



PROGETTO AQUOR

La ricarica artificiale della falda
mediante la gestione integrata
delle risorse idriche

- CENSIMENTO DELLE RISORGIVE -



Abbiamo a cuore
l'acqua

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	3
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	4
2.1	DOMINIO DI INTERESSE.....	4
2.2	IL SISTEMA RISORGIVA.....	5
3	CENSIMENTO DELLE RISORGIVE.....	7
3.1	RILIEVI SPERIMENTALI	7
3.2	RISULTANZE NATURALISTICO - AMBIENTALI.....	11
3.2.1	<i>Sezione chimico-fisica</i>	<i>11</i>
3.2.2	<i>Stato della risorgiva (indice IFR)</i>	<i>14</i>
4	MONITORAGGIO QUANTITATIVO.....	18
5	MONITORAGGIO QUALITATIVO	24
5.1	RISULTATI ANALITICI: SITUAZIONI DI ANOMALIA.....	25
5.2	DISTRIBUZIONE GEOGRAFICA	26
5.2.1	<i>Composti Azotati.....</i>	<i>26</i>
5.2.2	<i>Anioni.....</i>	<i>27</i>
5.2.3	<i>Conducibilità elettrica.....</i>	<i>29</i>
5.2.4	<i>Durezza</i>	<i>29</i>
5.2.5	<i>Solventi organoclorurati.....</i>	<i>30</i>
5.2.6	<i>Metalli</i>	<i>32</i>
5.3	TREND DI CONCENTRAZIONE.....	33
5.4	CARATTERIZZAZIONE IDROGEOCHIMICA.....	34
5.5	DETERMINAZIONI ISOTOPICHE	36
6	CONCLUSIONI.....	38

INDICE FIGURE

- Fig. 1 – Dominio di indagine del Progetto Aquor, ubicazione dei siti pilota di ricarica e delle risorgive censite
- Fig. 2 – Inquadramento geoidrologico dell'area in esame e fascia delle risorgive
- Fig. 3 – Rete idrografica e risorgive censite entro il progetto
- Fig. 4 – Esempi di risorgiva con forma (rispettivamente dall'alto al basso) circolare, lineare e irregolare
- Fig. 5 – Esempio di schema grafico di dettaglio della risorgiva con legenda
- Fig. 6 – Acquisizione parametri chimico fisici
- Fig. 7 – Distribuzione del parametro conducibilità elettrica
- Fig. 8 – Distribuzione del parametro potenziale di ossidoriduzione
- Fig. 9 – Distribuzione del parametro pH
- Fig. 10 – Distribuzione dell'indice IFR
- Fig. 11 – Risorgiva prima e dopo il taglio della vegetazione riparia
- Fig. 12 – Rana rossa di Lataste
- Fig. 13 – Scazzone
- Fig. 14 – Misura con correntometro Doppler
- Fig. 15 – Regime di falda presso alcune stazioni piezometriche nei pressi delle risorgive: in colore si evidenzia l'intervallo temporale di misura del censimento risorgive (dati Sinergeo)
- Fig. 16 – Rete di controllo delle portate di deflusso di risorgiva
- Fig. 17 – Confronto tra la portata di alcune risorgive e precipitazioni
- Fig. 18 – Confronto tra andamento della portata di alcune risorgive e piezometria a Caldogno
- Fig. 19 – Stazioni di misura in continuo della portata (da sx rispettivamente risorgiva ID= 53, 339 e 1046)
- Fig. 19 – Portata misurata alla risorgiva 53 e precipitazioni a Montecchio Precalcino
- Fig. 20 – Portata misurata alla risorgiva 339 e precipitazioni a Montecchio Precalcino
- Fig. 21 – Portata misurata alla risorgiva 1046 e precipitazioni a Montecchio Precalcino
- Fig. 22 – Idrometria nelle tre risorgive strumentate in relazione alle precipitazioni ed al livello di falda
- Fig. 23 – Distribuzione dei nitrati nelle risorgive (valori medi)
- Fig. 24 – Distribuzione dei solfati nelle risorgive (valori medi)
- Fig. 25 – Distribuzione dei cloruri nelle risorgive (valori medi)
- Fig. 26 – Distribuzione della durezza nelle risorgive (valori medi)
- Fig. 27 – Distribuzione del PCE nelle risorgive
- Fig. 28 – Distribuzione del TCE nelle risorgive
- Fig. 29 – Distribuzione del cromo totale nelle risorgive
- Fig. 30 – Distribuzione dell'arsenico nelle risorgive
- Fig. 31 – Diagramma di Piper relativo alle acque dei settori Ovest ed Est

INDICE TABELLE

Tab. 1 – Suddivisione delle risorgive per comune e tipologia	8
Tab. 2 – Analisi statistica dei dati chimico-fisici presso la testa delle risorgive	11
Tab. 3 – Analisi statistica dati chimico-fisici lungo l'asta delle risorgive	11
Tab. 4 – Confronto tra IFR 2005 e IFR 2014	16
Tab. 5 – Concentrazione Media di nitrati vs. punti di campionamento	27
Tab. 6 – Risultati delle analisi isotopiche	36
Tab. 7 – Suddivisione in gruppi a seguito delle analisi isotopiche	37

1 PREMESSA

Nel periodo tra settembre 2014 e marzo 2015 è stato condotto uno studio in Provincia di Vicenza, finalizzato al censimento ed alla verifica dello stato quali-quantitativo delle risorgive. Il presente documento sintetizza i risultati delle attività tecniche e definisce il quadro conoscitivo risultante dal punto di vista idrogeologico ed ambientale.

Le ricerche rientrano nell'ambito del Progetto LIFE+10/ENV/IT/000380 AQUOR, che si è sviluppato a partire dal 2011 attraverso un programma operativo complesso, mirato ad implementare una strategia partecipata di risparmio idrico e di ricarica artificiale, per il riequilibrio quantitativo delle falde dell'alta pianura vicentina.

In questo contesto, tra gli altri interventi, hanno preso avvio sperimentazioni in differenti siti pilota, atte a valutare l'applicabilità di tecnologie di MAR¹ e di sistemi impiantistici in grado di accrescere l'infiltrazione idrica nel sottosuolo.

Lo studio delle risorgive fa parte delle azioni di monitoraggio di Aquor e concerne la progettazione e l'attuazione di verifiche sperimentali delle acque sorgive anche a valle dei nuovi siti pilota di ricarica (Fig. 1).

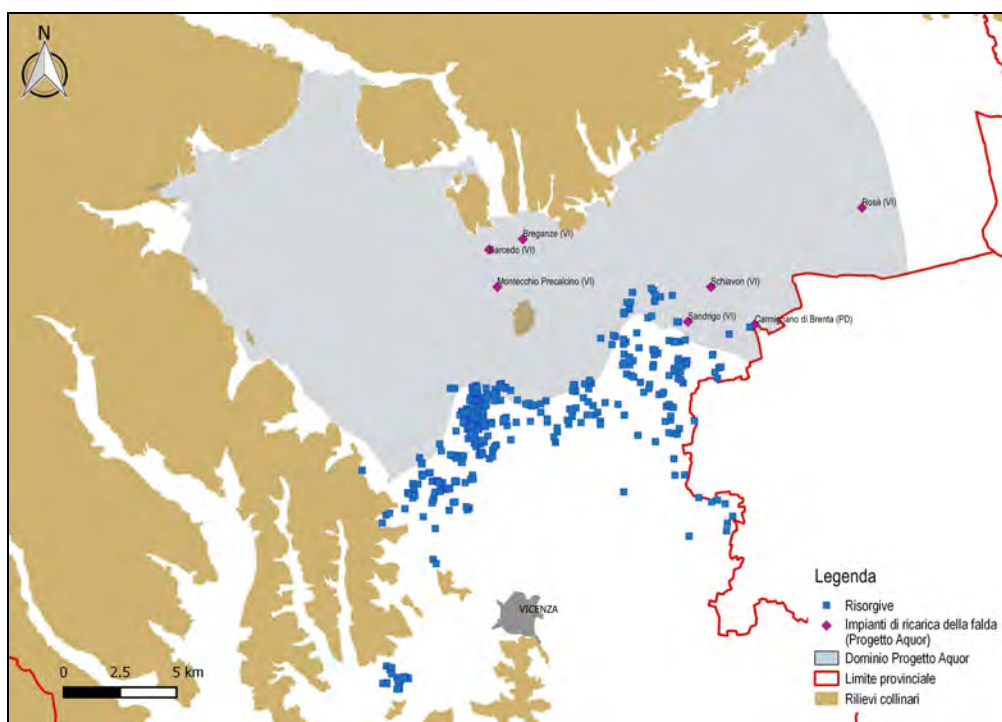


Fig. 1 – Dominio di indagine del Progetto Aquor, ubicazione dei siti pilota di ricarica e delle risorgive censite

¹ *Managed Aquifer Recharge*

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

2.1 DOMINIO DI INTERESSE

Le risorgive costituiscono l'affioramento di pianura della falda freatica: esse rappresentano una caratteristica peculiare del territorio di tutta la Pianura Padana.

Nel dominio di interesse (Fig. 2) i fontanili sono localizzati principalmente entro una fascia di media pianura, che si estende pressoché parallela al piede dei rilievi, per una larghezza variabile tra 2 e 10 km e con quote topografiche delle emergenze idriche comprese tra 30 m e 65 m s.l.m. circa. Nel territorio vicentino l'area interessa:

- il settore a nord di Vicenza, che comprende i territori comunali di Isola Vicentina, Vicenza, Costabissara, Caldogno, Villaverla, Dueville, Sandrigo, Bressanvido, Quinto Vicentino, Bolzano Vicentino, Pozzoleone e Schiavon;
- il territorio pianeggiante posto tra i Monti Lessini ed i Colli Berici, che si estende tra i comuni di Brendola, Altavilla Vicentina e Creazzo.

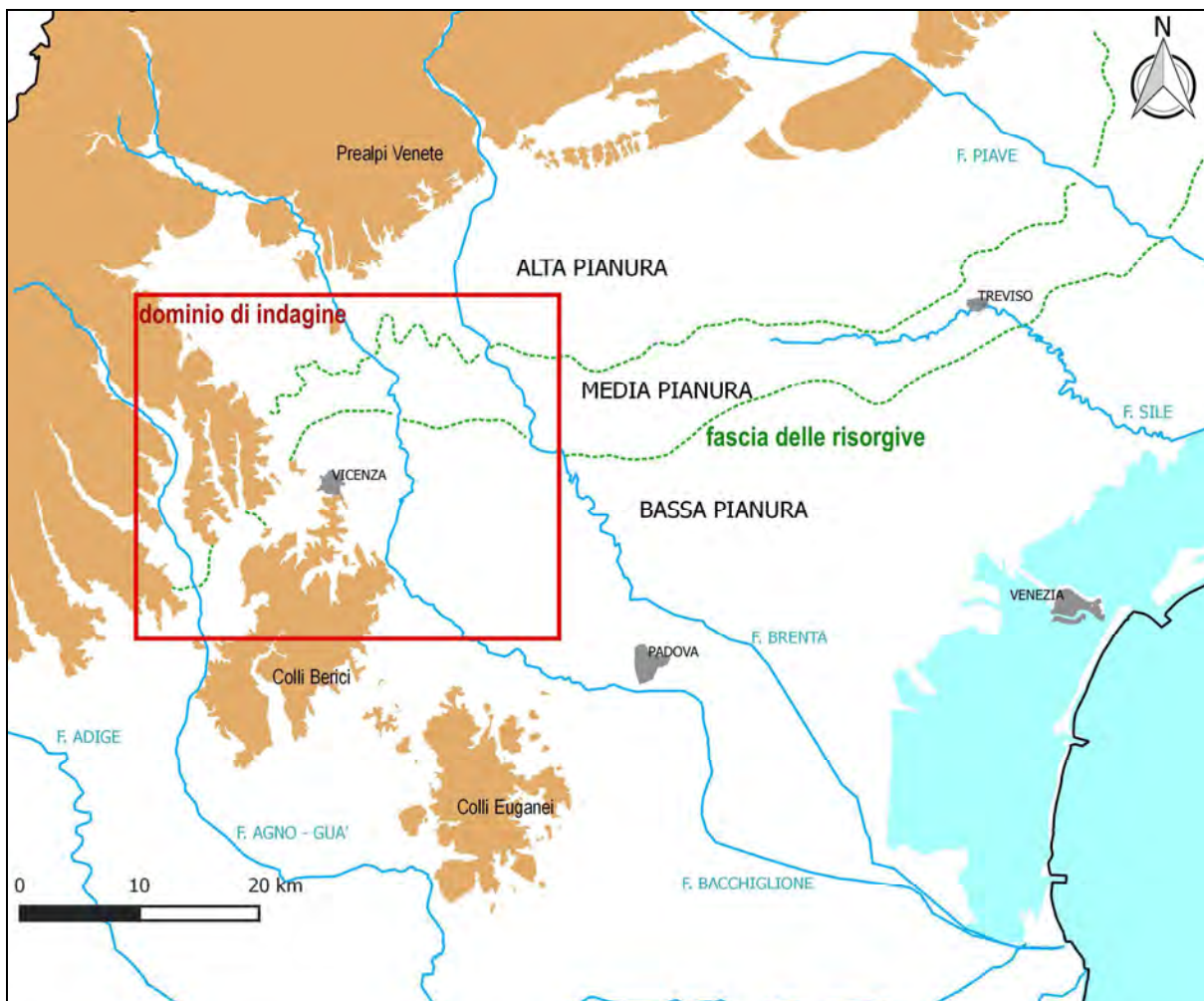


Fig. 2 – Inquadramento geoidrologico dell'area in esame e fascia delle risorgive

Dal punto di vista idrologico l'area è interessata dalla presenza dei seguenti corsi d'acqua principali: T. Chiampo, F. Agno-Guà, F. Retrone, T. Leogra, T. Timonchio, F. Bacchiglione, T. Astico, F. Tesina e F. Brenta (Fig. 3).

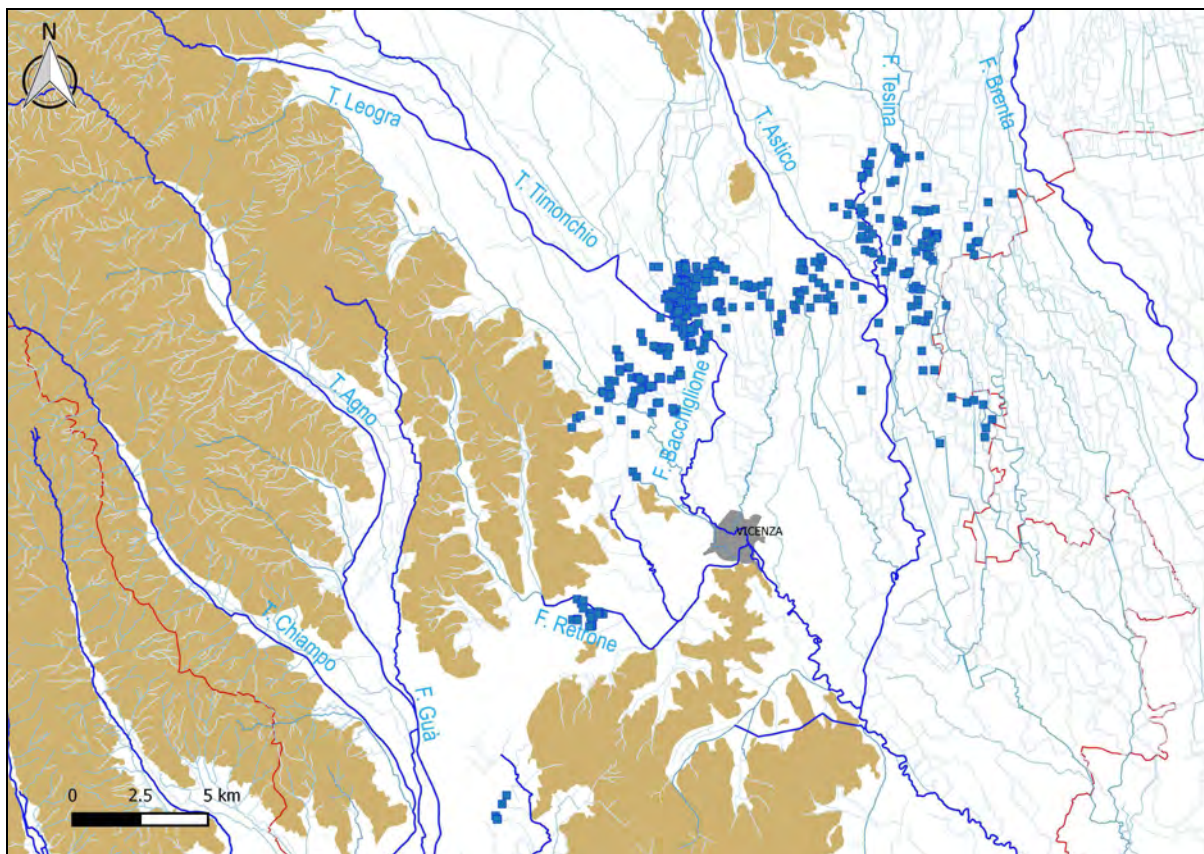


Fig. 3 – Rete idrografica e risorgive censite entro il progetto

2.2 IL SISTEMA RISORGIVA

Con il termine “risorgiva” si definisce l'emersione in superficie di acqua sotterranea, legata ad una variazione composizionale del sottosuolo, che determina il contatto tra sedimenti alluvionali a differenti permeabilità. Man mano che si scende dall'alta pianura vicentina verso il settore meridionale si assiste infatti ad un graduale passaggio litostratigrafico, da depositi granulari ad elevata permeabilità a sedimenti più fini, contraddistinti da una conducibilità idraulica relativamente minore. In corrispondenza della parte satura del sottosuolo, ove si esplica la circolazione idrica sotterranea, questa variazione strutturale dà luogo a vere e proprie emergenze sorgentizie di pianura, che sono appunto classificate *risorgive per sbarramento*. Il termine “risorgiva” è spesso genericamente associato a quello di “fontanile”: mentre la “risorgiva” identifica univocamente un affioramento idrico di genesi naturale, il “fontanile” fa talora riferimento ad una risorgenza di pianura in qualche modo influenzata

dall'azione antropica, ad esempio tramite l'infissione di pozzi battuti² nel terreno, che sfruttano i caratteri di pressione della falda per favorire o potenziare l'emergenza.

La sovrapposizione etimologica³ dei due termini deriva dal fatto che spesso i fontanili vengono realizzati in aree già interessate da risorgive, proprio allo scopo di incrementarne la portata per la rivitalizzazione delle zone umide. Dal punto di vista morfologico le risorgive sono costituite da una testa e da un canale di deflusso, detto asta o cavo. La testa è rappresentata da un'area topograficamente depressa con forma, dimensioni e profondità variabili: essa può contenere più polle sorgive adiacenti (punti da cui sgorga l'acqua). Nel corso del censimento le risorgive sono state suddivise in tre classi di forma (Fig. 4):

- circolare: quando la testa presenta una conformazione tondeggiante;
- lineare: allorché la testa non è morfologicamente distinguibile rispetto all'asta;
- irregolare: nei casi in cui la morfologia risulta più articolata e complessa, anche per la fusione di più polle cosicché non è possibile ricondurla alle categorie precedenti.

Anche nelle dimensioni e nella profondità della testa è stato possibile riscontrare una certa variabilità: nell'ambito del campione esaminato si passa infatti da risorgive con diametro pari a circa 1- 2 metri ad altre molto più estese, con diametro di oltre 20-30 metri.



Fig. 4 – Esempi di risorgiva con forma (rispettivamente dall'alto al basso) circolare, lineare e irregolare

² detti pozzi Norton

³ nel seguito della presente trattazione i due termini sono usati come sinonimi

La profondità può mediamente variare da alcune decine di centimetri fino a due metri circa.

Solitamente la testa di forma tondeggiante o irregolare va a rastremarsi verso il canale di deflusso, il quale si unisce con l'asta di altre risorgive o fontanili, più o meno vicini, originando un reticolo di deflusso a pelo libero, di tipo perenne. Tali corpi idrici, di portata e dimensioni variabili, paiono caratterizzati da un decorso idrografico rettilineo o variamente tortuoso, a seconda che la loro origine sia del tutto artificiale o segua tracciati naturali ed elementi fisiografici originari del territorio.

3 CENSIMENTO DELLE RISORGIVE

3.1 RILIEVI SPERIMENTALI

Lo studio ha previsto una fase di preanalisi delle informazioni disponibili, a seguito della quale sono state pianificate numerose indagini sperimentali in campo, misure e rilievi.

Le attività hanno previsto un esame di tipo:

- a. geografico - topografico (georeferenziazione): il controllo è stato realizzato con strumenti GPS e tramite appositi software di gestione delle immagini ortofotogrammetriche e delle basi cartografiche di supporto;
- b. geomorfologico: ogni risorgiva è stata contestualizzata con la descrizione dei parametri morfologici e dimensionali, sia nel settore di testa che per la parte iniziale del canale di scolo;
- c. geologico: è stato condotto un controllo speditivo delle peculiarità tessiturali e granulometriche dei terreni affioranti in corrispondenza alla polla;
- d. idrogeologico-idrochimico: sono stati raccolti elementi utili per la classificazione dell'emergenza, sia per quanto concerne le misure di portata che relativamente alla caratterizzazione idrochimica delle acque di sfioro.

In buona parte del dominio di indagine i sopralluoghi sono stati condotti tra ottobre e dicembre 2014: nei comuni di Brendola, Altavilla Vicentina e Creazzo (area compresa tra i Monti Lessini ed i Colli Berici) le attività sono state espletate tra gennaio e febbraio 2015.

Tutte le informazioni sono state elaborate ed organizzate in una banca dati omogenea, che aggiorna ed integra gli esiti di precedenti iniziative ricognitive: i principali dati acquisiti con misure ed osservazioni sono stati riportati in schede riepilogative (CD allegato).

Sulla base dei caratteri del deflusso, si sono considerate le seguenti categorie:

- perenne: nei casi in cui risulta evidenza da documenti e testimonianze dirette (e.g. proprietari o tecnici di riferimento) che la risorgiva non presenta periodi di secca; in tutti questi punti è stato possibile eseguire un rilevamento completo, acquisendo dati di tipo morfologico, naturalistico e, soprattutto, misure quali-quantitative regolari;
- periodica: anche a seguito di documenti pregressi e/o testimonianze dirette la risorgiva in determinate condizioni di regime presenta portata nulla; il rilievo completo è stato possibile solamente per i punti di indagine in cui, al momento dell'uscita in campo, è stata rilevata la presenza di acqua fluente;
- estinta: siti per cui si ha documentazione di presenza storica di una risorgiva ma che attualmente risulta scomparsa (pur riconoscendosi forme della passata attività).

Le risorgive vicentine si distribuiscono su 15 comuni, 14 dei quali presentano polle attualmente attive (quindi perenni o periodiche). I risultati atualizzati per comune vengono riportati in Tab. 1, da cui emerge che le risorgive attive⁴ in provincia sono circa 300.

Comune	N°	Attive (Perenni e Periodiche)	Estinte
Altavilla Vicentina	6	6	0
Bolzano Vicentino	11	6	5
Brendola	5	5	0
Bressanvido	36	33	3
Caldogno	53	46	7
Costabissara	22	11	11
Creazzo	12	12	0
Dueville	56	41	15
Isola Vicentina	1	1	0
Pozzoleone	8	7	1
Quinto Vicentino	8	6	2
Sandrigo	39	29	10
Schiavon	1	0	1
Vicenza	2	2	0
Villaverla	102	93	9
Siti totali visitati	362	298	64

Tab. 1 – Suddivisione delle risorgive per comune e tipologia

Il comune che esibisce il maggior numero di polle è Villaverla, con 93 risorgive attive. Il fenomeno assume importanza locale anche a Bressanvido, Caldogno, Dueville e Sandrigo.

Per ogni risorgiva attiva è stato prodotto uno schizzo di dettaglio (Fig. 5), in cui sono stati graficati elementi sito specifici rilevanti e dati georeferenziabili: tali schemi, che riportano una

⁴ intese come sommatoria di quelle perenni e periodiche

precisa localizzazione di punti fiduciali, risultano utili anche ove venissero eseguite successive ricognizioni.

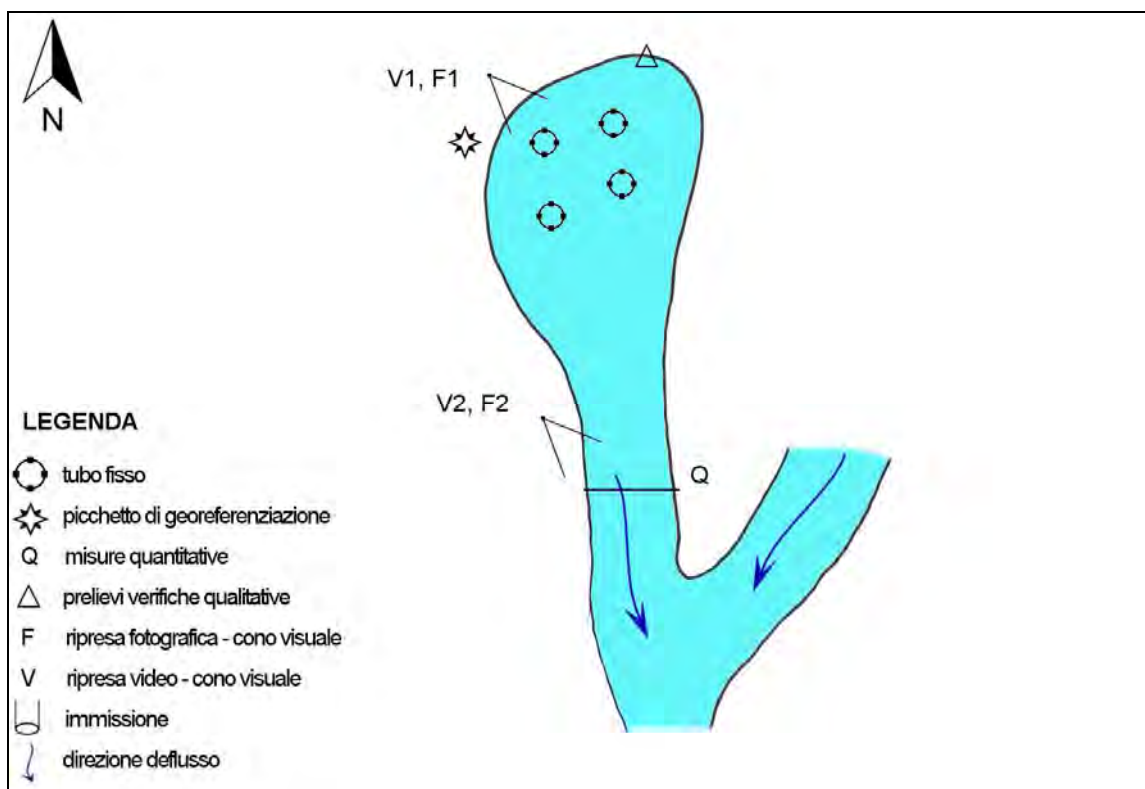


Fig. 5 – Esempio di schema grafico di dettaglio della risorgiva con legenda

Sono inoltre stati rilevati i parametri geometrici che caratterizzano la testa e l'asta, vale a dire la lunghezza, la larghezza, il diametro, il battente e la soggiacenza del livello dal piano di campagna. Dal punto di vista della valutazione quali-quantitativa delle acque è stato effettuato un primo *screening* delle portate e delle caratteristiche chimico-fisiche di tutti i siti attivi al momento del sopralluogo (Fig. 6). Le operazioni hanno ricompreso attività di caratterizzazione dello stato ambientale dei luoghi dal punto di vista naturalistico. In questa fase delle operazioni ci si è prefissi il compito di analizzare aspetti ambientali e peculiarità naturalistiche che possono essere utilizzati a medio lungo termine per valutare eventuali fenomeni di degrado geoidrologico o paesaggistico. Tale fase del lavoro ha previsto l'aggiornamento dell'Indice di Funzionalità della Risorgiva (I.F.R.), in base ad una metodologia derivata da precedenti censimenti (Modena, Zangheri, 2005). Il protocollo si



Fig. 6 – Acquisizione parametri chimico fisici

basa su vari parametri ed indicatori, che vengono considerati elementi ambientali ricorrenti, con variazioni tipologiche facilmente quantificabili. La stima dell'indice IFR avviene assegnando ai parametri selezionati valori numerici, con ottica matriciale. Ai punteggi più alti di IFR competono i casi di studio "migliori": per questi siti il naturale processo evolutivo di degrado, che consegue ad esempio a fenomeni di interrimento dei capifonte, è attualmente lontano dal verificarsi.

L'indice in discussione considera:

- lo stato dell'ambiente circostante: le aree all'intorno influiscono sulla stabilità degli ecosistemi, mediante rapporti – positivi e negativi che con essi intrattengono (i.e. impatti più o meno rilevanti, trasferimenti di specie, ...);
- stato dell'area di rilievo: la situazione dell'area in cui si colloca la risorgiva condiziona notevolmente le modalità evolutive, le peculiarità territoriali e la biodiversità;
- stato delle ripe: la morfologia della polla, ed in particolare l'acclività delle scarpate che limitano i capifonte, unitamente alle condizioni geomorfologiche all'intorno, influiscono sulla struttura e sulla tipologia della vegetazione ivi insediata, sulle modalità di emergenza dell'acqua e, non di rado, anche sulla stabilità geotecnica delle sponde;
- stato della risorgenza: il tipo di emergenza influisce sulla tendenza spontanea delle risorgive ad evolvere verso condizioni di graduale incremento della copertura vegetale, fino al totale interrimento da parte di sedimenti minerali e di elementi vegetali, che inibisce la risorgenza;
- stato della vegetazione (varietà e struttura): la caratterizzazione vegetazionale, consente di valutare la complessità ecosistemica dei siti;
- elementi di degrado: permettono di identificare quali forme di pressione antropica producono incuria e decadimento della risorsa.

La valutazione comparata di questi elementi consente quantificare l'indice IFR. Quattro dei sei capitoli di analisi sopra descritti presentano sottoinsiemi di valutazione: in questo caso il valore finale deriva dalla media dei punteggi riferiti ai sottoinsiemi. Il valore di IFR si ottiene come somma dei valori assegnati a ciascuna delle categorie precedentemente elencate.

3.2 RISULTANZE NATURALISTICO - AMBIENTALI

3.2.1 Sezione chimico-fisica

Per quanto riguarda i parametri chimico-fisici delle acque si presentano nelle Tab. 2 e Tab. 3 gli esiti di un'analisi statistica preliminare, condotta differenziando le misure eseguite a monte geoidrologico (i.e. testa) rispetto a quelle a valle (i.e. asta).

Parametro	Minimo	Massimo	Media	Mediana	Deviazione standard (SD)	Curtosi	Coefficiente di variazione (CV)	10%ile	95%ile
Temperatura(°C)	8.8	21.8	14.1	13.8	1.6	2.9	0.1	12.6	17.2
pH	6.86	8.77	7.66	7.74	0.34	-0.23	0.04	7.19	8.13
ORP (mV)	19.3	380.0	220.0	226.6	62.9	0.1	0.3	142.7	313.3
EC (µS/cm)	267.0	771.5	580.3	586.2	76.7	0.7	0.1	476.1	694.7
DO (mg/l)	1.12	9.34	5.11	4.95	1.54	0.14	0.30	3.37	8.02
Torbidità (NTU)	0.0	8.6	0.3	0.2	0.6	156.0	2.1	0.1	0.9

Tab. 2 – Analisi statistica dei dati chimico-fisici presso la testa delle risorgive

Parametro	Minimo	Massimo	Media	Mediana	Deviazione standard (SD)	Curtosi	Coefficiente di variazione (CV)	10%ile	95%ile
Temperatura(°C)	9.4	19.4	13.	13.6	1.4	1.9	0.1	12.5	16.8
pH	6.82	8.92	7.68	7.78	0.33	0.09	0.04	7.20	8.13
ORP (mV)	11.0	378.9	219.0	222.0	60.1	0.1	0.3	143.6	306.3
EC (µS/cm)	266.5	772.0	577.4	585.0	76.3	0.8	0.1	467.1	687.9
DO (mg/l)	1.66	9.59	5.48	5.10	1.53	-0.23	0.28	3.80	8.33
Torbidità (NTU)	0.0	7.4	0.2	0.1	0.5	166.5	2.5	0.0	0.7

Tab. 3 – Analisi statistica dati chimico-fisici lungo l'asta delle risorgive

I valori sperimentali riferibili all'emergenza nel settore di testa sono molto simili a quelli tipici per il primo tratto di asta: nel breve percorso idrico si notano un aumento dell'ossigeno disciolto (DO) ed una diminuzione della torbidità. L'aumento dell'ossigeno in soluzione è con ogni probabilità legato all'arricchimento provocato dallo scambio con l'atmosfera, dopo che l'acqua fuoriesce in superficie. La diminuzione della torbidità è riconducibile alla progressiva diminuzione di alghe e/o materiale solido in sospensione, che si verifica allontanandosi dalle zone di sifonamento (polle) per la minore turbolenza. Per quanto riguarda la misura della

temperatura il quadro conoscitivo che deriva dal censimento si riferisce al periodo⁵ tra ottobre e dicembre 2014: l'oscillazione termica delle acque di risorgiva può in tal senso risultare affetta anche da una componente "atmosferica" stagionale che, può essere quantificata e correttamente filtrata, a seguito della acquisizione di serie estese. A seguire si propongono alcune elaborazioni grafiche di sintesi, che esemplificano la distribuzione geografica dei parametri più rappresentativi nella zona di indagine. Nella Fig. 7 viene presentato l'andamento spaziale del parametro conducibilità elettrica (EC). Le zone dove i valori di EC sono relativamente più elevati (compresi tra 600 e 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$) si pongono lungo la direttrice N-S presso Bressanvido – Bolzano Vicentino, tra Caldogno e Dueville, in corrispondenza del Torrente Timonchio e nell'area agricola tra Caldogno e Costabissara. Nella fascia centrale (comune di Dueville) si riscontrano invece i valori più bassi, compresi tra 400 e 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La conducibilità elettrica dell'acqua sorgiva è condizionata dal contenuto di sali disciolti e la distribuzione risultante può indicare un arricchimento di elettroliti dovuto alle pratiche agricole ovvero ad attività industriali nelle zone poste a monte delle misure. La medesima fenomenologia può conseguire ad una variabilità della portata della circolazione sotterranea, che, a parità di carico salino totale, determina differenti indici di diluizione allo sfioro. Nel corso dei rilievi è stato eseguito un confronto tra i valori di conducibilità elettrica (EC) acquisiti con il censimento del 2005 e quelli odierni: la verifica è possibile sulle 153 risorgive che dispongono del dato per entrambi i rilievi. Dall'analisi dei dati risulta un aumento della conducibilità elettrica media del 12%: il valore medio di EC nel 2014 è pari a circa 580 $\mu\text{S}/\text{cm}$ mentre, a parità di popolazione, la media del 2005 è incentrata sui 510 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La distribuzione spaziale del parametro è comunque simile: le aree contraddistinte dai valori più elevati corrispondono a distanza di quasi 10 anni. Nella Fig. 8 viene presentata la distribuzione spaziale del potenziale di ossidoriduzione (ORP). In prima analisi si può notare come i valori tendono ad essere maggiori nelle risorgive più a Nord per diminuire verso Sud. Per quanto concerne la distribuzione spaziale del pH la Fig. 9 evidenzia acque sostanzialmente più basiche nella zona del bacino Astico-Tesina, mentre i deflussi paiono relativamente più acidi nel bacino imbrifero del Timonchio-Bacchiglione.

⁵ ad eccezione di alcune misure eseguite a gennaio – febbraio 2015 nei comuni di Altavilla, Brendola e Creazzo

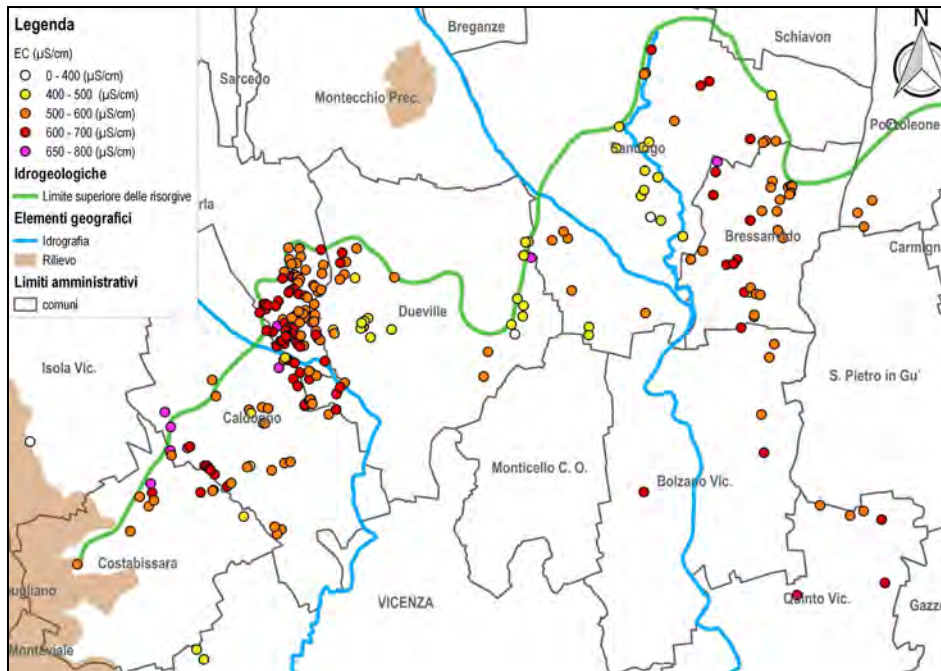


Fig. 7 – Distribuzione del parametro conducibilità elettrica

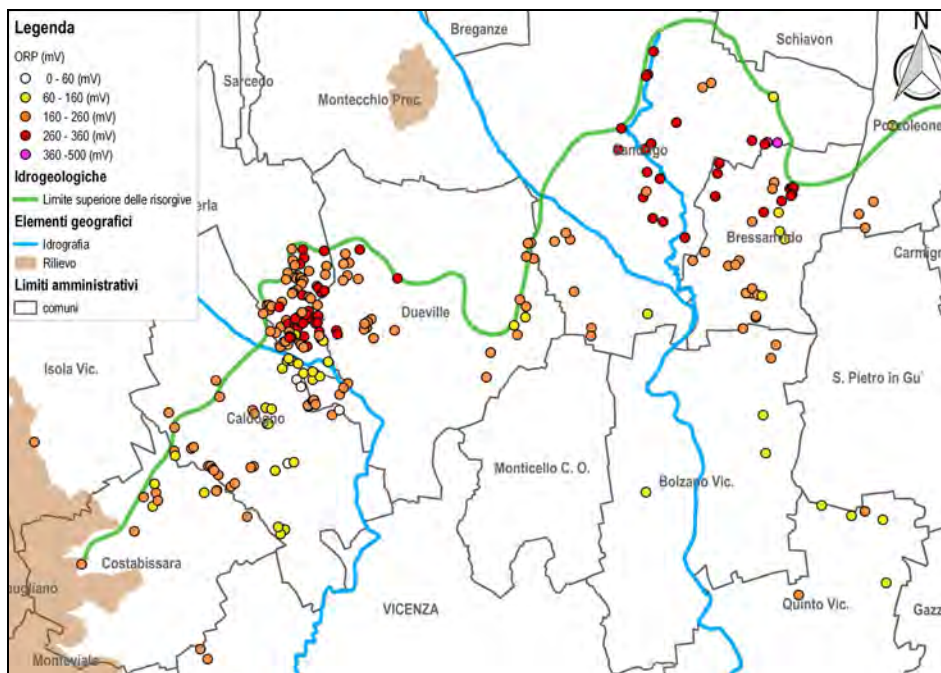


Fig. 8 – Distribuzione del parametro potenziale di ossidoriduzione

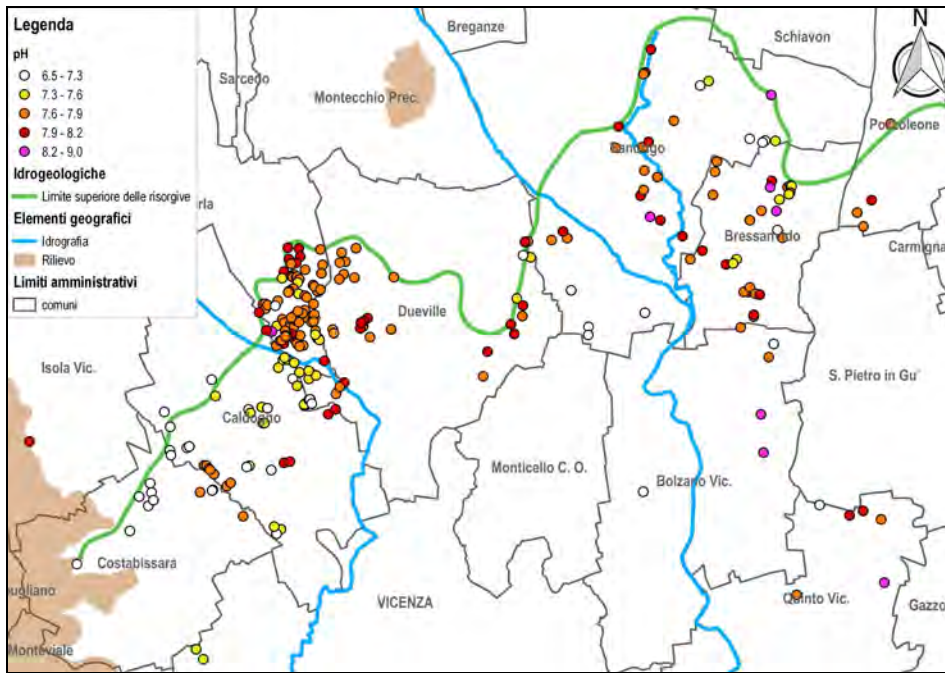


Fig. 9 – Distribuzione del parametro pH

Le mappature sopra descritte rappresentano un esempio di elaborazione schematica dei dati: per una validazione dei risultati e per la ricostruzione delle tendenze di lungo periodo occorre procedere reiterando nel tempo le sessioni di campo in modo sistematico e periodico.

3.2.2 Stato della risorgiva (indice IFR)

Le risorgive per le quali è stato possibile valutare l'indice IFR sono 279. Per poter classificare in modo semplice i siti in base alla qualità ambientale è stata utilizzata una scala di valori con livelli crescenti di qualità, reimpiegando le stesse classi utilizzate nel censimento del 2005:

IFR < 15	Pessima (qualità ambientale)
15 < IFR < 20	Scarsa
20 < IFR < 25	Buona
25 < IFR < 30	Ottima

Secondo questa suddivisione:

- 34 risorgive possono essere classificate con qualità ambientale pessima (12%),
- 129 con qualità scarsa (46 %),
- 110 con qualità buona (40 %)
- 6 con qualità ottima (2%).

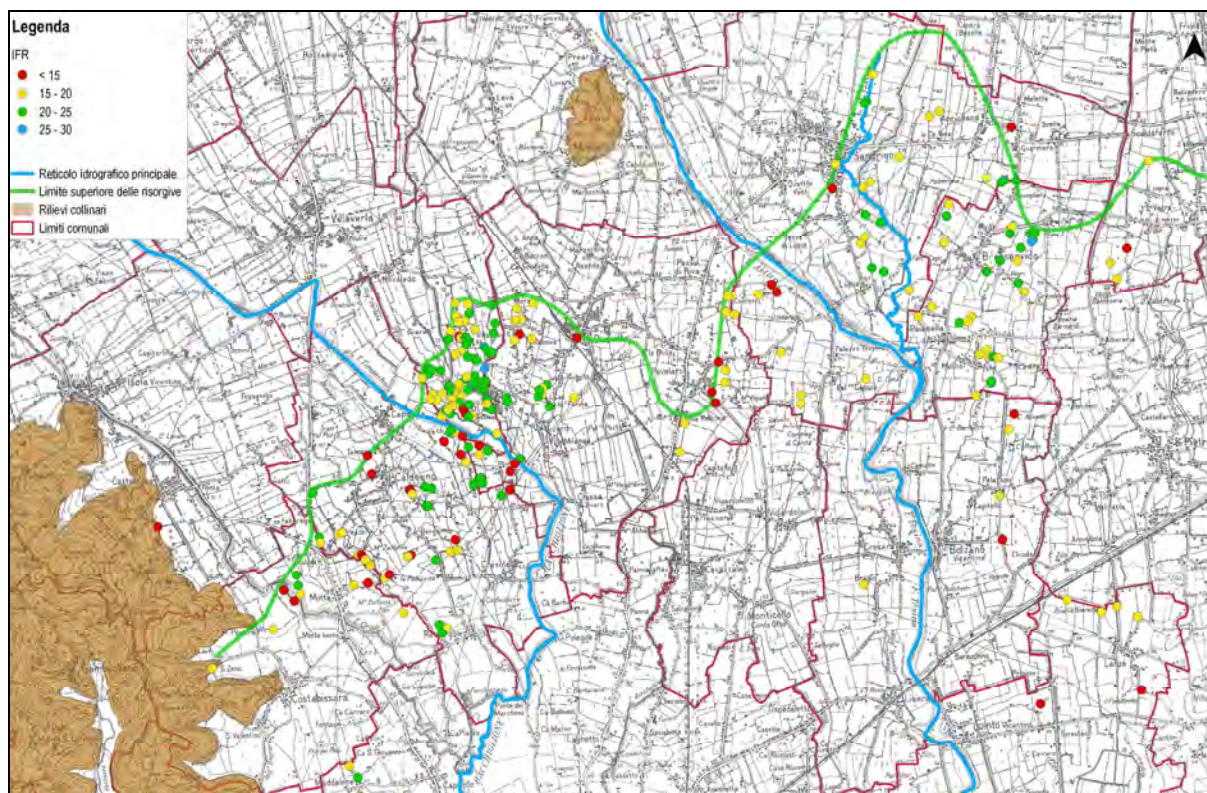


Fig. 10 – Distribuzione dell'indice IFR

Analizzando la distribuzione spaziale di tale classificazione (Fig. 10) si evince che:

- le risorgive in classe pessima⁶ sono concentrate lungo il corso del Torrente Timonchio (soprattutto in destra idrografica) ed al confine tra i comuni di Caldogno e Costabissara,
- le risorgive con classe buona o ottima⁷ si trovano nei pressi dell'area SIC del Bosco di Dueville e nel comune di Bressanvido.

L'alternanza di situazioni di degrado e di casi con buoni standard di qualità è abbastanza diffusa: oltre alla collocazione geografica sui punteggi influiscono quindi fattori di "eterogeneità" quali l'urbanizzazione, la litologia del substrato, ovvero la manutenzione e la gestione delle polle da parte dei proprietari. Laddove sono state adottate misure di protezione e politiche di salvaguardia ambientale gli indici mostrano un netto miglioramento.

In Tab. 4 vengono riportati i risultati del confronto con l'indice IFR calcolato nel censimento del 2005, considerando i seguenti scenari:

- miglioramento = indice IFR 2014 > indice IFR 2005;

⁶ il punteggio pare conseguire a motivi legati soprattutto ad un deterioramento dovuto a scarsa manutenzione

⁷ in questo caso si conferma il positivo effetto di misure di riqualificazione e salvaguardia, intraprese grazie a vari progetti (Regione Veneto, Provincia di Vicenza, ...) ed al lavoro di associazioni locali (Comitato per le risorgive)

- invarianza = indice IFR 2014 differisce di un valore compreso tra +0.5 e -0.5 rispetto al valore 2005;
- peggioramento = indice IFR 2014 < indice IFR 2005.

Variazione	N°	%
Miglioramento	89	53%
Invariate	29	17%
Peggioramento	50	30%
Totale	168	100%

Tab. 4 – Confronto tra IFR 2005 e IFR 2014

Per le 168 polle che consentono di operare un confronto dal 2005 al 2015, oltre la metà presenta una positiva evoluzione della condizione ambientale. Questo risultato è favorito dall'aumento della sensibilità sociale e dell'attenzione collettiva verso gli ecosistemi ed il paesaggio locale, come confermato da:

- la nascita nel 2006 del Comitato per le Risorgive del comune di Bressanvido, con lo scopo di valorizzare dal punto di vista ambientale le risorgive del comune e di sensibilizzare i cittadini sulla loro manutenzione;
- i lavori di riqualificazione dell'area delle sorgenti del fiume Tesina iniziati nel 2011 in comune di Sandrigo, con la salvaguardia e il rimboschimento dell'ambiente planiziale;
- la riqualificazione ambientale dell'area delle sorgenti di Dueville - Villaverla: si tratta di un'area situata al confine dei due comuni, che presenta uno degli ambienti naturalistici di maggior pregio della Provincia di Vicenza; all'interno sono situate aree protette come le Sorgenti del Bacchiglione, il Bosco di Dueville, l'Oasi naturalistica di Villaverla, il Centro Idrico di Novoledo;
- il progetto LIFE+ SOR.BA. 09/NAT/IT000213, finalizzato alla riqualificazione delle sorgenti del fiume di risorgiva Bacchiglione, mediante la riconversione naturalistica del sito utilizzato precedentemente come piscicoltura.

La maggior parte delle risorgive cui è associato un miglioramento della situazione ambientale si concentrano nella zona delle sorgenti di Dueville – Villaverla e nel comune di Bressanvido, in accordo con quanto sopra riportato. Tra gli elementi di degrado ricorrente va enfatizzato il taglio "indiscriminato" della vegetazione riparia (Fig. 11), la presenza di rifiuti ed i casi con evidenze o indizi di escavazioni puntuali.



Fig. 11 – Risorgiva prima e dopo il taglio della vegetazione riparia

Durante le fasi di censimento sono state osservate le specie animali presenti in sito. L'elemento faunistico permette di completare la caratterizzazione complessiva di una risorgiva dal punto di vista ecosistemico. Tra le specie di maggior pregio si è documentata la presenza della Rana rossa di Lataste (*Rana latastei*), classificata nella "Lista rossa IUCN" come specie vulnerabile (Fig. 12) e lo Scazzone (*Cottus gobio*), specie minacciata in Italia a causa delle



Fig. 12 – Rana rossa di Lataste

opere di regimazione, da episodi di contaminazione e dall'abbassamento del livello nei corsi d'acqua (Fig. 13). Si tratta di una varietà ittica molto sensibile all'inquinamento idrico, che vive in acque limpide e ben ossigenate, con temperature non superiori ai 16 °C. Per queste sue particolarità, analogamente alla Rana di Lataste, lo Scazzone viene utilizzato come indicatore di ambienti intatti con buona qualità



Fig. 13 – Scazzone

delle acque. Altri pesci rilevati durante il censimento sono il luccio e la trota. In un paio di risorgive è stata riscontrata la presenza del Gambero rosso della Louisiana (*Procambarus clarkii*), specie alloctona che produce un declino delle specie native di gambero europeo d'acqua dolce, impatto sulla vegetazione riparia ed un aumento della torbidità dell'acqua con mobilitazione di sedimento.

4 MONITORAGGIO QUANTITATIVO

Le risorgive rappresentano un importante elemento idrogeologico anche dal punto di vista quantitativo: esse, infatti, devono essere considerate lo sfioro di troppo pieno del sistema idrico sotterraneo che si sviluppa a monte, sopra gradiente rispetto alla direttrice dei deflussi.

Il regime delle portate di risorgiva è strettamente connesso con il livello / portata dell'acquifero freatico: per questo legame esse fungono da indicatore della potenzialità geoidrologica complessiva della circolazione idrogeologica sottesa. Il sistema delle risorgive contribuisce in maniera sostanziale alla formazione del fitto reticolo idrologico che caratterizza la zona delle ricerche: sono moltissime le rogge che vengono alimentate dalle acque provenienti dalle risorgive ed anche alcuni tra i corsi d'acqua più importanti, come il Bacchiglione, traggono la loro origine da acque di risorgiva.



Fig. 14 – Misura con correntometro Doppler

Lo studio del regime idraulico del sistema delle risorgive è stato strutturato per fasi progressive di approfondimento, tramite:

- valutazione preliminare e manuale della portata, durante il primo sopralluogo, presso tutti i punti di risorgiva attivi,
- monitoraggio mediante n.9 campagne di misura manuale su n. 51 risorgive (misure periodiche),
- monitoraggio continuo in corrispondenza di n.3 sezioni significative, per mezzo della istituzione di altrettante stazioni fisse di misura automatica ed in continuo.

Le operazioni di rilevamento della portata in manuale è stata eseguita mediante correntometro Doppler. Si è trattato di misure complesse, in relazione alla mancanza di sezioni tarate e/o alla morfologia dell'alveo/asta, che presenta eterogeneità morfologiche, pendenze variabili del fondo e svariate limitazioni fisiografiche. Le misure di portata sono state effettuate sul cavo, subito a valle della testa della risorgiva, dove le condizioni

morfometriche del collettore consentono una più agevole applicazione di metodiche⁸ quantitative. La prima fase dello studio ha permesso di trovare un valore indicativo della portata effluente dalle risorgive situate tra Astico e Brenta, che, alla data dei rilievi, viene stimato in complessivi 6.7 m³/s. Tale valore è da ritenersi indicativo in quanto la misurazione delle portate per ogni polla è stata completata in un arco temporale di circa due mesi, che può non ritenersi istantaneo. In tal senso la Fig. 15 mostra il regime di falda registrato da n. 3 sonde poste in corrispondenza (stazione di misura A e B) e a monte (stazione C) delle risorgive a nord di Vicenza. Le quote di falda riferite all'intervallo temporale di interesse risultano mediamente superiori ai valori stagionali tipici registrati tra il 2007 e il 2015.

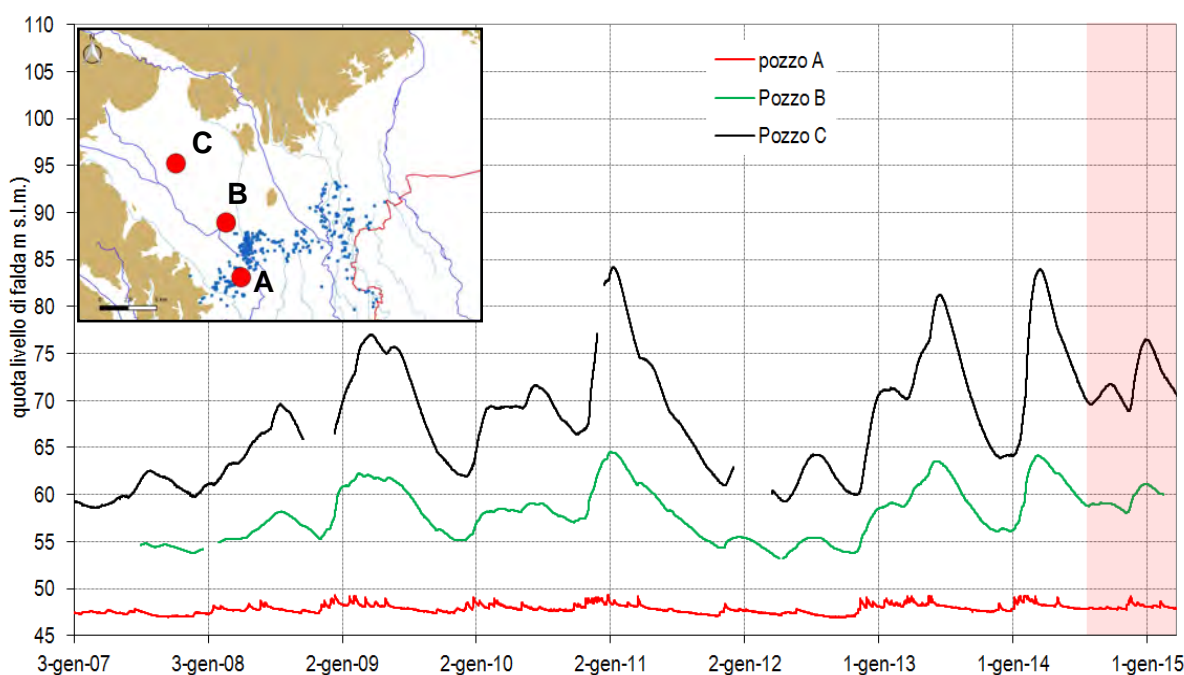


Fig. 15 – Regime di falda presso alcune stazioni piezometriche nei pressi delle risorgive: in colore si evidenzia l'intervallo temporale di misura del censimento risorgive (dati Sinergeo)

La valutazione degli aspetti quantitativi di progetto, ha compreso, come già accennato anche verifiche periodiche su un numero “ristretto” di risorgive (n. 51 polle), che, alla scala della popolazione esaminata si configura ad ogni buon conto rappresentativo. Tali risorgive sono state scelte in modo tale da coprire in modo omogeneo l'area di indagine, per fornire valori indicativi sull'andamento nel tempo delle portate (Fig. 16). In questo modo è stato possibile ipotizzare in via preliminare⁹ una correlazione tra l'evoluzione delle portate di sfioro delle risorgive e gli eventi pluviometrici, con le relative oscillazioni di falda, in ordine al poter evidenziare una tendenza nel comportamento del sistema idrico globale.

⁸ basate sulla caratterizzazione della sezione bagnata ortogonale al deflusso superficiale

⁹ le valutazioni sono state effettuate considerando un periodo limitato mentre sarebbe opportuno avere dati relativi ad almeno un anno idrologico

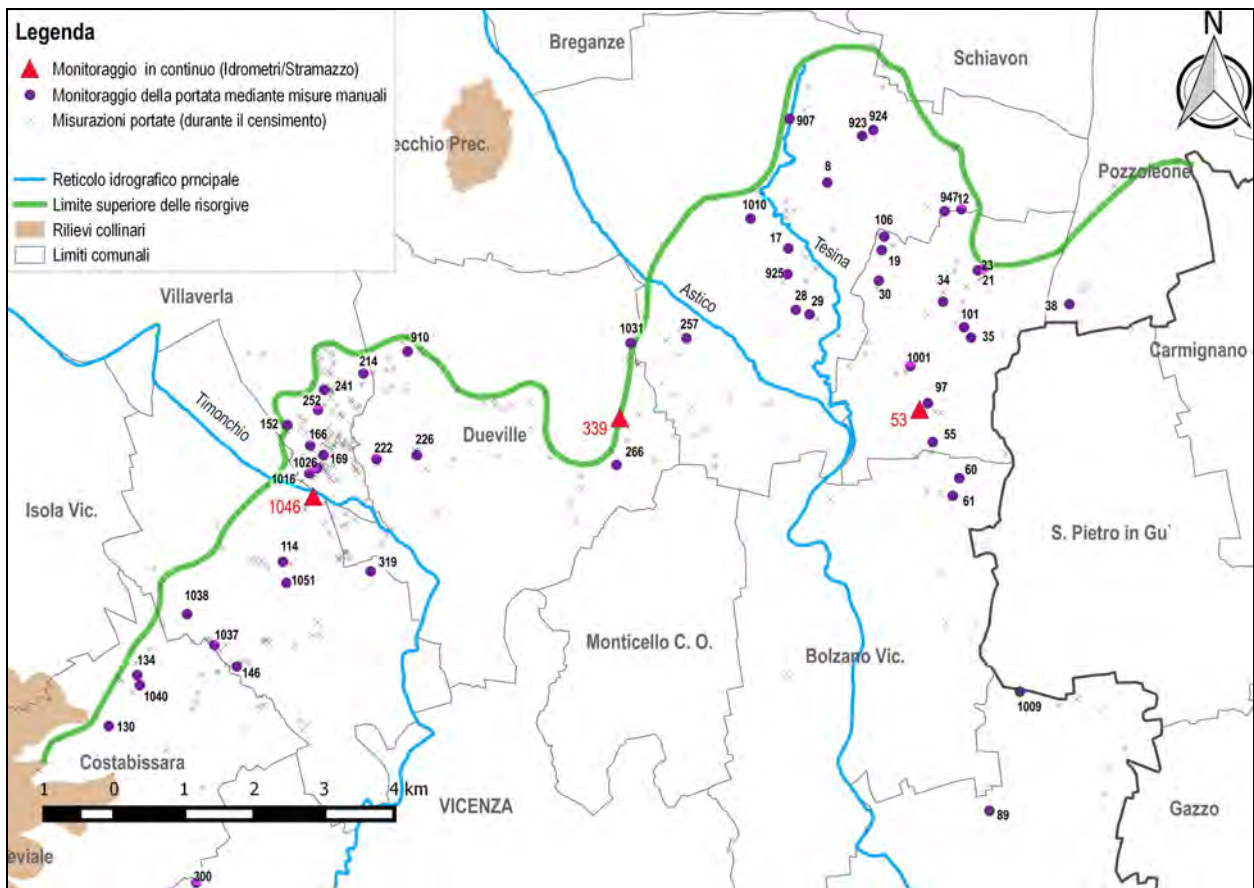


Fig. 16 – Rete di controllo delle portate di deflusso di risorgiva

A titolo esemplificativo si riporta in Fig. 17 un grafico con l'andamento delle portate per alcune risorgive, confrontato con le precipitazioni della stazione di Montecchio Precalcino (dati ARPAV). Sul periodo la tendenza delle risorgive analizzate mostra una diminuzione delle portate fino all'evento di precipitazione del 05/02/2015, che ha comportato l'inversione dei trend. In tale occasione alla stazione pluviometrica ARPAV di Montecchio Precalcino (VI) sono stati misurati 47.2 mm di pioggia: altri eventi di pioggia, dell'ordine dei 15 mm giornalieri, non determinano risposte significative nel sistema in studio.

Per approfondire ulteriormente il fenomeno si sono correlati i dati di portata con quelli dell'andamento di falda, in acquisizione continua nel comune di Caldogeno (Fig. 18). In corrispondenza delle precipitazioni più sostenute si osserva un'oscillazione della falda dovuta all'infiltrazione efficace che ben si relaziona con la variazione delle portate delle risorgive. La misura settimanale delle portate, ancorché condotta con misurazioni puntuali, fornisce quindi un'indicazione rappresentativa degli andamenti, correlabile in modo evidente con i trend piezometrici.

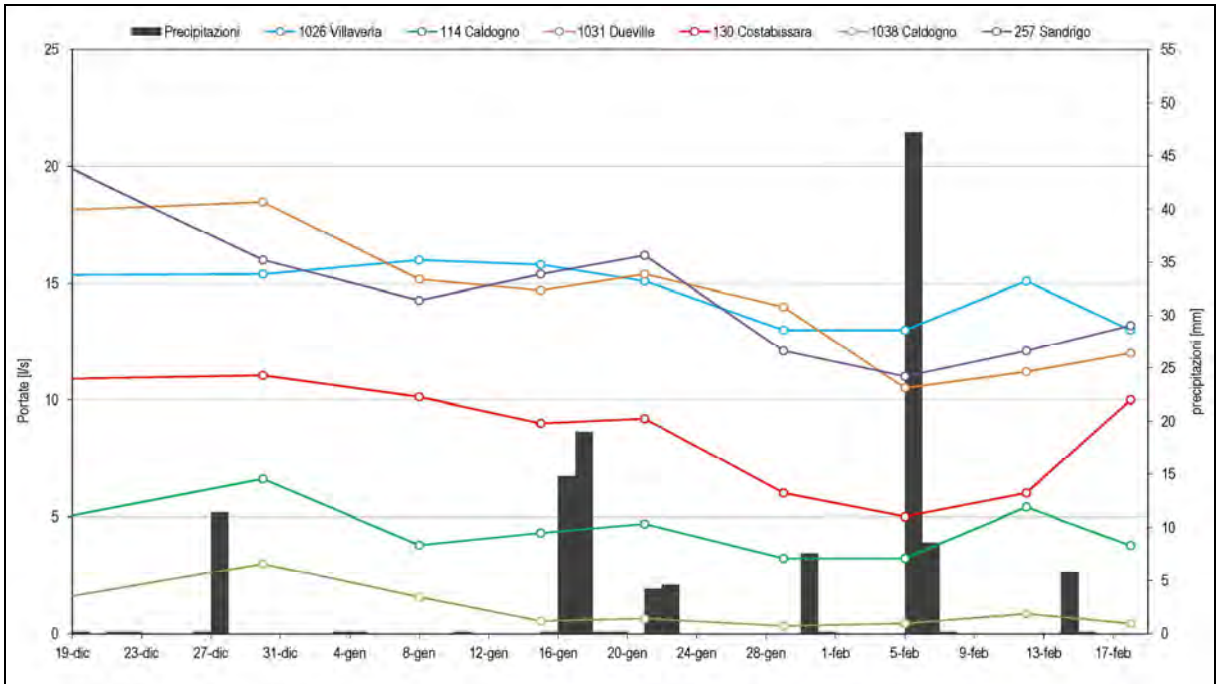


Fig. 17 – Confronto tra la portata di alcune risorgive e precipitazioni

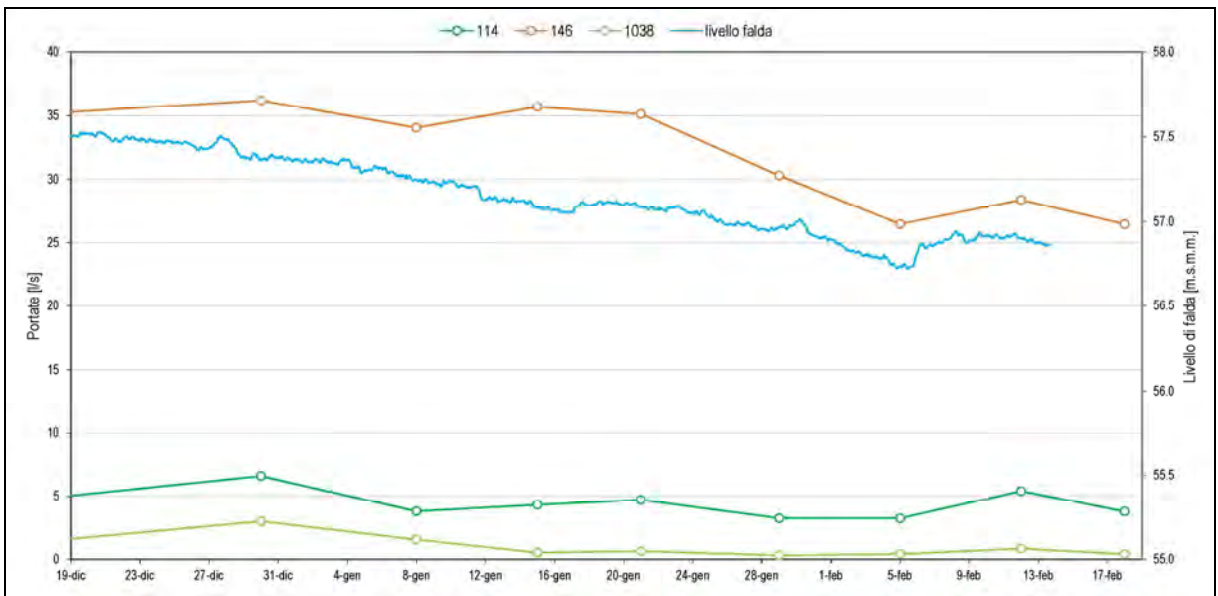


Fig. 18 – Confronto tra andamento della portata di alcune risorgive e piezometria a Caldogno

Nell'ottica di disporre di dati ancora più accurati si è provveduto ad installare tre stazioni di misura (Fig. 19) in continuo presso altrettante risorgive distribuite uniformemente nell'area di studio (i.e. marcatore triangolare di colore rosso in Fig. 16).

Per la finalità in discussione sono state scelte risorgive con portata perenne: si è data preferenza a siti con sezione di deflusso regolare, in modo da ottimizzare le misure di calibrazione essenziali per ricostruire la scala delle portate.



Fig. 19 – Stazioni di misura in continuo della portata (da sx rispettivamente risorgiva ID= 53, 339 e 1046)

La misurazione ha permesso:

- una registrazione di valori massimi e minimi, medi e cumulati, in relazione alla finestra temporale di disponibilità dei dati,
- la determinazione della velocità¹⁰ di risposta della risorgiva in relazione ai fattori di alimentazione.

La scala delle portate è stata ottenuta correlando il tracciato idrometrico (i.e. battenti misurati nel tempo) presso i tre siti e tarando i dati con misure di portata calcolata “a sessione” con il correntometro Doppler. Nei grafici di Fig. 20, Fig. 21 e Fig. 22 si mettono in relazione le portate rilevate alle singole risorgive con le precipitazioni misurate presso la stazione meteorologica ARPAV di Montecchio Precalcino.

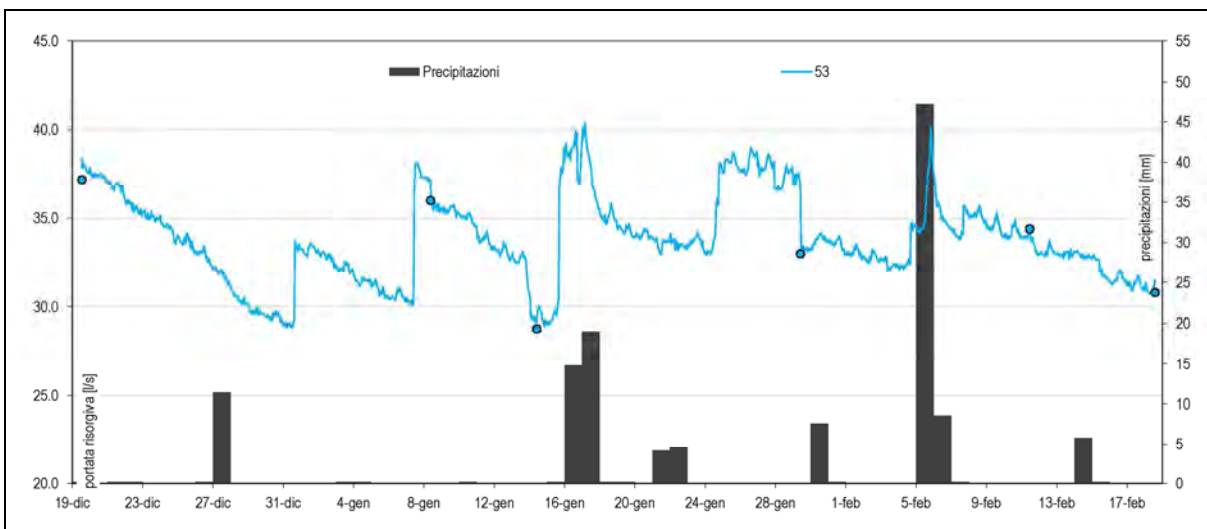


Fig. 20 – Portata misurata alla risorgiva 53 e precipitazioni a Montecchio Precalcino

¹⁰ una sorta di tempo di corrvazione

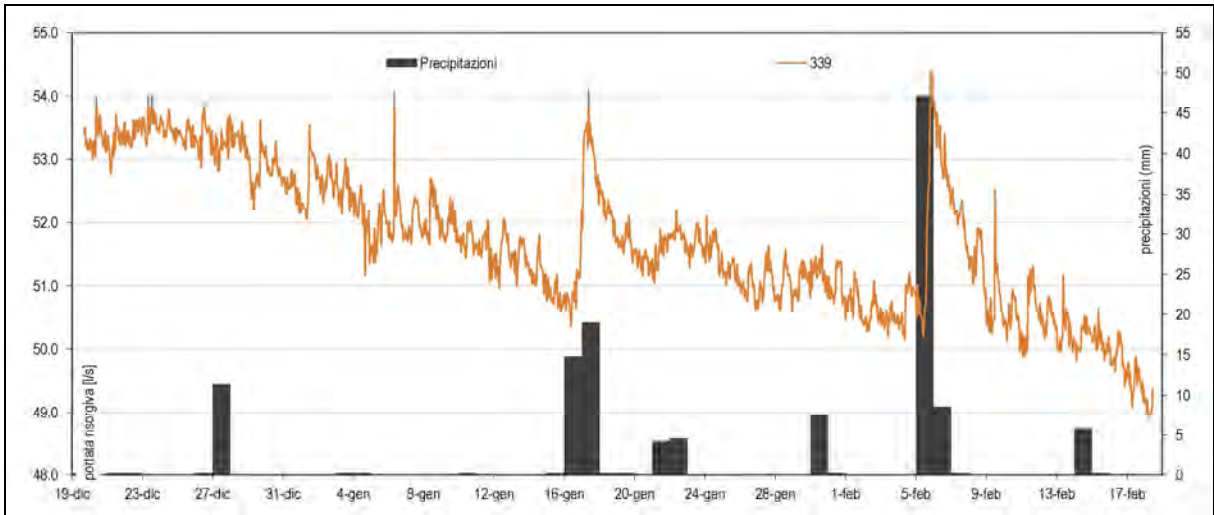


Fig. 21 – Portata misurata alla risorgiva 339 e precipitazioni a Montecchio Precalcino

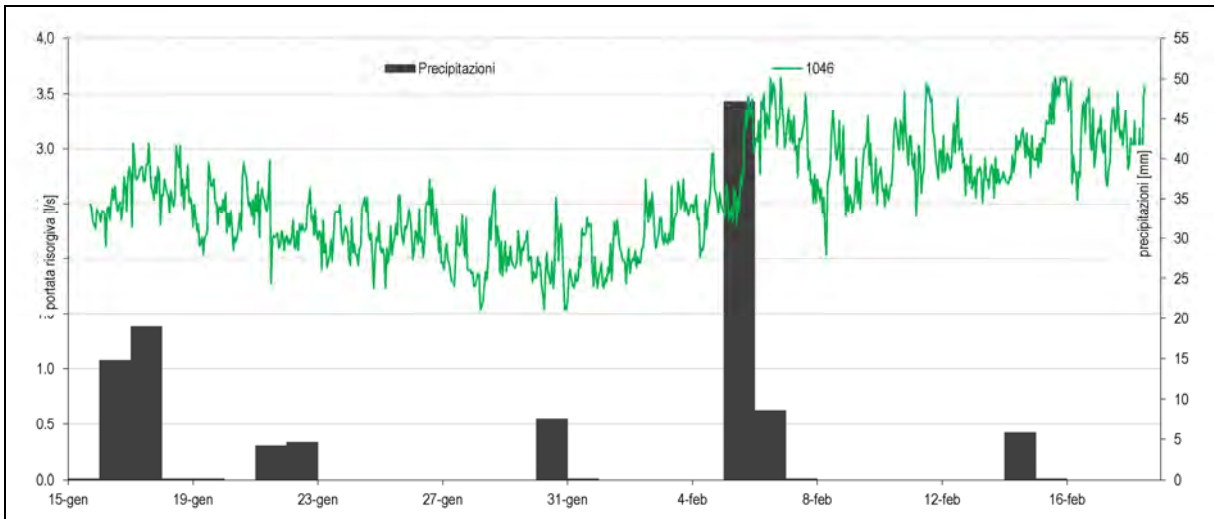


Fig. 22 – Portata misurata alla risorgiva 1046 e precipitazioni a Montecchio Precalcino

Nei casi presentati emerge il nesso di causa-effetto tra deflussi di risorgiva e ricarica naturale: in particolare per la risorgiva 1046, caratterizzata da una portata ridotta (inferiore ai 5 l/s), la pioggia del 05 febbraio 2015 modifica il valore della portata in modo netto.

L'irregolarità di andamento del tracciato Q vs t presso la risorgiva 53 è legata alla presenza di un'opera idraulica irrigua nei pressi del fiume Tergola. In Fig. 23 si rappresentano i livelli idrometrici misurati presso le 3 stazioni di misura di Q in rapporto ai valori piezometrici dell'acquifero. Le sperimentazioni implementate come approfondimento nell'ambito delle attività tecniche mettono in luce già sul breve periodo dati interessanti, in grado di completare in modo esaustivo la caratterizzazione quantitativa del sistema di risorgiva.

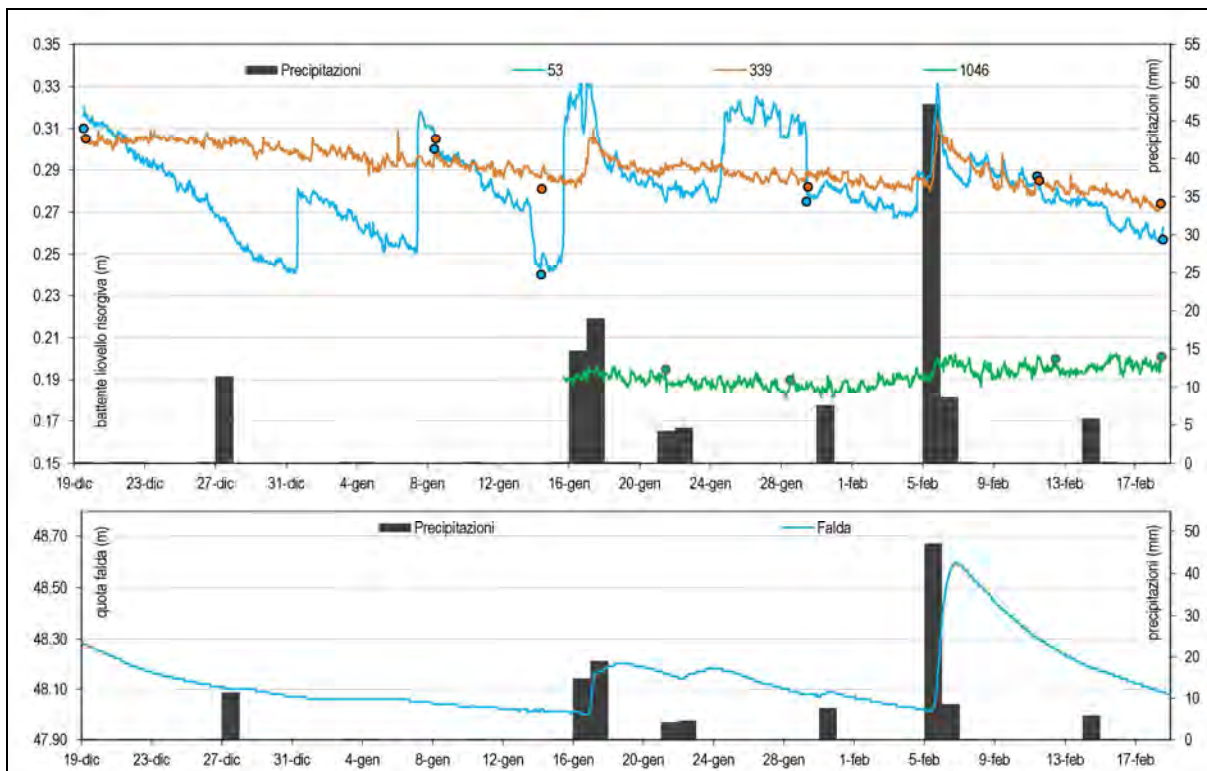


Fig. 23 – Idrometria nelle tre risorgive strumentate in relazione alle precipitazioni ed al livello di falda

5 MONITORAGGIO QUALITATIVO

Le risorgive selezionate per il campionamento sono state scelte sulla base di criteri di rappresentatività delle condizioni di progetto, in quanto a significatività spaziale, geoidrologica e di ricarica, anche in funzione della distanza dei siti di ricarica del Progetto Aquor. L'attività di campionamento è stata espletata organizzando n. 7 campagne di prelievo ed analisi di laboratorio, distribuite tra dicembre 2014 e febbraio 2015.

Le analisi chimiche sono state condotte adottando set analitici differenziati a seconda della campagna e del numero di risorgive considerate. In particolare si sono previsti i seguenti screening analitici:

- set analitico “ridotto”: parametri chimico-fisici, composti dell'azoto, cloruri, solfati e cromo totale;
- set analitico “esteso 1”: parametri chimico-fisici, composti dell'azoto, cloruri, solfati, cromo totale, solventi clorurati;
- set analitico “esteso 2”: parametri chimico-fisici, composti dell'azoto, cloruri, solfati, metalli, solventi clorurati.

La rete di campionamento, comprende:

- n. 50 risorgive, cui è stato associato un set analitico ridotto,
- n. 35 risorgive, su cui è stato applicato in laboratorio il set “esteso 1”,
- n. 30 risorgive, oggetto di analisi secondo il set “esteso 2”,

Lo studio è inoltre stato integrato con 2 campagne aggiuntive in cui sono stati campionati:

- n. 8 risorgive e n. 2 punti presso corsi d’acqua superficiali (CIS) per la caratterizzazione geoidrochimica (mediante diagramma di Piper),
- n. 2 punti presso corsi d’acqua superficiali, n. 2 risorgive e n. 1 campione di acqua piovana, per analisi isotopiche.

I campionamenti presso i due corsi d’acqua sono serviti a verificare eventuali legami tra risorgiva e CIS dal punto di vista qualitativo. Sono stati scelti due torrenti con alveo disperdente, provenienti da bacini idrografici diversi:

- Torrente Laverda: punto di campionamento sul ponte di Via Albero al confine tra i comuni di Breganze e Mason Vicentino
- Torrente Timonchio: punto di campionamento sul ponte della Strada Provinciale 50 al confine tra i comuni di Villaverla e Caldogno.

5.1 RISULTATI ANALITICI: SITUAZIONI DI ANOMALIA

Il set analitico a più ampio spettro conta 67 parametri: 29 di essi presentano, almeno in una sessione di campionamento, il superamento del limite di rilevabilità strumentale.

Ai fini di una prima valutazione di qualità sono stati presi in considerazione i riferimenti tabellari di cui all’Allegato 1 della Parte Terza del D. Lgs. 152/06 smi, così come modificato dal D.M. 260/2010¹¹. Tra i parametri in discussione, 3 presentano anomalia o superamento della concentrazione media annua:

cromo totale	→	risorgive ¹² ID = 130,134, 146, 257,
esaclorobutadiene	→	risorgiva ID = 152,
mercurio	→	risorgiva ID = 300.

¹¹ si è fatto riferimento in particolare alla terza colonna di Tab.1/A riferita agli standard di qualità ambientale espressi come concentrazione massima ammissibile (SQA-CMA) per le sostanze inserite nell’elenco di priorità e alla seconda colonna di Tab.1/B riferita agli standard di qualità ambientale espresso come concentrazione media annua (SQA-MA) per le sostanze non inserite nell’elenco di priorità. Tutti i valori considerati come standard fanno riferimento alla classe di appartenenza delle acque superficiali interne

¹² per l’ubicazione delle punti di indagine qui indicati si fa riferimento alle immagini riportate a seguire

Tra questi figura un superamento dei valori di concentrazione massima ammissibile¹³ per i parametri:

- esaclorobutadiene (SQA-CMA pari a 0.5 ug/l), presso la risorgiva n. 152, nel comune di Villaverla (C=2.2 ug/l);
- mercurio (SQA-CMA pari a 0.06 ug/l), presso la risorgiva n. 300, nel comune di Vicenza (C=0.9 ug/l)¹⁴.

Nel caso del cromo totale i superamenti sono stati riscontrati in occasione di un preciso campionamento mentre il valore analitico medio, calcolato sull'intero periodo di acquisizione (quasi 2 mesi), rientra nei limiti normativi. Dal punto di vista della distribuzione delle situazioni anomale si osserva che:

- i superamenti degli standard di qualità sono stati registrati nelle risorgive presenti nei comuni di Caldogno, Costabissara, Sandrigo, Villaverla e Vicenza,
- in entrambe le polle campionate nel comune di Costabissara (n.130 e n.134) si è riscontrato almeno un superamento di parametro soglia (SQA-MA).

5.2 DISTRIBUZIONE GEOGRAFICA

A seguire si formulano considerazioni interpretative di primo approccio su alcuni “traccianti” analizzati, sia in termini di distribuzione spaziale che di trend idrochimici temporali. Sono state analizzate le distribuzioni spaziali dei composti, utilizzando come metodo di rappresentazione mappe categorizzate, considerando i diversi parametri suddivisi per classi di concentrazione. Tale visualizzazione è stata ritenuta la più idonea per la tipologia di dati a disposizione.

5.2.1 Composti Azotati

I nitrati sono di origine prevalentemente antropica e derivano da sorgenti puntiformi (i.e. scarichi di acque reflue) o diffuse (i.e. uso estensivo di fertilizzanti azotati). Nella seguente tabella si riporta un riepilogo delle classi di nitrati misurati nei punti di campionamento (Tab. 5).

¹³ in quest'ottica l'informazione andrebbe validata con altri campioni ed analisi

¹⁴ si consideri al riguardo che la corrispondente CSC per le acque sotterranee è, se pur di poco, superiore al dato sperimentale e pari a 1.0 ppb cosicché il dato sperimentale risulta conforme al TUA

Media Nitrati	Numero punti campionati
<10 mg/l	12
10 mg/l < x < 25mg/l	32
>25 mg/l	8

Tab. 5 – Concentrazione Media di nitrati vs. punti di campionamento

I valori sperimentali paiono in linea con quanto certificato dal progetto Sampas (ARPAV, 2008) tra il 2000 e il 2006 nelle falde della media e alta pianura vicentina. Le aree che presentano concentrazioni maggiori sono quelle interessate da intensa attività agricola nei comuni di Bressanvido, nei pressi delle risorgive del Tergola, e nella zona a sud di Caldogeno. In Fig. 24 è rappresentata schematicamente la distribuzione spaziale dei nitrati.

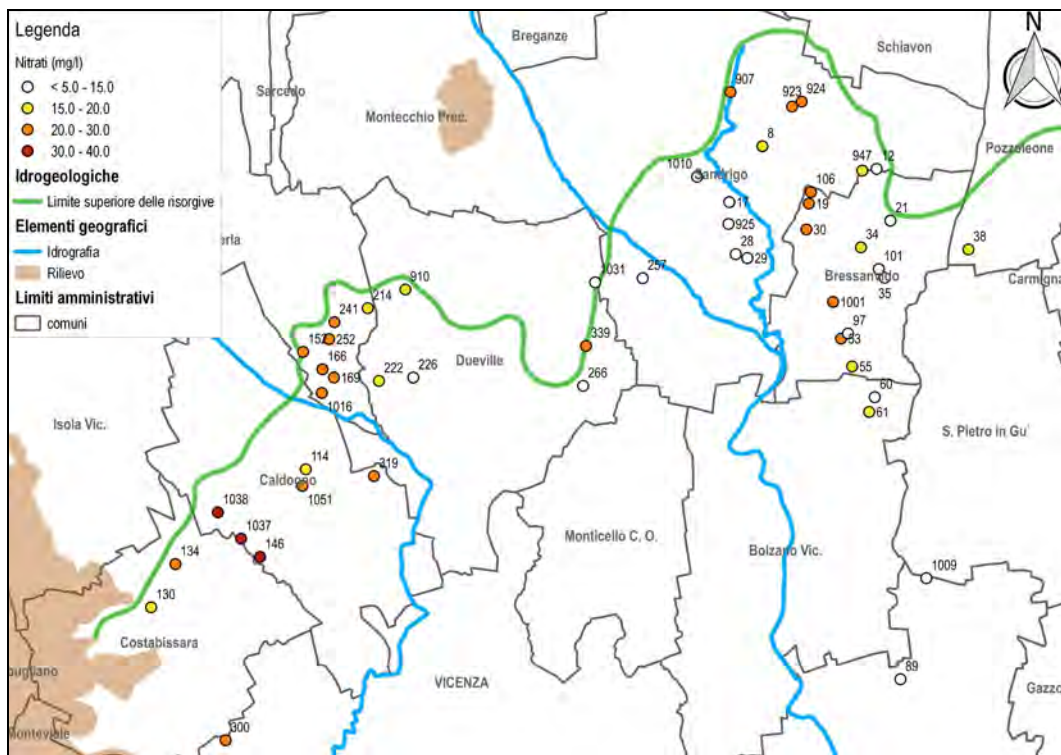


Fig. 24 – Distribuzione dei nitrati nelle risorgive (valori medi)

5.2.2 Anioni

La presenza dello ione solfato in falda è legato principalmente a sorgenti antropiche di tipo industriale ma può essere dovuto anche all'attraversamento, da parte dell'acqua di falda, di orizzonti geologici, particolarmente ricchi di gesso o anidrite ovvero alla lisciviazione di argille. La distribuzione spaziale della concentrazione media dei solfati riscontrata nel periodo di osservazione nella zona di studio (Fig. 25) è in linea con quella dei nitrati, rilevandosi alte concentrazioni nei pressi del torrente Timonchio e nella fascia, con orientamento N-S, localizzata tra il fiume Brenta ed il torrente Astico (i.e. zona orientale della

provincia). La concentrazione maggiore, pari a 64 mg/l, è stata misurata nel punto di campionamento sul T. Timonchio in comune di Villaverla. Tale riscontro è probabilmente da ricondurre alla presenza, più a monte entro il bacino idrografico, di aree densamente industrializzate e di scarichi di impianti di depurazione.

Conseguentemente anche le risorgive localizzate nelle vicinanze del corso d'acqua¹⁵ (i.e. ID=n.1016 con 32.5 µg/l) presentano concentrazioni non trascurabili di solfati. Aree densamente industrializzate come quelle presenti nell'alta pianura vicentina possono essere causa anche della presenza di considerevoli concentrazioni di cloruri in seno alla falda idrica sotterranea. I cloruri, possono essere anch'essi indicatori della presenza di scarichi fognari civili ed industriali. In concordanza con gli altri traccianti di pressione antropica o inquinamento, i cloruri si rinvergono in concentrazioni relativamente maggiori nel T. Timonchio (C=31.7 mg/l) e nelle risorgive adiacenti (ID=n.1016 con 19 mg/l), oltre che nei punti di campionamento nei pressi delle sorgenti del Tesina e del Laverda (Fig. 26).

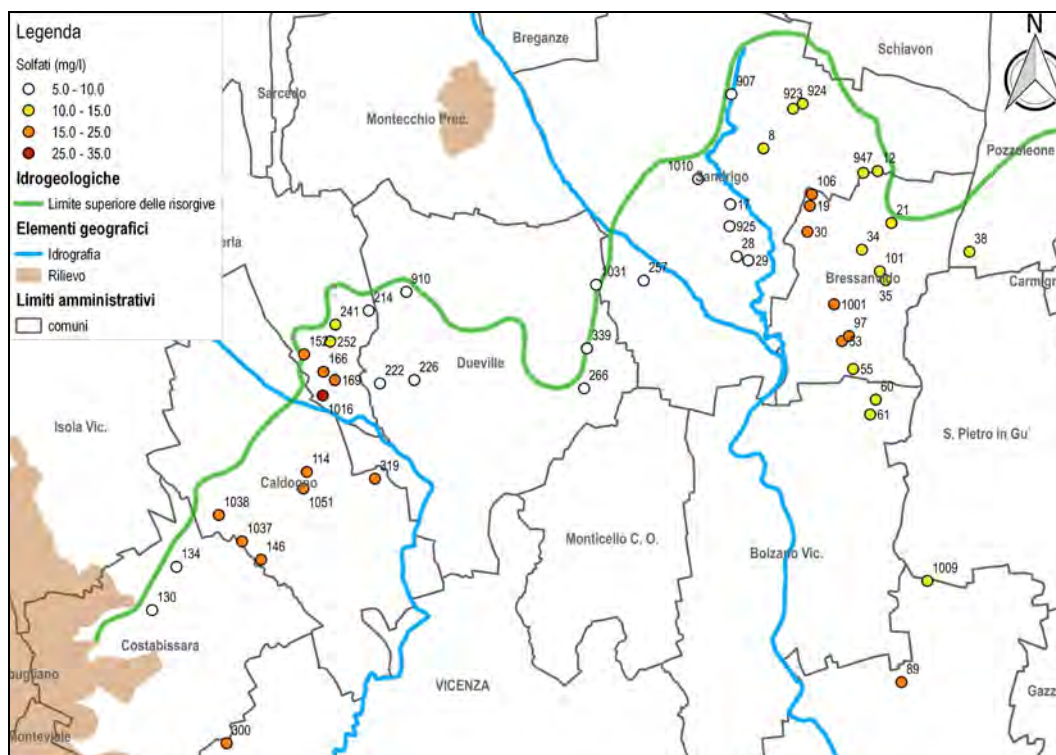


Fig. 25 – Distribuzione dei solfati nelle risorgive (valori medi)

¹⁵ peraltro disperdente in quel tratto di alveo

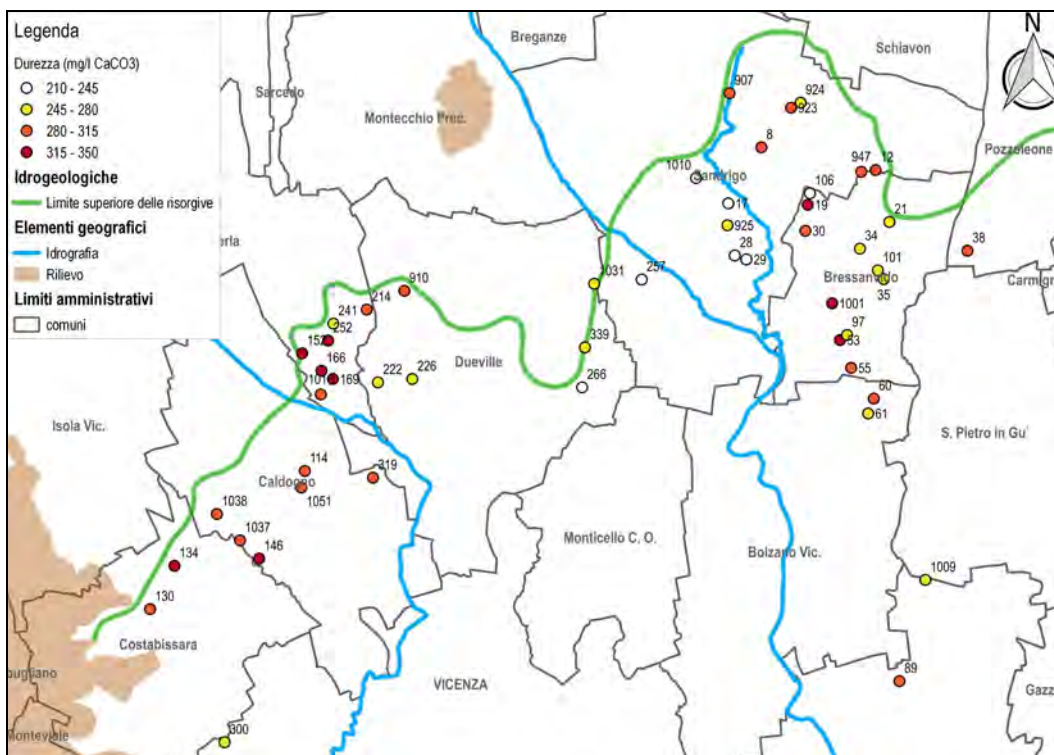


Fig. 27 – Distribuzione della durezza nelle risorgive (valori medi)

5.2.5 Solventi organoclorurati

Le analisi chimiche effettuate hanno rilevato la presenza di composti alifatici clorurati in alcune risorgive. Queste sostanze sono inequivocabilmente di origine antropica: esse si suddividono in composti cancerogeni e non cancerogeni e la loro pericolosità è legata anche alla bassa biodegradabilità, conferita dalla stabilità del legame carbonio-cloro. Concentrazioni misurabili di percloroetilene (PCE) sono state riscontrate nei comuni di Villaverla e Bressanvido, come mostrato in Fig. 28. Nella Fig. 29 viene presentata l'omologa distribuzione spaziale della trielina (TCE). Tra i solventi organoclorurati è da menzionare anche l'esaclorobutadiene (composto cancerogeno derivato dal butadiene). Nel periodo di monitoraggio del presente progetto vi è stato un solo superamento dei limiti di rilevabilità e degli standard di qualità per tale composto alla risorgiva n.152 nel comune di Villaverla. La concentrazione¹⁶ sperimentale massima di 2.2 µg/l, che supera lo standard di 0.5 µg/l, è stata misurata durante la campagna del 20-21 Gennaio 2015.

¹⁶ CSC = 0.15 ppb per le acque sotterranee (D. Lgs. 152/06 smi)

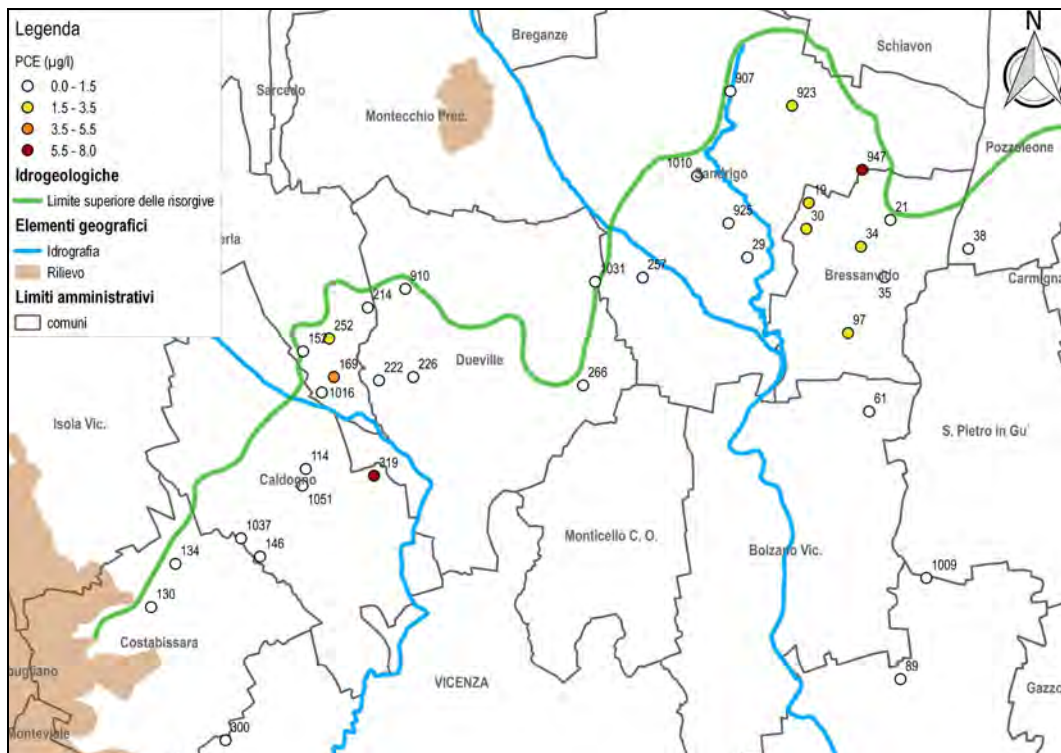


Fig. 28 – Distribuzione del PCE nelle risorgive

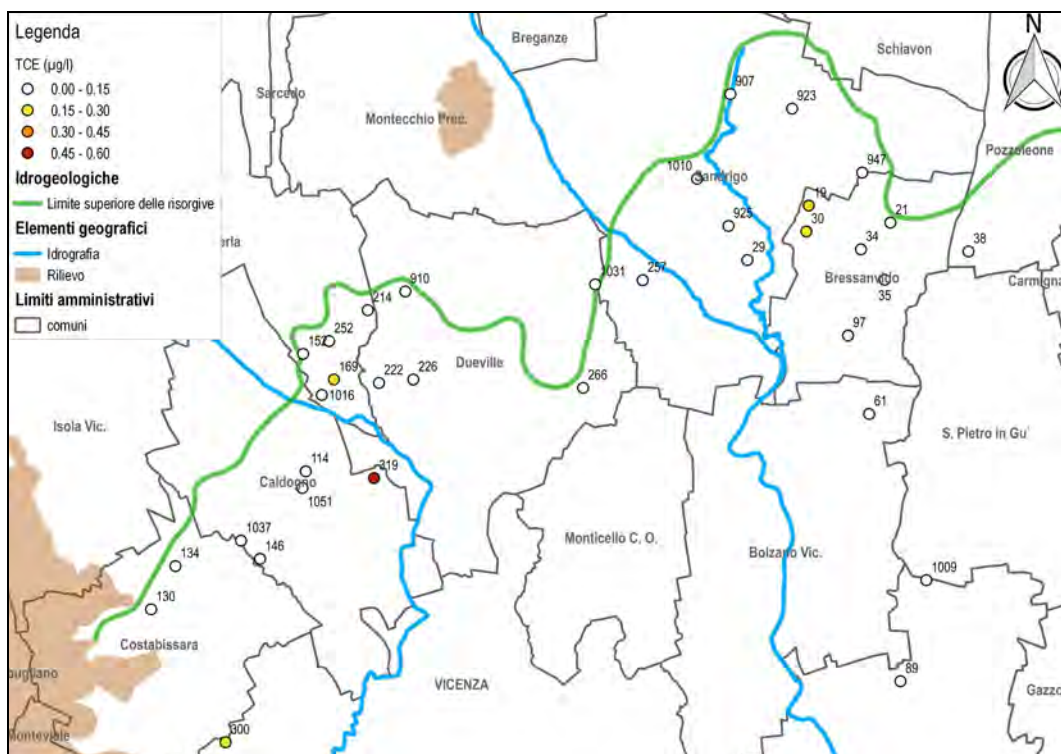


Fig. 29 – Distribuzione del TCE nelle risorgive

Altri composti organoclorurati come l'1-1 dicloroetilene, l'1-2 dicloroetilene (cis+trans) e il tetracloruro di carbonio sono presenti in alcune risorgive in tracce.

Costabissara, di 17.9 µg/l nella risorgiva n.1016 nel comune di Villaverla e di 14.8 µg/l nella risorgiva n.146 µg/l nel comune di Caldogeno.

Il selenio è presente in traccia nelle risorgive n.19 in comune di Bressanvido e nelle già citate risorgive n.130 e n.134.

In queste ultime due polle è presente anche la massima concentrazione di nichel, rispettivamente pari a 2.2 µg/l e 2.7 µg/l (comunque inferiore allo standard di 20 µg/l).

Ultimo parametro considerato in questa rassegna idrochimica è il manganese, presente in tenori significativi solo nelle risorgive in territorio comunale di Quinto Vicentino. La risorgiva n.1009 presenta la concentrazione massima, pari a 9.7 µg/l, mentre dal fontanile n.89 è stato prelevato un campione con concentrazione di quasi tre volte superiore e pari a 24.4 µg/l. Come il ferro, il manganese ed il selenio anche l'antimonio, presente solo in traccia e con concentrazioni massime pari a 0.4 µg/l (risorgive n.907, n.257 e n.925), non rientra tra le sostanze inserite nell'elenco di priorità previsto dal D.M 260/2010. I tenori sperimentali nel sistema indagato sono comunque inferiori anche alle CSC previste per le acque sotterranee.

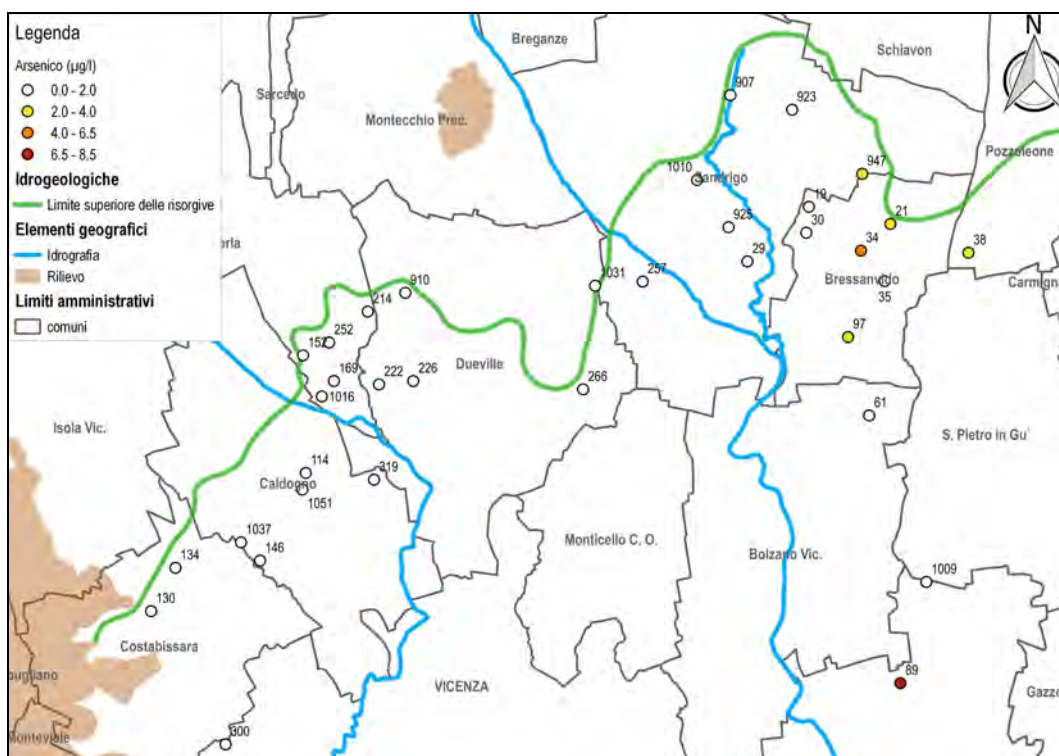


Fig. 31 – Distribuzione dell'arsenico nelle risorgive

5.3 TREND DI CONCENTRAZIONE

E' stata approssciata un'analisi dell'andamento degli esiti analitici in funzione del tempo, per verificare la presenza di eventuali trend di concentrazione. A tal proposito sono stati presi in considerazione solo gli analiti meglio rappresentati e le risorgive con il maggior numero di

osservazioni, in modo da poter ottenere serie di dati complete. La disamina è stata condotta sulle 30 risorgive presso le quali sono state realizzate n.7 campagne di campionamento. Le variazioni registrate sono nella maggior parte dei casi assai contenute, in relazione al limitato intervallo di tempo in cui le indagini sono state eseguite. In alcuni casi è stato possibile individuare delle tendenze ed osservare qualche correlazione con gli eventi metereologici. Va segnalato che queste considerazioni interpretative andranno validate con successive verifiche analitiche protratte sul medio-lungo termine.

In corrispondenza del periodo più piovoso e nella quasi totalità delle risorgive si osserva:

- un aumento dei valori per i nitrati, solfati e conducibilità elettrica,
- valori minimi per il parametro potenziale redox.

Queste condizioni sono verosimilmente legate ai fenomeni di dilavamento dei terreni e di trasporto di alcune tipologie di microinquinanti presenti nelle aree agricole ed in corrispondenza delle zone industriali.

5.4 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOCHIMICA

Ad integrazione delle indagini finora descritte, durante la campagna del 4–5 febbraio 2015 sono state effettuate alcune determinazioni integrative, ai fini della valutazione delle caratteristiche idrogeochimiche delle acque di sfioro. I punti sottoposti a campionamento sono stati suddivisi, a seconda della posizione geografica, in due gruppi (Fig. 32):

- Area Ovest, comprendente i punti all'interno del bacino idrogeologico del torrente Timonchio
- Area Est, con riferimento al bacino idrogeologico del torrente Astico.

Il diagramma di Piper per l'Area Ovest identifica una facies idrochimica di tipologia bicarbonatica-calcica-magnesiaca per tutti i punti di risorgiva. Il campione prelevato dal torrente Timonchio rientra nella facies delle acque solfato-calciche.

Il risultato conferma le valutazioni formulate da ARPAV nell'ambito del progetto SAMPAS sulla scorta di dati raccolti nel periodo 2000 – 2006 nell'alta pianura vicentina occidentale.

La facies identificativa dei punti indagati corrisponde ad acqua con una dominante presenza di calcio e magnesio e dell'anione bicarbonato. Nelle acque sotterranee il principale arricchimento di ione calcio è dovuto alla dissoluzione di rocce carbonatiche in presenza di anidride carbonica. Il catione calcio è interessato a fenomeni di scambio ionico e conferisce all'acqua una certa durezza. Il catione magnesio deriva dalla dissoluzione di sali moderatamente solubili e dal fenomeno di scambio ionico denominato dolomitizzazione.

Questo processo interessa le rocce carbonatiche che scambiano lo ione calcio, presente in acqua, con il magnesio contenuto nelle rocce. La presenza di ioni bicarbonati è, invece, regolato dagli equilibri dell'anidride carbonica libera o disciolta. La presenza di grandi quantità di ioni di calcio, magnesio e bicarbonati è indice, quindi, di una circolazione in acquiferi carbonatici, mentre la posizione del punto identificativo del torrente Timonchio è imputabile piuttosto all'anomala abbondanza di solfati e cloruri, probabilmente in ragione di scarichi antropici. In concordanza con quanto appena descritto, il punto identificativo della risorgiva n. 1016, localizzata nei pressi del torrente in questione, tende a discostarsi dalla facies bicarbonatica calcica magnesiaca caratterizzante le altre risorgive per avvicinarsi alla facies di appartenenza del torrente Timonchio.

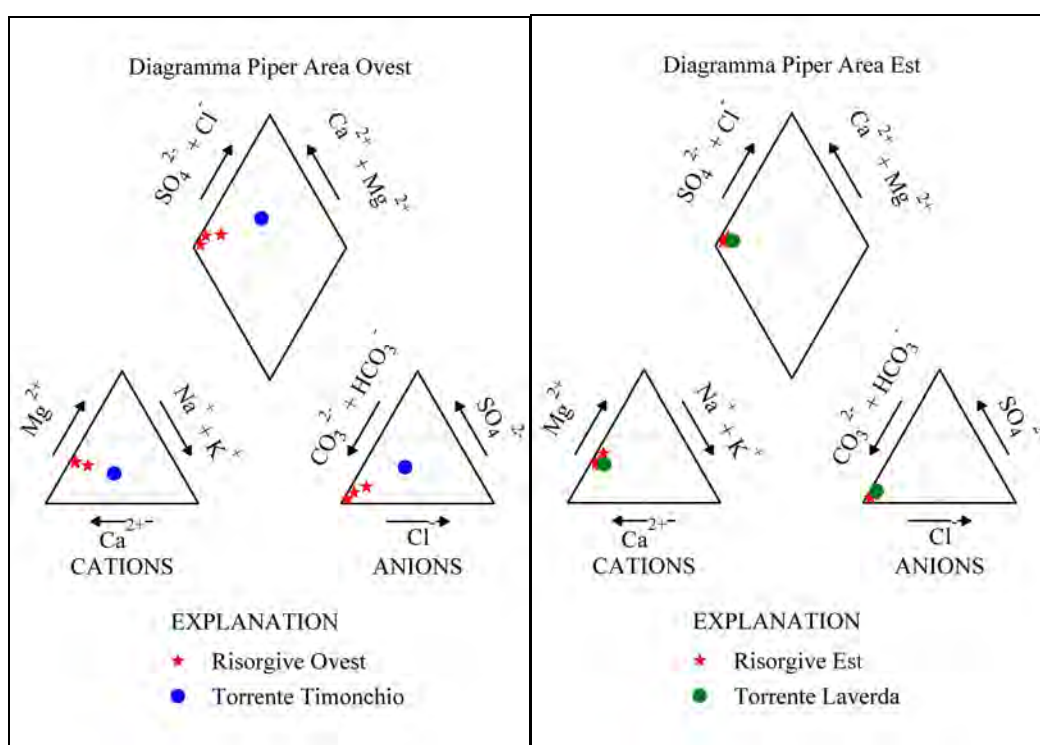


Fig. 32 – Diagramma di Piper relativo alle acque dei settori Ovest ed Est

Il diagramma di Piper relativo all'Area Est identifica una facies idrochimica bicarbonatica calcica prevalente per tutti i punti indagati compreso il campione prelevato dal torrente Laverda. Rispetto ai campioni prelevati nell'Area Ovest i campioni dell'Area Est presentano una minore concentrazione di sodio, cloruri e solfati. Anche in questo caso il diagramma Piper tratto dal progetto SAMPAS e relativo all'area dell'alta pianura vicentina orientale conferma i risultati di questo studio.

L'analisi dei dati ottenuti porta ad accomunare l'acquifero di alimentazione delle risorgive nell'Area Est a quello presente nell'area dell'alta pianura vicentina orientale. La facies di appartenenza del campione di acqua del torrente Laverda è simile a quella relativa alle

risorgive, indice dell'importante ruolo di alimentazione della falda indifferenziata svolto dai torrenti nella fascia dell'alta pianura.

5.5 DETERMINAZIONI ISOTOPICHE

Per approcciare in maniera innovativa sul merito dei rapporti causa-effetto che intercorrono tra le aree di alimentazione (ivi compresi i siti di ricarica Aquor) e le risorgive, sono state intraprese alcune analisi isotopiche di acque sotterranee e superficiali.

L'utilizzo di "traccianti ambientali" rappresenta uno strumento di analisi integrativo alle metodiche più classiche descritte nei paragrafi precedenti.

L'analisi della distribuzione spazio-temporale di uno o più traccianti in associazione permette di acquisire importanti informazioni relativamente a:

- origine, modalità di flusso e miscelazione delle acque;
- geni, meccanismi di trasporto e di trasformazioni dei soluti;
- velocità e portata della falda;
- parametri idrodinamici ed idrodispersivi dell'acquifero (e.g. conducibilità idraulica, porosità cinematica, coefficiente di dispersione).

Per il caso specifico sono stati analizzati gli isotopi stabili: $^{18}\text{O}:^{16}\text{O}$ e δD , che risultano traccianti impiegabili ai fini della valutazione dell'origine e del grado di mescolamento delle acque sotterranee che sfiorano alla/e risorgiva/e, dell'età delle acque, dei tempi di residenza nella porzione insatura del sottosuolo (area di infiltrazione), dei tempi di residenza nella porzione satura del sottosuolo (area di filtrazione), della stima della ricarica relazionabile a determinati apporti (ad es. dispersione da siti pilota).

I risultati delle determinazioni analitiche vengono riportati in Tab. 6.

ID	1° sessione		2° sessione	
	18O:16O	δD	18O:16O	δD
Laverda	-7.63	-50.02	-7.61	-52.31
Timonchio	-8.76	-57.29	-8.69	-57.47
Risorgiva 907	-8.60	-57.64	-8.62	-58.12
Risorgiva 1037	-7.99	-51.46	-7.98	-53.61
Precipitazione	-5.73	-31.95	-12.38	-83.90

Tab. 6 – Risultati delle analisi isotopiche

Gli esiti delle analisi su acque sotterranee e su acque superficiali hanno evidenziato una buona stabilità del dato, attestata dalla minima variazione dei valori conseguiti nelle differenti campagne.

Per quanto riguarda le piogge si sono registrate differenze apprezzabili, che sono da ricondursi, con ogni probabilità, alla diversa genesi delle perturbazioni che le hanno determinate:

- locale / mediterranea, con riferimento alla prima sessione di prelievo,
- atlantica nella seconda sessione, con un prevedibile arricchimento della frazione più leggera.

Per quanto riguarda i valori degli isotopi dell'ossigeno, i dati ottenuti si allineano ai riferimenti bibliografici propri della sottoprovincia dei fiumi Astico-Leogra, caratterizzati da un valore di $\delta^{18}\text{O}$ attorno a -9 ‰ (valore riferito alle acque di falda). La sottoprovincia è compresa fra le due maggiori provincie idriche del veneto, quella di tipo prealpino (acque di tipo Brenta-Piave con $\delta^{18}\text{O}$ attorno a -10 ‰) e quella di tipo alpino (acque di tipo Adige con $\delta^{18}\text{O}$ attorno a -12 ‰) (Bortolami, 1974).

Nel dettaglio i dati ottenuti possono essere suddivisi in due gruppi, come illustrato in Tab. 7:

Gruppo	ID	18O:16O	δD
A	Laverda	-7.62	-51.17
	Risorgiva 1037	-7.99	-52.53
B	Risorgiva 907	-8.61	-57.88
	Timonchio	-8.72	-57.38

Tab. 7 – Suddivisione in gruppi a seguito delle analisi isotopiche

Le acque del gruppo A risulterebbero derivare da ambiti idrografici strettamente locali, collegati a bacini idrografici di basse altitudini quali il bacino del Torrente Laverda e quello del Giara-Orolo, a cui la risorgiva 1037 sembra afferire.

Le acque del gruppo B, invece, sono da ricondursi più propriamente all'ambito del Torrente Astico ($\delta^{18}\text{O}$ attorno a -9 ‰):

- in un caso (risorgiva 907) come emersione delle acque disperse dal torrente lungo l'attuale percorso;
- nel secondo caso (Torrente Timonchio) in modo indiretto, in quanto derivante dagli scarichi (vedi contenuto idrochimico) a loro volta prelevati dalla falda acquifera

dell'alto vicentino alimentata dalle dispersioni del Torrente Astico al vecchio sbocco in pianura.

6 CONCLUSIONI

La tutela del comparto delle risorgive vicentine costituisce un'azione di governo del territorio e di tutela del paesaggio e degli ecosistemi ma anche una strategia per la salvaguardia delle riserve idriche sotterranee pregiate.

In parallelo alle iniziative di valorizzazione ed agli interventi manutentivi di questi siti, che a livello locale assicurano la conservazione e la sostenibilità del sistema sotto il profilo morfologico e naturalistico, si focalizza l'attenzione anche sugli elementi di verifica dello stato delle risorgive dal punto di vista idrogeologico ed idrochimico.

In ordine al prosieguo delle azioni di controllo e dei presidi di verifica intrapresi con il presente progetto, è auspicabile che vengano continuate attività operative di tipo sistematico e periodico, in ordine al mantenere un livello elevato e costante di conoscenza sui caratteri "quantitativi" e "qualitativi" del sistema delle risorgive vicentine.

Il monitoraggio delle portate di sfioro ed un rigoroso piano di controllo dei parametri analitici e dei caratteri chimico-fisici delle acque sorgive costituiscono, unitamente ai rilievi naturalistici ed ecologici, presupposti metodologici necessari non solo alla corretta conservazione delle zone umide, del paesaggio e degli ecosistemi ma anche alla ottimizzazione gestionale delle riserve idrogeologiche fruibili per la pratica acquedottistica.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- ALTISSIMO L., DAL PRA' A., SCALTRITI G., 1999 – **Osservatorio interprovinciale per la tutela delle falde acquifere: Relazione conclusiva.** Amm.ne Prov.le di Vicenza. Vicenza
- ALTISSIMO L., MARCOLONGO B., PRETTO L., RIGHETTO G., SILVESTRI R., 1990 - **Carico inquinante degli acquiferi dell'Alto Vicentino: valutazione della sua potenzialità e riscontro di alcuni valori reali in falda.** G.N.D.C.I. pubbl. n. 243, C.N.R., Padova.
- ALTISSIMO, F. ARCA, DAL PRA' A., FERRONATO A., FUMAGALLI F., MARANGONI L., MUSSATO A., ZANGHERI P. – **Processi di inquinamento chimico-industriale delle acque sotterranee nella media e alta pianura veneta.** Memorie Scienze Geologiche, Univ. Padova, Vol 47. 1995.
- ANTONELLI R., DAL PRA' A., 1980 – **Carta dei deflussi freatici dell'alta pianura veneta con note illustrative.** Quaderni dell' Istituto di ricerca sulle acque, 51, P/702, CNR. Roma.
- ARPAV, 2008a - **Le acque sotterranee della pianura Veneta - I risultati del progetto SAMPAS.**
- BARALDI F., PELLEGRINI M., 1978 - **I fontanili della pianura compresa tra i fiumi Chiese e Mincio (province di Brescia e Mantova).** Quad. Ist. Ric. Sulle Acque C.N.R., 34(18):439-445.
- BENFATTI D., MODENA P., TAROCCO S., ZANGHERI P., 2002. **Tutela e valorizzazione delle risorgive: una scheda per il censimento e la valutazione qualitativa.** Ambiente Risorse Salute, 85.
- BORTOLAMI G., FONTES J. CH., 1974 – **Idrogeologia isotopica in un sistema multifalde: la pianura veneta.**
- C.N.R. - DAZZI R., GATTO G., MOZZI G., ZAMBON G., GOVI M. RUSCONI A., CONCHETTO E., MATTICCHIO B., DE GIROLAMO R., BALDIN G – **Salvaguardia del patrimonio idrico sotterraneo del Veneto: cause del depauperamento in atto e provvedimenti urgenti da adottare.** CNR, Pubbl. 2063. 2000, Venezia.
- C.N.R. - DAZZI R., GATTO G., MOZZI G., ZAMBON G., CONCHETTO E., FUMAGALLI F., BIZZOTTO A., FERRARO C., ARGOLINI A., FERRONATO A., SIVIERO G., TIEPPO P., VAZZOLER P. – **Qualità delle acque sotterranee nella conoide alluvionale del Brenta (Media e Alta Pianura Veneta). Tendenze evolutive.** CNR Pubbl. 1962. 1999, Venezia.
- C.N.R. - DAZZI R., GATTO G., MOZZI G., ZAMBON G., CONCHETTO E., FUMAGALLI F., BIZZOTTO A. 1999 – **Ipotesi di applicazione del decreto legislativo 152/99 alla qualità delle acque sotterranee nella conoide del Brenta (Alta Pianura Veneta)** – Quaderni di Geologia Applicata, Pitagora Bologna. Vol. 2.
- C.N.R., REGIONE VENETO, U.L.L.S. 5, U.L.S.S. 19, 1988 – **Difesa degli acquiferi dell'alta pianura veneta. Stato di inquinamento e vulnerabilità delle acque sotterranee del bacino del Brenta.** Pubbl. 207, Venezia.
- C.N.R., REGIONE VENETO, U.L.S.S. 5., U.L.S.S. 19, 1993 - Vol 1 e 2: **Qualità delle acque sotterranee nella conoide del Brenta (media e alta pianura veneta). Tendenze evolutive.** Pubbl. 786 Venezia.
- COMITATO RISORGIVE DI BRESSANVIDO, 2008 – **Le risorgive a Bressanvido e Sandrigo.** Edizioni CIRF.
- CONSORZIO BONIFICA PEDEMONTANO BRENTA e ZOLLET INGEGNERIA, 1994 – **Studi per la salvaguardia del patrimonio idrico sotterraneo del Bacino del Brenta; la ricarica artificiale della falda nel territorio consortile.**
- CONSORZIO BONIFICA PEDEMONTANO BRENTA, 1997 – **Censimento delle risorgive.**
- CONSORZIO BONIFICA PEDEMONTANO BRENTA, 2004 - **Le risorgive un patrimonio da salvare... se siamo ancora in tempo.**
- CREMA S., FERRARESE U., GOLO D., MODENA P., SAMBUGAR B., GERECKE R., 1996 - **Ricerche sulla fauna bentonica ed interstiziale di ambienti sorgentizi in area alpina e prealpina.** Centro di Ecologia Alpina, report n.8, Trento.

DAL PRA' A., ANTONELLI R., 1980 – **Restituzione freatica ai fontanili nell'alta pianura veneta, tra il fiume Piave e i Monti Lessini.**

DAL PRÀ, M., DE ROSSI J., 2006 - **Carta idrogeologica di sintesi del territorio provinciale. Aggiornamento del catasto stratigrafico della Provincia di Padova e sua informatizzazione.** Provincia di Padova, 2006.

DAL PRA' A., 1983 - **Carta idrogeologica dell'alta pianura veneta.** Grafiche Erredici, Padova.

MARCOLONGO B., PRETTO L., 1987 - **Vulnerabilità degli acquiferi nella pianura a nord di Vicenza.** G.N.D.C.I. pubbl. n. 28, C.N.R., Padova.

MARCOLONGO B., PRETTO L., 1991 - **Rischio potenziale intrinseco di inquinamento degli acquiferi alloggiati nell'Alta Pianura Vicentina.** G.N.D.C.I., pubbl. n.407, C.N.R., Padova.

MODENA P., ZANGHERI P., 2005 – **Tutela e valorizzazione delle risorgive della Provincia di Vicenza.**

PASSADORE G., MONEGO M., ALTISSIMO L., SOTTANI A., PUTTI M., RINALDO A., 2010 - **Modello matematico generale del flusso della risorsa idrica sotterranea del veneto centrale.** – Atti XXXII Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche Palermo, 14-17 settembre 2010.

PASSADORE G., MONEGO M., SARTORI M., PUTTI M., ALTISSIMO L., SOTTANI A., RINALDO A., 2007 - **Uno strumento per la gestione delle risorse idriche sotterranee: modello matematico generale del flusso nei sistemi acquiferi del veneto centrale.** – Approvvigionamento e Distribuzione Idrica: Esperienza, Ricerca ed Innovazione. Ferrara, 28 - 29 Giugno 2007.

PASSADORE G., MONEGO M., ALTISSIMO L., SOTTANI A., PUTTI M., RINALDO A., 2012 - **Alternative conceptual models and the robustness of groundwater management scenarios in the multi-aquifer system of the Central Veneto Basin, Italy** – Hydrogeology Journal, DOI 10.1007/s10040-011-0818-y, 2012.

PERIN J., 2002.- **Studio idrogeologico dei fontanili della pianura vicentina tra i fiumi Astico e Brenta.** Tesi di Laurea, Università di Padova, Dipartimento di Geologia.

RINALDO A., ALTISSIMO L., MARANI M., PUTTI M., PASSADORE G., SARTORI M., MONEGO M., DONATO M., SOTTANI A. - 2005/2006 – **Bacino del Bacchiglione: Studi e ricerche idrologiche finalizzati alla messa a punto di modelli matematici per la tutela e la gestione delle risorse idriche sotterranee.** Università degli Studi di Padova, Centro internazionale di Idrologia D. Tonini, Provincia di Vicenza, AATO Bacchiglione.

ROMANELLO A., 1999 – **Studio sulle portate delle risorgive tra Brenta ed Astico, problematiche connesse al loro esaurimento.** Tesi di Laurea Università di Padova, Facoltà di Agraria, Diploma Universitario in Gestione tecnica e amministrativa in agricoltura, relatore prof. Mario Aristide Lenzi.

SOTTANI A., 1994 - Studi per il Piano di Bacino Brenta – Bacchiglione. **Regime idrologico delle falde pedemontane (risorgive) ai fini del bilancio idrico.** Sinergeo Studio Associato per conto di Getas Petrogeo / Autorità di Bacino dei Fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta – Bacchiglione), Inedito.

DESCRIZIONE	SITO WEB
ARPAV	http://www.arpaveneto.it
Comitato risorgive	http://comitatorisorgive.it
EPA	http://www.epa.vic.gov.au/~media/Publications/1290.pdf
LIFE AQUOR	http://www.lifeaquor.org
LIFE SORBA	http://www.lifesorba.eu
Quantum GIS	http://www.qgis.org

Iniziativa finanziata con il contributo dello strumento finanziario LIFE+ dell'Unione Europea (LIFE 2010 ENV/IT/380)

Responsabile del Progetto

Teresa Muraro - *Provincia di Vicenza, Servizio Risorse Idriche*

Coordinatore tecnico-scientifico del Progetto

Giancarlo Gusmaroli - *Studio Ecoingegno*

Autori

Silvia Bertoldo, Luca Rigato, Andrea Sottani – *Sinergeo*
Raffaella Pettinà, Giovanni Cappellari – *Acque Vicentine*

Hanno collaborato

Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta
Consorzio di Bonifica Brenta
Comitato risorgive Bressanvido
Valentina Accoto, Pierluigi Bullo, Gianandrea Lorenzin, Emanuele Peloso, Massimiliano Picci,

Foto e disegni

Sinergeo

Per eventuali approfondimenti contattare:

Provincia di Vicenza
Servizio Risorse Idriche
Contrà Gazzolle,
36100 Vicenza
Tel. 0444.908515
e-mail: life.aquor@provincia.vicenza.it

Sito web del progetto

<http://www.lifeaquor.org/>

Pubblicazione edita da

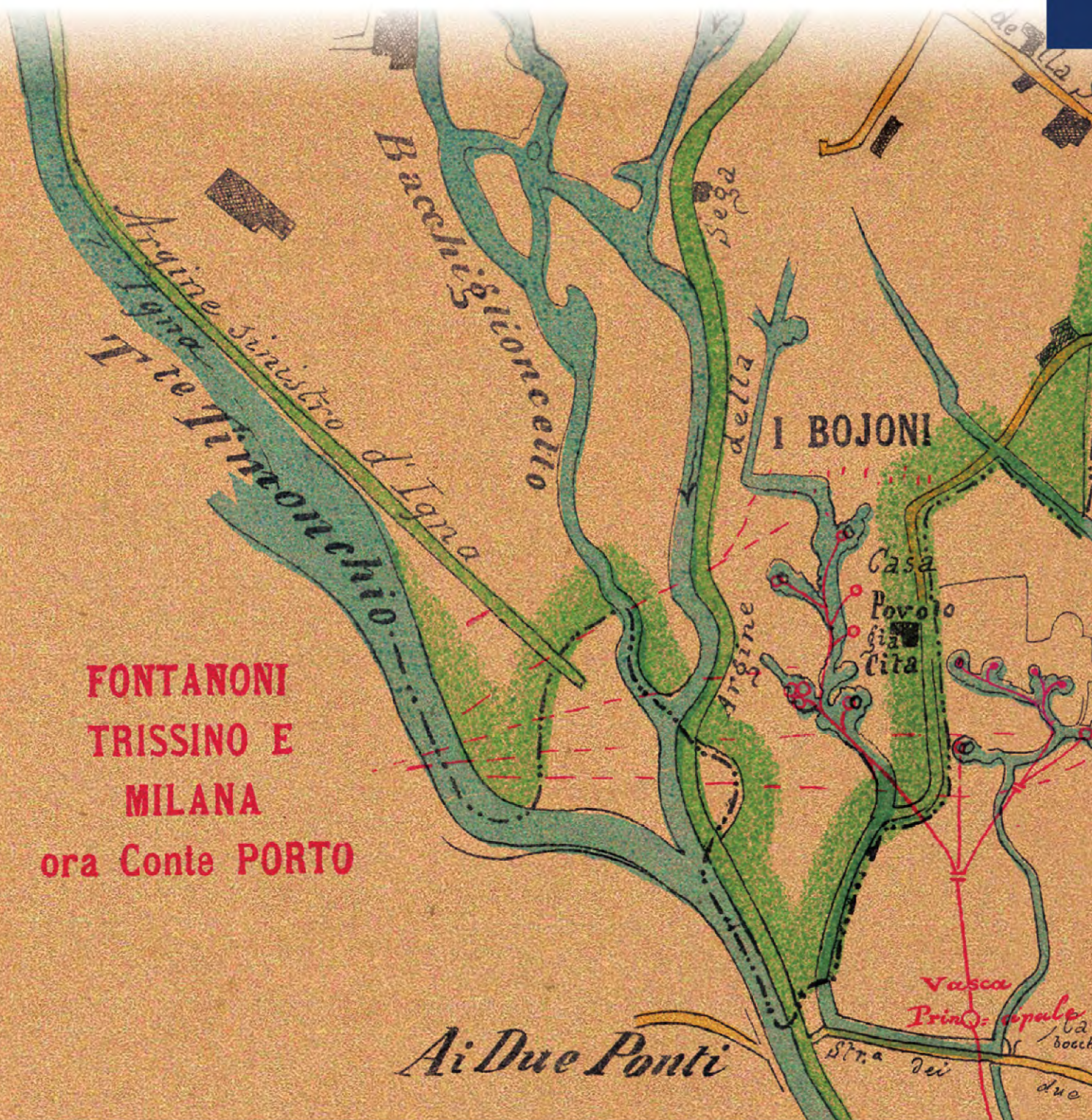
Acque Vicentine
Viale dell'Industria, 23
36100 Vicenza
Tel. 0444.955211
e-mail: posta@acquevicentine.it
<http://www.acquevicentine.it/>

Stampa

S.G.V. s.r.l. - Villaverla

Aprile 2015

È consentita la riproduzione di testi, tabelle, grafici ecc. previa autorizzazione da parte di Acque Vicentine, citando gli estremi della pubblicazione.



Abbiamo a cuore
l'acqua

CONTATTI

www.lifeaquor.org

Provincia di Vicenza - Servizio Risorse Idriche
Palazzo Nievo, contrà Gazzolle n. 1 - 36100 Vicenza

Responsabile di progetto
Provincia di Vicenza
dott.ssa Muraro Teresa
e-mail: life.aquor@provincia.vicenza.it
tel. 0444.908310 - fax. 0444.908538