



LIFE Svolta Blu

Sistema volontario di
crediti per promuovere il
risparmio e la
conservazione dell'acqua

101157983 – LIFE23-GIC-IT-LIFESVOLTABLU



**Cofinanziato
dall'Unione europea**

D1.1

**Analisi idrologica
e bilancio idrico
aggiornato
per il territorio
vicentino**

Informazioni sul documento

Deliverable	D1.1
WP	WP1
Tipo	Documento -Report
Beneficiario Responsabile	4 - UNIPD
Autori	Giulia Passadore, Andrea Rinaldo, Marco Marani
Revisori	Paolo Ronco -Viacqua
Versione	1
Scadenza	M10 (31 Luglio 2025)
Data Consegna	25/07/2025
Livello di Disseminazione	PU- Pubblico



Publishable Abstract in English

The present document represents the Deliverable D1.1 “Hydrological analysis and updated water balance for the Vicenza area” of the Life Svolta Blu “Sistema volontario di crediti per promuovere il risparmio e la conservazione dell’acqua” project.

This report presents the results of the activities conducted under Task T1.1a, which include: the characterization of the water balance of the aquifers in the upper plain of Vicenza -providing a comprehensive and detailed understanding of the magnitude and spatiotemporal variability of the water volumes involved; an assessment of the current state of the aquifer system based on groundwater monitoring data from a representative well and the seasonal estimation of the WEI+ (Water Exploitation Index Plus) and SDG 6.4.2 (Sustainable Development Goal) indices; and the evaluation of the effectiveness of potential measures (such as recharge, storage, and water-saving interventions) aimed at maintaining a good quantitative status of groundwater resources and related ecosystems, even under future climate change scenarios.

The analyses and studies clearly highlight the urgent need for a shift in how water resources are managed in the Vicenza area. Declining groundwater levels and high stress index values during drier periods reveal the fragile state of the region's aquifers. To safeguard the quality and quantity of this vital resource for both present and future needs, ongoing monitoring must be accompanied by substantial efforts in conservation, recharge, and reuse. Modelling studies confirm the effectiveness of recharge and water-saving interventions, especially when widely applied, and highlight the vulnerability of groundwater reserves to the temporal variability of precipitation recharge - a vulnerability that is expected to increase with climate change.



Questo documento è una Deliverable del progetto LIFE Svolta Blu, finanziato dall’Unione Europea con il GA 101157983 – LIFE-GIC-IT-LIFESVOLTABLU.

Le opinioni e i punti di vista espressi sono esclusivamente quelli dell’autore(i) e non riflettono necessariamente quelli dell’Unione Europea o di CINEA. Né l’Unione Europea né CINEA possono essere ritenuti responsabili di tali contenuti.



Table of Contents – Sommario

Informazioni sul documento.....	2
Publishable Abstract in English	3
1. Introduzione	5
2. Inquadramento territoriale.....	7
3. Bilancio idrogeologico	8
3.1 Apporto meteorico	8
3.2 Dispersioni dei corsi d'acqua naturali	21
3.3 Dispersioni irrigue	26
3.4 Prelievi ad uso acquedottistico e ad uso irriguo.....	30
3.5 Prelievi privati	35
4. Analisi del bilancio	40
5. Modellazione matematica e scenari.....	43
6. Indicatori dello stato di salute della risorsa idrica.....	53
7. Conclusioni.....	64
Riferimenti bibliografici	65



1. Introduzione

Obiettivo del Task T1.1a di cui la presente relazione tratta, è la caratterizzazione del bilancio idrico relativo ai corpi idrici del vicentino al fine di conoscere l'entità e la variabilità spazio-temporale dei volumi in gioco, di valutare lo stato del sistema e di validare la bontà di auspicabili interventi di ottimizzazione, accumulo, ricarica e risparmio idrico, anche con riferimento agli scenari di cambiamento climatico, al fine del mantenimento del buono stato quantitativo dei sistemi idrici sotterranei interessati e degli ecosistemi terrestri a questi connessi.

I numerosi studi pregressi condotti dagli scriventi iniziati oltre 20 anni fa (si veda tra tutti l'ultimo rapporto tecnico Passadore & Rinaldo, 2021) forniscono la base conoscitiva e metodologica dalla quale ha preso avvio la presente analisi. I territori oggetto di studio fanno parte dell'alta e media pianura vicentina la cui caratteristica principale è la straordinaria ricchezza d'acqua, non solo sotterranea, che ha permesso la nascita e l'evoluzione di un notevole sviluppo economico e sociale. Questa peculiarità deriva dalla combinazione di due fattori: la situazione geologica particolarmente favorevole del sistema suolo-sottosuolo e gli strettissimi rapporti tra acque superficiali ed acque sotterranee, che rendono possibili efficaci ricariche degli acquiferi esistenti.

Com'è noto, la conformazione geologica del sottosuolo consente di individuare tre zone principali:

- la zona di ricarica, individuata dal materasso alluvionale ghiaioso-sabbioso indifferenziato, che caratterizza la parte che va dal piede dei rilievi fino alla comparsa delle prime lenti argillose. Questa zona è caratterizzata dalla presenza di un'unica falda a superficie libera che regola le variazioni delle riserve idriche profonde verso sud, interessati dalle attività di emungimento. Nella parte più meridionale compaiono i primi orizzonti argillosi che separano l'acquifero libero superficiale dagli acquiferi profondi in pressione presenti a valle delle risorgive;
- la zona delle risorgive (o dei fontanili), in corrispondenza delle quali si ha la naturale fuoriuscita dalla falda sotterranea delle portate idriche eccedenti. Queste acque emergenti generano un reticolo superficiale molto fitto ed esteso da cui si originano corsi d'acqua quali il Bacchiglione, l'Astichello e il Tesina e contribuiscono alla creazione delle zone umide, aree di particolare bellezza ed importanza ecologica, come, ad esempio, la zona umida del Bosco di Dueville (sito ZPS IT3220013 e SIC IT3220040). La posizione della linea delle risorgive migra stagionalmente in funzione delle variazioni dei diversi fattori del bilancio idrico, interessando una fascia di larghezza variabile fra i 2 e i 10 km;
- la zona di accumulo, a sud delle risorgive, caratterizzata da una differenziazione in falde sovrapposte in pressione che danno origine ad un complesso acquifero multistrato tipico della media pianura. Gli strati limosi-argillosi presenti nell'alta pianura sotto forma di lenti discontinue di dimensioni limitate diventano in questa zona dei veri e propri strati continui; essi delimitano acquiferi che raggiungono spessori di qualche decina di metri. Le falde in pressione costituiscono la più importante fonte di approvvigionamento a scopi acquedottistici del Veneto Centrale.

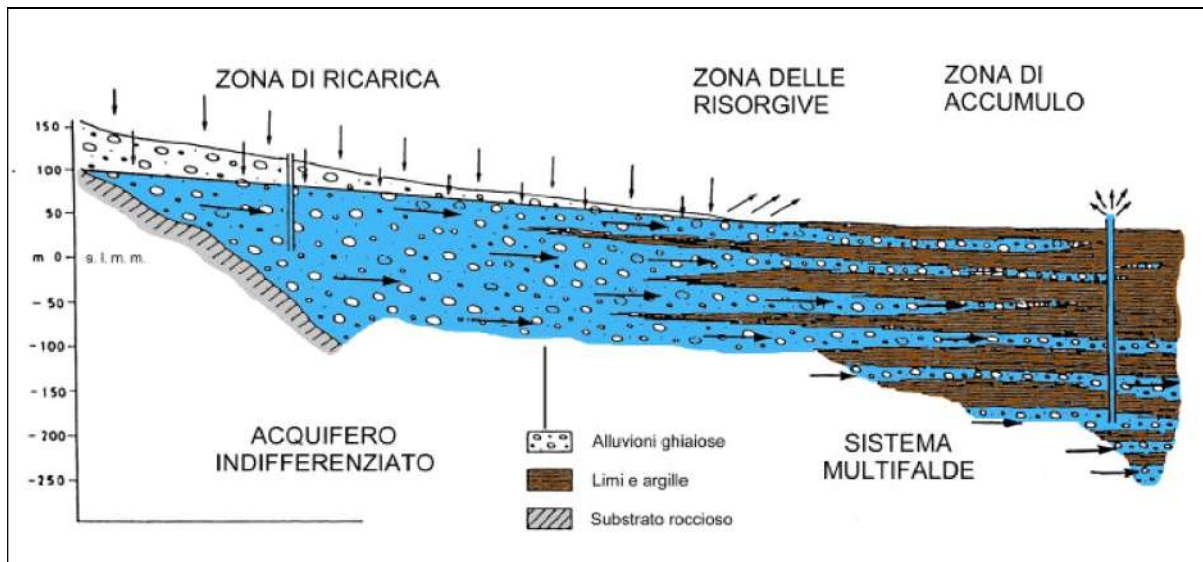


Figura 1. Schema idrogeologico dell'alta e media pianura veneta [Sottani et al., 1982].

Nel capitolo 3 verranno esposti i metodi utilizzati per le stime di tutti i flussi idrici entranti ed uscenti dai corpi idrici sotterranei dell'area di riferimento individuata (capitolo 2). Dall'analisi dei volumi in gioco è stato possibile fissare degli obiettivi di risparmio/ricarica/riuso al fine del mantenimento del buono stato quantitativo di corpi idrici sotterranei interessati (capitolo 4) e stimare il livello di stress idrico attraverso il calcolo di alcuni indicatori (capitolo 6). Infine, le simulazioni con il modello matematico esistente del flusso e del trasporto hanno fornito una stima degli impatti di tali interventi su livelli di falda e deflussi dalle risorgive (capitolo 5).

Infine, occorre ricordare come i cambiamenti climatici stiano già influenzando molti estremi meteorologici e climatici, quali ondate di calore, precipitazioni intense ed erratiche, siccità meteorologiche e idrologiche, cicloni tropicali e scarsità idrica; tutti gli scenari concordano nell'affermare che aumenteranno i giorni con risorse idriche non sufficienti, aumenterà la richiesta di acqua, in primis ad uso agricolo, e diminuirà il flusso idrico di ricarica degli acquiferi. È necessario, pertanto, recepire fin da subito l'urgenza di un cambiamento di strategie, metodi e strumenti di governance alla luce dei cambiamenti climatici che aggraveranno ulteriormente la situazione generale anche in Veneto.

2. Inquadramento territoriale

L'area oggetto di studio (anche detta area di riferimento) è stata individuata selezionando i territori di media-alta pianura dei Comuni gestiti da Viacqua. Così facendo, fanno parte dell'area oggetto di studio tutti gli acquiferi dai quali si attinge acqua ad uso acquedottistico (compresi i fondovalle dei comuni di Valdastico e Arsiero). Le aree montane, delle quali non si conoscono nel dettaglio i flussi sotterranei entranti ed uscenti, non fanno parte dell'area di riferimento. Infine, le due zone così individuate (valle dell'Agno-Guà a ovest e bacino del Leogra-Timonchio-Bacchiglione a est) sono state unite andando a selezionare anche i territori di pianura dei comuni di Arzignano e Montecchio Maggiore. Il territorio così individuato ha un'estensione di circa 500 km².

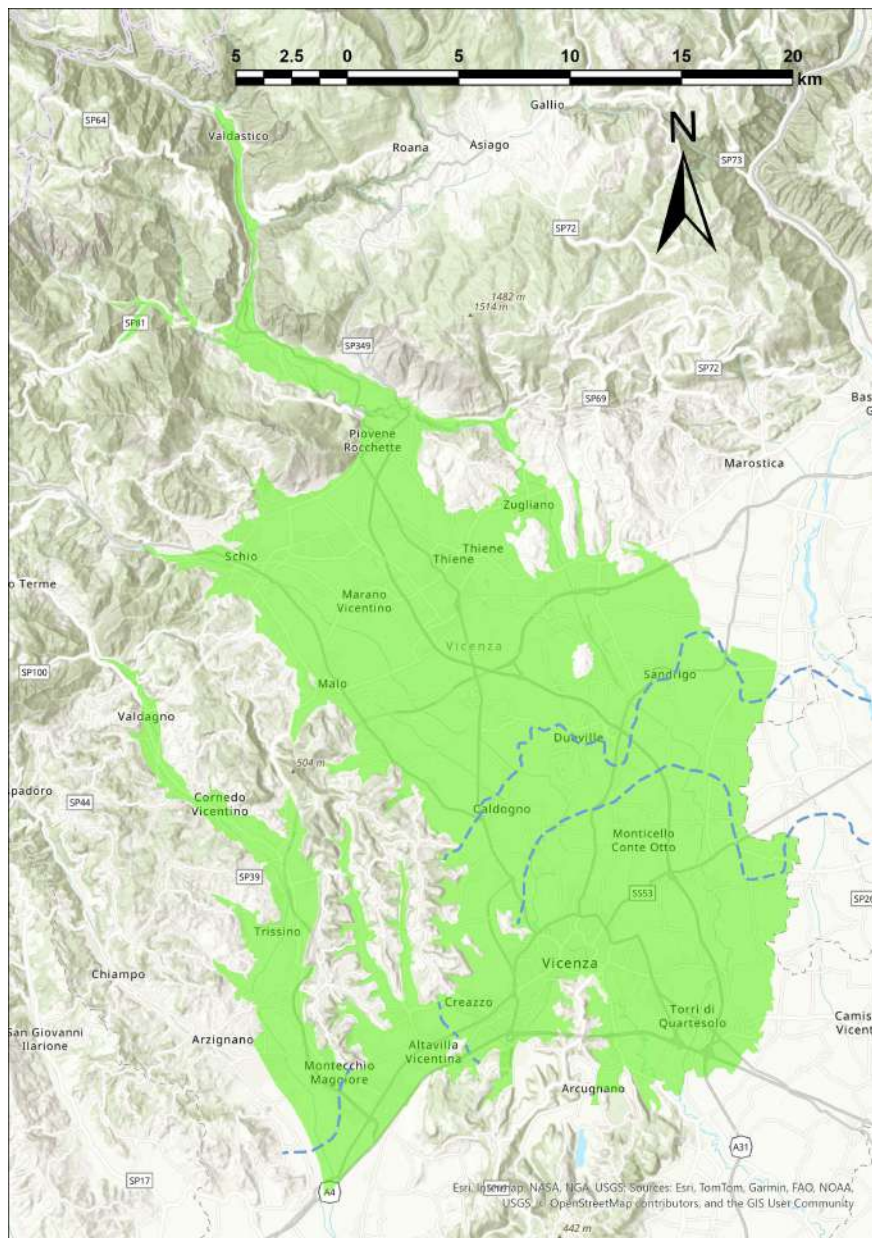


Figura 2. Area oggetto di studio (o area di riferimento). Estensione 500 km².

3. Bilancio idrogeologico

Con il termine bilancio idrogeologico si intende l'insieme dei flussi (o dei volumi) entranti e uscenti dal serbatoio idrico sotterraneo, ossia dalle falde sotterranee, interne all'area oggetto di studio. Tutti le componenti sono state oggetto di stima nel corso degli studi pregressi (Passadore & Rinaldo, 2021); le stime sono state ora aggiornate in riferimento alla nuova area e l'intervallo temporale è stato esteso fino all'anno 2024 compreso. Il bilancio copre quindi il periodo 2000 – 2024. Qualora disponibili i dati necessari, oltre ai flussi annuali si sono stimati anche i flussi mensili.

I dati aggiornati relativi al prelievo acquedottistico sono stati forniti dai Gestori Acegas Aps Amga e Viacqua (volumi annui prelevati dai pozzi o erogati dalle centrali negli ultimi anni); i volumi aggiornati dei prelievi superficiali ad uso irriguo, la posizione e i volumi dei pozzi di soccorso irriguo e l'estensione e la tipologia della tecnica di irrigazione usata nelle aree irrigate sono stati forniti dal Consorzio di Bonifica e Irrigazione Alta Pianura Veneta (volumi derivati mensili degli ultimi anni dai diversi corsi d'acqua).

3.1 Apporto meteorico

La stima della pioggia totale caduta sull'area di studio è stata ottenuta a partire dai valori di pioggia registrati in corrispondenza di 22 stazioni Arpav (figura 3). I valori mensili e annui registrati nel periodo 2000 - 2024 sono stati interpolati per ottenere la distribuzione spaziale della precipitazione (figura 4).

Le stime di evapotraspirazione potenziale $ET0$ sono stati ricavati su base mensile e annuale, a partire dai valori medi mensili delle temperature registrate presso la stazione di Malo (per i territori di pianura) e di Valli del Pasubio (per i territori montani) e applicando il metodo di Thornthwaite.

L'apporto meteorico efficace, ossia il contributo alla ricarica della falda da parte delle precipitazioni è stata stimata attraverso la seguente formula:

$$P_{eff} = \{P_{tot} - (ET0 \cdot K_c)\} \cdot (1 - CD) \cdot (1 - \eta)$$

dove $ET0 \cdot K_c$ è l'evapotraspirazione (effettiva), CD è il coefficiente di deflusso superficiale e η il coefficiente che rappresenta la porzione del flusso infiltrato che defluisce in deflusso subsuperficiale (figura 8). Le mappe di precipitazione efficace, ossia della distribuzione spaziale della ricarica delle falde da parte delle precipitazioni, sono state ottenute con dettaglio mensile.

Pertanto:

$\{P_{tot} - (ET0 \cdot K_c)\} \cdot (CD)$ rappresenta il deflusso superficiale,

$\{P_{tot} - (ET0 \cdot K_c)\} \cdot (1 - CD)$ rappresenta il flusso che si infiltra nel terreno,

$\{P_{tot} - (ET0 \cdot K_c)\} \cdot (1 - CD) \cdot \eta$ rappresenta il deflusso subsuperficiale,

e, conseguentemente,

$\{P_{tot} - (ET0 \cdot K_c)\} \cdot (1 - CD) \cdot (1 - \eta)$ rappresenta la ricarica alla falda.

Il coefficiente di deflusso CD è stato assegnato sulla base dell'uso del suolo (anno 2012) e del gruppo idrologico, che suddivide il territorio regionale in 4 classi di produzione del deflusso superficiale, o runoff, da bassa ad alta (figura 5).

Il coefficiente colturale K_c è stato assegnato su base mensile a partire dalla mappa di uso del suolo del 2012, dove si sono individuate 12 classi colturali (figura 6).

Il coefficiente η (figura 7) è stato assegnato a partire dalla cartografia relativa alla geopedologia (tipo di terreno superficiale), ricavata dalla carta dei Suoli della Regione del Veneto, combinata con la mappa delle permeabilità del suolo (4 classi di permeabilità: bassa, moderatamente bassa, moderatamente alta e alta).

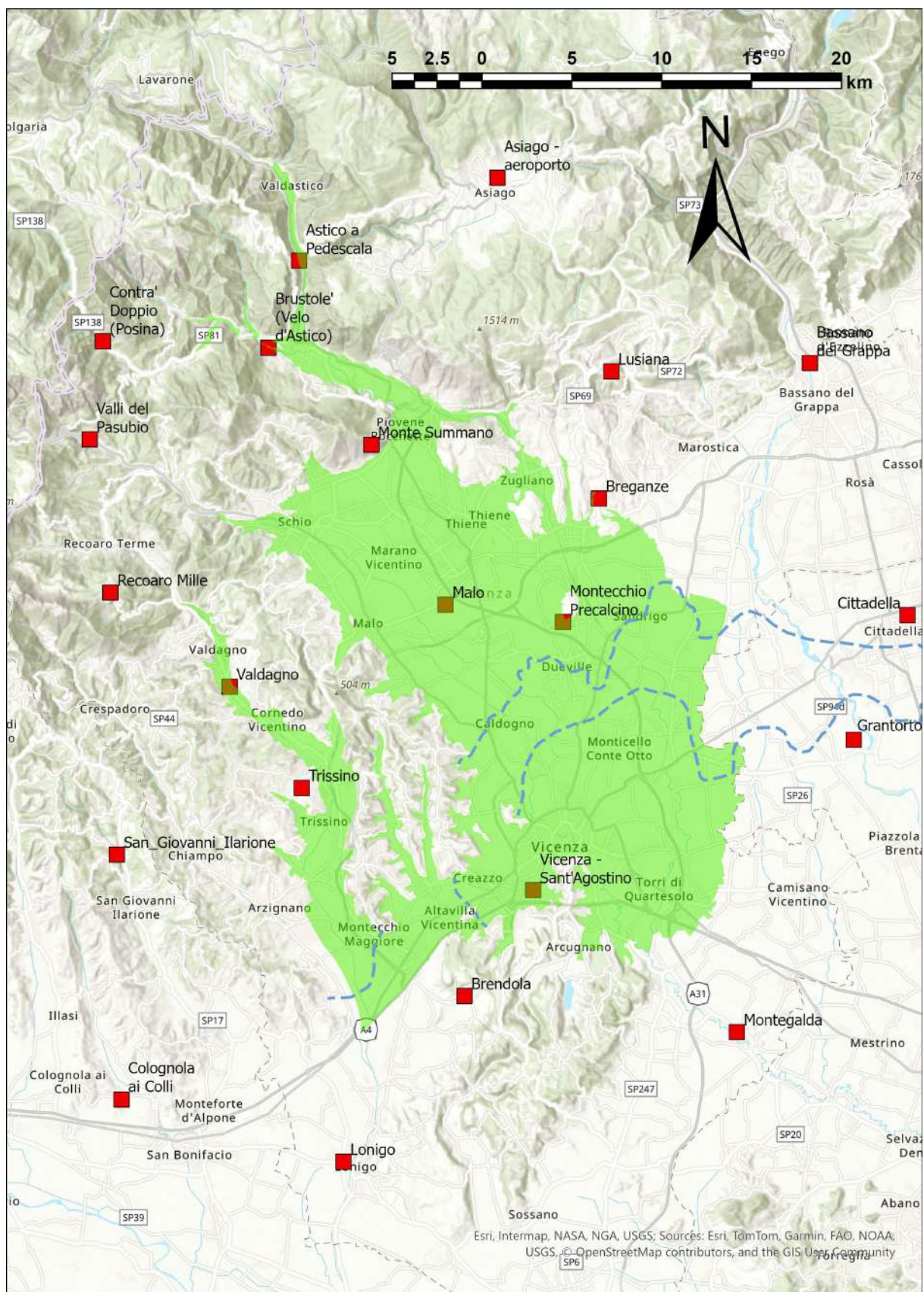


Figura 3. Localizzazione dei pluviometri Arpav utilizzati per stimare la distribuzione spaziale della precipitazione mensile e annuale.

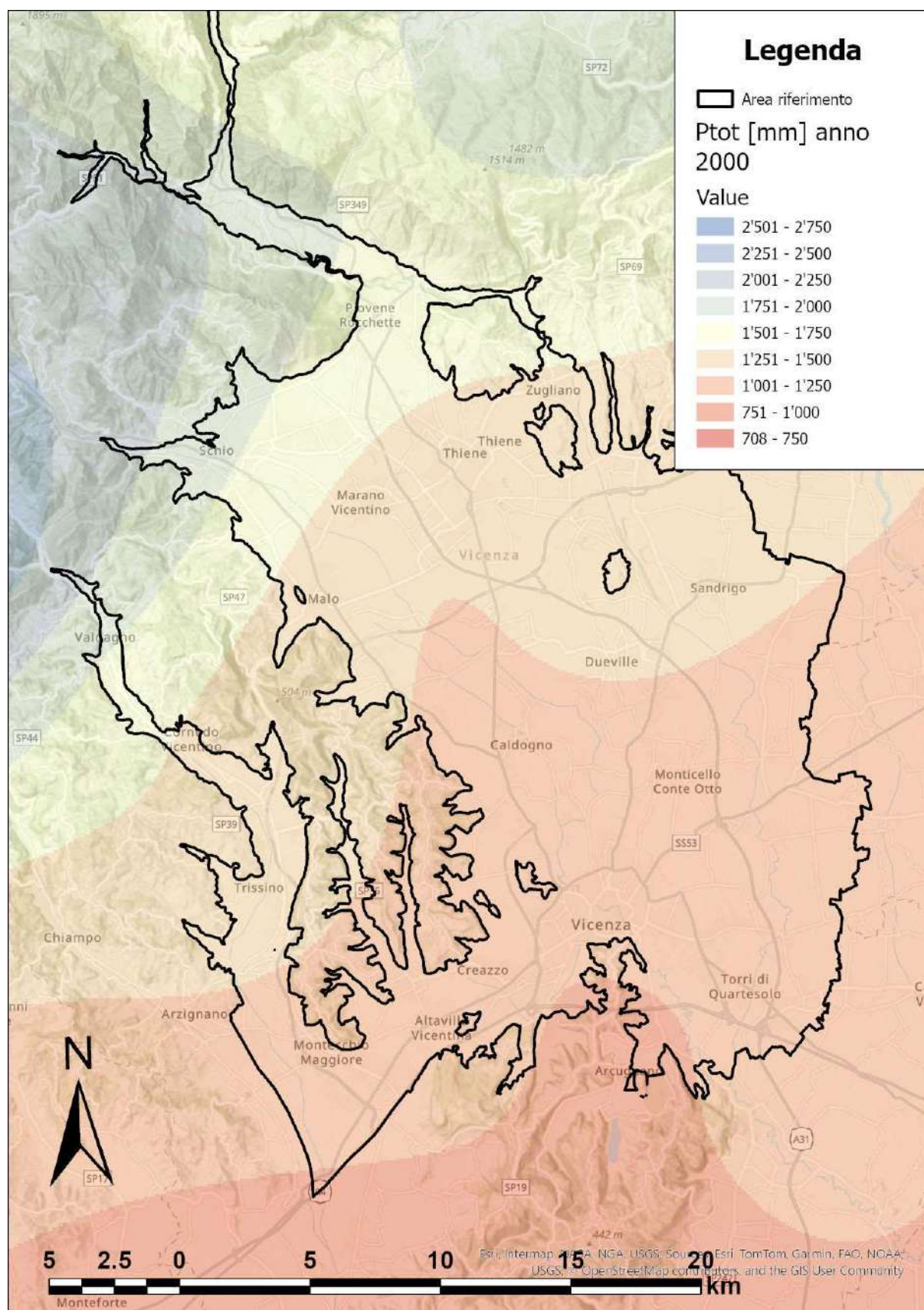
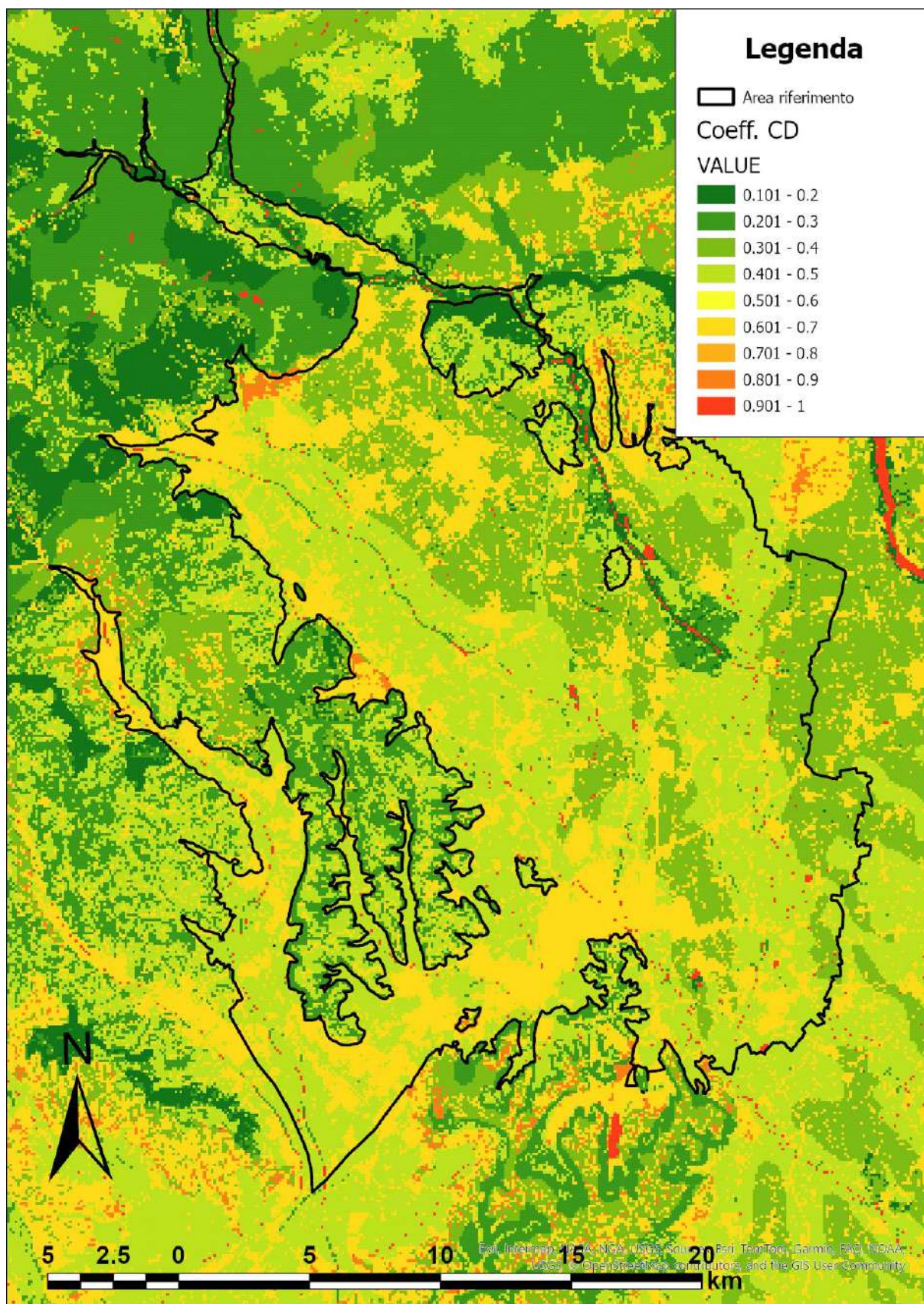


Figura 4. Precipitazione totale anno 2000.



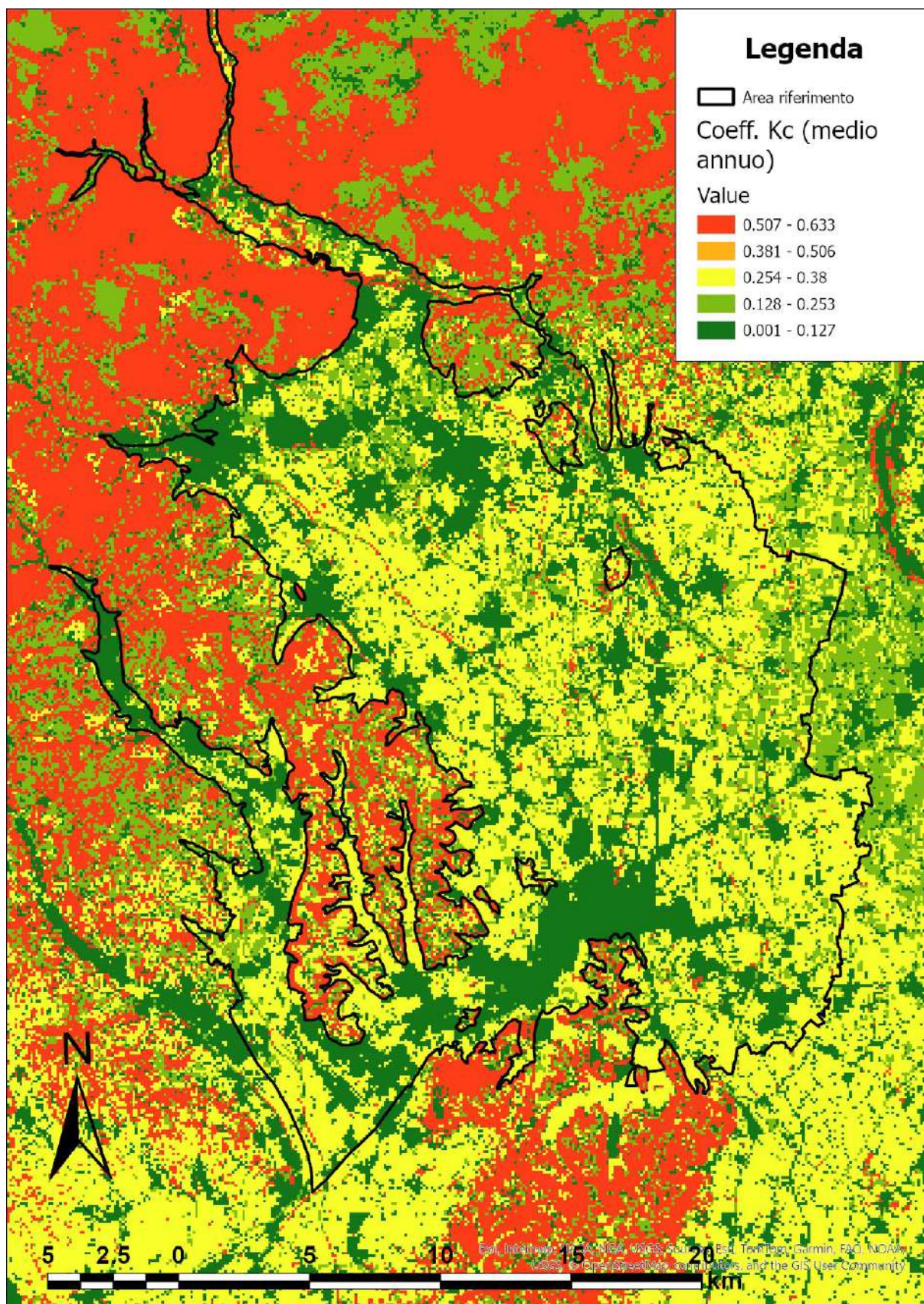


Figura 6. Coefficiente colturale Kc medio annuo (maggiore è Kc, maggiore è l'evapotraspirazione).

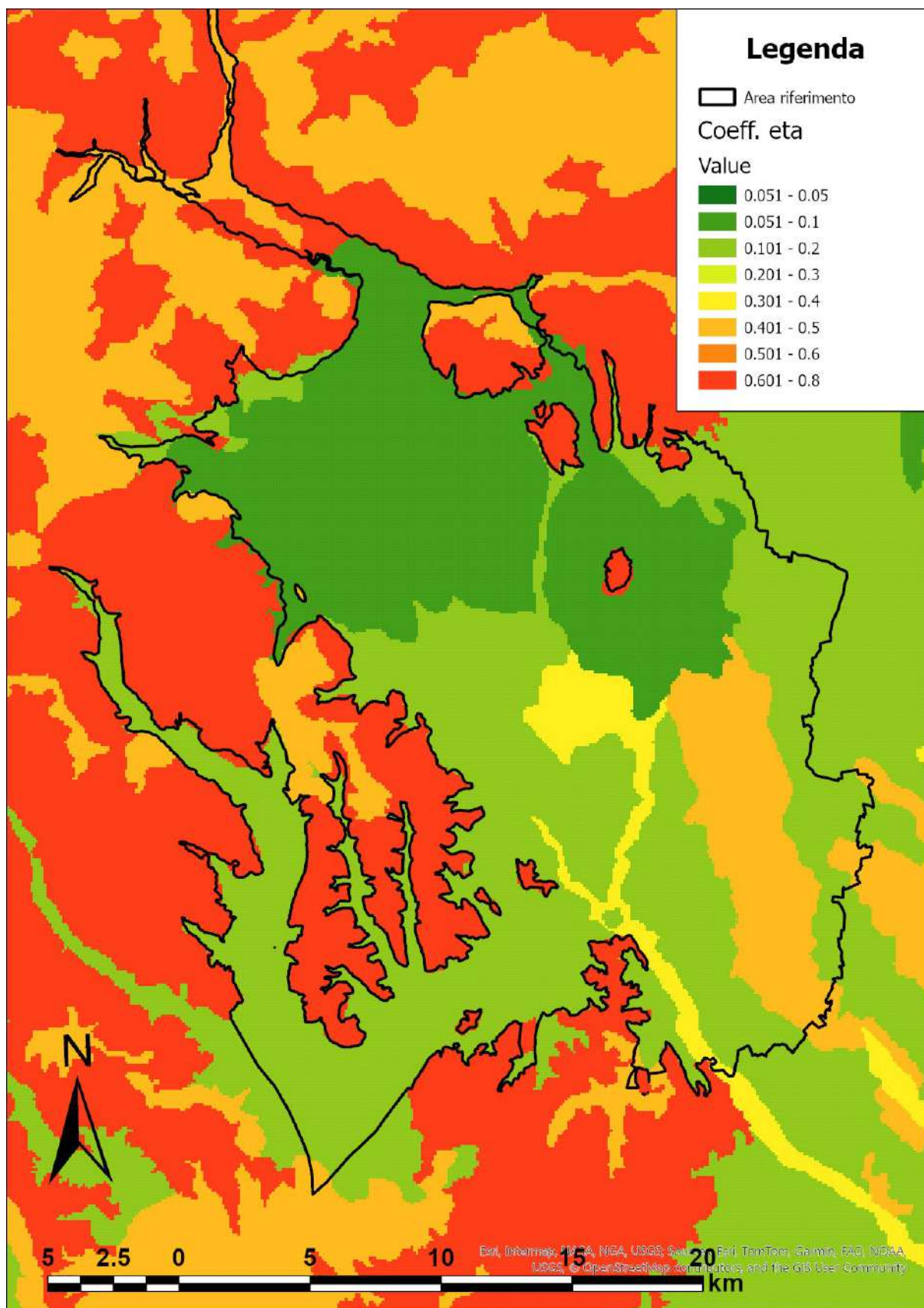


Figura 7. Coefficiente eta (maggiore è eta, minore è la quota di volume infiltrato che va a ricaricare le falde).

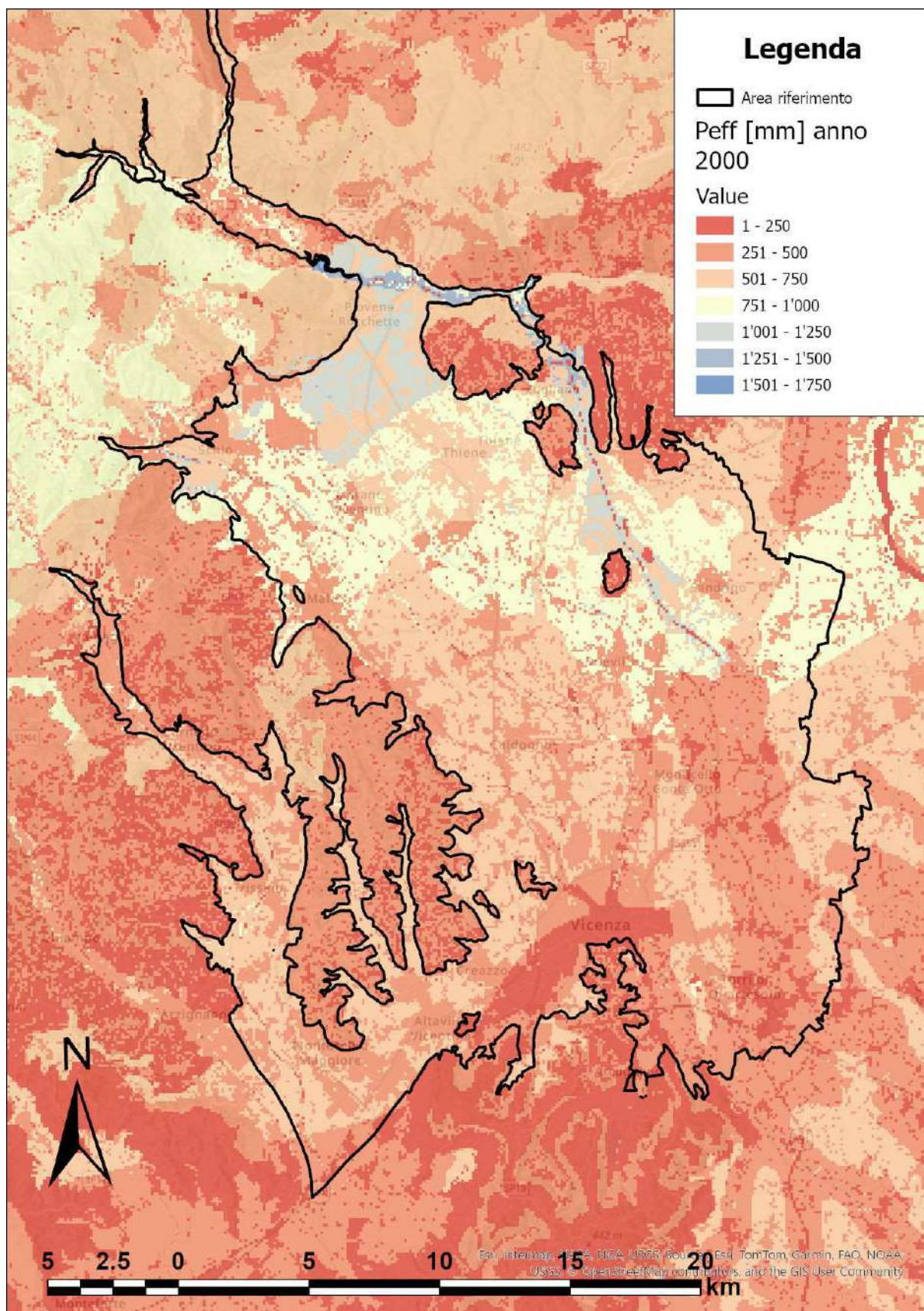


Tabella 1. Precipitazione totale ed efficace (ricarica alla falda), valori annui. In rosso i 5 anni più siccitosi, in verde i 5 anni più piovosi.

ANNO	Ptot (mm)	Peff (mm)	%
2000	1281.0	560.6	43.8
2001	1015.7	441.2	43.4
2002	1643.8	718.3	43.7
2003	912.5	392.3	43.0
2004	1418.6	604.8	42.6
2005	1309.7	560.2	42.8
2006	1010.8	425.5	42.1
2007	920.5	388.6	42.2
2008	1624.6	702.0	43.2
2009	1436.6	624.0	43.4
2010	1947.2	842.6	43.3
2011	1075.5	469.5	43.7
2012	1195.6	525.6	44.0
2013	1500.7	653.8	43.6
2014	2116.6	920.2	43.5
2015	1013.2	438.3	43.3
2016	1315.9	562.9	42.8
2017	902.7	382.8	42.4
2018	1234.7	519.4	42.1
2019	1543.9	660.4	42.8
2020	1295.8	561.7	43.4
2021	1133.7	489.0	43.1
2022	868.4	375.2	43.2
2023	1205.4	526.1	43.7
2024	1927.6	839.0	43.5
media	1314.0	567.3	43.1
min	868.4	375.2	42.1
max	2116.6	920.2	44.0

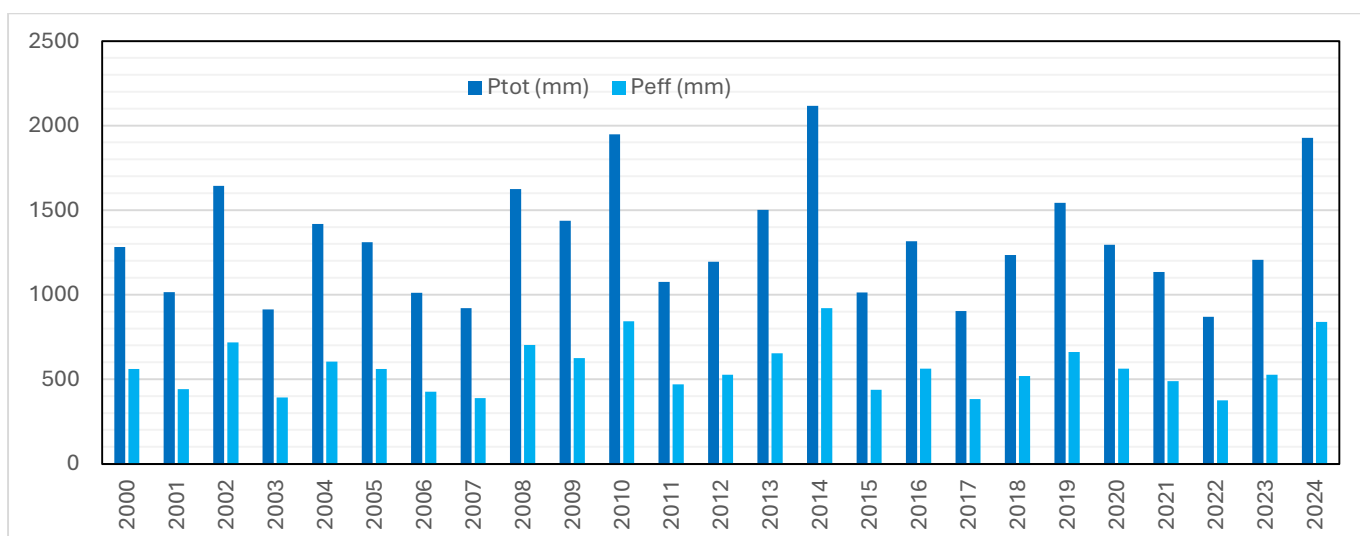


Figura 9. Precipitazione totale ed efficace (ricarica alla falda), valori annui.

Tabella 2. Precipitazione totale ed efficace (ricarica alla falda), valori mensili.

10 mesi più piovosi	Ptot (mm)	Peff (mm)	%
gen-14	387.2	168.6	43.5
nov-19	372.3	162.8	43.7
mag-24	366.9	142.2	38.8
nov-00	343.2	150.6	43.9
nov-10	342.8	148.3	43.3
feb-14	330.1	144.8	43.9
ott-24	310.5	133.5	43.0
dic-08	308.5	133.6	43.3
nov-12	302.2	132.1	43.7
feb-24	294.3	127.9	43.4
10 mesi più siccitosi	Ptot (mm)	Peff (mm)	%
gen-00	0.7	0.3	46.0
dic-01	1.2	0.5	44.6
feb-23	1.5	0.7	44.3
dic-15	2.5	1.1	42.4
dic-16	2.6	1.1	41.4
mar-12	3.0	1.1	37.5
mar-03	3.3	1.4	40.9
feb-03	3.5	1.5	42.7
ago-11	12.0	1.9	16.0
apr-07	18.1	2.1	11.4
statistiche mensili su intero periodo			
	Ptot (mm)	Peff (mm)	
media	109.5	38.6	
min	0.7	0.3	
max	387.2	168.6	

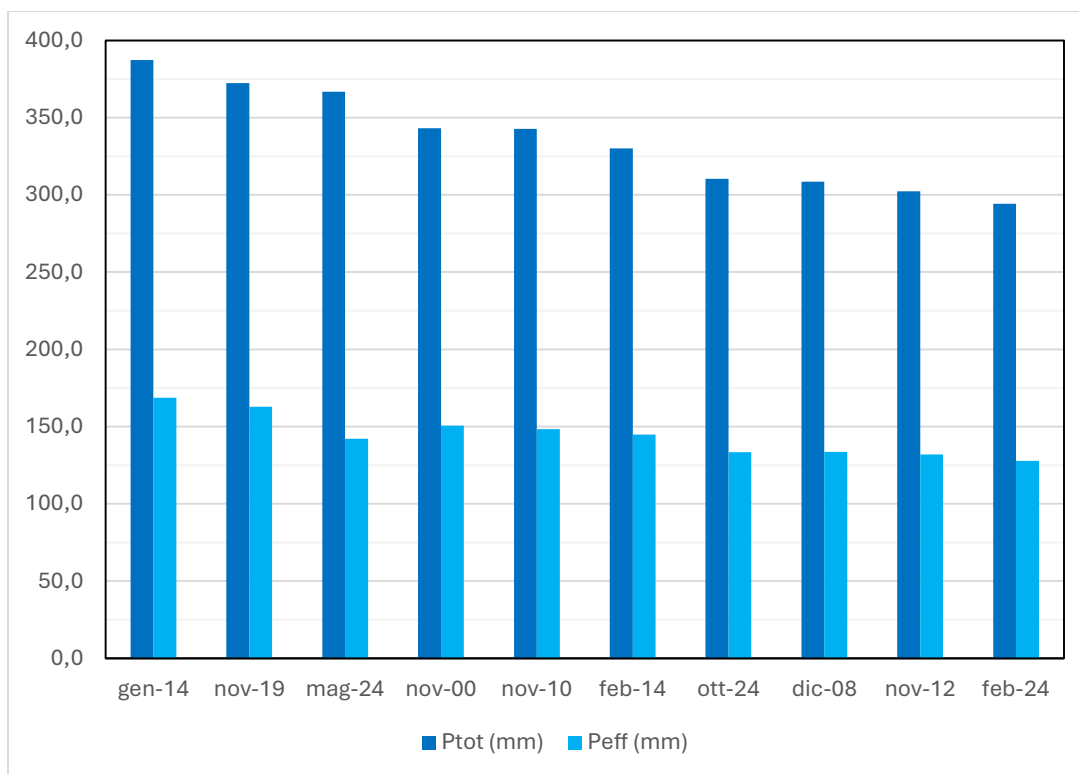


Figura 10. Precipitazione totale ed efficace (ricarica alla falda), 10 mesi più piovosi.

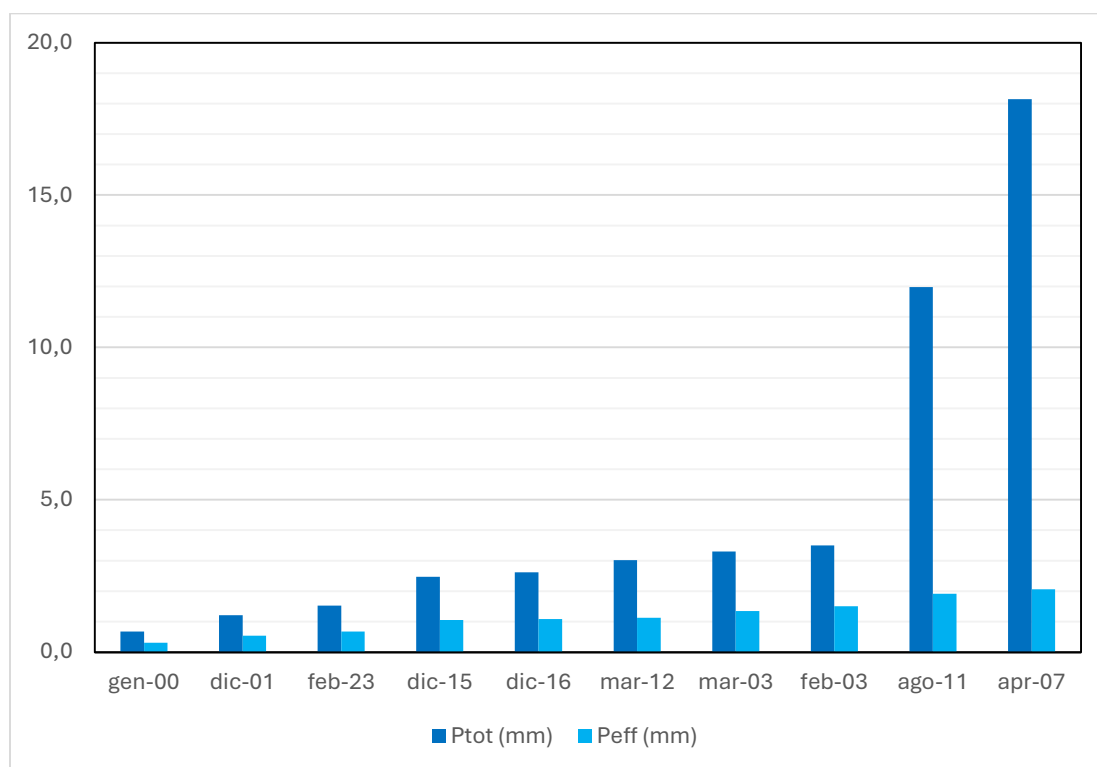


Figura 11. Precipitazione totale ed efficace (ricarica alla falda), 10 mesi più siccitosi.

Tabella 3. Precipitazioni mensili: elenco decrescente per tutti i 12 mesi (tabella 1 di 2).

	Ptot (mm)	Peff (mm)	%		Ptot (mm)	Peff (mm)	%		Ptot (mm)	Peff (mm)	%
gennaio-14	387.2	168.6	44	febbraio-14	330.1	144.8	44	marzo-13	264.5	115.2	44
gennaio-21	192.0	83.5	43	febbraio-24	294.3	127.9	43	marzo-01	234.6	101.4	43
gennaio-01	137.4	59.9	44	febbraio-16	256.0	110.4	43	marzo-24	222.3	95.7	43
gennaio-09	130.4	57.4	44	febbraio-04	172.8	73.3	42	marzo-09	177.3	76.3	43
gennaio-13	121.1	52.6	43	febbraio-10	153.0	66.3	43	marzo-18	165.8	71.2	43
gennaio-24	119.5	51.8	43	febbraio-02	148.4	64.4	43	marzo-11	150.6	65.1	43
gennaio-08	116.5	51.6	44	febbraio-17	110.0	48.1	44	marzo-04	137.0	58.9	43
gennaio-23	85.0	36.8	43	febbraio-19	101.1	44.4	44	marzo-00	132.1	57.8	44
gennaio-10	69.0	29.7	43	febbraio-15	88.2	37.4	42	marzo-20	122.6	53.1	43
gennaio-16	66.1	28.7	43	febbraio-09	87.8	38.4	44	marzo-15	111.7	48.1	43
gennaio-15	60.2	26.1	43	febbraio-06	82.1	35.4	43	marzo-07	105.1	45.3	43
gennaio-03	59.0	25.9	44	febbraio-11	80.3	34.6	43	marzo-14	100.9	43.0	43
gennaio-11	58.7	25.7	44	febbraio-13	70.6	30.2	43	marzo-16	100.0	42.8	43
gennaio-07	46.8	20.7	44	febbraio-18	69.9	30.0	43	marzo-10	75.1	32.3	43
gennaio-18	40.4	17.6	44	febbraio-22	51.0	22.4	44	marzo-08	70.1	30.9	44
gennaio-06	40.2	17.0	42	febbraio-07	48.4	21.1	44	marzo-06	53.0	23.0	43
gennaio-04	36.3	15.2	42	febbraio-08	45.9	20.2	44	marzo-23	37.0	15.5	42
gennaio-02	31.7	13.7	43	febbraio-21	45.6	19.8	43	marzo-05	32.6	14.1	43
gennaio-22	23.1	10.3	45	febbraio-12	22.5	9.7	43	marzo-02	28.7	12.4	43
gennaio-20	19.3	8.4	43	febbraio-01	21.0	8.9	42	marzo-17	28.7	11.9	41
gennaio-12	18.1	7.9	44	febbraio-05	12.9	5.7	44	marzo-19	14.1	5.9	42
gennaio-19	18.3	7.8	43	febbraio-20	6.8	2.9	42	marzo-22	9.7	4.1	42
gennaio-17	14.6	6.2	43	febbraio-00	5.9	2.6	44	marzo-21	6.0	2.5	42
gennaio-05	4.8	2.1	43	febbraio-03	3.5	1.5	43	marzo-03	3.3	1.4	41
gennaio-00	0.7	0.3	46	febbraio-23	1.5	0.7	44	marzo-12	3.0	1.1	38
	Ptot (mm)	Peff (mm)	%		Ptot (mm)	Peff (mm)	%		Ptot (mm)	Peff (mm)	%
aprile-19	80.7	202.6	40	maggio-24	142.2	366.9	39	giugno-08	35.7	160.5	22
aprile-09	79.6	205.0	39	maggio-13	112.4	299.6	38	giugno-20	32.5	149.5	22
aprile-02	72.3	182.9	40	maggio-19	111.4	291.0	38	giugno-11	28.5	139.2	21
aprile-12	68.2	171.2	40	maggio-02	103.4	285.1	36	giugno-24	25.6	134.0	19
aprile-08	65.8	165.9	40	maggio-16	73.5	214.3	34	giugno-16	16.9	116.2	15
aprile-05	63.2	163.0	39	maggio-21	68.3	197.1	35	giugno-07	15.4	96.2	16
aprile-13	55.6	145.4	38	maggio-10	58.1	182.5	32	giugno-10	15.1	110.3	14
aprile-04	51.6	136.5	38	maggio-04	55.0	166.0	33	giugno-14	14.9	110.6	13
aprile-21	44.3	115.5	38	maggio-23	47.2	156.4	30	giugno-23	14.0	103.5	14
aprile-14	44.2	123.0	36	maggio-12	46.0	152.4	30	giugno-09	12.8	91.1	14
aprile-06	43.2	113.9	38	maggio-07	45.6	157.1	29	giugno-18	12.5	99.3	13
aprile-03	42.7	114.1	37	maggio-08	34.5	129.8	27	giugno-04	12.4	94.0	13
aprile-01	33.1	91.9	36	maggio-18	32.4	130.1	25	giugno-02	12.2	95.0	13
aprile-23	30.4	85.3	36	maggio-06	28.2	112.0	25	giugno-17	11.4	91.1	13
aprile-18	28.8	90.1	32	maggio-15	26.1	111.3	23	giugno-15	10.4	90.4	12
aprile-17	28.7	84.9	34	maggio-14	22.8	100.3	23	giugno-05	8.7	72.0	12
aprile-00	24.7	77.8	32	maggio-05	21.1	103.6	20	giugno-03	8.6	74.3	12
aprile-16	22.1	70.8	31	maggio-00	17.3	92.5	19	giugno-00	8.5	73.9	12
aprile-22	20.9	62.5	33	maggio-17	14.6	82.8	18	giugno-13	5.9	52.3	11
aprile-15	20.8	68.0	31	maggio-20	13.4	78.1	17	giugno-12	5.5	47.2	12
aprile-24	20.3	65.2	31	maggio-22	12.0	81.3	15	giugno-22	5.2	50.2	10
aprile-10	7.2	37.6	19	maggio-11	8.0	63.3	13	giugno-06	4.6	43.2	11
aprile-20	6.6	35.3	19	maggio-01	8.0	67.0	12	giugno-21	3.3	28.7	11
aprile-11	3.7	25.9	14	maggio-03	2.5	25.3	10	giugno-19	2.6	23.7	11
aprile-07	2.1	18.1	11	maggio-09	2.5	22.6	11	giugno-01	2.5	25.9	10

Tabella 4. Precipitazioni mensili: elenco decrescente per tutti i 12 mesi (tabella 2 di 2).

	Ptot (mm)	Peff (mm)	%		Ptot (mm)	Peff (mm)	%		Ptot (mm)	Peff (mm)	%
luglio-14	260.4	76.8	29	agosto-20	284.2	94.1	33	settembre-10	221.0	88.0	40
luglio-05	169.9	33.5	20	agosto-02	211.7	60.5	29	settembre-24	213.1	83.1	39
luglio-23	167.6	30.8	18	agosto-06	211.2	63.2	30	settembre-06	169.0	63.1	37
luglio-02	166.1	34.5	21	agosto-05	170.2	44.3	26	settembre-09	157.5	59.9	38
luglio-19	140.2	30.2	22	agosto-14	158.9	39.8	25	settembre-12	146.4	55.6	38
luglio-21	128.4	22.0	17	agosto-22	154.3	30.3	20	settembre-15	139.4	53.9	39
luglio-18	121.4	20.7	17	agosto-16	137.6	35.5	26	settembre-17	128.6	48.6	38
luglio-11	119.8	20.5	17	agosto-23	130.0	22.6	17	settembre-19	122.6	46.3	38
luglio-08	118.2	19.0	16	agosto-10	115.5	20.1	17	settembre-22	120.4	44.7	37
luglio-10	111.7	18.3	16	agosto-18	113.5	20.7	18	settembre-01	117.2	44.1	38
luglio-01	98.4	16.2	16	agosto-01	112.2	20.8	19	settembre-05	114.3	41.6	36
luglio-09	78.1	12.9	17	agosto-13	109.0	19.4	18	settembre-07	111.4	40.9	37
luglio-17	72.4	14.3	20	agosto-09	104.6	18.7	18	settembre-08	110.7	40.4	37
luglio-20	64.9	11.4	18	agosto-07	103.4	20.2	20	settembre-00	106.2	37.0	35
luglio-12	63.6	11.4	18	agosto-00	91.0	15.5	17	settembre-04	103.1	36.6	35
luglio-03	61.5	10.1	16	agosto-15	84.4	14.9	18	settembre-18	102.2	35.1	34
luglio-04	60.4	9.6	16	agosto-21	80.9	15.3	19	settembre-02	99.3	36.9	37
luglio-00	59.8	10.1	17	agosto-04	80.2	13.8	17	settembre-14	94.6	33.0	35
luglio-15	59.0	10.4	18	agosto-19	75.6	13.4	18	settembre-11	82.8	26.7	32
luglio-24	55.6	9.3	17	agosto-24	65.9	10.0	15	settembre-20	76.4	25.2	33
luglio-07	49.5	8.4	17	agosto-08	65.5	11.3	17	settembre-16	65.8	20.1	31
luglio-06	46.6	7.5	16	agosto-03	40.7	7.3	18	settembre-13	51.7	14.1	27
luglio-13	43.9	7.7	17	agosto-12	37.0	6.3	17	settembre-23	44.0	10.2	23
luglio-22	42.3	6.9	16	agosto-17	30.1	4.8	16	settembre-03	38.5	9.8	26
luglio-16	37.4	6.8	18	agosto-11	12.0	1.9	16	settembre-21	37.4	8.4	22
	Ptot (mm)	Peff (mm)	%		Ptot (mm)	Peff (mm)	%		Ptot (mm)	Peff (mm)	%
ottobre-24	310.5	133.5	43	novembre-19	372.3	162.8	44	dicembre-08	308.5	133.6	43
ottobre-10	263.3	113.5	43	novembre-00	343.2	150.6	44	dicembre-20	266.6	115.1	43
ottobre-05	244.2	106.7	44	novembre-10	342.8	148.3	43	dicembre-10	265.5	115.1	43
ottobre-00	220.1	95.2	43	novembre-12	302.2	132.1	44	dicembre-09	175.5	77.2	44
ottobre-15	185.4	80.5	43	novembre-14	274.9	120.8	44	dicembre-03	169.3	74.1	44
ottobre-23	182.3	77.6	43	novembre-08	236.8	102.9	43	dicembre-22	125.8	54.4	43
ottobre-20	178.1	76.3	43	novembre-03	207.9	90.6	44	dicembre-19	117.6	51.3	44
ottobre-04	173.8	75.2	43	novembre-21	204.1	89.2	44	dicembre-17	117.2	51.3	44
ottobre-11	165.6	71.8	43	novembre-02	199.6	88.2	44	dicembre-04	107.6	47.2	44
ottobre-12	159.9	68.7	43	novembre-13	157.2	68.1	43	dicembre-14	105.6	45.9	43
ottobre-18	139.7	59.7	43	novembre-04	150.8	64.0	42	dicembre-05	87.5	38.1	44
ottobre-16	127.8	54.4	43	novembre-23	147.3	64.7	44	dicembre-06	85.7	37.5	44
ottobre-03	115.1	48.8	42	novembre-09	144.4	62.4	43	dicembre-02	82.8	35.9	43
ottobre-02	112.7	47.3	42	novembre-18	140.5	61.1	43	dicembre-13	79.8	34.7	44
ottobre-13	105.7	44.6	42	novembre-05	134.7	59.1	44	dicembre-00	77.8	34.1	44
ottobre-08	96.2	41.4	43	novembre-11	129.4	55.4	43	dicembre-24	72.7	31.3	43
ottobre-07	70.7	29.9	42	novembre-22	126.4	54.7	43	dicembre-12	72.1	31.5	44
ottobre-14	70.0	28.9	41	novembre-16	121.4	53.1	44	dicembre-23	65.6	28.5	43
ottobre-19	64.8	26.8	41	novembre-17	121.2	52.9	44	dicembre-11	47.8	20.9	44
ottobre-09	62.4	26.4	42	novembre-07	102.3	44.7	44	dicembre-21	44.8	19.4	43
ottobre-21	53.2	21.8	41	novembre-01	58.5	25.8	44	dicembre-18	21.9	9.4	43
ottobre-01	50.4	20.1	40	novembre-06	31.1	13.1	42	dicembre-07	11.6	5.1	44
ottobre-06	22.9	9.3	41	novembre-20	14.0	6.0	43	dicembre-16	2.6	1.1	41
ottobre-22	21.5	8.7	40	novembre-15	12.8	5.5	42	dicembre-15	2.5	1.1	42
ottobre-17	21.3	8.8	41	novembre-24	8.1	3.5	43	dicembre-01	1.2	0.5	45

3.2 Dispersioni dei corsi d'acqua naturali

Il processo di dispersione in falda ha inizio in corrispondenza dello sbocco in pianura delle valli montane e caratterizza il percorso nell'alta e media pianura dei seguenti corsi d'acqua ricadenti all'interno dell'area di riferimento:

- sistema Leogra – Timonchio, caratterizzato da un tratto disperdente compreso tra lo sbocco in pianura delle valli montane (Torrebelvicino per il Leogra, Santorso per il Timonchio) e il sistema delle risorgive (Capovilla di Caldogno) con una lunghezza complessiva di circa 29 km,
- torrente Astico, caratterizzato da 2 tratti disperdenti (il primo, tra Rocchette e Caltrano, lungo 3 - 4 km, il secondo, tra Sarcedo e Passo di Riva, lungo 6 – 7 km) e da un tratto drenante tra Passo di Riva e Lupia di Sarcedo (tra Caltrano e Sarcedo il comportamento è variabile).
- il t. Agno, a carattere disperdente tra Valdagno e il sistema delle risorgive (circa 25 km).

Il fiume Brenta (tratto disperdente tra Bassano e Friola, tratto drenante tra Friola e Carturo), le cui importanti dispersioni contribuiscono ad alimentare la falda in maniera significativa, non ricadendo all'interno dell'area oggetto di studio, non è stato oggetto di studio nel corso del presente lavoro.

Questi tre principali corsi d'acqua costituiscono circa il 94 % del totale degli afflussi derivanti dalle dispersioni dei fiumi dell'alta pianura vicentina [Sottani et al., 1982]; pertanto, sono stati trascurati i sistemi minori, ossia il sistema Giara-Orolo, il t. Igna, il sistema Chiavone-Laverda e il sistema Valderio-Marcoalda.

Si parla di dispersione dell'alveo quando il pelo libero del corso d'acqua è ad una quota superiore rispetto al livello freatico: in questo caso, il corso d'acqua alimenta la falda. In caso contrario, sarà l'acquifero ad alimentare il corso d'acqua e, in questo caso, si parla di drenaggio.

Le campagne di misure idrometriche condotte dal settembre 1979 al gennaio 1981 dall'A.I.M. di Vicenza (Sottani, Pretto, Viero, & Marcolongo, 1982) hanno permesso di raccogliere una grande quantità di dati relativi alle portate disperse in falda: la stima di questo contributo avviene per differenza tra i valori di portata misurata all'ingresso del corso d'acqua in pianura, o all'inizio di un tratto notoriamente disperdente, e la portata misurata all'altezza del limite settentrionale della fascia delle risorgive, o al termine del tratto disperdente.

I dati raccolti hanno permesso di costruire importanti curve di correlazione tra le portate in ingresso al tratto disperdente e portate disperse in falda. Analogamente, la differenza tra i valori di portata misurata all'inizio di un tratto drenante e la portata misurata al termine del tratto, fornisce una stima della portata drenata dal corso d'acqua.

Queste curve di correlazione tra portate affluenti e disperse in falda o drenate dalla falda, disponibili per il sistema Leogra – Timonchio e per il t. Astico, sono state utilizzate assieme ai valori di portata affluente misurati (orari o giornalieri) per le stime mensili ed annuali degli scambi con la falda.

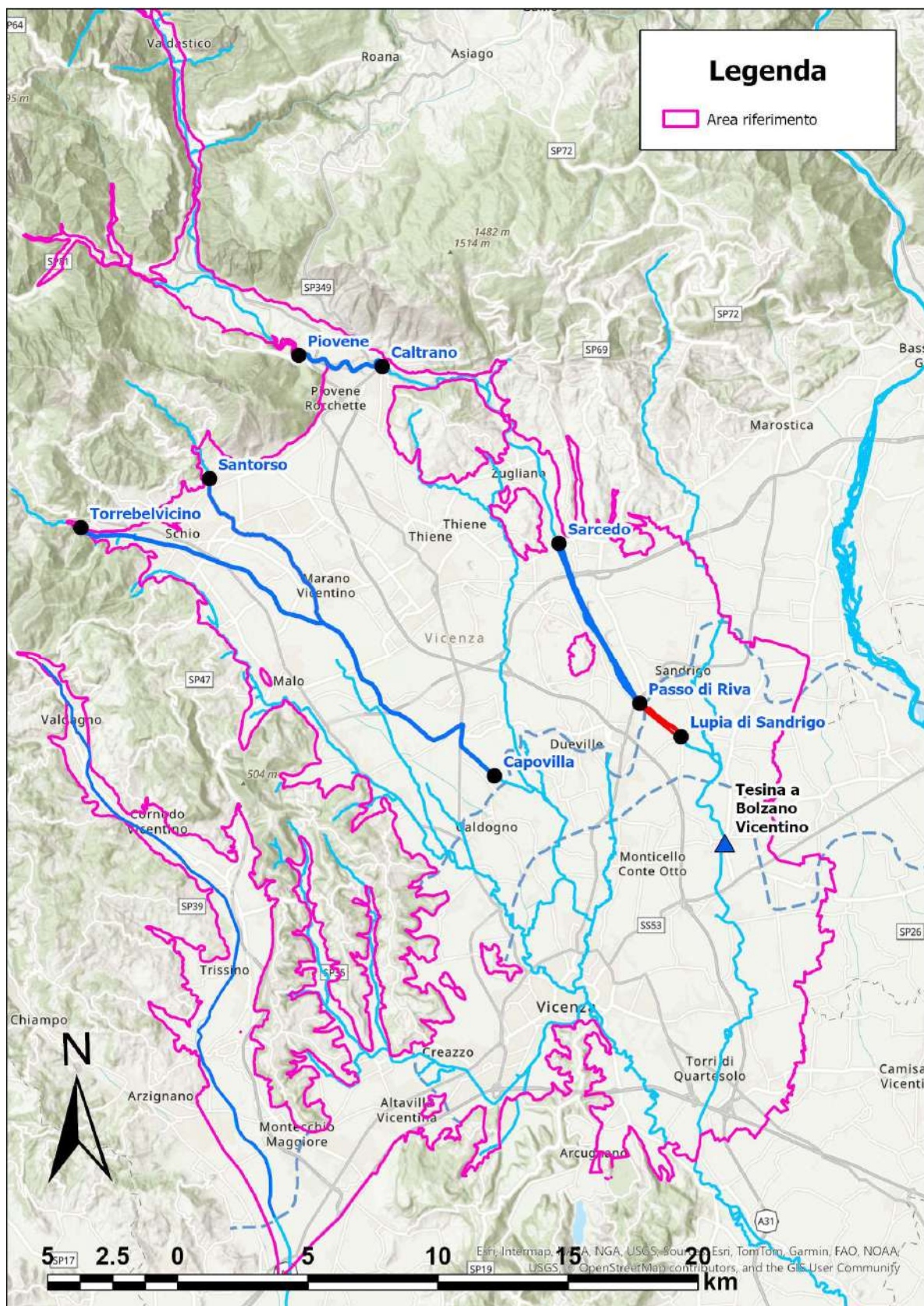


Figura 12. Corsi d'acqua che disperdono acqua in falda (t. Agno, sistema Leogra – Timonchio e t. Astico, in blu i tratti disperdenti, in rosso il tratto drenante dell'Astico) e idrometro sul Tesina a Bolzano Vicentino utilizzato per la stima delle portate transitanti nel sistema Astico – Tesina.

Nello specifico, le stime delle dispersioni mensili ed annuali del t. Astico sono state ricavate a partire dai valori registrati all'idrometro sul Tesina a Bolzano Vicentino, utilizzando il rapporto tra le aree dei bacini imbriferi afferenti (chiusi all'inizio dei tratti disperdenti) per stimare le portate all'inizio dei 2 tratti disperdenti. La curva di correlazione tra portate entranti e portate disperse fornita dalla bibliografia si riferisce al tratto Rocchette – Caltrano (figura 13), la curva di dispersione per il tratto Sarcedo – Passo di Riva è stata ricavata stimando la dispersione al km fornita dalla curva del tratto Rocchette – Caltrano. Le portate drenate sono state assunte costanti e pari a $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Analogamente, le stime delle portate disperse dal sistema Leogra - Timonchio, sono state ottenute a partire dai valori orari di portata sul t. Leogra a Torrebelvicino (dati forniti da AcegasApsAmga S.p.A.) opportunamente scalati per ottenere la stima delle portate complessive fluenti allo sbocco in pianura, ossia le portate del Leogra e del Timonchio. Utilizzando le curve bibliografiche che legano le portate fluenti all'inizio del tratto disperdente alle portate disperse lungo l'intero tratto si sono ottenute le stime mensili e annuali disperse in falda.

Infine, per la stima delle dispersioni dell'Agno, non essendo disponibili curve di dispersione analoghe a quelle utilizzate per gli altri due corsi d'acqua, si è utilizzato un coefficiente di dispersione medio pari a 100 l/s/km (ricavato dalle stime ottenute per l'Astico e il Leogra – Timonchio, dividendo le portate disperse per la lunghezza del tratto disperdente), che fornisce una portata media annua pari a $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (lunghezza tratto disperdente 25 km).

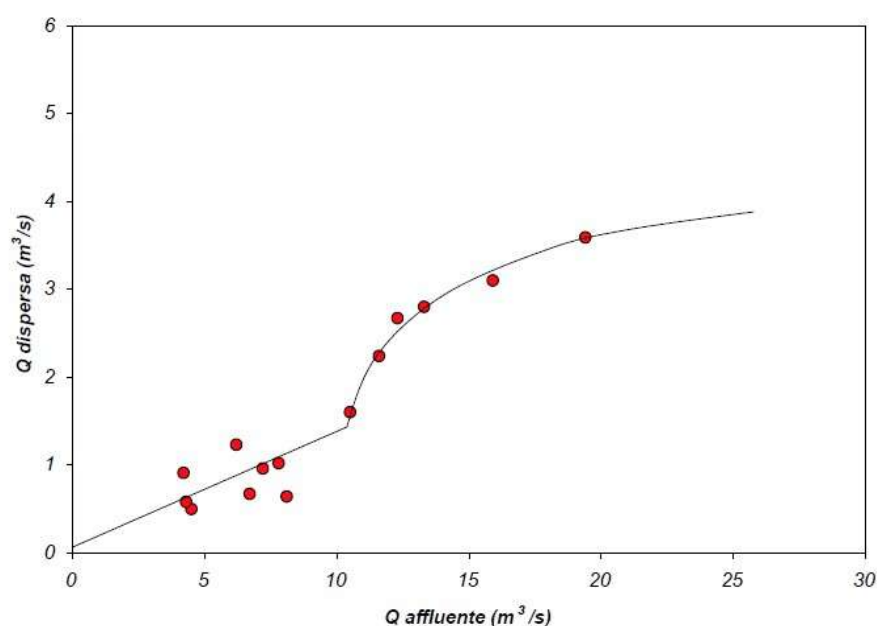


Figura 13. Correlazione tra portata affluente e portata dispersa nel tratto Piovane Rocchette – Caltrano (circa 4 km)

Tabella 5. Portate annue disperse dal t. Astico.

ANNO	Portate affluenti e disperse medie annue [m ³ /s]				
	Q Piovene Rocchette	Q dispersa 1° tratto	Sarcedo	Q dispersa 2° tratto	totale
2000	7.93	0.83	8.67	2.31	3.14
2001	4.81	0.73	5.26	2.17	2.90
2002	9.65	0.90	10.55	2.45	3.35
2003	2.22	0.26	2.43	1.09	1.35
2004	5.88	0.78	6.43	2.70	3.48
2005	3.15	0.39	3.44	1.78	2.16
2006	2.10	0.29	2.29	1.52	1.81
2007	1.27	0.14	1.39	0.48	0.61
2008	5.59	0.71	6.12	2.12	2.83
2009	7.88	1.01	8.61	2.80	3.81
2010	11.25	1.15	12.30	3.25	4.40
2011	4.24	0.50	4.64	1.85	2.35
2012	3.16	0.33	3.46	0.98	1.30
2013	7.80	0.98	8.52	2.75	3.73
2014	15.03	1.79	16.44	4.46	6.25
2015	2.12	0.30	2.31	1.46	1.76
2016	2.33	0.33	2.54	1.45	1.78
2017	0.27	0.04	0.30	0.15	0.18
2018	5.10	0.56	5.57	1.78	2.34
2019	7.57	0.87	8.28	2.04	2.92
2020	4.23	0.43	4.62	1.51	1.94
2021	3.79	0.51	4.14	1.92	2.44
2022	0.04	0.01	0.04	0.04	0.04
2023	1.72	0.16	1.88	0.43	0.59
2024	11.31	1.23	12.37	3.33	4.56
	media	0.61	media	1.87	2.48
	min	0.01	min	0.04	0.04
	max	1.79	max	4.46	6.25

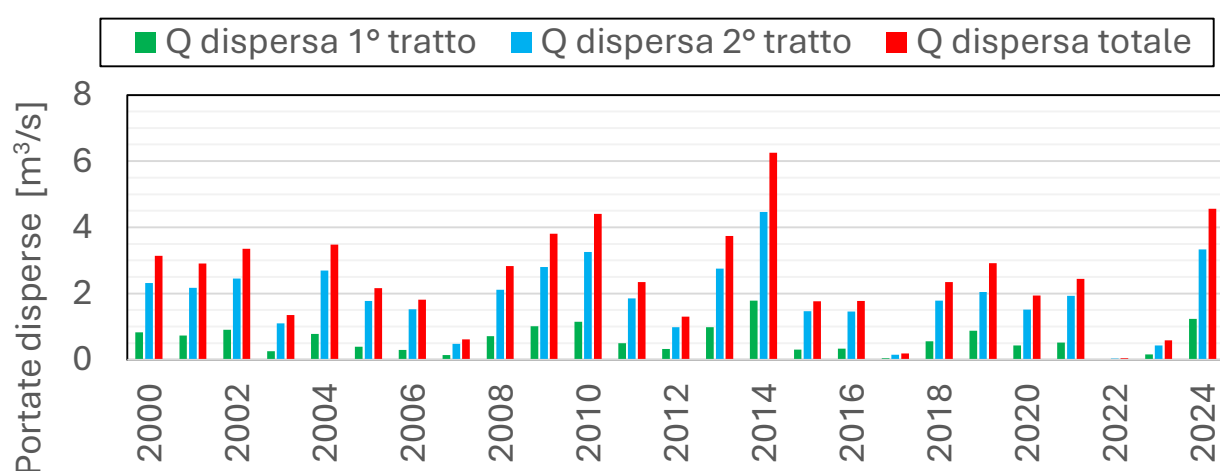


Figura 14. Portate annue disperse dal t. Astico.

Tabella 6. Portate annue disperse dal sistema Leogra – Timonchio.

Anno	Portate disperse [m³/s]
2000	3.44
2001	3.03
2002	4.03
2003	2.52
2004	3.11
2005	2.40
2006	2.49
2007	2.66
2008	2.88
2009	3.61
2010	4.39
2011	3.44
2012	2.88
2013	4.05
2014	4.39
2015	2.91
2016	3.35
2017	2.64
2018	3.77
2019	4.00
2020	3.96
2021	4.03
2022	3.51
2023	3.64
2024	4.58
media	3.43
min	2.40
max	4.58

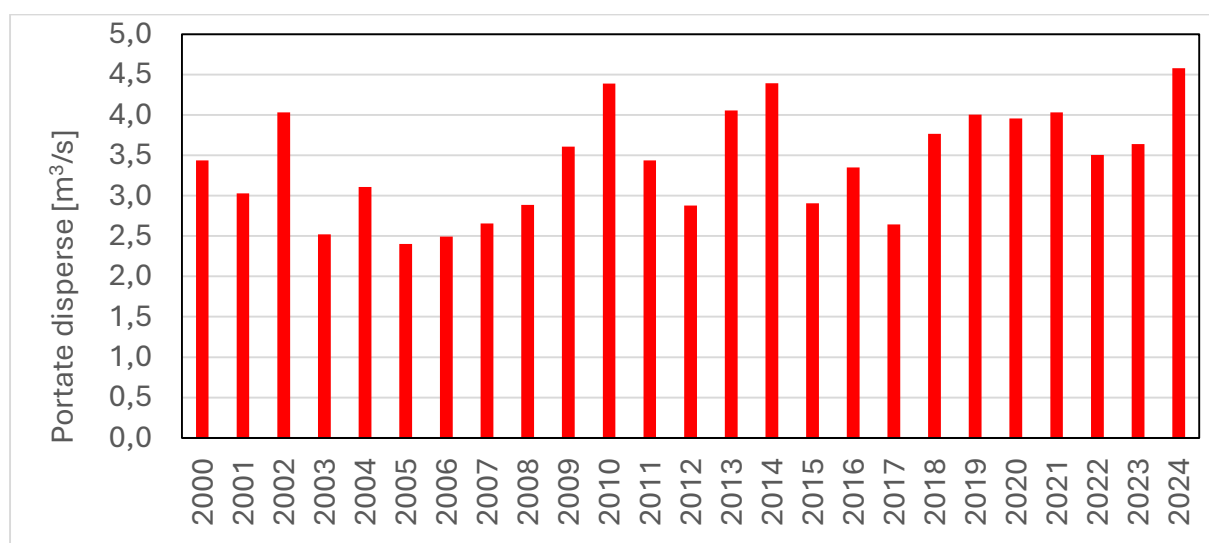


Figura 15. Portate annue disperse dal sistema Leogra – Timonchio.

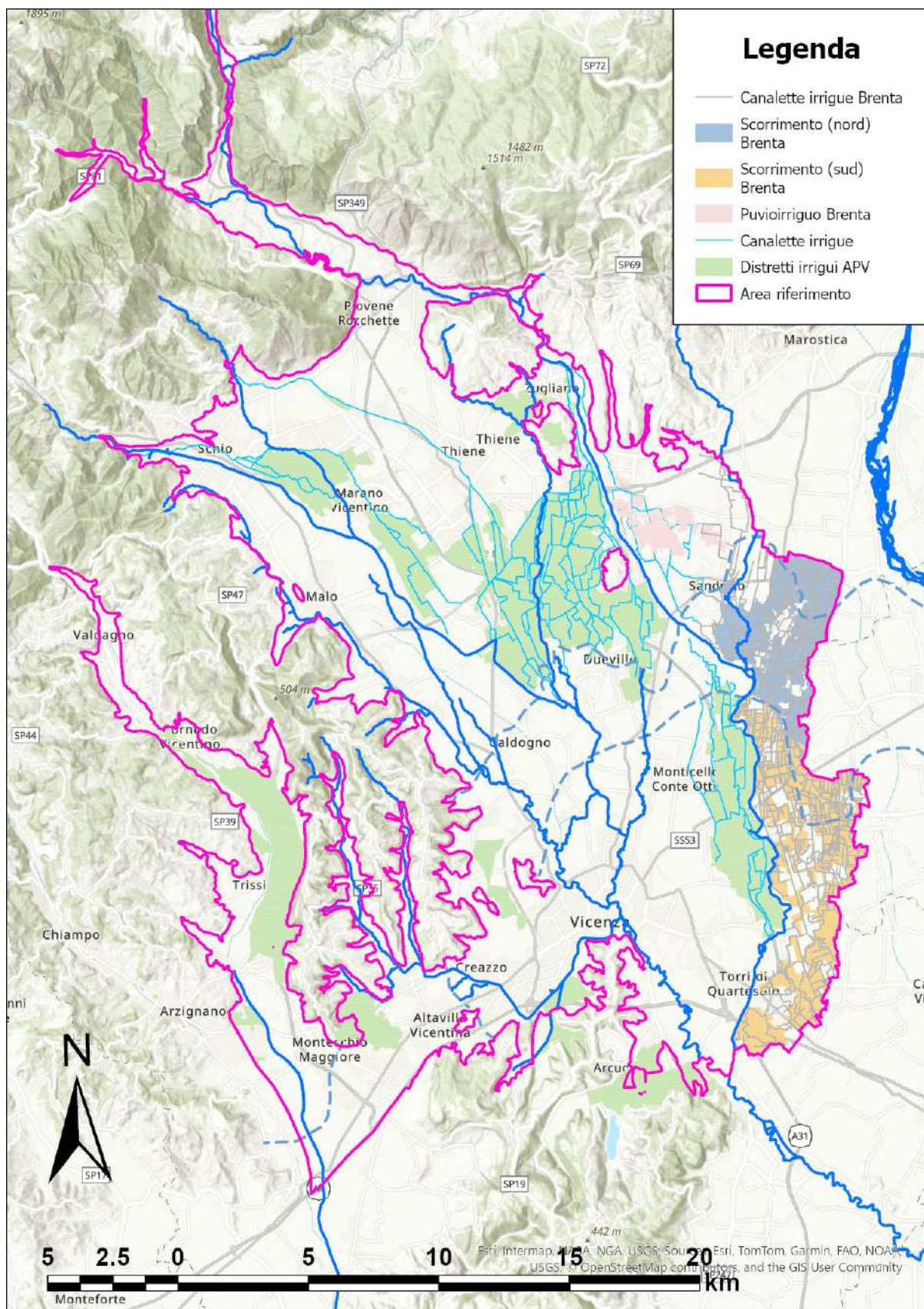
3.3 Dispersioni irrigue

I metodi utilizzati per l'irrigazione nei territori oggetto di studio si possono classificare in:

1. irrigazione a scorrimento, ottenuta facendo scorrere un velo liquido su tutta la superficie del terreno durante le adacquate,
2. irrigazione a pioggia o metodo pluvioirriguo, in cui l'acqua viene erogata sotto forma di pioggia artificiale realizzata da apparecchi detti irrigatori alimentati da condotte in pressione,
3. irrigazione a goccia, detta anche irrigazione localizzata o microirrigazione, che permette di somministrare l'acqua alle piante depositandola sulla superficie del terreno contigua alla pianta o direttamente alla zona della radice (si evidenzia che tale metodologia non è particolarmente diffusa nei territori oggetto di studio).

Il contributo alla ricarica della falda da parte delle aree irrigate è massimo nel caso di irrigazione a scorrimento, minimo con l'irrigazione con metodo pluvioirriguo, nullo con il metodo a goccia. Anche i canali irrigui presenti nelle aree irrigate a scorrimento contribuiscono alla ricarica della falda, qualora realizzati con fondo disperdente (canali non rivestiti).

Nella zona oggetto di studio sono presenti due sistemi irrigui che contribuiscono alla ricarica dell'acquifero indifferenziato (figura 16): il sistema irriguo dell'alta pianura vicentina (Consorzio Alta Pianura Veneta) e il sistema irriguo in destra Brenta (Consorzio Brenta). Il Consorzio Alta Pianura Veneta deriva l'acqua che utilizza per i territori dell'alta pianura vicentina dal torrente Astico, a Zugliano, attraverso il Canal Mordini (con portate derivate variabili tra 0,5 e 3,5 m³/s), dal t. Timonchio attraverso la Roggia Thiene a Santorso e dal t. Leogra a Schio attraverso la Roggia Schio-Marano. Le portate in gioco nei sistemi irrigui del Brenta sono ben più elevate rispetto a quelle del sistema irriguo dell'alto vicentino. Il sistema irriguo in destra Brenta è quasi interamente alimentato dalla derivazione sul Brenta a Bassano del Grappa che alimenta, in sinistra orografica, il Canal Medoaco con portate variabili tra 15 e 35 m³/s. Parte della portata del Canal Medoaco sottopassa il Brenta e va ad alimentare il sistema in destra Brenta tramite il Canale Unico e la Roggia Isacchina con complessivi 11 m³/s (portata media nel periodo, 12.7 m³/s se si considera solo il periodo irriguo).



I valori dai quali si è partiti per aggiornare le stime dei flussi dispersi in falda sono i dati, forniti dai Consorzi di Bonifica, della dotazione idrica relativa all'area servita con metodo pluvioirriguo (0.7 l/s/ha) e a quella servita dal metodo a scorrimento in alta pianura (2.1 l/s/ha). Il valore del flusso d'acqua disperso in falda dalle aree irrigate a scorrimento, stimato nelle relazioni precedenti e confermato dalla bibliografia (Dal Prà, Mazzola, & Niceforo, 1998) è stato assunto pari a 0.08 l/s/ha (media annua), pari a circa il 4 % della dotazione idrica (tabella 2.2).

Da queste informazioni, si è ricavata la stima del flusso d'acqua disperso in falda dalle aree irrigate con il metodo pluvioirriguo, pari a 0.026 l/s/ha (media annua), assunto sempre corrispondente a circa il 4 % della dotazione idrica (tabella 2.2).

Per quanto riguarda le aree irrigate a scorrimento nell'area di media pianura, le stime della dotazione idrica e del contributo alla falda sono state dimezzate rispetto ai valori dell'alta pianura alla luce della frequenza (dimezzata) dei turni irrigui (aree di alta pianura: turni irrigui di durata 7-8 giorni, aree di media pianura: turni irrigui di durata 12-14 giorni). Il rapporto tra la durata del periodo irriguo (4 mesi) e l'anno (12 mesi) ha fornito la stima dei coefficienti relativi al solo periodo irriguo.

Tabella 7. Dotazione idrica e dispersioni in falda da parte di aree irrigate – valori medi annui

Tipo irrigazione	Dotazione idrica (l/s/ha)	In falda (l/s/ha)
Scorrimento alta pianura	2.1	0.08
Scorrimento media pianura	1.05	0.04
Pluvioirriguo	0.7	0.026

Tabella 8. Dispersioni in falda da parte di aree irrigate – periodo irriguo

Tipo irrigazione	In falda (l/s/ha)
Scorrimento alta pianura	0.24
Scorrimento media pianura	0.12
Pluvioirriguo	0.08

A partire dalle estensioni delle superfici irrigate con le diverse tecnologie fornite dai Consorzi di Bonifica e Irrigazione (Consorzio Alta Pianura Veneta e Consorzio Brenta), si sono ricavate le portate disperse in falda da parte delle aree irrigate.

Tabella 9. Portate disperse in falda dalle aree irrigate: valori medi annui e valori nel periodo irriguo

	Superficie (ha)	In falda (l/s/ha)	Q _{dispersa} (m ³ /s)		In falda (l/s/ha)	Q _{dispersa} (m ³ /s)
Brenta scorrimento nord	1627	0.08	0.13		0.24	0.39
Brenta scorrimento sud	2366	0.04	0.09		0.12	0.28
Brenta pluvioirriguo	429	0.026	0.01		0.08	0.03
APV scorrimento nord	718	0.08	0.06		0.24	0.17
APV scorrimento sud	392	0.04	0.02		0.12	0.05
APV pluvioirriguo	2550	0.026	0.07		0.08	0.20
		TOTALE	0.38		TOTALE	1.13
		MEDIA ANNUA	MEDIA ANNUA		MESI IRRIGUI	MESI IRRIGUI

Analogamente, a partire dalla stima della dispersione dei canali di irrigazione non rivestiti, pari a 8 l/s/km nell'alta pianura veneta, e dall'estensione lineare della rete di tali manufatti si è ottenuta la stima del contributo alla ricarica della falda da parte di questi.

Relativamente al consorzio Brenta, i canali irrigui, attivi mediamente 4 mesi all'anno, sono classificati in: 1) principali, 2) secondari, 3) terziari e 4) minori. Durante il mese di marzo tutti i canali vengono lasciati senza acqua per permetterne la pulizia (asciutta annuale). Solo il 30 % dei canali è rivestito. Durante l'inverno solo i canali principali e secondari convogliano portata (e conseguentemente disperdono in falda parte dell'acqua fluente), mentre in estate sono attivi tutti i canali (principali, secondari, terziari e minori) ma i minori hanno acqua mediamente una volta ogni 7 giorni nell'area di alta pianura (a nord della statale Vicenza - Cittadella), e una volta ogni 14 giorni nell'area di media pianura. Relativamente al consorzio Alta Media Pianura, l'asciutta dei canali e la pulizia viene effettuata ogni 5 anni. I canali rivestiti sono solo il 10 %. Tutti i canali vengono mantenuti attivi sia in estate che in inverno. In sintesi, per stimare le portate disperse da parte dell'irrigazione nel caso del Consorzio Brenta si assume questo schema annuale: 7 mesi non irrigui, 4 mesi irrigui, 1 mese asciutta (marzo); nel caso del Consorzio Alta Pianura Veneta si assume questo schema: 8 mesi non irrigui, 4 mesi irrigui.

Tabella 10. Canali irrigui.

	% disperdenti	Canali 1° e 2° (km)	Canali 3° (km)	Canali minori (km)
Brenta scorrimento nord	70	94	15	53
Brenta scorrimento sud	70	124	13	91
APV scorrimento nord	90	210	0	0
APV scorrimento sud	90	50	0	0

Tabella 11. Portate disperse in falda dalle canalette di irrigazione: valori medi annui, valori nel periodo non irriguo e valori periodo irriguo

	l/s/km	Q (m³/s)	Q (m³/s)	Q (m³/s)
Brenta scorrimento nord	8	0.52	0.53	0.65
Brenta scorrimento sud	4	0.34	0.35	0.40
APV scorrimento nord	8	1.51	1.51	1.51
APV scorrimento sud	4	0.18	0.18	0.18
	TOT	2.55	2.57	2.74
		MEDIA ANNUA	NON IRRIGUO	IRRIGUO

Tabella 12. Portate mensili disperse in falda (marzo mese d'asciutta per il consorzio Brenta)

mese	Q (m³/s) aree	Q (m³/s) canalette	Q (m³/s) totale
gennaio	0	2.57	2.57
febbraio	0	2.57	2.57
marzo	0	1.69	1.69
aprile	0	2.57	2.57
maggio	1.13	2.74	3.87
giugno	1.13	2.74	3.87
luglio	1.13	2.74	3.87
agosto	1.13	2.74	3.87
settembre	0	2.57	2.57
ottobre	0	2.57	2.57
novembre	0	2.57	2.57
dicembre	0	2.57	2.57
media ANNUA	0.38	2.55	2.93

3.4 Prelievi ad uso acquedottistico e ad uso irriguo

Ai gestori del servizio idrico integrato che attingono acqua dagli acquiferi ricadenti nell'area oggetto di studio per immetterla nella rete di distribuzione sono state richieste le informazioni relative ai volumi annui prelevati. Le variazioni annue delle portate attinte sono trascurabili rispetto alla variabilità degli altri termini di bilancio, pertanto, i valori di portata stimati vengono assunti costanti all'interno dell'intero periodo temporale (2000 – 2024).



Cofinanziato
dall'Unione europea

Tabella 13. Pozzi del Gestore Acegas Aps Amga – portate medie prelevate

NOME	COMUNE	CENTRALE	Q (l/s)
Profondo1	Villaverla	canaletta	82.94
Profondo2	Villaverla	canaletta	83.50
Profondo3	Villaverla	canaletta	83.08
SORGENTI	Villaverla	canaletta	71.91
Sega	Dueville	canaletta	40.68
Paoletti	Dueville	canaletta	22.24
Cogo	Dueville	canaletta	10.18
Vergani	Dueville	canaletta	19.50
Marconi	Dueville	canaletta	36.68
4A	Vicenza	canaletta	0.00
dirE_20	Monticello Conte Otto	DN900	39.19
dirE_21	Monticello Conte Otto	DN900	41.15
dirE_22	Monticello Conte Otto	DN900	48.00
dirE_9	Monticello Conte Otto	DN900	88.17
dirA_1	Monticello Conte Otto	DN900	19.59
dirA_3	Monticello Conte Otto	DN900	11.95
dirB_7	Monticello Conte Otto	DN900	23.51
dir_princ_5	Monticello Conte Otto	DN900	29.39
dir_princ_11	Monticello Conte Otto	DN900	11.95
dir_princ_18	Monticello Conte Otto	DN900	0.00
dirC_12	Caldogno	DN900	96.01
dirC_13	Caldogno	DN900	92.48
dirC_14	Vicenza	DN900	87.19
dirC_15	Vicenza	DN900	41.54
dirC_16	Vicenza	DN900	24.00
dirC_17	Monticello Conte Otto	DN900	43.79
dirD_19	Vicenza	DN900	26.45
dirD_1A	Vicenza	DN900	24.49
dirD_2A	Vicenza	DN900	22.83
dirD_3A	Vicenza	DN900	22.53
dirD_5A	Vicenza	DN900	27.43
TOTALE			1272.35

Tabella 14. Pozzi del Gestore Acque del Chiampo – portate medie prelevate

NOME	Q (l/s)
Altura 1	27.5
Altura 2 bis	27.5
Altura 3	27.5
Altura 4	27.5
Altura 5	27.5
Canove N1	21.6
Canove N2	21.6
Canove N3	21.6
Canove N4	21.6
Longa 1	11.2
Longa 2	11.2
Longa 3	11.2
Natta	40.0
Cal de Guà	0.0
Roggia N1	7.5
Roggia N2	7.5
TOTALE	312.6

Tabella 15. Pozzi del Viacqua – portate medie prelevate

COMUNE	IMPIANTO	NOME	Q (l/s)
Arsiero	Castana	Pozzi Castana pompa P3	53.33
Arsiero	Castana	Pozzi Castana pompa P4	30.95
Arsiero	Castana	Pozzi Castana pompa P5S	4.66
Arsiero	Castana	Pozzi Castana pompa PS3	56.88
Arsiero	Castana	Pozzi Castana pompa PS4	84.80
Arsiero	Castana	Pozzi Scalini pompa PS1	0.19
Arsiero	Castana	Pozzi Scalini pompa PS2	0.10
Arsiero	Cise	Pozzo Cise	35.85
BRESSANVIDO	San Benedetto	pozzo P1D (vecchio)	0.00
BRESSANVIDO	San Benedetto	pozzo P2S (nuovo)	13.56
BRESSANVIDO	San Rocco	S.Rocco	5.07
CALDOGNO	Molinetto	Molinetto	17.88
Calvene	Pralunghi	Pozzo Pralunghi	0.75
Cogollo del Cengio	Rutello	Pozzo Rutello grande	3.31
Cogollo del Cengio	Rutello	Pozzo Rutello piccolo	0.01
COSTABISSARA	Montegrappa	pozzo P1F	4.17
COSTABISSARA	Montegrappa	pozzo P2R	13.57
Fara Vicentino	Vanzi	Pozzi Vanzi per Fara	4.39
Fara Vicentino	Vanzi	Pozzi Vanzi per Breganze	17.54
Lugo di Vicenza	Asteghetto	Pozzo 2	0.98
Lugo di Vicenza	Asteghetto	Pozzo 1	1.21
Lugo di Vicenza	Campagnola	Pozzi Campagnola nuovo	5.20
Lugo di Vicenza	Campagnola	Pozzi Campagnola vecchio	5.36
Lugo di Vicenza	Graziani	Pozzo Graziani	0.45
Lugo di Vicenza	Molan	Pozzo Molan	0.38
Malo	Colleoni	Pozzo Colleoni	0.41
Malo	Molinetta	Pozzi Molinetta	13.27
SANDRIGO	Capitello	pozzo 1	8.49
SANDRIGO	Capitello	pozzo 2	8.85
Sarcedo	Camerine	Pozzo Camerine	0.95
Thiene	Ferrarin	Pozzo Ferrarin	0.24
Torrebelvicino	Maglio	Pozzi Maglio per Falgare	3.34
Torrebelvicino	Maglio	Pozzi Maglio per Magrè	1.40
Valdastico	Cerati	Pozzo Cerati	0.03
VICENZA	Abbadia Polesse	Pozzo1+5+5bis	50.57
VICENZA	Abbadia Polesse	Pozzo3	76.65
VICENZA	Abbadia Polesse	Pozzo4	52.56
VICENZA	Abbadia Polesse	Pozzo6	88.63
VICENZA	Bedin	Porto Godi	46.95
VICENZA	Bedin	Pozzo 1	27.59
VICENZA	Bedin	Pozzo 4	12.05
VICENZA	Bedin	Pozzo 3	24.16
VICENZA	Bedin	Pozzo 5	7.17
VICENZA	Bertesinella	pozzo 1 Bertesinella	101.09
VICENZA	Bertesinella	pozzo 2 Quintarello	8.92
VICENZA	Lago di Como	pozzo 2	75.15
VICENZA	Lago di Como	pozzo 1	82.98
VICENZA	Moracchino	Pozzo 29	
VICENZA	Moracchino	Pozzo 30	
VICENZA	Moracchino	Pozzo 31	
VICENZA	Moracchino	Pozzo 32	
VICENZA	Moracchino	Pozzo 33	
VICENZA	Moracchino	Pozzo 34	
		Moracchino totale	268.47
VICENZA	Viale Trento	pozzo 1	6.04
VICENZA	Viale Trento	pozzo 2	8.37
		TOTALE	1334.94

Tabella 16 Pozzi di soccorso irrigui – portate medie annue prelevate

Nome	Consorzio	Giorni attività (media 2013-2022)	Volume prelevato annuo (m ³)	Q media annua (l/s)
Pozzo S. Rocco (Pillon)	APV	30	212'544.00	6.74
Pozzo Lovara - Montecchio	APV	88	56'263.68	1.78
Pozzo Spagnago 1	APV	21	148'780.80	4.72
Pozzo S. Anna	APV	26	89'856.00	2.85
Pozzo Calcara	APV	1	3'196.80	0.10
Pozzo Ca' Molle	APV	2	5'356.80	0.17
Pozzo Rozzampia	APV	13	41'558.40	1.32
Pozzo Lupiola	APV	50	116'640.00	3.70
ANCIGNANO	Brenta	75	1'134'000.00	35.96
BRESSANVIDO	Brenta	75	1'134'000.00	35.96
CA'_ALTA	Brenta	75	680'400.00	21.58
CUMANA	Brenta	75	1'134'000.00	35.96
LANZE'	Brenta	75	453'600.00	14.38
LIROSA	Brenta	75	489'888.00	15.53
MEZZALIRA	Brenta	75	1'134'000.00	35.96
TERGOLA	Brenta	75	907'200.00	28.77
TESINA	Brenta	75	1'134'000.00	35.96
TURCA	Brenta	75	907'200.00	28.77
VALLAZZA	Brenta	75	1'134'000.00	35.96
			TOTALE	346.16

3.5 Prelievi privati

La facilità di approvvigionamento, la qualità dell'acqua attinta, i bassi costi della risorsa idrica e le carenze del servizio acquedottistico comportano che nel settore produttivo i prelievi autonomi (prelievi privati ad uso industriale) da acque superficiali e da pozzi rappresentino buona parte dell'acqua complessivamente utilizzata. Inoltre, la grande facilità di reperimento di acqua nel sottosuolo, soprattutto nei comuni ubicati immediatamente a valle della fascia dei fontanili, ha favorito lo sfruttamento ad uso domestico potabile delle acque sotterranee prelevate da falde in pressione ad erogazione spontanea. Tale circostanza è causa ed effetto della totale assenza, in alcuni comuni, di acquedotti pubblici (Dueville e Pozzoleone nella provincia di Vicenza) o del loro parziale sviluppo (Schiavon, Bressanvido, Bolzano Vicentino). Data la difficoltà di acquisire dati certi, il numero di pozzi artesiani privati che si alimentano dagli acquiferi in pressione può essere solo stimato. Il valore del prelievo è stato ricavato dagli studi pregressi condotti dagli scriventi che a loro volta si basavano:

1. sul censimento degli anni 1997-1998 condotto dal Centro Idrico di Novoledo in undici comuni in provincia di Vicenza (Bolzano Vicentino, Bressanvido, Caldogno, Costabissara, Dueville, Monticello Conte Otto, Quinto Vicentino, Sandrigo, Torri di Quartesolo, Villaverla, e nelle porzioni più settentrionali della città di Vicenza),
2. sulla banca dati del genio Civile di Vicenza,
3. sulla banca dati della Regione del Veneto,
4. sui dati raccolti dallo studio Giada (valle del Chiampo Agno – Guà).

Nel corso del presente studio, il valore di portata emunta dalla porzione di area comunale ricadente all'interno dell'area oggetto di studio è stato ricavato dalle stime relative all'intero comune ottenute dai censimenti e dalla percentuale di area comunale compresa nel territorio oggetto di studio. Nonostante la grande incertezza relativa a questo termine di bilancio, le stime ottenute appaiono, seppur consistenti rispetto al prelievo ad uso acquedottistico, cautelative rispetto alla finalità, degli studi pregressi e in corso, di promuovere un uso consapevole e sostenibile della risorsa idrica.



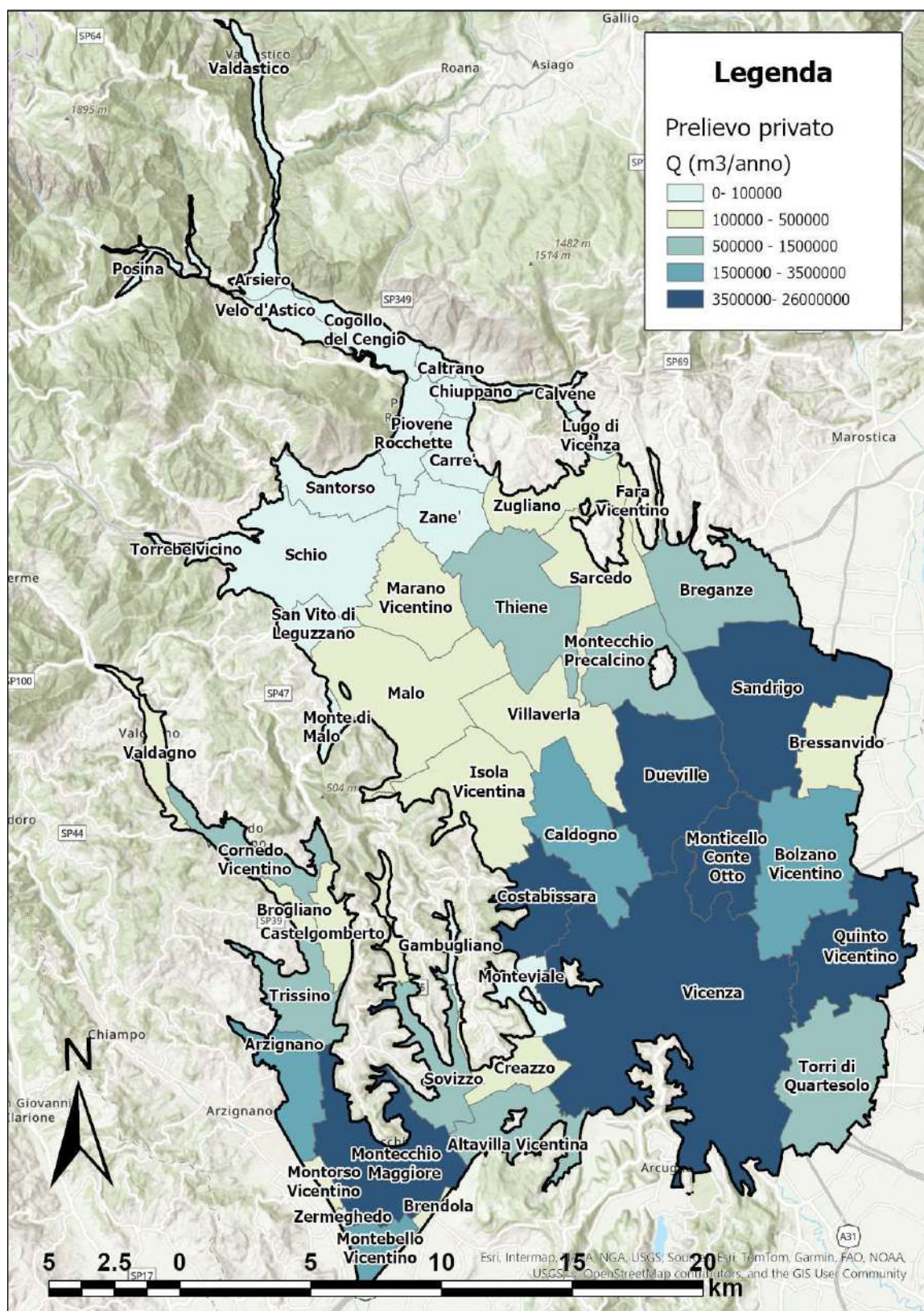


Tabella 17. Volumi prelevati da pozzi privati nelle aree dei comuni interni all'area oggetto di studio.

Comune	Sup (ha)	Sup (ha) interna	%	Q totale (m3/anno)	Q (m3/anno)
Altavilla Vicentina	1664	923	0.55	2'152'668	1'194'363
Arsiero	4119	384	0.09	0	0
Arzignano	3427	834	0.24	13'513'176	3'287'830
Bolzano Vicentino	1995	1995	1.00	1'710'301	1'710'304
Breganze	2175	1686	0.78	739'000	572'995
Brendola	2554	72	0.03	5'408'424	152'964
Bressanvido	859	859	1.00	280'356	280'355
Brogliano	1222	188	0.15	2'000'000	307'224
Caldogno	1591	1591	1.00	1'666'287	1'666'283
Caltrano	2266	255	0.11	0	0
Calvene	1155	93	0.08	0	0
Carre'	873	469	0.54	0	0
Castelgomberto	1737	692	0.40	362'664	144'505
Chiuppano	469	232	0.49	0	0
Cogollo del Cengio	3619	592	0.16	0	0
Cornedo Vicentino	2355	745	0.32	1'772'323	560'707
Costabissara	1318	983	0.75	5'729'505	4'272'613
Creazzo	1056	551	0.52	841'690	439'490
Dueville	2010	2010	1.00	4'437'020	4'437'013
Fara Vicentino	1518	234	0.15	1'270'000	195'483
Gambugliano	787	104	0.13	0	0
Isola Vicentina	2648	1609	0.61	540'930	328'634
Lugo di Vicenza	1461	95	0.07	0	0
Malo	3051	2449	0.80	450'410	361'540
Marano Vicentino	1269	1269	1.00	290'000	290'000
Montebello Vicentino	2148	414	0.19	12'106'355	2'335'295
Montecchio Maggiore	3076	2022	0.66	8'262'432	5'430'819
Montecchio Precalcino	1431	1319	0.92	1'205'960	1'111'409
Monte di Malo	2376	140	0.06	0	0
Monteviale	837	430	0.51	6'570	3'376
Monticello Conte Otto	1018	1018	1.00	10'564'560	10'564'555
Montorso Vicentino	918	119	0.13	3'311'280	427'551
Piovene Rocchette	1294	631	0.49	0	0
Posina	4338	57	0.01	0	0
Quinto Vicentino	1742	1742	1.00	4'400'896	4'400'897
Sandrigio	2794	2794	1.00	4'240'570	4'240'577
Santorso	1323	777	0.59	0	0
San Vito di Leguzzano	612	354	0.58	0	0
Sarcedo	1387	1112	0.80	530'710	425'352
Schio	6621	2131	0.32	0	0
Sovizzo	1570	825	0.53	2'000'000	1'051'002
Thiene	1975	1975	1.00	1'301'590	1'301'593
Torrebelvicino	2097	101	0.05	0	0
Torri di Quartesolo	1868	1868	1.00	725'869	725'868
Trissino	2193	815	0.37	2'683'714	997'103
Valdagno	5029	420	0.08	2'018'304	168'633
Valdastico	2384	275	0.12	0	0
Velo d'Astico	2209	405	0.18	0	0
Vicenza	8052	7472	0.93	27'783'216	25'781'023
Villaverla	1575	1575	1.00	270'100	270'099
Zane'	766	766	1.00	81'030	81'031
Zermeghedo	296	33	0.11	2'239'056	248'247
Zugliano	1377	871	0.63	251'120	158'874
				m ³	127'148'086
				m ³ /s	4.03
					79'925'604
					2.53

Deflussi di risorgiva

Le risorgive possono essere considerate come il troppo pieno del sistema idrogeologico generale: il loro regime è strettamente connesso al livello del serbatoio sotterraneo.

Alcune relazioni ricavate da studi precedenti condotti negli anni 1976-1983 (Sottani et al., 1982), hanno consentito la stima delle portate complessive dei fontanili presenti nel sub



bacino dell'Astico (tra il Retrone e il Tesinella) e nel sub bacino Brenta (tra il Tesina e il Brenta). Le portate vengono stimate a partire dalla quota freaticometrica del pozzo 27 di Caldogno (monitorato da Aps Acegas Aps) per il sub bacino Astico e dalla quota freaticometrica del pozzo 8 di Bressanvido (monitorato da Arpav) per il sub bacino Brenta a partire dall'anno 2007; per gli anni precedenti, per stimare la quota della falda a Bressanvido si sono utilizzate le quote relative al pozzo 43 di Pozzoleone, distante circa 3 km. Le relazioni sono state individuate correlando le quote piezometriche alle portate ottenute per differenza tra le misure fatte nelle sezioni dei corsi d'acqua originati dalle risorgive e in quelle realizzate in sezioni a monte dei fontanili, in modo da depurare la portata dal contributo di immissioni estranee, non derivanti da deflusso di risorgiva. Grazie al dettaglio dei dati raccolti, è stato possibile dividere in 4 aree il bacino dell'Astico e in 5 aree quello del Brenta e per ognuna di esse si è potuta assegnare una portata diversa aumentando la precisione della distribuzione spaziale. Delle 5 aree in cui è stato suddiviso il sub bacino del Brenta, solo 2 si trovano all'interno dell'area d'interesse.

Tabella 18. Deflussi di risorgiva medi annui.

Q [m³/s]	Q sub bacino Astico	Astico1	Astico2	Astico3	Astico4	Q sub bacino Brenta	Brenta1	Brenta2	Area LIFE
2000	16.13	4.18	5.71	4.77	1.48	4.64	1.74	1.22	19.10
2001	5.62	1.46	1.99	1.66	0.51	5.25	1.97	1.38	8.97
2002	15.27	3.96	5.40	4.51	1.40	4.20	1.58	1.11	17.95
2003	4.87	1.26	1.72	1.44	0.45	2.70	1.01	0.71	6.59
2004	8.79	2.28	3.11	2.60	0.80	4.57	1.71	1.20	11.71
2005	11.36	2.94	4.02	3.36	1.04	3.41	1.28	0.90	13.54
2006	5.79	1.50	2.05	1.71	0.53	3.10	1.16	0.82	7.77
2007	6.67	1.73	2.36	1.97	0.61	2.57	0.97	0.68	8.31
2008	14.85	3.85	5.25	4.39	1.36	3.73	1.40	0.98	17.23
2009	9.47	2.45	3.35	2.80	0.87	6.97	2.62	1.84	13.92
2010	24.43	6.33	8.64	7.22	2.24	6.92	2.60	1.82	28.86
2011	8.23	2.13	2.91	2.43	0.75	6.07	2.28	1.60	12.11
2012	11.13	2.88	3.94	3.29	1.02	2.35	0.88	0.62	12.63
2013	9.57	2.48	3.39	2.83	0.88	7.31	2.74	1.93	14.24
2014	17.62	4.57	6.23	5.21	1.61	7.20	2.70	1.90	22.21
2015	7.13	1.85	2.52	2.11	0.65	4.45	1.67	1.17	9.97
2016	6.64	1.72	2.35	1.96	0.61	3.89	1.46	1.03	9.13
2017	4.81	1.25	1.70	1.42	0.44	2.14	0.80	0.57	6.18
2018	8.91	2.31	3.15	2.63	0.82	3.94	1.48	1.04	11.43
2019	12.98	3.36	4.59	3.84	1.19	5.00	1.88	1.32	16.17
2020	12.10	3.14	4.28	3.57	1.11	4.90	1.84	1.29	15.23
2021	7.20	1.87	2.55	2.13	0.66	5.10	1.92	1.35	10.46
2022	4.73	1.23	1.67	1.40	0.43	1.73	0.65	0.46	5.84
2023	8.08	2.09	2.86	2.39	0.74	3.05	1.14	0.80	10.03
2024	13.73	3.56	4.86	4.06	1.26	6.33	2.37	1.67	17.77
media	10.24					4.46			13.09
minima	4.73					1.73			5.84
massima	24.43					7.31			28.86

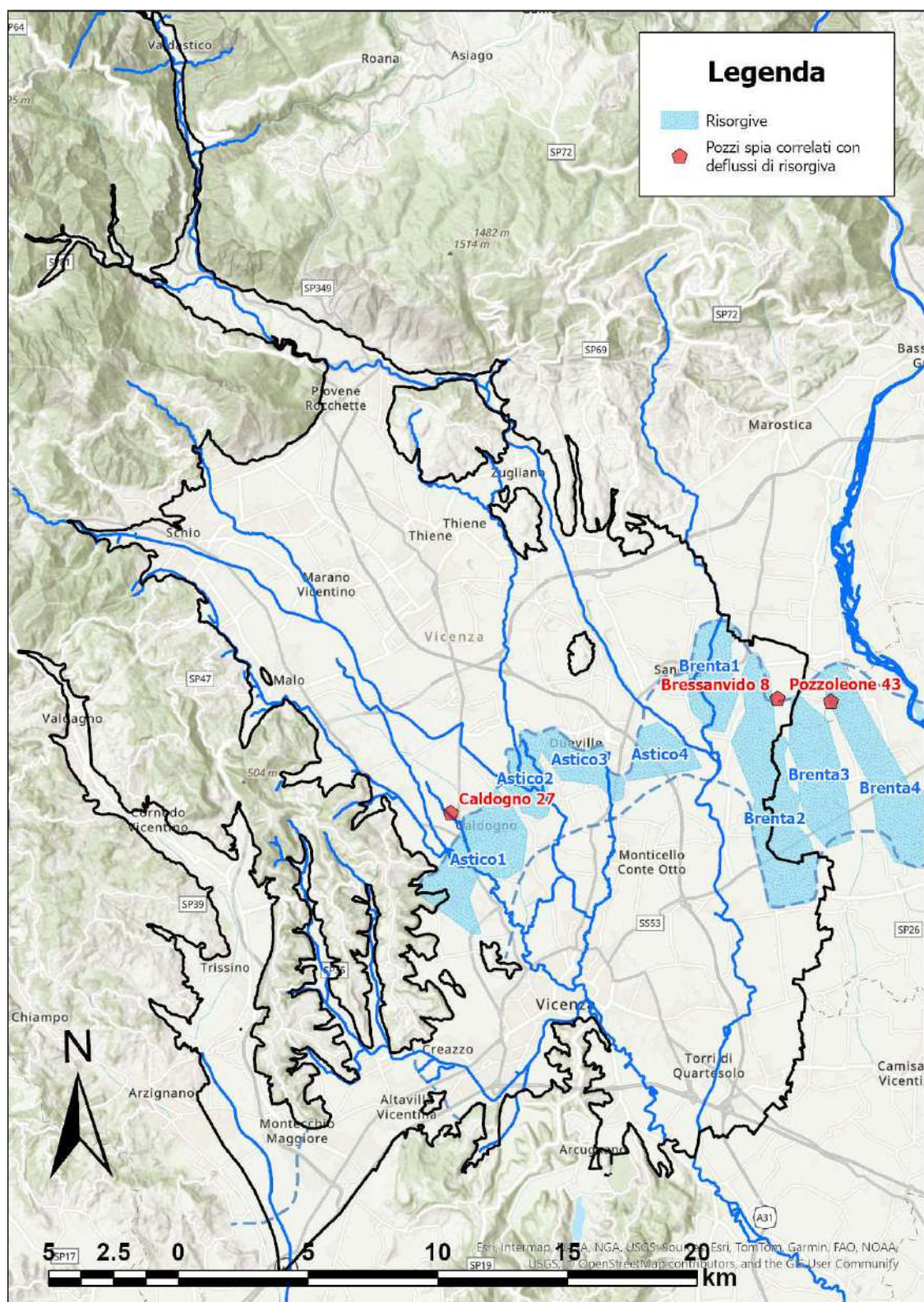


Figura 19. Aree con presenza di risorgive e pozzi spia (quota del pozzo correlata con deflussi di risorgiva)

4. Analisi del bilancio

Si riportano nella tabella seguente le stime di tutti i flussi entranti ed uscenti dall'area di riferimento, per un confronto agevole. In azzurro si evidenziano le portate entranti (medie annue) e in arancione le portate uscenti (medie annue). Si sottolinea che le stime del contributo delle precipitazioni, dei deflussi da risorgiva e delle dispersioni dei fiumi sono state ottenute con dettaglio mensile. Il contributo dell'irrigazione, per essendo disponibile con dettaglio mensile, non coglie la variabilità annuale e si ripete uguale di anno in anno. I prelievi per gli usi domestici e industriali, pubblici o privati che siano, si assumono costanti nel tempo.

La figura 20 riporta per ogni anno i flussi entranti e i flussi uscenti, evidenziando la grande variabilità dei flussi in gioco, dovuta principalmente agli apporti meteorici e ai deflussi di risorgiva.

PORTATE IN INGRESSO

	min (mm)	max (mm)	media (mm)	area (km ²)
Precipitazione (43% di Ptot)	375	920	567	
	min (m ³ /anno)	max (m ³ /anno)	media (m ³ /anno)	
	200'250'000	491'280'000	302'778'000	
	min (m ³ /s)	max (m ³ /s)	media (m ³ /s)	
	6.35	15.58	9.60	
	media annua	mesi irrigui	mesi non irrigui	lunghezza m ³ /s/km
Irrigazione (aree)	0.38	1.13	0	
Irrigazione (canalette)	2.55	2.74	2.57	
	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	
irrigazione (totale)	2.93	3.87	2.57	
	min	max	media	lunghezza m ³ /s/km
Fiumi: Astico	0.04	6.25	2.48	
Fiumi: Leogra-Timonchio	2.4	4.58	3.43	
Fiumi: Agno-Guà	2.5	2.5	2.5	
	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	
Fiumi: Astico drenaggio	-0.5	-0.5	-0.5	
	4.44	12.83	7.91	

PORTATE IN USCITA

	min	max	media
Risorgive	5.84	28.86	13.09
	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)

Pozzi acquedotto	(m ³ /s)	(m ³ /anno)
APS	1.27	40'050'720.00
VIACQUA	1.33	41'942'880.00
AdC	0.31	9'776'160.00
Sorgenti	0.58	18'290'880.00
Pozzi irrigui	0.35	11'037'600.00
Pozzo privati	2.53	79'786'080.00

Le portate entranti variano tra i 14 e i 31 m³/s, le portate uscenti tra i 12 e i 35 m³/s.
I prelievi (stimati in 5.8 m³/s, assunti costanti) variano tra il 20 e il 40 % degli input, in funzione degli apporti annui.

ANNO MEDIO	
INPUT totale	OUTPUT totale
20.44	18.88
(m ³ /s)	(m ³ /s)

ANNO SICCIOSO	
INPUT totale	OUTPUT totale
13.72	11.63
(m ³ /s)	(m ³ /s)

ANNO PIOVOSO	
INPUT totale	OUTPUT totale
31.34	34.65
(m ³ /s)	(m ³ /s)

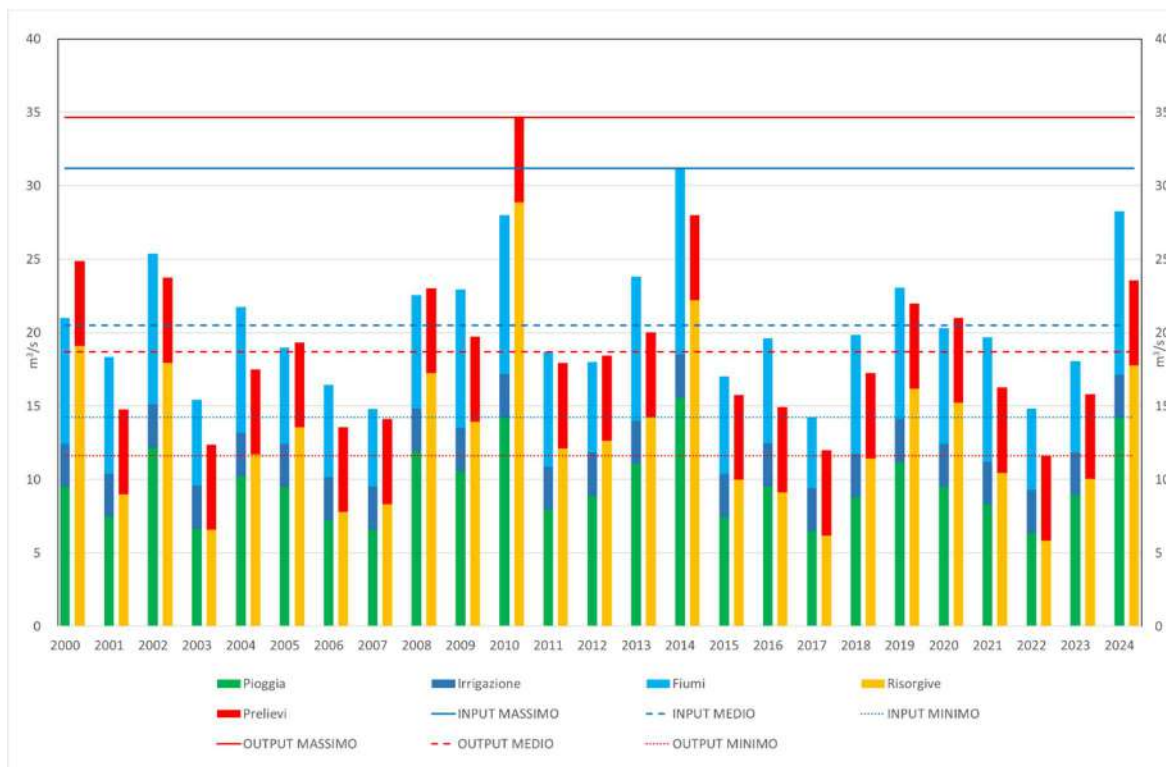


Figura 20. Bilancio annuale (per ogni anno, nella prima colonna gli INPUT, nella seconda colonna gli OUTPUT)

Ipotesi di ottimizzazione

L'obiettivo di "riequilibrare il bilancio", ossia di ridurre l'impatto dei prelievi sulla disponibilità idrica sotterranea, può essere realizzato attraverso diverse pratiche, quali interventi di ricarica (tramite pozzi bevitori, trincee disperdenti, aree forestali di infiltrazione, bacini di accumulo disperdenti, canalette irrigue, parcheggi, giardini e pavimentazioni disperdenti) o di risparmio (ad esempio, chiusura di pozzi ad efflusso libero e riduzione delle portate prelevate). Particolare attenzione deve essere rivolta alla qualità dell'acqua da infiltrare, che dovrà rispondere a specifici standard qualitativi, e all'origine dell'acqua: risulta superfluo, ovviamente, realizzare opere che utilizzino acqua che andrebbe comunque in falda. Occorre invece intercettare l'acqua che attualmente fluisce verso il mare, come l'acqua delle morbide e delle piene, opportunamente derivata; o l'acqua piovana intercettata dalle superfici impermeabili (quali piazzali e tetti delle zone industriali) che, opportunamente trattata, potrebbe essere stoccata e successivamente infiltrata, andando anche ad alleggerire il carico al depuratore.

Con l'obiettivo di voler ottimizzare l'utilizzo della risorsa idrica attraverso interventi di risparmio, riutilizzo, accumulo e infiltrazione in modo che il prelievo rappresenti al massimo il 20% degli apporti (ingresso agli acquiferi dell'area oggetto di studio), si stima per l'anno medio un obiettivo di risparmio pari a $1.7 \text{ m}^3/\text{s}$, corrispondenti a circa 54 milioni di m^3 (nel caso di anno siccitosi, l'obiettivo è di $3 \text{ m}^3/\text{s}$ pari a 96 milioni di m^3).

Le stime della capacità di dispersione in falda delle AFI, posizionate in alta pianura, si attestano attorno ai 60 l/s/ha , ossia a circa 1 milione di m^3 ipotizzando di utilizzare 1 ha per 6 mesi non irrigui. Analogamente, le stime delle dispersioni da bacini di accumulo posizionati in alta pianura si attestano sui 100 l/s/ha , pari a 1,5 ML di m^3 ipotizzando di utilizzare 1 ha per 6 mesi non irrigui.



5. Modellazione matematica e scenari

Per valutare l'impatto sulle quote di falda e sulle portate delle risorgive, si è utilizzato il modello matematico del flusso dell'alta pianura vicentina, realizzato dagli scriventi [1]. La ricostruzione geologica di dettaglio, la stima dei flussi entranti ed uscenti dal serbatoio idrico sotterraneo e la calibrazione (condotta attraverso il codice Fepest), rappresentano i punti di forza dello strumento numerico, realizzato per l'alta pianura vicentina e per il bacino del Chiampo-Agno-Guà, il cui utilizzo permette di stimare in modo accurato il comportamento degli acquiferi al variare dei flussi in input e/o in output. Si evidenzia che l'unione delle due aree modellate comprende quasi totalmente l'area di riferimento del presente studio. Le simulazioni modellistiche, pertanto, permettono di ricavare scenari di ricarica ed utilizzo validi e pienamente rappresentativi per l'area di riferimento del presente progetto.

L'utilizzo della modellistica numerica consente di implementare simulazioni relative a scenari ipotetici in cui le variabili ambientali e di utilizzo delle risorse idriche sono diverse da quello attuale, in modo tale da poter valutare l'impatto di diverse politiche di gestione della stessa risorsa.

Gli scenari implementati sono:

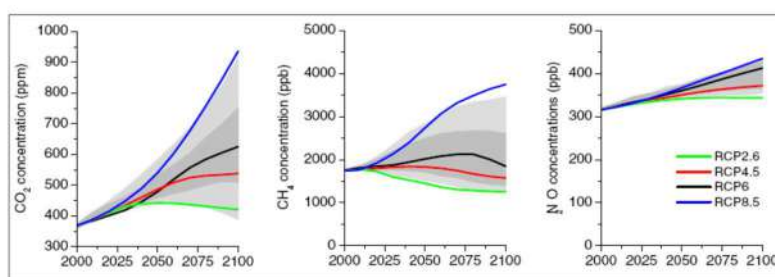
1. scenario 1: diminuzione della ricarica da parte delle precipitazioni del 20% (stima della diminuzione della pioggia efficace alla ricarica della falda al 2050 ottenuta da ISPRA nello studio del 2019: "Valutazione tramite BIGBANG dell'impatto dei cambiamenti climatici sulla risorsa idrica naturale");
2. scenario 2: diminuzione della ricarica da parte delle precipitazioni del 40%, (stima della diminuzione della pioggia efficace alla ricarica della falda al 2100 ottenuta da ISPRA nello studio del 2019: "Valutazione tramite BIGBANG dell'impatto dei cambiamenti climatici sulla risorsa idrica naturale");
3. scenario 3: diminuzione dei prelievi ad uso privato;
4. scenario 4: realizzazione di interventi di ricarica della falda.

Si precisa che le condizioni al contorno, ossia le quote piezometriche assegnate alle pareti esterne della griglia, sono state mantenute costanti durante l'implementazione degli scenari. Ciò ovviamente influisce sulle simulazioni, andando a vincolare le quote in corrispondenza dei bordi. È invece probabile che anche le quote piezometriche di confine non si mantengano costanti, soprattutto nel caso di cambiamento climatico. I risultati qui presentati sono pertanto da ritenersi stime degli impatti della variazione dei soli afflussi o deflussi.

Scenario 1 (diminuzione della ricarica della falda da parte delle precipitazioni del 20%)

La diminuzione della pioggia efficace alla ricarica della falda, rappresentativa di un anno poco piovoso, comporta un abbassamento generale delle quote di falda e, conseguentemente, una riduzione dei deflussi di risorgiva. Una stima della diminuzione della ricarica agli acquiferi da parte delle precipitazioni è stata ottenuta da ISPRA tramite il modello BIGBANG (Braca, Bussetini, Lastoria, Mariani, & Piva, 2021) forzato con le simulazioni del modello climatologico (GCM – Global Circulation Model) prodotte dall'United States National Center for Atmospheric Research (NCAR) mediante il Community Climate System Model (CCSM4).

Gli scenari di emissione di gas ad effetto serra (GHG–*Green House Gases*) causa del cambiamento climatico, su cui è basata l'analisi, sono quelli definiti dall'IPCC–Intergovernmental Panel on Climate Change nel Fifth Assessment Report (AR5; IPCC, 2014) mostrati nella figura sottostante. In particolare, questi scenari di emissione sono basati sui cosiddetti *Representative Concentration Pathways* (RCPs).



(A)

Name	Radiative forcing	CO ₂ equiv (p.p.m.)	Temp anomaly (°C)	Pathway	SRES temp anomaly equiv
RCP8.5	8.5 Wm ⁻² in 2100	1370	4.9	Rising	SRES A1F1
RCP6.0	6 Wm ⁻² post 2100	850	3.0	Stabilization without overshoot	SRES B2
RCP4.5	4.5 Wm ⁻² post 2100	650	2.4	Stabilization without overshoot	SRES B1
RCP2.6 (RCP3PD)	3Wm ⁻² before 2100, declining to 2.6 Wm ⁻² by 2100	490	1.5	Peak and decline	None

(B)

Figura 21. Scenari di emissione dei GHG (A) e Relativi Representative Concentration Pathways (B)

In particolare, per quanto riguardo lo studio in essere e in ottica conservativa, si è ritenuto di considerare lo scenario maggiormente impattante, ovvero l'RCP 8.5 per il quale la ricarica annua degli acquiferi subisce una diminuzione del 16 % (media italiana, RCP 8.5) per il periodo 2040 – 2059, e del 40 % (media italiana, RCP 8.5) per il periodo 2080 – 2099 (ISPRA, 2019).

RIFERIMENTO	SCENARIO	VARIABILE	U.M.	PERIODO MEDIA	TERRITORIO MEDIA	MEDIA	%
ISPRA	HISTORICAL	GWR	mm	1996-2015	ITALIA	221.7	100%
AR5	RCP-2.6	GWR	mm	2020-2039	ITALIA	204.6	92%
AR5	RCP-4.5	GWR	mm	2020-2039	ITALIA	195.5	88%
AR5	RCP-6.5	GWR	mm	2020-2039	ITALIA	202.7	91%
AR5	RCP-8.5	GWR	mm	2020-2039	ITALIA	208.1	94%
AR5	RCP-2.6	GWR	mm	2040-2059	ITALIA	199.3	90%
AR5	RCP-4.5	GWR	mm	2040-2059	ITALIA	183.5	83%
AR5	RCP-6.5	GWR	mm	2040-2059	ITALIA	194.3	88%
AR5	RCP-8.5	GWR	mm	2040-2059	ITALIA	185.5	84%
AR5	RCP-2.6	GWR	mm	2080-2099	ITALIA	206.9	93%
AR5	RCP-4.5	GWR	mm	2080-2099	ITALIA	182.8	82%
AR5	RCP-6.5	GWR	mm	2080-2099	ITALIA	183.0	83%
AR5	RCP-8.5	GWR	mm	2080-2099	ITALIA	129.1	58%

Figura 22. Stima della media LTAA della ricarica degli acquiferi annua per ciascuno scenario di emissione di GHG e per ciascun orizzonte temporale (ISPRA, 2019).

Nello specifico, una riduzione di circa $0.7 \text{ m}^3/\text{s}$ degli afflussi di ricarica, comporta abbassamenti tra i 20 e i 60 cm, con un massimo di circa 1 m (figura 23). L'abbassamento dei livelli in corrispondenza dei 2 pozzi spia, la cui quota è correlata con le risorgive, è di circa 30 cm al pozzo 27 (quadrato nero sulla sinistra), corrispondente ad una diminuzione di $0.58 \text{ m}^3/\text{s}$ delle portate di risorgiva afferenti all'Astico, e di circa 20 cm al pozzo 8 (quadrato nero sulla destra), corrispondente ad una diminuzione di $1 \text{ m}^3/\text{s}$ delle portate di risorgiva afferenti al Brenta ($0.66 \text{ m}^3/\text{s}$ se si considerano le sole risorgive del Brenta ricadenti all'interno dell'area di riferimento). Complessivamente la riduzione dei deflussi di risorgiva, con riferimento all'area oggetto di studio, è pari a $-1.24 \text{ m}^3/\text{s}$. Il volume immagazzinato diminuisce di circa 20 ML m^3 (abbassamento medio -0.29 m , area 582 km^2 , porosità media 0.12). Si evidenzia che anche gli acquiferi in pressione registrano abbassamenti che, seppur minori rispetto a quanto stimato per acquifero freatico, comportano maggiori costi di sollevamento.

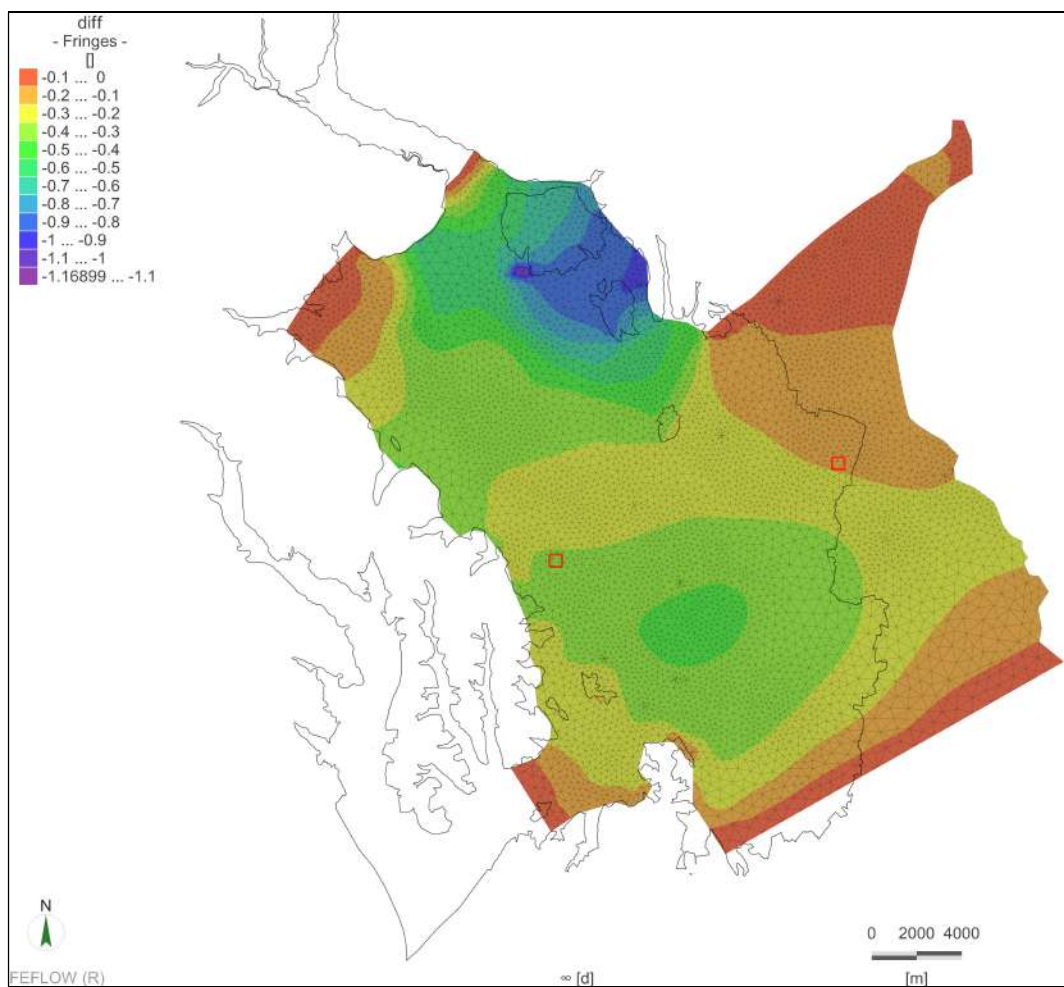


Figura 23. Scenario 1 (diminuzione del 20% della ricarica della falda da parte delle precipitazioni): abbassamenti (in metri) stimati per acquifero freatico (in rosso i pozzi spia correlati con i deflussi di risorgiva).

Scenario 2 (diminuzione della ricarica della falda da parte delle precipitazioni del 40%)

Questo secondo scenario, simile allo scenario 1, è stato realizzato per stimare gli impatti dovuti al cambiamento climatico. La diminuzione del 40% della ricarica agli acquiferi da parte delle precipitazioni è stata ottenuta da ISPRA tramite il modello BIGBANG (Braca, Bussetini, Lastoria, Mariani, & Piva, 2021) forzato con le simulazioni del modello climatologico (GCM – Global Circulation Model) prodotte dall'United States National Center for Atmospheric Research (NCAR) mediante il Community Climate System Model (CCSM4). In particolare, per la ricarica annua degli acquiferi si stima una diminuzione del 40 % (media italiana, RCP 8.5, periodo 2080 – 2099) (ISPRA, 2019). Si evidenzia che tale stima deriva da forzanti climatologiche con scarso dettaglio sia spaziale (griglia 100 km) che temporale (precipitazioni mensili) e pertanto non permettono di tenere adeguatamente in conto dell'aumento dell'intensità di precipitazione alle durate più brevi (attorno all'ora) previsto da tutti gli scenari di cambiamento climatico.

Nello specifico, una riduzione di circa $1.36 \text{ m}^3/\text{s}$ degli afflussi di ricarica, comporta abbassamenti tra i 50 e i 100 cm, con un massimo di circa 2 m (figura 24). L'abbassamento dei livelli in corrispondenza dei 2 pozzi spia, la cui quota è correlata con le risorgive, è di circa 60 cm al pozzo 27 (quadrato nero sulla sinistra), corrispondente ad una diminuzione di $1.12 \text{ m}^3/\text{s}$ delle portate di risorgiva afferenti all'Astico, e di circa 37 cm al pozzo 8 (quadrato nero sulla destra), corrispondente ad una diminuzione di $1.84 \text{ m}^3/\text{s}$ delle portate di risorgiva afferenti al Brenta ($1.18 \text{ m}^3/\text{s}$ se si considerano le sole risorgive del Brenta ricadenti all'interno dell'area di riferimento). Complessivamente la riduzione dei deflussi di risorgiva, con riferimento all'area oggetto di studio, è pari a $-2.30 \text{ m}^3/\text{s}$. Il volume immagazzinato diminuisce di circa 40 ML m^3 (abbassamento medio -0.6 m , area 582 km^2 , porosità media 0.12).



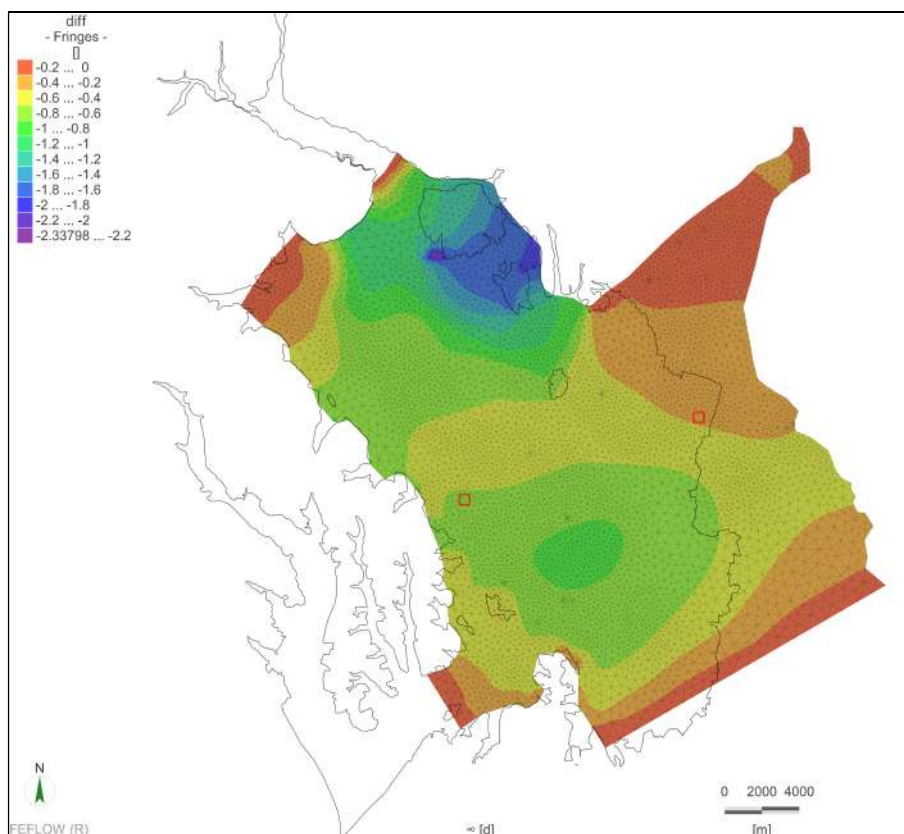


Figura 24. Scenario 2 (diminuzione del 40% della ricarica della falda da parte delle precipitazioni): abbassamenti (in metri) stimati per acquifero freatico (in rosso i pozzi spia correlati con i deflussi di risorgiva).

Scenario 3 (diminuzione dei prelievi privati del 30% corrispondenti a 0.7 m³/s)

In questo scenario si è ipotizzato di diminuire il prelievo privato: questo obiettivo, di non semplice attuazione, potrebbe essere perseguito sia andando a sigillare o regolare i pozzi ad efflusso libero ancora diffusi nel territorio, sia realizzando interventi di riciclo e riuso all'interno delle aziende. Lo scenario ipotizza di passare da 2.35 m³/s a 1.65 m³/s (con un risparmio di 0.7 m³/s). La diminuzione delle portate prelevate è avvenuta riducendo omogeneamente del 30% la portata emunta in ogni Comune e in ogni acquifero. Nello specifico, una diminuzione del prelievo di 700 l/s comporta un innalzamento massimo di circa 40 cm e di 20-30 cm in buona parte dell'area oggetto di studio. Il volume immagazzinato aumenta di circa 10 ML m³ (innalzamento medio 0.14 m, area 582 km², porosità media 0.12). Si sottolinea che l'innalzamento diffuso su buona parte del territorio è da imputare alla diminuzione omogenea del prelievo privato, implementata nel modello matematico. Innalzamenti analoghi si registrano in tutti gli acquiferi, sempre a causa della diminuzione del prelievo assegnata a tutti gli acquiferi modellati.

L'innalzamento dei livelli in corrispondenza dei 2 pozzi spia, la cui quota è correlata con le risorgive, è di circa 25 cm al pozzo 27 (quadrato nero sulla sinistra), corrispondente ad un aumento di 0.5 m³/s delle portate di risorgiva afferenti all'Astico, e di circa 10 cm al pozzo 8 (quadrato nero sulla destra), corrispondente ad un aumento di 0.55 m³/s delle portate di risorgiva afferenti al Brenta (0.35 m³/s se si considerano le sole risorgive del Brenta ricadenti all'interno dell'area di riferimento). Complessivamente l'incremento dei deflussi di risorgiva, con riferimento all'area oggetto di studio, è pari a 0.85 m³/s.

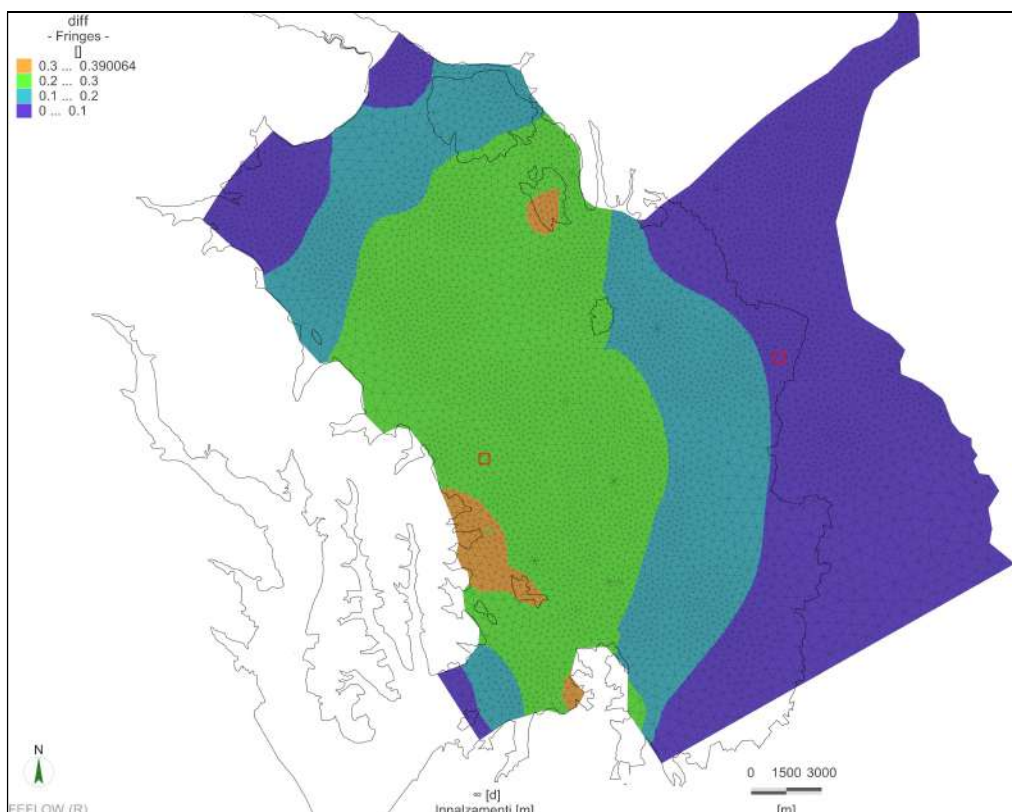


Figura 25. Scenario 3 (diminuzione del 30% del prelievo privato): innalzamenti (in metri) stimati per primo acquifero confinato (in rosso i pozzi spia correlati con i deflussi di risorgiva).

Scenario 4 (interventi di ricarica per 1 m³/s)

L'ultimo scenario implementato si riferisce alla realizzazione di interventi di ricarica artificiale per un totale di 1 m³/s. Sono state individuate aree non urbanizzate, localizzate a monte della linea delle risorgive e fuori dall'area di alta pianura caratterizzata dalla presenza di argilla, seppur in maniera limitata e discontinua (che non consentirebbe un'efficace infiltrazione dei flussi immessi). Inoltre, l'attenzione è stata rivolta verso i territori prossimi a corsi d'acqua o a canali di irrigazione, dai quali poter derivare l'acqua da infiltrare.

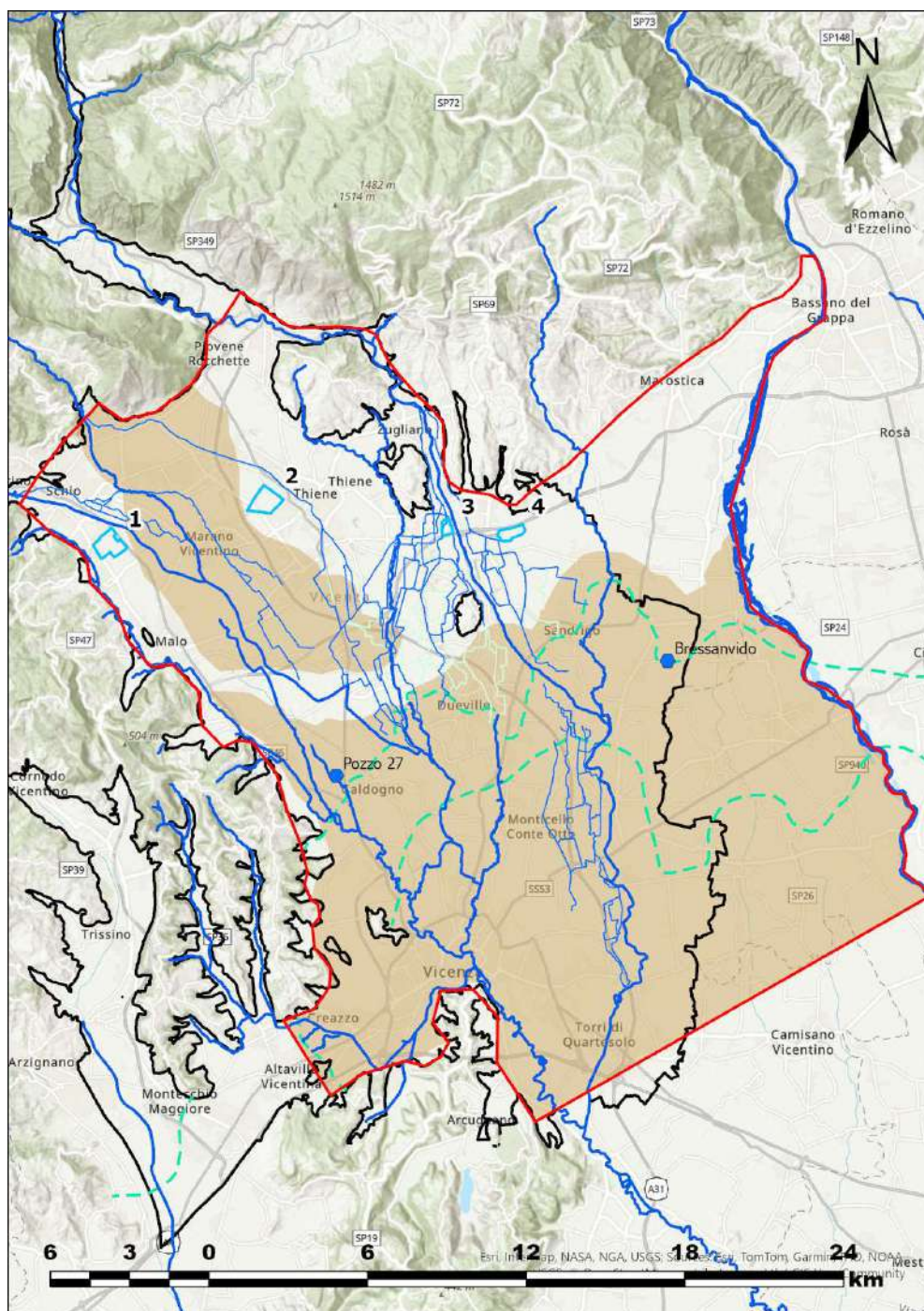


Figura 26. Posizione dei 4 interventi di ricarica (in marrone area con terreni argillosi a debole profondità, in verde fascia delle risorgive, in blu i corsi d'acqua e i canali di irrigazione)

I 4 siti individuati per le simulazioni modellistiche sono:

1. sito 1: 80 ha nei comuni di Schio e San Vito di Leguzzano, distanza circa 200 m dal t. Leogra,
2. sito 2: 40 ha nei comuni di Zanè – Thiene, distanza circa 500 m da roggia Thiene,
3. sito 3: 20 ha nel comune di Sarcedo, adiacenti all'alveo del t. Astico,
4. sito 4: 80 ha nel comune di Breganze, appena a sud della SPV, distanza da roggia Seriola – Breganze circa 100 m.

Le portate infiltrate sono proporzionali all'estensione dell'area individuata nella griglia di calcolo (sito 1: 0.32 m³/s, sito 2: 0.23 m³/s, sito 3: 0.17 m³/s, sito 4: 0.28 m³/s, totale 1 m³/s). Gli innalzamenti stimati interessano tutti gli acquiferi e, localmente, sono superiori ai 3 metri. L'innalzamento in buona parte del territorio modellato va dai 50 cm ai 1.5 metri, con maggiori incrementi in corrispondenza dei siti di ricarica. Gli innalzamenti dei livelli in corrispondenza dei 2 pozzi spia, la cui quota è correlata con le risorgive, permette di stimare un incremento dei deflussi di risorgiva, con riferimento all'area oggetto di studio, è pari a 1.6 m³/s. Il volume immagazzinato aumenta di circa 30 ML m³ (innalzamento medio 0.47 m, area 582 km², porosità media 0.12)

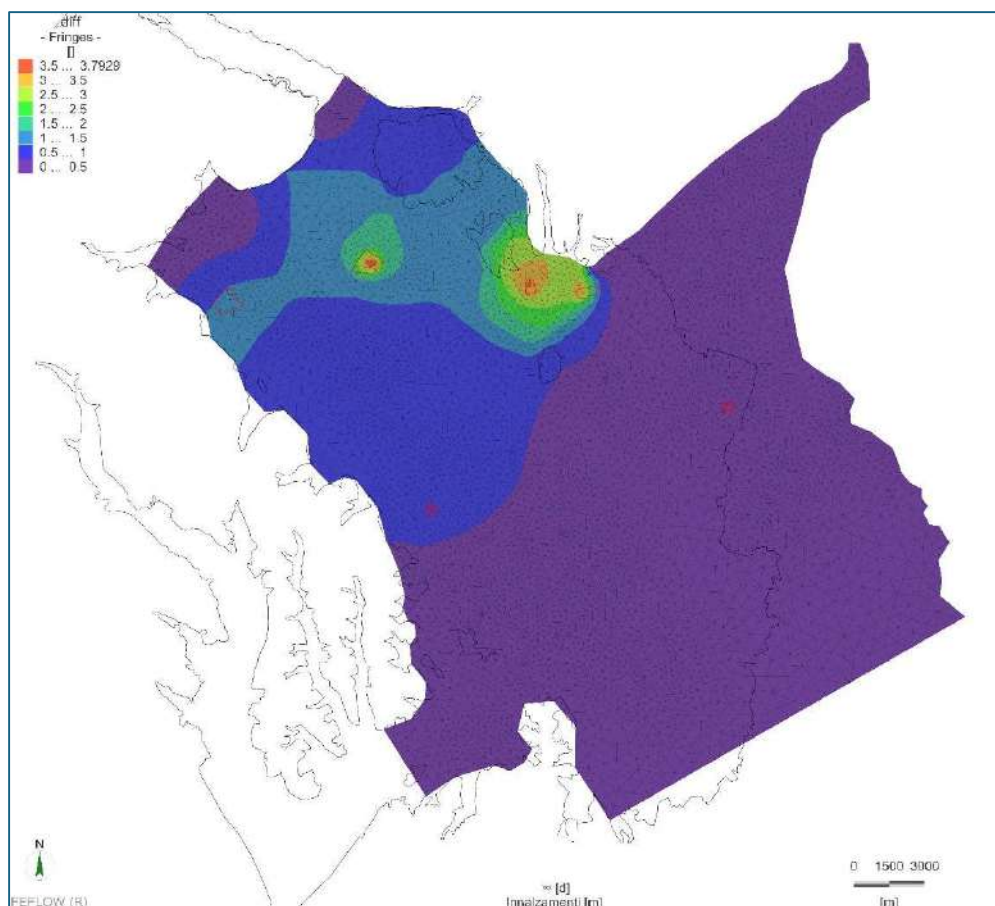


Figura 27. Scenario 4 (realizzazione di interventi di ricarica per 1 m³/s): innalzamenti (in metri) stimati per acquifero freatico (in rosso i pozzi spia correlati con i deflussi di risorgiva).

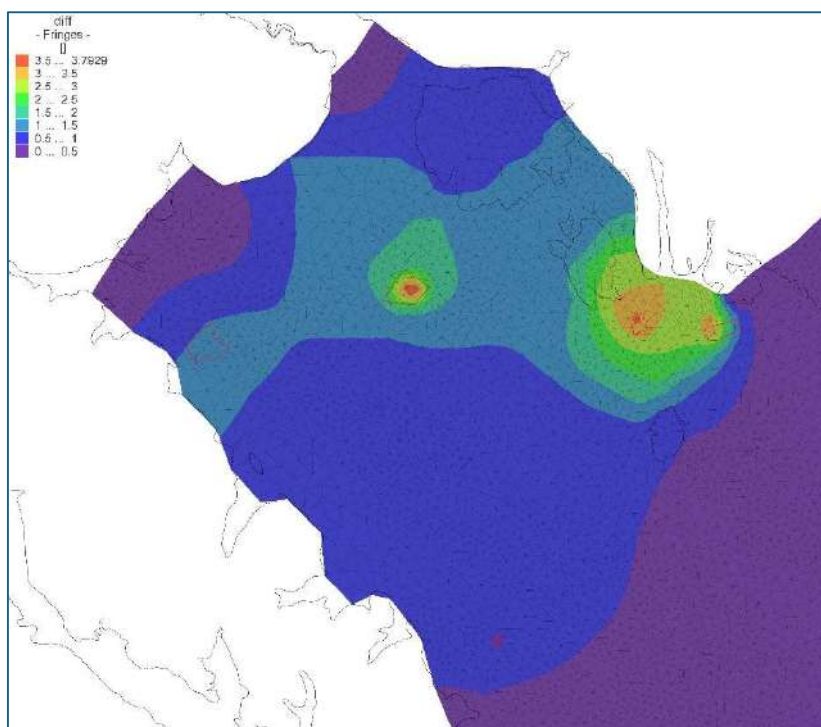


Figura 28. Scenario 4 (realizzazione di interventi di ricarica per 1 m³/s): innalzamenti (in metri) stimati per acquifero freatico - zoom.

Si riporta una tabella di sintesi con i principali risultati dei 4 scenari implementati.

Tabella 19. Tabella di sintesi dei risultati degli scenari implementati

	Tipo scenario	Variazione portate entranti [m³/s]	Abbassamento / innalzamento livelli falda massimo [m]	Abbassamento / innalzamento livelli falda medio [m]	Aumento / decremento portate risorgive [m³/s]	Aumento / decremento volume immagazzinato [ML m³]
Scenario 1	- 20% Pioggia	-0.7	-1	-0.29	-1.24	-20
Scenario 2	- 40% Pioggia	-1.36	-2	-0.6	-2.3	-40
Scenario 3	- 30% Prelievi privati	0.7	0.4	0.14	0.85	10
Scenario 4	1 m³/s Interventi di ricarica	1	3.5	0.47	1.6	30

6. Indicatori dello stato di salute della risorsa idrica

Monitoraggi dei livelli di falda

Un primo indicatore dello stato di salute dell'acquifero è rappresentato dalla quota freaticometrica che, oscillando al variare dei flussi in ingresso e in uscita dalla falda, permette di conoscere l'evoluzione temporale del riempimento del serbatoio sotterraneo in corrispondenza dei punti di misura. Gli scriventi hanno condotto nel periodo 2003 – 2010 una serie di campagne di monitoraggio piezometrico, in corrispondenza di circa 100 pozzi presenti nel territorio oggetto di studio. Dalle misure, opportunamente spazializzate, si sono ricavate le carte delle isofreatiche (linee che uniscono i punti con uguale quota di falda) relative ad ogni campagna di misura. A titolo di esempio, si riporta la cartografia relativa alla campagna condotta nel dicembre 2010, realizzata in un momento caratterizzato da livelli di falda particolarmente alti. Le direzioni del flusso sotterraneo possono essere individuate in direzione perpendicolare alle linee isofreatiche.

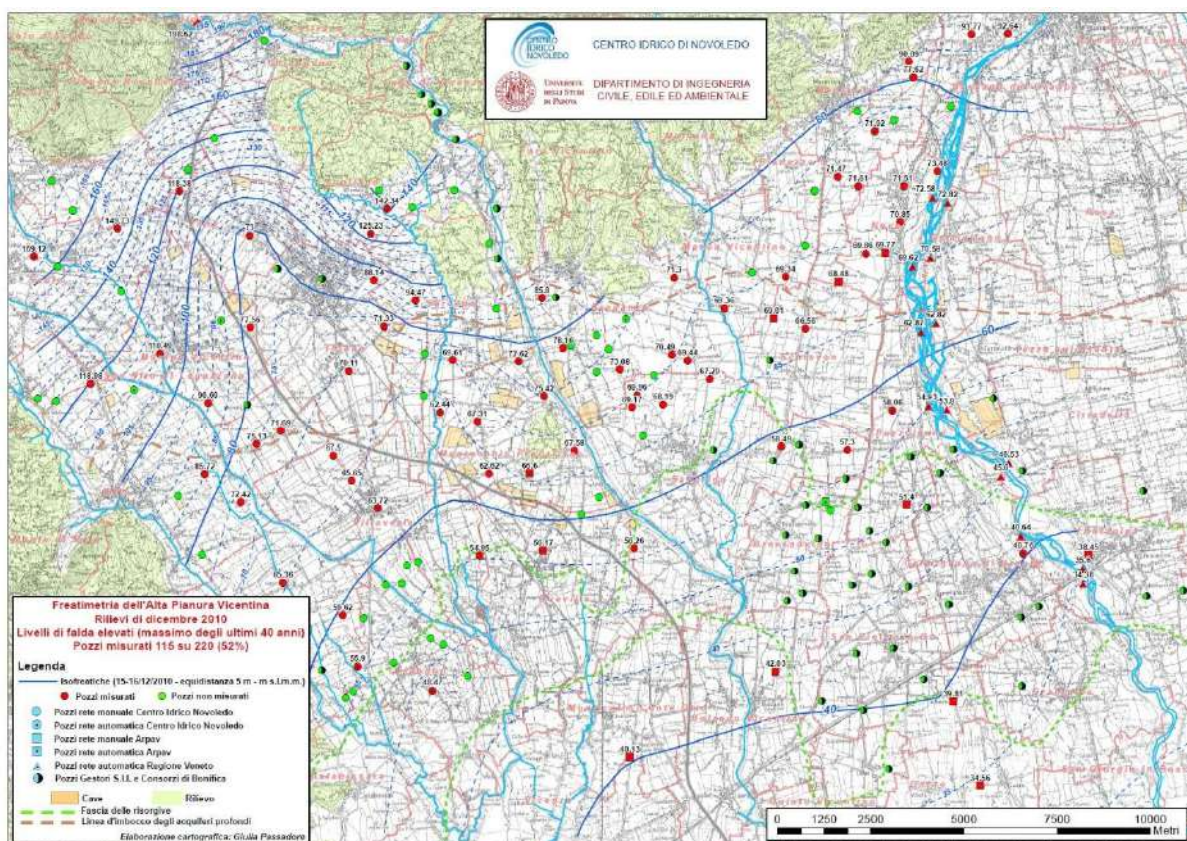


Figura 29. Carta freaticometrica dell'alta pianura vicentina (rilievi del dicembre 2010)

Alcuni dei pozzi di misura della rete di monitoraggio sono tuttora oggetto di monitoraggio automatico e continuo da parte di Arpav. Si riporta il grafico del pozzo 22 di Dueville, monitorato dal 1956, dal quale emerge chiaramente il trend negativo (circa 1.6 m in 70 anni) che caratterizza numerosi pozzi dell'alta pianura veneta. Inoltre, appare evidente che i valori minimi raggiunti dalla falda freatica in corrispondenza del pozzo 22 sono aumentati in entità e frequenza, spingendosi anche al di sotto della quota di fondo del pozzo (52,3 m s.l.m.m.) in periodi particolarmente siccitosi (luglio-agosto e ottobre 2022).

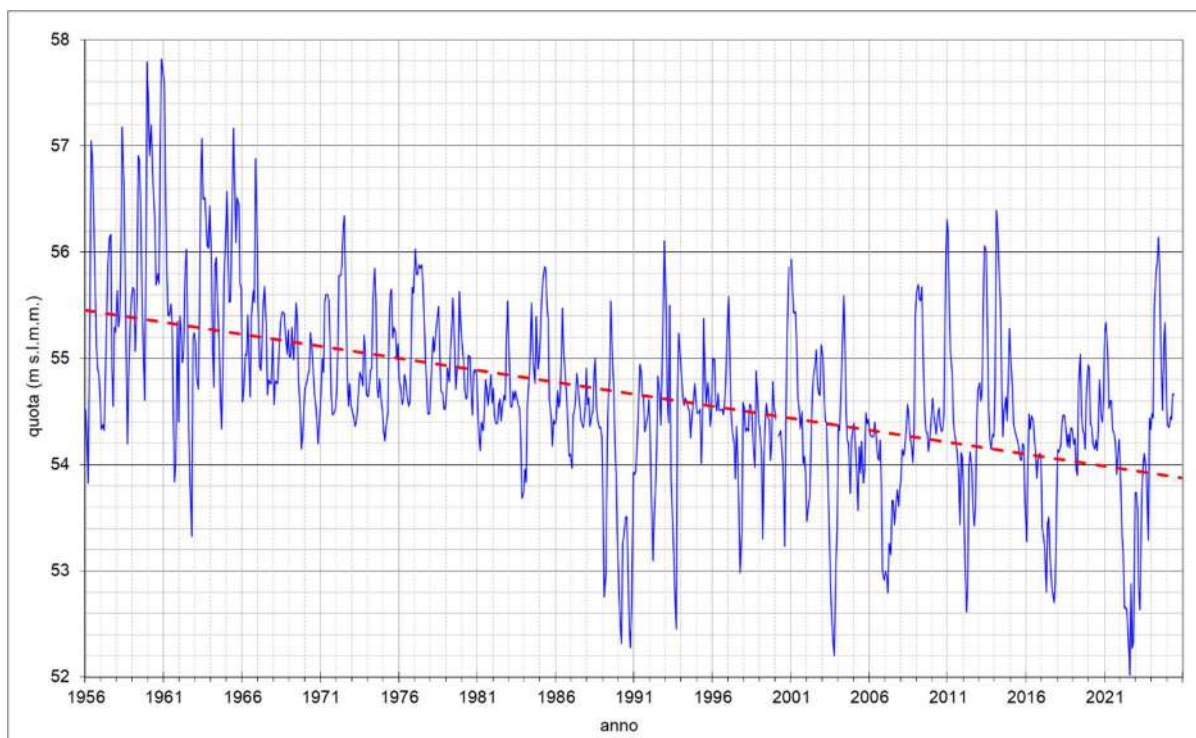


Figura 30. Quota freaticometrica pozzo 22 di Dueville (monitoraggio Arpav).

Infine, dalla differenza tra la superficie freaticometrica del dicembre 2010 (livelli di falda particolarmente alti) e quella del novembre 2003 (livelli di falda particolarmente bassi), ottenute dalle campagne di misura condotte dagli scriventi, è stato possibile ricavare una stima del volume d'acqua immagazzinato all'interno dell'area di ricarica del territorio vicentino (dal piede dei rilievi fino alla linea superiore delle risorgive, fino al fiume Brenta), pari a circa 170 ML m³ (assumendo una porosità del 12%).

Indici WEI, WEI+ e SDG 6.4.2

La siccità è un fenomeno naturale determinato da una condizione temporanea di riduzione o deficit della disponibilità idrica definita come lo scostamento rispetto alle condizioni climatiche medie di un determinato luogo di interesse (Mariani, Braca, Romano, Lastoria, & Bussettini, 2018). Non esiste, tuttavia, un'unica definizione di siccità, in quanto occorre specificare a quale ambito di fenomeni si faccia riferimento, siano essi naturali, sociali o economici. Si parla, ad esempio, di **siccità meteorologica** in caso di relativa diminuzione delle precipitazioni; di **siccità idrologica** in presenza di un apporto idrico relativamente scarso nel suolo, nei corsi d'acqua, o nelle falde acquifere; di **siccità agricola** in caso di deficit del contenuto idrico al suolo che determina condizioni di stress nella crescita delle colture. L'impatto che tale fenomeno ha sull'ambiente è poi legato al perdurare delle condizioni siccitose. Una carenza di pioggia prolungata per molti mesi (6–12 mesi) avrà effetti sulla portata dei fiumi; mentre per un periodo maggiore (uno o due anni) graverà sulla disponibilità di acqua nelle falde. Altri fattori climatici (quali, ad es., alte temperature, venti forti e bassi valori di umidità relativa) possono ulteriormente peggiorare la gravità di questo fenomeno. Il verificarsi di perduranti condizioni di siccità e scarsità idrica sul territorio italiano impone sempre di più l'esigenza di predisporre un governo integrato dell'acqua che preveda la

partecipazione attiva di tutti i soggetti coinvolti nella gestione della risorsa idrica e garantisca un supporto tecnico-specialistico alle decisioni politiche, specie nelle situazioni critiche di emergenza idrica, e tenendo conto anche dei possibili impatti dovuti ai cambiamenti climatici. La disponibilità di dati di monitoraggio delle grandezze idrologiche e degli usi in modo continuo permette, ad esempio, di alimentare un modello di bilancio che consenta di conoscere, con accettabile incertezza, la quantità della risorsa in un certo territorio oppure calcolare indicatori per il monitoraggio e la quantificazione delle situazioni di siccità. La conoscenza della risorsa idrica disponibile è quanto mai necessaria anche a una valutazione delle concessioni in essere e a comprendere se e come rivederne la distribuzione in maniera maggiormente sostenibile. Nondimeno, una conoscenza puntuale della risorsa idrica disponibile permette di meglio affrontare, con opportune misure, le condizioni di scarsità idrica che possono verificarsi a seguito di severi eventi siccitosi. Tale conoscenza è fondamentale anche per comprendere, unitamente allo stato dei corpi idrici e di conservazione degli habitat e delle specie, quali siano le condizioni di utilizzo delle risorse idriche che non compromettano i requisiti ecologici necessari al mantenimento della biodiversità e dei servizi ecosistemici. In sintesi, una corretta gestione della risorsa idrica è un problema essenzialmente di conoscenza, che rispetto al passato deve essere sempre più dettagliata e puntuale, specie durante eventi di crisi, poiché si tende a utilizzare risorse idriche sempre meno abbondanti e allocarle tra utilizzi sempre più concorrenti.

Nel contesto del Reporting WISE 2022 relativo al 3° ciclo del Piano di gestione previsto per la Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE (WFD-Water Framework Directive), è stata prodotta e fornita dall'Italia alla Commissione Europea la valutazione effettuata da ISPRA e Istat del livello di pressione esercitato dalle attività umane sui corpi idrici a seguito dei prelievi di acqua per i diversi usi (civile, agricolo, industriale, ecc.), nel periodo 2015–2019. La valutazione si basa sulla stima del **Water Exploitation Index Plus (WEI+)** che quantifica, per un assegnato intervallo temporale e un determinato territorio, il livello di stress idrico come rapporto tra il consumo di acqua, ossia i prelievi al netto delle restituzioni, e la disponibilità naturale di risorsa idrica rinnovabile.

Al fine di descrivere il WEI+, è opportuno introdurre anche l'indicatore WEI da cui esso è derivato e che sostituisce, ma con il quale non deve essere confuso (Mariani, Braca, Romano, Lastoria, & Bussetti, 2018).

Il WEI e il WEI+ costituiscono indicatori del livello di pressione che le attività umane esercitano sulla risorsa idrica naturale in un determinato territorio e in un determinato intervallo temporale.

Il WEI è definito come il rapporto, espresso in percentuale, tra il prelievo idrico totale annuo (annual total fresh water abstraction) e la media di lungo periodo (LTAA–long term annual average) della risorsa idrica rinnovabile (renewable fresh water resources) disponibile annua:

$$WEI = \frac{\text{Prelievo idrico annuo}}{\text{Risorsa idrica rinnovabile annua media su lungo periodo}} \cdot 100 [\%]$$

Il prelievo a numeratore include il prelievo da qualsiasi fonte di acqua dolce, sia temporaneo che permanente. Generalmente, secondo le indicazioni di Eurostat, il periodo minimo preso in considerazione per il calcolo della media annuale di lungo termine (LTAA) è di 20 anni. Per questo indicatore la soglia del 20% costituisce il limite al di sopra della quale un territorio inizia

a essere sottoposto a stress idrico. Sopra il 40% lo stress idrico è molto grave e l'utilizzo della risorsa idrica non è sostenibile (Raskin, Gleick, Kirshen, Pontius, & Strzepek, 1997).

Con riferimento a un determinato territorio, indicato con P il volume di precipitazione che affluisce a esso e con Et il volume di evapotraspirazione reale, per “risorsa idrica rinnovabile” (che viene indicata con RWR , renewable water resources) si intende la differenza tra P ed Et a cui si aggiunge l'eventuale volume idrico proveniente dai territori limitrofi (sia superficialmente che attraverso flussi sotterranei) indicato con $ExIn$ (external inflow). Mediando tali valori sul lungo periodo LTAA (ad es., 20 anni), si ottiene il valore al denominatore, ossia:

$$RWR_{LTAA} = P_{LTAA} - Et_{LTAA} + ExIn_{LTAA}$$

Il WEI può essere declinato relativamente alla risorsa superficiale, a quella sotterranea o alla risorsa totale. Questo valore, tuttavia, non tiene conto dell'acqua che veniva restituita dopo l'uso (ad es., le acque di raffreddamento) e l'essere calcolato a scala annuale maschera la variabilità temporale della pressione sulla risorsa idrica.

Per superare i limiti sopradescritti l'EGWSD, ha sviluppato una variante del WEI denominata WEI+ (Faergemann, 2012). Il nuovo indicatore è definito come il rapporto, valutato per un assegnato territorio e per un dato intervallo di tempo ed espresso anch'esso come percentuale, tra il consumo effettivo della risorsa idrica e la risorsa idrica rinnovabile:

$$WEI+ = \frac{\text{Consumo effettivo risorsa}}{\text{Risorsa idrica rinnovabile}} \cdot 100 [\%] = \frac{\text{Prelievo} - \text{Restituzione}}{\text{Risorsa idrica rinnovabile}} \cdot 100 [\%]$$

La prima sostanziale differenza rispetto al WEI è quella per cui viene considerato il “consumo” della risorsa idrica e non semplicemente il suo “prelievo”. In questo modo si tiene conto di quegli usi che prevedono la restituzione, come nel caso del raffreddamento e della produzione di energia elettrica. È ovvio che la restituzione deve avvenire all'interno del territorio rispetto al quale si calcola il WEI+ (ad es., il bacino idrografico) e in un intervallo di tempo noto. Inoltre, la valutazione del consumo si riferisce non solo all'arco temporale di un anno, ma anche a intervalli temporali sub-annuali (mensile, stagionale, ecc.) e a territori di dimensione inferiore a quello nazionale (distretti, unità di gestione, bacini, sottobacini, ecc.). Quest'ultimo aspetto risulta fondamentale per una corretta valutazione delle situazioni di scarsità idrica, che potrebbero non essere evidenti a scala annuale e considerando porzioni di territorio troppo estese, e per far emergere la variabilità stagionale/intra-annuale e spaziale.

La risorsa idrica rinnovabile RWR è calcolata con riferimento a un determinato intervallo temporale Δt come:

$$RWR_{\Delta t} = P_{\Delta t} - Et_{\Delta t} + ExIn_{\Delta t} - \Delta S_{\Delta t}$$

dove viene sottratto il termine ΔS che rappresenta la variazione di volume immagazzinato nei laghi e negli invasi artificiali presenti nel territorio di riferimento. Tener conto della variazione di volume si rende necessario poiché nei territori dove la risorsa idrica prelevata da invasi, naturali e artificiali, è significativa, può verificarsi che per alcuni periodi dell'anno i prelievi siano maggiori della risorsa naturale comportando valori del WEI+ maggiori del 100%. Il sottrarre tale termine sposta volumi di risorsa idrica da un periodo dell'anno di surplus (ΔS positivo) a periodi di deficit (ΔS negativo) portando a una valutazione dell'indicatore più

aderente alla realtà. Il termine ($P - Et + ExIn$) è anche indicato come risorsa idrica naturale (NWR, natural water resources).

Passando dal WEI al WEI+, la definizione delle soglie costituisce un tema complesso non affrontato pienamente dall'EGWSD. Nelle more della definizione di soglie specifiche per il WEI+, a livello europeo (v. l'indicatore "Use of freshwater resources" dell'EEA) sono adottate le medesime soglie definite per il WEI, ossia una condizione di stress per valori superiori al 20% e una situazione di stress grave sopra il 40%.

Alla luce della disponibilità di molti dei dati necessari, raccolti a fini modellistici e per la stima di tutti i termini di bilancio idrico nel corso del presente e dei pregressi studi condotti dagli scriventi, è stato possibile procedere ad un primo calcolo degli indici sopra elencati. Si evidenzia che tali stime seppur perfezionabili, permettono di avere una prima valutazione complessiva relativa allo sfruttamento della risorsa idrica all'interno del dominio oggetto del presente studio.

Indice WEI

Territorio: area di riferimento del progetto (540 km²)

Periodo: LTAA

Risorsa: totale (superficiale e sotterranea)

Prelievo idrico annuo = 5.78 m³/s (da falda) + 4.04 m³/s (superficiale irriguo) = 9.82 m³/s

Risorsa idrica rinnovabile annua (media su lungo periodo) = P-Et = 1300 mm = 22.01 m³/s

WEI=**44.6%**

Territorio: area di riferimento del progetto (540 km²)

Periodo: LTAA

Risorsa: sotterranea

Prelievo idrico annuo = 5.78 m³/s (da falda)

Risorsa idrica rinnovabile annua (media su lungo periodo) = Ricarica da parte della pioggia = 567 mm = 9.6 m³/s

WEI=**60.2%**

Nel caso in cui si considerino al denominatore anche i contributi alla ricarica della falda da parte delle dispersioni irrigue (2.93 m³/s), delle perdite delle condotte di acquedotto (1.02 m³/s) e delle dispersioni dei fiumi (8.45 m³/s), le stime diventano:

Indice WEI	RWR = P-E	RWR = P-E-dispersioni
Risorsa totale (sup + sott)	44.6%	28.5%
Risorsa sotterranea	60.2%	16.8%

Si evidenzia che il volume idrico netto proveniente dai territori limitrofi (sia superficialmente che attraverso flussi sotterranei) indicato con *ExIn* (external inflow) è stato, in questo primo calcolo, assunto pari a zero. Tale assunzione è stata decisa alla luce delle stime dei flussi lineari sotterranei ricavati dal modello matematico, nel caso stazionario. Ulteriori verifiche potranno andare ad aggiornare questo contributo, sia per la parte sotterranea che superficiale.

Indice WEI+

Il calcolo di questo indice è stato condotto a scala annuale e a scala trimestrale, all'interno del periodo 2000-2024.

In questo caso, le dispersioni irrigue e le perdite delle tubazioni di acquedotto sono state sottratte al numeratore per poter stimare correttamente il consumo di risorsa (consumo = prelievo – restituzione).

Al denominatore, sono state considerate, assieme al termine P-Et, anche le dispersioni da parte degli alvei dei fiumi, che contribuiscono all'alimentazione del serbatoio idrico sotterraneo in maniera significativa. La Tabella 20 riporta il valore dell'indice annuale in ordine crescente, permettendo di individuare rapidamente gli anni caratterizzati da un maggior stress idrico.

Tabella 20. Indice WEI+ annuale, in ordine crescente.

Anno	WEI +
2014	13.07
2024	14.22
2010	14.54
2002	17.04
2013	17.79
2019	17.8
2008	18.3
2009	18.8
2004	19.5
2000	21.3
2016	22.0
2020	22.1
2018	23.1
2021	23.2
2005	23.4
2012	23.9
2011	25.2
2023	25.9
2001	26.0
2006	27.9
2015	27.87
2003	29.96
2007	32.27
2017	33.05
2022	33.32

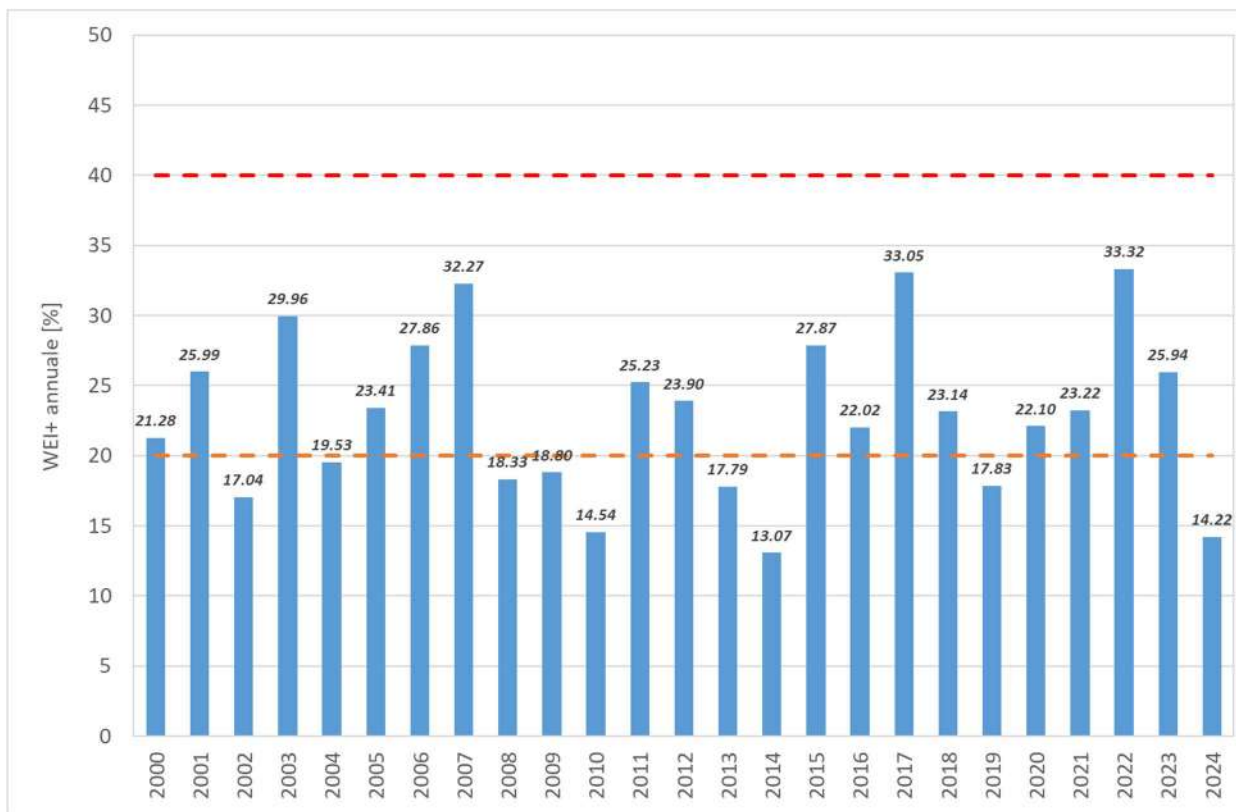


Figura 31. Indice WEI+ annuale: 9/25 anni no stress, 16/25 anni con stress (WEI+>20), 0/25 anni stress grave.

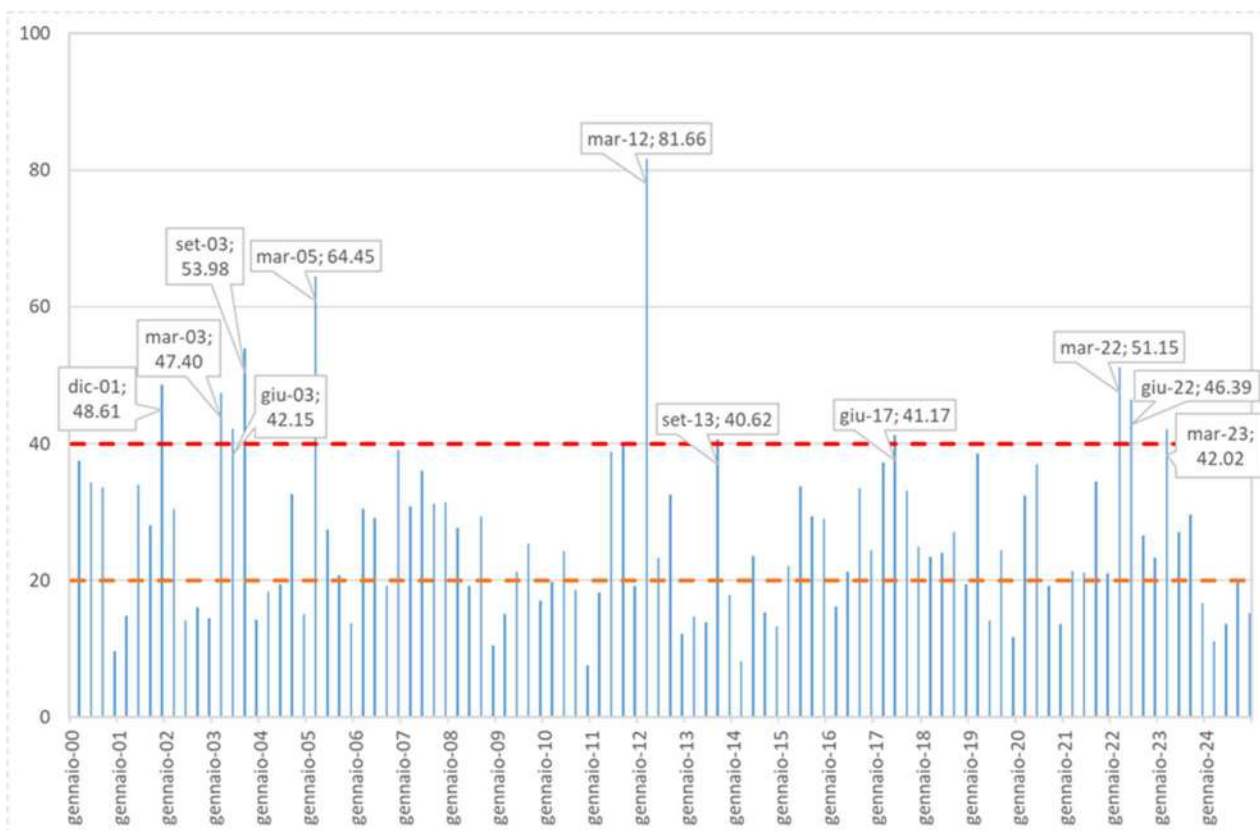


Figura 32. Indice WEI+ stagionale (gennaio-marzo; aprile-giugno; luglio-settembre; ottobre-dicembre). 37/100 stagioni no stress; 52/100 stagioni con stress (WEI+ > 20); 11/100 stagioni stress grave (WEI+>40)

Le 10 stagioni con indice WEI+ più basso (minor stress), in ordine crescente:

ott-dic 2010	7.60
gen-mar 2014	8.20
ott-dic 2000	9.67
ott-dic 2008	10.44
gen-mar 2024	11.11
ott-dic 2019	11.67
ott-dic 2012	12.20
ott-dic 2014	13.24
apr-giu 2024	13.61
ott-dic 2020	13.64

Le 10 stagioni con indice WEI+ più alto (maggior stress), in ordine decrescente:

gen-mar 2012	81.66
gen-mar 2005	64.45
lug-set 2003	53.98
gen-mar 2022	51.15
ott-dic 2001	48.61
gen-mar 2003	47.40
apr-giu 2022	46.39
apr-giu 2003	42.15
gen-mar 2023	42.02
apr-giu 2017	41.17



Indice SDG 6.4.2

L'indicatore Sustainable Development Goal (SDG) 6.4.2 misura il livello di stress idrico, definito come segue:

$$WS [\%] = \frac{TFWW}{TRWR - EFR}$$

dove TFWW (total freshwater withdrawal) è il volume annuo di prelievo totale di acqua dolce, TRWR (total renewable water resources) è il totale delle risorse idriche rinnovabili e EFR (environmental flow requirements) è il fabbisogno di flusso ambientale (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019) e (FAO, ISPRA & ISTAT, 2023).

In questa prima stima, condotta a scala annuale, si è deciso di utilizzare gli stessi dati utilizzati nel calcolo del WEI+, aggiungendo al denominatore, come stima dell'EFR, la portata minima delle risorgive interne all'area di interesse, stimata in 4.7 m³/s. Ovviamente l'andamento di questo indice è del tutto analogo a quello dell'indice WEI+, ma considerando i flussi ambientali, fornisce valori più alti.

Le quattro classi individuate per indicare diversi livelli di gravità dello stress sono:

- nessuno stress <25% (9 anni su 25),
- basso 25% - 50% (16 anni su 25),
- medio 50% - 75% (nessun caso),
- alto 75-100% (nessun caso),
- critico >100% (nessun caso).

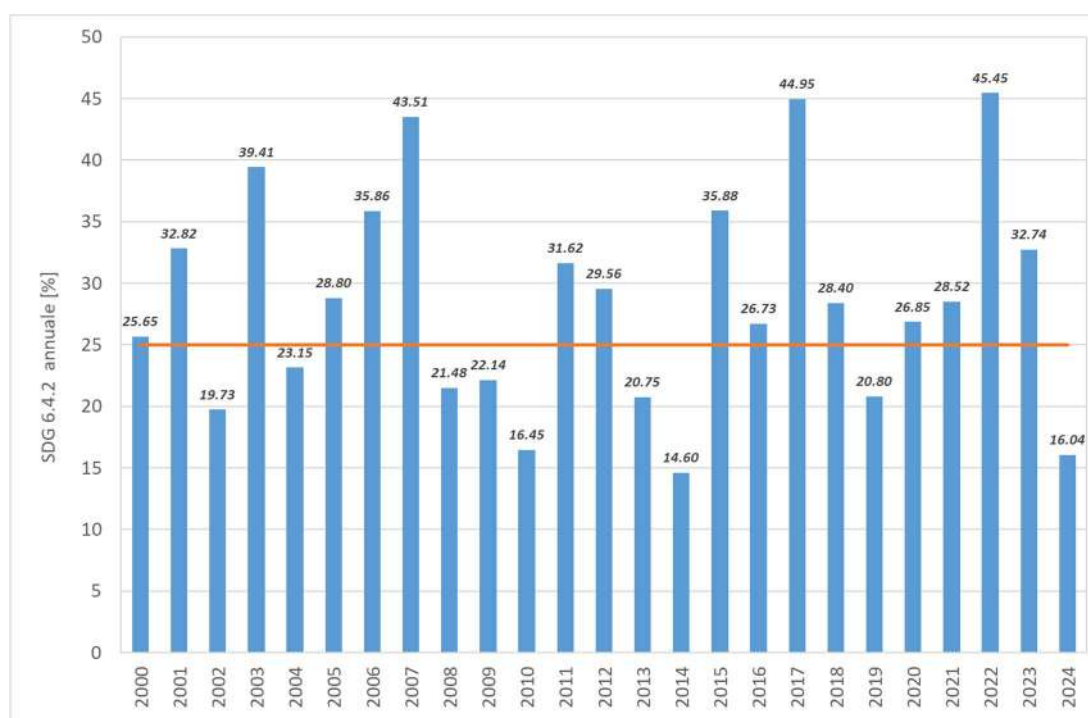


Figura 33. Indice SDG 642 annuale

Tabella 21. Indice SDG 6.4.2 annuale in ordine crescente

Anno	SDG 6.4.2
2014	14.60
2024	16.04
2010	16.45
2002	19.73
2013	20.75
2019	20.80
2008	21.48
2009	22.14
2004	23.15
2000	25.65
2016	26.73
2020	26.85
2018	28.40
2021	28.52
2005	28.80
2012	29.56
2011	31.62
2023	32.74
2001	32.82
2006	35.86
2015	35.88
2003	39.41
2007	43.51
2017	44.95
2022	45.45

7. Conclusioni

Il presente rapporto riferisce in merito alle attività del Task T1.1a, ossia: i) la caratterizzazione del bilancio idrico relativo ai corpi idrici del vicentino, che fornisce un quadro complessivo e dettagliato dell'entità e della variabilità spazio-temporale dei volumi in gioco, ii) la valutazione dello stato del sistema e iii) la validazione della bontà di auspicabili interventi di ottimizzazione, accumulo, ricarica e risparmio idrico, anche con riferimento agli scenari di cambiamento climatico, al fine del mantenimento del buono stato quantitativo dei sistemi idrici sotterranei interessati e degli ecosistemi terrestri a questi connessi.

Tutte le analisi e gli studi condotti dimostrano la necessità di un cambio di passo ormai improrogabile: i trend negativi dei livelli di falda e i valori raggiunti dagli indici di stress nelle stagioni meno piovose dimostrano il delicato equilibrio che caratterizza, ormai da tempo, i sistemi acquiferi del vicentino. Oltre ad un costante e attento monitoraggio, è necessario procedere alla realizzazione di interventi significativi di risparmio/ricarica/riuso che consentano di preservare qualitativamente e quantitativamente integra questa preziosa risorsa, sia per gli utilizzatori attuali che per le generazioni future. Gli studi modellistici confermano da un lato l'efficacia degli interventi di ricarica e risparmio, in particolare se realizzati in maniera diffusa, dall'altro la vulnerabilità della riserva idrica sotterranea alla variabilità temporale della ricarica da parte delle precipitazioni. Si evidenzia che un minor apporto meteorico alla falda deve essere imputato non solo al crescente consumo di suolo ma anche al (già in atto) cambiamento climatico che comporterà, inevitabilmente, un aumento sia dei giorni con risorse idriche non sufficienti che della richiesta di acqua, soprattutto ad uso agricolo.



Riferimenti bibliografici

- Braca, C., Bussettini, M., Lastoria, B., Mariani, S., & Piva, F. (2021). *Il Bilancio Idrologico Gis BAsed a scala Nazionale su Griglia regolare – BIGBANG: metodologia e stime. Rapporto sulla disponibilità naturale della risorsa idrica*. Roma: Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.
- Dal Prà, A., Mazzola, M., & Niceforo, U. (1998). Misure sperimentali sulla dispersione delle acque irrigue alle falde nell'alta pianura del Brenta. *Rivista Irrigazione e drenaggio*, numero 45, 13-18.
- Faergemann, H. (2012). *Update on water scarcity and droughts indicator development, May 2012, presented at the Water Director's Meeting, 4–5 June 2012, Denmark*.
- FAO, ISPRA & ISTAT. (2023). *A disaggregation of indicator 6.4.2 “Level of water stress: freshwater withdrawal as a proportion of available freshwater resources” at river basin district level in Italy. SDG 6.4 Monitoring Sustainable Use of Water Resources Papers*. Rome, FAO.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2019). *Incorporating environmental flows into "water stress" indicator 6.4.2 - Guidelines for a minimum standard method for global reporting*.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (Version: 4 February 2019). *GEMI – Integrated Monitoring Initiative for SDG 6. Step-by-step monitoring methodology for indicator 6.4.2*.
- ISPRA. (2019, 7 19). *Valutazione tramite BIGBANG dell'impatto dei cambiamenti climatici sulla risorsa idrica naturale*. Tratto da https://www.isprambiente.gov.it/pre_meteo/idro/BIGBANG_CC_ISPRA.html
- Mariani, S., Braca, G., Romano, E., Lastoria, B., & Bussettini, M. (2018). *Linee Guida sugli Indicatori di Siccità e Scarsità Idrica da utilizzare nelle attività degli Osservatori Permanenti per gli Utilizzi Idrici - Stato Attuale e Prospettive Future*. ISPRA e IRSA-CNR.
- Passadore, G., & Rinaldo, A. (2021). *Modelli Matematici per la tutela e la gestione delle risorse idriche sotterranee nell'ambito del territorio del Consiglio di Bacino Bacchiglione*. Centro di Idrologia "Dino Tonini" - Università di Padova.
- Raskin, P., Gleick, P., Kirshen, P., Pontius, R., & Strzepek, K. (1997). *Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world*. Document prepared for UN Commission for Sustainable Development 5th Session 1997.
- Sottani, N., Pretto, L., Viero, C., & Marcolongo, B. (1982). *Gli acquiferi nella pianura a nord di Vicenza*. Cittadella - Padova: Tipolitografica Sociale Artegrafica.

