

RISORSE IDRICHE E BILANCIO GEOLOGICO

NELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE
"LAGUNA DI VENEZIA"

**TULLIO CAMBRUZZI, ENRICO CONCHETTO
PAOLO FABBRI, PIETRO ZANGHERI, ENRICO MARCOLONGO, ALESSIA ROSIGNOLI**

**RISORSE IDRICHE E
BILANCIO IDROGEOLOGICO**

Sede legale

Ca' Corner
S. Marco, 2662
30124 Venezia

Sede operativa

Via Pepe, 102
30172 Mestre (Ve)
Tel. 041 5040793 - Fax. 041 3969123
e-mail: info@atolagunadivenezia.it
website: www.atolagunadivenezia.it

Presidente: Francesca Zaccariotto (*Presidente della Provincia di Venezia*)

Presidente delegato: Avv. Paolo Dalla Vecchia (*Assessore alle Politiche Ambientali della Provincia di Venezia*)

Direttore Generale: Ing. Tullio Cambuzzi

Piano per la definizione del bilancio idrogeologico nell'Ambito Territoriale Ottimale "Laguna di Venezia"

AUTORITÀ D'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE "LAGUNA DI VENEZIA"



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA, DIPARTIMENTO DI GEOSCIENZE

Ideazione e coordinamento generale

Tullio Cambuzzi (*AATO Laguna di Venezia*)

Responsabile di progetto

Enrico Conchetto (*AATO Laguna di Venezia*)

Responsabili scientifici

Paolo Fabbri, Pietro Zangheri (*Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova*)

Rilievi ed elaborazione dati

Enrico Marcolongo, Alessia Rosignoli (*Geologi - Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova*)

Testi

Enrico Conchetto, Paolo Fabbri, Enrico Marcolongo, Alessia Rosignoli, Pietro Zangheri

In copertina e all'interno basi cartografiche di riferimento derivate dall'elaborazione in scala 1:50.000 della Carta Tecnica Regionale (Base 1:50.000 speditiva). "Regione del Veneto - Carta Tecnica Regionale - L.R. n. 28/76"

Gli stralci di ortofoto riportati nel testo sono: Ortofoto Terraitaly™

© Copyright Compagnia Generale Ripresearee S.p.A. Parma - www.terraitaly.it

Stampa: Grafiche Erredici Srl

Via della Provvidenza, 147 - 35030 Sarmeola di Rubano (PD)

Tel. 049.8977010 - mail: info@graficheerredici.com - web: www.graficheerredici.com

RISORSE IDRICHE E BILANCIO IDROGEOLOGICO

NELL ' AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE "LAGUNA DI VENEZIA"

Tullio Cambuzzi, Enrico Conchetto
Paolo Fabbri, Pietro Zangheri, Enrico Marcolongo, Alessia Rosignoli

Autori

Tullio Cambuzzi

Nato a Venezia, laureato in ingegneria civile a Padova, Direttore Generale dell'Autorità d'Ambito Laguna di Venezia, docente a contratto allo IUAV - Dipartimento Pianificazione, Giudice esperto del Tribunale delle Acque Pubbliche del Triveneto, membro della Commissione per la Salvaguardia di Venezia.

Enrico Conchetto

Nato a Venezia, laureato in Scienze Geologiche a Padova, libero professionista e consulente del Consiglio Nazionale delle Ricerche e del Servizio Geologico della Provincia di Venezia, oggi responsabile all'Autorità d'Ambito Laguna di Venezia del settore Idrogeologia e del Sistema Informativo Territoriale. Coautore di numerose pubblicazioni sul tema delle acque sotterranee.

Paolo Fabbri

Nato a Bagno di Romagna (FC), laureato in Scienze Geologiche a Padova, Professore Associato di Idrogeologia presso il Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova, docente di Idrogeologia nel corso di Laurea di Scienze e Tecnologie per l'Ambiente ed il Territorio, di Analisi di Prove di Pompaggio nel corso di Laurea Magistrale in Geologia e Geologia Tecnica e di Elementi di Geostatistica nella Scuola di Dottorato in Scienze della Terra. Membro della International Association of Hydrogeologists (I.A.H.) e dell'International Association for Mathematical Geology (I.A.M.G.), autore e coautore di 40 pubblicazioni su riviste scientifiche internazionali e nazionali che trattano problematiche sulle acque sotterranee.

Pietro Zangheri

Nato a Padova, laureato in Scienze Geologiche a Padova e dottore di ricerca in Idrogeologia, docente a contratto presso la Facoltà di Scienze dell'Università di Padova. Libero professionista nel campo delle risorse idriche e del risanamento dei siti contaminati. Autore di una quarantina di articoli scientifici su riviste nazionali ed internazionali e di varie pubblicazioni di divulgazione scientifica.

Enrico Marcolongo

Nato a Camposampiero (Pd), laureato in Scienze Geologiche a Padova, borsista di ricerca presso il Dipartimento di Geoscienze dell'Università degli Studi di Padova, oggi libero professionista nel settore dell'Idrogeologia e dei Sistemi Informativi Territoriali.

Alessia Rosignoli

Nata a Dolo (Ve), laureata in Scienze Geologiche a Padova, borsista di ricerca presso il Dipartimento di Geoscienze dell'Università degli Studi di Padova, oggi libero professionista nel settore dell'Idrogeologia e dei Sistemi Informativi Territoriali.

Indice

Presentazione di Francesca Zaccariotto	11
Presentazione di Paolo Dalla Vecchia	13
Presentazione di Ezio Da Villa	15
Presentazione di Tullio Cambruzzi	17

Premessa	21
-----------------	-----------

Scopi e limiti del progetto	23
------------------------------------	-----------

Capitolo 1

1 L'Autorità d'Ambito Territoriale Ottimale Laguna di Venezia	25
1.1 <i>Gli Ambiti Territoriali Ottimali nel Veneto</i>	25
1.2 <i>L'AATO ed i suoi compiti istituzionali</i>	26
1.3 <i>Il Servizio idrico integrato: inquadramento storico e normativo</i>	27
1.4 <i>La pianificazione d'ambito</i>	28
1.5 <i>Compiti dell'AATO per la salvaguardia e la protezione dei punti di captazione idropotabile</i>	29
SCHEDA: Normativa relativa al Sistema Idrico Integrato	30

Capitolo 2

2 Il sistema di informatizzazione e gestione dei dati	33
2.1 <i>Il Sistema Informativo Territoriale dell'AATO Laguna di Venezia</i>	33
2.2 <i>Principali banche dati utilizzate nel progetto bilancio idrogeologico</i>	35
2.2.1 <i>Struttura e contenuti delle banche dati</i>	36
2.2.1.1 <i>Banca dati idrogeologica</i>	36
2.2.1.2 <i>Banca dati stratigrafica</i>	37
2.2.2 <i>Strumenti</i>	38

Capitolo 3

3 Inquadramento dell'area di studio	41
3.1 <i>Inquadramento geologico ed idrogeologico</i>	41
3.1.1 <i>Il territorio dell'ATO nel quadro evolutivo della Pianura Veneta</i>	41
3.1.2 <i>I megafan e le principali strutture sedimentarie</i>	41
3.1.3 <i>Suddivisione generale della pianura da un punto di vista idrogeologico</i>	43
3.2 <i>Le risorse idriche sotterranee nel Veneto e la loro importanza strategica</i>	44

Capitolo 4

4 La risorsa idrica sotterranea	47
4.1 Ricostruzione del serbatoio – Quadro geologico	47
4.1.1 Metodologia	47
4.1.2 Successione litostratigrafica e profili geologici	47
4.1.3 Definizione dei principali orizzonti permeabili (acquiferi)	62
4.2 Caratterizzazione del serbatoio – Quadro idrogeologico	62
4.2.1 Metodologia	62
4.2.1.1 Aggiornamento banca dati idrogeologica	62
4.2.1.2 Rilievi idrogeologici su pozzi esistenti	62
4.2.1.3 Prove di pozzo e prove di falda	65
4.2.1.4 Misure potenziometriche e rilievi GPS	67
4.2.2 Schede di sintesi per singolo acquifero	68
Primo acquifero	70
Secondo acquifero	74
Terzo acquifero	76
Quarto acquifero	78
Quinto acquifero	82
Sesto acquifero	86
Settimo acquifero	88
Ottavo acquifero	92
Nono acquifero	96
Decimo acquifero	100
4.2.3 Quadro idrogeologico di sintesi	102

Capitolo 5

5 I campi pozzi acquedottistici dell'ATO Laguna di Venezia e le zone di rispetto	103
5.1 I punti di prelievo e le loro caratteristiche	103
5.1.1 Area territoriale "Riviera del Brenta-Miranese"	104
5.1.2 Area territoriale "Mogliano Veneto"	106
5.1.3 Area territoriale "Venezia"	109
5.2 Le zone di rispetto	116
5.2.1 Metodologia	116
5.2.2 Dati di input e calcolo delle isocrone a 60 giorni	118
5.2.2.1 Direzione di deflusso e gradiente idraulico	118
5.2.2.2 Conducibilità idraulica e calcolo del tempo di transito	120
5.2.3 Delimitazione delle zone di rispetto	121
5.2.4 Zone di rispetto dei singoli campi pozzi	123
5.2.4.1 Campo pozzi di Rio San Martino (Scorzè)	123
5.2.4.2 Campo pozzi di Canove (Scorzè)	124
5.2.4.3 Campo pozzi di Quinto di Treviso	124
5.2.4.4 Campo pozzi di Zero Branco	125
5.2.4.5 Campo pozzi di Badoere (Morgano)	125
5.2.4.6 Campo pozzi di Sant'Ambrogio (Trebaseleghe)	126
5.2.4.7 Campo pozzi di San Trovaso (Treviso)	126
5.2.4.8 Campo pozzi di "Via Marconi" (Preganziol)	126
5.2.5 Applicazione normativa	126
5.2.5.1 Criteri metodologici	126
5.2.5.2 Modalità tecniche di applicazione della norma in relazione alla specifica situazione idrogeologica	126
5.2.5.3 Attività non elencate nel D.Lgs.152/2006	127

6 Bilancio idrogeologico	131
6.1 <i>Premessa</i>	131
6.2 <i>Il bilancio idrico dell'area di ricarica</i>	131
6.2.1 <i>Generalità</i>	131
6.2.2 <i>L'equazione del bilancio idrico</i>	131
6.2.3 <i>Grado di attendibilità delle voci di bilancio - scala di valutazione</i>	133
6.2.4 <i>Analisi delle singole voci di bilancio</i>	135
6.2.4.1 <i>Apporto meteorico "P"</i>	135
6.2.4.2 <i>Flusso superficiale entrante nel bacino "Q_{in}"</i>	136
6.2.4.3 <i>Flusso sotterraneo entrante "QS_{in}"</i>	139
6.2.4.4 <i>Flusso artificiale entrante "FA_{in}"</i>	140
6.2.4.5 <i>Evapotraspirazione "EVP"</i>	144
6.2.4.6 <i>Flusso superficiale uscente "Q_{out}"</i>	148
6.2.4.7 <i>Flusso sotterraneo uscente "QS_{out}"</i>	149
6.2.4.8 <i>Flusso artificialmente uscente "FA_{out}"</i>	151
6.2.5 <i>Calcolo del Bilancio idrico</i>	151
6.2.6 <i>Valutazione idrogeologica dei dati di bilancio dell'area di ricarica</i>	154
6.2.7 <i>Proposte per i futuri aggiornamenti del bilancio (anche a scala di bacino idrogeologico regionale)</i>	154
6.3 <i>Il bilancio idrogeologico dell'area di risorsa idropotabile ATO Laguna di Venezia</i>	156
6.3.1 <i>Generalità</i>	156
6.3.2 <i>Portate fluenti</i>	157
6.3.3 <i>Prelievi</i>	159
6.3.4 <i>Schede di bilancio per singola falda</i>	159
<i>Prima falda (15-60 m)</i>	160
<i>Seconda falda (65-90 m)</i>	162
<i>Terza falda (100-120 m)</i>	164
<i>Quarta falda (130-140 m)</i>	166
<i>Quinta falda (145-160 m)</i>	168
<i>Sesta falda (180-200 m)</i>	170
<i>Settima falda (210-220 m)</i>	172
<i>Ottava falda (230-260 m)</i>	174
<i>Nona falda (270-300 m)</i>	176
<i>Decima falda (> 310 m)</i>	178
6.3.5 <i>Bilancio complessivo dell'area di risorsa idropotabile</i>	179
6.4 <i>Sintesi</i>	181

7 Monitoraggio della risorsa idropotabile e protezione dinamica dei campi pozzi acquedottistici	183
7.1 <i>Caratterizzazione idrogeologica e ricadute per la gestione della risorsa</i>	183
7.2 <i>Monitoraggio della risorsa idropotabile</i>	183
7.2.1 <i>Metodologia</i>	183
7.2.2 <i>La rete di primo livello</i>	184
7.2.3 <i>La rete di secondo livello</i>	186
7.3 <i>Protezione dinamica dei campi pozzi acquedottistici</i>	186

Conclusioni	187
--------------------	------------

Bibliografia	189
---------------------	------------



Realizzazione di un sifone idraulico per l'acquedotto nella terraferma veneziana (fotografia tratta dall'archivio dell'ing. Tullio Cambruzzi).

Sin dal primo contatto con l'AATO Laguna di Venezia ho avuto il piacere di constatare l'ottimo lavoro svolto dalla struttura organizzativa. Sono rimasta favorevolmente colpita dall'impegno quotidiano che tale autorità ripone nell'espletamento delle proprie funzioni istituzionali e nel controllo delle attività affidate al gestore del servizio idrico integrato. Ma anche e soprattutto dalla capacità di promuovere, gestire e portare a termine progetti che, aumentando la conoscenza del territorio, apportano un valore aggiunto e maggiore consapevolezza nell'attività di pianificazione nell'ambito territoriale di competenza.

Allo stato attuale del percorso intrapreso con la riforma dei servizi idrici integrati introdotta dalla legge Galli, l'AATO ha raggiunto una posizione in cui riveste il ruolo fondamentale di autorità pubblica garante della corretta gestione dei servizi idrici nei confronti dei cittadini, ed è, nel panorama delle istituzioni italiane, l'unica amministrazione in grado di fornire conoscenza sulle risorse idriche da destinare all'utilizzo civile e potabile.

Sono sicura che questo volume porterà ai tecnici di settore e ai lettori alcune utili informazioni sulla gestione della risorsa idrica sotterranea, strettamente legata all'approvvigionamento degli acquedotti. Mi auguro inoltre che tutte le altre Autorità d'Ambito italiane possano seguire lo stesso percorso, in modo da poter cogliere i frutti che questi studi sono in grado di offrire con l'obiettivo di un razionale ed equo utilizzo delle risorse idriche.

Francesca Zaccariotto
*Presidente dell'AATO
Laguna di Venezia*



*Posa della duplice condotta da 800 mm
in cemento armato dell'acquedotto di Venezia
(fotografia tratta dall'archivio dell'ing. Tullio Cambruzzi).*

È con viva soddisfazione che presento questa pubblicazione scientifica relativa alla risorsa idrica e al bilancio idrogeologico prodotta dall'Autorità d'Ambito Laguna di Venezia che ho l'onore di presiedere per delega del Presidente della Provincia di Venezia dott.ssa Francesca Zaccariotto.

Questo studio era già stato avviato dal precedente Presidente Ezio Da Villa che ringrazio per aver promosso una così importante iniziativa.

Quanto importanti siano questi studi e questi approfondimenti scientifici mi è noto per la significativa esperienza politico-amministrativa maturata come Presidente del Consorzio di Bonifica Dese Sile che mi ha fatto apprendere la cultura dell'acqua come risorsa da tutelare e preservare.

Una cultura dell'acqua intesa come risorsa ambientale strategica per le future generazioni sia perché legata all'uso idropotabile, sia perché legata all'uso irriguo; entrambi decisivi per lo sviluppo demografico e socio-economico del nostro territorio. E una cultura sull'acqua intesa come elemento che la natura ha messo a disposizione dell'uomo e dell'ambiente, ma la cui quantità e qualità, proprio dall'uomo, è messa in pericolo per superficialità e insufficienza dei piani di sviluppo territoriale del novecento. Questa pubblicazione comincia finalmente a colmare questo vuoto culturale e dà inizio a quegli studi, ricerche ed approfondimenti tecnici e scientifici che devono essere considerati strategici per un concreto sviluppo sostenibile.

Si tratta di un lavoro importante finalmente concluso e che, mediante questa splendida pubblicazione a carattere prevalentemente scientifico, viene consegnato alla Comunità tutta, perché possa trarne frutto.

Per questo mi rivolgo in particolare alle istituzioni ed agli Enti, prima di tutto perché facciano tesoro di questo importante e complesso lavoro scientifico posto in essere dall'Autorità d'Ambito Laguna di Venezia e, in secondo luogo, perché investano risorse in questa stessa direzione: la conoscenza tecnica e scientifica è infatti la premessa indispensabile per qualsiasi investimento in opere. Senza di essa si rischia di realizzare interventi che possono rivelarsi inutili, costosi e, peggio ancora, dannosi.

Di questi ultimi abbiamo già un numeroso elenco e, proprio per questo, si sta lavorando nell'ambito del Sistema Idrico Integrato con l'obiettivo di migliorare e adeguare opere già eseguite con interventi da realizzare e dare risposta a ciò che sta alla base di tutto il nostro lavoro di pubblici amministratori: dare ai cittadini un servizio essenziale come il Servizio Idrico Integrato con tre "e": efficiente, efficace ed economico.

Confido che la Regione del Veneto possa estendere il bilancio della risorsa idrica oltre i confini idrografici e politico-amministrativi dell'Autorità d'Ambito Laguna di Venezia. Manifesto la nostra massima disponibilità ad una collaborazione puntuale e fattiva nell'interesse generale e collettivo.

Infine ringrazio tutti coloro che hanno dato il proprio contributo alla realizzazione di questa pubblicazione.

Il Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova, i Professori e i Ricercatori che hanno prestato la loro opera professionale e scientifica. Ma ringrazio anche e soprattutto la struttura organizzativa dell'AATO che mi ha sorpreso per capacità, efficienza e professionalità. Raramente è dato trovare in uffici sia pubblici che privati; si tratta di un gruppo di persone ad alta professionalità che, ben orchestrati dalla Direzione, anche in questo caso hanno saputo dimostrare quanto importante possa essere per un Ente Pubblico il rigore tecnico e amministrativo, ma anche la passione e la determinazione nel perseguire obiettivi importantissimi, anche se con poca visibilità almeno sino alla loro definitiva conclusione.

Tutte le amministrazioni comunali hanno collaborato offrendo la propria disponibilità territoriale e dei propri uffici e il Gestore Veritas che, con la disponibilità di tecnici e funzionari, ha consentito il dispiegarsi dell'attività operativa nei campi pozzi.

Paolo Dalla Vecchia
Presidente delegato dell'AATO
Laguna di Venezia



*Posa delle condotte translagunari
dell'acquedotto di Venezia
(fotografia tratta dall'archivio dell'ing. Tullio Cambruzzi).*

Sin dalla fondazione dell'AATO Laguna di Venezia ho pensato che il bilancio idrogeologico del territorio d'ambito fosse uno strumento fondamentale per completare gli studi e le ricerche di carattere geologico e geognostico già realizzati su scala provinciale. Tuttavia, solo con la costituzione e l'impegno dell'Autorità di governo del sistema idrico integrato del nostro sistema idrografico il disegno ha potuto giungere a compimento. La definizione del bilancio idrogeologico è un importante risultato che non va valutato solo sul piano strettamente scientifico, anzi, occorre soprattutto utilizzarlo per progettare nuovi scenari di sviluppo sostenibile, orizzonti nei quali l'acqua diventerà determinante sia per le esigenze sociali che per quelle produttive. Negli ultimi decenni, infatti, la principale risorsa per la vita, l'acqua appunto, non ha ricevuto il rispetto e la considerazione che le competono, e i danni sono stati effettivamente gravi e misurabili. Le poco lungimiranti pianificazioni urbanistiche dei comuni e delle province si sono sviluppate principalmente secondo ordinarie e speculative regole insediative invasive che hanno in buona parte compromesso qualità e quantità di acque superficiali e sotterranee, sommandosi a sprechi e contaminazioni.

Questo studio, finalmente completato e cui mi auguro si possa dare la dovuta continuità, apre finalmente nuovi e importanti scenari ambientali con i quali le generazioni attuali e future dovranno misurarsi per garantire migliori e durevoli prospettive di sviluppo al luogo nel quale abbiamo deciso di vivere e di far nascere e crescere i nostri figli:

è a loro che dobbiamo responsabilmente far riferimento quando pensiamo al futuro.

Il mio ringraziamento sincero per il risultato va all'intera struttura dell'Autorità d'Ambito Territoriale Ottimale per la gestione delle risorse idriche integrate, dalla Direzione ai singoli collaboratori, perché ho potuto condividere con loro la competenza e la passione con cui hanno lavorato a questo e ad altri progetti, facendo dell'organismo pubblico di controllo dell'acqua un fiore all'occhiello della pubblica amministrazione locale.

Ezio Da Villa

*già Presidente delegato dell'AATO
Laguna di Venezia fino al 2009*



Fontana realizzata in occasione dell'inaugurazione dell'acquedotto di Venezia (Piazza S. Marco 1884) (fotografia tratta dall'archivio dell'ing. Tullio Cambruzzi).

Quando ho assunto la Direzione dell'Autorità d'Ambito Laguna di Venezia circa dieci anni fa (lo ricordo bene: correva l'anno 2001, pochi mesi prima dell'undici settembre che ha cambiato il mondo), nonostante fossero moltissimi gli adempimenti e le cose da fare, mi sono subito ripromesso di raccogliere al più presto tutta la documentazione geologica ed idrogeologica esistente per il territorio di competenza, la quale – almeno per la mia cultura professionale – costituiva la base indispensabile per il lavoro che si sarebbe dovuto costruire in relazione alla pianificazione e governo delle risorse idriche del territorio dell'Ambito (definito dal confine costituito dai 25 Comuni e 2 Province che lo identificano).

Nel territorio veneto di pianura esistevano importanti studi e ricerche della Provincia di Venezia coordinati da Dr. Andrea Vitturi (che qui voglio menzionare per tutto ciò che ha fatto e che ci ha lasciato, in quanto oggi è in pensione) e studi e ricerche del CNR di Venezia effettuati nell'ultimo trentennio oltre a ricerche effettuate dalle Università, con particolare riferimento a quella di Padova (Istituto di Geologia, ora Dipartimento di Geoscienze); esisteva anche una importante base conoscitiva del sistema idrogeologico dell'area dell'alto vicentino realizzata attraverso le attività sostenute dall'AIM e dal CNR di Padova. Nient'altro.

Evidentemente questa situazione non poteva non avere giustificazioni anche se deve essere considerata, a tutti gli effetti, una situazione comunque positiva in quanto, in gran parte d'Italia, questo tipo di ricerche non si è mai particolarmente sviluppato.

Però era (ed è) compito proprio delle Autorità d'Ambito sin dalla loro costituzione (Legge 36/94 altrimenti denominata Legge Galli) garantire le risorse idriche per le generazioni future come del resto la funzione delle AATO è esattamente quella definita dalla stessa Legge Galli e, per quanto riguarda la Regione Veneto, dalla Legge Regionale n° 5 del 1998: pianificare le azioni necessarie a garantire il Servizio Idrico Integrato (S.I.I.) per i prossimi decenni ai cittadini-utenti dell'Ambito Territoriale Ottimale definendo il piano economico-finanziario per sostenere queste azioni, cioè la tariffa che proprio i cittadini sono chiamati a pagare.

Finalmente pertanto i cittadini pagano il corrispettivo del servizio, pagano cioè tutto quanto necessario a garantire loro l'erogazione dell'acqua per 24 ore al giorno, il collettamento fognario dei reflui e la depurazione dei medesimi; oggi e per sempre.

Ma la tariffa del Servizio Idrico Integrato deve garantire soprattutto l'esistenza della materia prima (l'ACQUA) senza la quale il S.I.I. medesimo non può esistere: se nei prossimi decenni dovesse mancare l'acqua, infatti, a che cosa potranno servire le migliaia di chilometri di tubi di acquedotto e fognatura? Che faremo delle opere di presa o derivazione, degli impianti di potabilizzazione, degli impianti di trattamento e depurazione? Uno scenario sicuramente apocalittico, ma non privo delle necessarie sollecitazioni per stabilire di agire, di occuparsene subito, senza indugi.

Dunque la prima cosa di cui è necessario approfondire la conoscenza quali-quantitativa è proprio la "materia prima", vale a dire l'acqua: un bene straordinario non riproducibile, un bene demaniale pubblico non privatizzabile, uno straordinario e preziosissimo patrimonio naturale da tutelare e salvaguardare per la nostra civiltà, per i nostri figli e per i figli dei nostri figli.

Sono queste le motivazioni che hanno indotto l'Autorità d'Ambito ad aprire il grande capitolo della conoscenza di tutto ciò da cui ha origine l'acqua che sgorga dai nostri rubinetti.

Un tempo queste attività potevano essere svolte da Centri di Ricerca (come il CNR) e potevano anche essere oggetto di ricerca e approfondimento da parte degli enti locali: le Regioni e le Province infatti (molto raramente i Comuni, ma poi diremo perché), nell'ambito delle proprie funzioni di coordinamento, eseguivano studi e ricerche per la conoscenza del proprio territorio offrendole alla Comunità scientifica, alle istituzioni e al vasto pubblico. I Comuni invece, molto spesso, assegnavano questo ruolo alle proprie aziende municipalizzate all'interno delle quali esisteva quasi sempre un Ufficio Studi e Progetti (o Ricerca e Sviluppo) al quale venivano messe a disposizione delle risorse che, oltre a fornire una opportuna e necessaria conoscenza tecnica e scientifica, miglioravano l'immagine ed il ruolo dell'Azienda nel contesto territoriale di riferimento. Oggi però le Aziende Municipalizzate non esistono più; esse sono tutte state trasformate in Società per Azioni e, quindi, hanno modificato la propria identità: da aziende di servizio "a servizio del territorio" ad aziende con ovvia vocazione al mercato e all'utile di bilancio o profitto

(rectius: al margine lordo operativo di bilancio). Questa nuova identità prevede risorse per le pubbliche relazioni, per la comunicazione e per la pubblicizzazione del marchio, dell'azienda e delle linee di business; in una parola questa nuova identità prevede risorse per il mercato e per il marketing, cioè per le ricerche, ma di mercato; non prevede più risorse per studi e ricerche che riguardano il territorio e quanto necessario al territorio per il miglioramento della produzione dei servizi all'origine; questa nuova identità prevede piuttosto risorse economiche per la conquista di nuove aree di utenza per i servizi o per nuovi servizi, ma senza preoccuparsi di poter disporre della risorsa primaria senza la quale tutte le conquiste sono di fatto vanificate.

Questo ruolo, di fatto pubblico a tutti gli effetti, è quindi naturalmente passato ad un ente pubblico a tutti gli effetti: l'AATO cioè l'Autorità d'Ambito Territoriale che, per legge, ha il compito di organizzare il Servizio Idrico Integrato, ma soprattutto di garantirlo per le future generazioni.

È proprio questo il motivo per il quale questa Autorità ha intrapreso questo importante ed imponente lavoro di studio ed approfondimento tecnico-scientifico ed operativo; tengo in particolare a precisare l'aggettivo "operativo" perché molti sono naturalmente portati a ritenere che gli elaborati che vengono presentati attraverso questa pubblicazione siano il frutto di studi e ricerche fatti esclusivamente a tavolino. Non è così. Si è trattato prevalentemente di un lavoro operativo fatto sul campo attraverso misure ed ispezioni fatte con metodologie e cronologie stabilite per poter disporre di quanti dati necessari a definire non solo un bilancio idrogeologico basato sul movimento di massa delle acque, ma un bilancio idrogeologico numerico, basato sulle effettive quantità in gioco, sulle misurazioni stagionalmente effettuate, sui tempi di transito effettivamente misurati, ecc.

Insomma un lavoro ciclopico accompagnato anche da altri approfondimenti scientifici ed operativi che ci ripromettiamo di pubblicare non appena saranno conclusi come ad esempio lo studio dedicato all'approfondimento delle conoscenze sull'età delle acque presenti nei serbatoi acquiferi naturali da cui attingiamo con i nostri acquedotti e sulle aree di provenienza di dette acque. Queste informazioni assumono un'importanza strategica dal momento che consentono una migliore pianificazione del territorio e una migliore gestione dell'uso delle acque sotterranee e di superficie.

L'AATO considera fondamentali queste attività che garantiscono la possibilità di oculute scelte per l'attuale e futuro approvvigionamento idrico a garanzia della sostenibilità ambientale, ma soprattutto a garanzia dello sviluppo sostenibile del nostro territorio.

Per tutto questo immenso lavoro che ci ha visto impegnati, ma soprattutto molto coinvolti professionalmente e fortemente appassionati, sento il dovere prima di tutto di ringraziare il mio principale collaboratore in questo specifico campo, il dott. Geol. Enrico CONCHETTO che ha seguito con grande professionalità tutte le fasi di sviluppo del lavoro con il massimo impegno e capacità nel perseguire l'obiettivo. Un doveroso ringraziamento va al prof. Paolo FABBRI ed al prof. Pietro ZANGHERI del Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova per la sapienza con cui hanno saputo lavorare per rispondere alle specifiche esigenze dell'AATO. Infine mi sento di ringraziare vivamente la dott.ssa Alessia ROSIGNOLI e il dott. Enrico MARCOLONGO per l'impegno profuso durante le numerose e prolungate campagne di misura e per la capacità di realizzare le attività nel rispetto dei tempi programmati.

Un'ultima cosa: in questa pubblicazione potrete gustare alcune immagini storiche di realizzazioni di acquedotti ed altre opere idrauliche; esse fanno parte della mia personale collezione di fotografie storiche sull'acqua che da molti anni raccolgo peregrinando fra mercati e mercatini di vario antiquariato. Queste immagini, particolarmente suggestive per il loro "sapore" storico illustrano opere idrauliche del secolo scorso e rappresentano, in maniera molto efficace, le metodologie, le tecnologie e l'operatività delle maestranze impiegate.

Spero che anche queste immagini possano attirare l'interesse del lettore ed offrire spunti di riflessione su una problematica molto viva ed attualissima: la salvaguardia delle risorse idriche del pianeta e la necessità di preservarle nella loro integrità naturale per le generazioni future.

Tullio Cambuzzi

*Direttore generale dell'AATO
Laguna di Venezia*

Ringraziamenti

Un sentito ringraziamento va al personale VERITAS S.p.A., in particolare a Federica Fior, Gabriele Salviato, Alessandro Gaburro, Stefano Bortolozzi, per le informazioni fornite, la disponibilità ed il supporto reso durante i sopralluoghi e le operazioni di rilievo all'interno dei campi pozzi acquadottistici.

Un contributo fondamentale all'avvio del progetto è stato fornito da Andrea Vitturi e da Valentina Bassan della Provincia di Venezia, condividendo la banca dati idrogeologica del territorio veneziano.

Tra gli Enti che hanno contribuito al capitolo sul bilancio idrogeologico dell'area di ricarica, mettendo a disposizione dati e pubblicazioni, si vuole ricordare l'Agenzia Regionale per la Prevenzione e protezione Ambientale del Veneto (ARPAV), in particolare il Centro Meteorologico di Teolo che ha fornito i valori di precipitazione per le stazioni ricadenti all'interno dell'area di studio ed il Servizio Acque Interne dell'Area Tecnico Scientifica per i dati relativi ai livelli freaticometrici e le portate dei fiumi Brenta e Piave. Sostanzioso contributo è stato fornito anche dai Consorzi di Bonifica, i quali hanno messo a disposizione i dati relativi ai monitoraggi delle portate di derivazione dai fiumi e di estrazione dai pozzi. In particolare si vogliono ringraziare il Consorzio di Bonifica Brenta e il Consorzio di Bonifica Piave.

Ulteriori informazioni relative ai fiumi sono state fornite dall'Autorità di Bacino Alto Adriatico.

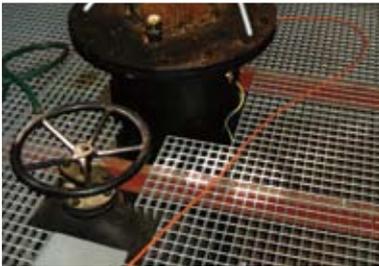
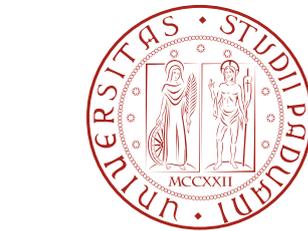
Tra le persone che hanno dato il loro contributo nella fase di raccolta dati si vogliono ringraziare:

Antonio De Fazio (Regione Veneto - Direzione Difesa del Suolo), Corrado Soccorso (Regione Veneto - Servizio Tutela Acque della Direzione Tutela Ambiente), Fabio Strazzabosco (Regione Veneto - Servizio Sistema Idrico Integrato della Direzione Tutela Ambiente).



Come acque profonde sono i consigli nel cuore umano, l'uomo accorto li sa attingere.

SALOMONE



Premessa

L'AATO Laguna di Venezia ripone particolare interesse al sistema della risorsa, cioè all'acqua sotterranea e al sottosuolo che la contiene, poiché rappresenta il punto di partenza e l'alimentazione di tutto il Servizio Idrico Integrato; il Piano d'Ambito dell'AATO infatti interviene più volte in merito alle questioni geologiche e idrogeologiche, soprattutto per quanto riguarda sia la vulnerabilità e la sicurezza dei punti di presa, sia l'aspetto della corretta gestione delle risorse idriche sotterranee. Tutto ciò nella consapevolezza che, la corretta gestione qualitativa e quantitativa delle acque sotterranee e la sicurezza delle opere di captazione (pozzi) non sono pienamente attuabili senza una conoscenza approfondita degli aspetti geologici ed idrogeologici di base, e tantomeno senza un piano di acquisizione dati con adeguati strumenti di monitoraggio. Per tale motivo, ma soprattutto per programmare l'utilizzo delle risorse idriche sotterranee nel quadro di uno sviluppo sostenibile del territorio e della tendenza evolutiva della domanda, il Piano d'Ambito persegue i seguenti obiettivi:

- definizione di un chiaro quadro geologico ed idrogeologico di riferimento;
- implementazione delle conoscenze per la redazione del bilancio idrogeologico;
- miglioramento dei controlli sull'evoluzione quali-quantitativa della risorsa idrica sotterranea;
- definizione delle modalità di intervento per il riequilibrio del bilancio idrogeologico;
- aumento della sicurezza sulle opere di captazione, grazie alla realizzazione di reti di monitoraggio e d'allarme.

Le risorse idriche profonde, però, sono anche oggetto di uno sfruttamento incontrollato dovuto all'approvvigionamento idrico autonomo che, nella maggior parte dei casi, avviene per mezzo di pozzi lasciati in erogazione spontanea: "a perdere". Il fenomeno assume proporzioni tanto rilevanti da rappresentare, assieme ad altri fattori concomitanti, una delle principali cause della depressurizzazione degli acquiferi profondi. Tale processo può ripercuotersi anche sulla matrice suolo e sottosuolo con l'insorgere di effetti di subsidenza sul territorio del comprensorio lagunare veneziano.

In considerazione delle tendenze evolutive dei livelli di falda nell'alta pianura veneta e delle conseguenti pressioni di

strato nella bassa pianura veneta, l'AATO Laguna di Venezia è chiamata a pianificare l'utilizzo della risorsa idrica sotterranea in modo da evitare al massimo gli sprechi e le perdite dalla rete idrica, avendo cura di garantire, in funzione dello sviluppo prevedibile e sostenibile, un servizio idrico adeguato alle esigenze delle generazioni future.

L'approfondimento delle conoscenze sulle caratteristiche del sottosuolo, insieme alla caratterizzazione idrogeologica degli acquiferi captati — che forniscono un modello geologico e idrogeologico di riferimento —, contribuiscono ad ottimizzare l'utilizzo della risorsa idrica. Questo insieme di conoscenze, infatti, costituisce la base conoscitiva dell'AATO Laguna di Venezia per poter realizzare una rete di monitoraggio quali-quantitativo delle falde tale da permettere il controllo in tempo reale dello stato di salute del sistema idrico sotterraneo. Il raggiungimento di siffatto obiettivo, oltre a fornire **conoscenze e mezzi**, consente di perfezionare lo strumento preposto al corretto uso delle acque sotterranee: il BILANCIO IDROGEOLOGICO. La necessità di dotarsi di questo strumento è per l'AATO Laguna di Venezia un obiettivo strategico, anche in considerazione dell'assenza di un bilancio idrogeologico su scala regionale, assenza che si estende anche alla pianificazione su scala di bacino, che dovrebbe mirare al razionale utilizzo delle risorse idriche profonde, oltretutto, a contenere i fenomeni di subsidenza dei suoli.

Nell'approccio alla definizione del bilancio idrogeologico l'AATO Laguna di Venezia si è trovata nella necessità di "mettere a fuoco" il territorio approntando due scale di lavoro differenti:

1. una scala vasta "regionale", che include porzioni di pianura che fungono da bacino di alimentazione del sistema idrico sotterraneo captato dall'AATO;
2. una scala di "risorsa idropotabile dell'AATO" che include invece una porzione di pianura più ristretta, rappresentata dalle aree strettamente legate all'attività di prelievo idropotabile dell'AATO e all'interno delle quali si attua una forte concorrenza nell'uso della risorsa.

L'analisi del bilancio idrogeologico *a scala vasta* richiede una seria valutazione di tutte le componenti che influiscono nella determinazione della potenzialità idrica del bacino di alimentazione, dal quale l'area di risorsa idropotabile dell'ATO

Laguna di Venezia trae la sua sussistenza. L'analisi richiede la conoscenza delle quantità d'acqua affluenti nel sistema e defluenti artificialmente e naturalmente da esso, tenendo conto della possibile presenza di un volume d'acqua accumulato nel bacino. I parametri che entrano in gioco sono numerosi e non sempre di facile valutazione; in particolare sono da menzionare tra le portate affluenti: precipitazioni, dispersioni in alveo da parte dei fiumi, dispersione lungo i corsi d'acqua delle reti irrigue, apporti in superficie da altri bacini. Tra le portate defluenti rientrano: evapotraspirazione, drenaggio delle risorgive, flusso sotterraneo verso gli acquiferi in pressione, flusso artificiale attuato tramite pozzi. Rimangono infine delle componenti non note che intervengono in questo sistema che riguardano i flussi sotterranei in ingresso da subalveo, dai versanti pedemontani e i flussi sotterranei in uscita relativamente agli acquiferi in pressione non ancora completamente conosciuti.

L'analisi del bilancio idrogeologico *a scala di area di risorsa idropotabile* dell'AATO diviene invece, nel contesto di "stato esistente di pressione" nell'utilizzo della risorsa, uno strumento basilare per la programmazione della gestione della risorsa idropotabile.

A tal fine si sono acquisite, per ciascuno degli acquiferi che costituiscono il sistema idrogeologico di riferimento, le conoscenze che consentono di ricostruire le loro geometrie, i loro parametri idrogeologici, le caratteristiche idrodinamiche delle falde e le pressioni di sfruttamento in modo da essere in grado di quantificare, oltre ai flussi entranti ed uscenti dal sistema idrogeologico, il volume di ogni singolo acquifero e l'acqua immagazzinata in esso e, infine, la reale disponibilità di risorsa.

Il testo che segue oltre ad affrontare vari aspetti caratterizzanti le relazioni tra la risorsa idrica sotterranea ed il servizio idrico integrato, illustra anche l'approccio metodologico adottato nello sviluppo degli studi intrapresi per raggiungere l'obiettivo della definizione del bilancio idrogeologico nel territorio di competenza dell'Ambito Territoriale Ottimale "Laguna di Venezia". In particolare dopo la definizione degli scopi e dei limiti degli studi avviati, segue il capitolo dedicato

all'illustrazione di come siano nati i concetti di Servizio Idrico Integrato e di Ambito Territoriale Ottimale; in tale capitolo si è dato quindi spazio anche alla presentazione dell'Autorità d'Ambito Territoriale Ottimale "Laguna di Venezia" e dei suoi compiti istituzionali. Il Capitolo 2 invece riporta un quadro generale dell'impronta che l'Autorità ha voluto imprimere al ruolo dei sistemi informativi adottati per la gestione delle banche dati utili all'esercizio delle proprie funzioni.

Dal Capitolo 3 si entra nel merito delle caratteristiche del territorio in cui ricade l'Ambito "Laguna di Venezia" con un inquadramento di tipo geologico ed idrogeologico; si giunge così per gradi al Capitolo 4 in cui vengono fornite dapprima la ricostruzione geologica del sottosuolo e successivamente la definizione delle geometrie e delle caratteristiche fisiche dei vari acquiferi; nel Capitolo 4 vengono altresì illustrate le varie metodologie applicate nella realizzazione dei rilievi in campo.

A questo punto è risultato doveroso illustrare alcune informazioni relative alle opere di presa acquedottistiche di cui si serve l'Ambito, inserendo nel Capitolo 5 una serie di schede, dedicate ai vari campi pozzi, in cui sono dettagliate profondità di prelievo, volumi annui prelevati, diametro delle opere, acquiferi di pertinenza, ecc. In questo capitolo trova spazio anche la descrizione dell'attività svolta per la definizione delle zone di rispetto delle singole opere di presa.

Con tutte le informazioni sino a questo punto raccolte è possibile fare il passaggio logico al Capitolo 6 (che rappresenta in termini di importanza il capitolo centrale di tutto il lavoro), in cui vengono illustrate le modalità con cui è stato elaborato il bilancio idrogeologico effettuato a due differenti scale: una regionale di area vasta ed una d'Ambito che fotografa allo stato attuale tutti i flussi idrici in entrata ed in uscita per ciascuno degli acquiferi presenti nel sottosuolo dell'Ambito.

Il Capitolo 7 riporta infine le strategie adottate dall'AATO per il monitoraggio quali-quantitativo della risorsa idrica sotterranea e per l'attuazione di una rete di controllo qualitativo di preallarme per le opere di presa acquedottistiche; seguono le note conclusive e la bibliografia di riferimento utilizzata per la stesura del lavoro.

Scopi e limiti del progetto

Lo scopo principale del presente lavoro è conoscere lo stato della risorsa idropotabile al fine della sua corretta programmazione e della sostenibilità del suo utilizzo. Tale obiettivo deriva direttamente dal dettato normativo in materia di gestione del Sistema Idrico Integrato e dalle scelte effettuate nel Piano d'Ambito in tema di risorsa.

Il lavoro è stato affrontato secondo un piano finalizzato a:

- definire la struttura geologica del sottosuolo (ovvero il contenitore della risorsa);
- individuare gli acquiferi di interesse idropotabile;
- caratterizzare idrogeologicamente gli acquiferi (parametri idrogeologici, flussi, quantità d'acqua immagazzinata ...);
- quantificare l'uso attuale della risorsa;
- redarre un primo bilancio idrogeologico a scala di ATO ed a scala regionale;

- caratterizzare in dettaglio i campi pozzi acuedottistici, sia per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici che di sfruttamento;
- delimitare le aree di salvaguardia delle opere di captazione idropotabile ai sensi dell'art. 94 del D.Lgs.152/2006 (criterio idrogeologico);
- definire interventi che migliorino la gestione del Sistema Idrico Integrato in chiave di sostenibilità ed aumentare il livello di sicurezza delle opere di captazione.

Il territorio in esame è caratterizzato da risorse idriche sotterranee importanti sia per qualità che per quantità. La georisorsa, in rapporto alle condizioni geologiche ed idrogeologiche dettagliate nei successivi capitoli, non è però uniformemente distribuita, in relazione sia agli aspetti quantitativi che a quel-

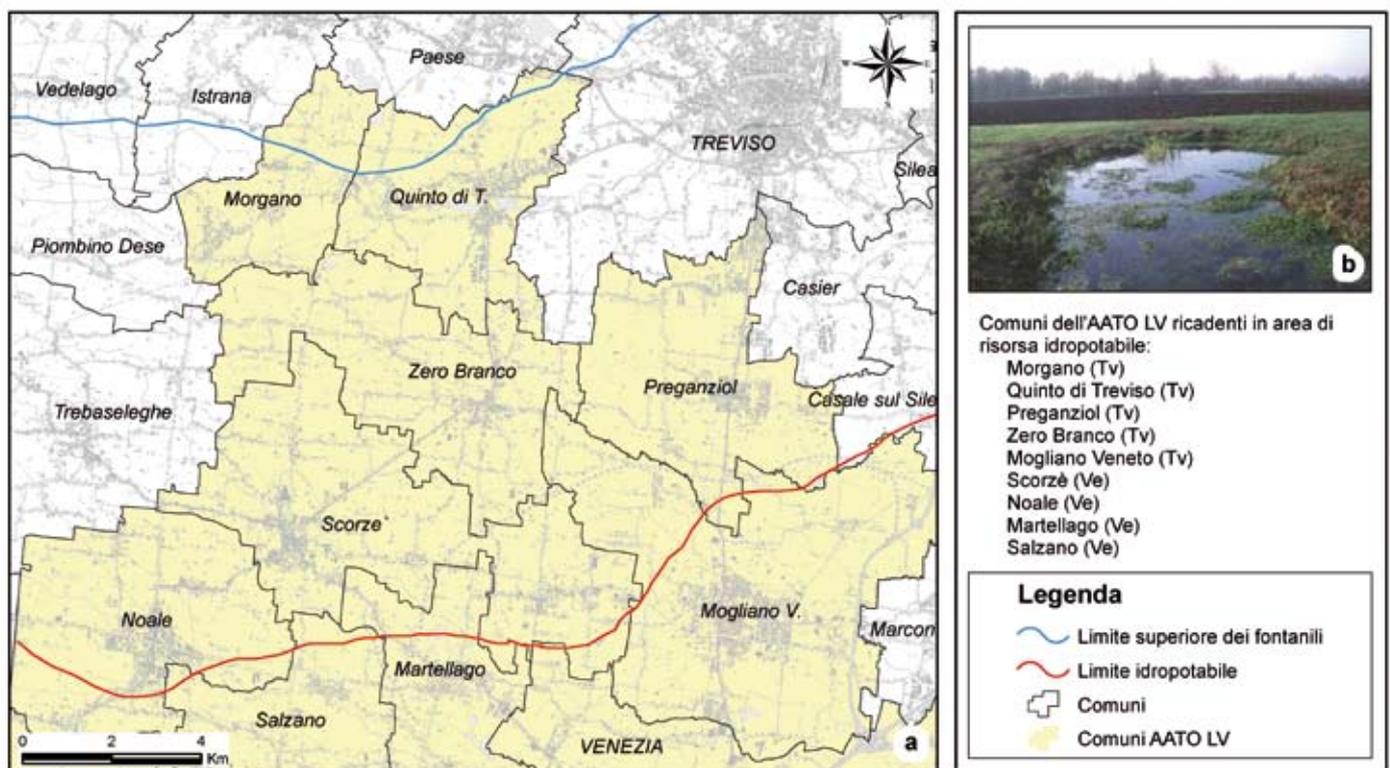


Figura A - a) area di studio, compresa tra il limite superiore delle risorgive o "fontanili" ed il limite idropotabile; b) immagine di un fontanile.

li qualitativi. In termini generali spostandosi da nord verso sud diminuisce sia la disponibilità e l'accessibilità delle acque sotterranee sia la loro qualità naturale. Ciò risulta immediatamente evidente osservando la distribuzione dei punti di approvvigionamento acquedottistico e dei pozzi privati che si concentrano nella parte nord occidentale dell'ATO.

Anche la qualità risulta molto disuniforme; infatti, verso sud le acque sotterranee presentano, con maggior diffusione, elementi di "origine geologica" quali Ferro, Manganese, Arsenico, Ammoniacale, che rendono non potabile l'acqua rispetto al suo "fondo naturale". Studi precedenti (Dal Prà A. *et alii*, 2000) avevano già evidenziato la disuniforme distribuzione naturale della risorsa ed erano giunti a definire un limite dell'area di risorsa idropotabile: una linea che di fatto distingueva le zone nel cui sottosuolo era presente tale risorsa (per l'appunto definita "area di risorsa idropotabile") da quelle dove non era presente. Ovviamente il limite schematizza un passaggio che nella realtà è graduale e si differenzia tra falda e falda (siamo in una situazione di acquifero multifalda); pur tuttavia permette l'immediata distinzione tra le aree dove le risorse idriche non solo sono più abbondanti ma risultano anche più raramente interessate da alcune impronte naturali, come la citata presenza di Ferro, Manganese, etc. e quelle aree, più a valle, in cui la pressoché ubiquitaria presenza di un fondo naturale, rendono le risorse non idonee al consumo umano.

Il presente lavoro, finalizzato ad approfondire le conoscenze al fine della corretta gestione della risorsa idropotabile, si è quindi concentrato su un'area di circa 200 Km², definita "di risorsa idropotabile" (Figura A), che coincide con i 5 comuni trevigiani (Mogliano Veneto, Morgano, Preganziol, Quinto di Treviso e Zero Branco) e con parte dei comuni veneziani (Scorzè, Noale, Martellago e Salzano). Il "limite idropotabile" di tale area, era già stato definito, per la parte ricadente nella Provincia di Venezia, dalla "Indagine idrogeologica del territorio provinciale" e dal Piano Territoriale Provinciale; mentre per la parte ricadente nella Provincia di Treviso è stato definito ex-novo sulla base dei dati raccolti nel presente lavoro, utilizzando il medesimo criterio di quantità della risorsa e di qualità delle acque sotterranee ("fondo naturale").

Quest'area è di straordinaria importanza strategica sotto l'aspetto idropotabile, poiché l'acqua viene prelevata per uso acquedottistico e destinata a tutti i comuni dell'Ambito Laguna di Venezia. In essa, inoltre, insistono importanti prelievi per l'imbottigliamento delle acque minerali e per altri usi privati.

Lo studio è direttamente collegato a una serie di progetti previsti dal Piano d'Ambito tra cui la realizzazione di reti di monitoraggio e d'allarme finalizzate a controllare nel tempo lo stato della risorsa idropotabile e a proteggere i campi acquedottistici ("protezione dinamica").

Il lavoro presentato in questa pubblicazione è frutto non solo di una minuziosa raccolta ed elaborazione di informazioni disponibili sul sottosuolo dell'area di risorsa idropotabile ma anche di una massiccia produzione di nuove informazioni sulle caratteristiche del sottosuolo e delle acque in esso presenti derivanti da numerose e prolungate attività di rilievo in campo. La parametrizzazione idrogeologica eseguita attraverso queste attività ha permesso, fra le tante altre cose, di riconoscere ed identificare, con la creazione di una sorta di "documento di identità", tutti gli acquiferi diversamente utilizzati all'interno dell'area di risorsa idropotabile.

L'elevata risoluzione sul territorio con cui sono state effettuate le diverse campagne di misura e l'imponente quantità di informazione prodotta ben si sono prestati a creare la base conoscitiva per il raggiungimento degli obiettivi prefissati dall'AATO: identificazione e caratterizzazione degli acquiferi, caratterizzazione delle falde, quantificazione dei prelievi pubblici e privati, individuazione delle aree di salvaguardia delle opere di presa, ecc.; tuttavia, è bene ricordare che, nonostante l'abbondanza di dati raccolti e prodotti, il lavoro, per ragioni di scala territoriale legata alle finalità indicate, mal si presta per un utilizzo locale o per aree non immediatamente limitrofe al territorio indagato. Inoltre il lavoro non ha potuto necessariamente colmare tutte le lacune del quadro conoscitivo. Si fa riferimento in particolare alla ricostruzione del quadro geologico (il quale si basa per molti aspetti su stratigrafie di pozzo che, soprattutto al di sotto dei 200 m, presentano modesto dettaglio), agli acquiferi presenti al di sotto dei 300 m (attualmente poco conosciuti ma che potrebbero rappresentare una risorsa strategica per il futuro), all'evoluzione della piezometria nel tempo (che necessariamente si basa su monitoraggi prolungati nel tempo) ed alla parametrizzazione idrogeologica di alcuni acquiferi (per i quali una maggiore uniformità dei punti di rilievo avrebbe consentito di definire con maggiore accuratezza il *range* di variabilità).

L'Autorità d'Ambito Territoriale Ottimale Laguna di Venezia

1.1 Gli Ambiti Territoriali Ottimali nel Veneto

La legislazione che disciplina attualmente il settore idrico in Italia (D. Lgs. n. 152/2006 che ha sostituito, mantenendone i principali contenuti, la L. 36/1994, cosiddetta "Legge Galli"), dispone che la gestione del Servizio Idrico debba avvenire a LIVELLO INTEGRATO e cioè debba abbracciare tutto il ciclo dell'acqua (captazione, adduzione e distribuzione idropotabile, raccolta e convogliamento dei reflui fognari ed infine depurazione e scarico in corpo idrico); ciò significa che, a se-

guito della legge Galli, è stato avviato un processo di superamento della precedente situazione di frammentaria gestione del servizio fra un insieme articolato di soggetti, situazione che impediva di servire ampi bacini di utenza in maniera efficiente e si traduceva spesso anche in una frammentazione delle responsabilità.

A seguito dell'entrata in vigore della Legge Galli (L. 36/94), che ha quindi introdotto il concetto di Servizio Idrico Integrato, la L.R. 5/98 del Veneto ha definito l'estensione degli ambiti territoriali ottimali (Figura 1.1).

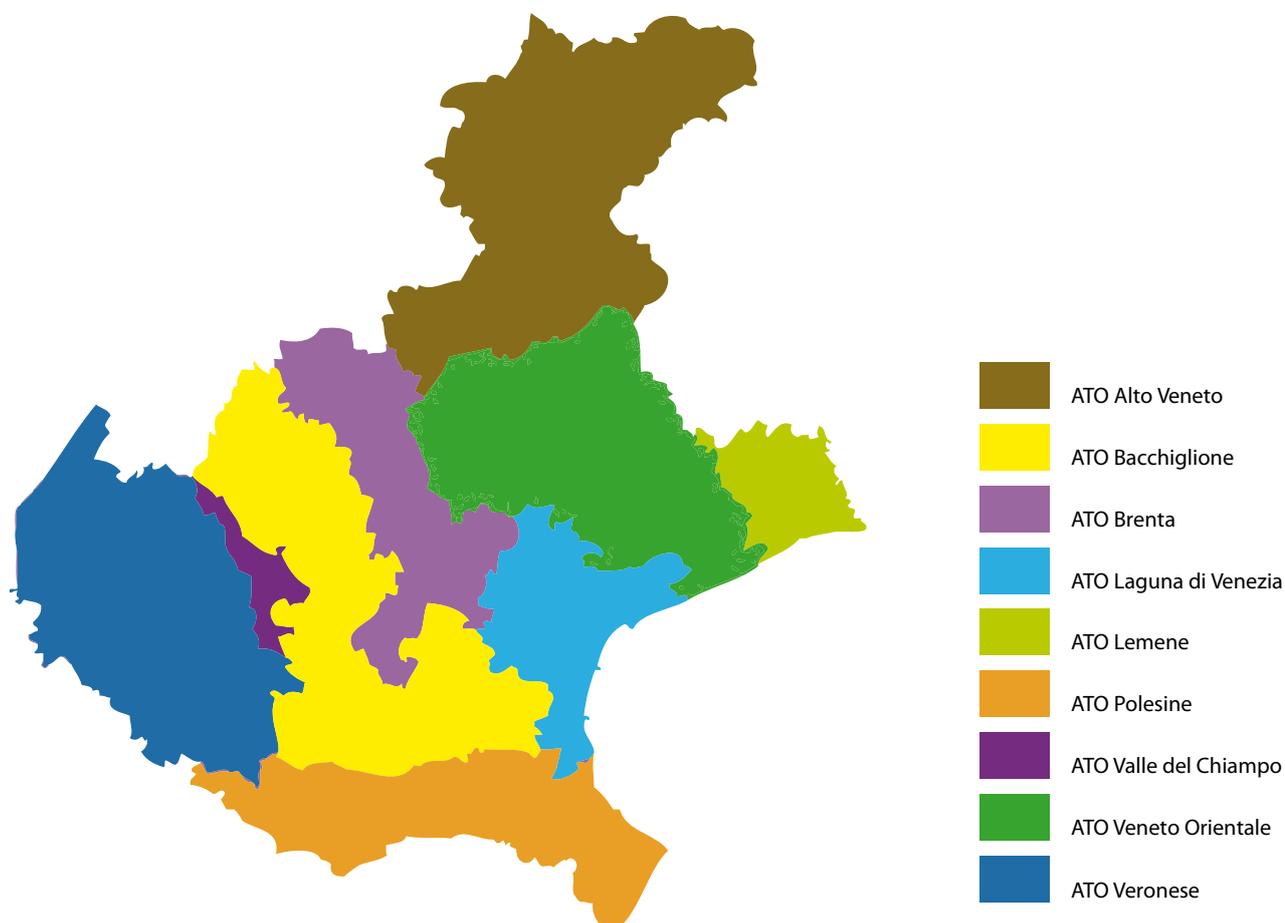


Figura 1.1 - Confini degli ATO nel Veneto.

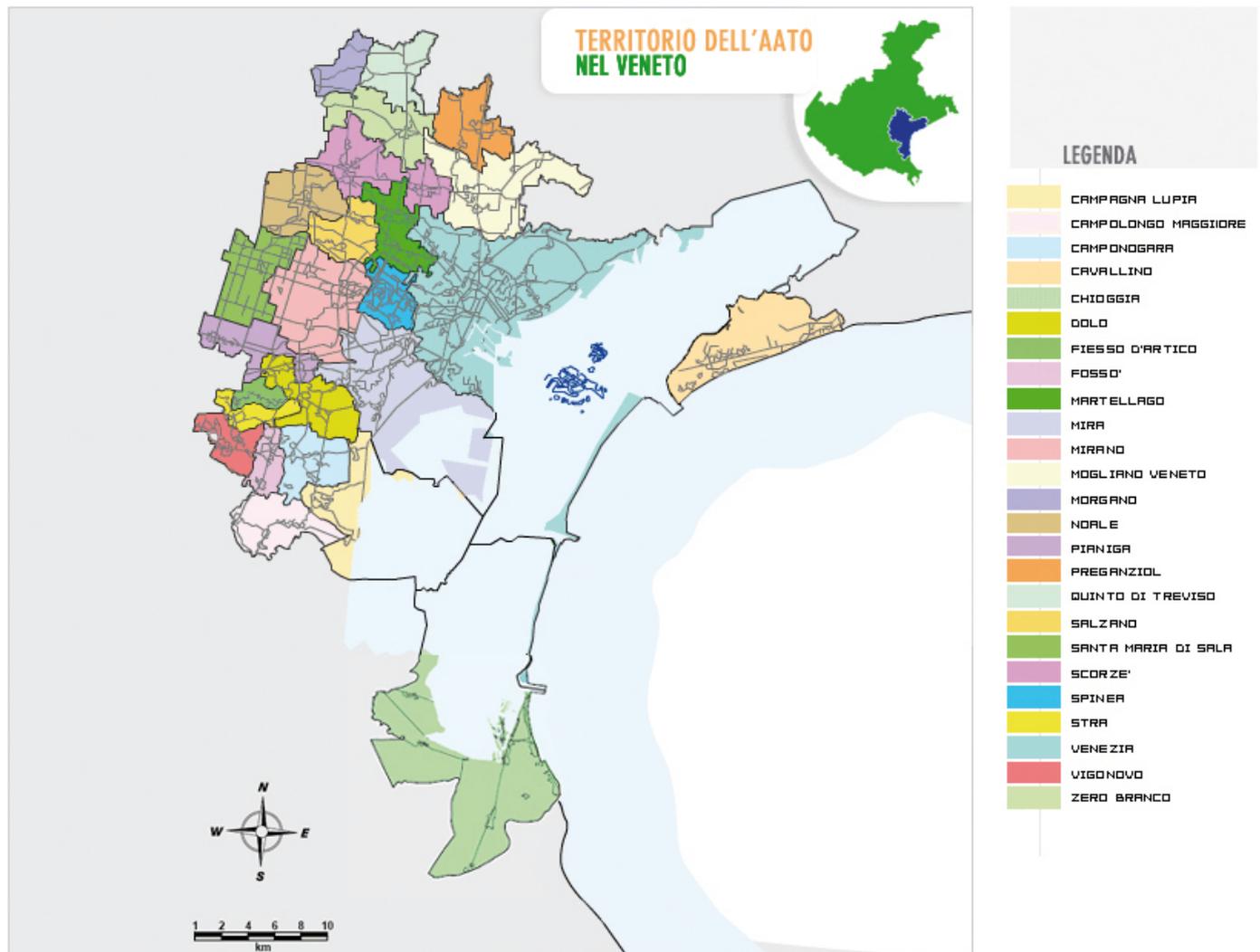


Figura 1.2 - I comuni dell'AATO Laguna di Venezia.

Il territorio di competenza dell'Autorità d'Ambito Territoriale Ottimale "Laguna di Venezia" comprende 25 Comuni, dei quali 20 ricadenti nella provincia di Venezia e 5 nella provincia di Treviso (Figura 1.2).

La popolazione residente al 2007 nell'Ambito di pertinenza risulta quindi pari a 655.587 abitanti, distribuiti su una superficie complessiva di 1.266 km², con una densità abitativa media di 517 ab/km² (Tabella 1.1).

1.2 L'AATO ed i suoi compiti istituzionali

L'AATO Laguna di Venezia, autorità decentrata che svolge nel territorio di competenza le funzioni di pianificazione, governo e controllo dei servizi di acquedotto, fognatura e depurazione, è stata costituita il 29 luglio 1998 nella forma di Convenzione tra enti locali, come previsto dalla Legge Regionale 5/98. In data 26 marzo 1999 è stata stipulata la Convenzione da parte di tutti gli Enti locali partecipanti (25 Comuni appartenenti alle Province di Venezia e Treviso e le Province stesse). L'Ente di coordinamento è la Provincia di Venezia il cui Presi-

dente è anche Presidente dell'AATO.

Al fine di garantire una gestione del servizio efficiente, efficace ed economica, perseguendo l'obiettivo di tutela qualitativa e quantitativa della risorsa idrica, le attività dell'AATO si svolgono principalmente nei seguenti settori:

- analisi e ricognizione di reti, impianti ed infrastrutture adibiti al Servizio Idrico Integrato;
- definizione del Piano di Ambito ("Water Plane"), strumento che definisce gli standard di qualità del servizio, gli investimenti necessari e le tariffe;
- controllo della corretta applicazione della tariffa e attuazione degli investimenti da parte del Gestore del servizio;
- affidamento della gestione dei Servizi Idrici nell'Ambito Ottimale, regolato dai contenuti della Convenzione, del Piano d'Ambito e della normativa vigente.

È netta la distinzione di ruoli fra l'AATO, che definisce gli obiettivi e approva e controlla la realizzazione del Piano d'Ambito e il Gestore che organizza il servizio e realizza gli obiettivi del Piano. L'AATO pertanto opera nella verifica del raggiungimento degli obiettivi del Piano d'Ambito e nell'applicazione della tariffa relativa al consumo dell'acqua. Una

Provincia	Comune	Popolazione residente	% di popolazione rispetto al totale	Superficie territoriale (km²)	% di superficie rispetto al totale	Densità abitativa (Ab/km²)
VE	Campagna Lupia	6789	1,0%	87,7	7%	77,4
VE	Campolongo Maggiore	9764	1,5%	23,5	2%	41,0
VE	Camponogara	12182	1,9%	21,4	2%	57,3
VE	Cavallino-Treporti	12674	1,9%	44,9	4%	28,5
VE	Chioggia	50888	7,8%	185,2	15%	27,8
VE	Dolo	14644	2,2%	24,1	2%	60,1
VE	Fiesso d'Artico	6740	1,0%	6,3	0%	106,01
VE	Fossò	6343	1,0%	10,1	1%	627,4
VE	Martellago	20290	3,1%	20,1	2%	1010,5
VE	Mira	37951	5,8%	98,9	8%	383,8
VE	Mirano	26244	4,0%	45,6	4%	575,3
VE	Noale	15281	2,3%	25,1	2%	610,0
VE	Pianiga	10761	1,6%	20,1	2%	536,7
VE	Salzano	11988	1,8%	17,2	1%	697,8
VE	Santa Maria di Sala	16164	2,5%	28,0	2%	578,1
VE	Scorzè	18834	2,9%	33,3	3%	565,9
VE	Spinea	25113	3,8%	15,0	1%	1672,0
VE	Stra	7399	1,1%	8,8	1%	842,7
VE	Venezia	268934	41,0%	412,5	33%	651,9
VE	Vigonovo	9165	1,4%	12,8	1%	716,6
TV	Mogliano Veneto	27708	4,2%	46,2	4%	600,4
TV	Morgano	4006	0,6%	11,8	1%	716,6
TV	Preganziol	16392	2,5%	22,9	2%	716,1
TV	Quinto di Treviso	9472	1,4%	19,0	1%	499,3
TV	Zero Branco	9861	1,5%	26,1	2%	377,7
	TOTALE AATO	655587	100,0%	1266,3	100%	517,7

Tabella 1.1 - Popolazione residenziale nei Comuni ricadenti nell'AATO Laguna di Venezia (dati ISTAT 2007).

Convenzione di gestione ha il compito di regolare i rapporti tra Autorità d'Ambito e Gestore; tale convenzione fissa gli obiettivi e gli obblighi della gestione e stabilisce le modalità di verifica e d'intervento dell'Autorità d'Ambito per assicurare il raggiungimento dei risultati previsti. La Convenzione è dunque il contratto di servizio tra l'Autorità d'Ambito ed il soggetto Gestore.

La Convenzione di gestione in particolare stabilisce:

- i criteri per la gestione del Servizio Idrico Integrato (livelli minimi dei servizi idrici, caratteristiche del servizio);
- gli obblighi e responsabilità del Gestore (livelli di qualità del prodotto e del servizio, tariffa, incrementi di efficienza, conto economico e stato patrimoniale, controlli di qualità, garanzie);
- i compiti ed i poteri di controllo dell'Autorità d'Ambito (verifica e controllo del rispetto dei livelli di servizio e dei dati di gestione, verifica dei costi operativi e delle tariffe praticate, controllo periodico del raggiungimento degli obiettivi prefissati, determinazione ed aggiornamento periodico delle tariffe);
- i diritti degli utenti (definizione di standard di sicurezza

e qualità, informazione, partecipazione e rapporto con i clienti, continuità del servizio).

Il rapporto del Gestore con i cittadini è regolato, invece, dalla Carta dei servizi che stabilisce gli obblighi e le responsabilità del Gestore (livelli di qualità del prodotto e del servizio, tariffa, incrementi di efficienza, garanzie) e i diritti degli utenti (definizione di standard di sicurezza e qualità, informazione, continuità del servizio).

1.3 Il Servizio Idrico Integrato: inquadramento storico e normativo

Nel Veneto, prima dell'avvento del Servizio Idrico Integrato, la situazione era la seguente: i Comuni erano titolari dei servizi idrici, che gestivano direttamente (in economia) o mediante aziende municipalizzate, oppure mediante consorzi intercomunali (operanti come aziende speciali consortili). Il quadro delle gestioni era alquanto frammentato. Il tentativo di unificare la gestione delle risorse idriche e permetterne un utilizzo più oculato delle stesse è diventato, soprattutto in relazione

alle interazioni tra servizio idrico e ambiente, una delle sfide essenziali per garantire un futuro al territorio, all'ambiente e alla società. La L. 36/94 più nota come *Legge Galli*, secondo il principio della salvaguardia ambientale e della gestione efficiente della risorsa acqua, ha previsto la riorganizzazione del Servizio Idrico Integrato sulla base di Autorità d'Ambito Territoriale Ottimali (AATO). Successivamente la Regione Veneto, con la Legge n.5 del 27 marzo 1998, ha individuato i confini degli ATO regionali. L'Ambito Territoriale Ottimale (ATO) è la scala territoriale sulla quale viene organizzato il Servizio Idrico Integrato, mentre l'Autorità di Ambito Territoriale Ottimale (AATO) è l'organismo costituito dai rappresentanti delle province e dei comuni ricadenti nell'ATO chiamato a governare il processo di riordino dei Servizi Idrici secondo le disposizioni della normativa vigente in ambito della gestione delle risorse idriche. Gli ATO, dunque, hanno una valenza fisica, più che amministrativa e, in particolare, di regola non hanno nulla a che vedere con la circoscrizione delle Province: ciò appare maggiormente conforme agli obiettivi della legge Galli (di superamento della frammentazione esistente con l'individuazione di bacini di utenza integrati).

Con la ricognizione delle infrastrutture esistenti e dello stato delle gestioni, condotta fino a tutto il 2003, l'AATO Laguna di Venezia ha fotografato lo stato del servizio andando a censire, comune per comune, la posizione delle reti e degli impianti ed il loro stato di efficienza. Con la stipula delle Convenzioni di gestione alla fine del 2004 e l'approvazione del Piano d'Ambito, l'AATO si è dotata degli strumenti di pianificazione e controllo sulla base dei quali ha affidato la gestione del Servizio Idrico Integrato in regime di salvaguardia fino al 19/10/2008 (come previsto dagli artt. 8 e 9, L.R. 5/98), ottenendo così una prima importante riorganizzazione delle gestioni.

L'AATO Laguna di Venezia ha ottenuto la registrazione EMAS, essendosi dotata di un Sistema di Gestione Ambientale volto a ottimizzare processi, procedure e responsabilità in un'ottica ambientale, sia in relazione alle proprie attività sia a quelle relative al territorio di propria competenza, con i seguenti obiettivi:

- promuovere l'uso razionale della risorsa idrica assicurando il rispetto dei principi di solidarietà, di salvaguardia delle aspettative e dei diritti delle generazioni future, di rinnovo e risparmio delle risorse stesse, considerando prioritario, rispetto agli altri, l'uso dell'acqua per il consumo umano;
- gestire correttamente, dal punto di vista qualitativo e quantitativo, le acque sotterranee e la sicurezza delle captazioni (pozzi);
- attenuare gli impatti ambientali dovuti a situazioni di emergenza idrica, idraulica e igienico-sanitaria;
- limitare al minimo i consumi di materie prime e di energia negli uffici;
- instaurare un rapporto di confronto e dialogo con i cittadini.

Le principali norme nazionali relative, direttamente o indirettamente, al Servizio Idrico Integrato sono riportate nello schema in fondo al capitolo.

1.4 La pianificazione d'ambito

Il Piano d'Ambito è lo strumento pianificatorio per eccellenza dell'AATO; si tratta di un documento che guida tutta l'attività decisionale dell'Autorità d'Ambito nell'organizzazione del Servizio Idrico Integrato, redatto ai sensi della Legge Galli (come modificata dal D.Lgs 152/2006).

Tramite il Piano, l'AATO programma gli interventi necessari ad assicurare una gestione efficiente, efficace ed economica del Servizio Idrico in un periodo di 30 anni e definisce gli elementi necessari per regolare i rapporti con il gestore. Dal punto di vista dell'utenza, il Piano d'Ambito è importante perché definisce il piano economico-finanziario e determina la tariffa. Attraverso la definizione di tutti gli investimenti previsti e delle relative spese a carico del Gestore e definito il modo attraverso il quale realizzare gli obiettivi del Piano, si determina il nuovo costo di gestione e la sua distribuzione nel tempo di durata della Convenzione. Di conseguenza si determina la tariffa media reale della gestione progettata. Il Piano d'Ambito, deve prevedere quindi:

- l'accertamento dello stato degli impianti e dei servizi;
- i nuovi standard di servizio e gli investimenti necessari per conseguirli;
- il programma temporale di attuazione degli investimenti;
- la tariffa.

Di seguito si riportano gli strumenti pianificatori regionali su cui si basa la pianificazione d'ambito.

- Il Piano di Tutela delle Acque (previsto dall'art. 121 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.) costituisce un piano stralcio di settore del Piano di Bacino di cui alla L. 183/89, ed è lo strumento del quale le Regioni debbono dotarsi per il raggiungimento e il mantenimento degli obiettivi di qualità ambientale e per specifica destinazione dei corpi idrici regionali, stabiliti dagli artt. 76 e 77 del decreto stesso. Il piano è stato approvato con DGR 107 del 5 novembre 2009.
- Il Piano Direttore 2000 (DCR 01.03.2000, n.24) costituisce il più recente strumento di programmazione della Regione Veneto per gli interventi di prevenzione dell'inquinamento e il risanamento delle acque del bacino idrografico immediatamente sversante nella laguna di Venezia.
- Il Piano Regionale di Risanamento delle Acque, approvato dalla Regione del Veneto nel 1989, rappresenta lo strumento principale per quanto riguarda la pianificazione degli interventi di tutela delle acque, di differenziazione e ottimizzazione dei gradi di protezione del territorio, di prevenzione dei rischi da inquinamento, di individuazione delle strutture tecnico-amministrative deputate alla gestione del disinquinamento.

La Giunta Regionale del Veneto, con deliberazione n. 1688 del 16.6.2000, ha approvato il Modello strutturale degli acquedotti del Veneto (M.O.S.A.V.), previsto dall'art. 14 della suddetta L.R. 5/1998, al fine di coordinare le azioni delle Autorità d'Ambito istituite con la legge medesima. Tale elaborato, adottato dalla Giunta Regionale con deliberazione n. 83 CR del 07.09.1999, ha acquisito i pareri favorevoli della VII Commissione Consiliare regionale, delle Autorità di Bacino

nazionali dei fiumi dell'Alto Adriatico, del fiume Adige e del fiume Po, e del Magistrato alle Acque.

Il Piano d'Ambito, redatto dall'AATO Laguna di Venezia nel 2003, è caratterizzato dai seguenti aspetti:

- l'approccio partecipativo;
- l'introduzione della VAS (Valutazione Ambientale Strategica) in tutto il processo decisionale;
- l'analisi ed il confronto con gli studi di pianificazione territoriale esistenti;
- la definizione dei sistemi di protezione, prevenzione e sicurezza per il comparto idropotabile (fasi di captazione, accumulo e distribuzione) e per gli impianti di depurazione.

Gli obiettivi generali del Piano possono essere sintetizzati come segue:

- tutela e salvaguardia della risorsa idrica in termini quantitativi e qualitativi;
- pianificazione e sviluppo sostenibile dell'uso dell'acqua;
- gestione efficace ed efficiente del servizio idrico integrato;
- tutela del consumatore.

Gli obiettivi specifici del Piano sono i seguenti:

- riduzione delle perdite;
- risparmio idrico;
- riutilizzo di acque reflue;
- riduzione del carico inquinante;
- sistemi di prevenzione, protezione e sicurezza;

Il Piano degli Interventi è stato strutturato secondo le seguenti linee strategiche di intervento:

- A) Area della Risorsa;
- B) Area della Domanda;
- C) Area delle Infrastrutture;
- D) Area della Tutela dei corpi idrici ricettori;
- E) Area della Gestione.

1.5 Compiti dell'AATO per la salvaguardia e la protezione dei punti di captazione idropotabile

Durante la realizzazione del lavoro inerente la definizione del bilancio idrogeologico, in considerazione del livello di conoscenza raggiunto sugli acquiferi captati, l'AATO ha deciso di perseguire l'ulteriore obiettivo di individuare le aree di salvaguardia per tutti i punti di captazione acquedottistica.

Secondo il D.Lgs. 152/2006 le AATO sono l'autorità competente a proporre la delimitazione delle aree di salvaguardia dei punti di prelievo idropotabile. L'approvazione invece compete alla Regione. Le aree di salvaguardia sono previste e regolamentate dall'art. 94 (*"disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano"*) del D.Lgs. 152/2006, che riprende, pressoché letteralmente, quanto previsto da normative previgenti (D.P.R. 236/88 e D.Lgs. 152/1999). Altre indicazioni sono contenute nel Piano di Tutela delle Acque (PTA) della Regione Veneto approvato con DCR 107 del 5 novembre 2009.

In particolare, al comma 1 del citato art. 94 viene indicato che *"su proposta delle Autorità d'Ambito, le regioni, per mantenere e migliorare le caratteristiche qualitative delle acque superficiali*

e sotterranee destinate al consumo umano, erogate a terzi mediante impianto di acquedotto che riveste carattere di pubblico interesse, nonché per la tutela dello stato delle risorse, individuano le aree di salvaguardia distinte in zone di tutela assoluta e zone di rispetto, nonché, all'interno dei bacini imbriferi e delle aree di ricarica della falda, le zone di protezione".

La *zona di tutela assoluta*, di cui al comma 3, è *"costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni o derivazioni: essa, in caso di acque sotterranee e, ove possibile, per le acque superficiali, deve avere un'estensione di almeno dieci metri di raggio dal punto di captazione, deve essere adeguatamente protetta e dev'essere adibita esclusivamente ad opere di captazione o presa e ad infrastrutture di servizio"*.

Le *zone di rispetto* sono invece normate dal comma 4, che prevede sia la metodologia di delimitazione, sia i vincoli vigenti nelle aree stesse.

Il comma 4 recita: *"La zona di rispetto è costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta da sottoporre a vincoli e destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata e può essere suddivisa in zona di rispetto ristretta e zona di rispetto allargata, in relazione alla tipologia dell'opera di presa o captazione e alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa"*. Tuttavia va ricordato anche il comma 6 che indica che *"in assenza dell'individuazione da parte delle regioni o delle province autonome della zona di rispetto ai sensi del comma 1, la medesima ha un'estensione di 200 metri di raggio rispetto al punto di captazione o di derivazione"*.

All'interno della zona di rispetto sono vietati l'insediamento di una serie di centri di pericolo e lo svolgimento di alcune attività, indicati nel comma 4 medesimo, ritenute a rischio per le acque sotterranee.

Al comma 5 si prevede inoltre che *"Per gli insediamenti o le attività di cui al comma 4, preesistenti, ove possibile, e comunque ad eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate le misure per il loro allontanamento; in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza"*.

La corretta delimitazione delle aree prevede l'applicazione dei criteri definiti nel 2002 dalla Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato e le Regioni e le Province Autonome con l'Accordo 12 dicembre 2002 – *Linee guida per la tutela della qualità delle acque destinate al consumo umano e criteri generali per l'individuazione delle aree di salvaguardia delle risorse idriche di cui all'art. 21 del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 15*¹.

Va sottolineata la particolare importanza che riveste la delimitazione secondo queste linee guida, in quanto una delimitazione effettuata geometricamente sulla base di un cerchio di 200 m di raggio attorno all'opera di presa, molto spesso vincola inutilmente porzioni di territorio a valle del pozzo che non potrebbero in alcun modo contribuire alla contaminazione del corpo idrico captato, mentre, frequentemente, non protegge l'opera di presa da potenziali contaminazioni provenienti da aree poste a monte.

1 Nel seguito verranno citate come "Linee guida del 2002".

SCHEMA

Normativa relativa al Sistema Idrico Integrato

Questa scheda elenca le principali norme nazionali e regionali che, direttamente o indirettamente, attengono al Servizio Idrico Integrato.

Principali norme nazionali

- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale" recepisce la Direttiva 2000/60/CEE e disciplina sia la tutela quali-quantitativa delle acque dall'inquinamento (D.Lgs. 152/99, D.M. 367/03) che l'organizzazione del servizio idrico integrato (legge Galli), apportando alcune novità;
- Decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio 12 giugno 2003, n. 185 "Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152";
- Circolare del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio 18 marzo 2003, n. GAB/2003/2975/B01 "Affidamento del servizio idrico integrato. Separazione gestione reti e servizio";
- Accordo della Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato le regioni e le province autonome 12 dicembre 2002 "Linee guida per la tutela della qualità delle acque destinate al consumo umano e criteri generali per l'individuazione delle aree di salvaguardia delle risorse idriche di cui all'articolo 21 del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152";
- Relazione del Comitato per la vigilanza sull'uso delle risorse idriche – Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio 28 novembre 2002 "L'organizzazione del servizio idrico integrato: proprietà delle reti e gestione del servizio";
- Circolare della Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento per le politiche comunitarie 1 marzo 2002, n. 3944 "Procedure di affidamento delle concessioni di servizi e di lavori";
- Decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio 22 novembre 2001 "Modalità di affidamento in concessione a terzi della gestione del servizio idrico integrato, a norma dell'articolo 20, comma 1, della legge 5 gennaio 1994, n. 36";
- Circolare della Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento per le politiche comunitarie 19 ottobre 2001, n. 12727 "Affidamento a società miste della gestione di servizi pubblici locali";
- Circolare del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio 17 ottobre 2001, n. GAB/2001/11559/B01 "Società a prevalente capitale pubblico locale per la gestione del servizio idrico integrato";
- Decreto legislativo 2 febbraio 2001, n. 31 "Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano";
- Decreto del Ministro dell'ambiente di concerto con il Ministro dei lavori pubblici 30 luglio 1999 "Limiti agli scarichi industriali e civili che recapitano nella laguna di Venezia e nei corpi idrici del suo bacino scolante, ai sensi del punto 5 del decreto interministeriale 23 aprile 1998 recante requisiti di qualità delle acque e caratteristiche degli impianti di depurazione per la tutela della laguna di Venezia";
- D.P.C.M. 29 aprile 1999 "Schema generale di riferimento per la predisposizione della carta del servizio idrico integrato";
- Decreto del Presidente della Repubblica 18 febbraio 1999, n. 238 "Regolamento recante norme per l'attuazione di talune disposizioni della legge 5 gennaio 1994, n. 36, in materia di risorse idriche";
- Decreto del Ministro dell'ambiente di concerto con il Ministro dei lavori pubblici 9 febbraio 1999 "Carichi massimi ammissibili complessivi di inquinanti nella laguna di Venezia";
- Decreto del Ministro dell'ambiente di concerto con il Ministro dei lavori pubblici 16 dicembre 1998 "Integrazioni al decreto 23 aprile 1998 recante requisiti di qualità delle acque e caratteristiche degli impianti di depurazione per la tutela della laguna di Venezia e relativa proroga dei termini";
- Decreto del Ministro dell'ambiente di concerto con il ministro dei lavori pubblici 23 aprile 1998 "Requisiti di qualità delle acque e caratteristiche degli impianti di depurazione per la tutela della laguna di Venezia";
- D.M. 8 gennaio 1997, n. 99 "Regolamento sui criteri e sul metodo in base ai quali valutare le perdite degli acquedotti e delle fognature";
- D.M. 1 agosto 1996 "Metodo normalizzato per la definizione delle componenti di costo e la determinazione della tariffa di riferimento del servizio idrico integrato";
- D.P.C.M. 4 marzo 1996 "Disposizioni in materia di risorse idriche";
- Legge 5 gennaio 1994, n. 36 "Disposizioni in materia di risorse idriche" (c.d. "legge Galli"): abrogata dal D.Lgs. 3/04/2006, n. 152. Questa legge stabilisce che tutte le acque superficiali e sotterranee, ancorché non estratte dal sottosuolo, sono pubbliche e costituiscono una risorsa da salvaguardare ed utilizzare secondo criteri di solidarietà e, salvaguardando i diritti delle generazioni future. Con questa legge si è avviato un complesso e

articolato processo finalizzato ad ottenere una riorganizzazione territoriale e funzionale del "Servizio Idrico Integrato" inteso come l'insieme dei servizi pubblici di captazione, adduzione e di distribuzione di acqua ad usi civili, di fognatura e di depurazione delle acque reflue;

- Decreto del Presidente della Repubblica 20 settembre 1973, n. 962 "Tutela della città di Venezia e del suo territorio dagli inquinamenti delle acque";
- Legge 16 aprile 1973, n. 171 "Interventi per la salvaguardia di Venezia";
- Legge 4 febbraio 1963, n. 129 "Piano regolatore generale degli acquedotti e delega al governo ad emanare le relative norme di attuazione";
- Regio Decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 "Testo unico delle leggi sulle acque e gli impianti elettrici".

Principali norme regionali

- D.C.R. 5 novembre 2009, n. 107 "Piano di Tutela delle Acque";
- D.G.R. 18/10/2005, n. 3111 "Diagnosi di vulnerabilità e progettazione di un sistema integrato di urgenza e sicurezza del sistema idrico dell'A.A.T.O. Laguna di Venezia";
- D.G.R. 29/12/2004, n. 4458 "Competenze dell'A.A.T.O. per quanto riguarda la tipologia delle opere, la programmazione, la progettazione esecutiva ed affidamento per esecuzione dei lavori";
- D.G.R. 29 dicembre 2004, n. 4453 integrata dalla D.G.R. 11 febbraio 2005, n. 401 adozione del Piano di Tutela delle Acque;
- Circolare 9 agosto 2002, n. 12 "Norme di Attuazione del

Piano Regionale di Risanamento delle Acque. Testo coordinato con la normativa statale e regionale vigente in materia di tutela delle acque dall'inquinamento";

- D.G.R. 16 giugno 2000, n. 1688 "Articolo 14, L.R. 27 marzo 1988, n.5, Modello strutturale degli acquedotti del Veneto. Approvazione";
- Circolare 13 agosto 1999, n. 18 "Primi indirizzi operativi del D.lgs. 11.05.1999, n. 152 recante "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole";
- D.G.R. 12 febbraio 1999, n. 3888 "Convenzione tipo e disciplinare relativo ai rapporti tra A.A.T.O. e Gestori dei Servizi Idrici Integrati";
- L.R. 27 marzo 1998, n. 5 "Disposizioni in materia di risorse idriche, istituzione del servizio idrico integrato ed individuazione degli ambiti territoriali ottimali, in attuazione della legge 5 gennaio 1994, n. 36". Questa legge, relativa all'Istituzione dei Servizi Idrici Integrati, consente alla Regione Veneto di dare pratica attuazione a livello regionale dei principi della L. 36/94. Vengono a riguardo individuati gli ambiti territoriali ottimali, disciplinate le forme ed i modi di cooperazione tra Comuni e Province nonché i rapporti tra gli enti locali e i soggetti gestori dei servizi pubblici di captazione, distribuzione ed erogazione di acqua ad usi civili, di fognatura e di depurazione e rigenerazione delle acque reflue; vengono dettati inoltre i criteri per il razionale utilizzo delle risorse idriche;
- P.C.R. 1 settembre 1989, n. 962 "Piano Regionale di Risanamento delle Acque";
- L.R. 16 aprile 1985, n. 33 "Norme per la tutela dell'ambiente".

Il sistema di informatizzazione e gestione dei dati

2.1 Il Sistema Informativo Territoriale dell'AATO Laguna di Venezia

Il Sistema Informativo Territoriale per l'AATO Laguna di Venezia rappresenta lo strumento di gestione del flusso di informazioni necessarie all'esercizio delle principali funzioni istituzionali dell'Ente, schematizzate nella Figura 2.1.

Nell'obiettivo generale il Sistema Informativo delle Risorse Idriche (**SIRIO**), la cui architettura è schematicamente rap-

presentata in Figura 2.2, deve svolgere anche la funzione di consentire all'Autorità d'Ambito di rendere conto delle proprie attività ai cittadini (comunicazione) e di valutare e pianificare il servizio idrico integrato in modo condiviso (partecipazione).

Nello specifico lo strumento è stato implementato con un Sistema di Comunicazione e di Interscambio a supporto del sistema Informativo SIRIO, che supporta:

- l'infrastruttura dati di base per l'utilizzo delle informazioni

Pianificazione del Servizio Idrico Integrato



Figura 2.1 - Schema delle attività insite nella pianificazione del Servizio Idrico Integrato.

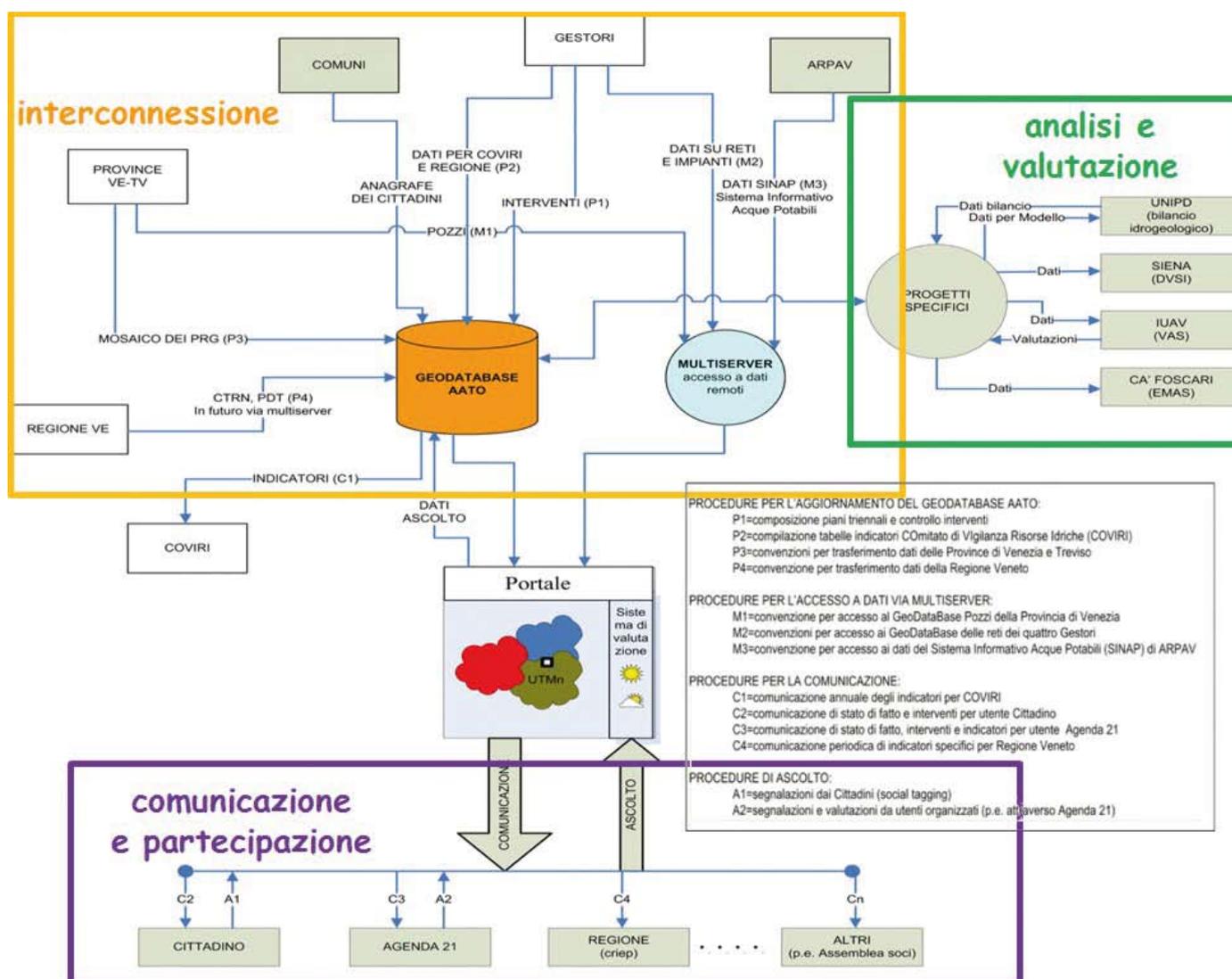


Figura 2.2 - Schema generale del SIRIO.

derivanti da diversi progetti avviati tra cui: VAS per la revisione del Piano d'Ambito, Bilancio Idrogeologico, Agenda21, EMAS, ecc.;

- le procedure per la gestione delle informazioni (entro i flussi di scambio dati fra gestore ed Autorità, nei processi di valutazione del servizio, di comunicazione e partecipazione).

Il **sistema di interscambio** serve a interconnettere le reti di alcuni attori. Esso si basa su una architettura distribuita che il sistema informativo territoriale realizza integrando le banche dati AATO con quelle rese disponibili dagli attori tra i quali, in primo luogo, il gestore.

Questa architettura comporta il fatto che ciascun attore rimane proprietario e responsabile dei dati che condivide (uno dei principi fondamentali di **Inspire**).

La Figura 2.3 presenta lo schema di architettura a supporto delle esigenze di interscambio dati tra AATO e Gestore; tale architettura viene supportata da una tecnologia basata sugli

standard OGC, che comprende la piattaforma *Cart@net* utilizzata e i componenti **open source** quali Mapserver, PostgreSQL, Postgis.

- MapServer è un ambiente multipiattaforma di sviluppo e fruizione open source finalizzato alla rappresentazione di dati geospaziali. Può essere utilizzato per realizzare applicazioni Web (WebGIS), ma anche per pubblicare servizi Web conformi alle raccomandazioni dell'Open Geospatial Consortium (WMS, WFS, WCS).
- PostgreSQL è un Object Relational DataBase Management System (ORDBMS) conforme agli standards SQL (Structured Query Language) che si occupa dell'archiviazione e dell'integrità dei dati.
- PostGIS aggiunge "spatially enables" a PostgreSQL server, il quale può essere utilizzato come database geospaziale per Geographic Information Systems (GIS).

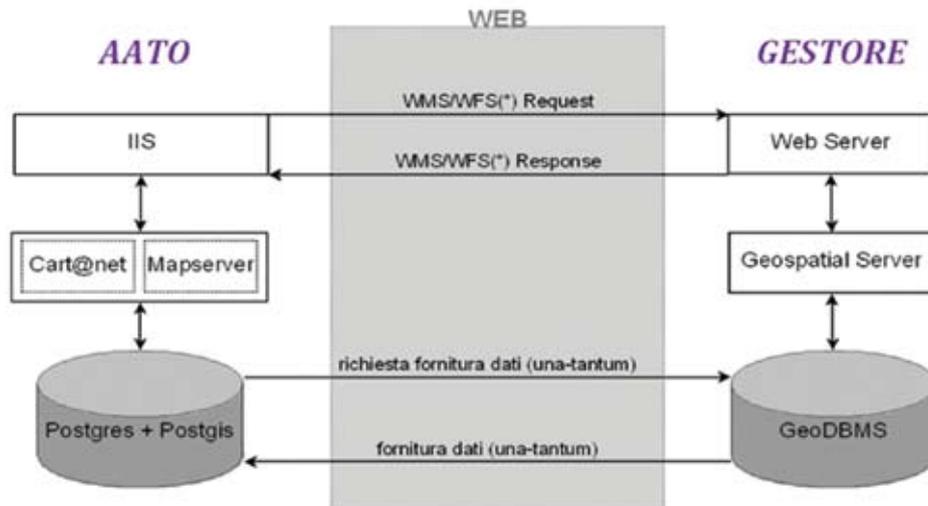


Figura 2.3 - Schema tecnologico del sistema di interscambio.

- Cart@net è un prodotto commerciale di Planetek Italia utilizzato per diffondere e condividere immagini satellitari, ortofoto, dati raster e vettoriali su Web. Il sistema è sviluppato per integrarsi con server per la diffusione di cartografia vettoriale (tipo ArcIMS di ESRI, MapGuide di Autodesk, MapServer ecc.), che consentono di creare, pubblicare e distribuire dati in Intranet e Internet, e con Image Web Server, per la diffusione di dati raster.

Nel sistema distribuito SIRIO il Gestore non ha necessità di pubblicare un sistema di consultazione cartografica come quello presente in AATO, ma solo di rendere disponibili alcune informazioni presenti nelle sue banche dati, secondo due modalità:

1. pubblicazione dei dati attraverso un Web Map Service (WMS) per la lettura da parte di AATO;
2. accesso ai dati in remoto per l'editing da parte di AATO.

Per garantire l'accesso in modalità 1 è sufficiente siano disponibili le seguenti componenti hardware e software:

- Indirizzo IP statico
- Server fisico
- Web server
- Geospatial server

Per garantire l'accesso in modalità 2, è sufficiente vi sia la disponibilità aggiuntiva del seguente componente software:

- GeoDBMS aggiornato con periodicità concordata

La scelta di tale architettura di interscambio ha consentito di condividere tra Enti anche la banca dati idrogeologica che attualmente può essere aggiornata in remoto, senza crea-

zione di duplicati, contemporaneamente da AATO Laguna di Venezia, Provincia di Venezia e Università di Padova.

2.2 Principali banche dati utilizzate nel progetto bilancio idrogeologico

Il progetto finalizzato alla definizione del bilancio idrogeologico è iniziato con delle fasi di raccolta ed omogeneizzazione dei dati esistenti soprattutto inerenti gli aspetti quali-quantitativi delle falde e di assetto litostratigrafico del sottosuolo. L'analisi dei dati esistenti ha riguardato, in particolare, studi editi ed inediti e banche dati disponibili a livello di Pubbliche Amministrazioni. Tale ricognizione era già stata per lo più eseguita durante la predisposizione del Piano d'Ambito.

La principale fonte di dati idrogeologici informatizzati, utilizzata come punto di partenza per l'implementazione delle informazioni utili alla definizione del bilancio idrogeologico dell'AATO, è la banca dati della Provincia di Venezia relativa all'"Indagine idrogeologica del territorio provinciale di Venezia". Tale base dati è stata integrata attraverso una consistente importazione di informazioni derivanti dagli archivi idrogeologici dell'Università degli Studi di Padova Dipartimento di Geoscienze.

Al fine di garantire la massima fruibilità dei dati ed una piena rispondenza agli standard in uso presso l'AATO Laguna di Venezia derivanti anche dalle necessità informative del MOSAV (**MO**dello **Strutturale** degli **Acquedotti** del **Veneto**) della Regione del Veneto, si è resa necessaria la ridefinizione dei geodatabase dedicati all'archiviazione dei dati idrogeologici e stratigrafici.

2.2.1 Struttura e contenuti delle banche dati

2.2.1.1 Banca dati idrogeologica

Il geodatabase dei dati idrogeologici è strutturato in una serie di tabelle fra cui le principali sono: *Generale*, *Pozzi*, *Pozzi Acquedotti*, *Filtri*, *Parametri Idrogeologici*, *Misure Pozzi Privati*, *Misure Pozzi Acquedotti*, *Chimica*, *Campagne*, *Emungimenti*, *Piezometri*; di tali tabelle segue una breve descrizione del contenuto:

- *Generale* sono raccolte tutte le informazioni per identificare ed ubicare ciascun punto;
- *Pozzi* sono contenute le informazioni anagrafiche dei pozzi ad uso non acquedottistico;
- *Pozzi - Acquedotti* contiene le informazioni anagrafiche dei pozzi ad uso acquedottistico;
- *Filtri* contiene l'elenco dei filtri noti presenti nei pozzi;
- *Parametri Idrogeologici* contiene i parametri idrogeologici degli acquiferi intercettati dai filtri dei pozzi;
- *Misure (Pozzi Privati - Acquedotti)* contengono tutte le informazioni relative ai rilievi ed ai monitoraggi idrogeologici;
- *Chimica* sono contenute le analisi chimiche reperite;
- *Campagne* identifica le campagne di misura idrogeologiche sistematiche svolte;
- *Emungimenti* contiene l'informazione relativa al volume d'acqua estratto in un determinato periodo;
- *Piezometri* contiene le informazioni anagrafiche dei piezometri.

Le tabelle sono tra loro collegate attraverso una struttura di relazioni che utilizzano quale campo chiave l'identificativo del pozzo (Figura 2.4).

Il lavoro di aggiornamento del geodatabase si è incentrato soprattutto sull'integrazione dei dati delle tabelle *Pozzi*, *Misure (Pozzi Privati - Pozzi Acquedotti)* e *Chimica* e sulla creazione delle tabelle *Pozzi - Acquedotti*, *Filtri*, *Parametri Idrogeologici* ed *Emungimenti*.

Per quanto riguarda la tabella *Pozzi* il risultato ottenuto in questa ricerca è stato un incremento di ben 4786 pozzi rispetto alla banca dati originale, che ne conteneva 3775. Quindi attualmente la banca dati contiene un totale di 8561 pozzi, di cui 4063 in area di competenza AATO Laguna di Venezia. Analogamente alla tabella *Pozzi* sono state aggiornate anche le tabelle *Misure* e *Chimica*.

Le tabelle *Misure* contengono alcune migliaia di rilievi idrogeologici relativi sia a misure effettuate nell'ambito di censimenti-pozzi e definite come "Indagine idrogeologica", sia a misure periodiche su determinati pozzi monitorati durante il periodo di studio e definite come "Monitoraggio idrogeologico".

Nella tabella *Misure Pozzi Acquedotti* sono state inserite le misure di monitoraggio dei pozzi acquedottistici presenti nel territorio di competenza AATO Laguna di Venezia.

Con l'aggiunta dei dati provenienti dal Dipartimento di Geoscienze, la tabella *Misure Pozzi Privati* risulta integrata di 6967 nuove misure rispetto alle iniziali 5567.

Sono quindi ad oggi registrati nel database 12534 records di misure di: portata d'esercizio, portata massima, prevalenza, quota, temperatura, conducibilità, contenuto in Ferro ed Ammoniacale e data in cui è stata effettuata la misura.

Per quanto riguarda la tabella *Chimica*, questa integra al suo interno dati di analisi chimiche reperite durante censimenti e lavori realizzati dalla Provincia di Venezia negli anni '90,

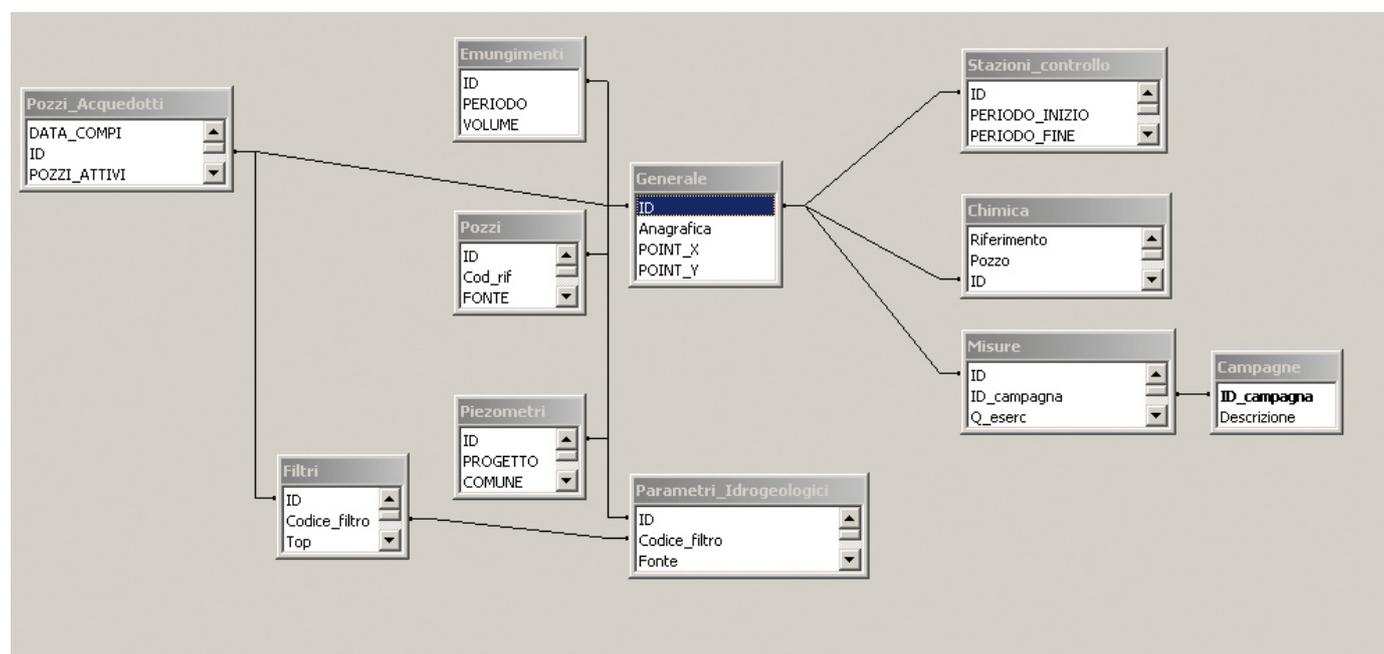


Figura 2.4 - Schema delle relazioni esistenti tra le tabelle.

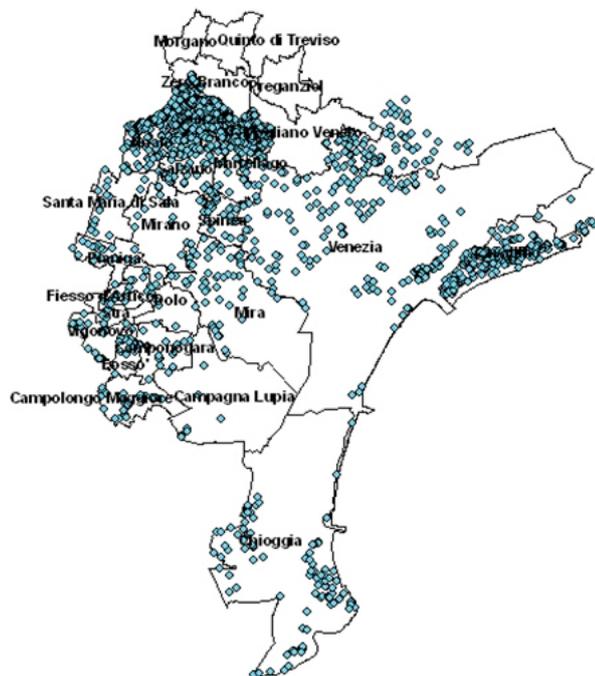


Figura 2.5 - Distribuzione dei pozzi all'interno dell'area di competenza AATO Laguna di Venezia e zone limitrofe, prima dell'integrazione con i nuovi dati.

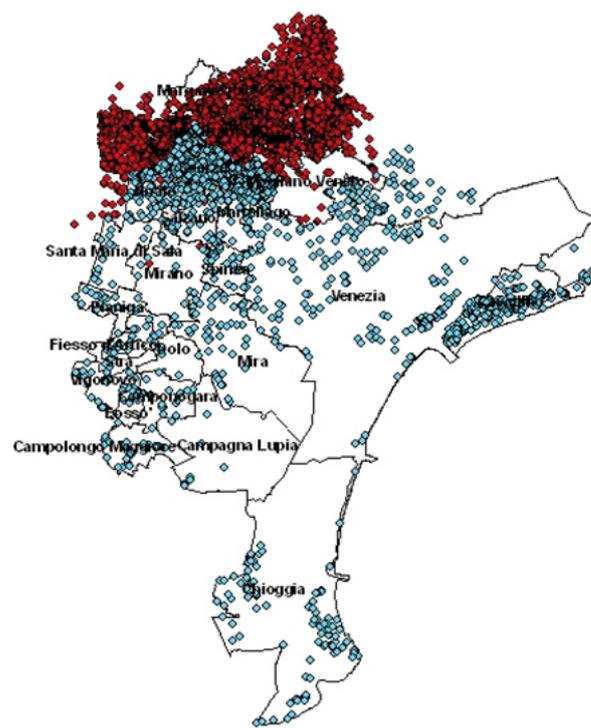


Figura 2.6 - Distribuzione dei pozzi all'interno dell'area di competenza AATO Laguna di Venezia e delle zone limitrofe ad integrazione ultimata (in rosso i pozzi aggiunti durante il lavoro di integrazione).

dall'Università di Padova e dati di analisi fornite dall'AATO laguna di Venezia relativamente ai gestori acquedottistici.

Con l'aggiunta di queste nuove analisi la tabella *Chimica* risulta incrementata di 606 records rispetto agli iniziali 26 presenti nella banca dati originale della Provincia di Venezia. Nella banca dati risultano quindi registrati 632 records di analisi chimiche associate a pozzi censiti.

Per la creazione della tabella *Pozzi - Acquedotti* sono state aggregate tutte le informazioni presenti nel database relativo al MOSAV, generato dall'AATO Laguna di Venezia in fase di ricognizione, alle informazioni presenti nel database SIGEV della Provincia di Venezia (relativo al Piano provinciale di Protezione Civile), alle informazioni fornite dai vari gestori acquedottistici durante lo svolgimento del presente lavoro.

In questa tabella risultano registrati 180 records di dati relativi a pozzi di acquedotto.

In seguito ai molti dati reperiti dagli enti acquedottistici si è resa necessaria la creazione di due nuove tabelle (*Filtri* e *Parametri Idrogeologici*) per la catalogazione appropriata del posizionamento dei filtri e dei parametri idrogeologici ricavati dalle prove di pompaggio.

Segue, a titolo di esempio, la distribuzione dei pozzi rilevati all'interno dell'area di competenza AATO Laguna di Venezia e nelle zone limitrofe. Nella Figura 2.5 è fotografata la situazione dei pozzi censiti presenti nel database prima del lavoro

di integrazione svolto, nella successiva (Figura 2.6) la situazione ad integrazione ultimata.

Dal confronto tra le Figure 2.5 e 2.6 si può notare l'incremento sostanziale dei pozzi nella parte a Nord della zona di competenza AATO Laguna di Venezia. Questo incremento ha interessato alcuni comuni soprattutto della Provincia di Treviso (Zero Branco, Morgano, Preganziol, Quinto di Treviso, Mogliano Veneto e Treviso). Si tratta di quelle aree per cui il Piano d'Ambito sottolinea la necessità e l'urgenza di procedere alla definizione della situazione idrogeologica e di valutazione dello sfruttamento della risorsa idrica sotterranea.

2.2.1.2 Banca dati stratigrafica

Le stratigrafie reperite durante le indagini sono state organizzate nella banca dati stratigrafica.

La banca dati è strutturata secondo uno schema compatibile con la analoga banca dati della Provincia di Venezia e contiene le tabelle: *stratigrafie*, *attendibilità*, *attendibilità-ubicazione*, *codice-lito*.

La tabella *Stratigrafie* rappresenta l'archivio di tutte le stratigrafie disponibili di profondità superiore a 20 m, a cui è stato assegnato un identificativo unico. Oltre alla stratigrafia dettagliata, sono presenti il codice litologico e i giudizi di attendibilità in merito alla descrizione stratigrafica ed all'ubicazione definiti nelle rispettive tabelle "Attendibilità" e "Attendibilità ubicazione". Il codice litologico definito per ogni strato, è

codice_lito : Tabella	
COD	descrizione
1026	argilla limosa torbosa
1032	argilla sabbioso limosa
1036	argilla sabbiosa torbosa
1063	argilla torbosa sabbiosa
1062	argilla torboso limosa
1020	argilla e limo
1030	argilla e sabbia
1060	argilla e torba
1120	argilla con limo
1130	argilla con sabbia
1160	argilla con torba
1220	argilla limosa
1230	argilla sabbiosa
1260	argilla torbosa
1320	argilla deb limosa
1330	argilla deb sabbiosa
1360	argilla deb torbosa
1400	argilla
2013	limo argilloso sabbioso
2014	limo argilloso ghiaioso
2016	limo argilloso torboso
2031	limo sabbioso argilloso
2034	limo sabbioso ghiaioso

Figura 2.7 - Esempio delle codifiche litologiche adottate nella banca dati stratigrafica.

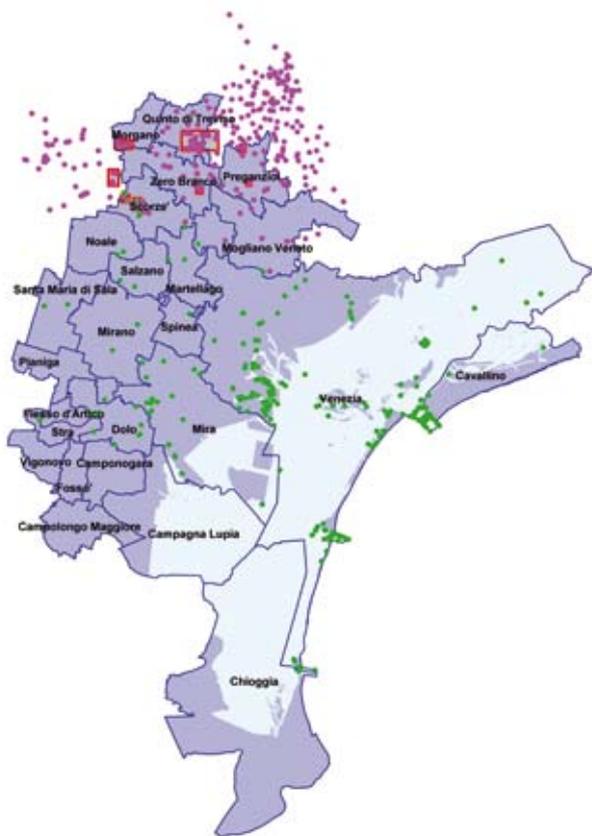


Figura 2.8 - Distribuzione dei sondaggi nella banca dati stratigrafica. In verde le informazioni stratigrafiche preesistenti e in viola le informazioni integrate. Con riquadro bordato di rosso sono indicate le zone di prelievo acquedottistico dell'AATO.

rappresentato da un numero intero a 4 cifre, di cui la prima rappresenta il termine litologico prevalente, la terza e la quarta i termini litologici secondari e infine la seconda sintetizza il rapporto percentuale tra i termini litologici, secondo le norme AGI. I codici litologici assegnati sono definiti nella tabella *codice_lito*, di cui si riporta un estratto nella Figura 2.7.

Le stratigrafie digitalizzate e georeferenziate sono 310, esse ricadono principalmente nella zona di media pianura, prossima alle zone di approvvigionamento dell'acquedotto, come visualizzato nella Figura 2.8.

L'incremento è avvenuto anche al di fuori dell'area di competenza AATO Laguna di Venezia questo per favorire la conoscenza e l'interpretazione del sottosuolo, sede della circolazione della risorsa idropotabile captata dai pozzi di acquedotto.

2.2.2 Strumenti

L'archiviazione dei dati è avvenuta inizialmente in un database relazionale; in seguito le informazioni sono state importate in ambiente GIS. La successiva elaborazione dei dati del sottosuolo è avvenuta attraverso l'impiego degli applicativi RockWorks e GMS (Groundwater Modeling System) che oltre a consentire l'archiviazione, l'organizzazione e la visualizzazione dei dati, forniscono numerosi strumenti per la ricostruzione bidimensionale e tridimensionale del sottosuolo e per la modellizzazione dei flussi idrici sotterranei. Nelle Figure 2.9 e 2.10 sono riportati alcuni esempi.

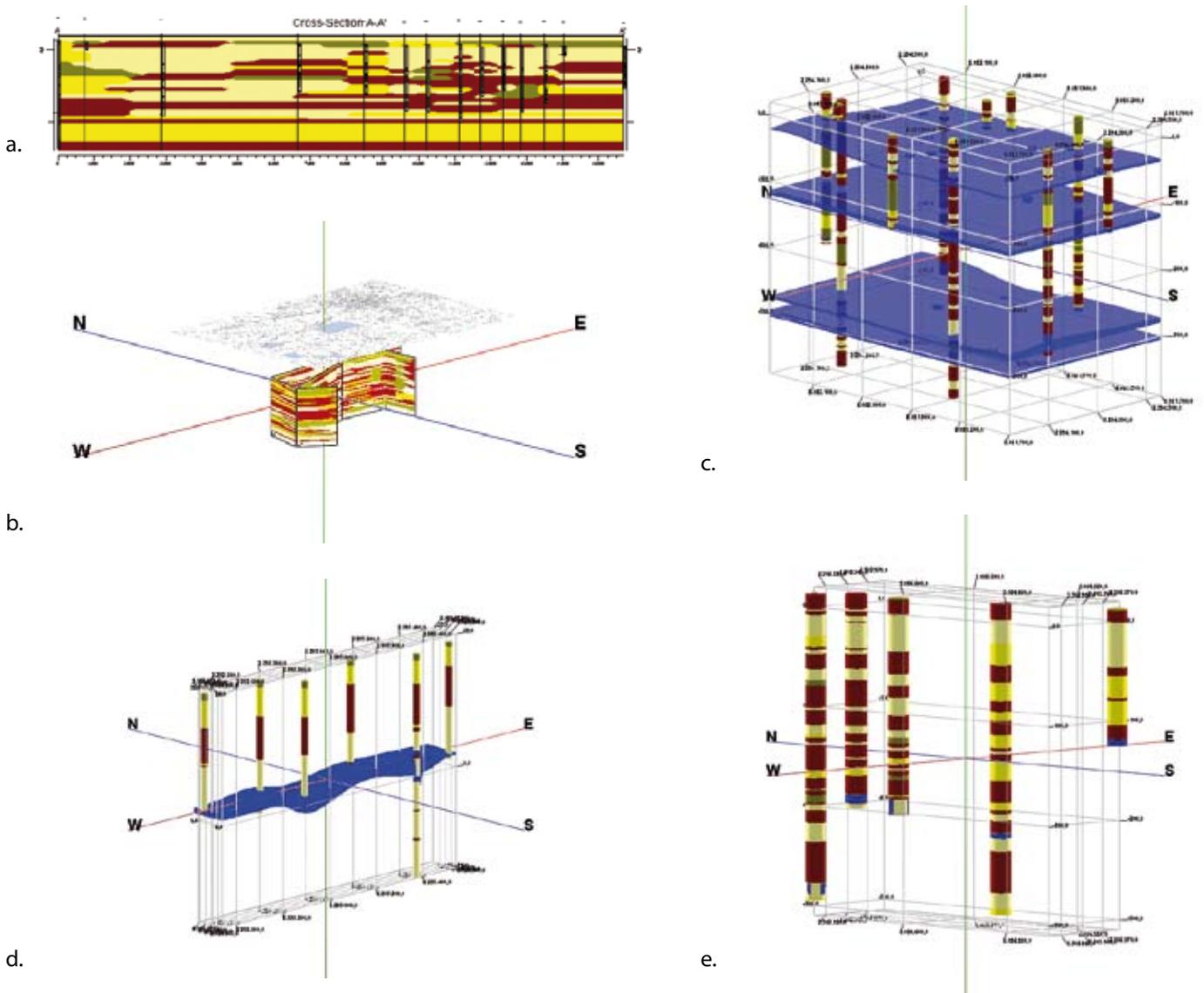


Figura 2.9 - RockWorks: a) sezione bidimensionale; b) rappresentazione a "fence" di quattro sezioni bidimensionali verticali; c) modello idrogeologico del campo pozzi di Scorzè; d) modello idrogeologico del campo pozzi di Badoere; e) modello idrogeologico del campo pozzi di Preganziol - San Trovaso.

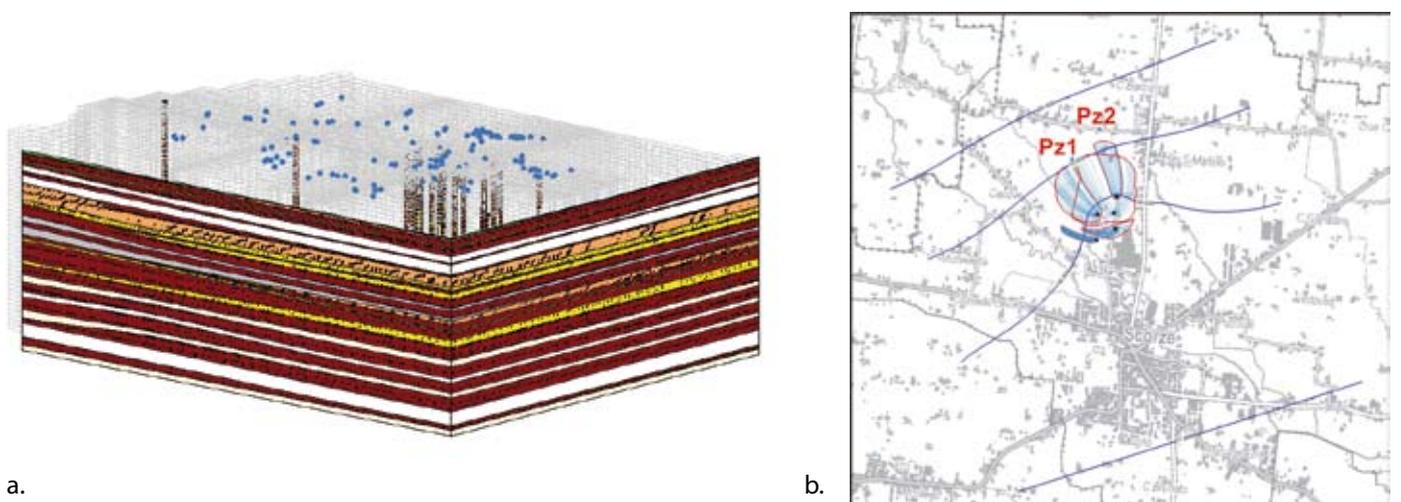


Figura 2.10 - GMS: a) modello idrogeologico tridimensionale; b) modello di flusso di falda condizionato dalla produzione di pozzi pubblici e privati e relative aree di cattura.



Inquadramento dell'area di studio

3.1 Inquadramento geologico ed idrogeologico

3.1.1 Il territorio dell'ATO nel quadro evolutivo della Pianura Veneta

L'Ambito Territoriale Ottimale Laguna di Venezia appartiene alla porzione di Pianura Veneta (Figura 3.1) delimitata a Nord dai rilievi prealpini, a Sud dal fiume Po e dal mare Adriatico, a Est dal fiume Tagliamento e ad ovest dai Monti Lessini, dai Monti Berici e dai Colli Euganei, che la separano parzialmente dalla Pianura Padana.

L'origine della Pianura Veneta risale alla fine del Terziario quando l'orogenesi Alpina, esauriti i principali fenomeni parossistici, ha continuato la fase di sollevamento dei rilievi montuosi e lo sprofondamento dell'avampaese pedemontano.



Figura 3.1 - Porzione di Pianura Veneta (delimitata con tratteggio verde) in cui ricade l'AATO Laguna di Venezia (contorno blu).

Con l'inizio del Quaternario inizia il riempimento della vasta depressione di avampaese mediante un progressivo accumulo di depositi alluvionali e fluvioglaciali appartenenti ai grandi sistemi fluviali, intervallati da sedimenti derivanti da fasi di trasgressione marina. Questa alternanza è stata condizionata principalmente dall'avvicinarsi di fasi glaciali e interglaciali correlate ai cicli glacio-eustatici planetari che si sono succeduti nel corso del Pleistocene e dell'Olocene.

Alla dinamica fluviale del quaternario è legata anche la formazione della Laguna di Venezia. La morfologia lagunare fu soggetta a numerosi cambiamenti in relazione alle variazioni di tutti quei fattori ambientali che contribuirono alla sua formazione. Tra questi fu determinante l'attività dei corsi d'acqua tributari della laguna: F. Piave, F. Sile, F. Brenta, F. Bacchiglione e, in minor misura, F. Adige e F. Po. Se con l'apporto di acque dolci essi garantivano l'acqua salmastra nel bacino lagunare, d'altro canto minacciavano con i sedimenti trasportati l'interrimento della laguna. A questi corsi d'acqua va infatti imputata l'origine dei terreni relativamente superficiali che costituiscono il territorio lagunare (Bassan V. e Vitturi A., 2003).

3.1.2 I megafan e le principali strutture sedimentarie

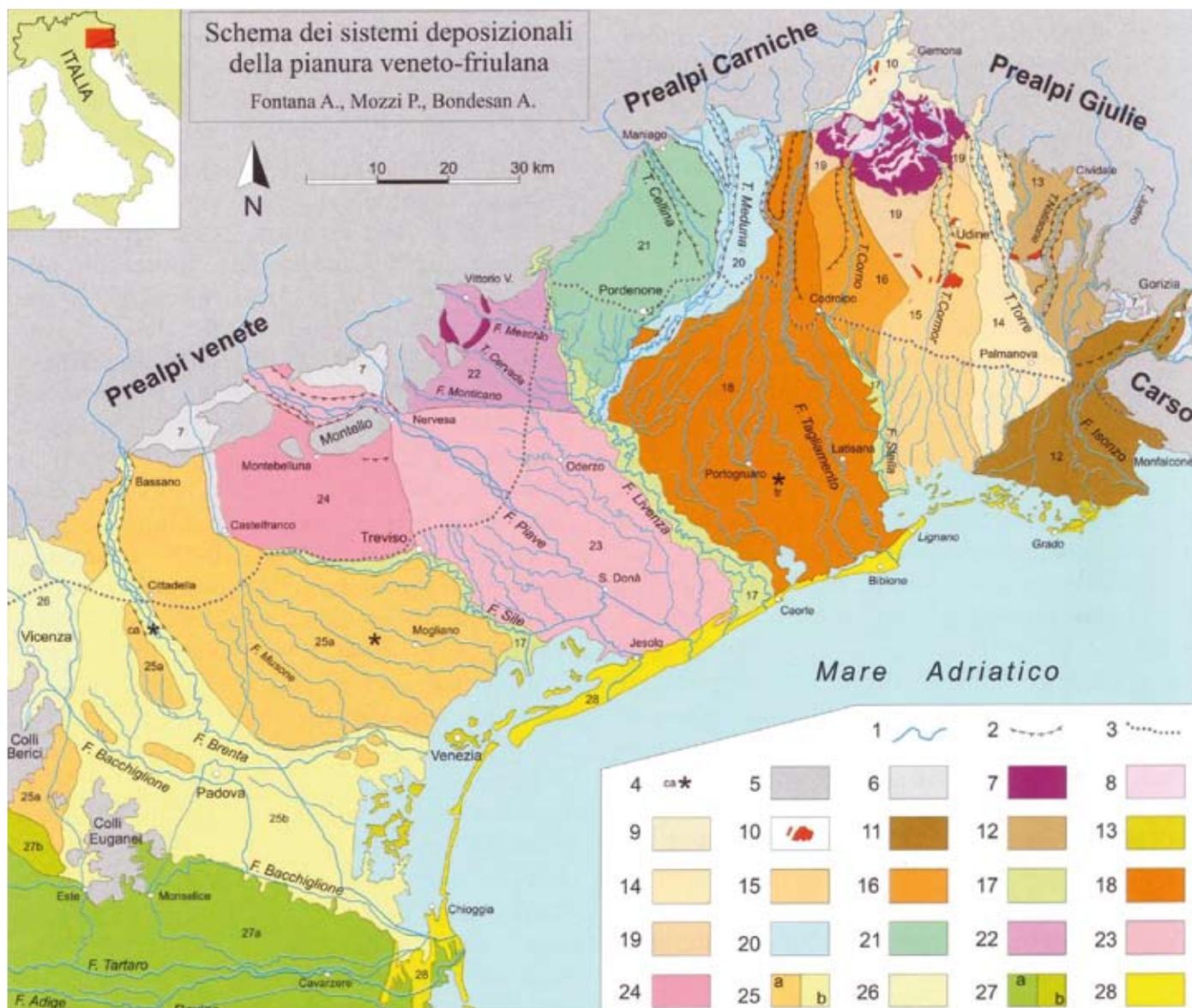
Nel Quaternario recente i fiumi veneti hanno ripetutamente cambiato percorso a valle del loro sbocco vallivo, interessando aree di pianura molto ampie fino a coprire migliaia di chilometri quadrati. Si sono così formati sistemi sedimentari che in pianta presentano una morfologia a ventaglio e che vengono definiti conoidi alluvionali (Cremaschi M., 1987; Guzzetti F. et alii, 1997; Castiglioni G.B., 1999; Fontana A. et alii, 2004) (Figura 3.2).

Questi "conoidi" presentano una marcata differenziazione interna in senso longitudinale. Nel complesso, le prime decine di chilometri del loro sviluppo, dallo sbocco vallivo dei corsi d'acqua fino alla fascia delle risorgive, sono ghiaiose ed hanno pendenze comprese tra 7 e 3‰, corrispondenti alla cosiddetta "alta pianura". Allontanandosi dal margine alpino, la diminuzione della capacità di trasporto dei corsi d'acqua ha impedito loro di veicolare sedimenti grossolani, consen-

tendo il moto verso valle di sedimenti progressivamente più fini, che vanno a costruire una pianura costituita da depositi di esondazione limoso-argillosi e da corpi di canale sabbiosi ("bassa pianura").

La notevole estensione di tali sistemi deposizionali, i loro deboli gradienti topografici in bassa pianura e la caratteristica selezione granulometrica dei sedimenti in essi presenti (che

dalle ghiaie prevalenti passano via via a sabbie, limi e argille) fanno assumere a questi apparati l'aspetto, più che di conoidi che descrivono bene le porzioni prossimali di alta pianura, di megafan alluvionali. Nelle zone topograficamente depresse di margine tra i maggiori megafan, scorrono importanti corsi d'acqua, tra cui ad esempio il fiume Sile (tra megafan di Piave e Brenta) (Bondesan e Meneghel (a cura di), 2004).



Legenda: 1) idrografia; 2) orlo delle principali scarpate fluviali; 3) limite superiore delle risorgive; 4) ubicazione delle sezioni stratigrafiche citate nel testo: figg. 3.6a, 3.6b e 3.10; 5) Prealpi, Colli Euganei e Berici; 6) aree alluvionali di corsi d'acqua prealpini; 7) cordoni morenici degli anfiteatri di Piave e Tagliamento; 8) depressioni intermoreniche; 9) piana di Osoppo; 10) terrazzi tettonici dell'alta pianura friulana; 11) megafan dell'Isonzo-Torre; 12) conoide del Natisone-Judrio; 13) isole lagunari; 14) megafan del Torre; 15) megafan del Cormor; 16) megafan del Corno di San Daniele; 17) sistemi dei principali fiumi di risorgiva (Stella, Livenza e Sile), localmente incisi; 18) megafan del Tagliamento; 19) aree interposte tra megafan, appartenenti al sandur del Tagliamento; 20) megafan del Meduna; 21) conoide del Cellina; 22) conoidi dei fiumi Monticano, Cervada e Meschio, e degli scaricatori glaciali di Vittorio Veneto; 23) megafan del Piave di Nervesa; 24) megafan del Piave di Montebelluna; 25) sistema del Brenta: a) settore pleistocenico (megafan di Bassano), b) pianura olocenica del Brenta con apporti del Bacchiglione; 26) conoide dell'Astico; 27) sistema dell'Adige: a) pianura olocenica con apporti del Po; b) pianura pleistocenica; 28) sistemi costieri e deltizi.

Figura 3.2 - Schema dei sistemi deposizionali della pianura veneto-friulana (da Fontana A. et al., 2004 in Bondesan e Meneghel (a cura di), 2004).

Nella pianura veneta, i sedimenti dei primi 30-50 m di profondità sono stati deposti principalmente durante il Pleistocene superiore per l'azione della notevole sedimentazione fluvio-glaciale e fluviale. Durante l'Ultimo Massimo Glaciale, i bacini dei maggiori sistemi fluviali di tutto l'arco alpino ospitavano grandi ghiacciai che giungevano fino in pianura o quasi (Castiglioni B., 1940). Dai loro fronti di ablazione si originavano degli scaricatori glaciali caratterizzati da una portata liquida e solida notevole, tanto che nell'alta pianura la loro attività ha creato una successione stratigrafica piuttosto omogenea, data dall'alternanza di ghiaie e ghiaie-sabbiose. Nella bassa pianura invece, la presenza anche di sedimenti fini ha generato una stratigrafia più complessa con la possibilità di riconoscere differenti unità sedimentarie anche all'interno dei depositi d'età glaciale. Nella bassa pianura veneta gli studi più recenti evidenziano la ricostruzione di unità sedimentarie limoso-sabbiose, alternate a livelli torbosi e limosi-organici di spessore pluricentrico con una continuità laterale fino a qualche chilometro che rappresentano momenti di stasi della deposizione fluviale (Bondesan A. et alii, 2002; Bondesan A. et alii, 2003).

Dal punto di vista tessiturale quindi, la pianura Veneta è contraddistinta dalla presenza di terreni incoerenti (sabbie e ghiaie) e pseudocoerenti (limi e argille). Le ghiaie sono presenti nel sottosuolo a profondità sempre più elevate procedendo verso il mare.

La porzione distale dei vari megafan, durante l'Olocene, è stata interessata direttamente anche dall'ambiente marino soprattutto nei settori attualmente prossimi al mare o alle lagune. È stato riconosciuto infatti un ciclo trasgressivo-regressivo, in cui ad una iniziale espansione marina sulla pianura preesistente è seguito l'instaurarsi di un ambiente lagunare o deltizio.

In area veneziana, la prima formazione delle lagune sembra essere documentata a circa 7000-6000 anni fa, in corrispondenza della massima trasgressione marina.

3.1.3 Suddivisione generale della pianura da un punto di vista idrogeologico

Il sottosuolo della pianura Veneta si può suddividere in tre fasce:

Alta Pianura (acquifero indifferenziato - area di ricarica)
Media Pianura
Bassa Pianura

La fascia di **Alta Pianura** si colloca a ridosso dei rilievi montuosi con una larghezza variabile, da monte a valle, di circa una decina di chilometri. È una zona composta principalmente da materiali ghiaiosi; il materasso alluvionale risulta infatti formato quasi interamente da depositi grossolani, ghiaiosi e molto permeabili per tutto il suo spessore. È frequente rinvenire a diverse profondità livelli ghiaiosi più o meno cementati, che costituiscono i cosiddetti conglomerati. In questa zona i diversi conoidi alluvionali si sono tra loro compenetrati for-

mando un ammasso ghiaioso relativamente omogeneo.

La fascia di **Media Pianura**, di circa una decina di chilometri di larghezza, rappresenta il passaggio tra la Alta e la Bassa Pianura. In questa zona le ghiaie diminuiscono di spessore suddividendosi in livelli sub-orizzontali separati tra loro da letti di materiale limoso-argilloso impermeabile. Questo passaggio è abbastanza rapido e si manifesta con una struttura a digitazione delle ghiaie che si distaccano dall'ammasso alluvionale omogeneo, dapprima con grandi spessori, e si esauriscono verso valle a differenti distanze, chiudendosi entro i depositi fini impermeabili o semipermeabili. Solo i livelli ghiaiosi più profondi tendono a persistere anche più a Sud, nella Bassa Pianura, come testimoniano le informazioni di sondaggi provenienti da pozzi profondi.

A valle della fascia di Media Pianura si trova la fascia di **Bassa Pianura**, che si spinge fino alla costa adriatica e a Sud fino al fiume Po. Ha una larghezza di circa 20 km nella parte orientale e presenta un sottosuolo costituito da potenti letti di limi e argille entro cui si intercalano livelli sabbiosi.

Verso valle le conoidi ghiaiose, non più direttamente sovrapposte, si trovano innestate entro materiali fini limoso-argillosi; ne risulta un sottosuolo a struttura differenziata costituito dall'alternanza di livelli ghiaiosi alluvionali e livelli limoso-argillosi di origine prevalentemente marina o lacustre.

La progressiva differenziazione delle strutture sedimentarie da monte a valle, determina conseguentemente caratteri idrogeologici differenti. Si passa infatti da un sistema acquifero indifferenziato di tipo freatico a monte, ad un sistema multifalde a valle, in stretta connessione l'uno con l'altro.

Con riferimento alle tre fasce sopraccitate, il territorio dell'AA-TO Laguna di Venezia ricade nelle zone definite di Media e di Bassa Pianura. La Media Pianura Veneta si trova in corrispondenza della zona in cui inizia a presentarsi la struttura geologica multifalde, con acquiferi ghiaiosi in pressione situati a profondità differenti. È in questa fascia che si colloca l'area di "risorsa idropotabile".

A valle della Media Pianura la rapida e progressiva riduzione di materiali grossolani negli orizzonti acquiferi non consente l'esistenza di falde idriche molto ricche, salvo casi molto rari. La ricarica di tutto questo complesso sistema idrogeologico avviene in corrispondenza dell'Alta Pianura, dove l'acquifero libero indifferenziato si trova in comunicazione idraulica con la superficie (Figura 3.3).

I principali fattori di ricarica si possono individuare nelle precipitazioni, nella dispersione dei corsi d'acqua, nell'irrigazione e negli afflussi sotterranei provenienti dagli acquiferi rocciosi fessurati presenti nei rilievi prealpini. L'ordine di importanza di questi fattori varia da zona a zona; in ogni caso la dispersione dei corsi d'acqua (Adige, Astico, Leogra, Brenta, Piave) e del sistema irriguo si è dimostrata di particolare rilevanza per la ricarica dell'acquifero freatico dell'Alta Pianura, che provvede ad alimentare il sistema multifalde posto a valle, con il quale è strettamente collegato.

Uno degli elementi caratteristici della pianura veneta è la fascia delle risorgive con i corsi d'acqua, comunemente definiti fiumi di risorgiva, che essa alimenta.

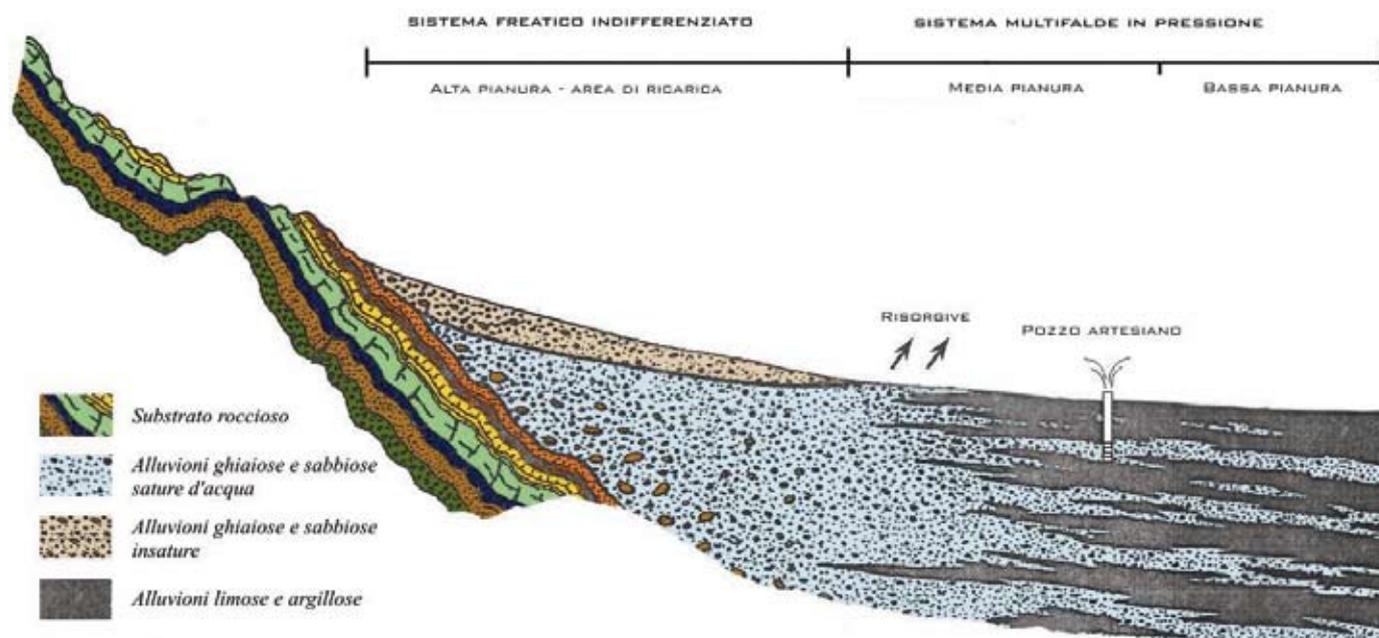


Figura 3.3 - Modello idrogeologico della Pianura Veneta. La figura rappresenta una sezione-tipo della pianura con direzione N-S. Si distingue la zona di Alta Pianura dove avviene la ricarica dell'acquifero, la zona di Media Pianura dove inizia a svilupparsi il sistema multifalde in pressione ed in cui le acque freatiche vengono a giorno (fascia delle risorgive) ed infine la zona di Bassa Pianura.

La venuta a giorno della falda freatica si verifica lungo una fascia, chiamata fascia delle Risorgive o dei fontanili, di larghezza variabile tra i 2 e i 10 km, individuata da un limite superiore e uno inferiore. L'emergenza della falda avviene nei punti più depressi del suolo dove hanno origine i fontanili, tipiche e ben note sorgenti di pianura (Figura 3.4).



Figura 3.4 - Immagine di un fontanile.

Il limite superiore delle risorgive corrisponde all'intersezione della superficie freatica con quella topografica, mentre il limite inferiore è identificato all'affioramento più settentrionale dei corpi argillosi impermeabili di superficie (Figura 3.5). Il limite superiore può variare in quanto risente delle oscillazioni della superficie potenziometrica della falda: esso infatti si sposta verso monte quando il livello di essa si alza e verso valle quando quest'ultimo decresce. (Modena e Zangheri, 2005).

3.2 Le risorse idriche sotterranee nel Veneto e la loro importanza strategica

Il quadro idrogeologico brevemente schematizzato nei precedenti paragrafi evidenzia la presenza di un territorio particolarmente ricco di risorse idriche sotterranee. Più in generale, la Regione Veneto risulta un'area dove sia vaste aree di pianura, che di collina-montagna, sono dotate di acque sotterranee particolarmente abbondanti e di ottima qualità (Dazzi R. et alii, 2000).

È possibile molto schematicamente definire così i principali acquiferi presenti in Veneto:

- il massiccio carsico dell'Altopiano dei Sette Comuni (sorgenti di Valstagna con una portata di una decina di m^3/s);
- il massiccio carsico del Grappa (sorgenti dello Schievenin e di San Nazario, con portate medie di alcuni m^3/s);
- il sistema carsico dei Lessini occidentali (Sorgenti di Montorio);
- i depositi alluvionali prevalentemente ghiaiosi dell'Alta Pianura dell'Adige, con il sistema dei fontanili Veronesi;

- i depositi alluvionali prevalentemente ghiaiosi dell'Alta e Media Pianura dei fiumi Leogra, Astico, Brenta e Piave, con il sistema dei fontanili Vicentini, Padovani e Trevigiani.

In un quadro di così importanti risorse, sia per qualità che per quantità, l'approvvigionamento idrico si è indirizzato verso le acque sotterranee sia per gli usi idropotabili che per altri usi sia pregiati (acque minerali) che non pregiati (industriali). I prelievi acquedottistici del Veneto oggi vengono soddisfatti per oltre i $\frac{3}{4}$ da acque sotterranee e di sorgente. In pianura la gran parte degli acquedotti ha le proprie fonti in pozzi che prelevano acque sotterranee. È immediato quindi comprendere come le acque sotterranee siano un bene strategico per l'approvvigionamento idropotabile e come sia necessaria una loro gestione ottimale.

Nell'uso acquedottistico, quando possibile, viene preferito l'impiego di acque sotterranee; ciò comporta degli evidenti vantaggi: la maggiore sicurezza rispetto a fenomeni repenti-

ni di contaminazione; la minore necessità di trattamenti delle acque; la maggiore indipendenza da problemi legati a magre eccezionali; l'assenza di contaminazioni di tipo microbiologico.

Nel quadro di una complessiva ricchezza delle acque sotterranee, negli studi idrogeologici svolti negli ultimi decenni (Dazzi R. et alii, 2000) ed anche nel Piano d'Ambito dell'AATO Laguna di Venezia, emergono lo svilupparsi di una serie di criticità quali la diminuzione dei livelli potenziometrici, la perdita di portata di molti fontanili e fenomeni di contaminazione chimica puntuali e diffusi. Si tratta di elementi che anche per l'AATO Laguna di Venezia hanno indicato l'assoluta necessità di disporre di conoscenze geologiche ed idrogeologiche adeguate e di definire sistemi di sicurezza attiva e di monitoraggio delle opere di captazione. A questa necessità l'AATO ha risposto con il presente lavoro e con altri progetti in atto.

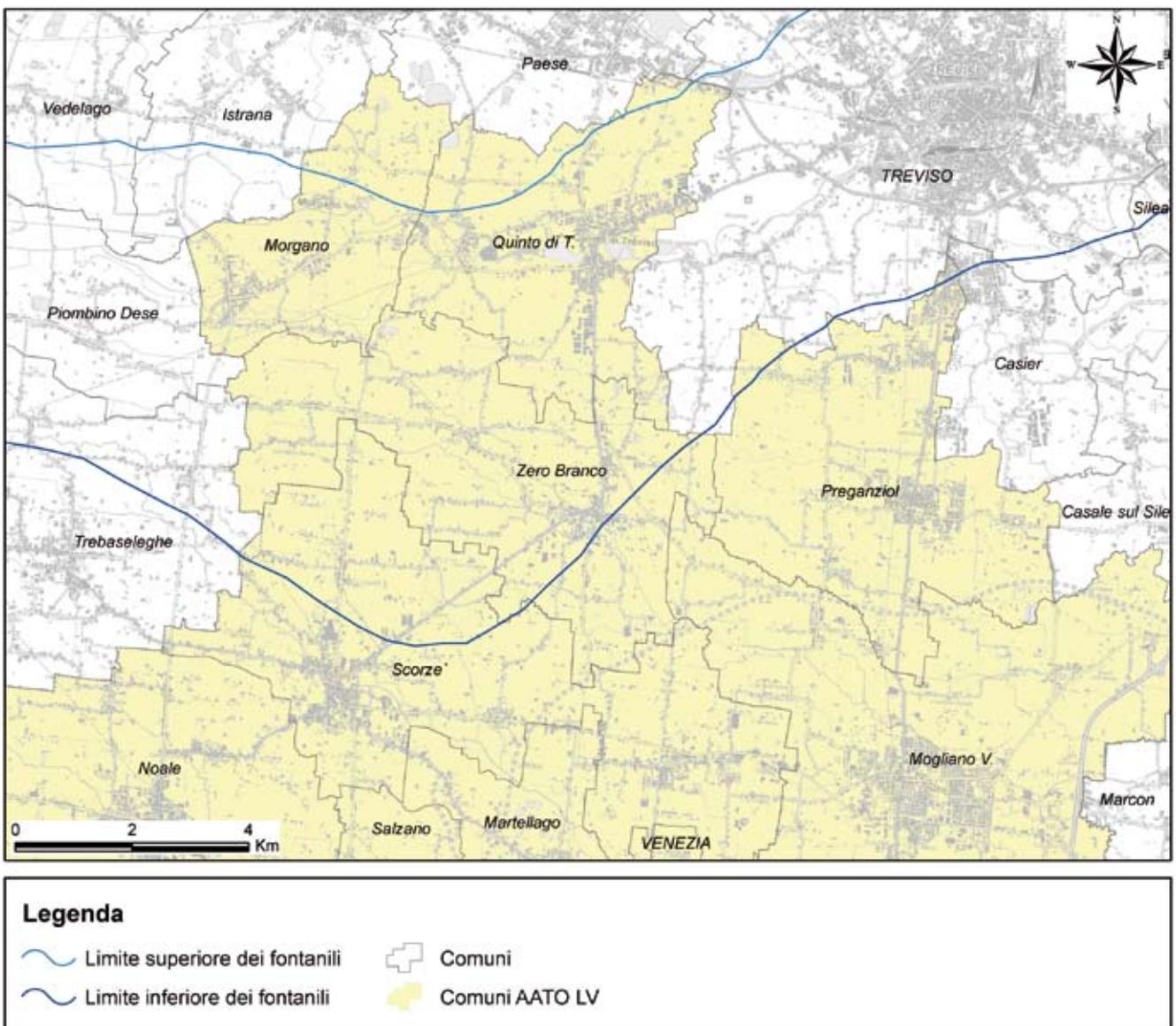


Figura 3.5 - Ubicazione del limite superiore ed inferiore dei fontanili.

La risorsa idrica sotterranea

4.1 Ricostruzione del serbatoio – Quadro geologico

4.1.1 Metodologia

Nell'ambito della metodologia messa a punto per caratterizzare compiutamente la risorsa idrica sotterranea nel territorio dell'ATO Laguna di Venezia, il primo elemento indispensabile è la ricostruzione più dettagliata possibile della geologia del sottosuolo fino a circa 300 metri di profondità (profondità entro cui avvengono i principali prelievi).

La base dati per questa attività è rappresentata dai dati litostratigrafici derivanti da perforazioni di pozzi (ed in particolare da quelli acquedottistici) e da studi pregressi.

In molti studi idrogeologici la ricostruzione del quadro geologico di riferimento rappresenta una fase particolarmente complessa. Tale complessità deriva anche dall'elevato costo delle indagini geologiche dirette che impone di utilizzare al meglio i dati preesistenti. Nel caso specifico la ricostruzione del serbatoio si è basata, oltre che sulla elaborazione dei dati stratigrafici, sul confronto con i parametri chimico-fisici misurati sulle acque di migliaia di pozzi che permettono una verifica della corretta ricostruzione delle geometrie degli acquiferi.

Dato il carattere idrogeologico del lavoro, la ricostruzione è stata principalmente finalizzata alla identificazione degli orizzonti permeabili (acquiferi) ed alla definizione della loro geometria. I profili realizzati sono quindi essenzialmente dei profili idrogeologici.

Schematicamente le attività svolte per ricostruire la struttura del sottosuolo e quindi la geometria degli acquiferi sono le seguenti:

- definizione del quadro geologico generale sulla base di dati bibliografici esistenti;
- reperimento ed archiviazione delle stratigrafie disponibili nella banca dati specifica;
- selezione delle stratigrafie con maggiore grado di attendibilità (generalmente corrispondenti a quelle dei pozzi acquedottistici);
- elaborazione dei dati stratigrafici in profili idrogeologici seriati ed incrociati;

- elaborazione dei dati stratigrafici mediante applicativi per il rendering tridimensionale e confronto con i profili geologici;
- confronto tra la geometria del sottosuolo (distribuzione acquiferi) e parametri delle acque (come pressione, temperatura e conducibilità dell'acqua) misurate su pozzi esistenti al fine di verificare la validità delle correlazioni.

In sintesi, lo scopo di questa attività è stato quello di definire la geometria degli acquiferi come elemento indispensabile per valutare le potenzialità della risorsa e per il corretto svolgimento di tutte le indagini di caratterizzazione idrogeologica successiva.

Si tratta di un'operazione di basilare importanza in quanto il quadro tridimensionale della ricostruzione dei livelli acquiferi è un elemento indispensabile per tutte le azioni di progetto: dalla progettazione dei sistemi di monitoraggio alla impostazione di bilanci idrogeologici, dalla elaborazione delle misure idrogeologiche alla definizione di fasce di rispetto delle opere di captazione.

4.1.2 Successione litostratigrafica e profili geologici

Sulla base delle stratigrafie reperite, relative ai pozzi acquedottistici ed ai pozzi privati, è stato possibile correlare tra loro i vari livelli permeabili ed impermeabili ed arrivare così ad una ricostruzione complessiva del sottosuolo.

L'analisi, che si è basata sulle informazioni ricavate dai pozzi esistenti, ha interessato anche zone al di fuori dell'area di competenza AATO ed al di sotto del Limite Idropotabile, al fine di migliorare le interpretazioni.

La suddivisione dei diversi orizzonti acquiferi è stata effettuata essenzialmente sulla base della ricostruzione del sottosuolo, ma è da sottolineare che è stata validata, ed in certi casi corretta, confrontando i valori di conducibilità e temperatura delle acque alle diverse profondità.

La successione litostratigrafica si caratterizza, almeno fino alla profondità di 310 m, da alternanze di litotipi prevalentemente argilloso-limosi, con litotipi prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi, dotati di permeabilità medio-alta. Questi ul-

timi litotipi sono sede degli acquiferi, i cui spessori variano da qualche metro ad alcune decine di metri.

Si sono ricostruiti 6 profili geologici, 3 in direzione Ovest-Est e 3 in direzione Nord-Sud (Figura 4.1), grazie ai quali si è potuto effettuare una ricostruzione del sottosuolo e della distribuzione delle falde fino ad una profondità di 300 metri dal piano campagna.

I profili individuano dieci orizzonti acquiferi e forniscono un quadro d'insieme dell'andamento e dello spessore di questi nel territorio in esame.

Conseguentemente al limitato numero di stratigrafie sufficientemente attendibili e considerando la precisione con

la quale certe stratigrafie sono state redatte, l'interpretazione litostratigrafica elaborata è volutamente sintetica e volta soprattutto all'individuazione degli acquiferi dai quali i pozzi censiti prelevano acqua. I profili pertanto riportano gli orizzonti permeabili, la cui frazione granulometrica principale è ghiaioso-sabbiosa.

Si precisa che le sezioni stratigrafiche ricostruite sono comunque da considerarsi una semplificazione della realtà, finalizzata alla definizione degli acquiferi. La precisa litologia compare in ogni caso nelle colonne stratigrafiche presenti all'interno dei profili stessi.

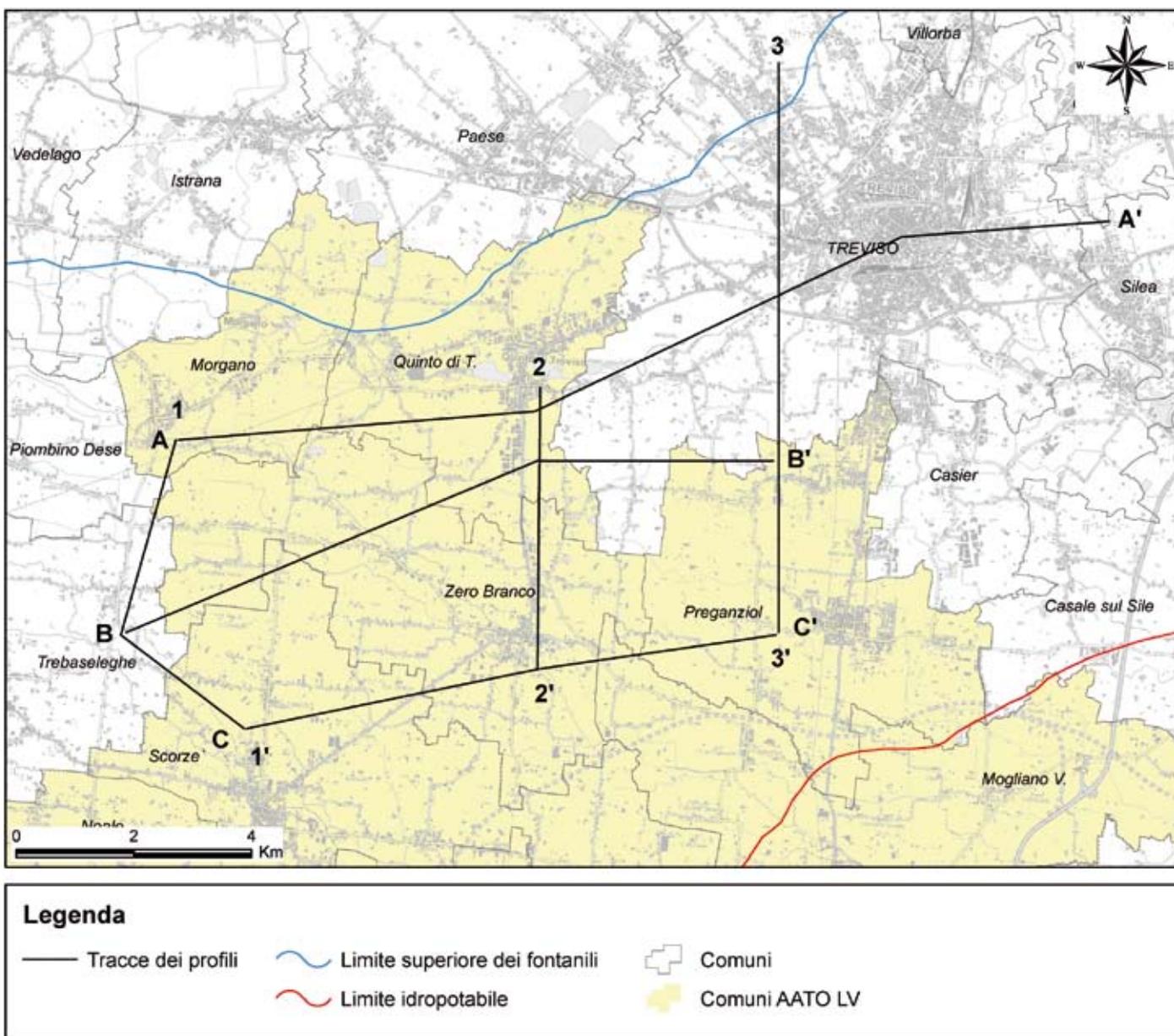


Figura 4.1 - Tracce dei profili.

I profili riportati nelle pagine successive sono:

- PROFILO A-A' (Tavola 1)
Orientazione W - ENE.
Da Morgano a Silea.
- PROFILO B-B' (Tavola 2)
Orientazione WSW - ENE.
Da Trebaseleghe alla zona Nord di Preganziol.
- PROFILO C-C' (Tavola 3)
Orientazione WSW - ENE.
Da Scorzé alla zona Sud di Preganziol.
- PROFILO 1-1' (Tavola 4)
Orientazione N - SSE.
Da Morgano a Scorzé.
- PROFILO 2-2' (Tavola 5)
Orientazione N - S.
Dalla zona Nord di Quinto a Zero Branco.
- PROFILO 3-3' (Tavola 6)
Orientazione N - S.
Da Treviso alla zona Sud di Preganziol.

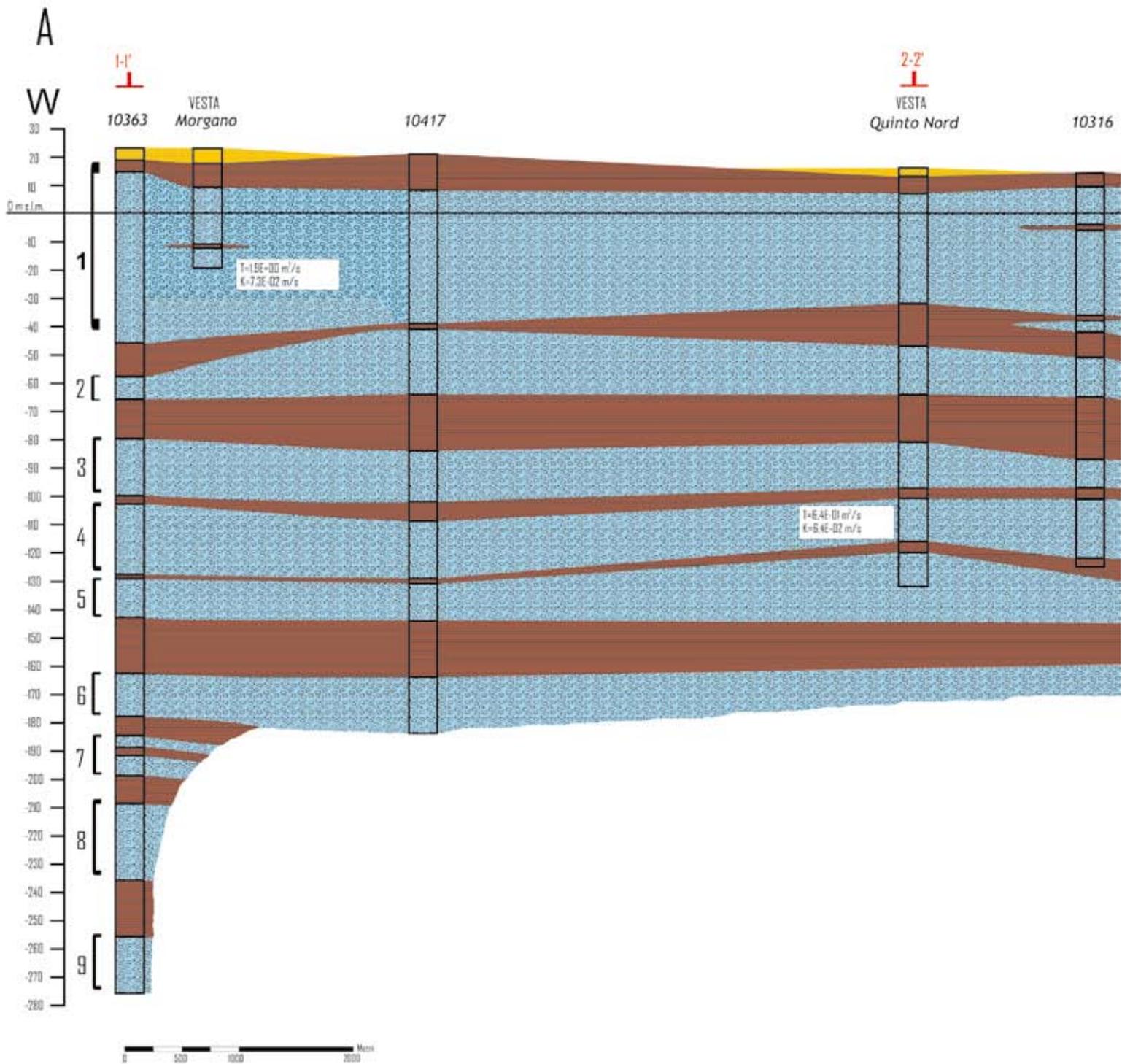
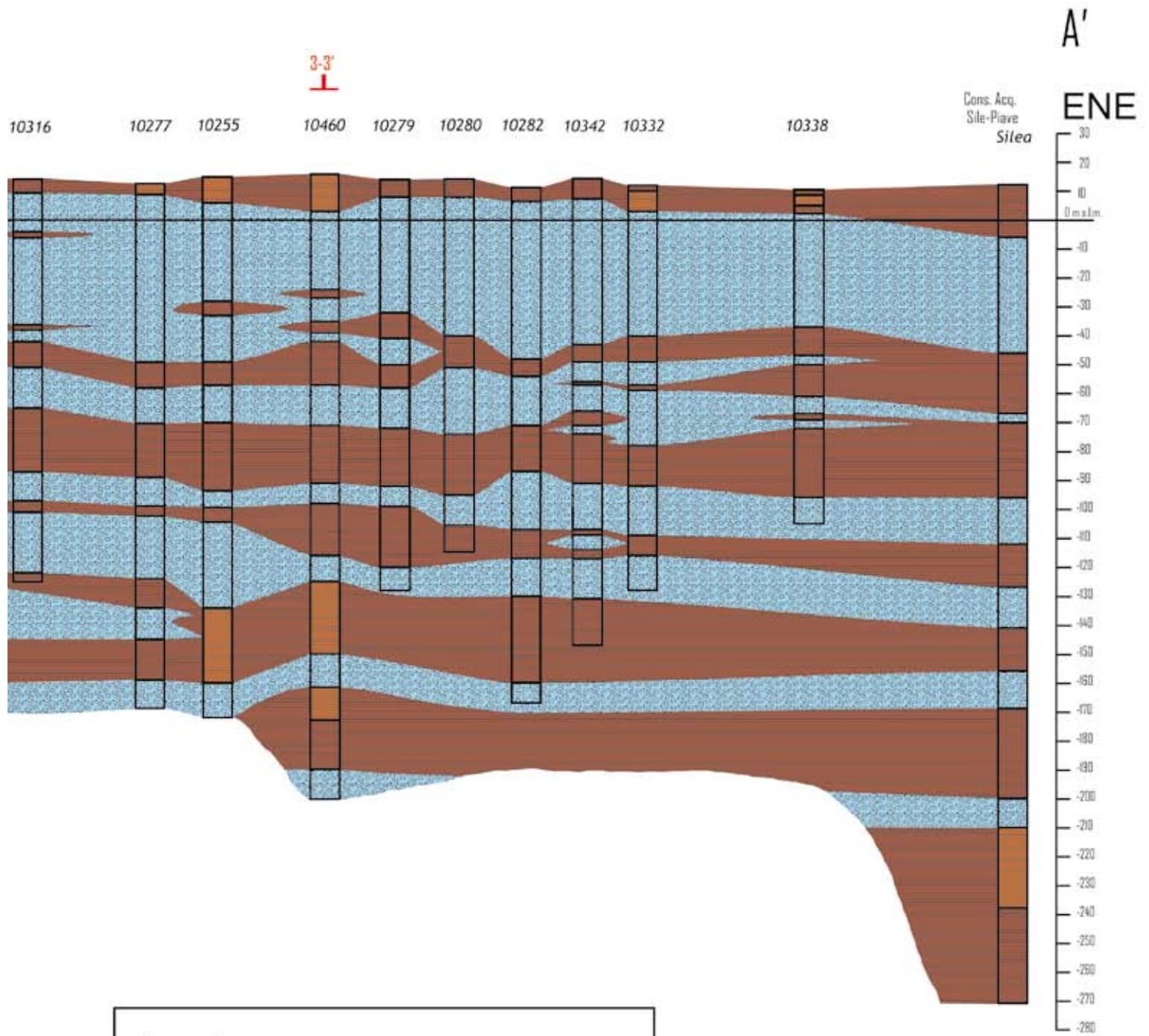


Tavola 1 - Profilo A-A'



Legenda

	Sabbia		Traccia delle sezioni
	Argilla		Stratigrafia pozzo
	Argilla e sabbia		N° Acquifero
	Ghiaia		

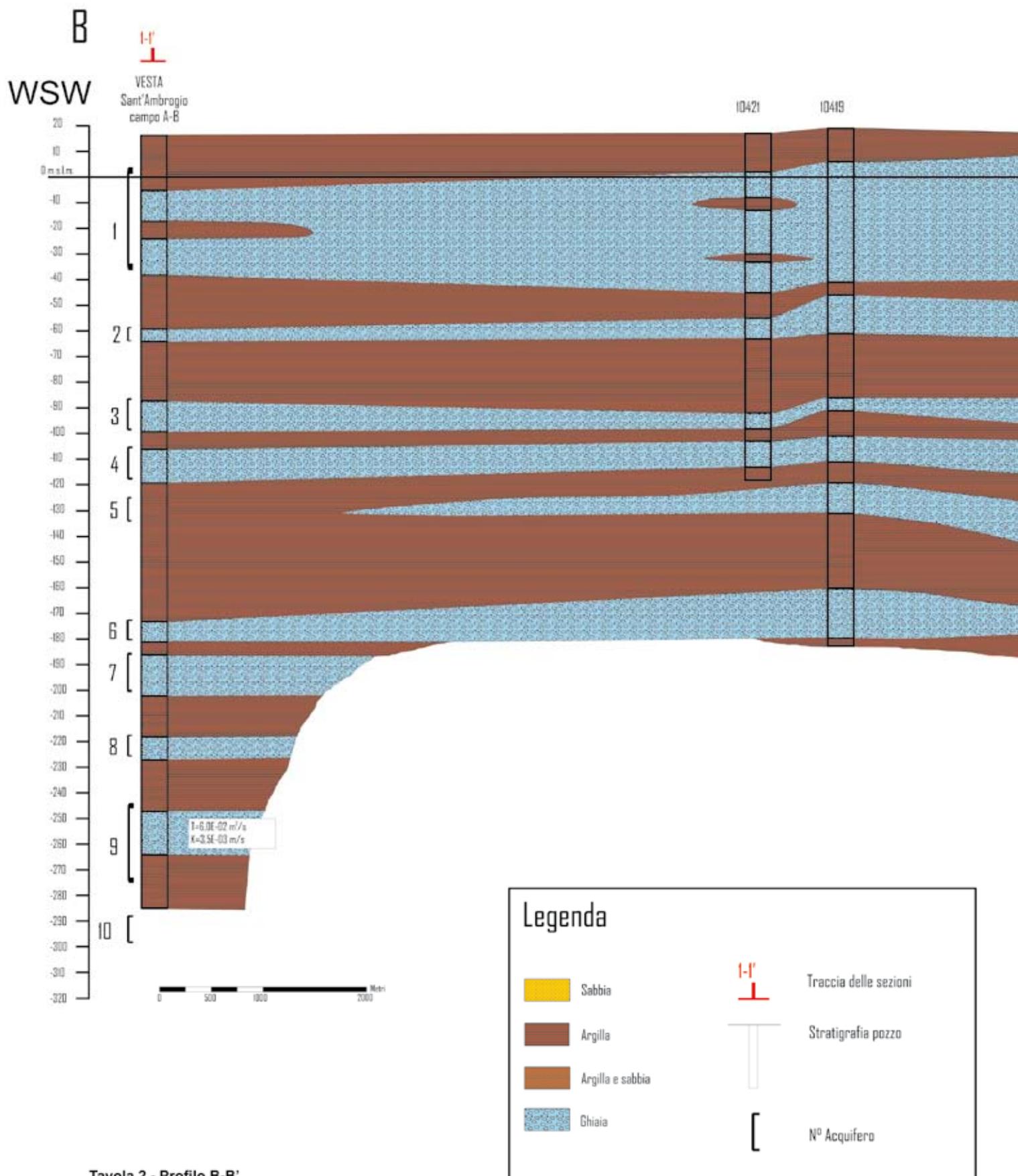
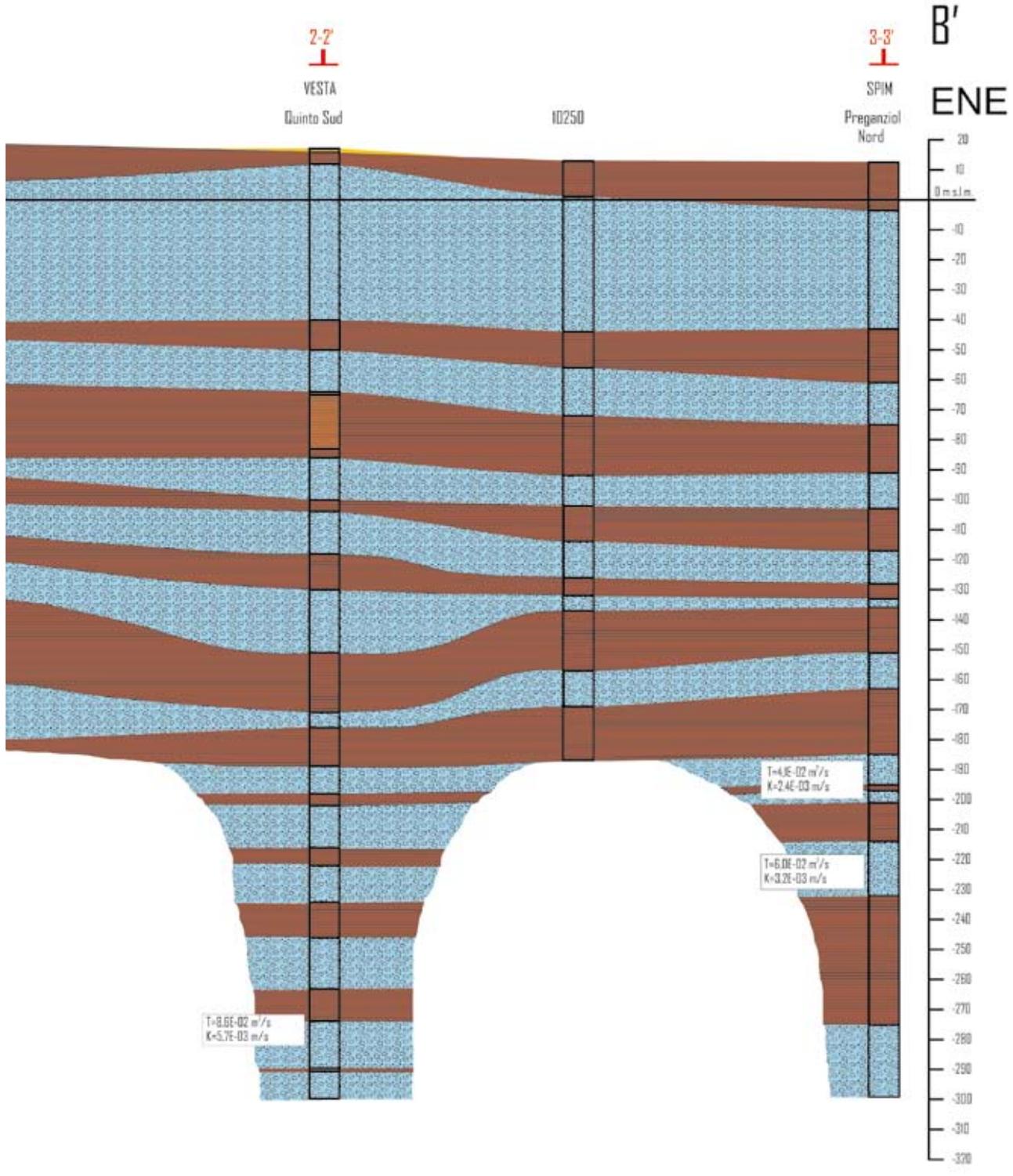


Tavola 2 - Profilo B-B'



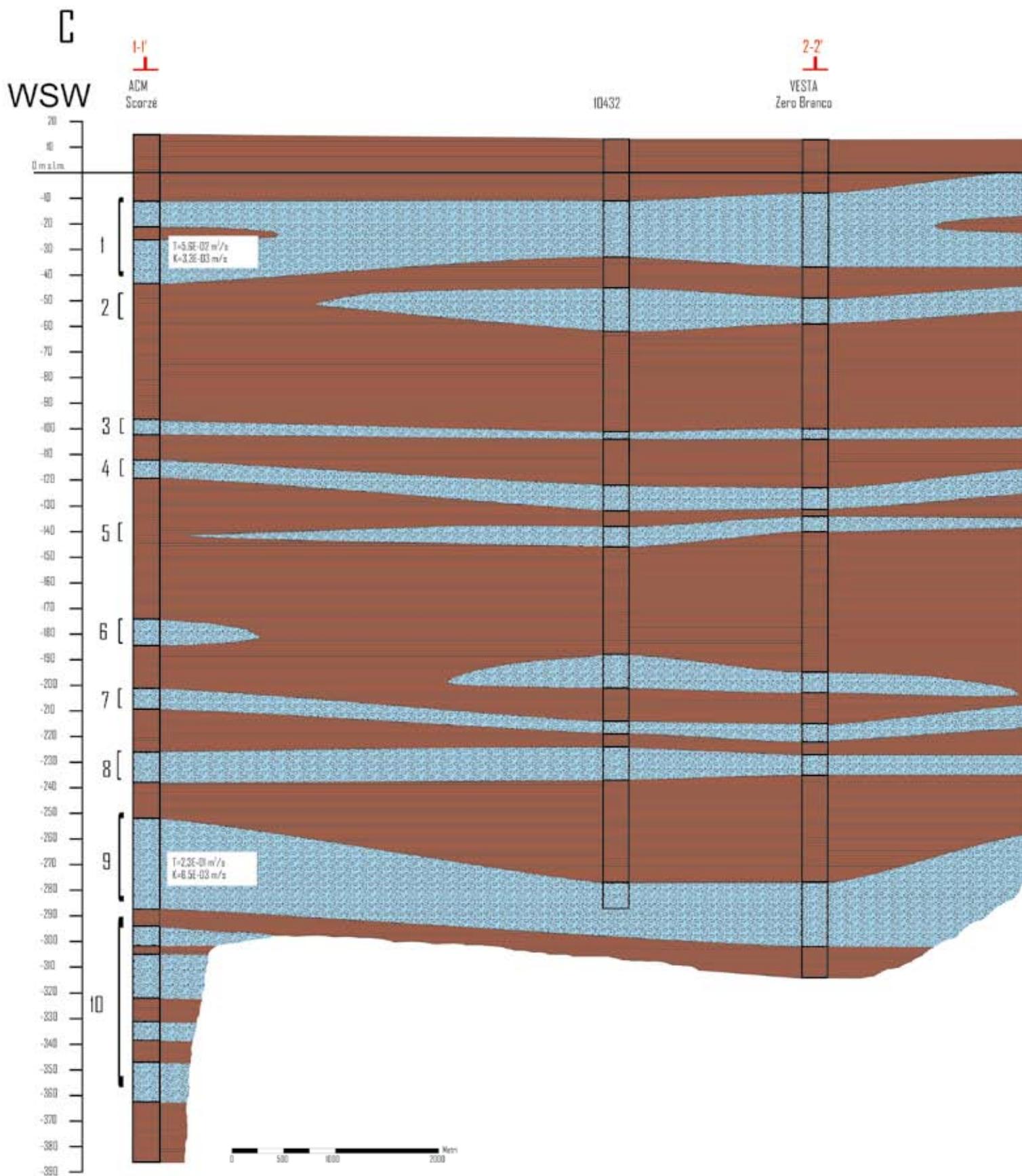
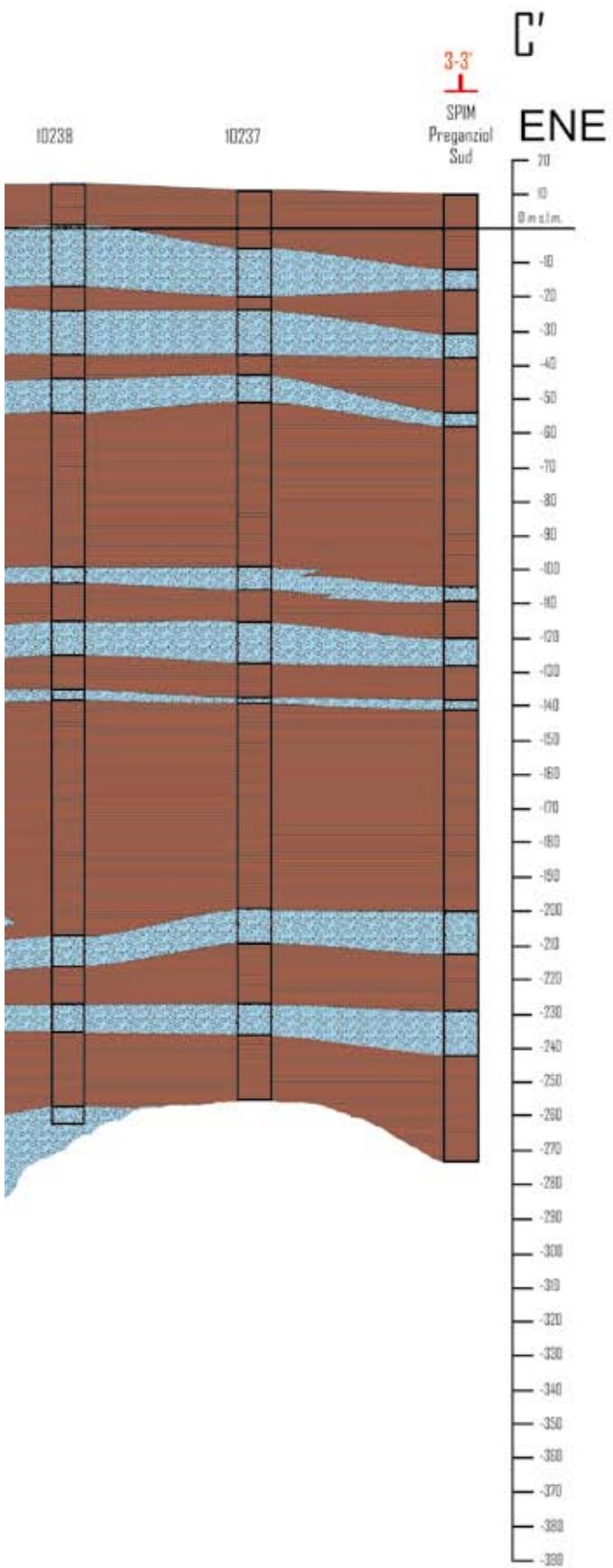


Tavola 3 - Profilo C-C'



Legenda

	Argilla		Traccia delle sezioni
	Ghiaia		Stratigrafia pozzo
			N° Acquifero

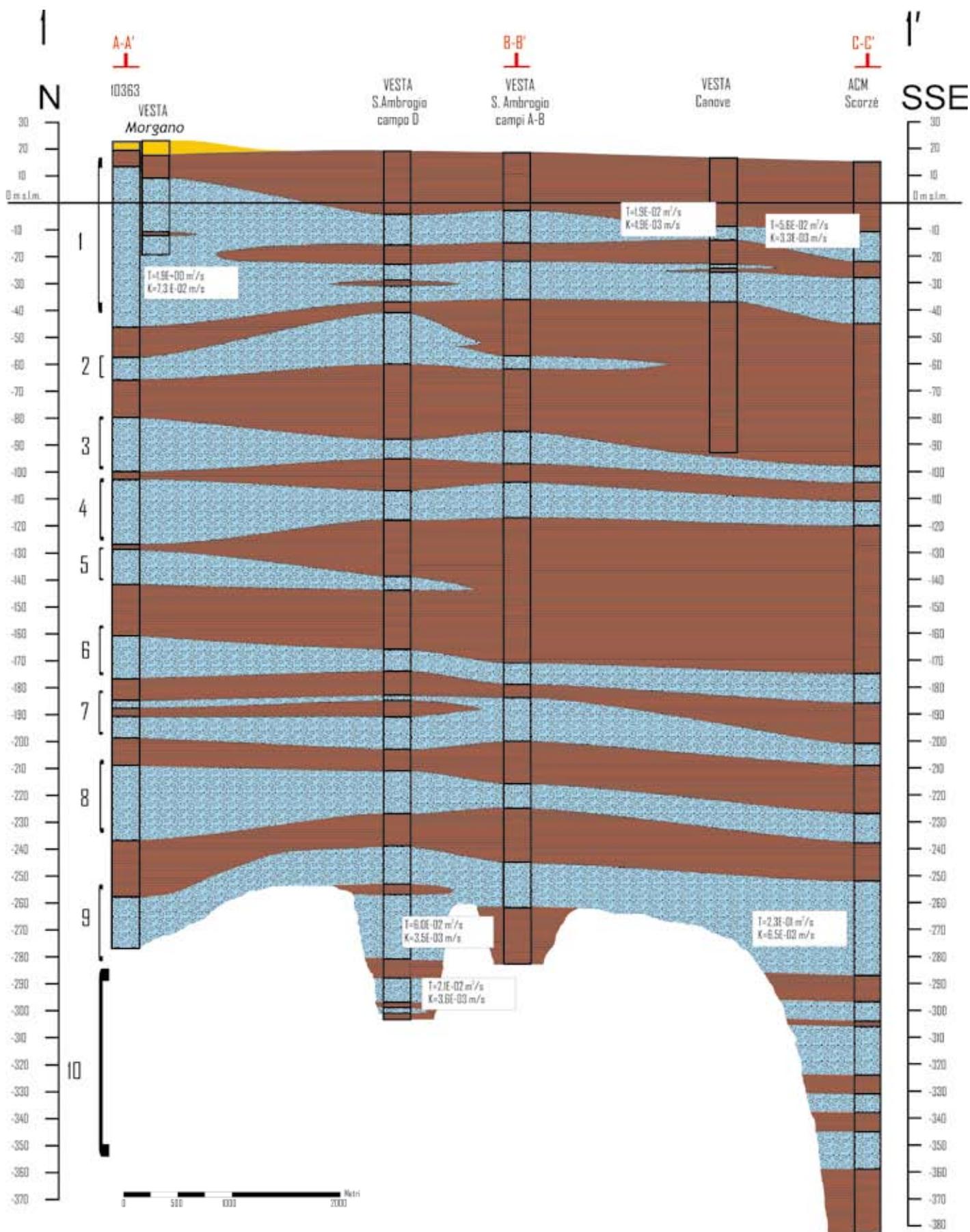
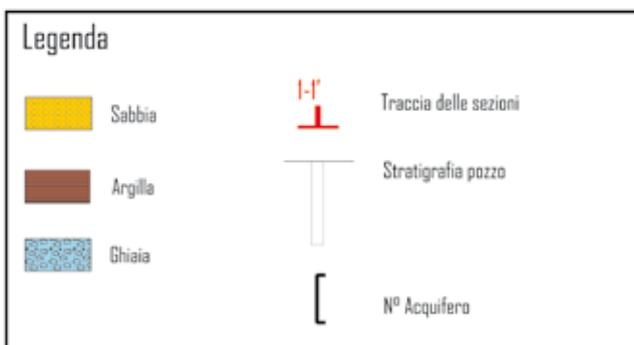


Tavola 4 - Profilo 1-1'



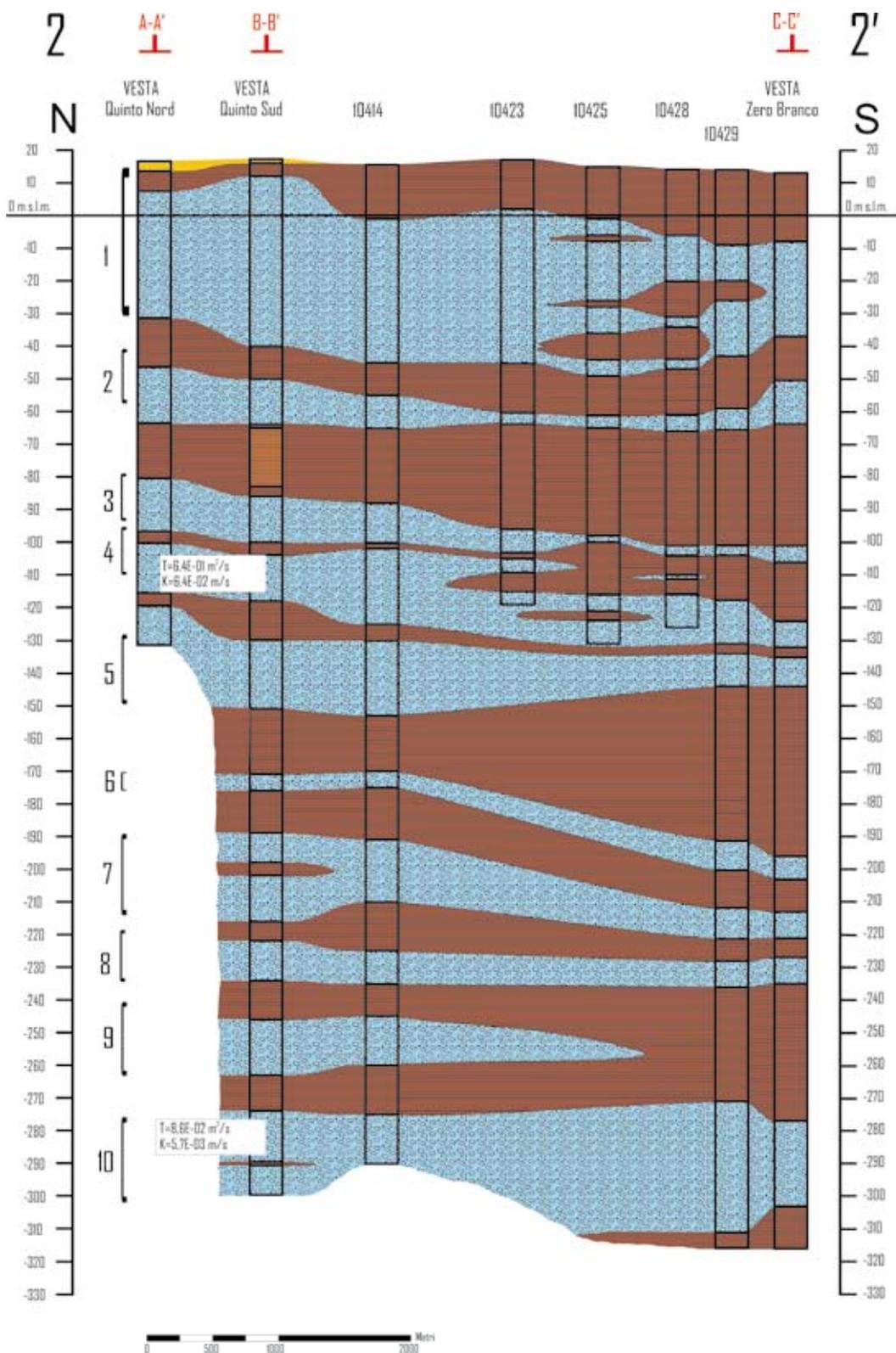


Tavola 5 - Profilo 2-2'



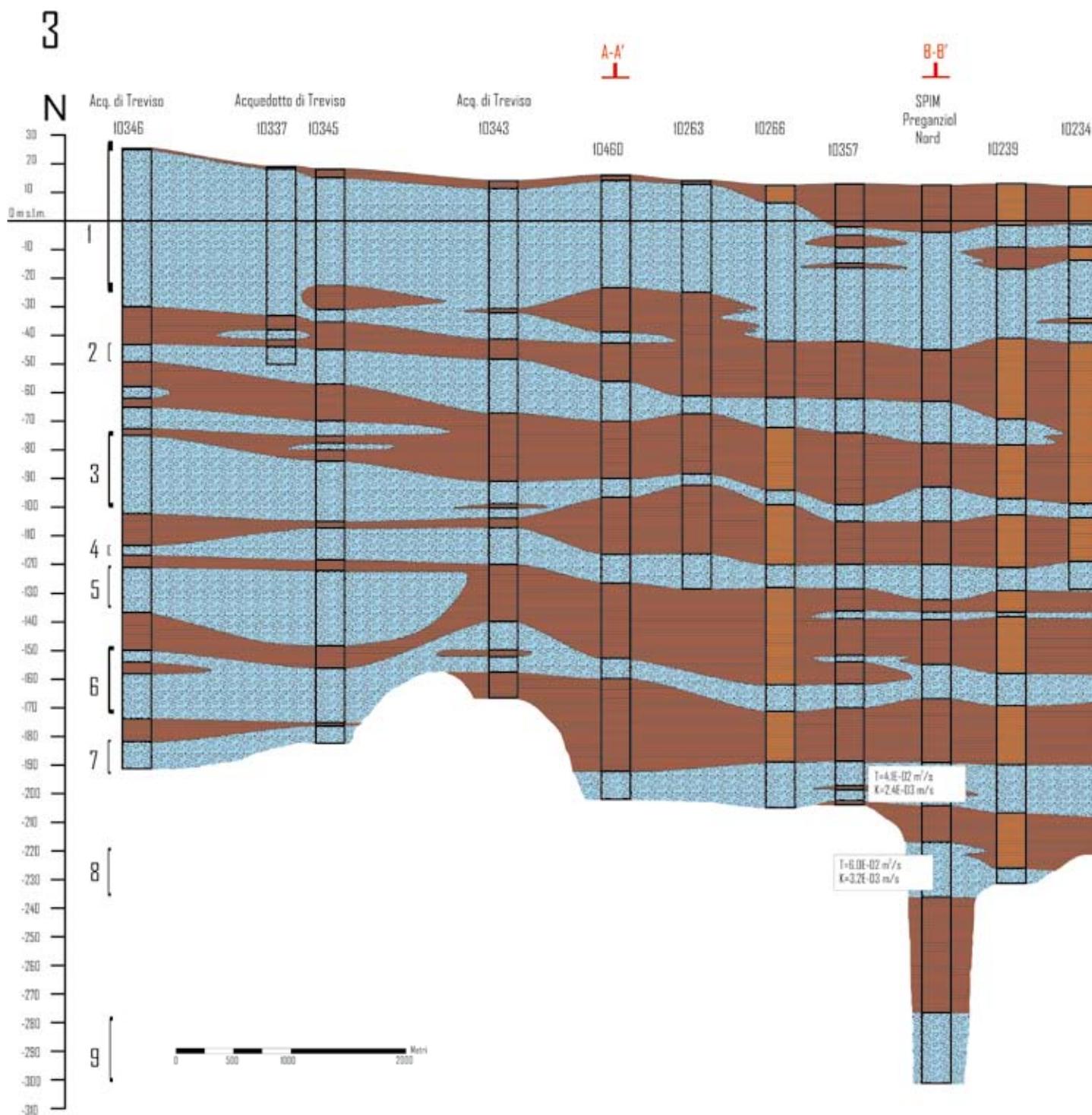
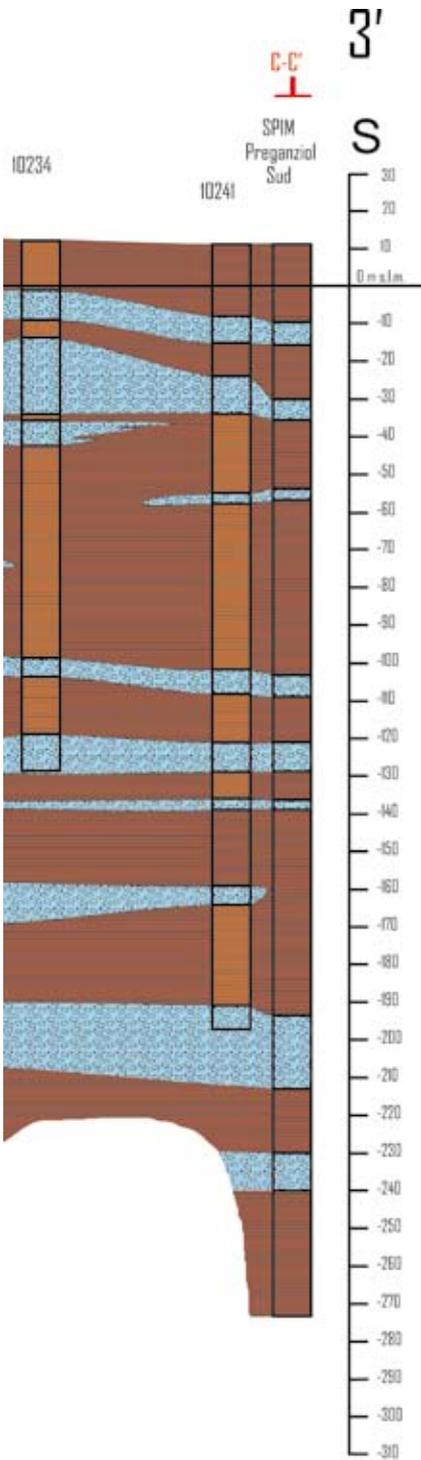


Tavola 6 - Profilo 3-3'



Legenda

	Argilla e sabbia		Traccia delle sezioni
	Argilla		Stratigrafia pozzo
	Ghiaia		N° Acquifero

4.1.3 Definizione dei principali orizzonti permeabili (acquiferi)

Le stratigrafie utilizzate per la costruzione dei profili geologici e di conseguenza per la definizione dei livelli permeabili, hanno profondità che vanno dai 40 m ai 370 m.

Sulla base dei profili geologici e della distribuzione della profondità di captazione dei pozzi, si sono individuati nel sottosuolo dell'area di risorsa idropotabile, dieci orizzonti acquiferi confinati con profondità variabili da 15 m a più di 300 m dal piano campagna (Tabella 4.1).

Dai profili si può notare come gli orizzonti acquiferi diminuiscono di quota e di spessore, procedendo da Nord a Sud.

Nella Tabella 4.2 vengono riportati gli spessori stimati di ogni singolo acquifero nei vari comuni interessati.

4.2 Caratterizzazione del serbatoio - Quadro idrogeologico

4.2.1 Metodologia

La caratterizzazione del serbatoio da un punto di vista idrogeologico è stata effettuata mediante parametrizzazione

Acquifero	Profondità (m)
I	15 - 60
II	65 - 90
III	100 - 120
IV	130 - 140
V	145 - 160
VI	180 - 200
VII	210 - 220
VIII	230 - 260
IX	270 - 310
X	> 310

Tabella 4.1 - Range di profondità media dei 10 acquiferi individuati.

idrogeologica di ciascuna delle 10 falde riconosciute ed ha riguardato alcuni parametri fisici ed idrogeologici direttamente misurabili sui pozzi, quali temperatura e conducibilità, prevalenza rispetto al piano campagna e portata spontanea massima, nonché i parametri idrogeologici ricavabili da prove di falda e di pozzo come la trasmissività, la permeabilità ed il coefficiente di immagazzinamento.

Schematicamente la caratterizzazione idrogeologica si è basata sulle seguenti fasi:

- aggiornamento della banca dati idrogeologica (vedi capitolo 2);
- rilievi idrogeologici su pozzi esistenti;
- livellazione topografica dei piani di riferimento di circa 150 pozzi;
- prove di pozzo e prove di falda (in configurazione pozzo-piezometro) su pozzi privati;
- prove di pozzo e prove di falda (in configurazione pozzo-piezometro) su pozzi acquedottistici in collaborazione con gli Enti gestori;
- elaborazione dati.

4.2.1.1 Aggiornamento banca dati idrogeologica

Tutti i nuovi dati raccolti e prodotti durante la realizzazione del progetto hanno permesso di popolare la banca dati idrogeologica (ampiamente descritta nel capitolo 2) con oltre 4000 nuovi pozzi ricadenti nella zona di risorsa idropotabile (Figura 4.2), completi di informazioni di ubicazione, profondità, diametro, prevalenza rispetto al piano campagna, conducibilità, temperatura, portata spontanea erogata ed in qualche caso di caratteristiche chimiche di base dell'acqua come la presenza di Ferro e Ammoniacca, e di caratteristiche chimiche più dettagliate derivanti da analisi chimiche svolte da laboratori specializzati.

4.2.1.2 Rilievi idrogeologici su pozzi esistenti

Nel corso del progetto si sono svolte diverse campagne idrogeologiche per scopi differenti. In alcuni casi, i pozzi misurati erano già stati oggetto di monitoraggio verso la metà degli

Acquifero	Morgano	Quinto Nord	Quinto Sud	Treviso	Preganziol Nord	Preganziol Sud	Zero Branco	Scorzé	Trebaseleghe
I	59	46	39	43	40	20	29	30	15
II	15	24	16	32	14	4	10	5	5
III	20	15	20	18	12	4	5	6	13
IV	25	15	14	16	12	7	7	8	13
V	14	15	15	12	3	3	4	8	7
VI	15	16	10	10	12	6	8	10	10
VII	14	20	20	6	6	6	7	8	12
VIII	14	14	12	18	18	13	12	11	9
IX	32	34	30	22	22	20	26	22	22
X	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Tabella 4.2 - Schema riassuntivo degli spessori (in metri) di ogni acquifero nei comuni di interesse.

anni novanta (Bottan M., 1994-95; Celotto G., 1992-93; Pedron R., 1991-92; Pizzato M., 1996-97; Zanutto A., 1992-93).

Nei pozzi indagati (Figura 4.4) sono state eseguite le determinazioni previste nella scheda idrogeologica standardizzata riportata in Figura 4.3.

In particolare i dati rilevati sono i seguenti:

- temperatura dell'acqua;
- conducibilità elettrica dell'acqua;
- portata di esercizio;
- portata massima;
- prevalenza;
- pH;
- potenziale di ossido-riduzione.

Si è inoltre verificato se il pozzo fosse ad erogazione continua o discontinua, con portata spontanea o meno, e, nel caso non lo fosse, il tipo di dispositivo di sollevamento usato.

Per alcuni pozzi sono state fatte delle misure speditive del contenuto di Ferro e Ammoniaca (in mg/l). Ferro ed Ammoniaca sono presenti nelle acque di falda per fenomeni naturali ("origine geologica") e non per inquinamento di origine antropica e condizionano la qualità delle acque stesse, limitandone la potabilità.

In alcuni casi sono state fatte inoltre delle misure speditive sul contenuto di altri parametri chimici. In particolare sono stati determinati i contenuti in Nitrati, Nitriti, Manganese, Alluminio e Durezza.

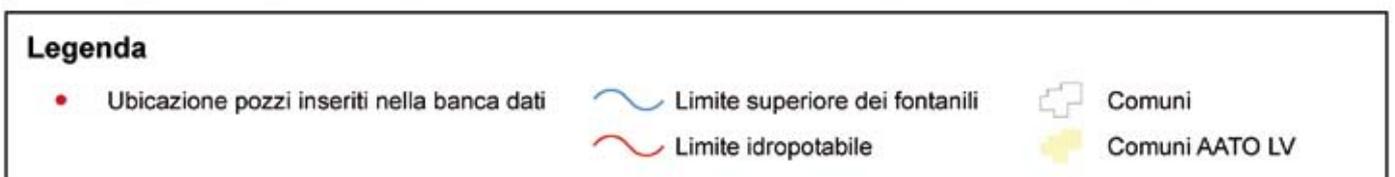
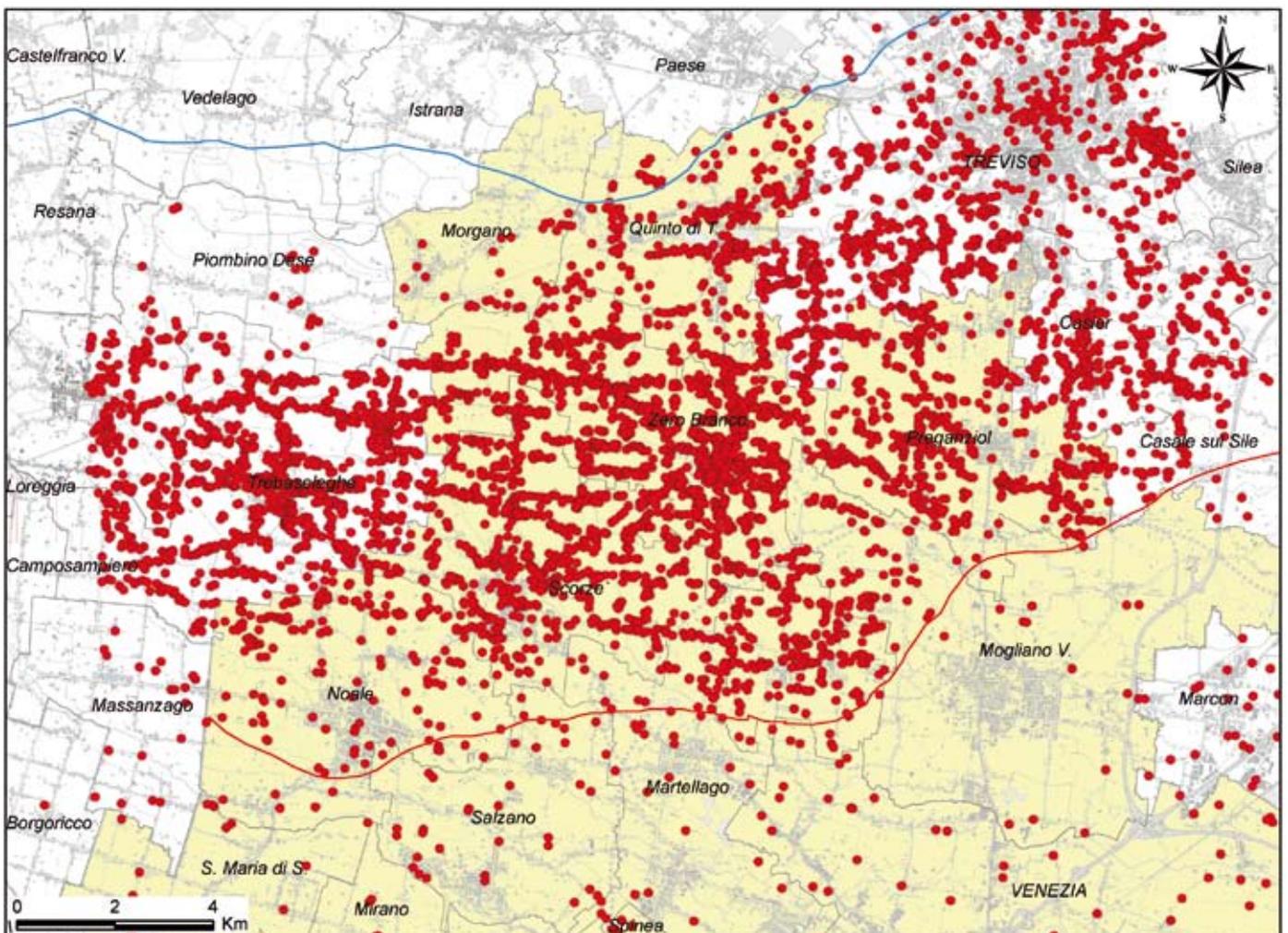


Figura 4.2 - Ubicazione dei pozzi presenti nella banca dati.



**Piano per la definizione del bilancio idrogeologico
nell'Ambito Territoriale Ottimale
"Laguna di Venezia"**



Scheda N°..... Pozzo N°

Data:

COMUNE DI..... PROVINCIA DI

Località: Via:

Anno di costruzione: Diametro pozzo:

Profondità reale Quota bocca pozzo da p.c.:

Foto

Uso: POTABILE INDUSTRIALE PIEZOMETRO
 DOMESTICO FONTANA PUBBLICA ALTRO
 IRRIGUO ZOOTECNICO
 ORNAMENTALE NESSUNO

Erogazione: CONTINUA DISCONTINUA

Portata spontanea: **SI - NO**

Portata di esercizio: Portata massima:

Dispositivo di sollevamento: AUTOCLAVE POMPA SOMMERSA
 POMPA MANUALE POMPA ASPIRANTE
 POMPA ELETTRICA
 POMPA ELETTRICA AUTOMATICA NESSUNO

Prevalenza dal piano di riferimento:Prevalenza dal piano campagna (m):

Stratigrafia: Pozzo in asse SI NO

Temperatura (°C): Conducibilità:µS/cm pH:

Potenziale RedOx:

Analisi chimiche: (AcquaMerck) Fe:

Spettrofotometro NH₄ (0-10 mg/l): NH₄ (0-3 mg/l):

Durezza Ca:..... Fe (0-5 mg/l):.....

Mn (0-20 mg/l):..... Nitrati:

Nitriti (0-150 mg/l):.....

Note:

.....

.....

Figura 4.3 - Scheda utilizzata per i rilievi di campagna.

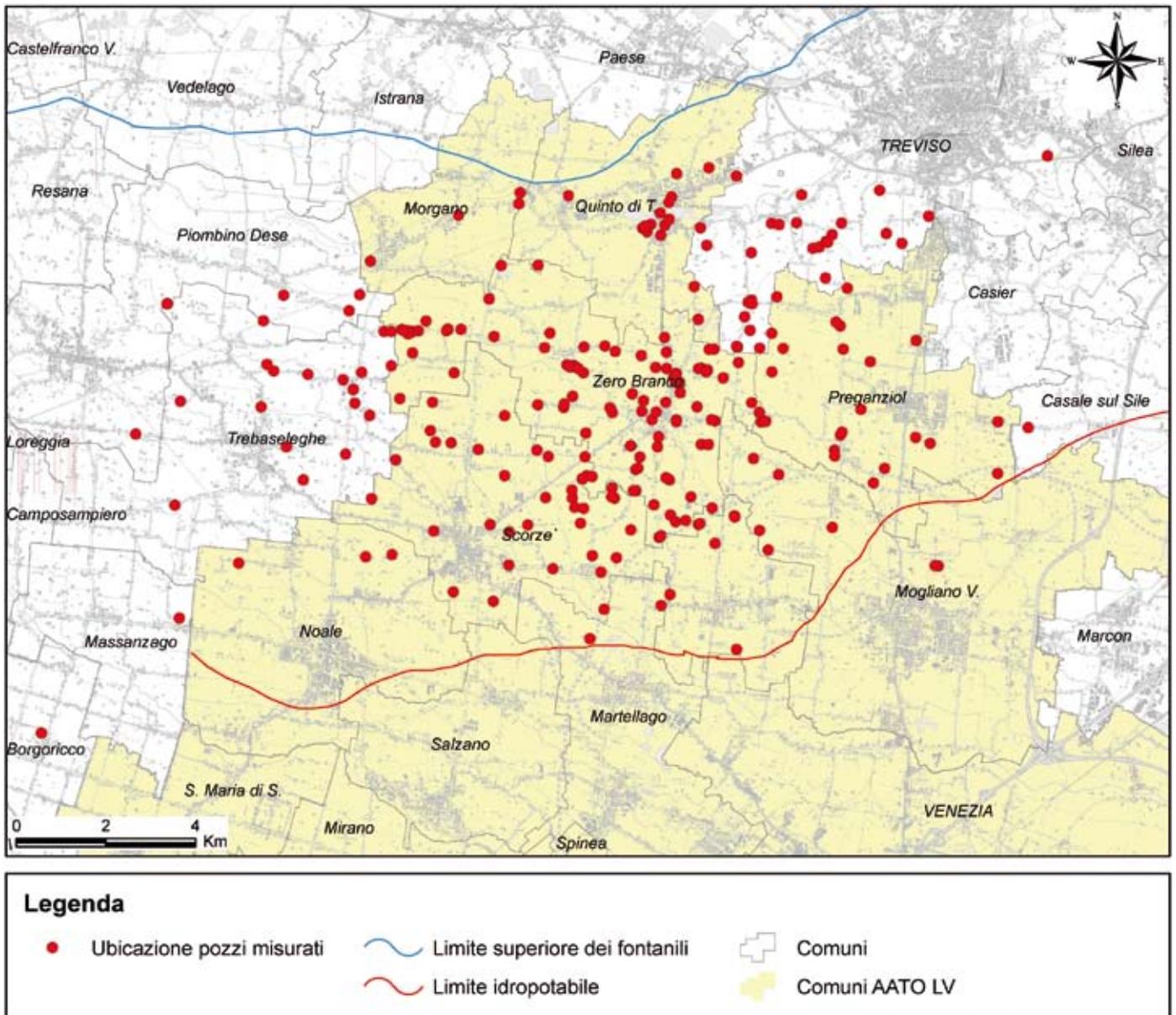


Figura 4.4 - Ubicazione dei pozzi misurati nei tre anni di progetto.

4.2.1.3 Prove di pozzo e prove di falda

La parametrizzazione idrogeologica è stata eseguita tramite 100 test in sito, in parte su pozzi acquedottistici ed in parte su pozzi privati (Figure 4.5 e 4.6). Su tutti i pozzi, su cui sono state eseguite le prove, è stata effettuata una preventiva campagna di indagine per verificare la fattibilità della prova e la coerenza delle caratteristiche riportate nella banca dati.

Le prove eseguite sono di due tipologie:

- prove di falda (in configurazione “pozzo-piezometro”);
- prove di pozzo (su pozzo singolo).

Le prove di falda consentono di parametrizzare in modo rigoroso l'acquifero, permettendo di ricavare trasmissività, permeabilità e coefficiente di immagazzinamento. Questo

tipo di prova viene eseguita in configurazione pozzo-piezometro. In alcuni casi sui pozzi acquedottistici è stato possibile svolgere la prova tenendo in osservazione anche più di un piezometro.

Sui pozzi privati questo tipo di prova viene normalmente eseguita su due pozzi della stessa falda sufficientemente vicini tra loro (max 100 metri), ma nello stesso tempo abbastanza isolati rispetto ad altri pozzi della stessa profondità, che potrebbero in qualche modo alterare la prova (Figura 4.5).

In considerazione del fatto che i pozzi privati su cui sono state svolte le prove sono caratterizzati da salienza naturale, le prove stesse sono state eseguite sfruttando la depressione potenziometrica che si manifesta con la sola apertura della saracinesca di boccapozzo. Nell'elaborazione delle prove di



Figura 4.5 - Esempio di due pozzi utilizzati per la prova in configurazione pozzo-piezometro (prova di falda). Nell'immagine a destra si può vedere la strumentazione di monitoraggio utilizzata nel piezometro di osservazione.



Figura 4.6 - Esempio prova di pozzo in campo acquedottistico (Preganziol a sinistra, Scorzè a destra).

falda sono state considerate sia le fasi di discesa che quelle di risalita; in questo modo è stato possibile ottenere un valore di trasmissività più preciso. I dati sono stati elaborati utilizzando la soluzione di Theis (*Theis C.V., 1935*) per acquiferi confinati omogenei ed isotropi.

Le prove di pozzo a gradini di portata sono in genere utilizzate per caratterizzare il pozzo e per valutarne efficienza ed indice di produttività. Tuttavia da questo tipo di prova è possibile ricavare, tramite relazioni empiriche, un valore indicativo della trasmissività dell'acquifero (*Fabbri P., 1997; Hamm S-Y. et alii, 2005; Huntley D. et alii, 1992; Jalludin M. et alii, 2004; Razack M. et alii, 1991; Razack M. et alii, 2007; Srivastav S.K et alii, 2007*); pertanto, dove non è stato possibile eseguire le prove di falda per motivi logistici e di disponibilità, sono state effettuate prove di pozzo a gradini di portata.

Tramite le prove di pozzo è stato possibile ricavare la curva caratteristica del pozzo ($\Delta=BQ+CQ^2$, denominata equazione di Jacob) (*Jacob C.E., 1950*), che consente di separare le per-

dite lineari di acquifero (BQ) da quelle quadratiche di pozzo (CQ^2). Le relazioni empiriche desunte dalla bibliografia per ricavare un valore di trasmissività, sono state applicate considerando le sole perdite di acquifero (BQ). Il disporre di numerose prove di pozzo consente di ottenere, pur se in modo meno preciso rispetto alle prove di falda, valori di trasmissività con una maggiore distribuzione spaziale sul territorio in esame, in quanto questo tipo di prova può essere eseguita in tempi relativamente brevi su un gran numero di pozzi.

Considerata la grande diffusione di pozzi privati (circa 8000) nel territorio esaminato e la difficoltà nel reperire siti idonei ad eseguire prove di falda, si è sperimentata una relazione empirica, di tipo lineare, che consente di correlare le prove di falda con prove di pozzo. La possibilità di ricavare una relazione nelle specifiche condizioni operative e valida nell'area studiata, consente di ottenere da prove di pozzo valori di trasmissività molto più attendibili rispetto a quelli ricavati solamente da relazioni empiriche dedotte dalla bibliografia.

Dalle analisi effettuate risulta infatti che le relazioni desunte dalla bibliografia tendono a sottostimare il valore di trasmissività nell'area esaminata (Fabbri P. et alii, 2008). Per ricavare pertanto un valore di trasmissività il più attendibile possibile, tale relazione empirica è stata applicata per tutte le prove di pozzo eseguite nel territorio in esame (Fabbri P. et alii, 2010). I valori di trasmissività nei differenti acquiferi e nelle differenti zone, derivanti sia da prove di falda che da prove di pozzo, variano tra $3,8E-01$ e $4,4E-03$ m²/s.

4.2.1.4 Misure potenziometriche e rilievi GPS

Una volta definite le caratteristiche di spessore e trasmissività dei corpi acquiferi sotterranei, si è proceduto alla ricostruzione di carte isopotenziometriche relative ai diversi acquiferi interessati dai prelievi acquedottistici.

Per la definizione del campo di moto delle falde, in pressoché totale assenza di dati pregressi, si è organizzata una specifica campagna di rilevamento idrogeologico che ha previsto il rilievo della prevalenza e della quota topografica assoluta su numerosi pozzi privati nell'intorno dei campi pozzi acquedottistici (Figura 4.7).

I rilievi idrogeologici sono necessari per poter ricostruire il campo di moto di ciascun acquifero, definirne il gradiente medio e, con i dati di permeabilità desunti dalle prove di pompaggio, stimare la velocità di flusso delle acque.

La campagna si è svolta tra la fine di gennaio e l'inizio di aprile 2008 ed ha interessato 150 pozzi distribuiti nel territorio ed intercettanti le falde attualmente sfruttate dagli acquedotti. In occasione della misura di pressione presso i singoli pozzi, sono stati acquisiti anche i valori di conducibilità elettrica e di tem-

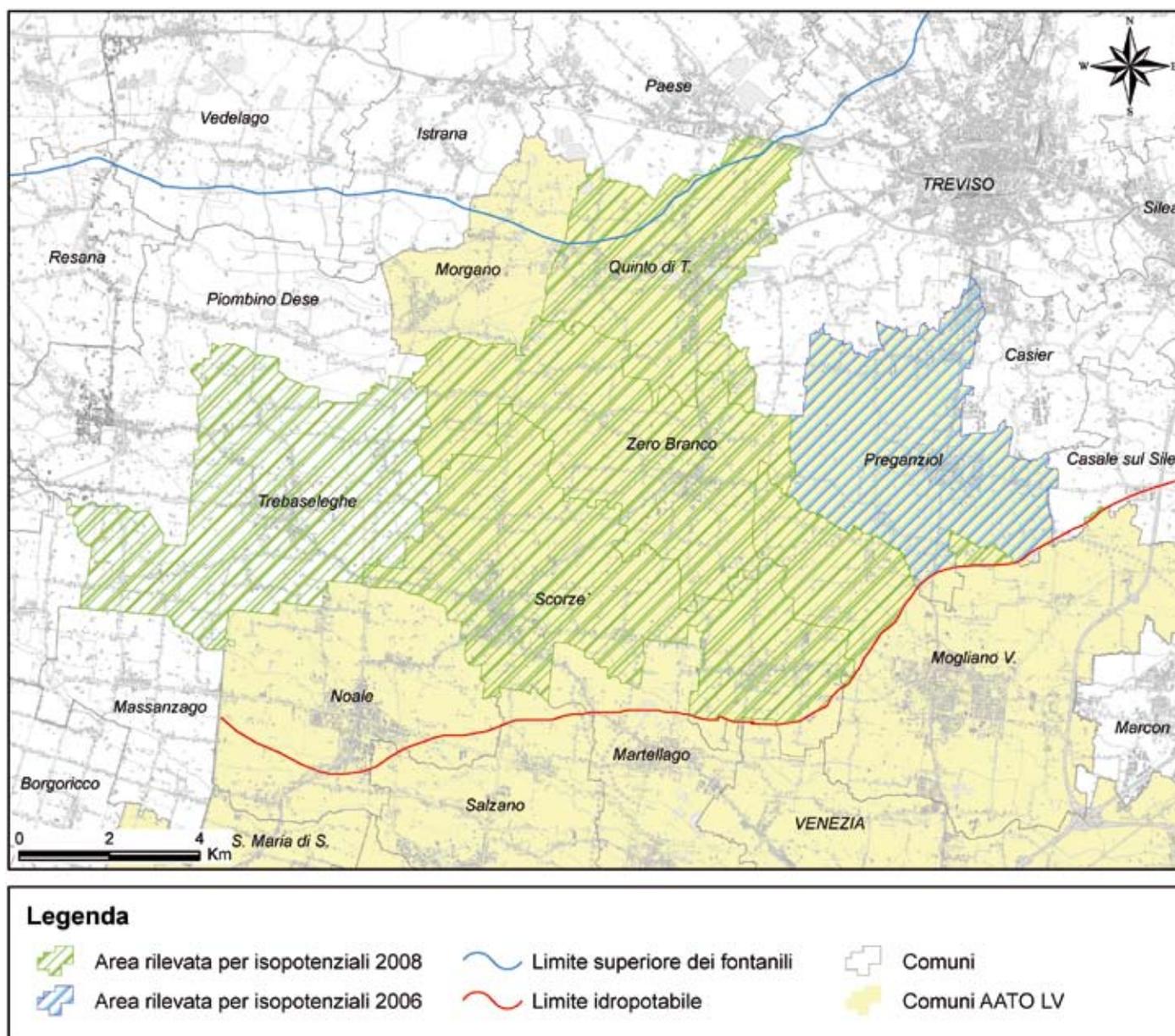


Figura 4.7 - Area rilevata ai fini della ricostruzione delle cartografie ad isopotenziali nel 2008 e nel 2006.

peratura dell'acqua, con lo scopo di verificare l'attendibilità di profondità della falda indagata e di ottenere nuovi dati di confronto con gli ultimi rilievi risalenti agli anni novanta, incrementando quindi complessivamente le informazioni sugli acquiferi. Con i dati di pressione delle falde e le quote dei piani di riferimento dei pozzi oggetto d'indagine è stato possibile calcolare per ciascun pozzo il valore potenziometrico della falda assoluto in metri sul livello del mare medio alla data della misura. Questi dati sono stati elaborati in una cartografia ad isopotenziali per ogni acquifero intercettato dagli acquedotti (Tabella 4.3).

Acquifero	Profondità (m)
I	15 - 60
IV	130 - 140
V	145 - 160
VII	210 - 220
VIII	230 - 260
IX	270 - 310
X	oltre 310

Tabella 4.3 - Schema riassuntivo degli acquiferi sfruttati dagli acquedotti e relativa profondità rispetto al piano campagna.

L'elaborazione delle carte ad isopotenziali destinate ad ogni singola unità acquifera sfruttata si è avvalsa a volte di una semplificazione nell'elaborazione grafica, valutando criticamente la presenza di valori anomali potenzialmente legati ad errata profondità del filtro dichiarata dai privati o ad interferenze nelle misure.

Nella porzione di territorio in corrispondenza del comune di Preganziol le isopotenziali sono relative al 2006 (Figura 4.7).

Nelle cartografie successive è evidente una certa differenza di quota nelle aree di confine tra le isopotenziali del 2006 rispetto a quelle vicine relative al 2008, a causa di un diverso periodo di rilievo delle pressioni di falda.

Il rilievo idrogeologico è stato effettuato in un'area di circa 3 Km di raggio attorno ai vari pozzi acquedottistici, selezionando almeno un punto di osservazione per falda per km quadrato.

In totale sono stati verificati 150 pozzi, di cui 8 senza prevalenza e 142 su cui è stato possibile misurare la prevalenza (Figura 4.8). La suddivisione per acquifero dei pozzi misurati viene riportata nella Tabella 4.4.

Le misure sono state svolte in maniera temporalmente ravvicinata per i pozzi interessanti lo stesso acquifero, in modo da ottenere dei valori di pressione più coerenti possibile. Nel periodo di svolgimento dei rilievi non ci sono stati particolari eventi piovosi che avrebbero potuto influenzare la validità del dato.

Il rilievo delle quote dei piani di riferimento dei pozzi è stato condotto attraverso l'utilizzo di strumentazione GPS differenziale a doppia frequenza utilizzando la metodologia del rilievo statico in modalità RTK. Le operazioni di campagna sono consistite nel posizionare un'antenna GPS (*master*) in un punto pre-

definito dell'area da rilevare in acquisizione continua durante tutto il periodo del rilievo; contemporaneamente una antenna (*rover*) è stata utilizzata per acquisire punti di dettaglio. La qualità dei valori acquisiti dalla stazione *rover* è garantita dal parametro *fixed* prestabilito per ciascun punto da rilevare.

I dati rilevati dalla stazione *master* e dalla stazione *rover*, collegate via radio, vengono processati e registrati dal *controller* durante l'acquisizione; successivamente vengono scaricati, con apposito software, su personal computer e ne viene verificata, attraverso l'analisi di alcuni parametri significativi, la validità sia in termini di coordinate che di contenuto informativo.

L'intero rilievo si è articolato in 18 punti di stazione *master*. Per ogni punto di stazione è stato selezionato un opportuno caposaldo CTR di appoggio.

Infine, le coordinate geografiche relative al sistema di riferimento geocentrico WGS84 vengono ricalcolate in coordinate della proiezione Gauss-Boaga fuso est, e le quote riferite al caposaldo di appoggio.

Dalle carte ad isopotenziali è stato possibile dedurre la direzione di deflusso delle acque sotterranee nelle zone attorno ai campi pozzi acquedottistici e calcolare, altresì, il valore medio del gradiente idraulico.

4.2.2 Schede di sintesi per singolo acquifero

Sulla base della ricostruzione litostratigrafica ed idrogeologica, sono stati riconosciuti dieci livelli acquiferi, alcuni dei quali di particolare interesse in quanto intensamente sfruttati sia dagli acquedotti che dai privati.

Nelle pagine che seguono vengono riportati, per ogni singolo acquifero, le caratteristiche riscontrate ed i parametri misurati: geometria dell'acquifero, parametri idrogeologici (trasmissività, permeabilità e coefficiente di immagazzinamento), piezometria e campo di moto.

Si premettono nella tabella 4.5 alcune caratteristiche di base dei dieci acquiferi individuati.

I dati riportati si riferiscono a valori massimi e minimi riscontrati in tutti i pozzi ricadenti all'interno dell'area di risorsa idropotabile e possono derivare oltre che da misure effettuate durante il progetto triennale, anche da dati storici.

Acquifero	N° pozzi
1	2
4	31
5	12
7	21
8	19
9	44
10	13

Tabella 4.4 - Numero di pozzi indagati per ogni acquifero intercettato da pozzi acquedottistici.

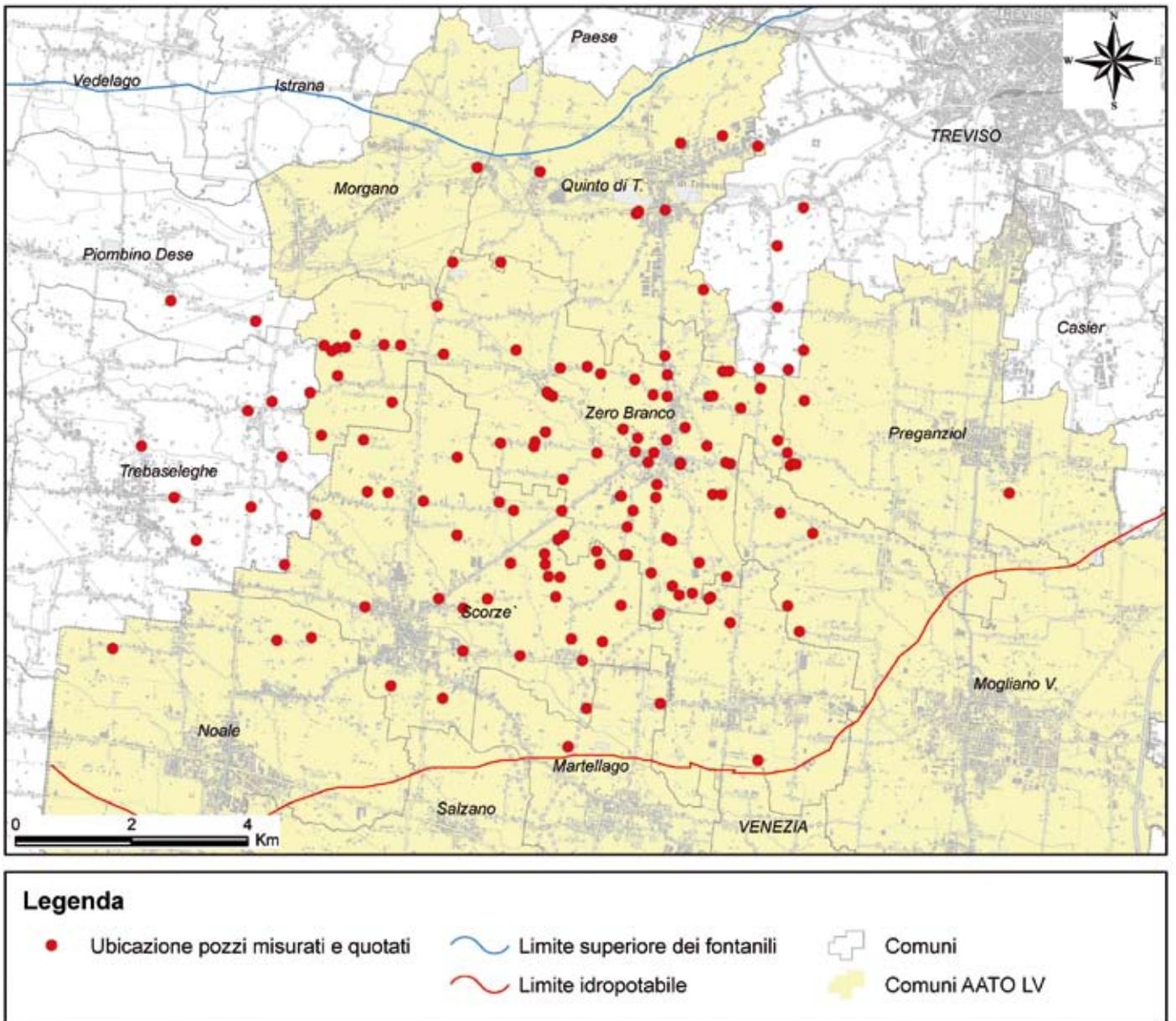


Figura 4.8 - Carta con ubicazione dei pozzi misurati e quotati.

Acquifero	Profondità (m)	T (°C)	Cond. Elett. ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (riferita a 25°C)	Prev. su p.c. (m)
I	15 - 60	11,3 - 18,8	276 - 771	0 - 1,1
II	65 - 90	11,2 - 20,2	258 - 560	0 - 1,0
III	100 - 120	11,7 - 18,5	245 - 687	0,9 - 4,5
IV	130 - 140	12,0 - 16,5	230 - 508	0,1 - 2,8
V	145 - 160	12,0 - 18,7	245 - 490	0,5 - 5,8
VI	180 - 200	11,8 - 18,0	247 - 549	0,9 - 6,7
VII	210 - 220	12,0 - 18,2	260 - 668	0,5 - 5,1
VIII	230 - 260	11,9 - 18,0	252 - 564	0,9 - 5,7
IX	270 - 310	12,2 - 19,8	228 - 530	0 - 6,5
X	> 310	14,8 - 18,2	348 - 495	1,9 - 5,6

Tabella 4.5 - Tabella riassuntiva dei "range" dei parametri riconosciuti per i dieci acquiferi.

Primo acquifero

N° pozzi privati censiti per questo acquifero: 2723

N° pozzi acquedottistici che attingono da questo acquifero: 21

Geometria e distribuzione

Questo acquifero è presente mediamente a partire da 15 m di profondità dal piano campagna fino alla profondità di circa 60 metri. Estremamente sfruttato dagli enti acquedottistici e in misura minore dai privati (a causa della quasi totale assenza di artesianità) in tutta l'area di risorsa idropotabile, questo acquifero è risultato di difficile caratterizzazione per alcuni parametri, in quanto non direttamente misurabili in sito.

La geometria dell'acquifero, presente in tutta l'area di risorsa idropotabile, è stata ricostruita dal confronto dei profili geo-

Spessore (m)	Area (m ²)	Volume (Mm ³)
57	1,8E+07	1,1E+03
45	3,9E+07	1,8E+03
37	3,1E+07	1,1E+03
26	3,2E+07	8,3E+02
16	6,2E+07	9,9E+02
6	4,8E+07	2,9E+02
Totale	2,3E+08	6,1E+03

Tabella 4.6 - Tabella riassuntiva del calcolo del volume acquifero.

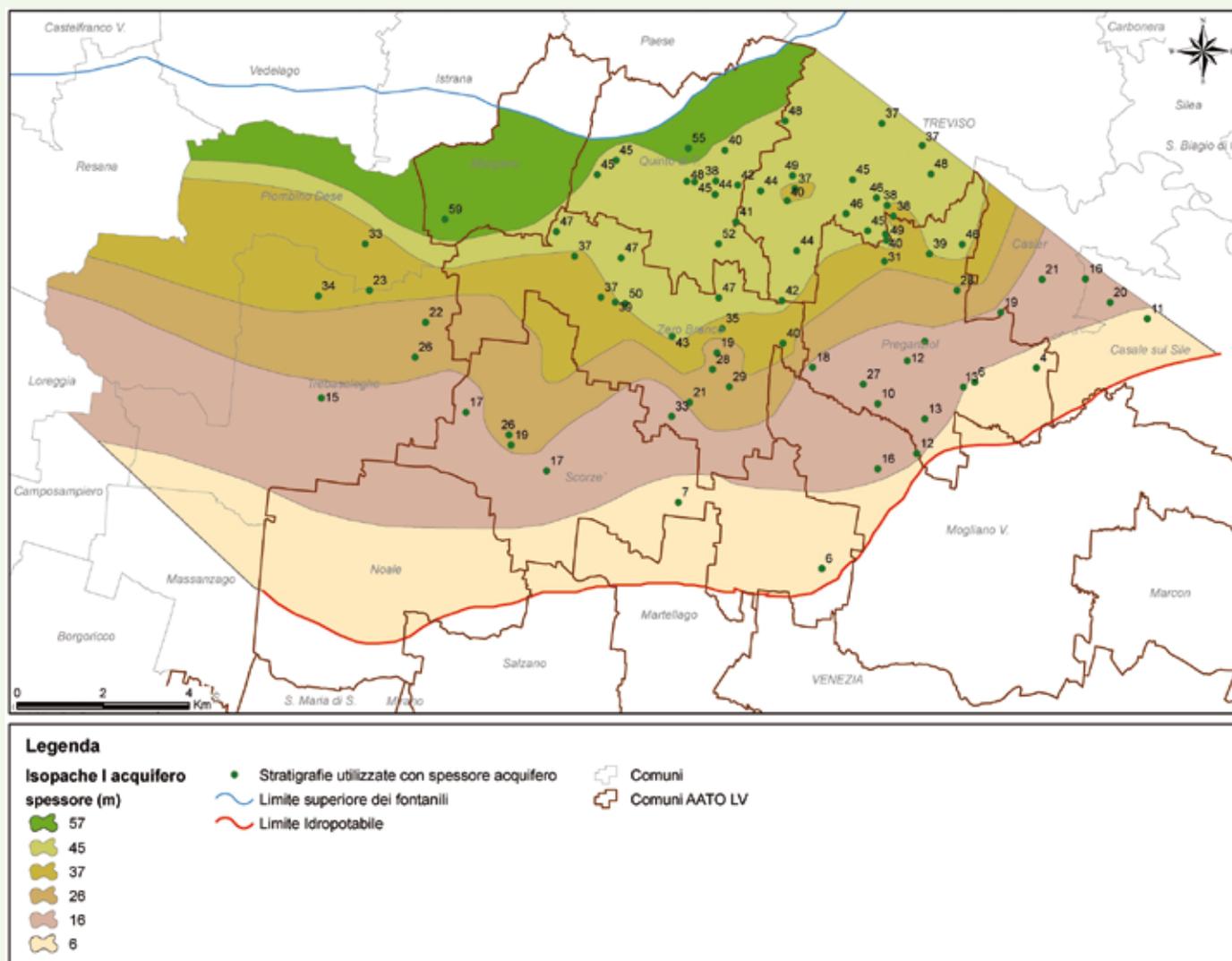


Figura 4.9 - Carta ad isopache per il primo acquifero.

logici con 77 stratigrafie distribuite all'interno all'area di indagine; il suo spessore è stato suddiviso in sei classi di valore medio decrescente da Nord verso Sud (Figura 4.9). In Tabella 4.6 si riportano i valori delle superfici delle varie fasce di spessore medio e dei corrispondenti volumi di acquifero.

Parametri idrogeologici

I parametri idrogeologici ricavati per questo acquifero derivano esclusivamente da prove di pompaggio eseguite su pozzi acquedottistici. In totale sono state eseguite 5 prove di falda, da cui sono stati ricavati dei valori di trasmissività, permeabilità e coefficiente di immagazzinamento. Le prove sono state eseguite sui pozzi del campo pozzi di Badoere, di Canove (entrambi in area territoriale VESTA) e di Rio San Martino (area territoriale ACM).

Dalle elaborazioni delle prove svolte si sono ottenuti i seguenti valori:

$$\text{Trasmissività} = 9,2\text{E-}03 \div 6,1\text{E-}02 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Coefficiente di immagazzinamento} = 1,5\text{E-}06 \div 1,7\text{E-}03$$

Livelli potenziometrici

I pozzi intercettanti questa falda non presentano artesianità, pertanto non è stato possibile rilevare direttamente le pressioni di falda.

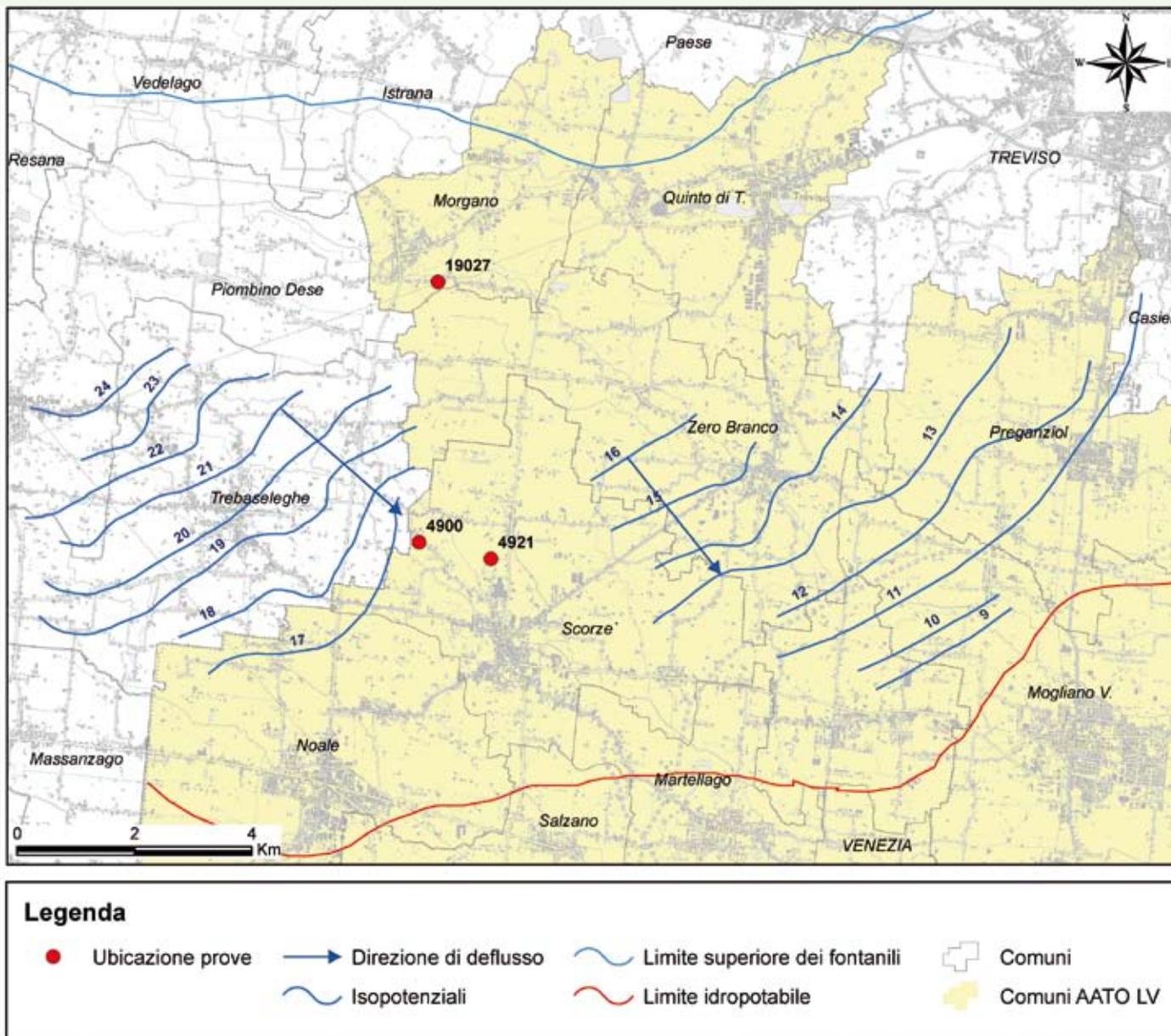
Considerata comunque l'importanza di conoscere il campo di moto di questa falda, rilevante per l'uso acquedottistico e per altri scopi ormai da molti decenni, e disponendo di una consistente banca dati di misure effettuate negli anni novanta, si è scelto di elaborare le isopotenziali relative a queste misure "storiche".

Per la ricostruzione sono stati utilizzati i rilievi di prevalenza su circa 800 pozzi presenti nell'archivio. Non disponendo della quota dei piani di riferimento, per la definizione del livello potenziometrico, gli 800 pozzi sono stati quotati utilizzando la base CTR; tale metodo ovviamente presenta un grado di incertezza molto consistente rispetto alla livellazione sperimentale effettuata per ricostruire il campo di moto degli altri acquiferi, essa però viene "compensata" dal gran numero di punti di misura disponibili.

L'andamento delle isopotenziali è riportato nella Figura 4.10. Si nota un andamento generale da Nord-Ovest verso Sud-Est che tende a modificarsi nell'area di Scorzè, quasi certamente in relazione ai forti prelievi attuati.

Il gradiente idraulico è stato stimato tra 0,10% e 0,14%.

Cartografia di sintesi



Pozzo n°	Tipo di prova	T (m ² /s)	S	Tipo di prova	T (m ² /s)	S
19027	Prova di falda	1,9'	1,5E-06			
4900	Prova di falda	9,2E-03	1,7E-03	Prova di falda	2,9E-02	1,1E-04
4921	Prova di falda	5,0E-02	6,4E-05	Prova di falda	6,1E-02	4,5E-05

Figura 4.10 - Carta di sintesi del primo acquifero con isopotenziali, punti di prova e parametri idrogeologici.

* Valore anomalo, collegato ad una particolare condizione di prova di falda effettuata con altri pozzi acquedottistici in pompaggio nelle vicinanze. Non è stato considerato nei range di trasmissività misurata.

Secondo acquifero

N° pozzi privati censiti per questo acquifero: 205

N° pozzi acquedottistici che attingono da questo acquifero: 0

Geometria e distribuzione

Si tratta di una falda di limitato interesse idrogeologico, presente da 65 fino a 90 m di profondità dal piano campagna, solo su parte del territorio indagato. La ricostruzione della geometria dell'acquifero è avvenuta attraverso il confronto dei profili geologici con 120 stratigrafie, alcune ricadenti all'esterno dell'area di competenza AATO Laguna di Venezia; risulta che la falda diminuisce di spessore da Nord a Sud in tutta l'area e tende a ridursi ulteriormente di spessore nella zona di Canove-Scorzè (Figura 4.11). Questa falda viene intercettata solo da pozzi privati che la utilizzano quasi esclusivamente ad uso domestico.

Di seguito si riportano in Tabella 4.7 i valori delle superfici delle varie fasce di spessore medio e dei corrispondenti volumi di acquifero.

Spessore (m)	Area (m ²)	Volume (Mm ³)
24	1,0E+07	2,5E+02
20	2,3E+07	4,5E+02
14	5,0E+07	7,1E+02
6	1,5E+08	8,8E+02
Totale	2,3E+08	2,3E+03

Tabella 4.7 - Tabella riassuntiva del calcolo del volume acquifero.

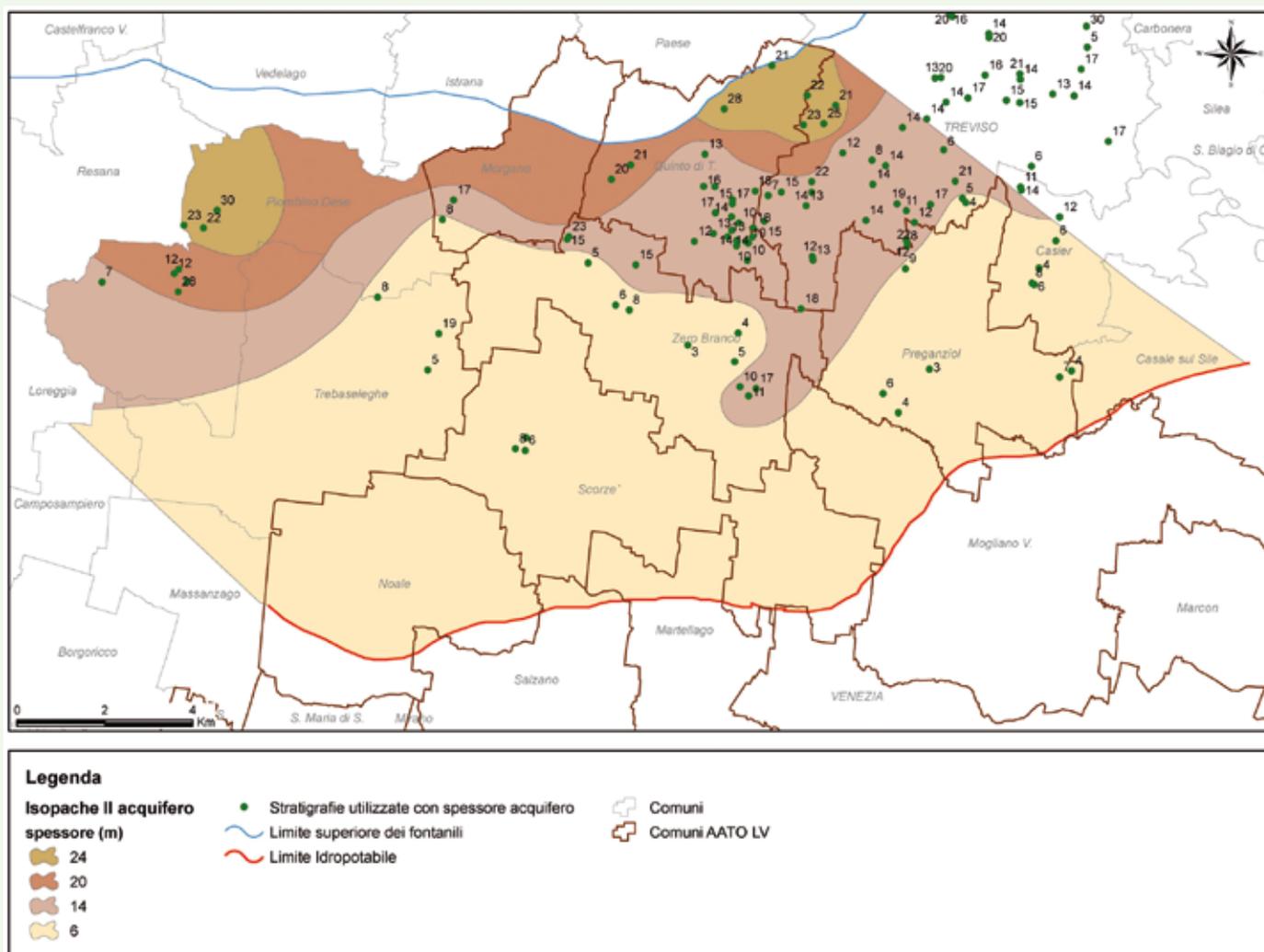


Figura 4.11 - Carta ad isopache per il secondo acquifero.

Parametri idrogeologici

Su questa falda, data la limitata presenza di pozzi adatti alla realizzazione di prove di pompaggio, è stato possibile eseguire solo 2 prove di pozzo, una nella porzione a Nord e una nella porzione a Sud dell'area di risorsa idropotabile (Figura 4.12).

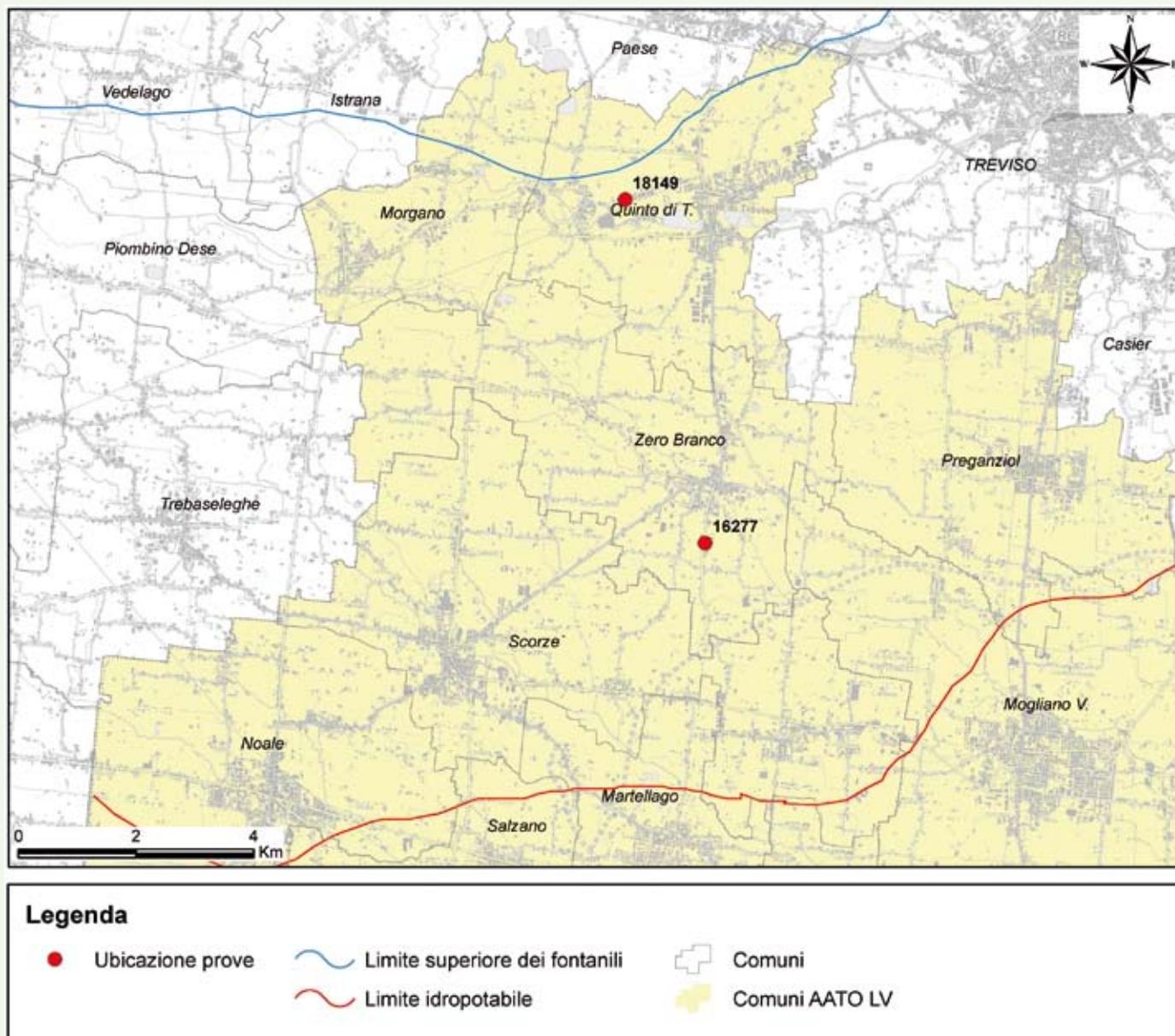
Dalle elaborazioni delle prove svolte si sono ottenuti i seguenti valori:

$$\text{Tramissività} = 5,6\text{E-}02 \div 6,4\text{E-}02 \text{ m}^2/\text{s}$$

Livelli potenziometrici

I pozzi appartenenti a questa falda su cui è possibile effettuare misure potenziometriche risultano in numero esiguo. Non è quindi stato possibile ricostruire l'andamento del campo di moto della falda.

Cartografia di sintesi



Pozzo n°	Tipo di prova	T (m ² /s)
16277	Prova di pozzo	5,6E-02
18149	Prova di pozzo	6,4E-02

Figura 4.12 - Carta di sintesi del secondo acquifero con punti di prova e parametri idrogeologici.

Terzo acquifero

N° pozzi privati censiti per questo acquifero: 176

N° pozzi acquedottistici che attingono da questo acquifero: 0

Geometria e distribuzione

È presente a partire da 100 m di profondità sino a 120 m. Il numero di pozzi che intercettano questa falda è abbastanza limitato, nonostante la falda sia presente in tutta l'area di risorsa idropotabile con spessori variabili che vanno diminuendo da Nord verso Sud (Figura 4.13).

La ricostruzione della geometria dell'acquifero è avvenuta mediante il confronto dei profili geologici con 102 stratigrafie, alcune delle quali anche poco al di fuori del territorio di competenza ATO.

Di seguito si riportano in Tabella 4.8 i valori delle superfici delle varie fasce di spessore medio e dei corrispondenti volumi di acquifero.

Spessore (m)	Area (m ²)	Volume (Mm ³)
15	8,5E+07	1,3E+03
6	1,5E+08	8,7E+02
Totale	2,3E+08	2,1E+03

Tabella 4.8 - Tabella riassuntiva del calcolo del volume acquifero.

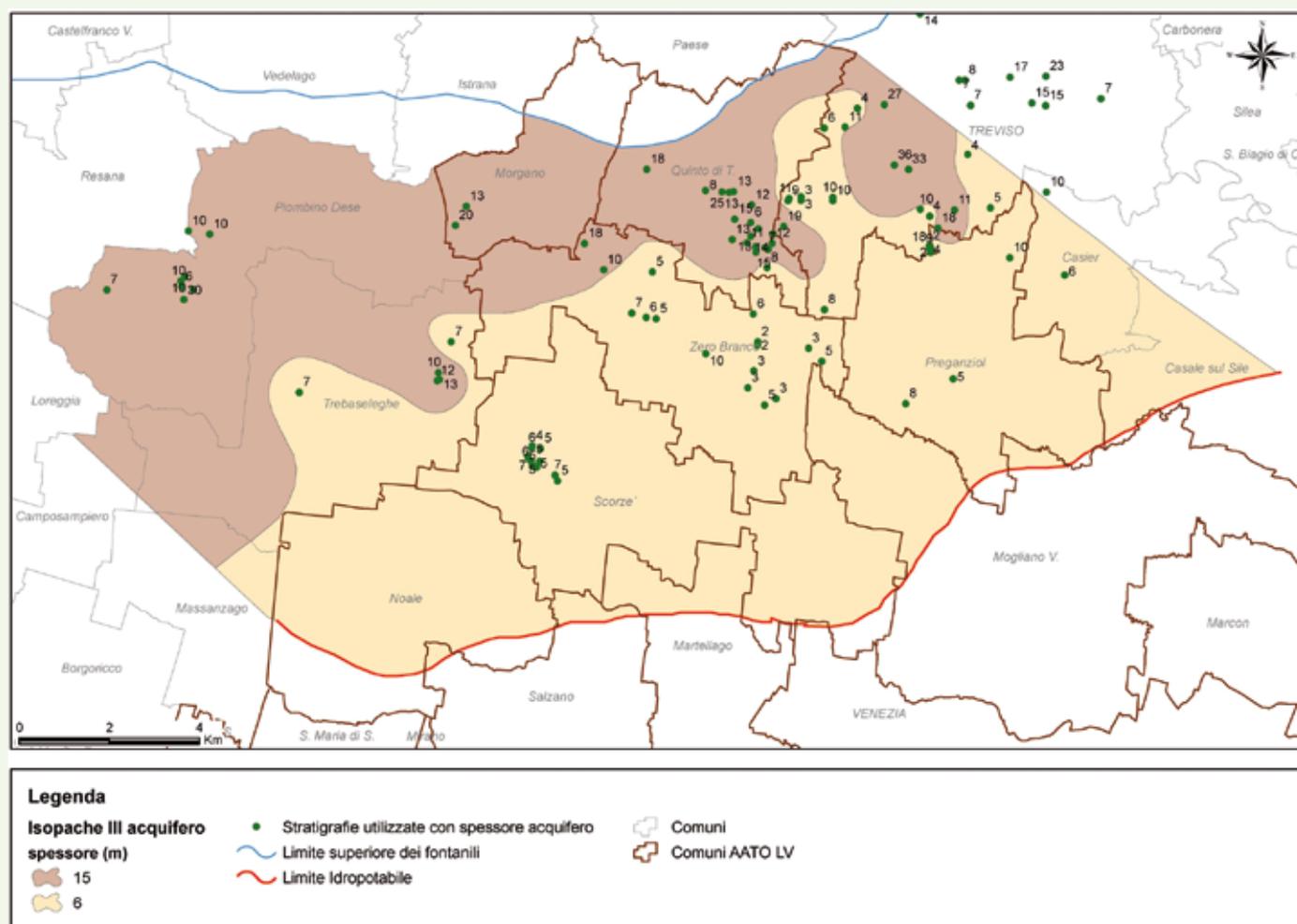


Figura 4.13 - Carta ad isopache per il terzo acquifero.

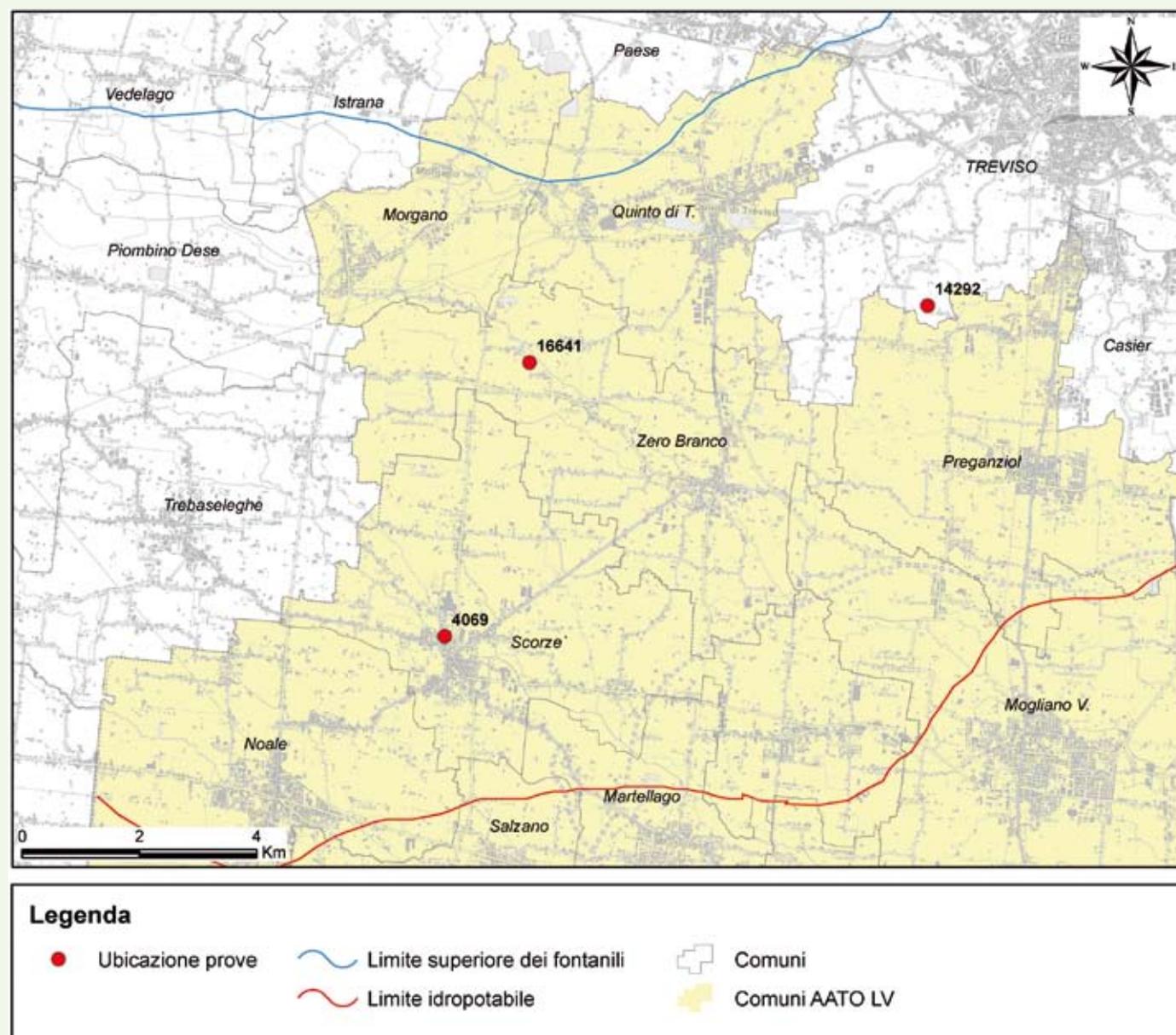
Parametri idrogeologici

Anche su questa falda, data la limitata presenza di pozzi ove effettuare delle prove di pompaggio, sono state eseguite solo 3 prove di pozzo, esclusivamente su pozzi privati (Figura 4.14).

Dalle elaborazioni delle prove svolte si sono ottenuti i seguenti valori:

$$\text{Trasmittività} = 5,8\text{E-}03 \div 4,6\text{E-}02 \text{ m}^2/\text{s}$$

Cartografia di sintesi



Pozzo n°	Tipo di prova	T (m ² /s)
14292	Prova di pozzo	3,7E-02
16641	Prova di pozzo	4,6E-02
4069	Prova di pozzo	5,8E-03

Figura 4.14 - Carta di sintesi del terzo acquifero con punti di prova e parametri idrogeologici.

Quarto acquifero

N° pozzi privati censiti per questo acquifero: 324

N° pozzi acquedottistici che attingono da questo acquifero: 18

Geometria e distribuzione

È presente mediamente a partire da 130 m fino a circa 140 metri di profondità dal piano campagna. Si tratta di una delle falde maggiormente captate da pozzi sia acquedottistici che privati. La falda presenta tuttavia caratteristiche qualitative non ottimali nella zona a Sud-Ovest, in particolare nella zona di Scorzè, per la naturale presenza di Ferro ed Ammoniaca. La ricostruzione della geometria dell'acquifero è stata effettuata dal confronto dei profili geologici con 57 stratigrafie distribuite all'interno all'area di indagine ed ha permesso di individuare tre classi di spessore medio. Lo spessore è maggiore nella zona a Nord-Est, in corrispondenza del comune di Quinto di Treviso, dove la quarta falda è di fatto la più sfruttata (Figura 4.15).

Di seguito si riportano in Tabella 4.9 i valori delle superfici delle varie fasce di spessore medio e dei corrispondenti volumi di acquifero.

Spessore (m)	Area (m ²)	Volume (Mm ³)
14	1,5E+07	2,1E+02
11	6,2E+07	6,8E+02
8	1,5E+08	1,2E+03
Totale	2,3E+08	2,1E+03

Tabella 4.9 - Tabella riassuntiva del calcolo del volume acquifero.

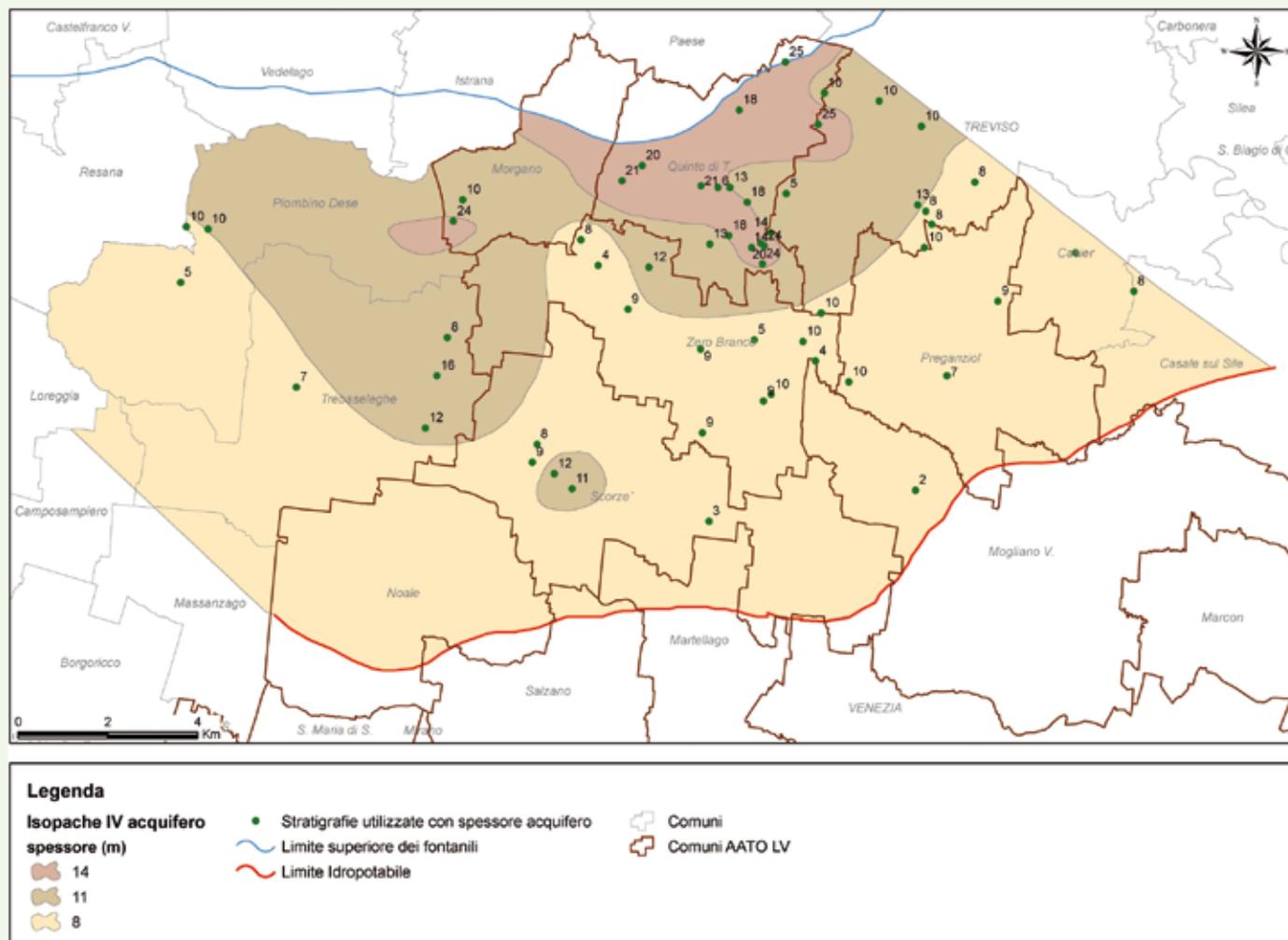


Figura 4.15 - Carta ad isopache per il quarto acquifero.

Parametri idrogeologici

Su questa falda è stata eseguita 1 prova di pompaggio su pozzo acquedottistico a Quinto di Treviso (area territoriale VESTA), e 3 prove di pompaggio su pozzi privati. Sono state eseguite inoltre 11 prove di pozzo sempre su pozzi privati. Dalle elaborazioni delle prove svolte si sono ottenuti i seguenti valori:

$$\text{Tramissività} = 1,9\text{E-}02 \div 3,8\text{E-}01 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Coefficiente di immagazzinamento: } 2,5\text{E-}07 \div 7,6\text{E-}04$$

Livelli potenziometrici

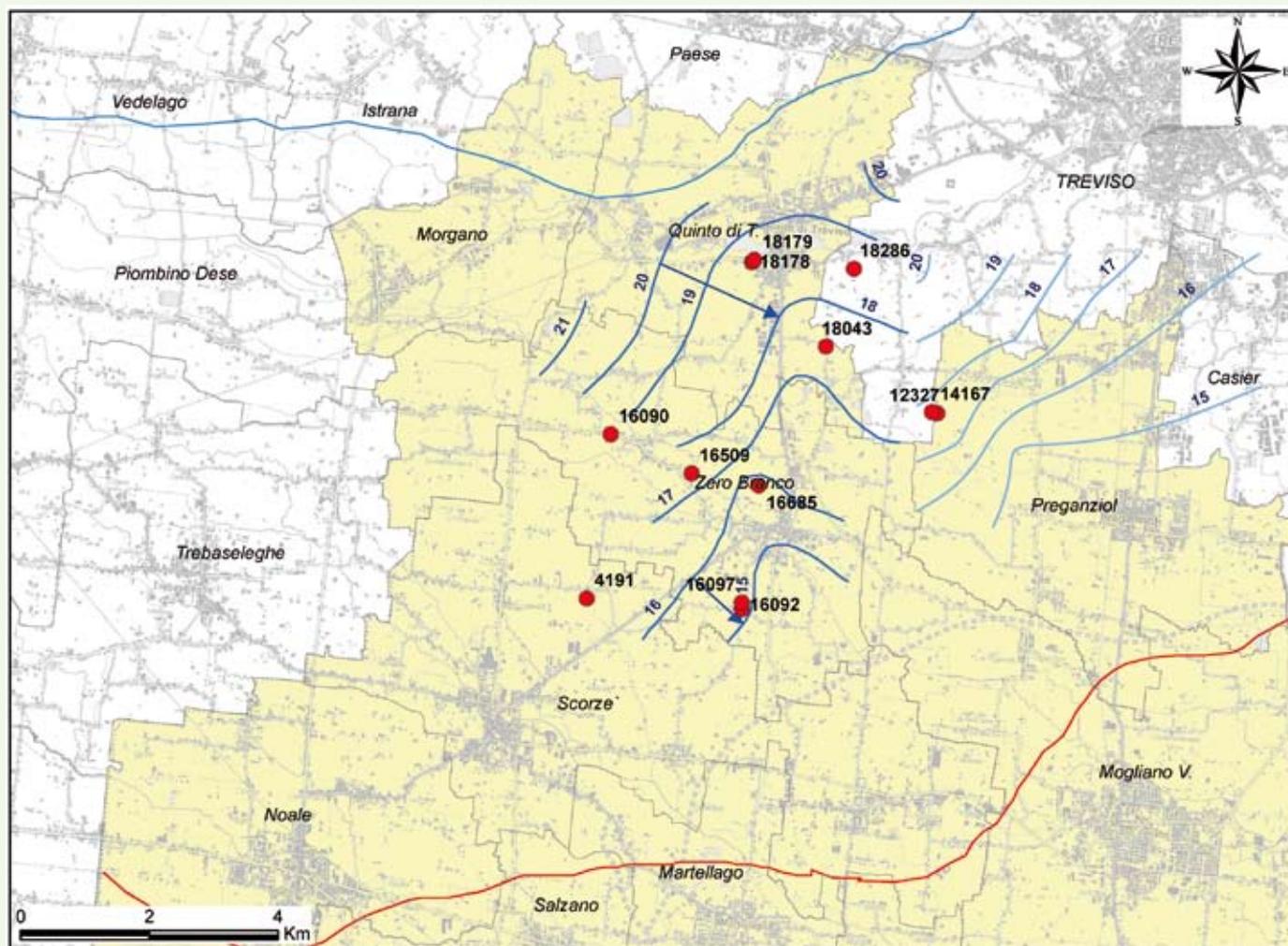
I rilievi idrogeologici si sono concentrati nella zona di Quinto di Treviso e Zero Branco ed hanno interessato 31 pozzi. La carta di sintesi in Figura 4.16 riporta anche l'andamento delle isopotenziali ottenute con altre campagne di rilievo delle pressioni di falda e delle quote dei piani di riferimento dei pozzi effettuate nel 2006.

La zona di Quinto di Treviso è in particolar modo interessata da estrazioni da questo acquifero, non solo dai privati ma anche dall'acquedotto che ha quasi tutti i pozzi a questa profondità.

L'andamento del campo di moto è in direzione Nord-Ovest Sud-Est, con un'evidente distorsione delle isopotenziali in corrispondenza delle zone maggiormente interessate dal prelievo idrico.

Il gradiente idraulico calcolato è compreso tra 0,10% e 0,15%.

Cartografia di sintesi



Legenda							
●	Ubicazione prove		Isopotenziali 2006		Limite superiore dei fontanili		Comuni
	Direzione di deflusso		Isopotenziali 2008		Limite idropotabile		Comuni AATO LV

Pozzo n°	Tipo di prova	T (m ² /s)	Tipo di prova	T (m ² /s)	S
12327	Prova di pozzo	4,4E-02			
14167	Prova di pozzo	1,9E-02	Prova di falda	3,8E-01	7,6E-04
16090	Prova di pozzo	8,5E-02			
16092	Prova di pozzo	3,5E-02	Prova di falda	5E-02	1,3E-04
16097	Prova di pozzo	6,8E-02			
16509	Prova di pozzo	2,6E-02			
16685	Prova di pozzo	4,4E-02			
18043	Prova di pozzo	9,6E-02			
18178	Prova di pozzo	9,6E-02			
18179	Prova di pozzo	6,8E-02	Prova di falda	1,8E-01	2,5E-07
18286			Prova di falda	6,4E-01	8,0E-07
4191	Prova di pozzo	2,3E-02			

Figura 4.16 - Carta di sintesi del quarto acquifero con isopotenziali, punti di prova e parametri idrogeologici.

Quinto acquifero

N° pozzi privati censiti per questo acquifero: 122

N° pozzi acquedottistici che attingono da questo acquifero: 2

Geometria e distribuzione

È presente a partire da 145 m di profondità dal piano campagna fino a 160 m. Si tratta di una falda interessata da un numero di pozzi modesto. La ricostruzione della geometria dell'acquifero è avvenuta mediante il confronto dei profili geologici con 32 stratigrafie distribuite all'interno all'area di indagine ed ha permesso di identificare due classi di spessore medio. La zona che presenta uno spessore maggiore si trova nella parte più settentrionale dell'area di interesse, in corrispondenza del comune di Quinto di Treviso (Figura 4.17).

Di seguito si riportano in Tabella 4.10 i valori delle superfici delle varie fasce di spessore medio e dei corrispondenti volumi di acquifero.

Spessore (m)	Area (m ²)	Volume (Mm ³)
12	3,0E+07	3,6E+02
5	2,0E+08	1,0E+03
Totale	2,3E+08	1,4E+03

Tabella 4.10 - Tabella degli spessori ricavati e del volume acquifero.

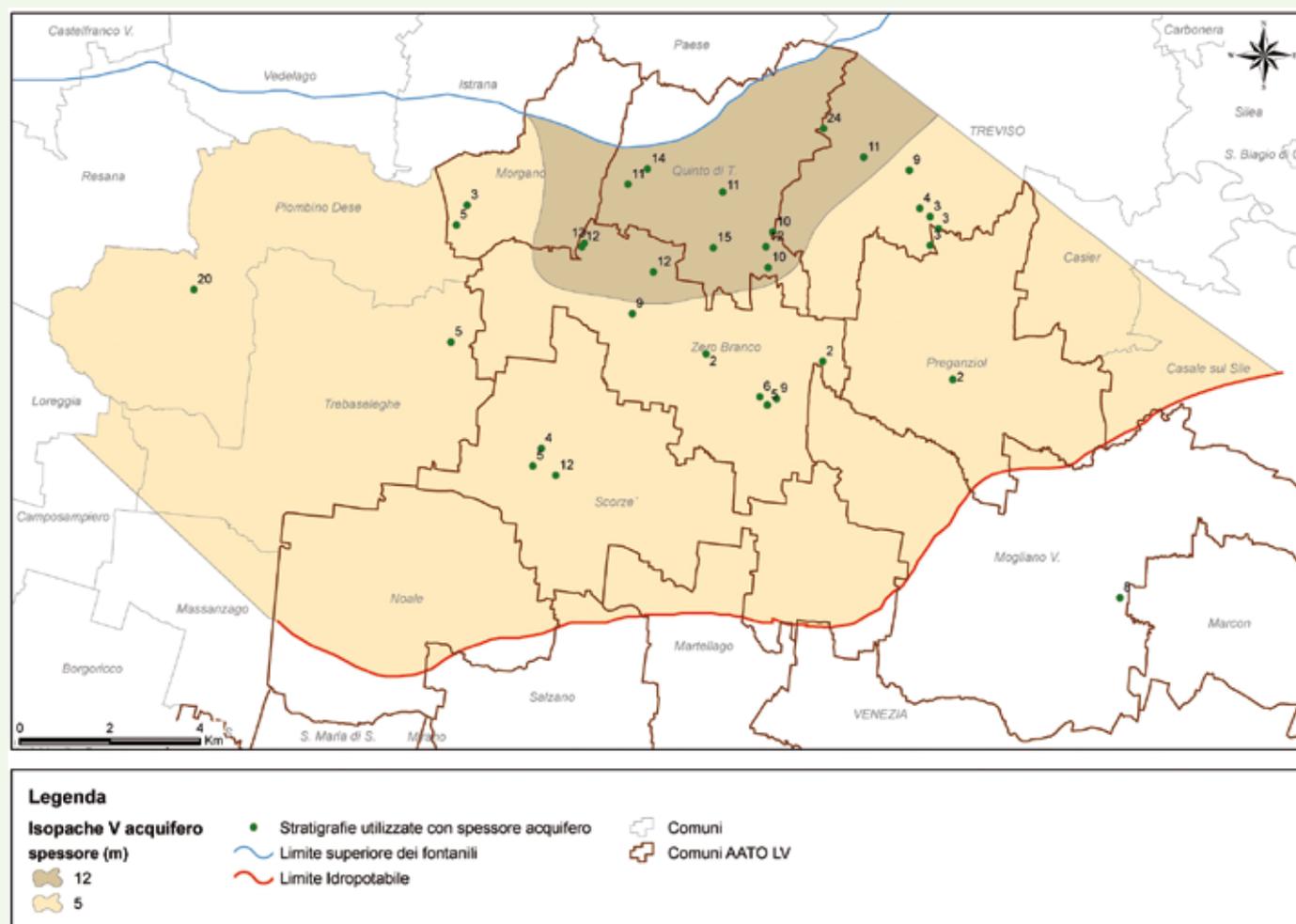


Figura 4.17 - Carta ad isopache per il quinto acquifero.

Parametri idrogeologici

Per questo acquifero sono state eseguite 7 prove di pozzo su pozzi privati. Non è stato possibile eseguire prove di falda su pozzi privati per la scarsità di pozzi che attingono a questa profondità, e su pozzi acquedottistici in quanto quelli intercettanti tale acquifero sono tutti pozzi multifiltro.

Dalle elaborazioni delle prove svolte si sono ottenuti i seguenti valori:

$$\text{Tramissività} = 5,1\text{E-}03 \div 4,8\text{E-}02 \text{ m}^2/\text{s}$$

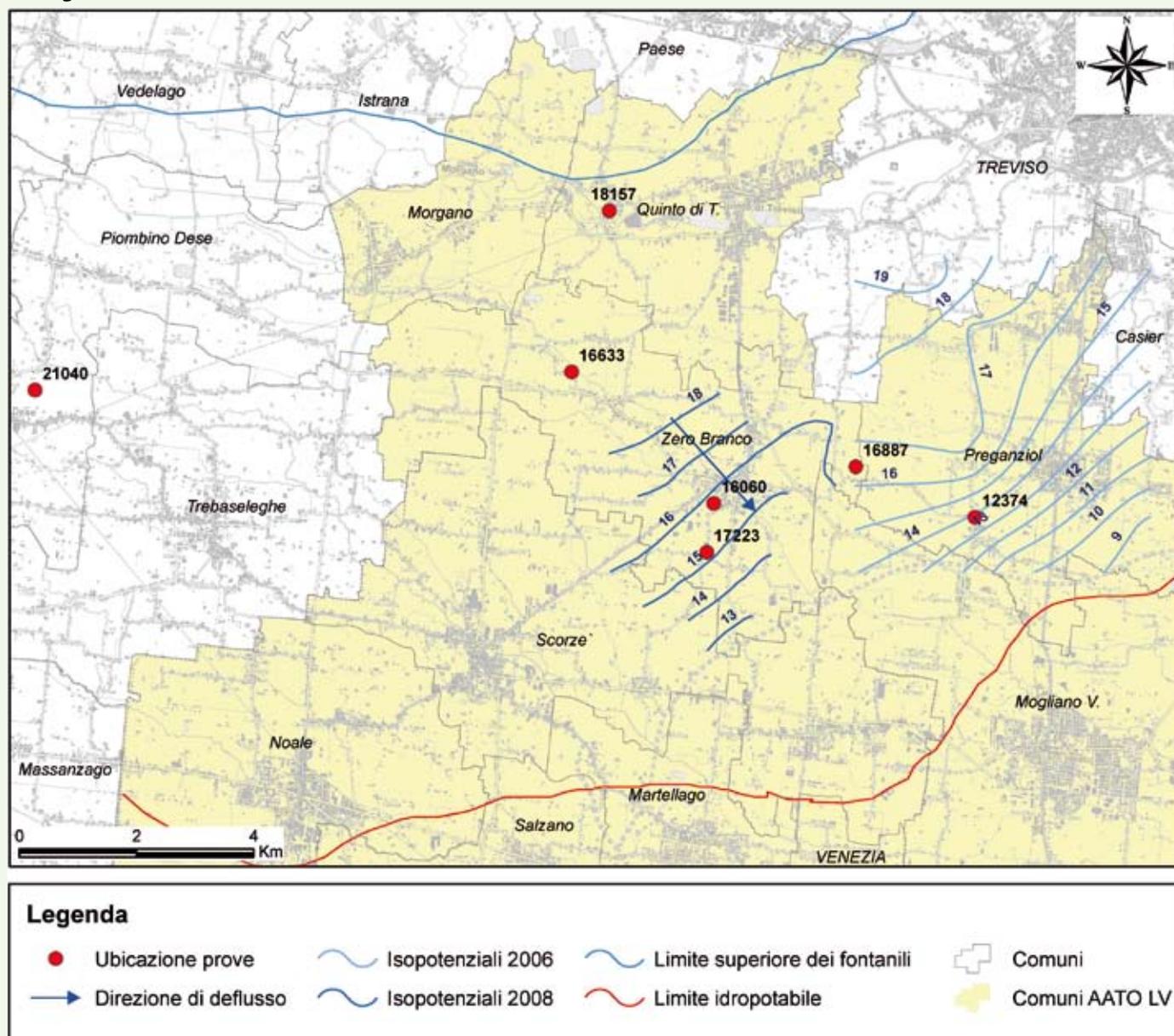
Livelli potenziometrici

Per il quinto acquifero le misure di prevalenza sono state svolte su 12 pozzi. La carta di sintesi in Figura 4.18 riporta anche l'andamento delle isopotenziali ottenute con altre campagne di rilievo delle pressioni di falda e delle quote dei piani di riferimento dei pozzi effettuate nel 2006.

Questa falda è scarsamente utilizzata dai privati, inoltre spesso i pozzi presentano filtri posti tra la quarta e la quinta falda e ciò li rende inutilizzabili ai fini delle misure di pressione. L'andamento delle isopotenziali evidenzia un andamento generale da Nord-Ovest verso Sud-Est.

Il gradiente idraulico stimato è compreso tra 0,14 e 0,16%.

Cartografia di sintesi



Pozzo n°	Tipo di prova	T (m ² /s)
12374	Prova di pozzo	5,1E-03
16060	Prova di pozzo	2,4E-02
16633	Prova di pozzo	7,8E-03
16887	Prova di pozzo	2,8E-02
17223	Prova di pozzo	1,1E-02
18157	Prova di pozzo	1,7E-02
21040	Prova di pozzo	4,8E-02

Figura 4.18 - Carta di sintesi del quinto acquifero con isopotenziali, punti di prova e parametri idrogeologici.

Sesto acquifero

N° pozzi privati censiti per questo acquifero: 358

N° pozzi acquedottistici che attingono da questo acquifero: 0

Geometria e distribuzione

È presente a partire da 180 m di profondità sino a 200 m. La geometria dell'acquifero è stata ricostruita dal confronto dei profili geologici con 30 stratigrafie distribuite all'interno all'area di indagine ed ha permesso di definire due classi di spessore medio. È presente con spessori abbastanza consistenti in tutta la parte Nord dell'area e va assottigliandosi verso Sud. L'acquifero è presente in tutta l'area, sembra però assottigliarsi ulteriormente a ridosso del limite idropotabile, dove è evidente l'assenza di pozzi privati che attingono a questa profondità (Figura 4.19).

Di seguito si riportano in Tabella 4.11 i valori delle superfici delle varie fasce di spessore medio e dei corrispondenti volumi di acquifero.

Spessore (m)	Area (m ²)	Volume (Mm ³)
16	6,7E+07	1,1E+03
7	1,6E+08	1,1E+03
Totale	2,3E+08	2,2E+03

Tabella 4.11 - Tabella del calcolo degli spessori e del volume acquifero.

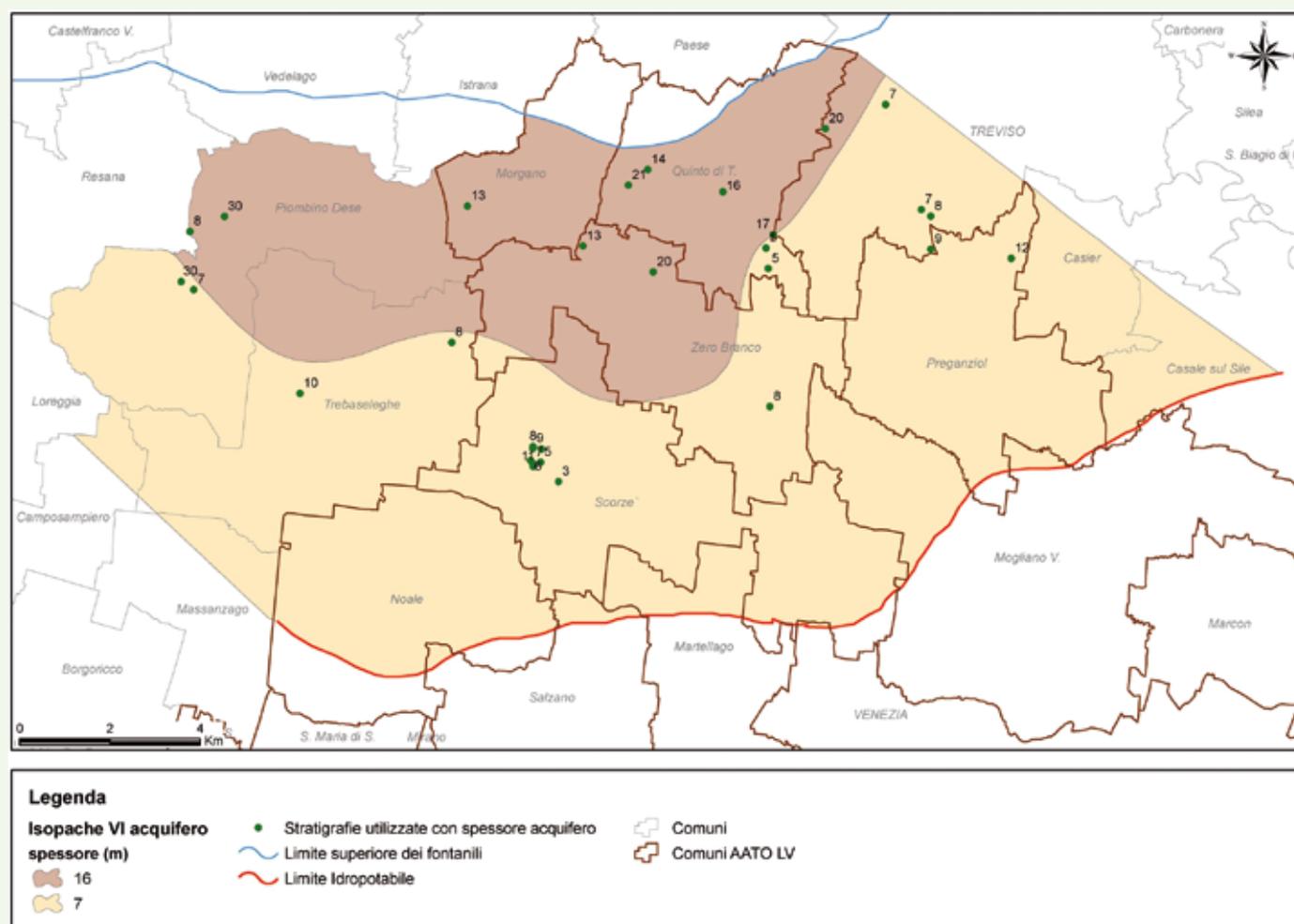


Figura 4.19 - Carta ad isopache per il sesto acquifero.

Parametri idrogeologici

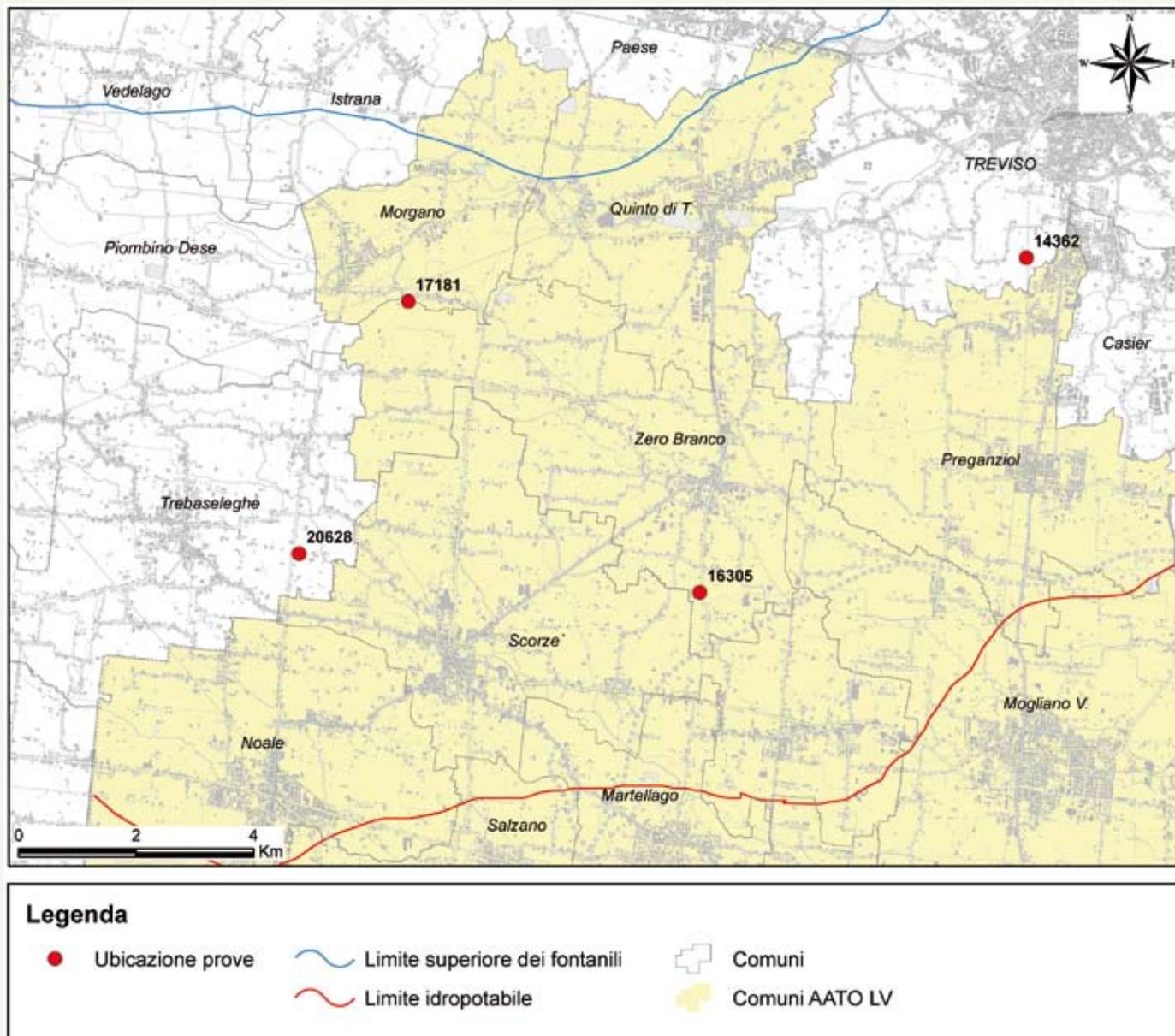
Su questa falda, di modesto interesse acquedottistico, sono state effettuate 4 prove di pozzo esclusivamente su pozzi privati (Figura 4.20). Dalle elaborazioni delle prove svolte si sono ottenuti i seguenti risultati:

$$\text{Trasmissività} = 4,4\text{E-}03 \div 2,1\text{E-}01 \text{ m}^2/\text{s}$$

Livelli potenziometrici

Dato il limitato interesse acquedottistico per questa falda non è stato ricostruito l'andamento del campo di moto.

Cartografia di sintesi



Pozzo n°	Tipo di prova	T (m ² /s)
14362	Prova di pozzo	1,1E-02
16305	Prova di pozzo	4,4E-03
17181	Prova di pozzo	2,1E-01
20628	Prova di pozzo	2,2E-02

Figura 4.20 - Carta di sintesi del sesto acquifero con punti di prova e parametri idrogeologici.

Settimo acquifero

N° pozzi privati censiti per questo acquifero: 302

N° pozzi acquedottistici che attingono da questo acquifero: 5

Geometria e distribuzione

È presente mediamente a partire da 210 m di profondità dal piano campagna sino a circa 220 m. La geometria dell'acquifero è stata ricostruita dal confronto dei profili geologici con 31 stratigrafie distribuite all'interno all'area di indagine ed ha permesso di identificare tre classi di spessore medio (Figura 4.21). Questo acquifero è presente in tutta l'area di risorsa idropotabile, con spessori variabili che vanno diminuendo da Nord verso Sud.

Di seguito si riportano in Tabella 4.12 i valori delle superfici delle varie fasce di spessore medio e dei corrispondenti volumi di acquifero.

Spessore (m)	Area (m ²)	Volume (Mm ³)
19	2,4E+07	4,5E+02
12	4,1E+07	4,9E+02
7	1,7E+08	1,2E+03
Totale	2,3E+08	2,1E+03

Tabella 4.12 - Tabella degli spessori e del calcolo del volume di acquifero.

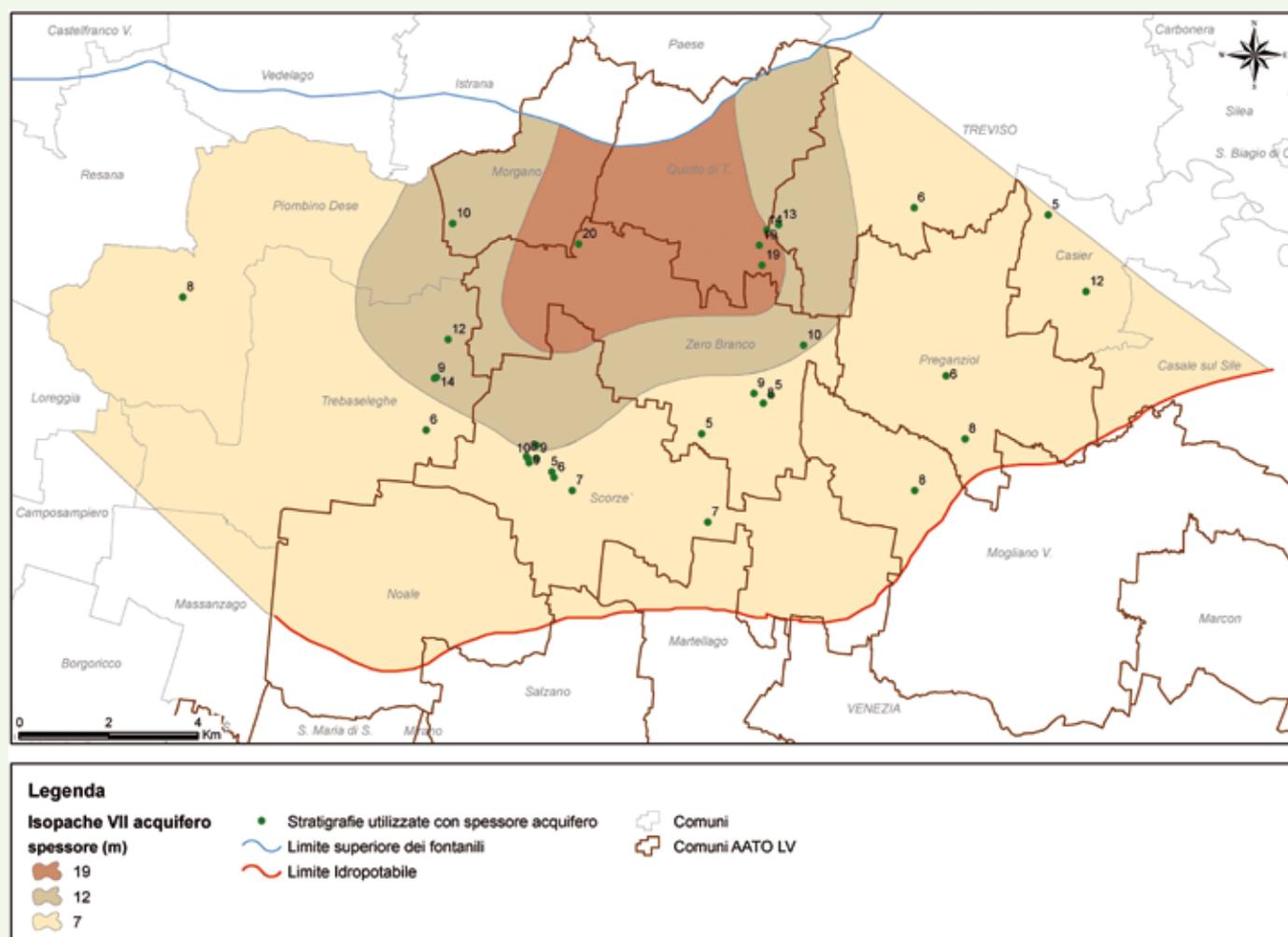


Figura 4.21 - Carta ad isopache per il settimo acquifero.

Parametri idrogeologici

Per questa falda sono state eseguite 2 prove di pompaggio su un pozzo acquedottistico a Preganziol (area territoriale SPIM), 1 prova di falda e 7 prove di pozzo su pozzi privati. Dalle elaborazioni delle prove svolte si sono ottenuti i seguenti risultati:

$$\text{Tramissività} = 5,5\text{E-}03 \div 1,2\text{E-}01 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Coefficiente d'immagazzinamento} = 3,1\text{E-}05 \div 2,8\text{E-}04$$

Livelli potenziometrici

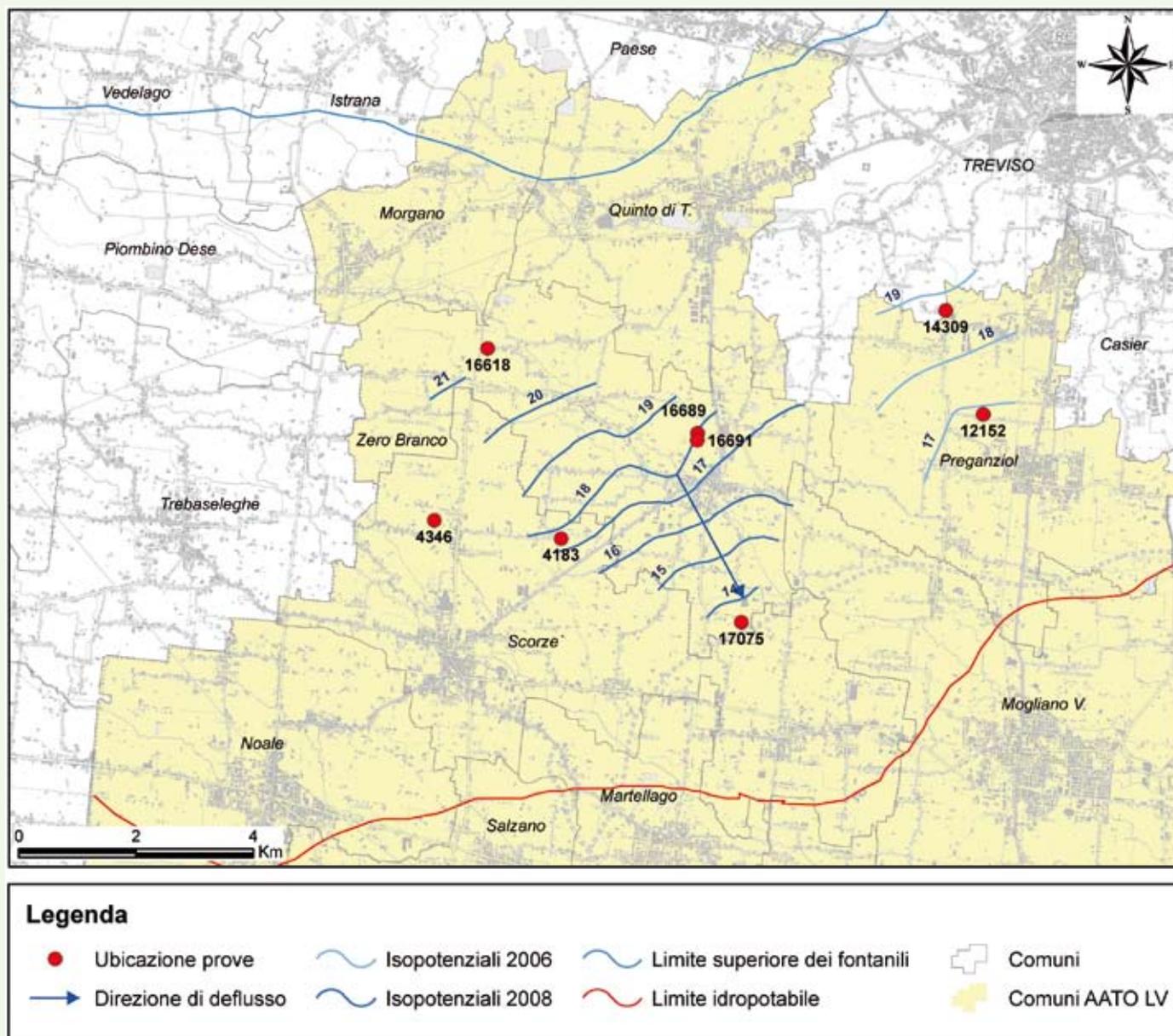
Le isopotenziarie sono state ricostruite solo per la zona di Zero Branco e Preganziol, per assenza di pozzi a questa profondità nella zona attorno al campo pozzi a Scorzè.

In totale sono stati misurati e quotati 21 pozzi. La carta di sintesi in Figura 4.22 riporta anche l'andamento delle isopotenziarie ottenute con altre campagne di rilievo delle pressioni di falda e delle quote dei piani di riferimento dei pozzi effettuate nel 2006.

Le linee isopotenziarie ricostruite mostrano una lieve distorsione a nord del campo pozzi di Zero Branco probabilmente dovuta a un forte prelievo da parte di privati. Il settimo acquifero è infatti uno degli acquiferi più sfruttati in questa zona.

Il gradiente idraulico calcolato varia tra 0,10% e 0,15%.

Cartografia di sintesi



Pozzo n°	Tipo di prova	T (m ² /s)	S	Tipo di prova	T (m ² /s)	S
12152	Prova di pozzo	1,9E-02				
14309	Prova di falda	4,3E-02	1,4E-04	Prova di falda	4E-02	2,8E-04
16618	Prova di pozzo	1,2E-01				
16689	Prova di pozzo	1,4E-02		Prova di falda	1E-02	3,1E-05
16691	Prova di pozzo	9,8E-02				
17075	Prova di pozzo	5,5E-03				
4183	Prova di pozzo	8,6E-03				
4346	Prova di pozzo	3,6E-02				

Figura 4.22 - Carta di sintesi del settimo acquifero con isopotenziali, punti di prova e parametri idrogeologici.

Ottavo acquifero

N° pozzi privati censiti per questo acquifero: 499

N° pozzi acquedottistici che attingono da questo acquifero: 3

Geometria e distribuzione

È presente da 230 m fino a 260 m di profondità dal piano campagna. La geometria dell'acquifero è stata ricostruita dal confronto dei profili geologici con 33 stratigrafie distribuite all'interno all'area di indagine ed ha permesso di definire tre classi di spessore medio.

L'acquifero è presente in tutto il territorio d'indagine, con spessori che diminuiscono da Nord a Sud (Figura 4.23).

In Tabella 4.13 sono riportati i valori delle superfici delle varie fasce di spessore medio e dei corrispondenti volumi di acquifero.

Spessore (m)	Area (m ²)	Volume (Mm ³)
18	4,7E+07	8,5E+02
12	8,2E+07	9,9E+02
8	1,0E+08	8,1E+02
Totale	2,3E+08	2,6E+03

Tabella 4.13 - Tabella degli spessori e del calcolo del volume acquifero.

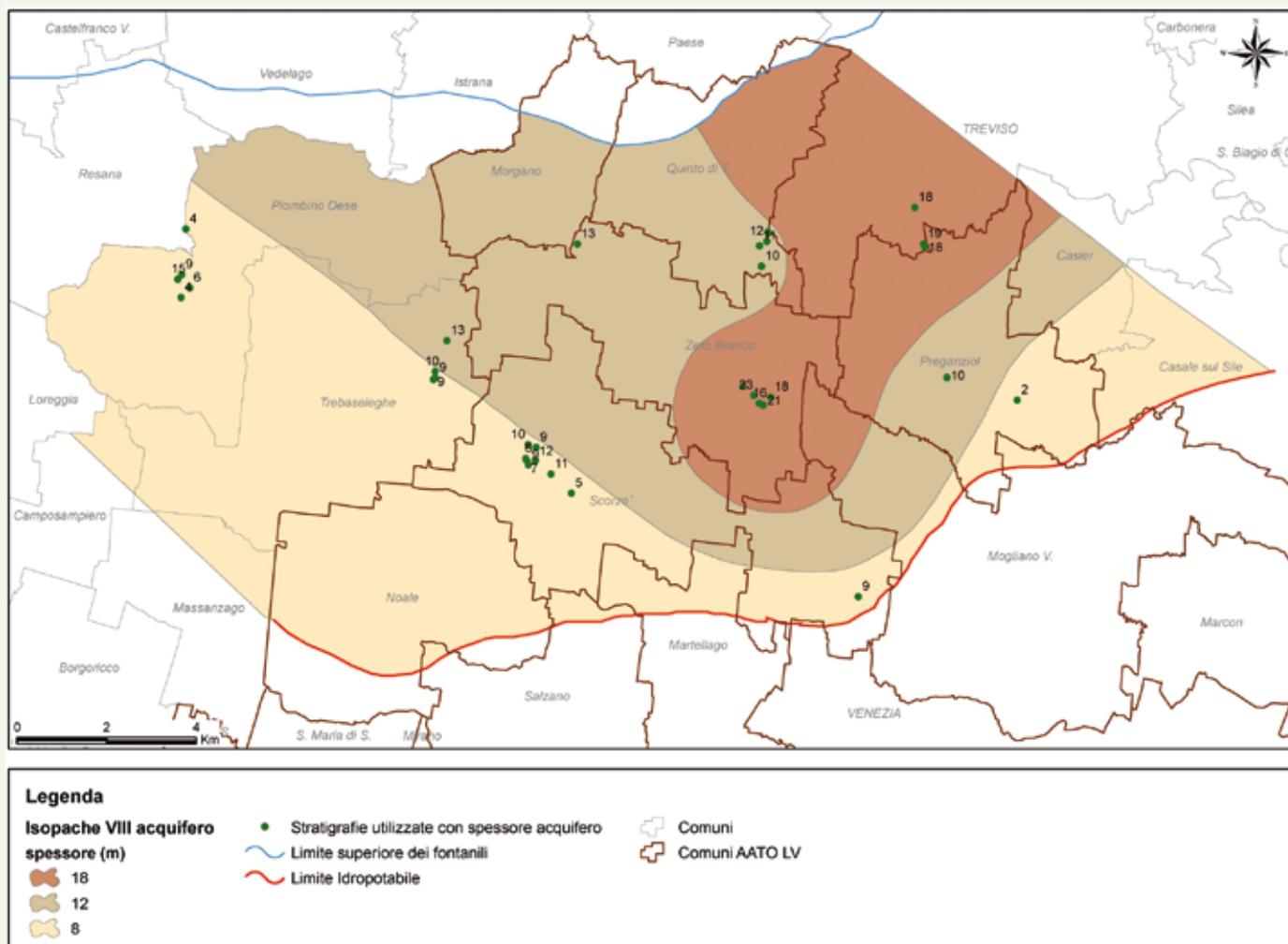


Figura 4.23 - Carta ad isopache per l'ottavo acquifero.

Parametri idrogeologici

Per questo acquifero non è stata eseguita nessuna prova di falda, sono state eseguite però 8 prove di pozzo di cui una su pozzo acquedottistico.

Dalle elaborazioni delle prove svolte si sono ottenuti i seguenti risultati:

$$\text{Trasmissività} = 9,3\text{E-}03 \div 6\text{E-}02 \text{ m}^2/\text{s}$$

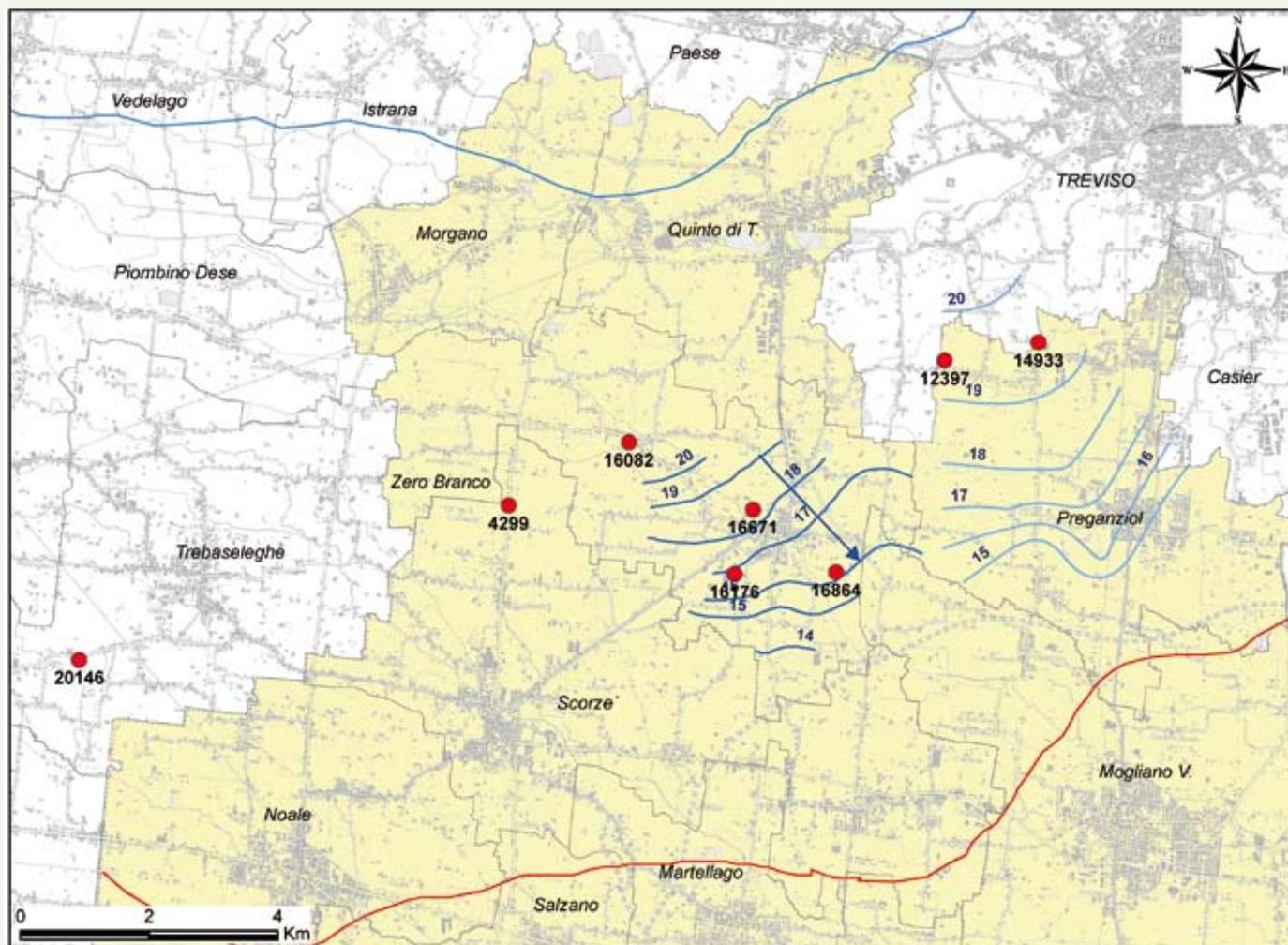
Livelli potenziometrici

Per l'ottavo acquifero sono stati eseguiti i rilievi idrogeologici su 19 pozzi. La carta di sintesi in Figura 4.24 riporta anche l'andamento delle isopotenziali ottenute con altre campagne di rilievo delle pressioni di falda e delle quote dei piani di riferimento dei pozzi effettuate nel 2006.

Non è stato possibile ricavare molte misure di pressione proprio per lo scarso numero di pozzi privati in posizioni idonee o con caratteristiche compatibili.

Il gradiente idraulico calcolato varia tra 0,08% e 0,15%.

Cartografia di sintesi



Legenda

- Ubicazione prove
- Direzione di deflusso
- ~ Isopotenziali 2006
- ~ Isopotenziali 2008
- ~ Limite superiore dei fontanili
- ~ Limite idropotabile
- Comuni
- Comuni AATO LV

Pozzo n°	Tipo di prova	T (m ² /s)
12397	Prova di pozzo	3,3E-02
14933	Prova di pozzo	6,0E-02
16082	Prova di pozzo	3,0E-02
16176	Prova di pozzo	1,3E-02
16671	Prova di pozzo	2,0E-02
16864	Prova di pozzo	4,3E-02
20146	Prova di pozzo	1,7E-02
4299	Prova di pozzo	9,3E-03

Figura 4.24 - Carta di sintesi dell'ottavo acquifero con isopotenziali, punti di prova e parametri idrogeologici.

Nono acquifero

N° pozzi privati censiti per questo acquifero: 490

N° pozzi acquedottistici che attingono da questo acquifero: 17

Geometria e distribuzione

È presente da 270 m fino a 300 m di profondità dal piano campagna. La geometria dell'acquifero è stata ricostruita dal confronto dei profili geologici con 18 stratigrafie distribuite all'interno all'area di indagine ed ha permesso di definire quattro classi di spessore medio. La falda è presente in tutto il territorio con spessori variabili che tendono a diminuire da Nord verso Sud (Figura 4.25).

Di seguito si riportano in Tabella 4.14 i valori delle superfici delle varie fasce di spessore medio e dei corrispondenti volumi di acquifero.

Spessore (m)	Area (m ²)	Volume (Mm ³)
31	4,9E+07	1,5E+03
26	2,7E+07	6,9E+02
22	1,4E+08	3,1E+03
15	1,3E+07	1,9E+02
Totale	2,3E+08	5,5E+03

Tabella 4.14 - Tabella degli spessori e del calcolo del volume acquifero.

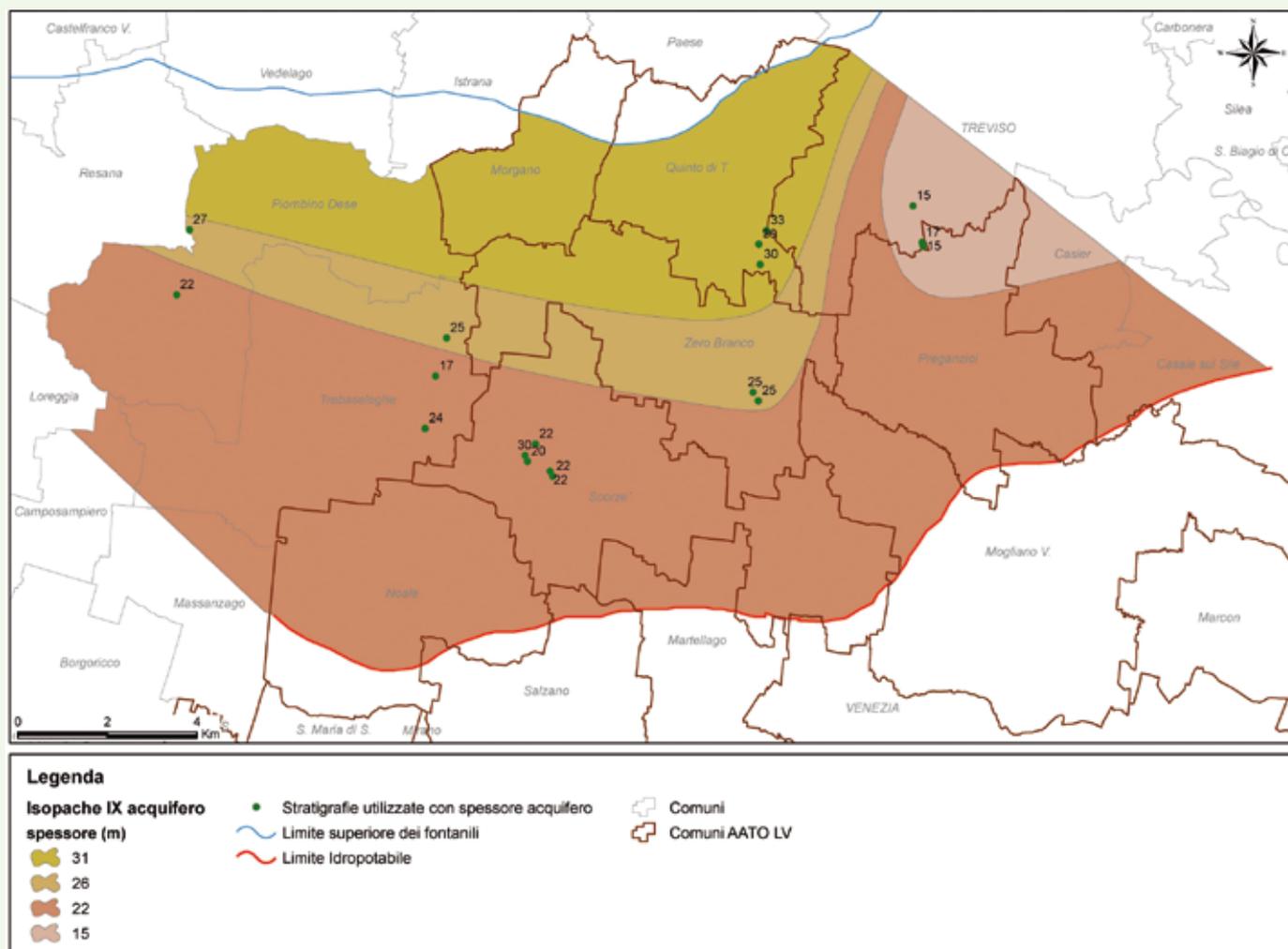


Figura 4.25 - Carta ad isopache per il nono acquifero.

Parametri idrogeologici

Si tratta di una delle falde di maggior interesse, in quanto intensamente sfruttata sia dagli acquedotti, che dai privati per svariati usi compreso l'imbottigliamento.

Su questo acquifero è stato possibile eseguire diverse prove di pompaggio. Sono state effettuate: 3 prove di falda su due pozzi di acquedotto a Scorzè (area territoriale ACM) e 2 prove di pozzo a Quinto di Treviso e Sant'Ambrogio (entrambi area territoriale VESTA); 1 prova di falda e 6 prove di pozzo su pozzi privati.

Dalle elaborazioni delle prove svolte si sono ottenuti i seguenti risultati:

$$\text{Tramissività} = 4,6\text{E-}03 \div 2,9\text{E-}01 \text{ m}^2/\text{s}$$

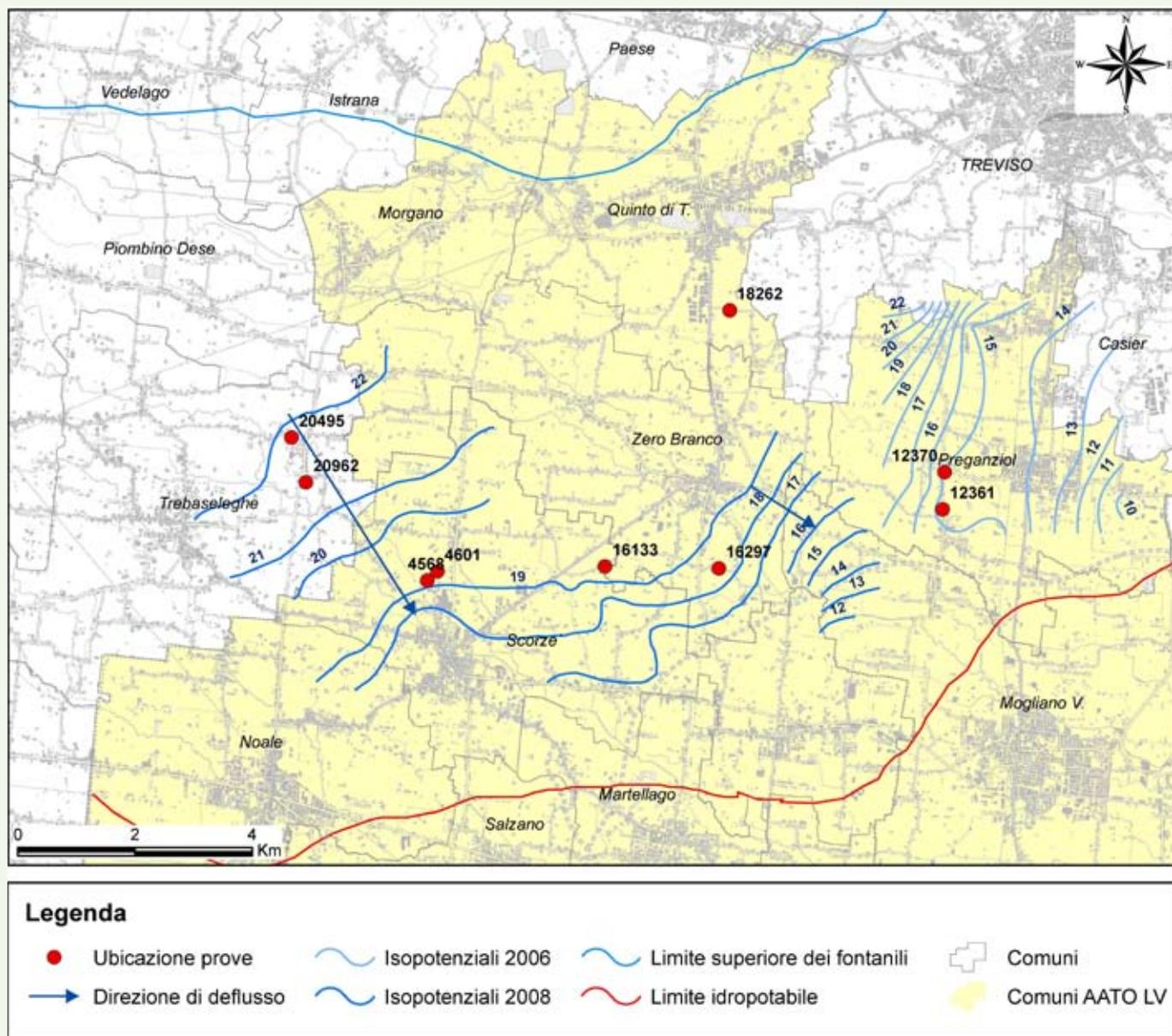
$$\text{Coefficiente di immagazzinamento} = 1,2\text{E-}04 \div 1,5\text{E-}02$$

Livelli potenziometrici

Le isopotenziali sono state ricostruite nel territorio sulla base di 44 punti misurati e quotati. La carta di sintesi in Figura 4.26 riporta anche l'andamento delle isopotenziali ottenute con altre campagne di rilievo delle pressioni di falda e delle quote dei piani di riferimento dei pozzi effettuate nel 2006. La direzione di deflusso delle acque sotterranee presenta un andamento Nord-Ovest Sud-Est.

Il gradiente idraulico è stato calcolato tra 0,06% e 0,21%.

Cartografia di sintesi



Pozzo n°	Tipo di prova	T (m ² /s)	S	Tipo di prova	T (m ² /s)	S
12361	Prova di pozzo	7,5E-03				
12370	Prova di pozzo	4,0E-02				
16133	Prova di pozzo	4,6E-03		Prova di falda	2,5E-02	1,5E-02
16297	Prova di pozzo	1,9E-02				
18262	Prova di pozzo	2,4E-01				
20495	Prova di pozzo	4,4E-02				
20962	Prova di pozzo	2,7E-01				
21181	Prova di pozzo	2,0E-02				
4568	Prova di falda	1,7E-01	1,3E-04			
4601	Prova di falda	2,3E-01	1,2E-04	Prova di falda	2,9E-01	1,4E-04

Figura 4.26 - Carta di sintesi del nono acquifero con isopotenziali, punti di prova e parametri idrogeologici.

Decimo acquifero

N° pozzi privati censiti per questo acquifero: 145

N° pozzi acquedottistici che attingono da questo acquifero: 2

Geometria e distribuzione

È presente oltre i 310 m di profondità dal piano campagna. Non è una vera e propria falda, ma raggruppa un insieme di orizzonti acquiferi riscontrati in una sola stratigrafia e che non sono correlabili altrove. Non esistono quindi informazioni che permettano di analizzare questa falda con maggior dettaglio e di determinare la sua continuità nell'area di interesse. Solo esaminando la distribuzione dei pozzi privati che attingono a profondità superiori ai 310 metri si è visto come questa falda venga sicuramente molto sfruttata nella parte Sud di Scorzè ed in minor misura nella parte Sud di Preganziol. Per tale acquifero non è stato possibile quindi caratterizzarne la geometria.

Parametri idrogeologici

Sono state eseguite esclusivamente prove di pozzo, 2 su un unico pozzo acquedottistico a Sant'Ambrogio (area territoriale VESTA) e 3 su pozzi privati.

Dalle elaborazioni delle prove svolte si sono ottenuti i seguenti risultati:

$$\text{Tramissività} = 7,2\text{E-}03 \div 2,4\text{E-}02 \text{ m}^2/\text{s}$$

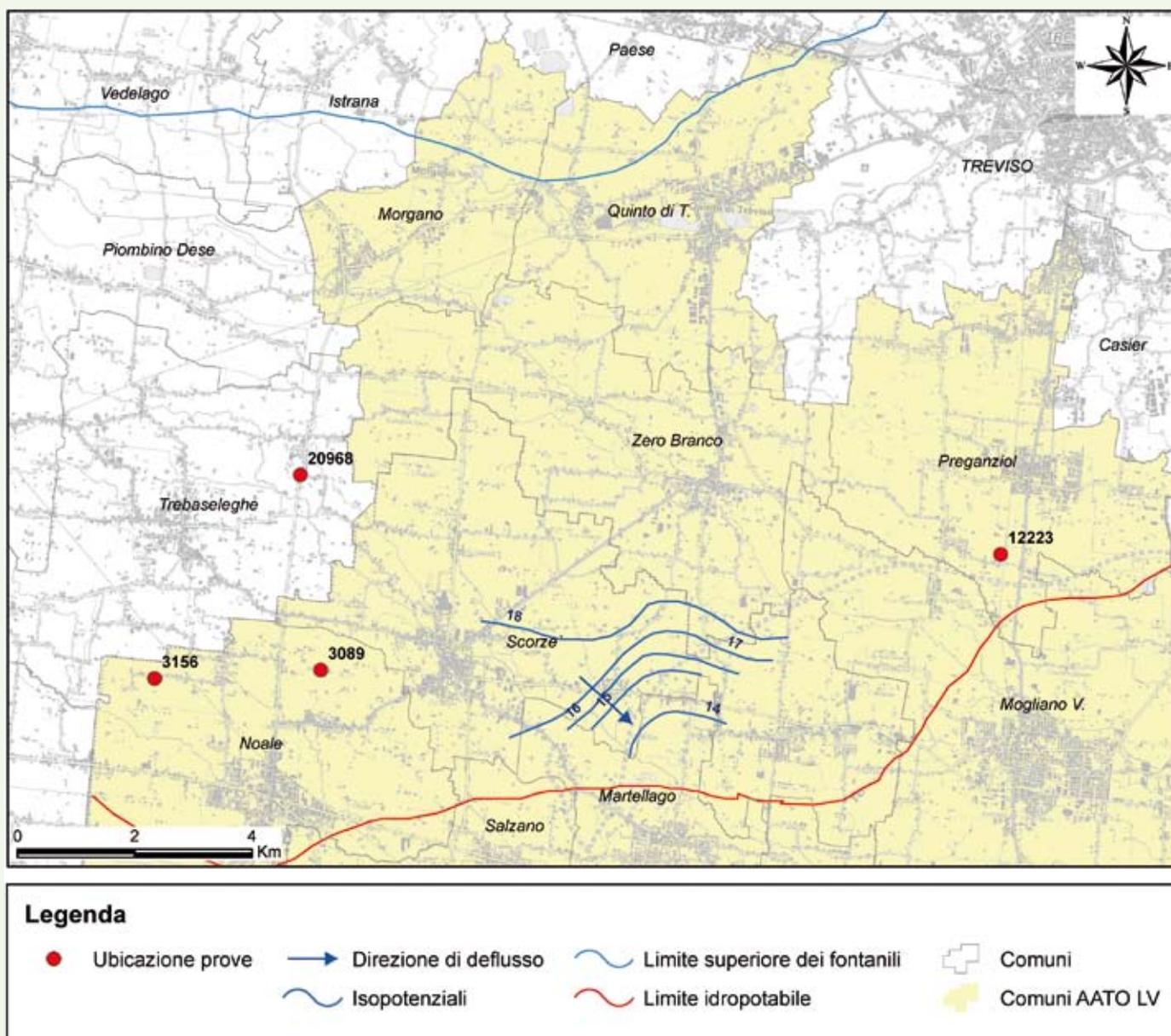
Livelli potenziometrici

Per questo acquifero i pozzi oltre i 310 metri di profondità misurabili, si trovano nella porzione più a Sud dell'area di risorsa idropotabile.

Le isopotenziali sono state ricostruite solo in una piccola porzione del territorio di Scorzè sulla base di 12 punti misurati e quotati (Figura 4.27).

Il gradiente idraulico calcolato è di 0,21%.

Cartografia di sintesi



Pozzo n°	Tipo di prova	T (m ² /s)
12223	Prova di pozzo	7,2E-03
20968	Prova di pozzo	2,4E-02 / 1,9E-02
3089	Prova di pozzo	7,2E-03
3156	Prova di pozzo	9,6E-03

Figura 4.27 - Carta di sintesi del decimo acquifero con isopotenziali, punti di prova e parametri idrogeologici.

4.2.3 Quadro idrogeologico di sintesi

L'analisi della geometria, dei parametri idrogeologici e della piezometria di ciascuno degli acquiferi presenti nel territorio dell'area di risorsa idropotabile, ha permesso di ottenere una caratterizzazione di quest'area, che per la prima volta fornisce una visione completa del sistema idrogeologico in esame.

Sulla base degli assetti delineati per ogni acquifero, di seguito si riportano i principali caratteri generali desunti dall'analisi svolta.

- Tutte le falde tendono a diminuire di spessore spostandosi grossomodo da Nord verso Sud ed alcune arrivano ad assottigliarsi di molto in prossimità del limite idropotabile.
- La maggior parte delle falde presentano una prevalenza al di sopra del piano campagna; le falde più sfruttate, ovvero la prima e la nona, in alcune zone presentano invece la piezometrica al di sotto del piano campagna.
- Le falde indagate hanno valori di trasmissività massima dell'ordine di 10^{-2} m²/s. Il valore di trasmissivi-

tà minima è dell'ordine di 10^{-3} m²/s. Dai valori di trasmissività quindi, e dalle stratigrafie disponibili, risulta che le litologie degli acquiferi sono caratterizzate in prevalenza da ghiaie in matrice di materiali a granulometria più fine, soprattutto nella parte più settentrionale dell'area, e da sabbie da grosse a fini altrove. Con le prove attualmente disponibili non si evidenziano nette diversità dei parametri idrogeologici tra le varie falde, più che altro questi tendono a modificarsi spostandosi da monte a valle all'interno di una stessa falda.

- L'analisi delle singole carte ad isopotenziali evidenzia che, pur manifestando tutte un flusso generale in direzione Nord-Ovest Sud-Est, gli acquiferi presentano tra loro sensibili differenze nelle direzioni di deflusso locale. Il gradiente idraulico si pone su valori attorno ad uno per mille, ma anche questo parametro mostra una specifica variabilità in funzione dell'acquifero misurato.

Una sintesi dei parametri dei singoli acquiferi è riportato in Tabella 4.15.

Acquifero	Prof. (m)	Volume acquifero (Mm ³)	Prev. su p.c. (m)	Trasmissività (m ² /s)	Coefficiente immagazzinamento	Gradiente idraulico %
I	15 - 60	6,1E+03	0 ÷ 1,1	9,2E-03 ÷ 6,1E-02	1,5E-06 ÷ 1,7E-03	0,10% ÷ 0,14%
II	65 - 90	2,3E+03	0 ÷ 1,0	5,6E-02 ÷ 6,4E-02	n.d.	n.d.
III	100 - 120	2,1E+03	0,9 ÷ 4,5	5,8E-03 ÷ 4,6E-02	n.d.	n.d.
IV	130 - 140	2,1E+03	0,1 ÷ 2,8	1,9E-02 ÷ 3,8E-01	2,5E-07 ÷ 7,6E-04	0,10% ÷ 0,15%
V	145 - 160	1,4E+03	0,5 ÷ 5,8	5,1E-03 ÷ 4,8E-02	n.d.	0,14% ÷ 0,16%
VI	180 - 200	2,2E+03	0,9 ÷ 6,7	4,4E-03 ÷ 2,1E-01	n.d.	n.d.
VII	210 - 220	2,1E+03	0,5 ÷ 5,1	5,5E-03 ÷ 1,2E-01	3,1E-05 ÷ 2,8E-04	0,10% ÷ 0,15%
VIII	230 - 260	2,6E+03	0,9 ÷ 5,7	9,3E-03 ÷ 6,0E-02	n.d.	0,08% ÷ 0,15%
IX	270 - 310	5,5E+03	0 ÷ 6,5	4,6E-03 ÷ 2,9E-01	1,2E-04 ÷ 1,5E-02	0,06% ÷ 0,21%
X	> 310	n.d.	1,9 ÷ 5,6	7,2E-03 ÷ 2,4E-02	n.d.	0,21%

Tabella 4.15 - Tabella riassuntiva dei "range" di valori dei vari parametri misurati per i diversi acquiferi.

I campi pozzi acquedottistici dell'ATO Laguna di Venezia e le zone di rispetto

5.1 I punti di prelievo e le loro caratteristiche

Il sistema acquedottistico presente nel territorio dell'ATO Laguna di Venezia è gestito attualmente da Veritas S.p.a., che

raggruppa le precedenti gestioni municipalizzate ACM (Riviera del Brenta e Miranese), ASP (Chioggia), SPIM (Mogliano Veneto) e VESTA (Venezia). Nella presente trattazione, per ragioni di semplicità e di continuità, il sistema acquedottistico

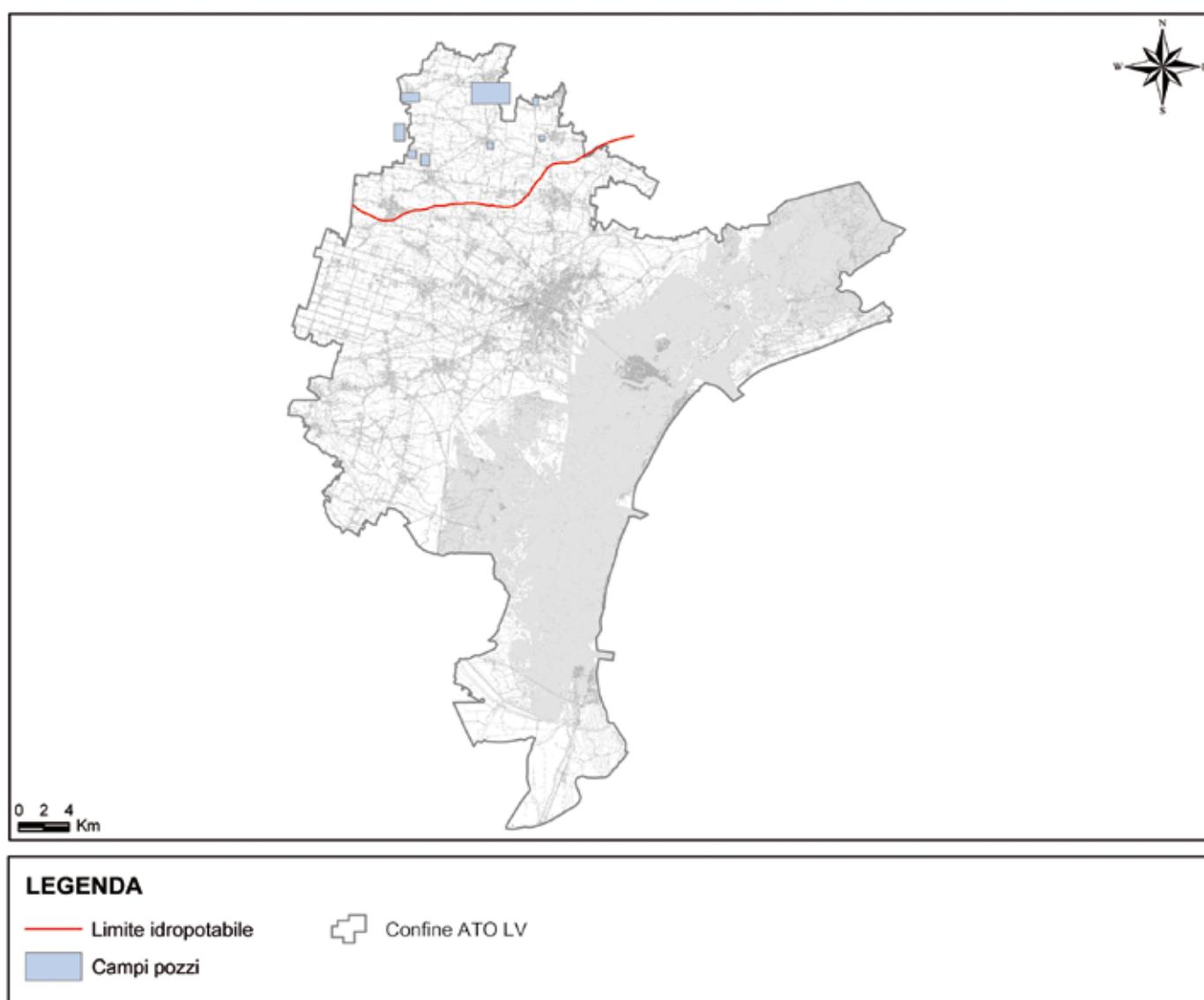


Figura 5.1 - Ubicazione degli campi pozzi gestiti da Veritas S.p.A.

co viene affrontato per aree territoriali (Venezia, Riviera del Brenta - Miranese, Chioggia e Mogliano Veneto), corrispondenti alle precedenti gestioni.

I campi pozzi ad utilizzo acquedottistico gestiti da Veritas S.p.A. sono collocati nella fascia degli acquiferi in pressione (parte meridionale della provincia di Treviso e settentrionale di quella di Venezia) della media pianura, appartenente all'area di risorsa idropotabile precedentemente definita.

I campi pozzi sono localizzati nei Comuni di Trebaseleghe (PD), Morgano (TV), Quinto di Treviso (TV), Zero Branco (TV), Scorzé (VE), Preganziol (TV) e Treviso, come riportato nella Figura 5.1.

I comuni di Trebaseleghe e Treviso non sono compresi entro i confini dell'ATO Laguna di Venezia, questo comporta limitati problemi amministrativi e gestionali aggiuntivi.

In questo paragrafo si sintetizzano le caratteristiche idrogeologiche e costitutive dei campi pozzi suddivisi per le tre aree territoriali di Veritas in cui essi si collocano (l'area territoriale di Chioggia non dispone di campi pozzi).

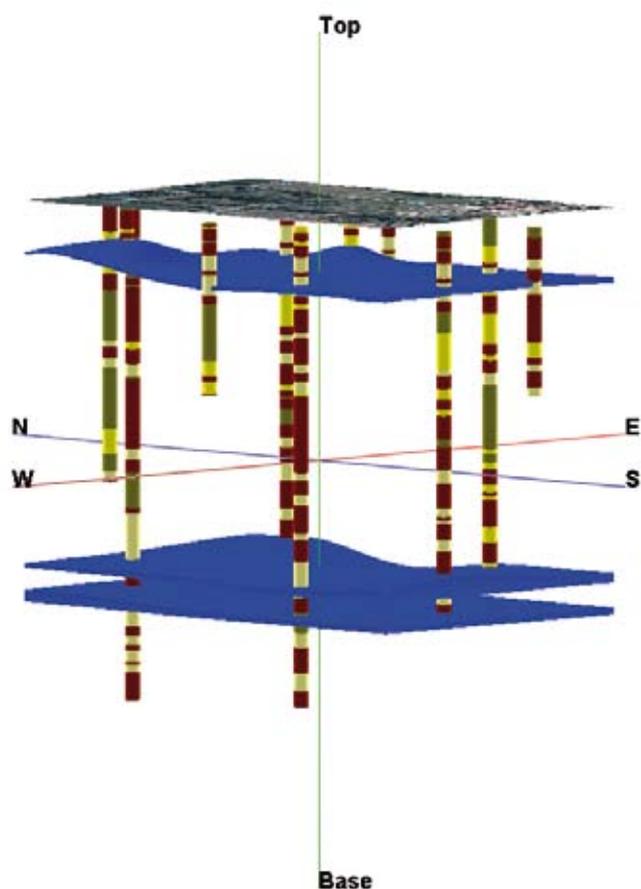


Figura 5.2 - Ricostruzione tridimensionale degli acquiferi intercettati nel campo pozzi di Rio San Martino.

5.1.1 Area territoriale "Riviera del Brenta-Miranese"

L'area territoriale "Riviera del Brenta-Miranese" viene attualmente fornita dal campo pozzi di Rio San Martino in comune di Scorzé (VE).

Il campo pozzi comprende 23 pozzi, di cui 11 attualmente attivi e terebrati nel periodo 1937-1985. I pozzi presentano diametri variabili, dai 225 mm fino ai 1000 mm e profondità che vanno da 26 fino a 370 metri (Figura 5.3). Gli acquiferi captati sono acquiferi in pressione, tendenzialmente artesiani tuttavia alcuni pozzi sono dotati di pompe di sollevamento.

Questi pozzi attingono da tre diversi intervalli di profondità corrispondenti al primo, settimo e nono acquifero (Figura 5.2). Il primo acquifero (60 m), è il più sfruttato e, pur non essendo artesiano, fornisce la maggior parte d'acqua grazie al suo consistente spessore. Il settimo acquifero (226 m) è intercettato solo da due pozzi, uno dei quali attinge anche dal nono acquifero (300 m), che a sua volta viene sfruttato anche da altri quattro pozzi. Oltre a questi c'è un altro pozzo multifiltro (non ancora in rete) che attinge sia dal IX che dal X acquifero.

Acquifero	N° pozzi	Località
I	4	Rio San Martino
VII	1 (+1 multifiltro)	
IX	4 (+ 2 multifiltro)	

Tabella 5.1 - Elenco degli acquiferi sfruttati e numero di pozzi relativi.

Il campo pozzi ha una produzione complessiva annua (periodo analizzato 2006-2008) di circa 30 Mm³/anno.

All'interno del campo pozzi di Rio San Martino è stato possibile effettuare due campagne di prove testando il I e il IX acquifero; i parametri idrogeologici dedotti dalle prove di falda condotte sono riportati nella Tabella 5.2.

Acquifero	T (m ² /s)	S	Località
I	5,58E-02	5,50E-05	Rio San Martino
IX	2,30E-01	1,27E-04	

Tabella 5.2 - Risultati delle prove di falda realizzate per gli acquiferi sfruttati: trasmissività (T) e immagazzinamento (S).

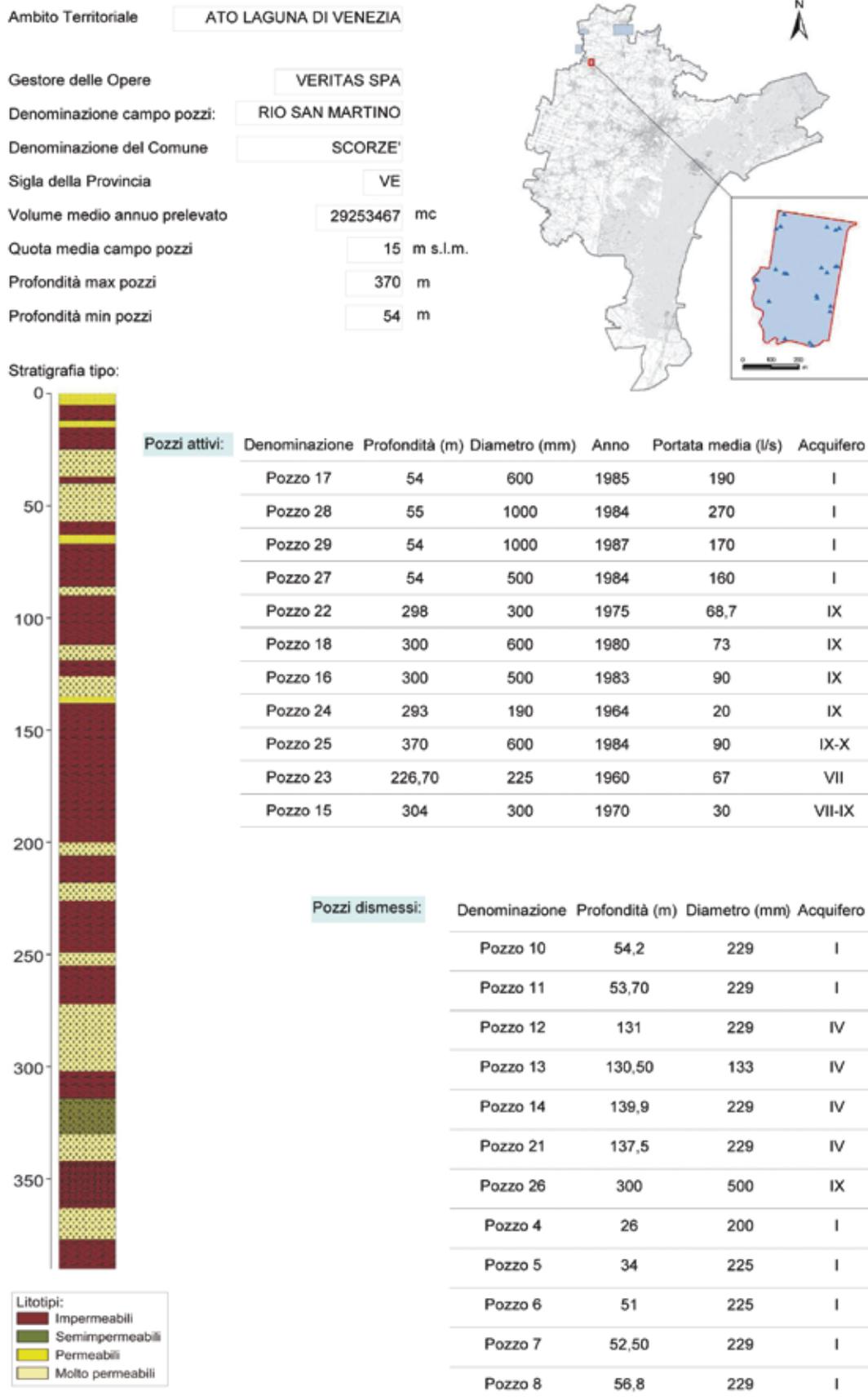


Figura 5.3 - Scheda di sintesi del campo pozzi di Rio San Martino.

5.1.2 Area territoriale "Mogliano Veneto"

L'area territoriale "Mogliano Veneto" viene attualmente servita da 7 pozzi, 2 nel campo pozzi di Preganziol - Via Marconi (Figura 5.5) e 5 ubicati nel campo pozzi di San Trovaso a Treviso (Figura 5.6). I pozzi attingono a diverse profondità, interessando il quarto, quinto, settimo, ottavo e nono acquifero (Figura 5.4 e Tabella 5.3).

I pozzi terebrati nei due lotti sono stati realizzati tra gli anni 1960-1997. I pozzi hanno diametri compresi tra 150 mm e 450 mm. Le profondità a cui si spingono vanno da 140 metri fino a 300 metri. L'utilizzo avviene in erogazione spontanea salvo per due pozzi di San Trovaso in cui è presente la pompa sommersa.

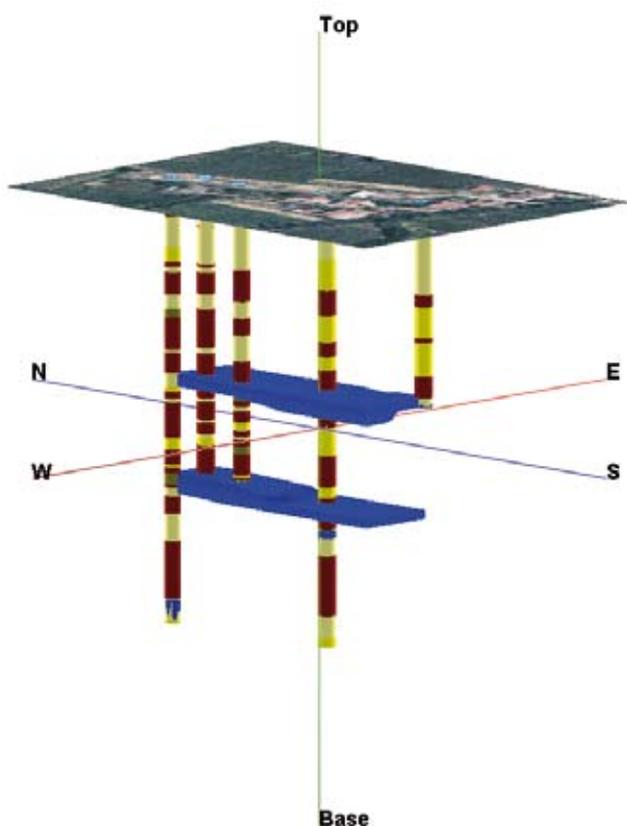


Figura 5.4 - Modelli tridimensionale del campo pozzi di San Trovaso.

Acquifero	n° pozzi	Località
IV	1	San Trovaso
V	1	Via Marconi
VII	2	San Trovaso
VIII	1	San Trovaso
	1	Via Marconi
IX	1	San Trovaso

Tabella 5.3 - Tabella riassuntiva degli acquiferi intercettati dai pozzi in area territoriale "Mogliano Veneto".

L'acqua mediamente emunta tra gli anni 2006 e 2008 è pari a 4 Mm³/anno per il campo pozzi di San Trovaso e 1 Mm³/anno per il campo pozzi di Via Marconi a Preganziol (TV).

Anche per l'area territoriale "Mogliano Veneto" è stato possibile eseguire due campagne di prove, una a novembre ed una a dicembre 2007.

Le prove sono state svolte solo per i pozzi della settima e ottava falda, nel campo pozzi di San Trovaso, come riportato nella Tabella 5.4.

Acquifero	T (m ² /s)	S	Località
VII	4,09E-02	2,10E-04	San Trovaso
VIII	6,02E-02		

Tabella 5.4 - Risultati delle prove di falda realizzate per gli acquiferi sfruttati: trasmissività (T) e immagazzinamento (S).



Figura 5.5 - Scheda di sintesi del campo pozzi di Via Marconi.

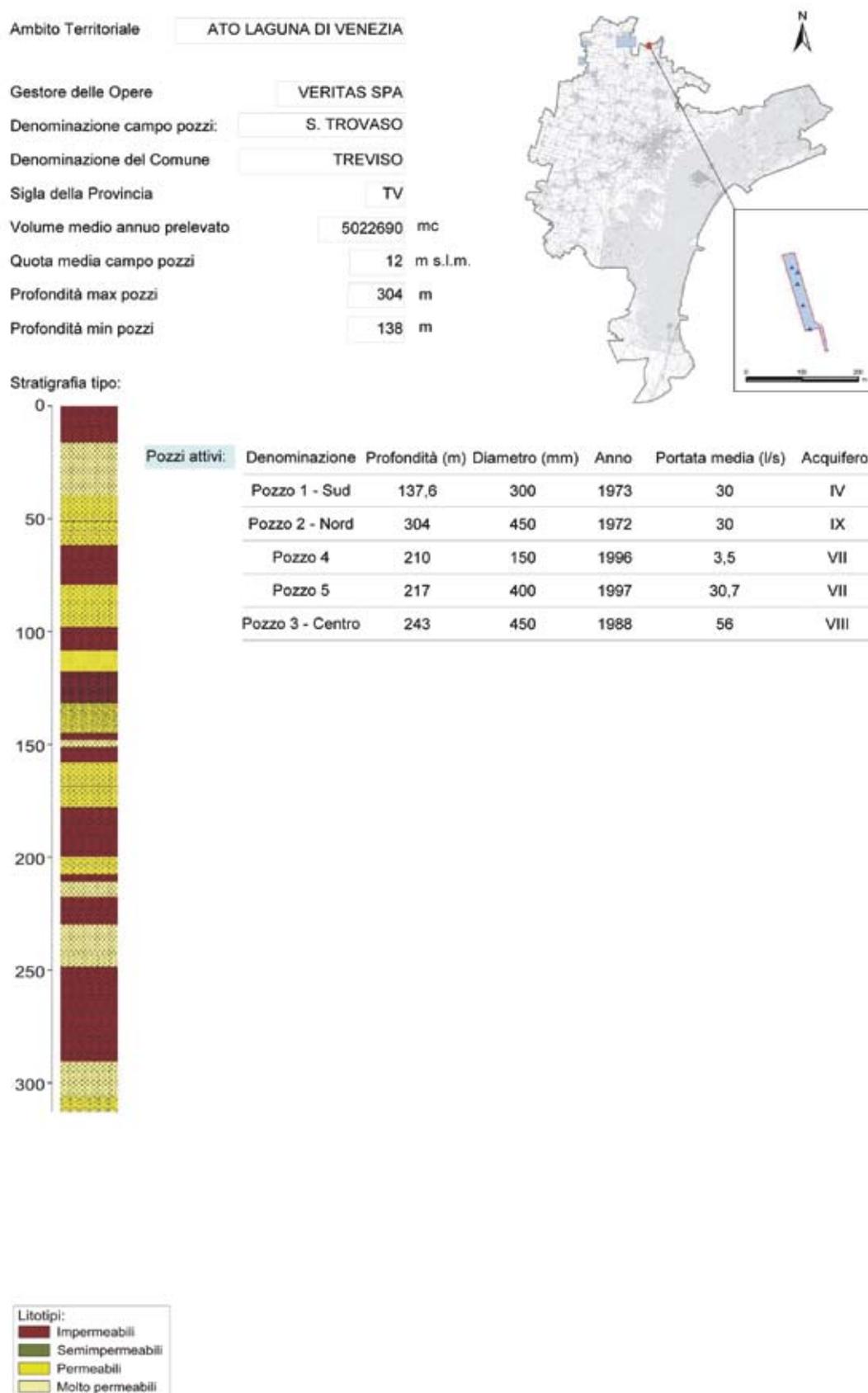


Figura 5.6 - Scheda di sintesi del campo pozzi di S. Trovaso.

5.1.3 Area territoriale "Venezia"

L'area territoriale "Venezia" possiede cinque campi pozzi siti nei comuni di Scorzè (VE), Morgano (TV), Trebaseleghe (PD), Quinto di Treviso (TV) e Zero Branco (TV). Attualmente la rete fornisce acqua al comune di Venezia, al comune di Chioggia e, in parte, al comune di Quinto di Treviso.

Veritas possiede 44 pozzi attivi che attingono a diverse profondità: al primo acquifero a Badoere, Canove e Zero Branco, al quarto acquifero a Quinto di Treviso e Zero Branco, al quinto, settimo e ottavo acquifero a Zero Branco, al nono acquifero a Quinto di Treviso, Sant'Ambrogio e Zero Branco e al decimo acquifero a Sant'Ambrogio (Figura 5.7).

Di seguito si riporta la Tabella 5.5, riassuntiva degli acquiferi intercettati dai pozzi nei vari campi pozzi dell'area territoriale "Venezia".

Il campo pozzi di Quinto di Treviso (TV) comprende 19 pozzi terebrati tra il 1958 e il 1995, distribuiti in un territorio molto esteso. I pozzi che sfruttano il quarto acquifero hanno un diametro di 300 mm, mentre quelli del nono hanno un diametro variabile tra 300 mm e 600 mm (Figura 5.8).

Vengono utilizzati tutti in continuo e l'acqua emunta è pari a 26 Mm³/anno.

Il campo pozzi di Zero Branco (TV) è composto da 11 pozzi, 9 profondi 30 metri e 2 profondi 300 metri come riportato nella Figura 5.9. I pozzi più superficiali hanno un diametro di 125

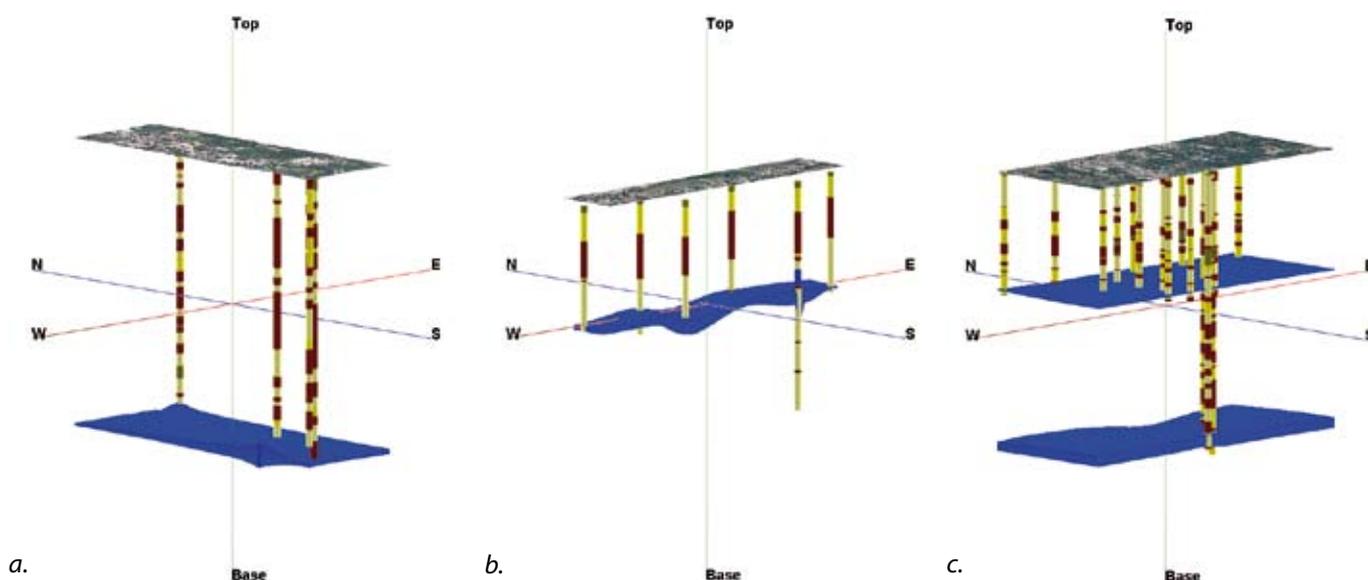


Figura 5.7 - Modelli tridimensionale del campo pozzi di Quinto di Treviso (a), Badoere (b) e Sant'Ambrogio (c).

Acquifero	n° pozzi	Località
I	5	Badoere
	2	Canove
	9	Zero Branco
IV	15	Quinto di Treviso
	1 (multifiltro)	Zero Branco
V	1 (multifiltro)	Zero Branco
VII	1 (multifiltro)	Zero Branco
VIII	1 (multifiltro)	Zero Branco
IX	5	Sant'Ambrogio
	2 (multifiltro)	Zero Branco
	4	Quinto di Treviso
X	2	Sant'Ambrogio

Tabella 5.5 - Tabella riassuntiva degli acquiferi intercettati dai pozzi in area territoriale "Venezia".

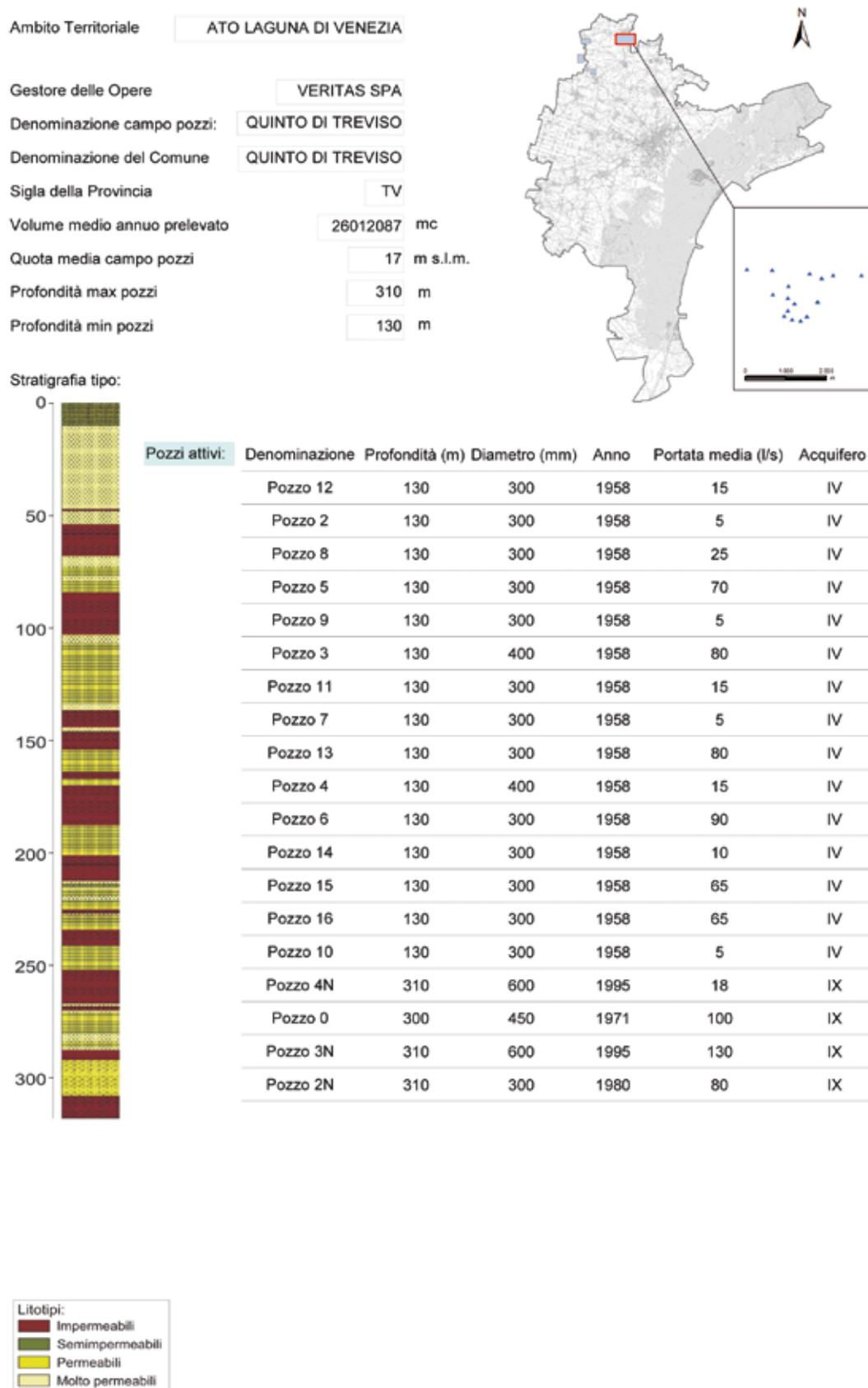


Figura 5.8 - Scheda di sintesi del campo pozzi di Quinto di Treviso.

mm e vengono sfruttati in risalianza naturale, mentre quelli a 300 metri, con un diametro di 500 mm, sono dotati di pompa sommersa.

L'acqua prodotta annualmente dai pozzi corrisponde a 3 Mm³/anno.

Il campo pozzi di Morgano (TV) comprende 5 pozzi terebrati nel periodo 1954-1988. I rivestimenti hanno diametri dell'ordine dei 300 mm (Figura 5.10). Tutti i pozzi sfruttano l'acquifero più superficiale, infatti il pozzo più profondo raggiunge 40 metri di profondità, e tutti sono dotati di pompe sommerse.

La produzione complessiva è di circa 10 Mm³/anno.

Il campo pozzi di Sant'Ambrogio di Trebaseleghe (PD) è il più antico, venne realizzato infatti a partire dal 1889 (Figura 5.11). Fino a circa 10 anni fa consisteva in 281 pozzi a piccolo diametro che sfruttavano la prima falda confinata. Attualmente sono in uso 7 pozzi, tutti con profondità di circa 300 m e tutti salienti.

Il diametro medio è di 600 mm, e producono annualmente 7 Mm³ d'acqua.

Il campo pozzi di Canove in Comune di Scorzé (VE) è limitato a due pozzi, realizzati nel 1987, in sostituzione di quelli molto vecchi preesistenti (Figura 5.12). Hanno diametro di 500 mm, sono fenestrati tra i 45 e i 53 m di profondità e consentono

Acquifero	T (m ² /s)	S	Località
I	1,89E-02	9,23E-04	Canove
I	1,91E+00	1,54E-06	Badoere
IV	6,37E-01	8,09E-07	Quinto
IX	6,00E-02		Sant'Ambrogio
IX	8,56E-02		Quinto
X	2,15E-02		Sant'Ambrogio

Tabella 5.6 - Risultati delle prove di falda realizzate per gli acquiferi sfruttati: trasmissività (T) e immagazzinamento (S).

una produzione complessiva del campo pozzi di circa 8 Mm³/anno.

Le prove idrogeologiche sono state eseguite sul primo, quarto, nono e decimo acquifero. Non è stato possibile studiare le caratteristiche degli altri acquiferi in quanto intercettati soltanto dai due pozzi multifiltro ubicati nel campo pozzi di Zero Branco.

Le prove hanno coinvolto i pozzi di Badoere, Canove, Quinto di Treviso e Sant'Ambrogio, ed i risultati vengono riportati nella Tabella 5.6.

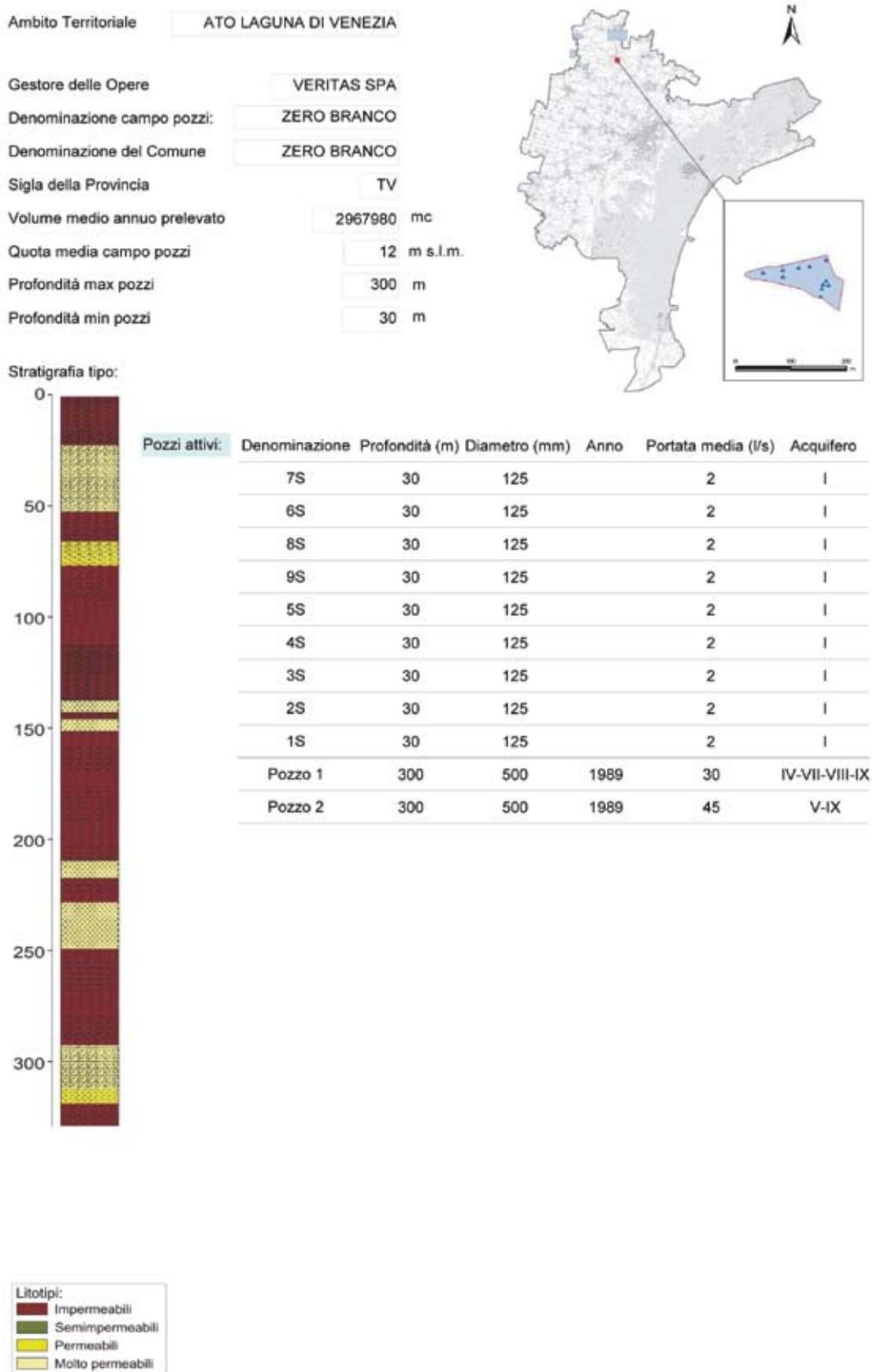
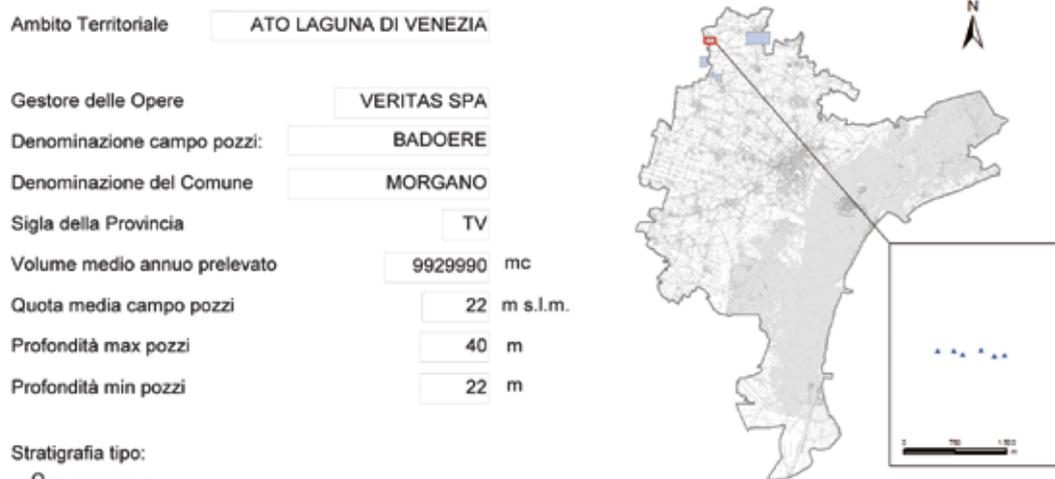


Figura 5.9 - Scheda di sintesi del campo pozzi di Zero Branco.



Pozzi attivi:	Denominazione	Profondità (m)	Diametro (mm)	Anno	Portata media (l/s)	Acquifero
	Pozzo 3	25	240	1954	30	I
	Pozzo 6	22	300	1954	60	I
	Pozzo 1	25	300	1954	70	I
	Pozzo 5	40	500	1988	110	I
	Pozzo 2	23	300	1954	60	I

Pozzi dismessi:	Denominazione	Profondità (m)	Diametro (mm)	Acquifero
	Pozzo 4	23	300	I

Litotipi:	
■	Impermeabili
■	Semipermeabili
■	Permeabili
■	Molto permeabili

Figura 5.10 - Scheda di sintesi del campo pozzi di Badoere.

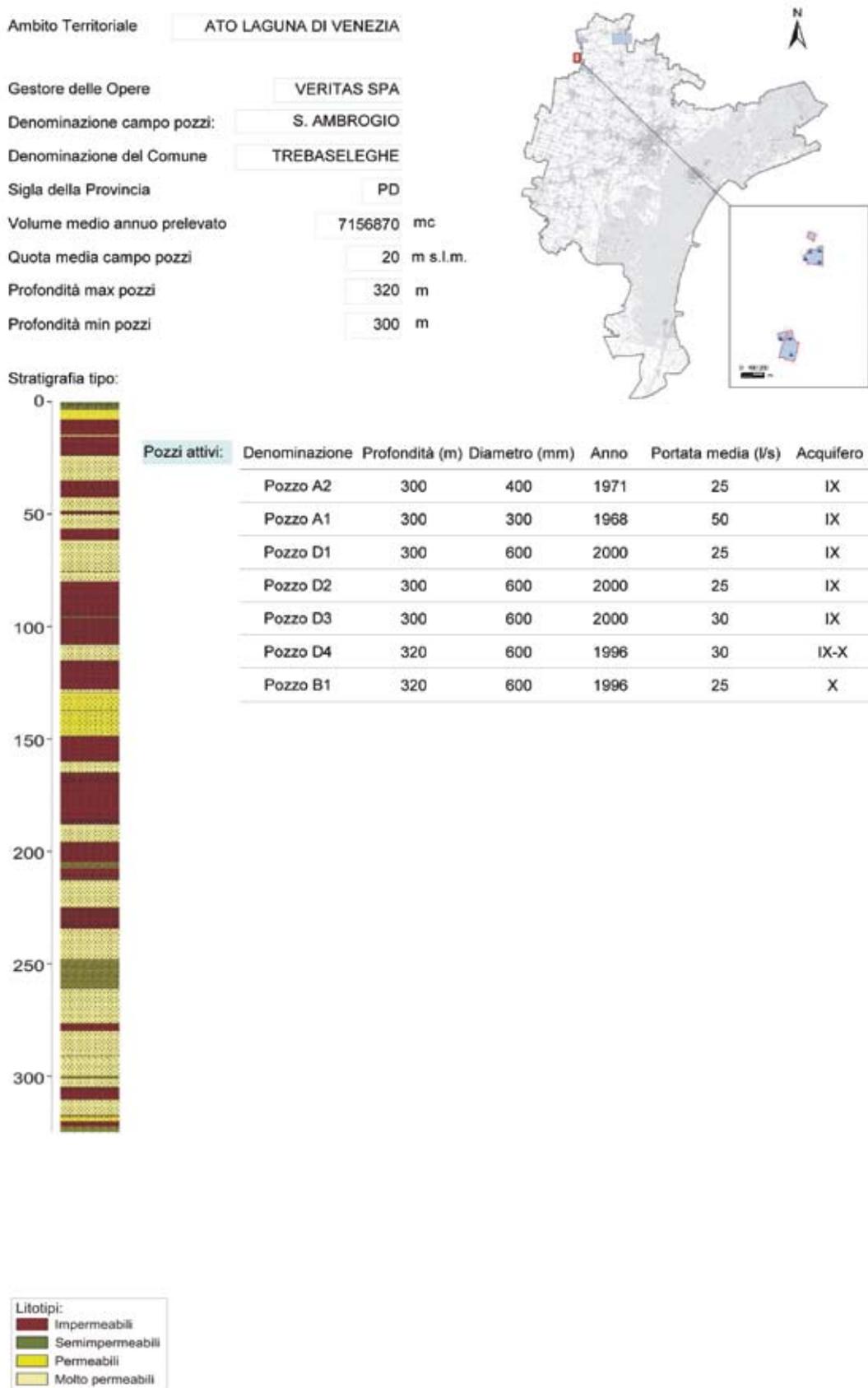
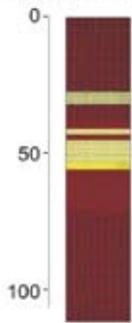


Figura 5.11 - Scheda di sintesi del campo pozzi di S. Ambrogio.



Stratigrafia tipo:



Pozzi attivi:	Denominazione	Profondità (m)	Diametro (mm)	Anno	Portata media (l/s)	Acquifero
	Pozzo 1(Sx)	55	500	1987	130	I
	Pozzo 2(Dx)	55	500	1987	130	I



Figura 5.12 - Scheda di sintesi del campo pozzi di Canove.

5.2 Le zone di rispetto

5.2.1 Metodologia

La caratterizzazione idrogeologica di tutti i campi pozzi acquedottistici, illustrata nelle parti precedenti ha permesso di disporre della base dati necessaria per la delimitazione delle zone di rispetto previste dall'art. 94 del D.Lgs. 152/06.

L'introduzione delle aree di salvaguardia, quale strumento di protezione della risorsa idrica captata, ha lo scopo di determinare l'estensione della tutela, i vincoli d'uso e i controlli delle attività e si inserisce nell'ottica di garantire "[...] che il soddisfacimento dei bisogni delle generazioni attuali non possa compromettere la qualità della vita e le possibilità delle generazioni future" (Art.3-quater del D.Lgs. 152/06).

Nel capitolo 1 si è richiamata la normativa relativa alle aree di salvaguardia, le quali vengono distinte in: zone di tutela assoluta, zone di rispetto e zone di protezione.

La *zona di tutela assoluta* rappresenta l'area immediatamente circostante all'opera di derivazione idrica e la sua estensione è indicata in almeno 10 metri di raggio dal punto di captazione. All'interno dell'area di tutela assoluta sono consentite solo le attività funzionali alla gestione e manutenzione degli impianti.

La *zona di rispetto* costituisce la fascia di territorio circostante la zona di tutela assoluta, all'interno della quale la regolamentazione delle attività antropiche si pone l'obiettivo di salvaguardare la qualità e la quantità delle acque captate.

La *zona di protezione* è la zona più esterna alle precedenti ed è delimitabile solo in base ad uno studio idrogeologico che comprenda tutta l'area di alimentazione dell'opera di captazione o l'area di ricarica della falda.

Le linee guida vigenti¹, a cui si rimanda per i dettagli, prevedono per la delimitazione della zona di rispetto, tre diversi criteri:

Criterio geometrico: applicato per l'individuazione della zona di tutela assoluta (raggio 10 m) e, in fase transitoria, per la delimitazione delle zone di rispetto (raggio 200 m);

Criterio cronologico: basato sul tempo di sicurezza, in genere posto uguale a 60 giorni per la "zona di rispetto ristretta", si applica in prevalenza per la delimitazione definitiva della zona di rispetto dei pozzi;

Criterio idrogeologico: usualmente riservato alle zone di protezione e alle zone di rispetto dei pozzi in condizioni idrogeologiche particolari, ovvero ove si disponga di una conoscenza approfondita dei fenomeni di circolazione idrica sotterranea.

Il caso in esame ricade tra quelli in cui appare maggiormente idoneo il *criterio cronologico*.

La Regione Veneto nel Piano di Tutela delle Acque (art. 15 delle norme tecniche di attuazione), in relazione a quanto previsto dall'articolo 94 del D.Lgs. 152/2006, ha definito alcu-

ne specifiche previsioni e l'iter amministrativo da seguire.

In relazione alla specifica situazione idrogeologica dell'ATO Laguna di Venezia, va in particolare citato il comma 5 che, approfondendo quanto già previsto dalle linee guida del 2002, prevede: "in relazione all'assetto stratigrafico del sottosuolo, la zona di rispetto ristretta e allargata, può coincidere con la zona di tutela assoluta qualora l'acquifero interessato dall'opera di presa abbia almeno le seguenti caratteristiche: acquifero confinato al tetto da strati geologici costituiti da argille, argille limose e comunque sedimenti dei quali siano riconosciute le proprietà di bassa conducibilità idraulica, tali da impedire il passaggio dell'acqua per tempi superiori ai 40 anni, con continuità areale che deve essere accertata per una congrua estensione tenuto conto dell'assetto idrogeologico locale."

Tale situazione si riscontra in molti dei campi pozzi dell'AA-TO, tuttavia va osservato che la vulnerabilità idrogeologica all'inquinamento delle opere di captazione è legata a due tipologie di vulnerabilità:

1. *vulnerabilità verticale*: nella specifica situazione idrogeologica in cui versano le opere di captazione nell'ATO Laguna di Venezia è generalmente trascurabile sulla verticale del singolo pozzo, in quanto tra il tratto filtrante del pozzo e il piano campagna ci sono frapposti livelli, anche di diverse decine di metri di spessore, di sedimenti a bassa permeabilità; in questo contesto geologico, contaminazioni provenienti direttamente dalla superficie possono interessare la falda captata solo in presenza di situazioni di difetto od errato completamento del pozzo o di interconnessioni di origine antropica;
2. *vulnerabilità orizzontale*: si manifesta in acquiferi in cui prevale il moto orizzontale della falda, la quale è in grado di trasferire inquinamenti provenienti da aree soggette a vulnerabilità verticale.

La Figura 5.13 schematizza in modo semplificato la possibilità di migrazione di un inquinante dall'acquifero libero a quello confinato.

Quindi se la vulnerabilità idrogeologica sulla verticale del singolo pozzo è generalmente nulla, la vulnerabilità orizzontale non lo è affatto.

Di conseguenza, anche per i campi pozzi ATO è stato necessario delimitare le zone di rispetto, sia per regolamentare le attività potenzialmente interferenti con la qualità delle acque sotterranee, sia per progettare adeguatamente le reti di monitoraggio di allarme dei campi-pozzi, nell'ottica di una "protezione dinamica" dell'acquifero².

In sintesi, come risulterà dalle elaborazioni riportate nei paragrafi successivi, il comma 5 dell'art. 15 delle NTA del Piano di Tutela delle Acque è stato adattato alla specifica situazione geologica ed antropica del territorio in esame. Infatti, molte

¹ Sancite dalla Conferenza permanente Stato/Regioni-Accordo del 12 dicembre 2002 e pubblicate sulla G.U. 31 gennaio 2003, n.2

² Le linee guida del 2002 danno la seguente definizione di protezione dinamica: è costituita dall'attivazione e gestione di un preordinato sistema di monitoraggio delle acque in afflusso alle captazioni in grado di verificarne periodicamente i fondamentali parametri quantitativi e qualitativi e di consentire con sufficiente tempo di sicurezza la segnalazione d'eventuali loro variazioni significative.

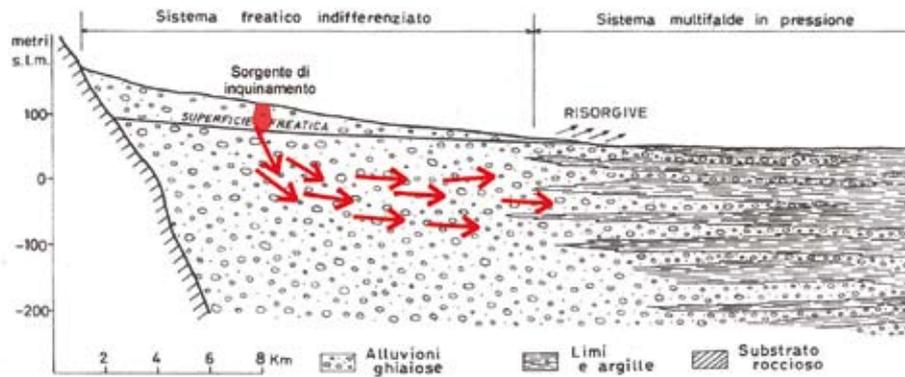


Figura 5.13 - Schematizzazione della propagazione di un inquinante dall'acquifero libero (area di ricarica) ad un acquifero confinato (sistema multifalde in pressione).

delle attività vietate dalla normativa all'interno delle zone di rispetto elencate nel comma 4 dell'art. 94, non possono avere impatti sulle acque sotterranee prelevate dagli acquedotti dell'ATO. Tuttavia esistono opere quali ad esempio pozzi per acqua, sonde geotermiche ed altri metodi di geoscambio, sistemi di restituzione di acque, opere in sotterraneo, etc. che possono interferire con le acque utilizzate a scopo acquedottistico e che quindi vanno normate in relazione a questo uso, che riveste carattere di priorità.

In pratica, quindi, la delimitazione delle zone di rispetto, nel caso in esame, è stata legata ad una proposta di normativa appositamente adattata in funzione delle caratteristiche idrogeologiche dei singoli campi-pozzi.

In merito alla perimetrazione delle zone di rispetto, la normativa indica un tempo di sicurezza di 60 giorni (zone di rispetto ristrette) oppure di 180 o 365 giorni (le zone di rispetto allargate), a seconda dell'entità del rischio e della vulnerabilità della risorsa; nella situazione specifica il limite di ciascuna zona di rispetto è stato fatto corrispondere all'isocrona 60 giorni (zona di rispetto ristretta), dove per isocrona si intende la "linea che congiunge i punti d'uguale tempo d'arrivo delle particelle d'acqua ad un'opera di captazione con un percorso attraverso il mezzo saturo".

La metodologia scelta si basa su quanto indicato nelle linee guida. Le linee guida prevedono come primo ed ovvio passaggio una adeguata ricostruzione geologica ed idrogeologica dell'acquifero.

Sinteticamente la metodologia basata sul criterio cronologico con un tempo di sicurezza di 60 giorni prevede:

1. ricostruzione dei livelli potenziometrici (campo di moto di ciascun acquifero);
2. tracciamento delle linee di flusso tenendo conto delle distorsioni indotte dal funzionamento dei campi pozzi acquedottistici;
3. parametrizzazione idrogeologica;
4. tracciamento delle isocrone;
5. identificazione delle aree;
6. applicazione normativa.

Le linee guida impongono che i parametri previsti per i calcoli (ad esempio il coefficiente di permeabilità) derivino da prove in situ.

In particolare occorre essere in possesso della portata di prelievo dall'acquifero, la quota del tetto dell'acquifero, la direzione di deflusso, il gradiente idraulico, la conducibilità idraulica e la porosità efficace.

Nel caso in esame tali parametri sono stati calcolati per tutti gli acquiferi interessati da prelievi acquedottistici.

Definiti i parametri idrogeologici degli acquiferi, i tempi di transito delle acque sotterranee sono ricavati indirettamente dalla velocità reale di deflusso (v). Essa dipende dal gradiente idraulico (i), dal coefficiente di permeabilità dell'acquifero (k) e dalla porosità efficace (n_e), secondo la seguente formula:

$$v = \frac{k i}{n_e}$$

I dati di base necessari per la delimitazione delle zone di rispetto sono quindi quelli derivanti dalla caratterizzazione di ciascun acquifero presentati nel capitolo precedente.

Alternativamente, la delimitazione delle zone di rispetto può essere effettuata utilizzando specifici strumenti modellistici con cui elaborare i risultati della caratterizzazione idrogeologica. Nell'ambito del presente studio è stato utilizzato un codice di calcolo alle differenze finite (MODFLOW) per uno specifico approfondimento delle condizioni idrodinamiche delle falde intercettate nei campi pozzi ricadenti in comune di Scorzé, al fine di simulare l'influsso di estrazioni che avvengono nelle immediate vicinanze dei campi pozzi sui livelli potenziometrici dei pozzi acquedottistici.

5.2.2 Dati di input e calcolo delle isocrone a 60 giorni

5.2.2.1 Direzione di deflusso e gradiente idraulico

L'analisi delle singole carte ad isopotenziali ha permesso di ricavare la direzione di deflusso ed il gradiente idraulico nelle vicinanze dei campi pozzi.

Nella tabella riassuntiva seguente si evidenzia che, pur in un quadro di generale direzione di deflusso da Nord-Ovest verso Sud-Est, gli acquiferi presentano localmente direzioni distinte tra loro in funzione anche dell'attività estrattiva dei campi pozzi.

Il gradiente idraulico si pone su valori attorno all'uno per mille, ma anche questo parametro mostra una specifica variabilità in funzione dell'acquifero misurato.

I gradienti idraulici dedotti dalle carte potenziometriche sono sintetizzati nella Tabella 5.7.

Secondo la legge di Darcy, il prelievo di acque sotterranee induce, a parità di condizioni, un aumento del gradiente idraulico stesso, infatti:

$$Q = T i L$$

dove:

Q = portata (m³/s)

T = trasmissività (m²/s)

i = gradiente idraulico

L = larghezza della sezione di flusso (m)

La valutazione approfondita dei risultati delle prove di falda ha permesso di confermare che la portata emunta dai grossi centri di estrazione modifica chiaramente il gradiente idraulico. Il gradiente idraulico quindi non è costante in tutto il territorio, ma risulta alterato nelle zone dove c'è un maggior

Acquifero	Direzione di Deflusso	Gradiente Idraulico	Campi Pozzi
I	N131°E	0,13%	ACM (Scorzé)
I	N131°E	0,10%(*)	VESTA (Badoere)
I	N131°E	0,14%	VESTA (Canove)
I	N141°E	0,11%	VESTA (Zero Branco)
IV	N137°E	0,15%	SPIM (Treviso)
IV	N114°E	0,10%	VESTA (Quinto)
IV	N132°E	0,12%	VESTA (Zero Branco)
V	N142°E	0,16%	SPIM (Preganziol)
V	N137°E	0,14%	VESTA (Zero Branco)
VII	n.d.	0,10%(*)	ACM (Scorzé)
VII	N161°E	0,10%	SPIM (Treviso)
VII	N152°E	0,15%	VESTA (Zero Branco)
VIII	N167°E	0,08%	SPIM (Treviso)
VIII	N167°E	0,08%	SPIM (Preganziol)
VIII	N136°E	0,15%	VESTA (Zero Branco)
IX	N161°E	0,21%	SPIM (Treviso)
IX	N147°E	0,10%	ACM (Scorzé)
IX	n.d.	0,10%(*)	VESTA (Quinto)
IX	N147°E	0,06%	VESTA (Trebaseleghe)
IX	N122°E	0,21%	VESTA (Zero Branco)
X	n.d.	0,21%**)	VESTA (Trebaseleghe)

(*) Gradiente naturale da bibliografia

(**) Il gradiente considerato corrisponde a quello della falda sovrastante (IX acquifero).

Tabella 5.7 - Tabella riassuntiva delle direzioni di deflusso e dei gradienti idraulici per ciascun acquifero nelle vicinanze dei pozzi acquedottistici.

prelievo d'acqua. In considerazione di ciò, si è ritenuto necessario effettuare una valutazione del gradiente idraulico "indotto" dai pompaggi per i campi pozzi in cui era possibile realizzare le prove di falda in condizione di massimo richiamo. Quindi la stima è stata ottenuta considerando lo sfruttamento simultaneo di tutti i pozzi del campo filtranti lo stesso acquifero e la Trasmissività (T) ricavata dalle prove di falda. Questi gradienti sono da ritenersi più adeguati alla definizione delle zone di rispetto nonché più cautelativi rispetto a quelli dedotti dalle carte potenziometriche di area vasta, in quanto considerano il massimo richiamo che il campo pozzi può imporre all'acquifero.

Acquifero	Gradiente Idraulico I (Indotto)	Campi Pozzi
I	0,50%	ACM (Scorzé)
I	0,10%	VESTA (Badoere)
I	0,50%	VESTA (Canove)
IV	0,11%	VESTA (Quinto)
VII	0,24%	SPIM (Treviso)
IX	0,18%	ACM (Scorzé)

Tabella 5.8 - Tabella riassuntiva dei gradienti idraulici indotti dai pompaggi nelle aree di estrazione.

Acquifero	Campi Pozzi	Conducibilità Idraulica K (m/s)	Gradiente Idraulico I	Porosità Efficace n_e	Velocità (m/s)	Velocità (m/g)	Isocrona 60 gg (m)
I	ACM (Scorzé)	3,3E-03	0,50%	0,12	1,38E-04	11,88	713
I	VESTA (Badoere)	7,3E-02	0,10%	0,12	6,11E-04	52,78	3167
I	VESTA (Canove)	1,9E-03	0,50%	0,12	7,88E-05	6,8	408
I	VESTA (Zero Branco)	2,6E-03	0,11%	0,12	2,45E-05	2,06	124
IV	SPIM (Treviso)	2,8E-03	0,15%	0,12	3,50E-05	3,02	181
IV	VESTA (Quinto)	6,4E-02	0,11%	0,12	5,84E-04	50,42	3025
IV	VESTA (Zero Branco)	4,3E-03	0,12%	0,12	4,49E-05	3,72	223
V	SPIM (Preganziol)	1,5E-03	0,16%	0,12	2,00E-05	1,73	104
V	VESTA (Zero Branco)	1,9E-03	0,14%	0,12	2,27E-05	1,92	115
VII	ACM (Scorzé)	1,4E-03	0,10%(*)	0,12	1,19E-05	1,01	60
VII	SPIM (Treviso)	2,7E-03	0,24%	0,12	5,46E-05	4,71	283
VII	VESTA (Zero Branco)	1,1E-03	0,15%	0,12	1,42E-05	1,19	71
VIII	SPIM (Treviso)	3,2E-03	0,08%	0,12	2,09E-05	1,84	111
VIII	SPIM (Preganziol)	1,7E-03	0,08%	0,12	1,13E-05	0,98	59
VIII	VESTA (Zero Branco)	1,3E-03	0,15%	0,12	1,57E-05	1,40	84
IX	SPIM (Treviso)	1,1E-04	0,21%	0,12	1,93E-06	0,17	10
IX	ACM (Scorzé)	6,6E-03	0,18%	0,12	9,84E-05	8,50	510
IX	VESTA (Quinto)	5,7E-03	0,10%(*)	0,12	4,76E-05	4,10	246
IX	VESTA (Trebaseleghe)	3,5E-03	0,06%	0,12	1,71E-05	1,51	91
IX	VESTA (Zero Branco)	3,6E-04	0,21%	0,12	6,34E-06	0,54	33
X	VESTA (Trebaseleghe)	n.d.	0,21%(**)	0,12	n.d.	n.d.	n.d.

(*) Gradiente naturale da bibliografia.

(**) Il gradiente considerato corrisponde a quello della falda sovrastante (IX acquifero).

Tabella 5.9 - Tabella riassuntiva per il calcolo delle curve isocrone dei 60 giorni dei campi pozzi acquedottistici.

Nella Tabella 5.8 si riportano i risultati delle elaborazioni dei gradienti idraulici "indotti", stimati all'interno dell'area di estrazione. I risultati interessano il I, IV, VII e IX acquifero, cioè i livelli produttivi maggiormente sfruttati dagli acquedotti.

5.2.2.2 Conducibilità idraulica e calcolo del tempo di transito

Sulla base del gradiente idraulico, della conducibilità idraulica e della porosità efficace, assunta pari a 0,12, sono state calcolate le velocità di deflusso per ogni acquifero interessato dall'estrazione acquedottistica.

Per individuare il limite della zona di rispetto attorno al punto di presa, nota la velocità e la direzione di deflusso, sono state calcolate le distanze alle quali si trovano le particelle d'acqua 60 giorni prima di raggiungere l'opera di captazione.

I risultati dell'elaborazione, secondo i gradienti idraulici calcolati nell'intorno delle aree di estrazione, sono riportati in Tabella 5.9, che riporta anche la distanza dell'isocrona dei 60 giorni a monte dei campi pozzi con direzione parallela al deflusso sotterraneo dell'acquifero.

L'andamento della curva isocrona dipende poi dal numero e dalla disposizione dei punti di captazione nei vari campi pozzi e dall'andamento delle isopotenziali.

Il confronto in Figura 5.15 tra le distanze delle isocrone a monte delle opere di presa rispetto al valore dei 200 m, indicato dalla normativa per la delimitazione in via transitoria delle zone di rispetto, dimostra come nella realtà del territo-

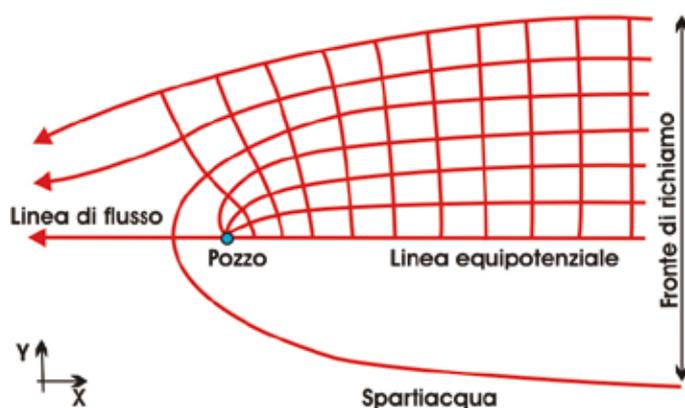


Figura 5.14 - Rete di flusso in corrispondenza di un pozzo di captazione.

rio dell'ATO Laguna di Venezia tale valore sia frequentemente eccessivo, mentre in taluni casi sia assolutamente inadeguato.

La delimitazione della zona di rispetto a valle dei campi pozzi è stata effettuata considerando la minima influenza che la rete di flusso crea nelle vicinanze dei pozzi in pompaggio, in direzione del gradiente idraulico (Figura 5.14).

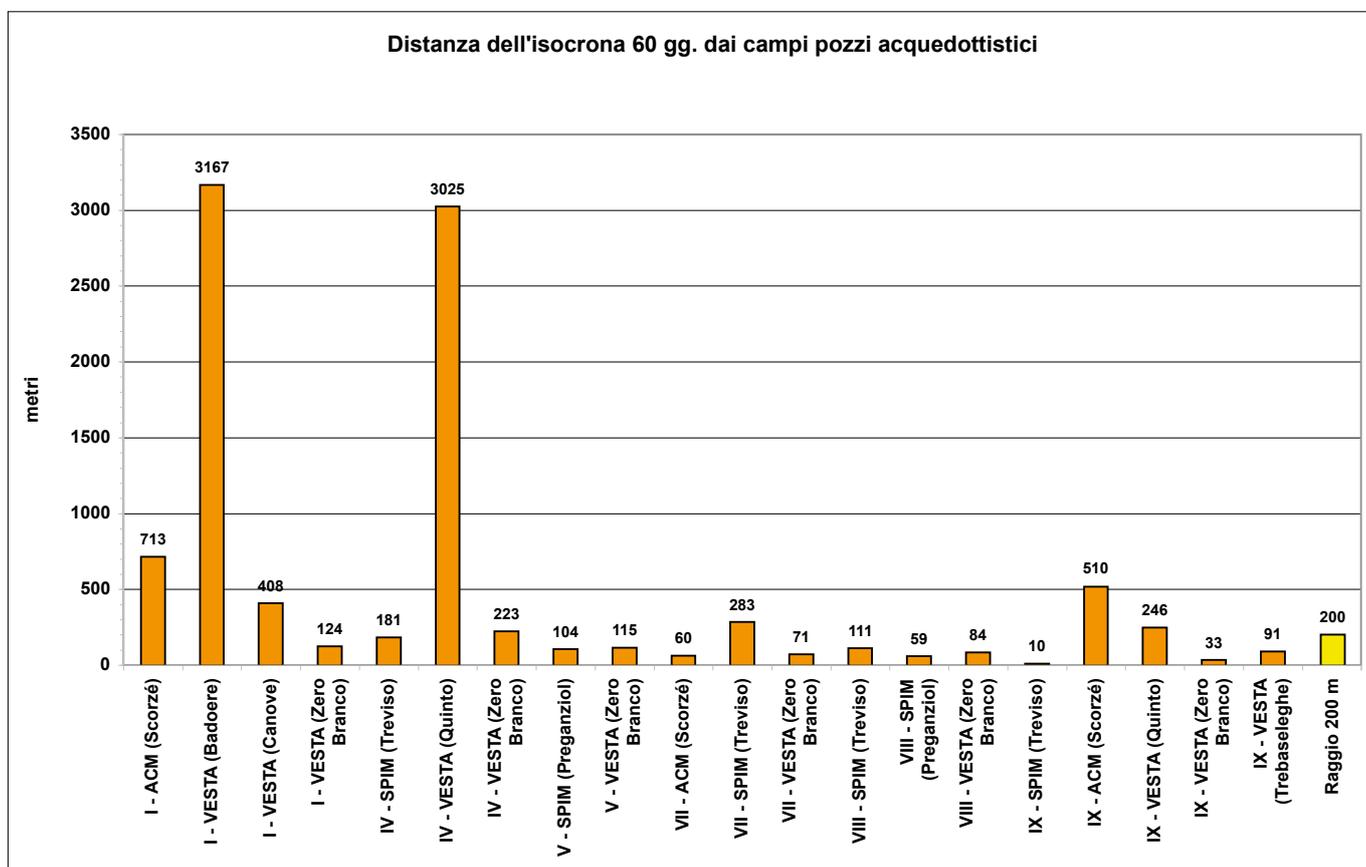


Figura 5.15 - Distanza dai campi pozzi acquedottistici delle isocrone a 60 giorni. Per confronto si riporta anche la lunghezza (raggio di 200 m) della zona di rispetto in caso di mancata delimitazione.

5.2.3 Delimitazione delle zone di rispetto

Le zone di rispetto delimitate secondo la metodologia appena descritta sono rappresentate nella cartografia di Figura 5.16.

Le zone di rispetto si presentano molto differenziate tra di loro in ragione sia della variabilità dei parametri idrogeologici, sia delle differenti portate estratte che, in alcuni casi, sono in grado di deformare in modo consistente il campo di moto.

Le aree interessate variano anch'esse notevolmente: si passa da dimensioni inferiori all'ettaro ai quasi 2400 ettari del campo pozzi di Quinto di Treviso.

Schematicamente si possono distinguere una serie di campi pozzi in cui le zone di rispetto assumono dimensioni confrontabili con quelle dei rispettivi campi pozzi. A questa prima categoria appartengono i campi pozzi di Canove, Trebaseleghe, Zero Branco, San Trovaso, Preganziol e, in parte, Scorzé.

Per i campi pozzi di Badoere e Quinto di Treviso, le zone di

rispetto assumono invece dimensioni chilometriche a causa dell'elevata permeabilità presente in queste zone e della reciproca influenza tra i vari pozzi intercettanti lo stesso acquifero.

Nella Tabella 5.10 si riportano i valori di superficie di ciascuna zona di rispetto.

Come evidenzia la Figura 5.17, l'area corrispondente ai 200 metri di raggio ("criterio geometrico"), vigenti fino ad approvazione, da parte della Regione, delle zone di rispetto proposte dall'AATO, è pari a 12,6 ettari, che in alcuni casi risulta di molto inferiore ed in altri di molto superiore all'area ricavata dalle isocrone a 60 giorni.

Si conferma nuovamente, quindi, l'utilità della delimitazione delle zone di rispetto con criterio idrogeologico, in quanto aree delimitate con il criterio geometrico dei 200 metri vincolano inutilmente ampie parti di territorio e lasciano prive di protezione aree in reale interazione con l'acquifero (Figura 5.18).

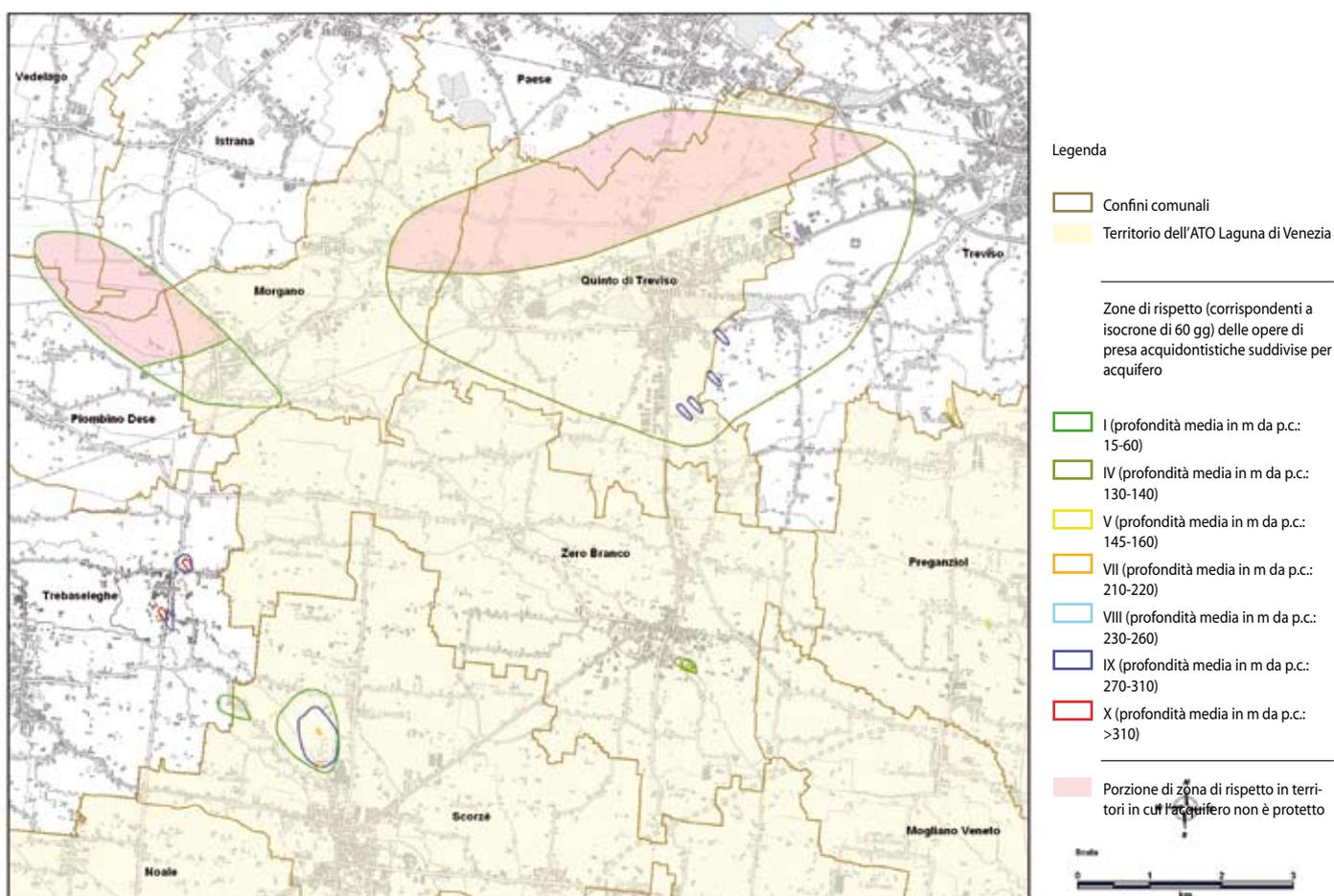


Figura 5.16 - Cartografia delle zone di rispetto.

ACQUIFERO	CAMPI POZZI	SUPERFICIE ZONA DI RISPETTO (Ha)
I	ACM (Scorzé)	74,0
I	VESTA (Badoere)	380,0
I	VESTA (Canove)	9,8
I	VESTA (Zero Branco)	2,7
IV	SPIM (Treviso)	0,6
IV	VESTA (Quinto)	2400,0
IV	VESTA (Zero Branco)	3,5
V	SPIM (Preganziol)	0,2
V	VESTA (Zero Branco)	0,5
VII	ACM (Scorzé)	0,58
VII	SPIM (Treviso)	1,7
VII	VESTA (Zero Branco)	0,3
VIII	SPIM (Treviso)	0,2
VIII	SPIM (Preganziol)	0,1
VIII	VESTA (Zero Branco)	0,3
IX	SPIM (Treviso)	0,01
IX	ACM (Scorzé)	34,0
IX	VESTA (Zero Branco)	0,4
IX	VESTA (Quinto)	7,4
IX	VESTA (Trebaseleghe)	6,1
X	VESTA (Trebaseleghe)	2,4

Tabella 5.10 - Tabella riassuntiva delle superfici ricoperte dalle zone di rispetto.

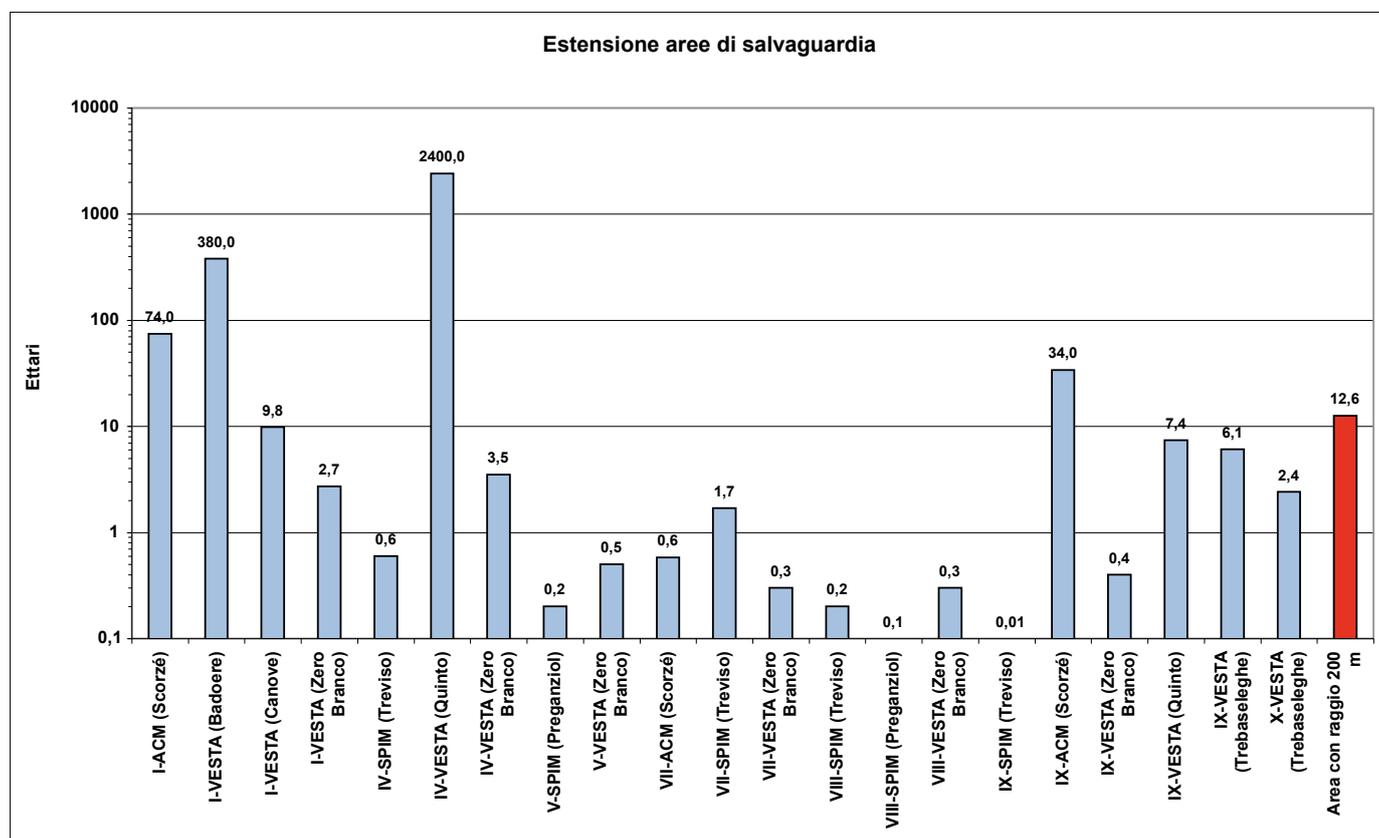


Figura 5.17 - Istogramma di confronto (in scala logaritmica) dell'estensione delle zone di rispetto. Per confronto si riporta (in rosso) anche l'estensione della zona di rispetto delimitata per la singola opera di captazione con il metodo geometrico (raggio 200 m).

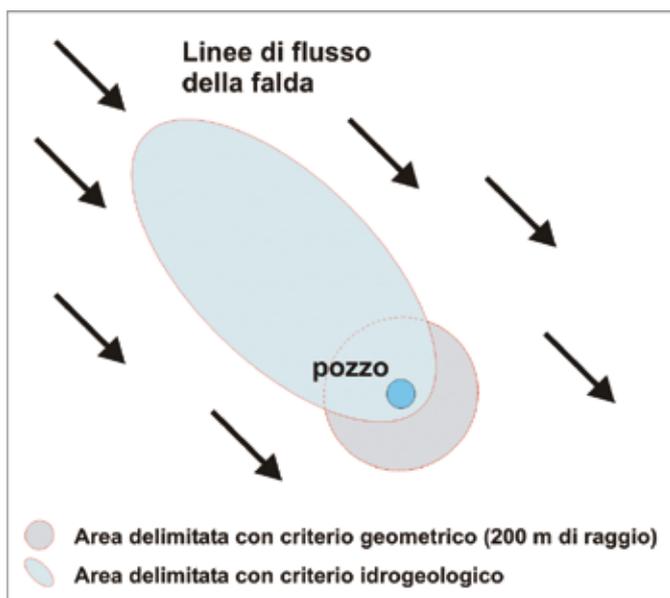


Figura 5.18 - Confronto tra zona di rispetto per un pozzo di acqua potabile delimitate con due criteri differenti.

5.2.4 Zone di rispetto dei singoli campi pozzi

Di seguito si riporta una breve descrizione della delimitazione effettuata per ciascun campo pozzi ed alcune cartografie di esempio.

5.2.4.1 Campo pozzi di Rio San Martino (Scorzè)

Per il campo pozzi di Rio San Martino, in comune di Scorzè (VE), sono state definite le zone di rispetto per i tre acquiferi intercettati, ovvero il primo (Figura 5.19), il settimo ed il nono. Il settimo acquifero, meno sfruttato, è filtrato da due pozzi di cui uno multifiltro.

Le zone di rispetto, calcolate considerando anche l'effetto dei prelievi acquedottistici e dell'imbottigliamento, si estendono a nord-ovest di circa 510 metri per il nono acquifero e di 713 metri per il primo acquifero dall'opera di presa, oltrepassando il limite del campo pozzi.

L'utilizzo di un modello numerico alle differenze finite ha permesso di delineare correttamente per ogni punto di prelievo la zona di rispetto considerando anche l'influsso degli altri pozzi che estraggono dallo stesso acquifero. Inoltre la soluzione delineata per il primo acquifero mette in luce come la

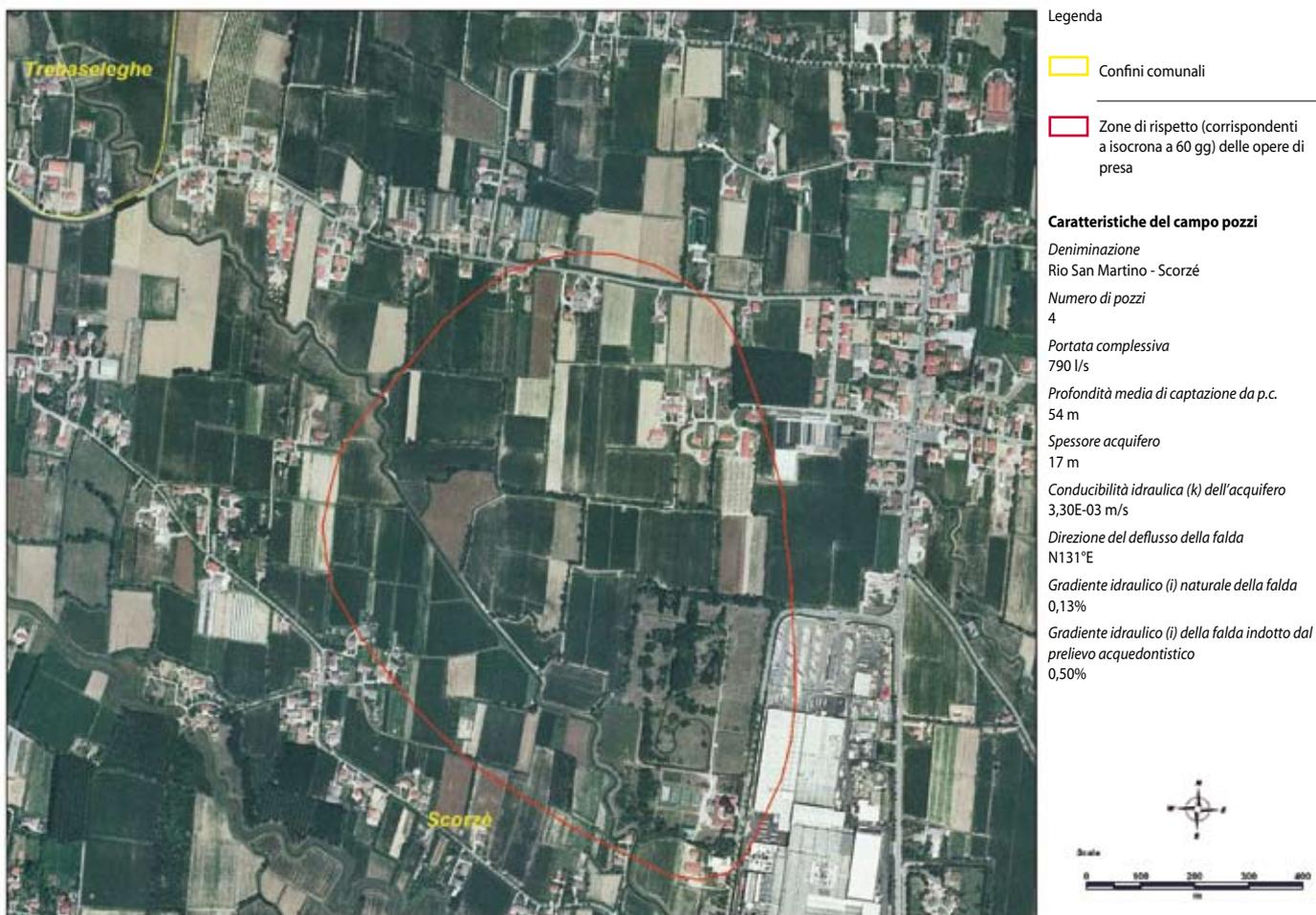


Figura 5.19 - Delimitazione delle zone di rispetto delle opere di presa acquedottistica dell'Acquifero I intercettato nel campo pozzi di Rio San Martino.

depressione generata dal prelievo si estenda molto anche verso Sud-Est, dove avviene la captazione dello stesso acquifero da parte di una nota azienda di imbottigliamento.

Il richiamo a valle del campo pozzi, in parte, lo si può osservare anche nel nono acquifero, che presenta un'area orientata principalmente in direzione NW, a monte dei punti di captazione, interessando parte dei terreni limitrofi al campo pozzi ACM.

Per i due pozzi del settimo acquifero si è scelto di tener separate le due zone di rispetto vista la loro reciproca distanza. Per questo acquifero le aree presentano un'estensione inferiore a quella ottenuta con il "criterio geometrico" (12,6 Ha).

5.2.4.2 Campo pozzi di Canove (Scorzè)

Il campo pozzi di Canove è costituito da due pozzi distanti tra loro circa 80 metri, entrambi prelevano dal primo acquifero. La zona di rispetto che racchiude le due aree di cattura dei due pozzi, ricade in parte all'interno del campo pozzi ed in parte nella zona a Nord-Ovest del campo stesso. La zona di rispetto si estende fino a circa 408 metri, oltre il punti di presa.

5.2.4.3 Campo pozzi di Quinto di Treviso

Per il campo pozzi di Quinto di Treviso (TV) sono state costruite le zone di rispetto per il quarto (Figura 5.20) ed il nono acquifero.

Sulla base delle isocrone 60 giorni sono state delineate le singole zone di rispetto per i quattro pozzi del nono acquifero, mentre è stata definita un'unica area per i quindici pozzi interessanti il quarto acquifero.

La dimensione delle zone differisce notevolmente tra i due acquiferi per la differente permeabilità che li caratterizza. Il quarto acquifero presenta una permeabilità molto più elevata ($K=6,4E-02$ m/s) rispetto al nono acquifero ($K=5,7E-03$ m/s).

Per i pozzi del quarto acquifero è stata calcolata una zona di rispetto che si espande fino a 3025 m dal pozzo. L'ampiezza considerevole dell'area, definita nell'insieme di tutti i quindici pozzi, è dovuta sia alla distribuzione ed al numero dei pozzi nel territorio sia alla elevata permeabilità dell'acquifero, che è sfruttato anche dalla maggior parte dei pozzi privati.

La zona di rispetto va ad interessare anche una parte di territorio in cui non è più applicabile la definizione di "ac-

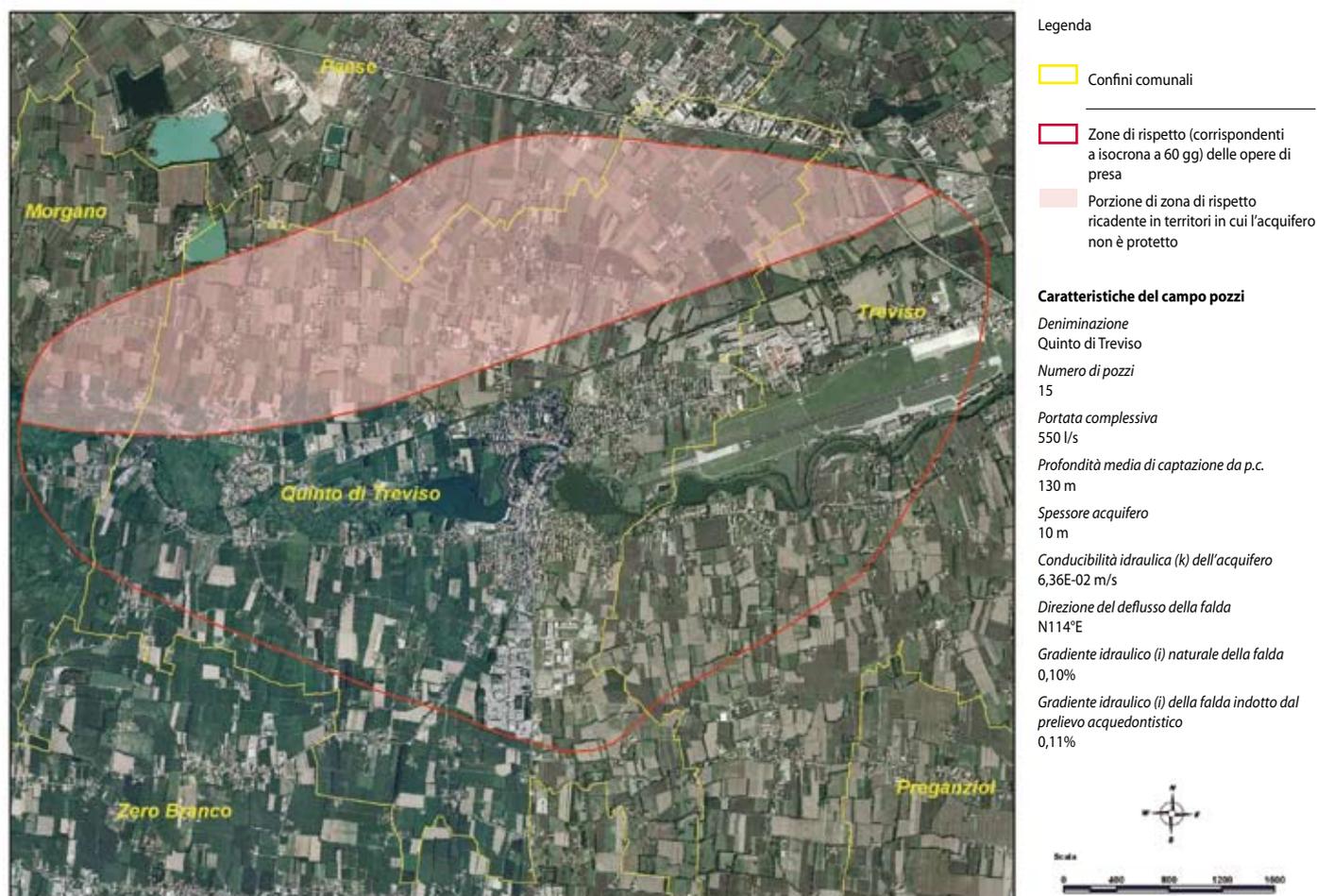


Figura 5.20 - Delimitazione della zona di rispetto delle opere di presa acquedottistica dell'Acquifero IV intercettato nel campo pozzi di Quinto di Treviso.

quifero protetto”, prevista dalle linee guida del 2002, che si caratterizza per una maggiore vulnerabilità verticale. La cartografia riporta la distinzione delle aree con “acquifero protetto” ed “acquifero non protetto” (contraddistinte dalla campitura rossa). La suddivisione è stata effettuata sulla base delle informazioni stratigrafiche e dei profili geologici realizzati, ma anche considerando altre informazioni disponibili sulla distribuzione dei livelli impermeabili nell’area a monte del territorio dell’ATO Laguna di Venezia (Antonelli R. e Dal Prà A., 1977), tenendo inoltre presente la zonazione effettuata da uno specifico studio idrogeologico svolto dal Comune di Quinto di Treviso (Sartor, 2001), in cui è indicata l’“Area con falda freatica in materiali alluvionali senza alcuna protezione”.

5.2.4.4 Campo pozzi di Zero Branco

Il campo pozzi di Zero Branco (TV) è caratterizzato da pozzi multifiltro che intercettano più acquiferi. Sono inoltre presenti nove vecchi pozzi che estraggono circa 25 l/s d’acqua per salienza naturale dal primo acquifero.

In relazione a queste caratteristiche delle opere di pre-

sa è stato necessario determinare ben sei zone di rispetto. Un’area relativa al primo acquifero e le altre cinque per il quarto, quinto, settimo, ottavo e nono acquifero, intercettati dai due pozzi multifiltro.

Le aree si presentano nel complesso modeste. Le più ampie relative al quarto ed al primo acquifero si estendono rispettivamente per 200 e 100 metri in direzione Nord-Ovest oltre il confine del campo pozzi.

5.2.4.5 Campo pozzi di Badoere (Morgano)

A causa dell’elevata permeabilità del primo acquifero ($K=7,3E-02$ m/s), nell’area di Badoere (TV) la zona di rispetto presenta un’estensione di oltre 3000 metri a monte dei punti di presa (Figura 5.21). L’ampiezza dell’area deriva, però, anche dalla fusione di tutte le aree di cattura definite per i singoli pozzi.

Come nel caso dei pozzi nel quarto acquifero a Quinto di Treviso, la zona di rispetto va ad interessare anche una parte di territorio in cui non è più applicabile la definizione di “acquifero protetto”, prevista dalle linee guida del 2002. La cartografia in allegato riporta la distinzione delle aree con “acquifero protetto” ed “acquifero non protetto” (contraddi-

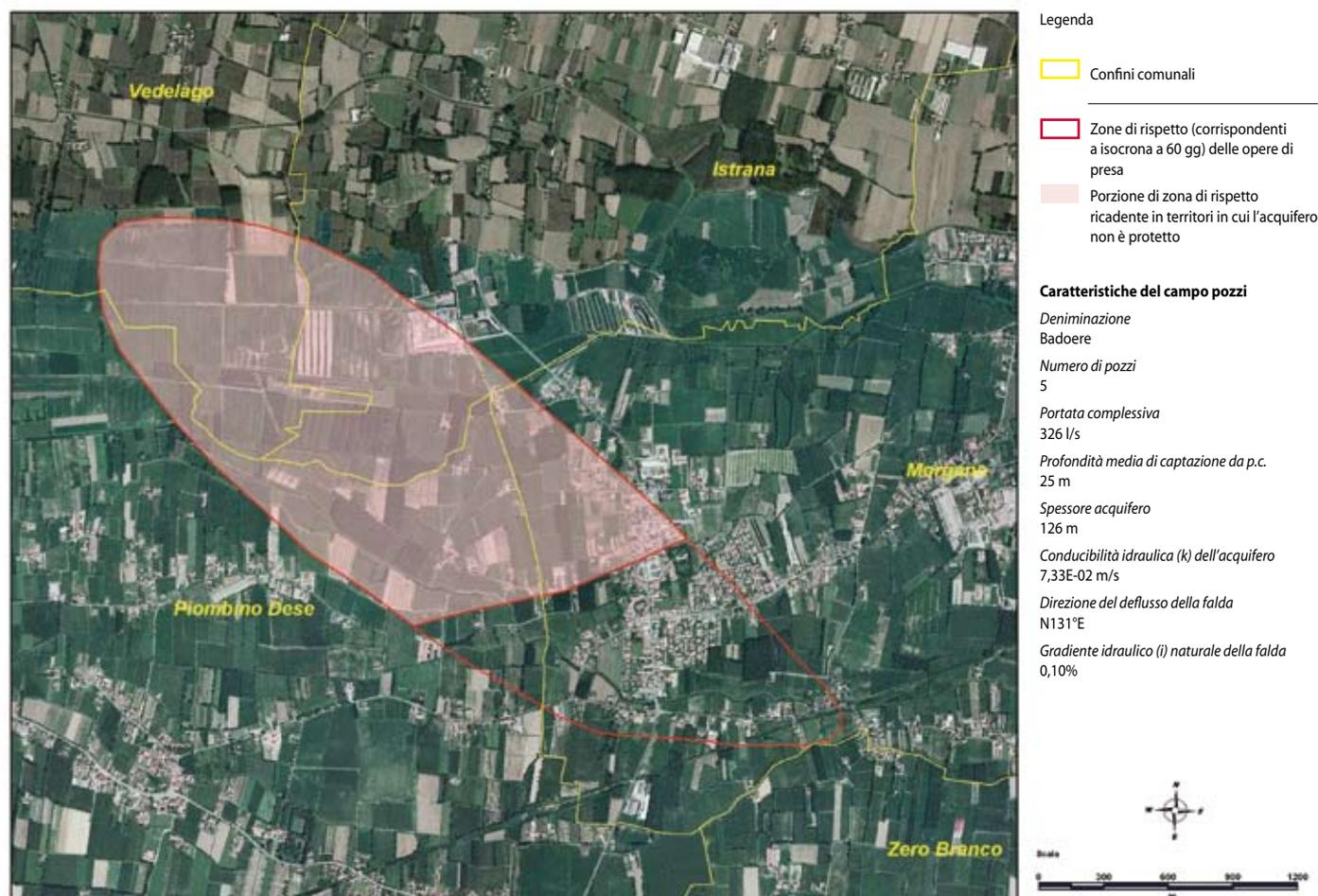


Figura 5.21 - Delimitazione della zona di rispetto delle opere di presa acquedottistica dell’Acquifero I intercettato nel campo pozzi di Badoere.

stinte dalla campitura rossa). La suddivisione anche in questo caso è stata effettuata considerando i profili geologici realizzati ed altre informazioni disponibili sulla distribuzione dei livelli impermeabili nell'area a monte del territorio dell'ATO Laguna di Venezia.

5.2.4.6 Campo pozzi di Sant'Ambrogio (Trebaseleghe)

Il campo pozzi di Sant'Ambrogio, in comune di Trebaseleghe (PD) è interessato da pozzi che intercettano il nono acquifero e, in due casi, il decimo acquifero.

Per quanto concerne i pozzi filtranti il decimo acquifero (oltre i 310 metri) non si dispone di prove di falda e di valori di gradiente idraulico prossimi al campo pozzi. Inoltre, non è stato possibile effettuare nel IX acquifero prove di falda in grado di fornire maggiori informazioni relativamente alle influenze indotte dai pompaggi, a causa delle caratteristiche costruttive del campo pozzi.

Allo stato attuale delle conoscenze, la zona di rispetto per i pozzi che attingono dal X acquifero è stata delimitata utilizzando i parametri relativi al IX acquifero. Le aree potranno essere riviste in presenza di future informazioni più dettagliate.

Le aree perimetrate si estendono dai singoli pozzi circa 90 metri in direzione Nord-Ovest.

5.2.4.7 Campo pozzi di San Trovaso (Treviso)

Nel campo pozzi di San Trovaso, in comune di Treviso, sono state ricostruite quattro zone di rispetto: per il quarto acquifero, il settimo, l'ottavo ed il nono.

L'area calcolata per il settimo acquifero si estende per 280 metri oltre il confine Nord del campo pozzi e quelle calcolate per il quarto e l'ottavo hanno dimensioni leggermente inferiori. Quella individuata per il nono acquifero si estende invece di soli 10 metri a monte.

5.2.4.8 Campo pozzi di "Via Marconi" (Preganziol)

Il campo pozzi di "Via Marconi", in comune di Preganziol (TV), preleva una modesta quantità d'acqua (20 l/s) da due pozzi intercettanti il quinto e l'ottavo acquifero.

Su questi pozzi non è stato possibile eseguire prove in situ per la definizione dei parametri idrogeologici a causa dell'assenza di misuratori di portata e per le caratteristiche del campo pozzi; i valori di permeabilità sono stati quindi valutati mediante prove eseguite su pozzi privati nell'intorno.

Le zone di rispetto risultano di dimensioni molto modeste (rispettivamente 104 e 59 m verso monte) e si spingono quindi di poco al di fuori dell'area del campo pozzi.

5.2.5 Applicazione normativa

5.2.5.1 Criteri metodologici

Analizzando la struttura tridimensionale di ciascun campo pozzi e le cartografie prodotte (cartografie isopotenzimetriche e zone di rispetto basate sulle isocrone a 60 giorni) si

osserva che la maggior parte dei campi pozzi rientra nella definizione di "acquifero protetto", data dall'art. 15 delle norme di attuazione del Piano di Tutela delle Acque e dalle Linee guida del 2002. Come già osservato nella parte introduttiva, in relazione alla *vulnerabilità orizzontale* ed alla possibile *compromissione della naturale condizione di protezione* per tutti i pozzi è stato comunque opportuno delimitare una zona di rispetto.

Tenendo conto della situazione sulla verticale di tutta la zona di rispetto (e non solo dei singoli pozzi) si osserva che fanno eccezione alla generale condizione di protezione una parte delle aree racchiuse dall'isocrona 60 giorni relative ai seguenti campi:

1. campo pozzi di Badoere (primo acquifero);
2. campo pozzi di Quinto di Treviso (quarto acquifero).

I criteri adottati per l'individuazione delle zone di rispetto e i criteri proposti per l'applicazione dei vincoli all'interno delle aree perimetrate tengono in considerazione sia della particolare situazione idrogeologica in cui si trova il territorio dell'ATO sia delle numerose attività o opere interferenti con il sottosuolo presenti nell'area di risorsa idropotabile; in particolare si ritiene che:

1. il far coincidere la zona di tutela assoluta (di raggio 10 m) con la zona di rispetto non possa garantire in tutte le situazioni sufficiente sicurezza alle opere di presa idropotabili;
2. in relazione alla specifica situazione idrogeologica dell'ATO, non sia utile prevedere all'interno della zona di rispetto tutti i divieti elencati nell'art. 94 del D.Lgs. 152/2006, in quanto alcune attività, insistendo in territori in cui vale la condizione di acquifero protetto e non interferendo con l'acquifero oggetto del prelievo acquedottistico non possono arrecare pericolo di contaminazione;
3. alcune attività non elencate nell'art. 94 del D.Lgs. 152/2006, ma potenzialmente interagenti con la qualità della risorsa idropotabile, vadano regolamentate all'interno delle zone di rispetto.

In relazione alle specifiche condizioni idrogeologiche dei campi pozzi analizzati, si propone di applicare la normativa sulle zone di rispetto (seguendo l'iter già indicato dall'art. 15 delle Norme di Attuazione del Piano di Tutela), secondo un criterio che tiene conto della rispondenza alla definizione di "acquifero protetto".

5.2.5.2 Modalità tecniche di applicazione della norma in relazione alla specifica situazione idrogeologica

La proposta di applicazione della normativa sulle fasce di rispetto alle specifiche condizioni idrogeologiche dei campi pozzi acquedottistici dell'AATO Laguna di Venezia è riportata nello schema di Tabella 5.11. Si sono considerati, oltre ai vincoli previsti dal comma 4 dell'art. 94 del D.Lgs. 152/2006 per le aree di rispetto ristrette, anche altri elementi direttamente interagenti con l'acquifero oggetto del prelievo acquedottistico che, nella specifica situazione geologica, possono con-

dizionare la qualità delle acque captate dai pozzi (sonde geotermiche, opere in sotterraneo...).

Va precisato che il vincolo all'apertura di pozzi non idropotabili (*"apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione dell'estrazione ed alla protezione delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica"*) è riferito all'acquifero captato dal campo-pozzi acquedottistico e a quelli sottostanti.

5.2.5.3 *Attività non elencate nel D.Lgs. 152/2006*

Per le attività non indicate nel D.lgs. 152/2006 l'AATO Laguna di Venezia propone quanto segue.

Geoscambio mediante l'utilizzo di sonde di scambio geotermico

Da regolamentare in funzione delle caratteristiche geologiche dei singoli campi pozzi, in sede di approvazione delle singole fasce di rispetto. In linea generale le sonde dovranno essere costruite in modo da non permettere aumenti della conducibilità verticale ed interconnessioni tra diversi acquiferi.

La rispondenza delle caratteristiche costruttive in relazione alla struttura geologica dovrà essere documentata e certificata dal Geologo, secondo le modalità previste da oramai numerosi regolamenti provinciali e regionali.

Le sonde geotermiche non dovranno interessare gli acquiferi captati dai campi pozzi e quelli sottostanti.

Opere in sotterraneo al di sotto dei 10 metri dal piano campagna

Da regolamentare in funzione delle caratteristiche geologiche dei singoli campi pozzi, in sede di approvazione delle singole zone di rispetto.

Altre attività potenzialmente interagenti

Si ritiene utile prevedere anche la possibilità di regolamentare, con una valutazione "caso per caso", altre attività potenzialmente interagenti con il sottosuolo.

Pagina seguente:

Tabella 5.11 - *Schema di applicazione dei vincoli previsti dal comma 4 dell'art. 94 del D.Lgs. 152/2006 alle zone di rispetto.*

Legenda

- Attività ammessa
- Attività da valutare caso per caso
- Attività non ammessa

Acquifero	Campo pozzi	Comuni	Denominazione pozzi	Protezione acquifero			
					a) dispersione di fanghi e acque reflue, anche se depurati	b) accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi	c) spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto ...
I	Badoere (Morgano)	Vedelago - Istrana - Piombino Dese - Morgano	Pozzo 1, Pozzo 2, Pozzo 3, Pozzo 5, Pozzo 6	acquifero non protetto			
		Piombino Dese - Morgano		acquifero protetto			
I	Canove (Scorzè)	Scorzè - Trebaseleghe	Pozzo 1(Sx), Pozzo 2(Dx)	acquifero protetto			
I	Rio San Martino (Scorzè)	Scorzè	Pozzo 17, Pozzo 27, Pozzo 28, Pozzo 29	acquifero protetto			
I	Zero Branco	Zero Branco	1S, 2S, 3S, 4S, 5S, 6S, 7S, 8S, 9S	acquifero protetto			
IV	Quinto di Treviso	Quinto di Treviso - Morgano - Paese - Treviso	da Pozzo 2 a Pozzo 16	acquifero non protetto			
		Quinto di Treviso - Morgano - Treviso		acquifero protetto			
IV	San Trovaso (Treviso)	Treviso	Pozzo 1 - Sud	acquifero protetto			
IV	Zero Branco	Zero Branco	Pozzo 1, Pozzo 2	acquifero protetto			
V	Via Marconi (Preganziol)	Preganziol	Pozzo 1 (vecchio)	acquifero protetto			
V	Zero Branco	Zero Branco	Pozzo 2	acquifero protetto			
VII	Rio San Martino (Scorzè)	Scorzè	Pozzo 15, Pozzo 23	acquifero protetto			
VII	San Trovaso (Treviso)	Treviso	Pozzo 4, Pozzo 5	acquifero protetto			
VII	Zero Branco	Zero Branco	Pozzo 1	acquifero protetto			
VIII	Via Marconi (Preganziol)	Preganziol	Pozzo 2 (nuovo)	acquifero protetto			
VIII	San Trovaso (Treviso)	Treviso	Pozzo 3 - Centro	acquifero protetto			
VIII	Zero Branco	Zero Branco	Pozzo 1	acquifero protetto			
IX	Quinto di Treviso	Quinto di Treviso - Treviso	Pozzo 0, Pozzo 2N, Pozzo 3N, Pozzo 4N	acquifero protetto			
IX	Rio San Martino (Scorzè)	Scorzè	Pozzo 15, Pozzo 16, Pozzo 18, Pozzo 22, Pozzo 24	acquifero protetto			
IX	San Trovaso (Treviso)	Treviso	Pozzo 2 - Nord	acquifero protetto			
IX	Sant' Ambrogio (Trebaseleghe)	Trebaseleghe	Pozzo A1, Pozzo A2, Pozzo D1, Pozzo D2, Pozzo D3, Pozzo D4	acquifero protetto			
IX	Zero Branco	Zero Branco	Pozzo 1, Pozzo 2	acquifero protetto			
X	Sant' Ambrogio (Trebaseleghe)	Trebaseleghe	Pozzo B1, Pozzo D4	acquifero protetto			

Bilancio idrogeologico

6.1 Premessa

Il bilancio idrogeologico, mettendo a confronto le entrate e le uscite idriche da un sistema di riferimento, rappresenta uno strumento indispensabile per determinare la potenzialità idrica di un bacino.

In questo capitolo viene esposta l'analisi di un *bilancio idrico per una zona di alta pianura* a scala regionale e di un *bilancio idrogeologico per la zona di media pianura*, corrispondente all'area di risorsa idropotabile dell'AATO Laguna di Venezia.

Si tratta di due bilanci ben distinti. Per la zona a monte, ovvero l'area di ricarica del sistema multifalde, sono state analizzate, *sulla base di dati esistenti*, sia le acque superficiali che sotterranee al fine di comprendere i processi della circolazione idrica sotterranea ed allo stesso tempo avere una stima dei volumi d'acqua medi annui movimentati. Per la zona di media pianura invece, *sulla base di dati appositamente rilevati*, è stato redatto un bilancio idrogeologico, strumento necessario per una programmazione della gestione della risorsa idropotabile, analizzando le entrate e le uscite su due sezioni poste a nord e a sud dell'area di risorsa idropotabile e perpendicolari alla direzione di deflusso delle acque sotterranee.

Il bilancio idrico dell'area di ricarica è impostato principalmente per focalizzare le voci fondamentali che partecipano alla ricarica degli acquiferi confinati presenti nell'area di approvvigionamento acquedottistico dell'AATO Laguna di Venezia.

Il lavoro ha necessitato dell'analisi degli studi a carattere idrogeologico, svolti negli ultimi 40 anni sull'alta pianura veneta, nonché di una raccolta di dati presso numerosi enti pubblici con competenze diverse nel campo delle risorse idriche.

Da questa raccolta ed analisi dei dati è stato possibile definire uno schema di lavoro specifico per l'area di ricarica posta a monte dell'AATO Laguna di Venezia.

I dati trattati, proprio per l'entità delle voci che partecipano al bilancio, non presentano un'uniformità temporale e questo non ha permesso di procedere ad un'analisi di dettaglio contrariamente a quanto è stato possibile effettuare per il bilancio idrogeologico dell'area di risorsa idropotabile.

Lo scopo principale di questa analisi è di individuare i soggetti principali che partecipano alla ricarica degli acquiferi confinati. I valori emersi, tenendo ben presente la disomogeneità temporale dei dati ed il loro diverso grado di accuratezza, sono da considerare come dati indicativi per capire quali siano gli ordini di grandezza delle portate movimentate nell'area di ricarica; essi non sono sufficientemente attendibili da voler rappresentare dei valori assoluti di riferimento.

6.2 Il bilancio idrico dell'area di ricarica

6.2.1 Generalità

La definizione del bilancio idrico è uno strumento indispensabile per la determinazione della potenzialità idrica del bacino di alimentazione dal quale l'area di risorsa idropotabile dell'ATO Laguna di Venezia deve la sua sussistenza.

Il bilancio è definito da dei precisi limiti spazio-temporali che rispecchiano una coerenza geologica ed idrogeologica.

Per quanto concerne la delimitazione spaziale (Figura 6.1), il bilancio idrico considera l'area compresa tra i fiumi Brenta e Piave, delimitata a Nord dai rilievi (Prealpi Venete e Montello) ed a Sud dal limite superiore dei fontanili (ipotizzato come coincidente con l'imbocco degli acquiferi confinati).

Il bacino superficiale ha un'estensione che si aggira attorno a 790 Km².

L'arco di tempo considerato è l'anno idrologico medio, definito sulla base dei valori medi degli ultimi dieci anni di osservazioni. Ciò permette una definizione del bilancio non influenzata da variazioni stagionali e riferita ad una "condizione stazionaria".

6.2.2 L'equazione del bilancio idrico

L'equazione generale del bilancio idrico è data dall'uguaglianza tra le quantità d'acqua affluenti (Q_{aff}) e le quantità d'acqua defluenti (Q_{def}) nell'area di studio sia artificialmente che naturalmente, nell'arco di un anno idrologico medio (Figura 6.2).

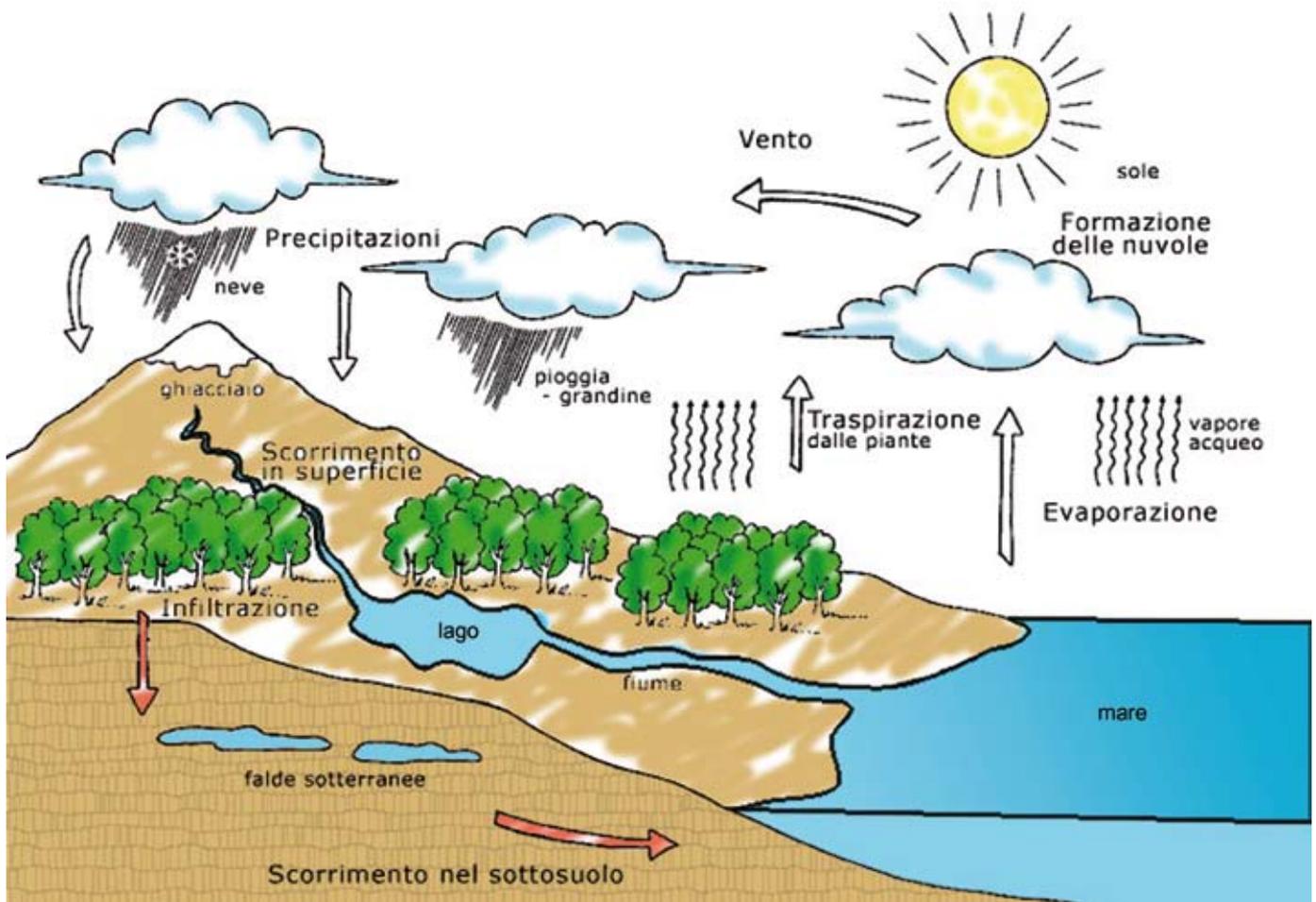


Figura 6.2 - Schema dei parametri che partecipano all'equazione di bilancio (da www.risorsacqualcamo.it).

IF_{out} = interflusso uscente, quantità d'acqua che fluisce nella frazione insatura del terreno;

QS_{out} = flusso uscente verso gli acquiferi confinati;

FA_{out} = estrazioni legate ai pozzi dei privati e di Enti pubblici (Acquedotti e Consorzi di Bonifica), non reintrodotta nel sistema;

ΔS = immagazzinamento d'acqua nel bacino durante il periodo considerato.

Tutti i parametri che partecipano alla definizione della ricarica sotterranea dell'area di risorsa idropotabile dell'ATO Laguna di Venezia, sono stati calcolati considerando l'anno medio delle serie storiche disponibili da bibliografia.

In assenza di adeguati valori i dati sono stati ricavati in maniera indiretta mediante leggi di correlazione.

Per quanto concerne i parametri di IF_{in-out} il contributo è trascurabile visto l'intervallo temporale a cui sono state analizzate le altre voci del bilancio e la qualità dei dati disponibili.

6.2.3 Grado di attendibilità delle voci di bilancio - scala di valutazione

Per ciascuno dei parametri analizzati per la prima definizione del bilancio a monte dell'area di risorsa idropotabile dell'ATO Laguna di Venezia, si fornisce un giudizio del grado di attendibilità dei dati.

Per fornire una stima sintetica di questo valore, si è utilizzata una scala di valutazione che varia da 1 a 10 (considerando "scolasticamente" i punteggi maggiori di 6 per i dati con qualità almeno sufficiente).

Tale parametro è funzione di diversi elementi:

- la continuità dei monitoraggi;
- il grado di aggiornamento temporale;
- la lunghezza della serie temporale;
- la densità delle misure;
- gli elementi di incertezza riscontrati.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Non noto			Insufficiente		Sufficiente		Adeguito		

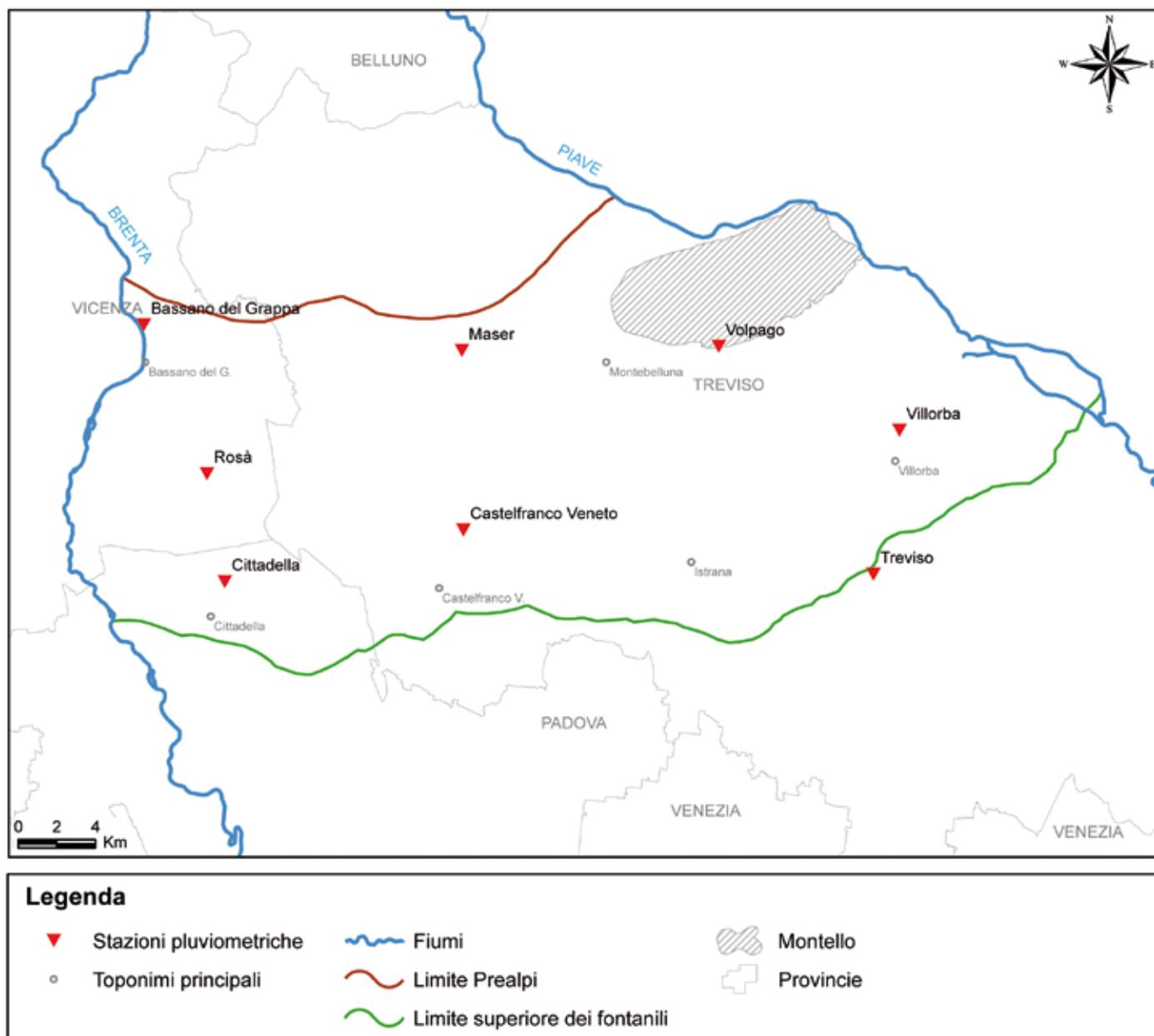


Figura 6.3 - Distribuzione delle otto stazioni pluviometriche di ARPAV all'interno dell'area di studio compresa tra il limite superiore dell'Alta Pianura (linea marrone) e il limite superiore della fascia delle risorgive (linea verde).

Media mensile	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Somma
Cittadella	49,9	43,6	56,2	114	104,9	95,3	88,9	96,2	100,6	124,6	122,4	72,6	1069,1
Castelfranco Veneto	47,5	41,4	52,4	100,1	102,7	89,6	86,1	107,4	111,4	119,6	110,7	67,3	1036,1
Maser	45,2	35,0	54,5	109,4	109,1	101,4	83,5	149,6	114,1	118,2	119,2	67,6	1106,9
Villorba	47,8	40,0	54,6	112,9	104,6	88,4	73,8	108,1	123,3	117,5	115,8	69,7	1056,7
Volpago del Montello	55,4	39,7	58,8	117,0	110,9	105,4	79,1	114,4	118,2	127,0	126,2	73,4	1125,4
Treviso	36,6	64,2	36,8	92,7	128,5	73,1	61,5	136,4	159,2	103,2	113,7	74,0	1063,0
Bassano del Grappa	44,3	53,3	72,8	108,9	138,2	82,4	95,2	166,5	112,2	121,8	159,5	73,7	1216,6
Rosà	56,0	43,1	62,9	116,9	120,6	106,2	88,6	122,0	121,7	134,3	140,1	77,6	1190,2

Tabella 6.1 - Sintesi dei valori medi mensili (mm) dall'anno 1996 al 2007, delle otto stazioni pluviometriche di ARPAV presenti nel territorio di studio.

Per ciascun parametro verranno inoltre fornite delle indicazioni metodologiche ed operative finalizzate a migliorare il grado di attendibilità del dato.

6.2.4 Analisi delle singole voci di bilancio

Entrate

6.2.4.1 Apporto meteorico "P"

Per la definizione del contributo legato alle precipitazioni sono state prese in considerazione otto stazioni pluviometriche ARPAV (Figura 6.3) ricadenti nella zona di Alta Pianura compresa tra i rilievi e la fascia delle risorgive.

Le stazioni prese in considerazione sono:

- Cittadella
- Castelfranco Veneto
- Maser
- Villorba
- Volpago del Montello
- Treviso
- Bassano del Grappa
- Rosà

Per ogni stazione pluviometrica è stata calcolata la media mensile per i dieci anni presi in considerazione (Tabella 6.1) e quindi calcolato l'anno medio dell'ultimo decennio. La scelta di definire per ogni stazione un anno medio, prendendo in considerazione dieci anni, ha lo scopo di portare la situazione

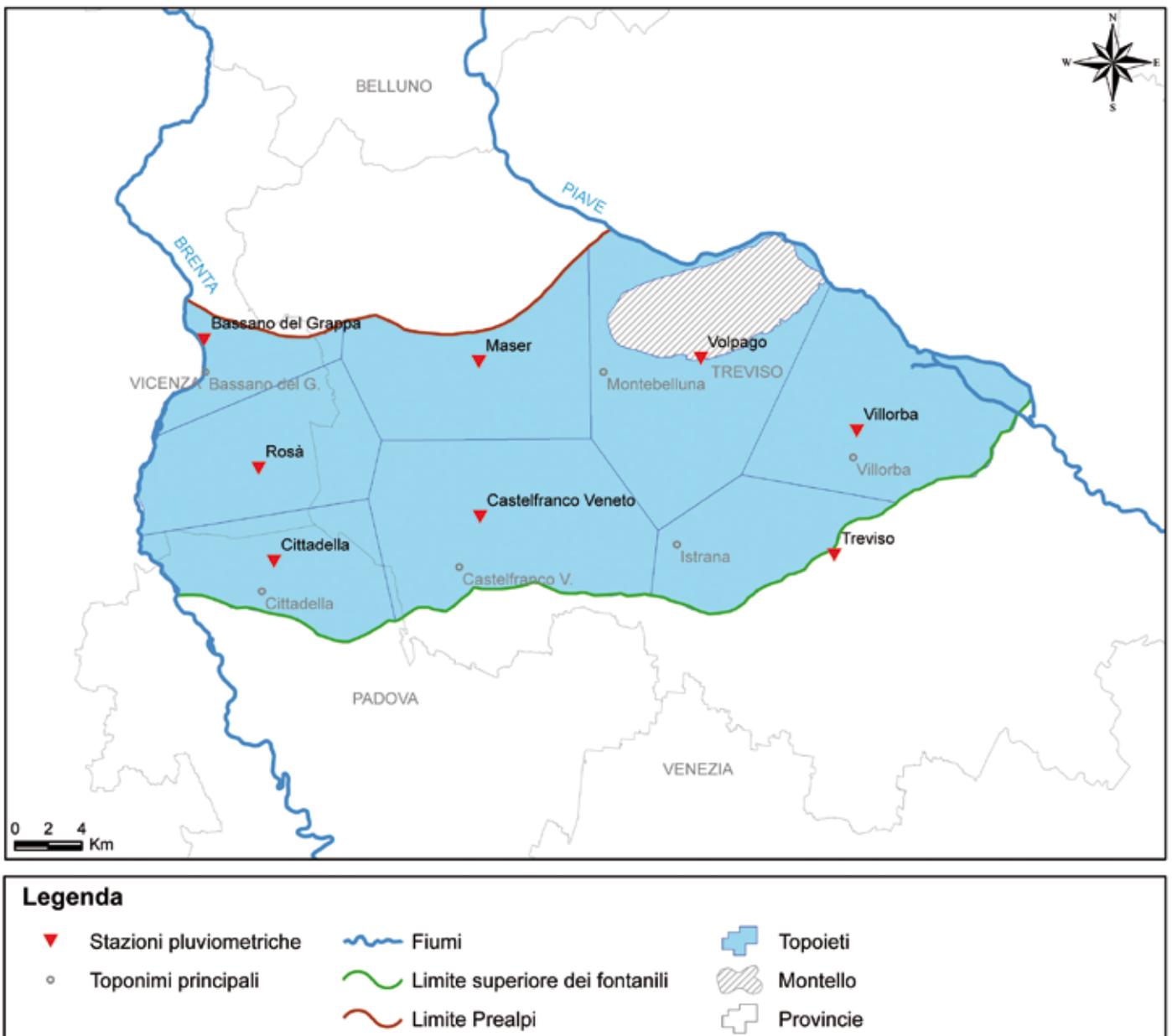


Figura 6.4 - Aree di pertinenza di ogni singola stazione pluviometrica, calcolata con il metodo dei poligoni di Thiessen.

Stazione Pluviometrica ARPAV	Superficie Mm ²	Precipitazione media mm/a	Afflusso "P" Mm ³ /a
<i>Cittadella</i>	81,9	1069	87,6
<i>Castelfranco Veneto</i>	147,3	1036	152,6
<i>Maser</i>	106,9	1107	118,4
<i>Villorba</i>	131,5	1057	139,0
<i>Volpago del Montello</i>	120,0	1125	135,0
<i>Treviso</i>	68,8	1063	73,1
<i>Bassano del Grappa</i>	36,6	1217	44,6
<i>Rosà</i>	98,2	1190	116,9
TOTALE			867,2

Tabella 6.2 - Sintesi degli afflussi meteorico nell'area di studio, legati alle precipitazioni medie e alla superfici di pertinenza delle otto stazioni pluviometriche.

ne di studio ad una condizione di stazionarietà in cui non pesino in modo determinante gli anni più o meno piovosi.

Una volta definito il valore medio di precipitazione per ogni stazione, sono state delimitate le relative aree di pertinenza. Per definire le aree di pertinenza è stato utilizzato il metodo dei poligoni del Thiessen (Figura 6.4). Tale metodologia permette di suddividere l'area in una serie di poligoni sulla base delle stazioni pluviometriche interne all'area di studio.

Al poligono relativo alla stazione di Volpago del Montello è stata sottratta la superficie del Montello il cui apporto, in relazione alla situazione geologica ed idrogeologica dell'area, viene conteggiato attraverso le componenti di apporto diretto al bacino in termini di afflussi superficiali entranti (Q_{in}) e di afflussi sotterranei entranti (QS_{in}). La scelta di trattare questo rilievo carsico diversamente dalla superficie pianeggiante, è stata supportata dalla disponibilità di un bilancio idrico specifico dell'area (Fileccia A. et alii, 2002). Tra le componenti del bilancio, sono state valutate le componenti idrogeologiche in uscita dal Montello come componenti in entrata rispetto al bacino oggetto di studio.

In Tabella 6.2 sono riportati i valori ricavati per le otto stazioni pluviometrie inerenti alle relative aree di pertinenza.

Per il parametro pluviometria si è inoltre effettuata una valutazione sull'evoluzione delle precipitazioni nel tempo, in quanto vari studi indicano una diminuzione delle pluviometrie ed una variazione del regime pluviometrico (Perin J., 2002; Dazzi R. et alii, 2000).

Con tale analisi ci si è posti l'obiettivo di verificare se e con quale entità tale fenomeno si manifestasse nell'area a monte dell'ATO Laguna di Venezia e quindi di verificare se un importante fattore di alimentazione dell'acquifero fosse in diminuzione.

Analoga elaborazione è stata svolta sui dati freaticometrici disponibili sulla medesima area.

Tra i risultati delle analisi eseguite è risultato che dal 1976 al

2006 i livelli freaticometrici sono diminuiti di circa 3 metri per i pozzi più a nord (Musano e Barcon), di circa 2,4 metri a Castelfranco Veneto e di 0,92 metri a Badoere.

L'analisi sulle piogge evidenzia che anche queste sono in calo. Il trend dal 1960 al 2006 mostra infatti una diminuzione dell'altezza pluviometrica media annua di circa il 10%.

Grado di attendibilità

Per i dati a nostra disposizione, il parametro "apporti meteorici" assume un grado di attendibilità pari a 8.

Il grado di attendibilità potrebbe crescere valutando anche i fattori incidenti sulla misura pluviometrica come le correnti d'aria a livello locale o gli errori strumentali del pluviometro.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
							X		
Non noto			Insufficiente		Sufficiente		Adeguito		

6.2.4.2 Flusso superficiale entrante nel bacino " Q_{in} "

I fiumi che delimitano ed interessano l'area di Alta Pianura da noi analizzata sono il Brenta e il Piave.

I due fiumi nella loro complessità idrogeologica ed idraulica sono stati analizzati considerando gli studi condotti negli ultimi 40 anni.

Nell'area di interesse le sole sezioni di misura delle portate dei fiumi sono quella di Cà Barzizza a Bassano del Grappa per il fiume Brenta e quella di Nervesa della Battaglia per il fiume Piave (Figura 6.5).

La sezione di Cà Barzizza, situata a valle dello scarico dell'omonima centrale idroelettrica, è composta da una stazione idrometrografica appartenente alla rete di telemisura dell'Agenzia Regionale per la Prevenzione e protezione Ambientale del Veneto.

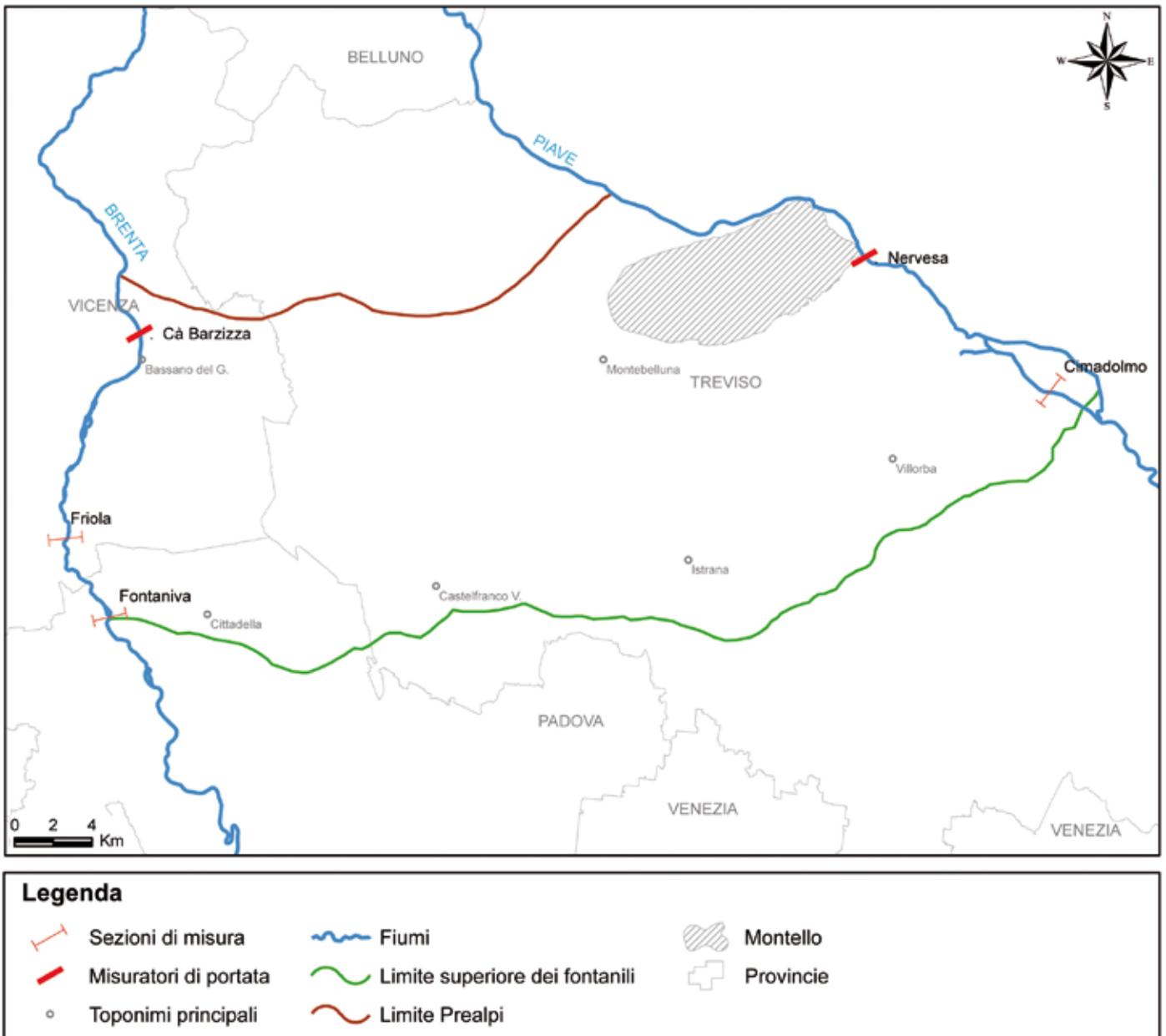


Figura 6.5 - Carta con le sezioni di misura sui fiumi Brenta e Piave, situate rispettivamente a Cà Barzizza ed a Nervesa.

Per il fiume Piave l'unica sezione in monitoraggio interna al bacino è situata a valle della derivazione del Consorzio di Bonifica Destra Piave, in corrispondenza dello sbarramento di Nervesa della Battaglia.

Per il Brenta i valori analizzati fanno riferimento agli anni compresi tra il 2004 e 2007 (ARPAV, 2006-2008).

Per il Piave i valori analizzati comprendono gli anni tra 2004 e

2008. Per ogni singola sezione di misura, attraverso le medie mensili degli anni disponibili, è stato ricostruito l'anno idrologico medio e la relativa media annuale (Tabella 6.3).

Nella sezione di Cà Barzizza, il Brenta ha una portata media di 1600 Mm³/a, invece a Nervesa nel Piave fluisce una portata media di 1100 Mm³/a.

Le portate calcolate sono state dimezzate in modo tale che il

Sezione	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Media mensile
Cà Barzizza	33,9	35,1	42,5	71,8	90,7	58,4	43,0	39,2	48,5	54,9	51,1	38,0	50,6
Nervesa della B.	29,8	27,8	29,7	40,3	57,0	38,8	24,5	23,7	30,4	38,0	40,2	37,8	34,8

Tabella 6.3 - Anno medio per le sezioni di Cà Barzizza (Brenta) e Nervesa della Battaglia (Piave) in m³/s.

contributo alla falda, derivante dalla dispersione dei due fiumi, fosse legato al bacino di studio. La dispersione del fiume è stata ottenuta indirettamente dalla differenza tra le portate in entrata (Q_{in}) e quelle in uscita (Q_{out}). La scelta di dimezzare la dispersione del fiume è dettata dal fatto che attualmente non si dispone di dati in grado di discretizzare quanto il fiume disperda in destra e sinistra idrografica.

Nella scelta della sezione di misura hanno pesato la vicinanza al limite superiore del bacino di studio e la presenza di un discreto numero di misure in continuo del livello idrometrico. Altre sezioni di misura sono disponibili in alcuni studi pregressi (Sottani N. et alii, 1982; D'Alpaos L. et alii, 1978) ma non sono state oggetto di monitoraggi sistematici nel tempo. Per il fiume Piave non è stato possibile considerare una sezio-

ne più a nord, per assenza di sufficienti punti di misura con discreta attendibilità al fine di ricostruire un valore medio attendibile.

Quindi i contributi che il fiume rilascia al bacino tra la sezione d'entrata (Vidor) e la sezione di misura di Nervesa sono state valutate tra le componenti degli apporti sotterranei ($Q_{S_{in}}$).

Tra le componenti del flusso superficiale entrante nel bacino è stato considerato inoltre il deflusso derivato dalle sorgenti del Montello. Il valore stimato è compreso tra 2,5 e 4,5 Mm^3/a (Fileccia A. et alii, 2002).

Grado di attendibilità

Il grado di attendibilità del flusso superficiale entrante è stato considerato pari a 7.

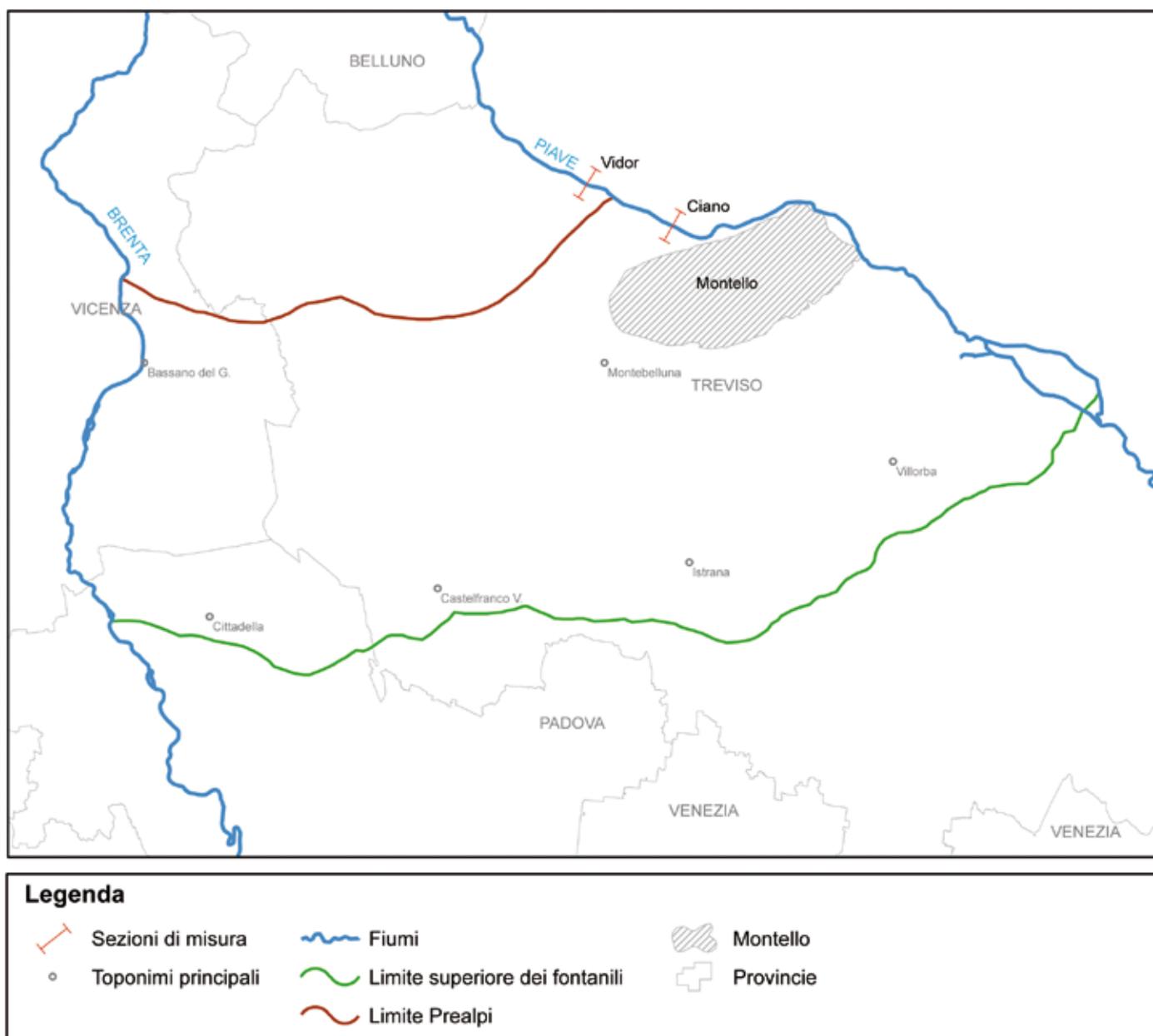


Figura 6.6 - I contributi noti del flusso sotterraneo entrante: altopiano carsico del Montello e il tratto disperdente del fiume Piave tra la sezione di Vidor e Ciano.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
						X			
Non noto			Insufficiente		Sufficiente		Adeguito		

Il valore tiene conto della adeguata attendibilità dei dati per il fiume Brenta, mentre per il fiume Piave un'analisi più accurata necessiterebbe di una posizione della sezione di misura più a Nord, vicino al limite superiore dell'area di studio.

6.2.4.3 Flusso sotterraneo entrante "Q_{S_{in}}"

Tra le voci del bilancio i flussi sotterranei (entrante e uscente) costituiscono il parametro di più difficile valutazione. Il loro

contributo, non direttamente osservabile, richiede un'analisi delle singole voci in funzione della loro origine.

Per quanto riguarda il flusso sotterraneo entrante dalle Prealpi venete e dal subalveo dei fiumi Brenta e Piave non sono stati reperiti lavori in grado di stimare con discreta attendibilità le portate interessate.

Cosa differente è avvenuto per l'area del Montello per il quale è stata stimata una ricarica entro il materasso alluvionale, a seguito essenzialmente della circolazione carsica, compresa tra i 10 e 12 Mm³/a (Fileccia A. et alii, 2002).

Tra i contributi del flusso sotterraneo entrante vengono analizzati anche la portata alimentata dalla dispersione dei tratti fluviali a monte del punto di controllo prestabilito.

Il flusso disperdente riguarda il fiume Piave tra Vidor e Cia-

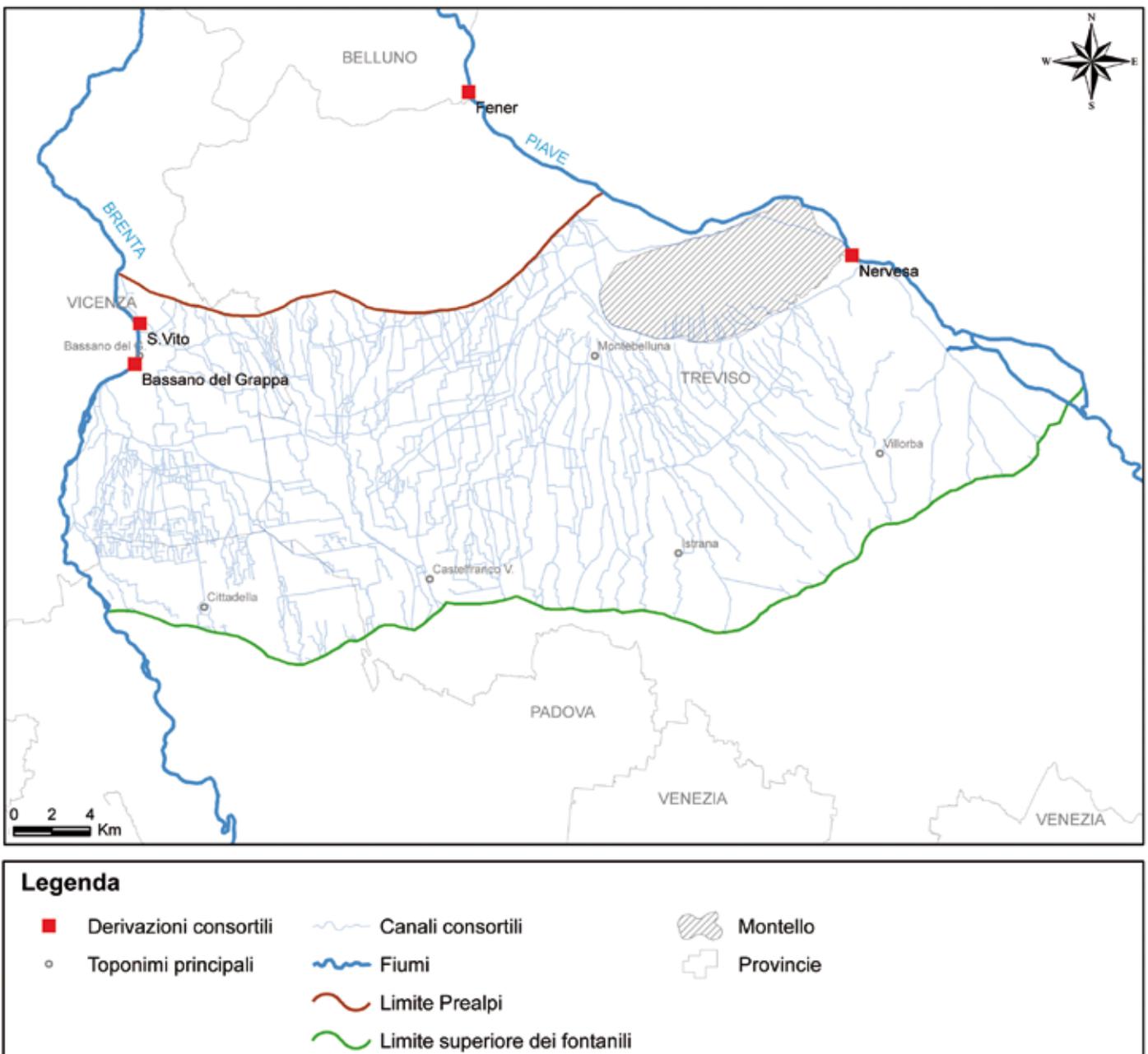


Figura 6.7 - Punti di derivazione dai fiumi Brenta e Piave da parte dei Consorzi di Bonifica.

no del Montello, nell'area compresa tra il limite superiore e il Montello (Figura 6.6). Il valore considerato è una stima basata sul confronto delle portate rilasciate alla traversa di Fener con i livelli freaticometrici e la presenza di deflussi superficiali in località "Isola dei Monti". Il valore considerato è di $2,9 \text{ m}^3/\text{s}$ (Favretto M., 2003).

Grado di attendibilità

Per questo parametro, mancante dei contributi delle Prealpi e del subalveo dei fiumi Brenta e Piave, è stato valutato un grado di attendibilità pari a 2.

Per stimare il volume legato agli apporti montani bisognerebbe estendere l'analisi del bilancio a tutta l'area montana che sovrasta l'area di studio. Invece, per la stima degli apporti di subalveo l'analisi richiederebbe un approfondimento idrogeologico sui due fiumi.

La mancanza di conoscenze sugli apporti montani rappresenta una lacuna idrogeologica estremamente rilevante in relazione alla vastità ed alle caratteristiche geologiche dei rilievi alpini e prealpini posti a monte. Analogamente le portate di subalveo, considerate le caratteristiche geologiche degli alvei, potrebbero essere rilevanti in termini di bilancio.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	X								
Non noto		Insufficiente			Sufficiente		Adeguito		

6.2.4.4 Flusso artificiale entrante " FA_m "

I contributi artificiali sono legati principalmente alle quantità d'acqua derivate dai fiumi (Figura 6.7) a scopo irriguo da parte dei Consorzi di Bonifica.

I quattro consorzi interessati dal bacino di studio erano il Pedemontano Brentella di Pederobba, il Destra Piave, il Pedemontano Brenta ed il Sinistra Medio Brenta (Figura 6.8). A seguito della legge regionale 12/2009, i Consorzi di Bonifica sono stati ridefiniti e ridotti (mediante accorpamento) da 20 a 10 unità. L'attuale Consorzio di Bonifica Brenta corrisponde all'originario Consorzio di Bonifica Pedemontano Brenta. Nel Consorzio di Bonifica Piave sono accorpate il Destra Piave, il Pedemontano Brentella di Pederobba e Pedemontano Sinistra Piave. Il Consorzio Sinistra Medio Brenta ed il Consorzio Dese Sile costituiscono l'attuale Consorzio di Bonifica Acque Risorgive.

I Consorzi con maggior copertura nell'area di studio sono quelli che derivano acqua dal fiume Piave.

Per ogni consorzio è stata analizzata la rete irrigua, individuando i punti di derivazione e restituzione ai fiumi. Per conoscere i volumi derivati sono stati analizzati, quando disponibili, i valori di portata misurata negli ultimi dieci anni, per poter ricostruire la media annuale (Tabella 6.4).

Area Ex Consorzio di Bonifica Pedemontano Brenta

Il Consorzio Pedemontano Brenta ricade solo in parte nell'area di studio derivando acqua in due punti: a S. Vito e a Cà Barzizza. In località San Vito attinge dal canale idroelettrico mentre a Cà Barzizza direttamente dal Brenta con il canale Medoaco.

Dallo schema idraulico di Figura 6.9 si può osservare che oltre ai due punti di prelievo, la rete del Consorzio si compone di sei scarichi verso il fiume. Questi scarichi vengono utilizzati, occasionalmente, con lo scopo di mantenere all'equilibrio le altezze idrometriche dei canali che compongono la rete. Quindi, esclusi eventi eccezionali come piene o interventi di manutenzione sulla rete, le portate derivate dal fiume vengono mediamente distribuite lungo tutta la rete del Consorzio. La portata media annua complessiva è circa $885 \text{ Mm}^3/\text{a}$ ripartiti equamente in destra e sinistra Brenta. Questo valore è una stima comunicata dai tecnici del consorzio, in quanto solo recentemente è entrato in funzione il telecontrollo.

Per questo Consorzio i valori di portata che vengono considerati fanno riferimento solo ai volumi sfruttati a S. Vito ($55 \text{ Mm}^3/\text{a}$) posto a Nord della sezione di misura del Fiume Brenta.

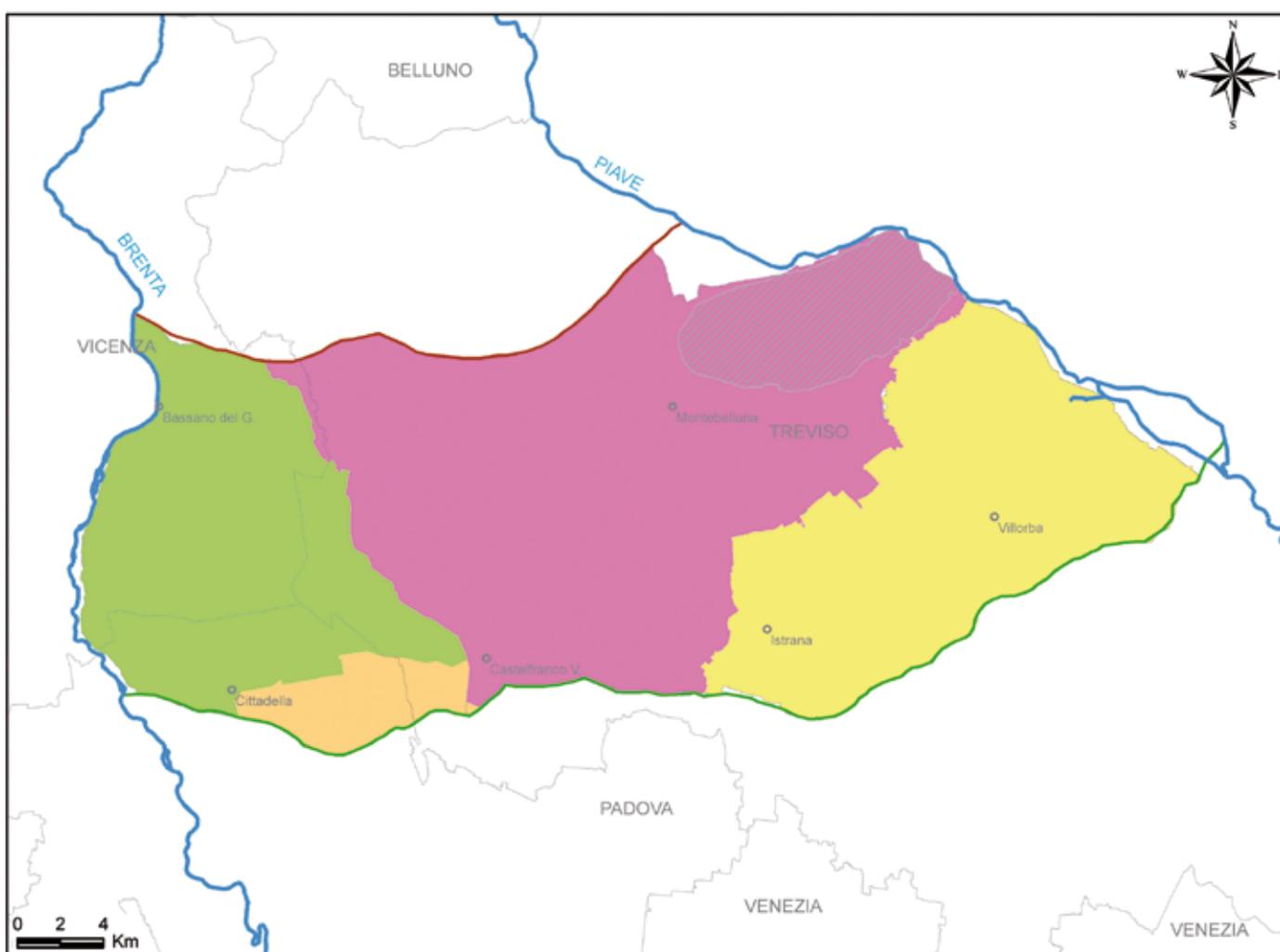
La seconda derivazione trovandosi a valle del punto di misura del fiume Brenta (Ca' Barzizza) non viene considerata come FA_m in quanto i volumi immessi dal Consorzio nel sistema sono già considerati nella portata del fiume.

Quindi il contributo che il Consorzio di Bonifica fornisce al bacino, attraverso la dispersione dei canali d'irrigazione, è dato da un aumento dell'infiltrazione (QS_{out}) ed ad un aumento dell'evapotraspirazione (EVT).

Consorzio di Bonifica	Superfici dei compresori di bonifica Mm ²	Superfici analizzata Mm ²	Derivazione	Fiume	Portata media derivata Mm ³ /a	Portata impiegata nell'area Mm ³ /a	Portata analizzata ¹ Mm ³ /a
<i>Ex Pedemontano Brenta</i>	709	178	Cà Barzizza	Brenta	885	498	55
<i>Ex Sinistra Medio Brenta</i>	569	31					
<i>Ex Brentella di Pederobba</i>	646	331	Fener	Piave	950	560	560
<i>Ex Destra Piave</i>	529	212	Nervesa	Piave	630	505	505
Totale	2453	752			2465	1564	1120

¹ La differenza tra la "portata impiegata nell'area" e la "portata analizzata" ai fini del bilancio, per quanto riguarda il Consorzio Pedemontano Brenta è motivata nel paragrafo dedicato a questo Consorzio.

Tabella 6.4 - Sintesi delle superfici dei compresori di bonifica analizzate, con riportati i punti di prelievo dai corsi d'acqua e la portata media annua derivata complessivamente dal fiume Brenta e Piave.



Legenda

- Toponimi principali
- Fiumi
- Limite Prealpi
- Limite superiore dei fontanili
- ex Consorzio Bonifica Destra Piave
- ex Consorzio Bonifica Sinistra Medio Brenta
- ex Consorzio Bonifica Brentella di Pederobba
- ex Consorzio Bonifica Pedemontano Brenta
- Montello
- Provincie

Figura 6.8 - Carta delle aree consortili interessate dal bilancio idrico a scala regionale.

Area Ex Consorzio di Bonifica Sinistra Medio Brenta

Lungo il Brenta, a ridosso del limite della fascia delle risorgive, è presente il Consorzio Sinistra Medio Brenta, che con una parte marginale del suo territorio ricade entro l'area di studio. Per completezza viene inserito, ma si osserva che l'acqua utilizzata a scopo irriguo proviene da corpi irrigui di risorgive e da pozzi profondi posti oltre, in prossimità del limite inferiore del bacino. Quindi il suo intervento non viene considerato tra gli apporti ma tra le voci di deflusso legata agli scoli e alle risorgive.

Area Ex Consorzio di Bonifica Pedemontano Brentella di Pederobba

Il Consorzio Brentella di Pederobba, attraverso l'omonimo canale, deriva dal Piave a Fener una portata media annua di $950 \text{ Mm}^3/\text{a}$, di cui $560 \text{ Mm}^3/\text{a}$ per scopo irriguo e $390 \text{ Mm}^3/\text{a}$ utilizzata solo a scopo idroelettrico. La portata utilizzata da Enel viene restituita al Piave a monte della derivazione di Nervesa della Battaglia. Quindi la FA_{in} è pari a $560 \text{ Mm}^3/\text{a}$. Come si può osservare dalla Figura 6.10 la rete del Consorzio è composta da un secondo canale noto con il nome di Serna-

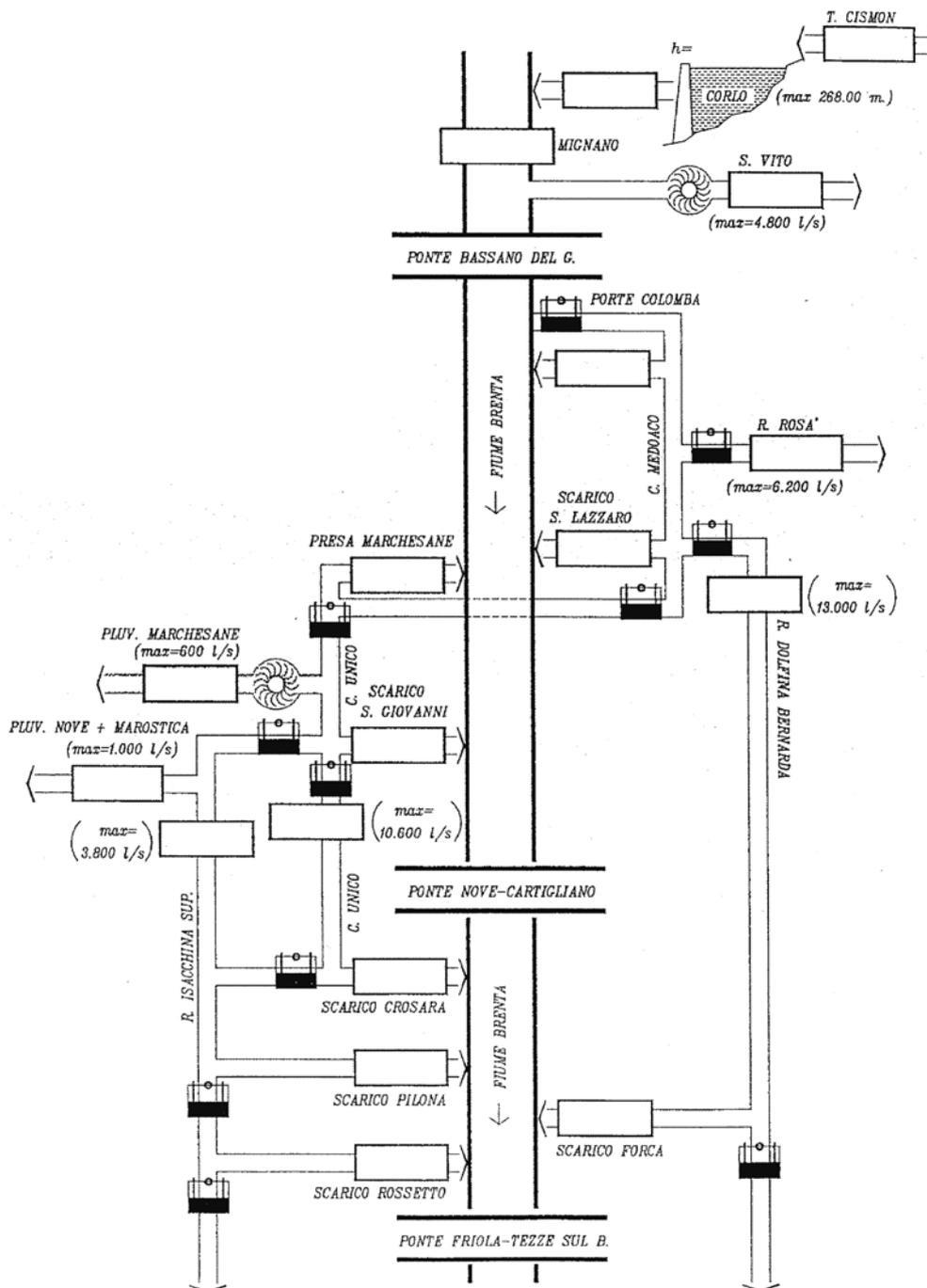


Figura 6.9 - Schema delle derivazioni d'acqua del fiume Brenta da Mignano a Friola (ex Consorzio di Bonifica Pedemontano Brenta - Schema idraulico dei principali punti di misura della rete).

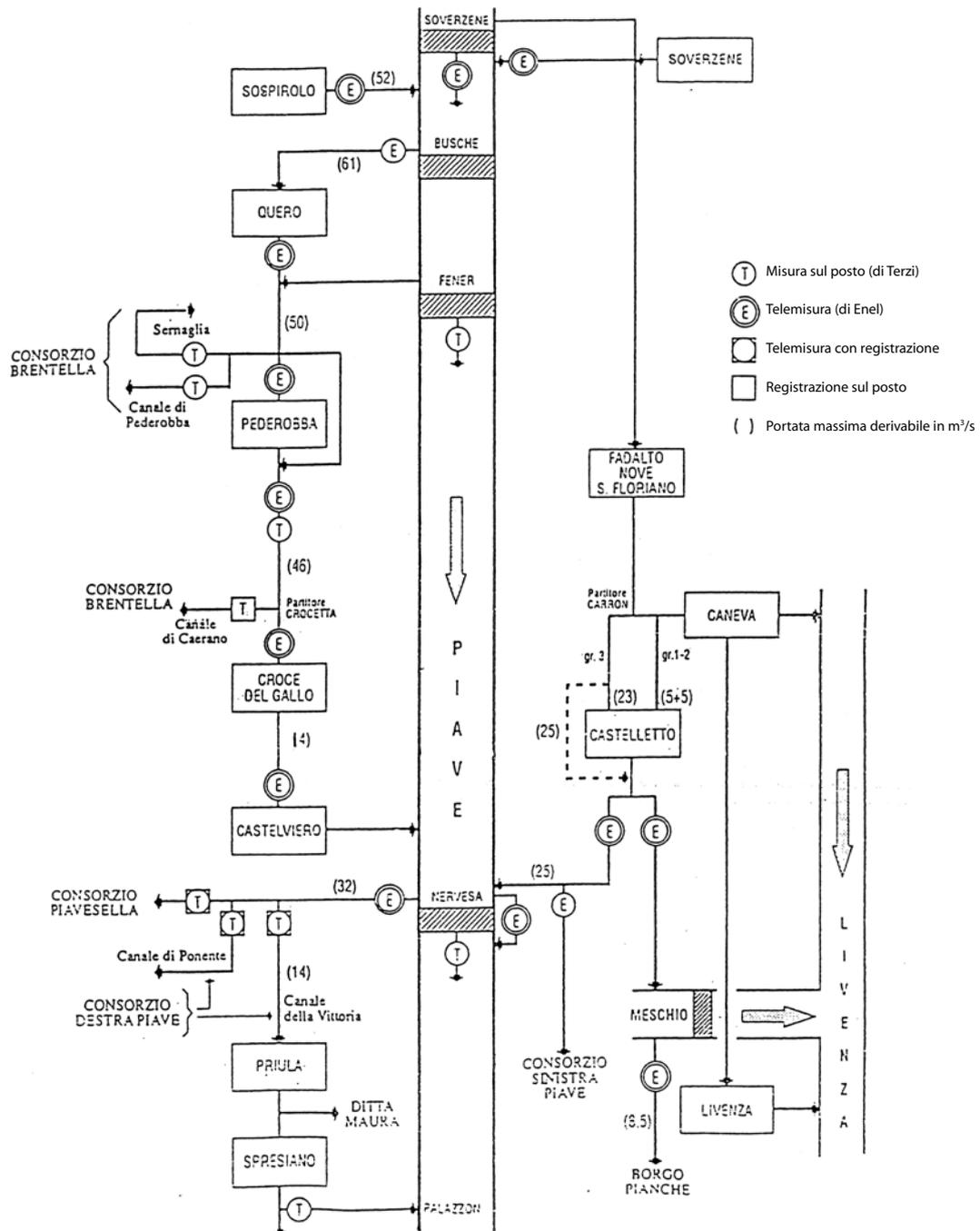


Figura 6.10 - Schema delle derivazioni d'acqua del fiume Piave da Soverzene a Nervesa della Battaglia (Dorzi R. et alii, 2000).

glia. Questo canale alimenta una piccola parte della rete consortile situata nella sinistra idrografica. Le portate destinate alla sinistra idrografica sono di $1 \text{ m}^3/\text{s}$ per 20 giorni, durante il periodo estivo, valori irrilevanti rispetto alla media annua e quindi non considerati nella stima complessiva.

La rete del Consorzio non presenta scarichi verso il fiume Piave, solo le portate garantite alle centrali idroelettriche di Croce del Gallo e Castelviero ritornano direttamente al corso d'acqua.

Area Ex Consorzio di Bonifica Destra Piave

Il Consorzio Destra Piave, preleva dal Piave a monte della stazione di misura di Nervesa della Battaglia una portata media annua pari a $630 \text{ Mm}^3/\text{a}$. A valle del punto di presa si dipartono tre canali: la Piavesella, il Canale di Ponente e il Canale della Priula. Parte dell'acqua destinata al Piavesella e al Canale Priula viene direttamente restituita al Piave (Scarico Palazzon) e al Sile (Canale Piavesella).

Grado di attendibilità

Il grado di attendibilità è stato considerato pari a 6.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
					X				
Non noto			Insufficiente		Sufficiente		Adeguito		

I valori di portata del Consorzio Pedemontano Brenta derivano da una stima rilevata dai tecnici del consorzio.

La recente messa in opera di un sistema automatico di misura da parte di questo Consorzio potrà ulteriormente migliorare la stima.

Uscite

6.2.4.5 Evapotraspirazione "EVP"

Il parametro "Evapotraspirazione" è stato distinto in due componenti legate all'origine dell'acqua che ritorna in atmosfera, ovvero *le piogge* e *l'irrigazione*.

I criteri di analisi utilizzati per stimare il contributo evaporato dalle due componenti sono differenti. Per quanto concerne quella legata alle piogge la stima si basa su formule empiriche che considerano i valori delle precipitazioni e temperatu-

re rilevate nelle otto stazioni pluviometriche ARPAV presenti all'interno dell'area di studio.

Invece per la stima dell'evapotraspirazione legata all'irrigazione si è considerato una percentuale variabile in base al tipo di irrigazione.

Evaporatraspirazione legata alle piogge

Nello specifico del contributo derivato dalle piogge, il valore dell'evapotraspirazione riferito ad ogni stazione pluviometrica è stato calcolato con la formula del Turc (Tabella 6.5).

Una volta ricavato il valore di ogni stazione questo è stato rapportato all'area di pertinenza, ricavata attraverso i poligoni del Thiessen precedentemente descritti durante l'analisi delle precipitazioni, per giungere ad una stima volumetrica di quanta acqua, derivante dalle piogge, ritorna in atmosfera (Tabella 6.6).

Si ricorda che anche in questa valutazione, come è avvenuto nelle precipitazioni, la superficie del poligono di Volpago del Montello è stata privata della area che compete al rilievo del Montello, in quanto trattata diversamente vista le differenze geologiche e idrogeologiche del rilievo.

Stazione Pluviometrica ARPAV	Precipitazione media mm/a	Temperatura media °C	Evapotraspirazione TURC mm/a
<i>Cittadella</i>	1069	13.2	621
<i>Castelfranco Veneto</i>	1036	12.9	607
<i>Maser</i>	1107	12.9	619
<i>Villorba</i>	1057	12.5	599
<i>Volpago del Montello</i>	1125	13.2	631
<i>Treviso</i>	1063	13.9	641
<i>Bassano del Grappa</i>	1217	14.0	671
<i>Rosà</i>	1190	13.6	654

Tabella 6.5 - Tabella di sintesi dei valori di precipitazione e temperatura delle otto stazioni pluviometriche utilizzati per calcolare l'Evapotraspirazione.

Stazione Pluviometrica ARPAV	Superficie Mm ²	EVP reale mm/a	Deflusso "EVP" Mm ³ /a
<i>Cittadella</i>	81.9	621	51
<i>Castelfranco Veneto</i>	147.3	607	89
<i>Maser</i>	106.9	619	66
<i>Villorba</i>	131.5	599	79
<i>Volpago del Montello</i>	120.0	631	76
<i>Treviso</i>	68.8	641	44
<i>Bassano del Grappa</i>	36.6	671	25
<i>Rosà</i>	98.2	654	64
TOTALE			494

Tabella 6.6 - Evapotraspirazione e deflusso medio delle otto stazioni pluviometriche interne all'area di studio.

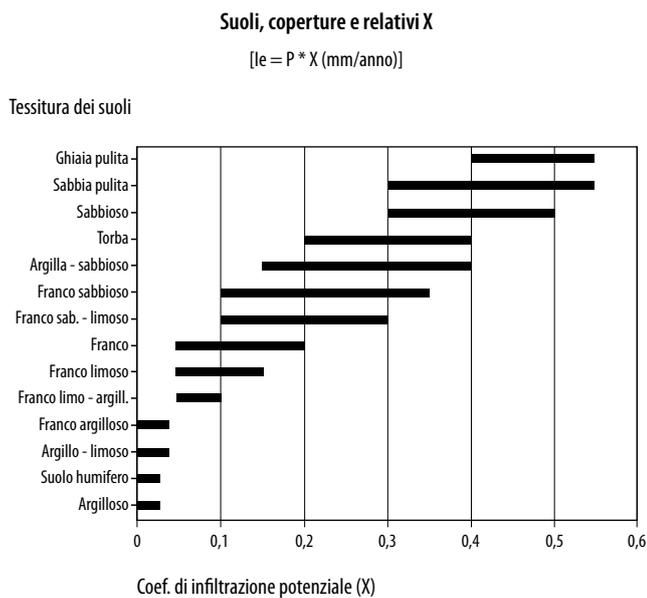


Figura 6.11 - Grafico per il calcolo dell'infiltrazione media annua in presenza di copertura spessa (Civita M. et alii, 2000).

Al fine di verificare il valore di evapotraspirazione calcolato tramite la formula di Turc, si è effettuata una stima dell'infiltrazione efficace (che, in un'area quale quella in studio, rappresenta l'aliquota di pioggia che non evapotraspira).

L'infiltrazione efficace (I_e) può essere valutata in maniera indiretta tramite le precipitazioni medie annue moltiplicate per un fattore X definito come "coefficiente di infiltrazione potenziale". Si tratta di un metodo empirico che supplisce alla impossibilità di realizzare misure di infiltrazione in situ in modo diffuso.

$$I_e \text{ (infiltrazione efficace)} = P_m \text{ (precipitazioni medie annue)} * X \text{ (coefficiente di infiltrazione potenziale)}$$

Il coefficiente X è correlato alla tipologia di copertura e viene ricavato utilizzando il diagramma di Figura 6.11.

Per ottenere quindi il valore dell'infiltrazione efficace è stato necessario ricavare i dati relativi alla tipologia di copertura. Questi sono stati desunti dalla "Carta dei suoli del Veneto" (2005), edita dalla Regione del Veneto e dall'ARPAV (Figura 6.12).

Codice Suolo	Descrizione Suolo	X
AA1	Suoli su conoidi e superfici fluvioglaciali, con evidenti tracce di idrografia relitta, formatasi da ghiaie e sabbie, da molto a estremamente calcaree.	0.45
AA2	Suoli su conoidi fluvioglaciali, con poche tracce di idrografia relitta, formatasi da sabbia e ghiaia, da fortemente a estremamente calcaree.	0.45
AR1	Suoli su conoidi e superfici terrazzate dei fiumi alpini, con tracce di idrografia relitta, formatasi da ghiaia e sabbia, da molto a estremamente calcaree.	0.50
AR2	Suoli su conoidi e superfici terrazzate dei torrenti prealpini, formatasi da materiali misti (ghiaia e materiali fini), da poco a estremamente calcarei.	0.40
BA1	Suoli su dossi della pianura di origine fluvioglaciale, formatasi da sabbia, da molto a estremamente calcaree.	0.42
BA2	Suoli della pianura alluvionale indifferenziata di origine fluvioglaciale, formatasi da limi, da fortemente a estremamente calcarei.	0.09
BR6	Suoli in aree depresse della pianura alluvionale, con falda subaffiorante formatasi da depositi torbosi su limi e argille.	0.07
RC2	Suoli su rilievi collinari estremamente articolati di altissima densità di drenaggio, sviluppati su substrati poco competenti.	0.03
RC3	Suoli su aree collocate prevalentemente al piede dei principali rilievi e subordinatamente in conche intermontane, occupate da depositi detritici eterogenei quali depositi alluvionali, colluviali, torrentizi e lacustri, di varia età.	0.03
RI1	Suoli su altopiani a substrato calcareo, con morfologie carsiche dominanti.	0.30
SI2	Suoli su incisioni vallive a scarpate in calcari duri con versanti moderatamente dirupati a forte pendenza.	0.03
VB1	Suoli dei fondovalle a prevalenza di depositi fluviali e, localmente, con consistenti apporti di depositi glaciali.	0.03

Tabella 6.7 - Coperture rilevate con relativa descrizione e coefficiente di Infiltrazione (X).

Nella Tabella 6.7 si riporta il tipo di copertura rilevato nell'area di studio e il coefficiente d'infiltrazione potenziale assegnato. Mettendo in relazione le aree di pertinenza delle stazioni pluviometriche con le differenti coperture è stata ricavata un'infiltrazione efficace di 380 Mm³/a.

Dalla differenza tra le precipitazioni e l'infiltrazione efficace si ottiene un volume, di 488 Mm³/a, che è dato dalla somma dell'evapotraspirazione e del ruscellamento superficiale.

L'ordine di grandezza è lo stesso stimato per la sola evapotraspirazione calcolata con il Turc.

Evapotraspirazione legata alla irrigazione

Nel caso dell'irrigazione si è scelto di distinguere con percentuali differenti il contributo derivato dall'irrigazione a scorrimento rispetto a quello *pluvirriguo* (Figura 6.13).

Nel caso dei terreni irrigati a scorrimento si è stimata un'eva-

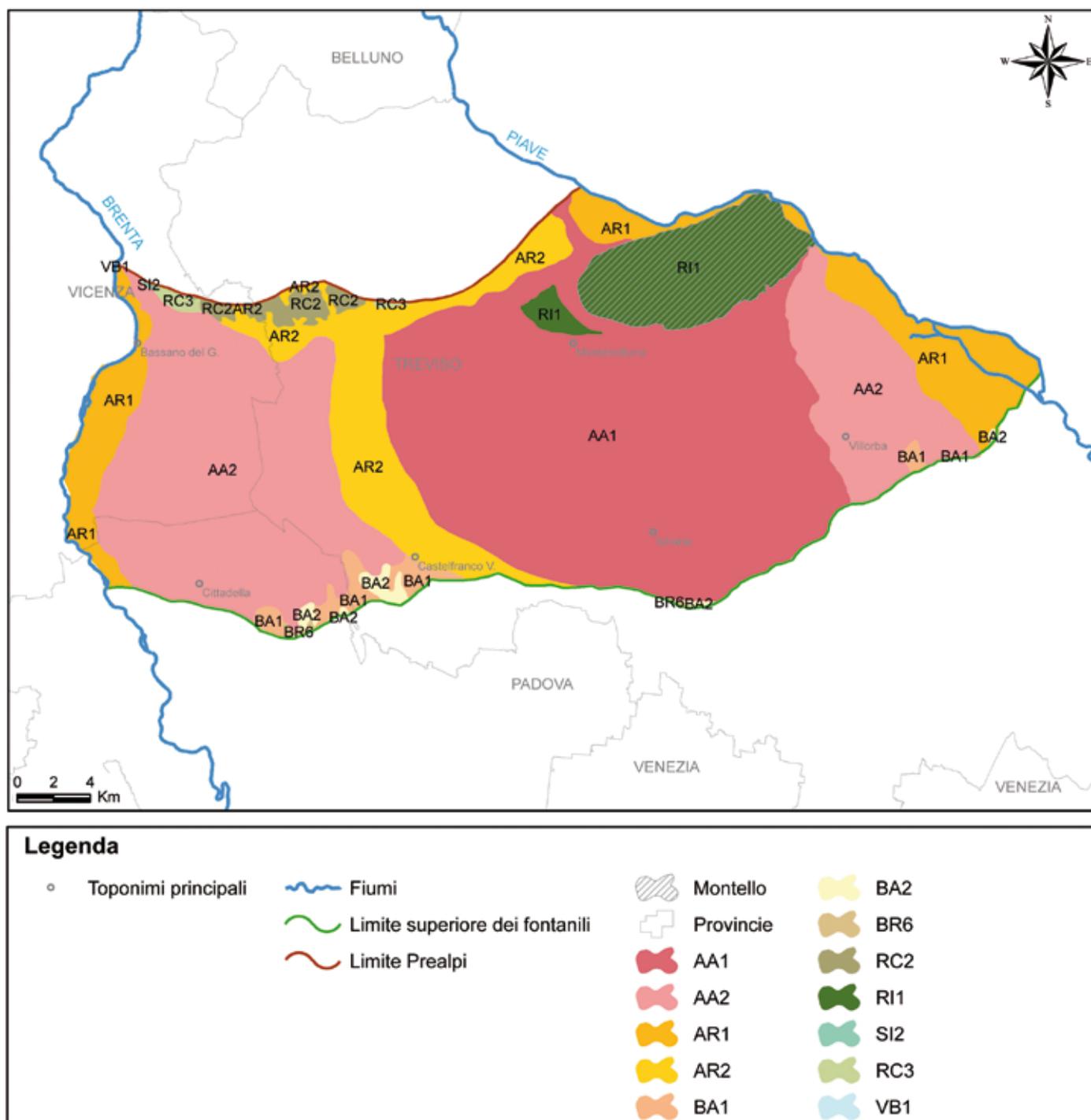


Figura 6.12 - Carta delle coperture presenti nell'area di studio, desunte dalla Carta dei suoli del Veneto.

potraspirazione pari al 40% (Dal Prà A. et alii, 1996; Dal Prà A. et alii, 1998) dell'acqua impiegata, mentre per i terreni irrigati con impianti pluvirrigui la percentuale di evapotraspirazione scelta è pari al 90% dell'acqua usata, in quanto tale sistema minimizza l'infiltrazione dell'acqua al di sotto del suolo agricolo.

Il volume d'acqua assegnato ai due tipi di impianti è stato calcolato mettendo in relazione la portata impiegata nell'area dai Consorzi di Bonifica con le percentuali dei terreni irrigati con impianti pluvirrigui (40%) e a scorrimento (60%). Nella Tabella 6.8 vengono riportate le superfici dedite alle due pratiche irrigue (secondo quanto comunicato dai Consorzi di Bonifica) e le relative portate calcolate in base alla percentuale di terreno irriguo.

Impianti	Superficie (Km ²)	Portata (Mm ³ /a)	EVT (Mm ³ /a)
Pluvirrigui	314	628	565
Scorrimento	468	936	375
TOTALE	782	1564	940

Tabella 6.8 - Evapotraspirazione legata al tipo di impianto di irrigazione.

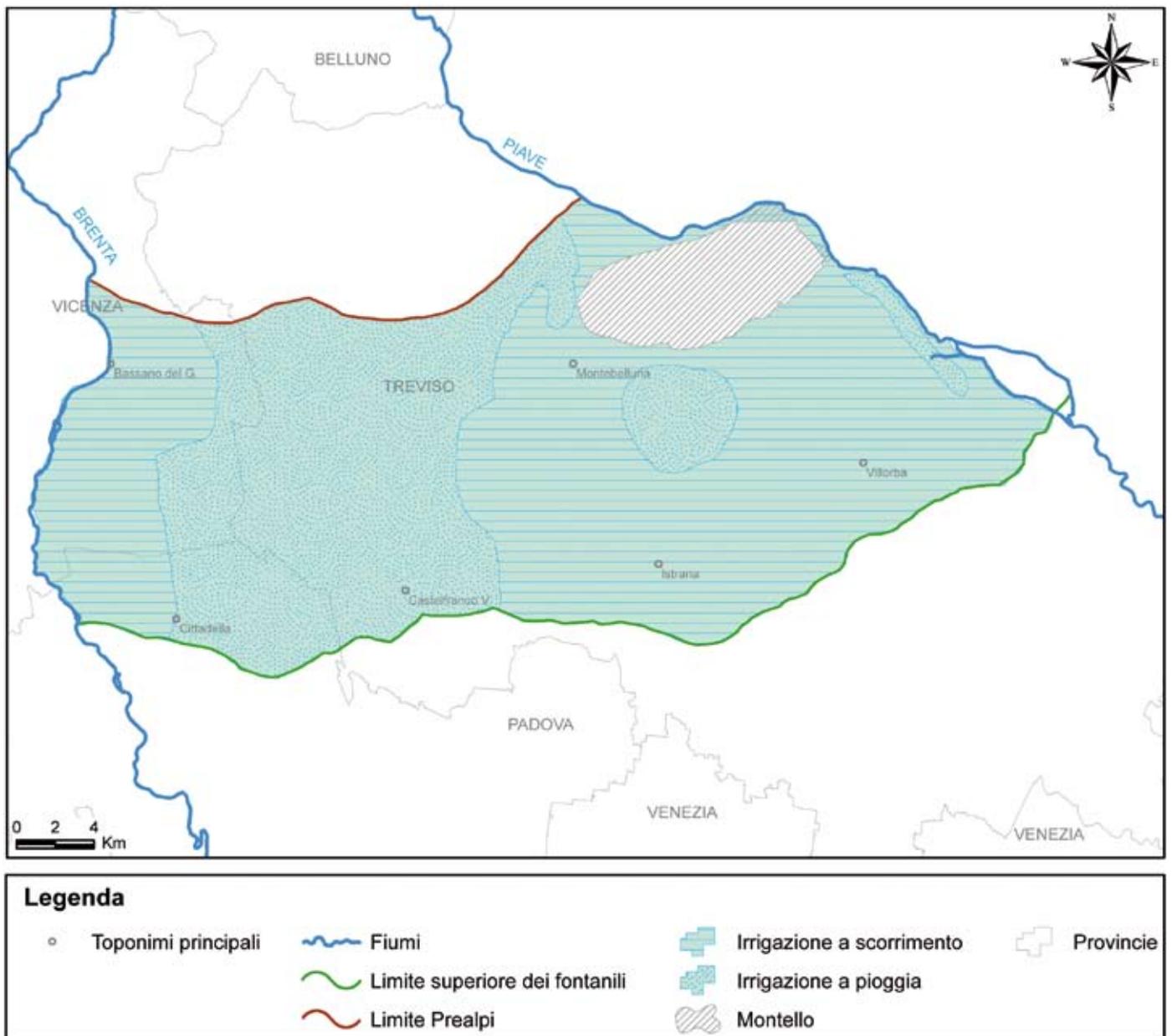


Figura 6.13 - Area interessata da impianti a scorrimento (linea orizzontale) e da impianti pluvirrigui (punti).

Portata	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
<i>Transitata a Cà Barzizza</i>	33,9	35,1	42,5	71,8	90,7	58,4	43,0	39,2	48,5	54,9	51,1	38,0
<i>Dispersa fino a Friola</i>	14,2	14,5	15,3	17,4	18,1	16,6	15,3	14,9	15,7	16,3	16,0	14,7

Tabella 6.9 - Sintesi delle portate medie mensili (m^3/s) misurate a Cà Barzizza con le relative portate disperse prima della sezione di Friola.

L'evapotraspirazione comprensiva dell'evaporazione legata alle precipitazioni e alla pratica irrigua ha un valore pari $1434 Mm^3/a$.

Grado di attendibilità

Il grado di attendibilità è stato considerato pari a 6. L'elemento che incide negativamente nella attendibilità della stima, è la non disponibilità del valore reale delle portate asservite ai due tipi di impianti (scorrimento e pluviirriguo).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
					X				
Non noto			Insufficiente		Sufficiente		Adeguito		

6.2.4.6 Flusso superficiale uscente " Q_{out} "

Il flusso superficiale uscente è composto dal contributo dei fiumi Piave e Brenta, e dei corsi d'acqua minori, formatisi ad opera dei canali di irrigazione e delle risorgive. Per stimare la componente dei fiumi sono state utilizzate sezioni di misura calibrate da studi ed indagini condotte su Brenta e Piave (Figura 6.5).

Fiume Brenta

Per il fiume Brenta è stata calcolata la portata teorica che transiterebbe a Fontaniva, considerando il tratto disperdente da Cà Barzizza a Friola ed il tratto drenante da Friola a Fontaniva.

Per definire le due componenti lungo il tratto di studio si è

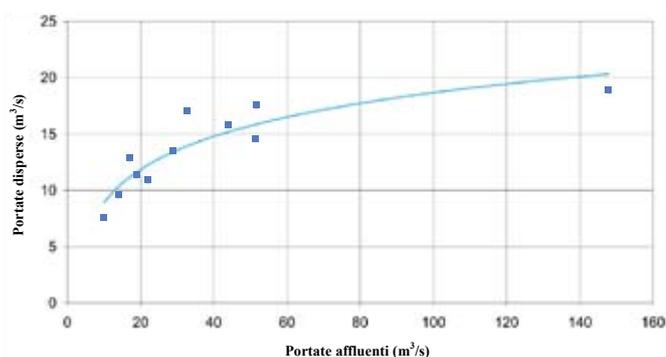


Figura 6.14 - Correlazione tra portata fluente e portata dispersa in falda del Brenta tra Bassano e Friola (da Sottani et alii, 1982).

considerato lo studio svolto dalle Aziende Industriali Municipalizzate (AIM) di Vicenza e dall'Istituto di Geologia del CNR di Padova (Sottani et alii, 1982). Tale studio, sulla base di misure giornaliere condotte tra il settembre 1979 e il gennaio 1981 in numerose sezioni dell'asta principale del Brenta, ha fornito una correlazione tra le portate transitate a Bassano e le portate disperse in falda fino a Friola (Figura 6.14).

È stata dunque utilizzata questa correlazione per stimare la portata dispersa in falda da Bassano fino a Friola (Tabella 6.9). Per il tratto drenante, compreso tra Friola e Fontaniva, si è assegnato un valore di portata drenata di $4,17 m^3/s$, valore indicativo stimato da rilievi idrometrici condotti da ARPAV nel febbraio 2008 (ARPAV, 2008).

Per ricavare la portata del Brenta a Fontaniva si è sottratta la componente dispersa ($497 Mm^3/a$) alla portata rilevata a Cà Barzizza ($1600 Mm^3/a$) e poi è stata sommata la componente drenata tra Friola e Fontaniva ($130 Mm^3/a$).

La portata media annua calcolata per il fiume Brenta all'altezza di Fontaniva è risultata di $1230 Mm^3/a$.

Va precisato che a partire dagli anni '60 il Brenta ha subito un progressivo grave fenomeno di dissesto in alveo, che ha comportato un abbassamento dell'alveo fino a 9 metri ed una variazione della morfologia dell'alveo ("monocorsulizzazione"). Ciò può aver modificato la curva di dispersione, ma tale dato non è precisamente definibile in quanto, per attualizzare tale curva sono attualmente disponibili unicamente un paio di misure di ARPAV.

Fiume Piave

Anche per il fiume Piave si è reso necessario ricostruire la portata nella sezione di uscita in quanto la misura disponibile a Ponte di Piave è situata troppo a sud del limite inferiore del bacino di studio.

Sulla base dello studio svolto dall'Università di Padova (D'Alpaos L. et alii, 1978) è stato scelto di determinare la misura teorica della portata fluente in alveo all'altezza di Cimadolmo (ovvero al limite della fascia dei fontanili).

Per questa sezione si è utilizzata la relazione tra le portate disperse (Q_D) in falda fino all'altezza di Cimadolmo e le portate fluenti a Nervesa (Q_N).

$$Q_D = 0,184Q_N + 13,31 m^3/s$$

$$Q_N > 20 m^3/s$$

La portata media annua calcolata per il fiume Piave all'altezza di Cimadolmo è risultata di $477 Mm^3/a$ (Tabella 6.10).

Come per le portate superficiali entranti, le portate calcolate

Sezione	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
<i>Nervesa</i>	29,8	27,8	29,7	40,3	57,0	38,8	24,5	23,7	30,4	38,0	40,2	37,8
<i>Dispersa fino Cimadolmo</i>	18,8	18,4	18,8	20,7	23,8	20,5	17,8	17,7	18,9	20,3	20,7	20,3

Tabella 6.10 - Sintesi delle portate medie mensili (m^3/s) misurate a Nervesa con le relative portate disperse prima della sezione di Cimadolmo.

per il Piave e il Brenta nelle sezioni di uscita dal sistema sono state dimezzate in modo tale che il contributo alla falda, derivante dalla dispersione dei due fiumi, fosse legata al bacino di studio.

Canali, scoli e corsi d'acqua di risorgiva

Il valore legato al contributo dei corsi d'acqua minori, che devono la loro esistenza all'apporto della rete irrigua ed alle risorgive, è stato stimato partendo da un studio condotto negli anni '70 con misure concentrate nel 1975 (*Dal Prà A. et alii, 1980*). Non si hanno misure sistematiche successive al 1975. Le due componenti sono state separate al fine di integrare e aggiornare i valori con misure più recenti, quando disponibili.

La portata misurata nel 1975 era risultata pari a $40 m^3/s$ dei quali $31,61 m^3/s$ legati alle risorgive e $8,39 m^3/s$ ai corsi d'acqua.

In assenza di misure aggiornate per le risorgive, il valore di portata misurato nel 1975 è stato modificato considerando la percentuale di risorgive estinte negli ultimi 30-40 anni basate sui censimenti eseguiti dalle province di Padova e Treviso (*Modena P. et alii, 2006; Modena P. et alii, 2007*).

Il numero delle risorgive estinte, all'interno dell'area oggetto del bilancio, è pari a circa il 31% rispetto a quelle misurate nel 1975.

Si è stimata una portata uscente ad opera delle risorgive di circa $688 Mm^3/a$, ipotizzando un decremento percentualmente coincidente con la diminuzione del numero delle risorgive.

Per quanto concerne i canali formati a monte delle risorgive con il contributo della rete consortile, sono state considerate le misure eseguite nel 1975, dello studio precedentemente citato, corrette o integrate, quando possibile, con valori più recenti (*Favretto M., 2003*).

La portata stimata per i canali e gli scoli è di $482 Mm^3/a$.

Grado di attendibilità

Il grado di attendibilità è stato considerato pari a 5.

In generale i valori analizzati per il parametro del flusso superficiale uscente sono ricavati da misure, quando disponibili, puntuali e in assenza di monitoraggi sistematici. Questo

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
				X					
Non noto			Insufficiente		Sufficiente		Adeguito		

inficia molto il grado di attendibilità del parametro al quale è stato attribuito un valore pari a 5.

Più in dettaglio rispetto alle varie componenti analizzate:

- le misure di portata su sezioni seriate sia sul Piave che sul Brenta risalgono agli anni '70;
- la relazione portate – dispersioni per il fiume Brenta risale al 1981 e, in relazione ai noti fenomeni di dissesto geomorfologico dell'alveo del fiume Brenta, potrebbe essere non più valida; ARPAV ha eseguito due misure che non permettono di affermare che la curva sia la stessa, anzi sembrerebbe evidente una diminuzione delle capacità disperdenti del corso d'acqua;
- le portate delle risorgive sono state misurate sistematicamente solo nel 1975, nell'ambito di una ricerca svolta dall'Istituto di Geologia dell'Università di Padova, e poi mai più ripetute; molti dati indicano una notevole variazione della portata dei corsi d'acqua da esse originate.

6.2.4.7 Flusso sotterraneo uscente "QS_{out}"

All'interno del parametro del flusso uscente rientra l'apporto d'acqua che ricarica gli acquiferi confinati della media e bassa pianura compresa tra i due fiumi.

Nell'ambito del progetto si è eseguita una dettagliata analisi delle portate fluenti negli acquiferi confinati nel territorio dell'ATO Laguna di Venezia. Come visibile in Figura 6.15 essi interessano circa un terzo dell'area posta tra il Brenta ed il Piave.

Le portate in ingresso negli acquiferi confinati del territorio ATO Laguna di Venezia sono pari a $442 Mm^3/a$.

Per le rimanenti parti di acquiferi confinati non sono disponibili analoghi studi si è quindi valutato in termini generali l'estendibilità del dato ricavato nel territorio ATO.

Per il tratto verso il Piave si ipotizza sulla base di alcuni studi (*Dal Prà A. et alii, 1992*) una condizione simile a quella analizzata per la sezione entrante nel territorio ATO Laguna di Venezia.

Invece per il tratto verso il fiume Brenta si riscontra una diminuzione del numero degli acquiferi confinati e una variazione dei parametri idrogeologici.

Quindi per il tratto ad Est rispetto la sezione realmente misurata è stato assegnato un fattore 1, invece per la sezione ad Ovest il fattore assegnato è 0,5.

Il valore stimato complessivo è di $1105 Mm^3/a$. Esso considera le entrate calcolate per gli acquiferi confinati presenti nell'area di competenza ATO Laguna di Venezia ($442 Mm^3/a$) ed il valore stimato sulla base di osservazioni stratigrafiche

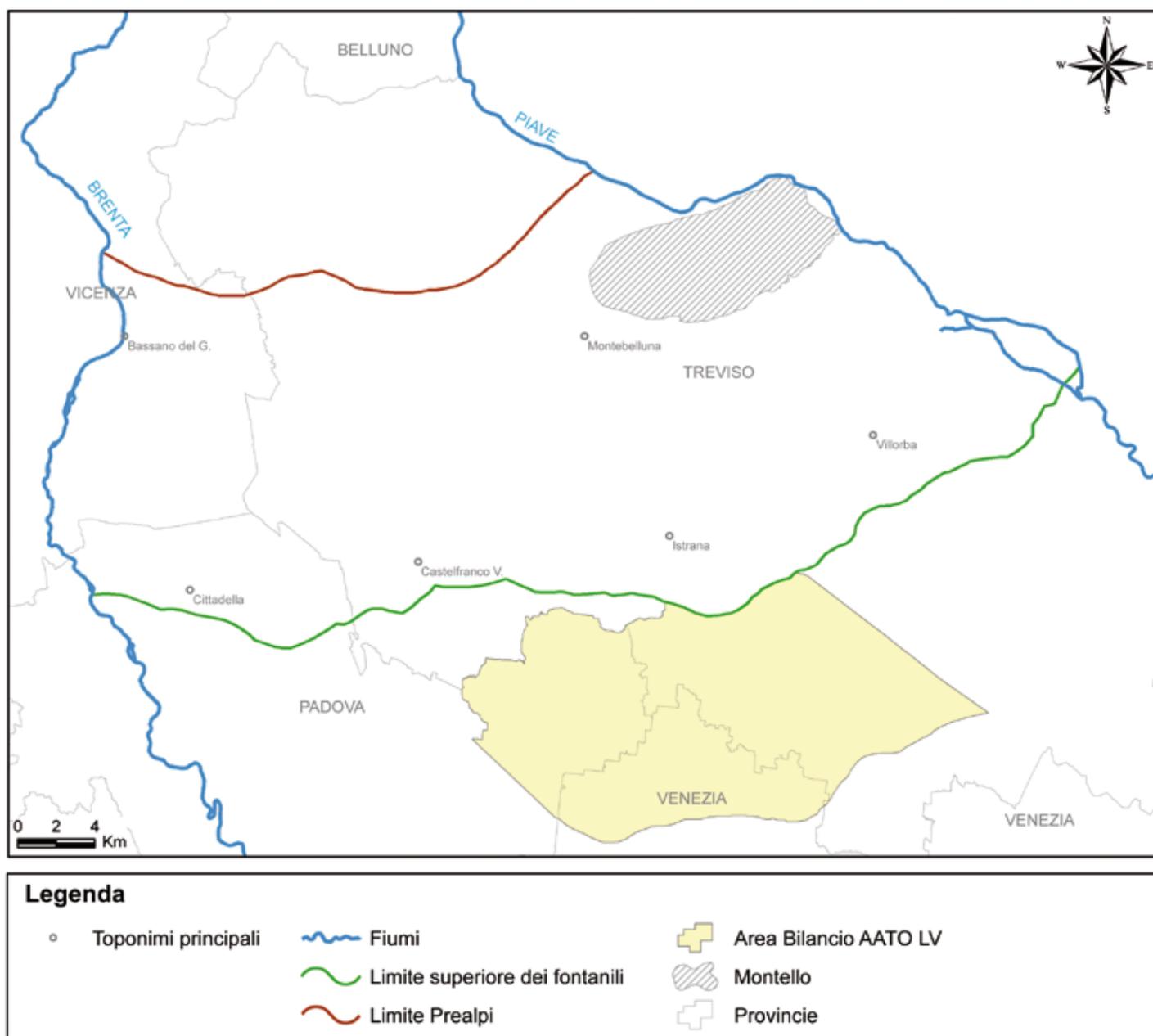


Figura 6.15 - Superficie dell'area di studio per la definizione del bilancio idrico a scala di risorsa idropotabile di ATO Laguna di Venezia.

ed idrogeologiche delle aree confinanti all'ATO Laguna di Venezia.

Si precisa che questa voce di bilancio non considera gli acquiferi confinati oltre i 300 metri, in quanto nell'area ATO Laguna di Venezia non si dispone di sufficienti informazioni per elaborare una stima dei volumi oltre i 300 metri, quindi questa componente risulta non determinata.

Grado di attendibilità

Il grado di attendibilità del parametro è 5. Tale valutazione risulta mediata tra l'elevato grado di attendibilità dei dati disponibili per il territorio dell'ATO Laguna di Venezia e la presenza di dati esclusivamente preliminari e

privi dei necessari elementi geologici ed idrogeologici per le rimanenti zone ad Est e ad Ovest. Per migliorare la qualità del dato bisognerebbe estendere l'analisi condotta nell'area di risorsa idropotabile ATO Laguna di Venezia alle aree limitrofe, definendo la posizione dell'imbocco degli acquiferi confinati e approfondendo la conoscenza geologica degli acquiferi a profondità superiore ai 300 metri.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
				X					
Non noto			Insufficiente		Sufficiente		Adeguito		

Voci di Bilancio in Ingresso

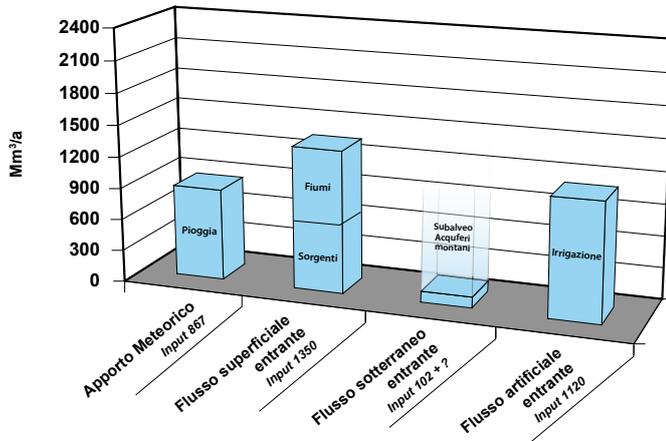


Figura 6.16 - Portate in entrata nel sistema.

6.2.4.8 Flusso artificialmente uscente "FA_{out}"

Nel flusso artificialmente uscente rientrano i prelievi artificiali effettuati all'interno dell'area di studio e allontanati attraverso condotte o stoccaggio, al di fuori del bacino.

Nel caso dei diversi punti di approvvigionamento pubblico e privato si è ritenuto, viste le caratteristiche idrogeologiche e antropiche del bacino di studio, di non considerare i volumi estratti attraverso pozzi in quanto l'acqua estratta ritorna al bacino infiltrandosi nuovamente ($Q_{S_{out}}$) oppure esce attraverso canali e/o scoli (Q_{out}).

Voci di Bilancio in Uscita

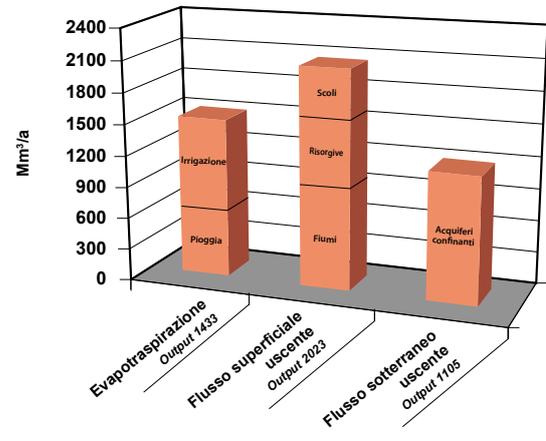


Figura 6.17 - Portate in uscita dal sistema.

6.2.5 Calcolo del Bilancio Idrico

Noti tutti i termini dell'equazione del bilancio è possibile una verifica complessiva della congruità delle quantità affluenti e defluenti.

La Tabella 6.11 raccoglie i valori dei singoli parametri e il loro grado di attendibilità.

La non chiusura del bilancio "a pareggio" è legata principalmente a due componenti della voce "Flusso sotterraneo entrante ($Q_{S_{in}}$)" attualmente non quantificabili:

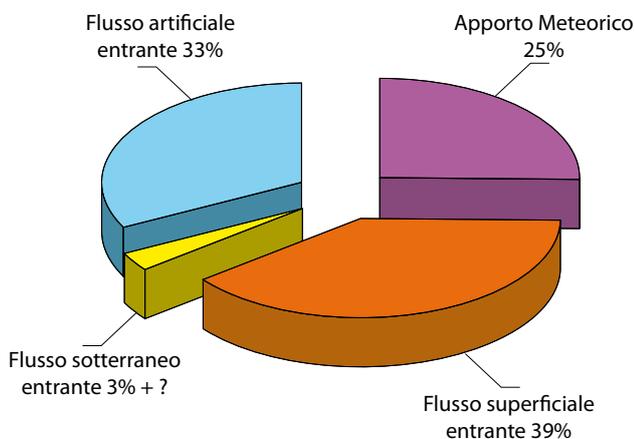
- gli apporti da monte;
- il contributo di subalveo.

La differenza tra portate in entrata e portate in uscita potrebbe, in prima approssimazione, coincidere con tali voci non quantificate.

I dati del bilancio sono riassunti da alcuni diagrammi (Figura 6.16, Figura 6.17, Figura 6.18 e Figura 6.19) e dallo schema di sintesi (Figura 6.20).

Voci di bilancio		Afflussi			Deflussi		
		Mm³/a	%	grado di attendibilità	Mm³/a	%	grado di attendibilità
P	Apporto Meteorico	867	25%	8			
Q_{in}	Flusso superficiale entrante	1350	39%	7			
$Q_{S_{in}}$	Flusso sotterraneo entrante	102+?	3%	2			
FA_{in}	Flusso artificiale entrante	1120	33%	6			
EVP	Evapotraspirazione				1433	31%	6
Q_{out}	Flusso superficiale uscente				2023	45%	5
$Q_{S_{out}}$	Flusso sotterraneo uscente				1105	24%	5
Totale		3439+?			4561		

Tabella 6.11 - Sintesi del bilancio idrico a livello di bacino a scala regionale.

Voci di Bilancio in Ingresso

Figura 6.18 - Distribuzione percentuale tra le varie voci di bilancio per le portate in entrata nel sistema.

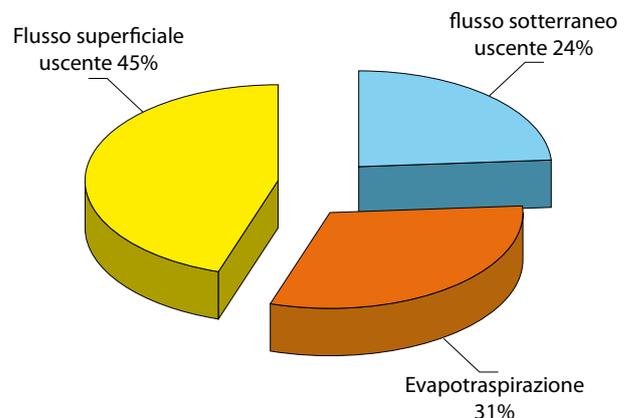
L'analisi dei rapporti percentuali fa capire quali contributi, sulla base dei dati raccolti, hanno un ruolo rilevante nella ricarica dell'acquifero freatico. Queste percentuali sono però da valutare nell'ottica dello schema d'analisi seguito per la realizzazione del bilancio idrico, in quanto esso ha fatto emergere al di là delle percentuali, la provenienza dei contributi e come essi intervengono sulla ricarica.

Analizzando le voci appartenenti agli afflussi possiamo notare che il maggior contributo d'acqua al bacino viene principalmente dai fiumi. L'acqua del fiume, attraverso il decorso naturale all'interno dell'alveo fluviale e attraverso il flusso nella rete artificiale dei Consorzi di Bonifica, gioca un ruolo principale nel bilancio idrico. L'apporto derivante dalle acque superficiali è nettamente superiore ($39\%+33\%=72\%$) rispetto a quello legato alle precipitazioni (25%) che vanno ad interessare l'area di studio.

L'interpretazione di questi dati ai fini delle quantità di acqua che si infiltrano nel sottosuolo induce alcune considerazioni.

I flussi artificiali entranti sono consistenti ed essendo totalmente a carico dei Consorzi di Bonifica, incidono in modo rilevante sul fenomeno dell'infiltrazione, che trasforma acque superficiali in acque sotterranee. Si deve inoltre considerare che parte delle portate che i consorzi utilizzano per l'infiltrazione (in particolare per il Pedemontano Brenta che deriva acque del Brenta a Sud della stazione di misura di Cà Barzizza) sono conteggiate nel bilancio come portate del Brenta. Ma a parità di portata, la quantità di infiltrazione prodotta dall'irrigazione, rispetto a quella prodotta dalla dispersione fluviale, è percentualmente superiore. Quindi l'azione dei Consorzi di Bonifica incrementa la trasformazione delle acque superficiali in acque sotterranee.

Dai dati analizzati possiamo dedurre che l'azione dei Consorzi di Bonifica, che percentualmente ha un contributo del 33% sui volumi valutati, in realtà è potenzialmente il principale componente della ricarica sotterranea del bacino.

Voci di Bilancio in Uscita

Figura 6.19 - Distribuzione percentuale tra le varie voci di bilancio per le portate in uscita nel sistema.

no. Il valore visibile nel bilancio non lo mette chiaramente in risalto, ma questo è dipeso dal fatto che le portate derivate dal Consorzio di Bonifica del Pedemontano Brenta, non vengono considerate perché già comprese in quelle del fiume Brenta. Quindi la percentuale sulla singola voce di bilancio non fa emergere chi sia il reale fattore, che sfruttando le acque del fiume permette una ricarica distribuita e consistente del bacino (si veda il paragrafo successivo).

La gestione della risorsa idrica da parte dei Consorzi di Bonifica è quindi fondamentale per l'infiltrazione e quindi la ricarica. Infatti, rispetto all'acqua che scorre solo dentro gli alvei fluviali, attraverso la rete di canali e la pratica irrigua di scorrimento, i consorzi creano le condizioni più favorevoli all'infiltrazione.

Ovviamente questo produce un aumento dell'evapotraspirazione nel bacino, che è un fenomeno quasi irrilevante entro l'alveo fluviale.

Questo dato, di particolare interesse e di novità in rapporto agli studi pregressi, dovrebbe essere maggiormente approfondito attraverso misure dirette al fine di capire quanto i volumi rilasciati dalla rete irrigua contribuiscano, rispetto alla dispersione in alveo, alla ricarica dell'acquifero.

Tra le quantità defluenti, il parametro prevalente è il flusso superficiale uscente, infatti il suo contributo è pari al doppio di quello stimato per il flusso sotterraneo uscente.

Per i deflussi sotterranei si ricorda che le stime derivano dal dettaglio del bacino di risorsa ATO Laguna di Venezia e per profondità comprese tra 15 metri e 310 metri.

Le portate defluenti attraverso il flusso sotterraneo si avvicinano molto ai volumi rilasciati all'atmosfera attraverso il processo di evapotraspirazione.

Analizzando i gradi di attendibilità dei parametri defluenti si può facilmente notare che le componenti non superano mai la "sufficienza", e quindi non è da escludere che le stesse percentuali appena esposte risentano del grado di precisione dei singoli dati analizzati.

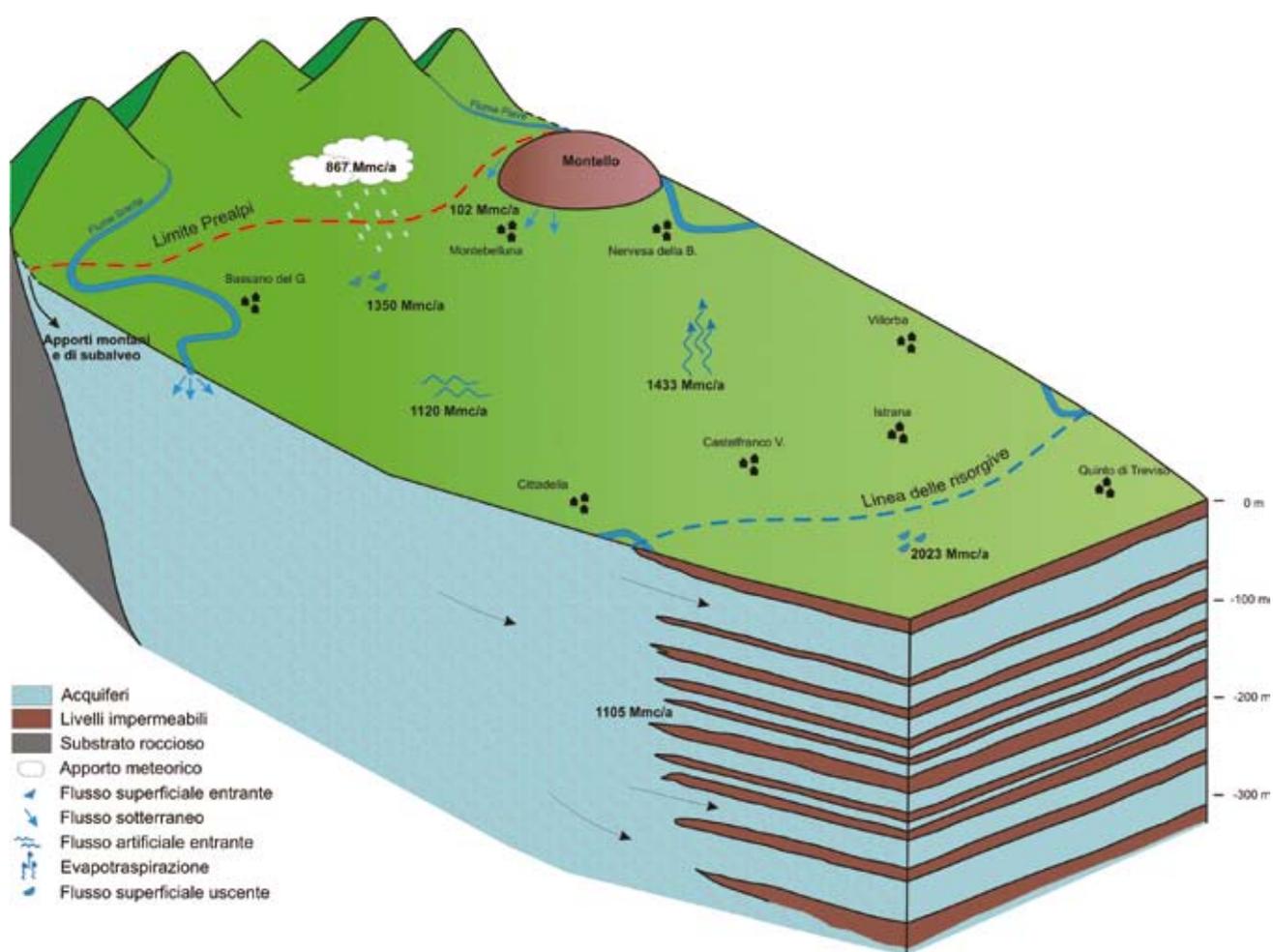


Figura 6.20 - Schema delle principali voci del bilancio idrico a scala regionale elaborate sulla base dei dati esistenti.

	Entrata		Uscita	
	Mm ³ /a	%	Mm ³ /a	%
Infiltrazione efficace	380	24%		
Dispersione fiume	570	36%		
Infiltrazione irrigua potenziale	625	40%		
Apporti acquiferi montani	Non noto	Non noto		
Risorgive canali scoli			1170	49%
Acquiferi confinati			1105	46%
Drenaggio del Brenta tra Friola e Fontaniva			132	5%
Totale	1575		2407	

Tabella 6.12 - Sintesi dei flussi sotterranei entranti e uscenti dal bacino idrogeologico a scala regionale.

In termini quantitativi si può notare dalla Tabella 6.11 che i contributi significativi presentano un ordine di grandezza pari a 1000 Mm³/a.

6.2.6 Valutazione idrogeologica dei dati di bilancio dell'area di ricarica

Analizzando le portate entranti e uscenti in un'ottica strettamente idrogeologica, la situazione può essere schematizzata come segue.

Le *entrate* considerano le portate legate all'infiltrazione efficace delle piogge, la dispersione dei fiumi, gli apporti del Montello, e la dispersione efficace legata all'irrigazione. A questi vanno aggiunti gli apporti degli acquiferi montani che, come già esplicitato, non sono noti.

Le *uscite* riguardano il contributo superficiale delle risorgive e canali, le portate rilasciate agli acquiferi confinati e i processi di drenaggio della falda (Friola-Fontaniva).

Per ogni voce, riportata nella Tabella 6.12, è stata ricavata la portata ed il valore percentuale.

L'infiltrazione efficace è stata dedotta in maniera indiretta attraverso i valori delle precipitazioni medie annue moltiplicate per i coefficienti di infiltrazione potenziale relativi alla tipologia di copertura dedotta dalla carta dei suoli del Veneto.

La stima dell'infiltrazione ad opera dell'irrigazione è stata ricavata sottraendo l'evapotraspirazione alla portata derivata dai Consorzi (questa stima è sovrastimata perché l'infiltrazione calcolata contiene parte dello scorrimento).

La voce "Dispersione fiume" rappresenta la dispersione dimezzata dei due fiumi, calcolata con le due equazioni sperimentali disponibili da bibliografia (Sottani N. et alii, 1982; D'Alpaos L. et alii, 1978).

Nel caso del Brenta, la dispersione sulle portate transitate è stata calcolata dopo la derivazione del Consorzio Pedemontano Brenta.

Le due componenti in uscita delle acque sotterranee cioè portate alle risorgive, canali e scoli e portate sotterranee in uscita in corrispondenza degli acquiferi confinati presentano valori circa equivalenti.

Una analisi complessiva della qualità del dato porta ad affermare che per migliorare la qualità delle conoscenze necessarie alla gestione delle risorse idriche, appare essenziale un maggiore approfondimento delle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'area a monte (area di ricarica) ed un monitoraggio sistematico. Infatti una delle principali difficoltà riscontrate in questa fase dello studio è stata la frammentarietà e la non sistematicità dei dati.

6.2.7 Proposte per i futuri aggiornamenti del bilancio (anche a scala di bacino idrogeologico regionale)

Nei paragrafi precedenti si è definito il grado di attendibilità di ciascuna voce di bilancio, evidenziando come, per una serie di parametri, i dati siano non sufficientemente precisi e, in alcuni casi, assenti.

Si è quindi previsto di definire, voce per voce, quali risultino le più opportune modalità di integrazione e monitoraggio dei dati, al fine di permettere futuri aggiornamenti e miglioramenti del bilancio nonché di disporre costantemente dei dati necessari per "correggere" ed indirizzare le modalità gestionali.

Per ciascuna voce inoltre si è definito il grado di priorità, al fine di fornire anche un grado temporale di urgenza degli approfondimenti che gli Enti competenti dovrebbero intraprendere.

Questo sempre nell'ottica dell'importanza strategica che riveste il bilancio idrico nella programmazione e nella gestione delle risorse idriche sotterranee.

Nell'esposizione non si entra nel merito degli Enti che dovrebbero essere deputati della raccolta dei vari dati. In via del tutto generale si osserva che anche per questo aspetto le competenze sono suddivise tra vari Enti e che quindi appare di primaria importanza instaurare delle sinergie tra i vari Enti competenti.

Le proposte sono sintetizzate nello schema di Tabella 6.13.

	Voci di bilancio	Componenti	Proposte per il miglioramento del grado di attendibilità del dato	Priorità
P	Apporto Meteorico		Valutazione dei fattori incidenti sulla misura pluviometrica	Bassa
Q_{in}	Flusso superficiale entrante	Fiume Piave	Misura portata in sezione a monte	Media
		Fiume Brenta	---	---
		Contributi Montello ed altri	---	---
QS_{in}	Flusso sotterraneo entrante	Acquiferi prealpini	Esecuzione di uno specifico studio geologico idrogeologico su questi acquiferi	Alta
		Falde di subalveo	Esecuzione di uno specifico studio geologico idrogeologico su questa componente	Alta
		Acquiferi Montello	---	---
FA_{in}	Flusso artificiale entrante	Portate immesse dai Consorzi	Elaborazione dei nuovi dati misurati dal Consorzio di Bonifica Pedemontano Brenta	Bassa
EVP	Evapotraspirazione	Evapotraspirazione legata alle piogge	Misure infiltrometriche	Bassa
		Evapotraspirazione legata alla irrigazione	Definizione con maggiore dettaglio della tipologia irrigua adottata nelle diverse aree Caratterizzazione dei canali della rete di bonifica Influenza della pratica irrigua sulla ricarica	Media
Q_{out}	Flusso superficiale uscente	Fiume Piave	Misure differenziali in alveo per aggiornare la curva di dispersione Monitoraggi idrogeologici (almeno freatimetrie) nell'area di alta pianura	Alta
		Fiume Brenta	Misure differenziali in alveo per aggiornare la curva di dispersione Monitoraggi idrogeologici (almeno freatimetrie) nell'area di alta pianura	Alta
		Risorgive	Misure di portata e monitoraggi sulle risorgive	Alta
		Canali e scoli	Misure di portata	Media
QS_{out}	Flusso sotterraneo uscente	Area tra fiume Piave e ATO Laguna di Venezia	Analisi geologica ed idrogeologica con metodologia analoga a quella impiegata nel presente studio	Alta
		Area di competenza dell'ATO laguna di Venezia	Approfondimenti già in fase avanzata	---
		Area tra ATO Laguna di Venezia e fiume Brenta	Analisi geologica ed idrogeologica con metodologia analoga a quella impiegata nel presente studio	Alta
Fa_{out}	Flusso artificialmente estratto	Pozzi privati	Revisione della scheda di raccolta dati Aggiornamento dei dati	Alta
		Pozzi acquedottistici	Aggiornamento del database	Alta
		Pozzi Consorzi di Bonifica	---	---

Tabella 6.13 - Sintesi delle proposte, a livello di bacino idrogeologico a scala regionale, per migliorare il grado di attendibilità del dato delle singole voci di bilancio.

6.3 Il bilancio idrogeologico dell'area di risorsa idropotabile ATO Laguna di Venezia

6.3.1 Generalità

La definizione di bilancio idrogeologico degli acquiferi confinati nell'area di risorsa idropotabile di competenza dell'AATO Laguna di Venezia si basa sulla quantificazione delle entrate e delle uscite dal sistema; nel caso specifico è stato quindi necessario definire:

1. una stima delle *portate fluenti* in entrata e in uscita dal sistema;
2. una stima delle *portate estratte* nella zona di risorsa idropotabile.

Tale valutazione è stata eseguita singolarmente per ciascu-

no degli acquiferi confinati individuati e descritti nei capitoli precedenti.

L'area in esame ricopre una superficie di circa 230 Km², interessando le province di Venezia, Padova e Treviso.

I limiti del sistema (Figura 6.21) coincidono a nord con la linea dei fontanili, con il confine dell'ATO Laguna di Venezia e con il confine del comune di Piombino Dese, a est con il confine dell'ATO LV e parte del comune di Treviso, Casier e Casale sul Sile, a ovest con i confini dei comuni di Piombino Dese interessando in parte il comune di Camposampiero, Trebaseleghe e Massanzago, mentre a sud con il limite idropotabile.

La zona al di sopra della linea dei fontanili, ricadente nel territorio di competenza AATO LV, è stata esclusa dal bilancio in esame in quanto ricadente in zona di acquifero indifferenziato inclusa nella valutazione del bilancio idrico a scala regionale.

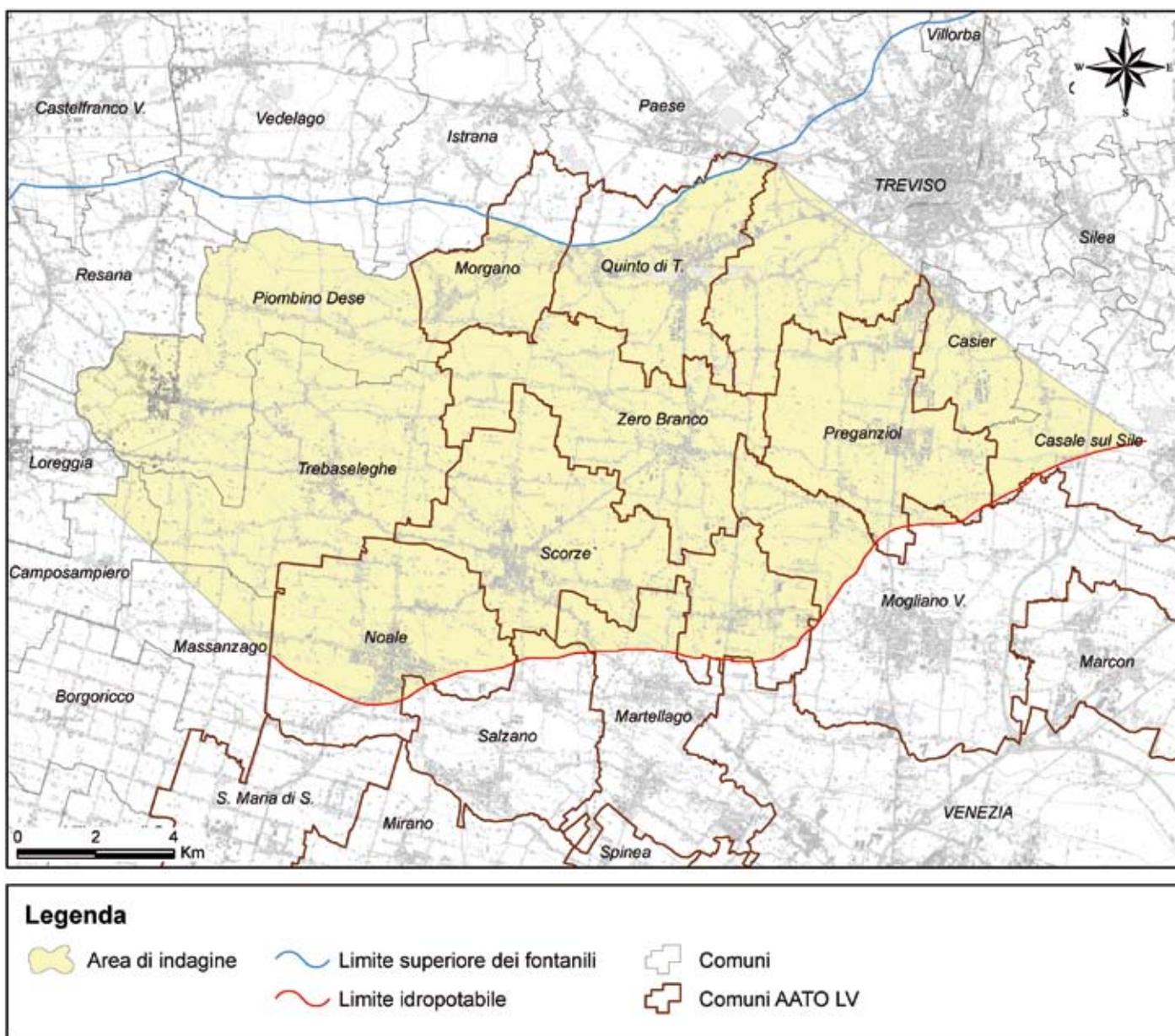


Figura 6.21 - Area di risorsa idropotabile entro cui è stato effettuato il bilancio idrogeologico.

6.3.2 Portate fluenti

Il calcolo delle portate fluenti nel sottosuolo è stato realizzato partendo da dati sperimentali raccolti nella fase di parametrizzazione idrogeologica degli acquiferi.

La portata fluente per una sezione di un acquifero può essere calcolata tramite la legge di Darcy:

$$Q = T i L$$

dove:

Q = portata (m³/s)

T = trasmissività (m²/s)

i = gradiente idraulico

L = larghezza della sezione (m)

Le portate in transito sono state calcolate su due sezioni convenzionali poste in entrata ed in uscita dal sistema idrogeologico in esame. Le sezioni hanno orientazione NE-SO perpendicolarmente alla direzione di deflusso delle acque sotterranee (Figura 6.22) ed hanno una larghezza di 19 Km. A titolo di confronto, ove possibile, si è calcolata la portata in transito anche in una sezione intermedia tra quella in entrata e quella in uscita.

Le sezioni di riferimento sono illustrate in Figura 6.22.

Al fine di ottenere dei risultati il più attendibili possibile, le sezioni sono state discretizzate, laddove i dati lo consentivano, in base alle posizioni delle prove idrogeologiche e alle zone dove il gradiente idraulico era stato calcolato sperimentalmente.

La discretizzazione delle sezioni per il calcolo delle porta-

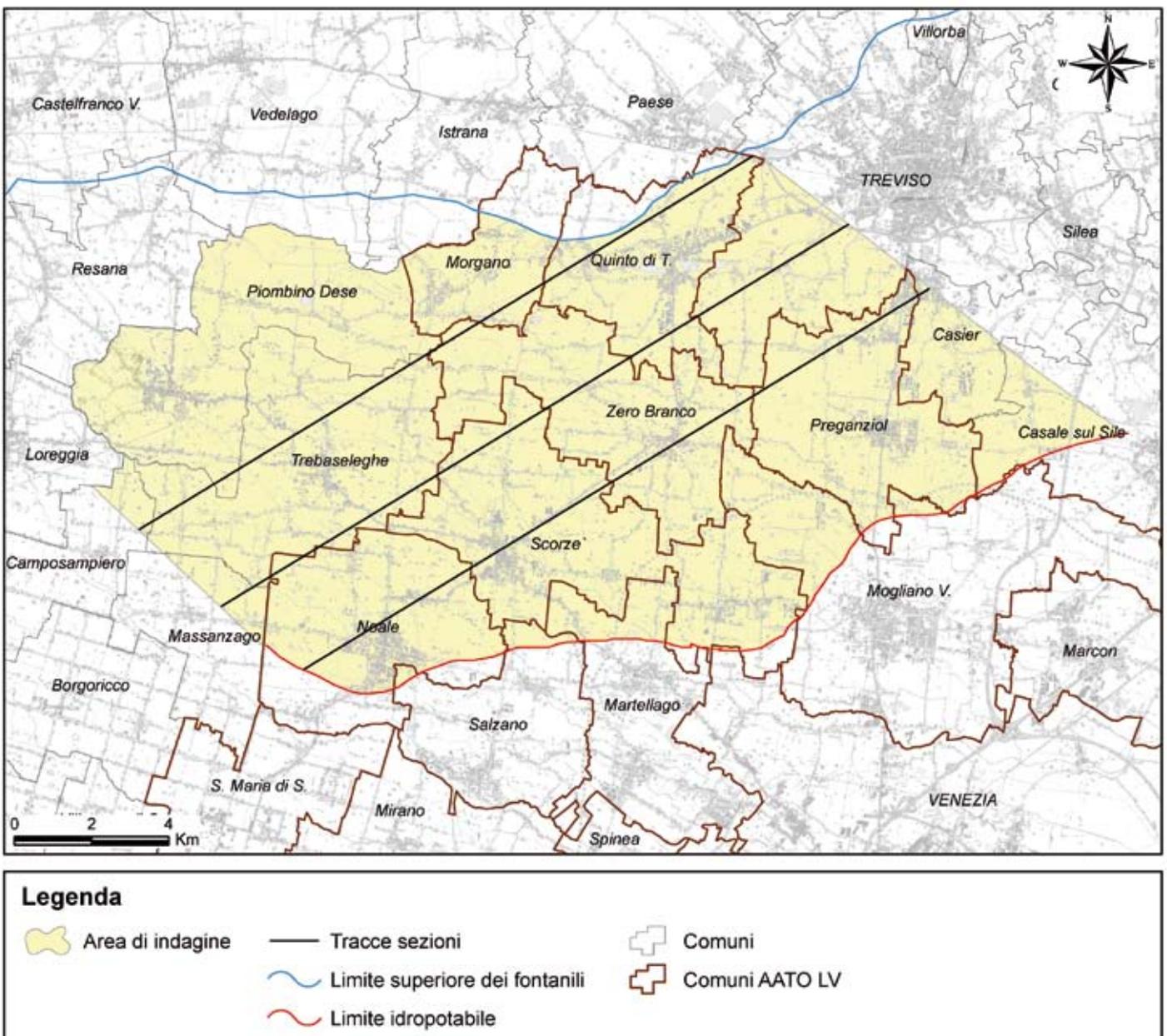


Figura 6.22- Sezioni utilizzate nel calcolo del bilancio idrogeologico.

Acquifero	T (m ² /s)	i %
I	6E-02 ÷ 1,1	0,06% ÷ 0,14%
II	5,6E-02 ÷ 6,4E-02	0,10%
III	5,8E-03 ÷ 4,6E-02	0,06% ÷ 0,14%
IV	3,1E-02 ÷ 9,6E-02	0,10% ÷ 0,12%
V	1,7E-02 ÷ 3,3E-02	0,10% ÷ 0,14%
VI	7,9E-03 ÷ 2,2E-01	0,06% ÷ 0,14%
VII	8,6E-03 ÷ 8,8E-02	0,06% ÷ 0,15%
VIII	1,3E-02 ÷ 5,6E-02	0,08% ÷ 0,16%
IX	1,2E-02 ÷ 1,6E-01	0,06% ÷ 0,21%

Tabella 6.14 - Range dei parametri utilizzati per il calcolo delle portate.

te fluenti è stata fatta procedendo da Nord-Est verso Sud-Ovest.

In Tabella 6.14 sono presenti i *range* dei valori di trasmissività e gradiente idraulico utilizzati nel calcolo delle portate fluenti.

Si espone di seguito la metodologia con cui si sono definiti i valori dei parametri (T ed i) necessari al calcolo delle portate.

Trasmissività

La trasmissività deriva dalle prove di falda e di pozzo effettuate.

Si è deciso di utilizzare i valori di trasmissività calcolati dalle prove sperimentali effettuate sui pozzi privati per tutti gli acquiferi eccetto il primo acquifero, dove si sono utilizzati i dati ricavati da prove sui pozzi di acquedotto.

Acquifero	Prelievi da acquedotti		Prelievi da privati		Prelievi totali	
	m ³ /s	Mm ³ /a	m ³ /s	Mm ³ /a	m ³ /s	Mm ³ /a
I	1,72	54,2	0,63	20	2,35	74,2
II	-	-	0,10	3,2	0,10	3,2
III	-	-	0,10	3,5	0,10	3,5
IV	0,71	22,5	0,33	10,3	1,04	32,8
V	0,01	0,2	0,17	5,3	0,18	5,5
VI	-	-	0,41	12,8	0,41	12,8
VII	0,06	1,9	0,54	16,9	0,60	18,8
VIII	0,07	2,1	1,34	42,2	1,40	44,3
IX	1,07	33,7	1,04	32,9	2,11	66,7

Tabella 6.15 - Prelievi su ciascun acquifero.

Acquifero	Profondità	Totale (Mm ³ /a)	% privato	% pubblico
I	15 - 60	74,2	27%	73%
II	65 - 90	3,2	100%	-
III	100 - 120	3,5	100%	-
IV	130 - 140	32,8	31%	69%
V	145 - 160	5,5	96%	4%
VI	180 - 200	12,8	100%	-
VII	210 - 220	18,8	90%	10%
VIII	230 - 260	44,3	95%	5%
IX	270 - 310	66,7	49%	51%
X	> 310	-	-	-
		261,8		

Tabella 6.16 - Percentuale dei prelievi su ciascun acquifero suddivisi tra pubblico e privato.

Si è scelto di non utilizzare le prove eseguite sui pozzi di acquedotto in quanto in numero inferiore e parzialmente correlabili con le prove eseguite sui pozzi privati. Solo per il primo acquifero, che non è più risaliente, si sono utilizzati i valori ricavati dalle prove di falda eseguite sui pozzi acquedottistici.

Per gli acquiferi, dove non erano disponibili un numero sufficiente di prove di falda si è scelto di utilizzare i valori di trasmissività derivanti dalle prove di pozzo. Nel caso ci fossero prove vicine è stato calcolato il valore medio.

Il fatto di disporre di numerose prove di pozzo e quindi di valori distribuiti sul territorio comporta una migliore valutazione della trasmissività del territorio esaminato.

Avendo a disposizione un certo numero di prove di falda e di pozzo, è stato possibile ricavare una relazione empirica che lega i due tipi di prova, che tiene conto della particolare situazione idrogeologica e delle caratteristiche dei pozzi investigati. In questo modo è stato possibile ricavare un valore di trasmissività anche partendo da una semplice prova di pozzo. Questa relazione fornisce dati di trasmissività migliori rispetto alla applicazione di relazioni empiriche di bibliografia che tendono a sottostimare il parametro.

Gradiente idraulico

Il gradiente idraulico utilizzato è quello derivato dalle carte potenziometriche ricostruite per i vari acquiferi. Ove non si disponesse di dati sperimentali si è utilizzato un gradiente medio a scala regionale di 0,10 %.

Calcolo delle portate

Sulla base dei dati esposti, per ciascun acquifero si è calcolata la portata fluente nella sezione di entrata e di uscita dal sistema.

I dettagli dei dati di input e dei calcoli sono riportati nelle successive schede di caratterizzazione delle singole falde. I valori di sintesi per l'intero sistema idrogeologico dell'area di risorsa idropotabile sono riportati al paragrafo 6.3.5.

6.3.3 Prelievi

Per la valutazione dei prelievi d'acqua relativi ad ogni singolo acquifero sono stati utilizzati i dati di portata presenti nella banca dati.

Per quanto riguarda i pozzi privati è stato considerato il valore relativo alla portata massima, o nel caso non fosse disponibile, quello della portata di esercizio. Quando non era disponibile nessun dato di portata si è utilizzato il metodo dei poligoni di Thiessen, in modo da attribuire un valore di portata anche ai pozzi privi di tale dato (il valore assegnato è posto uguale per tutti i pozzi ricadenti all'interno dello stesso poligono).

La scelta di utilizzare il valore di portata massima è dettata dalla necessità di colmare le lacune informative di portata dovute all'assenza del dato o a carenze fisiologiche nel censimento dei pozzi.

Si riportano in Tabella 6.15 e in Tabella 6.16 le portate estratte per ciascuna falda.

Come si può vedere dalle tabelle su esposte, gli acquiferi più sfruttati sono il primo e il nono.

6.3.4 Schede di bilancio per singola falda

Nelle pagine successive viene riportata per ciascuna falda una scheda riassuntiva di tutte le relative voci di bilancio.

Prima falda

(15-60 m)

La stima delle portate fluenti nel sottosuolo è stata calcolata utilizzando valori di trasmissività ricavati sia da prove eseguite sui pozzi di acquedotto, sia da valori ricavati da uno studio idrogeologico effettuato in una zona più a nord-ovest, in comune di Piombino Dese (*Consorzio acquedotto*

del Tergola, 1989 – Ricerca idrogeologica di nuove fonti idriche sull'area del Consorzio) (Figura 6.23).

Per quasi tutta la sezione in entrata è stato utilizzato un valore di trasmissività di $2,6E-01 \text{ m}^2/\text{s}$ (valore derivante dalle prove in Piombino Dese). Per un tratto in prossimità del

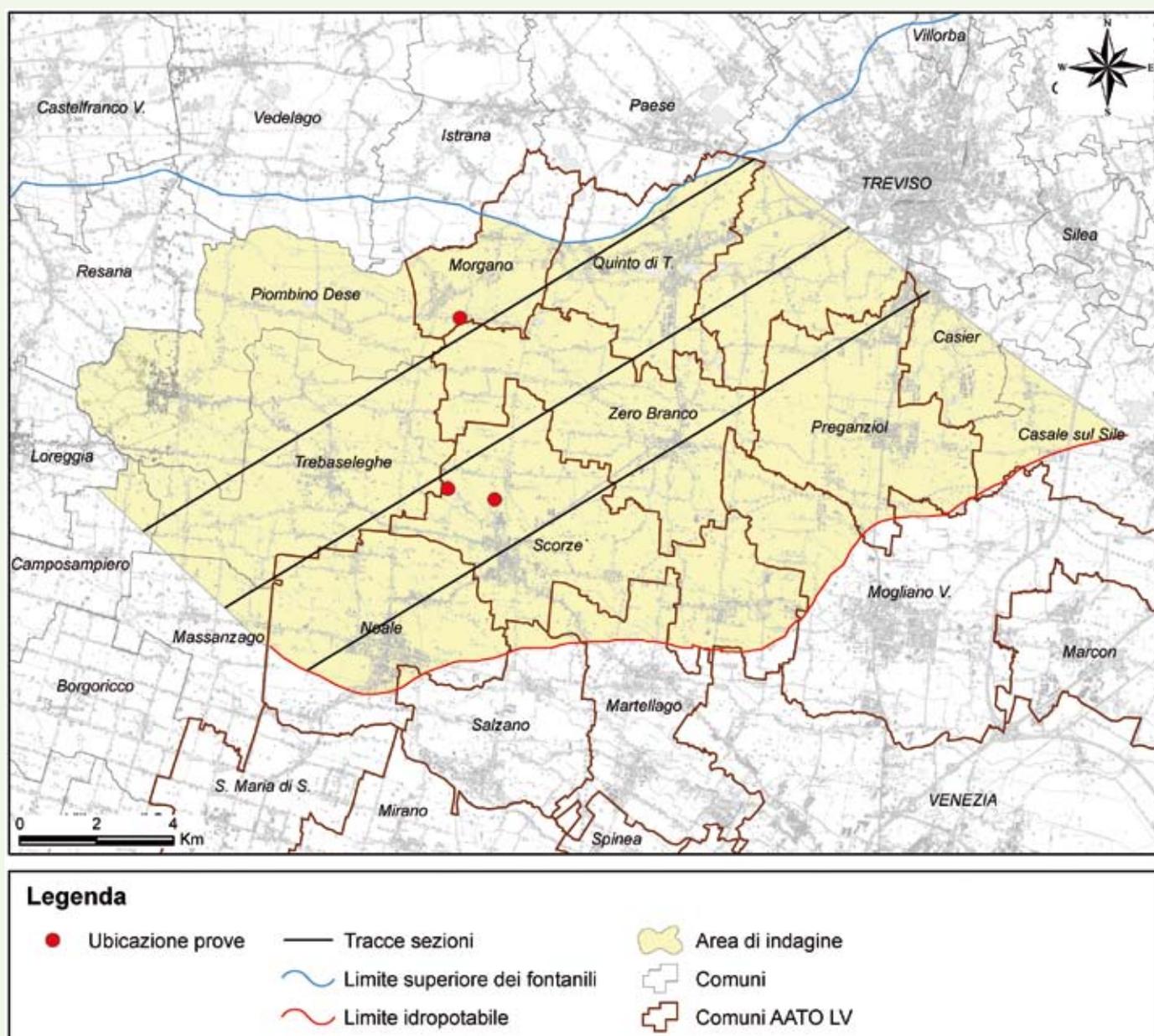


Figura 6.23 - Ubicazione delle prove di falda utilizzate per il calcolo delle trasmissività del primo acquifero.

pozzo di Badoere, dove è stata eseguita la prova, il valore di trasmissività da noi ricavato è stato mediato con i valori presenti nel lavoro del Consorzio.

Il calcolo delle portate fluenti nella sezione in uscita utilizza un valore medio di trasmissività desunto dai valori ricavati sui pozzi acquedottistici di Scorzè e Canove.

In Figura 6.23 è riportata l'ubicazione dei pozzi in cui sono state svolte le prove di falda sul primo acquifero.

Il gradiente utilizzato nel calcolo delle portate fluenti è di 0,06% su tutta la sezione a Nord. Tale valore, calcolato soltanto in prossimità dei pozzi di Trebaseleghe, è stato adottato come gradiente standard per tutta la sezione in entrata. Per la sezione in uscita invece sono stati usati i gradienti calcolati a Zero Branco e a Scorzè e Canove, rispettivamente di 0,11% e 0,14%.

In Tabella 6.17 viene sintetizzato il calcolo del bilancio idrogeologico all'interno della zona di risorsa idropotabile ATO LV. Sono riportate tutte le trasmissività ed i gradienti utilizzati nelle varie parti di sezione. È presente inoltre in Tabella 6.18 la differenza tra le entrate e le uscite ed il confronto con le portate estratte.

T (m ² /s)	i	L (m)	Q (m ³ /s)	Q (Mm ³ /a)	Sezione
2,6E-01 1,1E+00	0,0006	17000	2,65	124,5	Entrata (Q_{in})
		2000	1,30		
		19000	3,95		
6E-02	0,0014	19000	1,60	50,3	intermedia (Q)
6E-02	0,0011 0,0014	9000	0,59	45,2	Uscita (Q_{out})
		10000	0,84		
		19000	1,43		

Tabella 6.17 - Calcolo del bilancio idrogeologico sulle tre sezioni considerate.

Q _{in} - Q _{out} (Mm ³ /a)	Q estratta (Mm ³ /a)	
	Privati	Acquedotti
	20	54,2
79,3	74,2	

Tabella 6.18 - Confronto tra la differenza di portata in entrata ed in uscita dal sistema e le portate prelevate.

Seconda falda

(65-90 m)

La stima delle portate fluenti nel sottosuolo è stata fatta utilizzando valori di trasmissività ricavati da prove su pozzo singolo a gradini di portata.

A causa della carenza di pozzi ad oggi attivi ed accessibili è stato possibile eseguire soltanto due prove, una in corrispondenza della sezione in entrata ed una in corrispondenza della sezione in uscita (Figura 6.24).

Il gradiente utilizzato è quello medio regionale di 0,10%.

Per la sezione intermedia non è stato possibile eseguire un calcolo delle portate fluenti per assenza di prove idrogeologiche.

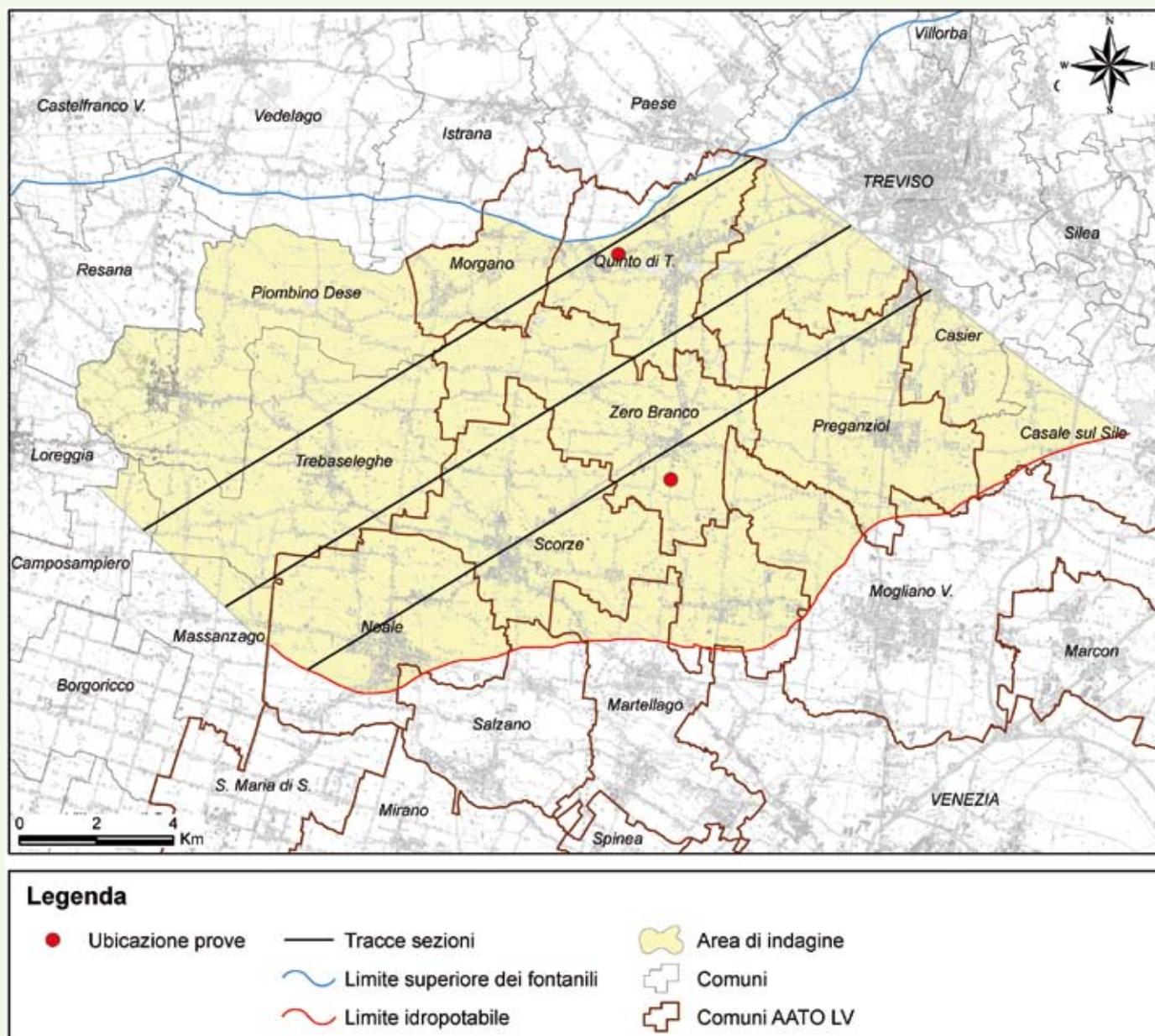


Figura 6.24 - Ubicazione delle prove di pozzo utilizzate per il calcolo delle trasmissività del secondo acquifero.

In tabella Tabella 6.19 si riporta il calcolo del bilancio idrogeologico ed in Tabella 6.20 la differenza tra le portate in entrata ed in uscita ed il confronto con le portate estratte.

T (m ² /s)	i	L (m)	Q (m ³ /s)	Q (Mm ³ /a)	Sezione
6,4E-02	0,001	19000	1,22	38,5	Entrata (Q_{in})
5,6E-02	0,001	19000	1,06	33,6	Uscita (Q_{out})

Tabella 6.19 - Calcolo del bilancio idrogeologico sulle due sezioni considerate.

Q _{in} - Q _{out} (Mm ³ /a)	Q estratta (Mm ³ /a)	
	Privati	Acquedotti
	3,2	--
4,9	3,2	

Tabella 6.20 - Confronto tra la differenza di portata in entrata ed in uscita dal sistema e le portate prelevate.

Terza falda

(100-120 m)

I valori di trasmissività utilizzati per il calcolo delle portate fluenti nel sottosuolo derivano da prove di pozzo a gradini di portata.

In Figura 6.25 si può vedere l'ubicazione dei pozzi in cui sono state eseguite le prove di pozzo.

Nel calcolo delle portate fluenti è stato utilizzato, per la se-

zione in ingresso, il valore di trasmissività desunto dalla prova più a nord, mentre la sezione in uscita è stata suddivisa in due parti alle quali sono stati attribuiti i rispettivi valori di trasmissività delle due prove più a sud.

Per quanto riguarda il gradiente, sono stati mantenuti grossomodo i valori utilizzati per il primo acquifero. A Nord un

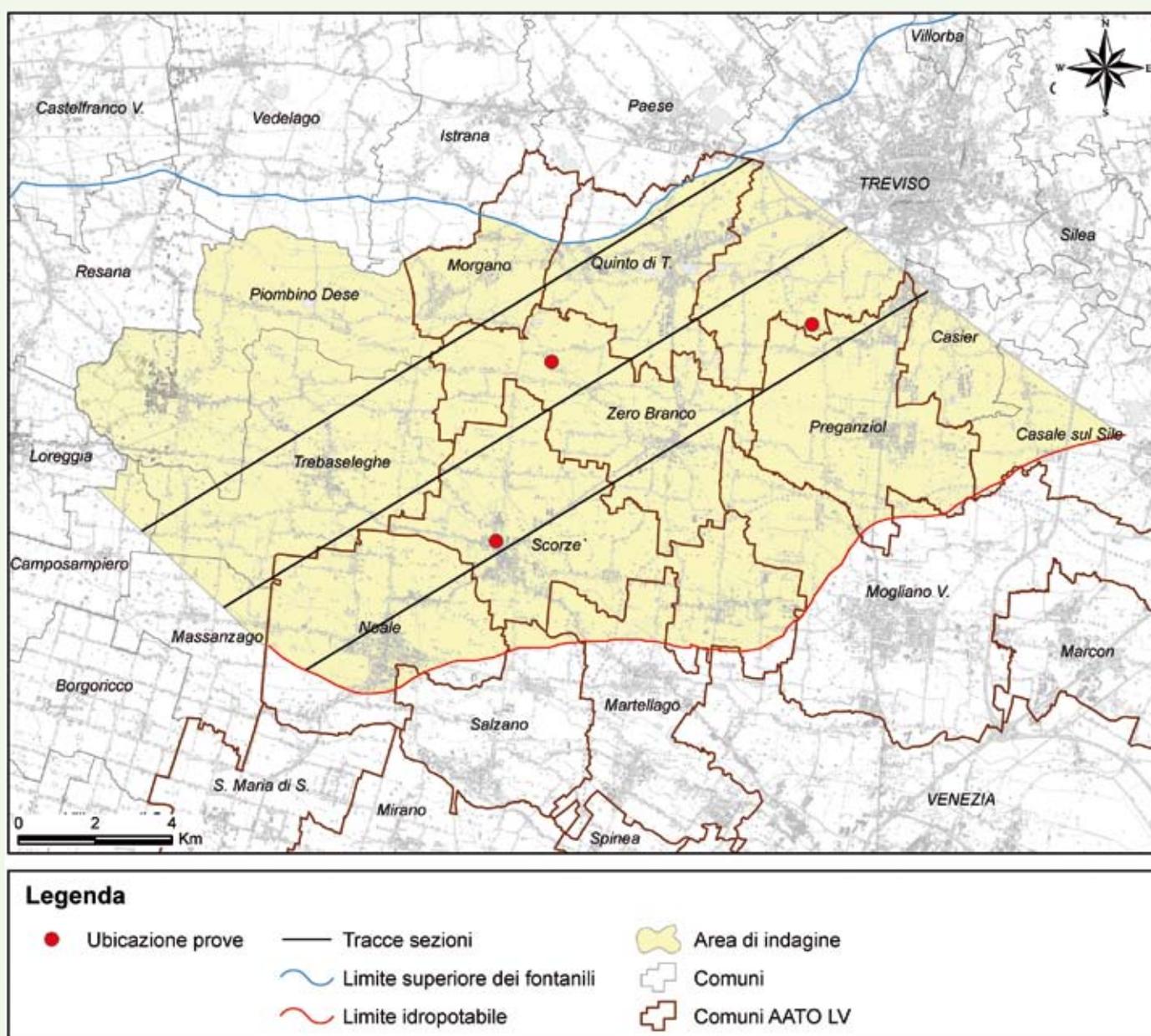


Figura 6.25 - Ubicazione delle prove di pozzo utilizzate per il calcolo delle trasmissività al terzo acquifero.

gradiente di 0,06%, mentre a Sud nella zona di Scorzè di 0,14% e sul resto della sezione il gradiente medio regionale di 0,10%.

Nelle tabelle che seguono si riporta il bilancio idrogeologico (Tabella 6.21), la differenza tra portate in entrata ed uscita e le portate estratte (Tabella 6.22). Si ricorda che per questa falda l'estrazione è solo a carico dei privati.

T (m ² /s)	i	L (m)	Q (m ³ /s)	Q (Mm ³ /a)	Sezione
4,6E-02	0,0006	19000	0,52	16,5	Entrata (Q_{in})
3,7E-02 5,8E-03	0,001 0,0014	8500 10500	0,31 0,09		Uscita (Q_{out})
		19000	0,40	12,6	

Tabella 6.21 - Calcolo del bilancio idrogeologico sulle due sezioni considerate.

Q _{in} - Q _{out} (Mm ³ /a)	Q estratta (Mm ³ /a)	
	Privati	Acquedotti
	3,5	--
3,9	3,5	

Tabella 6.22 - Confronto tra la differenza di portata in entrata ed in uscita dal sistema e le portate prelevate.

Quarta falda

(130-140 m)

Le portate fluenti nel sottosuolo sono state calcolate nella sezione in ingresso utilizzando un unico valore di trasmissività relativo alla prova più a Nord. La sezione in uscita è stata invece suddivisa in quattro parti a cui sono stati attribuiti i valori medi di trasmissività delle prove in corrispondenza dei vari tratti di sezione.

Sulla sezione in ingresso è stato utilizzato per tutta la lunghezza il gradiente calcolato a Quinto di Treviso di 0,10%, mentre sulla sezione in uscita si è fatto uso del gradiente medio di 0,10% per il primo tratto in zona Preganziol, del gradiente di 0,12% calcolato a Zero Branco e di un gradiente di 0,14% in zona Scorzè (gradiente relativo al primo acquife-

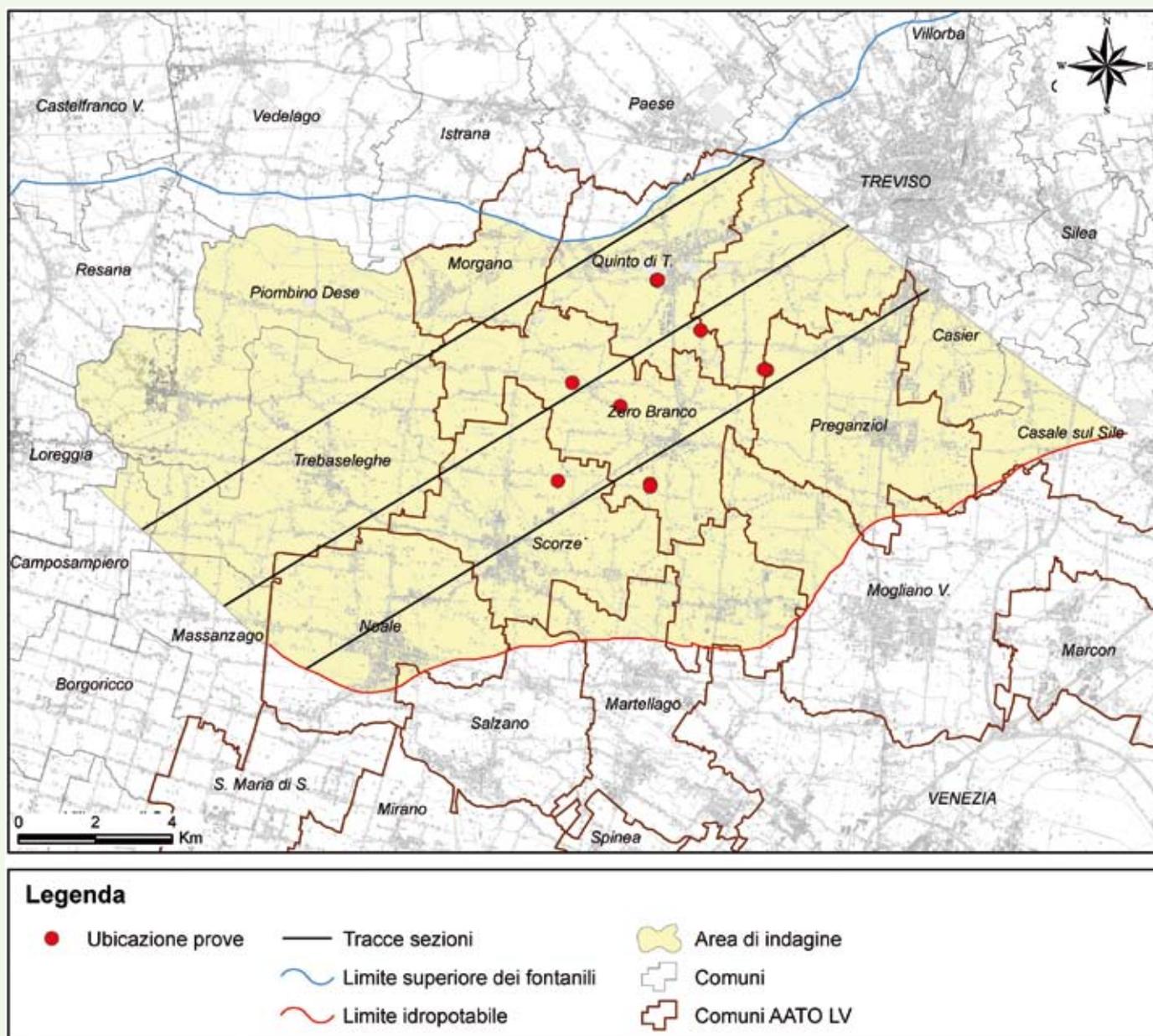


Figura 6.26 - Ubicazione delle prove di pozzo utilizzate per il calcolo delle trasmissività del quarto acquifero.

ro utilizzato anche per altre falde).

In Figura 6.26 sono riportate le prove di pozzo utilizzate per la definizione del bilancio idrogeologico.

In Tabella 6.23 viene mostrato il calcolo del bilancio idrogeologico all'interno della zona di risorsa idropotabile relativo al quarto acquifero.

Sono riportate le trasmissività ed i gradienti utilizzati nei vari tratti di sezione. In Tabella 6.24 è riportata la differenza tra le entrate e le uscite e le portate estratte.

T (m ² /s)	i	L (m)	Q (m ³ /s)	Q (Mm ³ /a)	Sezione
9,6E-02	0,001	19000	1,82	57,3	Entrata (Q_{in})
9,6E-02 5,6E-02	0,001	6635 12365	0,63 0,69		intermedia (Q)
		19000	1,32	41,6	
3,1E-02 3,1E-02 4,2E-02 4,2E-02	0,001 0,0012 0,0012 0,001	5400 1400 3000 9200	0,17 0,05 0,15 0,39		Uscita (Q_{out})
		19000	0,76	24	

Tabella 6.23 - Calcolo del bilancio idrogeologico sulle tre sezioni considerate.

Q _{in} - Q _{out} (Mm ³ /a)	Q estratta (Mm ³ /a)	
	Privati	Acquedotti
	10,3	22,5
33,3	32,8	

Tabella 6.24 - Confronto tra la differenza di portata in entrata ed in uscita dal sistema e le portate prelevate.

Quinta falda

(145-160 m)

I valori di trasmissività utilizzati per la stima delle portate fluenti nel sottosuolo sono ricavati dalle prove di pozzo. Sia per la sezione in entrata che per la sezione in uscita i valori di trasmissività delle varie prove sono stati mediati tra loro secondo il solito criterio di discretizzazione delle sezioni. In Figura 6.27 si può vedere l'ubicazione delle prove di poz-

zo utilizzate nella redazione del bilancio idrogeologico per questo acquifero.

Il gradiente adottato per la sezione in ingresso è quello medio di 0,10%, mentre per la sezione in uscita è stato utilizzato il gradiente di 0,14% calcolato a Zero Branco.

Per la sezione di mezzo non è stata calcolata la portata

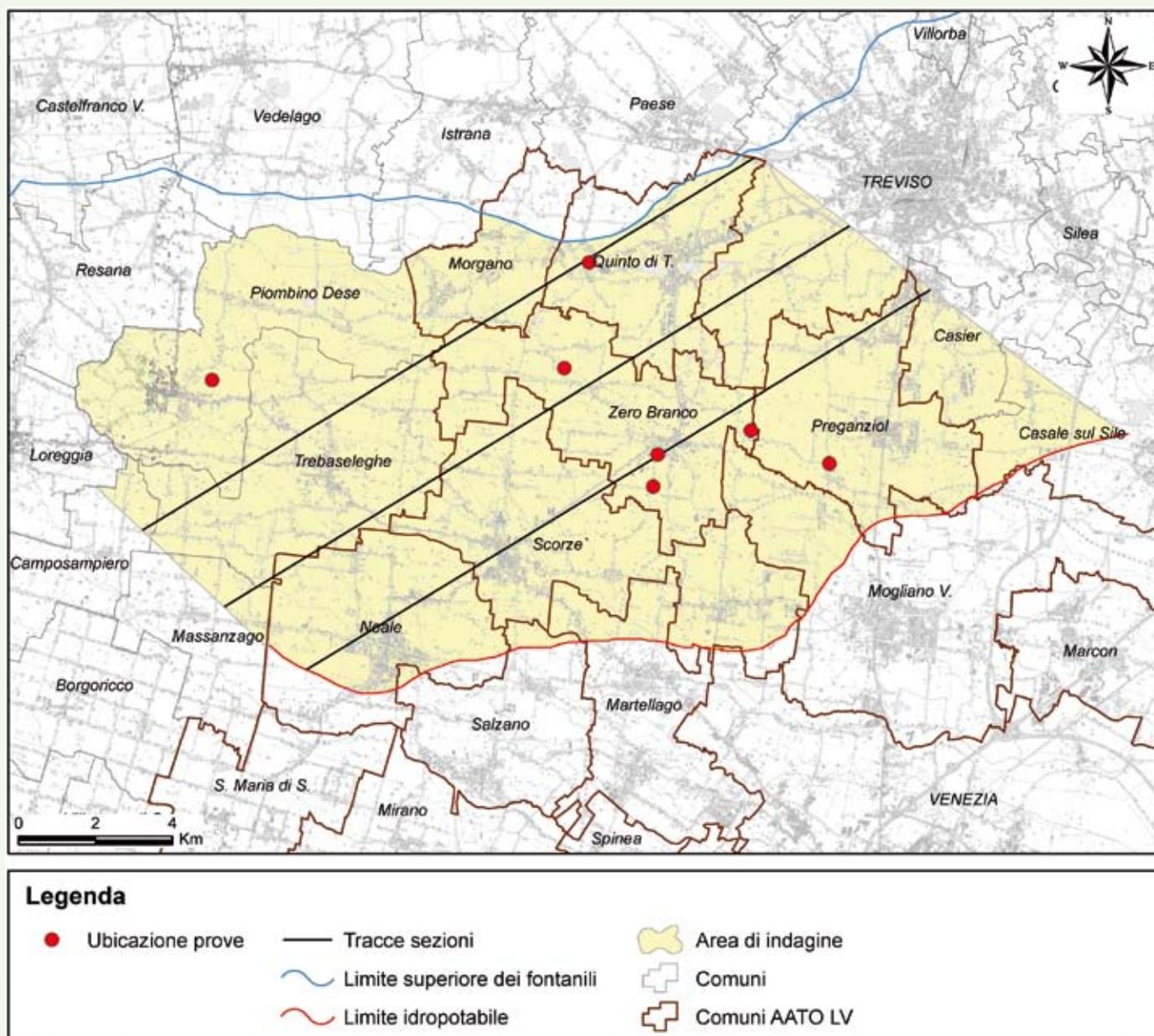


Figura 6.27 - Ubicazione delle prove di pozzo utilizzate per il calcolo delle trasmissività del quinto acquifero.

fluente in quanto si è ritenuto che il valore di trasmissività dell'unica prova presente in prossimità della sezione fosse poco attendibile.

Di seguito in Tabella 6.25 è mostrato il calcolo del bilancio idrogeologico ed in Tabella 6.26 la differenza tra le portate in entrata ed in uscita dal sistema ed il confronto con le portate estratte.

T (m ² /s)	i	L (m)	Q (m ³ /s)	Q (Mm ³ /a)	Sezione
3,3E-02	0,001	19000	0,63	19,8	Entrata (Q_{in})
1,7E-02	0,0014	19000	0,44	13,9	Uscita (Q_{out})

Tabella 6.25 - Calcolo del bilancio idrogeologico sulle due sezioni considerate.

Q _{in} - Q _{out} (Mm ³ /a)	Q estratta (Mm ³ /a)	
	Privati	Acquedotti
	5,3	0,2
5,9	5,5	

Tabella 6.26 - Confronto tra la differenza di portata in entrata ed in uscita dal sistema e le portate prelevate.

Sesta falda

(180-200 m)

Per il calcolo delle portate fluenti sulla sezione in entrata è stato utilizzato il valore di trasmissività delle due prove più a Nord, mentre per la sezione in uscita sono stati usati dei valori medi calcolati fra le prove a Sud e la prova vicina alla sezione intermedia.

In Figura 6.28 si vede l'ubicazione delle prove utilizzate per

la definizione del bilancio idrogeologico.

Non essendo disponibile alcun valore di gradiente per questa falda è stato usato il valore di 0,06% per la sezione in ingresso ed il valore di 0,14% per la sezione in uscita, come calcolato per il quinto acquifero. Per la sezione intermedia si è adottato il gradiente medio regionale di 0,10%.

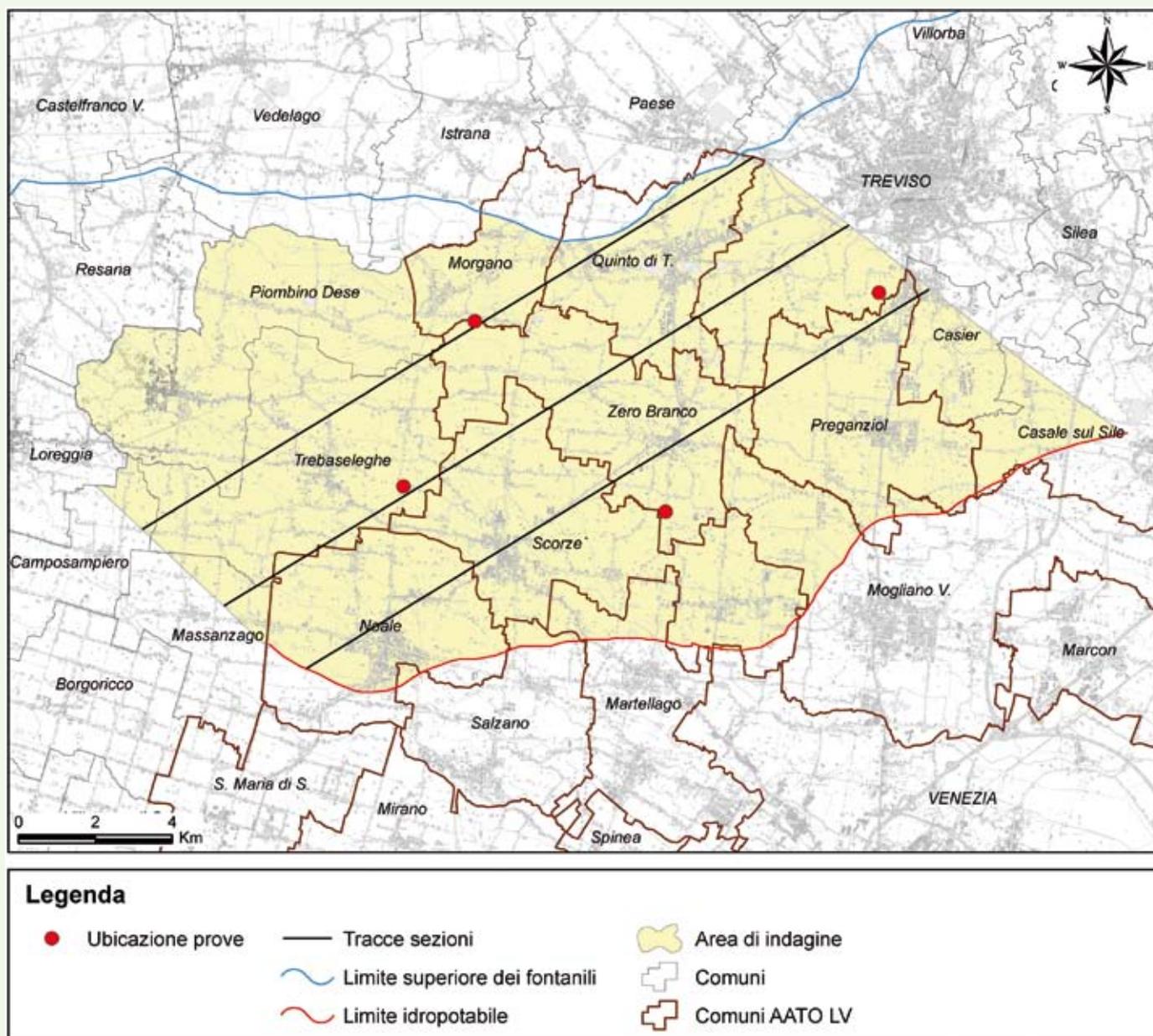


Figura 6.28 - Ubicazione delle prove di falda utilizzate per il calcolo delle trasmissività del sesto acquifero.

In Tabella 6.27 viene mostrato il calcolo del bilancio idrogeologico ed in Tabella 6.28 la differenza tra portate in entrata ed in uscita e le portate estratte.

T (m ² /s)	i	L (m)	Q (m ³ /s)	Q (Mm ³ /a)	Sezione
2,2E-01 2,2E-02	0,0006	5000	0,64	26,2	Entrata (Q_{in})
		14000	0,19		
		19000	0,83		
1,2E-02 2,2E-02	0,001	5939	0,07	11,3	intermedia (Q)
		13061	0,29		
		19000	0,36		
7,9E-03 1,3E-02	0,0014	6000	0,06	9,6	Uscita (Q_{out})
		13000	0,24		
		19000	0,30		

Tabella 6.27 - Calcolo del bilancio idrogeologico sulle tre sezioni considerate.

Q _{in} - Q _{out} (Mm ³ /a)	Q estratta (Mm ³ /a)	
	Privati	Acquedotti
	12,8	--
16,6	12,8	

Tabella 6.28 - Confronto tra la differenza di portata in entrata ed in uscita dal sistema e le portate prelevate.

Settima falda

(210-220 m)

I valori di trasmissività utilizzati per il calcolo delle portate fluenti nel sottosuolo sono ricavati da prove di pozzo a gradini di portata.

Per la sezione in entrata è stato utilizzato l'unico valore di trasmissività della prova più a Nord, mentre sia la sezione di mezzo che la sezione in uscita sono state discretizzate

applicando nei vari tratti anche dei valori mediati tra prove vicine.

In Figura 6.29 si può vedere l'ubicazione delle prove utilizzate nel calcolo del bilancio idrogeologico.

Per la sezione in entrata è stato adottato un gradiente di 0,06%, conformemente alle altre falde dove non era sta-

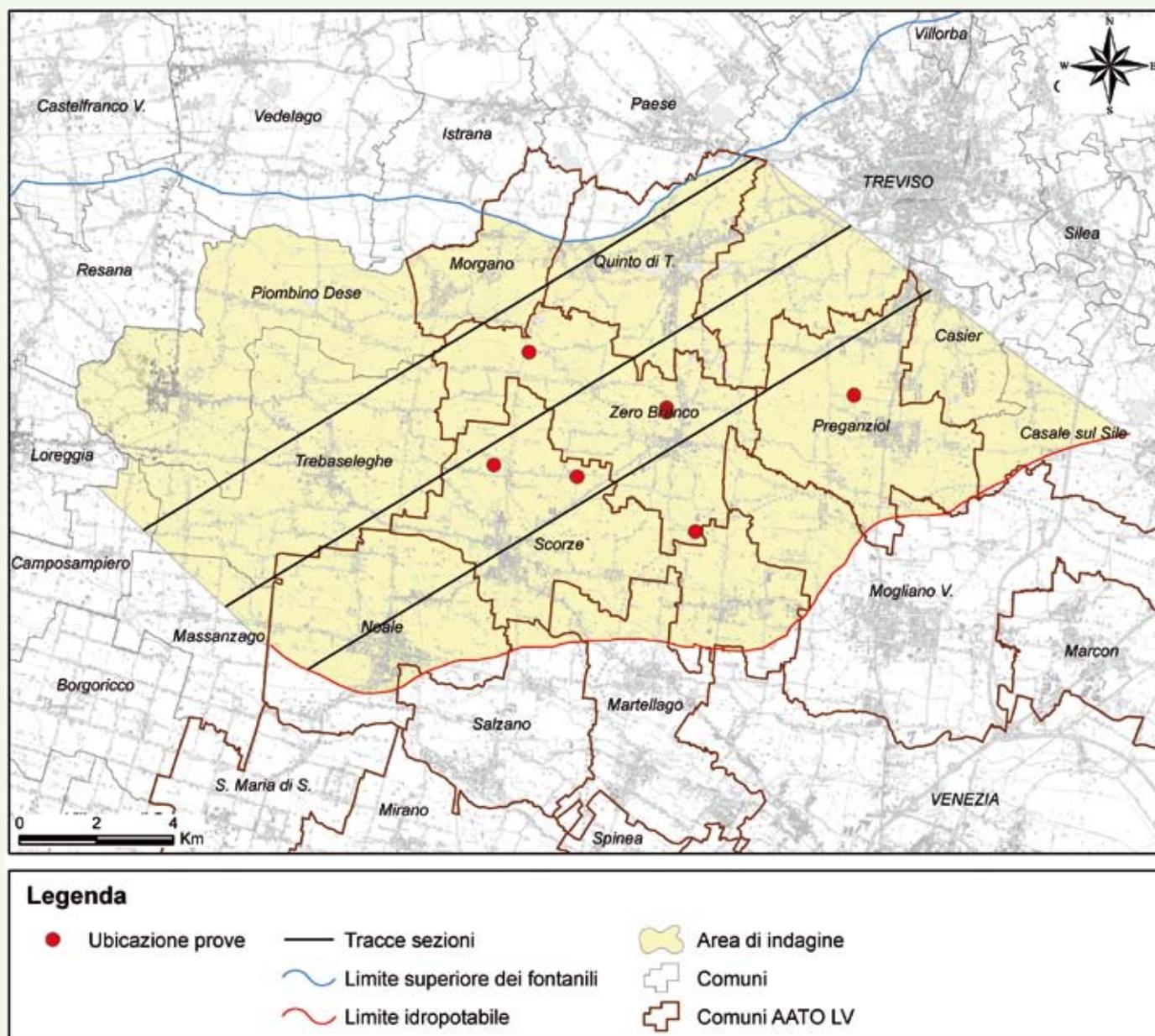


Figura 6.29 - Ubicazione delle prove di pozzo utilizzate per il calcolo della trasmissività del settimo acquifero.

to misurato il gradiente. Per la sezione in uscita sono stati utilizzati nella zona di Preganziol e Zero Branco i gradienti misurati sperimentalmente, mentre nella zona di Scorzè il gradiente di 0,14%.

In Tabella 6.29 si riporta il calcolo del bilancio idrogeologico ed in Tabella 6.30 la differenza tra le entrate e le uscite dal sistema e le portate estratte.

T (m ² /s)	i	L (m)	Q (m ³ /s)	Q (Mm ³ /a)	Sezione
8,8E-02	0,0006	19000	1,00	31,5	Entrata (Q_{in})
5,6E-02 3,6E-02	0,001	8835 10165	0,49 0,37		intermedia (Q)
		19000	0,86	27,2	
1,9E-02 2,2E-02 8,6E-03	0,001 0,0015 0,0014	5670 4034 9296	0,10 0,14 0,11		Uscita (Q_{out})
		19000	0,35	11,2	

Tabella 6.29 - Calcolo del bilancio idrogeologico sulle tre sezioni considerate.

Q _{in} - Q _{out} (Mm ³ /a)	Q estratta (Mm ³ /a)	
	Privati	Acquedotti
	17	1,8
20,3	18,8	

Tabella 6.30 - Confronto tra la differenza di portata in entrata ed in uscita dal sistema e le portate prelevate.

Ottava falda

(230-260 m)

Il calcolo delle portate fluenti è stato effettuato utilizzando le prove di pozzo a gradini di portata.

In Figura 6.30 si riporta una carta con l'ubicazione delle prove di pozzo utilizzate nel calcolo del bilancio idrogeologico. Per quanto riguarda il gradiente, sulla sezione in ingresso si è ritenuto opportuno utilizzare un gradiente di 0,16%, di fatto

un gradiente medio tra quelli rilevati. Sulla sezione in uscita invece sono stati utilizzati i gradienti ricavati dalle carte potenziometriche pari a 0,08% in zona Preganziol e a 0,15% in zona Zero Branco, mentre all'altezza di Scorzè è stato usato il gradiente calcolato sulla nona falda di 0,10%.

Di seguito si riportano le tabelle relative al calcolo del bi-

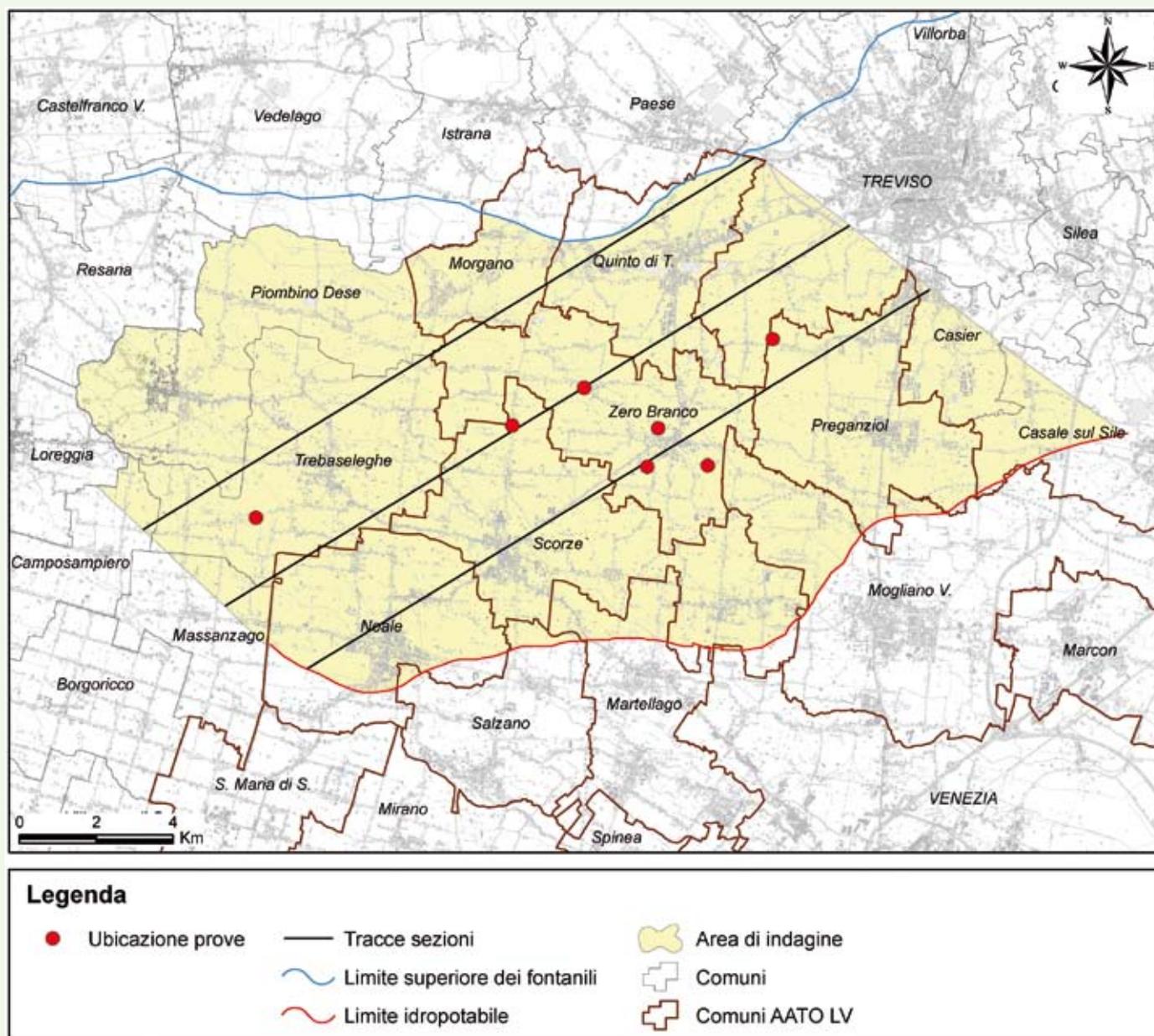


Figura 6.30 - Ubicazione delle prove di pozzo utilizzate per il calcolo delle trasmissività dell'ottavo acquifero.

lancio idrogeologico (Tabella 6.31) e delle portate estratte (Tabella 6.32).

T (m ² /s)	i	L (m)	Q (m ³ /s)	Q (Mm ³ /a)	Sezione
5,6E-02	0,0016	19000	1,70	53,7	Entrata (Q_{in})
3,3E-02 20E-02	0,001	5856 13144	0,19 0,26		intermedia (Q)
		19000	0,45	14,3	
1,3E-02	0,0008 0,0015 0,001	6004 5842 7154	0,06 0,11 0,09		Uscita (Q_{out})
		19000	0,26	8,3	

Tabella 6.31 - Calcolo del bilancio idrogeologico sulle tre sezioni considerate.

Q _{in} - Q _{out} (Mm ³ /a)	Q estratta (Mm ³ /a)	
	Privati	Acquedotti
	42,2	2,1
45,4	44,3	

Tabella 6.32 - Confronto tra la differenza di portata in entrata ed in uscita dal sistema e le portate prelevate.

Nona falda

(270-300 m)

In Figura 6.31 si riporta l'ubicazione delle prove realizzate ed utilizzate nel calcolo del bilancio idrogeologico. Le trasmissività utilizzate per il calcolo delle portate fluenti nel sistema sono state ricavate da prove di pozzo sperimentali e da bibliografia (*Consorzio acquedotto del Tergola, 1989 – Ricerca idrogeologica di nuove fonti idriche sull'area del*

Consorzio).

Per la zona a Nord, dove di fatto si possiede solo una prova di pozzo, si è ritenuto utile mediare il valore rilevato dalla prova con i valori desunti dal lavoro del Consorzio in zona Piombino Dese.

I gradienti utilizzati derivano dalle carte potenziometriche.

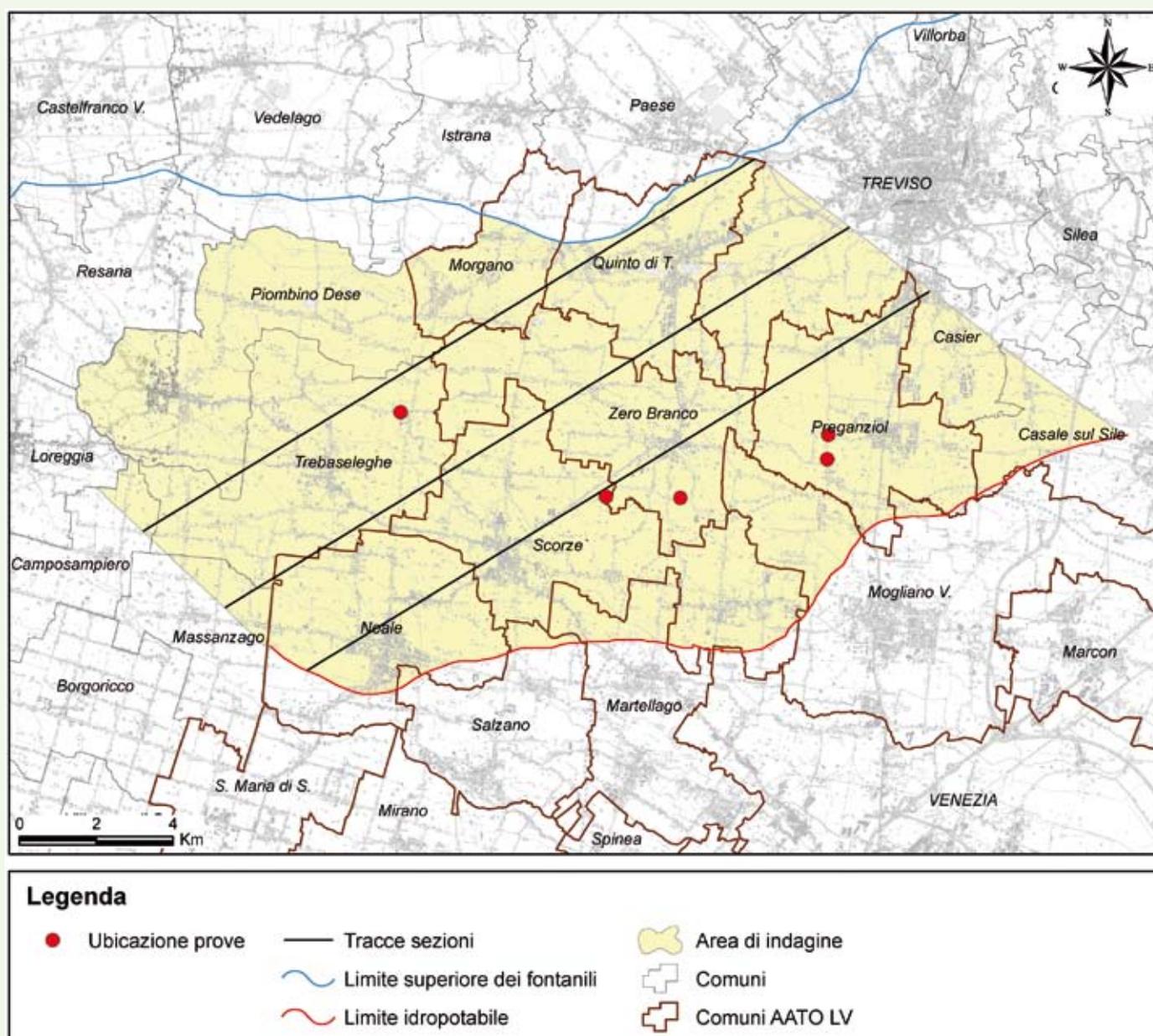


Figura 6.31 - Ubicazione delle prove di pozzo utilizzate per il calcolo delle trasmissività del nono acquifero.

Per la sezione in ingresso è stato utilizzato il gradiente di 0,10% ricavato nella zona di Quinto di Treviso e il gradiente di 0,06% ricavato in zona Trebaseleghe. Per la sezione in uscita è stato usato il gradiente di 0,21% ricavato in zona Zero Branco e di 0,10% in zona Scorzè. In zona Preganziol è stato utilizzato il gradiente medio regionale di 0,10%. In Tabella 6.33 si riporta il calcolo del bilancio idrogeologico ed in Tabella 6.34 la differenza tra le portate in entrata ed in uscita ed il confronto con le portate estratte.

T (m ² /s)	i	L (m)	Q (m ³ /s)	Q (Mm ³ /a)	Sezione
1,6E-01	0,001	10000	1,55		Entrata (Q_{in})
1,5E-01	0,0006	9000	0,80		
		19000	2,35	74,3	
3,2E-02	0,001 0,0006	9500	0,30		intermedia (Q)
		9500	0,18		
		19000	0,48	15,1	
2,3E-02	0,001	6000	0,14	Uscita (Q_{out})	
1,2E-02	0,0021	3400	0,09		
1,2E-02	0,001	9600	0,12		
		19000	0,35		11

Tabella 6.33 - Calcolo del bilancio idrogeologico sulle tre sezioni considerate.

Q _{in} - Q _{out} (Mm ³ /a)	Q estratta (Mm ³ /a)	
	Privati	Acquedotti
	33,0	33,7
63,3	66,7	

Tabella 6.34 - Confronto tra la differenza di portata in entrata ed in uscita dal sistema e le portate prelevate.

Decima falda

(*> 310 m*)

Per questo acquifero, di cui non si conosce l'esatto spessore e per cui non si sono eseguite un sufficiente numero di prove per mancanza di pozzi nella zona a nord, non è stato possibile redarre un bilancio idrogeologico.

6.3.5 Bilancio complessivo dell'area di risorsa idropotabile

Sulla base delle valutazioni eseguite su ciascun acquifero, è stato definito un bilancio complessivo a scala di area di risorsa idropotabile dell'ATO Laguna di Venezia.

A livello di bilancio idrogeologico complessivo per i nove acquiferi analizzati, il volume d'acqua che entra nel sistema lungo la sezione a monte è di 442 Mm³/a, quello che esce nella sezione a valle è di 170 Mm³/a.

Le portate totali estratte tramite pozzo sono complessivamente pari a circa 262 Mm³/a e derivano per la maggior parte da pozzi privati, che estraggono 147,2 Mm³/a, prevalentemente dall'ottavo e dal nono acquifero. Gli acquedotti estraggono invece 114,6 Mm³/a, in prevalenza dal primo acquifero.

Nella Tabella 6.35 si riportano i valori di portata calcolati per ciascuna falda sulle sezioni considerate.

Per il secondo, terzo e quinto acquifero non è stata calcolata la portata sulla sezione di mezzo per mancanza di dati di trasmittività e di gradiente.

I dati vengono sintetizzati nell'istogramma di Figura 6.32, dove si può osservare come le maggiori portate movimentate siano relative al primo, quarto, ottavo e nono acquifero.

I principali dati di bilancio, per ciascun acquifero, sono riassunti in Tabella 6.36.

Di seguito si riportano graficamente i principali dati di bilancio (Figura 6.33).

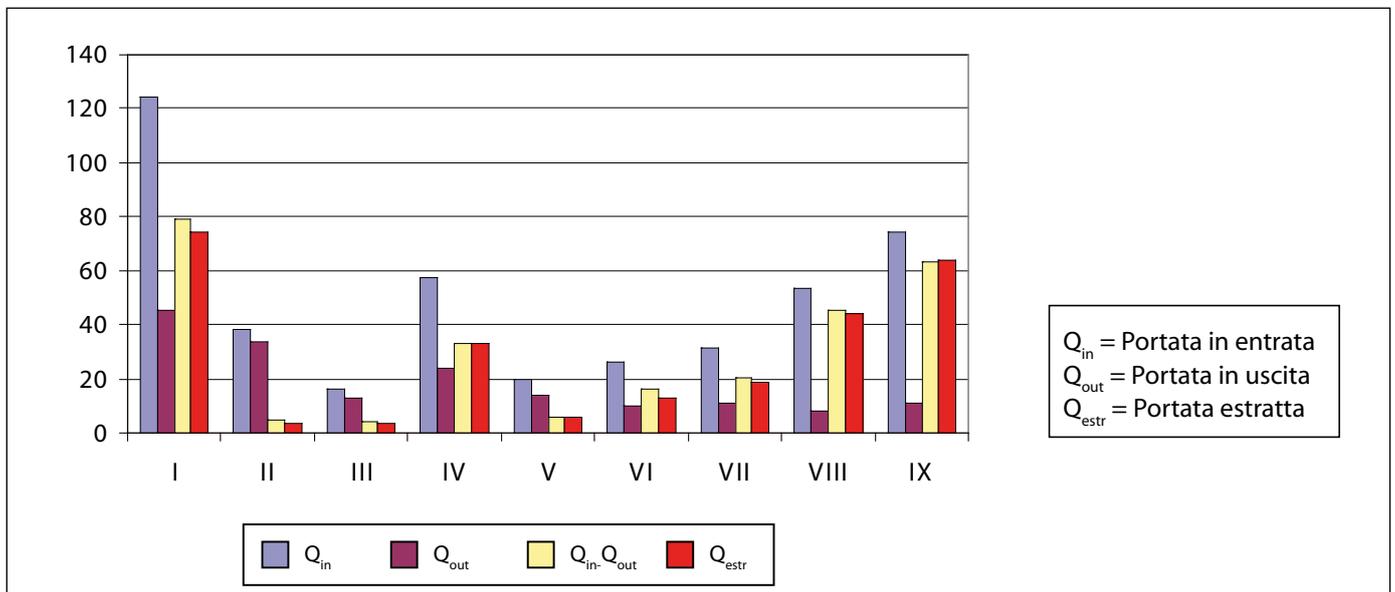


Figura 6.32 - Diagramma riassuntivo delle portate fluenti attraverso le sezioni in ingresso ed in uscita e delle portate estratte.

Acquifero	Portata sezione in ingresso		Portata sezione di mezzo		Portata sezione in uscita	
	m ³ /s	Mm ³ /a	m ³ /s	Mm ³ /a	m ³ /s	Mm ³ /a
I	3,95	124,5	1,60	50,3	1,43	45,2
II	1,22	38,5	-	-	1,06	33,6
III	0,52	16,5	-	-	0,40	12,6
IV	1,82	57,3	1,32	41,6	0,76	24
V	0,63	19,8	-	-	0,44	13,9
VI	0,83	26,2	0,36	11,3	0,30	9,6
VII	1,00	31,5	0,86	27,2	0,35	11,2
VIII	1,70	53,7	0,45	14,3	0,26	8,3
IX	2,35	74,3	0,48	15,1	0,35	11

Tabella 6.35 - Tabella delle portate fluenti attraverso le tre sezioni per ogni acquifero.

Acquifero	Q_{in} (Mm ³ /a)	Q_{out} (Mm ³ /a)	$Q_{in} - Q_{out}$ (Mm ³ /a)	Q_{estr} (Mm ³ /a)
I	124,5	45,2	79,3	74,2
II	38,5	33,6	4,9	3,2
III	16,5	12,6	3,9	3,5
IV	57,3	24,0	33,3	32,8
V	19,8	13,9	5,9	5,5
VI	26,2	9,6	16,6	12,8
VII	31,5	11,2	20,3	18,8
VIII	53,7	8,3	45,4	44,3
IX	74,3	11,0	63,3	66,7
X	-	-	-	-
TOTALE (acquiferi primo-nono)	442,3	169,4	272,9	261,8

Tabella 6.36 - Tabella riassuntiva dei volumi e delle portate calcolati per i dieci acquiferi.

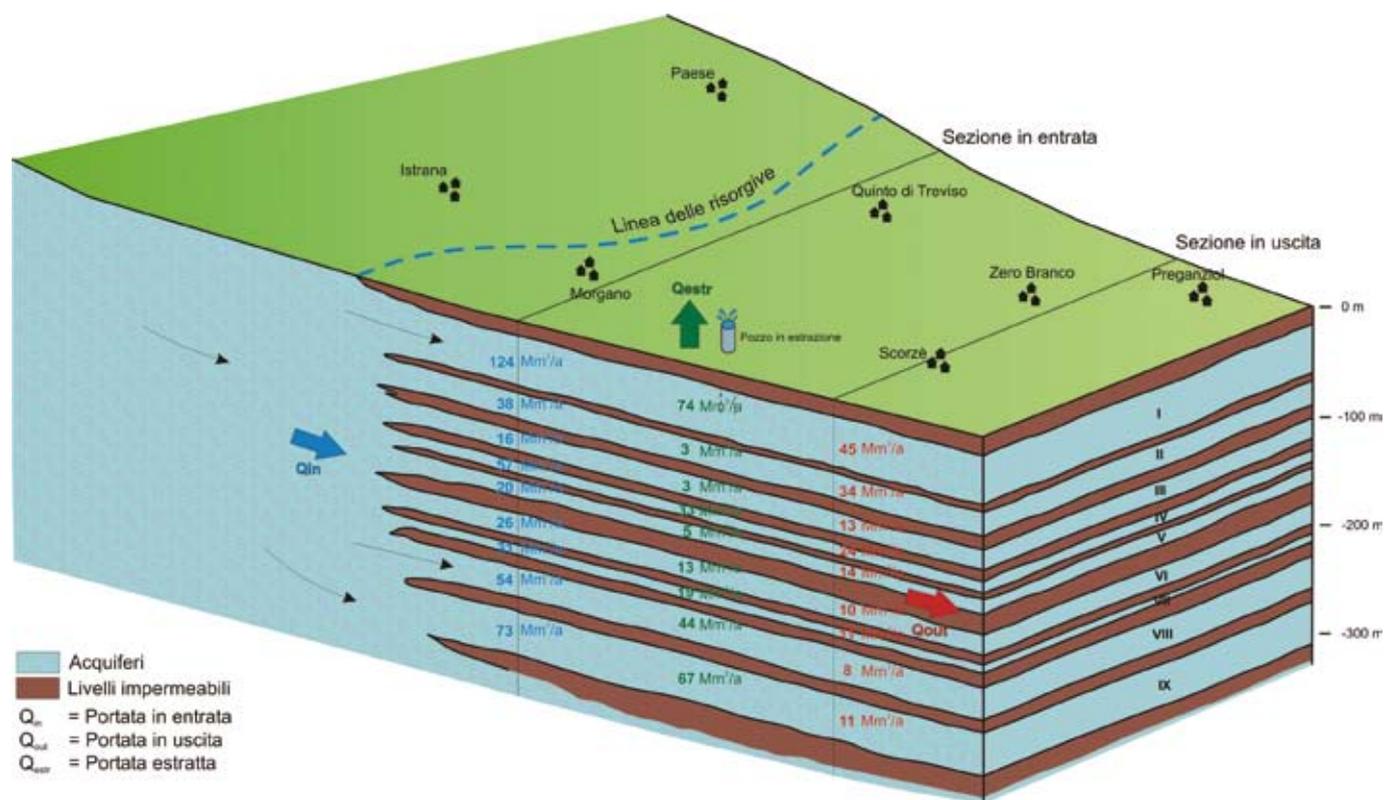


Figura 6.33 - Schema delle principali voci del bilancio idrogeologico in area di risorsa idropotabile ATO.

6.4 Sintesi

Il bilancio idrico nell'area di alta pianura individua i fenomeni che partecipano alla ricarica del bacino di alimentazione, posto a monte dell'area di risorsa idropotabile ATO Laguna di Venezia.

Ruolo rilevante nella ricarica del sistema è assunto dall'irrigazione, dai fiumi e dalle piogge. I fiumi distribuiscono parte delle loro acque attraverso fenomeni di dispersione in alveo e parte nella rete irrigua dei Consorzi di Bonifica. Le piogge contribuiscono alla ricarica dell'acquifero freatico con un apporto medio annuo di 1100 mm.

I volumi messi in gioco dai fiumi (2470 Mm³/a) e dalle piogge (867 Mm³/a) vanno incontro a diversi processi di trasformazione o trasporto tra cui l'evaporazione, lo scorrimento superficiale e l'infiltrazione.

Tolti i volumi che escono dal sistema attraverso l'evaporazione e lo scorrimento superficiale, quelli che potenzialmente ricaricano gli acquiferi profondi dell'area di approvvigionamento ATO Laguna di Venezia, sono quelli legati all'infiltrazione efficace e alla dispersione delle acque fluviali.

L'analisi dei dati presenta alcuni elementi di particolare rilevanza:

- i volumi annui di acqua movimentata sono di circa 3000 - 4000 Mm³;
- le principali voci di bilancio hanno volumi di acqua movimentata annua di 1000 Mm³ come ordine di grandezza;
- tra gli afflussi emerge l'importanza della ricarica operata dalla rete irrigua, che prelevando l'acqua dai fiumi, a parità di volume ne aumenta la percentuale di infiltrazione.

Per quanto riguarda la zona di media pianura, corrispondente all'area di risorsa idropotabile dell'ATO Laguna di Venezia, la parametrizzazione delle falde acquifere e la definizione dell'andamento dell'acqua nel sottosuolo ha permesso di quantificare i volumi d'acqua movimentati e di conseguenza

di arrivare alla definizione di un bilancio idrogeologico.

Questi acquiferi sono alimentati dal grande acquifero indifferenziato presente nella parte più a monte. L'acqua una volta entrata negli acquiferi in pressione si muove in modo relativamente lento spostandosi verso Sud e Sud-Est; in parte essa viene estratta dai pozzi.

I volumi di acqua movimentati nel sottosuolo sono stati calcolati considerando una sezione in entrata ed una in uscita dall'area di risorsa idropotabile, perpendicolarmente alla direzione di deflusso delle acque sotterranee, che presentano una direzione generale Nord-Ovest Sud-Est.

Le sezioni considerate hanno una larghezza di circa 19 km e si estendono anche al di fuori dell'area di competenza AATO Laguna di Venezia.

I volumi d'acqua in entrata variano nei diversi acquiferi tra 17 e 125 Mm³/anno, mentre i volumi in uscita tra 8 e 45 Mm³/anno.

Nel complesso i volumi d'acqua che entrano nella sezione a monte sono 442 Mm³/a, quelli che escono nella sezione a valle sono 170 Mm³/a (Figura 6.34).

Non tutta l'acqua che entra, esce di conseguenza nella sezione a valle, in parte è infatti prelevata tramite pozzi, sia dagli enti acquedottistici che dai privati.

È stato calcolato che le portate totali estratte tramite pozzo sono complessivamente pari a circa 262 Mm³/anno e derivano per la maggior parte da pozzi privati, che estraggono 147,2 Mm³/anno, prevalentemente dall'ottavo e dal nono acquifero. Gli acquedotti estraggono invece 114,6 Mm³/anno, in prevalenza dal primo acquifero.

Le estrazioni nel complesso avvengono soprattutto dal primo e dal nono acquifero.

La verifica dell'equilibrio nel bilancio idrogeologico è determinante al fine della valutazione della sostenibilità dei prelievi, visti in rapporto agli effetti di depressurizzazione degli acquiferi che potrebbero provocare.

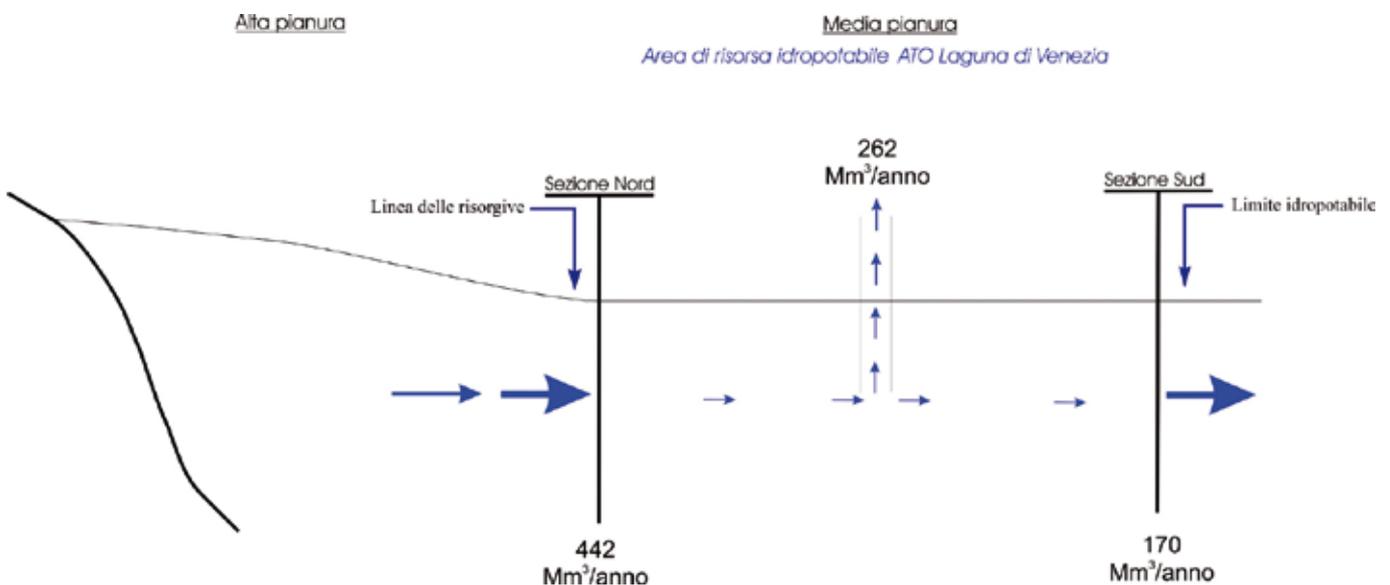


Figura 6.34 - Schema dei volumi movimentati in area di risorsa idropotabile ATO Laguna di Venezia.

Infatti, se da un acquifero confinato viene estratta più acqua di quella che lo alimenta, la pressione nell'acquifero tenderà a diminuire. Ciò si manifesterà come una minore pressione e prevalenza dell'acqua nei pozzi artesiani fino alla scomparsa della portata spontanea.

Tale depressurizzazione peraltro è già stata riscontrata durante le indagini idrogeologiche di campagna: l'acquifero con il livello potenziometrico più influenzato è di fatto tra quelli più sfruttati sia dal pubblico che dal privato, ovvero il nono acquifero (270-310 m), oltre che nel primo acquifero dove i fenomeni di depressurizzazione si sono verificati già da alcuni decenni.

Allo scopo comunque di mantenere qualità e quantità dell'acqua a livelli di sostenibilità, appare necessario razionalizzare i prelievi compensando gli sprechi (in particolare tenendo chiusi i pozzi ad erogazione continua) con usi adeguati al valore notevole della risorsa stessa ed indirizzando gli usi privati non potabili verso gli acquiferi di minor pregio.

Monitoraggio della risorsa idropotabile e protezione dinamica dei campi pozzi acquedottistici

7.1 Caratterizzazione idrogeologica e ricadute per la gestione della risorsa

In relazione ai compiti istituzionali dell'AATO, la caratterizzazione idrogeologica risulta integrata con la necessità di poter disporre costantemente nel tempo di informazioni sullo stato di salute della risorsa idropotabile e con la necessità di affiancare alle aree di salvaguardia dei campi pozzi acquedottistici un sistema di "pozzi di allarme" che funga da protezione dinamica delle fonti.

Per questo motivo a seguito degli approfondimenti svolti nell'ambito delle attività intraprese per la definizione del bilancio idrogeologico è stata condotta una attività di progettazione che fornisce all'AATO gli strumenti operativi necessari per la gestione e la programmazione dell'uso della risorsa. In particolare sono state progettate due attività tra loro integrate:

- monitoraggio della risorsa idropotabile (ovvero degli acquiferi di interesse acquedottistico in area di risorsa idropotabile);
- rete di monitoraggio di allarme dei campi pozzi acquedottistici.

Si tratta di attività di controllo che esulano da altri controlli ambientali di competenza di altri Enti (quali ad es. ARPAV), ma che possono trovare interessanti interazioni con essi.

7.2 Monitoraggio della risorsa idropotabile

7.2.1 Metodologia

Obiettivo principale di una rete di monitoraggio è l'analisi del comportamento e delle modificazioni nel tempo dei sistemi acquiferi. Il progetto ha previsto l'individuazione di una rete di monitoraggio quali-quantitativa, al fine di disporre di un sistema che permetta di valutare rapidamente la presenza di sovrasfruttamenti e la perdita di qualità delle falde di interesse acquedottistico e, di conseguenza, di fornire un supporto alle decisioni.

Si è previsto un sistema di monitoraggio in parte basato su pozzi esistenti (rete di primo livello) (Tabella 7.1) e, in parte,

Acquifero	n° punti di monitoraggio
I	5
II	4
III	3
IV	6
V	6
VI	5
VII	6
VIII	6
IX	6
X	4

Tabella 7.1- Numero di pozzi esistenti selezionati per il monitoraggio per ciascun acquifero.

su opere di monitoraggio da realizzare appositamente (rete di secondo livello).

Nel caso specifico inoltre, la realizzazione di opere di monitoraggio si lega strettamente alla necessità di migliorare ulteriormente le conoscenze sul quadro geologico ed idrogeologico sull'area di risorsa idropotabile.

Le reti di controllo previste si pongono su due livelli:

- una rete di *primo livello*, costituita da 51 pozzi già esistenti, verificati e misurati. I punti possono essere utilizzati per misure manuali periodiche su tutte le falde, integrando in questo modo la rete di monitoraggio con strumentazione dedicata;
- una rete di *secondo livello*, modulabile nel tempo, impostata su 15 nuovi pozzi specificamente progettati, finalizzati al monitoraggio degli acquiferi di maggiore interesse acquedottistico (il primo, il quarto ed il nono acquifero), fino a 400 metri di profondità; la realizzazione di questi punti consentirebbe anche di migliorare la ricostruzione del sottosuolo e la parametrizzazione degli acquiferi. Per le altre falde il monitoraggio si basa sui pozzi della rete di primo livello.

Il monitoraggio deve poter quindi consentire di caratterizzare i singoli acquiferi in termini di potenzialità, produttività e grado di sfruttamento, ed ottenere pertanto informazioni

specifiche in merito a:

- cambiamenti morfologici della superficie potenziometrica;
- entità dei prelievi;
- variazioni del livello potenziometrico anche in relazione ai prelievi;
- variazioni della qualità delle acque.

7.2.2 La rete di primo livello

La rete di primo livello prevede 51 punti di controllo, distribuiti sulle varie falde (Tabella 7.1). I pozzi scelti sono per la maggior parte appartenenti a soggetti privati, ma è presente anche qualche pozzo pubblico e qualche pozzo di acquedotto non più in produzione (Figura 7.1).

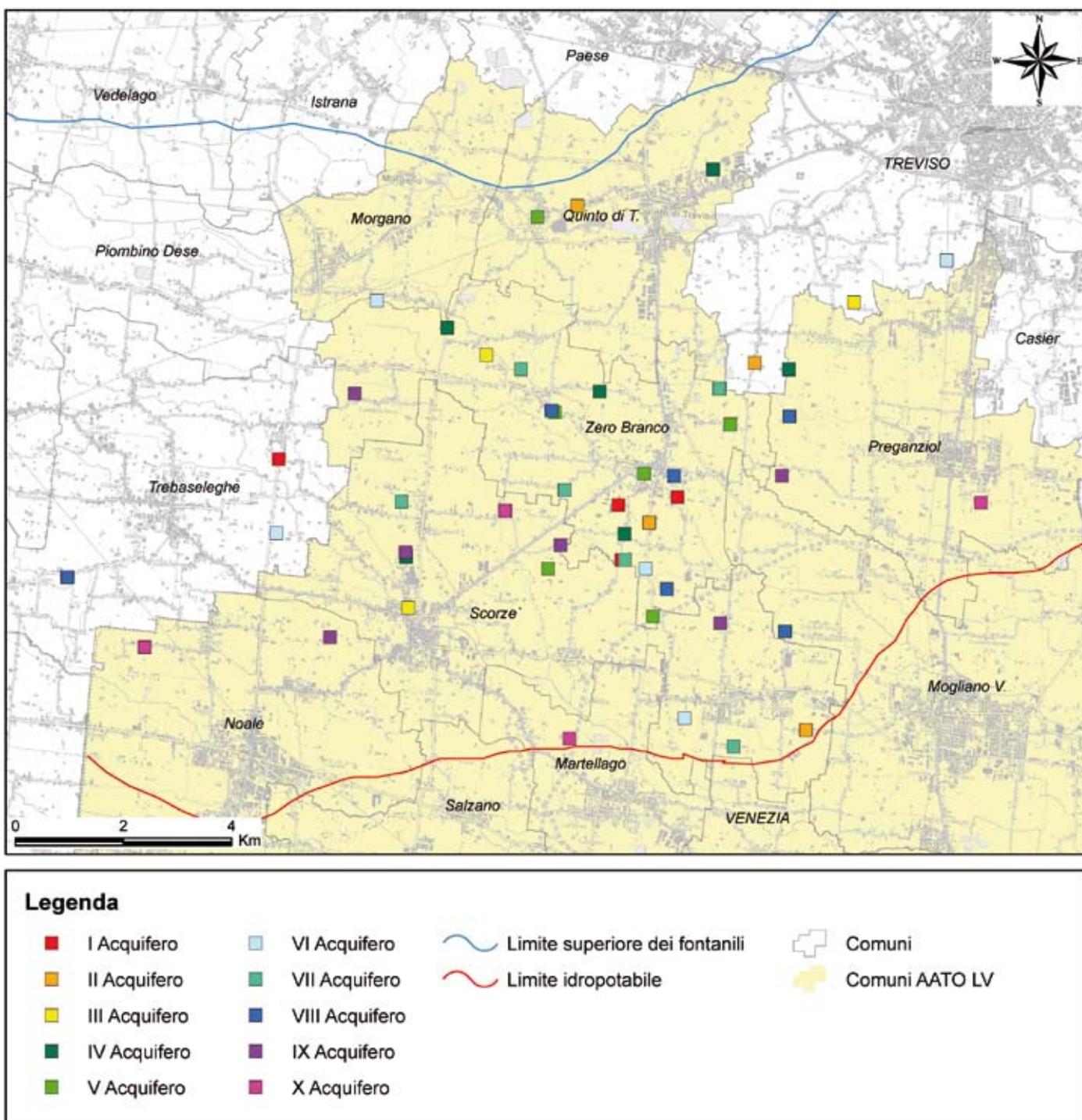


Figura 7.1 - Carta di sintesi dell'ubicazione dei pozzi della rete di primo livello.

Questa rete è stata studiata in modo da poter avviare da subito un programma di monitoraggio in attesa di sviluppare una rete su pozzi o piezometri propriamente dedicati alla misurazione in continuo. La rete ha lo scopo di iniziare una serie di misure potenziometriche sistematiche, finora assenti o presenti solo su pochi pozzi e per brevi periodi.

I pozzi sono stati scelti in modo da ottenere una distribuzione il più possibile uniforme, sulla base della struttura idrogeologica dell'area e sulla disponibilità di punti di misura adeguati. Nella realizzazione della rete si è dovuto tener conto della accessibilità e delle caratteristiche costruttive dei pozzi e degli usi delle acque.

Per ogni falda sono stati scelti da 3 a 6 pozzi e per ogni pozzo è stata creata una monografia relativa alle sue caratteristiche costruttive.

Come si può vedere dalla Tabella 7.1, gli acquiferi più interessanti dal punto di vista dello sfruttamento (primo, quarto e nono) sono quelli che prevedono un maggior numero di punti di controllo.

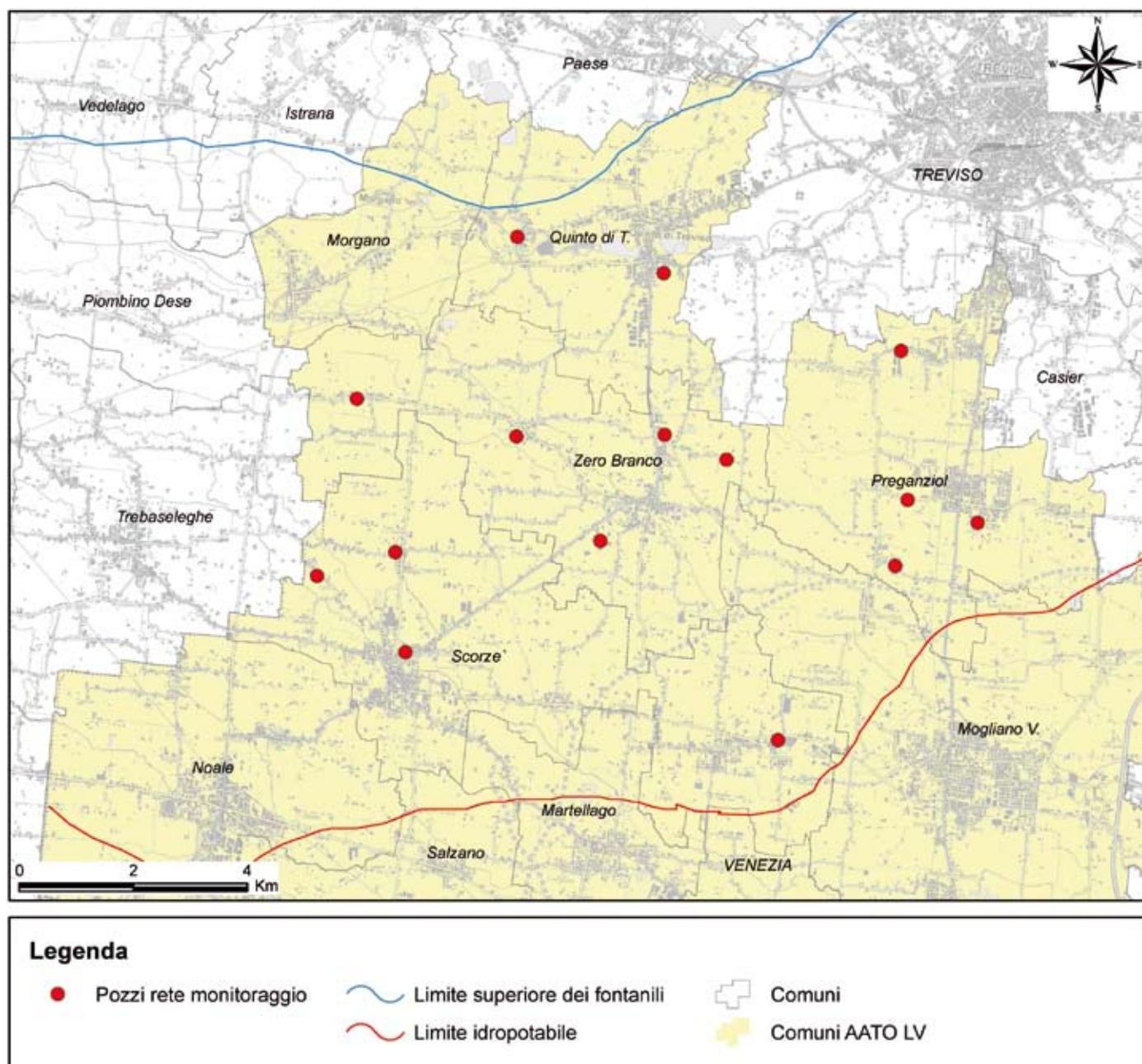


Figura 7.2 - Carta di sintesi dell'ubicazione dei pozzi della rete di secondo livello.

7.2.3 La rete di secondo livello

Tra gli obiettivi del lavoro c'è stato anche quello di progettare una serie di pozzi esplorativi, finalizzati al miglioramento della ricostruzione del sottosuolo ed alla sua parametrizzazione.

Gli stessi punti sono stati progettati per essere utilizzati sia per il monitoraggio idrogeologico che per quello idrochimico degli acquiferi di maggiore interesse acquedottistico, presenti fino a circa 400 m di profondità.

I criteri utilizzati per l'individuazione dei punti di indagine sono pertanto i seguenti:

- colmare le lacune rimanenti nella ricostruzione del sottosuolo, nell'area di risorsa idropotabile e, specificamente, nelle aree di principale interesse acquedottistico;
- identificare la serie idrogeologica fino alle profondità di attuale sfruttamento e sui livelli sottostanti;
- avere una prima informazione sul sottosuolo al di sotto dei livelli attualmente sfruttati;
- permettere di realizzare indagini geofisiche in foro, utili per la ricostruzione idrogeologica;
- parametrizzare gli acquiferi in una serie di punti significativi;
- ottenere dei punti su cui installare strumentazione di monitoraggio da inserire, in futuro, in una rete di monitoraggio organica a scala di territorio ATO;
- iniziare il monitoraggio sistematico dei livelli acquiferi presenti tra i 300 ed i 400 m di profondità.

La rete si basa quindi su 15 pozzi di nuova terebrazione, distribuiti in maniera omogenea entro l'area di risorsa idropotabile ATO Laguna di Venezia, per il monitoraggio dei tre principali acquiferi, ovvero il primo, il quarto ed il nono. La rete di secondo livello è progettata anche con l'idea di predisporre adeguati punti di controllo per l'installazione della strumentazione necessaria alla misurazione in continuo sia del livello potenziometrico della falda che di alcuni parametri chimico-fisici.

Si riporta in Figura 7.2 l'ubicazione dei pozzi per la rete di secondo livello.

7.3 Protezione dinamica dei campi pozzi acquedottistici

I dati raccolti presentano importanti ricadute anche per la progettazione di reti di monitoraggio di allarme, al fine di incrementare il livello di sicurezza delle opere di captazione e di prevenire inquinamenti nella rete di distribuzione dell'acqua potabile.

Come già esplicitato dal Piano d'Ambito approvato nel 2003, la sicurezza dei campi pozzi non può essere legata solo a politiche vincolistiche, ma deve privilegiare lo strumento del monitoraggio e della gestione. Per questo motivo il Piano d'Ambito prevede la progettazione idrogeologica e la realizzazione di "reti di monitoraggio di allarme"; nell'ambito del presente lavoro è stata predisposta una di rete di monitoraggio per il campo pozzi di Scorzè, che funge da prototipo e

i cui criteri e metodi di definizione sono estendibili a tutti i campi pozzi dell'ATO.

Lo scopo della rete di monitoraggio idrogeologica di allarme è fondamentalmente quello di permettere di individuare, data la frequenza del monitoraggio e dato il tempo di percorrenza della falda tra il pozzo di controllo e l'opera di captazione, la presenza di un eventuale inquinante in falda *prima* che esso giunga al pozzo acquedottistico. I criteri idrogeologici da applicare sono quindi simili a quelli utilizzabili per la definizione delle zone di rispetto delle opere di captazione. Infatti i punti di monitoraggio di una rete di allarme vengono anch'essi individuati sulla base della struttura geologica e di una serie di parametri idrogeologici (velocità effettiva ed altri parametri) e considerando come intervallo temporale quello dei 60 giorni in coerenza con quanto previsto per le zone di rispetto.

La progettazione della rete di allarme si è basata sulla preliminare realizzazione di un modello di flusso alle differenze finite che ha recepito l'insieme dei dati geologici ed idrogeologici derivanti dal progetto.

Un esempio dell'ubicazione ottimale e del posizionamento dei filtri dei pozzi di monitoraggio per i campi pozzi di ACM-Scorzé e VESTA-Canove, ottenute grazie ai risultati delle simulazioni, è riportato in Figura 7.3, in cui si individuano, per il primo acquifero, le linee di flusso, le isopotenziali, le isocrone a 60 giorni e l'ubicazione ottimale dei pozzi di allarme, posti in prossimità di esse.

In sintesi si sono previsti 5 pozzi di monitoraggio di allarme che vanno ad integrarsi con i pozzi previsti per il monitoraggio complessivo dell'area di risorsa idropotabile, che in alcuni casi ricadono in posizione idonea anche per il monitoraggio di allarme (si veda il paragrafo precedente).

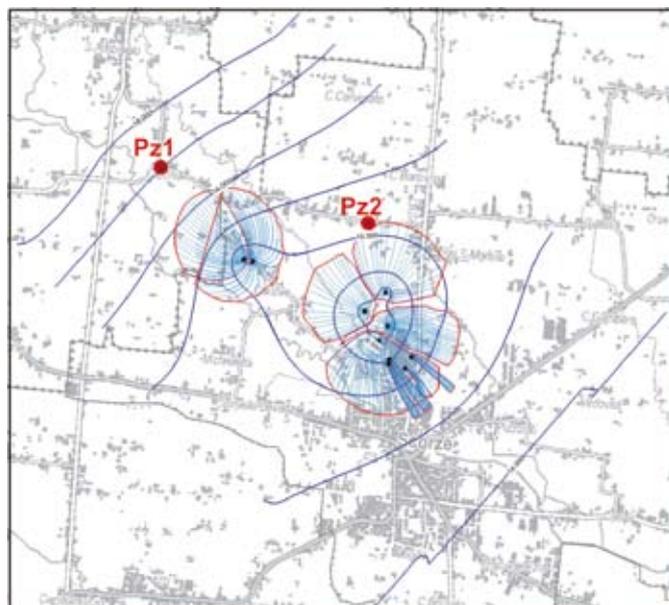


Figura 7.3 - Rete di monitoraggio d'allarme per l'acquifero I dei campi pozzi di VESTA-Canove (Pz1) e ACM-Scorzé (Pz2).

Conclusioni

Il progetto "Bilancio idrogeologico" ha portato alla definizione del quadro geologico ed idrogeologico di quella porzione dell'ATO Laguna di Venezia, definita "area di risorsa idropotabile", in cui avviene il prelievo acquedottistico dell'intero ATO a servizio di una popolazione complessiva di oltre 600.000 abitanti.

L'area di risorsa idropotabile

Nel sottosuolo è presente un complesso sistema idrogeologico, schematizzabile in 10 acquiferi confinati e sovrapposti, differenziati tra loro sia per parametri idrogeologici che per qualità delle acque. Di questi, tre acquiferi in particolare (identificati come "primo", "quarto" e "nono", localizzati rispettivamente a profondità medie di 15-60, 130-140 e 270-310 m) risultano strategici; da essi infatti, proviene il 96% delle acque distribuite dagli acquedotti. Il sistema di acquiferi in pressione, a scala di intera area di risorsa idropotabile ATO, è alimentato a monte da un volume d'acqua annuo di circa 442 Mm³; di questo volume circa 169 Mm³ defluiscono annualmente verso gli acquiferi più a valle, mentre la rimanenza costituisce approssimativamente il volume di risorsa estratta da pozzi pubblici e privati.

La quantificazione della risorsa

Si tratta di quantitativi d'acqua indubbiamente rilevanti che indicano le elevate potenzialità del sistema. Il quadro idrogeologico complessivo è, pertanto, quello di un'ampia disponibilità di acque sotterranee; ciononostante appare in tutta evidenza la necessità di una migliore gestione della risorsa.

Il flusso idrico sotterraneo risulta artificializzato per via della massiccia estrazione di acque; in altre parole, i valori di portata in ingresso, quantificati per ciascun acquifero, sono condizionati ed indotti dall'estrazione forzata delle acque sotterranee ad opera dei pozzi pubblici e privati. Infatti i dati del bilancio idrogeologico mostrano come l'aumento della portata estratta dagli acquiferi confinati induca un aumento della velocità di deflusso che, a sua volta, richiama "nuove" acque dall'area di alimentazione (alta pianura). Tutto ciò esorta erroneamente a pensare che vi sia una sorta di equilibrio tra volumi d'acqua in ingresso e in uscita da ciascun acquifero di media pianura; tuttavia lo squilibrio tra l'alimentazione dell'intero sistema idrogeologico e le portate in uscita viene messo in risalto da indicatori quali: la riduzione delle portate di risorgiva, la riduzione dei livelli potenziometrici nell'alta pianura e l'andamento dei trends meteorologici.

La diminuzione del tasso di rinnovamento

La forzatura che è stata individuata nella ricarica ha altre implicazioni, questa volta di carattere qualitativo. Infatti l'alterazione delle velocità di flusso delle acque sotterranee riduce di gran lunga i tassi di rinnovamento della risorsa, cosicché le acque richiamate, essendo più giovani e derivando da un'area di acquifero non protetto, possono presentare una qualità inferiore rispetto a quelle presenti naturalmente negli acquiferi confinati.

Di grande interesse risulta la differenziazione riscontrata tra i diversi acquiferi e, in particolare, l'individuazione di tre acquiferi di importante valore idropotabile. La caratterizzazione effettuata permette di definire gli acquiferi di maggior pregio verso i quali orientare prioritariamente l'uso idropotabile e di indirizzare gli altri usi verso gli acquiferi di minor pregio.

La gestione della risorsa va quindi orientata, più che a generalizzati vincoli nell'uso della risorsa, verso la progressiva differenziazione degli usi, non solo per aree ma, soprattutto, per acquiferi. Analogamente la caratterizzazione dei singoli acquiferi comporta il vantaggio di poter riservare quelli di particolare pregio per futuri usi acquedottistici ("aree di riserva").

L'utilizzo dell'acqua da pozzo da parte di privati appare ancora oggi caratterizzato da elevati livelli di spreco, così come era stato messo in luce da precedenti studi del CNR e della Provincia di Venezia. Infatti, sfruttando la naturale artesianità della falda, numerosissimi pozzi vengono mantenuti a portata fluente. L'esistenza di migliaia di pozzi fluenti comporta, in contrasto con la normativa vigente e con basilari concetti di uso razionale della risorsa, uno spreco ingente e insopportabile di acqua di ottima qualità.

La parametrizzazione idrogeologica ha permesso di definire una serie di attività che vanno nella direzione della "protezione dinamica" dell'acquifero, prevista dalla normativa. Infatti, per ciascun pozzo acquedottistico, è stata definita una pertinente zona di rispetto (art. 94 – D.Lgs. 152/2006) basata sulla "isocrona 60 giorni". Inoltre, per i campi pozzi acquedottistici di Scorzè è stata definita la collocazione ottimale di una rete di monitoraggio e di allarme che permetterà di rilevare la presenza di inquinanti in grado di interessare i pozzi acquedottistici prima che gli inquinanti arrivino al campo di prelievo stesso. La prevista attuazione del Piano d'Ambito permetterà di estendere un identico sistema a tutti i campi pozzi dell'ATO Laguna di Venezia.

Il lavoro ha inoltre permesso di progettare le modalità ottimali di monitoraggio complessivo del sistema idrogeologico dell'area di risorsa idropotabile. Si è quindi voluto, non solo caratterizzare adeguatamente la risorsa, ma anche fornire uno strumento in grado di valutare nel tempo il suo stato di salute.

Il metodo applicato per l'ATO Laguna di Venezia risulta esportabile ed applicabile alla realtà di altri ATO, al fine di una caratterizzazione e di una gestione razionale della risorsa idrica sotterranea.

La delimitazione tridimensionale degli acquiferi strategici e delle aree di riserva

Lo spreco di risorsa altamente pregiata

Protezione dinamica dei campi pozzi acquedottistici e zone di rispetto

Stato di salute del sistema idropotabile

Esportabilità dell'esperienza

Bibliografia

ANTONELLI R., DAL PRÀ A. (1977) - *Distribuzione dei materiali limo-argillosi nel sottosuolo della Pianura Veneta*. Quad. Ist. Ric. sulle Acque, P/366.

ANTONELLI R., FABBRI P., MASON L., ORTOLAN J., SOTTANI A., VERONESE F., VORLICEK P.A. (1999) - *Primi risultati di prove idrogeologiche di tracciamento nel campo pozzi di Villorba (TV)*. Quaderni di Geologia Applicata, n 6, 1, pp. 5-10, Bologna.

ANTONELLI R., FABBRI P., VENDRAME G. & VORLICEK P.A. (2000) - *Sperimentazioni nei campi pozzi in località Villorba (TV) nell'alta pianura veneta finalizzate allo studio di alcuni fenomeni di inquinamento da solventi clorurati*. V° Convegno Nazionale dei Giovani Ricercatori in Geologia Applicata, pp. 343-350, Cagliari.

ARPAV (2006) - *Portate medie giornaliere sul fiume Brenta a Barziza negli anni 2004 e 2005*.

ARPAV (2008) - *Rilievi idrometrici effettuati in data 19 Febbraio 2008 nel fiume Brenta nel tratto Bassano - Fontaniva e prime valutazioni sulle dispersioni in alveo*.

ARPAV (2008) - *Livelli e portate medie giornaliere del fiume Brenta a Barziza negli anni 2006-07*.

AURIGHI M., ZANGHERI P., FERRONATO A., FRANZ L., VITTURI A. (1999) - *Monitoraggio di sistemi multifalde. Il caso della Provincia di Venezia*. Quaderni di Geologia Applicata. Atti 3° Convegno Nazionale sulla protezione e gestione delle acque sotterranee per il III millennio. Parma 13-14-15 ottobre 1999, Pitagora Ed., Bologna.

AURIGHI M., VITTADELLO A., ZANGHERI P. (1999) - *Indagine idrogeologica della Palude di Onara (prima fase)*. Comune di Tombolo. Inedito.

AURIGHI M., VITTADELLO A., ZANGHERI P. (2001) - *Le risorgive come indicatore ambientale del sistema idrogeologico della pianura del medio-Brenta*. (extended abstract) Atti del Convegno Nazionale "conoscenza e salvaguardia delle aree di pianura - il contributo delle scienze della terra". Ferrara 8-11 Novembre 1999.

BASSAN V., VITTURI A. (2003) - *Studio geoambientale del territorio provinciale di Venezia. Area Centrale*. Provincia di Venezia.

BONDESAN A., MENEGHEL M. (a cura di) (2004) - *Geomorfologia della provincia di Venezia*. Ed. Esedra, 514 pp.

BONDESAN A., MENEGHEL M., MIOLA A., VALENTINI G. (2003) - *Paleoenvironmental reconstruction from LGM to historical time in the lower coastal plain of the Piave river. Preliminary pollen analysis on a 20 m core of lagoon and fluvial sediments*. Il Quaternario, 16 (1bis), 183-192.

BONDESAN A., MOZZI P., PRIMON S., ZAMBONI C. (2002) - *Antiche acque e antiche genti: l'indagine geomorfologica tra passato e presente*. In: Ghedini F., Bondesan A., Busana M.S. (a cura di), *La Tenuta di 'Ca Tron, ambiente e storia nella terra dei Dogi*. Cierre, Verona, 15-68.

BOTTAN M. (1994-95) - *Studio idrogeologico della zona compresa nei territori comunali di Piombino Dese, Trebaseleghe, Massanzago, Borgoricco, Campodarsego, Villanova di Camposampiero e Resana*. Tesi di laurea.

BULLO P. (1989-90) - *Lo sfruttamento ad uso acquedottistico delle acque sotterranee dell'alta pianura alluvionale veneta*. Tesi di laurea.

BULLO P., DAL PRÀ A. (1994) - *Lo sfruttamento ad uso acquedottistico delle acque sotterranee dell'alta pianura veneta*. Geologica Romana n°30.

CAMBRUZZI T., CONCHETTO E. (2006) - *Dalla geologia al Servizio Idrico Integrato. L'Ambito Territoriale Ottimale "Laguna di Venezia"*. In atti del Convegno "Geologia Urbana di Venezia". Mestre 24 novembre 2006.

CAMBRUZZI T., CONCHETTO E., FABBRI P., MARCOLONGO E., ROSIGNOLI A., ZANGHERI P. (2009) - *Piano per la definizione del bilancio idrogeologico nell'Ambito Territoriale Ottimale "Laguna di Venezia"*. Convezione di Ricerca A.A.T.O. L.V., Università degli Studi di Padova, inedito.

CASTIGLIONI B. (1940) - *L'Italia nell'età quaternaria*. In: Dainelli G. (a cura di), *Atlante fisico economico d'Italia*, Milano, Consociazione Turistica Italiana, tav. 3.

CASTIGLIONI G.B. (1999) - *Geomorphology of the Po plain*. Supplemento Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, III (3), 7-20.

CELOTTO G. (1992-93) - *Studio idrogeologico del sistema artesiano multifalde della media Pianura Veneta tra Treviso e Quinto di Treviso*. Tesi di laurea.

CHIAUDANI A. (2008) - *Agroclimatologia statica e dinamica del Veneto, analisi del periodo 1956-2004*. Tesi di dottorato.

CIVITA M., DE MAIO M. (2000) - *Valutazione e cartografia automatica della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento con il sistema parametrico S.I.N.T.A.C.S.*. Pitagora Editrice, Bologna p.226.

CONSORZIO ACQUEDOTTO DEL TERGOLA (1989) - *Ricerca idrogeologica di nuove fonti idriche sull'area del Consorzio*.

CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA VENETA TRA LIVENZA E TAGLIAMENTO - PROVINCIA DI VENEZIA (2001) - *Indagine idrogeologica. Valutazione quantitativa delle risorse - Bilancio idrogeologico*. (pubblicato in sintesi in: ZANGHERI P., GARBELLINI A., GREGO S., PAULON G., VITTURI A. (2001) - *Indagine sulle acque sotterranee del Portogruarese*. Consorzio di Bonifica "Pianura Veneta tra Livenza e Tagliamento" - Provincia di Venezia).

CREMASCHI M. (1987) - *Vetusols and Paleosols in the Central Po Plain (Northern Italy)*. Unicopli, Studi e Ricerche sul territorio, 28, 306 pp.

CUCCHI F., FRANCESCHINI G., ZINI L. (2008) - *Hydrogeochemical investigations on groundwater provinces of the Friuli Venezia Giulia aquifers, north-eastern Italy*. Environmental Geology, vol. 55, pp. 985-989.

- CUSTODIO E., LLAMAS M.R. (1983) - *Hidrologia Subterranea*. Ed. Omega, Barcelona.
- D'ALPAOS L., DAL PRÀ A. (1978) - *Indagini sperimentali sull'alimentazione delle falde idriche nell'alta pianura alluvionale del Piave*. Atti XVI Congr. di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, pp. 1-18.
- DAL PRÀ A. (1983) - *Carta idrogeologica dell'alta pianura veneta*. Ist. Geol. Univ. Padova.
- DAL PRÀ A., ANTONELLI R. (1980) - *Restituzione freatica ai fontanili nell'alta pianura veneta, tra il fiume Piave e i Monti Lessini*. Quad. Ist. Ric. sulle Acque, LI (1).
- DAL PRÀ A., FABBRI P. & BELLENGHI G. (1989) - *Esempi di sfruttamento delle falde artesiane nella media pianura veneta in aree non servite da acquedotti pubblici. Modalità di utilizzazione, quantità di prelievi, vantaggi ed effetti negativi*. Mem. Di Sc. Geol., 41, pp. 115-130.
- DAL PRÀ A., FABBRI P. & BELLENGHI G. (1990) - *Nuovi dati idrogeologici sul sottosuolo della pianura alluvionale trevigiana nella zona di Candelù e Roncadelle a ridosso del fiume Piave*. Mem. Di Sc. Geol., 42, pp. 105-119.
- DAL PRÀ A., FABBRI P., BORTOLETTO C. (1992) - *Il sistema idrogeologico artesiano e il suo sfruttamento nell'area tra Treviso e il fiume Piave*. Mem. di Sc. Geol., 44, pp. 151-170.
- DAL PRÀ A., GOBBO L., VITTURI A., ZANGHERI P. (2000) - *Indagine idrogeologica del territorio provinciale di Venezia*. Provincia di Venezia.
- DAL PRÀ A., MARTIGNAGO G., NICEFORO U., TAMARO M., VIELMO A. E ZANNIN A. (1996) - *Il contributo delle acque irrigue alla ricarica delle falde nella pianura alluvionale tra Brenta e Piave*. Rivista "L'acqua", n° 4, Roma.
- DAL PRÀ A., MAZZOLA M., NICEFORO U. (1998) - *Misure sperimentali sulla dispersione delle acque irrigue alle falde nell'alta pianura del fiume Brenta*. Riv. Irrigazione e drenaggio, n° 3.
- DAZZI R., GATTO G., MOZZI G., ZAMBON G., CONCHETTO E., MATTICCHIO B. (2001) - *Dinamica delle acque sotterranee in terreni alluvionali*. C.N.R.- I.S.D.G.M. - Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche.
- DAZZI R., GATTO G., MOZZI G., ZAMBON G., CONCHETTO E., BIZZOTTO A., FERRARO C., FUMAGALLI F., ARGOLINI A., FERRONATO A., SIVIERO G., TIEPPO P., VAZZOLER P. (1999) - *Qualità delle acque sotterranee nella conoide alluvionale del Brenta (Media e Alta Pianura Veneta). Tendenze evolutive*. A.R.P.A.V., C.N.R. - Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse.
- DAZZI R., GATTO G., MOZZI G., ZAMBON G., GOVI M., RUSCONI A., BALDIN G., DE GIROLAMO R., FERLA M., CONCHETTO E. & MATTICCHIO B. (2000) - *Salvaguardia del patrimonio idrico sotterraneo del Veneto: cause del depauperamento in atto e provvedimenti urgenti da adottare*. C.N.R.- I.S.D.G.M.; Autorità di Bacino dei fiumi Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione; Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale - Ufficio Compartmentale di Venezia; Consorzio di Bonifica Pedemontano-Brenta.
- FABBRI P. (1997) - *Transmissivity in the geothermal Euganean basin: a geostatistical analysis*. Ground Water 35(5): 881-887.
- FABBRI P., FERRONATO A. & ZANGHERI P. (1993) - *A case of groundwater contamination by organo-chlorine compounds*. Hydrogéologie, n. 3, pp. 207-215, 9 figg., 2 tabb, Orléans.
- FABBRI P., GAETAN C., ZANGHERI P. (2010) - *Tranfer function - noise modelling of an aquifer system in NE Italy*. Hydrological Processes, DOI: 10.1002/hyp. 7832.
- FABBRI P., MARCOLONGO E., ROSIGNOLI A., ZANGHERI P. (2007) - *Deep aquifer regimes in the Venetian plain (NE Italy)*. In: Proceeding of XXXV Congress of International Association of Hydrogeologist I.A.H. (Abstract), Lisbona, P.
- FABBRI P., MARCOLONGO E., ROSIGNOLI A., ZANGHERI P. (2008) - *Hydrogeological characteristics of some artesian aquifers in the middle Venetian plain (NE Italy)*. In: Proceeding of XXXIII International Geological Congress (Abstract), Oslo, N.
- FABBRI P., ZANGHERI P. (2010) - *Estimating Transmissivity from specific capacity for artesian aquifers in The middle venetian plain (NE, Italy)*. XXXVIII I.A.H. Congress, Groundwater quality sustainability, Krakow, PL.
- FAVRETTO M. (2003) - *Relazione fra derivazioni irrigue dal fiume Piave e alimentazione degli acquiferi nell'Alta Pianura Trevigiana*. Tesi di laurea inedita.
- FILECCIA A., GALASSI P., MAZZOLA M. (2002) - *Idrogeologia e risorse idriche del Colle del Montello*. Provincia di Treviso - Assessorato alle Politiche per l'Ambiente.
- FONTANA A., MOZZI P., BONDESAN A. (2004) - *L'evoluzione geomorfologica della pianura veneto-friulana*. In: Bondesan A. e Meneghel M. (a cura di) (2004), pp.113-130.
- GUZZETTI F., MARCHETTI M., REICHENBACH P. (1997) - *Large alluvial fans in the north-central Po Plain (Northern Italy)*. Geomorphology, 18, 119-136.
- HAMM S-Y., CHEONG J-Y., JANG S., JUNG C-Y., KIM B-S. (2005) - *Relationship between transmissivity and specific capacity in the volcanic aquifers of Jeju Island, Korea*. J. Hydrol. 310:111-121.
- HUNTLEY D., NOMMENSEN R., STEFFEY D. (1992) - *The use of specific capacity to assess transmissivity in fractured-rock aquifers*. Ground Water 30:396-402.
- JACOB C.E. (1950) - *Flow of groundwater*. Engineering hydraulics: ed. H. Rouse, New York, John Wiley, pp. 321-386.
- JALLUDIN M., RAZACK M. (2004) - *Assessment of hydraulic properties of sedimentary and volcanic aquifer systems under arid conditions in the Republic of Djibouti (Horn of Africa)*. Hydrogeol. J. 12:159-170.
- MAZZOLA M. (2003) - *Idrogeologia e carta freaticometrica della provincia di Treviso*. Provincia di Treviso - Assessorato alle Politiche per l'Ambiente.
- MODENA P., ZANGHERI P. (2005) - *Censimento, catalogazione e studio idrogeologico e naturalistico delle risorgive della Provincia di Vicenza*. A.A.T.O. Bacchiglione - Provincia di Vicenza.
- MODENA P., ZANGHERI P., BASSO B. (2006) - *Censimento, catalogazione e studio idrogeologico e naturalistico delle risorgive della Provincia di Padova*. Provincia di Padova.
- MODENA P., ZANGHERI P., BASSO B. (2007) - *Censimento, catalogazione e studio idrogeologico e naturalistico delle risorgive della Provincia di Treviso*. Provincia di Treviso.
- PEDRON R. (1991-92) - *Studio idrogeologico del sistema artesiano multifalde della media Pianura Veneta tra Quinto di Treviso e Piombino Dese*. Tesi di laurea.
- PERIN J. (2001-2002) - *Studio idrogeologico dei fontanili della Pianura Vicentina tra i fiumi Astico e Brenta*. Tesi di laurea in Scienze Geologiche.
- PIZZATO M. (1996-97) - *Studio idrogeologico della zona di Preganziol, Mogliano e Casier a sud di Treviso*. Tesi di laurea.
- RAZACK M., HUNTLEY D. (1991) - *Assessing transmissivity from specific capacity in a large and heterogeneous alluvial aquifer*. Ground Water 29: 856-861.
- RAZACK M., LASM T. (2007) - *Geostatistical estimation of the transmissivity in a highly fractured metamorphic and crystalline aquifer (Man-Danane Region, Western Ivory Coast)*. J. Hydrol. 325 (1-4): 164-178.

REGIONE DEL VENETO - ARPAV (2005) - *Carta dei suoli del Veneto*.

REGIONE VENETO (1999) - *Il prelievo e l'utilizzo delle acque sotterranee nel Veneto*.

SARTOT L., (2001) – *Studio idrogeologico preliminare per il controllo di inquinamenti nelle acque utilizzate a scopo potabile*. Comune di Quinto di Treviso. Inedito.

SOTTANI N., PRETTO L., MARCOLONGO B., VIERO C. (1982) - *Gli acquiferi nella pianura a Nord di Vicenza: studio del sistema, bilancio idrico e proposte gestionali*. A.I.M. Vicenza, C.N.R. Roma. 181 pp.

SRIVASTAV S.K., LUBCZYNSKI M.W., BIYANI A.K. (2007) – *Upscaling of transmissivity, derived from specific capacity: a hydrogeomorphological approach applied to the Don Valley aquifer system in India*. Hydrogeol. J. 15:1251-1264.

THEIS C.V. (1935) - *The relation between lowering of the piezometric surface and rate and duration of discharge of a well using groundwater storage*. Transactions of the American Geophysical Union, vol. 16, pp. 519-524.

UFFICIO IDROGRAFICO DEL MAGISTRATO ALLE ACQUE DI VENEZIA - *Annali idrologici*. Ministero LL.PP., Servizio idrografico, Roma.

UNIONE VENETA BONIFICHE (2006) – *La Bonifica Veneta in cifre*. (www.bonifica-uvb.it)

VORLICEK P.A., ANTONELLI R., FABBRI P., RAUSCH R. (2004) - *Quantitative hydrogeological studies of Treviso alluvial plain (north east of Italy)*. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, v. 37, pp.23-29.

ZANGHERI P., AURIGHI A. (2001) - *La rete di monitoraggio delle acque sotterranee della provincia di Venezia*. Pubblicazione edita su CD-ROM. Regione del Veneto – Provincia di Venezia.

ZANGHERI P., GARBELLINI A., GREGO S., PAULON G., VITTURI A. (2001) – *Indagine sulle acque sotterranee del Portogruarese*. Consorzio di Bonifica "Pianura Veneta tra Livenza e Tagliamento" – Provincia di Venezia.

ZANUTTO A. (1992-93) – *Situazione idrogeologica dell'area di Treviso: utilizzazione, caratteristiche e chimismo delle falde, previsioni sullo sfruttamento futuro*. Tesi di laurea.

Finito di stampare
dalle Grafiche Erredici Srl - Padova
nel mese di Novembre 2010

