



progetto:

Progetto Giada  
FASE2

documento:

RAPPORTO CONCLUSIVO

emissione:

dicembre 2010



autori:

Lorenzo Altissimo  
Centro Idrico Novoledo srl

Silvia Bertoldo  
Sinergeo srl

Alessio Schiavo  
Land Technology & Services srl

Andrea Sottani  
Sinergeo srl

## INDICE DEGLI ARGOMENTI

<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
1.1. PREMESSE .....	3
1.2. FASE 1 .....	4
1.3. FASE 2 .....	5
<b>2. SISTEMA FRATTURATO MONTANO.....</b>	<b>7</b>
2.1. PREMESSE .....	7
2.2. OBIETTIVI DELLA RICERCA .....	7
2.3. FASI DI LAVORO E METODOLOGIA .....	8
2.4. STUDIO BIBLIOGRAFICO, ASSEMBLAGGIO CRITICO E INFORMATIZZAZIONE DELLA CARTOGRAFIA .....	8
2.5. TELERILEVAMENTO SATELLITARE E FOTOINTERPRETAZIONE.....	9
2.6. RILIEVI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI.....	11
2.7. RILIEVI IDROSTRUTTURALI E ANALISI DELLA FRATTURAZIONE .....	13
2.8. ELABORAZIONE DEI DATI E E PRODUZIONE DEI LIVELLI TEMATICI .....	14
2.9. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	14
2.10. ASSETTO TETTONICO ED EVOLUZIONE CINEMATICA .....	16
2.11. STRATIGRAFIA DEI TERRERNI PREQUATERNARI .....	18
2.12. COMPLESSI IDROGEOLOGICI .....	23
2.13. ASPETTI IDROGEOLOGICI DELLA CONCA DI RECOARO .....	34
2.13.1. <i>Sorgente Sette Fontane</i> .....	34
2.13.2. <i>Sorgente Selle e gruppo di sorgenti Borga, Loke, Ionere e Piasea</i> .....	38
2.13.3. <i>Sorgenti di Recoaro Terme</i> .....	39
2.14. L'ALTOPIANO DEL FAEDO-CASARON .....	39
<b>3. SISTEMA POROSO DI FONDOVALLE .....</b>	<b>42</b>
3.1. PREMESSE .....	42
3.2. RETE PIEZOMETRICA DI CONTROLLO .....	44
3.3. MONITORAGGIO PIEZOMETRICO AUTOMATICO.....	46
3.3.1. <i>Progettazione della rete di controllo</i> .....	46
3.3.2. <i>Acquifero di sub-alveo del Torrente Chiampo</i> .....	51
3.3.3. <i>Acquifero di sub-alveo del Fiume Agno</i> .....	52
3.3.4. <i>Acquifero indifferenziato - settore est (Fiume Agno-Gua')</i> .....	53
3.3.5. <i>Acquifero indifferenziato - settore ovest</i> .....	54
3.3.6. <i>Acquifero confinato</i> .....	55
3.4. RETE IDROMETRICA DI MISURA .....	56
3.5. PARAMETRI IDROGEOLOGICI .....	60
3.6. SFRUTTAMENTO DELLA RISORSA .....	64
3.7. SITI CONTAMINATI .....	68
<b>4. IDROCHIMICA E DINAMICHE QUALITATIVE .....</b>	<b>71</b>
4.1. PREMESSE .....	71
4.2. PUNTI DI MONITORAGGIO QUALITATIVO .....	71
4.3. PARAMETRI MONITORATI .....	71
4.4. ESAME DEI RISULTATI.....	72
4.4.1. <i>Acquifero di subalveo del Torrente Chiampo</i> .....	72
4.4.2. <i>Acquifero di subalveo del Fiume Agno-Gua'</i> .....	74
4.4.3. <i>Acquifero indifferenziato della media pianura</i> .....	74
4.4.4. <i>Acquifero confinato di Lonigo</i> .....	75
4.5. DINAMICHE QUALITATIVE - SERIE STORICHE (2003 – 2009) .....	75
4.6. CASO EX-RIMAR (NITRO-ALOGENO DERIVATI AROMATICI) .....	77
<b>BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE .....</b>	<b>79</b>
<b>ALLEGATI.....</b>	<b>84</b>
<b>APPENDICE.....</b>	<b>84</b>
<b>CONTENUTO CD – ROM .....</b>	<b>85</b>



## 1. INTRODUZIONE

### 1.1. PREMESSE

Nell'ambito del presente rapporto tecnico si riferisce sul merito delle attività di tipo ambientale afferenti alla Fase 2 del Progetto Giada ([www.progettogiada.org](http://www.progettogiada.org)).

In particolare in questa fase sono state approfondite le attività di studio e le indagini idrogeologiche e idrochimiche sviluppate nel biennio 2003-2004 (Progetto GIADA – Fase 1) al fine di migliorare il quadro conoscitivo pregresso.

Per quanto riguarda la contestualizzazione geografica lo studio interessa l'area dei bacini idrografici del Torrente Chiampo e del Fiume Agno-Guà, nel comprensorio dei monti Lessini Orientali (Figura 1) e si estende sul territorio amministrativo di 21 comuni per un totale di 487 Km<sup>2</sup> suddivisi come nella tabella a lato.

Come è noto, tra i temi di analisi del progetto sono stati individuati come argomenti di rilevante interesse:

- la valutazione del grado di sfruttamento indotto dai consumi idrici derivanti dai molteplici utilizzi civili ed industriali presenti nel sistema idrologico Chiampo-Agno-Guà, con riferimento all'equilibrio del bilancio per le risorse idriche,
- e l'analisi preliminare dell'impatto sullo stato qualitativo dei corpi idrici sotterranei da parte dei poli produttivi presenti nell'area di indagine.

NOME	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )
RECOARO TERME	59,884,307
SAN PIETRO MUSSOLINO	4,109,207
MONTEBELLO VICENTINO	21,480,323
ALTISSIMO	15,058,453
BROGLIANO	12,215,078
GAMBELLARA	12,845,683
ARZIGNANO	34,269,915
VALDAGNO	50,294,232
CRESPADORO	30,169,579
BRENDOLA	25,539,715
SAREGO	23,895,984
ALONTE	11,145,131
MONTECCHIO MAGGIORE	30,755,686
ZERMEGHEDO	2,962,453
MONTORSO	9,183,315
LONIGO	49,244,481
TRISSINO	21,930,168
NOGAROLE VICENTINO	9,020,279
CHIAMPO	22,633,029
CORNEDO VICENTINO	23,547,601
CASTELGOMBERTO	17,368,549

La presente relazione illustra lo stato delle conoscenze ad oggi conseguite a conclusione della FASE 2, focalizzando l'attenzione su:

- ✓ i metodi ed i criteri di indagine adottati,
- ✓ i principali risultati raggiunti,
- ✓ alcune tematiche strategiche e gestionali da approfondire in caso di ulteriori sviluppi del progetto in questione.

Il dominio di analisi si riconduce ai sistemi acquiferi presenti nel distretto territoriale "Agno-Chiampo", comprendenti in buona sostanza gli acquiferi:

1. di tipo fessurato delle aree collinari e montuose,
2. di subalveo dei settori infravallivi,
3. indifferenziato della media pianura,
4. sovrapposti della bassa pianura.



Figura 1 – Dominio di studio

## 1.2. FASE 1

Per completezza di trattazione si riepilogano a seguire alcune delle attività in cui è stato articolato il lavoro di Fase 1:

- definizione spaziale del dominio di studio (perimetrazione del bacino imbrifero),
- elencazione, raccolta ed organizzazione delle informazioni esistenti (approntamento dei dati già informatizzati in un data-base di riferimento),
- individuazione degli Enti da coinvolgere per la raccolta dati,
- strutturazione dell'architettura del GIS di progetto,
- organizzazione delle cartografie e dei livelli informativi esistenti,
- elaborazione dei dati raccolti per la definizione di un bilancio idrogeologico preliminare,
- individuazione delle criticità conoscitive e definizione del piano di lavoro per le successive fasi.

Relativamente a quanto sopra si rimanda ai precedenti rapporti tecnici redatti a cura del Gruppo di Lavoro.



### 1.3. FASE 2

Per quanto concerne gli studi di Fase 2, gli obiettivi previsti per le ricerche in essere possono essere schematizzati come segue:

- accrescere il livello di informazioni sulle possibili interconnessioni tra acquiferi nel sistema fratturato (roccia) e le falde del sistema poroso; si consideri in tal senso che il territorio di interesse risulta essere infatti in buona parte montuoso o collinare (circa l'80%);
- estendere l'approccio di "bilancio statico" alla previsione di trend di sostenibilità, ponendosi l'obiettivo di organizzare progressivamente una banca dati a supporto della implementazione di un modello matematico calibrato con finalità predittive;
- riorganizzare la rete di monitoraggio quali-quantitativo intensificando i punti di controllo a valle delle potenziali "sorgenti" di inquinamento.

Le attività di studio sono sinteticamente rappresentate nel diagramma seguente (Figura 2):

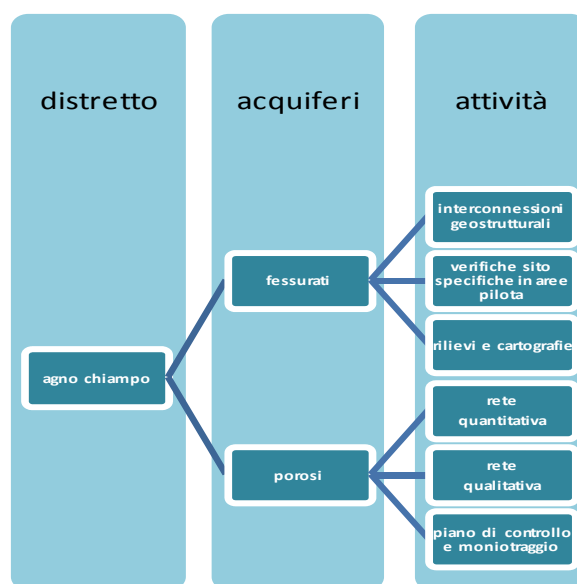


Figura 2 – Diagramma degli ambiti di indagine

Si segnala infine che, per poter assicurare un elevato grado di rappresentatività sul metodo di analisi, alle attività operative e di ricerca sopra delineate è stata affiancata qualche iniziativa scientifica di studio e di approfondimento specialistico.

In quest'ottica è stato proseguito il rapporto con l'Università degli Studi di Padova, con la quale già nell'A.A. 2002/2003 è stata redatta una tesi di laurea dal titolo *Bilancio idrogeologico del territorio delle valli Agno-Guà e Chiampo (Prov. di Vicenza) nell'ambito del Progetto Giada*.

Il nuovo lavoro, completato nell'ambito della Fase2, ha riguardato invece la *"Caratterizzazione idrogeologica del bacino del Chiampo e dell'Agno-Guà, nell'ambito del Progetto Giada, e valutazioni sulla presenza di siti contaminati"*.

La tesi è stata condotta presso il Dipartimento di Geoscienze dell'Università degli Studi di Padova nell'ambito del Corso di laurea specialistica in geologia e geologia tecnica (A.A. 2007/2008).

Ancora con finalità di divulgazione scientifica le tematiche idrogeologiche in parola sono state discusse e presentate nell'ambito del convegno internazionale del Progetto FOKS, Focus on Key Sources of Environmental Risk, tenutosi in data 1 aprile 2009 a Treviso (Figura 3).



Figura 3 – Presentazione illustrata durante il convegno internazionale del Progetto FOKS del 1 aprile 2009

Nei capitoli seguenti vengono riportati i principali risultati rispettivamente attinenti a:

- il sistema fratturato montano,
- il sistema poroso di fondovalle,
- il piano di monitoraggio qualitativo delle risorse idriche sotterranee.

## 2. SISTEMA FRATTURATO MONTANO

### 2.1. PREMESSE

E' noto che le caratteristiche idrogeologiche degli acquiferi residenti in depositi quaternari sciolti (quali ad esempio materassi alluvionali o depositi morenici) possono essere generalmente descritte attraverso modelli semplici definiti dalla legge di Darcy.

Si tratta di mezzi sostanzialmente isotropi (o modellizzabili come tali), in cui i parametri idrogeologici fondamentali, come la trasmissività, sono direttamente correlabili alla porosità e alle caratteristiche granulometriche dei depositi. Per contro, lo studio idrogeologico di acquiferi in roccia è un'attività di maggiore complessità, che presuppone una onerosa raccolta di dati di diversa natura e che presenta metodi di lavoro ed indagine in parte differenti rispetto a quelli consueti per gli studi su acquiferi dei sistemi porosi. Nelle rocce, infatti, la circolazione idrica sotterranea è quasi sempre controllata non tanto dalla porosità del mezzo (come avviene per le terre sciolte), ma piuttosto dalla presenza di discontinuità primarie (stratificazione, scistosità) o secondarie (fratture, faglie, cavità carsiche). Si tratta in sostanza di mezzi "non darcyniani", per il cui studio idrogeologico non si può prescindere dall'analisi degli aspetti geologici di base ed in particolar modo dell'assetto tettonico e litostratigrafico.

La complessità del tema, in rapporto all'articolato assetto geologico e alla grande estensione areale del dominio GIADA, ha imposto alcune scelte prioritarie sui temi da sviluppare. In particolare, per la definizione dell'assetto geologico, ci si è basati principalmente sull'interpretazione critica di dati bibliografici integrati da telerilevamento e ricognizioni sul campo, ritenendo troppo oneroso, in rapporto al budget e ai fini generali del progetto, effettuare un rilievo geologico e idrogeologico di dettaglio su tutta l'area di interesse. Allo stesso modo sono stati affrontati solo marginalmente i pur importanti temi inerenti la geochemica delle acque e del regime idrologico delle principali sorgenti, limitandosi in questo caso all'esame dei dati esistenti e disponibili.

### 2.2. OBIETTIVI DELLA RICERCA

I principali obiettivi perseguiti durante le ricerche effettuate nel comparto fratturato montano possono essere riassunti nei seguenti punti:

- a) caratterizzazione idrogeologica delle unità litostratigrafiche pre-quaternarie: definizione dei principali complessi idrogeologici con indicazioni sulla permeabilità primaria e secondaria delle rocce, individuazione dei principali acquiferi e delle principali aree di infiltrazione, individuazione ove possibile delle principali direttrici del deflusso sotterraneo;
- b) approfondimento delle conoscenze attinenti alle caratteristiche di infiltrazione dei terreni, al fine di apportare conoscenze utili per una futura riformulazione del bilancio idrogeologico di Fase 1;
- c) Individuazione delle possibili interconnessioni tra acquiferi del sistema fessurato e acquiferi delle alluvioni di fondovalle;
- d) redazione di carte tematiche di sintesi in formato digitale georeferenziato, in cui siano espresse per tematismi le informazioni di interesse (complessi idrogeologici con indicazione sulla permeabilità secondaria delle rocce, isofreatiche per gli acquiferi infravallivi sottoposti a monitoraggio, principali direzioni di deflusso negli acquiferi in roccia dove stimabili, aree di infiltrazione significative, strutture carsiche, sorgenti, pozzi delle reti di monitoraggio).



### 2.3. FASI DI LAVORO E METODOLOGIA

Lo studio ha visto lo svolgimento di quattro principali fasi di lavoro:

- studio bibliografico, assemblaggio critico e informatizzazione dei dati cartografici di interesse;
- telerilevamento satellitare e fotointerpretazione;
- rilievi geologici e idrogeologici;
- elaborazione dei dati e produzione dei livelli tematici definitivi.

### 2.4. STUDIO BIBLIOGRAFICO, ASSEMBLAGGIO CRITICO E INFORMATIZZAZIONE DELLA CARTOGRAFIA

Si è trattato di un approfondimento dell'analisi bibliografica svolta durante la precedente fase delle ricerche (Fase1).

Sono stati esaminati i temi litostratigrafici e geologico-strutturali allo scopo di reperire tutte le informazioni necessarie alla creazione di un adeguato modello geologico di base a supporto delle ricerche. Particolare cura è stata posta nel reperimento e nella valutazione della cartografia geologica esistente per il dominio GIADA.

L'area di interesse risulta coperta in vari settori da diverse carte geologiche e geologico-tecniche eterogenee per grado di affidabilità, scala nominale di rappresentazione ed estensione geografica. Tali documenti, solo in parte raccolti ed utilizzati durante la precedente fase di lavoro, sono stati analizzati criticamente e quindi sintetizzati in una nuova carta di lavoro riassuntiva dello stato dell'arte per quanto concerne le conoscenze geologiche ed idrogeologiche pregresse dell'area.

Il flusso di lavoro è stato il seguente:

- acquisizione digitale della cartografia e degli schemi geologici di interesse, tramite scansione e georeferenziazione (sistema di riferimento GAUSS-BOAGA Fuso Ovest) delle immagini in ambiente GIS;
- vettorializzazione mediante disegno diretto a monitor dei tematismi di interesse;
- creazione di una legenda geologica completa;
- mosaicatura degli elementi vettoriali con risoluzione delle incongruenze laterali tra le varie cartografie;
- aggiornamento delle informazioni, in particolar modo per quanto attiene gli aspetti tettonici attraverso fotointerpretazione, telerilevamento e ricognizioni sul campo (faglie e sistemi di fratturazione).

La cartografia così prodotta, tuttora in fase di aggiornamento e di correzione, ha fornito la base conoscitiva fondamentale per lo svolgimento delle successive fasi di telerilevamento e fotointerpretazione.

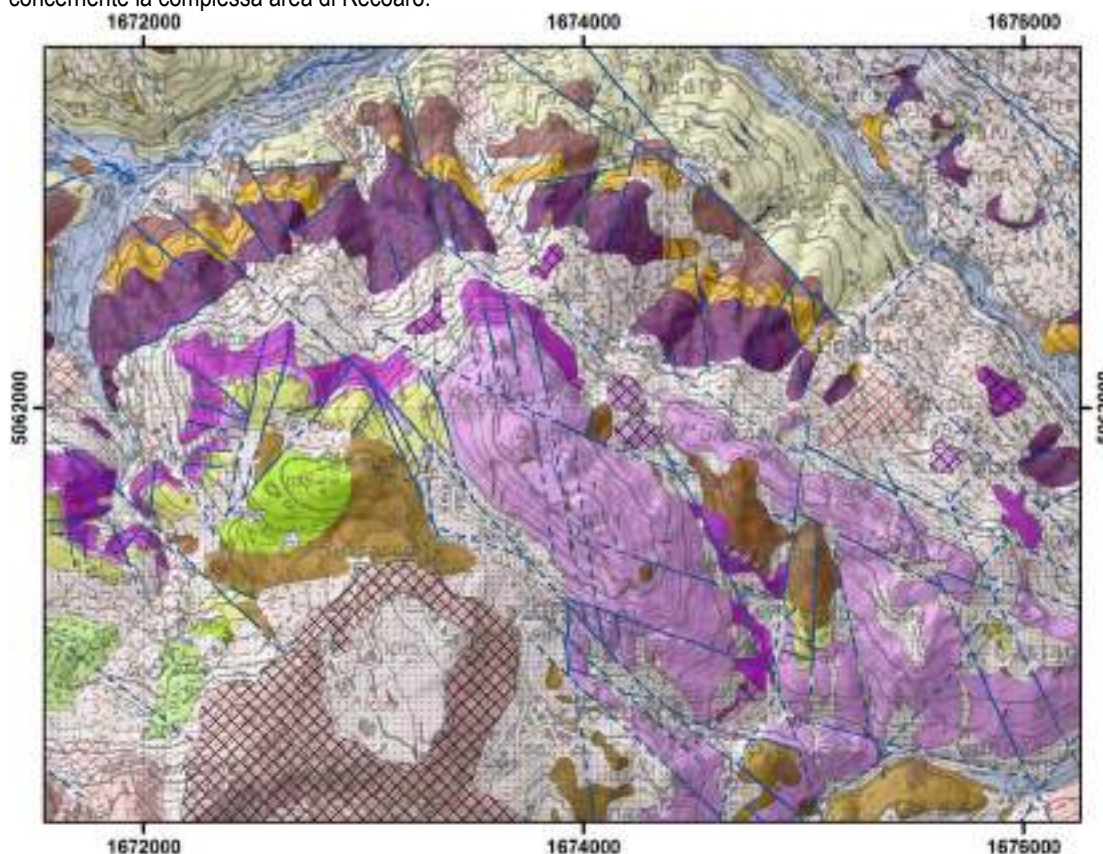
Le principali cartografie utilizzate per la redazione del documento geologico di sintesi sono state:

- Carta geologica dell'area di Recoaro alla scala 1:20.000;

- Carta geologica dell'area di Posina alla scala 1:20.000;
- Foglio 36 "Schio", Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000;
- Foglio 49 "Verona", Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000;
- Carta Geolitologica PTP Provincia di Vicenza alla scala 1:25.000;
- Carta Geologica del Veneto alla scala 1:250.000;
- Carte geolitologiche di PAT e Piani Regolatori Comunali;
- Cartografie inedite relative all'archivio lavori di LTS srl.

Per la redazione della cartografia sono stati inoltre considerati i contenuti di varie pubblicazioni di carattere scientifico riportate in bibliografia.

In Figura 4, a titolo di esempio, viene riportato un estratto della cartografia informatica di sintesi realizzata, concernente la complessa area di Recoaro.



*Figura 4 – Estratto della carta geologica compilativa realizzata*

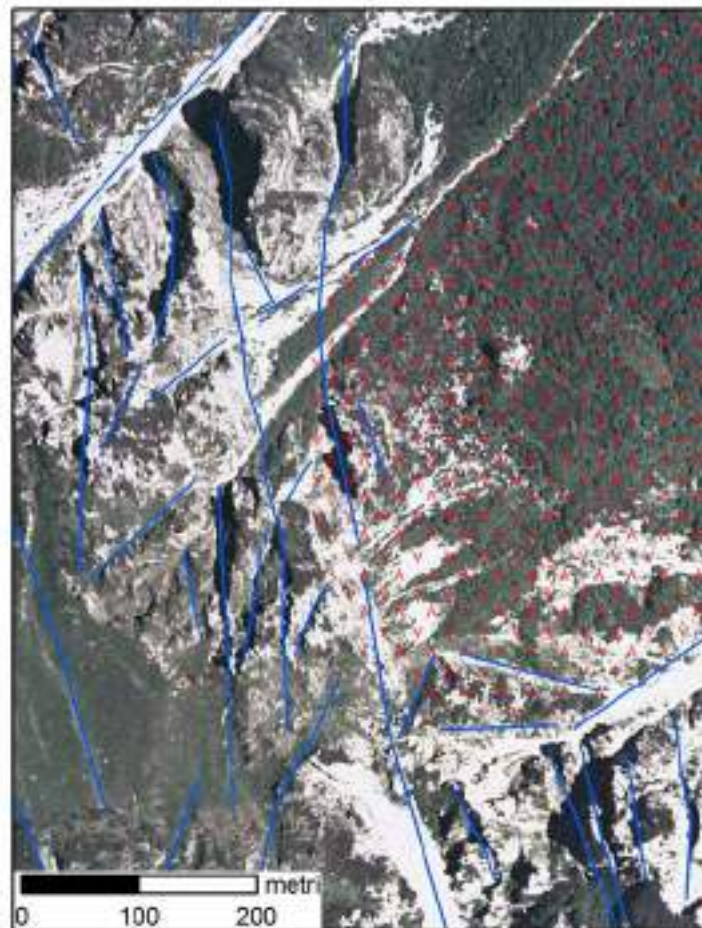
## 2.5. TELERILEVAMENTO SATELLITARE E FOTOINTERPRETAZIONE

L'analisi in remoto per la realizzazione dell'elaborato è stata finalizzata principalmente al completamento del quadro tettonico ricavato dalla raccolta dei dati strutturali esistenti (editi ed inediti). Tale quadro, infatti, presentava lacune in vari settori mentre in altri mancavano direttrici chiaramente evidenti sulle immagini satellitari e sulle riprese aeree. Il

telerilevamento è stato infine di grande importanza per correggere gli elementi tettonici conosciuti in funzione delle loro evidenze morfologiche e spettrali e per stabilirne la più verosimile continuità.

Si sono utilizzate due immagini Landsat 7ETM, due immagini ASTER e le ortofoto dei voli it 2000 e it 2003. I prodotti scelti hanno garantito la visione d'insieme richiesta dalla scala nominale di riferimento dell'elaborato. Oltre alle immagini satellitari sono state esaminate con tecnica stereoscopica convenzionale varie fotografie aeree dei voli REVEN 1983 e 1990.

Le immagini satellitari sono state opportunamente ortoretificate prima dell'analisi interpretativa. Il loro studio è stato realizzato prediligendo i dati a maggiore risoluzione geometrica, quali la banda 8 di Landsat 7 ETM e la composizione in falsi colori 321 (IR-R-V) di ASTER. Tuttavia, non sono mancate verifiche su altre bande di ripresa nel range dell'infrarosso medio e vicino (bande 4 e 7 di Landsat, bande 4-9 di ASTER) e su altri tipi di falsi colori (742 per Landsat ETM e 632 per ASTER). I lineamenti sono stati estratti in maniera non automatica e facendo unicamente uso dei consueti procedimenti di enfattizzazione del contrasto. Di particolare importanza sono state le verifiche incrociate tra ortofoto, fotografie aeree ed immagini satellitari, che hanno reso l'interpretazione più affidabile ancorché più selettiva.



*Figura 5 - Estratto ortofoto volo it 2000*

I lineamenti corrispondenti ad elementi antropici non sono stati considerati, così come si è evitato di segnalare i lineamenti morfologici sicuramente non riconducibili ad elementi di tipo fragile (direzioni di stratificazione e di foliazione regionale, canali di valanga, monoclinali ecc.). Sempre in questa fase sono state mappate varie evidenze geomorfologiche, quali settori in dissesto gravitativo profondo, trincee, contropendenze, gradini di scivolamento in roccia, aree con substrato fortemente fratturato e disarticolato, in quanto generalmente settori di importante infiltrazione/alimentazione dei sistemi di flusso in roccia.



In Figura 5 viene riportato un esempio relativo al settore del Monte Gramolon (cresta spartiacque a sud ovest di Recoaro). L'area presenta un fitto sistema di fratture di origine tettonica a prevalente andamento NNW-SSE con substrato parzialmente disarticolato ed interessato da fenomeni di deformazione gravitativa.

In Figura 6 un estratto degli elementi tettonici mappati, classificati su base cinematica sono stati sovrapposti, a titolo esemplificativo del dataset creato, ad un'immagine Landsat 7 ETM in combinazione RGB 432.

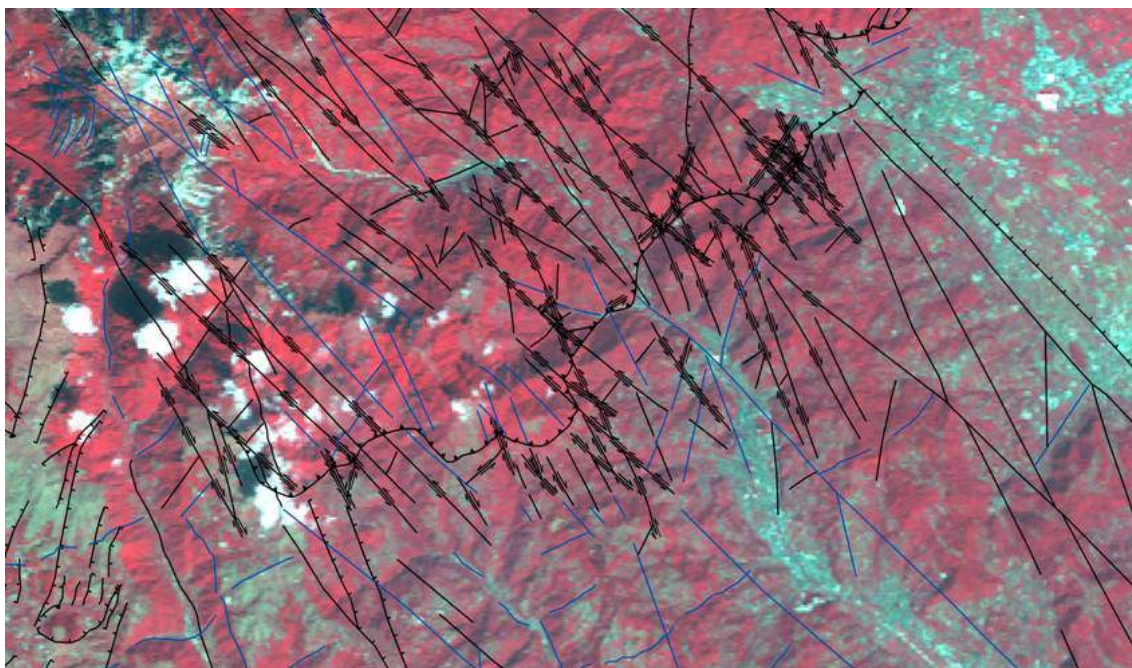
Gli elementi lineari riconosciuti tramite il telerilevamento e la fotointerpretazione sono stati integrati nel quadro cartografico vettoriale precedentemente prodotto.

Il DB così realizzato è stato in primo luogo sottoposto ad una accurata attività di omogeneizzazione e semplificazione, resa necessaria dall'estrema variabilità di scala e di dettaglio dei prodotti cartografici di base utilizzati (tra 1:250.000 e 1:10.000). Sempre in questa fase sono stati eliminati e/o modificati vari elementi tettonici ritenuti non corretti o di dubbia consistenza, acquisiti preliminarmente da fonti bibliografiche.

A questa fase di controllo "geologico" dei dati, ha fatto seguito la validazione del dato informatico, consistente nell'applicazione di procedure automatizzate di eliminazione di comuni errori di disegno (kink, loop, ecc.) e di controllo sulla struttura geometrica definita in fase di progettazione preliminare.

Gli elementi tettonici mappati sono stati quindi opportunamente classificati e codificati sulla base delle loro caratteristiche cinematiche tramite codici alfanumerici collegati alla componente vettoriale.

Relativamente alla struttura delle tabelle di attributi e le codifiche adottatesi rimanda alla descrizione dell'archivio digitale.



*Figura 6 – Estratto degli elementi tettonici mappati*

## 2.6. RILIEVI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI

L'attività di campo ha avuto il duplice obiettivo di verificare sul terreno i risultati del telerilevamento e di caratterizzare le unità litologiche da un punto di vista idrogeologico.

Ad una prima ricognizione speditiva che ha interessato l'intero comparto montano e collinare dell'area di indagine del progetto hanno fatto seguito rilievi di maggior dettaglio, su un'area totale di circa 80 kmq, focalizzati su settori di particolare interesse quali:

- aree di possibile interscambio tra sistema fessurato e acquiferi infravallivi del sistema poroso;
- principali aree di infiltrazione (grandi settori di fratturazione tettonica, sistema di faglie ad andamento scledense e sovrascorrimento Marana – Piovene, aree in dissesto gravitativo profondo, aree carsiche).
- bacini idrogeologici delle principali sorgenti.

I rilievi hanno permesso di raccogliere le informazioni geologiche fondamentali per la delimitazione delle caratteristiche idrogeologiche dei principali complessi idrogeologici dell'area di indagine.

Particolare accuratezza è stata posta nella raccolta dei dati concernenti lo stato di fratturazione delle rocce e l'andamento dei principali sistemi di deformazione fragile (faglie e sovrascorrimenti), in quanto elementi che maggiormente influenzano le caratteristiche idrogeologiche delle rocce.

In sintesi, nelle stazioni di osservazione geologica sono stati rilevati i seguenti dati:







- caratteristiche litologiche generali, stato di alterazione della roccia, presenza di fenomeni idrogeologicamente significativi (tracce di carsismo, presenza d'acqua nell'ammasso roccioso), esposizione/orientamento dell'affioramento, caratteristiche geomorfologiche del sito, condizioni generali di affioramento;
- direzione ed angolo di immersione delle principali anisotropie planari (stratificazione, piani di faglia, direzione dei sistemi di fratture);
- caratterizzazione e determinazione dello spessore delle zone di core e di danno delle principali faglie con valutazione delle caratteristiche idrogeologiche (barriere, vie preferenziali di flusso o infiltrazione ecc.);
- caratterizzazione speditiva dell'assetto geomeccanico degli ammassi rocciosi con rilevazione di direzione, immersione, spaziatura, persistenza e riempimento dei giunti di fratturazione e successiva classificazione basata sul grafico di Hoek & Marinos, 2002 (GSI), riportato in **Figura 7**.

Sempre in questa fase di lavoro sono state delimitate le grandi aree in dissesto gravitativo e i settori interessati da fenomeni di natura carsica.

Allo scopo di favorire le elaborazioni, tutti i dati di terreno raccolti sono stati organizzati all'interno di una banca dati georeferenziata gestita tramite un applicativo progettato e realizzato da LTS srl per la consultazione e archiviazione dei dati geologici e idrogeologici collaudato nell'ambito di progetti di ricerca di geologia strutturale e per la raccolta di dati strutturali, idrogeologici e geomeccanici in progetti di geologia tecnica.

**GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR JOINTED ROCKS (Hoek and Marinos, 2000)**

From the lithology, structure and surface conditions of the discontinuities, estimate the average value of GSI. Do not try to be too precise. Quoting a range from 33 to 37 is more realistic than stating that GSI = 35. Note that the table does not apply to structurally controlled failures. Where weak planar structural planes are present in an unfavourable orientation with respect to the excavation face, these will dominate the rock mass behaviour. The shear strength of surfaces in rocks that are prone to deterioration as a result of changes in moisture content will be reduced in water is present. When working with rocks in the fair to very poor categories, a shift to the right may be made for wet conditions. Water pressure is dealt with by effective stress analysis.

STRUCTURE	SURFACE CONDITIONS				
	VERY GOOD Very rough, fresh unweathered surfaces	GOOD Rough, slightly weathered, iron stained surfaces	FAIR Smooth, moderately weathered and altered surfaces	POOR Slickensided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings or angular fragments	VERY POOR Disintegrated, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings
 <b>INTACT OR MASSIVE</b> - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	IM/VG	IM/G	IM/F	N/A	N/A
 <b>BLOCKY</b> - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	B/VG	70B/G	B/F	B/P	B/VP
 <b>VERY BLOCKY</b> - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets	VB/VG	VB/G	50 VB/F	VB/P	VB/VP
 <b>BLOCKY/DISTURBED/SEAMY</b> - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity	BD/VG	BD/G	BD/F	BD/P	BD/VP
 <b>DISINTEGRATED</b> - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces	D/VG	D/G	D/F	D/P	D/VP
 <b>LAMINATED/SHEARED</b> - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	N/A	N/A	LS/F	LS/P	10 LS/VP

GSI field-estimate chart (Hoek & Marinos, 2002).

Figura 7 - Grafico di Hoek & Marinos, 2002 per la classificazione speditiva dello stato di fratturazione degli ammassi rocciosi

## 2.7. RILIEVI IDROSTRUTTURALI E ANALISI DELLA FRATTURAZIONE

Allo scopo di valutare direttamente le caratteristiche idrogeologiche degli ammassi rocciosi rappresentativi delle principali unità geologiche affioranti nell'area di indagine, è stata utilizzata una metodologia fondata sullo studio ed il rilevamento dei sistemi di discontinuità (piani di fratturazione di origine tettonica e giunti di stratificazione) riconoscibili in affioramento. Dai dati rilevati, basandosi su procedure di tipo probabilistico utilizzate in campo idrogeologico e descritte in seguito nel presente testo, sono stati ricavati i valori di K (conducibilità idraulica) per alcune delle principali unità idrogeologiche dell'area in studio.

Dodici affioramenti, ritenuti geologicamente rappresentativi dell'assetto geologico strutturale medio delle unità di appartenenza sulla base dei risultati delle ricognizioni preliminari e del rilievo geologico, sono stati rilevati con le comuni metodologie dello studio geomeccanico.

In affioramento, dopo aver individuato le famiglie di giunti di strato e fratturazione presenti, per ciascuna di queste sono stati misurati i principali parametri significativi tra i quali:

- orientazione dei piani, giacitura dei piani immersione e inclinazione in gradi;
- apertura efficace (m). E' il parametro più delicato e difficile da misurare correttamente: si tratta dell'apertura potenzialmente interessata dal flusso idrico. Varia notevolmente anche all'interno dello stesso giunto in ragione dell'asperità delle facce, della presenza di riempimenti, della variazione del carico litostatico e della presenza di fenomeni di dissoluzione carsica;
- spaziatura (espressa in cm), ossia la distanza media tra giunti della stessa famiglia;
- persistenza: è l'estensione del giunto in rapporto alla superficie di affioramento analizzata.



## 2.8. ELABORAZIONE DEI DATI E E PRODUZIONE DEI LIVELLI TEMATICI

Sulla base dei dati raccolti è stato prodotto un modello geologico di riferimento, che ha comportato la suddivisione del territorio in subaree omogenee dal punto di vista tettonico e litologico (stesso tipo di fratturazione e litologia). Attraverso valutazioni qualitative e parametri di letteratura, dalle subaree tettono-litologiche è stata ricavata una prima bozza della carta dei complessi idrogeologici dalla quale, a rilievi ed elaborazioni concluse, si è passati alla cartografia definitiva fornita in allegato nella quale sono rappresentate, suddivise in livelli tematici, le seguenti principali informazioni:

- a) complessi idrogeologici (con indicazione del campo di variabilità del parametro k);
- b) faglie, fratture e lineamenti di natura tettonica;
- c) limiti idrogeologici nei complessi fratturati o carsici;
- d) bacini idrogeologici;
- e) aree di infiltrazione significative con indicazione delle caratteristiche geologiche (zone cataclastiche, aree in dissesto gravitativo, corridoi di fratturazione, aree carsiche);
- f) principali direzioni di flusso negli acquiferi, dove stimabili;
- g) isofreatiche (per gli acquiferi infravallivi sottoposti a monitoraggio);
- h) zone di affioramento dei sistemi di flusso (sorgenti);
- i) ubicazione dei pozzi degli acquiferi freatici del sistema poroso sottoposti a monitoraggio (idrochimico e freatimetrico);
- j) stazioni termo-pluviometriche;
- k) stazioni delle misure idrografiche.

Particolare attenzione è stata posta nella valutazione del campo di variabilità della trasmissività (K) da assegnare ai complessi idrogeologici individuati. La metodologia analitica adottata per la determinazione del parametro viene sinteticamente descritta nel paragrafo dedicato ai complessi idrogeologici e approfondita in appendice al presente testo.

## 2.9. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Prima di tracciare le caratteristiche idrogeologiche dei complessi individuati, appare indispensabile fornire un quadro esaustivo della geologia del comparto Giada, sia da un punto di vista cinematico e tettonico, sia per quanto concerne gli aspetti prettamente litostratigrafici.

Da un punto di vista geologico e strutturale, l'area d'indagine può essere scomposta in due principali settori: il settore di Recoaro, che costituisce la porzione nord dell'area in studio, e il settore del semigraben dell'Alpone-Chiampo, posto a sud del precedente.

Il settore di Recoaro è un'area geologicamente molto complessa, caratterizzata dall'esposizione del basamento metamorfico sudalpino su cui poggia un'articolata e peculiare serie sedimentaria permo-triassica che si differenzia parzialmente dalle coeve serie di area dolomitica sia in virtù di una differente collocazione paleogeografica sia per la registrazione puntuale di complessi eventi tettonici sviluppatisi durante il Trias inferiore e medio.

Rispetto all'area dolomitica la stratigrafia triassica del recoarese mostra caratteristiche di alto strutturale quali spessore ridotto delle serie, presenza frequente di superfici erosive con conglomerati e depositi continentali, forti variazioni laterali di facies e di spessore per molte formazioni. Verso sud, il recoarese è delimitato tettonicamente dal Thrust di Marana (o linea Marana – Piovene, nome locale della Flessura Pedemontana) a cui viene attribuito, come discusso in seguito, il sollevamento tettonico dell'area e l'esposizione a giorno del basamento cristallino.

Il semigraben dell'Alpone - Chiampo è un'ampia depressione asimmetrica di origine tettonica, dentro la quale tra il Paleocene medio e l'Eocene si sono accumulati notevoli spessori di prodotti vulcanici a chimismo basaltico (colate, neck, filoni e prodotti piroclastici). Il semigraben è delimitato ad occidente dalla linea di Castelvetro (Barbieri et al., 1991), una faglia distensiva di importanza regionale con direzione NNO-SSE ed immergente a E con angolo medio di circa 50-55°. I tratti generali della geologia dell'area sono relativamente ben noti e dovuti al contributo di vari autori. Notizie dettagliate sulle caratteristiche geologiche, petrografiche e chimiche delle vulcaniti terziarie della regione di

interesse, sono presenti nei lavori di Piccoli (1966), Barbieri (1972), De Vecchi et al. (1976) e Barbieri et al. (1982 e 1991).

In Figura 8 viene riportata la localizzazione dell'area in esame (e rappresentata nella tavola T1 in allegato) in rapporto ai principali elementi tettonici del sudalpino centro-orientale.

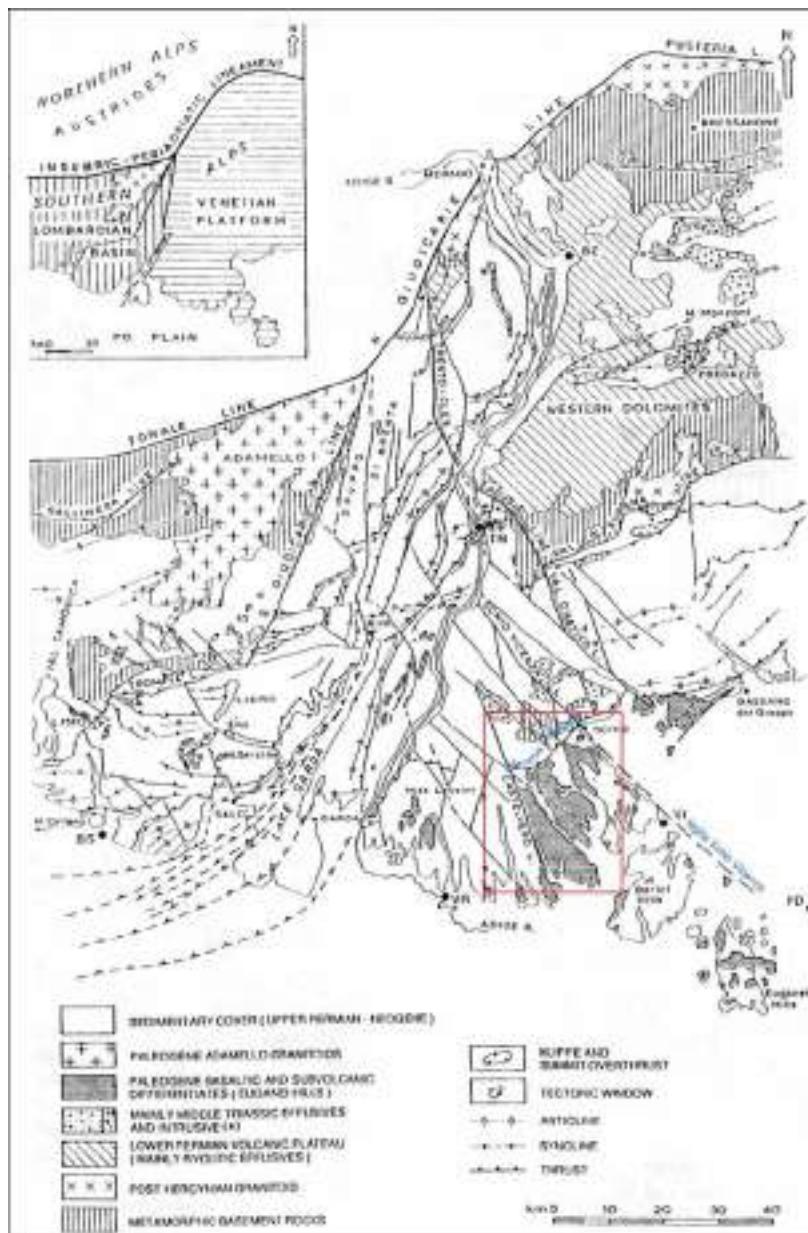


Figura 8 – Schema tettonico del sudalpino centro-orientale, tratta da Cantelli e Castellarin, 1993. In rosso il perimetro dell'area di interesse (area della tavola T1 in allegato).

## 2.10. ASSETTO TETTONICO ED EVOLUZIONE CINEMATICA

La strutturazione geologica e tettonica dell'area di indagine sinteticamente descritta è avvenuta attraverso una complessa successione di eventi tettonici e deformativi post-ercinici. In particolare l'assetto strutturale è evoluto dalle prime deformazioni fragili giurassiche sino alle ultime fasi alpine, grazie al continuo sviluppo di nuove strutture tettoniche e alla reiterata riattivazione delle faglie ereditate.

Le faglie NNE-SSW che interessano l'area in esame sono quelle con eredità più antica, anche se sono state riattivate più volte in epoche successive. Nel Mesozoico costituivano, assieme al fascio delle Giudicarie nel suo insieme, il margine ovest dell'alto strutturale trentino (Castellarin, 1972, 1993; Winterer e Bosellini, 1981; Zampieri, 1995).

Successivamente queste stesse strutture sono riattivate in transtensione sinistra durante il rifting paleogenico che predata le compressioni alpine e coinvolge pesantemente l'intero blocco lessineo generando anche nuove strutture distensive a direzione NNW-SSE, tra le quali la più nota è la faglia di Castelvero (Zampieri, 1995, 2000). Questa faglia, come detto sopra, limita ad ovest il graben Alpone-Agno, dove si depositarono le maggiori successioni di vulcaniti terziarie (Barbieri et al. 1981, 1991, Zampieri, 1995). E' presumibile che la Faglia di Castelvero (probabile antitetica di uno scollamento maggiore situato più in profondità; Zampieri, 1995) prosegua verso Nord all'interno della Dolomia Principale. Tuttavia, le carte geologiche (Fogli "Schio" e "Verona" della carta geologica d'Italia; Barbieri et al., 1980) non ne mostrano una chiara prosecuzione, ma ciò è verosimilmente dovuto più alla mancanza di marker continui che alla reale inesistenza del sistema. La geometria dei graben generati da distensione o locale transtensione in prossimità di realising basin è di tipo ortonombico. Le faglie sono associate a gouge, brecce, dolomitizzazione diffusa nei calcari mesozoici e intrusioni vulcaniche terziarie di tipo basico e, nel caso delle faglie bordiere, raggiungono rigetti di 200 m (Carraro, 1964; Cervato, 1990; Zampieri, 2000).

Alla fase di rifting paleogenico seguono gli eventi alpino-dinarici, la cui successione è stata definita da vari autori (Castellarin et al., 1986/87; Castellarin et al., 1992; Castellarin e Cantelli, 2000). Le prime fasi (fase Dinarica e della Gonfolite) si originano in risposta ad una compressione regionale NNE-SSW evolutasi dall'Eocene sino al Burdigaliano (Castellarin et al., 1992; Castellarin e Cantelli, 2000; Caputo, 1996), ma non paiono coinvolgere l'area di indagine.

Nel Miocene iniziano ad originarsi i maggiori thrust SSE-vergenti delle Alpi Meridionali, come la linea della Valsugana e la linea di Belluno (fase Trumplina-Valsuganese di età Seravalliano-Tortoniana); ma è solo a partire dal Messiniano, durante l'ultima fase compressiva alpina (Giudicariense o Adriatica), che si generano i thrust e le relative flessure frontali della catena alle quali appartiene il Thrust di Marana (o linea di Marana-Piovene) (Castellarin et al., 1986/87, 1992; Cantelli e Castellarin, 1994; Castellarin e Cantelli, 2000). Quest'ultimo evento mostra solo una debole riorientazione dell'asse di compressione regionale da NNW-SSE a NW-SE.

E' proprio alla linea di Marana-Piovene, come precedentemente anticipato, che si deve l'esposizione a giorno del basamento metamorfico sudalpino e della sovrastante sequenza permo-triassica aderente nella zona di Recoaro.

L'esumazione del basamento metamorfico è attribuita da vari autori (es. Cantelli e Castellarin, 1994) alla presenza di una struttura antiforale a direzione ENE – WSW (Anticlinale di Recoaro auct), che costituisce l'anticlinale di rampa del thrust di Marana. Tale thrust è marcato da estese fasce cataclastiche e porta la Dolomia Principale a sovrascorrere sopra le sequenze cretache della Scaglia Rossa, comportando un sollevamento del settore settentrionale di oltre un migliaio di metri (Pellegrini, 1988).

Il fronte di sovrascorrimento è bloccato verso ovest contro lo svincolo costituito dalla faglia di Castelvero, che durante l'evoluzione del thrust agì da rampa obliqua e verosimilmente si estese verso nord-ovest. La faglia di Castelvero, pertanto, costituisce il limite laterale ovest dell'anticlinale di rampa che ha carattere asimmetrico con fianco settentrionale gradualmente digradante verso nord. La porzione nord della linea di Castelvero mette quindi a contatto un settore sollevato ad est rispetto ad uno più depresso a ovest.

Le strutture descritte sono tagliate dall'esteso sistema di discontinuità del "Corridoio Strutturale Scledense" (Cantelli e Castellarin, 1993). La Figura 9 illustra schematicamente i rapporti di intersezione tra la linea Marana-Piovene e la faglia Schio-Vicenza.

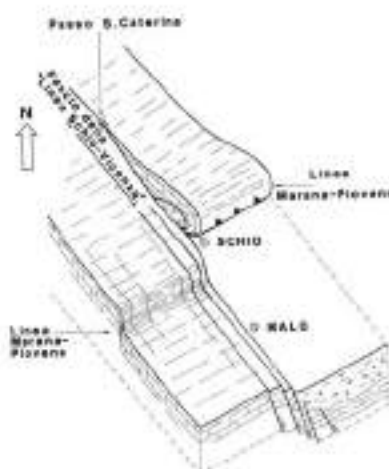


Figura 9 – Rappresentazione schematica dei rapporti d'intersezione tra la linea Marana-Piovene e la faglia Schio-Vicenza, G. Pellegrini, 1988

Tale corridoio risulta dominato da un netto sistema di faglie verticali a direzione NO-SE a cinematica prevalentemente trascorrente, il cui elemento tettonico principale è rappresentato dalla faglia Schio-Vicenza (Fascio Scledense aut.). Con la sua estensione accertata pari a circa 100 km essa rappresenta una delle strutture più evidenti dell'intero settore Sudalpino, separando il cuneo rialzato Euganeo-Berico-Lessineo dalla pianura veneto-friulana.

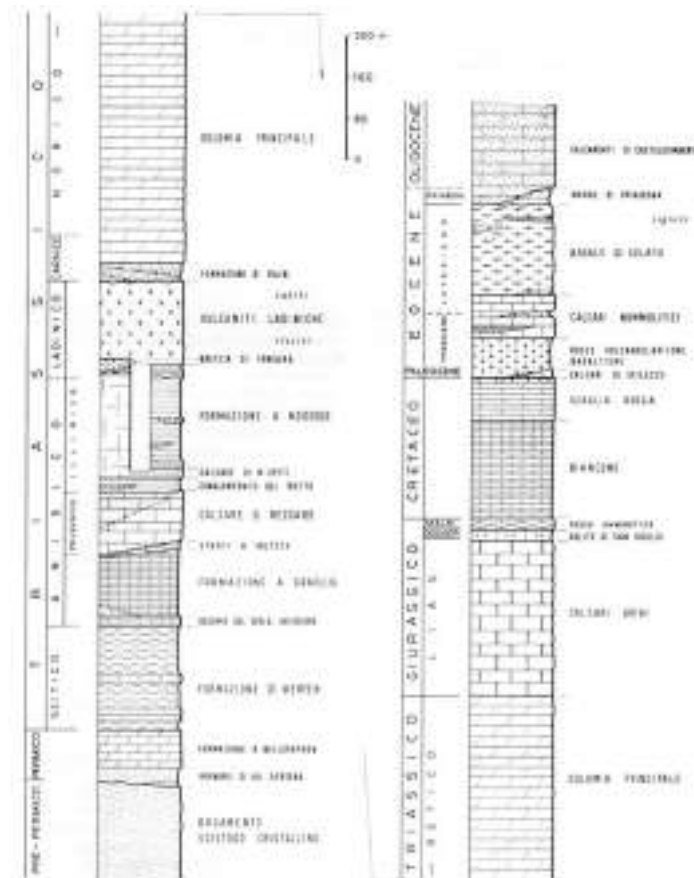
La linea Schio-Vicenza può essere suddivisa in due settori a carattere distinto. La parte meridionale si estende dagli Euganei a Schio e ha una forte espressione geomorfologica in quanto giustappone un settore ribassato di pianura (alluvioni quaternarie) alla successione cretacico-miocenica dei rilievi Euganeo-Berico-Lessinei. La parte settentrionale (montana) si estende da Schio alla Val d'Adige e presenta solo evidenza di movimenti orizzontali.

Semenza (1974) per primo suggerisce il suo collegamento cinematico con la linea Trento-Cles e più recentemente Zampieri et al. 2003 ne confermano la possibilità riconoscendo la struttura a fiore positivo del Monte Cornetto di Folgaria e il vincolo con la faglia del Calisio attraverso elementi ereditati a direzione N-S. In quest'ottica l'influenza strutturale della linea della Val d'Astico sul quadro strutturale dell'area lessinea viene a cadere.

Come evidenziato da vari studi strutturali (Conedera et al., 1972; Barbieri et al., 1980) realizzati nell'area di interesse, alle faglie di direzione scledense si associano le faglie a direzione NNE-SSW e NNW-SSE descritte in precedenza e riattivate in trascorrenza durante le compressioni alpine. E' utile ricordare che mentre le faglie NNE-SSW mantengono sempre una trascorrenza sinistra, le faglie NNW-SSE e NW-SE sembrano cambiare polarità da destre a sinistre al passaggio tra fase Valsuganese ad Adriatica avvenuto nel Messiniano (Castellarin e Cantelli, 2000; Zampieri et al., 2003).

La successione di eventi descritta non prende in considerazione l'attività Pleistocene-Attuale, ma la provata attività sismotettonica del sistema scledense e l'allineamento di sismi lungo la linea delle Giudicarie e Balino-Garda (Slejko et al., 198) fa presupporre che l'ultima fase descritta possa perdurare a grandi linee a tutt'oggi.

La serie litologica affiorante si estende dai termini pre-permiani del Basamento Cristallino Sudalpino (filladi quarzifere di Recoaro auct.) sino ai termini oligocenici rappresentati dalle calcareniti di Castelgomberto (vd. serie stratigrafica dell'area in Figura 10 – Barbieri et al., 1980).



Nei paragrafi che seguono sarà fornito un quadro sintetico di alcuni aspetti stratigrafici significativi ed una descrizione litostratigrafica delle formazioni affioranti. Nella descrizione si è scelto di rimanere aderenti alle legende delle cartografie geologiche pubblicate e utilizzate per la redazione della carta geologica e idrogeologica di base in corso di realizzazione. Ciò comporta lievi discrepanze con alcune moderne suddivisioni stratigrafiche dell'area inerenti principalmente ai termini anisici della serie, ma di scarso interesse ai fini di progetto.

## PRE-PERMIANO





I litotipi largamente dominanti sono rappresentati da filladi quarzose, di colore grigio-verdastro o argenteo talora carboniose, caratterizzate da una pervasiva scistosità piano-ondulata (Barbieri et al., 1980). Frequente è la presenza di lenticelle e letti di quarzo intrafoliari (potenza massima 30 cm). Ai termini filladici si accompagnano, in quantità nettamente subordinata, rocce a struttura gneissica (unità inferiore; Sassi e Zipoli, 1968), distinguibili macroscopicamente dalle filladi per la maggiore compattezza e la locale presenza di tessitura occhiadina. Queste ultime rocce affiorano unicamente nei dintorni dell'abitato di Recoaro.

Alle filladi si intercalano, lungo la scistosità regionale, limitati corpi di metabasiti prasinitiche in facies scisti verdi.

Da un punto di vista mineralogico, le filladi di Recoaro sono rocce costituite in prevalenza da mica chiara, sericite, clorite, quarzo, albite porfiroblastica, subordinate sostanze grafitico-carboniose e rara biotite. Gli gneiss del complesso inferiore sono rocce a prevalente struttura granoblastica contenenti quarzo, albite e mica chiara, cui si associano clorite e scarso carbonato. La presenza di porfiroclasti di albite a scacchiera (Barbieri et al., 1980) sembra indicare, per queste rocce, un'origine da protoliti a K-feldspato (possibili ortogneiss).

I litotipi del basamento Sudalpino di Recoaro devono la loro attuale strutturazione tettonometamorfica ad almeno due fasi deformative di età varisca (Blackburn et al 1968; Vai et al., 1984; Zanferrari et al 1990) entrambe avvenute sotto condizioni metamorfiche di facies scisti verdi. Alla prima fase è dovuto sia lo sviluppo di una scistosità S1 sul piano assiale di pieghe isoclinali o serrate, a direzione NNE-SSW (F1), sia la trasposizione profonda dell'originario assetto litostratigrafico dei protoliti premetamorfici. La seconda fase, avvenuta sotto condizioni termobariche inferiori, porta allo sviluppo di una nuova scistosità (S2) che si sovrappone alla precedente ed a pieghe F2 approssimativamente coassiali ad F1 (strutture di interferenza tipo piega ripiegata sensu Ramsay).

## PERMIANO

Arenarie di Val Gardena e conglomerato basale (Permiano medio-superiore): le Arenarie di Val Gardena sono una sequenza silicoclastica di origine continentale che affiora estesamente in tutto il territorio dolomitico dove poggia in discordanza stratigrafica o sui prodotti vulcanici della piattaforma atesina (piattaforma porfirica) o direttamente sul basamento metamorfico. Alla base della sequenza terrigena è presente, in diversi settori, un conglomerato grossolano costituito da clasti provenienti dal basamento cristallino e/o dalle vulcaniti.

In area veneta questi locali depositi basali sono noti con il nome di "Conglomerato di Sesto".

Nel settore di nostra pertinenza le Arenarie di Val Gardena poggiano in discordanza stratigrafica sulle sottostanti filladi del basamento metamorfico. L'orizzonte basale è caratterizzato dalla presenza di corpi lenticolari conglomeratici di spessore metrico ad elementi di basamento (ciottoli di quarzo e frammenti di fillade). Seguono arenarie rossastre grossolane a stratificazione poco evidente passanti, verso la sommità della serie, a siltiti e siltiti argillose fittamente laminate di colore rossastro o grigio (Barbieri et al., 1980). Scarsissimo il contenuto in fossili; da segnalare nell'area recoarese la presenza di flore continentali (Vultzia e Calamites - De Zigno, 1862; Gumbel, 1879) e di impronte di rettili tetrapodi (Mietto, 1975; Zanferrari et al., 1990) che attestano l'età permiana medio-superiore della formazione. Nell'area in esame lo spessore della formazione non oltrepassa i 50 m.

Formazione a Bellerophon (Permiano superiore): segue in concordanza le siltiti argillose sommitali della Formazione delle Arenarie di Val Gardena ed è costituita da prevalenti dolomie e calcari dolomitici spesso cariatati, talora fetidi alla percussione, a tendenza evaporitica, di colore grigio (Barbieri et al., 1980). La sequenza è organizzata in strati di 10–80 cm a giunti di stratificazione ondulati. Nella porzione superiore della serie alle dolomie s'intercalano lamine di siltiti argillose e facies marnose. Il tetto della formazione marca la fine del Paleozoico. La potenza massima è stimabile in 60-70 metri.

La successione permiana Arenarie di Val Gardena–Formazione a Bellerophon rappresenta, in area dolomitica, l'espressione di un trend trasgressivo controllato, almeno in parte, da tettonica estensionale, che vede la transizione dalle facies continentali di tipo alluvionale (Arenarie di Val Gardena) ai depositi evaporitici e quindi dolomitico-carbonatici della formazione a Bellerophon (Massari et al., 1994).

## TRIASSICO



**Formazione di Werfen e breccia di monte Naro (Scitico):** la formazione di Werfen affiora estesamente in tutta l'area dolomitica dove rappresenta la base della sequenza sedimentaria triassica (Scitico). Gli studi di Bosellini (1968), Rossi (1969) Farabegoli et al. (1976), Broglio Loriga et al. (1976), Farabegoli e Viel (1982), hanno portato alla completa descrizione della formazione per l'area dolomitica e alla sua suddivisione in membri che, dal basso verso l'alto, sono:

- Orizzonte di Tesero,
- Membro di Mazzin,
- Orizzonte di Andraz,
- Membro di Siusi,
- Oolite a Gasteropodi,
- Membro di Campil,
- Membro di Val Badia,
- Membro di Cencenighe,
- Membro di San Lucano.

Nell'area recoarese la Formazione di Werfen è costituita da una sequenza di sedimenti terrigeni (peliti, siltiti e arenarie) e terrigeno carbonatici (calcarei più o meno marnosi, calcari oolitici) di prevalente origine marina. La sequenza è interrotta da depositi conglomeratici di origine continentale contenenti clasti del basamento cristallino filladico ascrivibili ad ambienti di piana alluvionale noti in letteratura con il nome di "Breccia di Monte Naro". A questi depositi conglomeratici seguono i depositi evaporitici e di calcari oolitici riferibili al "Membro di Cencenighe". La sequenza werfeniana ha potenza assai inferiore rispetto ai correlati depositi di area dolomitica e non supera i 200 m nei punti di maggiore espressione.

**Dolomia del Serla inferiore (Scitico sup-Anisico):** si tratta di un'unità prevalentemente carbonatica di età presunta scitico superiore-anisico inferiore che ricopre con rapido contatto graduale la sequenza di calcareniti oolitiche e siltiti arenitiche del Membro di Cencenighe (Formazione di Werfen).

L'assetto litologico si caratterizza per un'apprezzabile variabilità di facies sia verticale sia orizzontale. Secondo la descrizione presente in De Zanche et al. (1980), l'unità, nel settore recoarese, risulta costituita da alternanze in strati piano-paralleli di dolomie micritiche grigie e siltiti arenitiche, cui si associano dolomicriti chiare con laminazione piano-parallela a volte con strutture stromatolitiche. Tipica è la presenza di banchi e lenti di brecce carbonatiche intraformazionali a clasti centimetrico-decimetrici e aspetto vacuolare. Il quadro litologico è completato da dolomie microcristalline grigie a fantasmi di anidrite, dolomie marnose spesso cariate, calcari scuri, siltiti arenitiche e dolomicriti oolitiche. Il limite superiore con la Formazione a Gracilis è graduale, marcato da un cospicuo aumento della frazione terrigena nei sedimenti.

**Formazione a Gracilis (Scitico superiore-Pelsonico?):** è composta da alternanze di siltiti, marne siltose, calcari e calcari marnosi nodulari ad abbondanti faune fossili (Dadocrinus Gracilis, Myophoria Vulgaris, Gervillia Costata, ecc.), calcareniti oolitiche, peliti varicolori, dolomie cariate, dolomie polverulente, gessi laminati intercalati a livelli pelitici scuri. Nella parte inferiore della serie la sedimentazione di ambiente lagunare è interrotta da un episodio di emersione marcato dalla deposizione di brecce a clasti di basamento e di peliti di piana alluvionale ("Breccia della Val Leogra"; De Zanche et al., 1980).

Al tetto della formazione sono presenti livelli di sedimenti terrigeni di origine continentale (arenarie, depositi pelitici di piana alluvionale) ed evaporati ("Strati a Volzia").

La potenza complessiva dell'unità varia tra 80 e 150 m.

**Calcare di Recoaro:** si differenzia dalla Formazione a Gracilis, alla quale, per certi versi, assomiglia per la sensibile diminuzione nel contenuto in terrigeno. La formazione del calcare di Recoaro è composta da un complesso di calcari, calcari marnosi e calcari dolomitici organizzati in strati di 20-50 cm talora nodulari e con locali intercalazioni pelitiche.

La serie termina con dolomie brune massicce a vene e sacche di barite. Queste ultime facies sono da imputare a fenomeni di dolomitizzazione correlabili ad episodi di emersione della piattaforma carbonatica (Barbieri et al., 1977, 1980). Il contenuto fossilifero è in genere significativo (brachiopodi, crinoidi, gasteropodi, foraminiferi).

**Conglomerato del Tretto:** la formazione ricopre in discordanza il Calcare di Recoaro e può essere suddivisa in due distinti complessi: un complesso inferiore, costituito da prevalenti rocce terrigene di origine continentale (arenarie, marne arenacee e siltiti rosse o giallastre) e un complesso superiore dove prevalgono facies dolomitiche e calcaree più o meno siltose e a frustoli carboniosi.

La potenza media si aggira sui 30 metri.

**Calcarei a Sturia:** al conglomerato del Tretto fanno seguito discontinui depositi carbonatici di ambiente lagunare costituiti da calcari scuri siltoso-bituminosi, fetidi alla percussione, localmente ad abbondanti alghe dasicladacee (Calcare a Sturia). La potenza varia tra 30 m (Tretto) e 3 m (Recoaro).

**Calcare di Monte Spitz:** Ai Calcarei a Sturia, fanno seguito i depositi di piattaforma carbonatica del Calcare del Monte Spitz, formazione caratterizzata da brusche variazioni di spessore laterale, riflesso di un'articolata morfologia del substrato di deposizione (tra 10 e 200 m a Recoaro Mille). L'unità è costituita in prevalenza da calcari massicci di colore bianco o localmente grigio e aspetto cristallino. Il tetto della formazione è probabilmente andato in emersione durante una fase tettonica triassica, come testimoniato da evidenze di paleocarsismo (Barbieri et al., 1977).

**Formazione a Nodosus:** è una sequenza formata da prevalenti prodotti vulcano-terrigeni di tipo acido a locali intercalazioni di calcari nodulari selciosi e calcari stratificati. Si depone su substrato fortemente irregolare costituito dal Calcare del Monte Spitz. I depositi vulcanodetritici sono formati da vulcanoclastiti varicolori o verdi (pietra verde), fittamente stratificate e solo localmente grossolane. Presenti livelli e lenti di brecce a elementi carbonatici e vulcanici. La distribuzione delle litofacies è variabile, così come la potenza (in ragione dell'irregolarità del substrato di deposizione), compresa approssimativamente tra 0 e 90 m. Al tetto la formazione è limitata dalle vulcaniti mediotriassiche o incisa dalla base erosiva della Breccia di Fongara.

**Breccia di Fongara:** è un deposito presente sugli alti strutturali definiti dal Calcare di Monte Spitz. Si tratta in genere di depositi di origine continentale costituiti da brecce a clasti più o meno arrotondati di rocce carbonatiche (Calcarei di Monte Spitz e calcari micritici della Formazione a Nodosus), immersi in una matrice siltosa di colore rosso cupo. Lo spessore della formazione è molto variabile, ma mediamente contenuto in pochi metri.

**Vulcaniti Triassiche:** complesso di vulcaniti a chimismo prevalentemente acido deposte essenzialmente in ambiente subaereo e riferibili al ciclo eruttivo ladinico (De Zanche e Sedeo, 1972; De Vecchi et al., 1974). Poggiano o sulla Breccia di Fongara o sopra la formazione a Nodosus. I prodotti più antichi sono rappresentati da rioliti compatte, suddivise, solo raramente, da giunti e da livelli di brecce vulcaniche. Le singole unità (colate) possono avere potenza variabile tra venti e pochi metri. Alle colate acide fanno seguito locali prodotti vulcanici a chimismo da latitico-andesitico sino a basaltico. Nel complesso, all'interno della serie vulcanica triassica sono distinguibili i seguenti litotipi: rioliti, riodaciti e daciti in colate compatte, spesso bollose e coriacee; corpi subvulcanici riolitico-dacitici; brecce di esplosione riolitiche; latiti e latibasalti in colate (alterate) o in filoni e neck vulcanici; brecce di esplosione latitiche. Frequenti i filoni sia concordanti (sill) che discordanti. Lo spessore delle vulcaniti, estremamente variabile e difficile da stimare con precisione. Barbieri et al. (1980) indicano pari a 170 m lo spessore massimo delle vulcaniti acide e 200 m quello delle vulcaniti intermedie e basiche.

**Formazione di Raibl:** rappresenta l'unica formazione riferibile al Carnico riconosciuta nel settore esaminato dove è stata descritta in modo informale da De Zanche e Mietto (1977). Poggia in discordanza sulle formazioni

più antiche lungo una superficie di discontinuità sedimentaria che marca un'estesa lacuna stratigrafica Ladinico superiore-Carnico inferiore.

La Formazione di Raibl è presente in maniera discontinua alla base della Dolomia Principale ed è litologicamente costituita da dolomie cavernose e carniole di origine evaporitica con intercalazioni argillitiche e lenti di gesso; argilliti e siltiti rosse, arenarie grossolane e conglomerati a elementi vulcanici. La serie inizia generalmente con prevalenti termini clastici e conglomeratici, cui seguono (o s'intercalano) verso l'alto prevalenti termini carbonatico evaporitici. La potenza è variabile, mediamente contenuta entro 20-30 m. La formazione fa graduale transizione verso l'alto ai potenti depositi della Dolomia Principale.

**Dolomia Principale:** è una delle più conosciute formazioni del Trias Dolomitico. Le caratteristiche litostratigrafiche sono ben note in letteratura grazie a numerosi contributi scientifici tra i quali vanno sicuramente ricordati i lavori di Bosellini (1967) e di Bosellini e Hardie (1988).

L'unità viene suddivisa in due parti: una inferiore costituita da depositi di ambiente peritidale ed una superiore a carattere subtidale.

L'unità inferiore è formata da una successione di cicli peritidali metrici costituiti da dolomie e calcari micritici ben stratificati. L'organizzazione interna dei cicli vede la presenza di una parte basale subtidale microcristallina contenente rari fossili di Megalodon e Worthenia, seguita da un intervallo con lamine stromatolitiche o con tempestiti a bioclasti e peloidi. Il ciclo è chiuso da livelli laminati con tracce di disseccamento (mud cracks) e livelletti di brecce intraformazionali.

L'unità subtidale superiore è organizzata in strati potenti sino a 3 metri di dolomie subtidali massicce. Al tetto degli strati possono essere presenti tracce di disseccamento (orizzonti a tepee) e sottili livelli argillosi verdastri.

La potenza stimata dai dati cartografici pubblicati (F. 36 "Schio") per il settore in oggetto si aggira intorno agli 800 m.

## GIURASSICO

**Calcarei Grigi di Noriglio:** è una formazione molto nota, oggetto di numerosi ed approfonditi studi (e.g. Bosellini e Broglio-Loriga, 1971; Clari, 1975; Geyer et al. 1993 e Masetti et al. 1998). I Calcarei grigi di Noriglio, per i quali viene proposto attualmente il rango di gruppo (Geyer et al. 1993) vengono suddivisi classicamente in tre distinti membri non sempre completamente rappresentati.

Il membro inferiore corrispondente ai Verena Kalk di Pia (1919), formato da depositi carbonatici di ambiente subtidale organizzati in sequenze cicliche metriche o submetriche di calcari micritici biancastri a frequenti oncoidi, separati da sottili livelli argillosi o argilloso dolomitici. La parte alta del membro vede la caratteristica presenza di strati a resti di gervillie. Il membro intermedio potente al massimo 50 metri è costituito in prevalenza di calcari oolitici biancastri in bancate metriche. Il membro superiore noto in letteratura con il nome di "Calcarei grigi di Rotzo" è costituito da alternanze di calcilutiti e calcari marnosi in strati decimetrici. Esso è noto per l'elevato contenuto fossilifero e per i classici strati o banchi a Lithotis.

**Rosso Ammonitico Veronese:** formazione di potenza limitata (compresa tra 10 e 30 m) ma di grande estensione laterale, attualmente suddivisa in tre membri (Martire 1989, 1992; 1996; Clari et al. 1990; Sarti 1993; Zempolich, 1993). Il membro inferiore è costituito da calcari micritici massivi, ricchi in minuti bivalvi pelagici, nodulari, generalmente di colore rosso mattone o localmente biancastri. Il membro intermedio è costituito da calcari micritici laminati a stratificazione planare o debolmente ondulata con frequenti liste e lenti di selce. Il membro superiore è costituito da calcari micritici molto nodulari rossastri o rosati, ricchi in ammoniti e/o crinoidi pelagici.

## CRETACICO

**Biancone:** La parte inferiore della formazione è rappresentata da calcari micritici biancastri fittamente stratificati, ricchi di lenti e noduli di selce e, superiormente, da calcari marnosi intercalati a marne e argilliti fogliettate e a strati di calcari argilloso-bituminosi. La potenza massima raggiunge i 250 m.

**Scaglia Rossa:** Con transizione spesso graduale si passa dai calcari argillosi a frattura concoide del Biancone ai calcari micritici fittamente stratificati della Scaglia. Sebbene questo sia l'aspetto tipico della formazione sono

presenti dei livelli calcarei biancastri simili a quelli del Biancone, ma più scagliosi e con stratificazione meno netta. Rappresenta, in area veneta, l'ultimo termine della successione mesozoica.

### TERZIARIO

**Vulcanoclastiti basaltiche e basalti:** Si tratta di prodotti piroclastici subacquei costituiti da depositi generalmente gradati e fittamente laminati a grana medio fine, varicolori. Localmente sono riconoscibili materiali tufacei grossolani e poco classati. I depositi sono generalmente alterati ed argillificati, si associano basalti di colata, breccie basaltiche e basalti alcalini talora colonnari (riempimenti di neck vulcanici) e basalti massicci sono mineralizzati a montmorillonite e altri minerali argillosi.

#### Calcarei, nummulitici:

Ai prodotti di origine vulcanica si intercalano e si affiancano in eteropia depositi calcarei di varia natura. La facies calcarea più frequente è rappresentata da calcari nummulitici biancastri a stratificazione ben definita, la cui potenza può in alcuni casi raggiungere i 50 m. Affiorano in maniera discontinua all'interno della serie vulcanoclastica.

**Marne di Priabona:** La formazione è costituita da marne argillose e arenacee di spessore complessivo di circa 90 metri (Eocene superiore).

**Formazione di Castelvetro:** Si tratta di calcareniti bioclastiche e nulliporiche, localmente nummulitiche, e irregolarmente stratificate e di calcari con intercalazioni marnose verso la base o calcarei arenacei dell'Oligocene (Oligocene).

**Arenaria di S. Urbano:** La formazione è costituita da calcari nulliporici e arenarie calcaree (Miocene inferiore-Aquitano), affiora solo limitatamente al margine occidentale dell'area rappresentata nella tavola T1 in allegato, al di fuori del dominio di indagine specifico del progetto.

## 2.12. COMPLESSI IDROGEOLOGICI

Un complesso idrogeologico viene comunemente definito come un *insieme di una o più litologie stratigraficamente sovrapposte, con caratteristiche idrogeologiche simili* (infiltrazione, immagazzinamento e flusso delle acque sotterranee).

Nel comparto GIADA sulla base dell'analisi dei dati geologici e strutturali raccolti, sono stati definiti, per il substrato roccioso, 11 complessi idrogeologici (Figura 11).

Il parametro K di ciascun complesso è stato preliminarmente valutato basandosi su varie esperienze pregresse e su valori riportati in bibliografia per unità geologicamente simili a quelle analizzate. Successivamente i valori stimati preliminarmente sono stati calibrati sulla base dei dati geologico-strutturali rilevati sul campo e, per i complessi maggiormente significativi elaborati secondo specifiche procedure di calcolo.

Il modello teorico di riferimento utilizzato per le elaborazioni eseguite si è basato sulla "teoria della percolazione" sviluppata da Shante e Kirkpatrick, 1971; Gueguen e Dienes, 1989, una metodologia che permette il calcolo della conducibilità idraulica di un ammasso roccioso a partire da dati di tipo strutturale. Per l'illustrazione della metodologia e dei parametri utilizzati e delle procedure di calcolo si rimanda al testo in appendice.

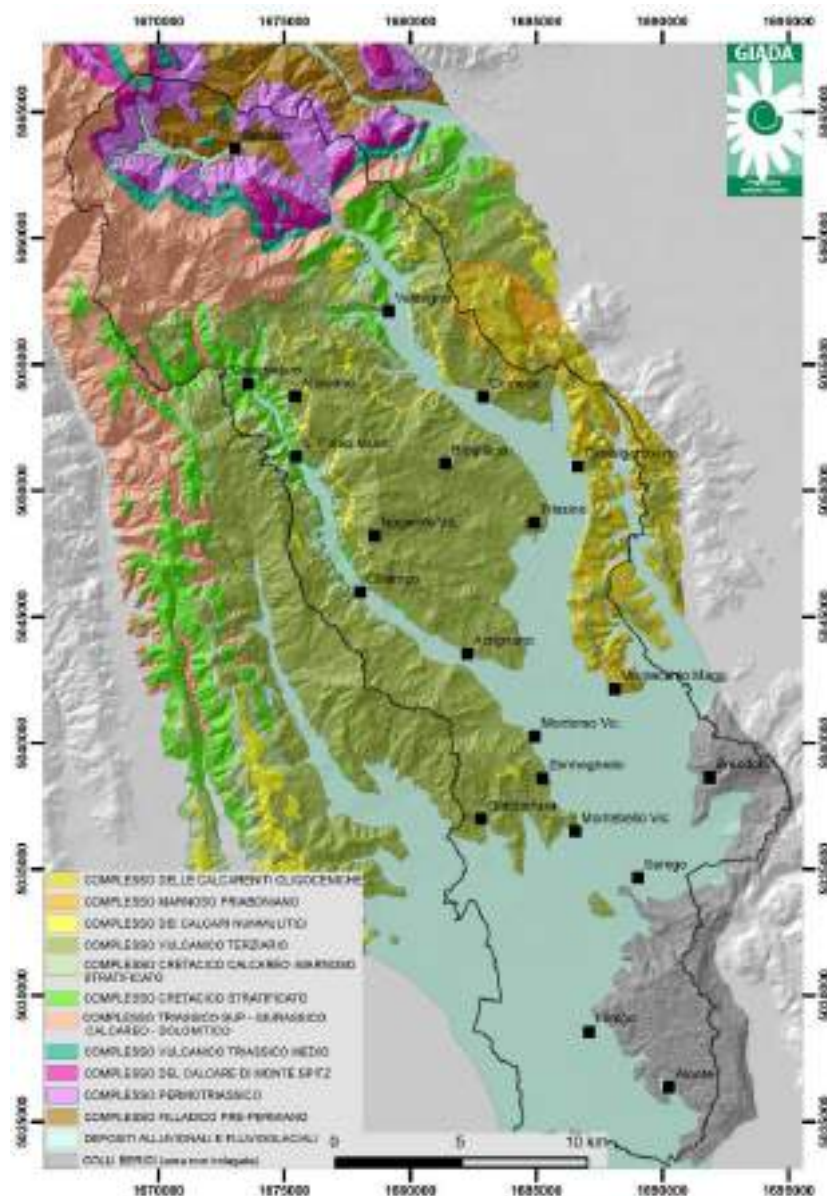


Figura 11 – Complessi Idrogeologici individuati nell'area in studio

Per la valutazione speditiva dei valori di trasmissività di molti affioramenti ci si è avvalsi inoltre dell'utilizzo di tabelle e diagrammi (riportati a titolo esemplificativo nelle Figura 12 e Figura 13) derivati dai lavori di Kiraly (1969) in cui la trasmissività  $K$  è messa in relazione ad apertura delle discontinuità e spaziatura per sistemi di fratture e per network di canali interconnessi.



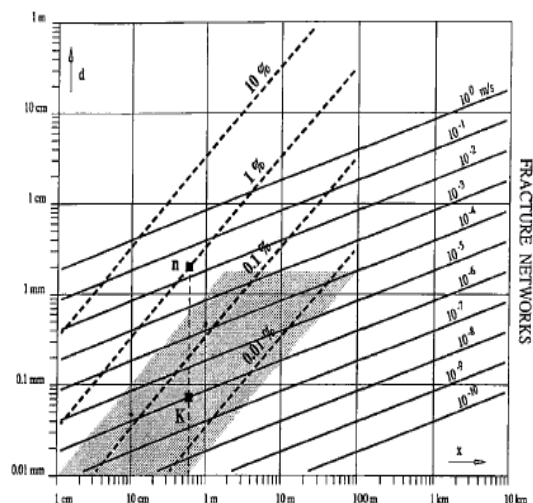


Figura 12– Diagramma di Kiraly per la valutazione della trasmissività di network di fratture (asse  $x$  spaziatura;  $Y$  apertura efficace)

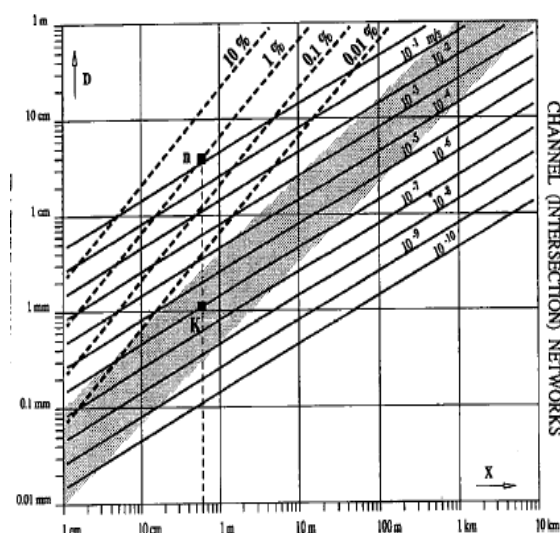


Figura 13– Diagramma di Kiraly per la valutazione della trasmissività di network di canali interconnessi (asse  $x$  spaziatura;  $Y$  apertura efficace)

Entrambi i metodi dipendono dalla valutazione corretta del valore di apertura dei giunti, parametro molto delicato da stimare in affioramento e influenzato da condizioni quali carico litostatico e presenza di riempimenti. È noto ad esempio da varie esperienze pratiche che l'apertura dei giunti tende a ridursi fortemente in profondità per aumento del carico. I valori determinati tramite le procedure di calcolo sono stati per questo motivo corretti (ridotti) per tenere conto di ciò.

Una stima migliore dei valori di trasmissività media potrebbe essere ottenuta confrontando i risultati ottenuti sulla base dei dati strutturali di superficie con parametri misurati direttamente in profondità tramite prove in foro (Lugeon), purtroppo non disponibile per il comparto in studio.

Sulla base dei valori di  $K$  determinati con le metodologie sopra descritte, i complessi idrogeologici sono stati suddivisi in quattro classi di permeabilità definite sulla base degli intervalli proposti dalle norme AFETES (Association Francaise des Travaux En Souterrain, 1993), ove applicabili.

I gradi di permeabilità e i relativi intervalli sono riportati nella sottostante tabella.



Grado	Permeabilità m/s	Descrizione
K1	$K < 1E-08$	da molto basso a basso
K2	$1E-08 < K < 1E-06$	da basso a medio
K3	$1E-06 < K < 1E-04$	da medio a alto
K4	$K > 1E-04$	da alto a molto alto

Nello schema sintetico in **Figura 11** sono stati rappresentati i complessi idrogeologici distinti all'interno dell'area in studio. Di seguito vengono descritte le caratteristiche idrogeologiche principali dei singoli complessi partendo dalle unità geologiche stratigraficamente più profonde e antiche:

**Complesso filladico pre-Permiano**, costituito dal basamento cristallino Sudalpino, prevalentemente filladico, affiorante nella conca di Recoaro. Si tratta di un'unità sostanzialmente impermeabile che rappresenta l'acquicluda principale per i sistemi di flusso idrico sotterraneo dell'area Recoarese. Deboli circolazioni idriche (circuiti di alcune sorgenti minerali) a bassa portata possono essere presenti nei settori maggiormente fratturati generalmente coincidenti con i corridoi di deformazione fragile dell'esteso reticolo di faglie ad andamento scledense. Il Complesso risulta avere permeabilità da bassa a molto bassa (Classe di permeabilità K1)

**Complesso Permiano-Triassico**, complesso litologicamente molto eterogeneo nel quale sono state raggruppate le formazioni di età permiana e triassica (Conglomerati basali e Arenarie di Val Gardena, formazione a Bellerophon, Formazione di Werfen, Dolomia del Serla inferiore, Formazione a Gracilis e Calcare di Recoaro, Conglomerato del Tretto) affioranti unicamente nella conca di Recoaro. La serie poggia sull'acquicluda basale rappresentato dal Complesso Filladico pre-Permiano e affiora, con potenze molto variabili, nella conca di Recoaro a nord del sovrascorrimento sudalpino Marana-Piovene.

Si tratta prevalentemente di formazioni a permeabilità da bassa, a media, solo localmente elevata per fratturazione nelle facies dolomitiche della Formazione a Bellerophon o su altri orizzonti calcareo-dolomitici per fratturazione e fenomeni di dissoluzione carsica (Calcare di Recoaro, Dolomia del Serla).

La presenza di intercalazioni a vari livelli di formazioni e litotipi a permeabilità molto bassa, come ad esempio la serie prevalentemente terrigena a forte componente pelitica rappresentata dalla formazione di Werfen, condiziona fortemente il potenziale idraulico complessivo; gli interscambi tra i modesti acquiferi sovrapposti avvengono in prevalenza lungo i corridoi di fratturazione tettonica.

Nella carta dei complessi idrogeologici fornita in allegato, all'interno di questo complesso sono stati distinti i principali orizzonti/livelli ad elevata permeabilità.

La permeabilità media del complesso varia da valori bassi a medi (K2) solo, localmente può raggiungere valori maggiori (K3 per formazione a Bellerophon e Calcare di Recoaro).

**Complesso del Calcare di Monte Spitz**, complesso ad elevata permeabilità per fratturazione e carsismo. Presenta spessore molto variabile anche su brevi distanze (tra 10 e 200m) in ragione del complesso assetto paleogeografico del bacino di deposizione. E' la principale roccia-serbatoio del sistema di flusso idrico di alimentazione della sorgente Selle (Val Torrazzo), captata per usi idropotabili.

Il Complesso del Monte Spitz è costituito quasi totalmente dall'omonima formazione a cui sono stati associati i discontinui, depositi della Breccia di Fongara e in alcuni limitati settori il sottostante Calcare di Recoaro. Il calcare di Monte Spitz presenta comunemente un elevato grado di fratturazione, con sistemi di giunti pervasivi, continui, con spaziatura mediamente variabile tra pochi cm e 20 - 40 cm, a giacitura subverticale con prevalente orientazione scledense. I giunti sono spesso aperti e privi di riempimento (**Figura 14**). I piani di fratturazione presentano comunemente evidenti segni di dissoluzione carsica (**Figura 15**). Può essere ipotizzata una locale continuità idraulica (non documentata dai dati raccolti) con corpi litologici permeabili interni al complesso medio- triassico qualora esso si trovi in contatto diretto con tipi permeabili (Calcare di Recoaro).

Grado di permeabilità K4 (da elevato a molto elevato) per fratturazione e carsismo.



*Figura 14 - Sistemi di fratture subverticali anastomizzate e ad apertura variabile nel Calcare del Monte Spitz*



*Figura 15 – Evidenze di dissoluzione carsica lungo i piani di fratturazione*

Complesso vulcanitico Triassico medio, è costituito dalle unità vulcaniche di età ladinica affioranti nella conca di Recoaro, in molti casi stratigraficamente interposto tra il Calcare di Monte Spitz e la base della Dolomia Principale ma,

in ragione della presenza di numerosi corpi di natura intrusiva (filoni, corpi subvulcanici), presente anche a livelli inferiori della serie in posizioni discordanti.

E' un complesso di notevole significato idrogeologico poiche rappresenta l'acquicluda per molti sistemi di flusso del soprastante complesso calcareo-dolomitico, come messo in evidenza dall'allineamento di sorgenti presenti nel versante meridionale della conca di Recoaro (Sette Fontane, Anghebe, Lora, Lonere, Loke, Borga, Trinca).

A causa dell'elevato grado di alterazione, che comporta per questi litotipi lo sviluppo di minerali argillosi, questo complesso mostra permeabilità molto bassa anche nei settori di intensa fratturazione e tettonizzazione a causa del riempimento delle fratture con argille e dello sviluppo di "gouge" sempre argillosi lungo i piani di faglia (Figura 16 e Figura 17). Grado di permeabilità: K1.



*Figura 16 – Piano di faglia ad alto angolo, si noti come la zona di "core" sia costituita da scaglie fratturate immerse in gouge argilloso completamente impermeabile*



*Figura 17 – Gouge argilloso impermeabile sviluppato su piano di faglia a basso angolo*

Complesso Triassico sup. - Giurassico calcareo dolomitico, riunisce la formazione della Dolomia Principale, la formazione dei Calcarei grigi di Noriglio e il Rosso Ammonitico. Il complesso raggiunge potenze molto elevate che possono arrivare e superare i 1000 ed è sede dei più importanti acquiferi in roccia della regione. La permeabilità

secondaria è mediamente elevata o molto elevata in ragione della densità del reticolo di fratture e/o dello sviluppo di circuiti carsici. Le principali zone di infiltrazione idrica individuate nel comparto GIADA (vedi cartografia in allegato), sono quasi tutte ubicate nei settori di affioramento di questo complesso. Costituisce il “serbatoio” di numerose ed importanti sorgenti.

Le principali aree di fratturazione, e quindi di maggiore infiltrazione idrica, sono ubicate in corrispondenza di elementi tettonici fragili di importanza regionale, quali il sovrascorrimento neogenico Marana – Piovene ad andamento circa E-W e il fascio di faglie subverticali che interseca la dorsale Monte Tre Croci - Monte Obante – Monte Rotolon (Figura 18 e Figura 19). L'esteso e pervasivo reticolo di fratture e la presenza di spesse fasce cataclastiche favorisce in questi settori lo sviluppo di estesi fenomeni di dissesto gravitativo profondo di versante (DGPV), che costituiscono settori privilegiati per l'infiltrazione idrica (Figura 20 e Figura 21) anche profonda, in virtù della connessione idrica tra gli ammassi rocciosi superficiali, disarticolati e quindi estremamente permeabili, con i sistemi di fratture tettoniche che intersecano la porzione sepolta.

Grado di permeabilità: da K3 a K4 in ragione dello stato di fratturazione e tettonizzazione.



*Figura 18 - Sistema di giunti di fratturazione subverticali che intersecano la Dolomia Principale settore a SE del passo di Lora*





*Figura 19 - Giunti di fratturazione a spaziatura centimetrica, dettaglio alla base della parete in Figura 18*



*Figura 20 - Dettaglio dell' evidente gradino di scivolamento che borda la deformazione gravitativa di versante del passo di Lora. Si noti come il fenomeno di dissesto comporti la traslazione di grandi ammassi rocciosi. Il gradino/trincea di forma arcuata è esteso più di 1,5 km e costituisce una delle aree di maggior infiltrazione idrica per l'acquifero della sorgente Sette Fontane*



*Figura 21 - Contropendenza legata al dissesto gravitativo del Passo di Lora a monte del rifugio Cesare Battisti; il rifugio è situato su un grande corpo di roccia traslato verso il basso per qualche centinaio di metri dai movimenti gravitativi rispetto alla sua posizione stratigrafica originaria. La conca a monte del rifugio è priva di deflusso idrico superficiale e costituisce un luogo privilegiato di infiltrazione.*

Complesso Cretacico calcareo stratificato, comprende la Formazione del Biancone; il complesso può essere suddiviso in due sub-unità: la porzione inferiore, costituita da calcari micritici puri o solo debolmente marnosi con letti e noduli di selce, presenta permeabilità per fratturazione da media a elevata o molto elevata (K3 - K4 se molto fratturato) in possibile connessione idraulica con il complesso calcareo dolomitico sottostante; la circolazione idrica è possibile anche lungo i giunti di stratificazione.

La parte superiore, marnosa, presenta permeabilità media meno elevata (permeabilità medio bassa, K2) e può rappresentare un acquitard per acquiferi delle unità carbonatiche inferiori. In Figura 22 affioramento di Biancone in Valle del Chiampo: si noti la fitta stratificazione intersecata da giunti di fratturazione di origine tettonica.



*Figura 22 - Affioramento di Biancone*

Complesso Cretacico calcareo - marnoso stratificato, coincide con la formazione della Scaglia Rossa, la permeabilità media è buona in aree a elevata fratturazione (K2 - K3).

Come per il complesso soprastante in particolari condizioni di giacitura favorevole il flusso idrico è possibile lungo i giunti di stratificazione anche se in maniera minore rispetto all'unità precedente. In alcuni settori interessati da fratture ad andamento subverticale della Valle del Chiampo (Figura 23) è stata riscontrata la presenza di tracce di dissoluzione carsica lungo i giunti di fratturazione (Figura 24), in questi casi la permeabilità può raggiungere (solo localmente) valori elevati o molto elevati.





*Figura 23 – Scaglia Rossa fittamente stratificata e intersecata da giunti verticali a spaziatura metrica (Valle del Chiampo)*



*Figura 24 – Dettaglio sul piano definito da uno dei giunti di fratturazione in Figura 23; si notino le nette evidenze di dissoluzione carsica.*

Complesso vulcanitico terziario, si tratta di un complesso che interessa un'ampia porzione di territorio delle valli del Chiampo e dell'Agno a sud del sovrascorrimento Marana-Piovene. Presenta permeabilità da medio bassa a molto bassa per i livelli vulcanodetritici fortemente alterati (K1-K2), localmente può essere medio-elevata per fratturazione in corpi di colata o neck basaltici non alterati.

Nel settore dell'altipiano del Faedo-Casaron costituisce assieme alla formazione di Priabona, l'acquicluda per l'importante acquifero carsico sviluppato nel soprastante complesso delle calcareniti Oligoceniche. I sistemi di flusso sviluppati all'interno di questo complesso sono generalmente di scarsa importanza e alimentano piccole sorgenti a portata molto limitata. L'estesa presenza di coperture eluvio-colluviali che caratterizza le aree vulcanitiche, non consente una facile caratterizzazione geoidrologica dello stesso.

La quasi ubiquitaria forte alterazione dei prodotti vulcanici (in particolare dei livelli vulcanodetritici) con sviluppo di minerali argillosi così come la natura limoso argillosa delle coperture eluvio colluviali limita fortemente l'infiltrazione idrica.

Complesso dei calcari nummulitici, si tratta di corpi stratoidei di potenza variabile da pochi metri a più di 100, interstratificati ai prodotti vulcanici (Figura 25) e vulcanodetritici del complesso vulcanico terziario, presentano permeabilità da elevata a molto elevata (K3 – K4), per fratturazione e sviluppo di condotti carsici (Figura 26). Possono essere sede di acquiferi di interesse, anche in pressione, in quanto confinati all'interno del complesso vulcanico a

bassa permeabilità.



*Figura 25 – Panoramica sulla Cava “Bertocchi” sinistra idrografica della media Valle del Chiampo l’attività estrattiva ha messo in esposizione il limite tra le vulcaniti basaltiche (scure) e il tetto dei calcari chiari oggetto della coltivazione*



*Figura 26 – Condotto carsico rivestito di calcite, sviluppato all’interno dei calcari nummulitici; lo sviluppo delle strutture carsiche avviene in prevalenza lungo sistemi di fratture di natura tettonica preesistenti e predisponenti.*

Complesso marnoso del Praboniano, permeabilità molto bassa (K1) rappresenta assieme al Complesso vulcanico Terziario il livello di base impermeabile per gli acquiferi in prevalenza carsici presenti nel soprastante complesso delle calcareniti oligoceniche

Complesso delle calcareniti oligoceniche, coincide con la formazione delle Calcareniti di Castelgomberto. Presenta una permeabilità da elevata a molto elevata (K3 – K4) per fratturazione e carsismo. La nota area carsica del Faedo – Caseron, in sinistra idrografica della media Valle dell’Agno, risulta completamente sviluppata all’interno di questo complesso. Nella bassa Valle dell’Agno, tra Castelgomberto e Montecchio Maggiore, il complesso affiora lungo tutto il versante in sinistra idrografica ed è in contatto con i depositi alluvionali ghiaiosi del fondo vallivo. Tale assetto permette la connessione tra gli acquiferi presenti nel complesso fessurato e carsico e l’acquifero freatico presente nel materasso alluvionale.

## 2.13. ASPETTI IDROGEOLOGICI DELLA CONCA DI RECOARO

La conca di Recoaro, ovvero la testata del bacino idrografico della Valle dell'Agno è, come noto, famosa per la qualità delle acque sorgentizie e per l'abbondanza dei deflussi superficiali. Si tratta inoltre del bacino di provenienza di buona parte delle acque di alimentazione della falda freatica presente nel materasso alluvionale della Valle dell'Agno.

Le risorse idriche del recoarese sono da tempo utilizzate, oltre che per i comuni usi di approvvigionamento idrico, per la produzione di energia idroelettrica, per l'industria delle acque minerali e, sin dal 1700, per scopi terapeutici negli stabilimenti termali di Recoaro.

I motivi di tale ricchezza sono riconducibili essenzialmente a due fattori:

- il peculiare assetto geologico, in precedenza descritto, che vede la presenza di un'unità metamorfica basale sostanzialmente impermeabile (basamento cristallino filladico), alla quale si sovrappongono una serie di unità litostratigrafiche di natura sedimentaria, sede dei circuiti idrogeologici di alimentazione delle numerose sorgenti;
- l'abbondanza delle precipitazioni, con medie annue superiori ai 2000 mm (vedi rapporto GIADA Fase 1).

L'assetto idrogeologico dell'area può essere desunto dalla carta e dalle sezioni, fornite in allegato (Tavola A2). Nei paragrafi a seguire verranno tratteggiate le caratteristiche dei bacini delle principali sorgenti presenti.

### 2.13.1. SORGENTE SETTE FONTANE

E' la sorgente da cui prende origine l'Agno di Lora, la principale per portata presente nel territorio di Recoaro, captata per scopi idroelettrici prima dalle industrie Marzotto e ora da Eusebio energia Spa. La carta e la sezione in Figura 27 (estratti dalla Tavola A2 in allegato, alla quale si rimanda per la consultazione della legenda) illustrano l'assetto idrogeologico dell'area di interesse.

La caratteristica geologica principale del bacino in esame è la presenza di un esteso dissesto gravitativo profondo (DGPV) che interessa tutto il versante in Dolomia Principale posto a monte della Sorgente (verso Ovest).

Lungo la cresta spartiacque che dal passo di Lora conduce al – monte Obante sono infatti riconoscibili le evidenze geomorfologiche di tale dissesto rappresentate da marcate trincee, gradini di scivolamento, sdoppiamenti di cresta e ammassi rocciosi fratturati e completamente disarticolati (Figura 20 e Figura 21).

Nel versante est della cresta stessa sono inoltre revidenti porzioni rocciose di notevoli dimensioni traslate verso il basso per movimento gravitativo in massa rispetto alla loro originaria posizione stratigrafica.

Lo sviluppo del dissesto appare essere almeno in parte controllato dalle strutture tettoniche fragili ed ha come principale causa predisponente l'intensa fratturazione tettonica legata ai sistemi di faglie documentati nella carta allegata. L'innesco dei movimenti gravitativi può ragionevolmente essere correlabile a fenomeni di rilascio postglaciale, non può tuttavia essere escluso un contributo neotettonico, considerata la sismicità dell'area.

La presenza di estese porzioni di roccia fratturata ha favorito lo sviluppo di fenomeni gravitativi secondari rispetto ai grandi movimenti in massa quali accumuli di depositi grossolani dovuti a ingenti fenomeni di crollo e disgregazione delle pareti rocciose.

L'assetto geologico e geomorfologico descritto rende quest'area un settore ad elevatissimo coefficiente di infiltrazione attestato anche dalla totale mancanza di idrografia di superficie.



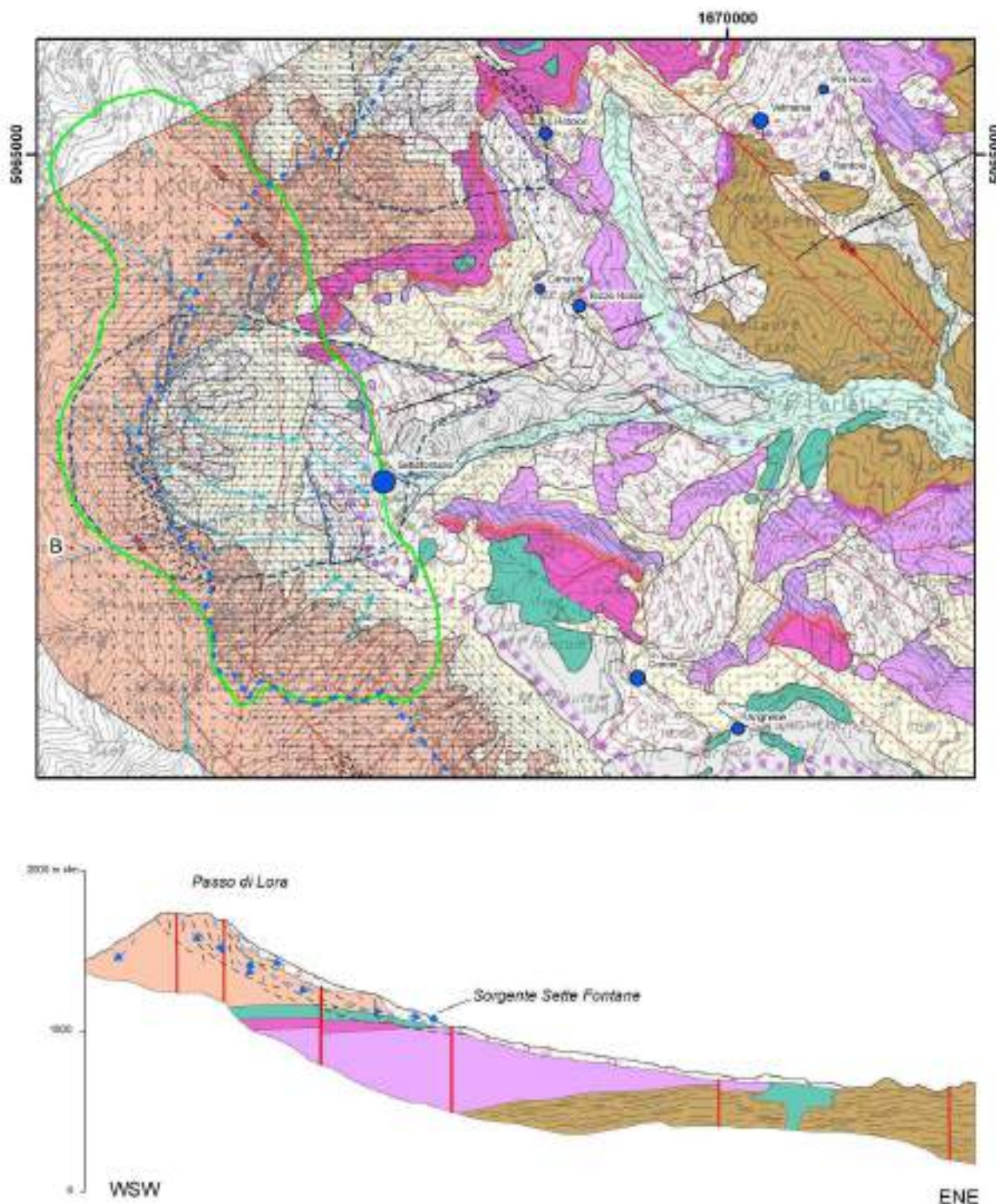


Figura 27 – Bacino della sorgente Sette Fontane. Estratto carta idrogeologica e sezione; la linea continua verde rappresenta l'area del bacino idrogeologico

La presenza di coltri detritiche grossolane (ghiaie e blocchi) molto permeabili e poggianti su un substrato dolomitico fratturato tettonicamente favorisce la penetrazione delle acque meteoriche in profondità. Si ha in sostanza una diretta

connessione tra circolazione idrica nei depositi quaternari e circolazione in roccia. Lo studio geologico e strutturale dell'area ha consentito di definire con approssimazione accettabile i limiti del bacino idrogeologico della sorgente, che come riscontrabile nella carta in Figura 27, si estende abbondantemente oltre la cresta spartiacque.

#### Idrologia

I dati di seguito presentati e utilizzati per la stima della curva di esaurimento derivano da misure raccolte da GE.T.A.S. s.r.l. nell'ambito della campagna di ricerca di fonti di approvvigionamento idrico sotterraneo per i comuni della valle dell'Agno (1990).

La campagna di misure, raccolte con cadenza mensile, è relativa al periodo compreso tra giugno 1988 e dicembre 1989. I dati riportati nella sottostante tabella sono relativi alle portate captate all'epoca dall'industria Marzotto per la produzione di energia elettrica.

La portata minima captata risulta pari a 77 l/s, quella massima a 437 l/s. Il valore medio delle portate captate è pari 166,9 l/s.

data	Q [l/s]	data	Q [l/s]
27/06/88	294	27/05/89	245
30/07/88	146	17/06/89	280
13/08/88	110	09/07/89	437
08/09/88	90	31/07/89	158
24/09/88	83	19/08/89	90
08/10/88	76	08/09/89	148
12/11/88	125	24/09/89	96
28/12/88	81	14/10/89	91
28/01/89	61	06/11/89	108
02/04/89	150	26/11/89	92
23/04/89	426	16/12/89	77
10/05/89	261		

La tabella sottostante fornisce per il periodo di magra compreso tra fine giugno 1988 e fine settembre 1988 le portate captate, il surplus non captato (misurato) e quindi i valori totali di portata della sorgente

Q captata[l/s]	[l/s]	Q totale l/s
294	63	357
146	13	159
110	9	119
90	20	110
83	15	98

Sulla base di questi dati il surplus medio non captato può essere stimato pari a circa il 14 % della portata totale pertanto la portata media effettiva della sorgente dovrebbe essere pari a circa 190 l/s.

I dati a disposizione hanno permesso l'elaborazione della curva di esaurimento della sorgente per il periodo fine giugno – fine ottobre 1988 caratterizzato dall'assenza di precipitazioni efficaci (GETAS 1990).

Per l'elaborazione è stato utilizzato il noto modello esponenziale di Maillet che permette di avere una stima dell'andamento della portata nel tempo subito dopo una piena.

Di seguito le relazioni utilizzate per il calcolo:

$$Q_t = Q_0 \cdot e^{-\alpha t}$$



Con :

- $Q_0$  [m<sup>3</sup>/s]: portata iniziale della sorgente
- $Q_t$  [m<sup>3</sup>/s]: portata al tempo t [gg]

Questo modello esponenziale si risolve per  $\alpha$  ottenendo:

$$\alpha = (\log Q_0 - \log Q_t) / 0,43429 \Delta t$$

Noto il coefficiente di esaurimento  $\alpha$  della sorgente, risulta possibile ricavare il volume di immagazzinamento del bacino tramite le seguenti formule:

capacità di immagazzinamento del bacino  $V_0 = Q_0 \cdot 86400 / \alpha$

Il volume defluito ad un tempo  $t > 0$  si può calcolare con:

$$V_t = (Q_0 - Q_t) \cdot 86400 / \alpha$$

$V_0 - V_t$  = volume d'acqua totale restituito dalla sorgente nel tempo t

$\Delta t$  = durata del periodo di esaurimento esaminato

La tabella sottostante espone i risultati ottenuti dall'elaborazione :

<b>Q0</b>	<b>Qt</b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b><math>\Delta t</math></b>	<b>V0</b>	<b>Vt</b>	<b>V0-Vt</b>	<b>qm</b>
[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[-]	[gg]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]
0,294	0,076	1,10E-002	103	2,31E+006	1,71E+006	5,97E+005	0,192

Dove:

qm= portata media della sorgente nell'intervallo di tempo  $\Delta t$  ottenuta dall'applicazione della formula di Maillet;

Sulla base di questi dati, conoscendo la precipitazione media efficace è possibile quindi calcolare il coefficiente medio di infiltrazione I tramite la relazione

$$qm = Pe \times S \times I$$

Dove qm = portata media annua della sorgente

Pe= precipitazioni efficaci media annua

S= superficie del bacino idrogeologico

I= coefficiente di infiltrazione

Assunta per l'area una precipitazione media annua pari a 2242 mm (dati fase 1 GIADA), note le temperature medie annue, Pe può essere determinato tramite la formula di Turc.

I dati in ingresso utilizzati e i valori ottenuti sono riportati nella sottostante tabella.

<b>P</b>	<b>T</b>	<b>L</b>	<b>Er</b>	<b>Pe</b>
[mm]	[°C]	[-]	[mm]	[mm]
2242	6,5	476,23	466,85	1775,15

Nota la superficie del bacino idrogeologico stimata su basi geologiche essere pari a circa 5590000 m<sup>2</sup> (Figura 24) si giunge quindi ad un valore del coefficiente di infiltrazione I pari a 0,61 si infiltrano quindi nel sottosuolo il 61% delle piogge efficaci.

### 2.13.2. SORGENTE SELLE E GRUPPO DI SORGENTI BORGA, LOKE, LONERE E PIASEA

La sorgente Selle è situata in val Torrazzo poco a valle della confluenza con il torrente di sinistra idrografica "La Spaccata". Sulla base dei dati disponibili (relazione Giada Fase 1) la sorgente risulta avere portata media paria a 30 l/s e portate minime e massime corrispondenti rispettivamente a 15 e 40 l/s.

Le acque della sorgente sono captate per scopi idropotabili e alimentano la rete acquedottistica di Valdagno. L'assetto geologico del bacino idrografico di pertinenza e dell'area di alimentazione della sorgente (linea verde continua in sono desumibili dalla carta in Figura 28 e dalla sezione A presente nella carta fornita in allegato (A2).

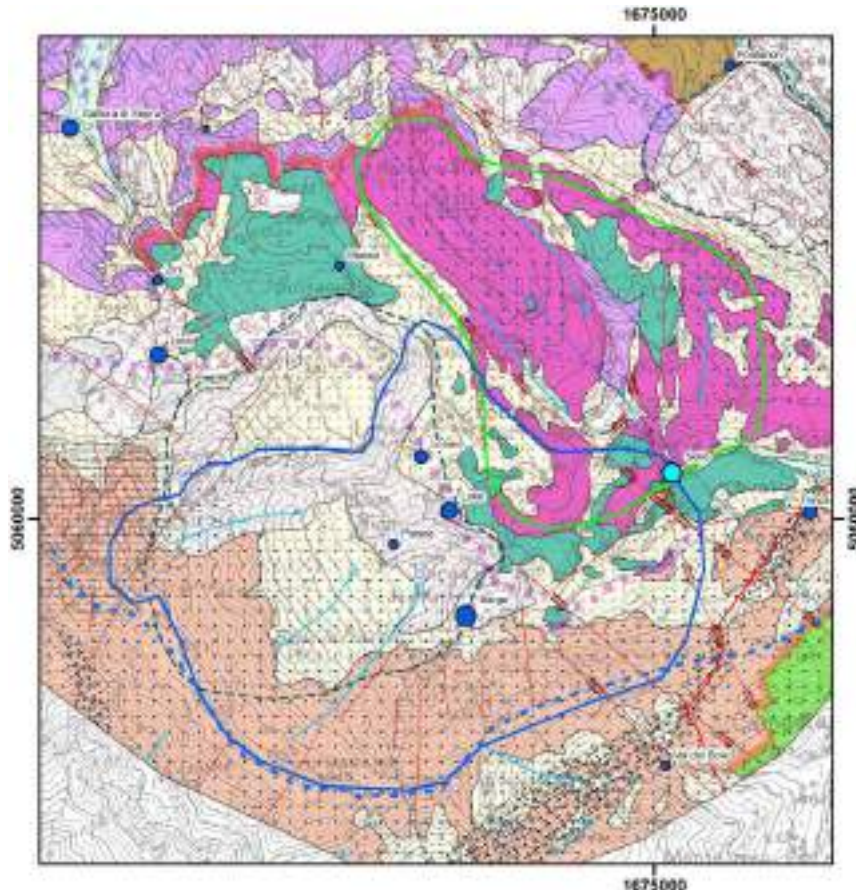


Figura 28 - Bacino della sorgente Selle. Estratto carta idrogeologica; la linea continua verde rappresenta l'area del bacino idrogeologico, la linea azzurra il bacino idrografico sotteso.

Il bacino idrografico sotteso dalla sorgente risulta avere una superficie paria circa 5,7 kmq e si sviluppa principalmente nei versanti posti a sud e ad est della scaturigine in esame.

L'esame geologico e la ricostruzione dell'assetto strutturale dell'area hanno evidenziato come il bacino idrogeologico (e l'area di alimentazione/infiltrazione) di pertinenza della sorgente Selle coincidano solo in minima parte con il bacino idrografico. Infatti, le acque meteoriche che si infiltrano nell'ampio versante meridionale, impostato nel Complesso calcareo-dolomitico e, analogamente al settore della sorgente Sette Fontane, anche questo interessato da fenomeni di dissesto gravitativo profondo, appaiono alimentare i sistemi di flusso relativi al gruppo di sorgenti Borga, Loke, Lonere e Piasea e non la sorgente Selle il cui Il bacino idrogeologico (stimato in circa 3 kmq di superficie), così come e le rocce serbatoio del circuito di alimentazione, risultano occupare il settore posto a NW della sorgente quasi interamente impostato nel complesso idrogeologico del Monte Spitz, qui molto fratturato ed interessato da processi carsici.

Per la sorgente Selle non si dispone purtroppo di dati di monitoraggio tali da consentire il calcolo analitico della curva di esaurimento tuttavia, basandosi sui valori di portata media sopra riportati può essere cautelativamente stimato un valore per il coefficiente di infiltrazione medio per il bacino idrogeologico intorno a 0.3.

Il gruppo di sorgenti Borgia, Loke, Ionere e Piasea risulta avere una portata media complessiva superiore ai 60 l/s, il bacino idrogeologico risulta stimabile in circa 4 kmq e come accennato in precedenza occupa un'area con caratteristiche litologiche tettoniche e di assetto generale, molto simili a quelle del bacino della sorgente Sette Fontane. La mancanza di informazione sul regime delle sorgenti non consente osservazioni analitiche accurate anche se, considerato il simile contesto geologico-strutturale non pare azzardato supporre un valore di  $I$  vicino a quello stimato per il bacino delle Sette Fontane.

### 2.13.3. SORGENTI DI RECOARO TERME

Per l'area Recoarese vanno infine ricordate le già citate sorgenti minerali, poco importanti in termini di portata ma di interesse socio-economico.

Tra le più importanti sono da menzionare:

- le sorgenti minerali ferruginose solfato-calciche fredde (sorgenti Lelia, Amara, Lorgna e Nuova) captate dagli stabilimenti di cura di Recoaro Terme, tutte localizzate al limite tra Arenarie di Val Gardena e basamento cristallino filladico o entro il basamento (parte sommitale dell'unità);
- le sorgenti minerali e medio-minerali ferruginose (sorgente Pace, fonti Abelina Capitello, Franco, Aureliana) che sgorgano con temperature comprese tra i 10 e 12 °C, generalmente al contatto tra filladi e filoni porfiritici;
- sorgenti oligominerali (Lora).

Le sorgenti minerali ferruginose solfato-calciche fredde e le sorgenti minerali e medio-minerali ferruginose sono tutte caratterizzate da portate molto basse, inferiori ad 1 l/s.

La sorgente Lora, la principale per portata tra quelle citate, è situata nel versante sinistro idrografico della Valle dell'Agno alla testata della valle Ricchelerà. L'acqua captata (portata media indicativa 10 l/s) viene sia imbottigliata sia utilizzata nello stabilimento termale di Recoaro. Sulla base della carta geologica dell'area si stima che i circuiti di alimentazione possano interessare il complesso Calcareo-Dolomitico, il sottostante complesso del Calcare di Monte Spitz e forse il Calcare di Recoaro. non si dispone tuttavia di dati geologici sufficienti per tracciare un quadro di dettaglio.

## 2.14. L'ALTOPIANO DEL FAEDO-CASARON

Il settore centro-meridionale dell'area in studio, come accennato in precedenza, è caratterizzato dalla presenza di un'estesa e potente serie di litotipi vulcanici e vulcano - detritici (complesso idrogeologico delle vulcaniti terziarie) a trasmissività molto bassa che non permette lo sviluppo all'interno della serie di corpi acquiferi di rilevanza. La giacitura prevalentemente suborizzontale della coltre di prodotti vulcanici (ad eccezione dei corpi magmatici intrusivi quali neck e filoni) che ammantano quasi completamente le dorsali collinari delle medie e basse Valli del Chiampo e dell'Agno condiziona lo sviluppo di circuiti in roccia di acquiferi significativi anche nelle sottostanti formazioni carbonatiche inibendo fortemente l'infiltrazione nel sottosuolo di acque meteoriche.

Nella dorsale collinare in sinistra idrografica della Valle dell'Agno compresa tra Monte di Malo, Priabona e Cornedo Vicentino questo monotono schema viene modificato per la presenza, al di sopra di una spessa coltre di vulcaniti basaltiche, di un potente piastrone di rocce calcarenitiche (riferibili alla formazione miocenica delle Calcareniti di Castelgomberto - complesso idrogeologico delle calcareniti oligoceniche) che forma un ampio altopiano, il Faedo - Casaron, articolato nella parte sommitale da tipiche strutture carsiche quali doline isolate e coalescenti e da dossi isolati costituiti in genere da strutture vulcaniche discordanti (neck).

Si tratta della principale area carsica presente nel dominio di studio, geologicamente molto nota e studiata per la presenza di importanti strutture ipogee tra le quali il "Buso della Rana", principale sistema carsico a sviluppo orizzontale italiano, nonché per le vicinanze con la serie stratigrafica "tipo" della Formazione di Priabona.

La carta schematica e la sezione geologica in Figura 29, realizzate sulla base del foglio 1:100.000 Verona della Carta Geologica d'Italia con alcune minori modifiche, forniscono un quadro del semplice assetto geologico-strutturale dell'area.

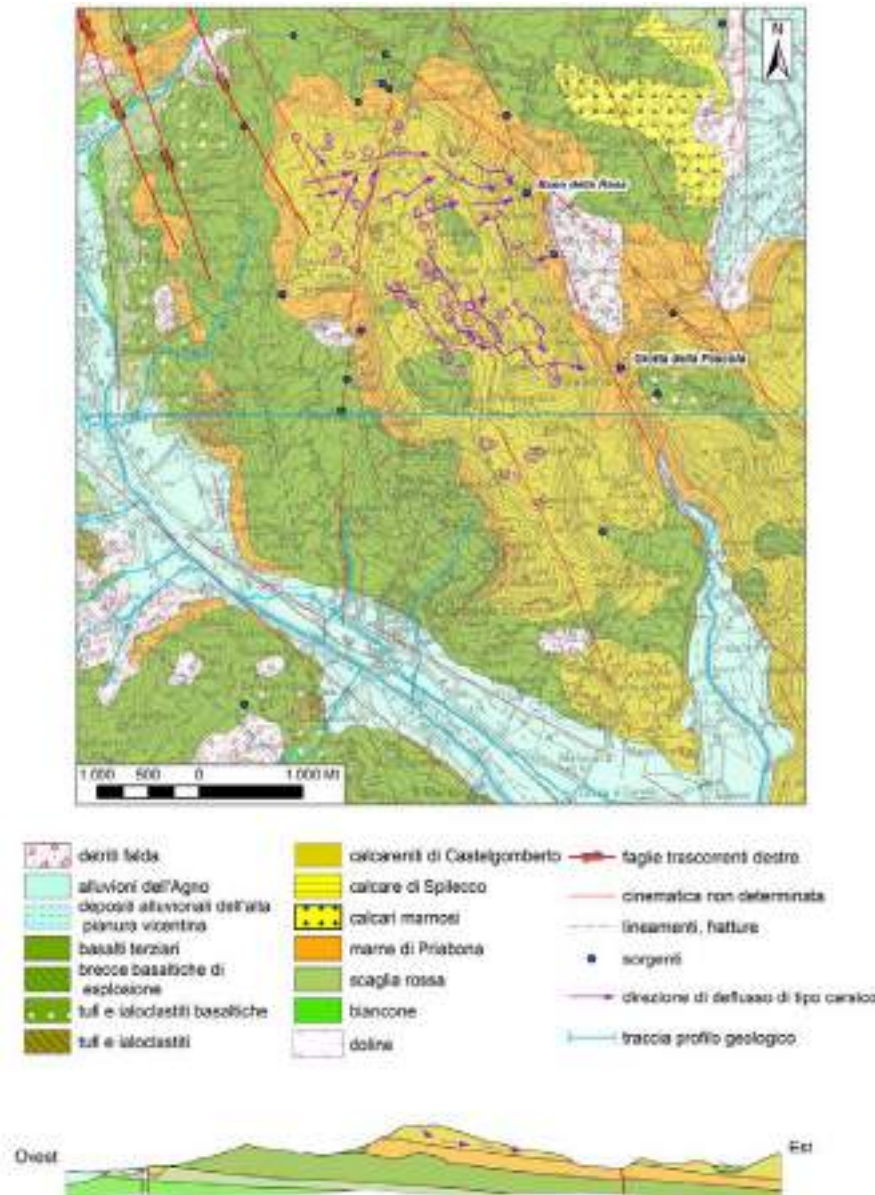


Figura 29 – Carta geologica e sezione dell'Altopiano del Faedo-Casaron

La presenza di un livello impermeabile basale (vulcaniti e marne di Priabona), la giacitura monoclinale con deboli e costanti pendenze verso ESE (vedi sezione in Figura 29) dell'altopiano e la presenza di sistemi di frattura a prevalente direzione scledense, sono i fattori che hanno guidato e condizionato la geometria dei circuiti carsici. Le acque che si infiltrano dalla sommità dopo aver seguito condotti ad alto angolo a forte controllo strutturale, raggiunto il livello di base impermeabile seguono cavità a sviluppo suborizzontale sino allo sbocco. All'assetto descritto è dovuto il fatto che praticamente tutte le acque del circuito vengono a giorno sul versante occidentale dell'altopiano trovando lo sbocco in due principali sorgenti carsiche: il Buso della Rana (Figura 30) e la Grotta della Poscola. Ciò comporta che, in questo settore, non vi sia coincidenza tra spartiacque idrografico e spartiacque idrogeologico, con la conseguenza che una



parte delle acque di infiltrazione meteorica del bacino idrografico della Valle dell'Agno contribuisce all'alimentazione delle sorgenti del Buso della Rana e della Grotta della Poscola.

Gli aspetti idrogeologici e geologici dell'altopiano del Faedo-Casaron sono accuratamente descritti nella tesi di E. Gleria (1985)<sup>1</sup> alla quale si rimanda per approfondimenti.



*Figura 30 – Ingresso della grotta del Buso della Rana; si noti il forte controllo della geometria della cavità da parte dei giunti di fratturazione subverticali*

---

<sup>1</sup> GLERIA E., (1985) Tesi di laurea: Studio Idrogeologico della struttura carbonatica del Faedo-Casaron, Università degli Studi di Ferrara. La tesi - così come altri studi di interesse idrogeologico sull'Altipiano del Faedo- Casaron - è consultabile in rete al sito [www.busodellarana.it](http://www.busodellarana.it). La tesi - così come altri studi di interesse idrogeologico sull'Altipiano del Faedo- Casaron - è consultabile in rete al sito [www.busodellarana.it](http://www.busodellarana.it)



### 3. SISTEMA POROSO DI FONDOVALLE

#### 3.1. PREMESSE

Le indagini descritte in questa sezione del rapporto conclusivo sono state sostanzialmente pianificate sulla base delle indicazioni tecniche di cui alla conclusione della Fase 1, relative ad esempio a lacune conoscitive emerse per il dominio di indagine.

In questa fase lo studio ha approfondito tali tematiche mediante acquisizioni sperimentali e documentali.

Si precisa comunque che, durante lo svolgimento delle indagini, la complessità del territorio e della materia trattata nonché le valutazioni analitiche effettuate a seguito dell'acquisizione dei primi dati sperimentali, ha imposto alcune variazioni sulla programmazione definita in fase preliminare.

Nei prossimi paragrafi verranno descritte le metodologie utilizzate e i risultati conseguiti in questo ambito.

Si tiene a puntualizzare che alla data del presente report alcune acquisizioni sono ancora attive per fornire elementi tecnici ed informazioni aggiornate in grado di integrare progressivamente il quadro conoscitivo in prospettiva di sviluppi scientifici successivi.

Per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici afferenti al sistema poroso, uno degli obiettivi prioritari è stato individuato nella stima dell'impatto quantitativo sulla risorsa idrica disponibile causato dai consumi idrici derivanti dai molteplici utilizzi civili ed industriali presenti nel sistema idrologico Chiampo-Agno-Guà.

Fin dal principio, quindi, l'approccio di analisi è stato orientato verso la definizione del bilancio idrogeologico entro il territorio in esame.

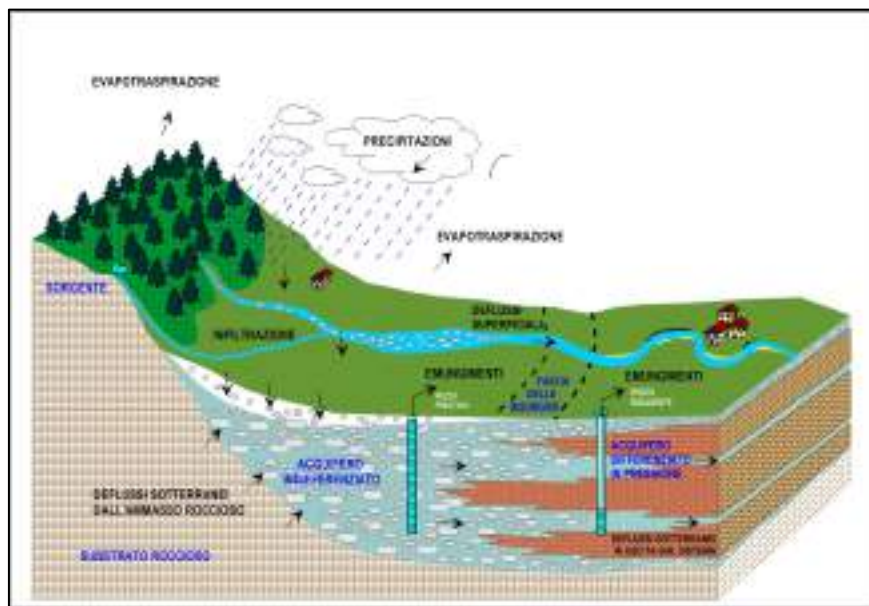


Figura 31 – Schema concettuale del sito

Tale concetto è stato via via sviluppato attraverso l'individuazione e la determinazione dei "fattori di bilancio" mediante l'acquisizione, l'organizzazione e l'elaborazione dei dati storici esistenti.

In riferimento al sistema poroso di fondovalle i fattori del bilancio idrogeologico risultano schematicamente essere (Figura 31):

- gli afflussi, termini "in entrata" che contribuiscono alla ricarica del sistema saturo:
  - precipitazioni efficaci
  - dispersioni dei corsi d'acqua

- contributi sotterranei provenienti dall'ammasso roccioso che delimita il sistema poroso;
- i deflussi, termini in uscita dal dominio:
  - evapotraspirazione
  - deflusso sotterraneo in uscita dal sistema
  - emungimenti e captazioni.

In Fase1 è stato possibile caratterizzare con sufficiente precisione alcuni di questi fattori (i.e. precipitazioni efficaci ed evapotraspirazione) mentre per altri è stata effettuata una prima valutazione mediante la raccolta e l'analisi dei dati disponibili sull'intero territorio arrivando a definire un programma preliminare di indagini volto a colmare le lacune conoscitive evidenziate.

Inoltre all'approccio di bilancio "statico", impiegato necessariamente nelle fasi di avvio del progetto e sostanzialmente basato sulla rassegna e sul confronto algebrico di elementi conoscitivi storici e bibliografici, è stato progressivamente sostituito un metodo più complesso, fondato sulla taratura sperimentale dei dati e sulla previsione dei trend di sostenibilità per lo sfruttamento della risorsa idrica.

L'esigenza di stima della sostenibilità può evidentemente comportare la definizione di vincoli socio-economici per il territorio e deve quindi rapportarsi in senso funzionale con lo stato di fatto e con i programmi di sviluppo urbanistico e produttivo del territorio.

Ancora sul merito di quanto sopra, gli studi hanno considerato che la programmazione dell'uso sostenibile delle acque sotterranee non può non derivare dall'effettiva conoscenza del rapporto tra "richiesta" e "disponibilità" della risorsa. Tra le possibili esigenze di sviluppo a medio termine si individua prioritariamente quella di evitare gli eccessi, di integrazione delle politiche di conservazione delle risorse con quelle di sviluppo dei settori industriale ed agricolo, e, soprattutto, quella di ridurre gli inquinamenti delle acque sotterranee.

La strutturazione di un database organizzato in ambiente GIS rappresenta uno strumento di valutazione indispensabile nella fattispecie in ragione dei seguenti fattori:

- l'estensione del dominio di indagine,
- l'eterogeneità idrogeologica dell'area,
- la complessità dei regimi naturali di ricarica,
- la molteplicità degli utilizzi antropici,
- il coordinamento degli Enti gestori entro il territorio.

In questa seconda fase del progetto si è previsto di definire, organizzare e gestire una rete di indicatori dinamici, al fine di poter disporre degli elementi caratteristici del sistema geoidrologico.

In particolare i maggiori sforzi sono stati finalizzati a:

- A. definire una rete di pozzi/piezometri per l'acquisizione del livello di falda entro il dominio delle alluvioni infravallive;
- B. ottenere un aggiornamento dell'andamento della superficie freatica mediante differenti campagne di misura in campo;
- C. istituire e gestire una rete di piezometri per il monitoraggio continuo dei livelli,
- D. mettere a punto un flusso sistematico di informazioni relative ai prelievi attraverso contatti tra gli enti preposti e gli altri organismi aventi funzioni di controllo ovvero di gestione delle risorse idriche,
- E. caratterizzare il dominio in studio per quanto attiene la presenza e la consistenza delle pressioni ambientali agenti sulla risorsa idrica sotterranea (eventi di contaminazione noti),
- F. parametrizzare l'area mediante la raccolta di informazioni provenienti da prove di pompaggio,
- G. istituire una rete per la misura di portate differenziali su sezioni significative lungo i corsi d'acqua principali, ai fini di aggiornare il quadro della ricarica per dispersione di subalveo.

### 3.2. RETE PIEZOMETRICA DI CONTROLLO

Il livello della tavola d'acqua sotterranea che satura le alluvioni infravallive può, nel medio-lungo periodo, divenire un importante indice di sostenibilità primaria.

Un primo *step* dell'indagine sperimentale è quindi consistito nel capillare censimento dei punti piezometrici disponibili. Le attività operative, eseguite su tutto il territorio di indagine da alcune squadre di operatori specializzati, hanno preso spunto dalla banca dati iniziale predisposta nel corso delle indagini di FASE1.

Lo *screening* preliminare è stato effettuato utilizzando tecnologie GIS per l'analisi spaziale dei dati disponibili.

In particolare tali attività sono state effettuate inizialmente mediante analisi delle cartografie e dei livelli informativi digitali disponibili e quindi mediante rilievi di campo nei mesi di luglio e agosto 2008. Un perfezionamento della rete piezometrica è stato realizzato successivamente nel luglio 2009.

Sono quindi stati effettuati numerosi sopralluoghi in campo che hanno consentito di effettuare le osservazioni e le misurazioni utili per la valutazione di rappresentatività di ogni singolo punto d'acqua.



Figura 32 – Alcuni esempi dei pozzi censiti sul territorio

In Figura 32 sono riportati alcuni esempi dei pozzi/piezometri considerati durante le rilevazioni.

I criteri di scelta sono stati i seguenti:

1. disponibilità dell'eventuale proprietario all'esecuzione dei rilievi,
2. condizioni generali del manufatto,
3. accessibilità per la misura del livello di falda tramite freatimetro centimetrato,
4. profondità del pozzo in relazione alle caratteristiche dell'acquifero intercettato.

In particolare sono stati esclusi i pozzi che:

- presentavano una pompa installata ai fini dell'irrigazione o per altri usi, comportando l'inaccessibilità per le misure e frequenti alterazioni del livello statico della falda dovute al pompaggio;
- erano ubicati troppo vicino ai versanti dei rilievi collinari, non intercettando quindi gli acquiferi in studio, ma solamente scorrimenti sub superficiali.

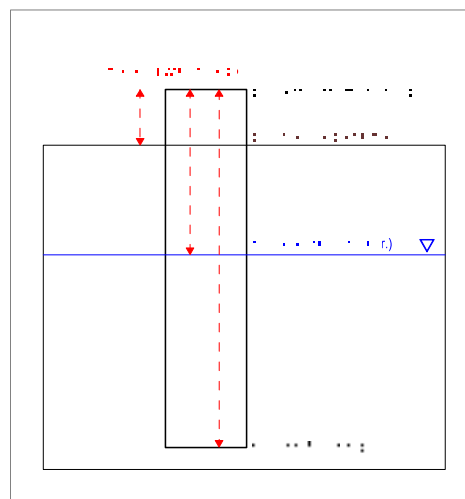


Figura 33 – Schema concettuale delle misure effettuate in campo

Alla fine del censimento è stato effettuato un primo rilievo della soggiacenza di falda associata alla misura del fondo foro del pozzo; inoltre sono stati individuati i punti di riferimento per le misurazioni successive e raccolti i dati costruttivi dell'opera.

Per esprimere il livello di falda in quota assoluta (m s.l.m.), le misure di campo sono state riferite alla quota del piano campagna tratta dalla C.T.R. 5000, secondo lo schema riportato in Figura 33.

L'esame critico dei dati di neoacquisizione ha permesso di definire la rete piezometrica di riferimento costituita da circa 100 pozzi distribuiti in circa 55 km<sup>2</sup>.

Tutte le informazioni riguardanti i pozzi/piezometri della rete sono state raccolte in un database, in cui sono presenti i seguenti dati:

- ID punto d'acqua,
- indirizzo e località,
- coordinate Gauss-Boaga,
- quota del piano campagna e del piano di riferimento,
- eventuali informazioni sullo schema di completamento e sulla successione stratigrafica,
- misure di soggiacenza di falda e data di rilevamento,
- foto dell'opera,
- cartografia di dettaglio.

La creazione di un database interconnesso con il sistema informativo geografico che raccoglie le caratteristiche tecniche e le misure della campagna freaticometrica risulta un supporto informatico anche per quanto attiene il monitoraggio chimico descritto nei capitoli seguenti.

Sulla base della rete piezometrica così definita sono state ad oggi effettuate quattro campagne freaticometriche di misura nei seguenti periodi:

- luglio 2008,
- settembre 2008,
- luglio 2009,
- ottobre 2010.

In appendice vengono riportati gli elaborati che rappresentano la ricostruzione del campo di flusso relativamente alle 4 campagne di misura, denominati **Carta freaticometrica - misure di luglio 2008, settembre 2008, settembre 2009, ottobre 2010**).

Le campagne di misura del 2008 hanno riguardato solamente la valle del Fiume Agno-Guà, come risulta evidente osservando i relativi elaborati dei rilievi di luglio e settembre. A seguire sono stati rilevati un numero sufficiente di punti di misura della falda lungo la valle del Torrente Chiampo, che hanno permesso di estendere le informazioni ad un'area più vasta, come rappresentato nelle carte freaticometriche di settembre 2009 e ottobre 2010.

Dall'analisi generale degli elaborati emerge che gli assi principali di deflusso della falda sono allineati con le aste fluviali principali.

Si riscontrano quindi una direttrice principale N – S all'interno del bacino idrografico del F. Agno-Guà ed una direttrice NO – SE all'interno del bacino del T. Chiampo; nella zona di incrocio tra le due valli, i due andamenti si uniscono assumendo una direzione comune allineata sull'asse NNO – SSE.

Le direzioni di deflusso subiscono una parziale deviazione nell'area di Montecchio Maggiore, dove virano indirizzandosi verso Est, seguendo l'apertura della zona valliva in direzione di Vicenza; la componente di deflusso appena descritta sembra infatti dividersi dall'andamento principale della falda, formando una diramazione secondaria.

In tutta l'area indagata la morfologia del substrato condiziona fortemente le direzioni di scorrimento, incanalando i flussi lungo le valli dove ha sede lo strato conduttivo più spesso e permeabile.

L'acquifero indifferenziato raccoglie inoltre le acque provenienti dai sistemi subsuperficiali dei versanti e dai corsi d'acqua che si originano nei rilievi.

La quota di falda nell'area di indagine è compresa tra 180 m s.l.m. (nell'alta valle del T.Chiampo) e 43 m s.l.m. (nella fascia di territorio più a sud in corrispondenza del territorio comunale di Montebello Vicentino).

Il gradiente idraulico varia da circa 1.5 – 2 % nelle aree più a nord e nell'intersezione tra le due valli, fino a circa 0.6 – 0.2 ‰ nella zona di valle, dove avviene la transizione da acquifero indifferenziato a sistema multi falda.

Le campagne evidenziano una relativa stabilità del regime idrogeologico, sia in termini di quota assoluta del livello di falda, sia per quanto riguarda i gradienti idraulici individuati.

Dal punto di vista dell'andamento dei deflussi di falda le freatimetrie finora condotte sono state realizzate in condizioni di livelli di falda medio-bassi rispetto alle oscillazioni registrate sul periodo.

Infatti nel periodo compreso tra luglio e ottobre gli acquiferi in studio presentano una fase calante del regime di falda, che inizia in tarda primavera a seguito della condizione di massima invernale (si veda a proposito il paragrafo 3.3).

La sincronia delle curve di livello monitorate sul lungo periodo permette di escludere una variazione stagionale del gradiente idraulico, quindi le campagne di misura realizzate possono essere considerate efficacemente rappresentative degli acquiferi indagati.

Per quanto concerne la gestione della rete, durante le indagini è stato possibile valutare ed effettuare una riduzione del numero dei piezometri ottenendo una diminuzione degli oneri di campo ma mantenendo lo stesso livello di informazioni utili per le elaborazioni previste. In particolare a partire dalla rete inizialmente predisposta di circa 100 punti d'acqua (utilizzata per le campagne finora effettuate) si è verificata la possibilità di eseguire le misure solo su 60 di questi.

Inoltre il database informatico è stato di fondamentale importanza per l'istituzione della rete di monitoraggio automatica come illustrato nel paragrafo a seguire.

Per concludere le misurazioni compiute nell'ambito di queste quattro campagne e le valutazioni effettuate in questo ambito dello studio hanno permesso di ottenere i seguenti risultati:

- redazione di carte isopiezometriche aggiornate (dati del 2008-2010) del distretto territoriale di studio; si precisa a tal proposito che le precedenti esperienze sono state effettuate negli anni 80;
- la definizione e l'ottimizzazione di una rete piezometrica finalizzata alle successive investigazioni;
- la pianificazione delle reti di controllo automatico.

### 3.3. MONITORAGGIO PIEZOMETRICO AUTOMATICO

#### 3.3.1. PROGETTAZIONE DELLA RETE DI CONTROLLO



Sulla base dei punti di misura disponibili entro il territorio di interesse si è progressivamente strutturata una rete di monitoraggio automatica, attraverso l'installazione e la gestione di stazioni di misura in continuo del livello di falda. Le stazioni di monitoraggio sono state selezionate a partire dal database della rete freaticometrica (paragrafo 3.2) individuando i punti di controllo più idonei per posizione e caratteristiche costruttive.

Attualmente entro il dominio sono installate n. 12 sonde, gestite dagli scriventi, e distribuite rispettivamente in alta e media pianura come viene illustrato in Figura 34.

Le oscillazioni della tavola d'acqua sono riconducibili ai fattori di alimentazione dell'acquifero e ai loro trend di intensità nel corso dell'anno. Inoltre in particolar modo all'interno del territorio in esame tali fattori possono variare anche da zona a zona in base a:

- distribuzione delle precipitazioni (le precipitazioni annuali medie tra Recoaro e Lonigo variano da circa 2000 mm/anno a circa 800 mm/anno (1961-1990));
- eterogeneità della geologia del substrato roccioso;
- estensione dei tratti disperdenti dei fiumi.

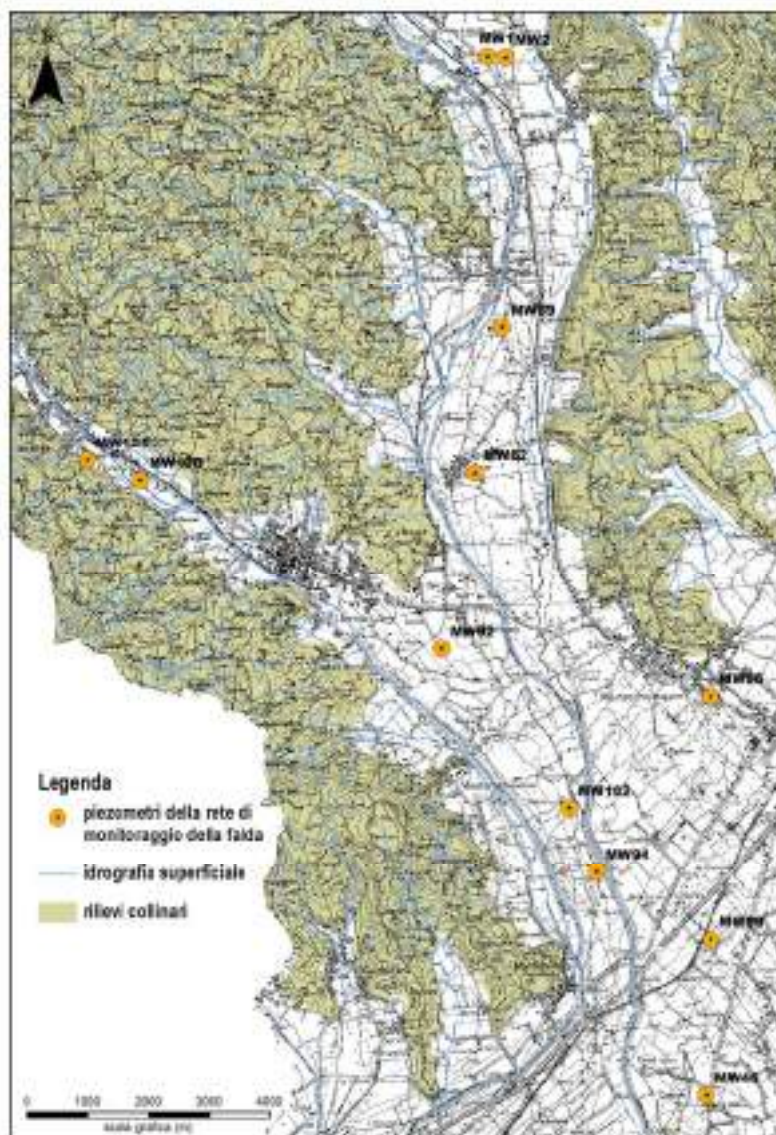
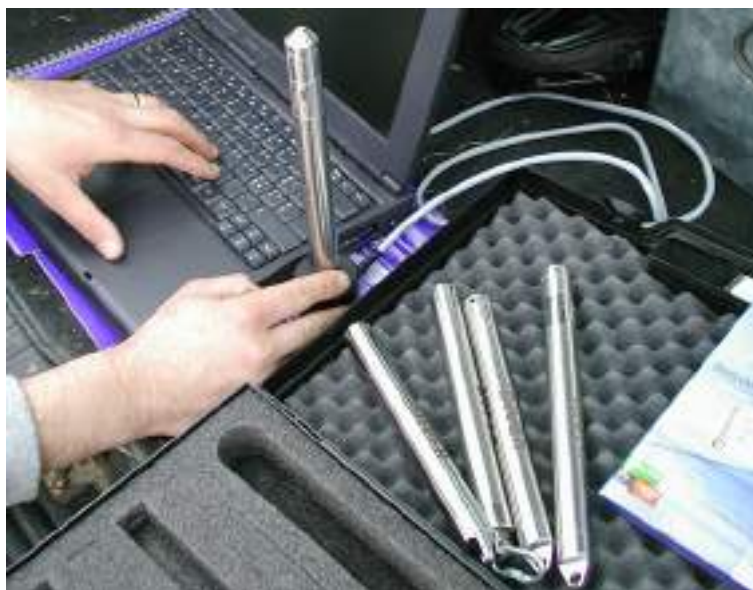


Figura 34 – Ubicazione dei punti d'acqua censiti e delle stazioni di monitoraggio piezometriche

In ognuno dei punti d'acqua considerati per il controllo remoto della piezometrica è stato installato un trasduttore di pressione munito di datalogger che, secondo la frequenza preimpostata, effettua una registrazione del battente idraulico in foro.

Nelle immagini a seguire sono illustrate le tipologie di sonde automatiche, costituite da un trasduttore di pressione ed un datalogger.



*Figura 35 - TD Diver e Mini TD Diver prodotti da Schlumberger Water Services*



*Figura 36 - Datalogger DL/N 70 prodotti da STS*



Figura 37 - Trasduttore di livello e datalogger prodotti da Tecnopenta

Ogni sensore presenta caratteristiche differenti, in particolare per quanto riguarda il *range* di pressione misurabile e la sensibilità alle variazioni del parametro. Il tipo di sonda è stato quindi scelto a seconda dell'acquifero da monitorare e delle caratteristiche del piezometro in modo che il sensore sia in grado di registrare correttamente le variazioni di battente idraulico sito specifiche.

Le registrazioni della pressione esercitata dalla colonna d'acqua sono state compensate con la pressione atmosferica, opportunamente rilevata da una sonda barometrica (Figura 38) in corrispondenza dei medesimi step di acquisizione delle sonde ad immersione precedentemente descritte.

Ad ogni scarico dei dati, periodicamente organizzato anche con finalità manutentive dei sensori, è stata effettuata la misura manuale della soggiacenza di falda, mediante freatimetro centimetrato, finalizzata alla taratura del sistema di monitoraggio automatico in continuo.

Per ogni punto di osservazione è stato possibile ricavare l'andamento del livello piezometrico rappresentato dai grafici inseriti nelle **schede monografiche** allegate in appendice che nel dettaglio contengono le seguenti informazioni:

- inquadramento cartografico generale estratto dalla cartografia IGM alla scala 1:50.000;
- inquadramento cartografico di dettaglio estratto dalla cartografia regionale CTR alla scala 1:5.000;
- grafico della quota di falda confrontato con le precipitazioni registrate nell'intorno del sito e rappresentate tramite istogramma;
- fotografia del punto di monitoraggio;
- informazioni geografiche e costruttive sul piezometro/pozzo di riferimento.



Figura 38 – Sonda di acquisizione automatica di tipo barometrico



Per quanto riguarda le precipitazioni, al fine di approfondire la correlazione tra il regime idrogeologico locale e le precipitazioni efficaci, sono state:

- raccolte le informazioni considerando le stazioni meteorologiche facenti parte della rete di controllo di ARPA Veneto e ubicate entro il dominio,
- acquisite altre informazioni di interesse locale, tramite pluviometri autonomamente<sup>2</sup> gestiti sul territorio.

La rete di monitoraggio è stata definita per fasi successive in base alle informazioni raccolte durante le campagne freaticometriche e i dati ottenuti tramite le prime acquisizioni in automatico.

Nella tabella a seguire sono indicati gli intervalli di acquisizione fino all'ultimo aggiornamento avvenuto tra settembre e novembre 2010:

Pozzo	Monitoraggio		Comune - Località
	Dal	al	
MW1	24/06/09	→ 29/09/10	Cornedo
MW2	24/06/09	→ 29/09/10	Cornedo
MW46	17/02/09	→ 13/09/10	Sarego
MW62	14/10/10	→ 29/11/10	Arzignano
MW69	13/10/10	→ 29/11/10	Trissino
MW92	27/12/05	→ 29/09/10	Arzignano
MW94	17/10/06	→ 22/10/10	Zermeghedo
MW96	28/09/10	→ 29/11/10	Montecchio Maggiore
MW99	27/01/09	→ 29/09/10	Montebello Vicentino
MW100	17/10/03	→ 20/09/10	Chiampo
MW101	04/06/09	→ 29/09/10	Chiampo
MW102	08/06/06	→ 22/10/10	Zermeghedo

Si specifica che alla data della presente relazione tutte le sonde sono attive e in acquisizione.

Per effettuare una prima analisi dei regimi piezometrici, nel proseguo della trattazione si riportano le curve di livello suddivise in base alla zona di competenza al fine di descrivere i regimi idrogeologici locali e confrontarli con le precipitazioni registrate nella stazione pluviometrica più vicina. In questo modo possono essere evidenziati i elementi che caratterizzano dal punto di vista dei trend piezometrici le differenti porzioni del territorio indagato.

I punti d'acqua monitorati sono stati aggregati come a seguire:

- acquifero di sub-alveo del Torrente Chiampo,
- acquifero di sub-alveo dell'alta valle del Fiume Agno
- acquifero indifferenziato - settore est (Fiume Agno-Guà),
- acquifero indifferenziato - settore ovest,
- acquifero confinato.

<sup>2</sup> di proprietà di Sinergeo Srl

### 3.3.2. ACQUIFERO DI SUB-ALVEO DEL TORRENTE CHIAMPO

L'andamento piezometrico di questo settore di territorio è rappresentato dalle curve acquisite presso i piezometri MW100 e MW101.

In particolare si osserva che l'acquisizione presso il punto MW100 è attiva da più di sette anni (inizio monitoraggio nell'ottobre 2003).

Per permettere il confronto tra le due curve nel grafico di Figura 39 si è scelto di rappresentare solamente l'ultimo periodo di acquisizione compreso tra giugno 2009 e ottobre 2010. Si rimanda alle schede monografiche in allegato per visualizzare l'intera curva monitorata.

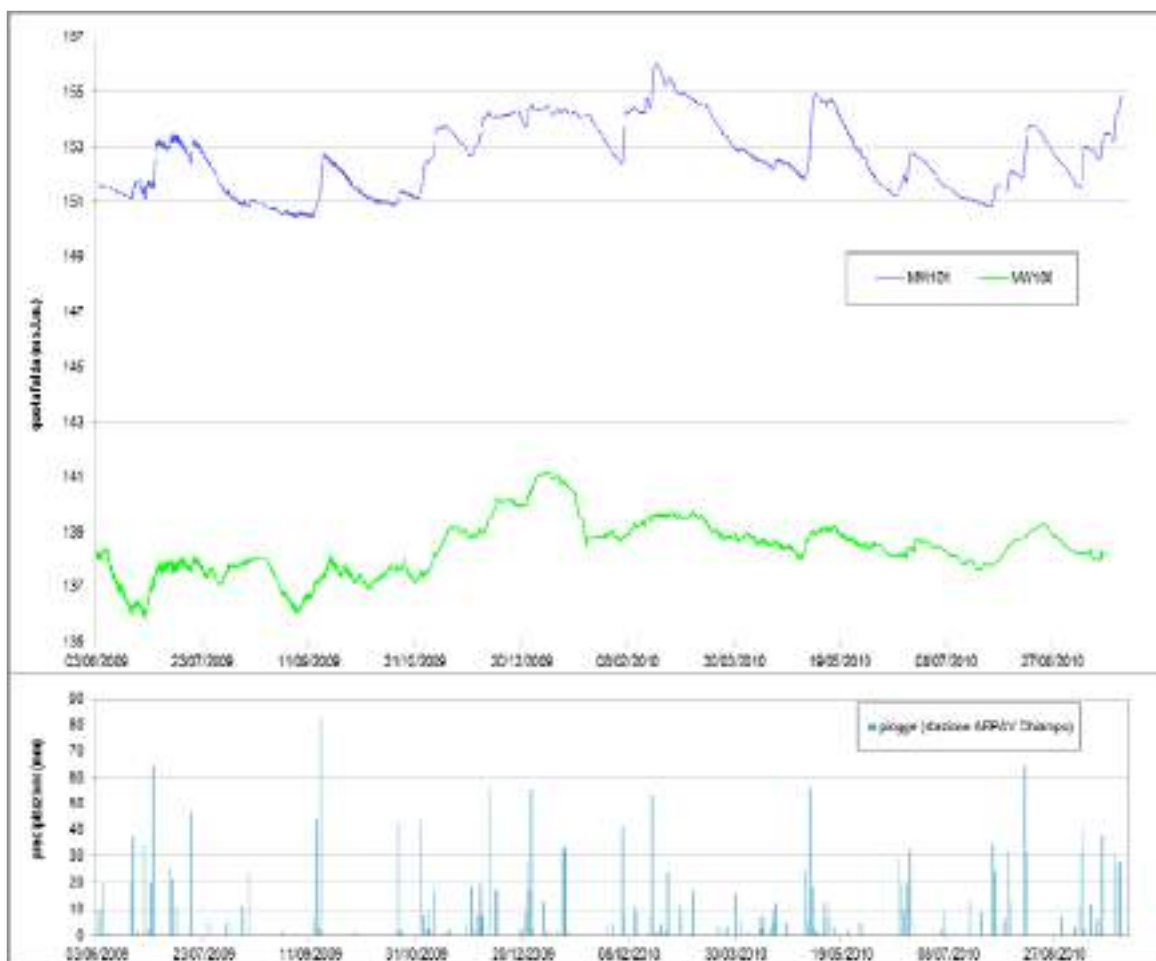


Figura 39 – Andamento dei livelli di falda registrati presso i punti MW100 e MW101

L'andamento mostra oscillazioni massime di livello pari a circa 5 metri, comprese tra 150 – 155 m s.l.m. in MW101 e 136 – 141 m s.l.m. in MW100.

In MW101 si notano picchi della curva di livello più accentuati rispetto a MW100; tale comportamento è riconducibile alla posizione del piezometro MW101, più vicino al versante collinare. Infatti il regime idrogeologico ai piedi del rilievo viene maggiormente influenzato dall'infiltrazione delle precipitazioni meteoriche e dalla componente di deflusso proveniente dall'ammasso roccioso.



Il livello di falda reagisce repentinamente all'infiltrazione efficace delle precipitazioni: si nota infatti un'immediata variazione del livello piezometrico fin dalle prime piogge nei periodi a maggiore densità di precipitazioni, a significare un rapporto diretto tra la ricarica di origine meteorica e l'innalzamento della quota di falda.

Per quanto concerne l'andamento medio annuale, generalmente i livelli di falda maggiori sono osservati durante la primavera (aprile-maggio) mentre il picco negativo vien individuato tra settembre e novembre.

### 3.3.3. ACQUIFERO DI SUB-ALVEO DEL FIUME AGNO

Il settore dell'alta valle del F. Agno è rappresentato attualmente da due sonde installate presso i piezometri MW1 e MW2 a partire dal giugno 2009.

Anche in questo caso le curve mettono in luce un comportamento tipico di un acquifero libero ad elevata conducibilità; ciò risulta particolarmente evidente se si osserva la proporzionalità diretta tra densità di precipitazione ed innalzamento del livello di falda.

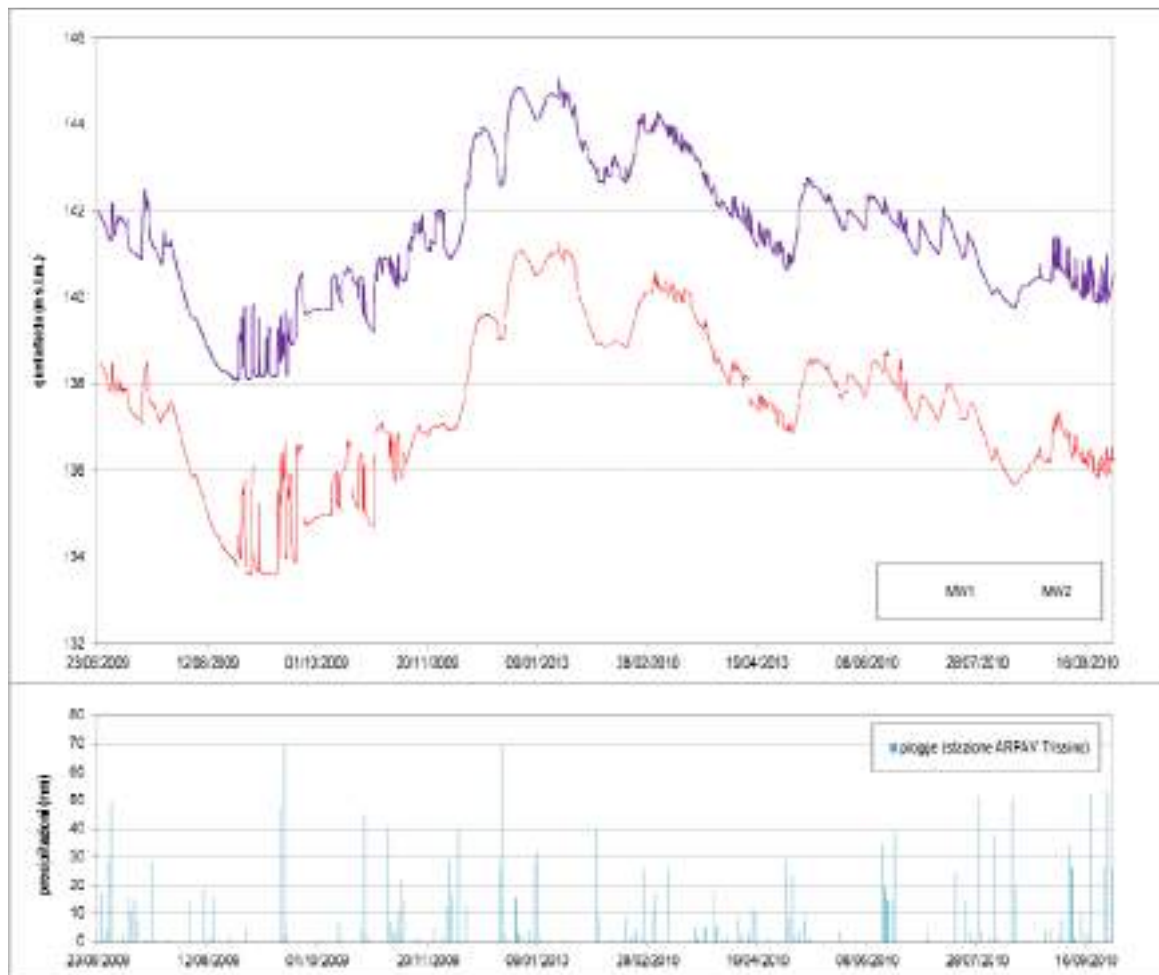


Figura 40 – Andamento dei livelli di falda registrati presso i punti MW1 e MW2

La variabilità stagionale della quota è di 7 metri circa in entrambi i punti di osservazione con il livello che varia da 138.1 a 144.9 m s.l.m. in MW1 e da 133.6 a 141.0 m s.l.m. in MW2.

La serie dei dati disponibili permette di evidenziare due periodi di magra corrispondenti alle stagioni estive del 2009 e 2010; nei mesi di gennaio e febbraio 2010 il regime freatico raggiunge invece i massimi valori in termini di quota assoluta.

Le oscillazioni anomale che turbano l'andamento delle curve in alcuni periodi dell'anno non sono riconducibili all'infiltrazione efficace dovuta alle precipitazioni, ma alla ricarica artificiale imposta all'acquifero in questo settore di pianura. I punti MW1 e MW2 sono infatti piezometri di monitoraggio del sito sperimentale di ricarica delle falde tramite pozzi bevitori realizzato a Cornedo Vicentino per il Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta e in collaborazione con la Provincia di Vicenza<sup>3</sup>.

### 3.3.4. ACQUIFERO INDIFFERENZIATO - SETTORE EST (FIUME AGNO-GUA)

Le curve di monitoraggio dei piezometri MW69, MW62 e MW96 si basano su una serie di dati relativamente breve, però risultano essere comunque indicative del comportamento della falda nel tratto centro-orientale della valle dell'Agno.

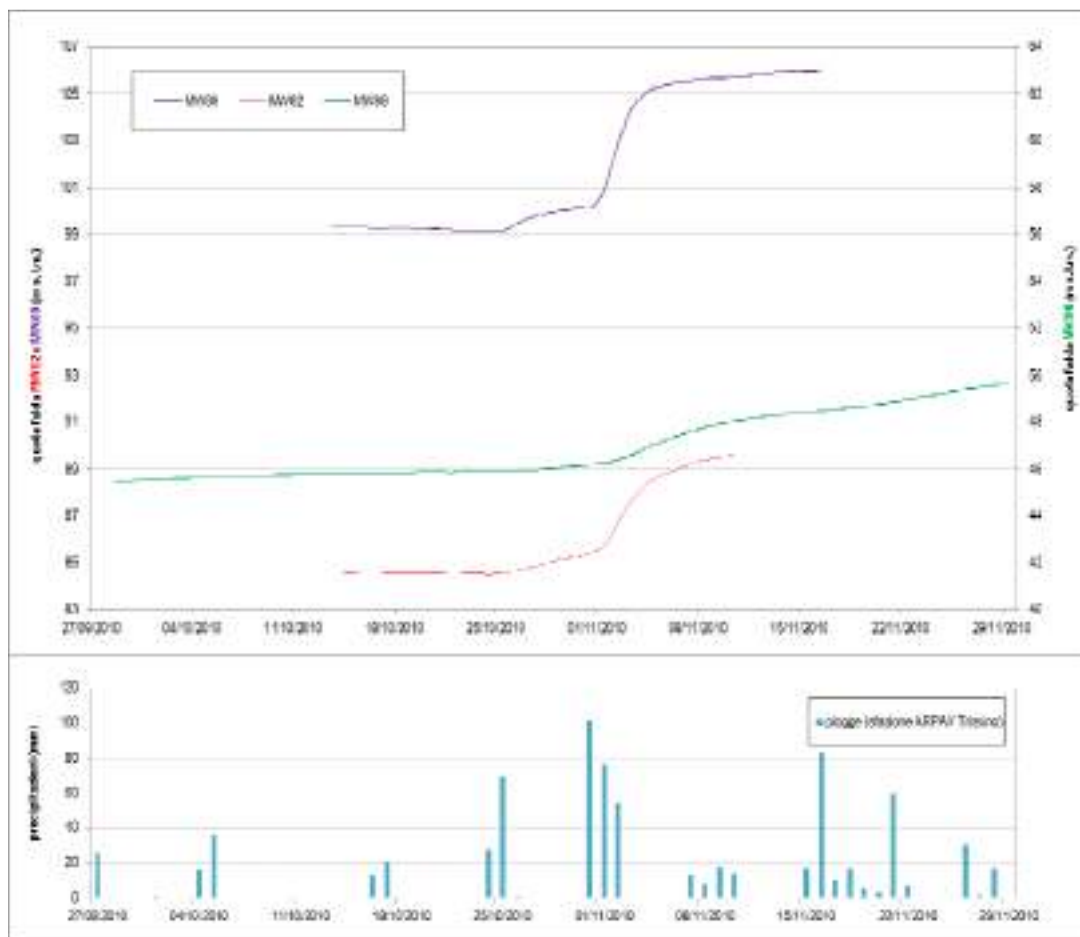


Figura 41 – Andamento dei livelli di falda registrati presso i punti MW62, MW69 e MW96

<sup>3</sup> Per maggiori informazioni si rimanda alla relazione idrogeologica redatta da Sinergeo srl "Indagini geoidrologiche di supporto al progetto del sistema di ricarica sperimentale delle falde tramite pozzi bevitori a Cornedo Vicentino").Comm.: Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta

In particolare è interessante osservare la reazione del livello piezometrico agli intensi eventi piovosi dei primi giorni di novembre 2010; a partire dal piezometro ubicato più a Nord (MW69) fino a quello più meridionale (MW96) si nota un innalzamento della quota di falda sempre più attenuato.

Infatti MW69 mostra un aumento di livello pari a 7 metri circa, MW62 fa vedere un innalzamento di poco più di 4 metri, mentre in MW96 si registrano circa 2 metri di incremento riconducibile alle precipitazioni considerate per il confronto.

Analizzando i monitoraggi registrati in questi 3 punti di osservazione è possibile individuare il passaggio dal sistema indifferenziato, che caratterizza la fascia settentrionale della valle dell'Agno, al sistema confinato tipico della zona a sud.

Il piezometro MW96 è dislocato in prossimità delle fascia delle risorgive ed è quindi testimone del regime idrogeologico della zona di transizione dall'acquifero libero unico al sistema differenziato.

### 3.3.5. ACQUIFERO INDIFFERENZIATO - SETTORE OVEST

I punti di osservazione MW92, MW102 e MW94 sono ubicati tra le due principali aste fluviali dei bacini idrografici di interesse per il territorio indagato: il Torrente Chiampo e il Fiume Agno-Guà. Da un'analisi fisiografica del settore

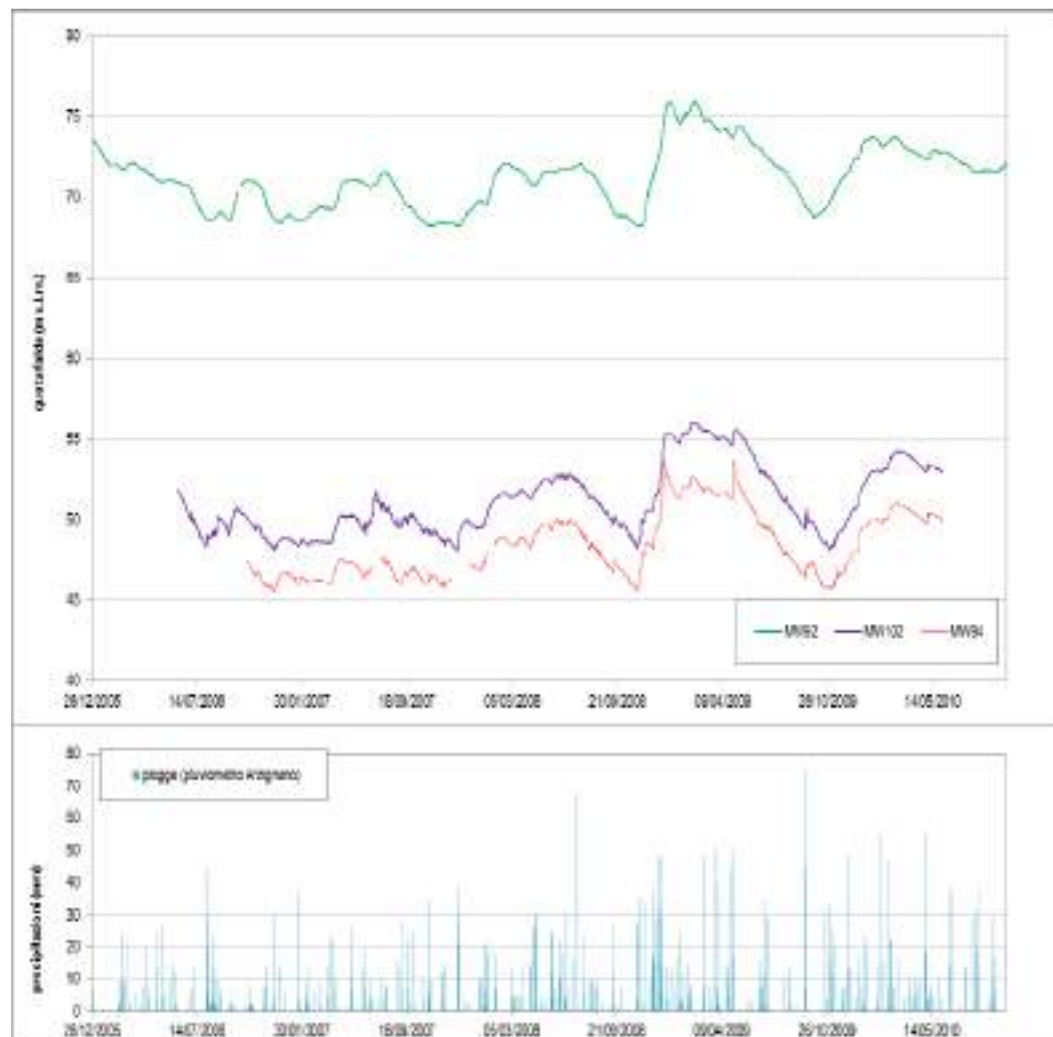


Figura 42 – Andamento dei livelli di falda registrati presso i punti MW92, MW102 e MW94

sembra evidente che l'idrogeologia di questa fascia di territorio, nella zona centro-occidentale, risulta essere fortemente condizionata dai due corpi idrici superficiali menzionati.

Esiste anche in questo caso una relazione diretta tra le variazioni stagionali di livello e precipitazioni, evidentemente rilevabile in tutti e tre gli andamenti graficati; le oscillazioni della quota di falda sono comprese in un *range* di 7 m circa.

I monitoraggi evidenziano una fase crescente che inizia ad ottobre-novembre e raggiunge il massimo livello a fine dicembre; il plateau di massima viene mantenuto fino a tarda primavera, quando si assiste ad un trend decrescente della quota di falda che dura fino all'autunno successivo. La brusca inversione di tendenza dei livelli piezometrici segna la fine del ciclo annuale.

Il piezometro MW92 rende conto del regime freatico che si riscontra all'incrocio delle due valli; nell'idrostruttura locale si assommano quindi gli apporti idrici provenienti da Nord-Ovest e da Nord-Est.

### 3.3.6. ACQUIFERO CONFINATO

I punti di monitoraggio posti nel settore più meridionale sono MW99 e MW46 ed entrambi interessano il sistema confinato a sud dei bacini delle valli dell'Agno-Guà e del Chiampo.



Figura 43 – Andamento dei livelli di falda registrati presso i punti MW46 e MW99



Le due curve di livello sono in fase e le velocità di risposta all'apporto idrico da infiltrazione efficace delle piogge sono praticamente identiche.

La principale differenza consiste nelle più ampie escursioni rilevate in MW99, che si trova più a monte rispetto all'altro piezometro considerato e quindi risente maggiormente dei deflussi sotterranei provenienti dall'acquifero indifferenziato. La quota di falda in MW99 subisce variazioni di circa 3-4 metri, mentre in MW46 si registrano massimi e minimi che si discostano al massimo di 1-1.5 metri.

A conclusione del presente paragrafo si precisa che in relazione alla tematica del controllo piezometrico continuo sono inoltre in atto protocolli di coordinamento e scambi informativo con gli Enti acquedottistici che gestiscono la risorsa idrica sotterranea e che, per le proprie finalità istituzionali, hanno già allestito registrazioni più o meno organizzate e organiche delle portate, dei livelli di falda etc.

### 3.4. RETE IDROMETRICA DI MISURA

Tra i diversi contributi "in entrata" al sistema idrogeologico in studio non si può trascurare la dispersione idrica che, soprattutto nelle zone di alta pianura, si esplica dagli alvei ghiaiosi dei corsi d'acqua.

La granulometria dei terreni infravallivi della maggior parte del territorio in esame è di tipo permeabile, favorendo il fenomeno di alimentazione della falda.

Si tiene a precisare che per la definizione di questi punti di misura si è fatto riferimento anche alle indagini idrogeologiche<sup>4</sup> sviluppate nel corso degli anni '80-'90 entro il territorio in esame. Tali ricerche definivano, se pur in via preliminare, i tratti a comportamento prevalentemente disperdente e quelli drenanti.

Nell'ambito dello sviluppo del presente incarico si è ritenuto importante curare un approfondimento sperimentale del quadro conoscitivo disponibile inerente la portata fluente e dispersa dei due corsi d'acqua principali.

Le attività, condotte prioritariamente presso il dominio di ricarica sono state organizzate e condotte autonomamente dagli scriventi, in ordine al poter disporre di un contributo per la realizzazione di una rete di misura delle portate.

Lo studio di Fase 2 ha in tal senso previsto l'individuazione di alcune "stazioni idrometriche" (Figura 44) presso le quali effettuare misure di portata lungo i tracciati del Fiume Agno-Guà e del Torrente Chiampo ed all'innesto dei loro maggiori tributari.

In particolare sono state considerate:

- Torrente Chiampo
  - n° 6 sezioni lungo l'asta principale,
  - n° 1 sezione lungo Roggia Arzignano in uscita dal torrente in località Arso,
  - n° 1 sezione lungo Rio Rodegotto poco prima della confluenza con il corso d'acqua a Zermeghedo,
- Fiume Agno-Guà
  - n° 5 sezioni lungo l'asta principale,
  - n° 4 sezioni lungo i 4 principali affluenti.

Al fine di una verifica preliminare per la definizione delle rete di misura tra il 30 marzo e il 1 aprile 2010 sono state effettuate alcune misurazione lungo le varie sezioni.

<sup>4</sup> Antonelli R., Mari G.M. - Considerazioni su uno studio idrogeologico di base per la realizzazione della carta di vulnerabilità nella bassa valle del Fiume Agno-Guà (Monti Lessini Orientali Vicenza). Modena, 1990

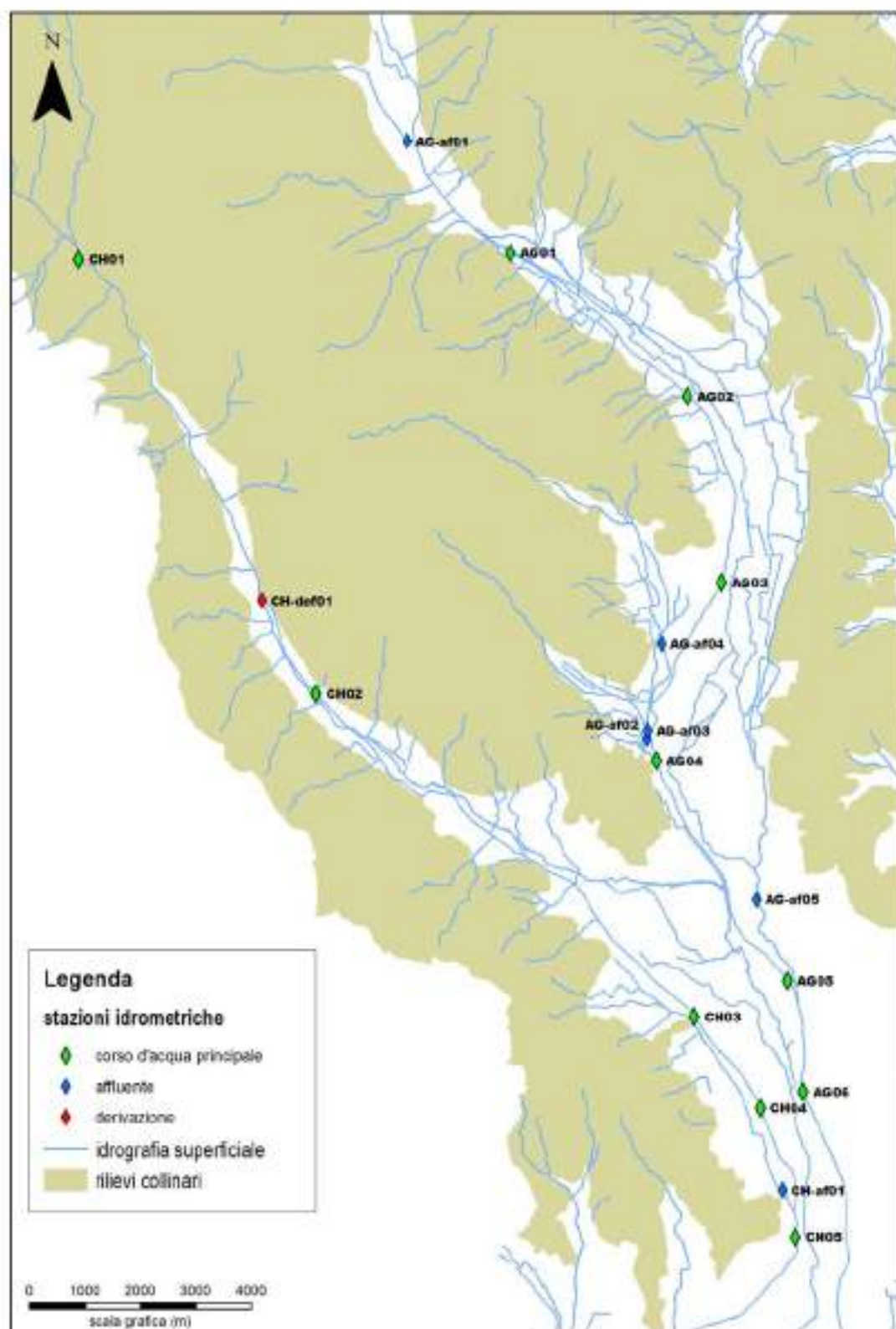


Figura 44 –Ubicazione delle stazioni idrometriche finora individuate lungo le aste dei corsi d'acqua principali

Per misurare la portata in corrispondenza delle sezioni è stato utilizzato un correntometro doppler<sup>5</sup>, che consiste in una sonda idrometrica ad immersione, corredata di un trasduttore di pressione, in grado di rilevare la velocità dell'acqua e di attribuirne la misura automaticamente ai differenti battenti indagati: i dati acquisiti su singola verticale vengono integrati lungo la sezione bagnata di indagine (Figura 45) fino a fornire il dato di portata fluente.

Le misure correntometriche sono state realizzate a guado nel fiume, lungo sezioni preventivamente individuate durante un sopralluogo iniziale.

Si rimanda all'elaborato [Repertorio fotografico](#) per una panoramica delle fasi di misurazione e delle sezioni considerate.

Prima di effettuare ogni singola prova di portata è stata fissata sulle sponde una cordella metrica per indicare le distanze progressive.

Lo strumento utilizzato ha permesso di effettuare le letture di velocità dell'acqua fluente su verticali di misura disposte ad intervalli regolari lungo la sezione.

Oltre alla velocità, con il correntometro è stato rilevato il battente d'acqua in ogni verticale di misura, in modo da poter calcolare l'area della sezione e quindi il relativo valore di portata.



Figura 45 – Correntometro doppler

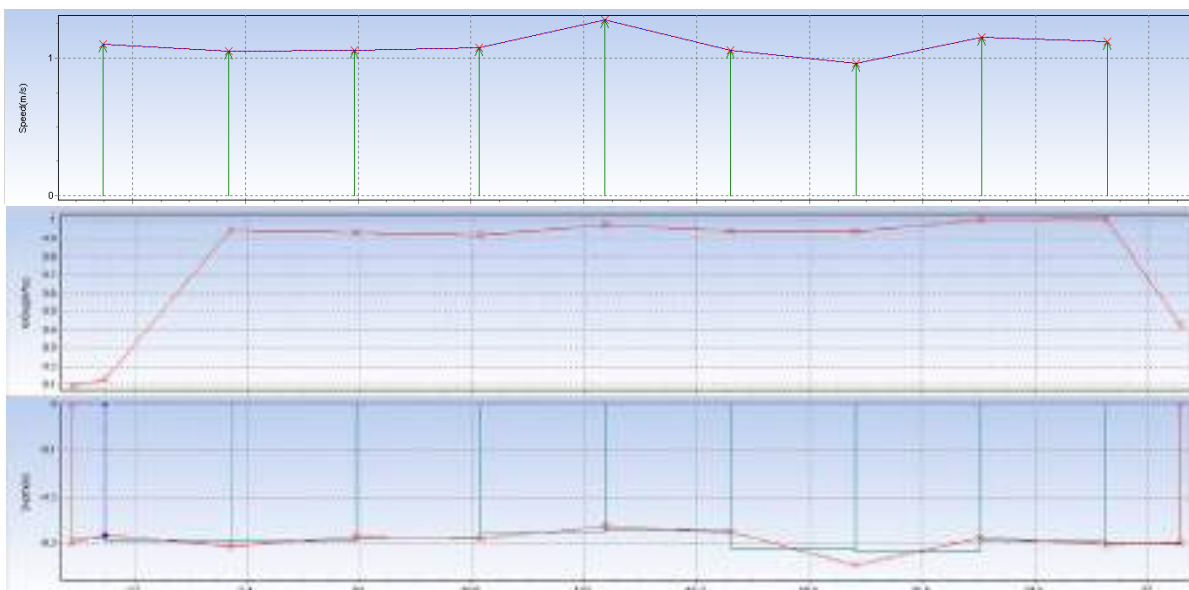


Figura 46 – Esempio di elaborazione dei dati di velocità (Speed), portata (Q/seg) e battente idraulico (Depth) registrati lungo la sezione di misura; in ascissa la distanza progressiva (in metri) da sponda a sponda

Gli operatori si sono spostati quindi ad intervalli regolari lungo la traccia della sezione indicata dalla cordella metrica ed hanno effettuato le misure di velocità in più punti a partire dal letto fino al pelo libero del fiume.

I dati registrati dal datalogger collegato allo strumento sono stati infine interpretati tramite apposito software che fornisce i risultati delle misure correntometriche come rappresentato in Figura 46.

<sup>5</sup> correntometro portatile acustico doppler OTT mod. ADC

I risultati di questa prima verifica sono riportati nella tabella a seguire:

Bacino idrografico	ID sezione	Tipologia corso d'acqua	Corso d'acqua	Q (m3/s)	H da p.r.	Località	Comune
CHIAMPO	CH01	principale	Torrente Chiampo	0.9	5.8	Molino	Altissimo
CHIAMPO	CH-def01	derivazione	Roggia di Arzignano	0.1	2.43	Arso	Chiampo
CHIAMPO	CH02	principale	Torrente Chiampo	0.9	4	Chiampo	Chiampo
CHIAMPO	CH03	principale	Torrente Chiampo	1.4	6.6	Montorso	Montorso
CHIAMPO	CH04	principale	Torrente Chiampo	1.0	6.8	Zermeghedo	Zermeghedo
CHIAMPO	CH-af01	affluente	Rio Rodegotto	0.1	2.11	Zermeghedo	Montebello Vicentino
CHIAMPO	CH05	principale	Torrente Chiampo	1.1	5.38	Montebello Vicentino	Montebello Vicentino

AGNO GUA'	AG-af01	affluente	Torrente Rio	0.6	2.48	Valdagno	Valdagno
AGNO GUA'	AG01	principale	Fiume Agno-Guà	8.5	6.82	Stivanelli	Cornedo Vicentino
AGNO GUA'	AG02	principale	Fiume Agno-Guà	8.3	4.62	Brogliano	Brogliano
AGNO GUA'	AG03	principale	Fiume Agno-Guà	9.3	7.18	Trissino	Trissino
AGNO GUA'	AG-af02	affluente	Torrente Restena	0.5	2.96	Via Restena	Arzignano
AGNO GUA'	AG-af03	affluente	Roggia Dugale	0.1	4.35	Via Restena	Arzignano
AGNO GUA'	AG-af04	affluente	Torrente Arpega	0.3	2.85	Parlati	Trissino
AGNO GUA'	AG04	principale	Fiume Agno-Guà	9.6	6.08	Tezze	Arzignano
AGNO GUA'	AG-af05	affluente	Torrente Poscola	0.1	3.86	Via Molinetto	Montecchio Maggiore
AGNO GUA'	AG05	principale	Fiume Agno-Guà	7.5	7.56	Via Ponte Guà	Montecchio Maggiore
AGNO GUA'	AG06	principale	Fiume Agno-Guà	7.3	1.34	Oltrechiampo	Zermeghedo

Si precisa che in questa fase non si intende arrivare a un'interpretazione dei dati acquisiti, in quanto le indagini finora effettuate sono volte all'individuazione delle stazioni più adatte per la pianificazione della rete di misura.

Inoltre le misurazioni sono state effettuate nell'arco di tre giorni in cui le condizioni meteorologiche e quindi di portata dei corsi d'acqua sono variate in modo consistente.

Si deve ancora considerare che oltre agli affluenti di cui è stata calcolata la portata, le due aste principali ricevono il contributo di numerosissimi altri corsi d'acqua che non permettono l'ottenimento di una valutazione precisa delle portate disperse.

La complessità del sistema è stata evidenziata nel corso delle indagini di Fase 2 anche grazie ai contatti intercorsi con il Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta<sup>6</sup> che ha permesso una prima schematizzazione del complesso reticolo delle rogge e degli scoli derivati e affluenti.

Nell'ambito del progetto è stata anche posizionata una sonda per la misura in continuo del battente idrometrico in alveo in corrispondenza del Fiume Agno.

La stazione di misura (idrometro) è stata posizionata presso il punto di misura denominato AG6 in località Oltrechiampo in Comune di Zermeghedo nell'ambito di alcune indagini per il monitoraggio idro-qualitativo della falda<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> ex Consorzio di Bonifica Riviera Berica e ex Consorzio di Bonifica Zerpano

<sup>7</sup> commissionate da Medio Chiampo S.p.A.



Il grafico di Figura 47 mostra l'andamento pluviometrico ed idrometrico e si riferisce al triennio giugno 2006 – giugno 2010.

Tali dati di regime oltre a evidenziare il carattere torrentizio del corso d'acqua possono essere impiegati per correlare eventi pluviometrici di particolare intensità o durata a fenomeni infiltrativi, desumibili dal comportamento piezometrico o chimico-fisico presso i piezometri di controllo di falda posti nell'intorno.

Inoltre previa taratura dell'idrometro mediante misure manuali in alveo a differenti regimi, i dati possono essere utilizzati per il calcolo dei volumi fluenti e ottenere l'andamento continuo della portata.

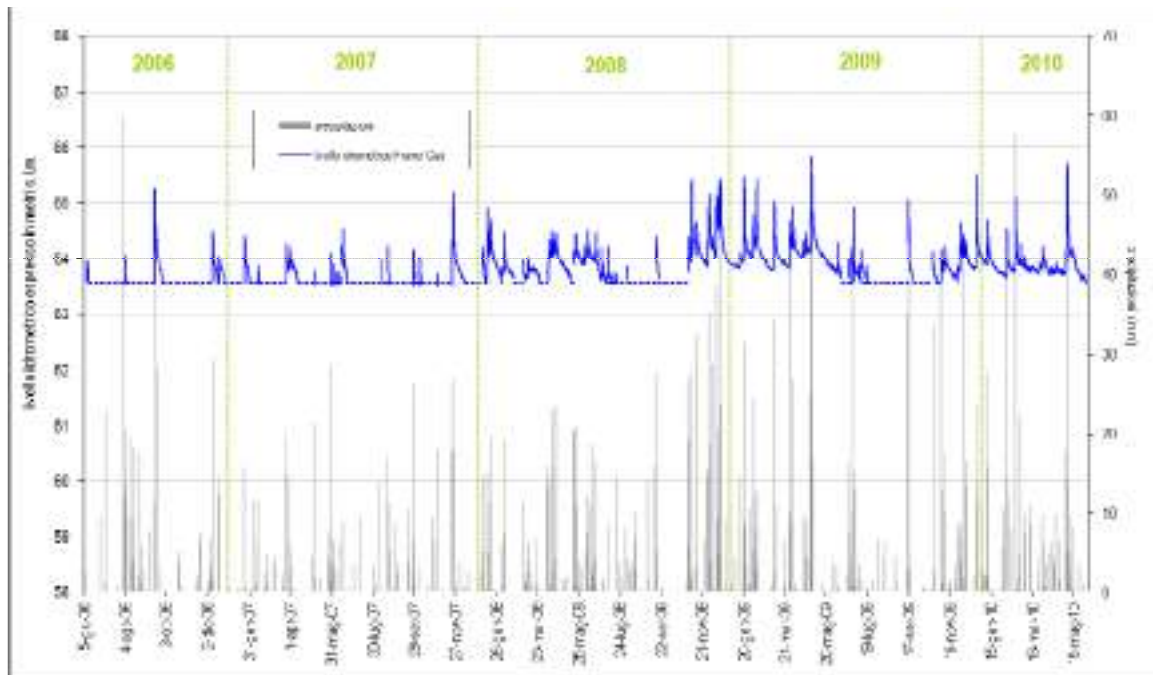


Figura 47 – Andamento idrometrico del Fiume Agno-Guà in corrispondenza dalla stazione di misura denominata AG06

### 3.5. PARAMETRI IDROGEOLOGICI

Ai fini dell'implementazione del modello idrogeologico si è reputato necessario organizzare le informazioni stratigrafiche e i parametri idraulici dei corpi acquiferi caratteristici dell'area di interesse.

Lo studio è stato sviluppato in base ai seguenti step:

- approntamento del quadro conoscitivo pregresso mediante la raccolta e l'organizzazione dei dati esistenti e desunti da indagini insistenti nel territorio in esame;
- acquisizione dei dati disponibili presso gli Enti gestori e provenienti da prove di pompaggio a lunga durata entro i pozzi acquedottistici.

La raccolta e l'analisi del consistente numero di informazioni idrogeologiche che interessa il territorio in esame ha permesso di ottenere per la prima volta una banca-dati dei parametri idraulici della falda sotterranea la cui distribuzione è evidenziata in Figura 48.

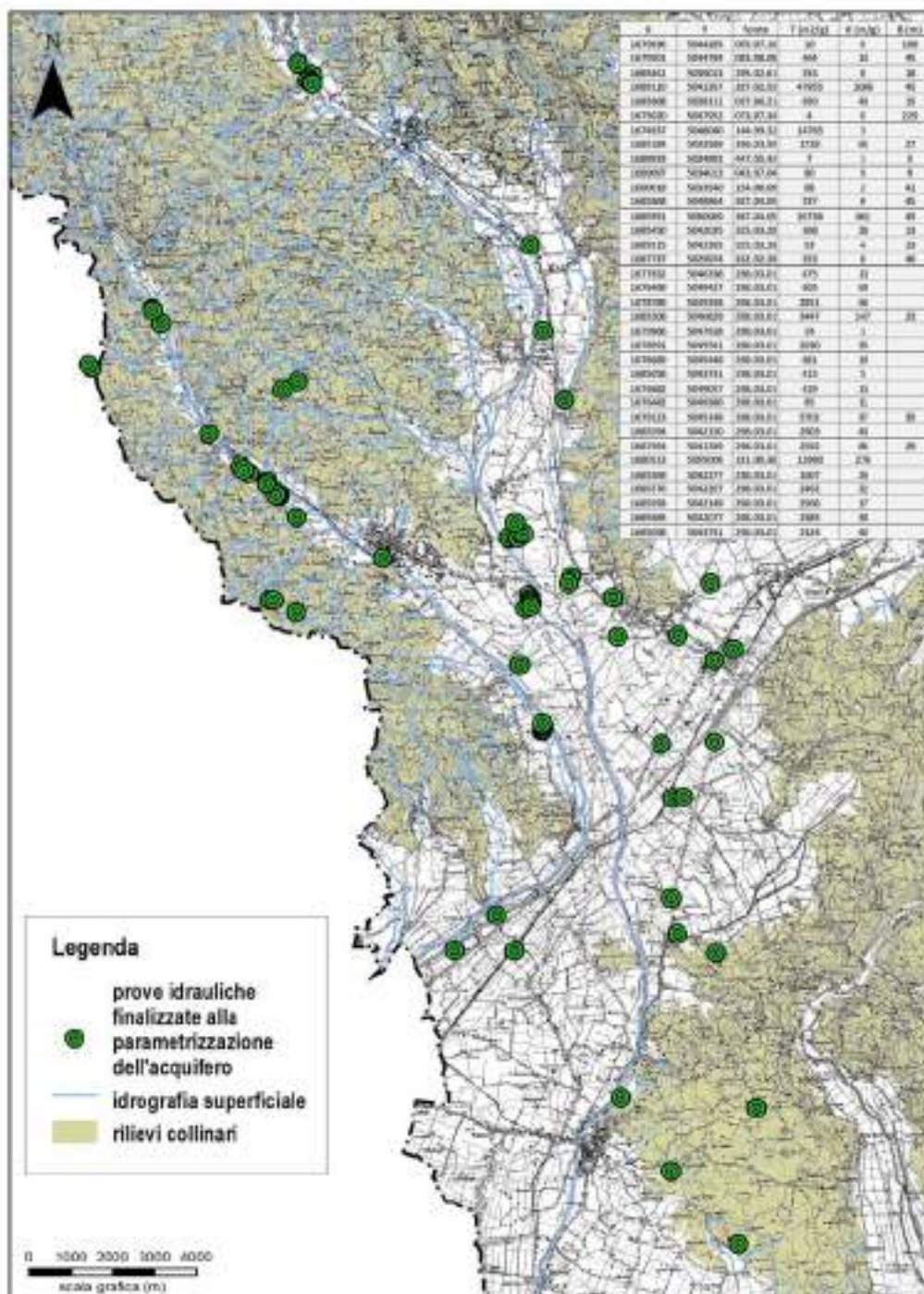


Figura 48 - Banca dati dei parametri idrogeologici

In particolare si precisa che il database è stato ottenuto considerando solamente i siti in cui sono state effettuate indagini idrogeologiche approfondite mediante prove di pompaggio a lunga durata. In tal senso sono state quindi escluse le verifiche effettuate mediante sollecitazione istantanea (slug test, prove Lefranc.) che interessano solamente la porzione di acquifero nelle immediate vicinanze del pozzo/piezometro attivo e che per tale motivo non sono paragonabili in quanto ad affidabilità alle prove di falda multipozzo.

In questa fase è risultato di fondamentale importanza l'interfacciamento con gli Enti gestori del servizio acquedottistico che hanno messo a disposizione le informazioni raccolte durante i test di collaudo, manutenzione o rinnovo delle proprie opere di presa o di controllo.

Si precisa che nel settore di indagine attualmente le reti di distribuzione acquedottistica sono gestite da:

- Acque del Chiampo S.p.A. (Arzignano, Altissimo, Brendola, Chiampo, Crespadoro, Lonigo, Montorso Vicentino, Montecchio Maggiore, Nogarole Vicentino, San Pietro Mussolino),
- Alto Vicentino Servizi S.p.A. (Recoaro Terme, Valdagno, Brogliano, Cornedo Vicentino, Trissino, Castelgomberto),
- Medio Chiampo S.p.A. (Zermeghedo, Montecchio Maggiore, Gambellara),
- Centro veneto Servizi S.p.A. (Sarego, Alonte).

I risultati di questa indagine relativi alle alluvioni di fondo valle sono stati elaborati come evidenziato in Figura 49 mediante la suddivisione delle informazioni in base alla trasmissività idraulica (espressa in figura in  $\text{m}^2/\text{giorno}$ ). Si osserva il territorio presenta una forte variabilità del parametro con valori compresi tra  $2.4\text{E}-01$  e  $8.4\text{E}-05 \text{ m}^2/\text{s}$ .

In particolare nella valle dell'Agno-Guà da nord verso sud si assiste a una diminuzione della trasmissività idraulica correlabile con la corrispondente diminuzione della granulometria delle alluvioni:

- i valori si mantengono molto elevati in prossimità di Valdagno (valore medio pari a  $0.1 \text{ m}^2/\text{g}$ )
- nel settore centrale (Brogliano, Trissino) passano da  $2.4\text{E}-01$  a  $3.1\text{E}-02 \text{ m}^2/\text{g}$ ,
- mentre tra Tezze e Montecchio Maggiore la maggior parte delle prove idrauliche ha messo in evidenza  $T$  compreso tra  $2.8\text{E}-02$  e  $4.6\text{E}-03$ .

Per quanto riguarda invece la Valle del Torrente Chiampo la variazione non risulta marcata a causa verosimilmente della differente conformazione della valle che presenta tra le altre caratteristiche un minor spessore della materasso alluvionale infravallivo. La trasmissività più elevata si riscontra nella parte centrale della valle in prossimità dell'abitato di Chiampo in corrispondenza del quale si osserva anche la maggior concentrazione degli emungimenti acquedottistici.

Nel settore di media e bassa pianura i valori risultano meno omogenei in virtù della differenziazione dei livelli acquiferi mantenendosi per la maggior parte dei casi tra  $2.0\text{E}-02$  e  $1.1\text{E}-03$ .

Si precisa in ogni caso che la raccolta dei dati finora descritti presenza un condizionamento in quanto i valori provengono per la maggior parte dei casi da pozzi che sono realizzati in corrispondenza di livelli acquiferi tendenzialmente da medio a molto produttivi (in quanto sono gli orizzonti in cui gli Enti gestori tendenzialmente progettano la realizzazione delle proprie opere di presa). In tal senso l'acquisizione di parametri idraulici che provengono da prove di pompaggio prolungate e non da test istantanei in foro da una parte permette di ottenere valori più attendibili ma d'altra parte condiziona la tipologia del dato raccolto.

In ogni caso uno studio di questo tipo risulta utile per la conoscenza del territorio e la comprensione dei fenomeni idrogeologici e idrochimici permettendo di definire le aree in cui non sono stati effettuati ad oggi test di parametrizzazione.



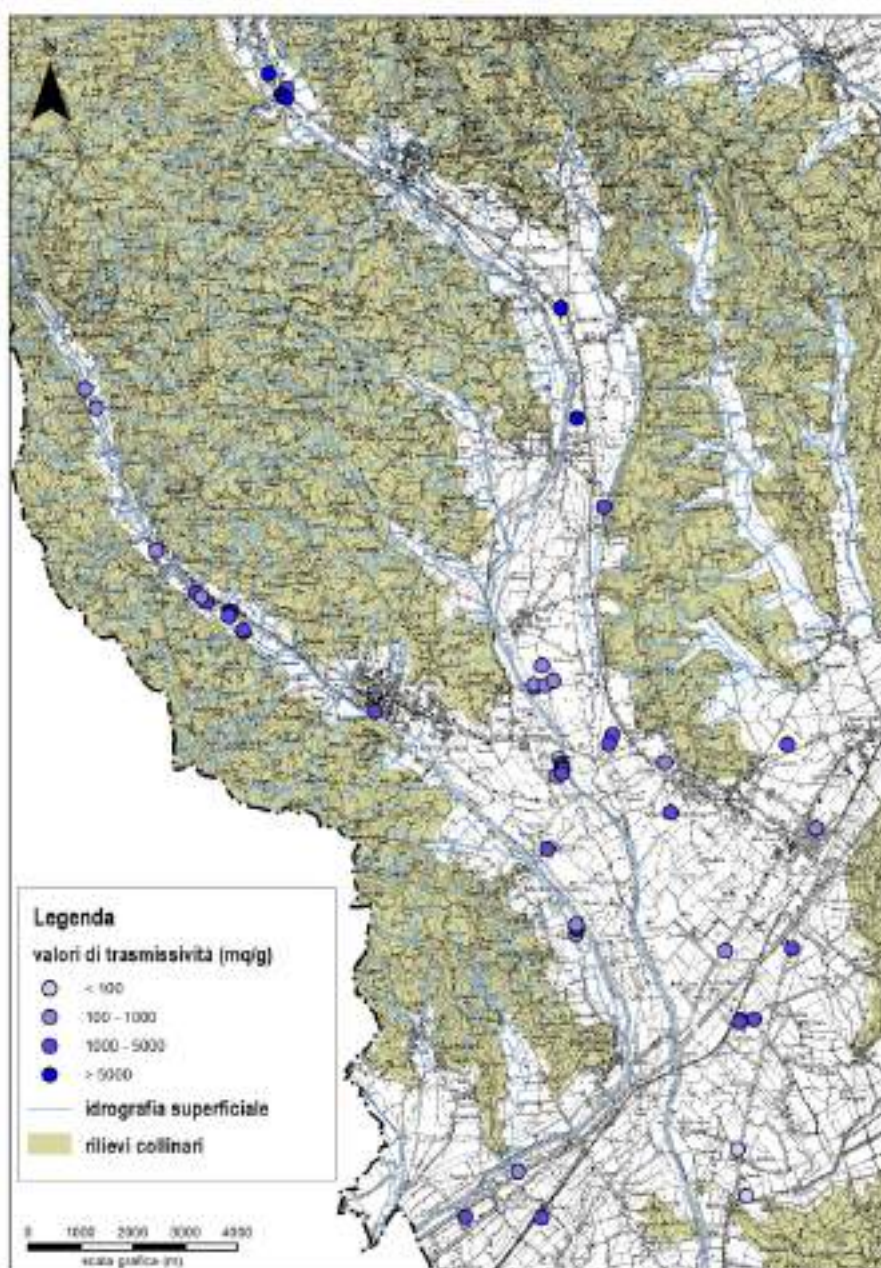


Figura 49 - Distribuzione dei parametri trasmissività idraulica entro il territorio in esame

Considerati il numero e la distribuzione delle informazioni attualmente raccolte, non si è ritenuto opportuno approfondire con indagini sperimentali integrative in sito. Tale scelta è stata inoltre imposta anche dalla mancanza, presso i settori di interesse, di una configurazione ottimale del sistema pozzo/piezometro quale ad esempio:

- caratteristiche del pozzo di emungimento (e.g. diametro idoneo, impianto di emungimento adatto per sollecitare l'acquifero intercettato, etc.).
- la presenza di un piezometro posto a sufficiente distanza e filtrato in corrispondenza del medesimo acquifero del pozzo in emungimento;



Alla luce di queste considerazioni si è scelto in questa fase solamente di indicare le aree di interesse per eventuali nuove investigazioni focalizzando le risorse disponibili su altri fronti.

Si precisa comunque che in caso di un approfondimento ulteriore dello studio, indagini per la caratterizzazione idrogeologica sarebbe auspicabile nei seguenti settori:

- tra Tezze e Trissino,
- tra Montecchio Maggiore e Montorso
- a sud di Montebello Vicentino.

In questo caso la programmazione e la tipologia dei test di pompaggio dovranno essere valutati nell'ottica del raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- determinazione dei parametri idrogeologici fondamentali dell'acquifero captato;
- determinazione delle curve caratteristiche dei pozzi in emungimento.

Si riassumono brevemente di seguito le modalità operative che dovranno essere adottate per l'esecuzione delle prove idrauliche:

**Step Drawdown Test (SDT):** sollecitazione a gradini di portata costante del sistema pozzo-falda e ricostruzione della curva caratteristica del pozzo, stima percentuale degli abbassamenti dovuti alle perdite di carico per il transito dell'acqua rispettivamente entro il mezzo poroso (regime laminare) ed attraverso i filtri (regime turbolento) e considerazioni in ordine alla portata critica ed ottimale di esercizio.

**Constant Rate Test (CRT):** messa in esercizio del pozzo a portata costante e monitoraggio dell'abbassamento del livello dinamico ( $H_d$ ) entro il sistema pozzo/piezometro fino a completa stabilizzazione → stima della trasmissività idraulica ( $T$ ) dell'acquifero.

**Recovery Test (REC):** interruzione del pompaggio e misurazione delle modalità di recupero dell'abbassamento indotto (rialimentazione dell'acquifero) fino al ripristino del livello statico iniziale ( $H_s$ ).

### 3.6. SFRUTTAMENTO DELLA RISORSA

Durante la prima fase del Progetto Giada tra le criticità conoscitive rilevate era stata messa in evidenza l'incertezza delle informazioni relative ai prelievi artificiali. Tale riscontro era riconducibile in primo luogo alla mancanza di un catasto di pozzi completo e univoco e, secondariamente alla presenza nel territorio di molti pozzi non denunciati.

Questo fattore di bilancio rappresentato dalla somma delle portate emunte dai numerosissimi pozzi che insistono entro il territorio (Figura 50) risulta tuttora di difficile taratura.

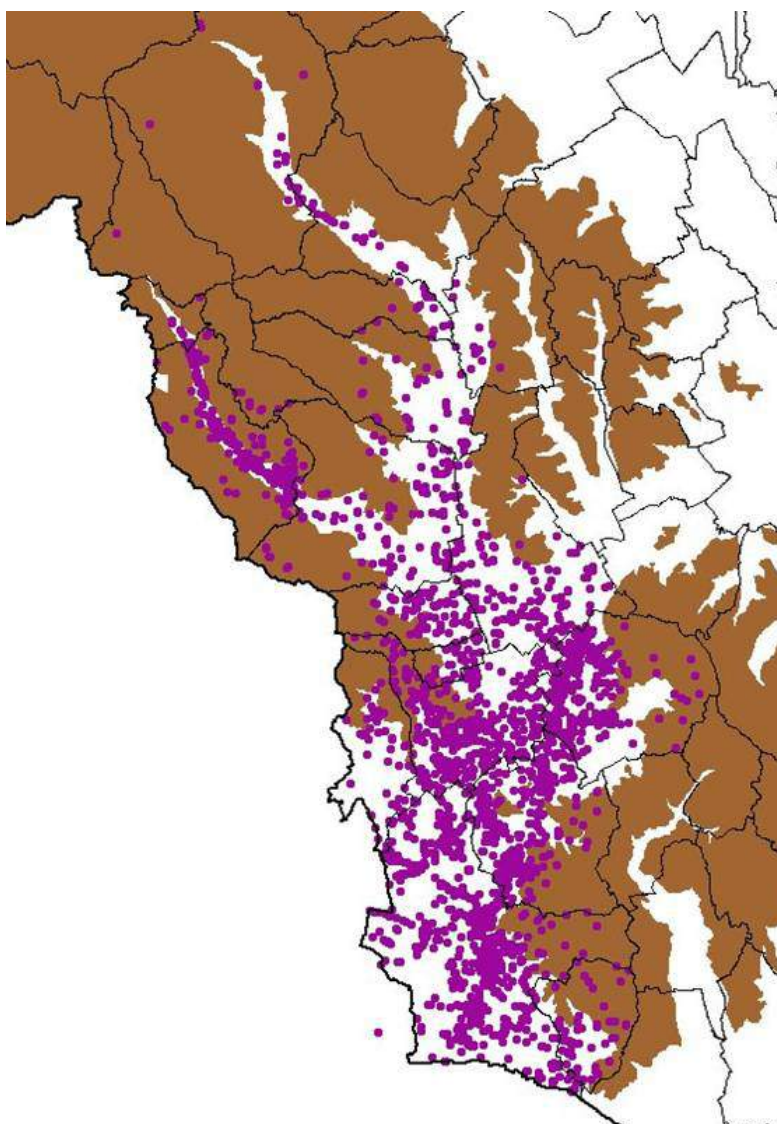
In particolare dai dati raccolti è stato possibile ottenere un valore che presenta ancora dei margini di incertezza per le condizioni di seguito riassunte:

- portate dichiarate diverse dalle portate effettive,
- denuncia di solo una parte dei pozzi presenti nell'area,
- presenza di imprecisioni e di errori sistematici nei database di partenza,
- in alcuni casi, carenza di dati provenienti dai gestori.

Per cercare di limitare l'errore nella stima effettuata in prima fase, si sono successivamente confrontati i dati provenienti dal censimento dei pozzi dell'area Giada, effettuato dalla Provincia di Vicenza mediante sopralluoghi in sito e l'utilizzo di tecnologia GPS, con i dati ricavati dall'esame della documentazione presente presso il Genio Civile di Vicenza e relativa alle concessioni alla derivazione di acque sotterranee.

Rispetto all'analisi di Fase 1 è stato pertanto possibile:

- inserire contributi aggiuntivi per il termine “prelievo”,
- aggiornare in maniera sostanziale le informazioni riguardo agli emungimenti privati,
- raffinare il calcolo delle portate emunte per scopi acquedottistici,
- includere alcuni dati riguardanti i pozzi ad uso domestico,
- individuare, confrontare ed eventualmente eliminare errori o dati ridondanti,
- separare le concessioni di pozzi privati dalle captazioni acquedottistiche ad uso pubblico,
- catalogare le concessioni per tipologia di utilizzo dell’acqua estratta,
- separare le portate totali dalle portate ragguagliate.



*Figura 50 – Censimento delle opere di presa presenti nel territorio in esame*

Inoltre è stato effettuato nel corso del 2010 un’ulteriore verifica delle portate emunte mediante la collaborazione con l’Ufficio Derivazioni del Genio Civile di Vicenza che ha permesso l’aggiornamento delle volumetrie emunte nell’ambito dell’anno in corso.

Le portate di emungimento da falda sotterranea, sono state suddivise oltre che per comune anche per tipologia di utilizzo e più precisamente sono state considerate quattro tipologie :

- igienico-sanitario
- industriale

- irriguo
- potabile

Comune	Tipologia utilizzo				Totale (mc/anno)
	igienico e assimilato (mc/anno)	industriale (mc/anno)	irriguo (mc/anno)	potabile (mc/anno)	
ALONTE	662,256		2,002,536	315,360	2,980,152
ALTISSIMO		31,536			31,536
ARZIGNANO	126,144	12,898,224	488,808	4,667,328	18,180,504
BRENDOLA	63,072	946,080	4,399,272	1,513,728	6,922,152
CASTELGOMBERTO	94,608	126,144	141,912	409,968	772,632
CHIAMPO	157,680	8,325,504	47,304	1,261,440	9,791,928
CORNEDO VICENTINO	189,216	368,971	1,214,136	2,712,096	4,484,419
CRESPADORO	0			1,261,440	1,261,440
GAMBELLARA	1,072,224	283,824	646,488	504,576	2,507,112
LONIGO	2,838,240	2,680,560	14,168,179	15,137,280	34,824,259
MONTEBELLO VIC.NO	1,768,854	4,020,840	6,316,661	1,324,512	13,430,867
MONTECCHIO MAGGIORE	473,040	4,572,720	3,216,672	3,090,528	11,352,960
MONTORSO VIC.NO	63,072	2,175,984	1,072,224	473,040	3,784,320
NOGAROLE VIC.NO				1,261,440	1,261,440
RECOARO TERME			47,304		47,304
S. PIETRO MUSSOLINO		2,018,304		1,261,440	3,279,744
SAREGO	1,261,440	3,118,910	5,488,525	567,648	10,436,524
TRISSINO	220,752	1,595,722	867,240	1,513,728	4,197,442
VALDAGNO	94,608	1,923,696		946,080	2,964,384
ZERMEGHEDO		2,049,840	189,216	126,144	2,365,200
Totale	9,085,206	47,136,859	40,306,477	38,347,776	134,876,318

Le portate di emungimento da pozzi privati più elevate, si registrano nei comuni di Lonigo, Arzignano, Montebello, Montecchio e Sarego. I prelievi industriali più ingenti sono effettuati, come prevedibile, entro i Comuni di Chiampo e Arzignano.

I comuni in cui si riscontra il massimo attingimento a fini irrigui sono invece i comuni di bassa pianura come Montebello, Sarego e Lonigo.

Il dato dell'acqua estratta per un uso potabile civile deve essere visto in funzione delle caratteristiche demografiche del comune. La tabella a seguire indica il numero di abitanti per comune in base all'aggiornamento ISTAT del 1 gennaio 2010.

Si nota che in linea generale i comuni con il maggior numero di abitanti sono gli stessi in cui vi sono i maggiori quantitativi di acqua emunta per uso potabile. Fanno eccezione in questo caso i comuni come Valdagno in cui la maggior parte delle acque utilizzate provengono da sorgenti superficiali non inserite in queste valutazioni.

I dati disponibili permettono di ricavare il numero di metri cubi prelevati annualmente per singolo abitante del dominio pari a 214 m<sup>3</sup>/anno per abitante.

Il dato, come già illustrato nei report precedenti, deve essere letto in maniera indicativa, per le condizioni già elencate e di seguito riassunte:

- condizioni al contorno che influenzano l'utilizzo di ogni singolo pozzo,
- portate dichiarate diverse dalle portate effettive,
- la denuncia, presso il Genio Civile, di solo una parte dei pozzi presenti nell'area,

- carenza di dati provenienti direttamente dai gestori.

Ad integrazione si precisa che la valutazione delle portate emunte può essere migliorata notevolmente con acquisizioni successive: il perfezionamento progressivo della gestione digitale delle informazioni da parte degli Enti coinvolti nell'ambito della pianificazione delle risorse idriche potrebbe portare in tal senso a una stima più aderente alla situazione reale.

codice ISTAT	Comune	n° abitanti
24003	Alonte	1,625
24005	Altissimo	2,305
24008	Arzignano	25,823
24015	Brendola	6,649
24017	Brogliano	3,780
24028	Castelgomberto	6,193
24029	Chiampo	12,892
24034	Cornedo Vicentino	11,967
24037	Crespadoro	1,525
24043	Gambellara	3,377
24052	Lonigo	16,070
24060	Montebello Vicentino	6,557
24061	Montecchio Maggiore	23,857
24068	Montorso Vicentino	3,172
24072	Nogarole Vicentino	1,114
24084	Recoaro Terme	6,849
24094	San Pietro Mussolino	1,613
24098	Sarego	6,545
24110	Trissino	8,554
24111	Valdagno	26,829
24120	Zermeghedo	1,383
<b>n° abitanti totali</b>		<b>178,679</b>



### 3.7. SITI CONTAMINATI

Sul merito della caratterizzazione qualitativa del sistema idrogeologico del distretto Giada, oltre a quanto specificato al capitolo 4, nel corso della Fase 2 è stato effettuato uno studio specifico, finalizzato a chiarire il grado di pressione ambientale esercitato sulle risorse idriche da parte dei fenomeni contaminanti. (Figura 51)

Al riguardo, nel corso di un coordinamento stretto e prolungato con l'Amministrazione Provinciale, in particolare con l'Ufficio Siti Contaminati, sono stati esaminati tutti i siti potenzialmente contaminati ai sensi del D. Lgs. 152/06 presenti sul territorio Giada.

Per favorire il trattamento dei dati è stato altresì messo a punto uno strumento informatico di catalogazione ed analisi delle informazioni ambientali.

I dati sono stati infatti organizzati e inseriti all'interno di una banca dati digitale (database in formato Access) interfacciabile con gli strumenti di analisi GIS (Figura 52).

Il pacchetto finale realizzato nell'ambito del 2008 è stato già consegnato all'Ente competente per la gestione dei dati interni e viene inserito anche nel CD-ROM allegato alla presente relazione.

Il database è stato organizzato sulla base dello schema dell'Analisi del Rischio concentrandosi sulle caratteristiche specifiche del sito e della contaminazione in termini di potenziali sorgenti (grado ed estensione della contaminazione nel suolo e nelle acque sotterranee), percorsi di migrazione e bersagli individuati.

In particolare è stato strutturato prevedendo le seguenti tabelle informative:

- anagrafica del sito (proprietà, ubicazione del sito e stato della pratica),
- sorgente (informazioni relative agli ambienti contaminati, ai superamenti delle CSC<sup>8</sup> riscontrati nelle matrici ambientali, alla geometria delle sorgenti secondarie rispetto alla direzione prevalente della falda).
- percorsi (stratigrafie più rappresentative del sito, profondità massima di indagine, distanza dalla rete idrografica, informazioni sul numero di pozzi, piezometri e sonde presenti in sito e nel suo intorno, dati sulla caratterizzazione del sistema saturo e della zona vadosa).

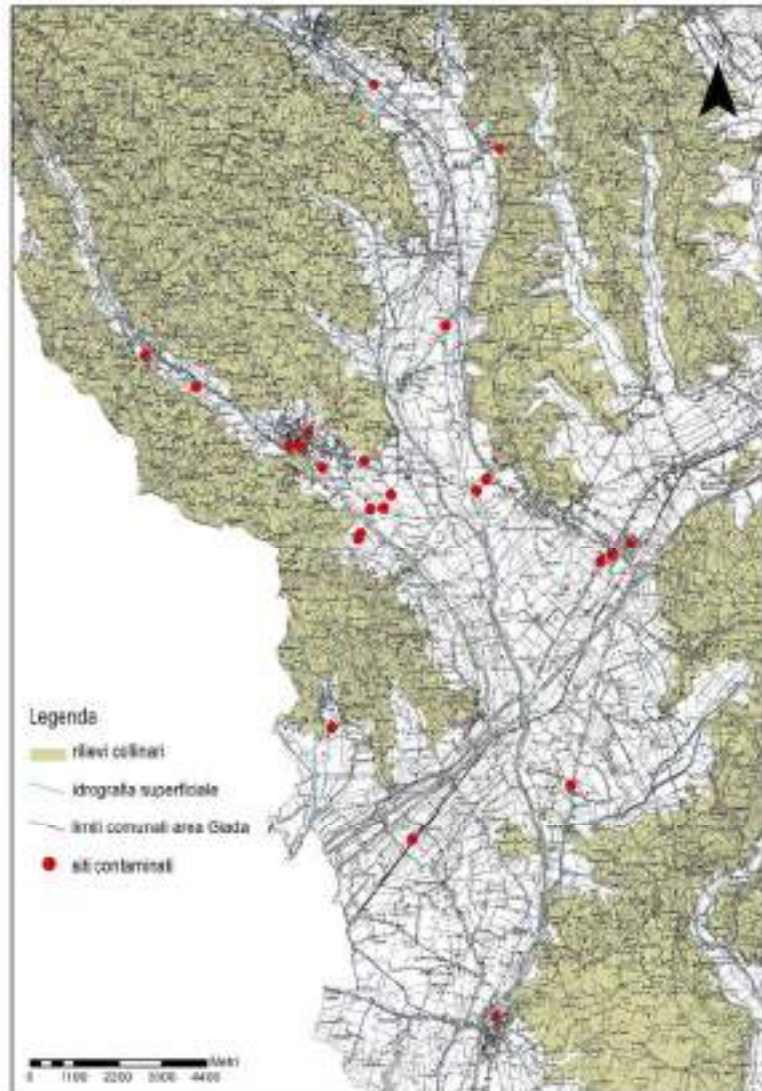


Figura 51 – Distribuzione dei siti contaminati presenti nell'area di indagine

<sup>8</sup> Concentrazione Soglia di Contaminazione

- **bersagli** (tipologia di sito, presenza di pozzi pubblici a valle o altri recettori).
- **interventi** (interventi attuati in sito, stato del procedimento al momento dello studio).

L'analisi della banca dati ha permesso di evidenziare che al momento delle indagini<sup>9</sup> il dominio Giada presentava 25 siti contaminati dislocati nei comuni di Chiampo, Arzignano, Montecchio Maggiore, Montorso, Castelgomberto, Sarego, Trissino e Lonigo.

Il comune di Arzignano, possiede il maggior numero di siti contaminati (n.7), seguito dal comune di Montecchio Maggiore (n. 5) e dai comuni di Chiampo e Montorso (n.2).

In otto casi la contaminazione interessa oltre al terreno superficiale anche la matrice acque sotterranee.

Gli interventi di messa in sicurezza e di bonifica variano, a seconda della tipologia e della quantità del contaminante e della superficie interessata dell'area.

In caso di contaminazione dell'ambiente saturo, gli interventi di mise nella maggior parte dei casi prevedono sistemi pump&treat (P&T), utilizzo di materiale assorbente, copertura dell'area interessata con teli impermeabili, rimozione e aspirazione dei rifiuti solido-liquidi.

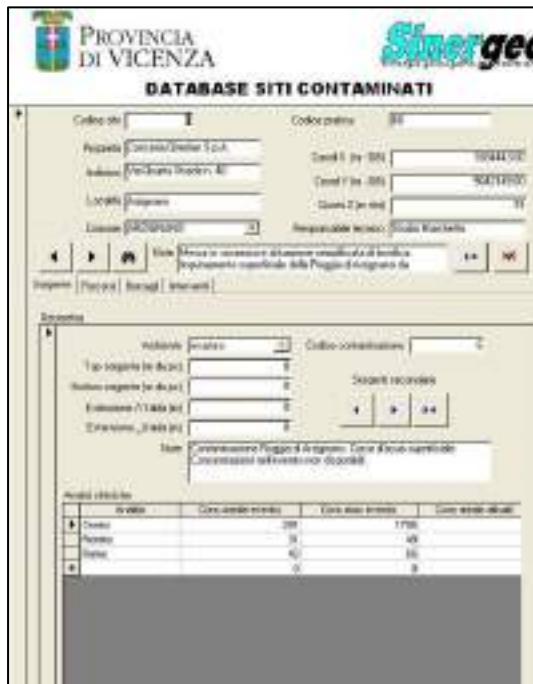


Figura 52 – Esempio Database dei siti contaminati.

Per quanto concerne i siti che presentano contaminazione solamente della matrice suolo, la casistica mette in luce che solitamente si tratta di rinvenimento di cisterne interrate contenenti olio combustibile o comunque di rotture di tubature superficiali. In alcuni casi la pratica fa riferimento al ritrovamento di discariche abusive (principalmente dislocate nell'area di Montorso, di Lonigo e di Montecchio Maggiore). Se la contaminazione si limita ai livelli superficiali, gli interventi si focalizzano sulla rimozione della sorgente primaria e l'asportazione dei metri di terreno interessati dall'evento (sorgente secondaria) prediligendo quindi un trattamento off-site.

Nel corso dello studio, sono stati individuati tutti i siti contaminanti ricadenti entro il distretto e sono stati suddivisi sulla base della tipologia dei superamenti delle CSC riscontrati. L'elaborato allegato f.t. **Distribuzione dei siti contaminati** evidenzia le casistiche individuate.

#### ● Contaminazioni da Metalli:

- Ni, Pb, Cu, Cr, Zn, Fe, Mn, Hg, As, B,
- 11, di cui 8 sono contaminazioni da Cr, tra Chiampo e Montorso.
- sorgente: discariche abusive, scarichi non controllati, sversamento accidentale, perdite produttive di acido cromico.
- metodo di bonifica: asportazione di materiale contaminato e trattamento delle acque P&T

#### ● Contaminazioni da Idrocarburi pesanti e leggeri:

- 8 contaminazioni,
- sorgente: cisterne interrate abbandonate,
- metodo di bonifica: bioremediation, asportazione materiale off-site.

#### ● Solventi clorurati:

<sup>9</sup> gennaio 2008

- percloroetilene, cloroformio (triclorometano), trielina (tricloroetilene),
  - 4 casi di contaminazioni accertate,
  - attività: industrie chimiche, plastiche ed ex attività di fonderia,
  - interventi messi in atto: mise, miso (mediante P&T).
- altri inquinanti antropici
- 2 contaminazioni dell'insaturo da Fenoli (attività: industria chimica e farmaceutica),
  - 1 contaminazione da MTBE (metil-terbutil-etere) in zona occupata in passato da distributore di benzina

Tutto quanto sopra risulta di utilità per attuare un corretto ed aggiornato quadro conoscitivo delle fonti di pressione agenti sui serbatoi idrici sotterranei.

## 4. IDROCHIMICA E DINAMICHE QUALITATIVE

### 4.1. PREMESSE

Con riferimento all'idrochimica ed agli aspetti qualitativi delle acque sotterranee, si ricorda che nella Fase 1 del Progetto, chiusa nel 2004, erano stati inseriti su supporto informatico tutti i dati acquisiti tra la seconda metà degli anni '80 ed i primi anni '90. Le informazioni "storiche" erano state aggiornate con una campagna di monitoraggio effettuata tra settembre ed ottobre 2003 su una sessantina di pozzi distribuiti tra gli acquiferi in sub-alveo dei torrenti Chiampo ed Agno-Guà, l'acquifero indifferenziato della media pianura e l'acquifero confinato di Almisano di Lonigo.

Per la Fase 2 del Progetto sono state sostanzialmente aggiornate al 2009 le risultanze analitiche acquisite nel corso della Fase 1, risultanze che vengono presentate:

- in forma tabellare con tutti i valori puntuali misurati sui 62 pozzi monitorati (tabelle in formato digitale nell'allegato CD-ROM),
- in carte tematiche ottenute mediante elaborazione geostatistica di dati puntuali (Figura 53) in forma grafica per una quindicina di pozzi utilizzati a scopo acquedottistico, per i quali è tracciata la dinamica dei principali parametri chimici e di alcuni microinquinanti nell'arco temporale degli ultimi cinque - sei anni (2003-2009) (Figura 54, Figura 55, Figura 56).

### 4.2. PUNTI DI MONITORAGGIO QUALITATIVO

I punti-acqua sottoposti a campionamento per il monitoraggio qualitativo della Fase 2 sono complessivamente 58. Corrispondono sostanzialmente ai punti più significativi già oggetto della campagna di controllo del 2003 e si riferiscono, in particolare, a 24 pozzi di acquedotto e a 34 pozzi privati utilizzati sia per scopi civili, sia industriali.

Per i pozzi di acquedotto sono stati acquisiti anche gli esiti dei "controlli interni" effettuati dai singoli gestori ai sensi del D. Lgs. 31/2001 nel periodo compreso tra il 2004 ed il 2009 e ciò ha reso possibile una buona ricostruzione dell'evoluzione temporale, nel breve periodo, di alcuni parametri chimici e chimico fisici (conducibilità elettrica specifica, durezza totale, cloruri, nitrati, solfati) e dei micro-inquinanti che hanno mostrato variazioni significative nel tempo (cromo totale, tricloroetilene, tetracloroetilene).

Con riferimento alla loro localizzazione, i punti di monitoraggio sono così distribuiti: 13 appartengono all'acquifero in sub-alveo del t. Chiampo, 16 sono ubicati nell'acquifero freatico del sistema Agno-Guà, 19 sono posizionati nella media pianura e 10 attingono dal sistema artesiano di Lonigo.

### 4.3. PARAMETRI MONITORATI

I parametri analizzati sui singoli campioni d'acqua sono complessivamente 34 e ad essi è stata aggiunta, per 10 "punti-acqua" della media valle dell'Agno (tra Trissino e Montebelluna Maggiore), la ricerca di cinque composti appartenenti alla famiglia dei nitro-alogenoderivati aromatici (NAD), la cui presenza nelle acque di falda è riconducibile al fenomeno di inquinamento di fine anni '70 (caso ex-Rimar), con l'obiettivo di verificare lo stato evolutivo di quell'evento:

- 13 parametri consentono di caratterizzare le acque sotto il profilo chimico e chimico-fisico: attività ioni idrogeno (pH), torbidità, conducibilità elettrica specifica a 20 °C, ossidabilità sec. Kübel, durezza totale, residuo conduttometrico, cloruri, nitrati, solfati, ioni ammonio, nitrito e cianuro, ione sodio;
- 12 sono metalli pesanti: alluminio, arsenico, cadmio, cobalto, cromo esavalente, cromo totale, rame, mercurio, manganese, nichel, piombo;



- 3 parametri appartengono alla classe dei composti organo-alogenati volatili: 1,1,1-tricloroetano (MC), tricloroetilene (TCE), percloroetilene (PCE);
- 6 composti appartengono alla classe dei fitofarmaci: atrazina, simazina, terbutilazina, de-etilatrastina, alachlor, metolachlor.

#### 4.4. ESAME DEI RISULTATI

Come già anticipato al paragrafo 3.7, nel dominio del "Giada" è stata accertata la presenza di una ventina di siti contaminati. Pur a fronte di questa circostanza non certo favorevole, in linea generale le acque prelevate dai pozzi di acquedotto possiedono comunque requisiti chimici e chimico-fisici che rientrano ampiamente nei limiti previsti dal D. Lgs. 31/2001 per le acque destinate al consumo umano.

Con riferimento al micro-inquinamento e come si vedrà più in dettaglio nel seguito, la presenza di composti organo-alogenati volatili (VOCs), fenomeno che interessa in modo particolare la falda artesianica di Almisano, mostra una diminuzione, seppur lenta, nel corso degli ultimi 5-6 anni.

In particolare la sommatoria dei solventi clorurati misurata nei pozzi ex-CISIAG n. 1, 4, 5, e 7 mostra una sensibile diminuzione negli ultimi anni, passando da valori compresi tra 8-10 µg/L del 2003, agli attuali 4-6 µg/L (escluso il pozzo n. 5, per il quale la serie storica si ferma al 2005).

Analoga situazione è rilevabile nei pozzi privati che utilizzano il sistema di falde artesiane di Lonigo e che sono stati sottoposti a monitoraggio. Tra questi solo il pozzo n. 327, in Via Trassegno, mostra una concentrazione totale di VOCs (8 µg/L) che si colloca al di sopra dei valori medi dell'acquifero in pressione.

Per una lettura più organica dei risultati e per facilitarne il confronto con i valori misurati nel 2003, i punti-acqua sono stati aggregati utilizzando il criterio di appartenenza ai sistemi acquiferi dell'area "Giada" già adottato in passato:

Per una lettura più organica dei risultati e per facilitarne il confronto con i valori misurati nel 2003, i punti-acqua sono stati aggregati utilizzando il criterio di appartenenza ai sistemi acquiferi dell'area "Giada" già adottato in passato:

- a. acquifero di sub-alveo del torrente Chiampo,
- b. acquifero di sub-alveo dei torrenti Agno-Guà,
- c. acquifero indifferenziato della media pianura,
- d. acquifero confinato di Lonigo.

##### 4.4.1. ACQUIFERO DI SUBALVEO DEL TORRENTE CHIAMPO

Le acque sotterranee di questo acquifero sono classificabili come oligominerali e possiedono un contenuto salino di media entità (residuo fisso compreso tra 275 e 525 mg/L), con valori che tendono ovviamente ad aumentare nel passaggio dall'alta valle del Chiampo (valore medio di residuo fisso a nord di Arzignano: 280 mg/L), alla media valle del Chiampo (all'altezza di Montorso il residuo fisso è di 430 mg/L).

L'incremento della salinità complessiva valutabile in circa 13 mg/L al chilometro, è ascrivibile sia ad un aumento della durezza (che passa da valori medi di 24.5 a 32.5 °Fr a seguito di una maggiore solubilizzazione di bicarbonati di calcio e magnesio, grazie ad una maggiore disponibilità di CO<sub>2</sub>), sia ad un incremento degli ioni solfato e nitrato.

Per quest'ultima specie chimica, in particolare, merita di essere sottolineato il fatto che, se si esclude il pozzo n. 103 (Via della Concia) dove la concentrazione di NO<sub>3</sub><sup>-</sup> è più bassa verosimilmente a causa di una situazione locale tipica di un ambiente riducente (vedi contemporanea presenza di ione nitrito e ione ammonio, di ferro e manganese), la concentrazione media di nitrato nelle acque sotterranee di questo acquifero è di 26 mg/L, valore quasi doppio rispetto

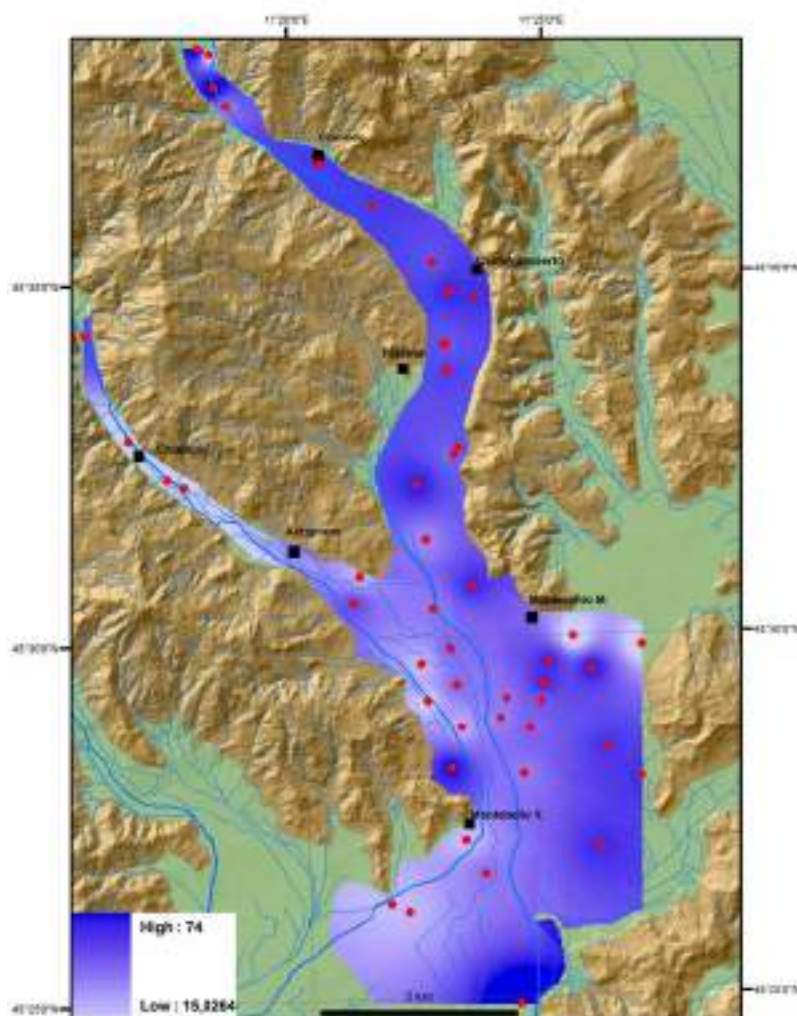
ai valori medi misurati nel 2003 (15 mg/L). La circostanza merita di essere attentamente valutata e seguita nella sua evoluzione temporale.

Pur essendo stati segnalati, in questo acquifero, alcuni fenomeni di inquinamento dovuti alla presenza di siti contaminati (vedi paragrafo 3.7), nei pozzi analizzati non sono state rilevate situazioni di particolare gravità.

Rimane elevata la concentrazione media di cromo totale nei pozzi ubicati a valle di Arzignano (5 µg/L) contro un valore di fondo, misurato a monte di Arzignano, che è risultato inferiore al limite di rilevabilità analitica (2 µg/L).

E' invece sensibilmente diminuita la concentrazione media dei composti organo-alogenati volatili (VOCs) che è passata dai 12 µg/L del 2003 agli attuali 2 µg/L, con valori massimi attorno ai 6 µg/L tra la Zona Industriale di Arzignano e Montorso.

Sono risultati completamente assenti (cioè inferiori al limite di rilevabilità analitica) i principi attivi dei fitofarmaci scelti come "traccianti" per questa classe di composti: atrazina, simazina, terbutilazina, de-etil atrazina, alachlor e metolachlor, tutti inferiori a 0.03 µg/L.



*Figura 53 – Distribuzione areale in falda della concentrazione dello ione solfato espressa in mg/l*

#### 4.4.2. ACQUIFERO DI SUBALVEO DEL FIUME AGNO-GUA'

L'acquifero di sub-alveo dell'alta valle dell'Agno, chiuso all'altezza dei pozzi di Via Oltre Agno di Trissino, in linea del tutto generale presenta caratteristiche chimiche e chimico-fisiche migliori rispetto a quelle rilevate nell'acquifero del t. Chiampo.

Anche queste acque sono classificabili come oligominerali, avendo residuo fisso compreso tra 265 e 395 mg/L. L'incremento della salinità lungo l'asse di deflusso in falda è in questo sistema idrologico inferiore di un ordine di grandezza rispetto a quanto rilevato nell'acquifero del t. Chiampo: circa 1,2 mg/L al chilometro.

E' confermato un più elevato contenuto di ione solfato nelle acque di falda, particolare già documentato nella Relazione conclusiva della Fase 1 (il valore medio è pari a circa 50 mg/L, contro i 34 mg/L dell'acquifero del T. Chiampo), dovuto alla composizione litologica delle formazioni rocciose attraversate.

La campagna di monitoraggio del 2009 ha anche confermato che i principali parametri di tipo conservativo (residuo fisso, durezza totale, cloruri, nitrati, solfati), misurati in falda fino all'altezza dei pozzi di Via Oltre Agno, presentano concentrazioni più basse rispetto ai valori rilevati a valle di Trissino, fino a Montecchio Maggiore, ma anche rispetto ai valori che si misurano negli altri corpi idrici sotterranei del dominio "Giada".

Solo due chilometri più a valle di Via Oltre Agno, i pozzi n. 35 e 37 presentano un residuo fisso compreso tra 380 e 400 mg/L, durezza totale tra 29 e 33 °Fr e una concentrazione di cloruri e nitrati doppia rispetto ai restanti pozzi dell'acquifero (rispettivamente: 10 e 26 mg/L, contro valori di 5 e 13 mg/L misurati a monte).

Con riferimento alla presenza di microinquinanti, il cromo totale mostra una tendenza alla diminuzione in tutti i pozzi di acquedotto monitorati, pozzi nei quali la concentrazione è attualmente compresa tra 1-2 µg/L e mantiene una concentrazione significativa solo nel pozzo n. 37 (Veneta Conciaria Valle Agno: 4 µg/L).

I composti organo-alogenati volatili (VOCs) sono praticamente assenti, con esclusione del pozzo n. 601 (pozzo PEEP Valdagno, P6) dove da 4-5 anni la concentrazione di tetracloroetilene (PCE) si mantiene su valori di 5-6 µg/L, sicuramente a causa di un continuo rilascio in falda di questo composto da parte di qualche attività produttiva da individuare e confinare.

Sono risultati completamente assenti (cioè inferiori al limite di rilevabilità analitica) i principi attivi dei fitofarmaci scelti come "traccianti" per questa classe di composti: atrazina, simazina, terbutilazina, de-etil atrazina, alachlor e metolachlor, tutti inferiori a 0.03 µg/L.

Si rimanda al paragrafo 4.6 il commento sulla presenza di composti appartenenti alla classe dei nitroalogeno-derivati aromatici, rinvenuti, come per il passato, in due pozzi ubicati nella porzione di valle di questo acquifero.

#### 4.4.3. ACQUIFERO INDIFFERENZIATO DELLA MEDIA PIANURA

In questo acquifero sono stati controllati 19 pozzi distribuiti tra i comuni di Montecchio Maggiore, Brendola, Montebello Vicentino, Sarego e Gambellara.

Le acque di falda di questa porzione di acquifero, pur essendo ancora classificabili come oligominerali (residuo fisso inferiore a 500 mg/L), in assoluto presentano i valori di salinità tra i più elevati di tutta l'area "Giada", in un intervallo di valori compresi (come valori medi) tra i 380 mg/L di Montecchio Maggiore e i 430 mg/L di Montebello Vicentino.

Data la indubbia miscelazione, nell'acquifero di media pianura, dei contributi delle acque di sub-alveo dei due acquiferi di monte, risulta impossibile stimare un incremento specifico di salinità lungo l'asse (o gli assi) di deflusso della falda.

Più interessante può risultare invece un esame della Figura 53 dove è rappresentata la distribuzione areale in falda della concentrazione dello ione solfato in questa zona del dominio Giada, ottenuta mediante elaborazione geostatistica di dati puntuali.

appare in modo evidente come, a parte qualche caso isolato dovuto a fenomeni localizzati di rilascio di questo ione, le acque del sistema Agno-Guà presentano una concentrazione di solfati significativamente più elevata e in area più estesa, rispetto alle acque del sistema Chiampo.

Come ricordato nel paragrafo precedente, questa particolarità è riconducibile alla composizione litologica delle formazioni alluvionali attraversate.

Qui preme evidenziare, in linea con l'andamento delle linee di flusso ottenibili dalla freatimetria commentata al paragrafo 3.2 che queste acque tendono a fluire prevalentemente verso E-SE, andando ad alimentare il sistema di risorgive tra Altavilla e Brendola.

Il cromo totale è presente alla concentrazione media di 4 µg/L nei pozzi di Montecchio Maggiore e Brendola, con un massimo di 10 µg/L nel pozzo n. 175 – Via Pagliarina, mentre è stato rilevato alla concentrazione media di 2 µg/L nei pozzi di Montebello Vicentino, Sarego e Gambellara, con un massimo di 7 µg/L nel pozzo n. 242.

I composti organo-alogenati volatili (VOCs) sono presenti a livello di tracce: valore medio 0.9 µg/L (contro i 2.5 µg/L nel 2003), evidenziandosi, con ciò, un sensibile miglioramento negli ultimi 5-6 anni.

I più diffusi principi attivi dei fitofarmaci (atrazina, simazina, terbutilazina, de-etil atrazina, alachlor e metolachlor), sono risultati completamente assenti (inferiori al limite di rilevabilità analitica).

#### 4.4.4. ACQUIFERO CONFINATO DI LONIGO

Il sistema confinato di Almisano di Lonigo rappresenta in qualche misura il serbatoio di accumulo degli apporti provenienti da monte. Già nella Relazione Conclusiva della Fase 1 (2004) era stata segnalata la variabilità dei valori rilevati per alcuni parametri (residuo fisso, durezza totale, cloruri, nitrati), variabilità che sembra essere meno marcata nei risultati del monitoraggio 2009.

Anche le acque di falda di questa porzione di acquifero sono classificabili come oligominerali (residuo fisso compreso tra 320 e 465 mg/L). Appare tuttavia problematico definire un valore medio data la grande differenza tra le profondità di attingimento: alcuni pozzi utilizzano falde confinate poste a 30-40 metri di profondità, altri attingono a 100 e 120 m.

Con riferimento alla presenza dei più comuni microinquinanti, il cromo totale è presente, indipendentemente dalla profondità di attingimento, a valori medi di 3 µg/L (intervallo tra 2 e 5 µg/L) nei pozzi n. 281, 287, 302 e 319 posizionati a nord di Lonigo capoluogo mentre è praticamente assente nei pozzi posti ad ovest e sud del capoluogo.

I composti organo-alogenati volatili sono presenti a valori significativi nei pozzi posti a nord, nord-ovest del capoluogo (n. 281 e 327 di Almisano e Locara), dove si misurano concentrazioni di 8-9 µg/L. Come già anticipato all'inizio del presente capitolo, la loro presenza è ancora segnalata nei pozzi ex-CISIAG, anche se con concentrazioni in diminuzione.

I più diffusi principi attivi dei fitofarmaci (atrazina, simazina, terbutilazina, de-etil atrazina, alachlor e metolachlor), sono risultati completamente assenti (inferiori al limite di rilevabilità analitica) in tutti i pozzi monitorati.

#### 4.5. DINAMICHE QUALITATIVE - SERIE STORICHE (2003 – 2009)

In questo paragrafo vengono presentati, a titolo esemplificativo, alcuni grafici (Figura 54, Figura 55 e Figura 56) che descrivono per il pozzo n. 9 (Castelgomberto, Via Roma,) l'evoluzione temporale di cinque parametri chimici e chimico-fisici (conducibilità elettrica specifica a 20 °C, durezza totale, cloruri, nitrati, solfati) e di tre microinquinanti (cromo, tricloroetilene, tetracloroetilene) nel periodo 2003-2009.



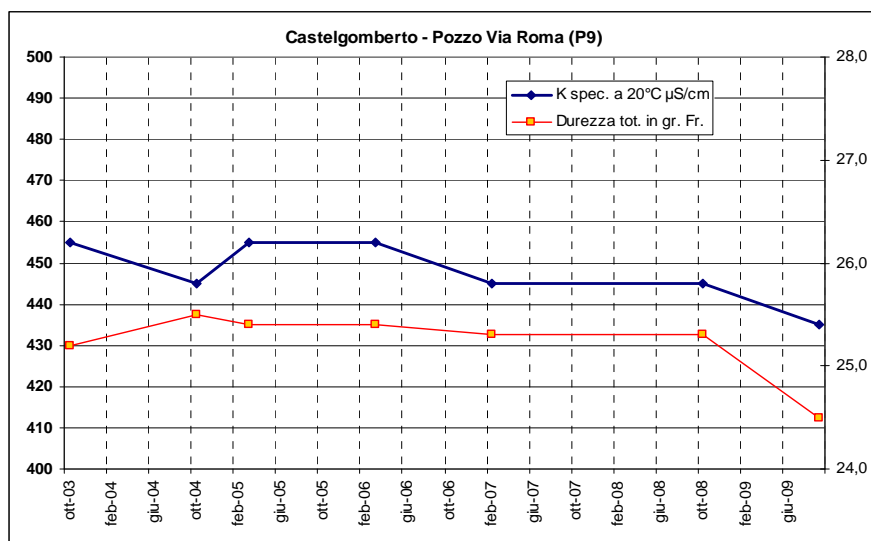


Figura 54 – Variazione temporale di conducibilità elettrica specifica e durezza totale in gr. Fr. nel pozzo n. 9 – Castelgomberto, Via Roma

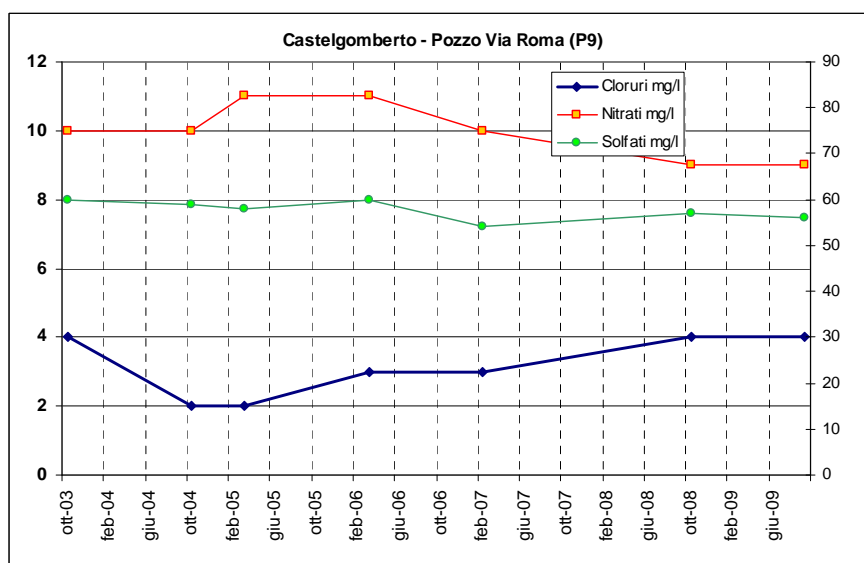


Figura 55 – Variazione temporale di cloruri, nitrati, solfati nel pozzo n. 9 Castelgomberto, Via Roma

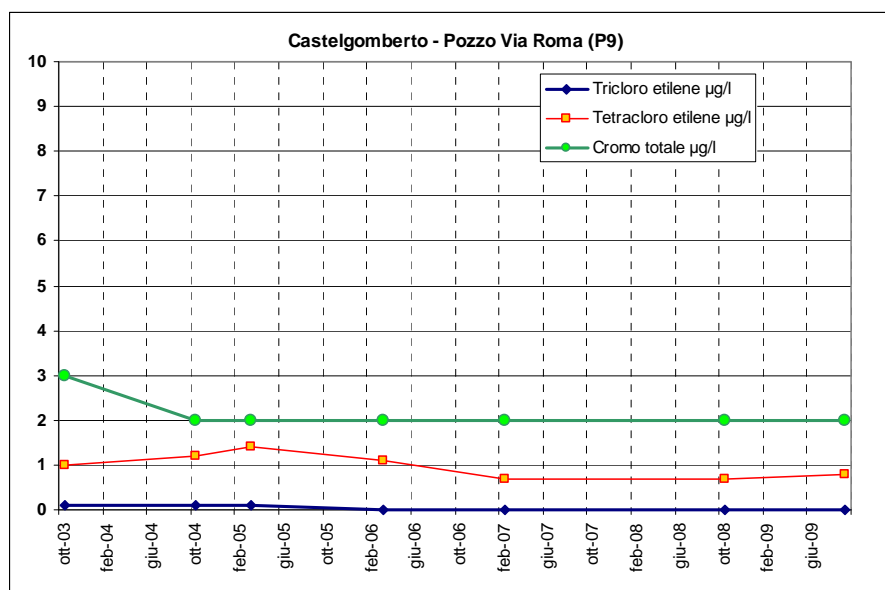


Figura 56 – Variazione temporale di tricloroetilene, tetracloroetilene, cromo totale nel pozzo n. 9 - Castelgomberto, Via Roma

Nell'arco temporale preso in esame non si notano particolari trend negativi. Al contrario si osserva una leggerissima diminuzione della conducibilità elettrica specifica (e quindi della salinità), della durezza totale e dei nitrati, mentre è sostanzialmente stabile lo ione solfato. Anche per i microinquinanti si può parlare di leggero miglioramento rispetto ai valori rilevati nel 2003, di per sé già relativamente bassi.

#### 4.6. CASO EX-RIMAR (NITRO-ALOGENO DERIVATI AROMATICI)

A distanza di 33 anni dal suo primo manifestarsi (nel settembre 1977), il fenomeno di inquinamento da composti nitro-alogeno derivati aromatici (NAD) è ancora presente nella falda tra Trissino e Montecchio Maggiore. Rispetto ai valori misurati nel 2003, le concentrazioni rilevate nel 2009 mostrano in un paio di casi un incremento significativo.

La circostanza è stata confermata, oltre dalle analisi fatte all'interno della Fase 2 del Progetto Giada, anche nell'ambito di un lavoro di tesi di dottorato in Scienze Ambientali<sup>10</sup>.

Il monitoraggio ha riguardato cinque composti che costituiscono alcuni degli intermedi di sintesi o sottoprodotti derivanti dall'attività dell'azienda MITENI Spa (ex-RIMAR): Benzotrifluoruro (BTF), 4-Cloro-Benzotrifluoruro (4ClBTF), 3-Nitro-Benzotrifluoruro (3NBTF), 4-Cloro-3-Nitro-Benzotrifluoruro (4Cl3NBTF), 4-Cloro-3,5-Dinitro-Benzotrifluoruro (4Cl3,5NBTF).

In due dei 10 pozzi sottoposti a verifica (n. 37 a Trissino e n. 128 a Montecchio Maggiore) è stata rinvenuta una presenza significativa di NAD con valori rispettivamente di 23.4 e 4.5 µg/L di NAD totali. Il composto maggiormente presente è il 4-Cloro-Benzotrifluoruro (17.6 e 3.0 µg/L).

Si tratta degli stessi due pozzi dove già nel monitoraggio del 2003 era stata rilevata la presenza di questi composti con valori che, rispetto al 2003, nel 2009 sono notevolmente aumentati per il pozzo n. 37 (dai 2.8 µg/L di NAD totali del 2003 agli attuali 23.4 µg/L), mentre sono praticamente dimezzati nel pozzo 128 (9.1 µg/L di NAD totali nel 2003, contro gli attuali 4.5 µg/L).

<sup>10</sup> "Priority Chemical Substances in Environmental Waters under the Implementation of the Water Framework Directive" – R. Lava, tesi di dottorato in Scienze Ambientali - Università Ca' Foscari di Venezia - 2009



Nel lavoro di tesi di dottorato la presenza di BTF, confermata in cinque pozzi, risulta essere accompagnata anche dalla presenza di prodotti derivati o di degradazione dei benzotrifluoruri, quali fenoli e ammine.

La circostanza merita particolare attenzione per il considerevole incremento della concentrazione dei micro-inquinanti, che potrebbe dipendere sia da fattori idrologici (sensibile innalzamento della falda tra autunno 2008 e tarda primavera 2009 a seguito degli eccezionali eventi meteorici registrati in tutto il vicentino, con conseguente dilavamento di porzioni di "insaturo" mai interessate in passato da presenza d'acqua), sia da fatti nuovi verificatisi all'interno dell'area dello stabilimento.

Va ricordato che il pozzo n. 37 (che presenta le concentrazioni più elevate di NAD) si trova circa 900 m sotto gradiente rispetto al confine meridionale dello stabilimento MITENI Spa. Si ritiene pertanto opportuno avviare un sistematico monitoraggio della falda utilizzando i pozzi e/o piezometri presenti tra l'ipotetica sorgente ed i "bersagli".

Vicenza 10.12.2010

Lorenzo Altissimo - Centro Idrico Novoledo srl

Silvia Bertoldo – Sinergeo srl

Alessio Schiavo – Land Technology & Services srl

Andrea Sottani – Sinergeo srl

## BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- Antonelli R., Dazzi R., Gatto G., Mari G.M., Mozzi G., Zambon G., Carta della vulnerabilità naturale con note illustrative. Valli dell'Agno-Guà e del Chiampo e nella latitante pianura. GNDCI del CNR, Venezia, 1993.
- Antonelli R., Dazzi R., Gatto G., Mari G.M., Mozzi G., Zambon G., Correlazioni litostratigrafiche e idrostrutturali nel complesso alluvionale della bassa valle del Fiume Agno-Guà e nella antistante pianura vicentina. Boll. Serv. Idrogeol. It., Roma, 1993.
- Antonelli R., Mari G.M., Considerazioni su uno studio idrogeologico di base per la realizzazione della carta di vulnerabilità nella bassa valle del Fiume Agno-Gua' (Monti Lessini Orientali Vicenza). Modena, 1990
- Antonelli R., Stella L., Il chimismo delle acque freatiche della media e bassa valle del fiume Agno-Guà (Vicenza). St. Tren. Sc. Nat., vol. 56, Trento, 1979.
- Barbieri G., De Zanche V., Sedea R., Vulcanesimo paleogenico ed evoluzione del semigraben Alpone-Agno. Rend. Soc. Geol. It., vol. 14, p. 5-12., Padova, 1991.
- Castellarin A., Corsi M., De Vecchi G., Gatto G.O., Largaiolli T., Mozzi G., Piccoli G., Sassi F.P., Zanettin B., Zirpoli G., Note illustrative sulla carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio 36 Schio. Roma. 1980
- Ministero dei LL.PP., Servizio idrografico, Uff. Idrog. Magistr. Acque, Superfici dei bacini imbriferi del compartimento Agno-Guà, Brenta, Piave. Vol. 123, 1935.
- Rosati I., L'impiego dei G.I.S. nella pianificazione territoriale come supporto per la raccolta, l'organizzazione e la gestione dei dati. "Geologia. Tecnica e Ambiente", vol.3 p. 15-24., 1998.
- Sottani N., Marcolongo B., Baggio P., Il bilancio idrogeologico degli acquiferi nella pianura a nord di Vicenza. St. Tren. Sc. Nat., Quaderno 1, vol. 52/3, Trento, 1975.
- Turc L., Evaluation des besoins en eau d'irrigation, évapotranspiration potentielle, formule climatique simplifiée et mise a jour. Ann. Agron., Vol.12, pagg. 13-49, 1961.
- AA.VV. Rapporto sullo stato dell'ambiente nella provincia di Vicenza. Collegio degli Ingegneri della provincia di Vicenza, 1990.
- Altissimo L., Arca F., Dal Prà A., Ferronato A., Fumagalli F., Marangoni L., Mussato A., Zangheri P., Processi di inquinamento chimico-industriale delle acque sotterranee nella media ed alta pianura veneta. Mem. Sc. Geologiche, Padova, 1995.
- Provincia di Vicenza, Rapporto sullo stato dell'ambiente, Anno 2000 (in collaborazione con Arpav).
- Artoni A. e Rebesco M., 1990: Deformazioni per thrusting nei Lessini nord occidentali (Verona- Italia settentrionale). St. Geol. Camerti
- Barbieri G., De Zanche V., Di Lallo E., Mietto P., Sedea R., 1977: Middle Triassic emersion phases in Recoaro area (Vicentinian Alps, N.E. Italy). Neues jahrbuch fuer Geologie und Paleontologie. Monatshefte, v. 9, pp. 523-531.
- Barbieri G., De Zanche V., Di Lallo E., Mietto P., Sabatini U.D. e Sedea R. (1979) - Segnalazione di paleofrane nell'area di Recoaro (Prealpi Vicentine). - St. Trentini Sci. Nat., 56, 27-37.
- Barbieri G., De Vecchi G.P., De Zanche V., Di Lallo E., Frizzo P., Mietto P. e Sedea R. 1980: Note illustrative della carta geologica dell'area di Recoaro alla scala 1:20.000 - Mem. Sci. Geol., 34, 23-52, 1 carta geologica alla scala 1:20.000.
- Barbieri G., Castellarin A., De Zanche V. e Sedea R. 1981: Foglio 36 SCHIO. In A. Castellarin (a cura di): Carta tettonica delle Alpi Meridionali alla scala 1:200.000, C.N.R. Prog. Final. Geodinamica, 441, 113-119.
- Barbieri G., De Zanche V., Medizza F. & Sedea R., 1981: Considerazioni sul vulcanesimo terziario del Veneto occidentale e del Trentino meridionale. Rend. Soc. Geol. It, v. 4/3, pp. 267-270.



- Barbieril G., De Vecchi Gp., De Zanche V., Mietto P. e Sedea R. (1982) - Stratigrafia e petrologia del magmatismo triassico nell'area di Recoaro. In A. Castellarin e G.B. Vai (a cura di): Guida alla geologia del Sudalpino centro-orientale - Guide geol. reg. S.G.I., 179-187.
- Barbieri, G., 1987. Lineamenti tettonici degli altipiani trentini e vicentini tra Folgaria e Asiago (Prealpi venete). Mem. Sci. Geol. 39, 257-264.
- Bertoldo S., 2003. Bilancio idrogeologico del territorio delle valli Agno e Guà e Chiampo (Prov. di Vicenza) nell'ambito del progetto Giada. Tesi di laurea. Università degli Studi di Padova.
- Bertotti, G., Picotti, V., Bernoulli, D. e Castellarin, A., 1993, From rifting to drifting: tectonic evolution in the South-Alpine upper crust from the Triassic to the Early Cretaceous. Sedim. Geol. 86, 53-76.
- Bigi G., Cosentino D., Parotto M., Sartori R., Scandone P., 1983 – Structural model of Italy - Scala 1: 500.000. CNR Progetto Finalizzato Geodinamica
- Bigi G., Castellarin A., Catalano R., Coli M., Cosentino D., Dal Piaz G.V., Lentini F., Parotto M., Patacca E., Pratlurion A., Salvini F., Sartori R., Scandone P. & Vai G.B., 1989: Synthetic Structural-kinematic Map of Italy. C.N.R. Progetto Finalizzato Geodinamica.
- Bistacchi A. e Massironi M. 2001: Introduzione alla tettonica fragile neoalpina e sua influenza sull'instabilità dei versanti. In : Tettonica recente ed instabilità dei versanti delle Alpi centrali (Ed by Pasquarè G., , CNR and Fondazione Cariplo spec. publ., 9 – 33.
- Blackburn C.E., Sassi F.P., Zulian T., 1968: Il Basamento cristallino di Recoaro: assetto strutturale ed evoluzione Tettono-metamorfica. Mem Acc. Pat SS.LL.AA. v., 81, pp 6-21 Padova.
- Boschi E., Favoli P., Frugani F., Scolera G., Smriglio G., 1995: Massima intensità Macrosismica risentita in Italia. Pubbl. INGV Pres. Conds. Dei Ministri-Dip. Prot. Civile.
- Bosellini A., 1967. La tematica deposizionale della Dolomia principale (Dolomiti e Prealpi venete) Bol. Soc. Geol., 86, 133 –169,26 fig.
- Bosellini A., 1968. Paleogeologia preaniscica nelle dolomiti centrosettentrionali. atti Acc. Naz. Lincei. ser. 8, v. 9.
- Bosellini A. e Hardie A. L. 1988. Facies e cicli della Dolomia Principale delle Alpi Venete. Mem. soc. geol. It. 30 (1985) 245 –266, 18 fig.
- Bosellini A., Castellarin R., Dal Piaz G.V., Nardin M., 1999. Carta litologica e dei lineamenti strutturali del Trentino (scala 1:200.000). Servizio Geologico della Provincia Autonoma di Trento.
- Cantelli L. & Castellarin A., 1994: Analisi e inquadramento strutturale del sistema "Schio-Vicenza". Atti Tic. Sc. Terra, serie speciale. v. 1, pp. 231-245.
- Cantelli L. and Castellarin A., 1994. Analisi e inquadramento strutturale del sistema "Schio-Vicenza". Atti Tic. Sc. Terra, 1993 (Serie speciale), 1, 231-245
- Carton A. & Castaldini D., 1985: Approfondimenti di Morfotettonica tra il Lago di Garda e il torrente Alpone (prov. di Verona). Boll. Museo Civ. St. Nat. Verona, v. 61, pp. 191-197.
- Cassano, E., Anelli, L., Fichera, R. & Cappelli, V., 1986. Pianura Padana. Interpretazione integrata di dati geofisici e geologici. 73° Congresso SGI, AGIP, pp 1-28.
- Castaldini D. & Panizza M., 1991: Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave e il Lago di Como (Italia Settentrionale). Il Quaternario, v. 4, pp. 333-410.
- Castellarin, A., 1972. Evoluzione paleotettonica sinsedimentaria del limite tra Piattaforma veneta e Bacino lombardo a nord di Riva del Garda. G. Geol. 38, 11-212.
- Castellarin A., 1981 – Carta tettonica delle Alpi Meridionali alla scala 1:200.000. CNR
- Castellarin A., 1982: Lineamenti ancestrali Sudalpini. In "Guida alla geologia del Sudalpino Centro-orientale. Guide Geol. Reg. S. G. I. Bologna.
- Castellarin A., 1983: Schema delle deformazioni tettoniche Sudalpine. Boll. Oceanologia Teor. Appl., v. 2/2, pp. 105-114.
- Castellarin A., Cantelli L., Fesce A. M., Mercier J.L., Picotti V., Pini G.A., Prosser G., Selli L., 1992: Alpine compressional tectonics in the Southern Alps: relationships with the Apennines. Annales Tectonicae. v. 6/1, pp. 62-94. .
- Castellarin A., Piccioni S., Prosser G., Sanguinetti E., Sartori R. e Selli L., 1993 - Mesozoic continental rifting and Neogene inversion along the South Giudicarie Line (Northeastern Brenta Dolomites). Memorie della Società Geologica Italiana 49, 125-144.

- Castellarin A. & Cantelli L., 2000: Neo-Alpine evolution of the Southern eastern Alps. *Journal of Geol.*, v. 30, pp. 251-274.
- Clari P., 1975, Caratteristiche sedimentologiche e paleontologiche di alcune sezioni dei calcari grigi del Veneto. *Mem. Ist. Geol. e Miner. univ. Padova* 31, 63 pp., 34 fig.
- Dal Piaz Gb. et al., 1968b: Foglio Geologico alla scala 1:100.000 N° 49 "Verona". Ediz. Poligrafica e Cartevalori.
- Degan F., Martino E., Pianetti F. & Zanferrari A., 1980: Mathematical representation of the fracture field in the Venetian Alps (NE Italy). Preliminary results. *Rocks Mechanics*, v. 9, pp. 139-146.
- De Vecchi Gp., De Zanche V. e Sedea R. (1974) - Osservazioni preliminari sulle manifestazioni magmatiche triassiche nelle Prealpi Vicentine (area di Recoaro-Schio-Posina) - *Boll. Soc. Geol. It.*, 93, 397-409.
- De Vecchi, G.P., Di Lallo, E. & Sedea, R., 1986. Note illustrative della Carta Geologica dell'area di Valli del Pasubio-Posina-Laghi, alla scala 1:20.000. *Mem. Sci. Geol.* 38, 187-205.
- De Zanche V e Sedea R. (1972) - Nuovi aspetti del vulcanismo triassico nei dintorni di Recoaro (Vicenza) - *Boll. Soc. Geol. It.*, 91, 523-532.
- De Zanche V., Mietto P. 1977. Il carnico nelle prealpi vicentine. *Boll. Soc. geol. It.*, v.94 (1975) pp. 1573 – 1593 Roma.
- De Zanche V., Mietto P. e Sedea R., 1978: Dati preliminari sulla neotettonica dei Fogli V.36 (Schio) e V. 49 (Verona). *P.F. Geodinamica*, v. 155, pp. 181-188.
- De Zanche V e Sedea R.:1979 Indizi di vulcanismo tardoanisco (Zona ad Avisianus) nel Veneto occidentale) - *Giorn. Geol.*, (2) 43, 207-213.
- De Zanche V., Mietto P. e Sedea R. 1979: Recoaro area. In: R. Assereto and G. Pisa Field-Symposium on Triassic Stratigraphy in Southern Alps - Field Guide-Book - 32-39.
- De Zanche V., Farabegoli E., Mietto P. e Sedea. R. 1980: Le unita' litostratigrafiche al limite Scitico-Anisico nel Recoarese (Prealpi Vicentine) - *Mem. Sci. Geol.*, 34, 195-204.
- De Zanche V. e Farabegoli E., (1981) - Scythian tectonics in the Southern Alps: Recoaro phase - *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck*, 10, 289-304.
- De Zanche V., Farabegoli E., Mietto P. e Sedea. R.:A report of a "Lower Anisian" breccia in the Recoaro area (Vicentinian Alps, NE Italy) - *Mem. Acc. Patavina SS.LL.AA.*, 93, 5-13.
- De Zanche V. e Mietto P. (1981) - Review of the Triassic sequence of Recoaro (Italy) and related problems - *Rend. Soc. Geol. It.*, 4, 25-28.
- De Zanche V., 1990: A review of Triassic stratigraphy and paleogeography in the eastern Southern Alps. *Bollettino della Società geologica italiana*, v. 109/1, pp. 59-71.
- De Zigno 1862: Sulle piante fossili del Trias di Recoaro – *Mem. R. Ist. Ven. SS.LL.AA.*, v.11, pp.1-31, 10 tav., Venezia.
- Doglioni C., 1993: Structural evolution of the eastern Southern Alps (northern Italy). *AAPG Bulletin*, v. 77/11.
- Doglioni, C., 1990. The Venetian Alps Thrust Belt. In: McClay, K. (ed.), *Thrust Tectonics*, Chapman & Hall, pp 319-324
- Doglioni, C., 1992. Relationships between Mesozoic extensional tectonics, stratigraphy and Alpine inversion in the Southern Alps. *Eclogae geol. Helv.* 85, 105-126.
- Farabegoli E., Pisa G., e Ott E.: 1977: Risultati preliminari sull'Anisico della conca di agordoe dell'Alta Val di Zoldo (Dolomiti orientali) *Boll. Soc. Geol.*, v 95 (1976) pp 659 –703 , Roma.
- Farabegoli E. e Viel G., 1982. Litostratigrafia della Formazione di Werfen (Trias Inf.) delle Dolomiti Occidentali. *l'industria Mineraria.* &, 314.
- Finetti I., 1972: Le condizioni geologiche della regione di Venezia alla luce delle recenti indagini sismiche. The geology of the Venice region in the light of the seismic surveys. *Bollettino di geofisica Teorica ed Applicata*, v. 14/56, pp. 275-290
- Geyer o.f. Kolckmann c. J.e Laub C. 1993 Beitrage zur Kenntnis jurassischer Ablagerungen in den mittleren Sudalpen. *N. jb Geol Palaont. Abh* 189, 49-80, 7
- Gumbel C.W. 1879: Gli strati di arenaria a piante fossili di Recoaro. *Boll. R. Com. Geol.. It.*, v. 10, pp 49 – 70, Roma.
- Laubscher, H.P., 1985. Large-scale, thin-skinned thrusting in the Southern Alps: Kinematic models. *Geol. Soc. Am. Bull.* 96, 710-718.

- Laubsher, H.P., 1996. Shallow and deep rotations in the Miocene Alps. *Tectonics* 15, 1022-1035.
- Lava R., 2009. Priority Chemical Substances in Environmental Waters under the Implementation of the Water Framework Directive". Tesi di dottorato in Scienze Ambientali - Università Ca' Foscari di Venezia.
- Mietto P., 1975 : Orme di tetrapodi sulle arenarie permiche di Recoaro (Vicenza). *Studi Trent. Sc. Nat.* v. 52 pp. 52- 67 Trento.
- Massironi M., Bistacchi A., Dal Piaz G.V, Monopoli B., Schiavo A. Structural control on mass-movement evolution: a case study from the Vizze Valley, Italian eastern Alps. Submitted to *Eclogae Geol. Helvetiae*.
- Panizza M., Slejko D., Bartolomei G., Carton A., Castaldini D., Demartin M., Nicolich R., Sauro U., Semenza E. & Sorbini L., 1981: Modello sismotettonico dell'area fra il lago di Garda e il Monte Grappa. *Rend. Soc. Geol. It.*, v. 4/5, pp. 587-603.
- Pellegrini G.B., 1988: Aspetti morfologici ed evidenze neotettoniche della linea Schio-Vicenza. *Suppl. Geogr. Fis. e Din. Quat.*, v. 1, pp. 69-82.
- Pieri, M. e Groppi, G., 1981. Subsurface geological structure of the Po Plain, Italy. *CNR Pubbl.* 414, Progetto Finalizzato Geodinamica, pp 1-11.
- Prosser, G., 1998. Strike-slip movements and thrusting along a transpressive fault zone: the North Giudicarie line (Insubric line, northern Italy). *Tectonics* 17, 921-937
- Ruffoni M., 2008. Caratterizzazione idrogeologica del bacino del Chiampo e dell'Agno-Guà, nell'ambito del progetto GIADA, e valutazioni sulla presenza di siti contaminati. Università degli Studi di Padova.
- Sassi F.P. e Zirpoli., 1968.: Il basamento cristallino ddi recoaro. *Studio Petrografico. Mem.Soc. Geol. It.* v.7 pp 227-245, 10 ff., Roma
- Sauro U. e Meneghel M., 1980: Dati preliminari sulla neotettonica dei fogli V.21 (Trento), V.35 (Riva), V.36 (Schio), V.49 (Verona). Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, parte I, P.F. Geodin. Pubbl. v. 356, pp. 331-357.
- Sauro U., 1978: Forme strutturali e neotettoniche nei Monti Lessini. *Quad. Gr. St. Quat. Pad.*, v. 4,.
- Sauro U., Zampieri D., 2001: Evidence of Recent surface faulting and surface rupture in the Fore-Alps of Veneto and Trentino (NE Italy). *Geomorphology*, v. 40/3-4, pp. 169-184.
- Serva L., 1990: Il ruolo delle Scienze della Terra nelle analisi di sicurezza di un sito per alcune tipologie di impianti industriali: il terremoto di riferimento per il sito di Viadana (MN). *Boll. Soc. Geol. It.*, v. 109, pp. 375-411.
- Selli, L., 1998. Il lineamento della Valsugana fra Trento e Cima d'Asta: cinematica neogenica ed eredità strutturali permo-mesozoiche nel quadro evolutivo del Sudalpino orientale (NE-Italia). *Mem. Soc. Geol. It.* 53, 503-541.
- Semenza, E., 1974. La fase giudicariense, nel quadro di una nuova ipotesi sull'orogenesi alpina nell'area italo-dinarica. *Mem. Soc. Geol. It.* 13, 187-226.
- Servizio Geologico D'Italia, 1968. Foglio 36 Schio, Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000
- Slejko D., Carulli G.B., Carraro F., Castaldini D., Cavallin A., Doglioni C., Iliceto V., Nicolich R., Rebez A., Semenza E., Zanferrari A. & Zanolle C., 1987: Modello sismotettonico dell'Italia Nord Occidentale. C.N.R., Gruppo Naz. Difesa terremoti.
- Slejko D., Carulli G.B., Nicolich R., Rebez A., Zanferrari A., Cavallin A., Doglioni C., Carraro F., Castaldini D., Iliceto V., Semenza E., Zanolle C., 1989. Seismotectonics of the Eastern Southern-Alps: a review. *Boll. Geof. Teor. Appl.*, 31, 122, 109-136.
- Trevisan, L., 1941. La struttura geologica dei dintorni di Trento. *St. Trent. di Sci. Nat.* 19, 136-147
- Vai G.B., Boriani A., Rivalenti G. e Sassi F.P., 1984: Catena ercinica e paleozoica nelle Alpi Meridionali. *Soc. Geol. It.*, vol. giubileo: 153 – 154.
- Valensise G. & Pantosti D. (eds.), 2001: Database of potential sources of earthquakes larger than M 5.5 in Italy. *Annali di Geofisica, Suppl.* v. 44/4, con CD-ROM, 2001.
- Zampieri D., 1995: Tertiary extension in the southern Trento Platform, Southern Alps, Italy. *Tectonics*, v. 14, pp. 645-657.



- Zampieri D., 2000: Segmentation and linkage of the Lessini Mountains normal faults, Southern Alps, Italy. *Tectonophysics*, V. 319, Pp. 19-31.
- Zampieri D., Massironi M., Sedea R. & Sparacino V., 2003: Strike-slip contractional stopovers in the Southern Alps (north-eastern Italy). *Eclogae Geol. Helvetiae*, v. 96, pp. 115-123.
- Zampieri, D., 1995b. L'anticlinale di roll-over liassica dei Sogli Bianchi nel Monte Pasubio (Vicenza), *Atti Tic. Sc. Terra (spec. ser.)* 3, 3-9.
- Zanferrari A., Bollettinari G., Carobene L., Carton A., Carulli G.B., Castaldini D., Cavallin A., Panizza M., Pellegrini G.B., Pianetti F., Sauro U., 1982: Evoluzione neotettonica dell' Italia nord-orientale. *Memorie di Scienze Geologiche*, v. 35, pp. 355-376.



## ALLEGATI

Carta freaticometrica - misure di luglio 2008

Carta freaticometrica - misure di settembre 2008

Carta freaticometrica - misure di settembre 2009

Carta freaticometrica - misure di ottobre 2010

Repertorio fotografico - misure idrometriche

Distribuzione dei siti contaminati

## APPENDICE

Appendice01      Calcolo della conducibilità idraulica: teoria della percolazione

Appendice02      Schede monografiche pozzi in monitoraggio automatico

TAVOLA T1      Carta dei principali complessi idrogeologici – scala 1:50.000

TAVOLA A2      Carta Idrogeologica del settore di Recoaro– scala 1:25.000



## CONTENUTO CD – ROM

Nella tabella successiva vengono elencati e sinteticamente descritti tutti i layer tematici, forniti in formato shp esri, risultato delle ricerche ed utilizzati per la redazione delle carte tematiche.

Gli archivi georeferenziati sono stati elaborati esclusivamente per uso del gruppo di lavoro e della Committenza, pertanto non sono stati strutturati e ottimizzati per la pubblicazione e/o divulgazione.

Qualora si intendesse dare diffusione degli archivi forniti sia tramite sistemi WebGis sia in altra forma si renderà necessario strutturare e validare il dataset con particolare riferimento alla compilazione di esaustivi metadati al fine anche di proteggere l'integrità delle informazioni e di rispettare i diritti di proprietà intellettuale che sussistono anche per i prodotti cartografici digitali.

Path	Nome file/directory	descrizione
\\DB_GIADA_F2\\archivi_dati_accessori\\	17_01_08_Ufficio Ambiente.mdb	Database siti di bonifica
\\DB_GIADA_F2\\archivi_dati_accessori\\	analisi_chimiche	Tabelle e grafici in formato .xls contenenti i dati idrochimici
\\DB_GIADA_F2\\elaborati\\	allegati	File in formato .pdf degli allegati alla relazione conclusiva (presenti in cartaceo)
\\DB_GIADA_F2\\elaborati\\	tavole_A1_A2	File in formato .pdf delle tavole A1 e A2 in scala 1:25.000 e 1:50.000 (presenti in cartaceo)
\\DB_GIADA_F2\\gd_F2_shp\\		Shapefile cartografia (descritti nella tabella successiva)
\\DB_GIADA_F2\\schede_idrochimica_pozzi\\		File in formato .pdf delle schede riassuntive dei dati idrochimici
\\DB_GIADA_F2\\schede_monitoraggio_falda\\		File in formato .pdf delle schede idrometriche
\\DB_GIADA_F2\\software\\	arcreaderwindow s931.zip	File d'installazione di ArcReader® Esri® per la consultazione progetti cartografici in formato .pmf
\\DB_GIADA_F2\\software\\	Info_Arc_Reader.doc	Informazioni di base per l'installazione del software
\\DB_GIADA_F2\\topografia\\	50_igm	Cartografia georeferenziata in formato .tif (fogli IGM 102, 103, 124, 125, 145 e 146)
\\DB_GIADA_F2\\topografia\\	hsv_veneto	File in formato grid Esri (Hillshade)
\\DB_GIADA_F2\\	Consultazione_tematismi.mxd/.pmf	Progetto generale di consultazione dei dati forniti, contiene i collegamenti alle schede descrittive in formato pdf
\\DB_GIADA_F2\\	Tavola_A1.mxd/.pmf	Progetto cartografico per la visualizzazione e stampa della Tavola A1, carta dei complessi idrogeologici in scala nominale 1:50.000
\\DB_GIADA_F2\\	Tavola_A2.mxd/.pmf	Progetto cartografico per la visualizzazione e stampa della Tavola A2, carta idrogeologica della zona di Recoaro in scala nominale 1:25.000

Path	Nome	geometria	descrizione	TavolaA1	TavolaA2
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_01_complessi_idrogeologici	polygon	Complessi idrogeologici del comparto GIADA	x	
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_02livelli_permeabili	polygon	Principali litorizzanti di rocce ad elevata permeabilità all'interno di serie poco	x	x
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_03_limiti_idrogeo_complessi	polyline	Principali limiti di significato idrogeologico	x	
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_04_elementi_tettonici	polyline	Elementi tettonici di tipo fragile (faglie, giunti ecc.)	x	
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_05_DGPV	polygon	Principali aree in dissesto Gravitativo Profondo	x	x
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_06_aree_tettonizzate	polygon	Aree intensamente tettonizzate (cataclastiche, fratturazione pervasiva,	x	
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_07_aree_infiltrazione_elevata	polygon	Aree ad elevato coefficiente di infiltrazione (mediamente sup. a 0,3)	x	
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_08_doline	polygon	Orlo di dolina	x	
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_09_dir_deflusso	polyline	Direzioni ipotetiche dei flussi idrici negli acquiferi	x	x
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_10_bacini_idrogeo	polyline	Principali spartiacque (limiti dei principali bacini idrogeologici del comparto	x	
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_11_antiforme	polyline	Traccia assiale della struttura antiforme di	x	x
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_12_sorgenti_d_giada	point	Sorgenti interne al dominio di	x	
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_13_sorgenti_ext_giada	point	Sorgenti esterne (limitrofe) al dominio di studio.	x	
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_14_stazioni_termopluvio	point	Stazioni termopluviometriche	x	
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_15_stazioni_mis_idrom	point	Stazioni delle misure	x	
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_16_pozzi_monit_idrchshp	point	Pozzi della rete di monitoraggio idrochimico	x	
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_17_confini_giada	polygon	Limite amministrativo del dominio di studio (perimetro dei comuni GIADA)	x	
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_18_rete_freatimetric	point	Pozzi della rete di misurazione freaticometrica in	x	
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_18f_rete_freatimetric	point	Piezometri della rete finale (ridotta) di misura manuale		
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_18t_rete_freatimetric	point	Piezometri per la misura manuale disponibili entro il		
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_19_idrograf_semplifi	polyline	Grafo idrografia semplificato		
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_20_dir_falda_freat	polyline	Direzioni (simbolo) di deflusso della falda freatica	x	
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_21_isofreatiche_07_2008_falda_frea	polyline	Isofreatiche luglio 2008		
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_21_isofreatiche_07_2009_falda_frea	polyline	Isofreatiche luglio 2009		
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_21_isofreatiche_09_2008_falda_frea	polyline	Isofreatiche settembre 2008		
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_21_isofreatiche_10_2010_falda_frea	polyline	Isofreatiche ottobre 2010		
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_22_riquadroTav_A1	polygon	Estensione geografica Tavola A1 (riquadro carta)	x	
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_23_comuni_veneto	polygon	Limiti amministrativi dei Comuni del Veneto	x	
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_24_elemnti_geomorfologici	polyline	Principali elementi geomorfologici legati a fenomeni di dissesto	x	x
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\	gd_st_25_siti_contaminati	point	Siti contaminati censiti all'interno del dominio di		
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\Recoaro_25_shp\	gd_st_25rc_sorgenti	point	Sorgenti dell'area di recoaro (estratto da gd_st_12_sorgenti_d_giada		x
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\Recoaro_25_shp\	gd_st_26rc_limiti_bacino	polyline	Limite del bacino idrogeologico del settore di		x
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\Recoaro_25_shp\	gd_st_27rc_tracce_sezioni	polyline	Tracce delle sezioni		x
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\Recoaro_25_shp\	gd_st_28rc_faglie	polyline	Faglie dell'area di Recoaro (Estratto con modifiche da gd_st_04_elementi_tettonici)		x
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\Recoaro_25_shp\	gd_st_28rc_limiti_faglie	polyline	Limiti idrogeologici e faglie dell'area di Recoaro		x
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\Recoaro_25_shp\	gd_st_29rc_aree_elevata_infiltraz	polygon	Aree ad elevato coefficiente di infiltrazione dell'area di Recoaro (mediamente sup. a 0,3) (estratto da gd_st_07_aree_infiltrazione_elevata)		x
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\Recoaro_25_shp\	gd_st_30rc_aree_tettonizzate	polygon	Aree intensamente tettonizzate (cataclastiche, fratturazione pervasiva, fasci di giunti) dell'area di Recoaro estratto con		x
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\Recoaro_25_shp\	gd_st_31rc_complessi_idrogeo	polygon	Complessi idrogeologici e principali aree coperte da depositi quaternari del		x
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\Recoaro_25_shp\sez	Lito_sez_a		File costruzione sezione a (elementi non cartografici)		x
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\Recoaro_25_shp\sez	pg_lito_sez_a		File costruzione sezione a (elementi non cartografici)		x
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\Recoaro_25_shp\sez	rocce_perm_sez_a		File costruzione sezione a (elementi non cartografici)		x
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\Recoaro_25_shp\sez	scisto_sez_a		File costruzione sezione a (elementi non cartografici)		x
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\Recoaro_25_shp\sez	sez_a_barra		File costruzione sezione a (elementi non cartografici)		x
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\Recoaro_25_shp\sez	barra_sez_b		File costruzione sezione b (elementi non cartografici)		x
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\Recoaro_25_shp\sez	line_sez_b		File costruzione sezione b (elementi non cartografici)		x
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\Recoaro_25_shp\sez	PG_geo_sez_b		File costruzione sezione b (elementi non cartografici)		x
\\DB_GIADA_F2\gd_F2_shp\Recoaro_25_shp\sez	sorg_settefontane		File costruzione sezione b (elementi non cartografici)		x