioni significative di livelli fini poco permeabili. In tali zone i complessi Acquiferi del Gruppo B si trovano a profondità rilevanti e protetti da livelli con spessori plurimetrici costituiti in prevalenza da terreni poco permeabili ed estesi su scala regionale (Sistema Acquitardo).

Un inquinante sversato in superficie in queste zone potrebbe permeare in tutti i Sistemi Acquiferi del Gruppo A, anche in quelli sfruttati per usi acquedottistici; i complessi Acquiferi del Gruppo B si trovano

in questa zona a profondità rilevanti e protetti da barriere impermeabili con spessori plurimetri, estese su scala regionale (Sistema Acquitardo).

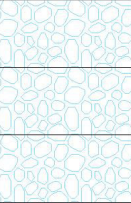
Zona di alimentazione del Gruppo Acquifero A	Gruppo Acquifero	Acquiferi		Stratigrafia tipo
	A	Sistemi acquiferi di A0 (complesso superficiale)	A01 A02 A03	
		A1, A2, A3, A4 Acquiferi principali		
	B	B1, B2, B3, B4 Acquiferi principali		

Figura 19: Modello stratigrafico della zona di alimentazione dei Gruppo Acquifero A

6.3.3 Zona di alimentazione ritardata dei Gruppi Acquiferi A e B

Rappresenta la zona d'interconoide dei principali sistemi fluviali (Taro, Baganza, Parma ed Enza). I tre sistemi acquiferi, costituenti il Complesso Acquifero A0, sono intercalati da almeno un livello limoso - argilloso di elevato spessore, ma estensione areale piuttosto limitata. Anche i rapporti tra i sottostanti complessi acquiferi del Gruppo A e del Gruppo B sono caratterizzati dall'intercalazione di livelli poco permeabili, discontinui, con spessori superiori generalmente ai 2 metri.

Un inquinante sversato in superficie in queste zone potrebbe permeare in tutti i Sistemi Acquiferi dei Gruppi A e B, con effetto ritardato da barriere impermeabili di estensione ridotta.

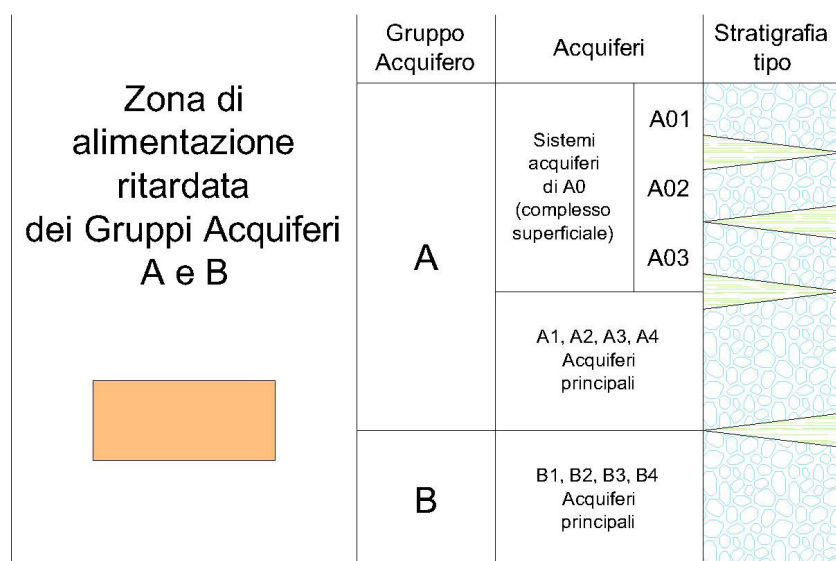


Figura 20: Modello stratigrafico della zona di alimentazione ritardata dei Gruppi Acquiferi A e B

6.3.4 Zona di alimentazione ritardata del Gruppo Acquifero A

In tale zona i tre Sistemi Acquiferi cartografati nel Complesso Acquifero superficiale A0, sono intercalati da almeno un livello limoso - argilloso di elevato spessore, ma estensione areale limitata. Anche i rapporti tra i sottostanti complessi acquiferi del Gruppo A sono caratterizzati dall'intercalazione di livelli poco permeabili, discontinui, con spessori superiori generalmente ai 2 metri.

Un inquinante sversato in superficie in queste zone potrebbe permeare nei Sistemi Acquiferi del Gruppo A, con effetto ritardato da barriere impermeabili di estensione ridotta; i complessi Acquiferi del Gruppo B si trovano in questa zona a profondità rilevanti e protetti da barriere impermeabili con spessori plurimetri, estese su scala regionale (Sistema Acquitardo).

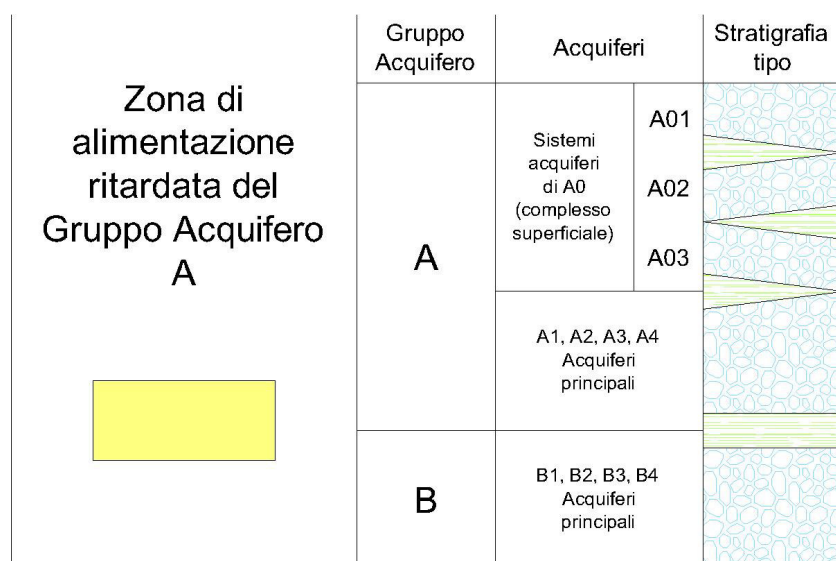


Figura 21 Modello stratigrafico della zona di alimentazione ritardata del Gruppo Acquifero A

6.3.5 Zona con protezione parziale degli acquiferi principali

I tre Sistemi Acquiferi cartografati nel Complesso Acquifero Superficiale A₀, sono intercalati da almeno un livello di elevato spessore, ma estensione areale limitata. I Complessi acquiferi profondi appartenenti al Gruppo Acquifero A e utilizzati per fini acquedottistici, sono protetti da un Sistema Acquitardo Regionale così come il Gruppo Acquifero B.

Un inquinante sversato in superficie in queste zone potrebbe permeare nei Sistemi Acquiferi del Complesso A₀, senza raggiungere i Complessi Acquiferi principali del Gruppo A e B sfruttati ai fini acquedottistici.

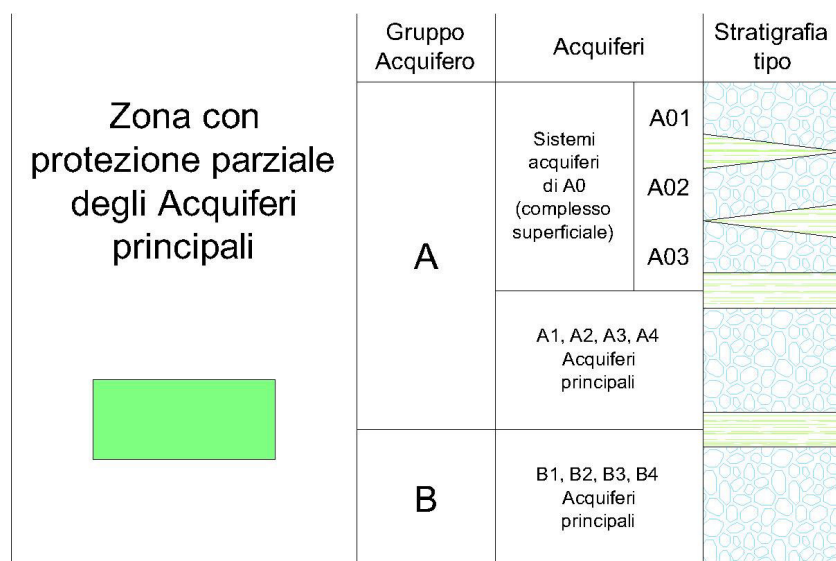


Figura 22: Modello stratigrafico della zona con protezione parziale degli acquiferi principali

6.3.6 Zona con protezione totale degli acquiferi principali

Nella parte nord del territorio comunale, il Complesso Superficiale A₀ è composto da sedimenti fini, poco permeabili, che nel loro insieme costituiscono una barriera di permeabilità regionale, che protegge gli acquiferi profondi dei Gruppi A e B da eventuali inquinanti sversati in superficie.

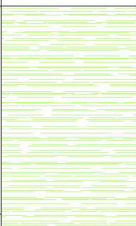
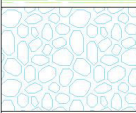
Zona con protezione totale degli Acquiferi principali	Gruppo Acquifero	Acquiferi		Stratigrafia tipo
	A	Sistemi acquiferi di A0 (complesso superficiale)	A01 A02 A03	
		A1, A2, A3, A4 Acquiferi principali		
	B	B1, B2, B3, B4 Acquiferi principali		

Figura 23: Modello stratigrafico della zona con protezione totale degli acquiferi principali

6.4 Zone di protezione dei sistemi acquiferi

La ricostruzione di dettaglio dell'assetto idrogeologico ha permesso di ridefinire le Zone di protezione dei sistemi acquiferi contenuta nella Tavola 1 del Piano regionale di Tutela delle Acque.

In particolare si propone l'ampliamento del settore A, di alimentazione diretta, facendo diretto riferimento alla Zona di alimentazione dei Gruppi Acquiferi A e B e alla Zona di alimentazione dei Gruppi Acquiferi A della Nuova Carta della Vulnerabilità.

In relazione alla sovraordinazione del Piano Tutela Acque rispetto al Piano Strutturale Comunale ed in applicazione del principio di precauzione, le zone di protezione, individuate nella Tav. 9 "Zona di Protezione delle Acque Sotterranee", sono state esclusivamente ampliate rispetto ai limiti indicati nella Tavola 1 del PTA. Al fine di agevolare la individuazione in sito, i limiti dei settori di ricarica ripercorrono gli elementi fisici del territorio, quali, strade, canali, fossi, ecc.

Il Piano provinciale di Tutela delle Acque potrà eventualmente specificare le Zone di protezione dei sistemi acquiferi definite dal Piano Regionale di Tutela delle Acque, in piena coerenza con le Zone di alimentazione individuate nella Carta della vulnerabilità del PSC.

Le zone di protezione sono suddivise in:

- settori di ricarica di **tipo A**: aree caratterizzate da ricarica diretta della falda, generalmente a ridosso della pedecollina, idrogeologicamente identificabili come sistema monostrato, contenente una falda freatica in continuità con la superficie da cui riceve alimentazione per infiltrazione;
- settori di ricarica di **tipo B**: aree caratterizzate da ricarica indiretta della falda, generalmente compresa tra la zona A e la media pianura, idrogeologicamente identificabile come sistema debolmente compartimentato in cui alla falda freatica superficiale segue una falda semiconfinata in collegamento per drenanza verticale;
- settori di ricarica di **tipo D**: fasce adiacenti agli alvei fluviali con prevalente alimentazione laterale subalvea.

Nei settori di ricarica di tipo A e D, oltre alle limitazioni d'uso definite dal PTA regionale, dovranno:

- essere vietati nuovi allevamenti zootecnici;
- essere vietati nuovi centri di deposito e stoccaggio di carburanti;
- essere vietati nuovi impianti di trattamento rifiuti;
- essere incentivata l'estensione e la razionalizzazione della rete fognaria;
- essere raccolte e trattate tutte le acque di prima pioggia provenienti da nuove strade di categoria A, B e C ai sensi del DLgs. n.258/1992 e s.m.i.;
- essere raccolte e trattate tutte le acque di prima pioggia provenienti da piazzali ad uso artigianale ed industriale.

Nei settori di ricarica di tipo D inoltre:

- non dovranno essere ammessi nuovi distributori di carburanti e nuovi impianti di lavaggio automezzi;
- le attività estrattive devono essere finalizzate prioritariamente all'ampliamento delle fasce di pertinenza fluviale, al fine di ripristinare e favorire il rapporto fiume-falda e di evitare il tombamento con materiali non idonei.

7 ASSETTO STRATIGRAFICO E ASPETTI GEOTECNICI

Attraverso l'analisi delle unità geologiche affioranti e delle stratigrafie di numerose perforazioni, eseguite per la ricerca idrica e d'idrocarburi e per le indagini geotecniche, sono state individuate 4 macroaree con assetto stratigrafico sostanzialmente omogeneo dal punto di vista geotecnico (Tav. 10).

I limiti tra le varie macroaree sono da intendersi indicativi, in quanto il passaggio da una sequenza stratigrafica e l'altra è spesso continuo; inoltre sono stati trascurati gli elementi geologici minori.

Tale schematizzazione ha la finalità di fornire un orientamento sulle possibili problematiche geotecniche delle opere di fondazione.

Si tratta quindi di un documento non sostitutivo delle specifiche indagini in sito e degli studi da eseguire in fase di POC, di Piani d'attuazione e di Progettazione, come previsti da:

- Circolare Regionale n. 1288 del 11 febbraio 1983 contenente "*Indicazioni metodologiche sulle indagini geologiche da produrre a corredo dei Piani urbanistici comunali*";
- D.M. 11.3.1988 "*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e le rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*";
- D.M. 14.1.2008 "*Norme tecniche per le costruzioni*";
- Eurocodici 7 e 8.

7.1 Successione stratigrafica TIPO 1

La successione stratigrafica TIPO 1 caratterizza il settore meridionale ed occidentale del Comune di Parma dove è presente il maggiore sviluppo dei sistemi di conoide alluvionale dei corsi d'acqua appenninici.

Tale macroarea contraddistingue infatti le zone di pertinenza fluviale e le aree contermini con estensione dal corso d'acqua proporzionale alla competenza e allo sviluppo del bacino imbrifero.

La successione stratigrafica è costituita da livelli di ghiaie e sabbie amalgamati o con sottili intercalazioni di argille e/o limi di limitata continuità areale. I livelli ghiaiosi sono quasi sempre prossimi al piano campagna o comunque a ridotta profondità.

Le eventuali intercalazioni limose ed argillose, generalmente con sviluppo spaziale ridotto, presentano spessori superiori ai 2 metri. Il rapporto ghiaia ed argilla nei primi 10 m è decisamente superiore all'unità.

Le condizioni di edificabilità dal punto di vista geologico-geotecnico, sono favorevoli.

I terreni di fondazione presentano prevalentemente un comportamento granulare con alta e medio-alta resistenza al taglio e bassi e medio bassi indici di compressibilità.

Il tetto delle ghiaie e lo spessore dei livelli ghiaiosi potrebbe però essere discontinuo in senso spaziale, comportando, in caso di fondazioni superficiali, possibili problematiche connesse ai cedimenti differenziali.

7.2 Successione stratigrafica TIPO 2

La successione stratigrafica TIPO 2 caratterizza i settori immediatamente a valle della successione stratigrafica TIPO 1. In termini geologici si tratta delle zone d'interconoide e della parte distale delle conoide alluvionali.

La successione stratigrafica è costituita prevalentemente da livelli di ghiaie e sabbie intercalati da intercalazioni di argille e/o limi di limitato sviluppo spaziale, anche se localmente possono avere spessori di oltre 5 metri. Il rapporto ghiaia ed argilla è superiore all'unità.

Le condizioni di edificabilità dal punto di vista geologico-geotecnico, sono in genere favorevoli.

I terreni di fondazione possono presentare localmente un comportamento nel suo complesso coesivo, con medio bassa resistenza al taglio e medio alti indici di compressibilità.

Il tetto delle ghiaie e lo spessore dei livelli ghiaiosi potrebbe però essere discontinuo in senso spaziale, con maggiore frequenza rispetto al tipo 1, comportando, in caso di fondazioni superficiali, possibili problematiche connesse ai cedimenti differenziali.

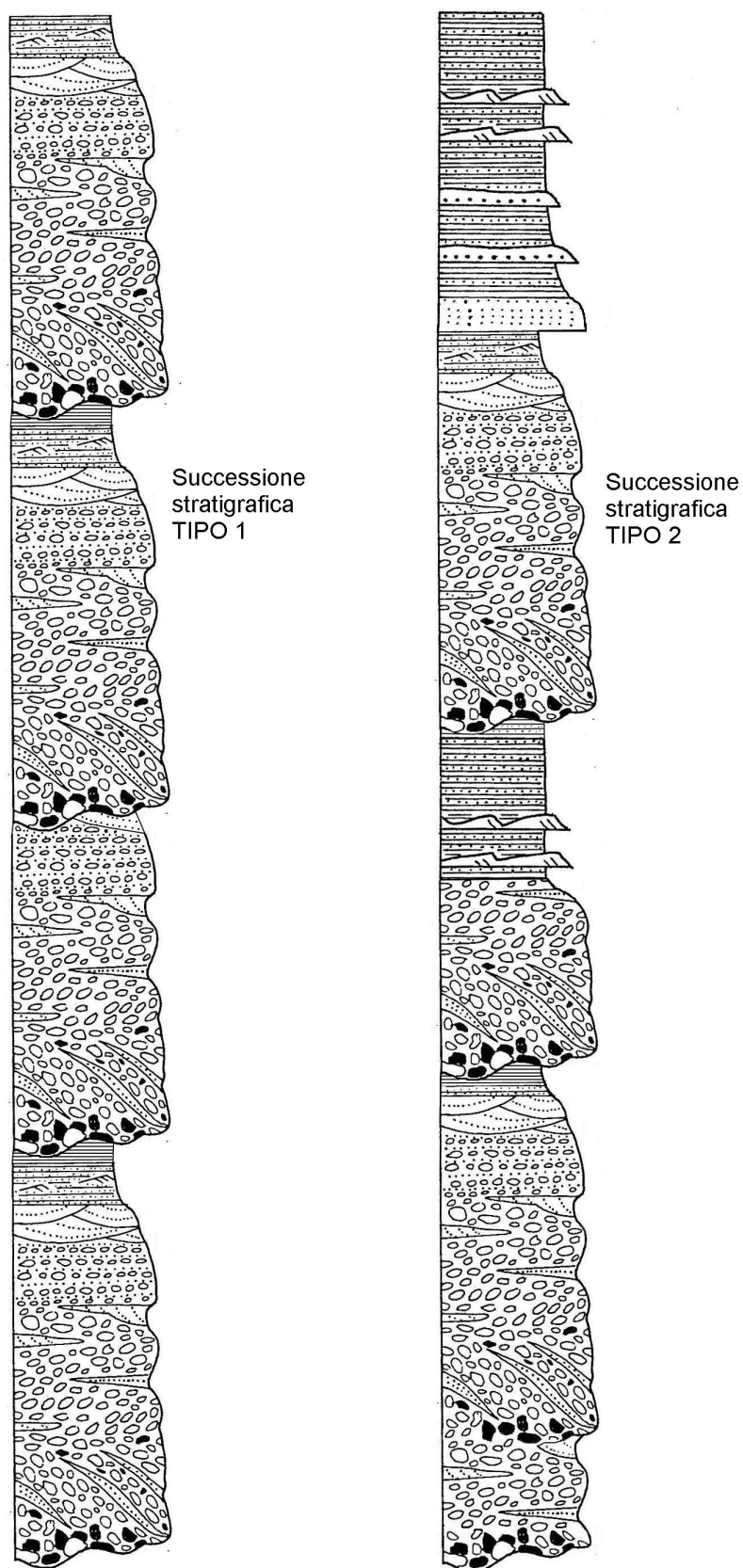


Figura: 24: Aspetto tipico della successione stratigrafica TIPO 1 e TIPO 2

7.3 Successione stratigrafica TIPO 3

La successione stratigrafica TIPO 3 caratterizza il settore centrale del territorio comunale, immediatamente a valle della successione stratigrafica TIPO 1 e TIPO 2.

La successione stratigrafica è caratterizzata da argille e limi prevalenti che presentano bassi e medio-bassi valori di resistenza al taglio ed alti e medio alti indici di compressibilità. I livelli ghiaiosi si attestano generalmente a profondità di circa 10-20 metri dal piano campagna.

La realizzazione di fondazioni dirette è possibile solo per basse condizioni di carico.

Per carichi significativi, o per inaccettabilità di cedimenti da parte delle strutture, è necessaria la realizzazione di fondazioni profonde, da intestare nei livelli ghiaiosi sottostanti, dei quali dovrà essere verificata la resistenza e lo spessore.

7.4 Successione stratigrafica TIPO 4

La successione stratigrafica TIPO 4 caratterizza il settore settentrionale del territorio comunale. In termini geologici si tratta dell'ambiente deposizionale della piana alluvionale.

Le condizioni di sedimentazione, contraddistinte da una netta perdita di competenza dei corsi d'acqua appenninici, hanno determinato la formazione di una successione stratigrafica costituita da argille e limi prevalenti, con bassi valori di resistenza al taglio ed alti indici di compressibilità, spesso organici e sottoconsolidati.

Generalmente è presente un livello di argille e/o limi di spessore variabile da 20 a 45 metri con alti indici di plasticità ($PI > 40\%$) e contenuto d'acqua.

In relazione alla bassa resistenza dei terreni, sono possibili fenomeni di amplificazione sismica locale.

La realizzazione di fondazioni dirette è possibile solo per basse condizioni di carico, accettando comunque cedimenti non trascurabili.

Può quindi essere necessaria, anche per carichi contenuti, la realizzazione di fondazioni profonde, da intestare nei livelli ghiaiosi sottostanti, dei quali dovrà comunque essere verificata la resistenza e lo spessore.

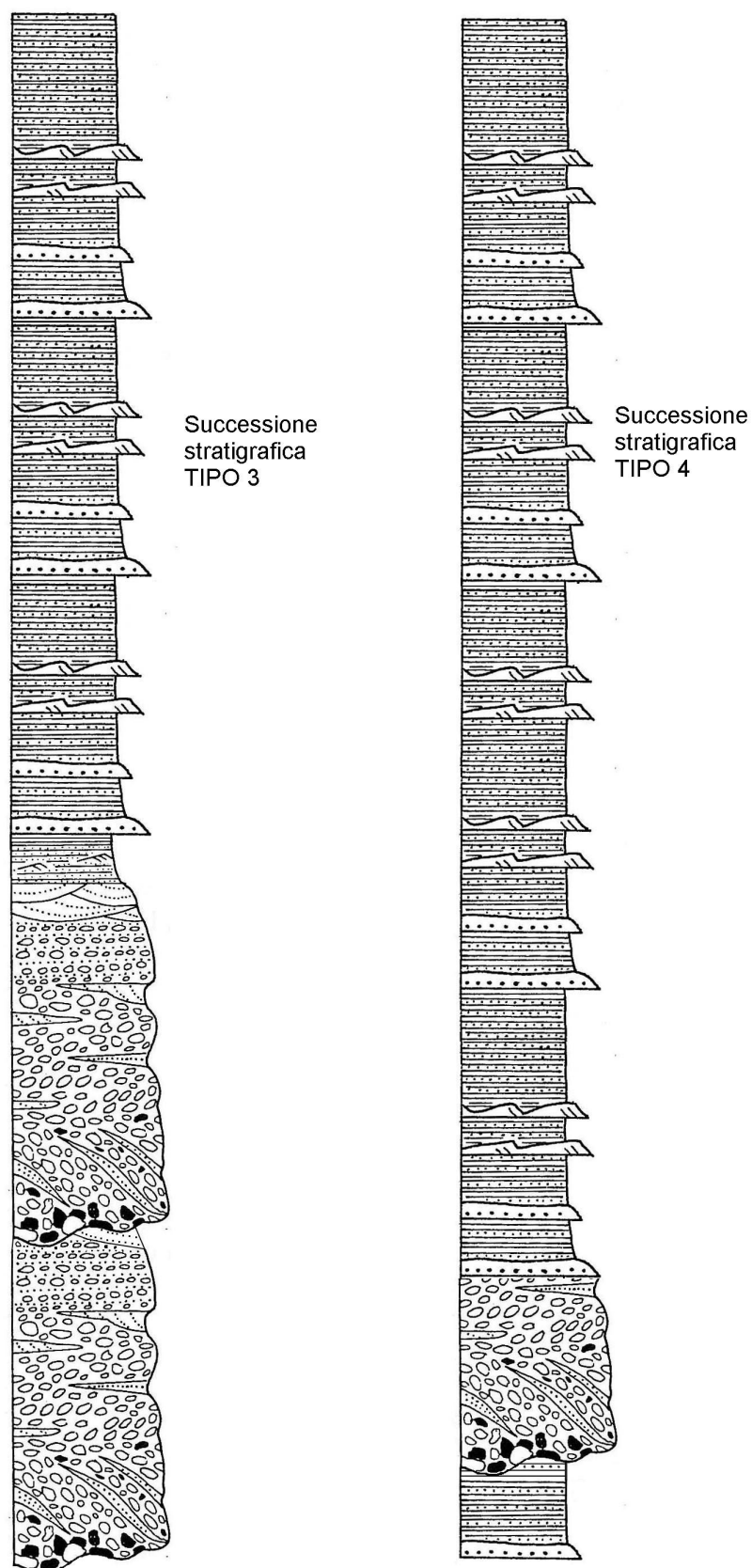


Figura: 25: Aspetto tipico della successione stratigrafica TIPO 3 e TIPO 4

8 CONCLUSIONI

Le analisi geologiche hanno permesso di verificare che le previsioni urbanistiche del PSC 2006 riguardano zone geologicamente stabili, senza arrecare danni irreversibili alle risorse idrogeologiche..

8.1 Vulnerabilità degli acquiferi

Sulla base di approfondite analisi è stata ricostruita la distribuzione spaziale dei sistemi acquiferi ed acquitardi, costituenti l'Unità Idrostratigrafica-Sequenziale A₀, e i loro rapporti con i sistemi acquiferi ed acquitardi delle unità Idrostratigrafica-Sequenziale situate a maggiore profondità.

In particolare nella carta della vulnerabilità degli acquiferi sono state individuate::

1. Zona di alimentazione dei Gruppi Acquiferi A e B: zone ad elevata vulnerabilità naturale nelle quali un inquinante sversato in superficie in queste zone potrebbe permeare in tutti gli Acquiferi dei Gruppi A e B, compresi quelli sfruttati per usi acquedottistico;
2. Zona di alimentazione del Gruppo Acquifero A: zone ad elevata vulnerabilità naturale nelle quali un inquinante sversato in superficie in queste zone potrebbe permeare in tutti i Sistemi Acquiferi del Gruppo A, anche in quelli sfruttati per usi acquedottistici; i complessi Acquiferi del Gruppo B si trovano in questa zona a profondità rilevanti e protetti da barriere impermeabili con spessori plurimetrici, estese su scala regionale (Sistema Acquitardo);
3. Zona di alimentazione ritardata dei Gruppi Acquiferi A e B: zone ad alta vulnerabilità naturale nelle quali un inquinante sversato in superficie in queste zone potrebbe permeare in tutti i Sistemi Acquiferi dei Gruppi A e B, con effetto ritardato da barriere impermeabili di estensione ridotta;
4. Zona di alimentazione ritardata del Gruppo Acquifero A: zone ad alta vulnerabilità naturale nelle quali un inquinante sversato in superficie in queste zone potrebbe permeare nei Sistemi Acquiferi del Gruppo A, con effetto ritardato da barriere impermeabili di estensione ridotta; i complessi Acquiferi del Gruppo B si trovano in questa zona a profondità rilevanti e protetti da barriere impermeabili con spessori plurimetrici, estese su scala regionale (Sistema Acquitardo);
5. Zona con protezione parziale degli acquiferi principali: zone a media vulnerabilità naturale nelle quali un inquinante sversato in superficie in queste zone potrebbe permeare nei Sistemi Acquiferi del Complesso A₀, senza raggiungere i Complessi Acquiferi principali del Gruppo A e B sfruttati ai fini acquedottistici;
6. Zona con protezione totale degli acquiferi principali: zone a bassa vulnerabilità naturale nelle quali un inquinante sversato in superficie non può permeare negli acquiferi profondi dei Gruppi A e B.

Con attenzione alle zone di ricarica diretta, è stata proposta una implementazione del settore A definito dal Piano regionale di tutela delle acque.

8.2 Assetto stratigrafico dei terreni di fondazione

Sulla base dei dati stratigrafici disponibili nel territorio comunale, sono state individuate 4 macroaree caratterizzate da sequenze stratigrafiche omogenee.

I limiti tra le varie macroaree sono da intendersi indicativi, in quanto il passaggio da una sequenza stratigrafica e l'altra è spesso continuo; inoltre sono stati trascurati gli elementi geologici minori.

Tale schematizzazione ha la finalità di fornire un orientamento sulle possibili problematiche geotecniche delle opere di fondazione.

Si tratta quindi di un documento non sostitutivo delle specifiche indagini in sito e degli studi da eseguire in fase di POC, di Piani d'attuazione e di Progettazione, come previsti da:

- Circolare Regionale n. 1288 del 11 febbraio 1983 contenente *"Indicazioni metodologiche sulle indagini geologiche da produrre a corredo dei Piani urbanistici comunali"*;
- D.M. 11.3.1988 *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e le rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"*;
- D.M. 14.1.2008 *"Norme tecniche per le costruzioni"*;
- Eurocodici 7 e 8.

Le caratteristiche delle 4 macroaree sono così riassumibili:

1. successione stratigrafica TIPO 1: le condizioni di edificabilità dal punto di vista geologico-geotecnico sono favorevoli; i terreni di fondazione presentano prevalentemente un comportamento granulare con alta e medio-alta resistenza al taglio e bassi e medio bassi indici di compressibilità; il tetto delle ghiaie e lo spessore dei livelli ghiaiosi potrebbe però essere discontinuo in senso spaziale, comportando, in caso di fondazioni superficiali, possibili problematiche connesse ai cedimenti differenziali.
2. successione stratigrafica TIPO 2: le condizioni di edificabilità dal punto di vista geologico-geotecnico, sono in genere favorevoli; i terreni di fondazione possono presentare localmente un comportamento coesivo, con medio bassa resistenza al taglio e medio alti indici di compressibilità; in condizioni di carico normali sono possibili fondazioni superficiali; il tetto delle ghiaie e lo spessore dei livelli ghiaiosi potrebbe però essere discontinuo in senso spaziale, con maggiore frequenza rispetto al tipo 1, comportando, in caso di fondazioni superficiali, possibili problematiche connesse ai cedimenti differenziali.

3. successione stratigrafica TIPO 3: la realizzazione di fondazioni dirette è possibile per basse condizioni di carico; per carichi significativi, o per inaccettabilità di cedimenti da parte delle strutture, è necessaria la realizzazione di fondazioni profonde, da intestare nei livelli ghiaiosi sottostanti, dei quali dovrà essere verificata la resistenza e lo spessore.
4. successione stratigrafica TIPO 4: in relazione alla bassa resistenza dei terreni, sono possibili fenomeni di amplificazione sismica locale; la realizzazione di fondazioni dirette è possibile solo per basse condizioni di carico, accettando comunque cedimenti non trascurabili; può quindi essere necessaria, anche per carichi contenuti, la realizzazione di fondazioni profonde, da intestare nei livelli ghiaiosi sottostanti, dei quali dovrà comunque essere verificata la resistenza e lo spessore.

In relazione alla ridotta soggiacenza della falda in tutto il territorio comunale, eventuali locali sotterranei dovranno essere opportunamente impermeabilizzati.