

**Programma di Cooperazione Territoriale Transfrontaliera
Interreg VI-A Francia-Italia – ALCOTRA 2021-2027
Progetto n.20138 ACLIMO “CLIMA E ACQUA: SINERGIE PER
IL FUTURO TRA PARCHI ALPINI” - CUP B22H23013660007
WP 3 Conoscenza delle risorse idriche e ripristino degli
ambienti acquatici
Attività 3.2 “Zoom funzionali - Studio sulle zone umide del
Parco fluviale Gesso e Stura”**

Resp. Scientifici: Prof. Domenico Antonio De Luca, Prof.ssa Manuela Lasagna
Collaboratori: Dott. Daniele Cocca, Dott.ssa Elena Egidio

LUGLIO 2025

Sommario

Premessa.....	6
Dati trasmessi.....	8
1. Ricerca dati pregressi relativi all’assetto idrogeologico del Parco fluviale Gesso-Stura e aree limitrofe - Ricerca e analisi di dati pregressi relativi a ubicazione e caratteristiche di aree umide, risorgive e rapporti fiume-falda	9
1.1 Area d’indagine.....	9
1.2 Assetto geologico-idrogeologico	11
1.3 Rapporti fiumi-falda.....	17
1.4 Zone umide	19
1.4.1 Fontanili e risorgive	21
1.4.2 Canali	27
1.5 Consultazione Banche Dati sulle Zone Umide	29
1.5.1 Banca dati Zone umide della Regione Piemonte	29
1.5.2 Dati disponibili dal portale SIRI (Sistema informativo Risorse Idriche).....	32
2. Studio dei parametri climatici, relativamente a precipitazione e temperatura dell’aria, mediante analisi di serie storiche disponibili.....	35
2.1 Approccio metodologico.....	37
2.1.1 Il test di Mann-Kendall	37
2.1.2 L’estimatore di Theil-Sen	37
2.2 Risultati	39
2.2.1 Stazione meteorologica Fossano.....	41
2.2.2 Stazione meteorologica Cuneo (Cascina Vecchia)	43
2.2.3 Stazione meteorologica Morozzo.....	45
2.3 Conclusioni	47
3. Studio delle portate dei fiumi principali dell’area di interesse mediante analisi di serie storiche disponibili.....	48
3.1 Approccio metodologico.....	50
3.2 Risultati	51
3.2.1 Idrometro Andonno Gesso	53
3.2.2 Idrometro Gaiola Stura di Demonte.....	56
3.2.3 Idrometro Fossano Stura di Demonte	59
3.2.4 Idrometro Robilante Vermenagna.....	62
4. Studio del livello piezometrico e della temperatura delle acque sotterranee relativo all’acquifero a falda libera e valutazione di eventuali trend mediante analisi di serie storiche disponibili in pozzi di monitoraggio	65

4.1 Approccio metodologico.....	67
4.2 Risultati	68
4.2.1. Piezometro P1 – Busca	72
4.2.3 Piezometro P4 - Fossano.....	78
4.2.4 Piezometro P5 – Vottignasco	81
4.2.5 Piezometro P23 – Fossano	84
4.2.6 Piezometro T1 – Cuneo.....	87
4.2.7 Piezometro T2 – Morozzo.....	90
4.2.8 Piezometro T3 – Beinette.....	93
4.2.9 Piezometro T6 – Bene Vagienna	96
4.3 Conclusioni	99
5.Possibili metodi di divulgazione dei risultati.....	102
5.1 Approccio metodologico.....	102
5.2 Risultati	103
5.2.1. Piezometro P1 – Busca	104
5.2.2 Piezometro P2 – Tarantasca.....	105
5.2.3 Piezometro P4 – Fossano	106
5.2.4 Piezometro P5 – Vottignasco	107
5.2.5 Piezometro P23 – Fossano	108
5.2.6 Piezometro T1 – Cuneo.....	109
5.2.7 Piezometro T2 – Morozzo.....	110
5.2.8 Piezometro T3 – Beinette.....	111
5.2.9 Piezometro T6 – Bene Vagienna	112
5.3 Discussione e Conclusioni	113
6. Analisi del livello piezometrico relativo all’acquifero a superficie libera nell’area di interesse mediante campagna di misura in situ - Studio dei rapporti tra corsi d’acqua e acque sotterranee mediante analisi della superficie piezometrica	115
7. Censimento di risorgive e aree umide nell’area di interesse e analisi di modificazione causate dalla variabilità climatica.....	121
7.1 Laghi di San Lorenzo.....	126
7.2 Laghi di San Sebastiano.....	134
7.3 Fontanone.....	143
7.4 Laghi artificiali autostrada	153
7.5 Emergenze versante sul Canale Consortile di Bene.....	162
7.6 Risorgiva 1	173

7.7 Risorgiva 2	183
7.8 Zona umida di Sant’Anselmo	194
7.9 Stagno di Roccasparvera	207
7.10 Risorgiva Santa Croce.....	217
7.11 Risorgiva Ronchi.....	228
7.12 Lago di Sant’Anna	237
7.13 Lago Cargatera.....	247
8. Azioni e gestione integrata per la tutela delle risorse idriche e delle zone umide in risposta al cambiamento climatico	256
8.1 Introduzione generale.....	256
8.2 Inquadramento idroclimatico e vulnerabilità	256
8.3 Criticità del sistema idrico attuale.....	256
8.4 Possibili azioni per la gestione e la difesa delle risorse idriche e delle zone umide	257
8.4.1 Misure di risparmio idrico in ambito domestico	257
8.4.2 Misure di risparmio idrico in agricoltura	257
8.4.3 Misure di risparmio idrico in ambito industriale	258
8.4.4 Raccolta e uso dell’acqua piovana	259
8.4.5 Recupero e riuso delle acque reflue	259
8.4.6 Riduzione delle perdite idriche nelle reti	259
8.4.7 Incremento della copertura vegetale	260
8.4.8 Gestione degli acquiferi e tutela e monitoraggio delle falde	260
8.4.9 Controllo e censimento dei prelievi idrici.....	262
8.4.10 Criteri di priorità nella distribuzione della risorsa	263
8.4.11 Azioni per la conservazione delle zone umide in risposta alla variabilità climatica ...	264
8.4.12 Educazione ambientale e partecipazione pubblica.....	266
8.4.13 Necessità di un Osservatorio Nazionale Permanente e Gestione Integrata delle Risorse Idriche	267
8.5 Esempi di gestione sostenibile della risorsa idrica e di best practices in territori analoghi ...	269
8.5.1 Il Progetto FonTe della Regione Lombardia.....	269
8.5.2 L’esperienza austriaca: la riqualificazione Idroecologica del Fiume Inn a Zams.....	271
8.5.3 I-SWAMP – Monitoraggio e conservazione delle piccole aree umide alpine.....	271
8.5.4 NEMOS – Reti Umide Alpine per la Biodiversità e la Comunità in Trentino Alto Adige	272
8.5.5 Progetto LIFE Insubricus – Un modello di tutela ecologica nel Parco del Po Torinese.....	274
8.5.6 Parco Fluviale Sarca – Un corridoio ecologico dalle Alpi al Garda.....	275

8.6 Spunti operativi per indirizzare eventuali successivi investimenti/finanziamenti: proposta di una rete di monitoraggio della falda superficiale nel Parco fluviale Gesso-Stura	276
8.6.1. Struttura della rete di monitoraggio continua e proposta di ubicazione dei piezometri	276
8.6.2. Caratteristiche tecniche per il monitoraggio presso le opere di captazione	277
8.6.3 Conclusioni	279
8.7 Interventi e politiche per la difesa delle zone umide in un Parco fluviale	279
8.7.1 Azioni pratiche	279
8.7.2 Strumenti di governance e pianificazione	280
8.8 Priorità di interventi a scala locale nel territorio del Parco fluviale Gesso-Stura.....	282
8.9 Sintesi conclusiva, raccomandazioni strategiche e ruolo del Parco.....	286
Conclusioni	287
Bibliografia	291

Premessa

La presente relazione riporta i risultati delle attività condotte dal Dipartimento di Scienze della Terra (DST) dell'Università degli Studi di Torino nell'ambito dell'Accordo attuativo per l'attività di studio e ricerca sulle zone umide del Parco Fluviale Gesso e Stura connessa al Progetto Interreg Alcotra 2021-2027 N. 20138 "ACLIMO" [CUP B22H23013660007 CIG B1B801F2BA] – wp 3.2 "Zoom funzionali" con il Comune di Cuneo – Ente Gestore del Parco fluviale Gesso e Stura.

Le attività condotte dal DST hanno previsto, come riportato nell'Allegato A dell'Accordo, vari approfondimenti elencati nel seguito con l'indicazione del relativo capitolo:

Ricerca e analisi di dati pregressi relativi a ubicazione e caratteristiche di aree umide, risorgive e rapporti fiume-falda (*Capitolo 1*);

Ricerca dati pregressi relativi all'assetto idrogeologico del Parco fluviale Gesso e Stura e aree limitrofe (*Capitolo 1*);

Studio dei parametri climatici, relativamente a precipitazione e temperatura dell'aria, mediante analisi di serie storiche disponibili (*Capitolo 2*);

Studio delle portate dei fiumi principali dell'area di interesse mediante analisi di serie storiche disponibili (*Capitolo 3*);

Studio del livello piezometrico relativo all'acquifero a falda libera e valutazione di eventuali trend mediante analisi di serie storiche disponibili in pozzi di monitoraggio (*Capitolo 4*);

Studio della temperatura delle acque sotterranee e valutazione di eventuali trend mediante analisi di serie storiche disponibili in pozzi di monitoraggio (*Capitolo 4-5*);

Analisi livello piezometrico relativo all'acquifero a superficie libera nell'area di interesse mediante campagna di misura in situ (*Capitolo 6*);

Censimento di risorgive e aree umide nell'area di interesse e analisi di modificazione causate dalla variabilità climatica (*Capitolo 7*);

Studio dei rapporti tra corsi d'acqua e acque sotterranee mediante analisi della superficie piezometrica (*Capitolo 6*).

Come previsto dal testo dell'Accordo, i risultati attesi dalle attività condotte hanno riguardato:

Definizione dell'assetto idrogeologico dell'area oggetto di studio (*Capitolo 1*);

Mappatura delle zone umide e delle risorgive presenti sul territorio del Parco fluviale Gesso e Stura (*Capitoli 1-7*);

Cartografia della superficie piezometrica relativamente all'acquifero a falda libera (*Capitolo 6*);

Definizione dei trend dei livelli piezometrici e della temperatura delle acque sotterranee in relazione alla variabilità climatica (*Capitolo 4-5*);

Definizione dei trend delle portate dei corsi d'acqua superficiali in relazione alla variabilità climatica (*Capitolo 3*);

Definizione degli effetti della variabilità climatica su acque superficiali e sotterranee nell'area di interesse (*Capitoli 2-3-4-5*).

Azioni e gestione integrata per la tutela delle risorse idriche e delle zone umide in risposta al cambiamento climatico (*Capitolo 8*)

Dati trasmessi

In merito alle attività oggetto del presente accordo, il Parco Fluviale Gesso e Stura si è impegnato a fornire dati pregressi a propria disposizione, nonché permettere l'ingresso e fornire assistenza per l'accesso all'area del Parco.

Sono stati raccolti e sistematizzati i dati ricevuti dall'Ente Parco, di seguito elencati:

- Piano regolatore della città di Cuneo con relazione e carte geologiche del Comune Cuneo (2011);
- Relazione generale sulla Caratterizzazione preliminare degli impatti della vecchia discarica di S. Anselmo (Bortolami & Di Molfetta, 2011): Studio della discarica area Sant'Anselmo con ubicazione dei 4 piezometri realizzati;
- Documentazione su 4 idrometri nell'area del Parco: dati storici delle letture dei 4 idrometri, con ubicazione geografica e file word descrittivo degli archi temporali dei dati disponibili;
- Shapefile dell'area del Parco;
- Informazioni sulle collocazioni del documento "Fra Gesso e Stura" presso le biblioteche site in Torino;
- Ubicazioni delle zone umide di prioritario interesse nell'area del Parco Fluviale Gesso e Stura.

In aggiunta, sono state fornite informazioni relative alla consultazione del Sistema Informativo Risorse Idriche (SIRI), informazioni sulla presenza di pozzi domestici nell'area di Centallo e dati sull'esistenza di piezometri realizzati per la costruzione dell'Autostrada Asti-Cuneo. Inoltre, è stata comunicata l'individuazione di due piezometri a seguito di un sopralluogo nell'area di Sant'Anselmo.

1. Ricerca dati pregressi relativi all'assetto idrogeologico del Parco fluviale Gesso-Stura e aree limitrofe - Ricerca e analisi di dati pregressi relativi a ubicazione e caratteristiche di aree umide, risorgive e rapporti fiume-falda

I primi due punti dell'accordo relativi ai dati pregressi sull'assetto idrogeologico, ubicazione e caratteristiche di aree umide, risorgive e rapporti fiume-falda sono stati uniti al fine di costituire una parte introduttiva omogenea sullo stato delle conoscenze pregresse.

L'analisi della letteratura geologica ed idrogeologica dell'area interessata dal Parco fluviale Gesso e Stura e aree limitrofe, unitamente alle informazioni messe a disposizione dal Parco, si pone di definire il contesto geologico e idrogeologico generale riportando le principali caratteristiche della circolazione idrica sotterranea.

La ricerca ed analisi di dati pregressi relativi alle ubicazioni e alle caratteristiche delle aree umide tramite la consultazione di fonti di letteratura, dati storici e banche dati permette di fornire una panoramica delle informazioni esistenti.

1.1 Area d'indagine

Lo studio è stato affrontato considerando due aree d'indagine, entro le quali sono state finalizzate attività differenti (Fig. 1.1).

Una prima area d'interesse corrisponde al territorio del **Parco fluviale Gesso e Stura**, con estensione di 5.500 ettari. All'interno di quest'area sono state svolte le attività finalizzate allo studio delle aree umide da valorizzare.

Una seconda area d'interesse corrisponde alla porzione di pianura posta entro un raggio di 5 km dalla **zona di Sant'Anselmo**, la quale ingloba le pianure terrazzate poste in destra e sinistra idrografica del Fiume Stura di Demonte, oltre alla fascia di pianura ai piedi delle scarpate e prossima all'alveo. Tale area ha una estensione pari a 116 km². All'interno di questa porzione sono state svolte le attività relative all'analisi del livello piezometrico dell'acquifero a superficie libera mediante campagna di misura in situ e lo studio dei rapporti tra corsi d'acqua e acque sotterranee mediante analisi della superficie piezometrica.

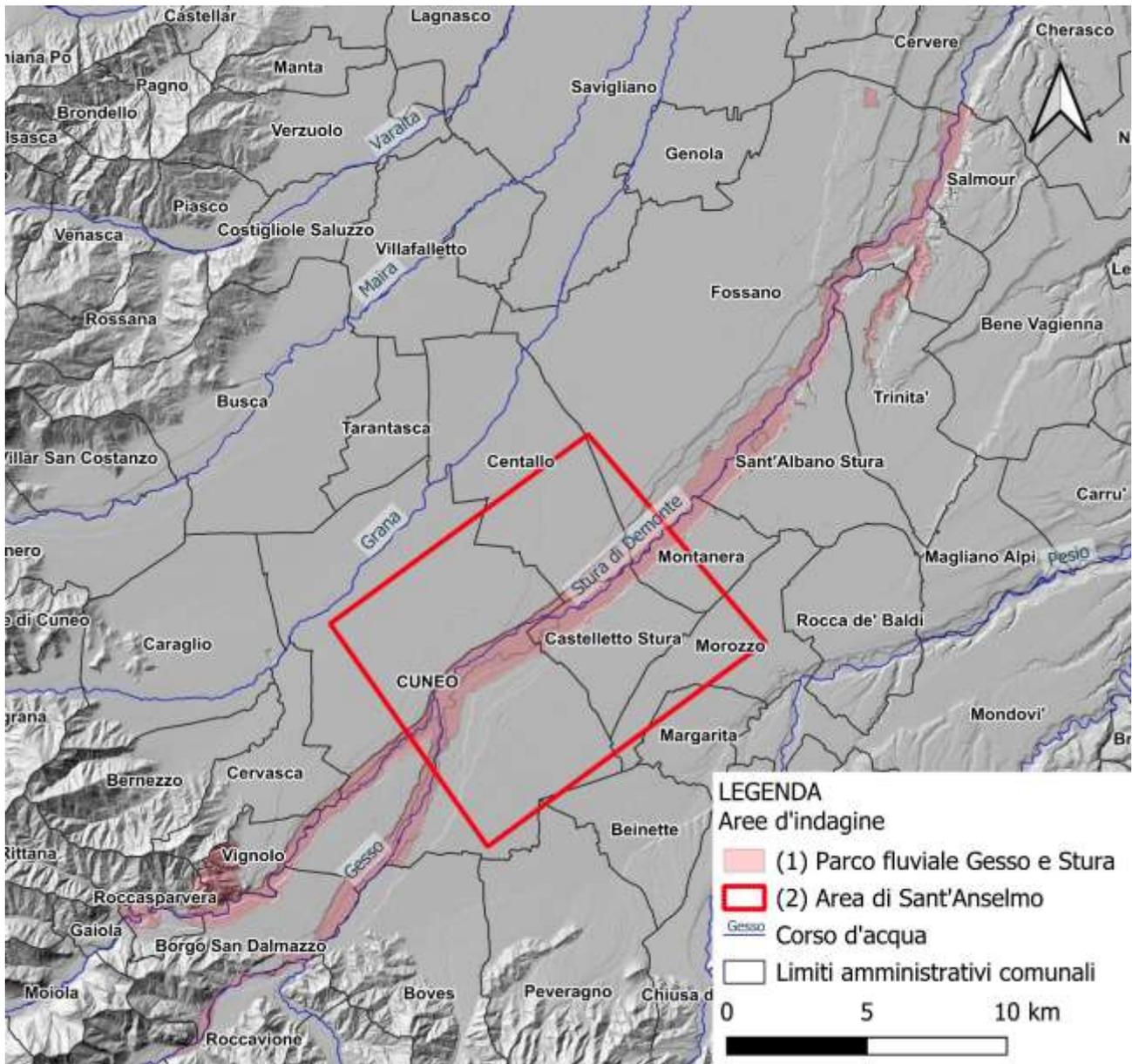


Figura 1.1. Ubicazione delle aree d'indagine: (1) Parco fluviale Gesso e Stura, (2) area di Sant'Anselmo.

1.2 Assetto geologico-idrogeologico

L'assetto geologico ed idrogeologico dell'area di pianura che comprende le aree di indagine è stato affrontato in numerosi studi.

L'assetto geologico della pianura cuneese è rappresentato dalla sovrapposizione di una coltre alluvionale su di un substrato marino piegato e fagliato. Lo spessore di tale coltre è quindi in diretto rapporto con l'assetto morfostrutturale del substrato. Sono quindi le strutture antiformali e sinformi, le faglie e i sovrascorrimenti, e le platee d'erosione che creano una geografia molto accidentata del substrato facendo variare lo spessore del materasso alluvionale (tale spessore è compreso tra le centinaia di metri nella pianura cuneese).

Sulla base dei dati di letteratura e dei dati litostratigrafici, quali ad esempio le stratigrafie di sondaggi e pozzi, l'assetto idrogeologico del settore di pianura può essere schematizzato come di seguito descritto.

La Sequenza Quaternaria nel settore di pianura, costituita da depositi fluviali e fluvioglaciali, mostra spessore variabile, di età compresa tra il Pliocene e l'Olocene, nell'ambito della quale sono riconoscibili il Complesso Alluvionale principale e il Complesso Alluvionale antico. Questi complessi costituiscono il lembo maggiormente superficiale della successione stratigrafica di pianura sulla sua pressoché intera estensione. Al di sotto si riscontrano la Sequenza Terrigena costituita da vari complessi quali il Complesso Terrigeno delle Alternanze, di età pliocenica inf. - pleistocenica inf inglobante i depositi villafranchiani e pliocenici, e dai complessi attinenti al Bacino Terziario Piemontese quali il Complesso Argilloso-Gessoso, il Complesso Arenaceo-Marnoso ed il Complesso Arenaceo-Conglomeratico.

Nell'area di studio sono affioranti esclusivamente depositi quaternari costituiti da depositi alluvionali (Fig. 1.2).

Al fine di fornire una panoramica generale, è riportata nei seguenti paragrafi la suddivisione in complessi idrogeologici dell'area di pianura e relative descrizioni (Bove et al., 2005).

Complesso Alluvionale principale: depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi a matrice limosa localmente cementati con ciottoli e blocchi anche di taglia notevole. Potenti orizzonti limoso-argillosi ascrivibili ad ambienti lacustri. Depositati fluviali e di debris flow, depositi fluvioglaciali. La permeabilità, per porosità, è generalmente da alta a media con variazioni sia laterali che verticali. Importanti sistemi acquiferi multilivello prevalentemente liberi con locali situazioni di confinamento ed in connessione con il reticolo idrografico superficiale.

Complesso Alluvionale antico: depositi ciottoloso-ghiaiosi talora con grossi blocchi, con abbondante matrice limosa-argillosa e con potente coltre di alterazione superficiale. Depositati fluviali e di debris flow, depositi fluvioglaciali, terrazzi fluviali. Complessivamente la permeabilità per porosità è media, ma sussistono livelli a granulometria più fine a scarsa permeabilità. Acquiferi multilivello generalmente sospesi rispetto a quelli del Complesso Alluvionale principale.

La pianura cuneese, vasta circa 1000 km², è divisa morfologicamente in due settori principali dal Torrente Stura di Demonte, che scorre profondamente incassato, incidendo sia i depositi quaternari che quelli più antichi. Al fine di descrivere nel dettaglio l'assetto geologico ed idrogeologico del settore di pianura, vengono suddivise nel seguito le descrizioni secondo queste due aree.

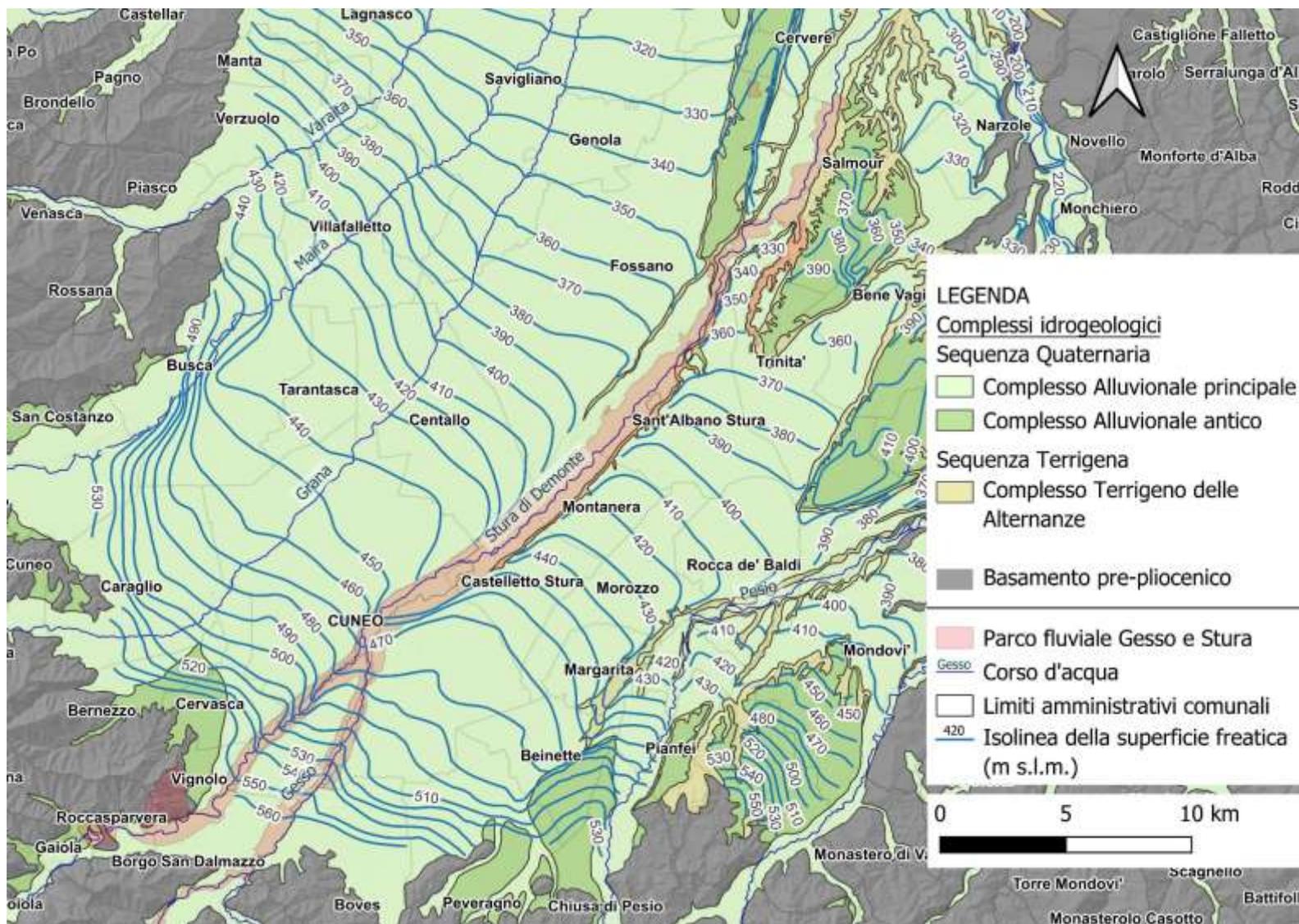


Figura 1.2. Carta dei complessi idrogeologici della pianura cuneese meridionale (Piana et al., 2017, modificato) e piezometria dell'acquifero superficiale (estate 2016) (De Luca et al., 2020).

Nel seguito si definisce come “falda superficiale”, la falda idrica più vicina alla superficie del piano campagna; tale falda presenta le seguenti caratteristiche:

è generalmente di tipo libero, anche se può presentare condizioni di confinamento locale;

è alimentata anche dalle acque di infiltrazione provenienti dalla superficie del piano campagna;

è in diretta connessione con i corsi d'acqua.

L'acquifero che contiene la Falda Superficiale è definito come “acquifero superficiale”. Più in profondità seguono in genere acque sotterranee che appartengono a circuiti di flusso più profondi; le falde corrispondenti sono dette “Falde Profonde, e “acquiferi profondi” gli acquiferi che le contengono (Bove et al., 2005).

Le Falde Profonde possono presentare condizioni di confinamento e di interconnessione variabili in funzione dei livelli impermeabili (in genere limi e argille) che le caratterizzano.

Pianura Cuneese in sinistra idrografica del Torrente Stura di Demonte

La pianura cuneese è sviluppata tra una quota massima di circa 600 m s.l.m. nel settore meridionale, presso l'abitato di Dronero, e una minima circa 180 m s.l.m. in corrispondenza al comune di Racconigi. Questa porzione di Pianura Padana è delimitata a Sud e ad Ovest dai rilievi alpini e ad Est dai rilievi collinari, e al margine nordorientale dell'area dall'Altopiano di Poirino avente caratteristiche litostratigrafiche e idrogeologiche distinte.

L'area in esame è drenata dal Fiume Po unitamente dai suoi affluenti, tra i quali il Torrente Maira e il Torrente Varaita e dal Fiume Tanaro e i suoi affluenti come il Torrente Stura di Demonte e il Torrente Pesio. Il settore in sinistra idrografica è costituito da una pianura solcata dai torrenti Grana-Mellea, Maira e Varaita e blandamente digradante verso NE dove, in prossimità della fascia pedemontana, sono ancora riconoscibili le conoidi formatesi allo sbocco delle principali vallate. Generalmente i corsi d'acqua sono poco approfonditi ad eccezione del Torrente Maira che, nella parte alta della pianura, presenta più ordini di terrazzi (Bove et al., 2005).

La sequenza litostratigrafica tipica risulta costituita dalla presenza in superficie della Sequenza Quaternaria con il Complesso Alluvionale Principale e il Complesso Alluvionale Antico di età pliocenico-olocenica aventi spessore variabile da alcune decine di metri nel settore settentrionale dell'area a spessori considerevolmente maggiori e valutabili anche superiori alle centinaia di metri nei settori meridionali dell'area relativi alla Pianura Cuneese. Si rinvengono spessori elevati (fino ad alcune centinaia di metri) di depositi grossolani ghiaioso-sabbiosi talora alterati e con abbondante matrice e rare intercalazioni fini. In questi casi risulta estremamente difficoltoso porre un limite tra una circolazione superficiale e una profonda ed è prevedibile che una certa interconnessione tra i diversi livelli acquiferi si mantenga anche in profondità. Ciò non toglie comunque che anche l'alternanza di livelli a conducibilità idraulica non molto differente possa risultare in grado, localmente e a profondità più elevate, di compartimentare gli acquiferi. Tali aree costituiscono, con buona probabilità, le aree di alimentazione delle Falde Profonde confinate presenti più a nord. Procedendo infatti verso NE, compaiono livelli meno permeabili, ghiaie argillose o veri e propri livelli limoso-argillosi appartenenti in profondità alla Sequenza Terrigena con il Complesso

Terrigeno delle Alternanze (Depositi Villafranchiani), di spessore e continuità laterale maggiore, che permettono una più netta separazione della Falda Superficiale dalle falde più profonde.

Al margine orientale dell'area, sono presenti depositi fluviali terrazzati di età pleistocenica inf. alterati con tessiture più fini. I depositi fluviali sono inoltre spesso caratterizzati dalla presenza di livelli fortemente cementati dovuti alla precipitazione di carbonato di calcio. Questi livelli, che possono presentare potenze anche di 50-60 m, non sembrano mostrare un'elevata continuità laterale poiché il grado di cementazione risulta variabile da punto a punto; in particolare, nella parte alta della conoide del Torrente Maira, tra Dronero, Busca e Caraglio. Allontanandosi dalla fascia pedemontana di conoide il grado di cementazione delle alluvioni diminuisce, con una percentuale sempre più alta di frazioni fini; la componente ciottolosa-ghiaiosa, sempre dominante, è accompagnata da sabbie per lo più associate a ghiaie come matrice e livelli limoso-argillosi in corpi lenticolari.

Nel settore settentrionale dell'area, inferiormente alla Sequenza Quaternaria, è presente la Sequenza Terrigena col Complesso Terrigeno delle Alternanze (Depositi Villafranchiani), caratteristico dell'ambiente di sedimentazione deltizio-lacustre-palustre; tale complesso risulta costituito da depositi fini di natura limoso-argillosa alternati a livelli di depositi sabbiosi e ghiaiosi. Nel settore settentrionale dell'area, inferiormente ai Depositi Villafranchiani del Complesso Terrigeno delle Alternanze sono presenti i Depositi Marini Pliocenici, caratterizzata da un ricco contenuto fossilifero, e dai sottostanti Depositi Argilloso-siltoso-sabbiosi Marini.

L'acquifero superficiale è ospitato nella Sequenza Quaternaria di età pleistocenica inf. - attuale con spessori progressivamente minori da S a N; la produttività di tale acquifero risulta maggiore in corrispondenza delle alluvioni recenti dei corsi d'acqua e nei settori meridionali relativi alla pianura cuneese, caratterizzati da granulometrie maggiori. La falda superficiale presenta condizioni di soggiacenza elevata in corrispondenza degli sbocchi vallivi con valori anche superiori a 50 m (Stura di Demonte, Val Grana, Val Maira, Val Varaita, Valle Po), le condizioni di soggiacenza minima si riscontrano lungo l'asse centrale della Pianura Cuneese (< 5 m). La morfologia della superficie piezometrica della falda superficiale evidenzia il rapporto di interconnessione con il reticolo idrografico; in particolare, si osserva come il settore meridionale dell'area sia caratterizzato da una azione alimentante svolta dai principali corsi d'acqua (Torrente Maira e Torrente Varaita), mentre il Fiume Po risulta invece svolgere un'azione drenante.

Una separazione litologica tra gli acquiferi contenenti la falda superficiale e quelli contenenti le falde profonde risulta ben individuabile nel settore settentrionale dell'area a causa della marcata differenziazione granulometria dei depositi. Inferiormente all'acquifero superficiale è presente un sistema di falde sovrapposte in pressione contenute nei livelli a tessitura più grossolana (sabbie e ghiaie) presenti all'interno dei depositi villafranchiani del Complesso Terrigeno delle Alternanze precedentemente descritti e, talora, nella porzione sottostante dei Depositi Marini Pliocenici. Nel settore meridionale, la presenza quasi esclusiva di sedimenti grossolani, anche se con diversi gradi di alterazione, non consente di separare la falda superficiale sulla base delle sole caratteristiche litostratigrafiche.

Pianura Cuneese in destra idrografica del Torrente Stura di Demonte

L'area, sviluppata tra una quota massima di circa 600 m nel settore meridionale, presso l'abitato di Boves, e una minima circa 200 m s.l.m. in corrispondenza della confluenza del Torrente Stura di Demonte nel Fiume Tanaro, presso l'abitato di Cherasco, è costituita dalla porzione di Pianura Cuneese facente parte del bacino del Fiume Tanaro. Questa è delimitata a W dall'asta del Fiume Stura

di Demonte, ad E dai rilievi collinari delle Langhe a S dai rilievi alpini e a N dalla confluenza tra il Torrente Stura di Demonte e il Fiume Tanaro, in corrispondenza della stretta di Cherasco.

L'area in esame è drenata dal Fiume Tanaro e dai suoi affluenti; tra i più importanti si riporta il Torrente Stura di Demonte. Morfologicamente, la pianura in destra Stura è caratterizzata da profonde incisioni fluviali (torrenti Gesso, Pesio, Pogliola, Ellero, Mondalavia, ecc..) che la suddividono in ulteriori elementi, alcuni dei quali completamente isolati; l'intero settore si raccorda ai rilievi alpini attraverso una serie di altipiani pedemontani (Altipiani di Eula, Roracco, Peveragno, Pianfei e Beinette) spesso con più ordini di scarpate secondarie. Nel lembo nord-orientale della pianura, gli altipiani isolati di Marene, Fossano, Salmour e del Beinale, con caratteristiche litologiche, pedogenetiche ed età di formazione molto simili a quelle dei terrazzi pedemontani, costituiscono altrettanti domini idrogeologici disaggregati dal resto della pianura (Bove et al., 2005).

La sequenza litostratigrafica tipica è caratterizzata dalla presenza in superficie della Sequenza Quaternaria con i Complessi Alluvionali Principale ed Antico di età pliocenica-olocenica: il livello fondamentale della pianura è costituito dai sedimenti recenti di natura ghiaioso-ciottolosa con abbondante matrice sabbiosa di età Olocenica, tali depositi risultano alterati in superficie in un suolo profondamente modificato dall'attività agricola. I depositi più antichi risultano presenti in affioramento sui terrazzi di Bene Vagienna e Salmour e sugli "alti terrazzi" (terrazzo di Beinette, Roracco e Pianfei); tali depositi, di natura prevalentemente ciottoloso-ghiaiosa, risultano essere fortemente alterati specie nella porzione più superficiale con la formazione di una coltre limoso-argillosa. Sugli altopiani di Bene Vagienna e Salmour tali depositi, potenti circa 10 m, si trovano a quote nettamente superiori rispetto al livello fondamentale della pianura risultando nettamente separati da questo. Nella fascia tra Fossano e Margarita, la componente grossolana è costituita da una prevalenza di sabbia e le intercalazioni argillose sono scarse. Inferiormente le intercalazioni argillose divengono sempre più frequenti (Depositi Villafranchiani del Complesso Terrigeno delle Alternanze).

La successione litostratigrafica continua con i sottostanti Depositi Marini di età pliocenica del medesimo complesso, costituita nella parte alta dalla successione dei Depositi Sabbiosi Marini in facies di "Astiano" e nella parte bassa dai Depositi Marini argilloso-siltoso-sabbiosi in facies di "Piacenziano". Inferiormente è presente il Complesso Arenaceo-Marnoso Prepliocenico. Tali sedimenti costituiscono il proseguimento delle varie formazioni pre-plioceniche affioranti in corrispondenza dei rilievi collinari. Particolare importanza riveste in questo settore la presenza della Formazione Gessoso-Solfifera del Messiniano (Complesso Argilloso-Gessoso) affiorante nella porzione nordorientale dell'area, poiché i sedimenti ad essa ascrivibili influiscono sul chimismo delle acque nelle zone in cui essa costituisce il substrato delle falde o in quelle di pianura prossime alle aree dove si trova in affioramento. Data la natura fine dei sedimenti che formano i depositi terziari marini prepliocenici, questi possono essere considerati impermeabili.

La direzione di flusso generale della falda superficiale è verso NE anche se la particolare conformazione geomorfologica dell'area, caratterizzata dalla presenza di forme terrazzate, influenza notevolmente la morfologia della superficie piezometrica. Le porzioni di pianura risultano sospese rispetto ai corsi d'acqua dei Torrente Gesso e Stura di Demonte ad W, del Torrente Pesio a S e del Fiume Tanaro a E. I principali fiumi risultano quindi essere incassati rispetto alla superficie piezometrica della falda a superficie libera e pertanto svolgono un'azione drenante su di essa. Le isopieze tendono infatti ad incurvarsi in corrispondenza delle scarpate principali assumendo un andamento circa parallelo a queste, a causa della brusca perdita del carico idraulico in loro prossimità.

Numerose sono infatti le sorgenti lungo i principali orli di terrazzo. Sul terrazzo di Bene Vagienna i depositi fluviali, fortemente alterati in superficie, costituiscono un acquifero superficiale a bassa produttività. Sul terrazzo di Salmour la bassa produttività dei depositi fluviali è anche testimoniata dall'esiguo numero dei pozzi; infatti ai pozzi venivano preferite le cisterne atte a raccogliere l'acqua piovana per soddisfare i fabbisogni idrici ad uso domestico (oggi sostituite dal servizio acquedottistico comunale). Sugli altopiani di Bene Vagienna e Salmour è ancora una volta la morfologia della superficie topografica ad influenzare fortemente la piezometria della falda a superficie libera. L'andamento delle isofreatiche individua un alto in posizione centrale che funge da spartiacque con conseguente divergenza dei flussi verso le scarpate dei terrazzi. A est il Fiume Tanaro, incassato di oltre 80 m, svolge un'azione drenante riscontrabile anche nel Settore del Fondovalle Tanaro.

La falda superficiale presenta condizioni di soggiacenza maggiore in corrispondenza degli sbocchi vallivi con valori compresi fra 20 e 50 m (Stura di Demonte, Val Vermenagna), mentre le condizioni di soggiacenza minima si riscontrano lungo l'asse centrale della pianura e sui terrazzi (< 5 m).

I gradienti più elevati sono riscontrabili in prossimità della fascia pedemontana (0,009) e nella stretta fascia di pianura a N del Comune di Sant'Albano Stura tra l'incisione del Torrente Veglia a E e del Torrente Stura di Demonte a W. Il gradiente medio del tratto centrale della pianura cuneese presa in considerazione è di 0,007. Nei pressi di Tetti Pesio (Comune di Cuneo, a S di Castelletto Stura) l'andamento delle isofreatiche mostra però una sensibile riduzione del gradiente (0,004) coincidente con la storica presenza dei fontanili lungo un allineamento circa NW-SE che da Tetti Pesio giunge sino al Lago di Beinette. A valle di Trinità il gradiente (0,003) diminuisce notevolmente sino al Comune di Narzole; mentre a N di Narzole la configurazione morfologica fa sì che il gradiente sia di nuovo in crescita.

1.3 Rapporti fiumi-falda

In generale, i corsi d'acqua sono solitamente associati al sistema delle acque sotterranee attraverso gli acquiferi superficiali.

La carta piezometrica relativa alla falda superficiale a livello regionale permette di identificare le relazioni esistenti con il reticolo fluviale (Fig. 1.3).

A livello regionale, i rapporti tra i corsi d'acqua e la falda superficiale sono strettamente interconnessi e variano in funzione delle caratteristiche geomorfologiche ed idrogeologiche del territorio. Nella fascia pedemontana, dove i depositi alluvionali sono più grossolani (ghiaie e sabbie), i corsi d'acqua tendono ad alimentare l'acquifero superficiale, grazie all'elevata permeabilità dei sedimenti, identificando le aree di ricarica degli acquiferi profondi. In questo caso il corso d'acqua è definito come un corso d'acqua alimentante.

Progredendo verso la pianura ed allontanandosi dai rilievi alpini, i sedimenti diventano progressivamente più fini (limi e argille), riducendo la permeabilità e ostacolando l'infiltrazione. Qui la falda può affiorare o avvicinarsi alla superficie, e i fiumi possono essere alimentati da essa, svolgendo quindi un'azione "drenante" sulla falda. In questi tratti, la presenza di risorgive è un'evidenza chiara del sollevamento della falda verso la superficie.

I rapporti tra fiumi e falda sono quindi dinamici e stagionali: durante i periodi di piena, i fiumi possono ricaricare la falda anche in pianura; nei periodi siccitosi, il flusso può invertirsi. L'interazione è influenzata anche dalle opere antropiche come canali, bonifiche e prelievi irrigui, che modificano i regimi idrici naturali.

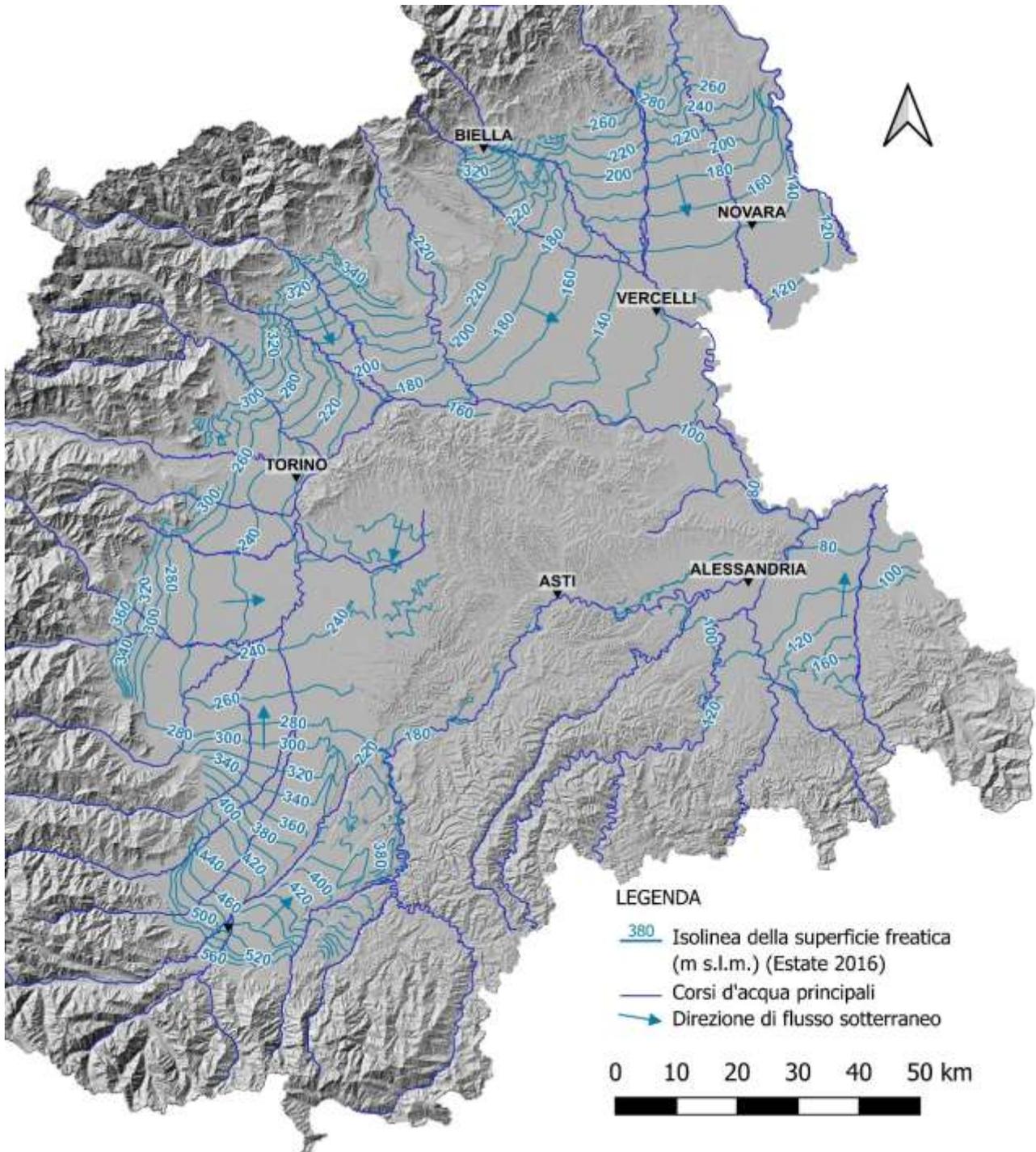


Figura 1.3 Carta piezometrica della pianura piemontese (estate 2016) (De Luca et al., 2020).

1.4 Zone umide

Come riportato nel documento “Le zone umide del Piemonte” redatto da Regione Piemonte (Regione Piemonte, 2011), il termine “zona umida” viene attribuito ad una varietà di ambienti accomunati sia dalla presenza di acqua sia di vegetazione igrofila. Tale eterogeneità si traduce in una molteplicità di denominazioni in ambito internazionale che rendono difficoltoso il raggiungimento di una definizione univoca e riconosciuta; difficoltà che risulta altresì legata alle caratteristiche peculiari che questi ambienti presentano, tra cui:

- la variabilità della presenza di acqua e del livello di saturazione idrica del suolo che può essere costante (ad es. nei laghi), oppure legata a fasi di inondazione (ad es. nelle zone perfluviali) o ad altri apporti idrici episodici (ad es. nelle pozze ed acquitrini);
- il carattere ecotonale delle zone umide che rappresentano spesso un ambiente di transizione tra due ecosistemi contigui, per cui spesso le zone umide non sono facilmente caratterizzabili ed identificabili;
- la natura graduale e intrinsecamente variabile di tali habitat: le zone umide si sviluppano infatti lungo un gradiente spazio-temporale di umidità, che va dagli ecosistemi terrestri a quelli acquatici veri e propri;
- la grande varietà di specie che caratterizza le zone umide, comprendente sia organismi acquatici specializzati, che organismi adattabili a molteplici condizioni ambientali;
- la difficoltà di definire i confini della zona umida: l'instabilità del livello idrico determina una variabilità delle superfici occupate da tali ambienti rendendo difficoltosa e a volte artificiosa la definizione dei limiti spaziali.

Una definizione riconosciuta da diversi anni a livello internazionale è quella adottata nell'ambito della Convenzione di Ramsar che recita: “Le zone umide sono aree di prati umidi, paludi, torbiere o aree inondate, sia naturali che artificiali, permanenti o temporanee, con acque ferme o in movimento, sia dolci che salmastre o salate, comprese le aree di acqua di mare la profondità delle quali a marea bassa non superi i sei metri.” Si tratta di una definizione molto ampia e generalista in quanto comprensiva di tutte le zone umide presenti sulla superficie terrestre (sono incluse infatti anche le acque di transizione e buona parte di quelle costiere, comprese le barriere coralline), sebbene rappresenti ancora una delle migliori definizioni tra quelle proposte a livello mondiale e un importante punto di riferimento per chi si occupa di zone umide.

Nell'ambito della redazione della Banca Dati delle Zone Umide Piemontesi sono stati tenuti in considerazione i seguenti criteri di base:

- la presenza di acqua superficiale e/o suolo saturo tale da consentire lo sviluppo di una vegetazione tipica;
- la presenza di una vegetazione igrofila caratteristica che determina le peculiarità biologiche del sistema.

La classificazione adottata ha avuto la finalità di fornire un inquadramento generale che caratterizzasse, a livello regionale, gli ambienti umidi per i quali è stato possibile reperire fonti informative utili.

Tale classificazione, prevede zone umide “naturali e seminaturali” (sorgenti, risorgive e fontanili, acque correnti, zone perfluviali, laghi, stagni e paludi, torbiere, acquitrini e pozze, boschi umidi) e “artificiali” (acque correnti artificiali, risaie, invasi artificiali, laghi di cava) (Tab. 1.1).

Tabella 1.1. Tipologie di zone umide censite nella Regione Piemonte (Regione Piemonte, 2011).

Tipologia zona umida	Definizione
Sorgenti	Punti di affioramento naturale delle acque di falda.
Risorgive e fontanili	Emergenze idriche puntuali o diffuse legate all'affioramento della superficie piezometrica dell'acquifero libero nelle aree di pianura. Con il termine "fontanili" si indicano escavazioni artificiali per captare le acque delle risorgive a fini irrigui.
Acque correnti	Corsi d'acqua con movimento unidirezionale, sono classificati in base al regime idrologico, alla durata di permanenza dell'acqua ed alla zonazione ittica.
Zone perifluviali	Insieme di ambienti quali lame, golene, lanche e zone paludose che si formano in vicinanza di aree fluviali.
Laghi	Corpi idrici naturali lentic, superficiali, interni, fermi, di acqua dolce, dotati di significativo bacino scolante.
Stagni e paludi	Acque dolci stagnanti perenni, profonde meno di sei metri aventi superficie ingombra in varia misura di vegetazione acquatica e possibili aree a vegetazione arborea.
Torbiere	Aree di accumulo lento e continuo di residui organici (prevalentemente vegetali), localizzate in depressioni del terreno dove si raccoglie l'acqua; si ha formazione di torba dovuta al progredire dell'umificazione.
Acquitrini e pozze	Bacini di profondità esigua, che a massimo invaso non supera i 50 cm, soggetti pertanto a significative e molto brusche fluttuazioni stagionali e giornaliere dei principali parametri chimico-fisici.
Boschi umidi	Formazioni forestali su terreni più o meno evoluti ad alta umidità.
Acque correnti artificiali	Canali e fossi di derivazione fluviale, lacuale o altro; per irrigazione, bonifica, impianti idroelettrici, scopi industriali, acquedotti, drenaggio, fognature, ecc. dotati o meno di rivestimento su sponde e fondo.
Risaie	Terreni pianeggianti allagati per la coltivazione del riso.
Invasi artificiali	Corpi idrici fortemente modificati, corpi lacustri naturali, ampliati o artificiali.
Laghi di cava	Piccoli laghi dovuti alle attività di estrazione di sabbia e ghiaia, spesso collocati nelle fasce di pertinenza fluviale dei corsi d'acqua di pianura.

1.4.1 Fontanili e risorgive

Come riportato nel documento “Le zone umide del Piemonte” redatto da Regione Piemonte (Regione Piemonte, 2011), con il termine di “risorgiva” si definisce l’emergenza idrica puntuale o diffusa legata all’affioramento della superficie piezometrica dell’acquifero libero nelle aree di pianura. Si differenziano dalle sorgenti in quanto sono presenti in corrispondenza di variazioni di permeabilità nei depositi clastici lungo le aree di pianura dove sono state spesso sfruttate a fini agricoli ed irrigui tramite sistemi di escavazione artificiali chiamati con il termine di “fontanili”. Le venute a giorno delle acque vengono classificate, in base alla loro morfologia, in “polle” (dalla forma subcircolare e ben definita), “fontanai” (nei quali l’emersione delle acque è favorita dalla presenza di cavità più o meno profonde ed a volte collegate da fossati) e “affioramenti” (se la fuoriuscita delle acque avviene attraverso le ghiaie senza alcuna struttura particolare presente).

La presenza delle risorgive dipende da diversi fattori quali la topografia dell’area, la geometria dei corpi di rocce sciolte interessate, la potenza della falda e le periodiche variazioni della stessa in funzione dell’alimentazione a monte.

La temperatura delle acque di risorgiva è piuttosto costante nell’arco delle stagioni, con una media che oscilla fra i 10° ed i 14°. Le deboli variazioni stagionali si registrano con ritardi costanti dell’ordine di 2 - 4 mesi: è così che le acque delle risorgive sono più fredde in aprile e più calde in ottobre. L’acqua è inoltre trasparente per una presenza molto ridotta di materiali solidi in sospensione e presenta concentrazioni di nutrienti molto basse (oligotrofia). Questo insieme di fattori attribuisce ai corsi d’acqua di risorgiva e al loro popolamento vegetale caratteristiche di originalità rispetto alle altre tipologie di specchi d’acqua presenti in Pianura Padana. Questi ambienti ospitano generalmente una ricca vegetazione acquatica con presenza anche di specie rare ed endemiche e ricche comunità animali invertebrate e vertebrate (ad es. si possono trovare trote e temoli) che, nelle acque lentiche di risorgiva, trovano condizioni chimico fisiche particolari simili a quelli che possono essere rilevati in ambienti montani di acque correnti (valori di temperatura, concentrazione di ossigeno disciolto e livello di trasparenza).

Il fontanile rappresenta un ecosistema seminaturale originato da una primitiva risorgiva, imbrigliata e gestita dall’uomo attraverso interventi di scavo e continue operazioni di manutenzione. Nella sua forma più semplice il fontanile è formato da tre componenti principali: la testa, costituita da uno scavo di pochi metri nel terreno, in genere di forma tondeggiante, ove l’acqua della falda freatica fuoriesce attraverso delle piccole opere di presa; la gola, rappresentata da una strozzatura più o meno marcata raccordo tra la testa e l’asta; l’asta, ovvero il fosso o roggia (a seconda della dimensione) che convoglia l’acqua che affiora nella testa verso il reticolo superficiale a fini irrigui; infine le polle, ovvero i punti dai quali fuoriesce l’acqua dal fondo dello scavo.

Il fontanile presenta caratteristiche di qualità chimico-fisiche delle acque simili alle risorgive da cui si origina: le acque sono caratterizzate da limpidezza e basse escursioni termiche; queste infatti sgorgano a temperature che in media si aggirano intorno ai 10°-16°C, con escursioni termiche annuali raramente superiori ai 5°. Ciò costituisce un evidente vantaggio per l’agricoltura, poiché permette in inverno di disporre di acqua d’irrigazione tiepida e in estate di disponibilità idrica anche se la stagione è secca. I pochi fontanili non compromessi dall’azione dell’uomo presentano un ambiente peculiare, molto interessante dal punto di vista sia paesaggistico che naturalistico per la presenza di vegetazione acquatica, galleggiante e sommersa, e in quanto siti di rifugio per molte specie animali.

Il settore di pianura cuneese mostra numerose peculiarità idrogeologiche connesse alla presenza di fontanili e risorgive che sono state oggetto di vari studi nel corso degli anni.

La pianura cuneese vede la storica presenza di numerosi fontanili e risorgive che, soprattutto negli ultimi decenni, sono in diminuzione come numero e in degrado come qualità ambientale (De Luca et al., 2005). In particolare, i Fontanili s.l. rappresentano delle particolari sorgenti in area di pianura. Si ritiene sia più opportuno denominare “risorgive” un fenomeno esclusivamente naturale, mentre il Fontanile rappresenta il risultato dell'intervento umano che ha modificato la stessa, o addirittura creato le condizioni per l'emergenza delle acque sotterranee mediante uno scavo. Il "Fontanile" quindi è un'opera realizzata dall'uomo, in località opportuna, per far affiorare, raccogliere, convogliare e portare ad utilizzazione irrigua le acque sotterranee (De Luca et al., 2005).

Dal punto di vista storico, nel XI° secolo il territorio del Piemonte sud-occidentale era in gran parte ricoperto da boschi e da ampie zone paludose ed acquitrinose formatesi per affioramento della superficie piezometrica dell'acquifero libero. A partire dalla prima metà del XIII° secolo iniziarono le bonifiche di queste aree paludose e malariche, attraverso lo scavo di trincee drenanti denominati "Fossi colatori" o "Fontanili", con il duplice vantaggio di ricavarne aree agricole e provvedere all'irrigazione di altri comprensori ubicati più a valle. Le notizie storiche di questi interventi sono piuttosto carenti e la prima documentazione ricavata, dagli archivi storici del Comune di Saluzzo, risale al 1495. Nel 1639 vengono avviati importanti lavori nella zona dei Sagnassi di Centallo, la più ricca area di fontanili di tutto il Piemonte, ma è dalla metà del 1800 che iniziarono i più importanti interventi di bonifica nell'area cuneese. Tali opere idrauliche vennero negli anni successivi ulteriormente ampliate e migliorate anche con l'impiego di "pozzi Calandra" (tubazioni infisse) e in seguito con pozzi trivellati di grande diametro (Civita et al., 2000).

Morfologicamente, il settore di Pianura cuneese può essere schematizzato in una fascia di Alta pianura passante al settore di Bassa pianura che digrada lentamente (De Luca et al., 2005). La fascia definita come Alta pianura è la più prossima ai rilievi e si estende a partire dal punto di rottura di pendenza dei corsi fluviali, che corrisponde in sostanza ad una forte perdita della capacità di trasporto da parte dei fiumi: qui inizia il deposito di materiali grossolani, costituiti da ciottoli, ghiaie e rare sabbie. Scendendo altimetricamente, i fiumi perdono ancora capacità di trasporto e depositano materiali via via più fini; si tratta di materiali sabbiosi e limoso/argillosi che formano la Bassa pianura. Si ha qui una graduale diminuzione dei caratteri tessiturali dei sedimenti con un abbassamento del valore di permeabilità; i materiali più fini vengono così a formare un “limite di permeabilità”, che è causa di una maggiore resistenza crescente al flusso della falda, il cui livello gradualmente tende ad approssimarsi alla superficie topografica.

Il settore che segna il passaggio tra l'Alta e la Bassa pianura, detto anche Media Pianura, ha un'ampiezza che varia da 5 a 50 chilometri e corrisponde morfologicamente alla linea dei Fontanili (Fig. 1.4) ed è caratterizzato dalla risalita in superficie delle acque sotterranee, dovuta ad una diminuzione di permeabilità dei sedimenti e si distribuisce in maniera pressoché continua lungo il settore di Pianura considerato (Fig. 1.5) (De Luca et al., 2005).

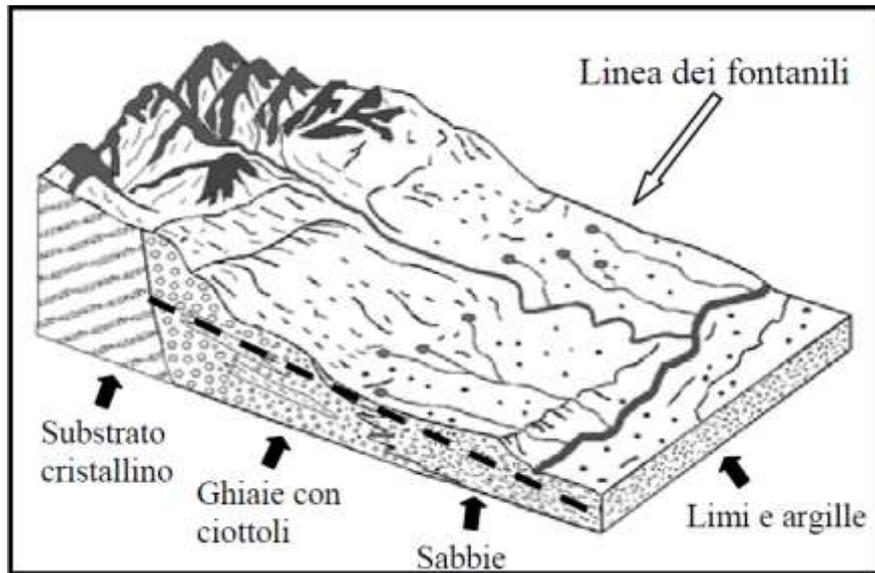


Figura 1.4. Schema illustrativo della Pianura Padana e dei depositi prevalenti (De Luca et al., 2005).

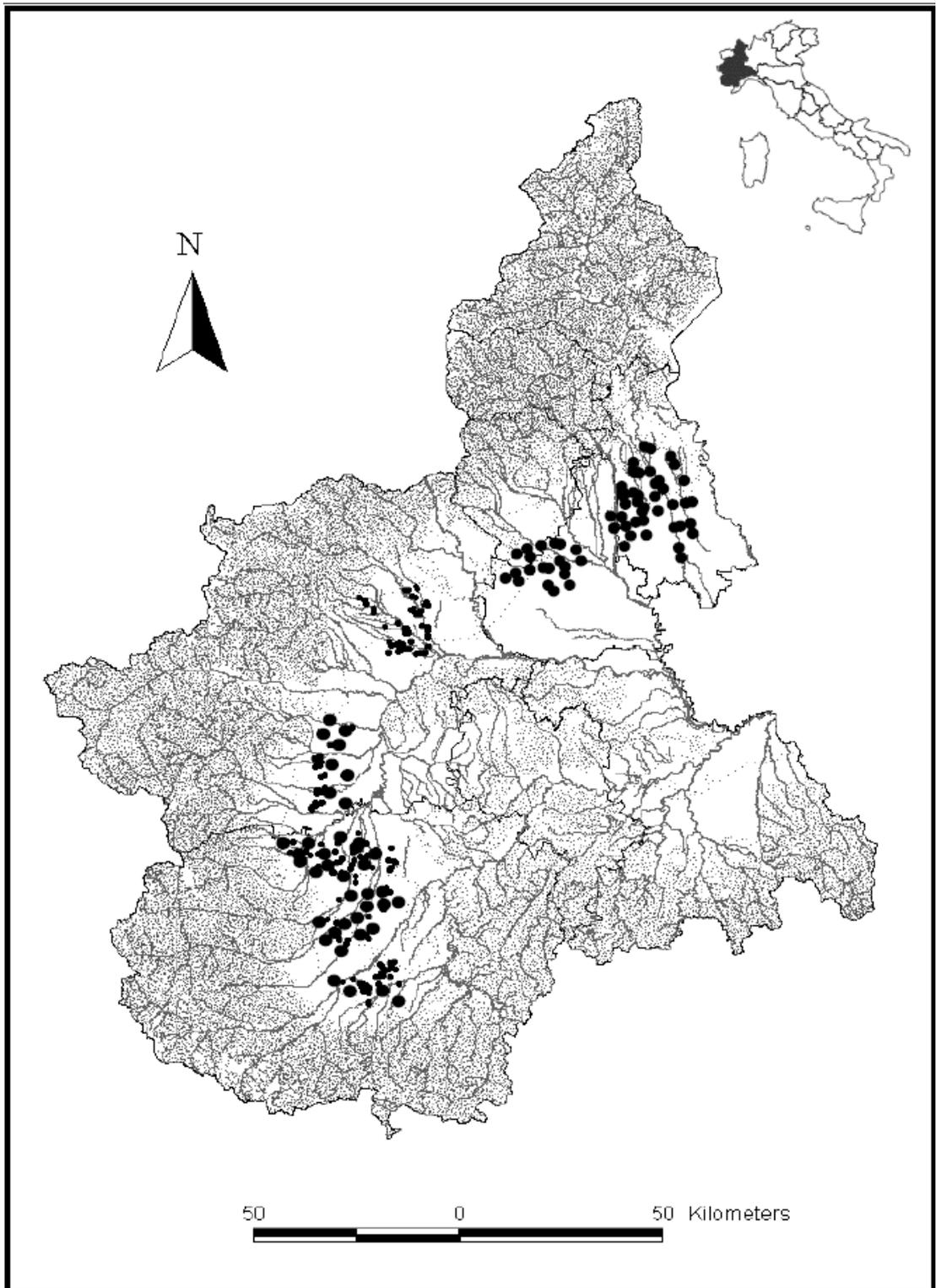


Figura 1.5. Distribuzione dei fontanili rilevati nella pianura piemontese (De Luca et al., 2005).

Al fine di fornire un'indicazione sulle dimensioni e sulle profondità dei fontanili piemontesi si riportano i risultati emersi dallo studio condotto De Luca et al. (2005) che ha distinto tre categorie:

1. Fontanili di piccole dimensioni: larghezza della testa compresa tra 0,9 e 4 m; profondità compresa tra 0,1 e 1 m (82% dei casi analizzati);
2. Fontanili di dimensioni medie: larghezza della testa compresa tra 4 e 15 m; profondità compresa tra 1 e 2 m (11%);
3. Fontanili di grandi dimensioni: possono essere assimilati a piccoli laghi (la larghezza varia tra 30 e 150 m, la lunghezza tra 50 e 180 m) (7%).

Anche se diminuiti drasticamente di numero e venute meno, il più delle volte, le funzioni da essi assolte in passato, i fontanili rimangono tuttavia straordinarie emergenze naturalistiche, paesaggistiche e culturali caratteristiche di molti tratti delle nostre campagne. Ove possibile, il loro recupero e la loro valorizzazione divengono pertanto un impegno per noi e per le generazioni future, quale garanzia di continuità per un fenomeno singolarissimo proprio della pianura padana, cui si deve anche gran parte dello sviluppo economico delle popolazioni agricole. Esse ne seppero applicare al meglio le qualità specifiche, raggiungendo un esemplare equilibrio tra possibilità di sfruttamento e tutela delle loro caratteristiche naturalistico-ambientali.

Nella pianura cuneese si possono identificare quattro zone principali dove le acque sotterranee vengono portate a giorno da una serie di trincee drenanti (Civita et al., 2000):

- nel comune di Centallo, in un areale di circa 6 km², una sequenza di trincee drenanti denominati "Sagnassi" raccolgono una portata media di 3,5 m³/sec;
- nella zona a W di Margarita (trincee di Pra Forchetto e dei Paschi), dove sono stati misurati deflussi complessivi di oltre 1,8 m³/sec;
- nell'area NW di Fossano, dove una sequenza di canali e rii origina il Rio Grione con una portata superiore di 0,5 m³/sec;
- nella zona presso Cavallermaggiore, in un areale piuttosto esteso compreso tra i paesi di Ruffia e Marene, dove sono presenti oltre 14 fontanili con una portata complessiva di circa 0,48 m³/sec.

La pianura principale ospita i sistemi acquiferi liberi, alimentati dalle precipitazioni locali ma soprattutto dalle ingenti perdite dei corsi d'acqua provenienti dalle vallate alpine. A titolo d'esempio, il solo Torrente Gesso nella zona a valle di Borgo San Dalmazzo rilascia in subalveo quantità d'acqua superiori a 5 m³/s. Anche gli altri torrenti, giunti in corrispondenza della pianura, subiscono rilevanti perdite di subalveo e, nei periodi con portate basse presentano lunghi tratti dell'alveo totalmente asciutti. Un importante contributo all'alimentazione degli acquiferi liberi è legato anche alle perdite dei principali canali irrigui con fondo non impermeabilizzato, che solcano gran parte della pianura. Muovendosi dalle zone apicali verso le aree più distali si osserva un'inversione di tendenza e gli acquiferi liberi tendono progressivamente ad alimentare i vari corsi d'acqua attraverso una serie di sorgenti e risorgive. Le sorgenti sono localizzate principalmente lungo le scarpate dei torrenti Stura e Pesio, in corrispondenza del limite di permeabilità con i depositi prequaternari sottostanti, mentre le risorgive risultano assai più disperse nella pianura (Civita et al., 2000).

In sinistra Stura sussiste di fatto uno spartiacque sotterraneo imperniato sull'apice dell'altopiano di Fossano, in quanto è palese il richiamo del limite di permeabilità che si rileva in sinistra idrografica e che porta l'acquifero ad emergere attraverso numerose piccole sorgenti.

Il medesimo scenario, anche più evidente dati i volumi d'acqua drenati, si manifesta lungo la linea Castelletto Stura - Sant'Albano Stura, dove tutta una serie di sorgenti, per limite di permeabilità,

scaricano una buona metà dell'acquifero del settore in destra Stura. La restante parte delle ingenti ricariche provenienti dal Torrente Gesso nella zona a valle di Borgo San Dalmazzo, tornano a giorno nella zona di emergenza ad W di Margarita e Morozzo (zona di Pra Forchetto con portate di 0,48 m³/s).

La complessità della superficie piezometrica del settore viene esaltata anche dalla presenza di molteplici canali irrigui (Bialera Marchisa, Bedale dei Molini, Canale dei Ronchi, Canale di Stura, Canale Naviglio, Canale di Cherasco, Canale Bealerasso) con fondo in buona parte perdente. Lo sviluppo di tali canali è talvolta trasversale rispetto all'andamento delle linee di flusso comportando, in alcune zone, anomalie idrodinamiche (Civita et al., 2000).

1.4.2 Canali

Dal punto di vista storico, l'importante disponibilità idrica e la possibilità di usufruirne come propulsore al movimento di macchine, tramite le derivazioni dai corpi idrici superficiali, fu da subito valutata nella scelta della localizzazione delle attività lavorative ed unità abitative nell'area di Cuneo, facendo fiorire centri abitati, mulini ed impianti industriali.

Una rete di piccoli canali segnava la campagna, soprattutto oltre Gesso laddove esistevano strutture insediative già da tempo consolidate, prima della fondazione della Città di Cuneo. Si trattava di modeste opere idrauliche, sovente danneggiate dalle piogge e dalle piene, le quali erano state tagliate e potenziate tra XIII e XIV secolo, durante la fase di forte espansione del popolamento che aveva investito il Piemonte meridionale.

L'oltre Gesso era stato inizialmente interessato dalle canalizzazioni più importanti: la bealera dei Frati, tagliata a cura dei Certosini di Chiusa Pesio, ampliata in seguito (1435) coll'annessione di Torre Frati al latifondo; la bealera dei Lupi presso Spinetta, la bealera Vermenagna; mentre oltre Stura scorrevano il bedale Sancti Beligni che da Bernezzo toccava San Benigno, la bealera Caranta, prossima a questo e il bedale di Bernezzo, che scorreva in località Passatore. Durante la costruzione dell'abitato di Cuneo furono derivate dalla Stura la bealera Grassa, nella quale si scaricavano le acque della città e la Cravella, ad essa parallela; mentre tra Stura e Gesso dalla metà del XIII secolo, il Bedale (o Bealera di Castagnaretta) che portava l'acqua alla città. Tali opere non avevano tuttavia modificato profondamente la facies ambientale della zona, ancora per lungo tempo ricordata come incolta per difficoltà di irrigazione. Solamente con il XV secolo si darà avvio a quell'opera di profonda mutazione e valorizzazione dei terreni, sia col riordino delle canalizzazioni già esistenti, sia intervenendo con nuovi rami per bonificare le zone più aride.

La costituzione di prati artificiali, l'acquisizione di nuovi terreni coltivabili, la possibilità di mettere in funzione opifici, sono alla base di queste nuove opere irrigue eseguite dovunque con grade slancio. Il primo di questi interventi fu il Canale Roero, un primitivo ramo del quale era stato tagliato nel 1431 e chiamato canale di Cerialdo. La sistemazione fu attuata fra gli anni 1450 e '51 con la successiva realizzazione dei «mulini Roero» verso la metà del XVII secolo.

A tale iniziativa seguirono immediatamente lo scavo del canale Lovera, allo scopo di irrigare il settore oltre Gesso nell'area di Spinetta. Il suo percorso, grossolanamente parallelo a quello del preesistente canale Vermenagna, è stato ritoccato a metà Seicento e dopo il 1795.

Nell'oltre Stura, oltre al canale Roero si tracciarono i canali Miglia e Morra, promosso quest'ultimo nel 1455 che, prendendo origine dalla Stura poco a valle del Roero, si volge a nord verso la località Passatore e si apre nei tre rami di Busca, Piobesi, Borca Bianca. Sul suo percorso, presso l'attuale cascina Torrette Sottana. Il canale Miglia è ottenuto dall'unione di due canali precedentemente tagliati ad ovest del Roero. Il suo percorso si svolgeva nel lembo nord-occidentale del territorio comunale, interessando la regione «Brogliasco». Inoltre alla metà del Seicento seguirono altre opere minori quali il taglio della bealera di Cherasco che, originata dal Gesso, scorreva parallelamente alla bealera di Bene e sulla quale si stabilì il mulino di Sant'Anselmo da sempre proprietà feudale del priorato di Sant'Anselmo da Mantova.

Infine, ancora a metà Cinquecento, si concedeva l'autorizzazione a derivare una bealera dal Gesso, chiamata dei partecipanti per irrigare le zone a nord della Madonna delle Grazie verso Sant'Anselmo.

Oltre ai frequenti lavori di manutenzione, i canali subiscono col tempo alcuni ritocchi nell'andamento dell'alveo, dei quali i più vistosi furono i rettilineamenti avviati alla fine del Settecento e compiuti durante l'Ottocento (Comune di Cuneo, 1983).

La genesi ed alimentazione di numerosi canali è anche da ricondurre all'affioramento naturale dell'acquifero tramite lo sviluppo di risorgive, fontanili e trincee drenanti.

1.5 Consultazione Banche Dati sulle Zone Umide

1.5.1 Banca dati Zone umide della Regione Piemonte

Ponendo l'attenzione sulle tipologie di zone umide presenti nell'area di studio e nel territorio del Parco Fluviale Gesso e Stura, è stata interrogata la Banca dati delle Zone umide gestita dalla Regione Piemonte (https://webgis.arpa.piemonte.it/secure_apps/Viewer/?config=zone_umide.json). Nelle aree di interesse sono state censite varie zone umide, fra cui boschi umidi, laghi di cava, stagni, sorgenti e risorgive (Figg. 1.6-1.7). Vengono riportate nel seguito le descrizioni delle tipologie di zone umide individuate nell'area di studio.

I boschi umidi sono habitat fortemente minacciati dall'espansione dell'attività agricola intensiva e dagli interventi di regimazione idraulica che, rettificando l'alveo dei fiumi e bonificando le pianure alluvionali, ne hanno ridotto la presenza sul territorio regionale. I boschi umidi appaiono piuttosto diffusi sul territorio regionale e sono rappresentati da numerosi poligoni di ridotte dimensioni distribuiti soprattutto lungo il reticolo idrografico regionale. Il dato rilevato nella banca dati consultata deriva da un'estrazione dei boschi "igrofilo" e "mesoigrofilo" individuati dai Piani Territoriali Forestali della Regione Piemonte, la cui redazione risale ad inizio 2000. La distribuzione attuale di queste formazioni potrebbe quindi aver subito una ulteriore riduzione di areale ed un incremento della frammentazione.

All'interno dell'area di studio sono presenti boschi umidi per un'estensione pari a 1.48 km² mentre, nell'intero territorio del Parco fluviale Gesso e Stura l'estensione è pari a 6.93 km².

I laghi di cava sono ambienti lacustri creati in seguito alle attività di estrazione di sabbia e ghiaia, spesso collocati nelle fasce di pertinenza fluviale dei corsi d'acqua di pianura. Nella maggior parte dei casi sono ambienti caratterizzati da una notevole profondità e da sponde molto ripide.

Nell'area di studio (area di Sant'Anselmo) non sono indicati laghi di cava mentre, nell'intero territorio del Parco fluviale Gesso e Stura, sono riportati molteplici laghi di cava con un'estensione complessiva pari a 0.20 km².

All'interno del territorio del Parco fluviale Gesso e Stura è riportato una sola area identificabile come stagno, di estensione pari a 4800 m². Tale area è posta in prossimità alla confluenza fra i fiumi Stura di Demonte e Gesso.

Le sorgenti censite nell'area di studio sono complessivamente 84 mentre, nell'intero territorio del Parco fluviale Gesso e Stura, sono presenti 101 sorgenti. Buona parte di queste emergenze si manifestano sulla scarpata in sinistra Stura fra Cuneo e Fossano.

Le risorgive e fontanili censite nell'area di studio sono complessivamente 17 mentre, nell'intero territorio del Parco fluviale Gesso e Stura, ne sono indicate solamente 3. La totalità della emergenze nell'area di studio sono collocate nella fascia di pianura terrazzata in destra Stura.

In merito alle acque correnti artificiali, si tratta di canali che possono essere dotati di rivestimento su sponde e fondo di tipo "rigido" (cemento) o più raramente "flessibile" (materiali rinnovabili e riutilizzabili) oppure senza rivestimento delle sponde e del fondo del canale. Nell'area di studio è presente una fitta rete di canali a scopo irriguo che, complessivamente, hanno lunghezza di circa 330 km.

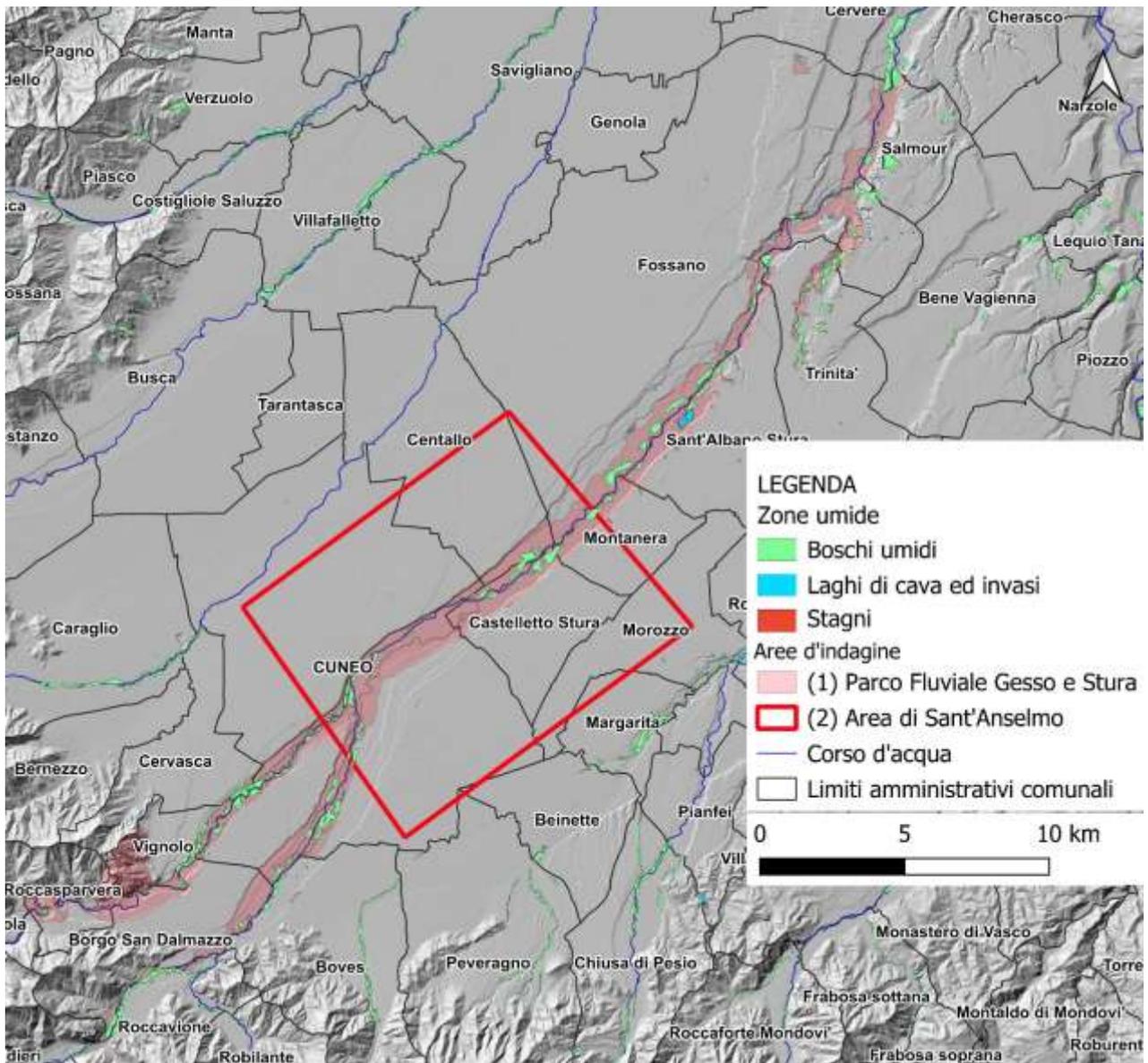


Figura 1.6. Distribuzione dei boschi umidi, laghi di cava ed invasi, stagni nel territorio del Parco Fluviale Gesso e Stura censiti nella Banca dati delle zone umide di Regione Piemonte.

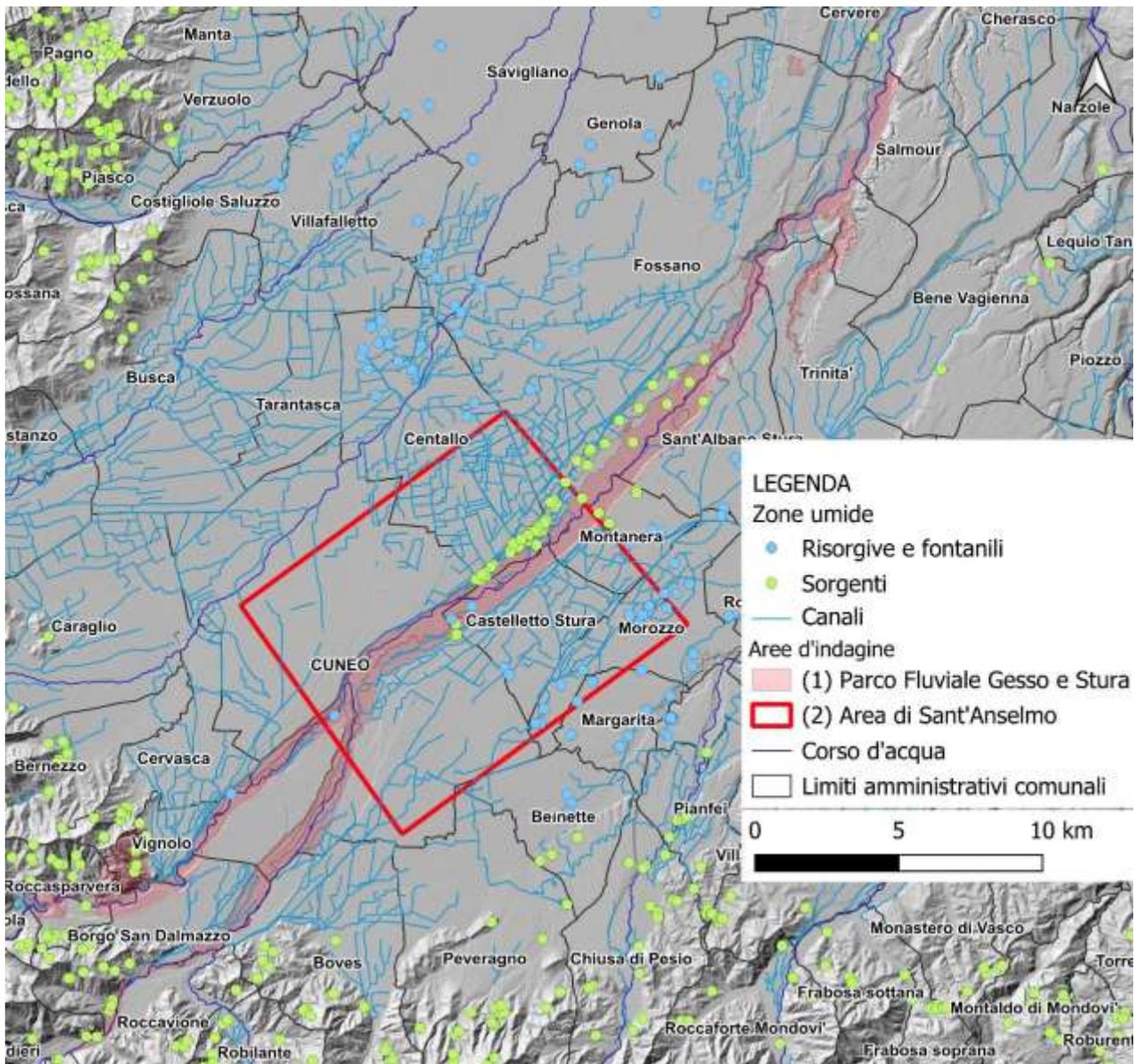


Figura 1.7. Distribuzione dei risorgive e fontanili, sorgenti e canali nel territorio del Parco Fluviale Gesso e Stura censiti nella Banca dati delle zone umide di Regione Piemonte.

1.5.2 Dati disponibili dal portale SIRI (Sistema informativo Risorse Idriche)

Al fine di fornire una panoramica dello stato conoscitivo delle captazioni idriche provinciali, sono riportati nel seguito le informazioni estrapolate dal portale SIRI della Regione Piemonte (Sistema informativo Risorse Idriche) (Regione Piemonte, 2024). Le informazioni riportate si riferiscono ai punti aventi coordinate geografiche disponibili.

Le captazioni inserite nel sistema riguardano pozzi, fontanili, sorgenti, trincee drenanti, prese da acque superficiali e punti di restituzione (Figg. 1.8, 1.9, 1.10). Tuttavia, la destinazione d'uso per i pozzi non è risultata disponibile.

Sul territorio provinciale risultano censiti:

- n. 619 sorgenti con coordinate geografiche disponibili, di cui 361 nel settore montano, 16 nel settore collinare e 242 nel settore di pianura;
- n. 6246 pozzi, di questi 658 captano l'acquifero profondo mentre i rimanenti 5588 (89%) captano l'acquifero superficiale;
- n. 53 fontanili;
- n. 18 trincee drenanti;
- n. 1398 prese superficiali, di cui 534 (38%) poste nell'area di pianura;
- n. 441 punti di restituzione, di cui 205 (46%) nell'area di pianura.

Nell'area di studio (area di Sant'Anselmo), sono indicati solamente 11 fontanili e 53 sorgenti in prevalenza poste nell'alveo del Torrente Stura di Demonte. Le prese da acque superficiali sono 21 mentre i punti di restituzione sono 8.

Nell'area del Parco fluviale Gesso e Stura sono segnalati 2 fontanili e 64 sorgenti. Relativamente alle sorgenti, considerando anche i punti posti sulla scarpata in sinistra idrografica rispetto al Torrente Stura di Demonte nel comune di Fossano ma non ricadenti nell'area del parco, il numero sale a 142. Sia nell'area di studio sia nel Parco fluviale Gesso e Stura non sono presenti trincee drenanti.

Relativamente alle portate di concessione, questi dati non sono disponibili per tutti i punti. In particolare, solo per un ristretto numero di fontanili, sorgenti e trincee drenanti sono disponibili i valori di portata (Fig. 1.11).

I dati disponibili sui punti di acqua sul portale SIRI, messi a confronto con le informazioni esistenti da altre fonti, risultano essere non esaustivi della totalità dei punti realmente esistente.

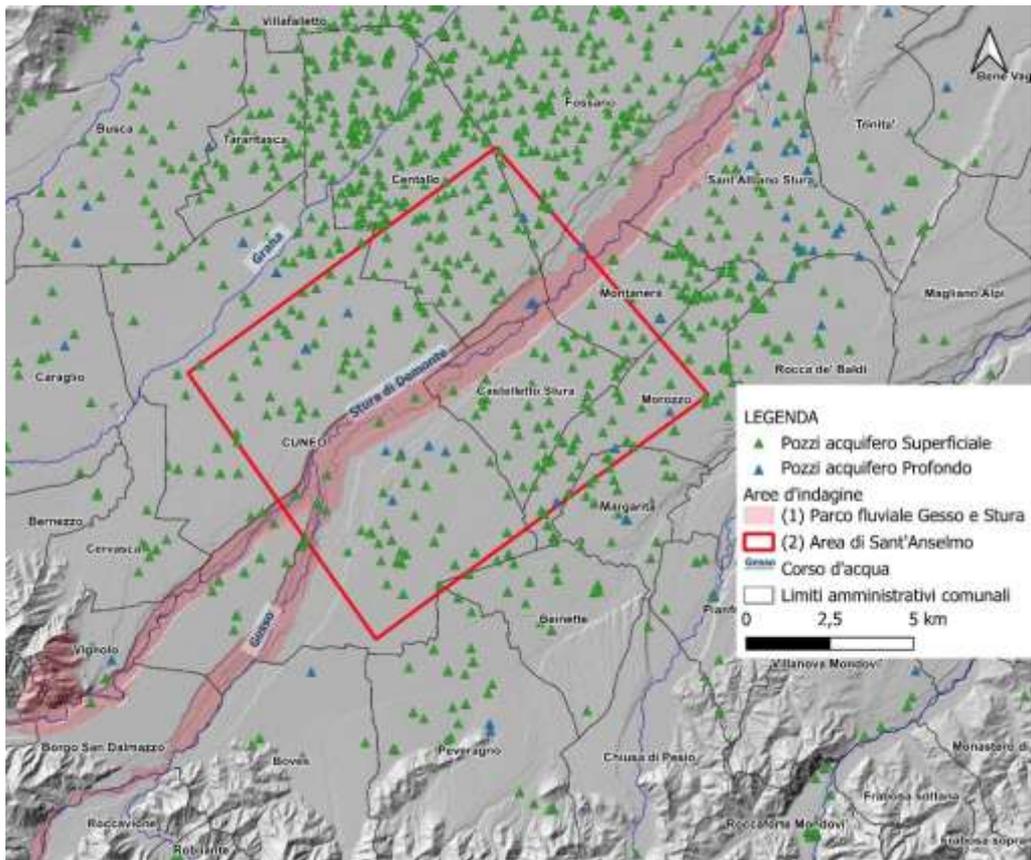


Figura 1.8. Pozzi dell'acquifero superficiale e profondo presenti sul portale SIRI.

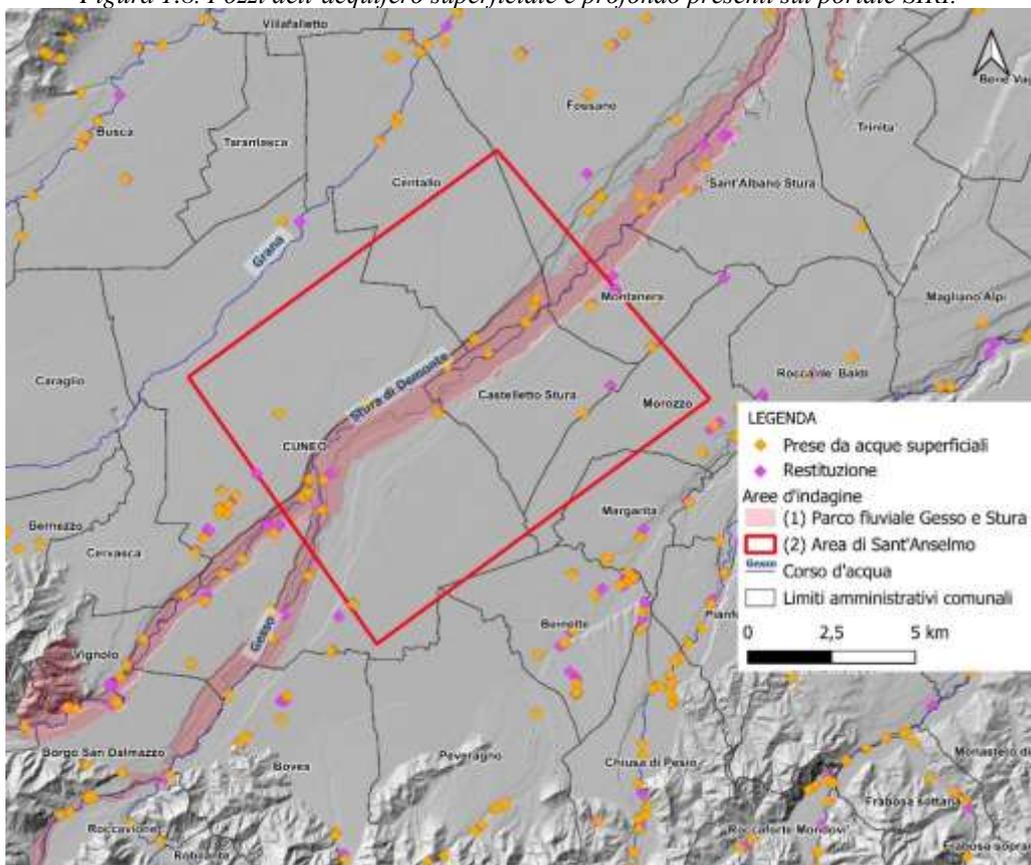


Figura 1.9. Prese da acque superficiali e punti di restituzione presenti sul portale SIRI.

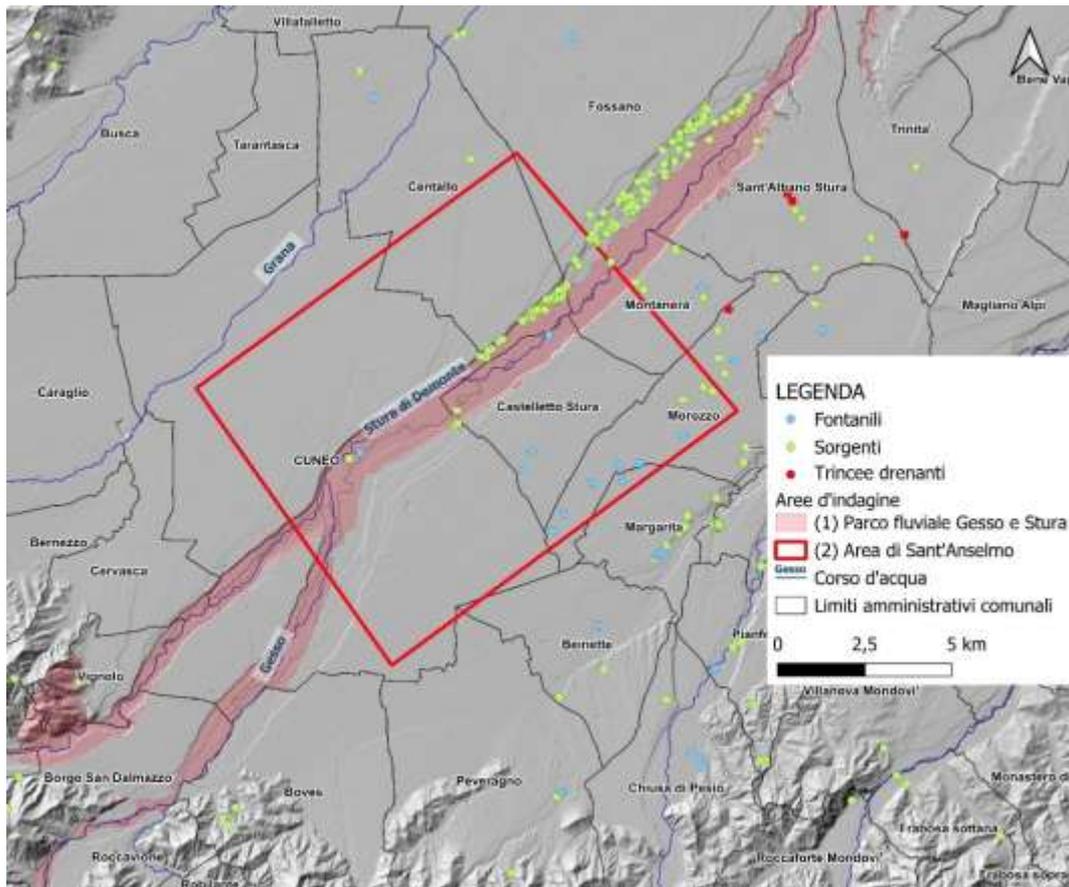


Figura 1.10. Fontanili, sorgenti e trincee drenanti presenti sul portale SIRI.

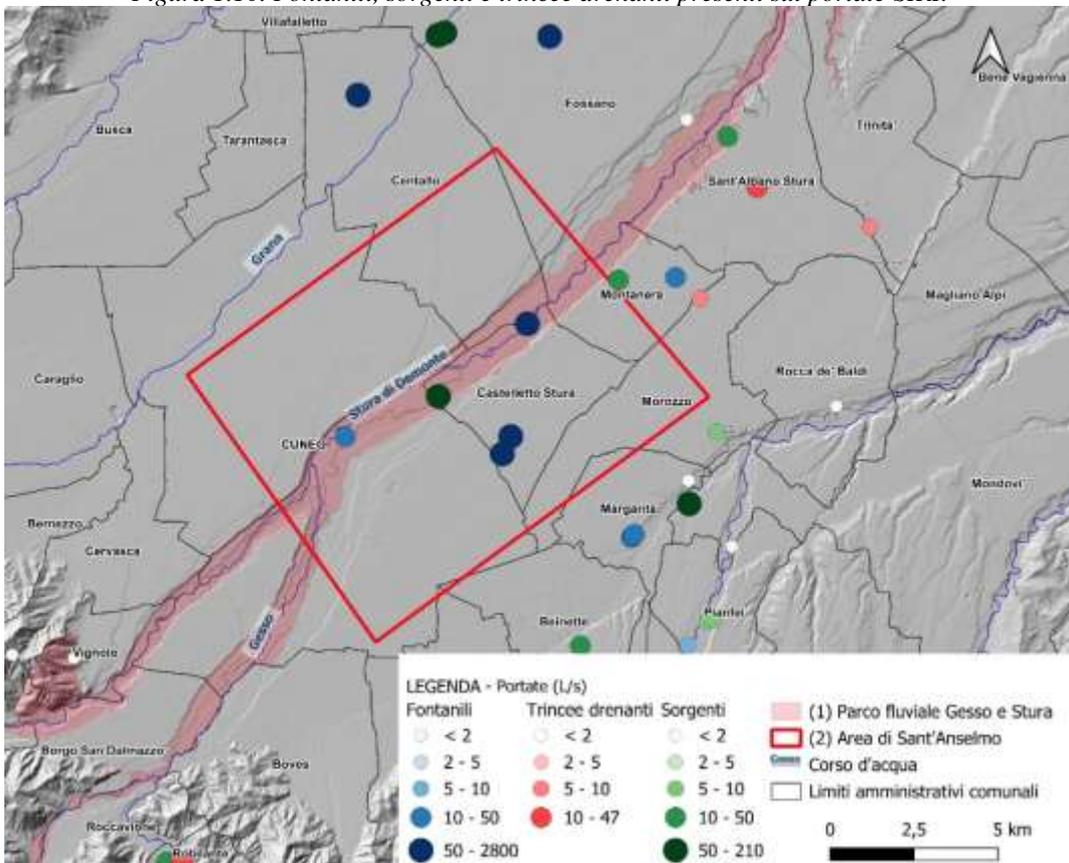


Figura 1.11. Portate di concessione (massima) dei fontanili, sorgenti e trincee drenanti presenti sul portale SIRI.

2. Studio dei parametri climatici, relativamente a precipitazione e temperatura dell'aria, mediante analisi di serie storiche disponibili

Sono state individuate tre stazioni meteorologiche della rete di monitoraggio regionale Arpa (Arpa Piemonte 2025) site in corrispondenza o nei pressi del Parco Fluviale Gesso e Stura (Fig. 2.1).

Per ciascuna sono stati analizzati i dati relativi a precipitazioni e temperature dell'aria a livello annuale e/o mensili con analisi statistiche di base e, ove possibile, con analisi statistiche più avanzate.

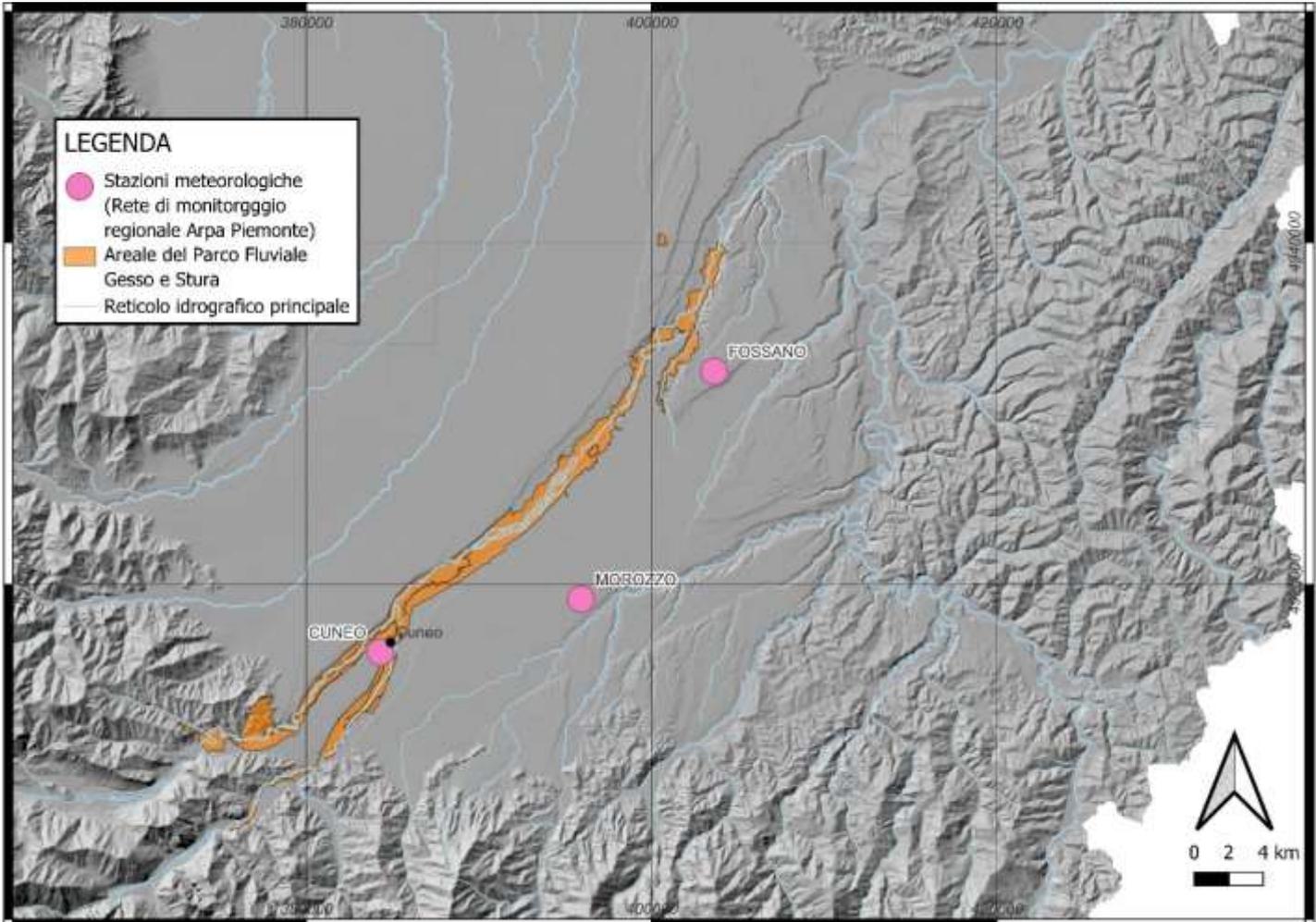


Figura 2.1. Mappa dell'area di studio relativa al Parco Fluviale Gesso e Stura. Sono evidenziati: in arancione l'areale del parco del parco fluviale Gesso e Stura; in rosa le stazioni meteorologiche della rete di monitoraggio regionale ARPA Piemonte)

2.1 Approccio metodologico

Per le serie storiche disponibili relativi ai dati meteorologici si è iniziato con un'analisi statistica di base (valutazione dei valori medi, minimi e massimi) a livello annuale per quanto riguarda le precipitazioni e a livello mensile per quanto riguarda le temperature. Successivamente, per comprendere meglio i trend di questi parametri si è scelto di applicare metodi statistici più avanzati a livello mensile.

I metodi scelti per tale valutazioni sono il test di Mann-Kendall (Mann 1945; Kendall 1955) e l'estimatore di Theil-Sen (Sen 1968; Theil 1992) per l'analisi dei trend.

L'applicazione congiunta di questi metodi garantisce un'analisi robusta e completa dei dati, evidenziando sia la significatività statistica delle tendenze che l'entità del cambiamento nel tempo.

2.1.1 Il test di Mann-Kendall

Il test di Mann-Kendall si basa sull'ipotesi nulla (H_0) secondo cui non esiste una tendenza significativa nella serie temporale, ossia i dati sono indipendenti e distribuiti casualmente. L'ipotesi alternativa (H_1) prevede invece la presenza di una tendenza significativa, che può essere crescente o decrescente. Per valutare questa tendenza, si calcola la statistica S , ottenuta confrontando tutte le coppie di valori X_i e X_j nella serie temporale ($j > i$) e utilizzando la funzione segno (sgn), definita come:

$$sgn(X_j - X_i) = \begin{cases} 1 & \text{if } X_j - X_i > 0 \\ 0 & \text{if } X_j - X_i = 0 \\ -1 & \text{if } X_j - X_i < 0 \end{cases}$$

La somma complessiva dei valori di $sgn(X_j - X_i)$ per tutte le coppie fornisce la statistica S :

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n sgn(X_j - X_i)$$

Per determinare la significatività della tendenza, si utilizza un'approssimazione normale quando il numero di osservazioni (n) è maggiore di 10. La statistica Z è calcolata come:

$$Z = \frac{|S| - 1}{SD} sgn S$$

dove la deviazione standard (SD) di S tiene conto di eventuali valori ripetuti nella serie temporale. Il valore Z viene poi confrontato con una distribuzione normale standard per determinare il p -value e, di conseguenza, valutare la significatività statistica della tendenza. I risultati del test sono interpretati come segue: un valore di $Z > 0$ indica una tendenza positiva (crescente), $Z < 0$ una tendenza negativa (decrescente), mentre un valore di Z vicino a 0 suggerisce l'assenza di una tendenza significativa.

2.1.2 L'estimatore di Theil-Sen

L'estimatore di Theil-Sen viene utilizzato per stimare la pendenza mediana che rappresenta il tasso di variazione complessivo nel periodo di osservazione. Questo metodo, meno sensibile ai valori

anomali rispetto ad altri approcci parametrici, permette di quantificare la variazione totale del parametro analizzato (e.g. R, GWL, AT), fornendo una stima affidabile della tendenza.

La pendenza viene calcolata come la mediana delle pendenze determinate da tutte le possibili coppie di punti (X_i, Y_i) e (X_j, Y_j) nella serie temporale, dove $j > i$. La pendenza per ciascuna coppia è definita dalla seguente formula:

$$Pendenza_{ij} = \frac{Y_j - Y_i}{X_j - X_i}, \text{ per } j > i$$

Una volta calcolate le pendenze per tutte le coppie, l'estimatore di Theil-Sen è dato dalla mediana di queste pendenze:

$$Pendenza_{Theil - Sen} = Mediana \left(\frac{Y_j - Y_i}{X_j - X_i} \right)$$

Questa mediana fornisce una stima robusta del tasso di variazione complessivo della variabile nel tempo, riducendo l'influenza di valori anomali che potrebbero distorcere i risultati in metodi parametrici.

Il risultato finale dell'estimatore può essere interpretato direttamente come la variazione media per unità di tempo della variabile in esame. Valori positivi della pendenza indicano un incremento nel tempo, mentre valori negativi indicano una diminuzione.

2.2 Risultati

In tabella 2.1 sono riassunti i principali risultati delle analisi statistiche effettuate per i due parametri meteorologici (precipitazioni e temperatura).

Tabella 2.1. Risultati delle analisi statistiche dei parametri meteorologici analizzati: precipitazioni e temperatura dell'aria

			Fossano	Cuneo (cascina vecchia)	Morozzo
Precipitazioni (mm)	<i>Periodo disponibilità dati</i>		1993-2023	2002-2024	2002-2023
	<i>Valore massimo (annuale)</i>		1147.2	1375.3	1099.8
	<i>Valore minimo (annuale)</i>		188.4	584.4	462.6
	<i>Valore medio (annuale)</i>		682.5	966.27	806.03
	<i>Test di Mann-Kendall (mensile)</i>	<i>S</i>	-576	-1	-1429
		<i>Z</i>	-0.24891	0	-1.0131
		<i>p-value</i>	0.80343	1	0.311
<i>Trend</i>		Non statisticamente significativo	Non statisticamente significativo	Non statisticamente significativo	
<i>Estimatore di Theil-Sen (mensile)</i>		N/A	N/A	N/A	
Temperatura (°C)	<i>Periodo disponibilità dati</i>		1993-2023	2002-2024	2002-2023
	<i>Valore massimo (mensile)</i>		29.7	30.4	28.4
	<i>Valore minimo (mensile)</i>		-10.7	-8.6	-11.9
	<i>Valore medio (mensile)</i>		12.47	12.5	12.12
	<i>Test di Mann-Kendall (mensile)</i>	<i>S</i>	1521	1318	1288
		<i>Z</i>	0.64202	0.87835	0.91307
		<i>p-value</i>	0.52086	0.37975	0.36121

		<i>Trend</i>	Non statisticamente significativo	Non statisticamente significativo	Non statisticamente significativo
	<i>Estimatore di Theil-Sen (mensile)</i>		N/A	N/A	N/A

Per quanto riguarda i dati di precipitazione totale nota come nell'area analizzata la precipitazione media annua si attesti attorno ai 700 mm con valori simili tra tutte e 3 le stazioni analizzate. Analogamente, anche per la temperatura dell'aria si nota come le stazioni si comportino in maniera simile tra loro con una temperatura media registrata di circa 12°C.

Per quanto riguarda le analisi statistiche più avanzate, si può notare come per nessun parametro, in nessuna stazione, sia presente un trend statisticamente significativo. Si nota però come, nonostante non significativo, sia presente un trend negativo per le precipitazioni e uno positivo per la temperatura dell'aria.

Vengono ora riportati i dettagli di alcuni risultati di ogni singola stazione monitorata. Per tutte e 3 saranno riportati i valori annuali di precipitazioni (colonne blu) e di temperatura dell'aria (linea arancione).

2.2.1 Stazione meteorologica Fossano

L'analisi dei dati storici raccolti dalla stazione meteorologica di Fossano, mostrata nel grafico (Fig. 2.2), evidenzia l'andamento della cumulata annua di precipitazioni (rappresentata dall'istogramma blu) e della temperatura media annuale (rappresentata dalla linea arancione) dal 1993 al 2023.

Le precipitazioni mostrano un'alta variabilità, con alcuni picchi significativi, come nel 2002 e nel 2014, anni in cui sono stati registrati valori superiori ai 1000 mm/anno. Al contrario, anni come il 1996, il 2007 e il 2022 evidenziano periodi particolarmente siccitosi, con precipitazioni inferiori ai 400 mm/anno. La temperatura media annuale segue un trend complessivamente crescente anche se non statisticamente significativo: a partire da valori prossimi agli 11 °C nei primi anni '90. Successivamente si osserva un progressivo aumento, con alcuni anni particolarmente caldi, tra cui spiccano il 2003, il 2011 e soprattutto il 2022, che segna il valore più elevato dell'intera serie con oltre 13,5 °C come temperatura media annua.

Questo andamento suggerisce un chiaro segnale di riscaldamento climatico, accompagnato da un andamento irregolare delle precipitazioni che hanno valori estremamente variabili, talvolta doppi da un anno all'altro (es. 2017, 2018).

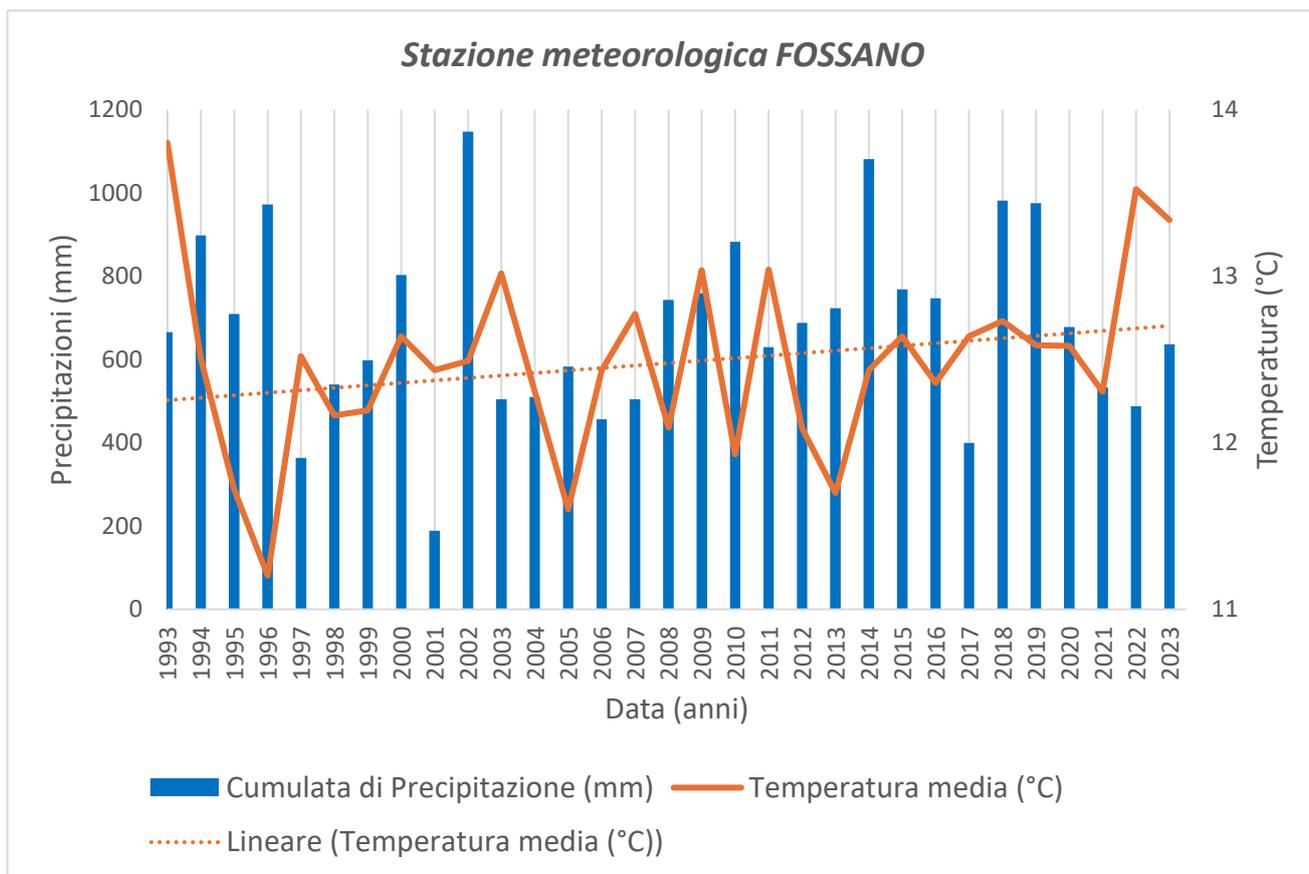


Figura 2.2. Grafico delle condizioni climatiche registrate presso la stazione meteorologica di Fossano dal 1993 al 2023. La linea arancione rappresenta l'andamento della temperatura dell'aria media annuale (°C), evidenziando una tendenza generale al riscaldamento nel corso degli anni (linea tratteggiata arancione: retta di regressione lineare). Le barre blu indicano la cumulata annuale delle precipitazioni (mm), mostrando variazioni significative tra i vari anni.

2.2.2 Stazione meteorologica Cuneo (Cascina Vecchia)

Il grafico relativo alla stazione meteorologica di Cuneo Cascina Vecchia presenta i dati annuali delle precipitazioni cumulate (colonne blu) e della temperatura media dell'aria (linea arancione) per il periodo compreso tra il 2002 e il 2024 (Fig. 2.3).

Le precipitazioni mostrano una notevole variabilità, con alcuni anni estremamente siccitosi, come il 2017 e il 2022, che registrano valori inferiori agli 800 mm/anno, mentre altri anni, come il 2008, 2009, 2010, 2013 e 2024, raggiungono o superano i 1200 mm/anno, indicando eventi pluviometrici intensi o stagioni particolarmente piovose.

Per quanto riguarda la temperatura media, si nota una tendenza generale all'aumento, con valori che oscillano tra circa 11 °C e oltre 13,5 °C. Dopo una fase relativamente stabile tra il 2011 e il 2020, con leggere fluttuazioni, si osserva un netto incremento nel 2022, anno che risulta il più caldo della serie con temperatura media annua di circa 14 °C. Anche nel 2023 e 2024 si mantengono temperature elevate, coerenti con un chiaro trend di riscaldamento. L'insieme di questi dati conferma l'instabilità e l'intensificazione dei fenomeni climatici, segnalando un contesto sempre più condizionato dai cambiamenti climatici in atto.

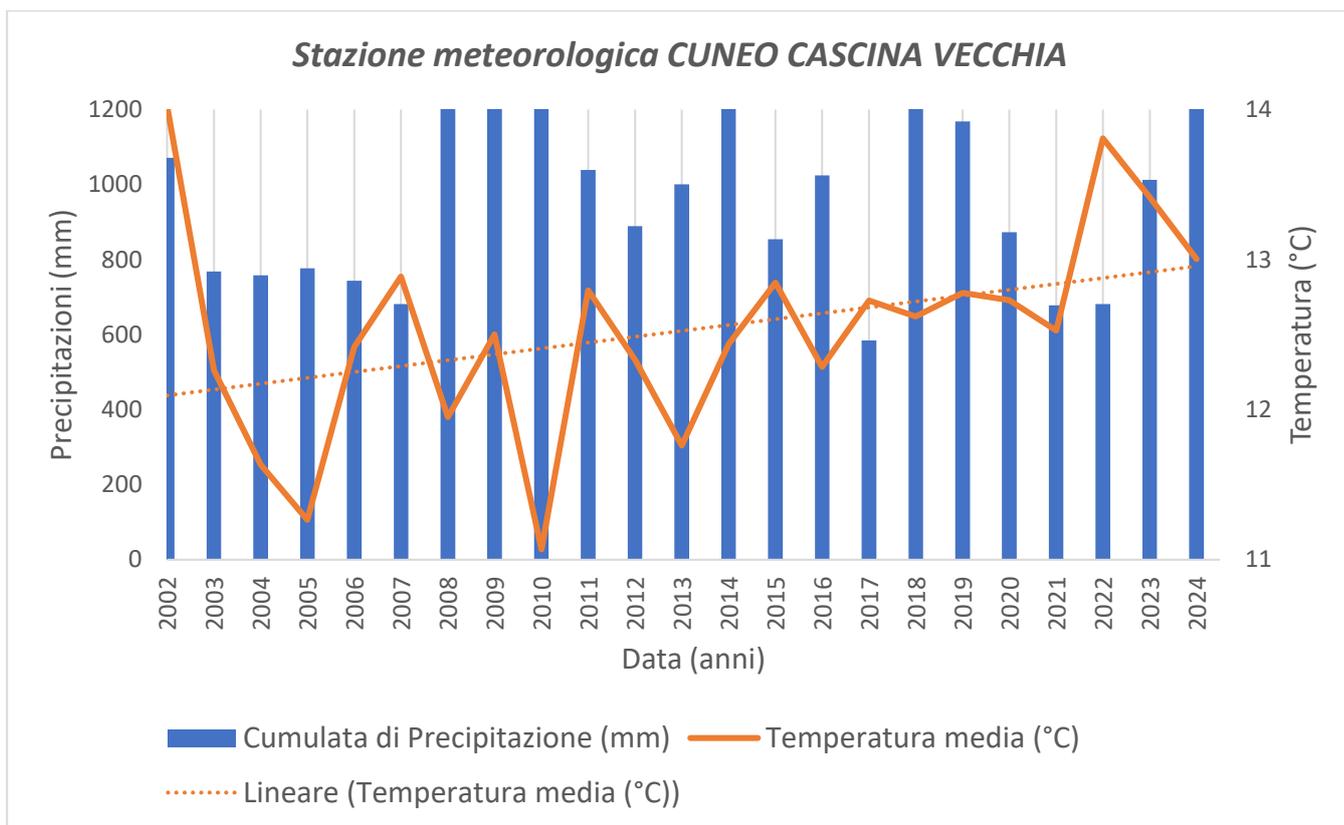


Figura 2.3. Grafico delle condizioni climatiche registrate presso la stazione meteorologica di Cuneo Cascina Vecchia dal 2002 al 2024. La linea arancione rappresenta l'andamento della temperatura dell'aria media annuale (°C), evidenziando una tendenza generale al riscaldamento nel corso degli anni (linea tratteggiata arancione: retta di regressione lineare). Le barre blu indicano la cumulata annuale delle precipitazioni (mm), mostrando variazioni significative tra i vari anni.

2.2.3 Stazione meteorologica Morozzo

Il grafico della stazione meteorologica di Morozzo presenta l'andamento annuale della cumulata delle precipitazioni (colonne blu) e della temperatura media dell'aria (linea arancione) dal 2002 al 2023 (Fig. 2.4).

Le precipitazioni mostrano un andamento piuttosto irregolare, con valori particolarmente bassi nei primi anni (dal 2003 al 2006) e in anni più recenti come il 2017 e il 2022, dove si registrano valori inferiori ai 500 mm/anno. Al contrario, anni come il 2009, il 2014, il 2018 e il 2019 evidenziano accumuli pluviometrici superiori ai 1000 mm/anno, suggerendo la presenza di eventi meteorologici intensi.

Per quanto riguarda le temperature, si osserva una tendenza crescente nel lungo periodo, con un incremento evidente rispetto ai primi anni della serie. A partire dal 2013 si nota una maggiore stabilità con temperature medie annuali oscillanti tra i 12 e i 13 °C, fino al picco del 2022 che segna il massimo della serie, con valore medio annuo di circa 13,5 °C. Anche il 2023 conferma il trend di riscaldamento, pur registrando un lieve calo rispetto all'anno precedente. L'analisi evidenzia quindi un contesto climatico sempre più soggetto a variabilità e instabilità, in linea con le dinamiche del cambiamento climatico a livello regionale.

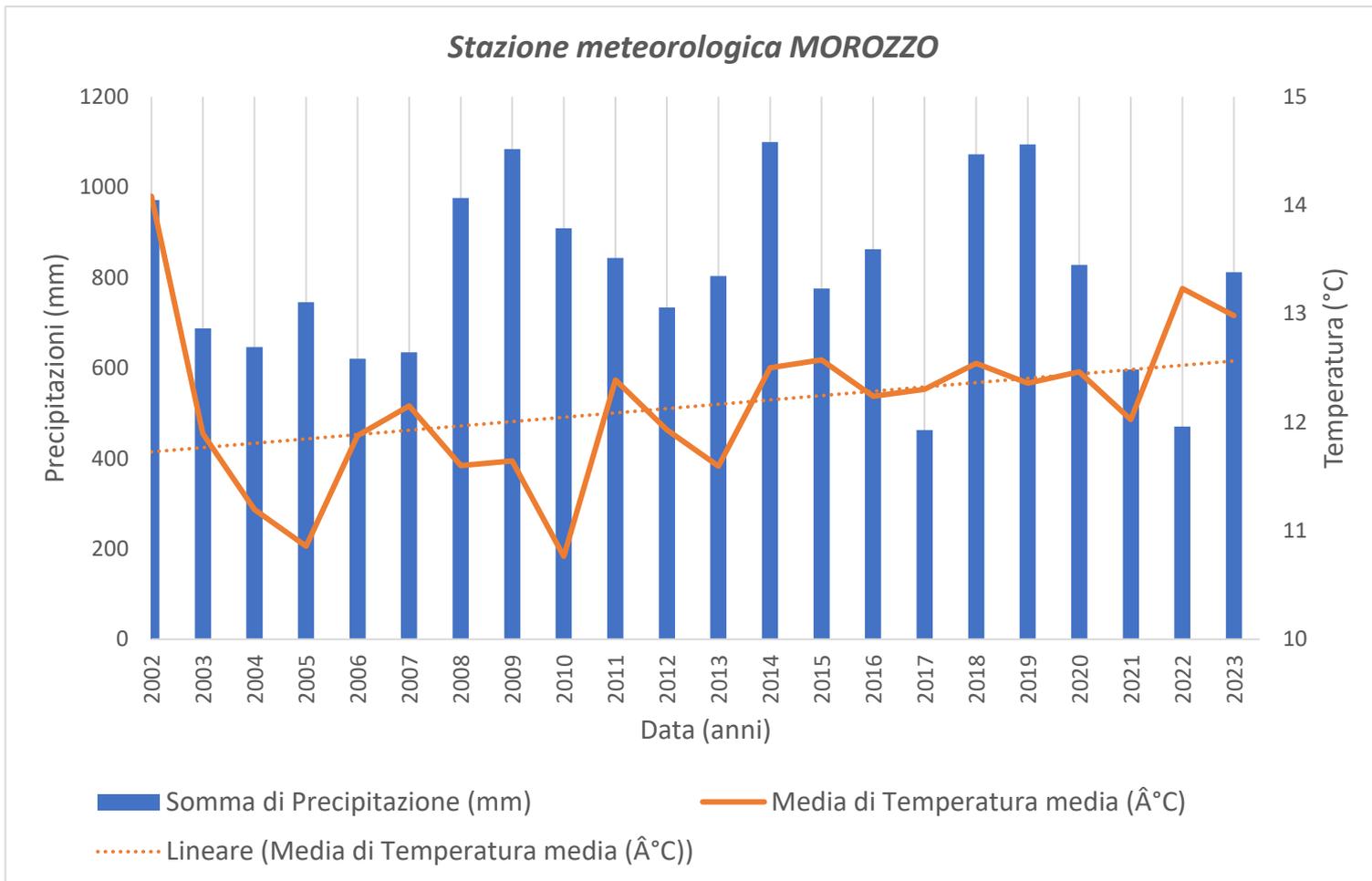


Figura 2.4. Grafico delle condizioni climatiche registrate presso la stazione meteorologica di Morozzo dal 2002 al 2023. La linea arancione rappresenta l'andamento della temperatura dell'aria media annuale (°C), evidenziando una tendenza generale al riscaldamento nel corso degli anni (linea tratteggiata arancione: retta di regressione lineare). Le barre blu indicano la cumulata annuale delle precipitazioni (mm), mostrando variazioni significative tra i vari anni.

2.3 Conclusioni

Nel territorio del Parco Fluviale del Gesso e Stura, i dati raccolti dalle stazioni meteorologiche di Fossano, Cuneo Cascina Vecchia e Morozzo evidenziano dinamiche climatiche caratterizzate da un crescente riscaldamento e da una marcata variabilità delle precipitazioni.

L'analisi storica della stazione di Fossano, attiva dal 1993 al 2023, mostra un incremento progressivo della temperatura media annuale, passata da circa 11 °C a oltre 13,5 °C, con il 2022 come anno più caldo dell'intera serie. Le precipitazioni annuali si presentano estremamente variabili, con picchi superiori ai 1000 mm in anni come il 2002 e il 2014, e valori minimi inferiori ai 400 mm in anni particolarmente siccitosi come il 1996 e il 2022.

Anche i dati della stazione di Cuneo Cascina Vecchia, riferiti al periodo 2002-2024, confermano questo andamento: le precipitazioni mostrano alternanze tra annate molto secche, come il 2005 e il 2010, e altre particolarmente piovose, con accumuli superiori ai 1200 mm, come nel 2008, 2009, 2013 e 2024. Il trend termico segue una direzione analoga a quella di Fossano, con un significativo aumento a partire dal 2022, anno record con temperature medie oltre i 14 °C.

La stazione di Morozzo, attiva dal 2002 al 2023, evidenzia un quadro simile: le precipitazioni mostrano forti oscillazioni interannuali, con periodi di siccità e annate contraddistinte da precipitazioni abbondanti, mentre la temperatura media registra una crescita graduale, culminando anch'essa nel 2022.

L'insieme delle osservazioni rilevate nelle tre stazioni del Parco conferma un chiaro segnale di cambiamento climatico, con un progressivo aumento delle temperature e una crescente variabilità delle precipitazioni, elementi che impongono una riflessione attenta sulla gestione delle risorse idriche e adozione di strategie di adattamento del territorio.

3. Studio delle portate dei fiumi principali dell'area di interesse mediante analisi di serie storiche disponibili

Sono stati individuati 4 idrometri della rete di monitoraggio regionale Arpa (Arpa Piemonte 2025) ubicati nell'area di studio o in aree adiacenti ritenute significative (Fig. 3.1).

Per ciascuno di questi sono stati analizzati, a livello annuale, il dato di portata idrica fluviale e di livello idrometrico.

Inoltre per 3 di questi idrometri (Andonno Gesso, Gaiola Stura di Demonte, Fossano Stura di Demonte) sono stati reperiti anche i dati di temperatura dell'acqua utili per valutare le variazioni termiche fluviali nel tempo.

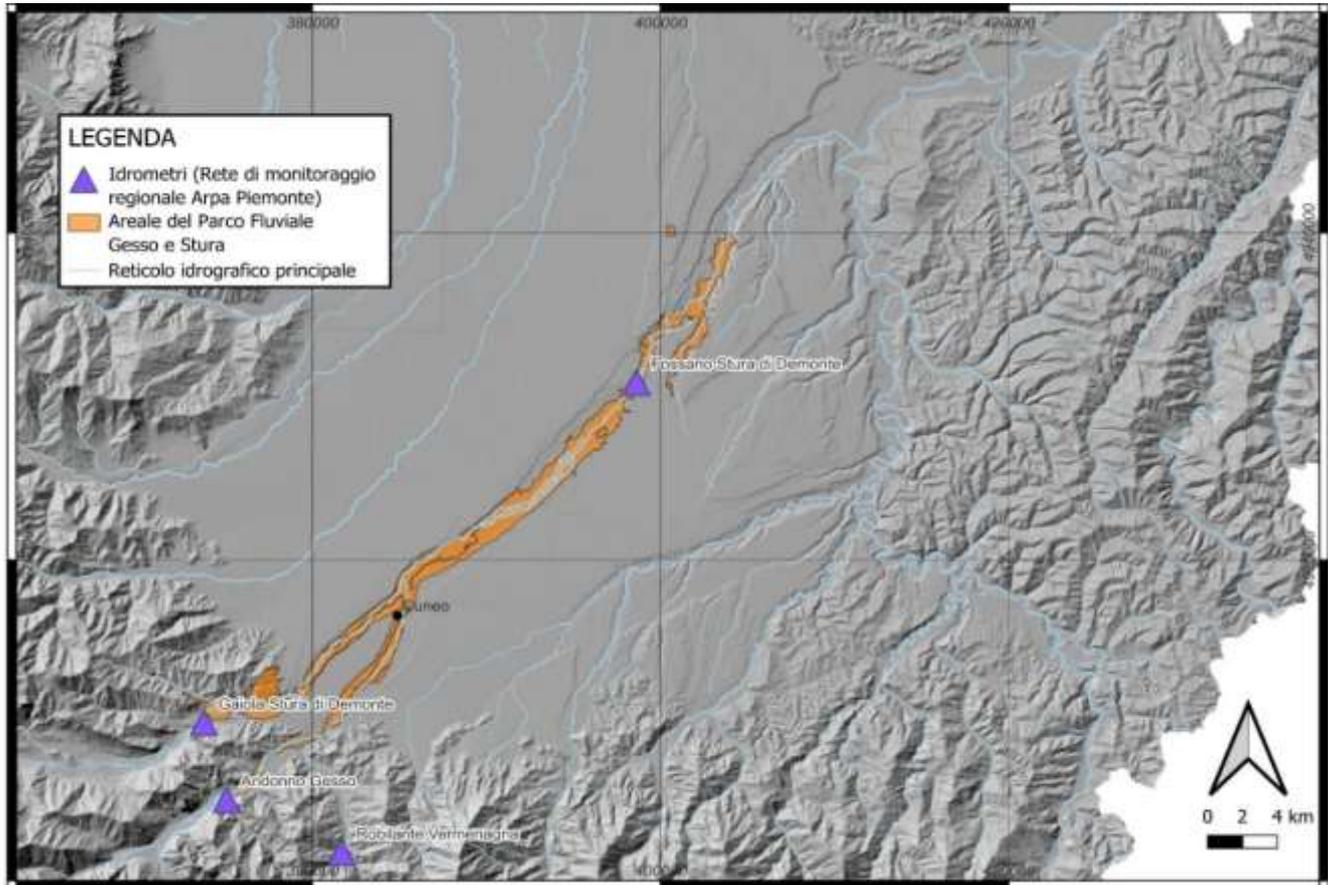


Figura 3.1. Mappa dell'area di studio relativa al Parco Fluviale Gesso e Stura. Sono evidenziati: in arancione l'areale del parco fluviale Gesso e Stura; in viola gli idrometri della rete di monitoraggio regionale ARPA Piemonte.

3.1 Approccio metodologico

L'analisi delle portate fluviali e dei livelli idrometrici è stata condotta attraverso un approccio statistico basato sulle serie storiche annuali disponibili in modo da poter individuare e interpretare tendenze di lungo periodo nei principali parametri idrologici dell'area di studio. L'utilizzo di dati aggregati su base annuale consente infatti di ridurre l'influenza di fluttuazioni stagionali o episodiche, che possono mascherare i segnali più lenti e strutturali legati a variazioni climatiche, cambiamenti nell'uso del suolo o modifiche nelle dinamiche fluviali.

Per ciascuno dei quattro idrometri selezionati sono stati analizzati i dati di portata fluviale e livello idrometrico mediante il calcolo delle medie, dei valori massimi e dei minimi annuali. Questa impostazione ha permesso di sintetizzare in modo efficace l'evoluzione interannuale dei fenomeni idrologici, fornendo indicatori rappresentativi della dinamica complessiva dei corsi d'acqua nel tempo.

In aggiunta, per tre degli idrometri considerati (Andonno sul fiume Gesso, Gaiola e Fossano sul fiume Stura di Demonte) sono stati integrati anche i dati di temperatura dell'acqua e anche in questo caso l'analisi è stata condotta a scala annuale.

3.2 Risultati

I risultati relativi all'analisi statistica di base dei parametri fluviali sono riportati in tabella 3.1.

Tabella 3.1. Risultati delle analisi statistiche dei parametri fluviali analizzati: livello idrometrico, portata e temperatura

		Andonno Gesso	Gaiola Stura di Demonte	Fossano Stura di Demonte	Robilante Vermenagna
Livello Idrometrico (m)	Periodo disponibilità dati	2008-2023	2003-2023	2000-2023	2008-2023
	Valore medio	0.72	0.22	0.78	0.78
	Valore massimo	1.79	1.95	2.82	2.27
	Valore minimo	0.5	0	0	0.39
Portata (m ³ /s)	Periodo disponibilità dati	2008-2023	2003-2023	2000-2023	2008-2023
	Valore medio	4.77	15.38	20.64	4.30
	Valore massimo	136.38	238	540	81.1
	Valore minimo	0.06	3.45	1.17	0.41
Temperatura acqua (°C)	Periodo disponibilità dati	2009-2021	2009-2017	2009-2021	N/A
	Valore medio	10.33	9.69	12.26	N/A
	Valore massimo	28.2	19	23.3	N/A
	Valore minimo	1.3	1.7	1.4	N/A

L'analisi statistica condotta sui dati annuali dei quattro idrometri selezionati ha permesso di caratterizzare i principali parametri idrologici dell'area di studio nel periodo di disponibilità delle serie storiche.

Il livello idrometrico medio annuale si è mantenuto su valori simili, sempre inferiori ad 1 m in tutte le stazioni analizzate. Si rileva inoltre la presenza di valori minimi pari a zero in corrispondenza di Gaiola e Fossano, indice di condizioni di magra estreme o temporanee interruzioni del flusso.

Per quanto riguarda la portata media annuale si osservano differenze marcate tra le stazioni. L'idrometro di Fossano ha registrato il valore medio più elevato (20.64 m³/s), seguito da Gaiola (15.38 m³/s), con portate sensibilmente inferiori presso Andonno (4.77 m³/s) e Robilante (4.30 m³/s).

Infine, i dati di temperatura dell'acqua, ove disponibili mostrano un valore medio nell'intera area di circa 10.5 °C. I valori massimi raggiungono punte di 28.2 °C ad Andonno, 23.3 °C a Fossano e 19 °C a Gaiola, suggerendo possibili stress termici estivi in particolari anni. Le temperature minime si mantengono su valori simili tra le tre stazioni (tra 1.3 e 1.7 °C), confermando una certa stabilità delle condizioni invernali.

Vengono ora mostrate alcune delle elaborazioni statistiche effettuate per ciascun idrometro. In particolare sono stati graficati valori medi annuali di tutti i parametri disponibili per ciascun idrometro in modo tale da poter interpretare al meglio le variabilità idrologiche nell'area a livello annuale.

3.2.1 Idrometro Andonno Gesso

Il grafico relativo all'idrometro di Andonno sul fiume Gesso, situato in provincia di Cuneo, presenta l'andamento annuale della media del livello idrometrico (istogramma blu) e della portata media del fiume (linea arancione) dal 2008 al 2023 (Fig. 3.2).

Il livello idrometrico mostra un andamento complessivamente decrescente nel corso degli anni. A partire da un valore prossimo agli 0,8 metri nel 2008 e 2009, il livello si abbassa gradualmente, stabilizzandosi tra 0,6 e 0,7 metri nei primi anni del periodo considerato, fino a raggiungere valori minimi intorno a 0,6 metri o inferiori nel triennio 2021-2023. Solo nel 2018 si osserva un innalzamento significativo vicino agli 0,8 metri, in controtendenza rispetto alla generale diminuzione.

Per quanto riguarda la portata media del fiume, rappresentata dalla linea arancione, si nota una tendenza simile alla diminuzione generale osservata per il livello idrometrico che è osservabile tramite la retta di regressione lineare in tratteggiato arancione. La portata decresce infatti da circa 7,8 m³/s nel 2008 fino a valori minimi di circa 2 m³/s nel 2022, con una marcata eccezione nel 2018, quando si registra un picco massimo oltre i 9 m³/s. Questo aumento anomalo corrisponde anche all'unico anno in cui entrambi i parametri registrano un netto incremento.

Il picco anomalo del 2018 rappresenta un evento straordinario in cui entrambi i valori hanno subito un aumento significativo, probabilmente legato a eventi meteorologici intensi o a condizioni idrologiche particolari come si nota dai dati meteorologici relativi alle precipitazioni.

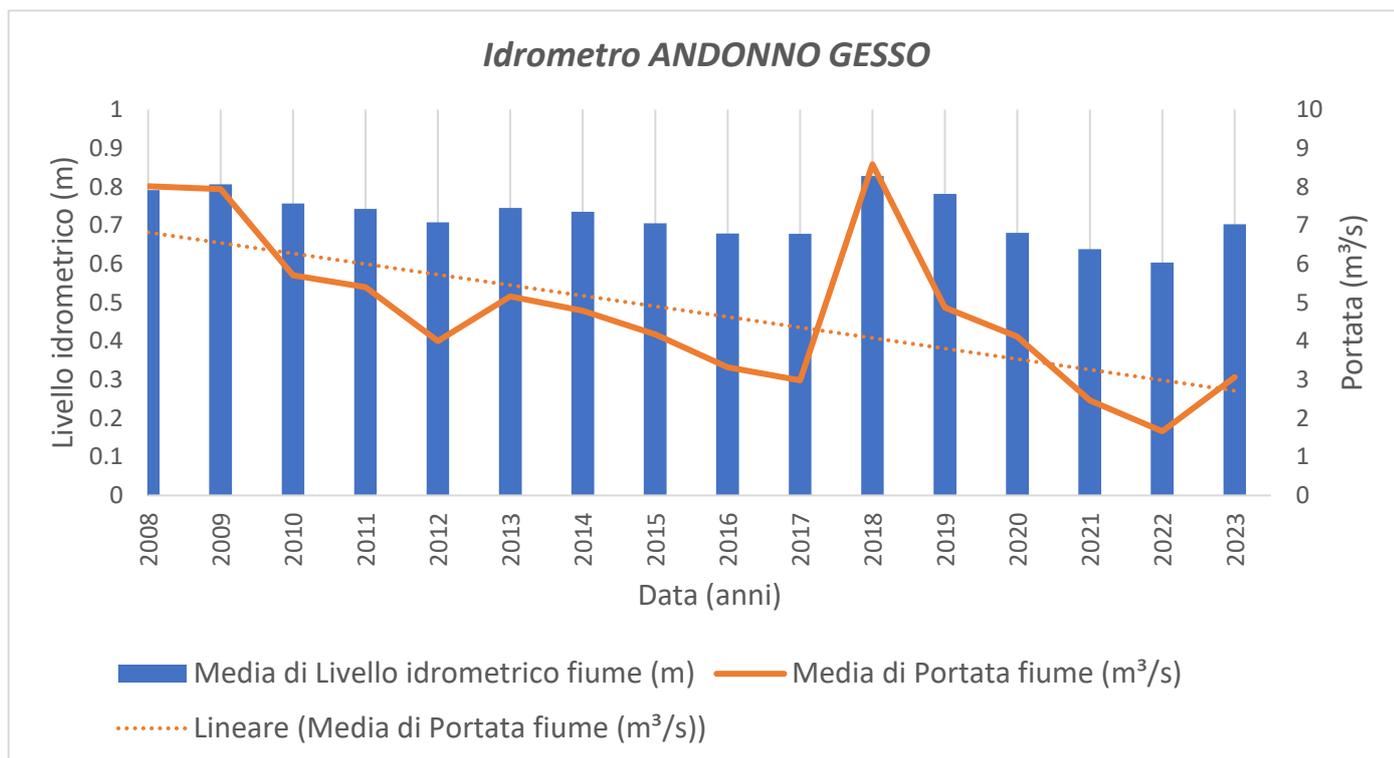


Figura 3.2. Grafico delle condizioni idrologiche registrate presso l'idrometro Andonno Gesso dal 2008 al 2023. La linea arancione rappresenta l'andamento della portata media annuale (m³/s), evidenziando una tendenza generale alla diminuzione nel corso degli anni (linea tratteggiata arancione: retta di regressione lineare). Le barre blu indicano il livello idrometrico medio annuo (m).

Per questa stazione sono state inoltre reperiti anche i dati di temperatura dell'acqua fluviale. Il grafico mostra l'andamento della temperatura media annua delle acque del fiume Gesso, rilevata presso l'idrometro di Andonno, nel periodo compreso tra il 2009 e il 2021 (Fig. 3.3). La curva, in rosso, evidenzia un generale trend di aumento della temperatura dal 2009 fino al 2017: si passa da un valore iniziale di circa 8 °C fino a raggiungere un massimo di circa 13,3 °C. Questo aumento progressivo, con variazioni contenute tra un anno e l'altro, suggerisce un riscaldamento graduale delle acque del fiume, verosimilmente legato all'aumento delle temperature atmosferiche.

A partire dal 2018, però, mancano dati per due anni consecutivi (2018 e 2019), mentre nel 2020 si registra una brusca diminuzione a circa 9 °C, seguita da un crollo ancora più marcato nel 2021, con una temperatura inferiore ai 4 °C. Questo repentino calo rappresenta un'anomalia rispetto alla tendenza osservata fino al 2017.

Nel complesso, il grafico segnala un lungo periodo di riscaldamento delle acque fluviali, interrotto bruscamente negli ultimi due anni disponibili, con possibili implicazioni ecologiche rilevanti per l'habitat acquatico del fiume Gesso.

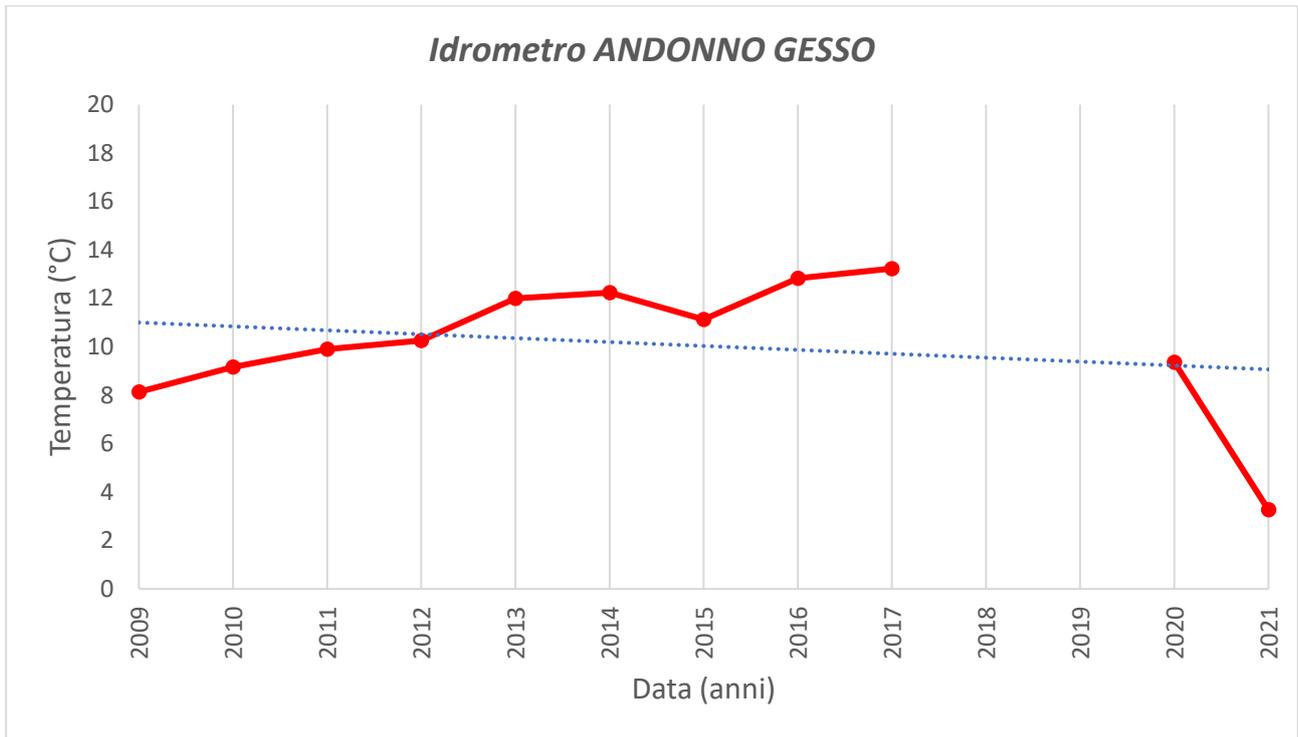


Figura 3.3. Grafico delle condizioni termiche fluviali registrate presso l'idrometro Andonno Gesso dal 2009 al 2021. La linea rossa rappresenta l'andamento della temperatura media annuale (°C), evidenziando una tendenza generale alla diminuzione nel corso degli anni (linea tratteggiata blu: retta di regressione lineare).

3.2.2 Idrometro Gaiola Stura di Demonte

Il grafico relativo all'idrometro di Gaiola sul fiume Stura di Demonte rappresenta l'andamento annuale della media del livello idrometrico e della media della portata fluviale dal 2003 al 2023 (Fig. 3.4).

Il livello idrometrico, mostra una certa variabilità, con una prima fase relativamente stabile e su valori medio-bassi tra il 2003 e il 2007, seguita da un netto aumento tra il 2008 e il 2014, con picchi vicini agli 0,4 metri nel 2014. Dopo una lieve flessione negativa tra il 2015 e il 2017, il livello torna a crescere nel 2018, per poi diminuire progressivamente fino a toccare i valori più bassi del periodo nel 2021. Un lieve recupero si osserva nel biennio 2022-2023.

La portata media del fiume presenta invece oscillazioni più marcate nel corso degli anni. Dopo un iniziale incremento tra il 2003 e il 2004, la portata scende fino al minimo del 2007, cui segue un netto balzo in avanti nel 2008. I valori massimi si registrano nel triennio 2008-2010, con picchi superiori ai 20 m³/s, seguiti da una fase di discesa e successive oscillazioni. In particolare, si osservano nuovi aumenti nel 2014 e nel 2018, mentre dal 2019 in avanti la portata subisce un calo deciso, con valori inferiori ai 10 m³/s nel biennio 2021-2022, prima di una parziale ripresa nel 2023.

L'analisi congiunta dei due parametri mostra una generale correlazione tra livello idrometrico e portata: nei periodi in cui il livello dell'acqua aumenta, si osserva anche un incremento della portata, e viceversa. Il calo osservato negli ultimi anni in entrambi i parametri può riflettere una tendenza a una riduzione complessiva delle risorse idriche del fiume, coerente con fenomeni di siccità noti nel periodo 2021-2022.

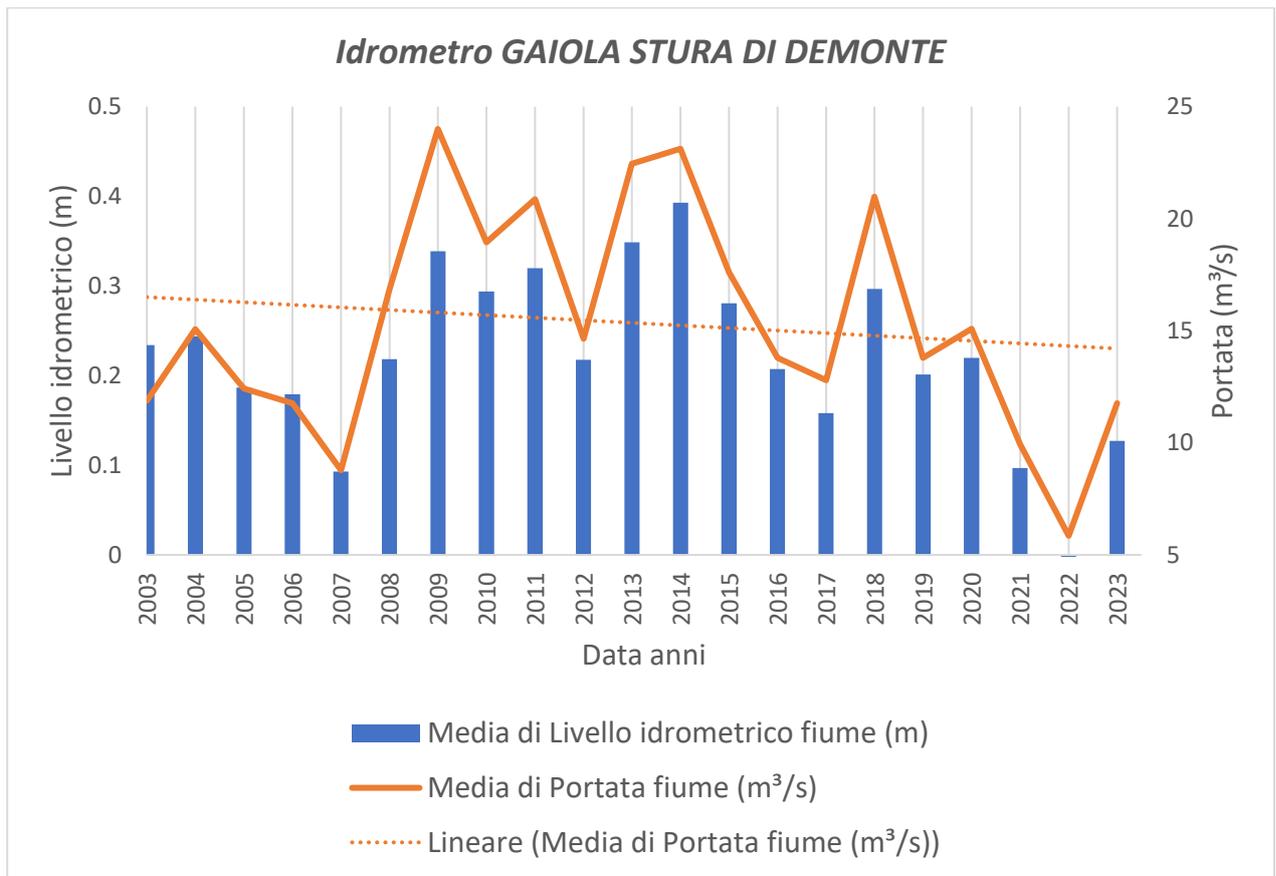


Figura 3.4. Grafico delle condizioni idrologiche registrate presso l'idrometro Gaiola Stura di Demonte dal 2003 al 2023. La linea arancione rappresenta l'andamento della portata media annuale (m³/s), evidenziando una tendenza generale alla diminuzione nel corso degli anni (linea tratteggiata arancione: retta di regressione lineare). Le barre blu indicano il livello idrometrico medio annuale (m).

Per quanto riguarda i dati di temperatura fluviale, il grafico in Figura 3.5 rappresenta l'andamento della temperatura media annua dell'acqua del fiume Stura di Demonte rilevata presso l'idrometro di Gaiola nel periodo compreso tra il 2009 e il 2017. Nel 2009 la temperatura si attesta attorno agli 8,1 °C, per poi aumentare progressivamente nei due anni successivi, raggiungendo un massimo di circa 10,6 °C nel 2011. Dopo questo picco iniziale, si osserva una lieve flessione nel biennio successivo, con un calo che porta la temperatura a circa 9,3 °C nel 2013. A partire dal 2014 si rileva una nuova fase di lieve incremento e successiva stabilizzazione: le temperature si mantengono costantemente attorno ai 10 °C tra il 2014 e il 2017, con variazioni minime nell'ordine di pochi decimi di grado. Nel complesso, il periodo osservato evidenzia una relativa stabilità termica del tratto montano del fiume, pur con oscillazioni annuali legate probabilmente alle variazioni climatiche stagionali e ai diversi apporti idrici provenienti dalle zone alpine circostanti.

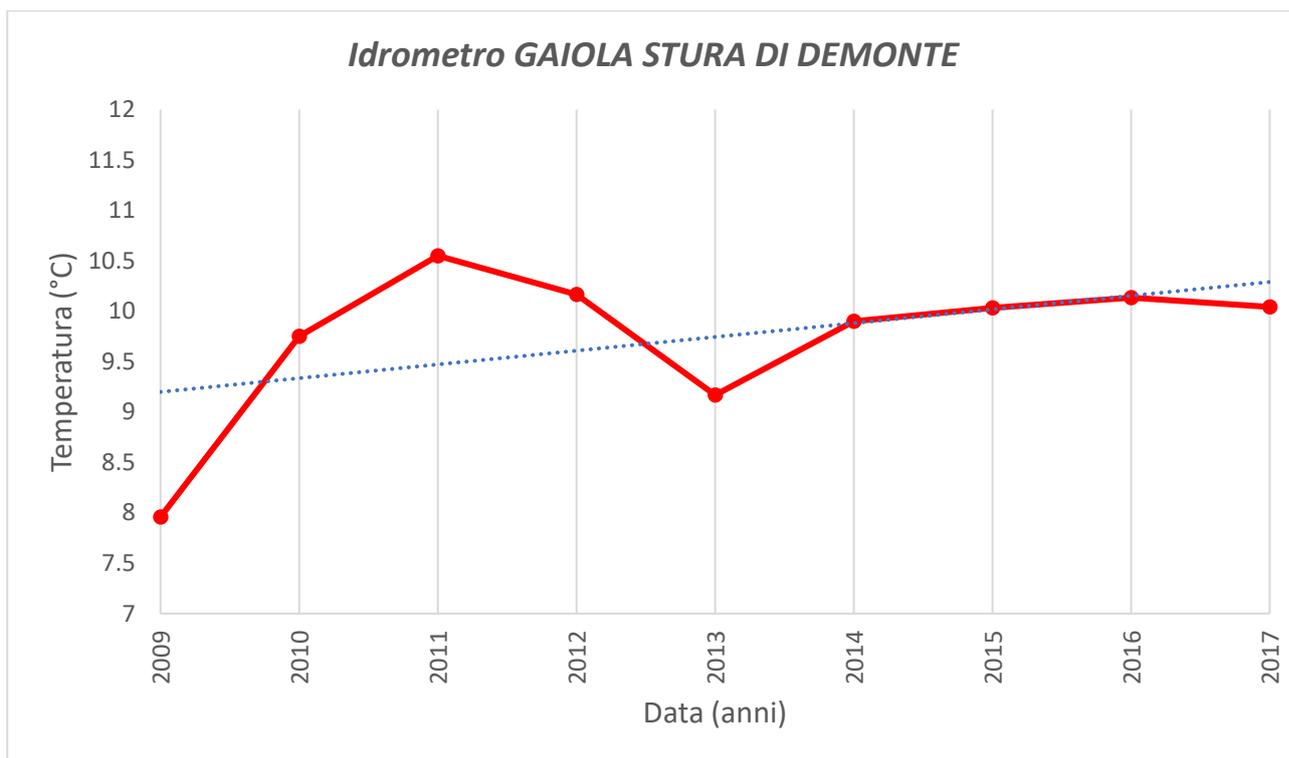


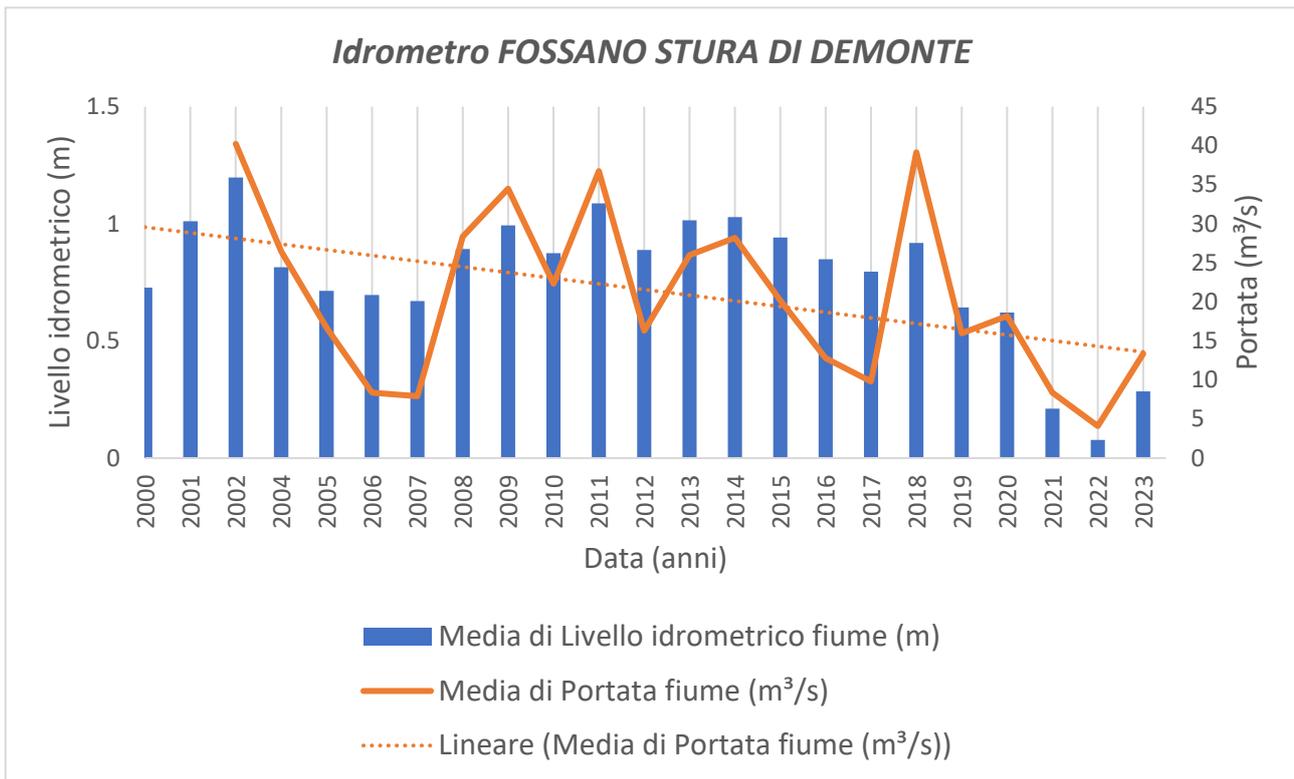
Figura 3.5. Grafico delle condizioni termiche fluviali registrate presso l'idrometro Gaiola Stura di Demonte dal 2009 al 2017. La linea rossa rappresenta l'andamento della temperatura media annuale (°C), evidenziando una tendenza generale all'aumento nel corso degli anni (linea tratteggiata blu: retta di regressione lineare).

3.2.3 Idrometro Fossano Stura di Demonte

Il grafico in figura 3.6 rappresenta l'evoluzione annuale della media del livello idrometrico e della portata media annua del fiume Stura di Demonte, rilevate presso la stazione idrometrica di Fossano, dal 2000 al 2023.

Il livello idrometrico si mantiene mediamente tra 0,7 e 1,1 metri per la maggior parte del periodo. Si registrano picchi significativi nel 2002 (circa 1,2 m), nel 2011 (1,15 m) e nel 2014 (1,05 m), mentre valori minimi sono osservabili nel 2005–2008 (intorno a 0,7 m). A partire dal 2020 si nota una evidente tendenza al ribasso, con una drastica diminuzione nel 2022, dove il livello medio scende sotto 0,3 m, seguito da un parziale recupero nel 2023 (circa 0,8 m).

Per quanto riguarda la portata media annua è tracciata in arancione il valore massimo si registra nel 2001 con circa 40 m³/s, seguito da un forte calo fino a un minimo nel 2006–2007 (circa 5 m³/s). Successivamente, si osservano oscillazioni con nuovi aumenti (es. 2009, 2011 e un picco secondario nel 2018 a circa 38 m³/s), seguiti da un progressivo declino, fino al minimo assoluto nel 2022 (circa 3 m³/s). Anche in questo caso, il 2023 evidenzia una ripresa (intorno a 12 m³/s).



delle condizioni idrologiche registrate presso l'idrometro Fossano Stura di Demonte dal 2000 al 2023. La linea arancione rappresenta l'andamento della portata media annuale (m³/s), evidenziando una tendenza generale alla diminuzione nel corso degli anni (linea tratteggiata arancione: retta di regressione lineare). Le barre blu indicano il livello idrometrico medio annuale (m).

L'andamento della temperatura media annua dell'acqua del fiume Stura di Demonte presso la stessa stazione idrometrica di Fossano, è disponibile nel periodo 2009–2021 (Fig. 3.7). Si nota un incremento significativo della temperatura nei primi anni: da circa 8,6 °C nel 2009 si passa a 9,8 °C nel 2010, 10,8 °C nel 2011 e poi a un primo forte incremento fino a 14,1 °C nel 2012. Dopo una leggera flessione nel 2013 (11,8 °C), la temperatura riprende a salire raggiungendo il valore massimo dell'intero periodo nel 2015, con circa 15,3 °C. Dal 2016 in poi si osserva una graduale diminuzione e successiva stabilizzazione: tra il 2016 e il 2019 i valori si mantengono tra i 13,3 e i 14,1 °C, con una lieve ma costante tendenza al ribasso. Il 2020 segna un calo più netto, con una media di 12,3 °C, valore confermato anche nel 2021.

Il quadro complessivo evidenzia una tendenza al riscaldamento delle acque del fiume fino alla metà del decennio 2010, seguita da una fase di leggera ma costante discesa.

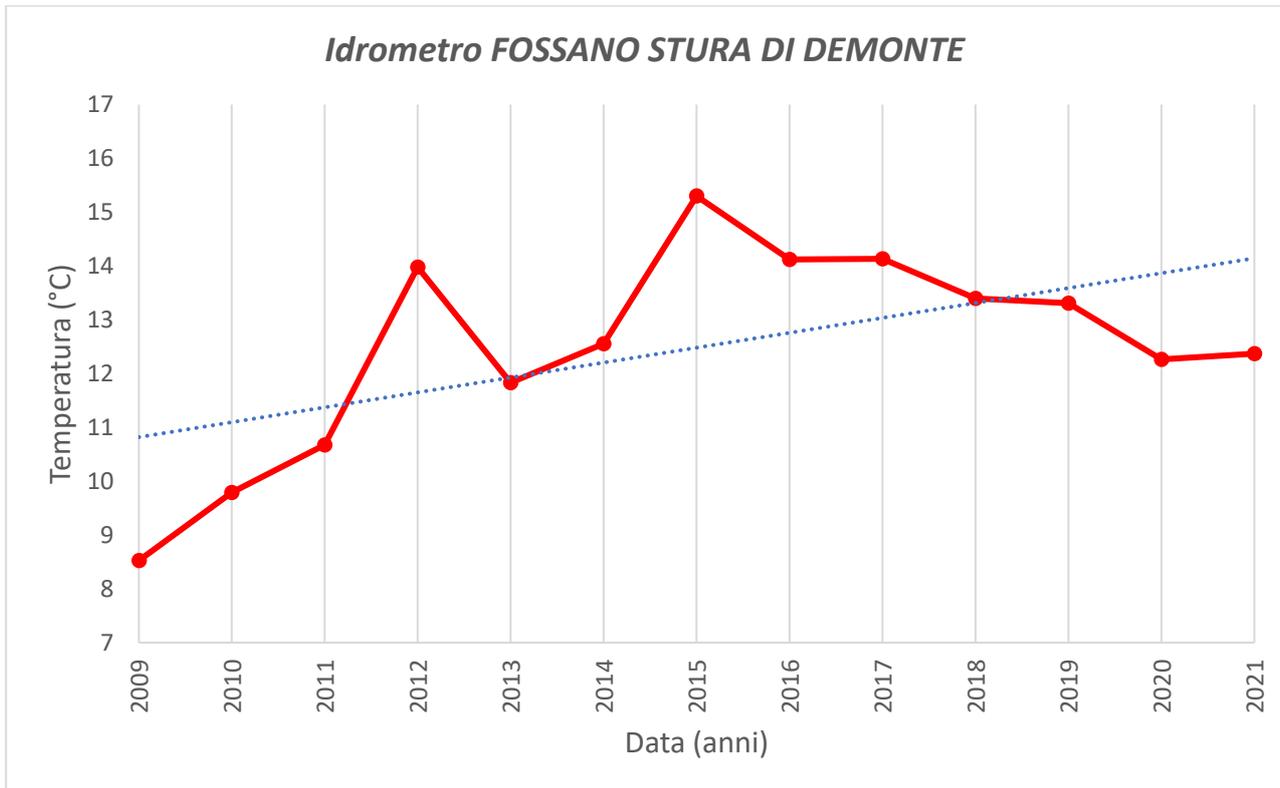


Figura 3.7. Grafico delle condizioni termiche fluviali registrate presso l'idrometro Fossano Stura di Demonte dal 2009 al 2022. La linea rossa rappresenta l'andamento della temperatura media annuale (°C), evidenziando una tendenza generale all'aumento nel corso degli anni (linea tratteggiata blu: retta di regressione lineare).

3.2.4 Idrometro Robilante Vermenagna

In figura 3.8 è mostrato l'andamento annuale del livello idrometrico medio e della portata media del fiume per la stazione idrometrica di Robilante sul torrente Vermenagna, in provincia di Cuneo, nel periodo compreso tra il 2008 e il 2023.

Analizzando il livello idrometrico medio, si osserva una tendenza inizialmente elevata nel triennio 2008-2010, con valori prossimi o superiori a 0,9 metri. A partire dal 2011, si rileva un graduale calo con alcune fluttuazioni: i livelli si mantengono intorno a 0,7-0,8 m fino al 2016, con un minimo significativo nel 2018 (circa 0,6 m), seguito da una leggera ripresa negli anni successivi, anche se non si raggiungono più i valori iniziali. La portata media del fiume mostra invece una maggiore variabilità: parte da circa 4 m³/s nel 2008, raggiunge un primo picco nel 2009 (oltre 6 m³/s), per poi decrescere fino a un minimo nel 2017 (poco sopra 2 m³/s). Il valore massimo di portata si registra nel 2018, con oltre 8 m³/s, seguito da un nuovo calo negli anni successivi, toccando un minimo nel 2022 (circa 2 m³/s) e una leggera risalita nel 2023.

In particolare, il 2018 rappresenta un'anomalia significativa: nonostante un livello idrometrico non particolarmente elevato rispetto ad altri anni (intorno a 0,6 m), la portata raggiunge il suo massimo, suggerendo episodi di piena o eventi meteorici intensi che hanno inciso più sulla velocità e volume del flusso che sull'altezza media dell'acqua. Ciò indica che, pur essendo connessi, i due indicatori rispondono a dinamiche idrologiche differenti, legate sia alle condizioni meteorologiche sia alla morfologia dell'alveo e al regime di deflusso.

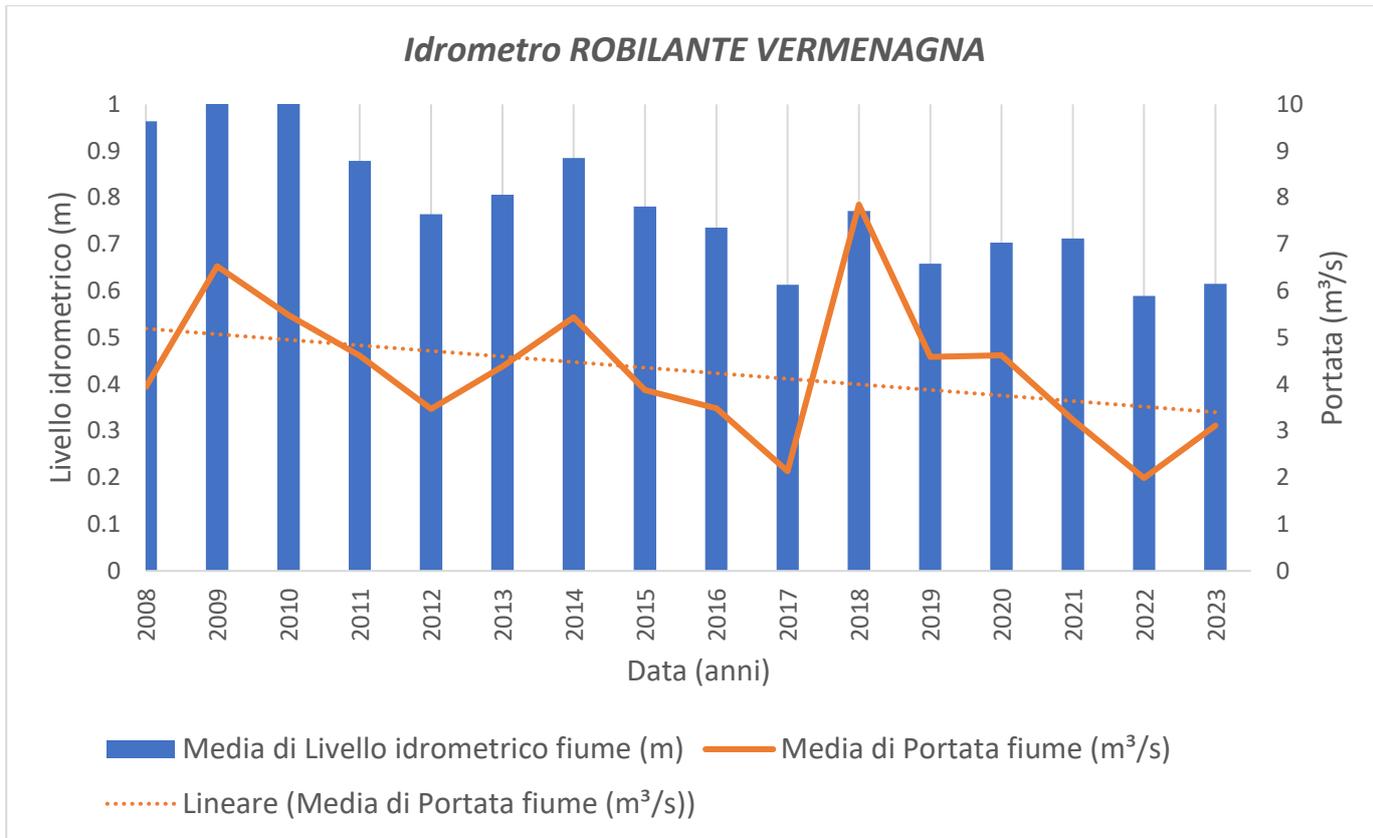


Figura 3.8. Grafico delle condizioni idrologiche registrate presso l'idrometro Robilante Vermenagna dal 2008 al 2023. La linea arancione rappresenta l'andamento della portata media annuale (m^3/s), evidenziando una tendenza generale alla diminuzione nel corso degli anni (linea tratteggiata arancione: retta di regressione lineare). Le barre blu indicano il livello idrometrico medio annuale (m).

3.3 Conclusioni

L'analisi dei dati idrometrici raccolti nelle quattro stazioni reperite nell'area del Parco Fluviale del Gesso e Stura evidenzia tendenze coerenti con i segnali di cambiamento climatico già rilevati su scala meteorologica, mostrando una generale diminuzione dei livelli idrometrici e delle portate fluviali, accompagnata da un progressivo riscaldamento delle acque dei fiumi.

Nel loro complesso, i dati idrometrici evidenziano un contesto fluviale progressivamente più instabile, caratterizzato da una diminuzione delle risorse idriche disponibili e da una crescente vulnerabilità agli estremi climatici. Le tendenze osservate, coerenti con quanto emerso anche sul piano meteorologico, richiamano l'importanza di un monitoraggio costante e integrato, al fine di supportare strategie efficaci di gestione sostenibile delle risorse idriche e di tutela degli ecosistemi acquatici.

4. Studio del livello piezometrico e della temperatura delle acque sotterranee relativo all'acquifero a falda libera e valutazione di eventuali trend mediante analisi di serie storiche disponibili in pozzi di monitoraggio

La valutazione delle variazioni spazio-temporali dello stato quantitativo delle acque sotterranee della falda superficiale è stata eseguita attraverso l'analisi delle serie temporali dei livelli piezometrici rilevati in 9 piezometri di monitoraggio presenti nel settore della pianura cuneese captanti l'acquifero superficiale della Pianura Padana Piemontese (Fig. 4.1).

Il periodo analizzato è compreso tra il 1 gennaio 2000 e il 31 agosto 2024 o comunque secondo la disponibilità del dato nel periodo scelto.

I livelli piezometrici e le temperature delle acque sotterranee sono stati estratti dal servizio di pubblicazione online dei dati di monitoraggio quantitativo giornaliero delle acque sotterranee di ARPA Piemonte relativi alla Rete di Monitoraggio automatico delle Acque Sotterranee della Regione Piemonte (RMRAS) (Arpa Piemonte 2025).

I valori scaricati sono stati, in seguito, aggregati mensilmente e annualmente per le successive analisi statistiche.

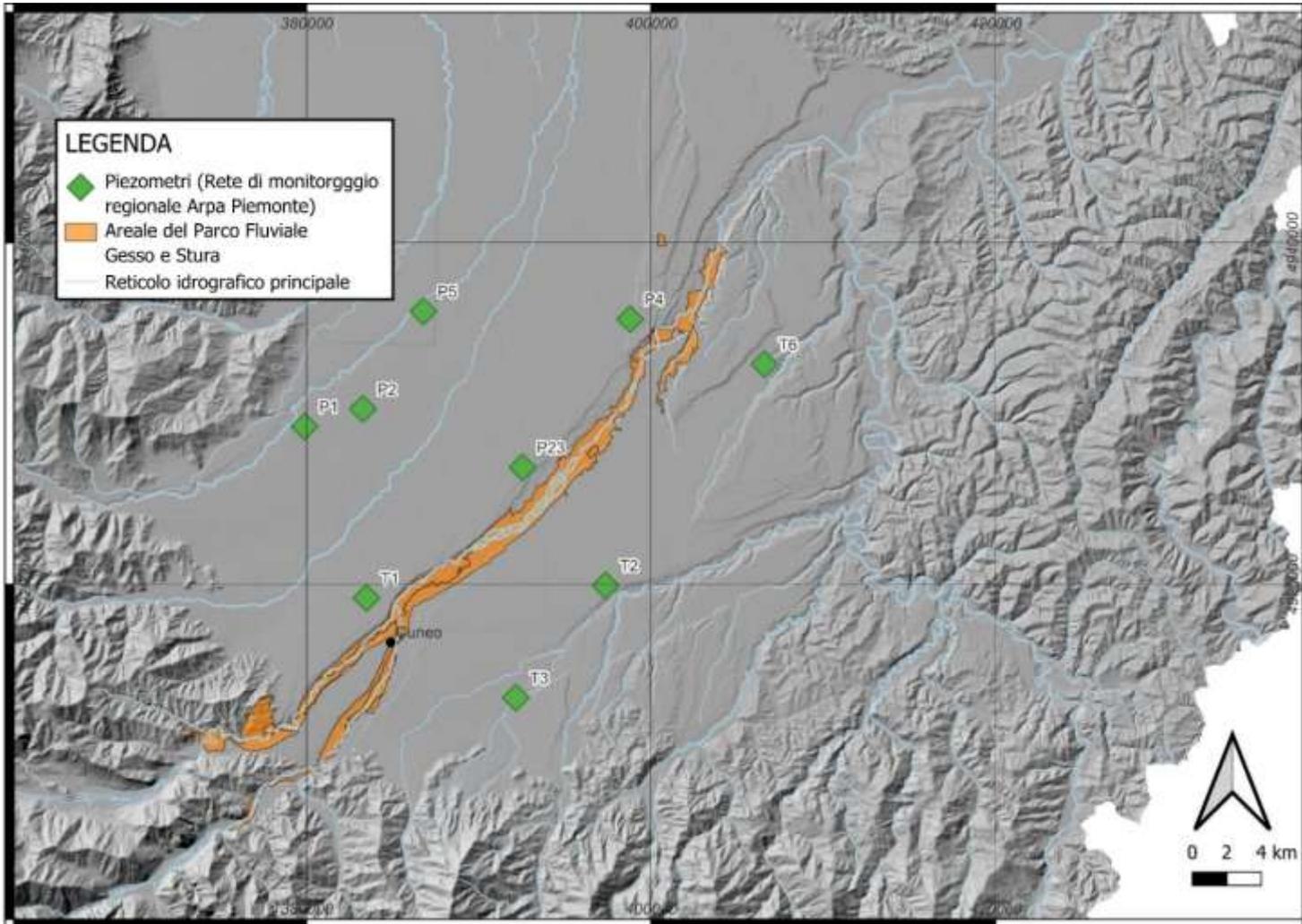


Figura 4.1. Mappa dell'area di studio relativa al Parco Fluviale Gesso e Stura. Sono evidenziati: in arancione l'areale del parco del parco fluviale Gesso e Stura; in verde i piezometri della rete di monitoraggio regionale ARPA Piemonte

4.1 Approccio metodologico

Per quanto riguarda l'analisi delle serie storiche relative ai dati idrogeologici sono stati utilizzati due approcci metodologici:

Analisi statistica di base a livello mensile (massimi, minimi e medie)

Analisi statistica approfondita con Test di Mann-Kendall ed Estimatore di Theil-Sen (metodi già spiegati nel capito 2.1)

4.2 Risultati

Nelle tabelle 4.1 e 4.2 vengono riportati rispettivamente i risultati dell'analisi statistica per quanto riguarda i livelli piezometrici (Tab. 4.1) e le temperature delle acque sotterranee (Tab. 4.2) per i 9 piezometri analizzati nell'area.

Tabella 4.1. Risultati delle analisi statistiche dei livelli piezometrici

LIVELLO PIEZOMETRICO	P1	P2	P23	P4	P5	T1	T2	T3	T6	
Periodo disponibilità dati	2001-2021	2001-2024	2005-2024	2000-2024	2001-2024	2000-2024	2000-2024	2000-2024	2007-2024	
Valore massimo (mensile)	4.42E+02	432.97	4.05E+02	346.14	3.85E+02	481.7	4.28E+02	486.24	3.49E+02	
Valore minimo (mensile)	433.01	425.43	397.79	343.03	379.43	472.37	424.28	477.34	347.8	
Valore medio (mensile)	4.37E+02	430.466 4362	4.01E+02	345.000 4876	3.83E+02	477.337 6543	4.26E+02	482.554 2632	3.48E+02	
Test di Mann-Kendall (mensile)	S	-282	-9076	-6987	-8286	-2801	-8492	-6299	-7063	444
	Z	-0.27024	-6.1197	-5.9503	-6.1949	-2.6928	-6.0587	-4.0653	-4.8698	0.53468
	P-value	0.78698	9.38E-10	2.68E-09	5.83E-10	0.0070863	1.37E-09	4.80E-05	1.12E-06	0.59287
	Trend	Non statisticamente significativo	Negativo statisticamente significativo	Non statisticamente significativo						
Estimatore di Theil-Sen (mensile)	N/A	-0.0002	-0.0002	-1.00E-04	-0.00007	-0.0003	-4.00E-05	-0.0003	N/A	

Tabella 4.2. Risultati delle analisi statistiche delle temperature delle acque sotterranee

TEMPERATURA DELLE ACQUE SOTTERRANEE		P1	P2	P23	P4	P5	T1	T2	T3	T6
Periodo disponibilità a dati		2009-2021	2010-2024	2009-2024	2009-2024	2010-2024	2009-2024	2009-2024	2009-2024	2009-2024
Valore massimo (mensile)		23.8	14	14.5	17.3	12.5	28.1	15.3	22.7	17.2
Valore minimo (mensile)		1.05E+01	11.4	1.30E+01	9.4	1.10E+01	1.6	9.20E+00	0.3	1.18E+01
Valore medio (mensile)		10.65	11.58539385	13.60944022	13.77059851	11.75724355	11.90625	12.79827717	11.2534545	15.1466304
Test di Mann-Kendall (mensile)	S	-2.84E+02	9908	6.69E+03	667	5.08E+02	6091	3.78E+03	3002	3.41E+03
	Z	-0.74873	13.274	8.3507	1.1269	1.2752	9.9284	4.7171	4.3869	5.2668
	P-value	0.45402	3.29E-40	6.79E-17	0.2598	0.20223	3.13E-23	2.39E-06	1.15E-05	1.39E-07
	Trend	Non statisticamente significativo	<i>Positivo statisticamente significativo</i>	<i>Positivo statisticamente significativo</i>	Non statisticamente significativo	Non statisticamente significativo	<i>Positivo statisticamente significativo</i>	<i>Positivo statisticamente significativo</i>	<i>Positivo statisticamente significativo</i>	<i>Positivo statisticamente significativo</i>
Estimatore di Theil-Sen (mensile)		N/A	0.0001	0.0001	N/A	N/A	4.00E-05	0.0003	0.0003	0.0002

Nel contesto dell'analisi dei livelli piezometrici mensili rilevati presso i 9 piezometri localizzati nell'area del Parco fluviale Gesso e Stura, i dati evidenziano una generale tendenza alla diminuzione del livello delle acque sotterranee. I periodi di osservazione variano dal 2000 al 2024 a seconda della serie disponibile per ciascun punto di misura. I valori medi mensili oscillano tra circa 345 m s.l.m. (P4) e 483 m s.l.m. (T3) (Fig. 4.2). L'applicazione del test di Mann-Kendall ha permesso di individuare una tendenza negativa statisticamente significativa per 7 piezometri (P2, P23, P4, P5, T1, T2 e T3), confermando un abbassamento sistematico e continuo del livello piezometrico nel tempo nell'intera area. Le stime della pendenza fornite dall'estimatore di Theil-Sen rafforzano tale interpretazione, mostrando decrementi mensili anche pari a -0.0003 m/mese nei casi più marcati. Solo i piezometri P1 e T6 non mostrano trend statisticamente significativi, indicando una sostanziale stabilità del livello piezometrico nel periodo di osservazione.

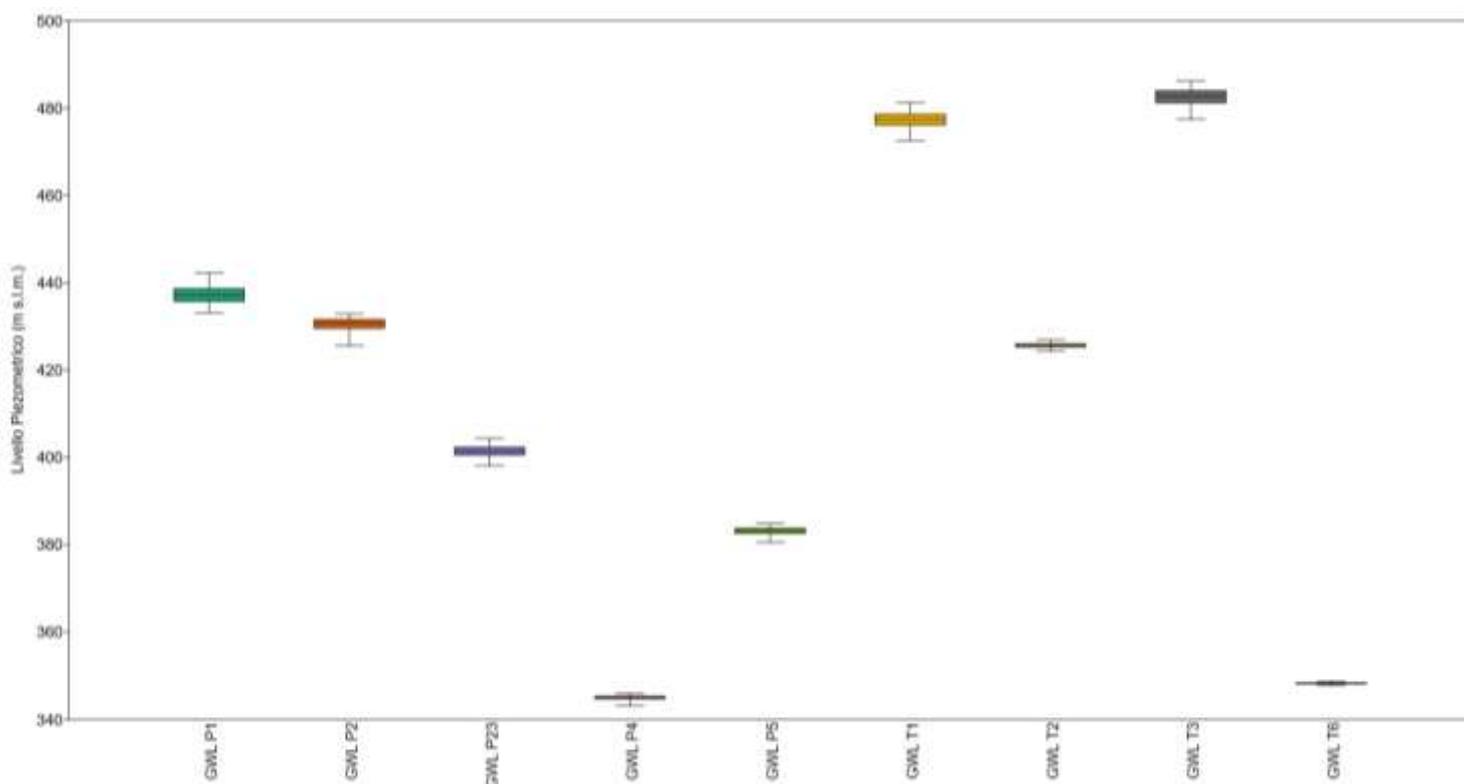


Figura 4.2. Boxplot relativo ai valori medi mensili di livello piezometrico dei 9 piezometri nell'area del Parco Fluviale Gesso e Stura

Per quanto riguarda la temperatura delle acque sotterranee, l'analisi delle serie mensili disponibili per il periodo 2009–2024 rivela un comportamento differenziato tra i piezometri. Le temperature medie variano da un minimo di circa 10.7 °C (P1) a un massimo di oltre 15 °C (T6) (Fig. 4.3). L'analisi statistica ha evidenziato un trend positivo statisticamente significativo in 6 piezometri (P2, P23, T1, T2, T3 e T6), e stime di Theil-Sen comprese tra +0.0001 e +0.0003 °C/mese. Questi risultati indicano un progressivo aumento della temperatura delle acque sotterranee nel tempo, coerente con dinamiche di riscaldamento climatico.

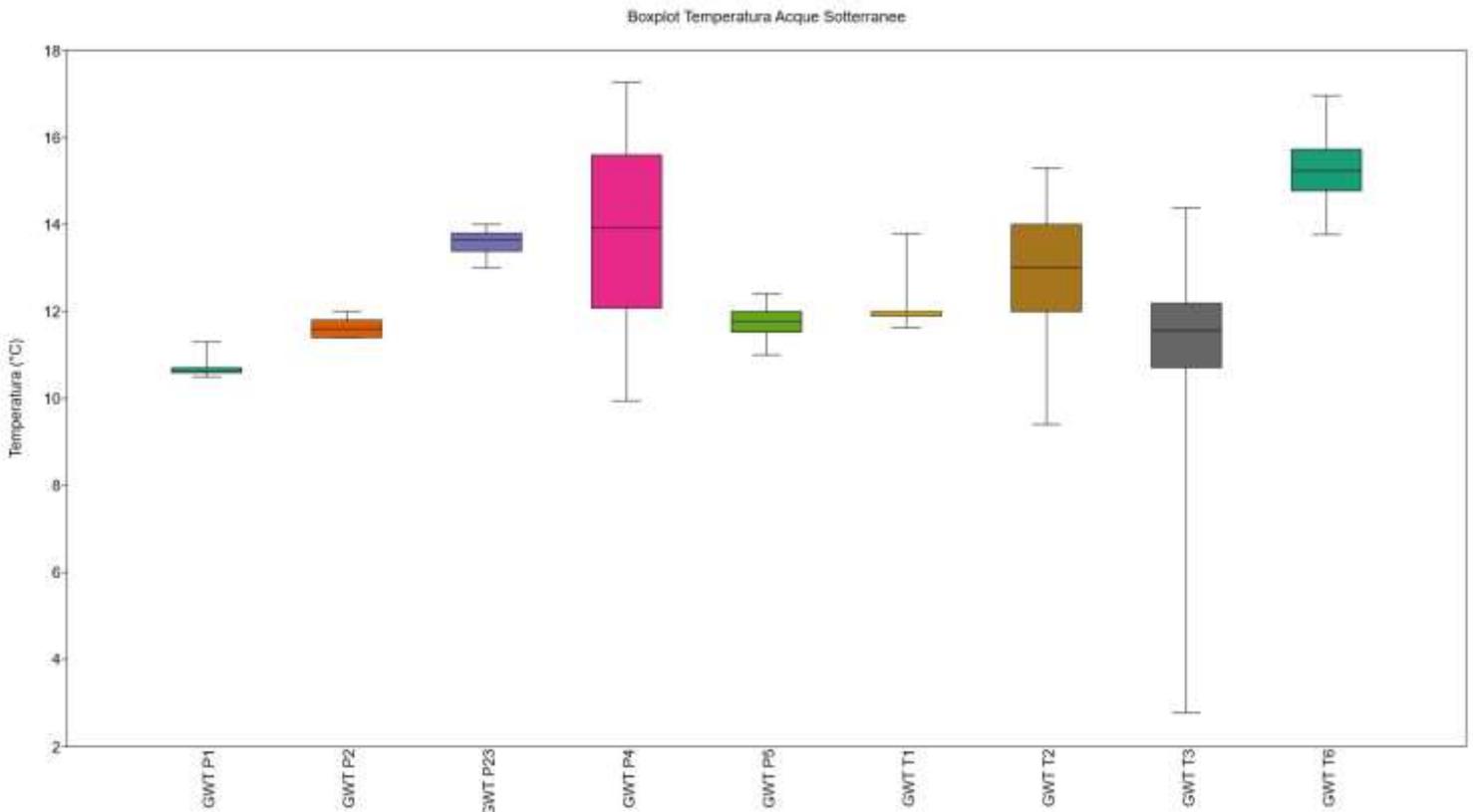


Figura 4.3. Boxplot relativo ai valori medi mensili di temperatura delle acque sotterranee dei 9 piezometri nell'area del Parco Fluviale Gesso e Stura

Nelle parti successive del capitolo vengono riportati i dettagli dei risultati di ogni singolo piezometro analizzato.

In tutti i grafici saranno riportati i valori medi di livello piezometrico (GWL) (blu) e i valori medi di temperatura delle acque sotterranee (GWT) (arancione), per entrambi i valori viene riportato il valore medio mensile e quello annuale.

4.2.1. Piezometro P1 – Busca

I grafici in figura 4.4 e 4.5 mostrano l'andamento del livello piezometrico e della temperatura delle acque sotterranee, misurati presso il piezometro P1 a Busca tra il 2001 e il 2021. Il livello piezometrico (GWL, linea blu) ha manifestato nel corso degli anni un'oscillazione significativa, con una prima fase relativamente stabile tra i 436 e i 439 metri fino al 2004, seguita da una progressiva riduzione tra il 2005 e il 2007. A partire dal 2008 si osserva una ripresa marcata, con un picco massimo nel 2009-2010, dove il livello supera i 442 metri. Negli anni successivi il livello resta variabile, oscillando tra i 436 e i 440 metri, ma mostra un lento trend discendente, evidenziato anche dalla linea di regressione tratteggiata blu.

La temperatura delle acque sotterranee (GWT), rappresentata dalla linea arancione, è caratterizzata da dati meno continui e più frammentari, ma risulta generalmente compresa tra i 10,5 °C e gli 11,2 °C. Dal 2009 al 2016 la temperatura rimane abbastanza stabile intorno ai 10,6–10,7 °C. A partire dal 2017 si registra un leggero aumento, con valori che raggiungono e superano gli 11 °C nel periodo 2019–2021. Anche la linea di tendenza per GWT (tratteggiata arancione) evidenzia un progressivo, seppur lieve, incremento delle temperature sotterranee nel periodo analizzato.

Nel confronto tra i due parametri si evidenzia l'assenza di una correlazione diretta o lineare tra livello piezometrico e temperatura. Tuttavia, alcuni episodi suggeriscono possibili legami tra abbassamenti di livello e innalzamenti termici, fenomeno che potrebbe essere associato a variazioni nel regime di ricarica, riduzione degli apporti superficiali o modificazioni nelle condizioni idrogeologiche locali. Il progressivo riscaldamento delle acque sotterranee osservato negli ultimi anni potrebbe anche essere legato a effetti climatici su scala più ampia, suggerendo la necessità di un monitoraggio continuativo per individuare con maggiore precisione le cause di tali variazioni.

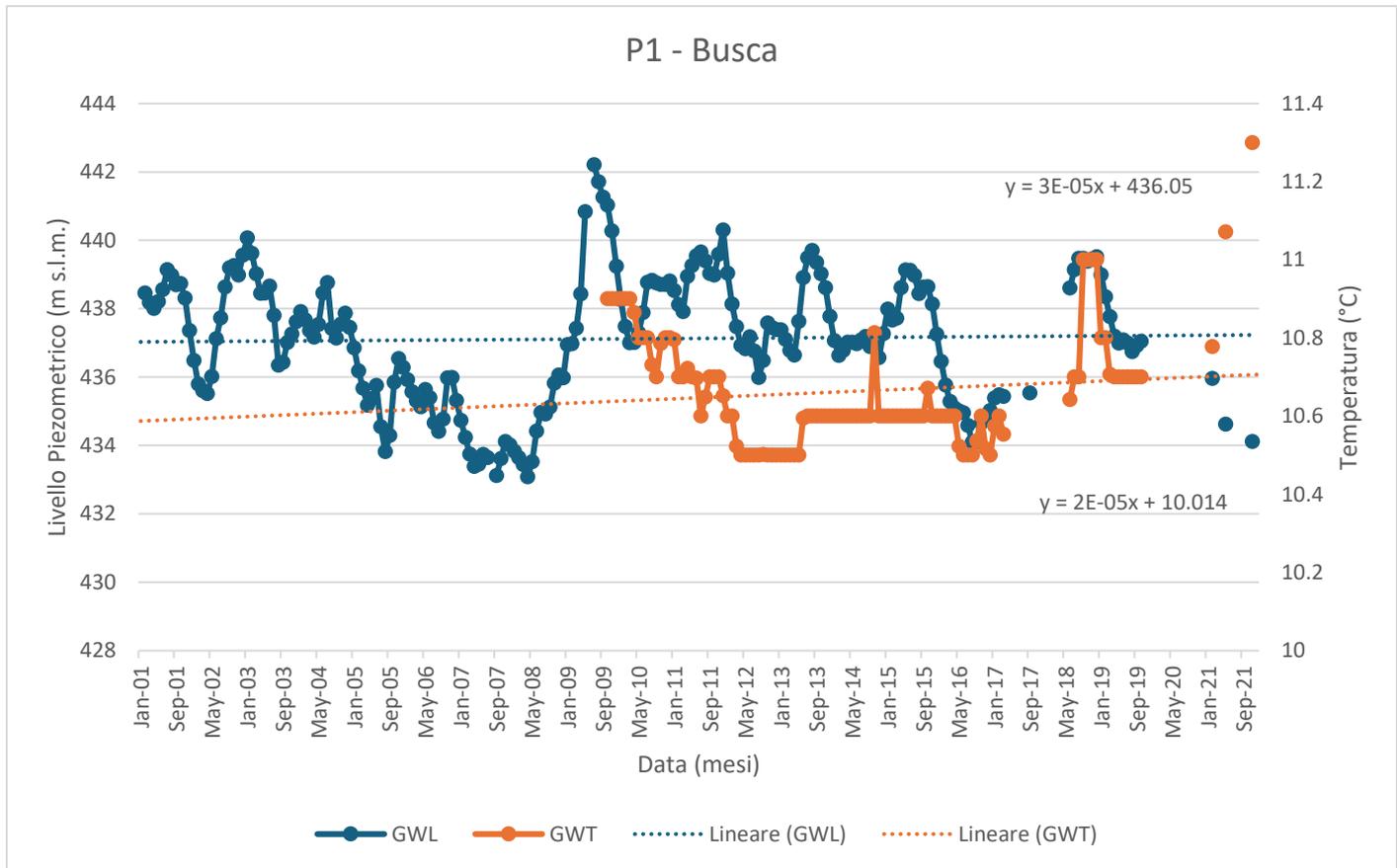


Figura 4.4. Grafico delle variazioni dei parametri idrogeologici registrati presso il piezometro P1 di Busca dal 2001 al 2021. La linea arancione rappresenta l'andamento della temperatura delle acque sotterranee elaborata come media mensile (°C). La linea blu rappresenta l'andamento del livello piezometrico medio mensile (m s.l.m.). Inoltre le linee tratteggiate blu e arancione rappresentano le rette di regressione lineare rispettivamente del livello piezometrico e della temperatura delle acque sotterranee.

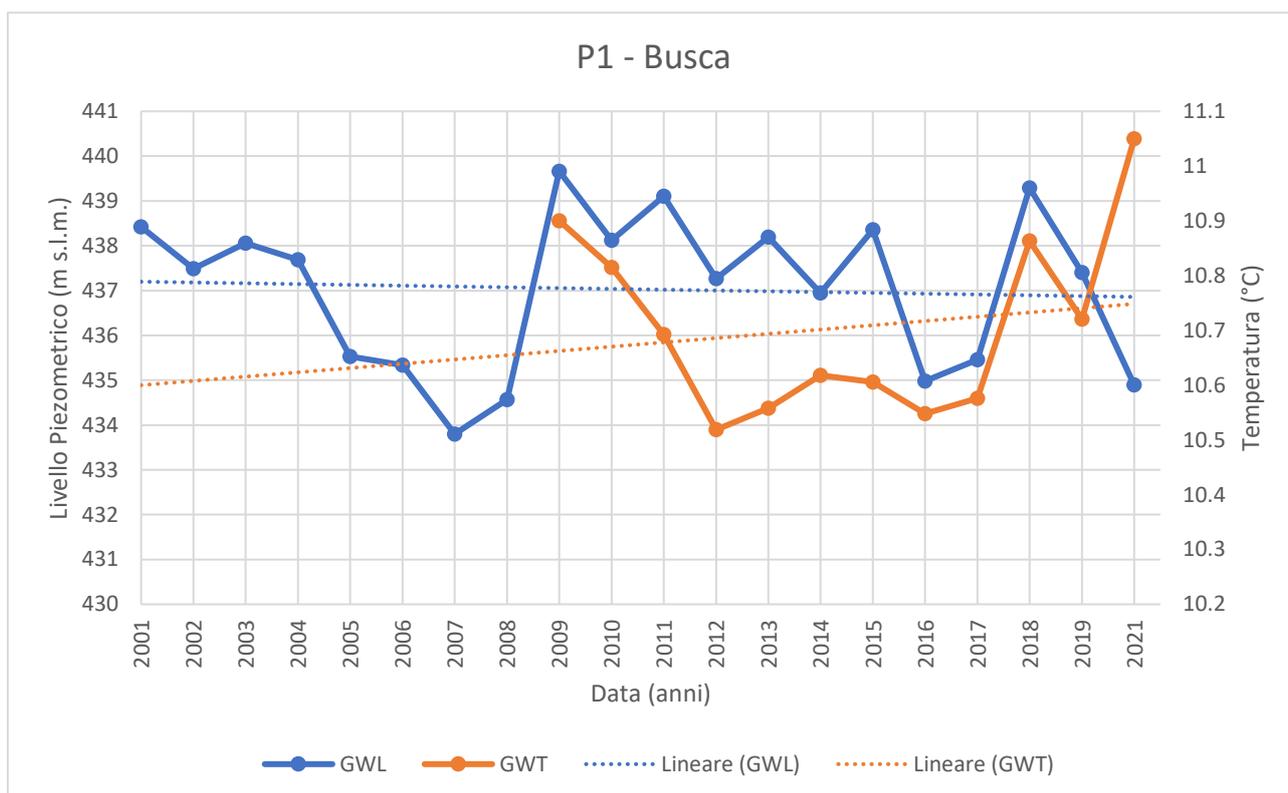


Figura 4.5. Grafico delle variazioni dei parametri idrogeologici registrati presso il piezometro P1 di Busca dal 2001 al 2021. La linea arancione rappresenta l'andamento della temperatura delle acque sotterranee elaborata come media annuale (°C). La linea blu rappresenta l'andamento del livello piezometrico medio annuale (m s.l.m.). Inoltre le linee tratteggiate blu e arancione rappresentano le rette di regressione lineare rispettivamente del livello piezometrico e della temperatura delle acque sotterranee.

4.2.2 Piezometro P2 – Tarantasca

I grafici rappresentano l'andamento del livello piezometrico, e della temperatura delle acque sotterranee, misurati presso il piezometro P2 nel comune di Tarantasca tra il 2001 e il 2024 (Fig. 4.6 e Fig. 4.7).

Il livello piezometrico (linea blu) evidenzia una tendenza complessiva alla diminuzione nel corso del periodo osservato, come indicato anche dalla retta di regressione negativa. Nella prima fase (2001–2007), i valori oscillano prevalentemente tra i 430 e i 432 metri, ma a partire dal 2005 si osserva un calo graduale con valori che scendono sotto i 429 metri. Dopo una breve ripresa tra il 2009 e il 2017, in cui i livelli tornano sopra i 431 metri, si registra un nuovo e più marcato abbassamento tra il 2019 e il 2022, con un minimo sotto i 427 metri nel 2022. Negli ultimi anni si intravede una lieve risalita.

La temperatura delle acque sotterranee, tracciata in arancione, mostra un andamento opposto, con una tendenza complessiva all'aumento, come evidenziato dalla retta di regressione positiva. I dati partono dal 2009 con temperature prossime ai 10,7 °C e mostrano un incremento progressivo, con alcuni aumenti più marcati tra il 2017 e il 2019, fino a superare stabilmente gli 11,8 °C e raggiungere anche i 12 °C in alcune misure più recenti. Dopo il 2020, la temperatura si stabilizza su valori più alti rispetto al decennio precedente, suggerendo un riscaldamento graduale ma continuo della falda.

Il confronto tra GWL e GWT evidenzia un andamento inversamente correlato: mentre il livello piezometrico tende a diminuire nel tempo, la temperatura delle acque sotterranee mostra un chiaro aumento. Questo tipo di dinamica può essere indicativo di una riduzione della ricarica naturale della falda o di una maggiore vulnerabilità ai cambiamenti climatici, con falde meno profonde più sensibili al riscaldamento atmosferico. Inoltre, l'abbassamento del livello piezometrico potrebbe favorire un maggior tempo di residenza dell'acqua nel sottosuolo, contribuendo all'aumento delle temperature registrate.

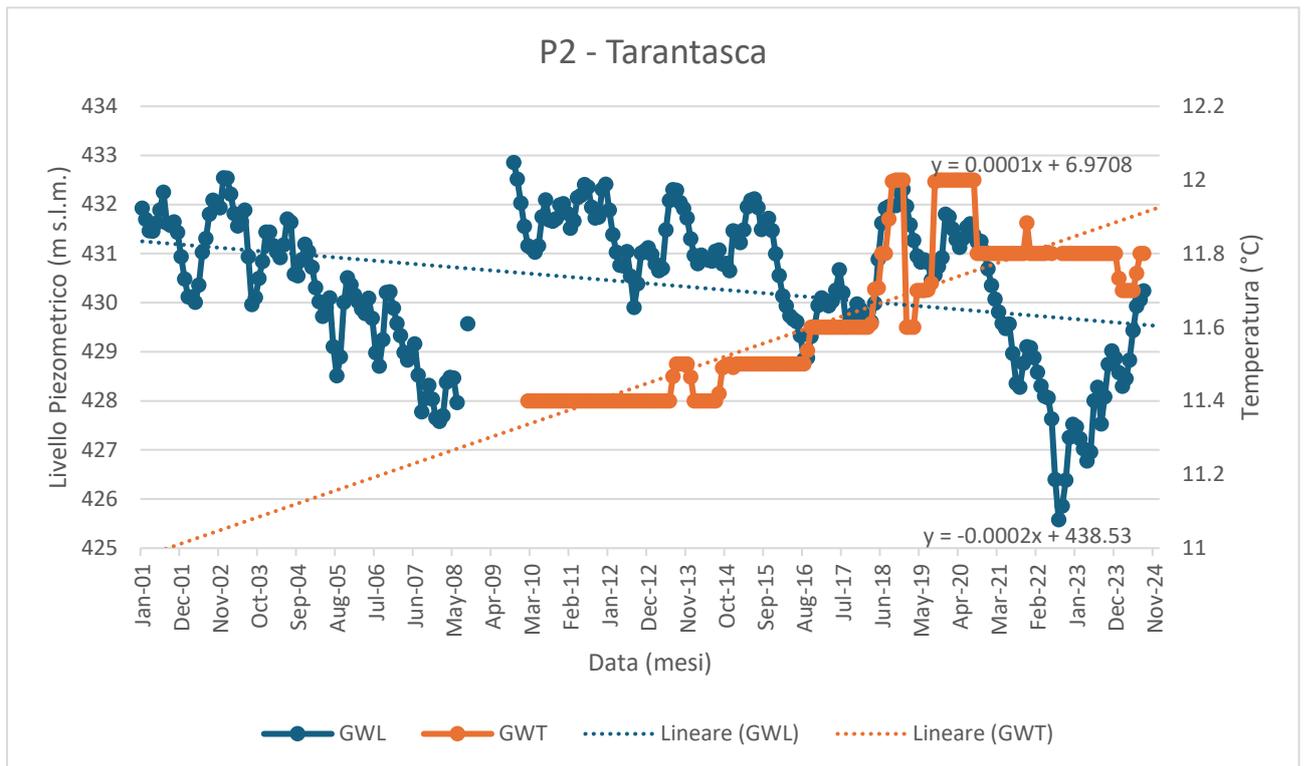


Figura 4.6. Grafico delle variazioni dei parametri idrogeologici registrati presso il piezometro P2 di Tarantasca dal 2001 al 2024. La linea arancione rappresenta l'andamento della temperatura delle acque sotterranee elaborata come media mensile (°C). La linea blu rappresenta l'andamento del livello piezometrico medio mensile (m s.l.m.). Inoltre le linee tratteggiate blu e arancione rappresentano le rette di regressione lineare rispettivamente del livello piezometrico e della temperatura delle acque sotterranee.

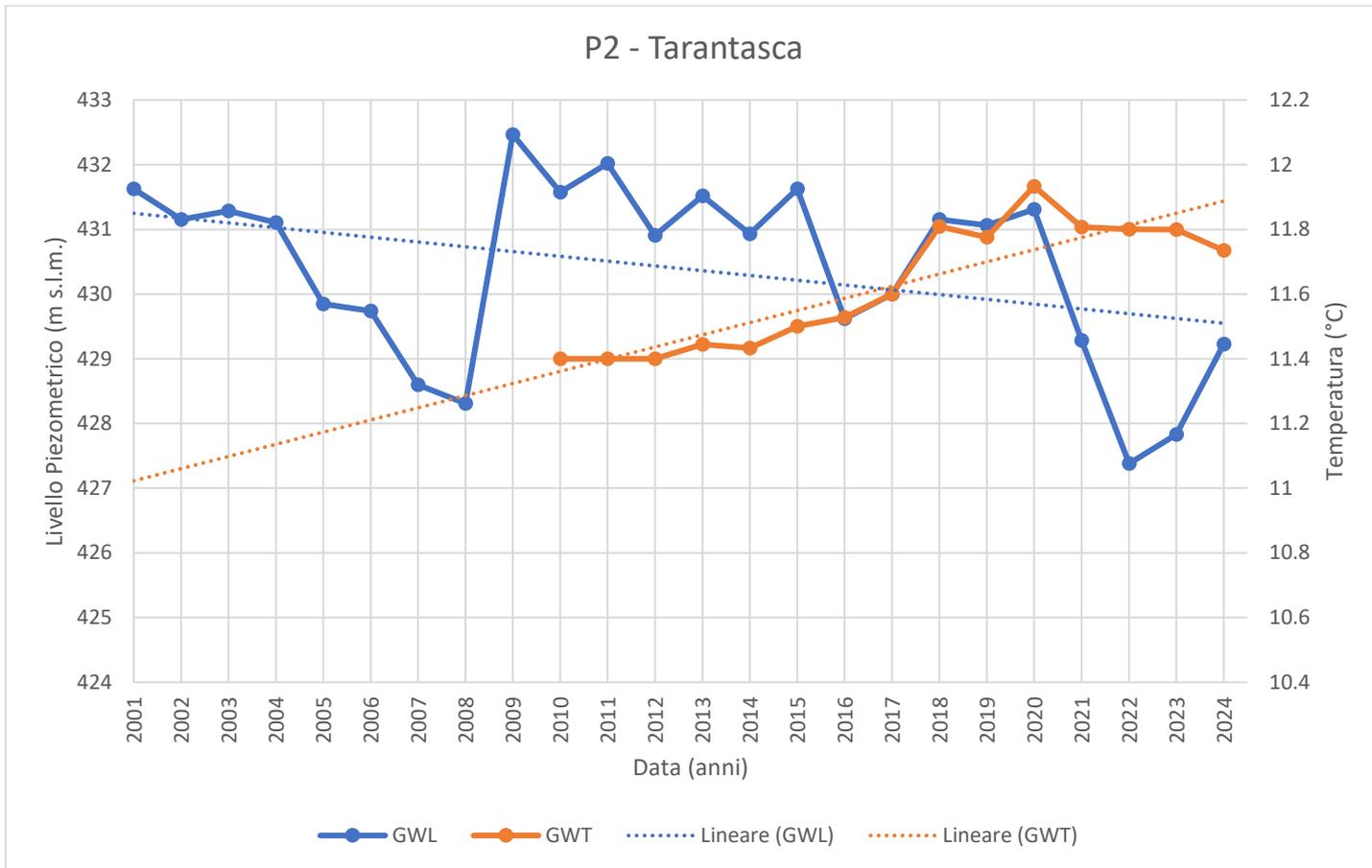


Figura 4.7. Grafico delle variazioni dei parametri idrogeologici registrati presso il piezometro P2 di Tarantasca dal 2001 al 2024. La linea arancione rappresenta l'andamento della temperatura delle acque sotterranee elaborata come media annuale (°C). La linea blu rappresenta l'andamento del livello piezometrico medio annuale (m s.l.m.). Inoltre le linee tratteggiate blu e arancione rappresentano le rette di regressione lineare rispettivamente del livello piezometrico e della temperatura delle acque sotterranee.

4.2.3 Piezometro P4 - Fossano

Il livello piezometrico (GWL) del piezometro P4, situato a Fossano, presenta un'oscillazione stagionale ben definita nell'intero intervallo temporale compreso tra il 2000 e il 2024. I valori si collocano prevalentemente tra 343,2 e 345,9 metri sul livello del mare (m s.l.m.), con un massimo raggiunto nel biennio 2002–2003 e un minimo più recente registrato verso la fine del 2023. L'andamento mostra ciclicità annuale: i livelli aumentano generalmente nei mesi invernali e primaverili, in corrispondenza della maggiore ricarica della falda per effetto delle piogge e dello scioglimento nivale, mentre tendono a diminuire durante l'estate e l'autunno, periodi associati a una minore disponibilità idrica e a un maggiore sfruttamento della risorsa. Tuttavia, la retta di regressione leggermente decrescente evidenzia una lenta ma costante riduzione del GWL su scala ventennale, suggerendo un possibile sbilanciamento tra ricarica e prelievi, o un impatto climatico sul regime della falda.

La temperatura delle acque sotterranee (GWT) in questo piezometro oscilla in modo evidente con cadenza stagionale, mostrando un'ampia escursione annua. I valori minimi si attestano attorno a 10,7 °C durante l'inverno, mentre i massimi arrivano fino a 17,3 °C nei mesi estivi, con picchi ricorrenti ben marcati. La linea di tendenza mostra una lieve ma costante crescita della temperatura nel lungo periodo, che può essere attribuita a un generale riscaldamento climatico, all'effetto urbano o ad alterazioni del bilancio energetico dell'acquifero. L'ampiezza dell'escursione termica resta abbastanza stabile per quasi tutto il periodo, ma si osserva una riduzione della variabilità dopo il 2020, che potrebbe indicare una modifica nei meccanismi di alimentazione o dispersione termica dell'acquifero.

Il confronto tra i due parametri, osservabili in figura 4.8 e figura 4.9, rivela una relazione tendenzialmente inversa: mentre il GWL mostra una lenta ma costante discesa, la GWT tende progressivamente ad aumentare. Questo andamento può essere interpretato come il risultato di una minore ricarica della falda, che ne riduce il volume e quindi la capacità termica, rendendola più sensibile agli scambi di calore con l'ambiente esterno. Inoltre, livelli più bassi possono esporre porzioni dell'acquifero più superficiali, più soggette a variazioni termiche stagionali.

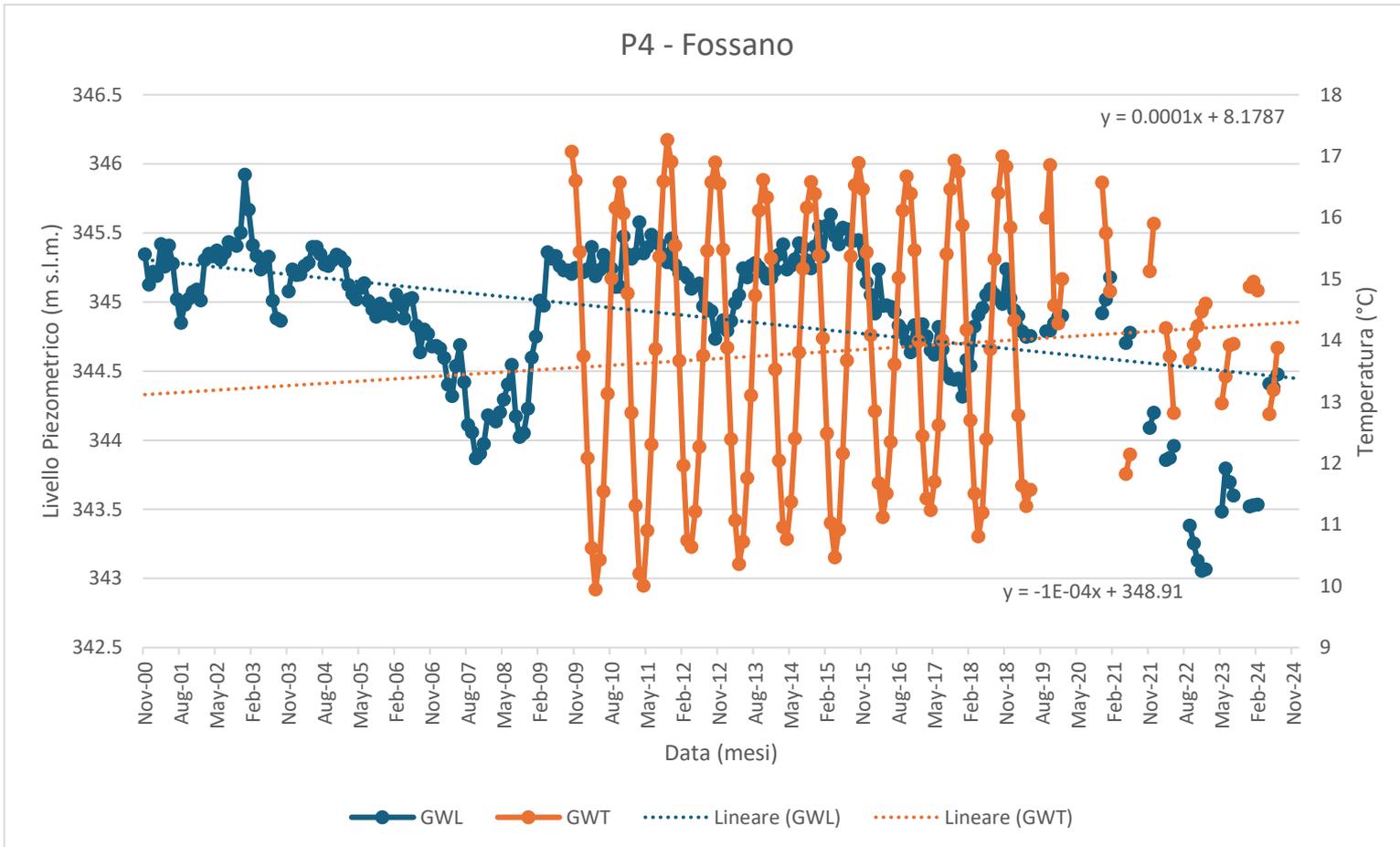


Figura 4.8. Grafico delle variazioni dei parametri idrogeologici registrati presso il piezometro P4 di Fossano dal 2000 al 2024. La linea arancione rappresenta l'andamento della temperatura delle acque sotterranee elaborata come media mensile (°C). La linea blu rappresenta l'andamento del livello piezometrico medio mensile (m s.l.m.). Inoltre le linee tratteggiate blu e arancione rappresentano le rette di regressione lineare rispettivamente del livello piezometrico e della temperatura delle acque sotterranee.

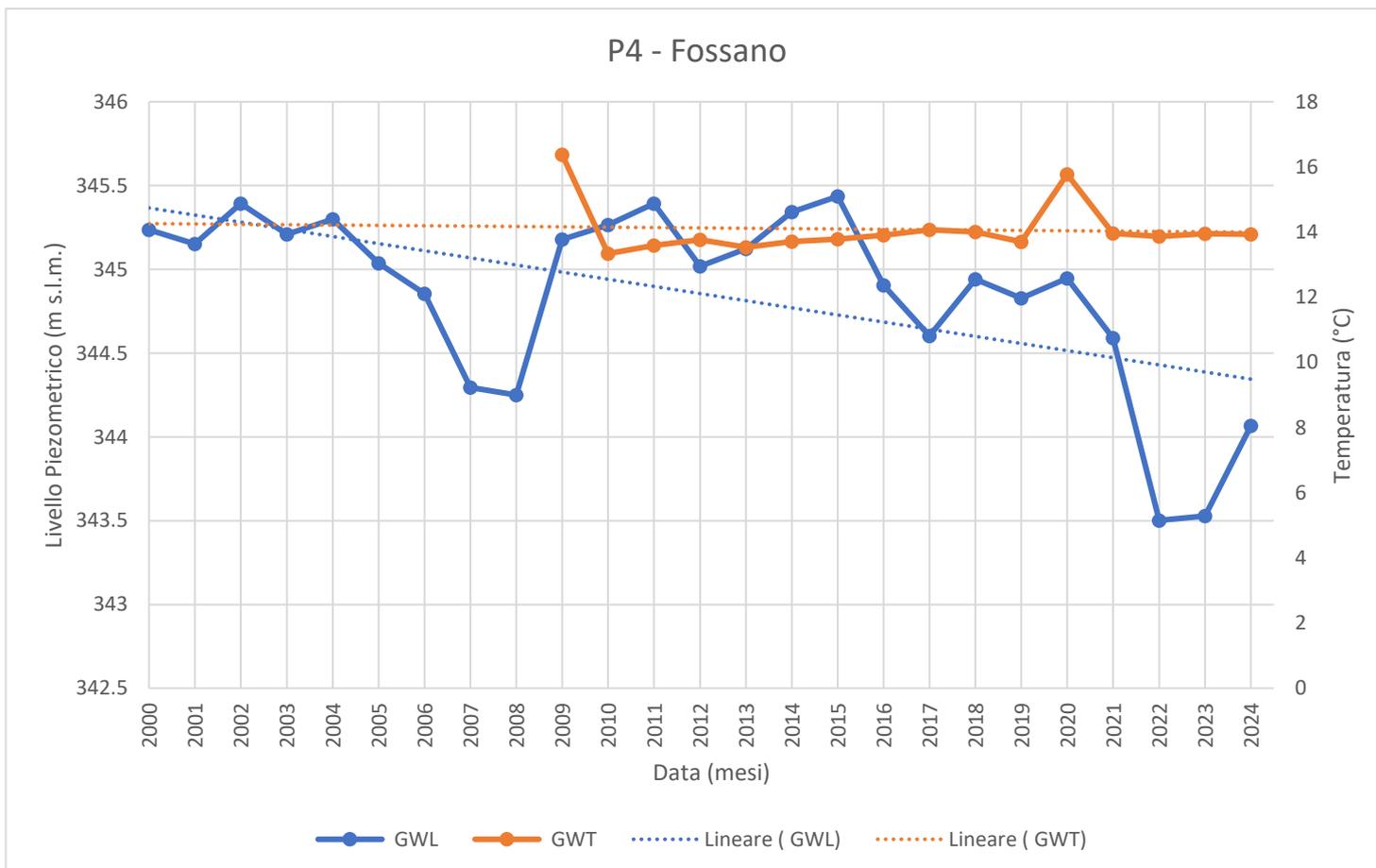


Figura 4.9. Grafico delle variazioni dei parametri idrogeologici registrati presso il piezometro P4 di Fossano dal 2000 al 2024. La linea arancione rappresenta l'andamento della temperatura delle acque sotterranee elaborata come media annuale (°C). La linea blu rappresenta l'andamento del livello piezometrico medio annuale (m s.l.m.). Inoltre le linee tratteggiate blu e arancione rappresentano le rette di regressione lineare rispettivamente del livello piezometrico e della temperatura delle acque sotterranee.

4.2.4 Piezometro P5 – Vottignasco

In figura 4.10 e 4.11 sono visibili gli andamenti relativi alle serie storiche del livello piezometrico e della temperatura delle acque sotterranee del piezometro P5 di Vottignasco.

Il livello piezometrico (GWL) registrato nel piezometro P5 di Vottignasco mostra una variabilità moderata nel periodo 2001–2024, con valori compresi tra 380,5 e 384,8 m s.l.m.. Nei primi anni (2001–2006) i livelli si mantengono relativamente alti e stabili, seguiti da un leggero abbassamento tra il 2007 e il 2009. Successivamente, il GWL risale fino al 2014, anno in cui si osserva uno dei massimi del periodo. Dal 2019 in poi si nota un calo progressivo più marcato, culminato nel minimo relativo del 2022. Anche in questo caso, l'andamento stagionale è visibile, con oscillazioni annuali che si riflettono nelle fasi di ricarica (inverno-primavera) e di esaurimento (estate-autunno), anche se in maniera meno accentuata rispetto ad altri piezometri. La retta di regressione mostra comunque una tendenza decrescente del livello piezometrico sul lungo periodo.

La temperatura delle acque sotterranee (GWT) nel piezometro P5 varia in un intervallo più ristretto rispetto a P4, con valori generalmente compresi tra 10,4 °C e 12,4 °C. Le oscillazioni stagionali sono presenti ma meno accentuate, con una maggiore stabilità termica dell'acquifero. Questo comportamento suggerisce una minore influenza degli input termici esterni, oppure una maggiore profondità dell'acqua captata, che tende a smorzare le variazioni stagionali. La retta di regressione mostra una tendenza all'aumento della temperatura, seppur contenuta, indice di un lento riscaldamento delle acque sotterranee anche in questo caso.

Il confronto tra i due parametri evidenzia anche qui un andamento opposto: al progressivo abbassamento del livello piezometrico corrisponde un graduale incremento della temperatura. Ciò può essere interpretato come un segnale di riduzione della circolazione idrica o di incremento dell'influenza di apporti superficiali (più caldi), oppure ancora di diminuzione della portata di ricarica profonda. La maggiore stabilità termica di P5 rispetto a P4 indica che il piezometro potrebbe intercettare una porzione dell'acquifero più profonda o più isolata dagli scambi con l'esterno, ma comunque soggetta a una lenta alterazione delle sue condizioni naturali.

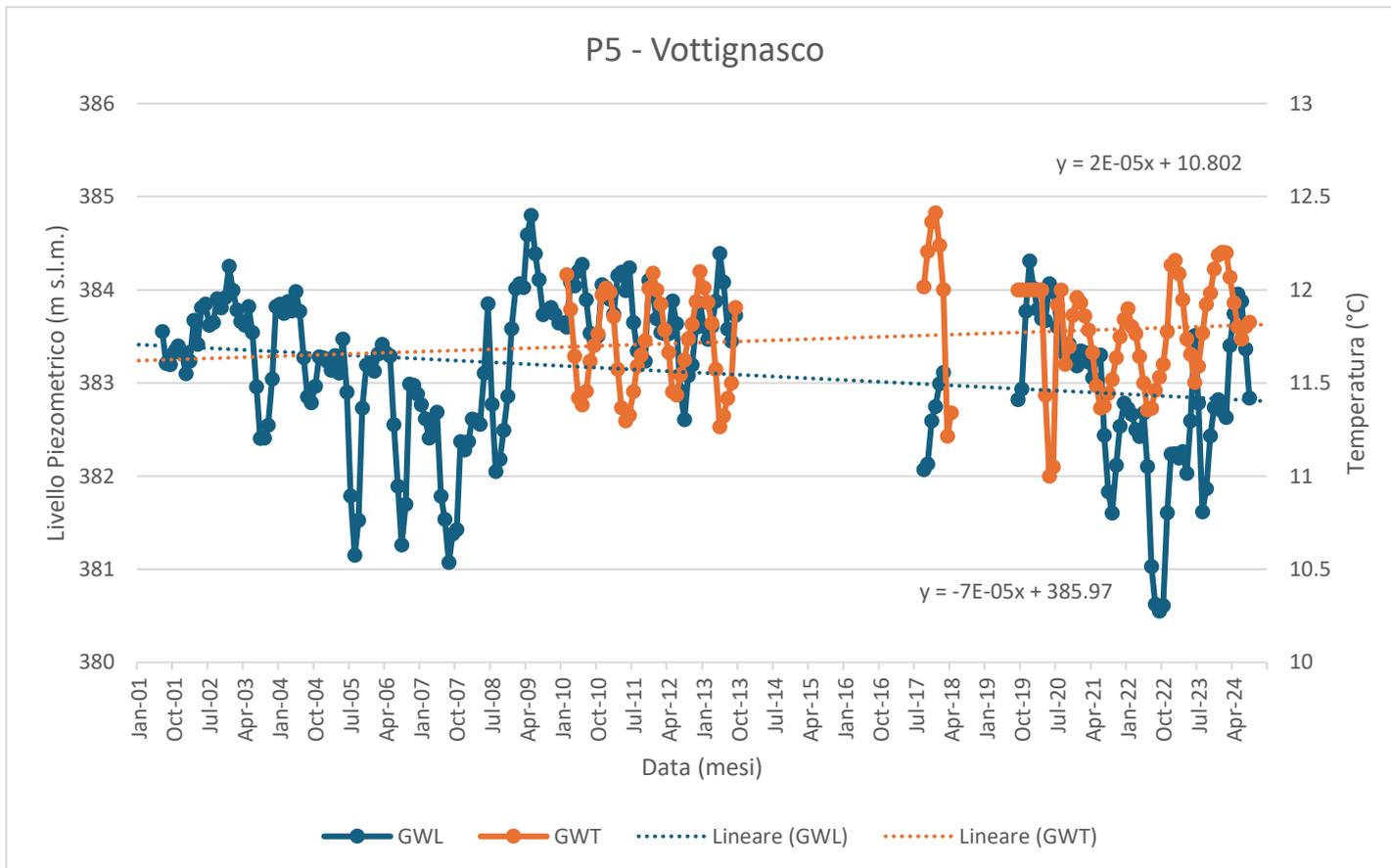


Figura 4.10. Grafico delle variazioni dei parametri idrogeologici registrati presso il piezometro P5 di Vottignasco dal 2001 al 2024. La linea arancione rappresenta l'andamento della temperatura delle acque sotterranee elaborata come media mensile (°C). La linea blu rappresenta l'andamento del livello piezometrico medio mensile (m s.l.m.). Inoltre le linee tratteggiate blu e arancione rappresentano le rette di regressione lineare rispettivamente del livello piezometrico e della temperatura delle acque sotterranee.

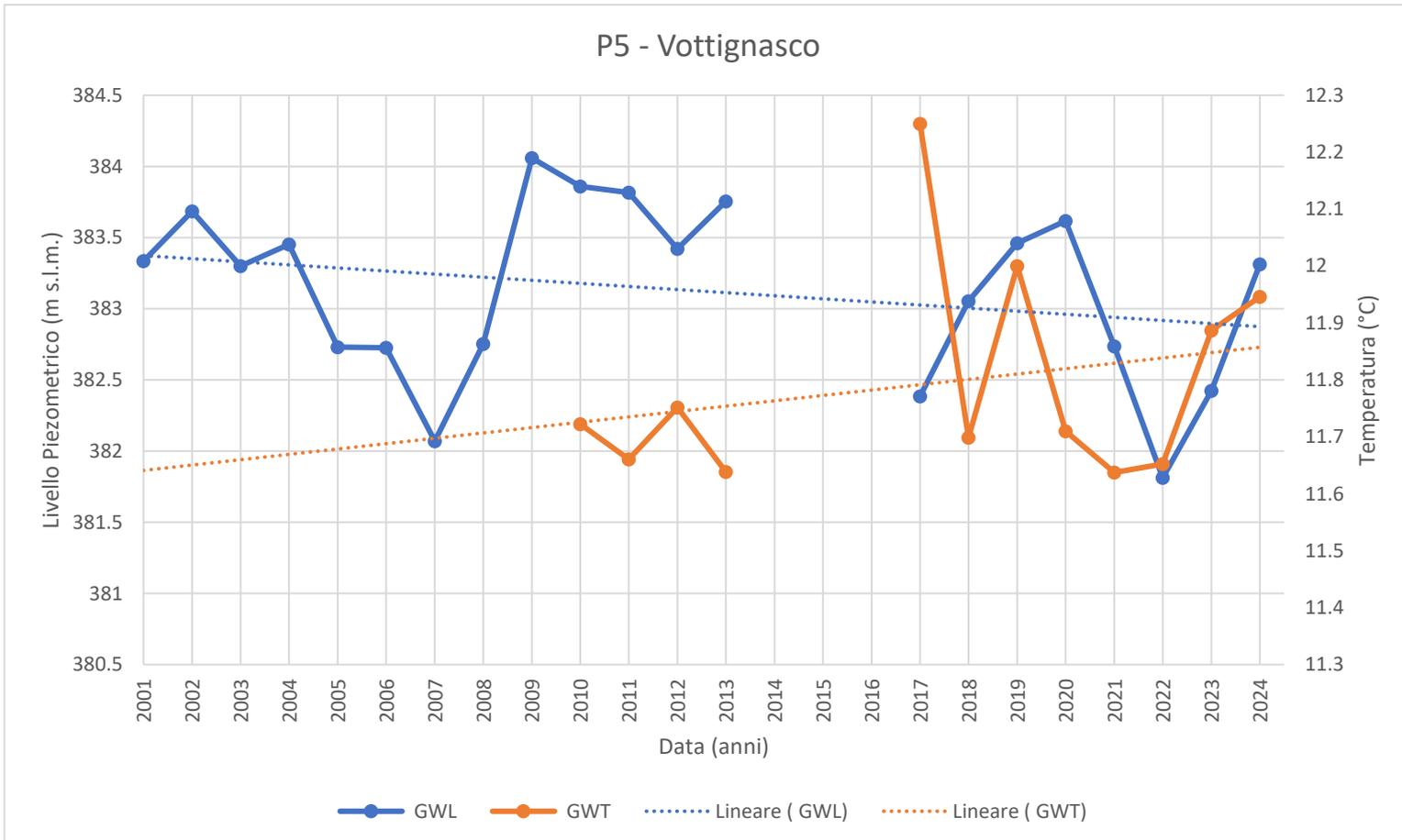


Figura 4.11. Grafico delle variazioni dei parametri idrogeologici registrati presso il piezometro P5 di Vottignasco dal 2001 al 2024. La linea arancione rappresenta l'andamento della temperatura delle acque sotterranee elaborata come media annuale (°C). La linea blu rappresenta l'andamento del livello piezometrico medio annuale (m s.l.m.). Inoltre le linee tratteggiate blu e arancione rappresentano le rette di regressione lineare rispettivamente del livello piezometrico e della temperatura delle acque sotterranee.

4.2.5 Piezometro P23 – Fossano

I grafici in figura 4.12 e figura 4.13 rappresentano l'andamento del livello piezometrico, e della temperatura delle acque sotterranee, misurati presso il piezometro P23 nel comune di Fossano tra il 2005 e il 2024.

Il livello piezometrico (GWL) misurato nel piezometro P23 di Fossano tra il 2005 e il 2024 presenta un'oscillazione stagionale regolare e ben definita. I valori si collocano in un intervallo relativamente stretto, tra 409,9 e 411,7 m s.l.m., con i massimi raggiunti in corrispondenza dei primi anni di osservazione (2005–2006) e i minimi registrati più recentemente, intorno al 2023. La variabilità stagionale segue un ciclo tipico: i livelli aumentano nella tarda primavera, a seguito della ricarica da precipitazioni e scioglimento nivale, e decrescono in estate e autunno, mostrando oscillazioni annuali di circa 1 metro. La retta di regressione presenta una lieve pendenza negativa, indicando una graduale riduzione del livello della falda nel tempo, coerente con un possibile squilibrio tra input e output idrici.

La temperatura delle acque sotterranee (GWT) in questo piezometro mostra valori compresi tra 9,3 °C e 12,4 °C, con oscillazioni stagionali ben marcate. I valori minimi si registrano regolarmente nei mesi invernali, mentre i massimi si osservano in estate, seguendo un ritmo annuale costante. La retta di regressione positiva indica un lento ma costante aumento della temperatura media, coerente con un riscaldamento dell'acquifero. Va notato che nel corso del tempo i picchi minimi tendono a essere leggermente più alti, mentre i massimi rimangono stabili, suggerendo un innalzamento della temperatura di base della falda.

Il confronto tra GWL e GWT evidenzia una dinamica simile a quella osservata negli altri piezometri: una graduale discesa del livello piezometrico accompagnata da un lento aumento della temperatura. Questo comportamento è indice di una possibile modifica della struttura dell'acquifero o del bilancio idrico: la falda potrebbe ricevere minore ricarica profonda e maggiore infiltrazione da strati superficiali, più soggetti a riscaldamento climatico. L'equilibrio idrotermico appare quindi alterato, suggerendo la necessità di un monitoraggio costante per comprendere meglio l'evoluzione di lungo termine e l'impatto dei cambiamenti climatici e antropici sulla risorsa.

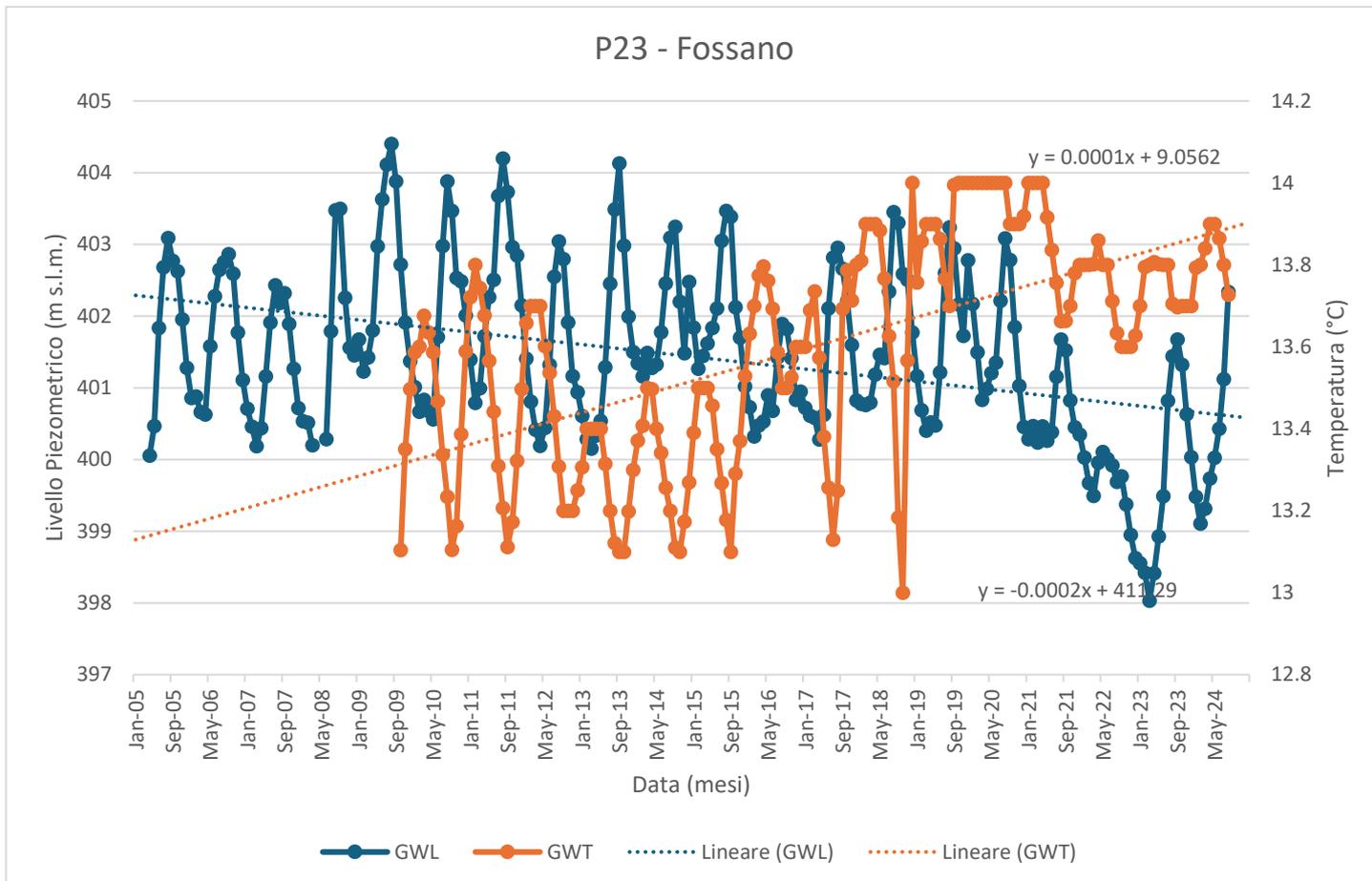


Figura 4.12. Grafico delle variazioni dei parametri idrogeologici registrati presso il piezometro P23 di Fossano dal 2005 al 2024. La linea arancione rappresenta l'andamento della temperatura delle acque sotterranee elaborata come media mensile (°C). La linea blu rappresenta l'andamento del livello piezometrico medio mensile (m s.l.m.). Inoltre le linee tratteggiate blu e arancione rappresentano le rette di regressione lineare rispettivamente del livello piezometrico e della temperatura delle acque sotterranee.

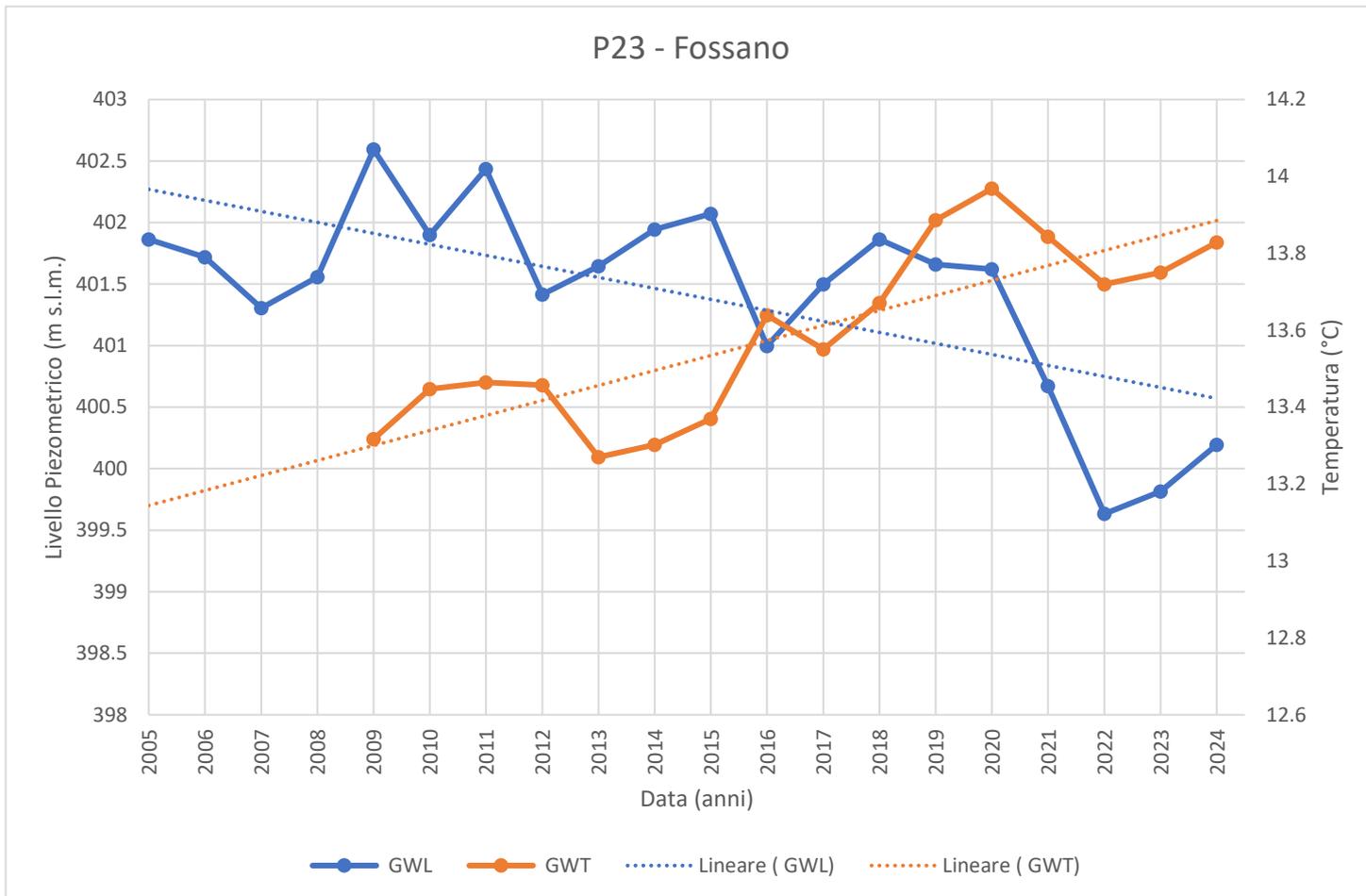


Figura 4.13. Grafico delle variazioni dei parametri idrogeologici registrati presso il piezometro P23 di Fossano dal 2005 al 2024. La linea arancione rappresenta l'andamento della temperatura delle acque sotterranee elaborata come media annuale (°C). La linea blu rappresenta l'andamento del livello piezometrico medio annuale (m s.l.m.). Inoltre le linee tratteggiate blu e arancione rappresentano le rette di regressione lineare rispettivamente del livello piezometrico e della temperatura delle acque sotterranee.

4.2.6 Piezometro T1 – Cuneo

I grafici in figura 4.14 e 4.15 mostrano l'andamento mensile ed annuale del livello piezometrico, e della temperatura delle acque sotterranee, misurati presso il piezometro T1 a Cuneo.

Il livello piezometrico (GWL) osservato nel piezometro T1 di Cuneo tra il 2000 e il 2024 mostra una marcata variabilità stagionale, con oscillazioni regolari tipiche dei cicli di ricarica e scarico della falda. I valori si collocano prevalentemente tra 474 e 481 m s.l.m., con picchi massimi ben distribuiti nei primi quindici anni del periodo considerato, seguiti da una tendenza al ribasso a partire dal 2018. La retta di regressione del GWL evidenzia una lieve ma costante pendenza negativa, a testimonianza di un progressivo abbassamento del livello della falda nel tempo. Questo calo suggerisce un potenziale squilibrio tra ricarica e prelievi, o una diminuzione complessiva degli apporti idrici, che potrebbe essere legata a condizioni climatiche meno favorevoli o a pressioni antropiche crescenti.

La temperatura delle acque sotterranee (GWT) nel medesimo piezometro presenta una variazione più contenuta e una serie storica meno continua, ma comunque significativa. I valori si mantengono tra 11,9 °C e 12,4 °C, con qualche anomalia sporadica (es. un picco isolato oltre i 13,5 °C nel 2019). Nonostante la presenza di alcune discontinuità nella serie, la retta di regressione mostra una tendenza positiva, indicativa di un graduale aumento della temperatura della falda. Questo incremento, anche se modesto, è coerente con un generale riscaldamento climatico e con un possibile cambiamento nelle modalità di ricarica della falda, più influenzate da acque superficiali riscaldate.

Il confronto tra GWL e GWT mette in luce un'interazione significativa tra la componente quantitativa e quella termica dell'acquifero. Il progressivo abbassamento del livello piezometrico, in parallelo a un aumento della temperatura, suggerisce una modifica del regime idrogeologico locale. In particolare, la falda potrebbe oggi essere alimentata in misura maggiore da infiltrazioni superficiali, più esposte al riscaldamento atmosferico, rispetto alla ricarica profonda, più stabile termicamente. Questa dinamica potrebbe riflettere sia un impatto diretto dei cambiamenti climatici, sia una trasformazione delle condizioni di uso del suolo e delle pressioni antropiche nella zona. Il monitoraggio congiunto di GWL e GWT si conferma quindi essenziale per comprendere l'evoluzione dell'acquifero e orientare una gestione sostenibile della risorsa idrica.

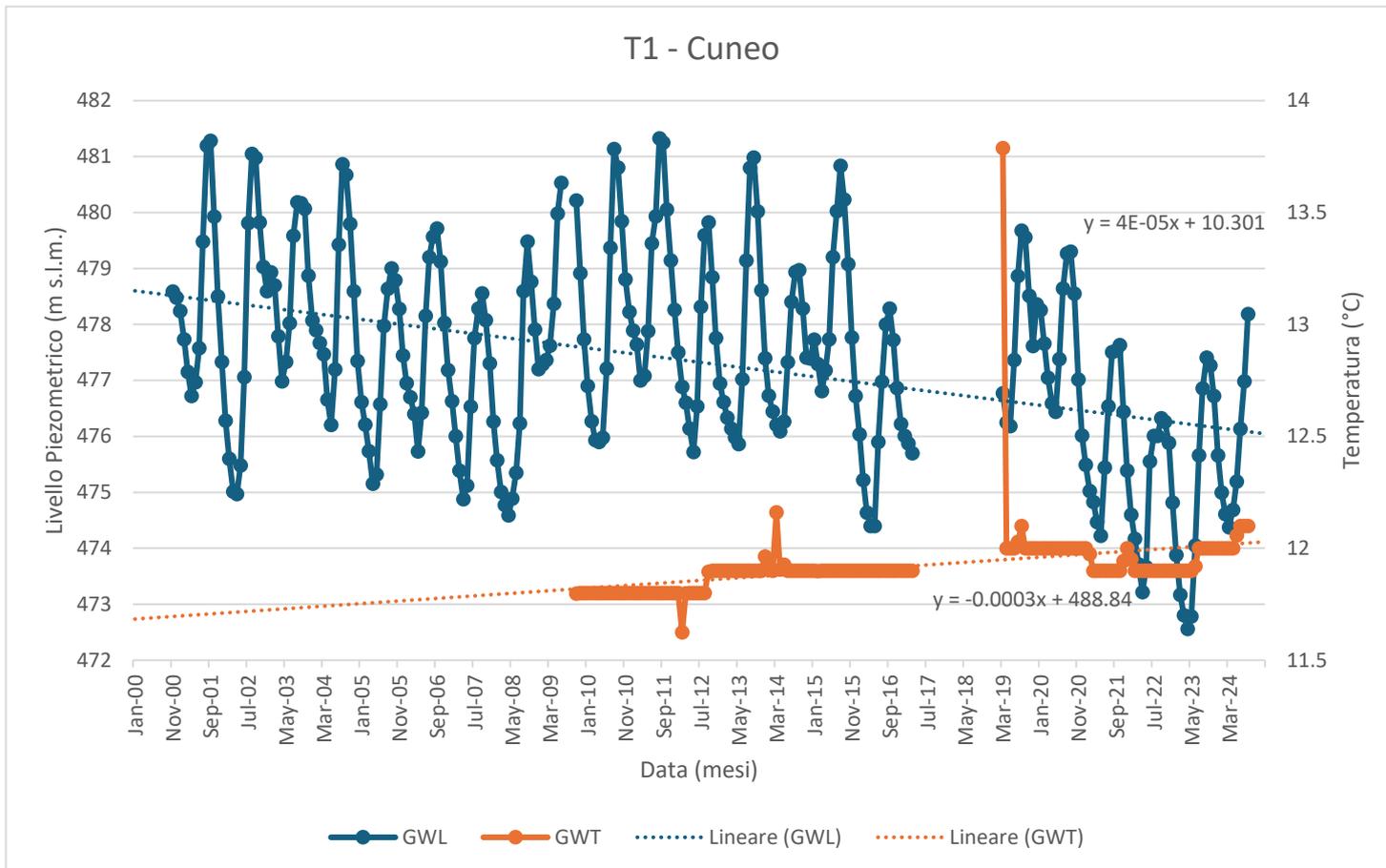


Figura 4.14. Grafico delle variazioni dei parametri idrogeologici registrati presso il piezometro T1 di Cuneo dal 2000 al 2024. La linea arancione rappresenta l'andamento della temperatura delle acque sotterranee elaborata come media mensile (°C). La linea blu rappresenta l'andamento del livello piezometrico medio mensile (m s.l.m.). Inoltre le linee tratteggiate blu e arancione rappresentano le rette di regressione lineare rispettivamente del livello piezometrico e della temperatura delle acque sotterranee.

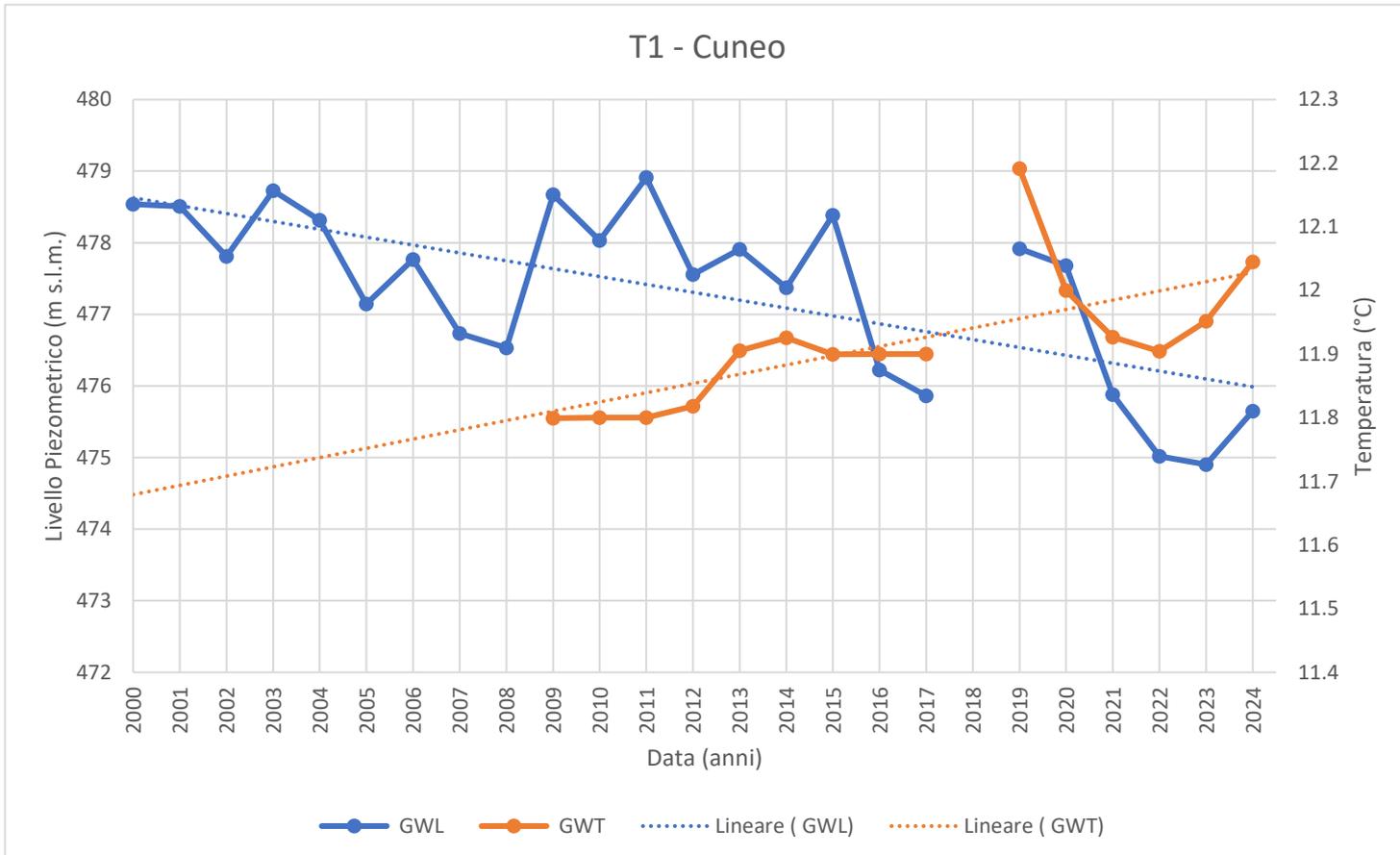


Figura 4.15. Grafico delle variazioni dei parametri idrogeologici registrati presso il piezometro T1 di Cuneo dal 2000 al 2024. La linea arancione rappresenta l'andamento della temperatura delle acque sotterranee elaborata come media annuale (°C). La linea blu rappresenta l'andamento del livello piezometrico medio annuale (m s.l.m.). Inoltre le linee tratteggiate blu e arancione rappresentano le rette di regressione lineare rispettivamente del livello piezometrico e della temperatura delle acque sotterranee.

4.2.7 Piezometro T2 – Morozzo

I risultati relativi al piezometro T2 (Morozzo) sono riportati in figura 4.16 e figura 4.17.

Il livello piezometrico (GWL) rilevato nel piezometro T2 di Morozzo dal 2000 al 2024 mostra una serie di oscillazioni stagionali ben evidenti, con valori compresi tra 424,5 e 426,8 m s.l.m. Le variazioni annuali sono regolari e legate ai cicli di ricarica, con minimi in estate e massimi in primavera, a seguito delle precipitazioni e dello scioglimento nivale. Tuttavia, la retta di regressione del GWL evidenzia una tendenza leggermente negativa, indicando una progressiva, seppur modesta, riduzione del livello della falda nel lungo termine. Questa tendenza suggerisce un potenziale sbilanciamento tra ricarica e prelievi o una diminuzione delle piogge efficaci negli ultimi anni.

La temperatura delle acque sotterranee (GWT), monitorata con continuità a partire dal 2010, mostra valori oscillanti tra circa 10,0 °C e 15,5 °C, con una chiara stagionalità: i minimi si registrano nei mesi invernali, mentre i massimi si osservano in estate. A differenza del GWL, la retta di regressione per la GWT evidenzia una chiara tendenza positiva, segno di un riscaldamento progressivo dell'acquifero. Tale riscaldamento è compatibile con un aumento delle temperature atmosferiche medie e una maggiore influenza delle acque superficiali riscaldate durante la ricarica.

Il confronto tra GWL e GWT nel piezometro T2 evidenzia un comportamento coerente con altre aree analizzate: il livello della falda tende a calare lentamente, mentre la temperatura dell'acqua mostra un aumento significativo. Questo comportamento suggerisce una trasformazione del sistema acquifero, probabilmente influenzata da cambiamenti climatici e da variazioni nei regimi di ricarica. Il riscaldamento progressivo della falda, accompagnato da un abbassamento del livello, può essere sintomo di una crescente incidenza delle acque superficiali o meteoriche, più soggette a riscaldamento, a scapito di una ricarica profonda più costante e termicamente stabile. Questo squilibrio evidenzia la necessità di monitoraggi prolungati e integrati per valutare gli impatti futuri su disponibilità e qualità delle risorse idriche sotterranee.

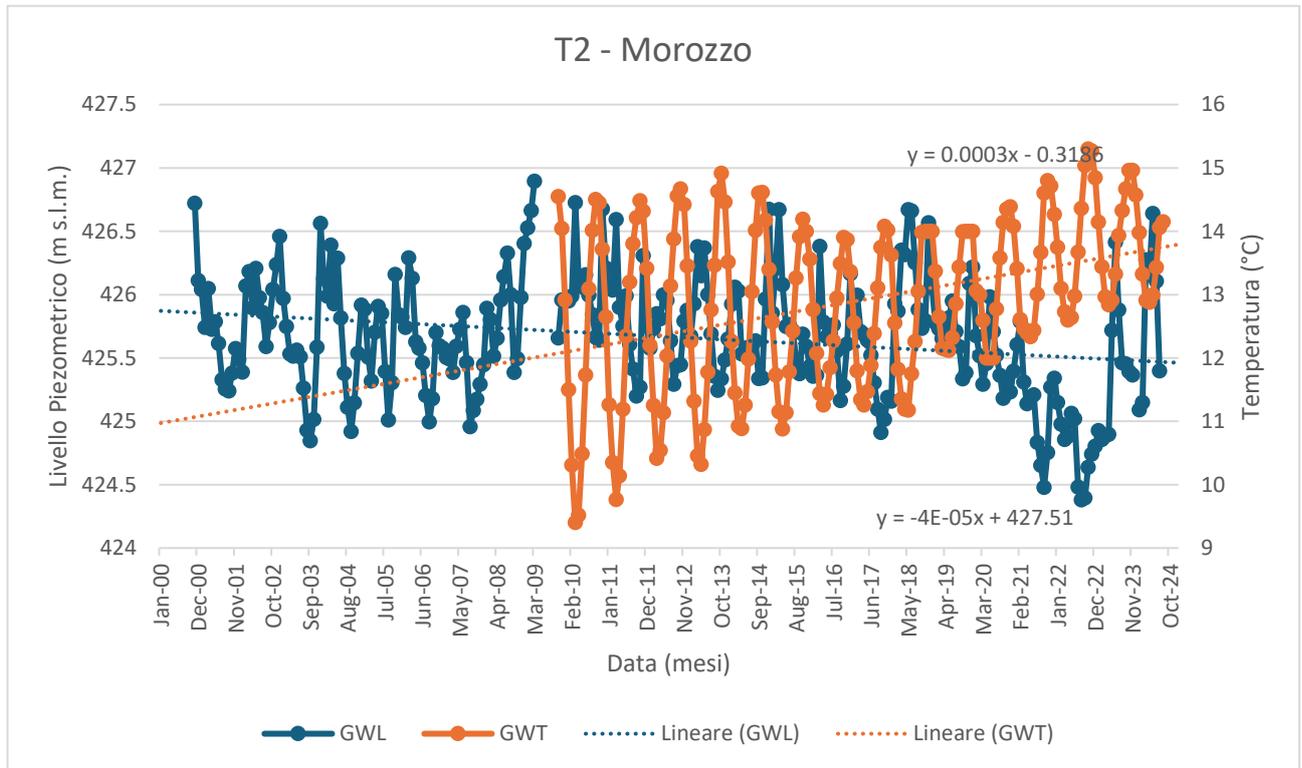


Figura 4.16. Grafico delle variazioni dei parametri idrogeologici registrati presso il piezometro T2 di Morozzo dal 2000 al 2024. La linea arancione rappresenta l'andamento della temperatura delle acque sotterranee elaborata come media mensile (°C). La linea blu rappresenta l'andamento del livello piezometrico medio mensile (m s.l.m.). Inoltre le linee tratteggiate blu e arancione rappresentano le rette di regressione lineare rispettivamente del livello piezometrico e della temperatura delle acque sotterranee.

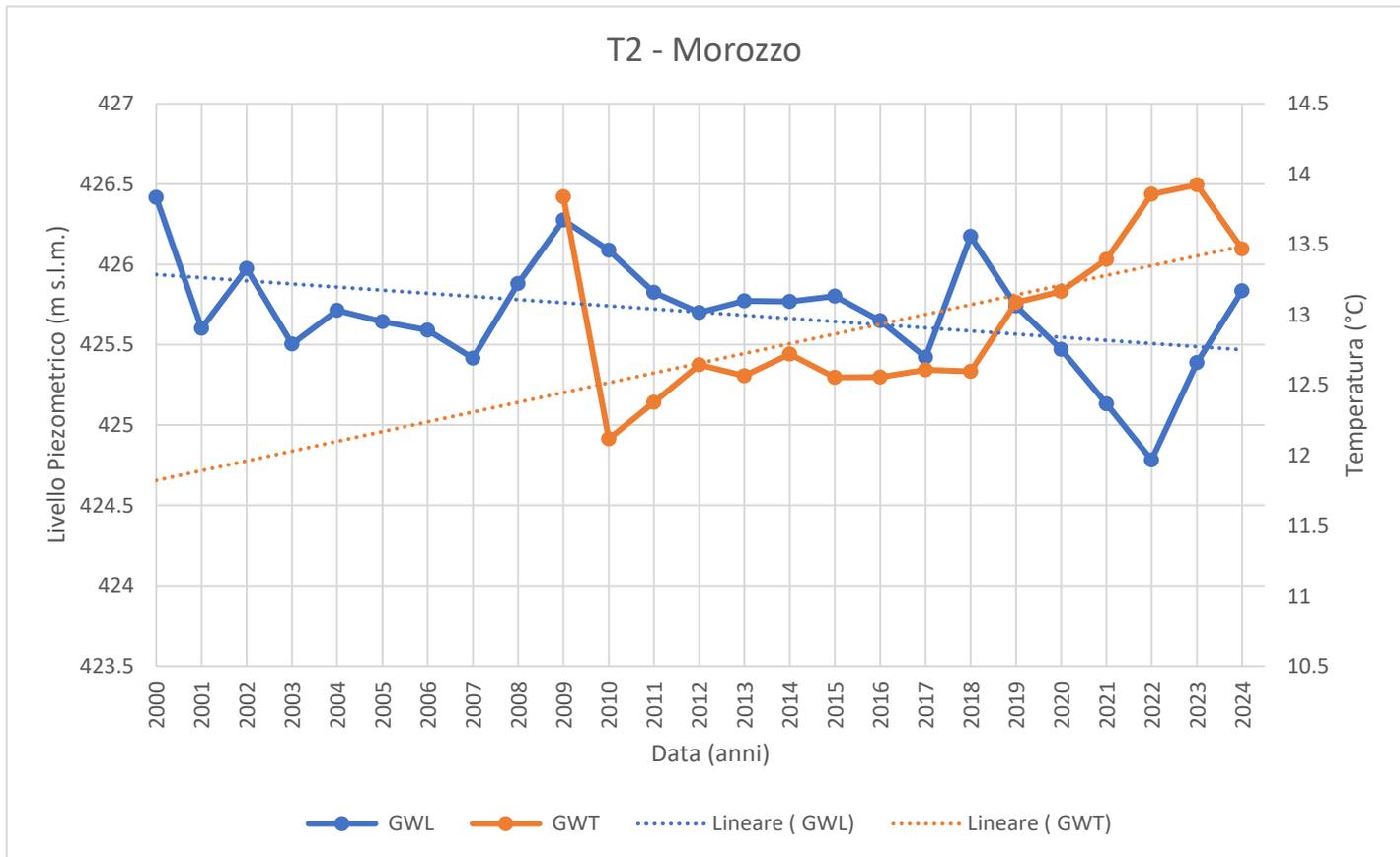


Figura 4.17. Grafico delle variazioni dei parametri idrogeologici registrati presso il piezometro T2 di Morozzo dal 2000 al 2024. La linea arancione rappresenta l'andamento della temperatura delle acque sotterranee elaborata come media annuale (°C). La linea blu rappresenta l'andamento del livello piezometrico medio annuale (m s.l.m.). Inoltre le linee tratteggiate blu e arancione rappresentano le rette di regressione lineare rispettivamente del livello piezometrico e della temperatura delle acque sotterranee.

4.2.8 Piezometro T3 – Beinette

Nel piezometro T3 di Beinette, il livello piezometrico tra il 2000 e il 2024 mostra oscillazioni stagionali molto regolari, con variazioni annuali di circa 1 metro e valori compresi tra 475,7 m e 478,5 m s.l.m. Il comportamento è stabile fino al 2017, dopodiché si registra una progressiva diminuzione dei livelli. La retta di regressione conferma una tendenza negativa, indicando una lenta ma costante riduzione della disponibilità idrica sotterranea.

I dati di temperatura mostrano un andamento stagionale ben definito, con valori tra circa 11,5 °C e 14,5 °C. Le oscillazioni annue seguono il consueto schema climatico, con minimi invernali e massimi estivi. Anche qui, la retta di regressione evidenzia una crescita nel tempo, coerente con un lento riscaldamento dell'acquifero.

Nel piezometro di Beinette si conferma il trend osservato anche negli altri siti: diminuzione del livello piezometrico associata a un aumento della temperatura delle acque sotterranee. Questo suggerisce un possibile effetto combinato di ridotta ricarica profonda e maggiore influenza di acque superficiali riscaldate, che incidono sulla qualità e sulla quantità della risorsa idrica disponibile (Fig. 4.18 e Fig. 4.19).

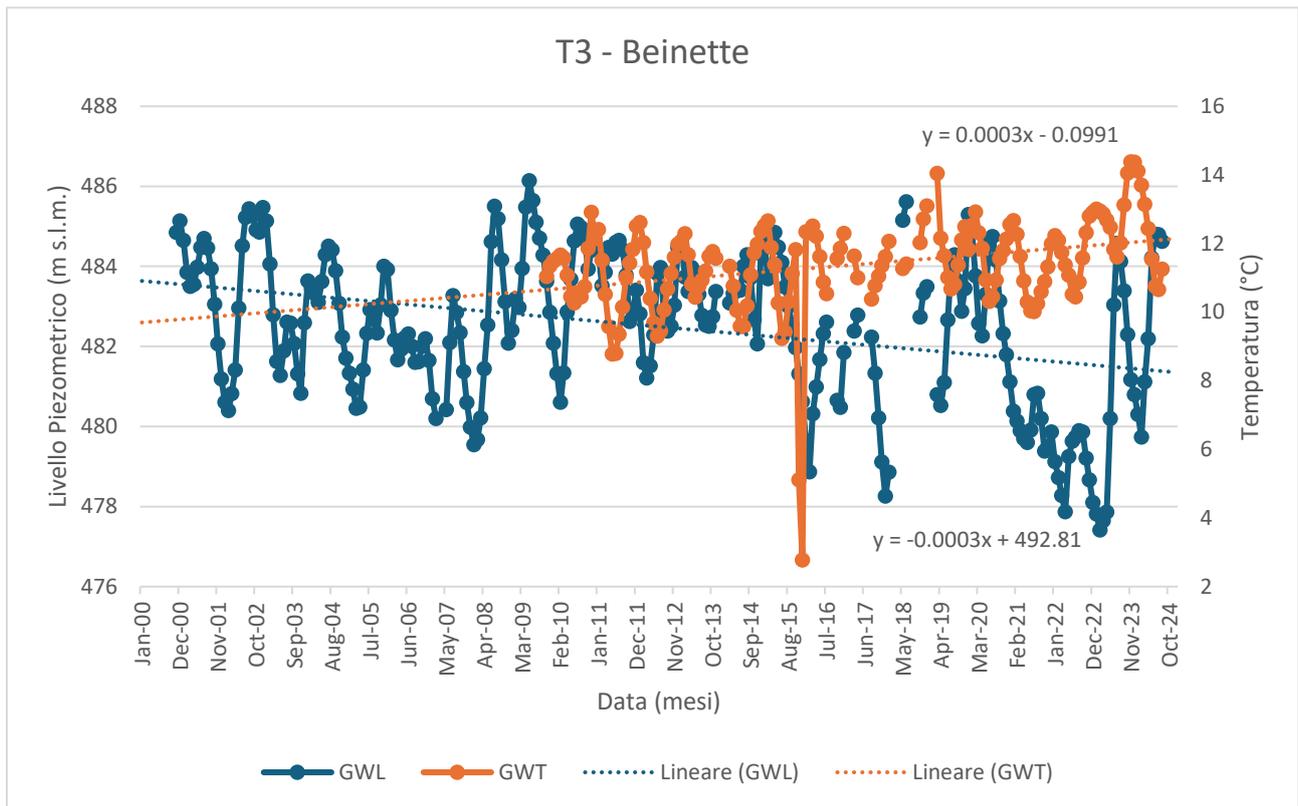


Figura 4.18. Grafico delle variazioni dei parametri idrogeologici registrati presso il piezometro T3 di Beinette dal 2000 al 2024. La linea arancione rappresenta l'andamento della temperatura delle acque sotterranee elaborata come media mensile (°C). La linea blu rappresenta l'andamento del livello piezometrico medio mensile (m s.l.m.). Inoltre le linee tratteggiate blu e arancione rappresentano le rette di regressione lineare rispettivamente del livello piezometrico e della temperatura delle acque sotterranee.

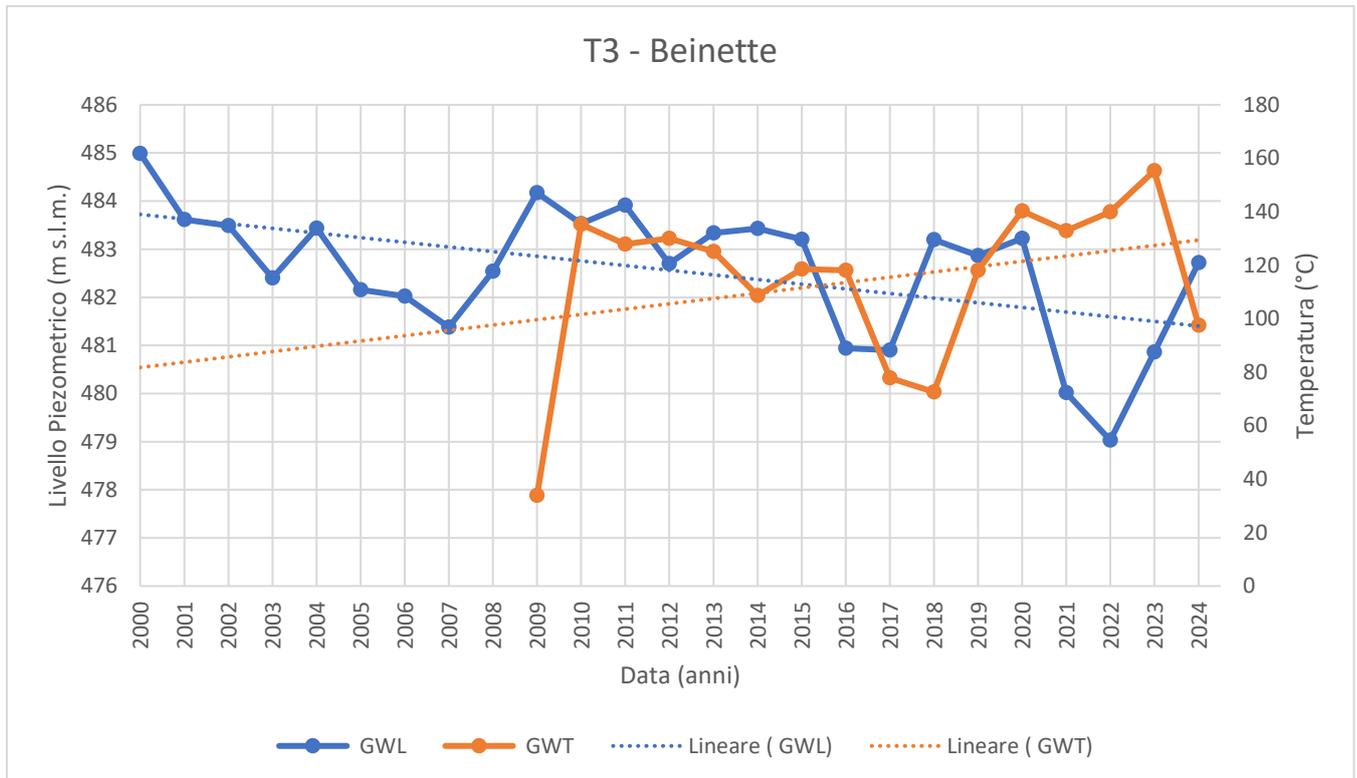


Figura 4.19. Grafico delle variazioni dei parametri idrogeologici registrati presso il piezometro T3 di Beinette dal 2000 al 2024. La linea arancione rappresenta l'andamento della temperatura delle acque sotterranee elaborata come media annuale (°C). La linea blu rappresenta l'andamento del livello piezometrico medio annuale (m s.l.m.). Inoltre le linee tratteggiate blu e arancione rappresentano le rette di regressione lineare rispettivamente del livello piezometrico e della temperatura delle acque sotterranee.

4.2.9 Piezometro T6 – Bene Vagienna

In figura 4.20 e 4.21 sono visibili gli andamenti sia mensili che annuali relativi alle serie storiche del livello piezometrico e della temperatura delle acque sotterranee del piezometro T6 situato nel comune di Bene Vagienna.

Il livello piezometrico (GWL) osservato nel piezometro T6 di Bene Vagienna tra il 2007 e l'inizio del 2024 mostra una significativa variabilità stagionale, con oscillazioni frequenti e ben marcate lungo tutto l'arco temporale analizzato. I valori si mantengono generalmente compresi tra 347,9 m e 348,7 m s.l.m., evidenziando una stabilità relativa nel lungo periodo. La retta di regressione associata al GWL presenta una pendenza debolmente positiva, ma quasi orizzontale, indicando l'assenza di una tendenza significativa all'innalzamento o all'abbassamento del livello della falda. Questo comportamento suggerisce un acquifero in apparente equilibrio tra ricarica e sfruttamento, almeno sul piano quantitativo, con eventuali variazioni riconducibili più a cicli stagionali che a cambiamenti strutturali o antropici.

La temperatura delle acque sotterranee (GWT) registrata nello stesso periodo mostra una dinamica differente. A partire da valori prossimi ai 14,5 °C nel 2007, la temperatura media ha registrato un progressivo aumento, con oscillazioni più contenute rispetto al livello piezometrico ma comunque evidenti. La retta di regressione della GWT mostra una chiara tendenza positiva, con un incremento lineare che porta i valori oltre i 16,5 °C nel 2023. Questo aumento di oltre 2 °C in meno di due decenni appare coerente con un possibile riscaldamento della falda, legato sia all'influenza di temperature atmosferiche crescenti sia a un maggiore contributo di acque superficiali, notoriamente più sensibili al riscaldamento stagionale e climatico.

Il confronto tra GWL e GWT nel piezometro T6 evidenzia quindi un'interessante dicotomia: mentre il livello della falda resta pressoché stabile nel tempo, la temperatura mostra un progressivo incremento. Questa divergenza suggerisce che, pur non registrandosi un abbassamento significativo del GWL, la falda subisce comunque modifiche qualitative potenzialmente rilevanti. L'aumento termico potrebbe riflettere un cambiamento nei meccanismi di ricarica, con una maggiore incidenza di infiltrazioni superficiali o una minore profondità dell'acquifero attivo, rendendolo più esposto agli effetti climatici. Tale scenario pone l'accento sulla necessità di monitorare non solo la quantità ma anche la qualità (in senso termico e chimico) delle risorse idriche sotterranee, per garantirne una gestione sostenibile a lungo termine.

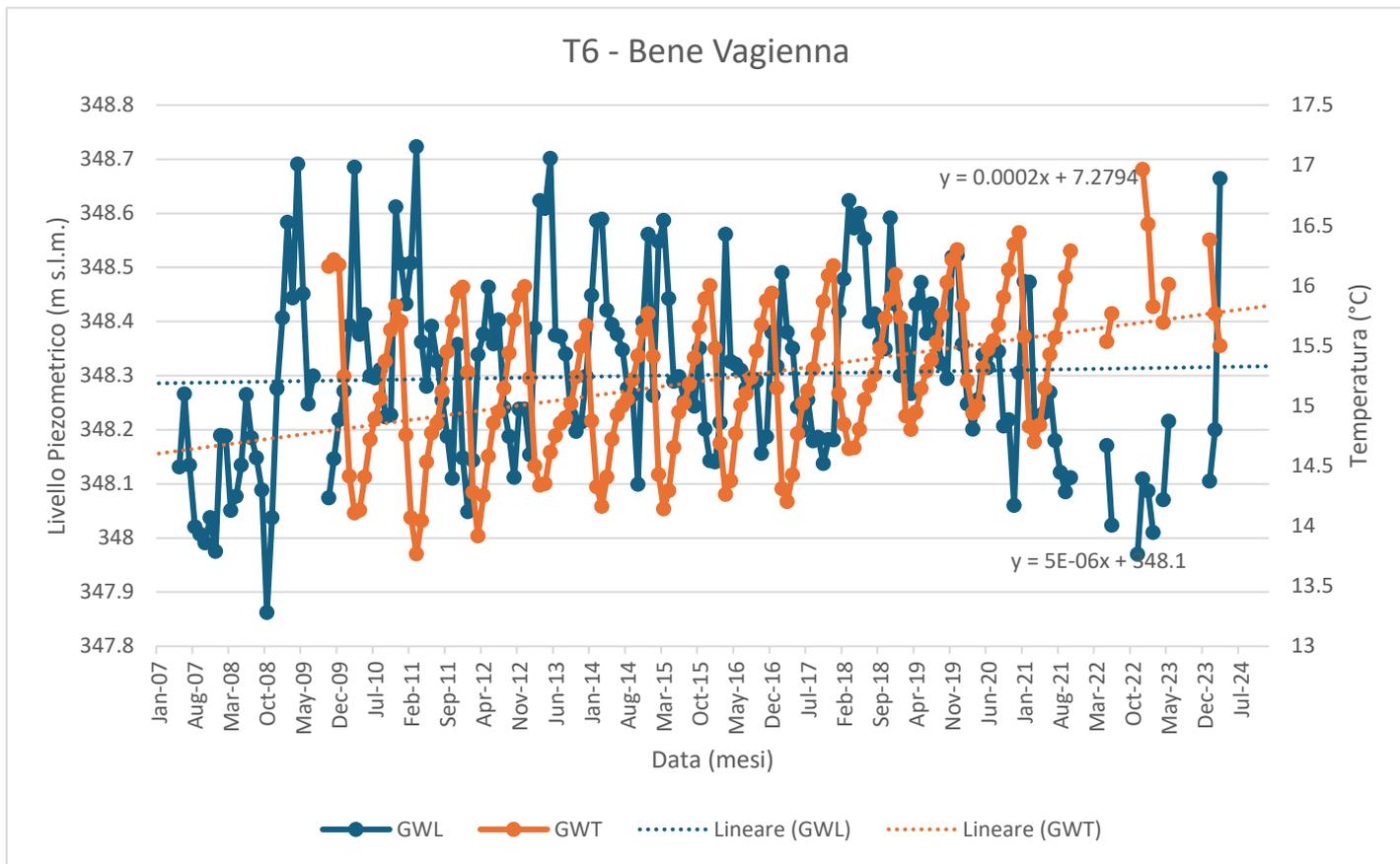


Figura 4.20. Grafico delle variazioni dei parametri idrogeologici registrati presso il piezometro T6 di Bene Vagienna dal 2007 al 2024. La linea arancione rappresenta l'andamento della temperatura delle acque sotterranee elaborata come media mensile (°C). La linea blu rappresenta l'andamento del livello piezometrico medio mensile (m s.l.m.). Inoltre le linee tratteggiate blu e arancione rappresentano le rette di regressione lineare rispettivamente del livello piezometrico e della temperatura delle acque sotterranee.

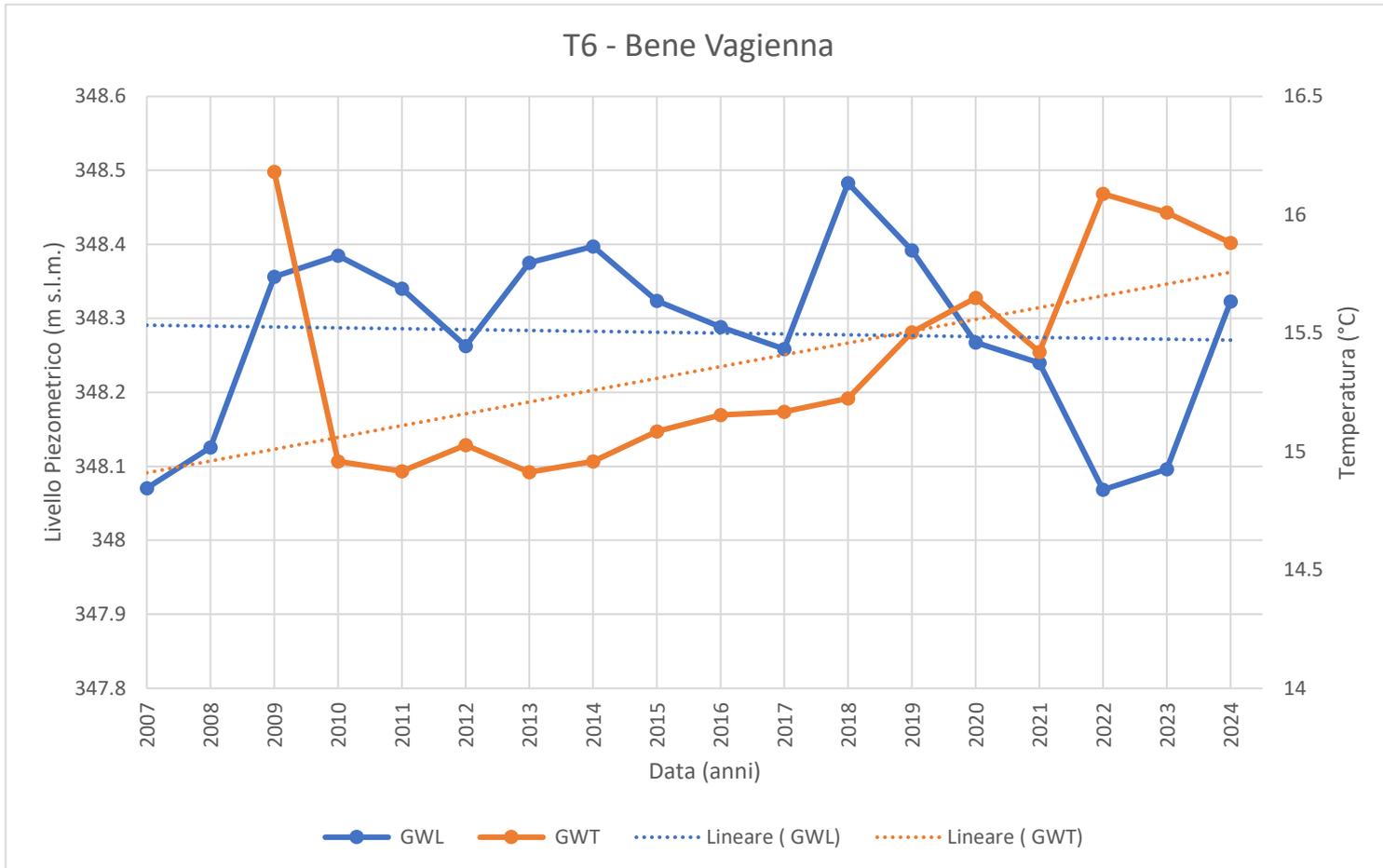


Figura 4.21. Grafico delle variazioni dei parametri idrogeologici registrati presso il piezometro T6 di Bene Vagienna dal 2007 al 2024. La linea arancione rappresenta l'andamento della temperatura delle acque sotterranee elaborata come media annuale (°C). La linea blu rappresenta l'andamento del livello piezometrico medio annuale (m s.l.m.). Inoltre le linee tratteggiate blu e arancione rappresentano le rette di regressione lineare rispettivamente del livello piezometrico e della temperatura delle acque sotterranee.

4.3 Conclusioni

L'analisi dei 9 piezometri permette di delineare un quadro complessivo dell'evoluzione idrogeologica delle acque sotterranee nell'area del Parco fluviale Gesso e Stura, nel periodo compreso tra il 2000 e il 2024 sia a livello mensile che annuale.

L'andamento dei livelli piezometrici e delle temperature delle acque sotterranee, confrontato con le dinamiche climatiche locali descritte nel capitolo 2, evidenzia un sistema acquifero in trasformazione, influenzato in modo crescente dai cambiamenti climatici e dalle pressioni antropiche.

Per quanto riguarda i livelli piezometrici, emerge una tendenza comune alla progressiva diminuzione nel lungo periodo, più o meno marcata a seconda della località. Tale comportamento è particolarmente evidente nei piezometri di Fossano (P23), Cuneo (T1), Morozzo (T2) e Beinette (T3), dove la retta di regressione del GWL mostra una pendenza negativa costante. Anche se le oscillazioni stagionali restano regolari, l'abbassamento complessivo dei livelli suggerisce uno squilibrio crescente tra input (precipitazioni, ricarica da neve e infiltrazioni) e output (prelievi, evapotraspirazione, drenaggi).

Analizzando l'andamento mensile dei livelli piezometrici, si osserva come in molti dei piezometri il massimo annuo si registri tipicamente tra agosto e settembre. Questo picco, anomalo rispetto alle dinamiche naturali di ricarica, è attribuibile alle pratiche irrigue diffuse nel territorio durante i mesi estivi, che determinano un temporaneo innalzamento della falda grazie all'infiltrazione delle acque distribuite per l'agricoltura.

Una parziale eccezione a questa tendenza si riscontra nel piezometro T6 di Bene Vagienna, dove i livelli piezometrici si mantengono sostanzialmente stabili nel lungo periodo, segnalando un acquifero in apparente equilibrio tra ricarica e drenaggio/sfruttamento.

Per quanto concerne la temperatura delle acque sotterranee, tutti i piezometri mostrano un progressivo aumento, con trend più o meno accentuati. In particolare, i piezometri di Morozzo (T2) e Bene Vagienna (T6) registrano aumenti significativi della GWT, ben superiori ai 2 °C in meno di vent'anni, mentre nei siti di Cuneo (T1), Fossano (P23) e Beinette (T3) l'incremento risulta più moderato ma comunque coerente con un lento riscaldamento dell'acquifero. Questo aumento è generalmente accompagnato da una riduzione dell'escursione termica minima, con i valori invernali che tendono a salire, mentre quelli estivi restano stabili.

L'insieme di questi comportamenti è coerente con le osservazioni climatiche presentate nel capitolo 2, dove si evidenziano una progressiva riduzione della piovosità, un incremento delle temperature medie annuali e una maggiore frequenza di eventi estremi. Tali variazioni stanno alterando i regimi di ricarica degli acquiferi, riducendone la portata complessiva e modificandone la qualità termica.

Per approfondire ulteriormente le relazioni tra precipitazioni e dinamiche piezometriche, è stata condotta un'analisi specifica sul comune di Fossano, dove la presenza ravvicinata tra il piezometro P23e e la stazione meteorologica garantisce una maggiore coerenza spaziale tra i dati.

Nella Figura 4.22 viene mostrato l'andamento mensile della cumulata di precipitazioni (in mm) e del livello piezometrico medio (in m s.l.m.) nel periodo 2005–2023. Il grafico evidenzia una certa coerenza stagionale tra i due parametri, con i picchi pluviometrici che precedono o accompagnano gli incrementi del livello piezometrico. Tuttavia, negli ultimi anni, si osserva un calo progressivo dei livelli piezometrici anche in presenza di precipitazioni mensili significative, segno di una minore efficacia della ricarica o di un'intensificazione dei prelievi e degli impatti antropici.

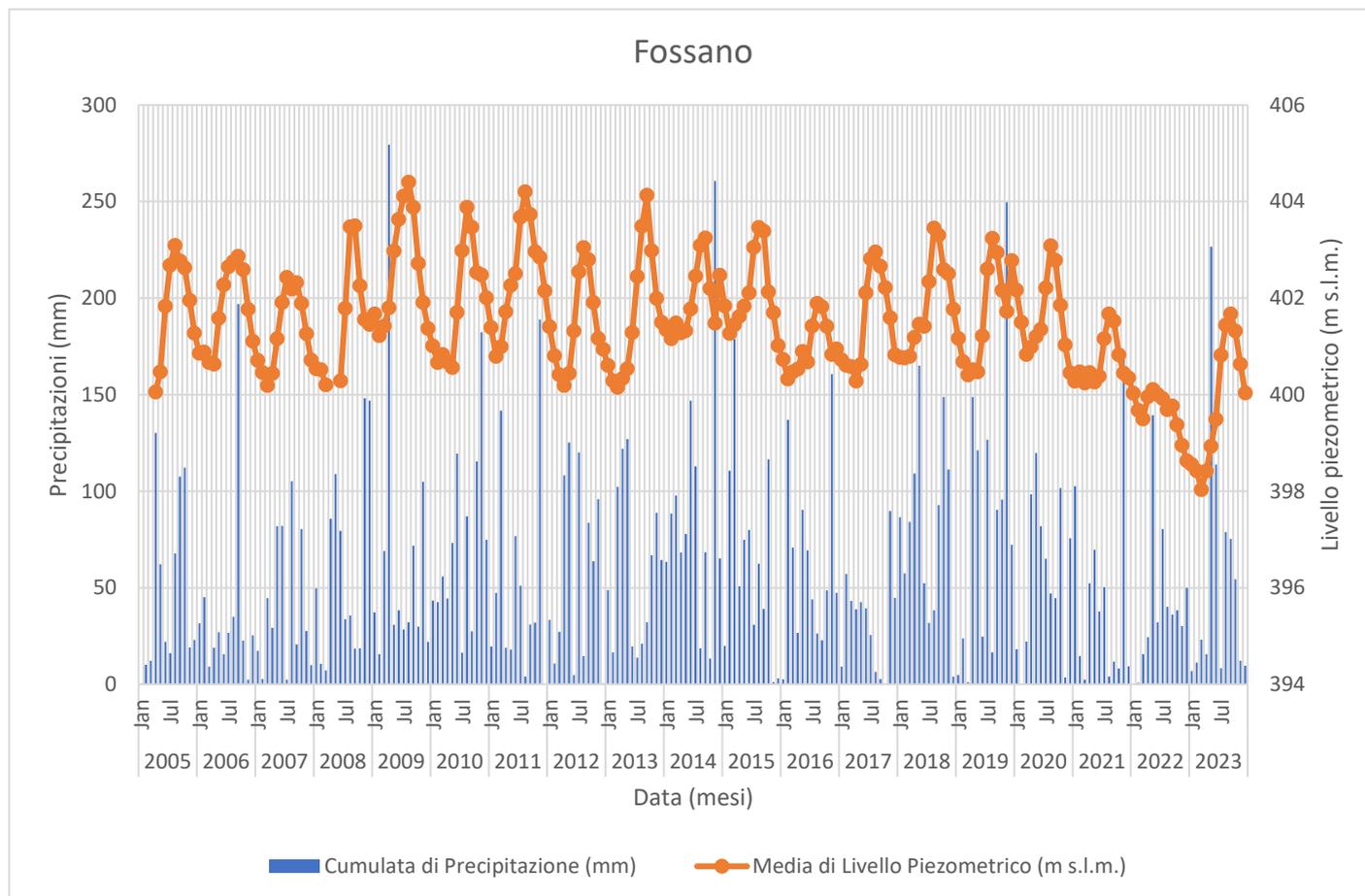


Figura 4.22 Andamento mensile del livello piezometrico medio (piezometro P23 – Fossano) e della precipitazione cumulata mensile (stazione meteorologica di Fossano), nel periodo 2005–2023.

La Figura 4.23, che riporta i medesimi dati aggregati su base annuale, conferma questa tendenza: dal 2016 in poi si registra una riduzione marcata del livello piezometrico medio annuo, associata a una diminuzione della piovosità annuale, soprattutto tra il 2021 e il 2022. Questo comportamento rafforza l'ipotesi di un sistema idrico locale sempre più vulnerabile alle variazioni climatiche, con una resilienza ridotta nei confronti della siccità.

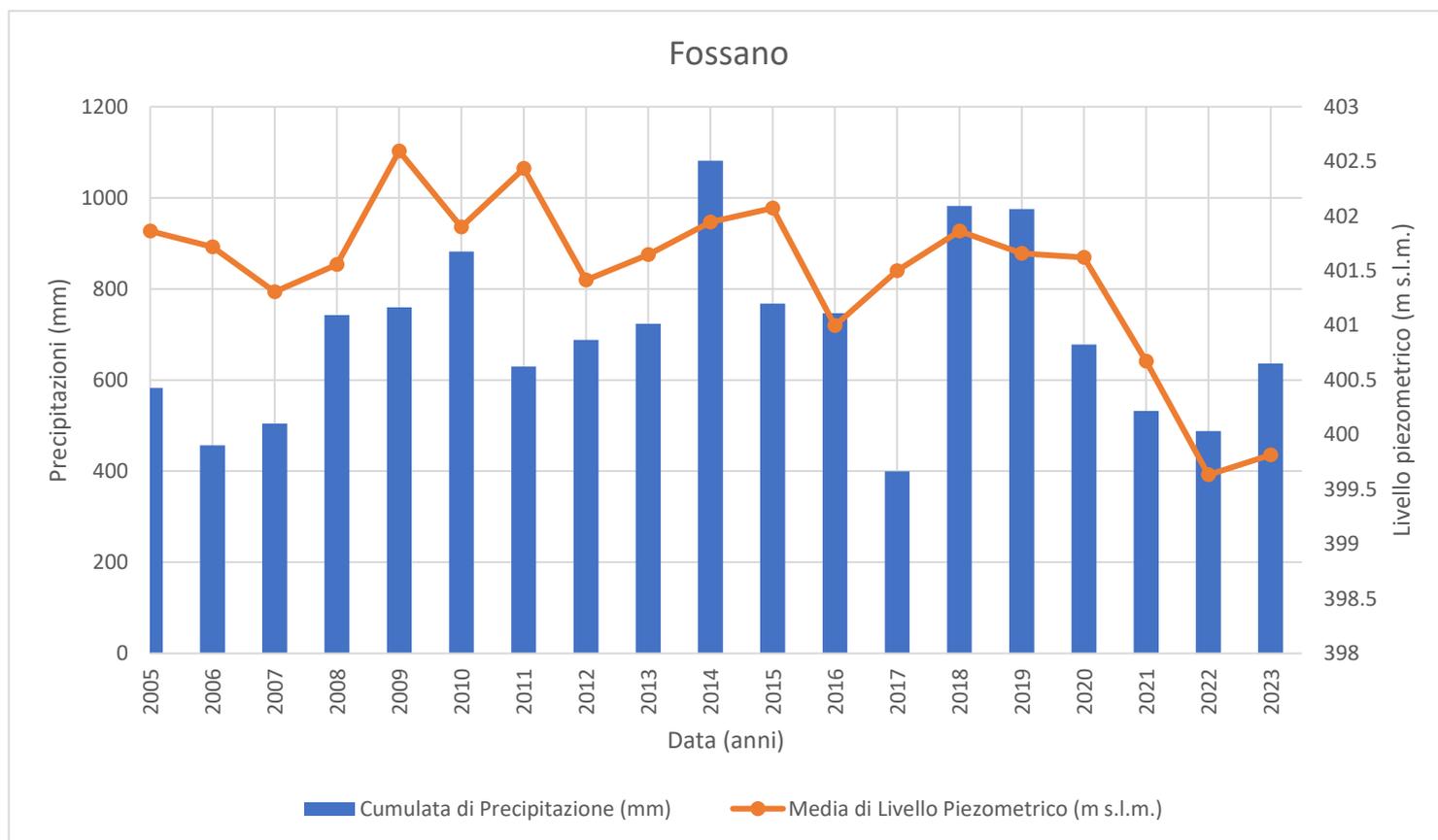


Figura 4.23. Andamento annuale del livello piezometrico medio (piezometro P23 – Fossano) e della precipitazione cumulata annuale (stazione meteorologica di Fossano), nel periodo 2005–2023.

In sintesi, l’analisi comparativa dei 9 piezometri del Parco fluviale Gesso e Stura evidenzia un’evoluzione coerente con le trasformazioni climatiche in atto: livelli idrici in calo e temperature in aumento. Le analisi condotte su Fossano forniscono un esempio puntuale delle interazioni tra piovosità e risposte piezometriche, contribuendo a comprendere meglio i processi di ricarica e le criticità emergenti. Queste dinamiche rendono necessario un rafforzamento del monitoraggio integrato, sia in termini temporali che spaziali, per anticipare scenari futuri e adottare strategie di gestione sostenibile della risorsa idrica sotterranea.

5. Possibili metodi di divulgazione dei risultati

Per quanto riguarda le variazioni di temperatura delle acque sotterranee (GWT) è stato adottato un nuovo metodo di rappresentazione grafica con finalità divulgative: le “groundwater temperature stripes” (GWT stripes) (Lasagna et al. 2024). Le GWT stripes sono state concepite dal Gruppo di Ricerca di Idrogeologia del Dipartimento di Scienze della Terra dell’Università degli Studi di Torino, ed ispirate alle ben più note Warming Stripes (Hawkins 2018, 2019)

Queste nuove stripes costituiscono uno strumento grafico concepito per illustrare in modo efficace le variazioni delle temperature delle acque sotterranee nel tempo.

I dati utilizzati per l'elaborazione delle GWT stripes sono i dati di temperatura delle acque sotterranee medi mensili (già utilizzati per il capitolo 4).

5.1 Approccio metodologico

Per rappresentare i dati GWT utilizzando le GWT stripes, è stata calcolata l'anomalia di temperatura mensile (MTA) per ogni mese di tutti gli anni analizzati.

In generale, l'anomalia (AN) si determina calcolando la differenza tra i valori annuali (o mensili) di una variabile (X) e i valori medi del periodo di riferimento (μX_{ref}) per la variabile considerata (Mancini et al. 2022). Questo calcolo è espresso come :

$$AN = X - \mu X_{ref}$$

Mentre per le warming stripes vengono utilizzati dati annuali, per le GWT stripes sono stati scelti dati mensili. Tale scelta è legata alla disponibilità dei dati del GWT che risulta essere limitata a un periodo di tempo relativamente breve e, dunque, con dati annuali (in questo caso 13 anni) non sarebbe possibile effettuare un'analisi accurata. Inoltre, l'uso di dati mensili permette di osservare la stagionalità dei dati nell'output grafico finale.

Per rappresentare i dati GWT utilizzando le GWT stripes, l'MTA è stata calcolata per ogni mese di tutti gli anni analizzati, come segue

$$\begin{aligned} & \text{MTA per uno specifico mese} \\ & = (\text{media GWT dello specifico mese}) \\ & - (\text{media di tutti gli specifici mesi del periodo analizzato}) \end{aligned}$$

Per rendere questo calcolo maggiormente comprensibile si fornisce anche un esempio pratico:

MTA per Gennaio 2010

= (media GWT di Gennaio 2010)

– (media di tutti i Gennai del periodo analizzato)

Mentre i dati delle Warming Stripes sono rappresentati utilizzando i colori blu, bianco e rosso, le GWT stripes sono state rappresentate utilizzando i colori dall'azzurro all'arancione. La scala di colori scelta indica con il blu intenso il valore negativo più basso dell'anomalia e con l'arancione intenso i valori positivi più alti dell'anomalia; il bianco indica la stazionarietà del parametro (nessuna anomalia, MTA=0). Dunque, un aumento di GWT è evidenziato da colori caldi (arancione) e una diminuzione di GWT è raffigurata da colori freddi (azzurro).

È inoltre importante sottolineare come, a causa della modalità di elaborazione delle GWT stripes, il colore della scala è tipico di ogni località e di ogni serie storica, dunque un colore non corrisponderà necessariamente alla stessa anomalia di temperatura in altre località.

Infatti tale metodo non si deve intendere per un confronto tra le varie stazioni di monitoraggio, ma come dato singolo per valutare l'entità delle variazioni di GWT in una determinata località.

5.2 Risultati

Vengono riportati in questa sezione i risultati e le relative GWT stripes per ogni piezometro analizzato (Fig. 5.1/5.9).

I dati verranno poi commentati nel capitolo successivo 5.3 Discussione e Conclusioni.

5.2.1. Piezometro P1 – Busca

In Fig. 5.1 viene riportata la rappresentazione grafica delle GWT stripes del piezometro P1-Busca nel periodo 2009-2021. I colori mostrano le variazioni rispetto alla media mensile di riferimento: tonalità fredde indicano anomalie negative, mentre quelle calde anomalie positive.

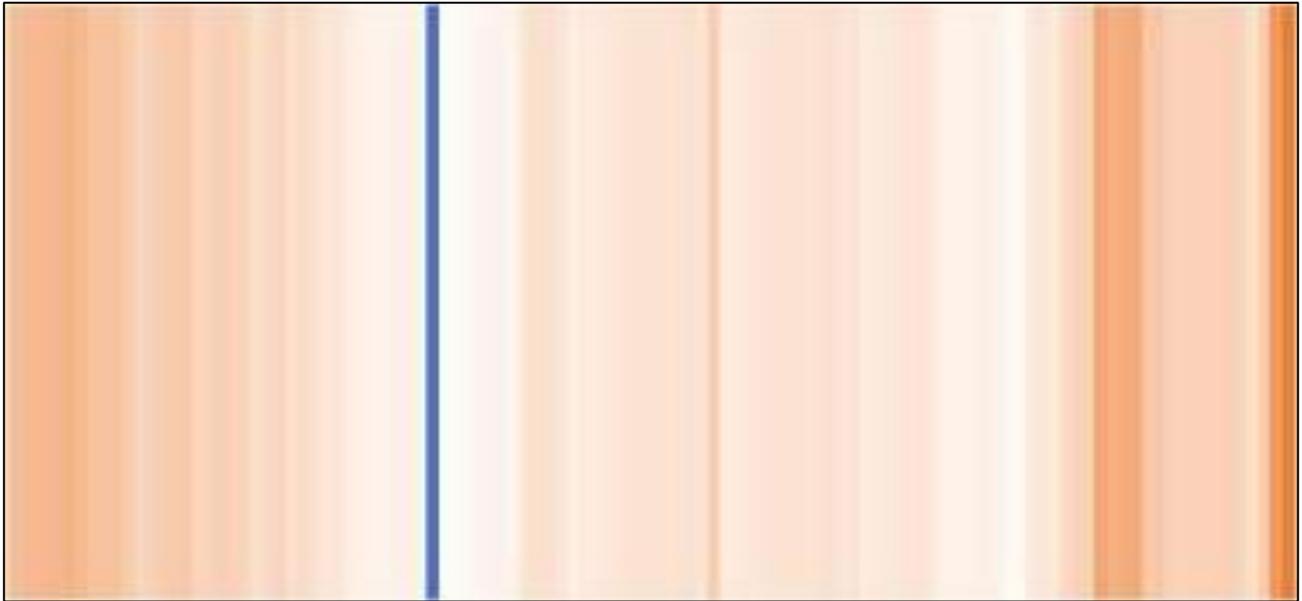


Figura 5.1. Rappresentazione grafica della GWT stripe relativa al piezometro P1 Busca per il periodo 2009-2021. Ogni barra verticale rappresenta la temperatura media mensile delle acque sotterranee: i colori delle strisce variano in base alla temperatura: tonalità più fredde (blu) indicano temperature più basse, mentre tonalità più calde (arancio) indicano temperature più elevate.

5.2.2 Piezometro P2 – Tarantasca

In Fig. 5.2 viene riportata la rappresentazione grafica delle GWT stripes del piezometro P2-Tarantasca nel periodo 2010-2024. I colori mostrano le variazioni rispetto alla media mensile di riferimento: tonalità fredde indicano anomalie negative, mentre quelle calde anomalie positive.

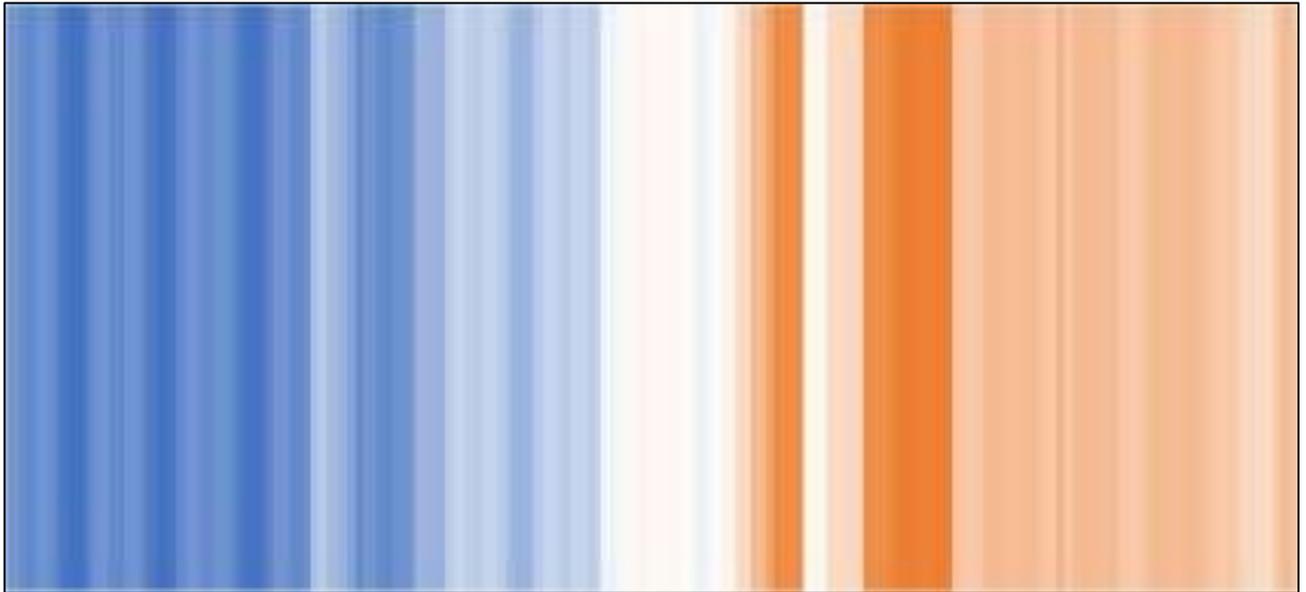


Figura 5.2. Rappresentazione grafica della GWT stripe relativa al piezometro P2 Tarantasca per il periodo 2010-2024. Ogni barra verticale rappresenta la temperatura media mensile delle acque sotterranee: i colori delle strisce variano in base alla temperatura: tonalità più fredde (blu) indicano temperature più basse, mentre tonalità più calde (arancio) indicano temperature più elevate.

5.2.3 Piezometro P4 – Fossano

In Fig. 5.3 viene riportata la rappresentazione grafica delle GWT stripes del piezometro P4- Fossano nel periodo 2009-2024. I colori mostrano le variazioni rispetto alla media mensile di riferimento: tonalità fredde indicano anomalie negative, mentre quelle calde anomalie positive.

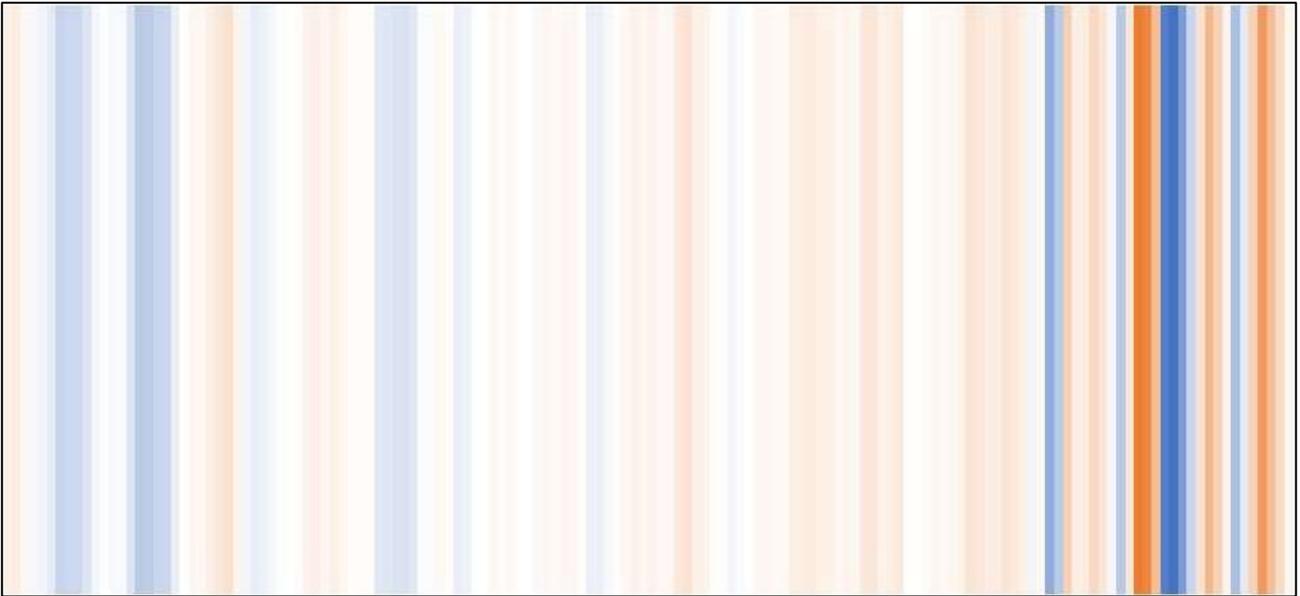


Figura 5.3. Rappresentazione grafica della GWT stripe relativa al piezometro P4 Fossano per il periodo 2009-2024. Ogni barra verticale rappresenta la temperatura media mensile delle acque sotterranee: i colori delle strisce variano in base alla temperatura: tonalità più fredde (blu) indicano temperature più basse, mentre tonalità più calde (arancio) indicano temperature più elevate.

5.2.4 Piezometro P5 – Vottignasco

In Fig. 5.4 viene riportata la rappresentazione grafica delle GWT stripes del piezometro P5-Vottignasco nel periodo 2010-2024. I colori mostrano le variazioni rispetto alla media mensile di riferimento: tonalità fredde indicano anomalie negative, mentre quelle calde anomalie positive.

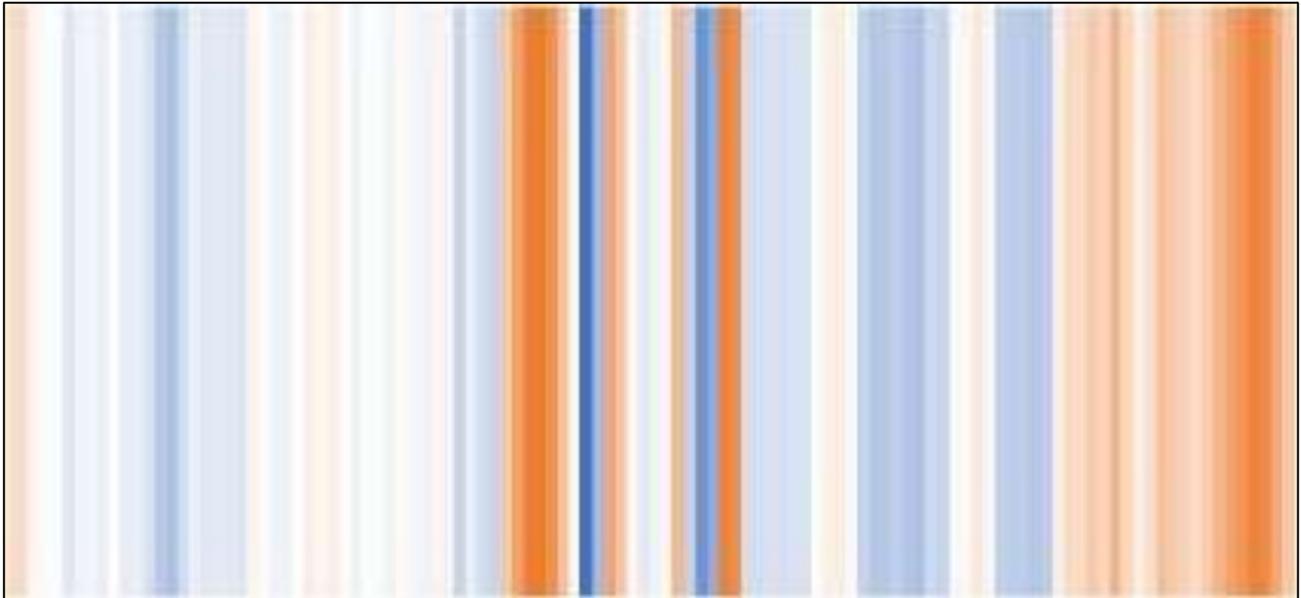


Figura 5.4. Rappresentazione grafica della GWT stripe relativa al piezometro P5 Vottignasco per il periodo 2010-2024. Ogni barra verticale rappresenta la temperatura media mensile delle acque sotterranee; i colori delle strisce variano in base alla temperatura: tonalità più fredde (blu) indicano temperature più basse, mentre tonalità più calde (arancio) indicano temperature più elevate.

5.2.5 Piezometro P23 – Fossano

In Fig. 5.5 viene riportata la rappresentazione grafica delle GWT stripes del piezometro P23- Fossano nel periodo 2009-2024. I colori mostrano le variazioni rispetto alla media mensile di riferimento: tonalità fredde indicano anomalie negative, mentre quelle calde anomalie positive.

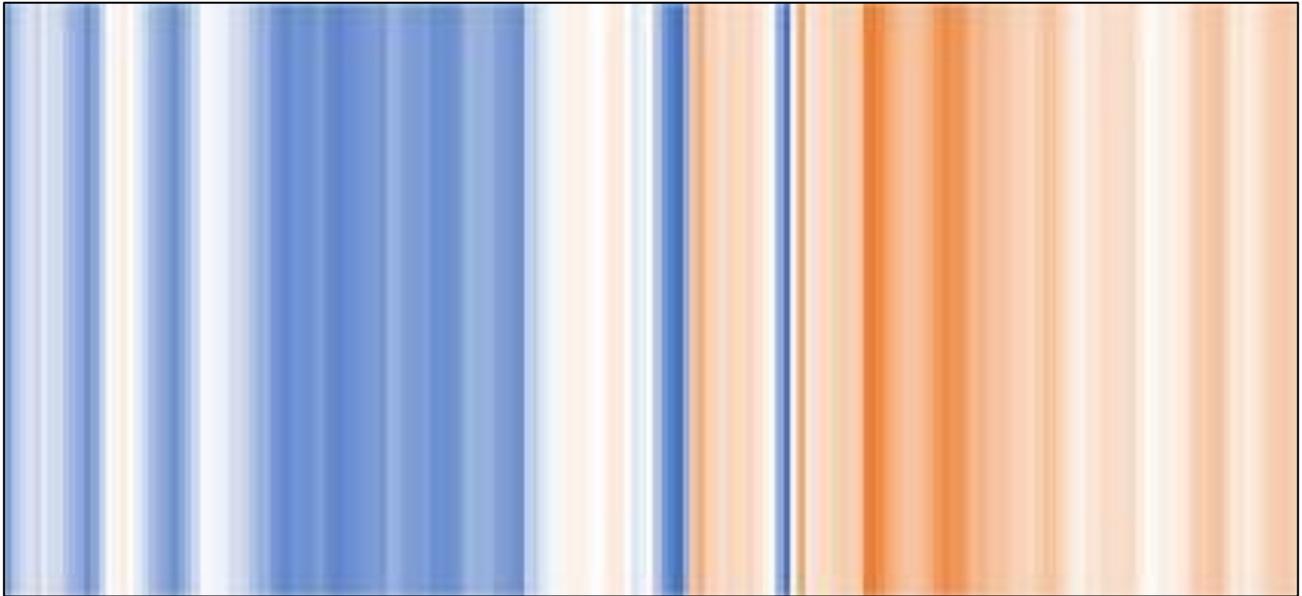


Figura 5.5. Rappresentazione grafica della GWT stripe relativa al piezometro P23 Fossano per il periodo 2009-2024. Ogni barra verticale rappresenta la temperatura media mensile delle acque sotterranee: i colori delle strisce variano in base alla temperatura: tonalità più fredde (blu) indicano temperature più basse, mentre tonalità più calde (arancio) indicano temperature più elevate.

5.2.6 Piezometro T1 – Cuneo

In Fig. 5.5 viene riportata la rappresentazione grafica delle GWT stripes del piezometro T1- Cuneo nel periodo 2009-2024. I colori mostrano le variazioni rispetto alla media mensile di riferimento: tonalità fredde indicano anomalie negative, mentre quelle calde anomalie positive.

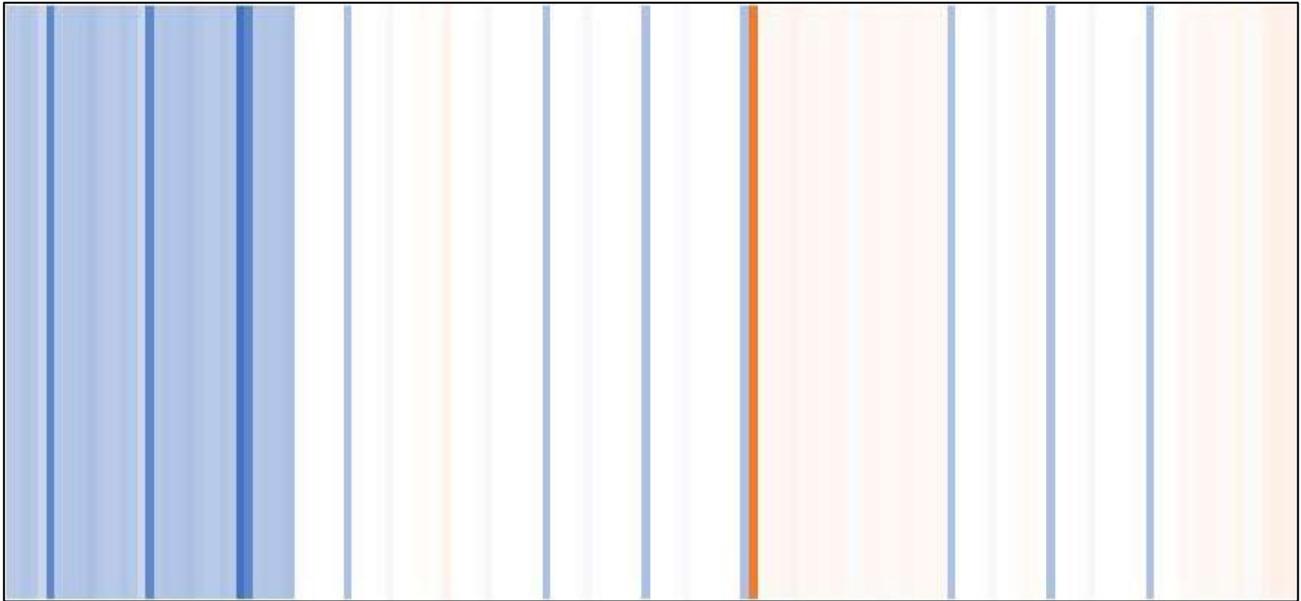


Figura 5.6. Rappresentazione grafica della GWT stripe relativa al piezometro T1 Cuneo per il periodo 2009-2024. Ogni barra verticale rappresenta la temperatura media mensile delle acque sotterranee: i colori delle strisce variano in base alla temperatura: tonalità più fredde (blu) indicano temperature più basse, mentre tonalità più calde (arancio) indicano temperature più elevate.

5.2.7 Piezometro T2 – Morozzo

In Fig. 5.7 viene riportata la rappresentazione grafica delle GWT stripes del piezometro T2- Morozzo nel periodo 2009-2024. I colori mostrano le variazioni rispetto alla media mensile di riferimento: tonalità fredde indicano anomalie negative, mentre quelle calde anomalie positive.

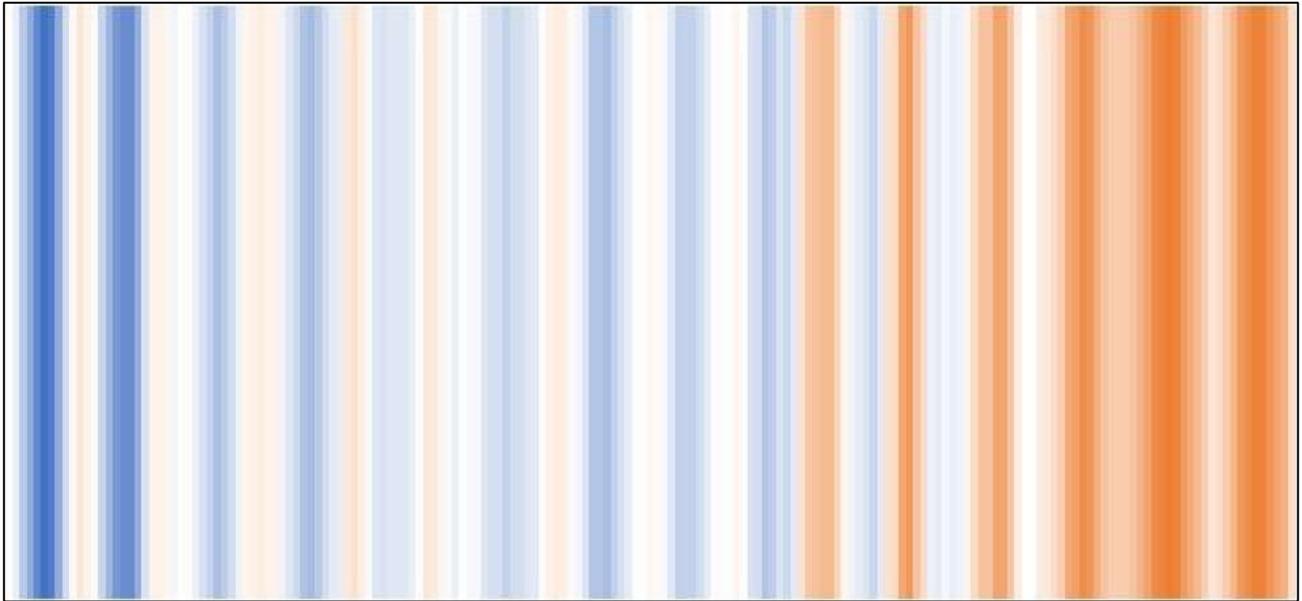


Figura 5.7. Rappresentazione grafica della GWT stripe relativa al piezometro T2 Morozzo per il periodo 2009-2024. Ogni barra verticale rappresenta la temperatura media mensile delle acque sotterranee: i colori delle strisce variano in base alla temperatura: tonalità più fredde (blu) indicano temperature più basse, mentre tonalità più calde (arancio) indicano temperature più elevate.

5.2.8 Piezometro T3 – Beinette

In Fig. 5.8 viene riportata la rappresentazione grafica delle GWT stripes del piezometro T3- Beinette nel periodo 2009-2024. I colori mostrano le variazioni rispetto alla media mensile di riferimento: tonalità fredde indicano anomalie negative, mentre quelle calde anomalie positive.

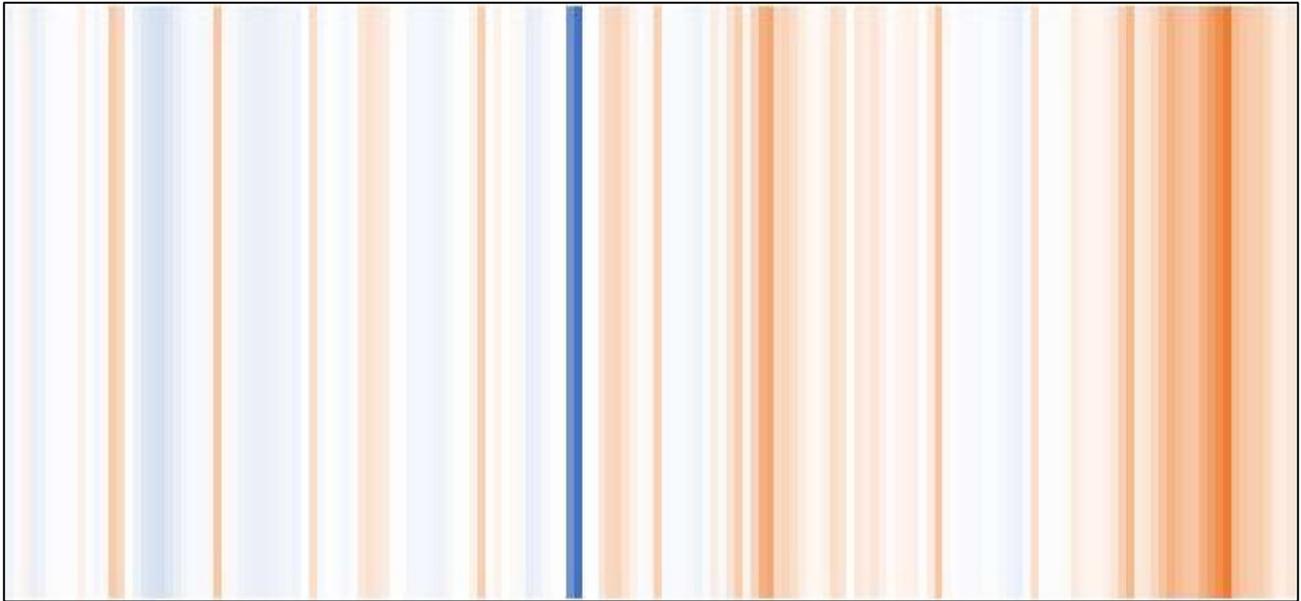


Figura 5.8. Rappresentazione grafica della GWT stripe relativa al piezometro T3 Beinette per il periodo 2009-2024. Ogni barra verticale rappresenta la temperatura media mensile delle acque sotterranee: i colori delle strisce variano in base alla temperatura: tonalità più fredde (blu) indicano temperature più basse, mentre tonalità più calde (arancio) indicano temperature più elevate.

5.2.9 Piezometro T6 – Bene Vagienna

In Fig. 5.9 viene riportata la rappresentazione grafica delle GWT stripes del piezometro T6- Bene Vagienna nel periodo 2009-2024. I colori mostrano le variazioni rispetto alla media mensile di riferimento: tonalità fredde indicano anomalie negative, mentre quelle calde anomalie positive.

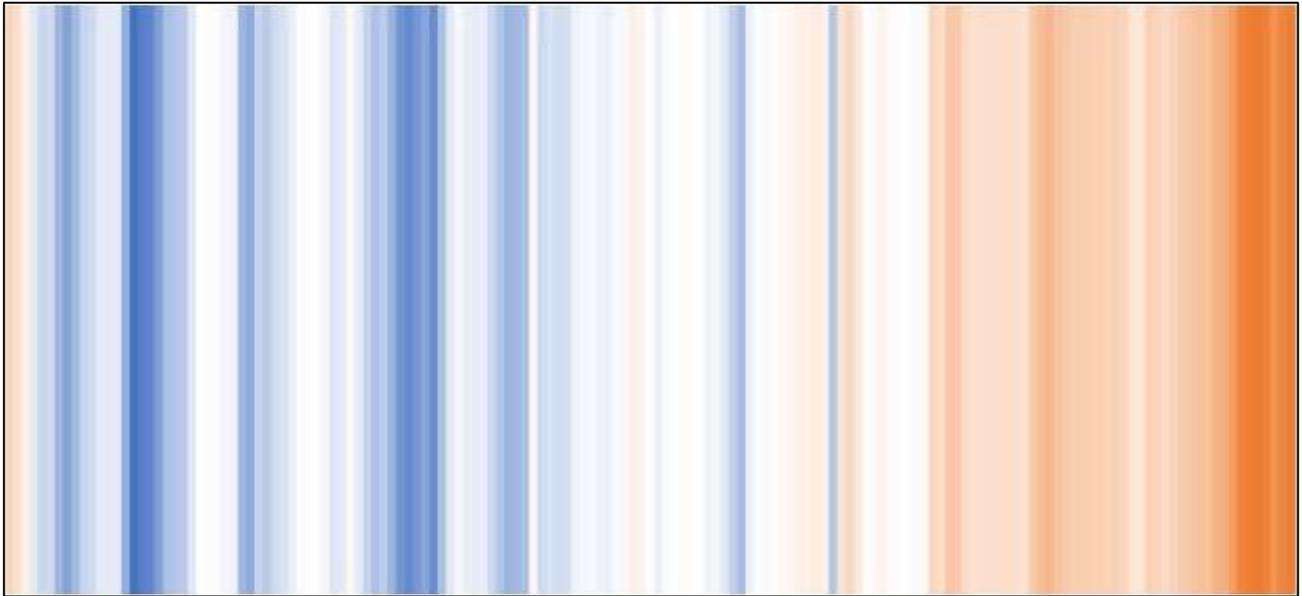


Figura 5.9. Rappresentazione grafica della GWT stripe relativa al piezometro T6 Bene Vagiennae per il periodo 2009-2024. Ogni barra verticale rappresenta la temperatura media mensile delle acque sotterranee: i colori delle strisce variano in base alla temperatura: tonalità più fredde (blu) indicano temperature più basse, mentre tonalità più calde (arancio) indicano temperature più elevate.

5.3 Discussione e Conclusioni

Questo capitolo ha avuto l'obiettivo di proporre un metodo grafico di facile interpretazione per rappresentare le variazioni del GWT in un contesto di cambiamento climatico

Dalle analisi delle GWT stripes per ciascuno dei 9 piezometri analizzati è stato possibile individuare un generale aumento dell'anomalia positiva, corrispondente a un aumento di GWT nel tempo in quasi tutti i punti di monitoraggio dell'area (Fig 5.10).

Le GWT stripes risultano in grado di rappresentare efficacemente e in modo facilmente comprensibile l'andamento dei dati GWT relativi a un punto specifico, facilitandone l'interpretazione. Rimane tuttavia da sottolineare che la rappresentazione di ciascuna stripe, nonostante l'impiego di una scala di colori coerente all'interno di una determinata regione, dipende dai valori del punto analizzato. I colori quindi non possono essere confrontati tra punti diversi. Nonostante ciò, questo approccio risulta essere un modo efficace per comunicare alla società la questione delle variazioni GWT dovute al cambiamento climatico, rappresentando un metodo semplice e rapido per diffondere il problema del riscaldamento delle acque sotterranee.

L'adozione di questo metodo da parte del Parco Fluviale Gesso e Stura potrebbe avere ricadute significative in ambito divulgativo. Le GWT stripes non solo facilitano la comunicazione scientifica verso i cittadini, aumentando la consapevolezza pubblica sui temi legati al clima e alle risorse idriche, ma rappresentano anche uno strumento efficace per sensibilizzare le comunità locali sull'importanza della tutela delle acque sotterranee. Questo approccio potrebbe contribuire a rafforzare il ruolo del Parco come promotore di conoscenza ambientale e di pratiche sostenibili.

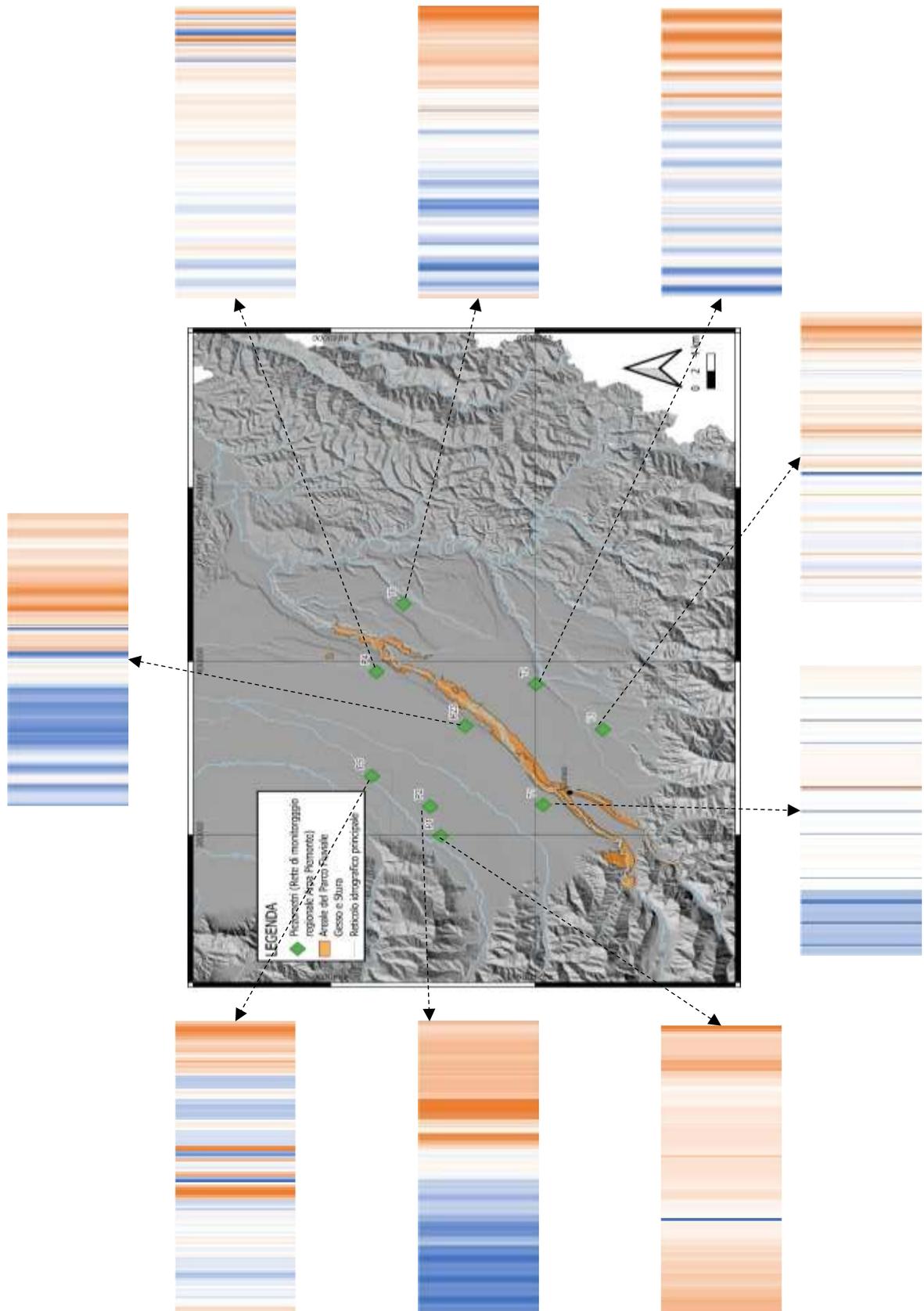


Fig. 5.10. Rappresentazione spaziale di tutte le GWT stripes per ciascuno dei piezometri analizzati nell'area di studio.

6. Analisi del livello piezometrico relativo all'acquifero a superficie libera nell'area di interesse mediante campagna di misura in situ - Studio dei rapporti tra corsi d'acqua e acque sotterranee mediante analisi della superficie piezometrica

I due punti dell'accordo relativi all'analisi del livello piezometrico dell'acquifero a superficie libera nell'area di interesse mediante campagna di misura in situ e lo studio dei rapporti tra corsi d'acqua e acque sotterranee mediante analisi della superficie piezometrica sono stati uniti in relazione alla elevata connessione degli argomenti e alla comune osservazione e descrizione della superficie piezometrica.

Il livello piezometrico relativo all'acquifero a superficie libera nell'area di interesse è stato preso in considerazione al fine di definire lo stato attuale della risorsa idrica sotterranea, ponendolo anche a confronto con studi pregressi, nonché di descrivere i rapporti tra i corsi d'acqua e le acque sotterranee mediante analisi della superficie piezometrica.

In generale, i corsi d'acqua sono solitamente associati al sistema delle acque sotterranee attraverso gli acquiferi superficiali. Nella situazione in cui il livello piezometrico risulta essere posto a maggiore altezza rispetto al livello idrometrico del corso d'acqua, le acque sotterranee avranno un flusso verso il corso d'acqua. In questo caso, il corso d'acqua è definito come un corso d'acqua drenante. Viceversa, nella situazione in cui il livello piezometrico risulta essere posto ad un'altezza inferiore rispetto al livello idrometrico del corso d'acqua, le acque fluiranno dal corso d'acqua verso l'acquifero. In questo caso, il corso d'acqua è definito come un corso d'acqua alimentante. Quando si verificano queste interazioni, i due sistemi sono collegati idraulicamente fra loro (Poeter et al., 2020) (Fig. 6.1).

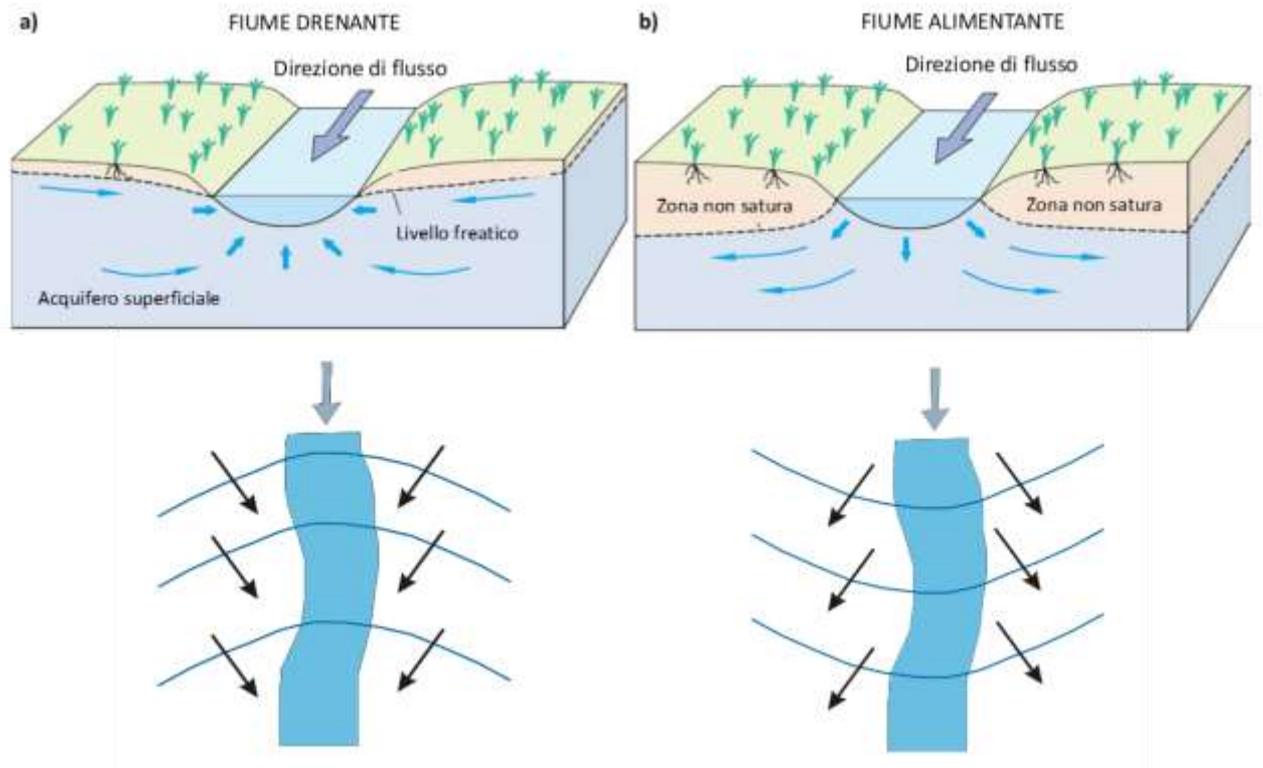


Figura 6.1. Rapporti fra corso d'acqua e acque sotterranee (Poeter et al., 2020, modificato).

L'area di studio selezionata, corrispondente alla porzione di pianura posta entro un raggio di 5 km dalla zona di Sant'Anselmo, interessa le pianure terrazzate poste in destra e sinistra idrografica del Fiume Stura di Demonte, oltre alla fascia di pianura ai piedi delle scarpate e prossima all'alveo. Tale area ha una estensione pari a 116 km².

Nei mesi di agosto e settembre sono stati effettuati vari sopralluoghi nell'area del Parco ed aree limitrofe con lo scopo di individuare punti di misura idonei alle misure del livello freatico dell'acquifero a superficie libera.

Nella prima metà del mese di ottobre è stata poi realizzata la campagna di misure piezometriche volta alla realizzazione della cartografia della superficie freatica relativamente all'acquifero a falda libera. Nel dettaglio sono state acquisite le misure di soggiacenza e profondità dell'opera di captazione in 33 punti intercettanti l'acquifero superficiale. Tali punti corrispondono esclusivamente a pozzi privati, in parte ancora attualmente utilizzati per uso domestico o irriguo.

I dati acquisiti sono stati impiegati per la realizzazione della carta piezometrica per l'analisi dell'andamento della falda libera ed l'individuazione delle linee di flusso principali. In aggiunta, è stata realizzata una carta di tipo semaforica per i valori di soggiacenza (Figg. 6.2-6.3).

La falda superficiale mostra una direzione generale da SW-NE. I livelli piezometrici nell'area di studio sono nell'intervallo fra 505 e 375 m s.l.m..

In prossimità all'alveo del Torrente Stura di Demonte, nonché in corrispondenza alle scarpate dei terrazzi, si possono osservare variazioni dell'andamento delle linee isopiezometriche. La convergenza di tali linee verso l'asta fluviale indica un rapporto di alimentazione da parte della falda superficiale del Torrente Stura di Demonte.

In corrispondenza al Torrente Gesso, osservando l'andamento della superficie piezometrica nella porzione a monte dell'area di studio, le linee isopiezometriche convergono nell'alveo deviando verso valle, testimoniando un'alimentazione da parte del torrente verso la falda. Nei pressi della confluenza del Torrente Stura di Demonte, le isopieze modificano il loro andamento e tendono a convergere verso monte. Nel settore a valle della confluenza tra i Torrenti Stura di Demonte e Gesso, il gradiente idraulico assume valori elevati. Le ripide scarpate che collegano il livello principale della pianura con l'alveo del corso d'acqua giocano un ruolo importante agevolando l'azione drenante dello Stura.

La soggiacenza nell'area di studio mostra alcune differenze spaziali. Nella porzione maggiormente a monte dell'area di studio si osservano valori di soggiacenza superiori a 30 m che, spostandosi progressivamente a valle (verso NE), diminuiscono fino ad essere inferiore ad 1 metro. In particolare, osservando le pianure terrazzate nell'area di studio, i valori di soggiacenza lungo la direzione del flusso sotterraneo decrescono maggiormente nel settore in destra idrografica rispetto al Torrente Stura di Demonte, dove si raggiungono valori minimi inferiori al metro, a differenza del settore in sinistra idrografica rispetto al Torrente Stura di Demonte, dove si raggiungono valori minimi intorno ai 5 metri.

In aggiunta, nella fascia di pianura alla base delle scarpate dei terrazzi e in prossimità all'alveo dei corsi d'acqua, le soggiacenze si attestano su valori relativamente bassi (inferiori a 5 metri).

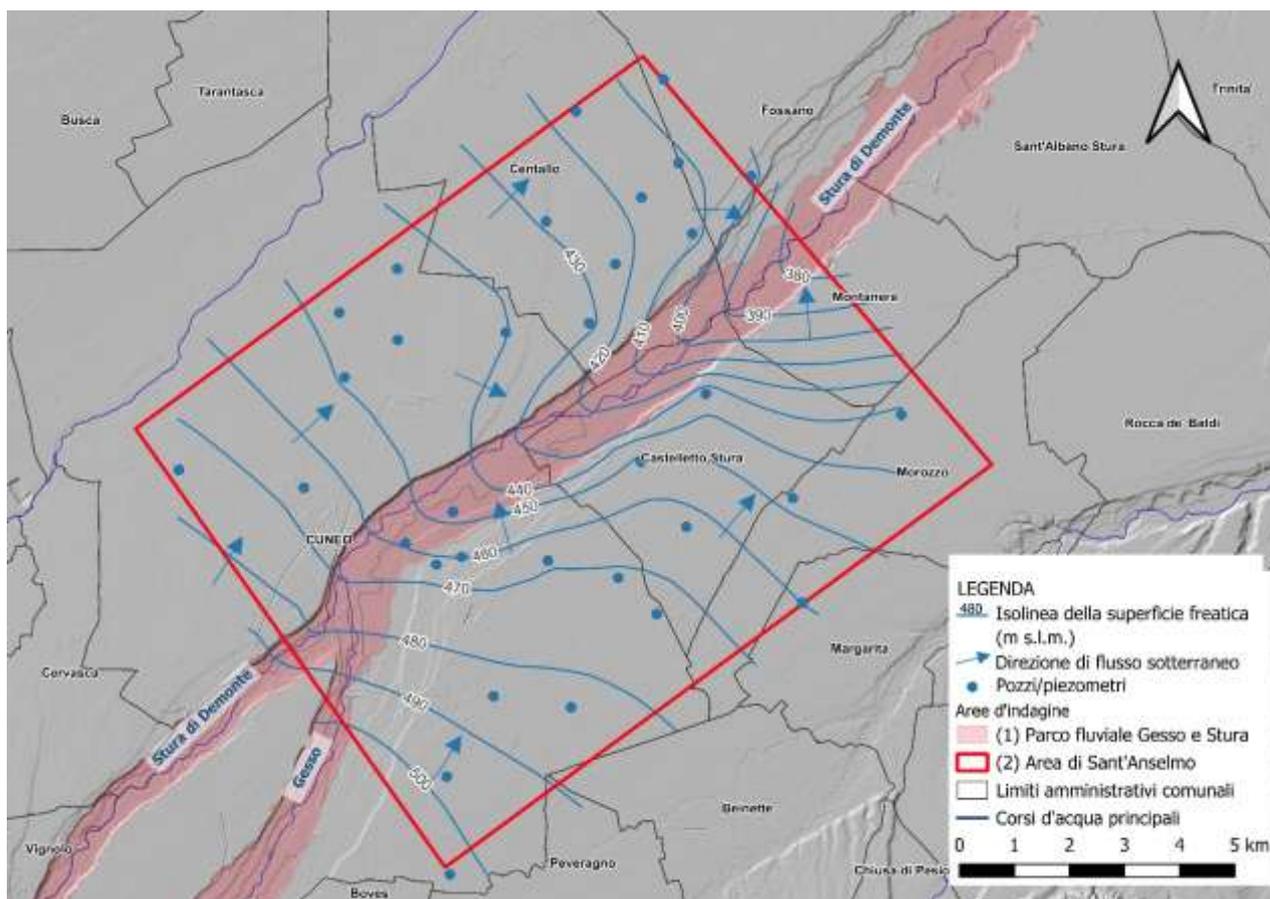


Figura 6.2. Carta piezometrica della falda superficiale, ottobre 2024.

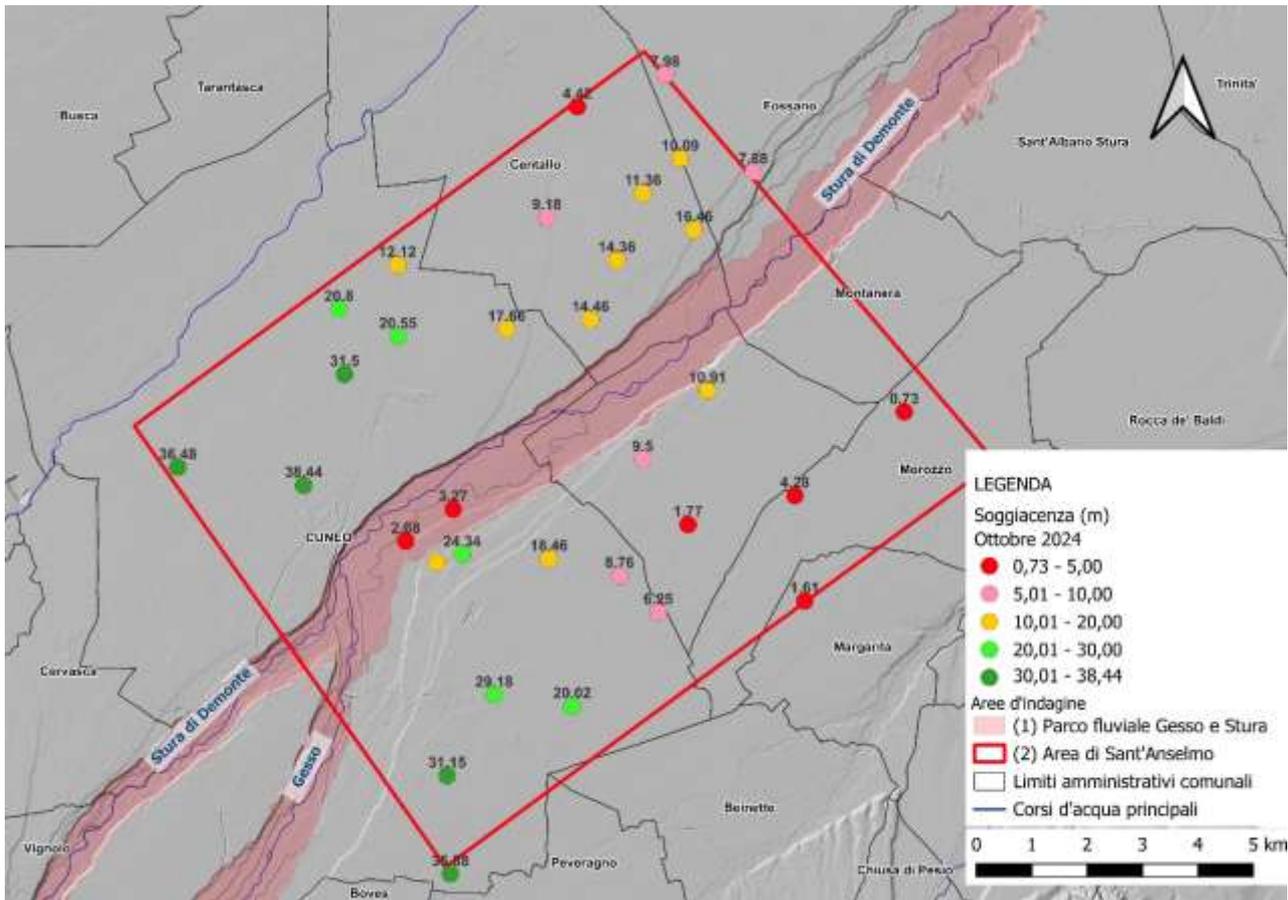


Figura 6.3. Soggiacenza della falda superficiale, ottobre 2024.

Il confronto della cartografia della superficie piezometrica realizzata e delle cartografie pregresse rappresenta uno degli approcci volto ad identificare gli effetti della variabilità climatica sulle acque superficiali e sotterranee. Sono state raccolte 4 cartografie pregresse della superficie piezometrica nell'area di interesse relative agli anni 2002, 2008, 2016, 2020 (Figg. 6.4-6.7).

In generale il rapporto di interazione fra acque sotterranee e corsi d'acqua viene mantenuto nel tempo. Tuttavia, il confronto fra le superfici piezometriche nei diversi anni mostra differenze, sebbene ridotte, relativamente sia ai valori dei livelli piezometrici sia alle direzioni dei flussi sotterranei.

Le ridotte differenze sono da imputare a fattori naturali, quali le differenti stagioni nelle quali sono state effettuate le misure ed eventuali periodi siccitosi pregressi, e a fattori legati all'acquisizione del dato, come la densità e distribuzione dei punti di misura.

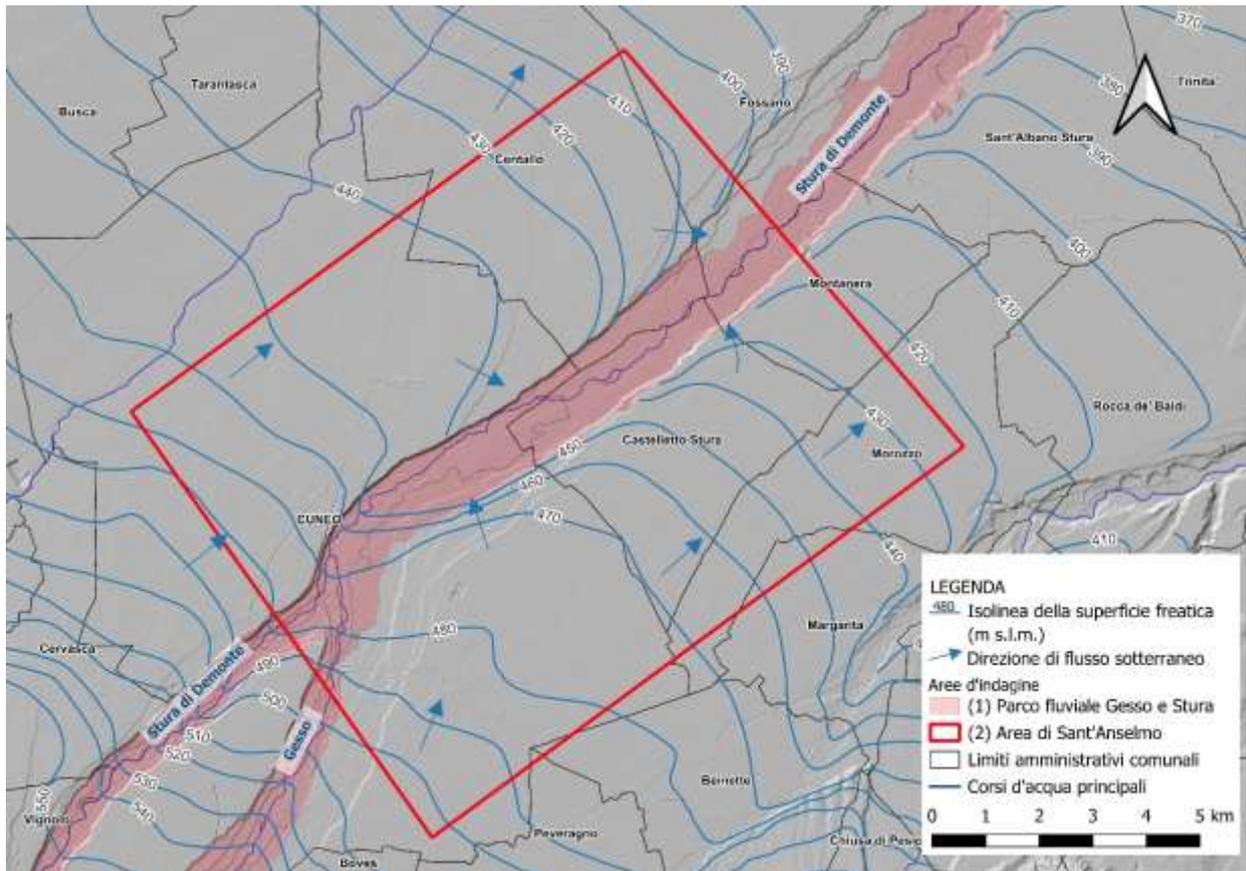


Figura 6.4. Carta piezometrica della falda superficiale, estate 2002 (Regione Piemonte, 2002).

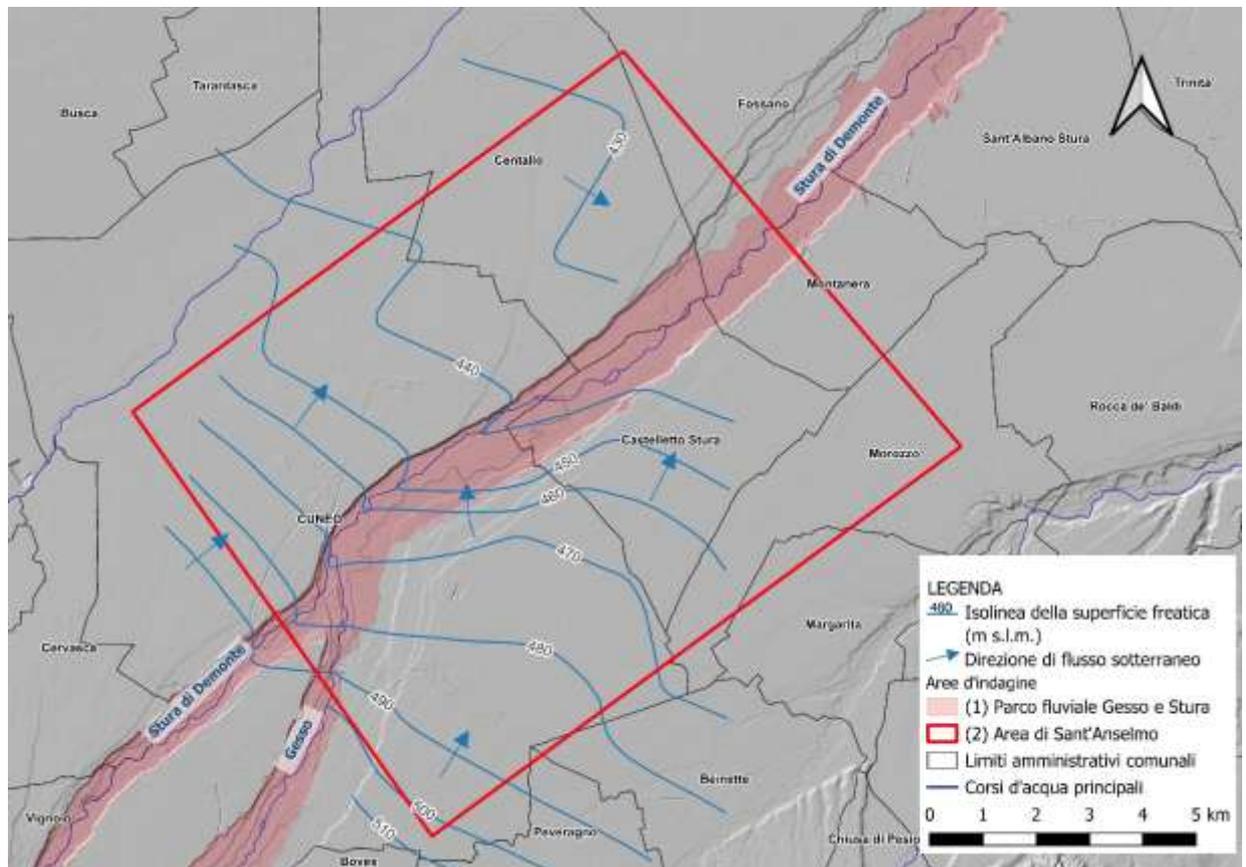


Figura 6.5. Carta piezometrica della falda superficiale, aprile-maggio 2008 (Giordano, 2008).

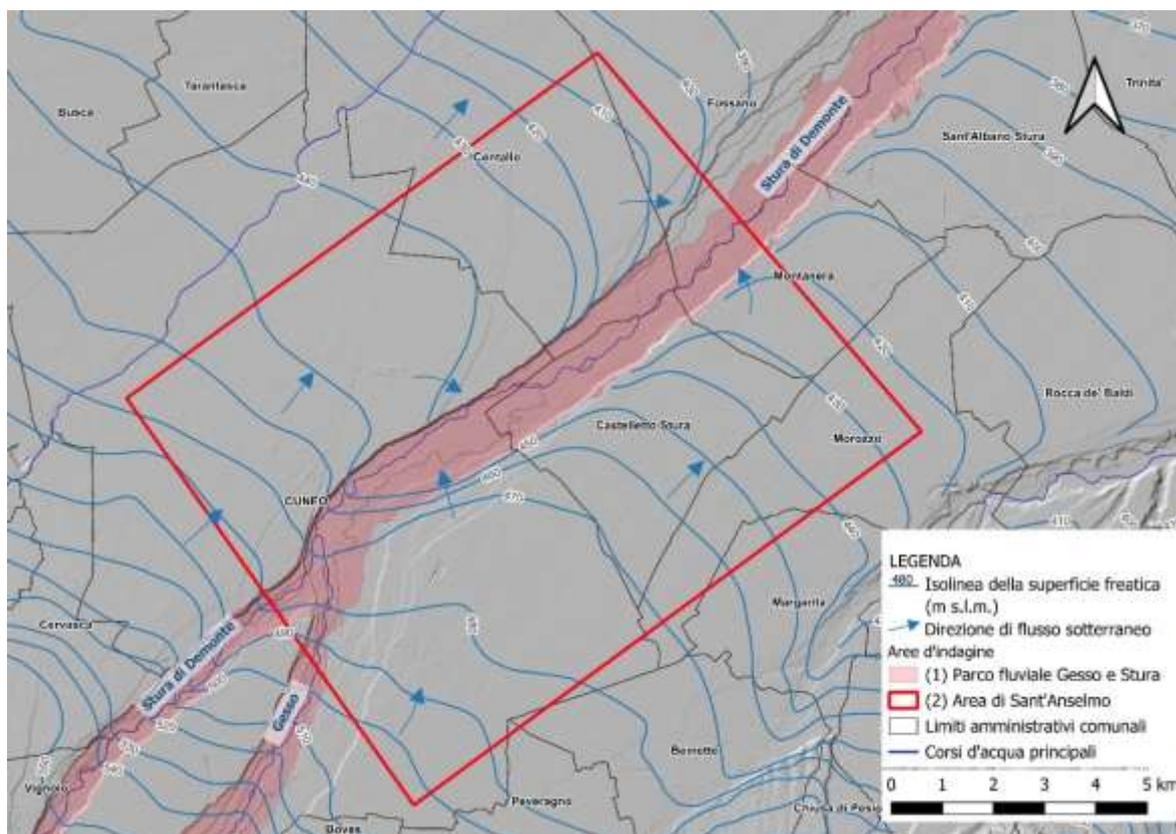


Figura 6.6. Carta piezometrica della falda superficiale, estate 2016 (De Luca et al., 2020).

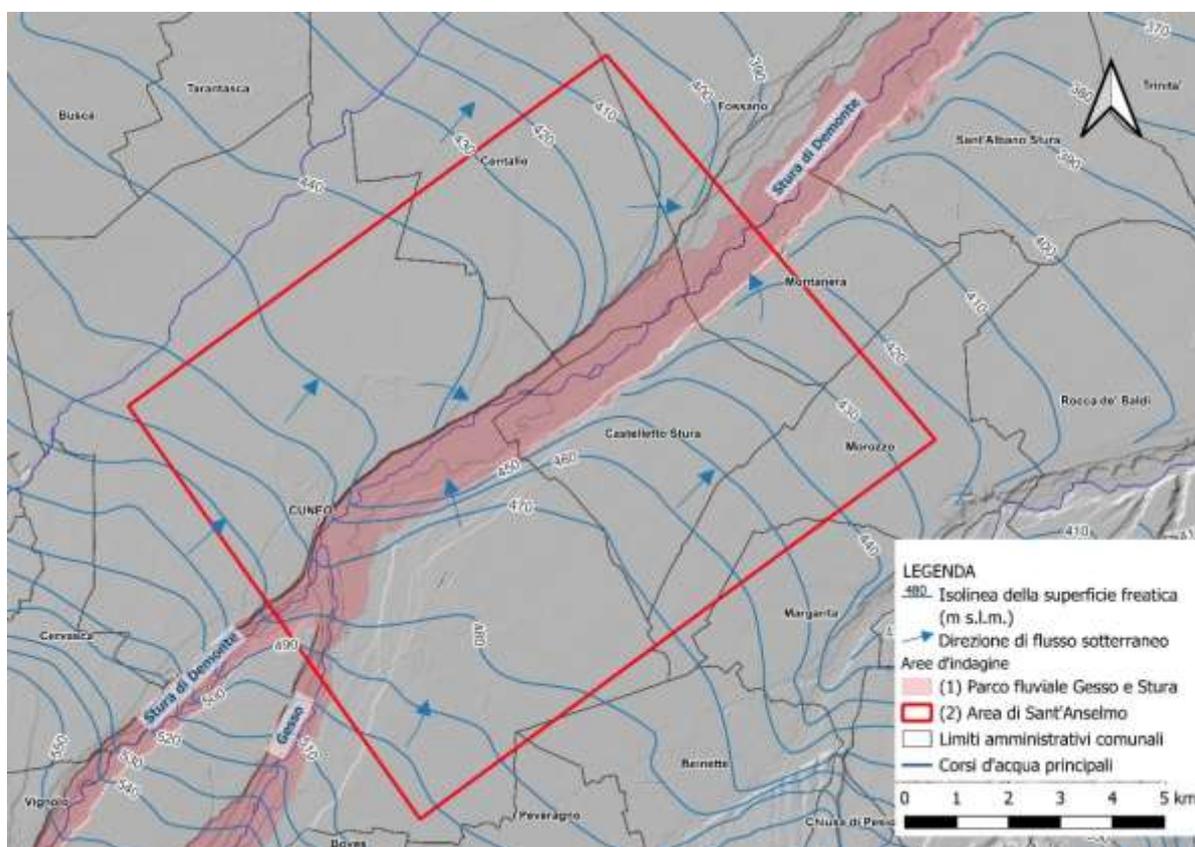


Figura 6.7. Carta piezometrica della falda superficiale, estate 2020 (Università di Torino, 2020).

7. Censimento di risorgive e aree umide nell'area di interesse e analisi di modificazione causate dalla variabilità climatica

Le informazioni reperite da studi pregressi e disponibili sulle banche dati regionali relativamente alle zone umide sono state riassunte al fine di presentare lo stato conoscitivo pregresso. La distribuzione spaziale delle differenti zone umide è mostrata in Figura 7.1.

I dati pregressi non appaiono essere aggiornati, non riportando la totalità dei punti realmente esistenti. In particolare, in occasione dei sopralluoghi condotti, sono state osservate zone umide non inserite nelle banche dati regionali.

Le zone umide di maggiore interesse sono state censite e cartografate nell'area del Parco in occasione dei numerosi sopralluoghi condotti a cura degli scriventi. Tali zone umide sono state indicate dall'ente Parco Fluviale Gesso e Stura fra quelle di prioritario interesse, al fine di poter indirizzare le scelte operative nel prossimo futuro. Le zone umide sulle quali si è posta l'attenzione sono complessivamente 13, relative a risorgive, fontanili, sorgenti, corpi lacustri, stagni e boschi umidi (Figg. 7.2-7.3, Tab. 7.1).

Sono state pertanto redatte, per ognuna delle zone umide censite, le schede descrittive contenenti le informazioni anagrafiche e geografiche, informazioni pregresse fornite dagli addetti del parco, dati rilevati durante i sopralluoghi, immagini satellitari attuali e pregresse, documentazione fotografica ed indicazioni degli sviluppi futuri. Le osservazioni e considerazioni effettuate sono relative agli aspetti idrogeologici delle risorse idriche esaminate. In particolare, in occasione dei sopralluoghi sono state effettuate misure sulla conducibilità elettrolitica, sali totali disciolti, pH e temperatura. Sono stati inoltre raccolti campioni d'acqua per le analisi chimico-fisiche sugli ioni maggiori condotte nel Laboratorio di Idrochimica del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino.

Particolare attenzione è stata prestata alle modificazioni passate delle aree tramite l'osservazione delle immagini satellitari. Questo approccio ha permesso di constatare le variazioni della disponibilità idrica nel tempo, nonché, identificare le modificazioni indotte dalla variabilità stagionale e dai periodi siccitosi occorsi.

Le osservazioni realizzate hanno dunque consentito una più approfondita comprensione del contesto idrogeologico delle aree utili per l'individuazione di alcuni sviluppi futuri ed azioni potenzialmente applicabili, per contribuire alla conservazione delle zone umide in risposta alla variabilità climatica.

Sono riportate nel seguito le 13 schede descrittive realizzate.

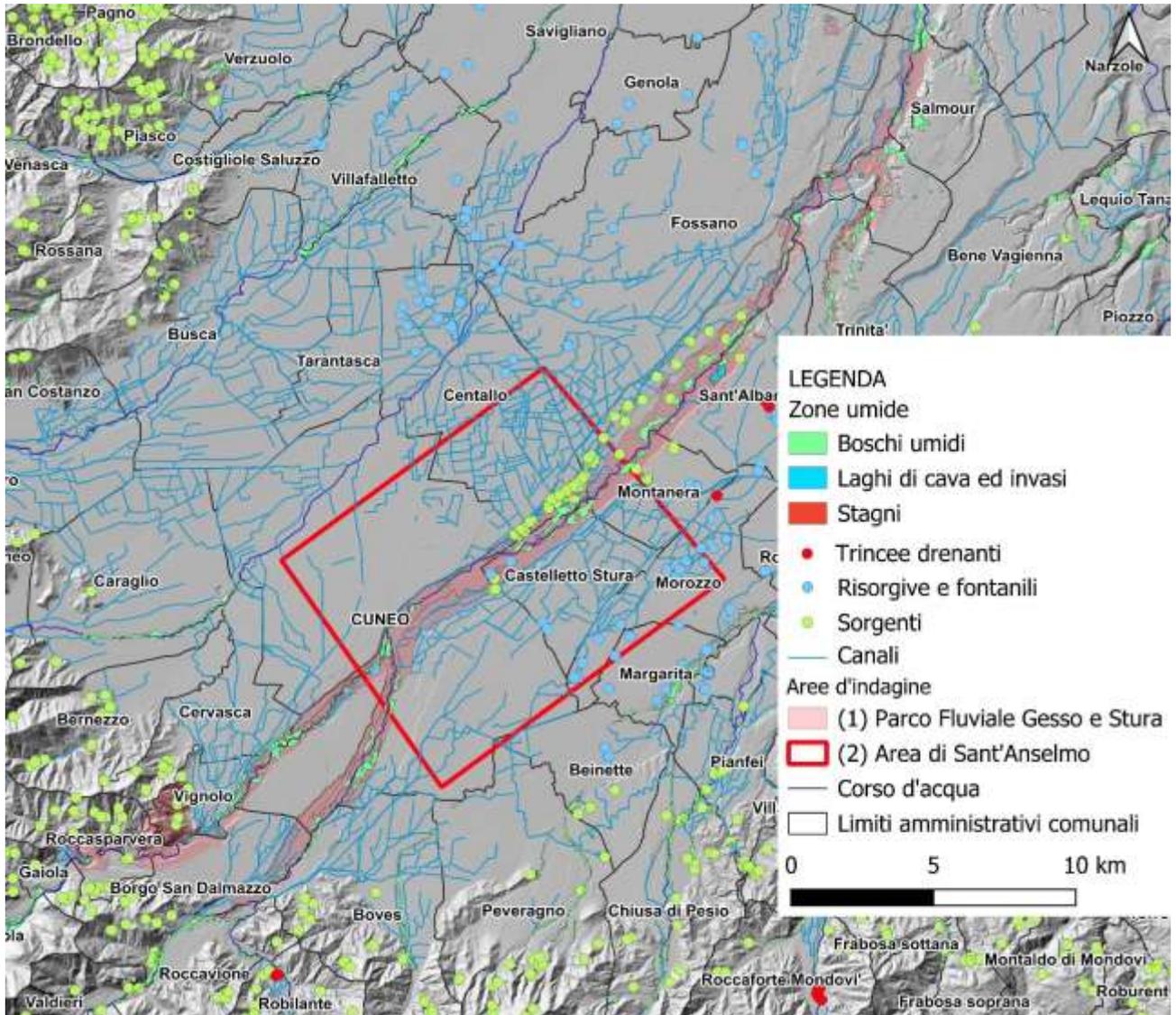


Figura 7.1. Distribuzione della totalità delle zone umide nel territorio del Parco Fluviale Gesso e Stura estrapolate da fonti pregresse.

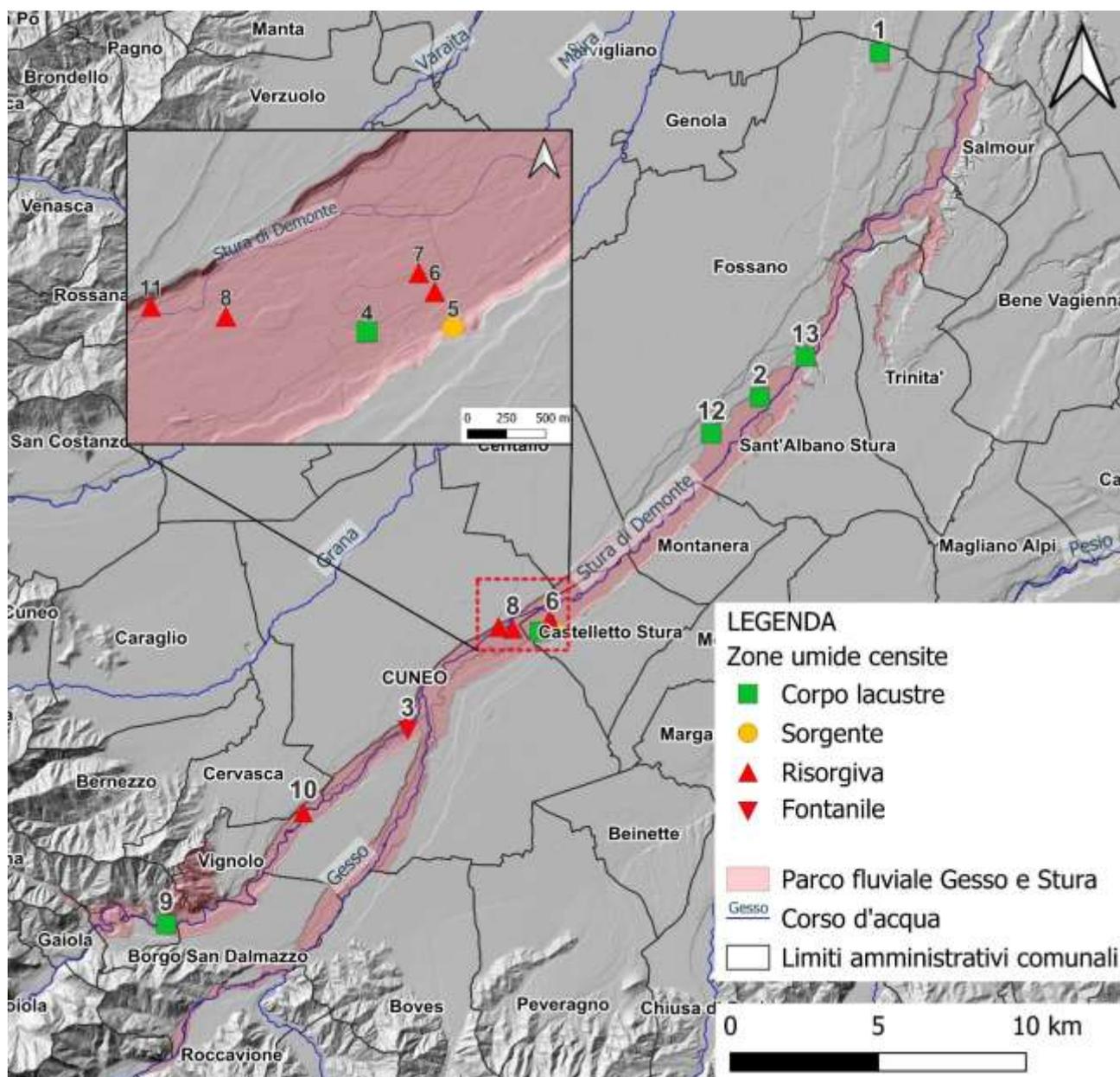


Figura 7.2. Distribuzione spaziale delle 13 zone umide censite dai ricercatori dell'Università di Torino nell'area del Parco Fluviale Gesso e Stura.

Tabella 7.1. Informazioni sulle 13 zone umide censite dai ricercatori dell'Università di Torino nell'area del Parco Fluviale Gesso e Stura

Numero	Denominazione	Tipologia Zona umida	Comune	x	y
1	Laghi di San Lorenzo	Corpo lacustre	Fossano	400527	4940437
2	Laghi di San Sebastiano	Corpo lacustre	Fossano	396472	4928679
3	Fontanone	Fontanile	Cuneo	384552	4917338
4	Laghi artificiali autostrada	Corpo lacustre	Castelletto Stura	389010	4920704
5	Emergenze versante sul canale consortile di Bene	Emergenze	Castelletto Stura	389560	4920732
6	Risorgiva 1	Risorgiva	Castelletto Stura	389444	4920962
7	Risorgiva 2	Risorgiva	Castelletto Stura	389342	4921084
8	Zona umida di Sant'Anselmo	Risorgiva/bosco umido	Cuneo- Castelletto Stura	388108	4920803
9	Stagno di Roccasparvera	Corpo lacustre	Roccasparvera	376380	4910718
10	Risorgiva Santa Croce	Risorgiva	Cervasca	381015	4914537
11	Risorgiva Ronchi	Risorgiva	Cuneo	387629	4920866
12	Lago di Sant'Anna	Corpo lacustre	Fossano	394822	4927450
13	Lago di Cargatera	Corpo lacustre	Fossano	398010	4930076

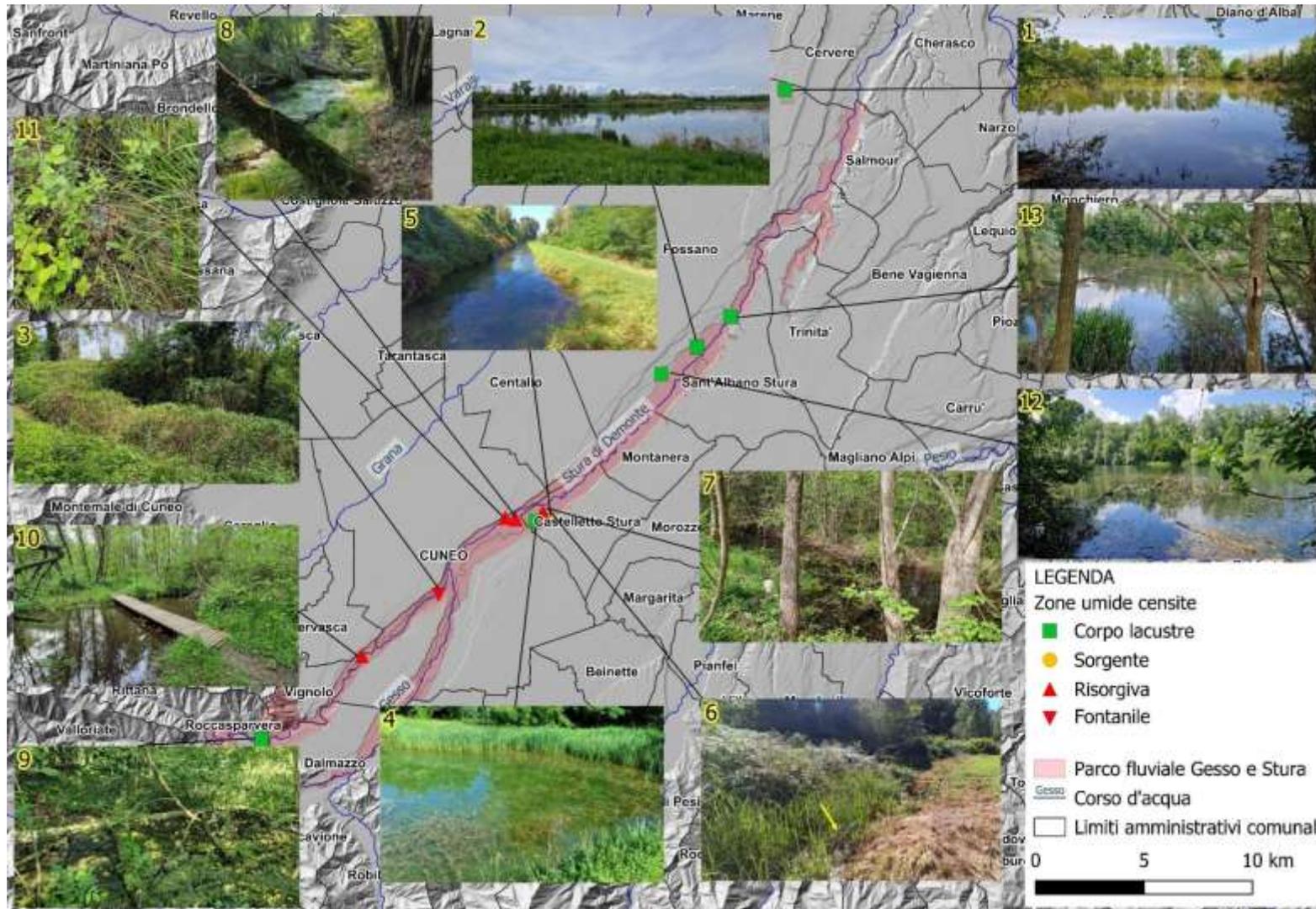
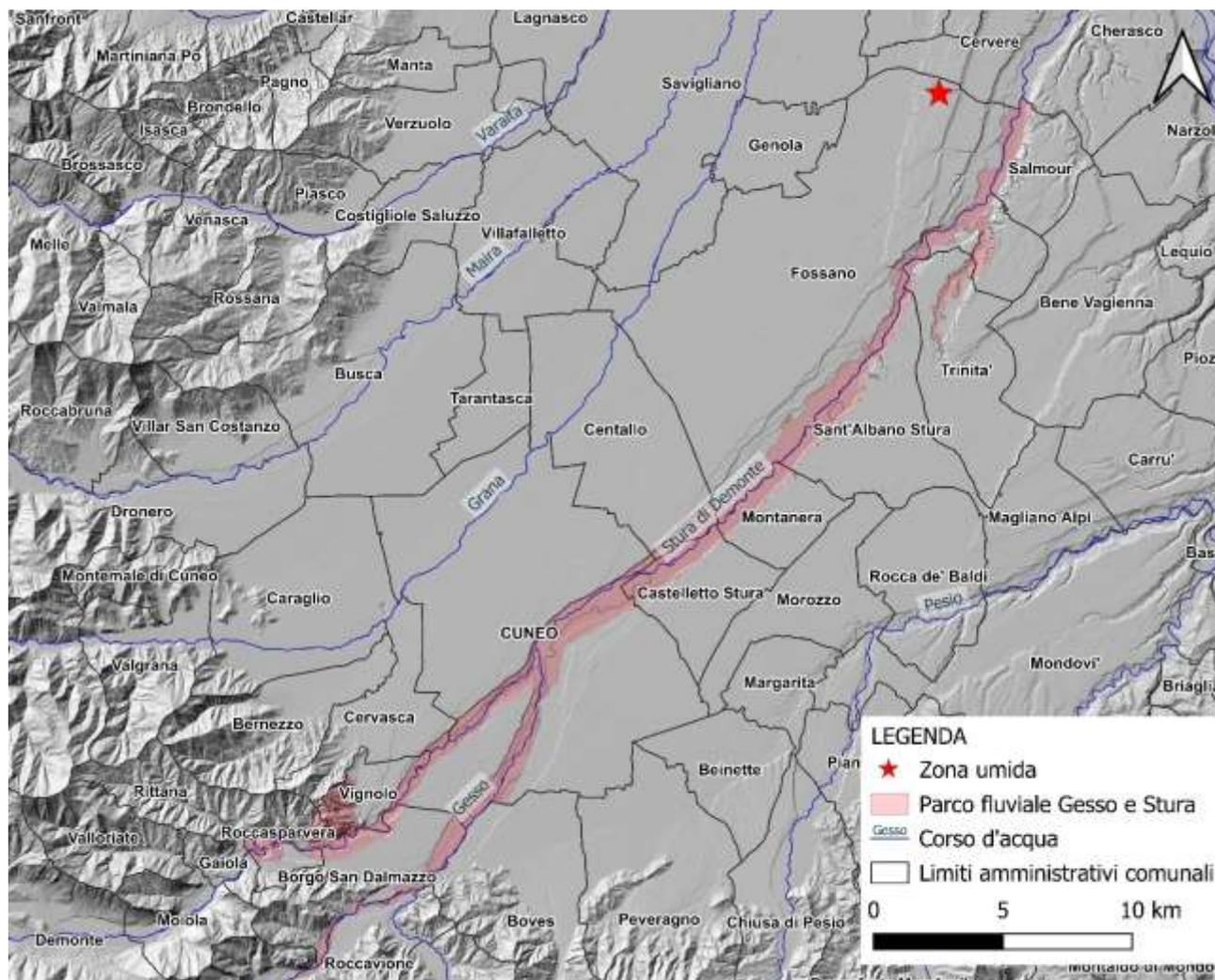


Figura 7.3. Distribuzione spaziale delle 13 zone umide censite dai ricercatori dell'Università di Torino nell'area del Parco Fluviale Gesso e Stura. I numeri delle zone umide fanno riferimento alla numerazione di Tabella 7.1

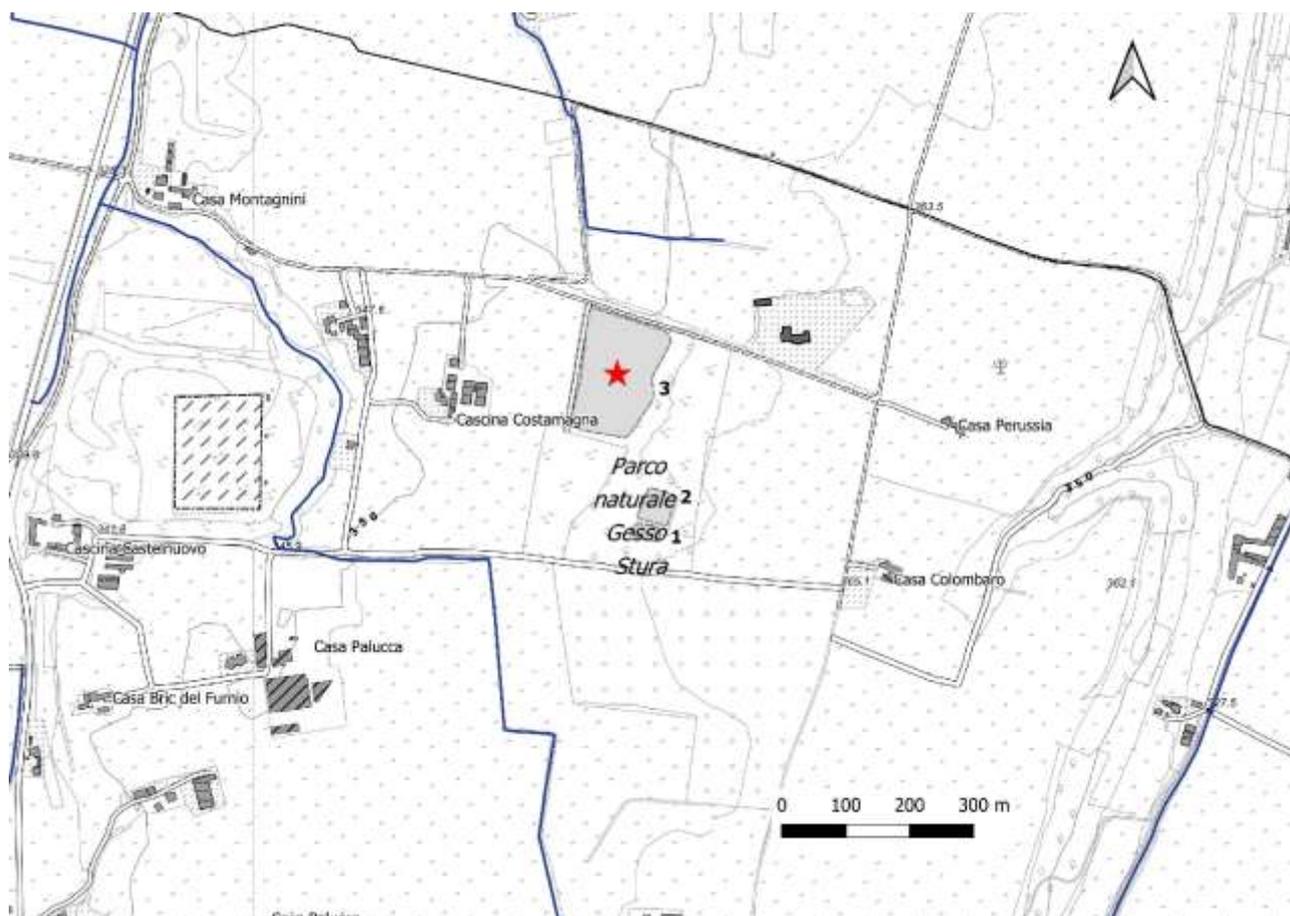
7.1 Laghi di San Lorenzo

Comune	FOSSANO	Coordinate geografiche (WGS84 UTM 32 N)	Est 400527 Nord 4940437
Tipologia zona umida	Corpo lacustre	Quota (m s.l.m.)	351

Inquadramento geografico



Stralcio a scala provinciale con l'ubicazione della zona umida.



Stralcio della Carta Tecnica Regionale con l'ubicazione della zona umida. Sono presenti 3 distinti corpi lacustri indicati dalle etichette.

Dati rilevati durante i sopralluoghi

CORPO LACUSTRE 3		Data sopralluogo: 22/04/2025	
Conducibilità elettrolitica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	166	pH	8,4
TDS solidi totali disciolti (ppm)	84	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	16,5

Note

La zona umida di San Lorenzo, posta nel comune di Fossano, è costituita da 3 corpi lacustri di differente estensione (corpo lacustre 1: 850 m², corpo lacustre 2: 2200 m², corpo lacustre 3: 21000 m²).

I corpi lacustri derivano da un sistema di decantazione delle precipitazioni, costituito da 3 invasi artificiali e comunicanti fra loro, realizzati nel XIX secolo. Tali invasi erano stati progettati calibrandoli in funzione delle precipitazioni del periodo ed, in origine, venivano sottoposti a manutenzione.

I corpi lacustri erano posti in comunicazione fra loro tramite un sistema di canali, solo in parte attualmente mantenuti, il quale permetteva il travaso del corpo lacustre 1 al corpo lacustre 3.

Attualmente, i corpi lacustri sono alimentati esclusivamente dalle acque meteoriche e non impiegati per fini irrigui.

Come indicato dagli addetti del parco, il corpo lacustre 1 risulta privo d'acqua da diversi anni, verosimilmente dovuto alla mancata manutenzione con relativo interrimento.

In occasione del recente periodo siccitoso occorso negli anni 2021-2022, si è assistito per la prima volta al completo prosciugamento dei tre corpi lacustri.

L'abbandono dell'area ha portato allo sviluppo di un'isola ecologica in un'area con una forte vocazione agricola, permettendo la concentrazione e conservazione di numerose specie.

L'area è stata interessata da interventi volti a migliorarne la fruizione, tramite la realizzazione di alcuni sentieri, zone picnic e l'installazione di pannelli informativi.

In occasione del sopralluogo svolto dagli scriventi è stata constatata la presenza di un canale, sul perimetro del corpo lacustre 3, alimentato anche da una fuoriuscita posta sull'argine. Gli addetti del parco hanno ipotizzato la presenza di nutrie, potenzialmente responsabili dell'asportazione ed indebolimento degli argini. In aggiunta, gli addetti del parco hanno comunicato agli scriventi la volontà di valorizzare l'area sotto l'aspetto naturalistico-ecologico, prevedendo il rifacimento degli argini e l'aggiunta di reti anti-nutrie.

L'osservazione delle immagini satellitari dell'area riportate nel seguito, disponibili nel periodo 2012-2023, evidenzia come la disponibilità idrica all'interno dei corpi lacustri sia soggetta a variabilità temporale. In particolare, è possibile osservare il periodo di crisi avvenuto negli anni siccitosi 2021-2022, con una forte riduzione dell'estensione dei laghi.

Le misurazioni effettuate sulle acque del corpo lacustre 3 da parte degli scriventi hanno confermato l'alimentazione dei corpi lacustri proveniente dalle acque meteoriche, ciò in relazione al valore minore della conducibilità elettrolitica rispetto al corrispettivo valore presente nell'acquifero superficiale nell'area. In aggiunta, è da escludere un'alimentazione proveniente dall'acquifero superficiale in quanto la profondità stimata dei corpi lacustri è inferiore ai 5 metri, mentre il valore di soggiacenza della falda superficiale nell'area si attesta principalmente nella fascia 10-20 m.

Immagini satellitari



Immagine satellitare dell'area di San Lorenzo nel 2023 (02/06/2023).



Immagine satellitare dell'area di San Lorenzo nel 2022 (11/06/2022).



Immagine satellitare dell'area di San Lorenzo nel 2017 (03/08/2017).



Immagine satellitare dell'area di San Lorenzo nel 2015 (24/09/2015).



Immagine satellitare dell'area di San Lorenzo nel 2012 (13/09/2012).

Documentazione fotografica



Corpo lacustre 3



Corpo lacustre 2



Canale perimetrale con alimentazione da parte del corpo lacustre 3



Sistemazione per la fruizione dell'area

Sviluppi futuri

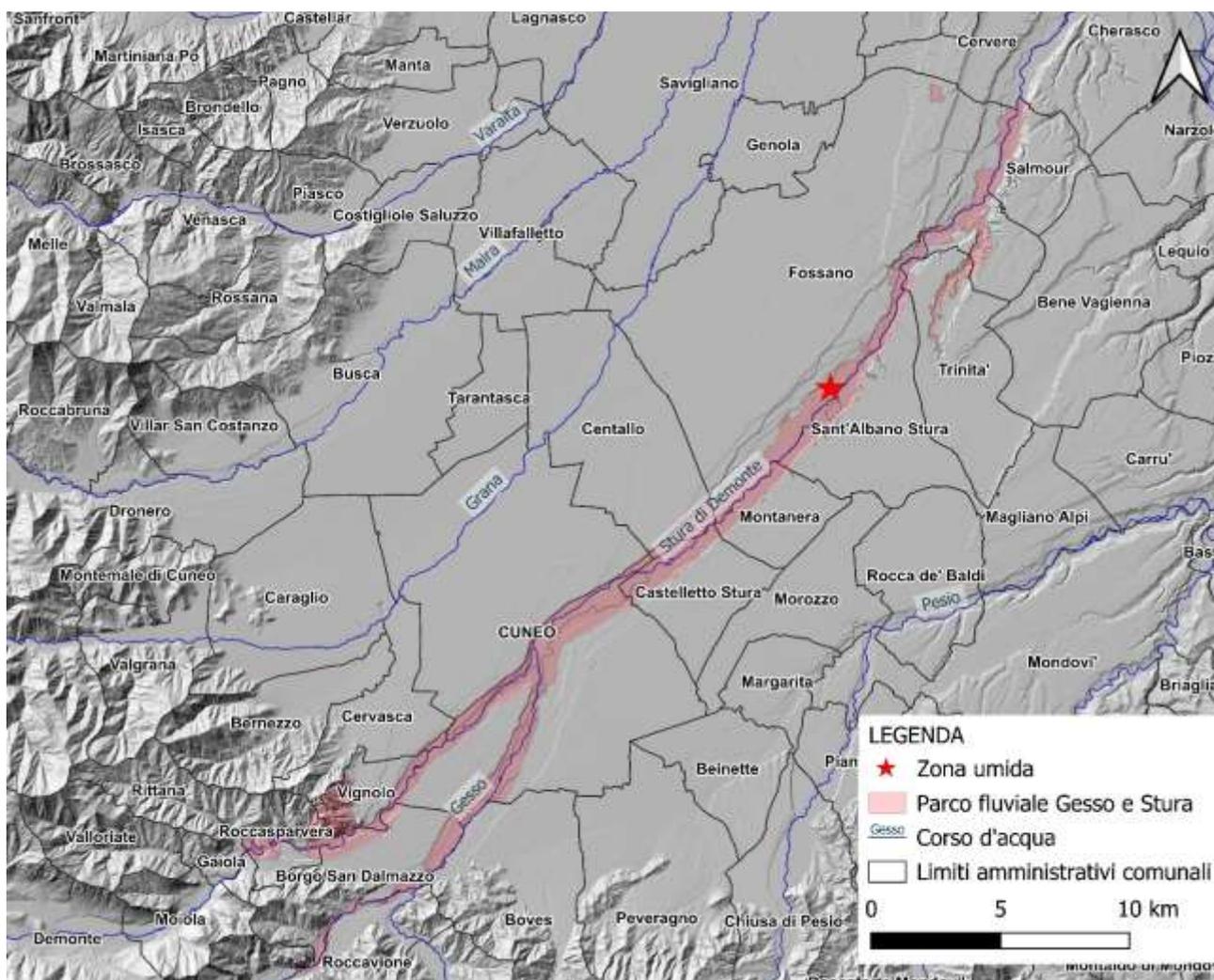
Le osservazioni emerse evidenziano come la disponibilità idrica nei corpi lacustri sia variabile nel tempo, con periodi caratterizzati da una forte riduzione dell'estensione dei laghi fino, talvolta, al loro completo prosciugamento. Tale variabilità, accentuata dall'alimentazione esclusivamente proveniente dalle precipitazioni, conferma un'importante influenza della disponibilità idrica ai cambiamenti climatici.

Le azioni volte alla preservazione dell'area umida sotto l'aspetto della disponibilità idrica possono prevedere il convogliamento nei corpi lacustri di acque provenienti da canali irrigui, al fine di favorire il mantenimento del livello di base anche nei periodi siccitosi.

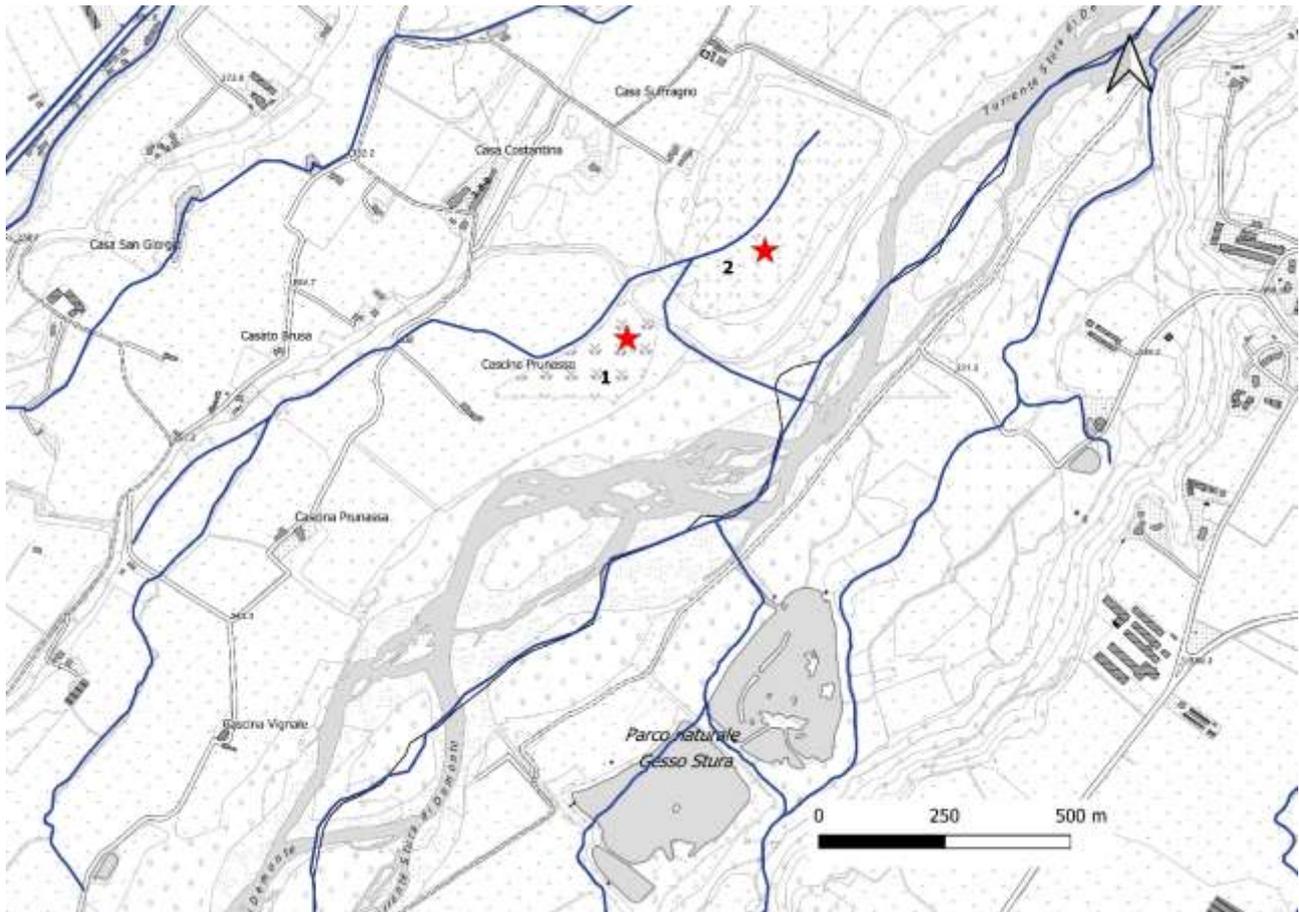
7.2 Laghi di San Sebastiano

Comune	FOSSANO	Coordinate geografiche (WGS84 UTM 32 N)	Est 396472 Nord 4928679
Tipologia zona umida	Corpo lacustre (lago di cava)	Quota (m s.l.m.)	334

Inquadramento geografico



Stralcio a scala provinciale con l'ubicazione della zona umida.



Stralcio della Carta Tecnica Regionale con l'ubicazione della zona umida. Sono presenti 2 distinti corpi lacustri indicati dalle etichette. Le linee blu rappresentano il reticolo idrografico.

Dati rilevati durante i sopralluoghi

LAGO 1		Data sopralluogo: 22/04/2025	
Conducibilità elettrolitica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	380	pH	9,1
TDS solidi totali disciolti (ppm)	184	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	18,0
LAGO 2		Data sopralluogo: 22/04/2025	
Conducibilità elettrolitica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	412	pH	8,4
TDS solidi totali disciolti (ppm)	206	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	19,2

Note

La zona umida è rappresentata da due corpi lacustri posti in sinistra idrografica rispetto al Torrente Stura di Demonte nel comune di Fossano all'interno della Zona speciale di conservazione (corpo lacustre 1: 64.000 m², corpo lacustre 2: 66.000 m²). La genesi di questi due corpi lacustri è da ricondurre ad attività estrattive. Le attività estrattive nell'area del corpo lacustre 1 sono cessate solo da pochi anni.

I due corpi lacustri sono posti in collegamento da un canale di troppopieno del primo lago (corpo lacustre 1), mentre, il secondo lago (corpo lacustre 2) a sua volta defluisce con un canale di troppopieno nel Torrente Stura. Il corpo lacustre 1 non mostra un'alimentazione proveniente da canali o corsi d'acqua.

Gli addetti del parco hanno affermato l'intenzione di creare un'oasi naturalistica con la rivegetazione di entrambi i laghi e la ridefinizione del perimetro.

L'osservazione delle immagini satellitari dell'area riportate nel seguito, disponibili nel periodo 2012-2023, evidenzia due comportamenti differenti per i corpi lacustri 1 e 2.

Le immagini relative al corpo lacustre 1 mostrano l'evoluzione delle attività estrattive nel tempo, con la progressiva estensione dell'area di cava e la realizzazione di interventi di rinaturalizzazione degli argini. Le attività estrattive sono cessate nel periodo fra il 2022 e 2023, in quanto, in quest'ultimo anno è possibile osservare la medesima situazione odierna. La disponibilità idrica visibile dalle immagini è pertanto connessa all'entità delle attività estrattive di quello specifico momento.

Per il corpo lacustre 2, nel periodo analizzato, non si riscontrano modificazioni connesse alle attività estrattive o successivi interventi di rinaturalizzazione, essendo queste terminate apparentemente prima del 2012 (prima immagine satellitare disponibile). Le immagini satellitari non mostrano variazioni della disponibilità idrica nel tempo.

I livelli idrici dei due corpi lacustri sono posti a quote altimetriche differenti, con il livello del corpo lacustre 1 posto a circa 5 metri al di sopra rispetto al corpo lacustre 2.

Le misurazioni effettuate sulle acque dei corpi lacustri 1-2 da parte degli addetti dell'Università di Torino hanno confermato una prevalente alimentazione da parte delle acque sotterranee, ciò in relazione al valore della conducibilità elettrolitica comparabile col corrispettivo valore presente nell'acquifero superficiale nell'area.

Le considerazioni emerse non escludono l'intercettazione da parte delle attività estrattive di falde confinate o semiconfinate poste in pressione, le quali risentono minormente degli effetti indotti dalle oscillazioni stagionali e dai cambiamenti climatici. Tuttavia, l'intercomunicazione dei due corpi lacustri complica la comprensione delle dinamiche in atto, le quali andrebbero maggiormente caratterizzate.

Immagini satellitari



Immagine satellitare dell'area di San Sebastiano nel 2023 (15/05/2023).



Immagine satellitare dell'area di San Sebastiano nel 2022 (11/06/2022).



Immagine satellitare dell'area di San Sebastiano nel 2021 (30/06/2021).



Immagine satellitare dell'area di San Sebastiano nel 2017 (03/08/2017).



Immagine satellitare dell'area di San Sebastiano nel 2017 (21/05/2017).



Immagine satellitare dell'area di San Sebastiano nel 2015 (24/09/2015).



Immagine satellitare dell'area di San Sebastiano nel 2012 (23/06/2012).

Documentazione fotografica



Corpo lacustre 1



Corpo lacustre 2



Tropopieno del corpo lacustre 1 ed inizio del canale immissario del corpo lacustre 2.

Sviluppi futuri

Le osservazioni emerse non evidenziano criticità quantitative legate all'oscillazione stagionale della disponibilità idrica nei corpi lacustri. L'effetto dei cambiamenti climatici può tuttavia portare ad una progressiva riduzione dell'estensione dei corpi lacustri, in risposta al possibile abbassamento graduale della falda superficiale.

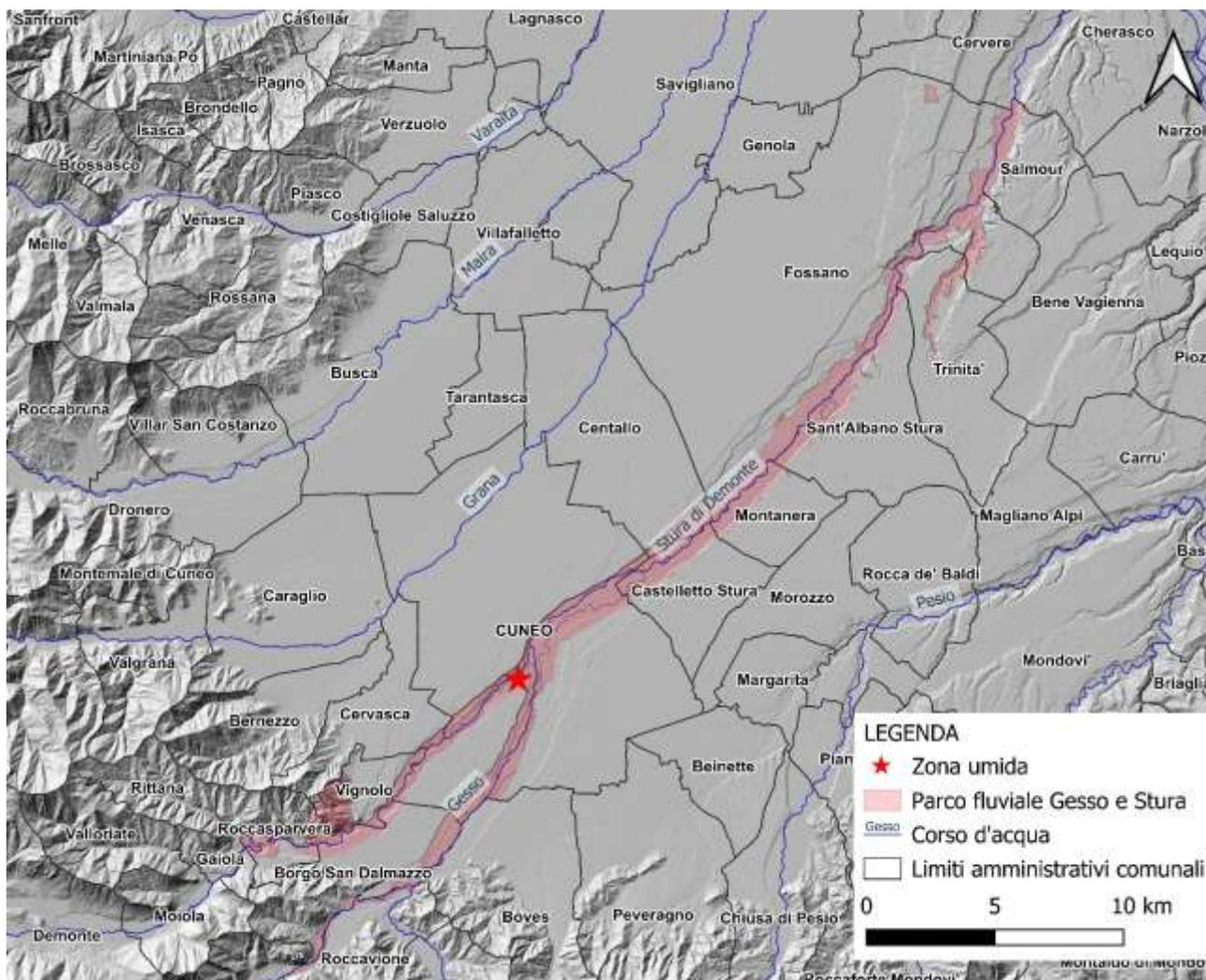
Le azioni volte alla preservazione dell'area umida sotto l'aspetto della disponibilità idrica possono prevedere il convogliamento nei corpi lacustri di acque provenienti da canali irrigui, al fine di favorire il mantenimento del livello di base anche nei periodi siccitosi.

La prossimità con altri corpi lacustri ricadenti nel Parco Fluviale Gesso e Stura (Sant'Anna e Cargatera) rendono questo tratto in sinistra idrografica rispetto al Torrente Stura di Demonte un'area preziosa per gli aspetti ecologici. Tali zone umide potrebbero essere interconnesse da un unico percorso sentieristico.

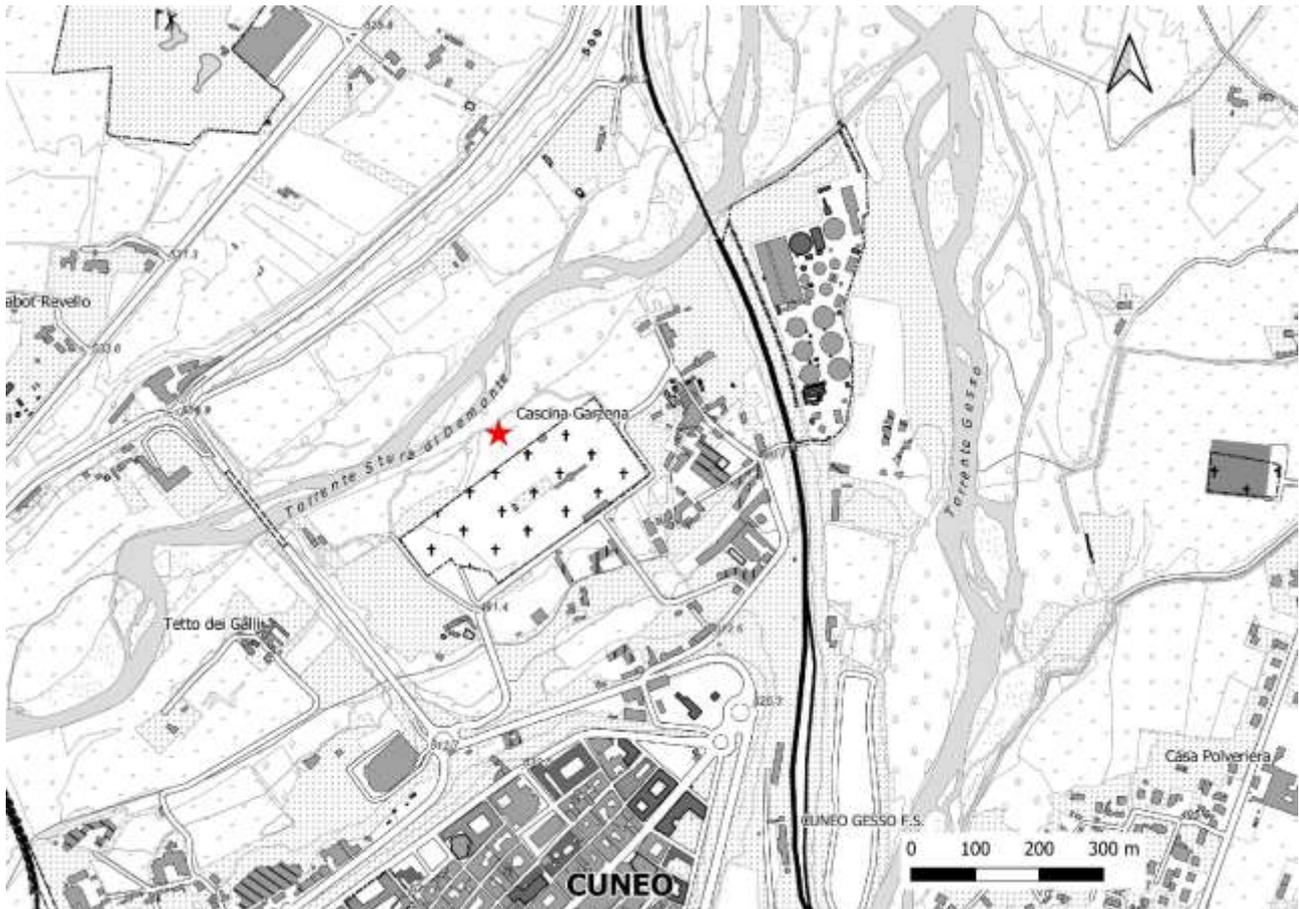
7.3 Fontanone

Comune	CUNEO	Coordinate geografiche (WGS84 UTM 32 N)	Est 384552 Nord 4917338
Tipologia zona umida	Risorgiva	Quota (m s.l.m.)	487

Inquadramento geografico



Stralcio a scala provinciale con l'ubicazione della zona umida.



Stralcio della Carta Tecnica Regionale con l'ubicazione della zona umida.

Dati rilevati durante i sopralluoghi

Data sopralluogo: 22/04/2025				
Conducibilità elettrolitica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	425	pH	7,96	
TDS solidi totali disciolti (ppm)	208	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	16,4	

Note

La zona umida denominata “Fontanone” rappresenta un fontanile sito nel comune di Cuneo, a breve distanza dal Torrente Stura di Demonte, sistemato in epoca medievale. Tale zona umida rappresenta l’unico fontanile nell’area urbana di Cuneo.

La testa del fontanile è costituita da un muretto artificiale mentre l’asta del fontanile mostra andamento rettilineo per una lunghezza totale di circa 100 m, prima di essere sbarrato. Come affermato dagli addetti del Parco, in passato l’acqua del fontanile non proseguiva il suo percorso in un canale ma defluiva dall’asta da un pertugio, osservabile grazie allo sviluppo di un mulinello d’acqua.

Nel 2009 l’ente Parco Fluviale Gesso e Stura aveva ripristinato l’area approfondendo il fondo dell’asta, tuttavia nel corso degli anni successivi, la crescita della vegetazione sulle sponde ha portato gradualmente alla sua compromissione con l’interramento completo avvenuto negli anni 2019-2020.

Dal punto di vista ecologico, come riferito dagli addetti del Parco, questa zona umida ha rappresentato in passato una trappola ecologica essendo l’unico punto nel contesto urbano del parco dove si riproduceva il tritone punteggiato.

Le misurazioni effettuate sulle acque del fontanile da parte degli addetti dell’Università di Torino hanno confermato l’alimentazione proveniente dalle acque sotterranee, ciò in relazione al valore comparabile della conducibilità elettrolitica col corrispettivo valore presente nell’acquifero superficiale nell’area. Tuttavia, una possibile alimentazione proveniente dal Torrente Gesso e Stura di Demonte non è da escludere.

In occasione del sopralluogo realizzato da parte degli addetti dell’Università di Torino il 22/04/2025, è stata constatata la ridotta disponibilità idrica presente in quel momento. Gli addetti del parco hanno affermato come, nel periodo autunnale passato, il livello idrico nell’asta fosse maggiore rispetto a quello osservato ad aprile, confermando pertanto le fluttuazioni stagionali della disponibilità idrica nel canale.

L’osservazione delle immagini satellitari dell’area riportate nel seguito, disponibili nel periodo 2003-2023, non è in grado di evidenziare modificazioni nel tempo in virtù della ridotta dimensione della zona umida.

Immagini satellitari



Immagine satellitare dell'area circostante il fontanile nel 2023 (02/06/2023) (punto rosso).



Immagine satellitare dell'area circostante il fontanile nel 2022 (11/06/2022) (punto rosso).



Immagine satellitare dell'area circostante il fontanile nel 2021 (30/06/2021) (punto rosso).

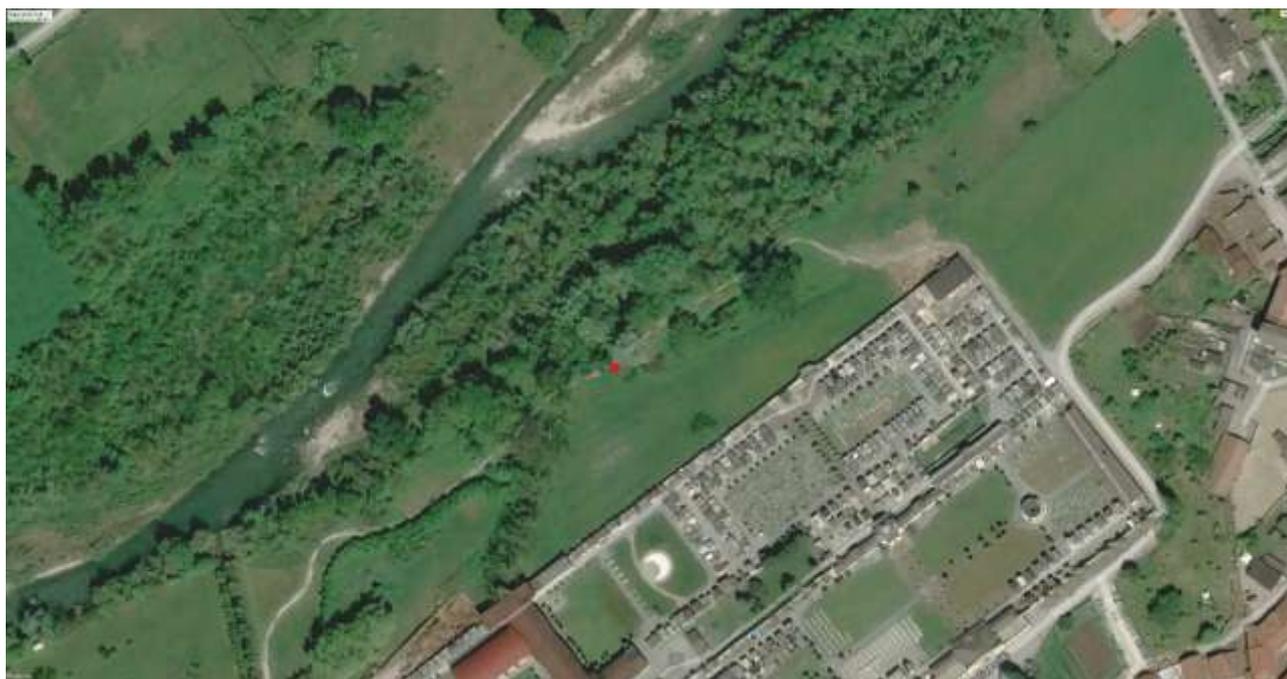


Immagine satellitare dell'area circostante il fontanile nel 2020 (29/04/2020) (punto rosso).



Immagine satellitare dell'area circostante il fontanile nel 2017 (21/05/2017) (punto rosso).

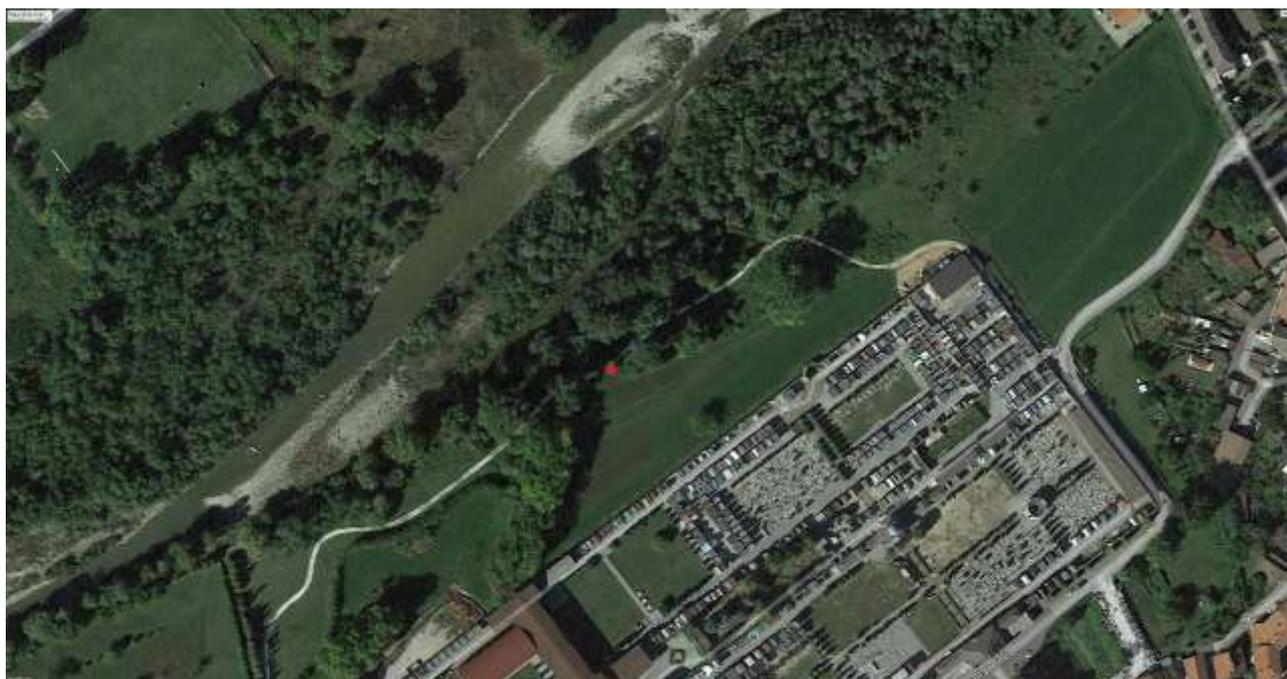


Immagine satellitare dell'area circostante il fontanile nel 2015 (24/09/2015) (punto rosso).

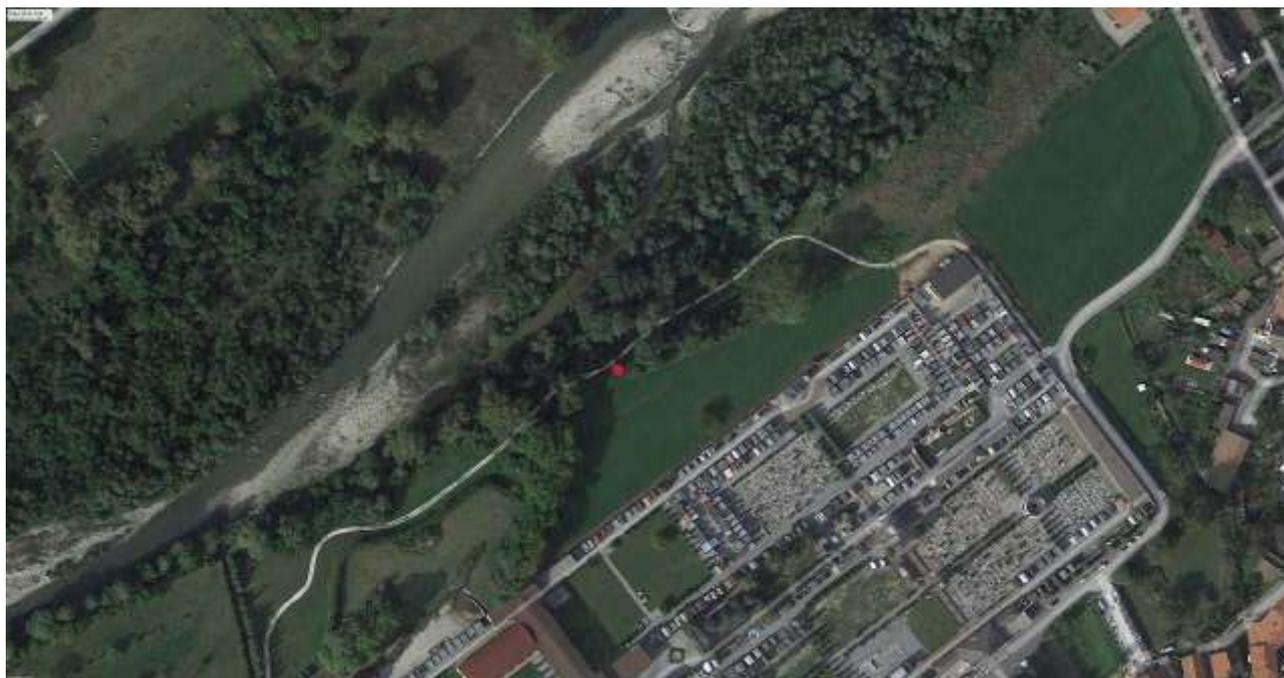


Immagine satellitare dell'area circostante il fontanile nel 2014 (26/09/2014) (punto rosso).

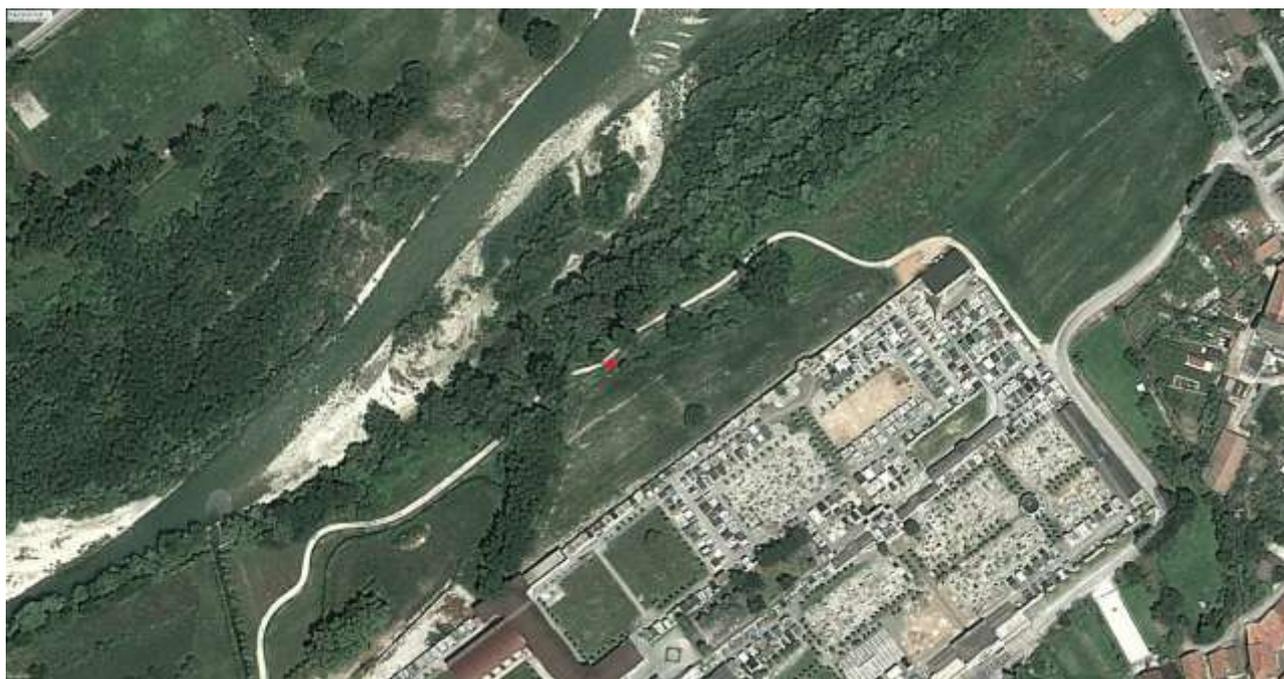


Immagine satellitare dell'area circostante il fontanile nel 2012 (23/06/2012) (punto rosso).



Immagine satellitare dell'area circostante il fontanile nel 2007 (18/07/2007) (punto rosso).



Immagine satellitare dell'area circostante il fontanile nel 2003 (03/05/2003) (punto rosso).

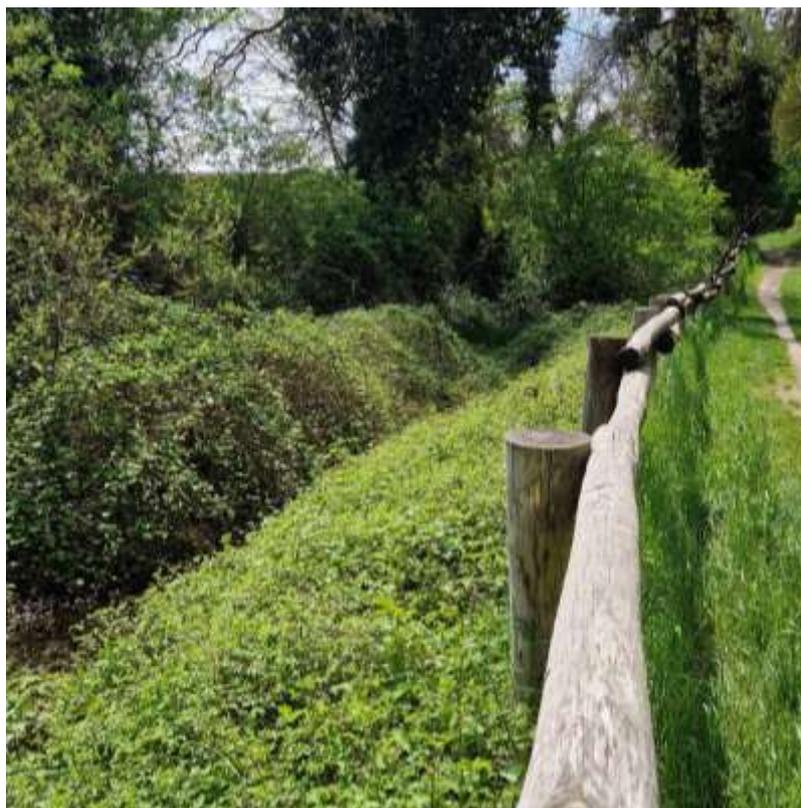
Documentazione fotografica



Asta del fontanile con asta idrometrica.



Asta del fontanile con asta idrometrica.



Asta del fontanile in corrispondenza della testa del fontanile.

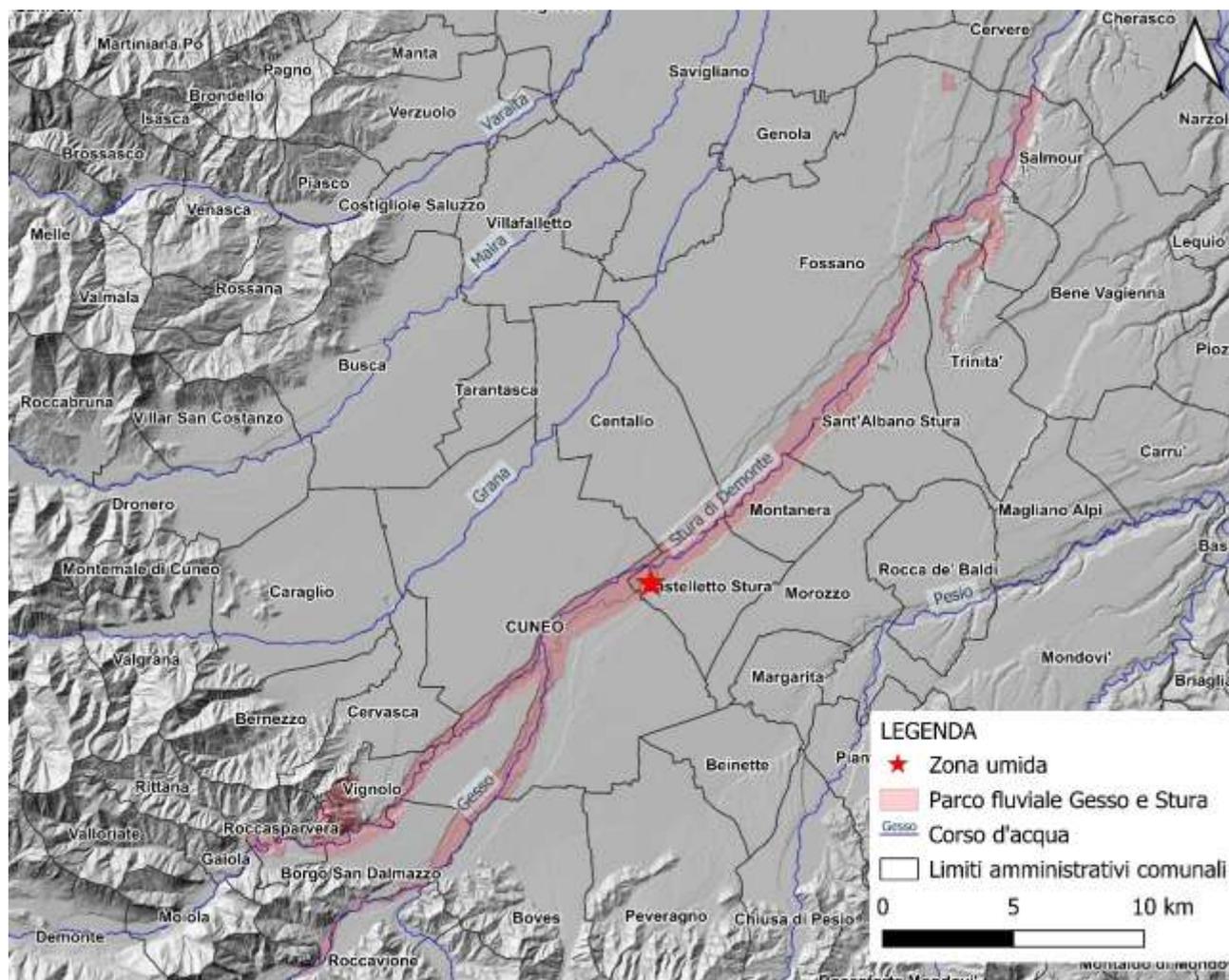
Sviluppi futuri

Le considerazioni emerse suggeriscono come la zona umida in questione risenta sia delle fluttuazioni stagionali e dei cambiamenti climatici, sia della ridotta manutenzione ordinaria. Una strategia coerente per il mantenimento nel tempo della zona umida potrà considerare sia l'ulteriore approfondimento dell'asta del fontanile sia la programmazione di interventi di manutenzione ordinaria, pianificati periodicamente, al fine di contrastare il processo di interrimento.

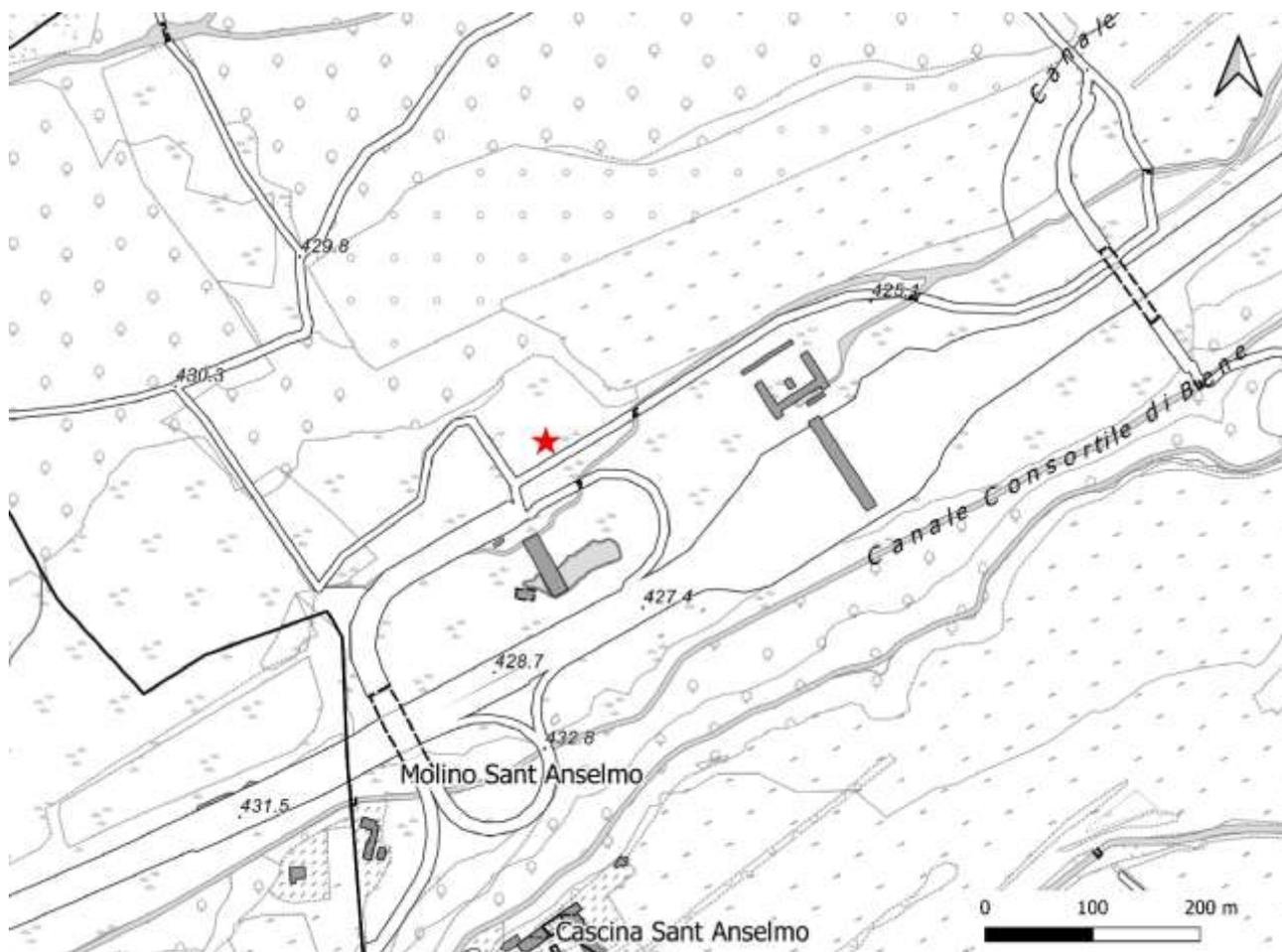
7.4 Laghi artificiali autostrada

Comune	CASTELLETTO STURA	Coordinate geografiche (WGS84 UTM 32 N)	Est 389010 Nord 4920704
Tipologia zona umida	Corpo lacustre	Quota (m s.l.m.)	428

Inquadramento geografico



Stralcio a scala provinciale con l'ubicazione della zona umida.



Stralcio della Carta Tecnica Regionale con l'ubicazione della zona umida.

Dati rilevati durante i sopralluoghi

Data sopralluogo	T aria (°C)	T acqua (°C)	pH	TDS (ppm)	Conducibilità elettrolitica (µS/cm)
20/06/2024	24	18.3	7.9	177	356
17/07/2024	24	21.9	8.1	138	282
22/08/2024	28	27.3	7.9	171	350
13/09/2024	19	18.3	8.5	150	301
10/10/2024	18	14.6	8.5	150	300
07/11/2024	12	12.3	8.3	160	319
12/12/2024	2	5.6	8.4	157	313
18/01/2025	8	8.6	8.5	168	335
11/02/2025	7	8.1	8.3	158	316
12/03/2025	6	10.7	8.4	205	397
10/04/2025	19	19.1	8.7	151	302

Note

La zona umida è rappresentata da un corpo lacustre posto fra il Torrente Stura di Demonte e l'Autostrada Asti-Cuneo, nel comune di Castelletto Stura.

Il corpo lacustre è un lago artificiale, realizzato in occasione della costruzione dell'autostrada per l'estrazione di materiale, il quale raccoglie le acque piovane collettate dall'infrastruttura.

A monte di questo corpo lacustre è presente un secondo corpo lacustre avente le medesime caratteristiche ed origine del presente lago. I due corpi lacustri sono posti in comunicazione fra loro tramite un canale. A valle dei due corpi lacustri è presente un canale emissario per il deflusso.

L'osservazione delle immagini satellitari dell'area riportate nel seguito, disponibili nel periodo 2003-2023, ha evidenziato una variabilità della disponibilità idrica nel tempo. In particolare, appare evidente una variazione della disponibilità idrica in occasione della ripresa avvenuta nelle estati 2022 e 2012, con una sua evidente riduzione.

Le misurazioni effettuate sul corpo lacustre da parte degli addetti dell'Università di Torino in occasione del sopralluogo degli addetti dell'Università di Torino in data 20/06/2024, hanno confermato una prevalente alimentazione da parte delle acque sotterranee. Tale valutazione è connessa all'analisi del valore della conducibilità elettrolitica, comparabile col corrispettivo valore presente nell'acquifero superficiale nell'area.

Immagini satellitari



Immagine satellitare dell'area circostante i corpi lacustri nel 2023 (15/05/2023).



Immagine satellitare dell'area circostante i corpi lacustri nel 2022 (11/06/2022).

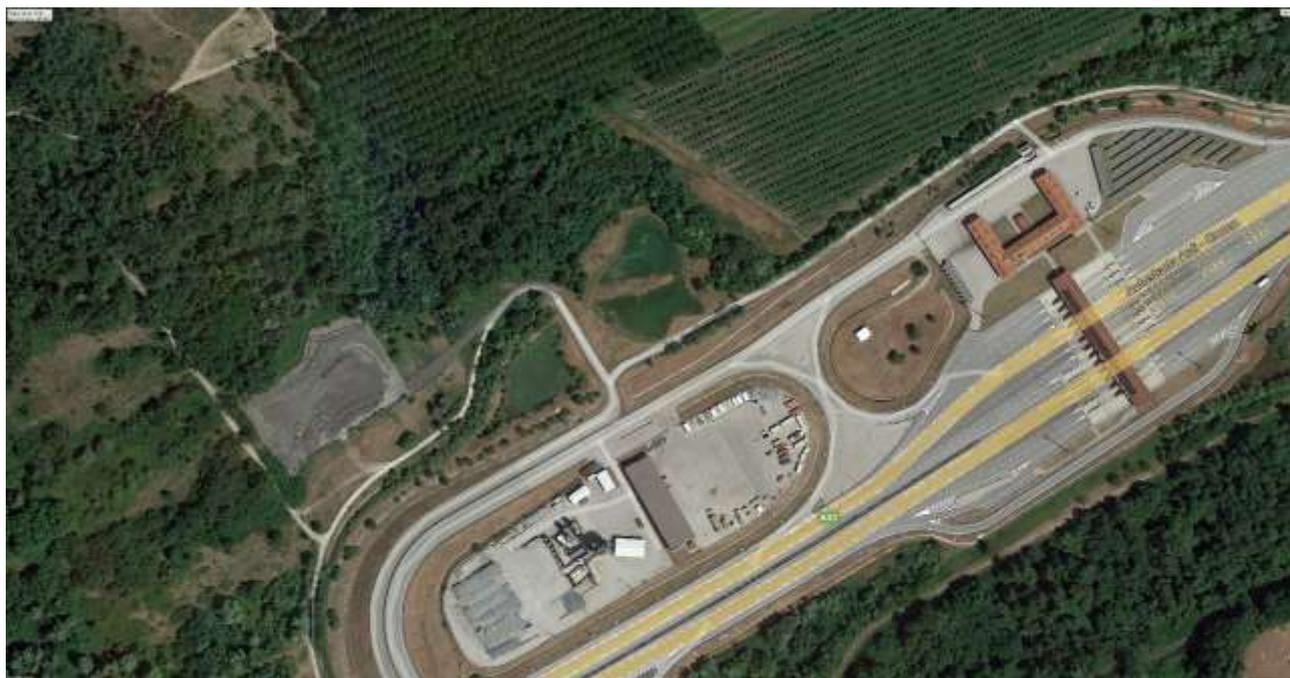


Immagine satellitare dell'area circostante i corpi lacustri nel 2021 (30/06/2021).

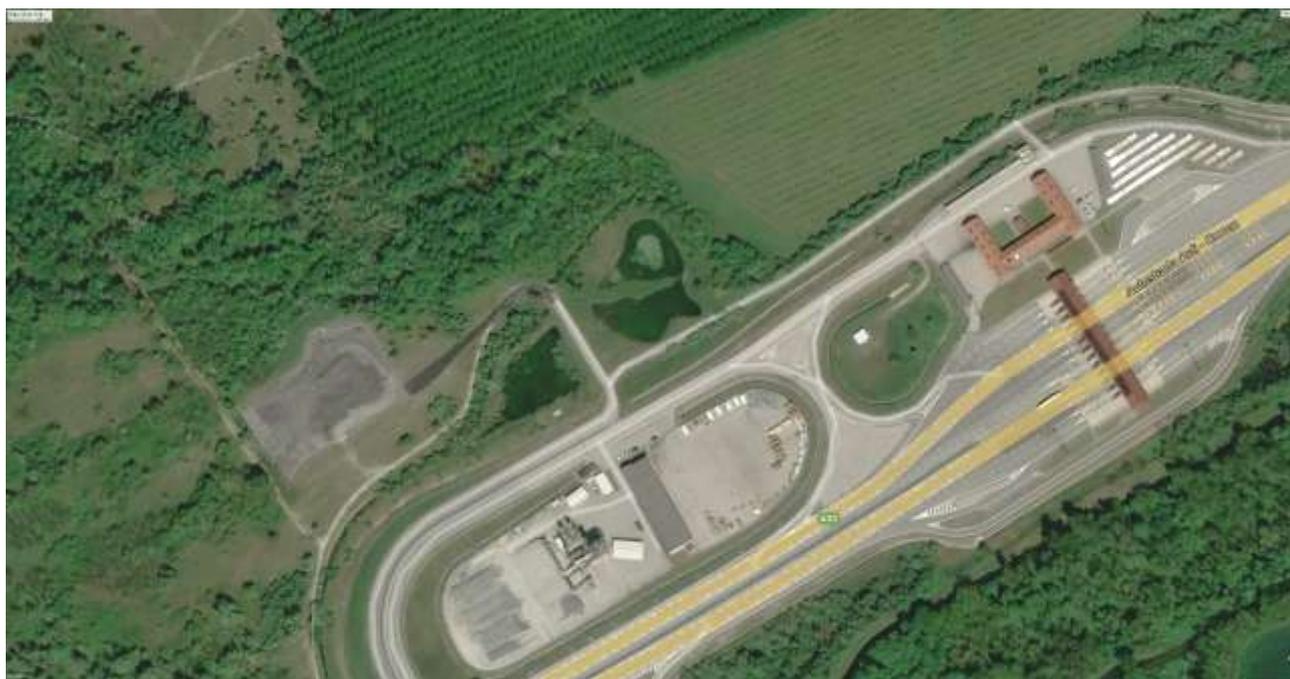


Immagine satellitare dell'area circostante i corpi lacustri nel 2020 (29/04/2020).



Immagine satellitare dell'area circostante i corpi lacustri nel 2017 (03/08/2017).



Immagine satellitare dell'area circostante i corpi lacustri nel 2017 (21/05/2017).



Immagine satellitare dell'area circostante i corpi lacustri nel 2015 (24/09/2015).



Immagine satellitare dell'area circostante i corpi lacustri nel 2014 (26/09/2014).



Immagine satellitare dell'area circostante i corpi lacustri nel 2012 (23/06/2012).

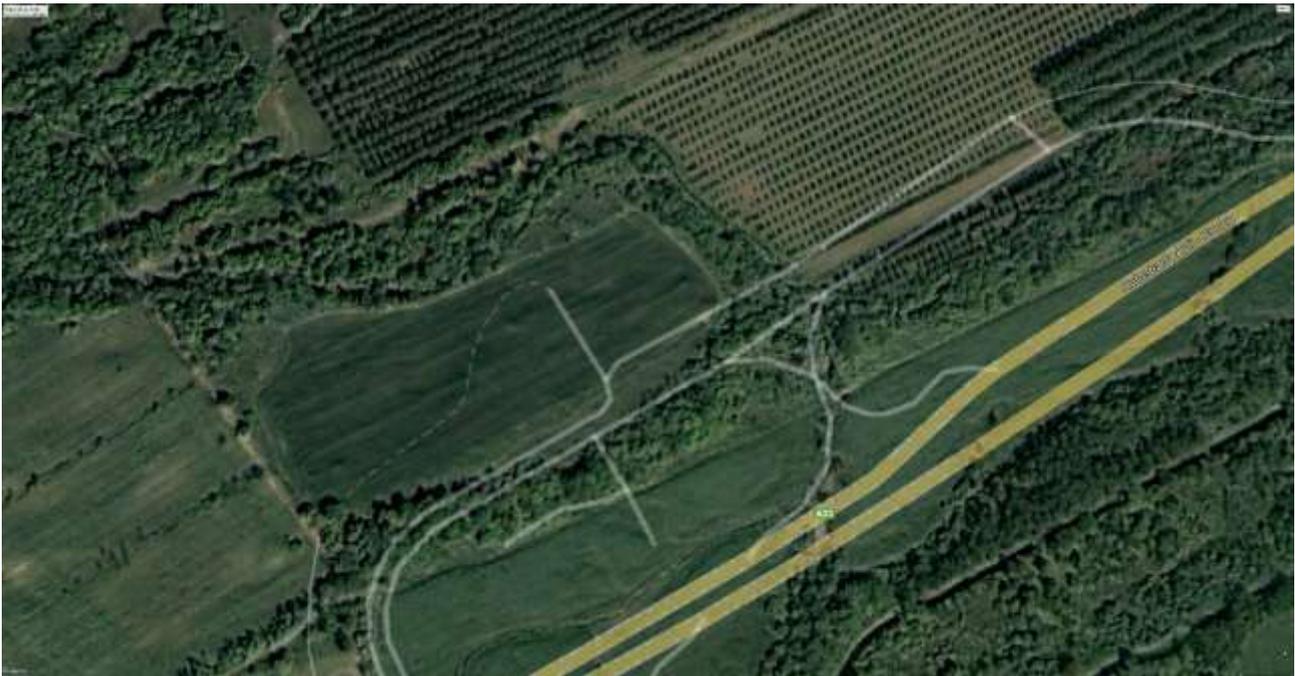


Immagine satellitare dell'area circostante i corpi lacustri nel 2003 (03/05/2003).

Documentazione fotografica



Sviluppi futuri

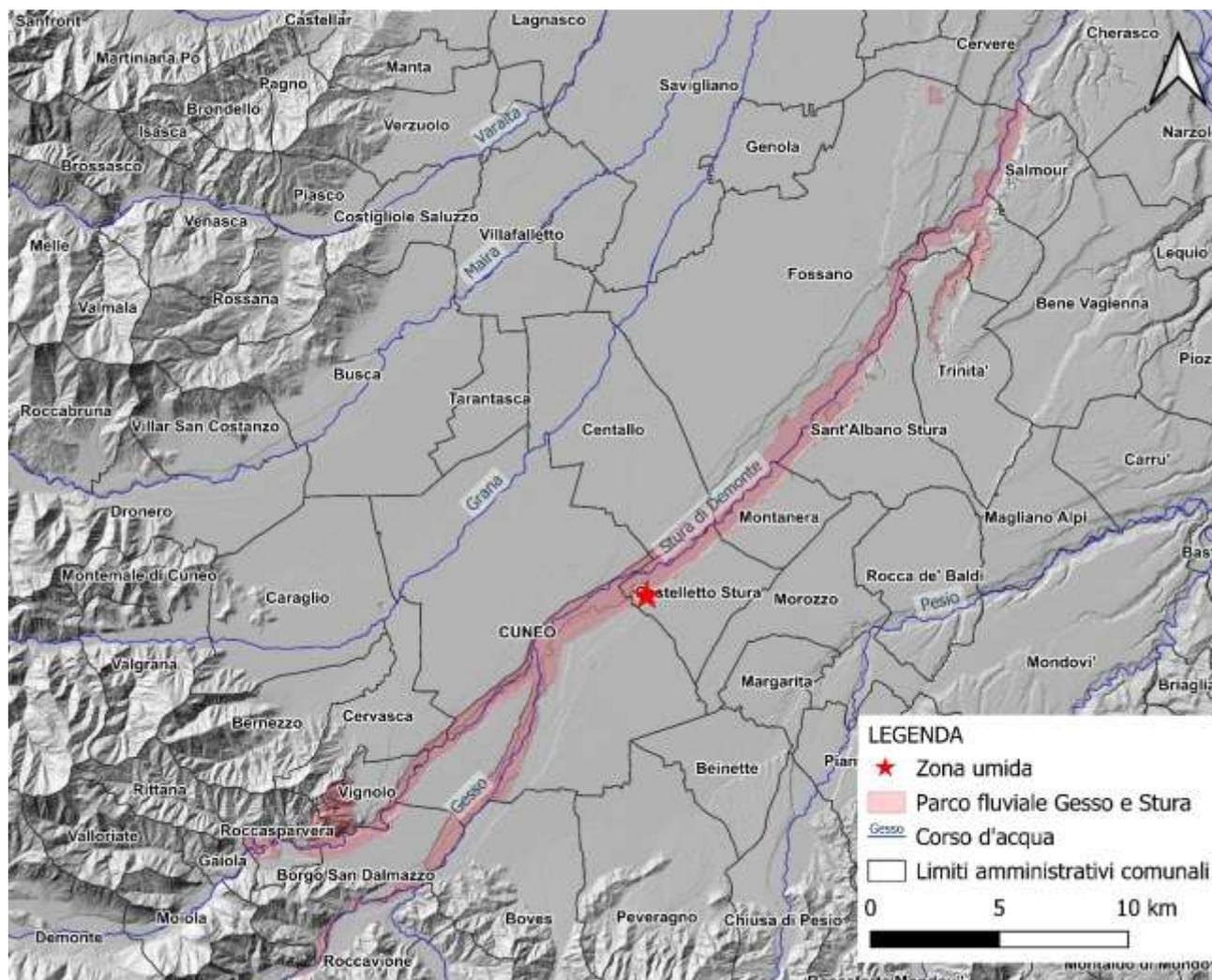
Le osservazioni emerse evidenziano una variabilità della disponibilità idrica nel corpo lacustre. Tale variabilità è influenzata dalle oscillazioni stagionali della falda superficiale e dall'effetto dei periodi siccitosi. Gli effetti del cambiamento climatico possono portare ad una progressiva riduzione dell'estensione dei corpi lacustri, in risposta al possibile abbassamento graduale della falda superficiale.

Le azioni volte alla preservazione dell'area umida sotto l'aspetto della disponibilità idrica possono prevedere il convogliamento nei corpi lacustri di acque provenienti da canali irrigui, al fine di favorire il mantenimento del livello di base anche nei periodi siccitosi. Un'ulteriore azione possibile potrà considerare la riqualificazione dell'area con la realizzazione di una quinta arborea, per la riduzione dell'irraggiamento solare.

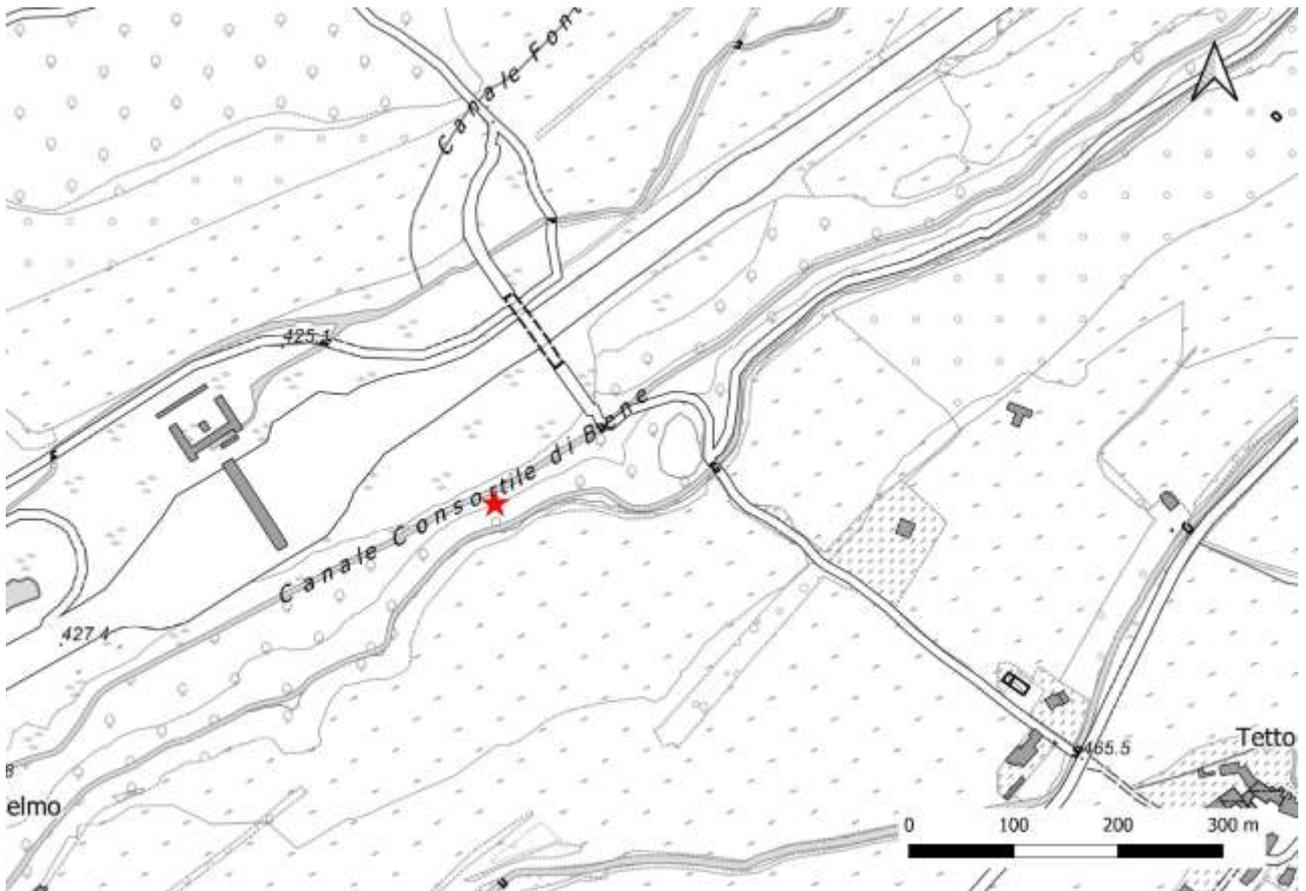
7.5 Emergenze versante sul Canale Consortile di Bene

Comune	CASTELLETTO STURA	Coordinate geografiche (WGS84 UTM 32 N)	Est 389560 Nord 4920732
Tipologia zona umida	Emergenza	Quota (m s.l.m.)	436

Inquadramento geografico



Stralcio a scala provinciale con l'ubicazione della zona umida.



Stralcio della Carta Tecnica Regionale con l'ubicazione della zona umida.

Dati rilevati durante i sopralluoghi

Data sopralluogo: 28/06/2024			
Conducibilità elettrolitica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	392	pH	8,7
TDS solidi totali disciolti (ppm)	195	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	15,6

Note

La zona umida è rappresentata da un insieme di emergenze che traggono origine sulla scarpata meridionale a ridosso del Canale Consortile di Bene, nel comune di Castelletto Stura. A monte della scarpata e delle emergenze è presente un secondo canale. Questi due canali sono alimentati dalle acque del Torrente Gesso.

In occasione del sopralluogo degli addetti dell'Università di Torino in data 20/06/2024, sono stati osservati numerosi rivoli d'acqua scorrere sulla scarpata, alimentando il canale sottostante. A causa della fitta vegetazione sulla scarpata, unito alle difficoltà d'accesso in relazione alla presenza del canale sottostante, non è stato possibile avvicinarsi ed individuare i punti di emergenza.

Le misurazioni effettuate sulla risorgiva da parte degli addetti dell'Università di Torino hanno confermato una prevalente alimentazione da parte delle acque sotterranee, ciò in relazione al valore della conducibilità elettrolitica comparabile col corrispettivo valore presente nell'acquifero superficiale nell'area.

Dalle misurazioni ed analisi chimico-fisiche effettuate sui due canali, è possibile escludere un loro ruolo predominante nell'alimentazione e genesi di queste emergenze.

L'osservazione delle immagini satellitari dell'area riportate nel seguito, disponibili nel periodo 2003-2023, non ha riscontrato rilevanti modificazioni nell'area.

Analisi chimico-fisiche

In occasione dei sopralluoghi realizzati sono stati prelevati due campioni d'acqua relativi alla zona umida. I campioni sono stati sottoposti ad analisi chimico-fisiche al fine di definire gli ioni maggiori presso il Laboratorio di Idrochimica del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino. I risultati delle analisi sono riportati nella sottostante tabella.

Le analisi chimico-fisiche evidenziano basse concentrazioni per tutti gli ioni e parametri considerati. Il diagramma di Piper, volto ad identificare la facies idrochimica, evidenzia la facies bicarbonato-calcica tipica del contesto della pianura piemontese.

Comune	Campione	pH	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	HCO_3 (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	NH_4 (mg/L)	Cl (mg/L)	SO_4 (mg/L)	NO_3 (mg/L)	NO_2 (mg/L)	F (mg/L)	Br (mg/L)
Castelletto Stura	Emergenza (giugno 2024)	7.6	392	219.00	67.40	8.60	10.50	6.29	<0.01	4.06	17.90	13.94	<0.01	0.05	<0.01
Castelletto Stura	Emergenza (agosto 2024)	7.3	410	232.00	69.40	8.00	8.80	6.39	1.00	3.32	19.60	11.49	<0.01	0.04	0.18

Analisi chimico-fisiche dei campioni raccolti presso le emergenze sulle scarpate.

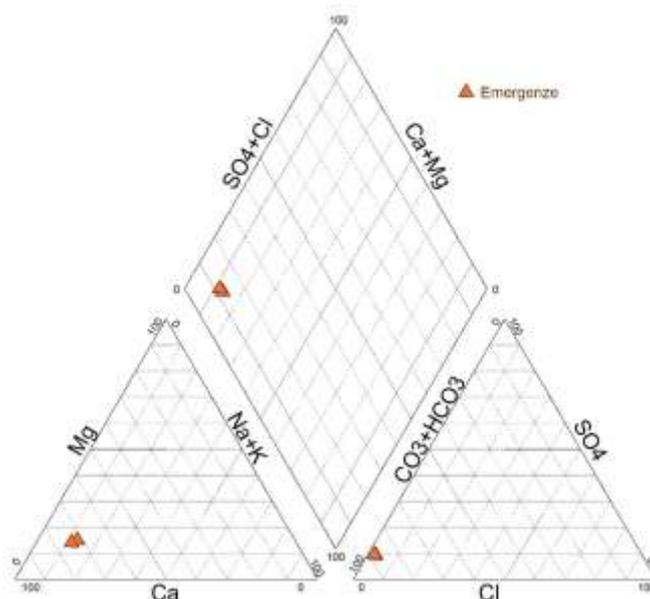


Diagramma di Piper

Immagini satellitari



Immagine satellitare dell'area circostante le emergenze nel 2023 (15/05/2023) (punto rosso).



Immagine satellitare dell'area circostante le emergenze nel 2022 (11/06/2022) (punto rosso).



Immagine satellitare dell'area circostante le emergenze nel 2021 (30/06/2021) (punto rosso).



Immagine satellitare dell'area circostante le emergenze nel 2020 (29/04/2020) (punto rosso).



Immagine satellitare dell'area circostante le emergenze nel 2017 (03/08/2017) (punto rosso).



Immagine satellitare dell'area circostante le emergenze nel 2017 (21/05/2017) (punto rosso).



Immagine satellitare dell'area circostante le emergenze nel 2015 (24/09/2015) (punto rosso).



Immagine satellitare dell'area circostante le emergenze nel 2014 (26/09/2014) (punto rosso).

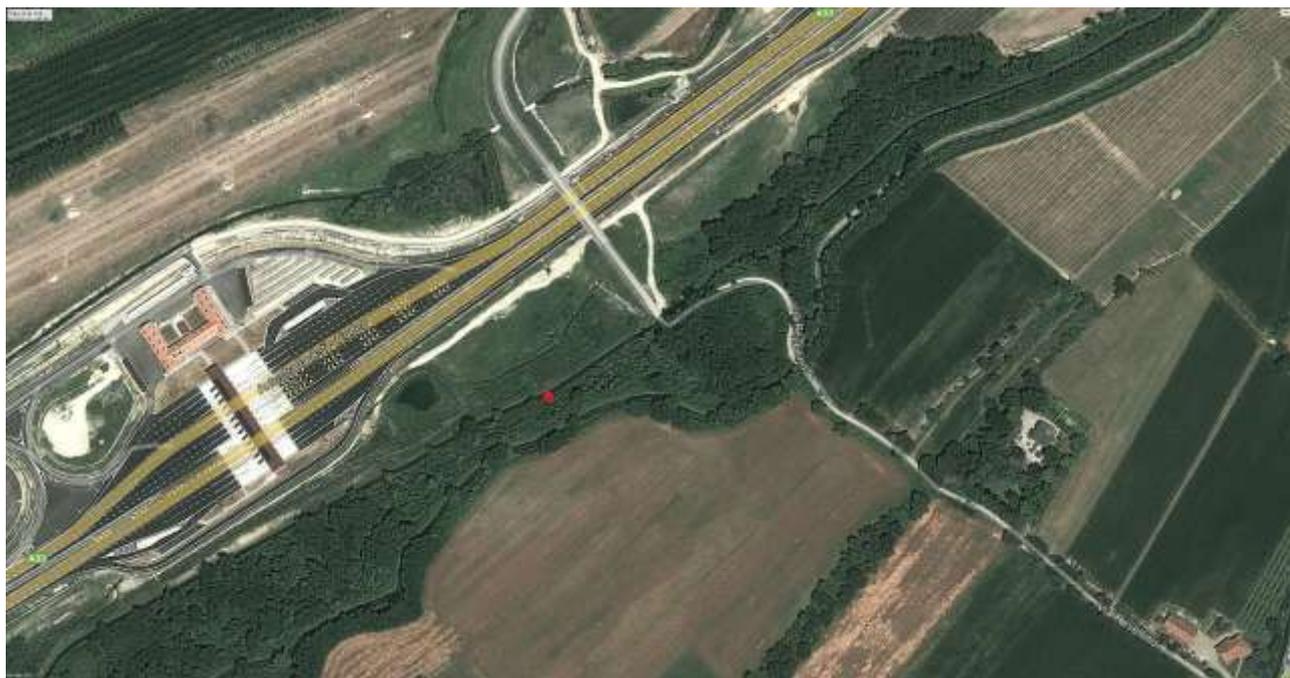


Immagine satellitare dell'area circostante le emergenze nel 2012 (23/06/2012) (punto rosso).

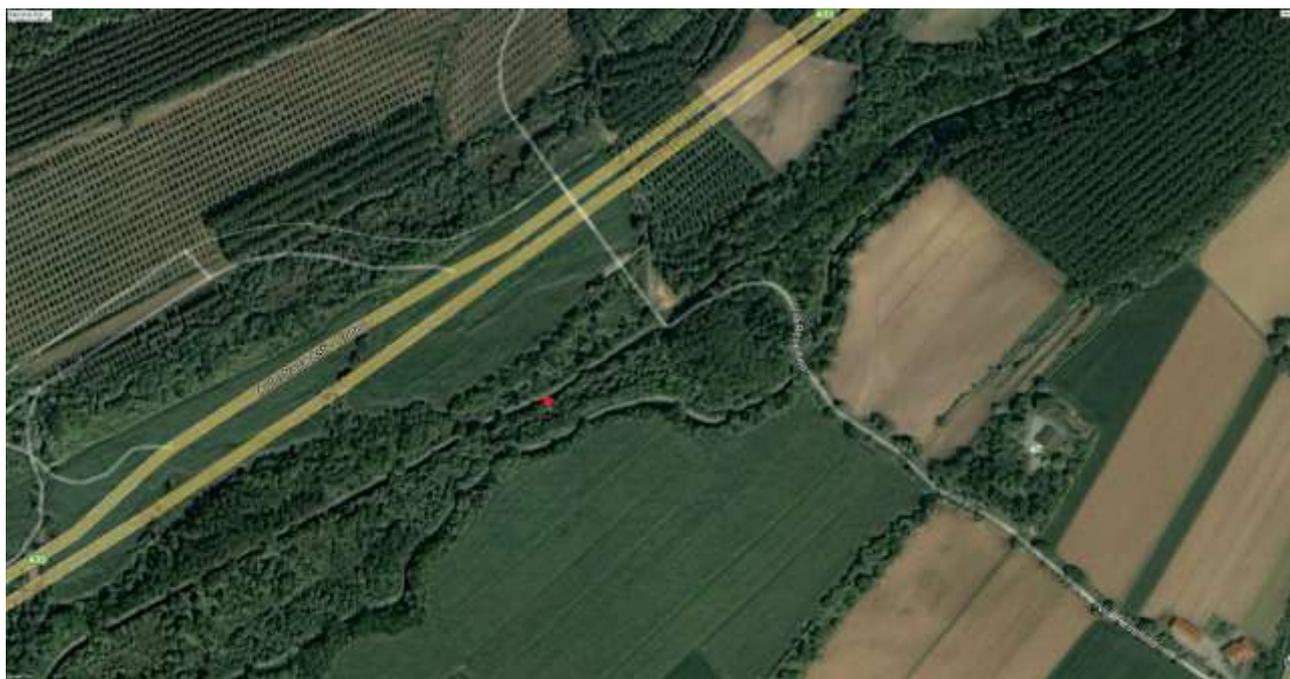


Immagine satellitare dell'area circostante le emergenze nel 2003 (03/05/2003) (punto rosso).

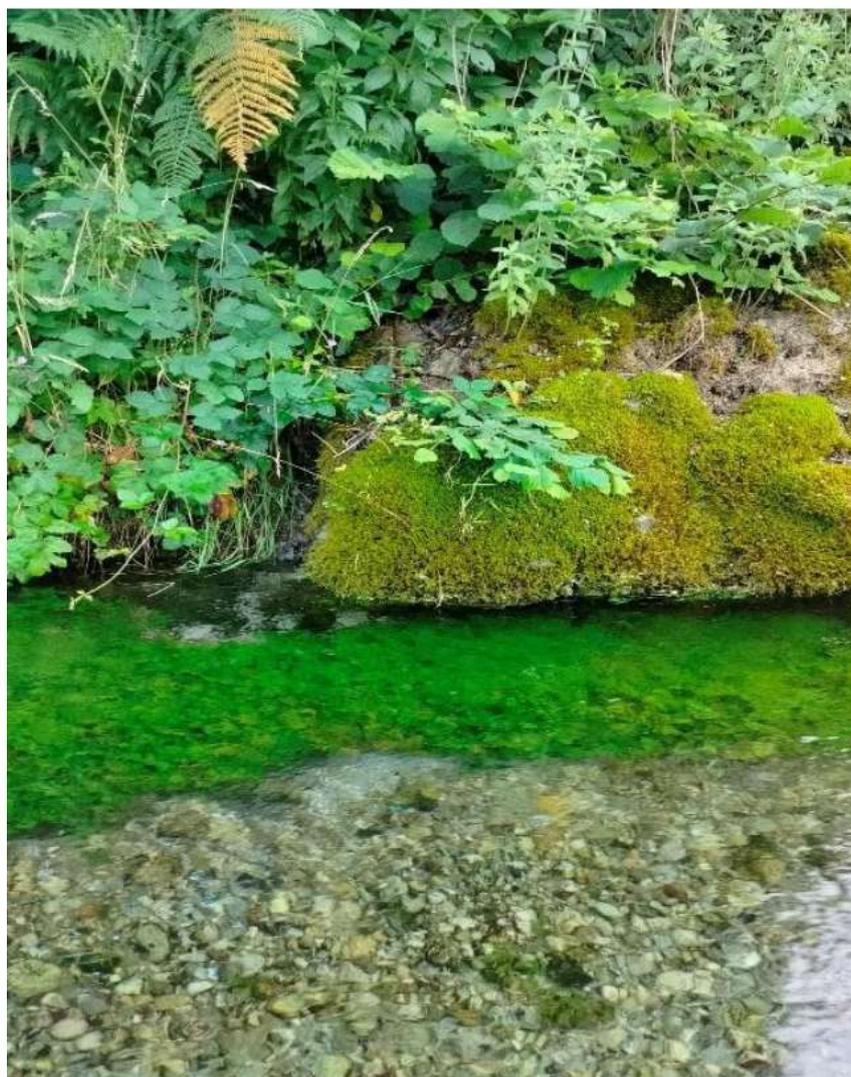
Documentazione fotografica



Canale



Canale



Dettaglio del rivolo proveniente dalle emergenze.

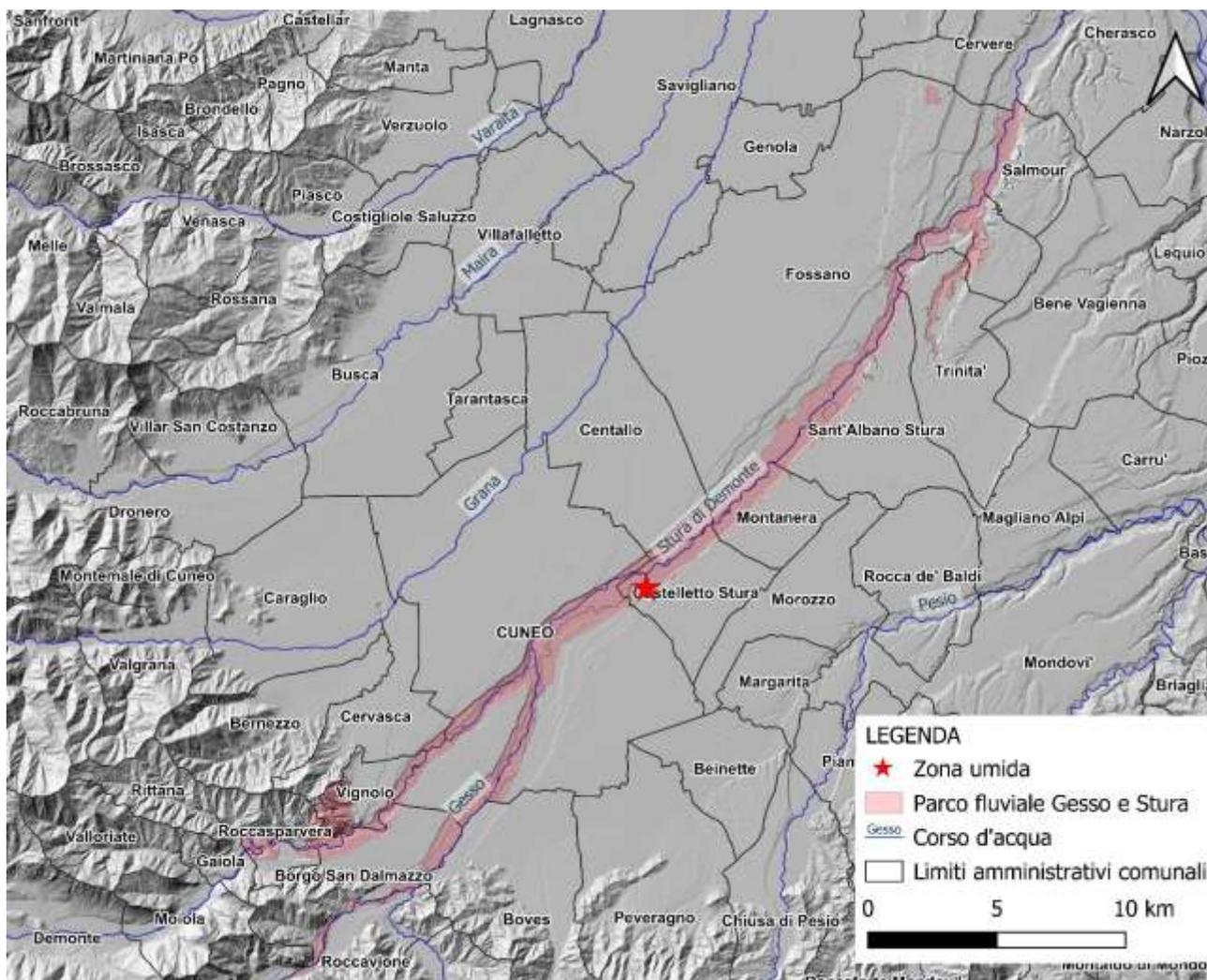
Sviluppi futuri

Le considerazioni emerse suggeriscono che la zona umida in questione, essendo alimentata dalle acque sotterranee ed interposta fra due canali irrigui, possa risentire sia delle fluttuazioni stagionali della falda superficiale, sia dell'effetto dei cambiamenti climatici. Un'azione da intraprendere potrà considerare il monitoraggio quali-quantitativo delle suddette emergenze in differenti stagioni, al fine di poterne valutare il comportamento anche nei periodi con scarse precipitazioni.

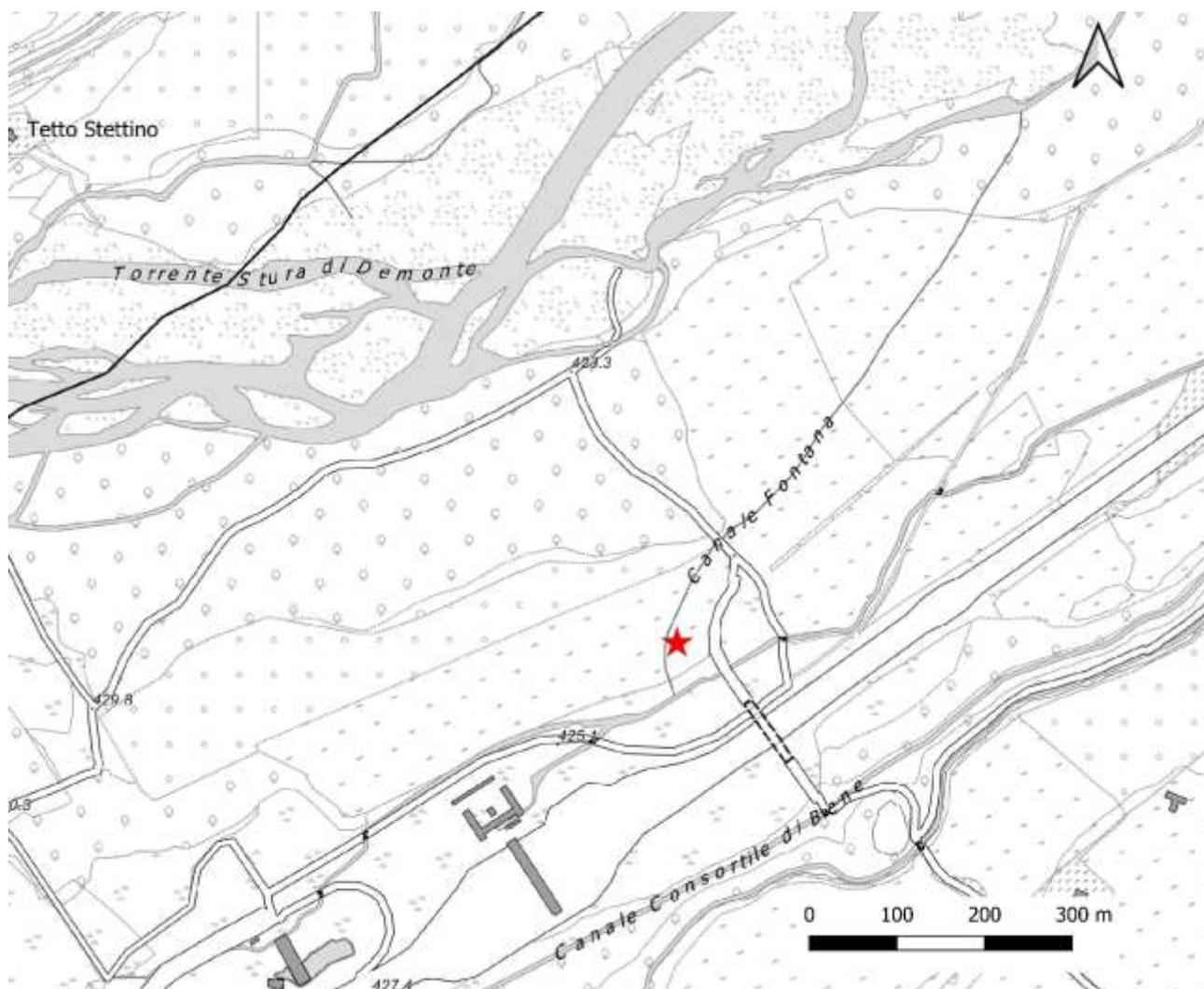
7.6 Risorgiva 1

Comune	CASTELLETTO STURA	Coordinate geografiche (WGS84 UTM 32 N)	Est 389444 Nord 4920962
Tipologia zona umida	Risorgiva	Quota (m s.l.m.)	423

Inquadramento geografico



Stralcio a scala provinciale con l'ubicazione della zona umida.



Stralcio della Carta Tecnica Regionale con l'ubicazione della zona umida.

Dati rilevati durante i sopralluoghi

Data sopralluogo	T aria (°C)	T acqua (°C)	pH	TDS (ppm)	Conducibilità elettrolitica (μS/cm)
20/06/2024	24	14.5	7.7	174	346
17/07/2024	24	15.0	7.7	167	334
22/08/2024	28	17.1	7.8	182	340
13/09/2024	19	16.0	8.3	172	335
10/10/2024	18	15.0	8.2	173	339
07/11/2024	12	13.2	8.2	167	333
12/12/2024	1	9.4	8.3	157	313
18/01/2025	8	9.2	8.3	166	333
11/02/2025	7	9.0	8.2	166	331
12/03/2025	6	9.8	7.9	171	344
10/04/2025	19	12.2	8.1	184	369

Note

La zona umida è rappresentata da una risorgiva posta fra il Torrente Stura di Demonte e l'Autostrada Asti-Cuneo, nel comune di Castelletto Stura.

In occasione del sopralluogo degli addetti dell'Università di Torino, è stato osservato come la risorgiva tragga origine da un unico punto. A valle della testa della risorgiva, si sviluppa un canale, permettendo il deflusso dell'area. In prossimità alla testa della risorgiva, il lato orientale vede la presenza di boscaglia mentre, sul lato occidentale, è presente una coltivazione di noccioli.

L'osservazione delle immagini satellitari dell'area riportate nel seguito, disponibili nel periodo 2003-2023, non ha riscontrato rilevanti modificazioni nell'area.

Le misurazioni effettuate sulla risorgiva da parte degli addetti dell'Università di Torino hanno confermato una prevalente alimentazione da parte delle acque sotterranee, ciò in relazione al valore della conducibilità elettrolitica comparabile col corrispettivo valore presente nell'acquifero superficiale nell'area.

Immagini satellitari



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2023 (15/05/2023) (punto rosso).

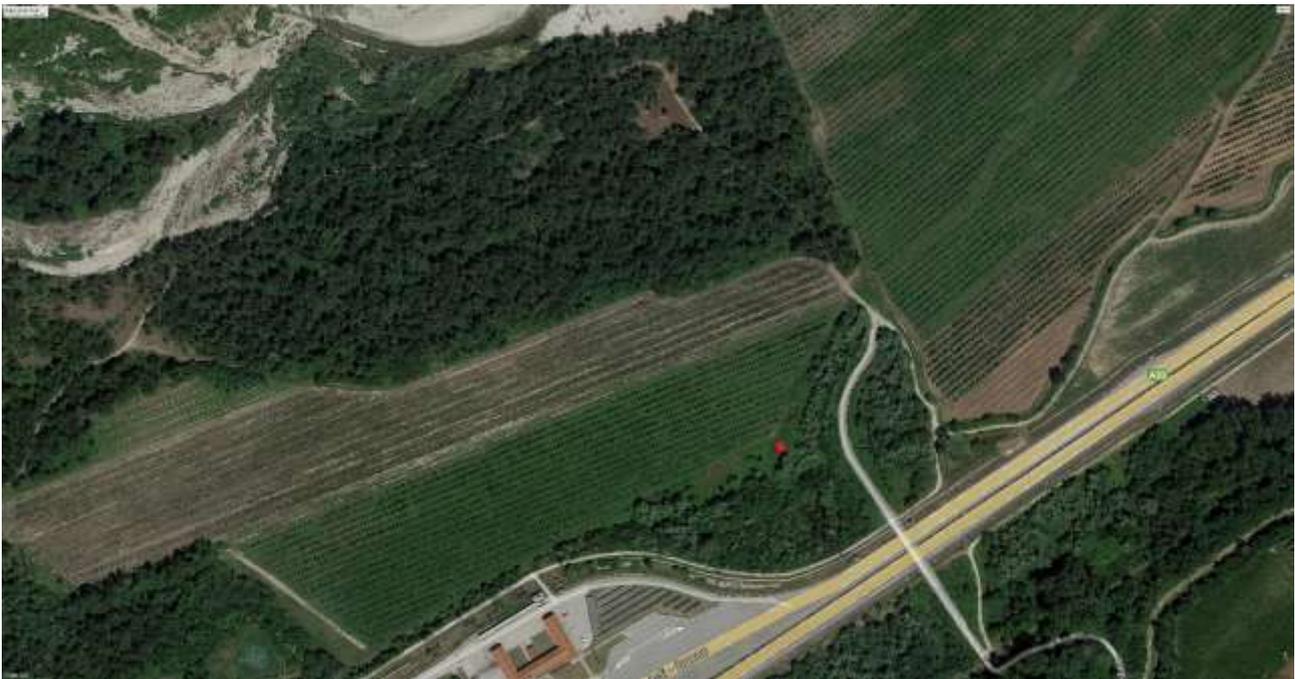


Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2022 (11/06/2022) (punto rosso).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2021 (30/06/2021) (punto rosso).

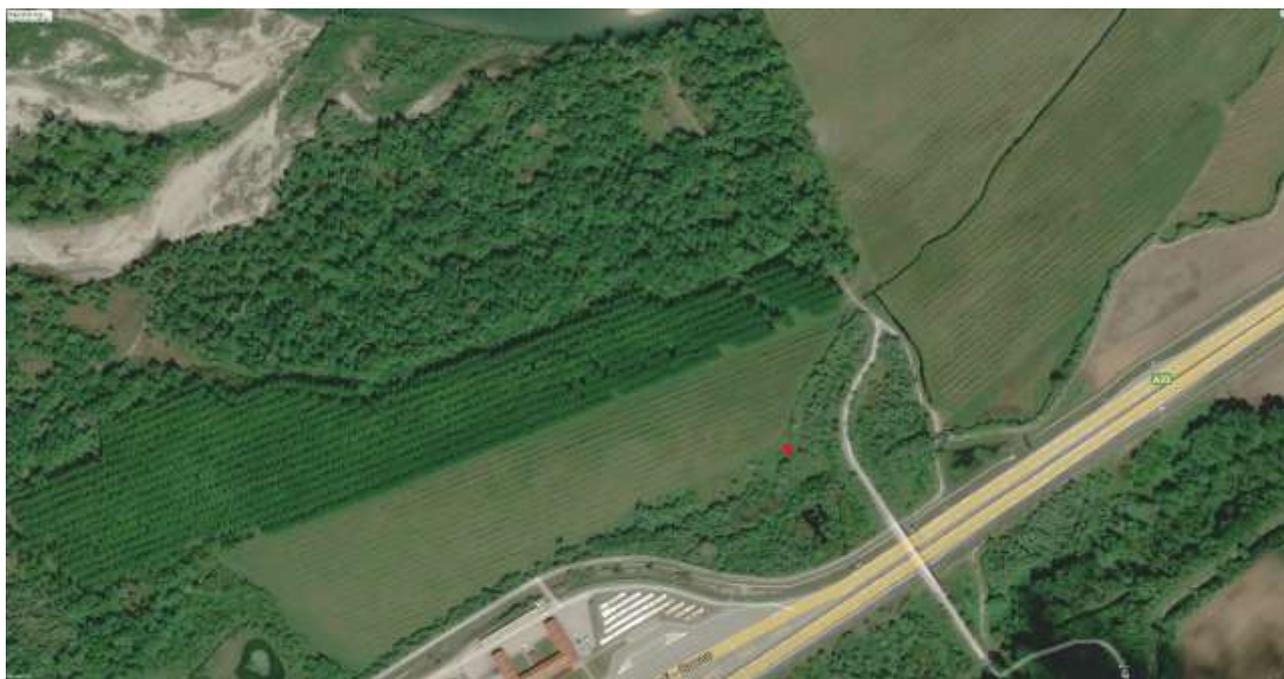


Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2020 (29/04/2020) (punto rosso).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2017 (03/08/2017) (punto rosso).

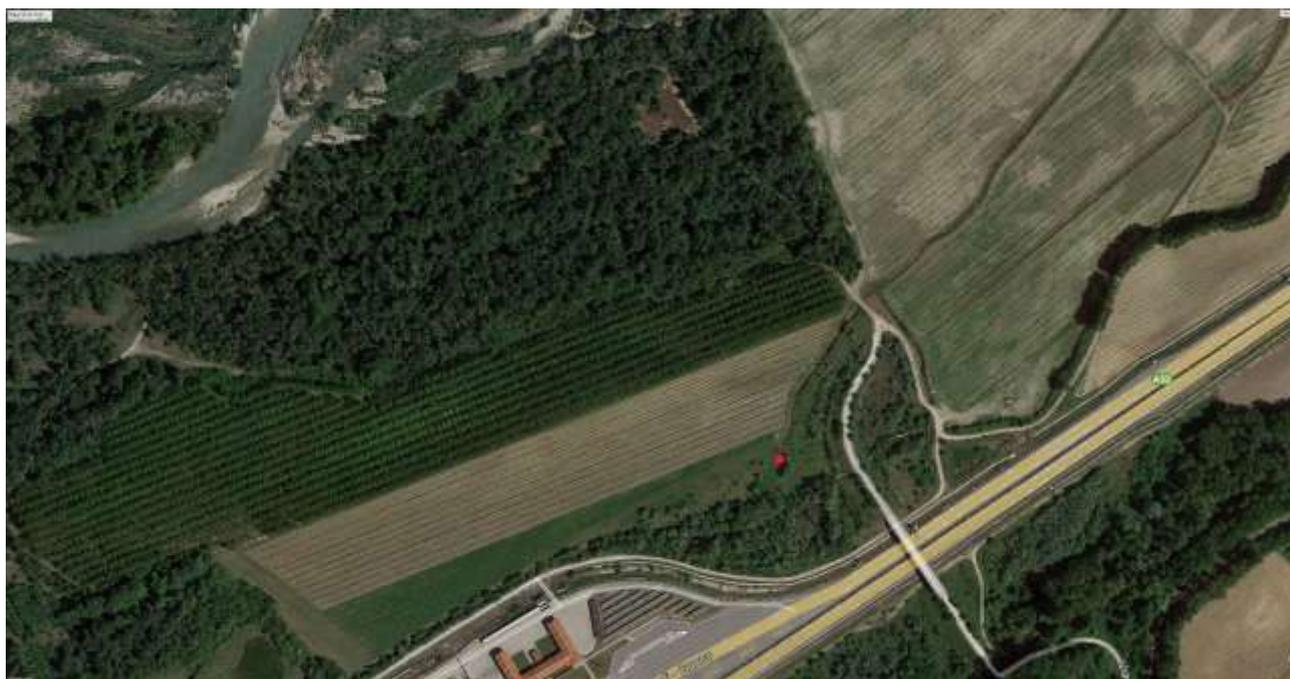


Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2017 (21/05/2017) (punto rosso).

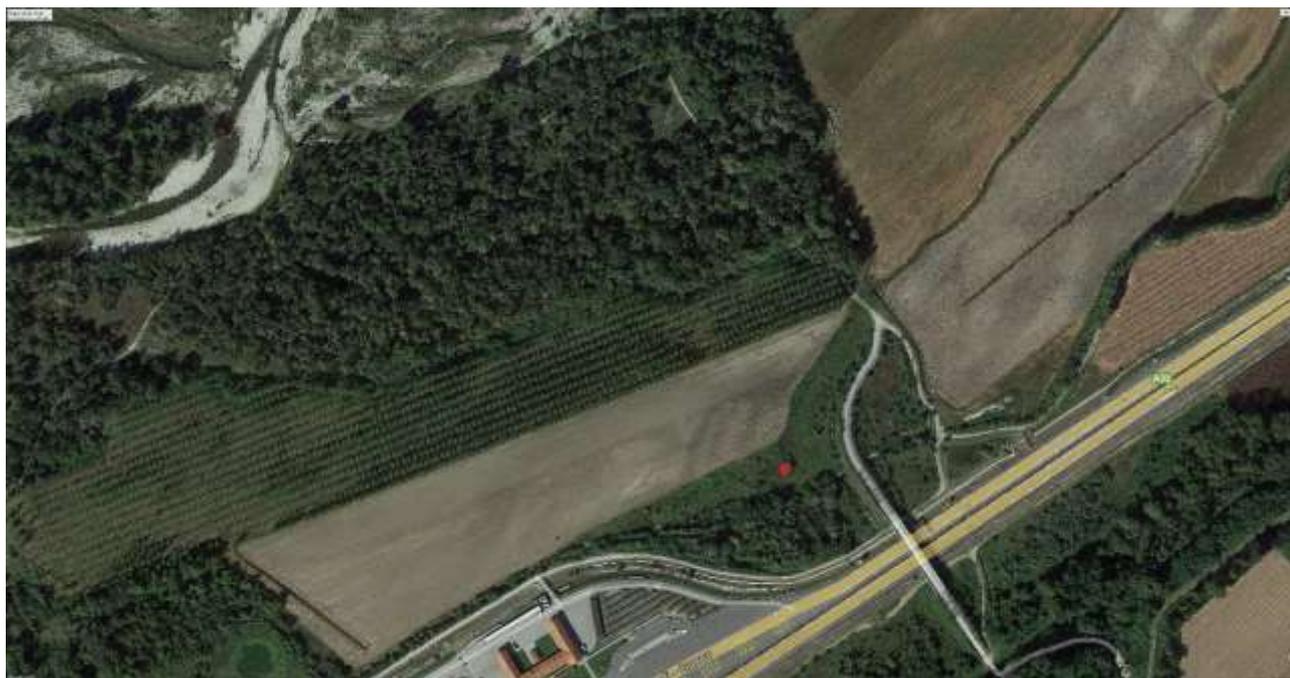


Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2015 (24/09/2015) (punto rosso).

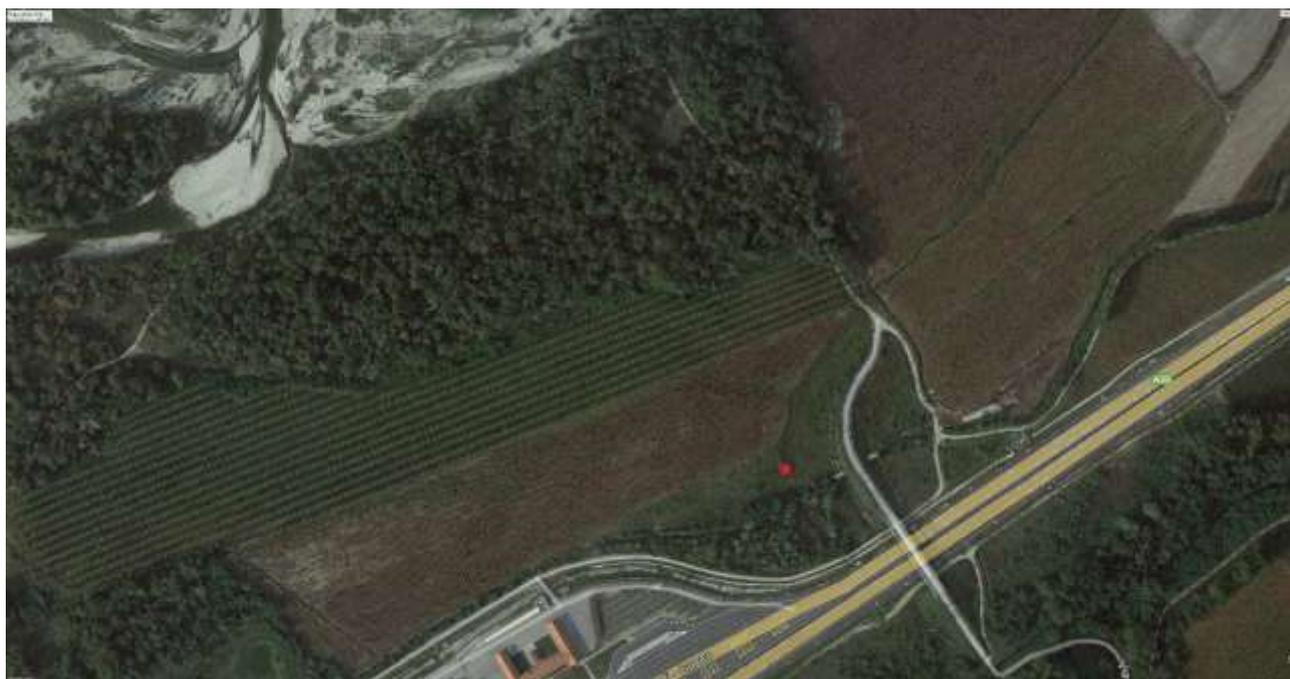


Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2014 (26/09/2014) (punto rosso).

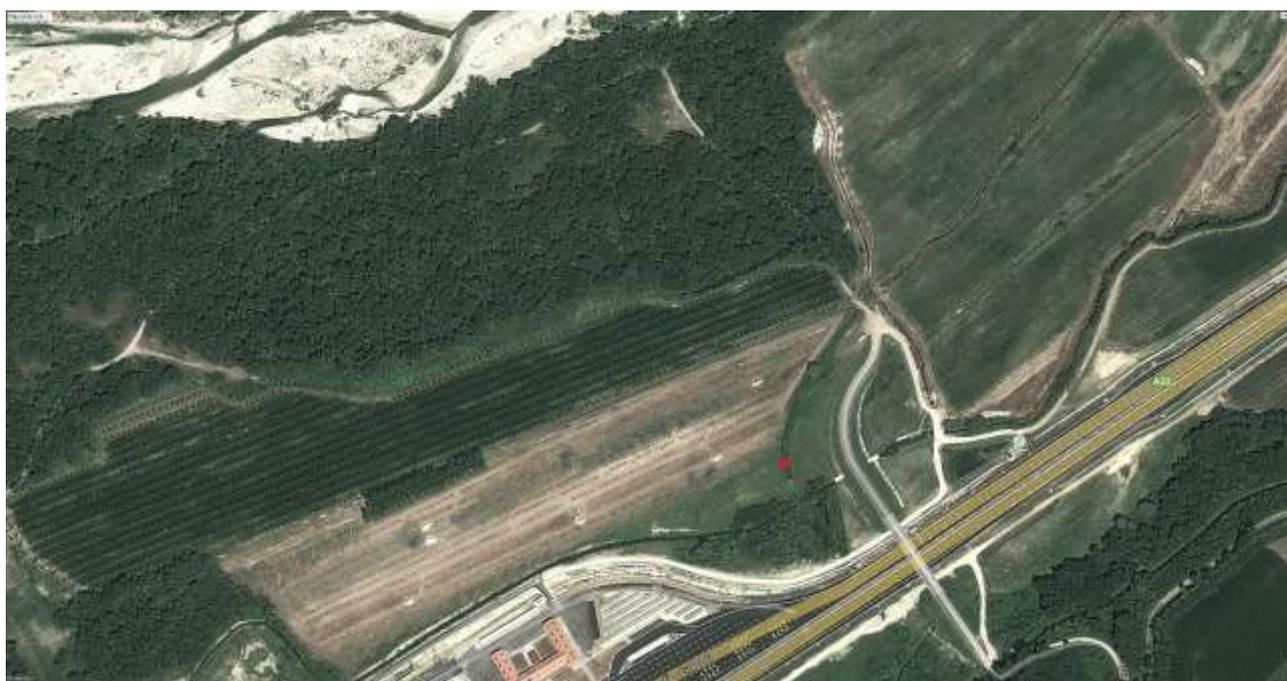


Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2012 (23/06/2012) (punto rosso).

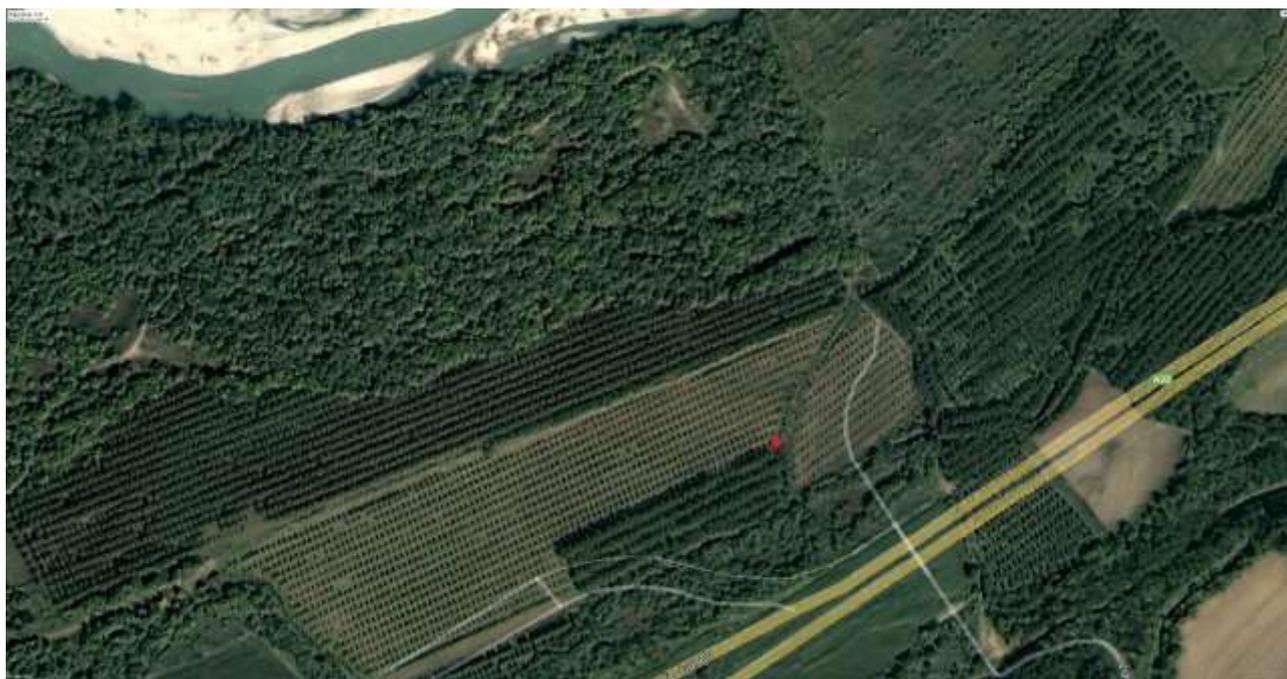


Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2003 (03/05/2003) (punto rosso).

Documentazione fotografica



Sviluppi futuri

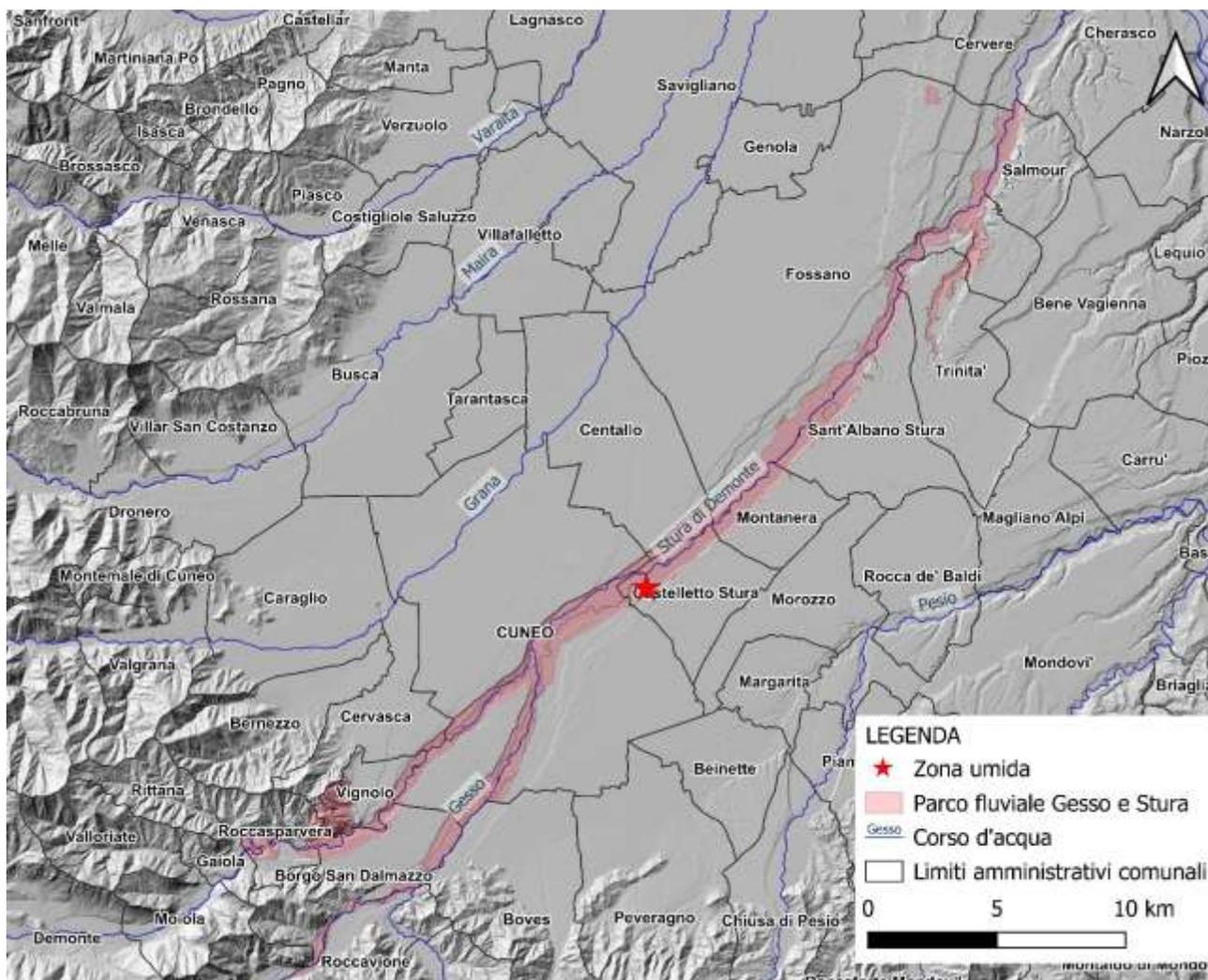
Le considerazioni emerse e i dati raccolti non permettono di valutare l'impatto dei cambiamenti climatici sulla disponibilità idrica della zona umida indagata. Tuttavia, si ritiene probabile che la risorgiva risenta delle fluttuazioni stagionali e dei periodi siccitosi, mostrando un comportamento simile alla vicina risorgiva osservata.

Una strategia coerente per il mantenimento nel tempo della zona umida potrà considerare sia l'ulteriore approfondimento della testa e dell'asta della risorgiva, sia la programmazione di interventi di manutenzione ordinaria al fine di contrastare il processo di interrimento. L'approfondimento del fondo della depressione permetterà alla falda superficiale di poter affiorare anche nei momenti di maggiore abbassamento. In aggiunta, la realizzazione di una quinta arborea sul lato occidentale della risorgiva potrà favorire la conservazione della zona umida.

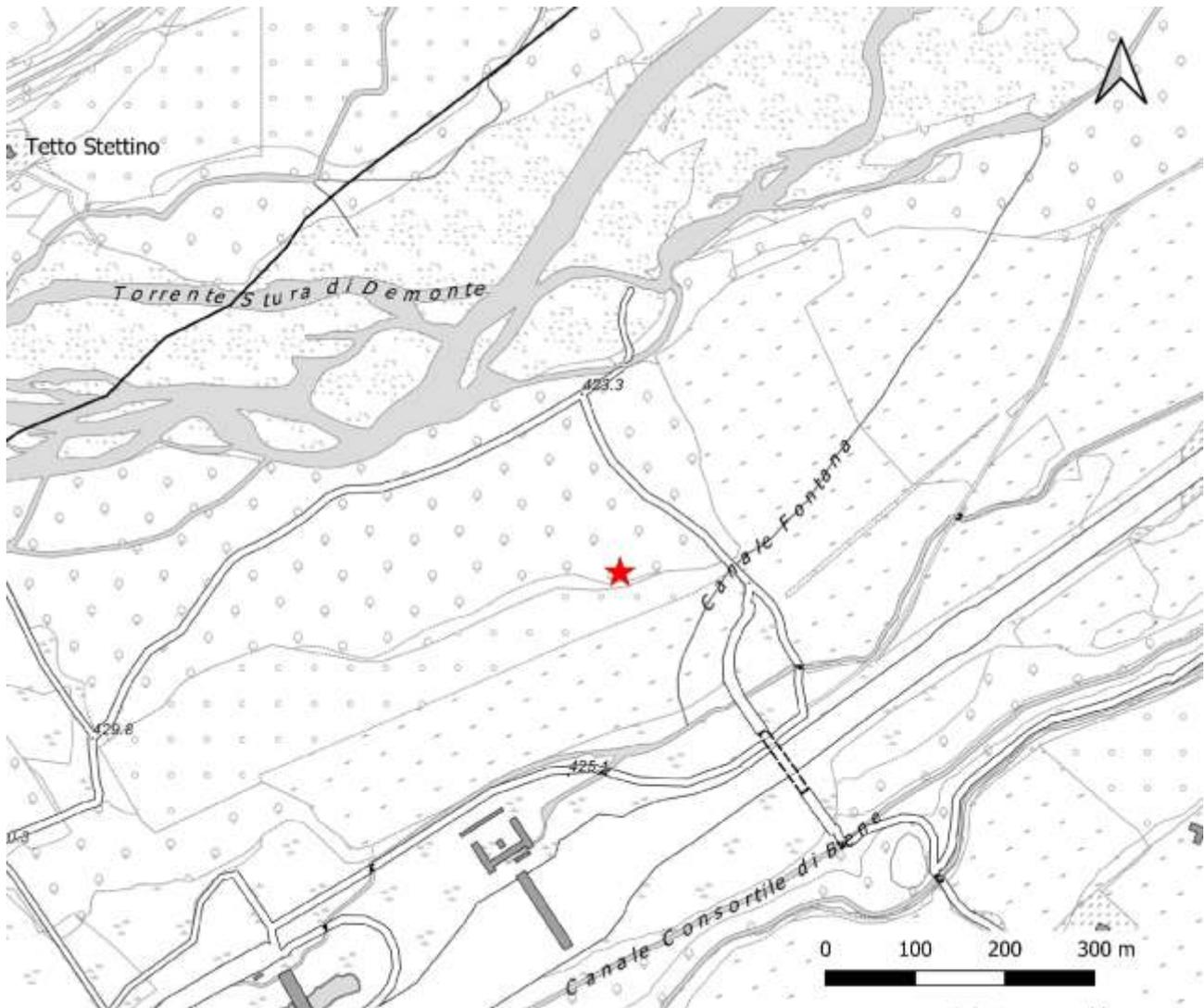
7.7 Risorgiva 2

Comune	CASTELLETTO STURA	Coordinate geografiche (WGS84 UTM 32 N)	Est 389342 Nord 4921084
Tipologia zona umida	Risorgiva	Quota (m s.l.m.)	424

Inquadramento geografico



Stralcio a scala provinciale con l'ubicazione della zona umida.



Stralcio della Carta Tecnica Regionale con l'ubicazione della zona umida.

Dati rilevati durante i sopralluoghi

Data sopralluogo	T aria (°C)	T acqua (°C)	pH	TDS (ppm)	Conducibilità elettrolitica (µS/cm)
21/06/2024	22	18.4	7.6	156	311
10/10/2024	18	14.1	8.2	166	324
07/11/2024	12	11.3	8.2	168	336
12/12/2024	1	2.0	8.1	166	333
18/01/2025	8	6.2	8.1	144	289
11/02/2025	7	6.5	8.2	142	283
12/03/2025	6	8.1	8.2	140	279
10/04/2025	19	13.9	8.5	149	299
22/04/2025	/	16.6	7.8	224	452

Note

La zona umida è rappresentata da una risorgiva posta fra il Torrente Stura di Demonte e l'Autostrada Asti-Cuneo, nel comune di Castelletto Stura.

In occasione del sopralluogo degli addetti dell'Università di Torino, è stato osservato come la risorgiva non tragga origine chiaramente da uno specifico punto, come una polla. A valle della testa della risorgiva, infatti, nella depressione presente di lunghezza di 100 m, il volume d'acqua aumenta.

Il tratto terminale della depressione è interrotto attualmente dal percorso di una strada sterrata. Gli addetti del parco hanno affermato come, prima della sua realizzazione, l'acqua defluisse tramite un canale. Attualmente, il deflusso nella depressione è ostacolato dalla strada stessa, risultando apparentemente nullo.

I sopralluoghi passati svolti dagli addetti del parco presso la zona umida hanno riscontrato regolari momenti caratterizzati dall'assenza di acqua nella depressione. A titolo di esempio, nei periodi estivi degli anni passati, incluso a luglio 2024 in occasione del primo sopralluogo da parte dell'Università di Torino, l'area è risultata essere prosciugata. Al contrario, il livello idrico nella depressione aumenta in concomitanza con i periodi piovosi e, occasionalmente, defluisce sorpassando sul tratto terminale la strada sterrata precedentemente descritta.

L'ente Parco Fluviale Gesso e Stura ha affermato di voler avviare una fase di progettazione per la riqualificazione dell'area con il ripristino della quinta arborea, per la riduzione dell'irraggiamento solare, con una risistemazione del fondo della depressione.

L'osservazione delle immagini satellitari dell'area riportate nel seguito, disponibili nel periodo 2003-2023, ha evidenziato come il lato meridionale della depressione ospitasse un pioppeto fino al 2021 il quale, a partire dal 2022, è stato rimosso. Oltre a questa valutazione, non sono state riscontrate modificazioni nell'area.

Le misurazioni effettuate sulla risorgiva da parte degli addetti dell'Università di Torino hanno confermato una prevalente alimentazione da parte delle acque sotterranee, ciò in relazione al valore della conducibilità elettrolitica comparabile col corrispettivo valore presente nell'acquifero superficiale nell'area.

Come riportato dalle informazioni reperite (<http://www.museoappunti.it/il-museo/luoghi-e-itinerari/bosco-di-santanselmo-cuneo-castelletto-stura/>), l'area era interamente compresa nel limite del bosco fino a pochi anni fa, sviluppando un ambiente idoneo alla riproduzione della Rana dalmatina. Col taglio del filare di alberi al margine destro, la risorgiva è passata ad essere un ambiente di zona aperto, ed è passata ad ospitare Iris giallo e altre piante acquatiche. Mentre gli anfibi hanno quasi del tutto abbandonato il sito, le libellule hanno trovato qui una nuova occasione di riproduzione. L'esempio rappresenta una riorganizzazione ecologica in atto di una zona umida che ha visto il mutare delle condizioni ambientali circostanti.

Analisi chimico-fisiche

In occasione dei sopralluoghi realizzati sono stati prelevati due campioni d'acqua relativi alla zona umida. I campioni sono stati sottoposti ad analisi chimico-fisiche al fine di definire gli ioni maggiori presso il Laboratorio di Idrochimica del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino. I risultati delle analisi sono riportati nella sottostante tabella.

Le analisi chimico-fisiche evidenziano basse concentrazioni per tutti gli ioni e parametri considerati. Il diagramma di Piper, volto ad identificare la facies idrochimica, evidenzia la facies bicarbonato-calcica tipica del contesto della pianura piemontese.

Comune	Campione	pH	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	HCO_3^- (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	Cl (mg/L)	SO_4 (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	F (mg/L)	Br (mg/L)
Castelletto Stura	Risorgiva (giugno 2024)	7.8	118	196.00	56.90	8.92	9.34	6.17	<0.01	2.72	21.50	1.40	<0.01	0.06	<0.01
Castelletto Stura	Risorgiva (agosto 2024)	7.2	408	256.00	109.00	8.91	2.33	1.32	<0.01	13.58	22.20	<0.05	<0.01	12.20	<0.01

Analisi chimico-fisiche dei campioni raccolti presso la risorgiva

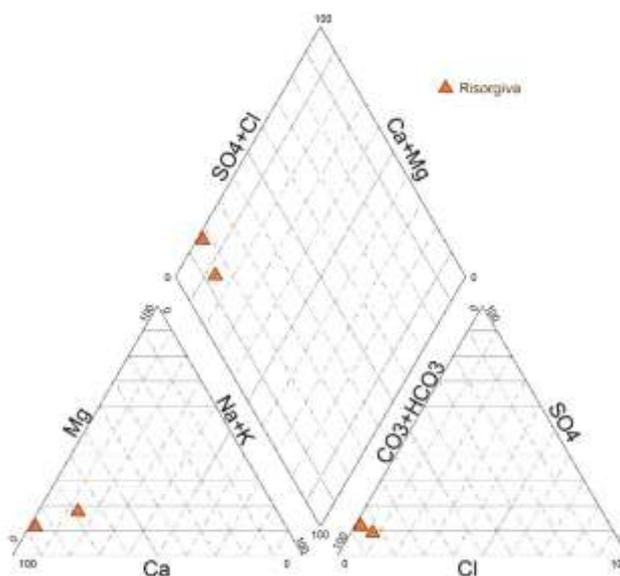


Diagramma di Piper

Immagini satellitari



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2023 (15/05/2023) (punto giallo). Il punto rosso rappresenta una limitrofa risorgiva.

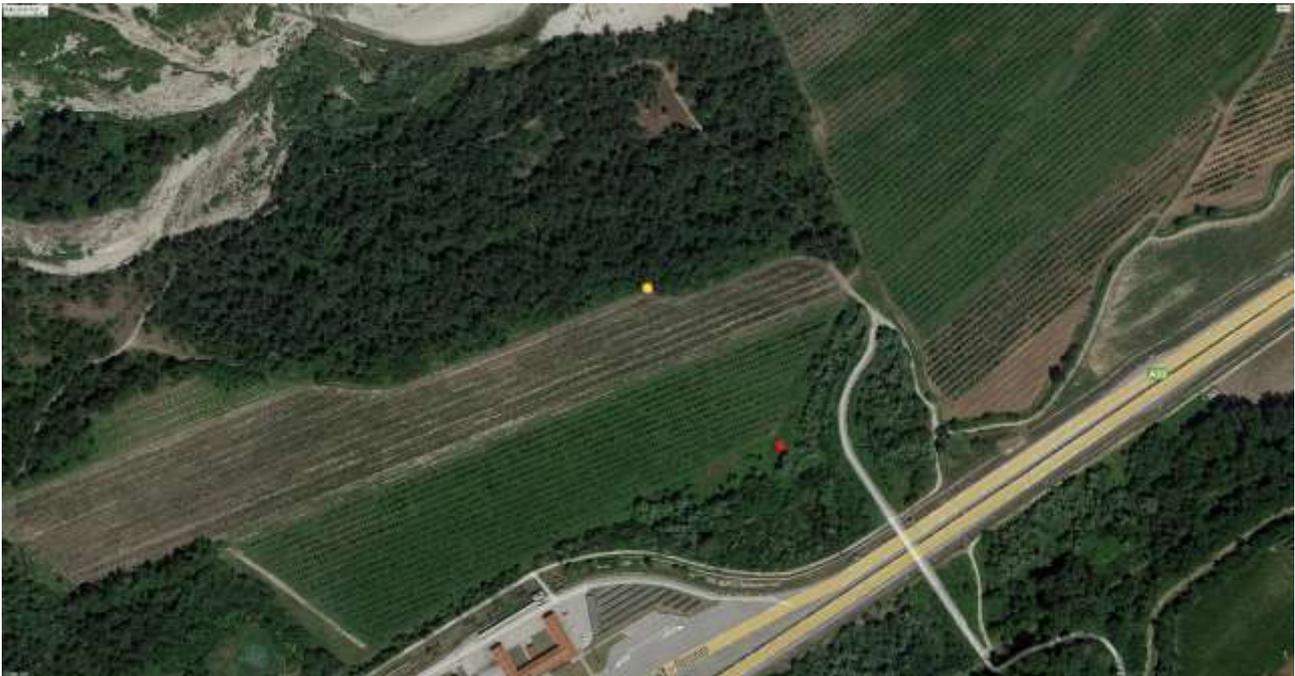


Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2022 (11/06/2022) (punto giallo). Il punto rosso rappresenta una limitrofa risorgiva.

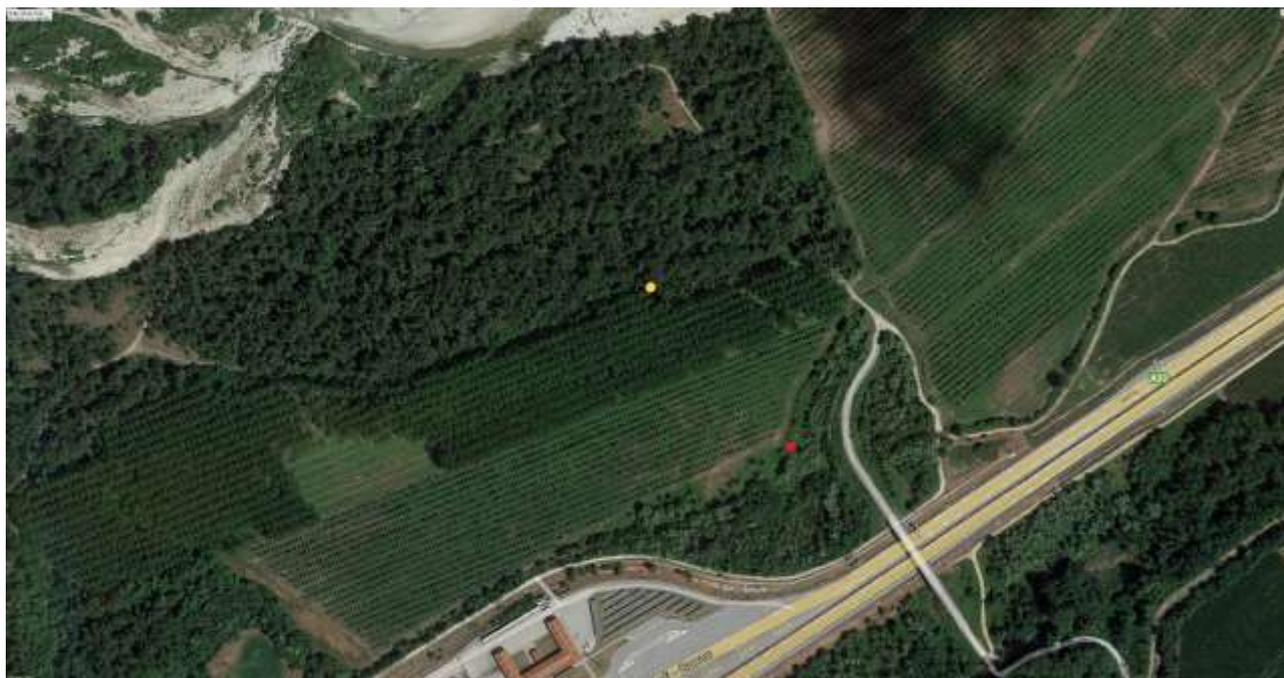


Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2021 (30/06/2021) (punto giallo). Il punto rosso rappresenta una limitrofa risorgiva.

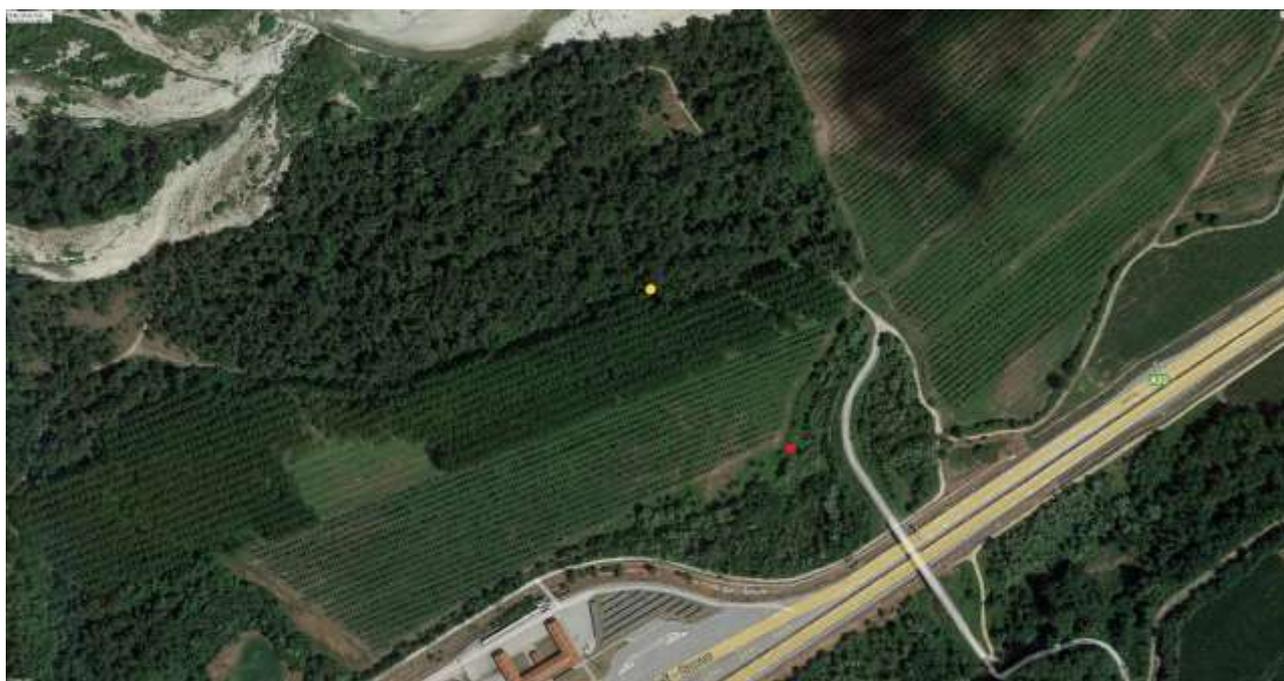


Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2020 (29/04/2020) (punto giallo). Il punto rosso rappresenta una limitrofa risorgiva.



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2017 (03/08/2017) (punto giallo). Il punto rosso rappresenta una limitrofa risorgiva.

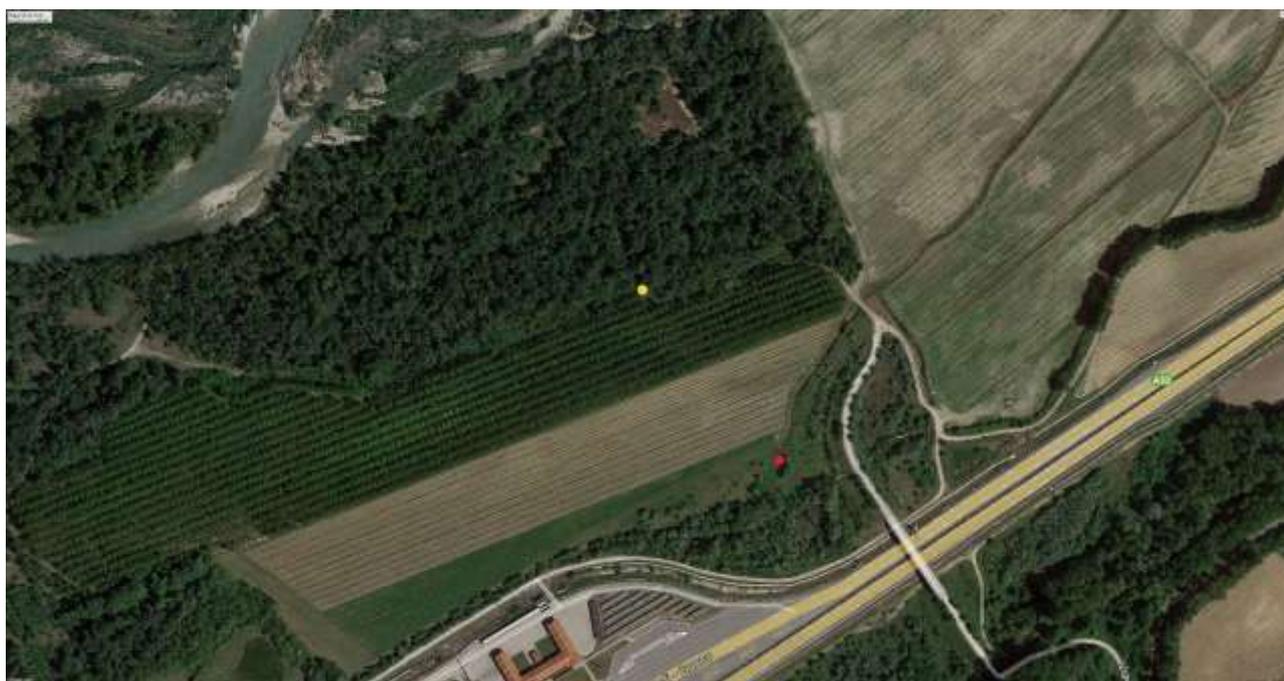


Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2017 (21/05/2017) (punto giallo). Il punto rosso rappresenta una limitrofa risorgiva.

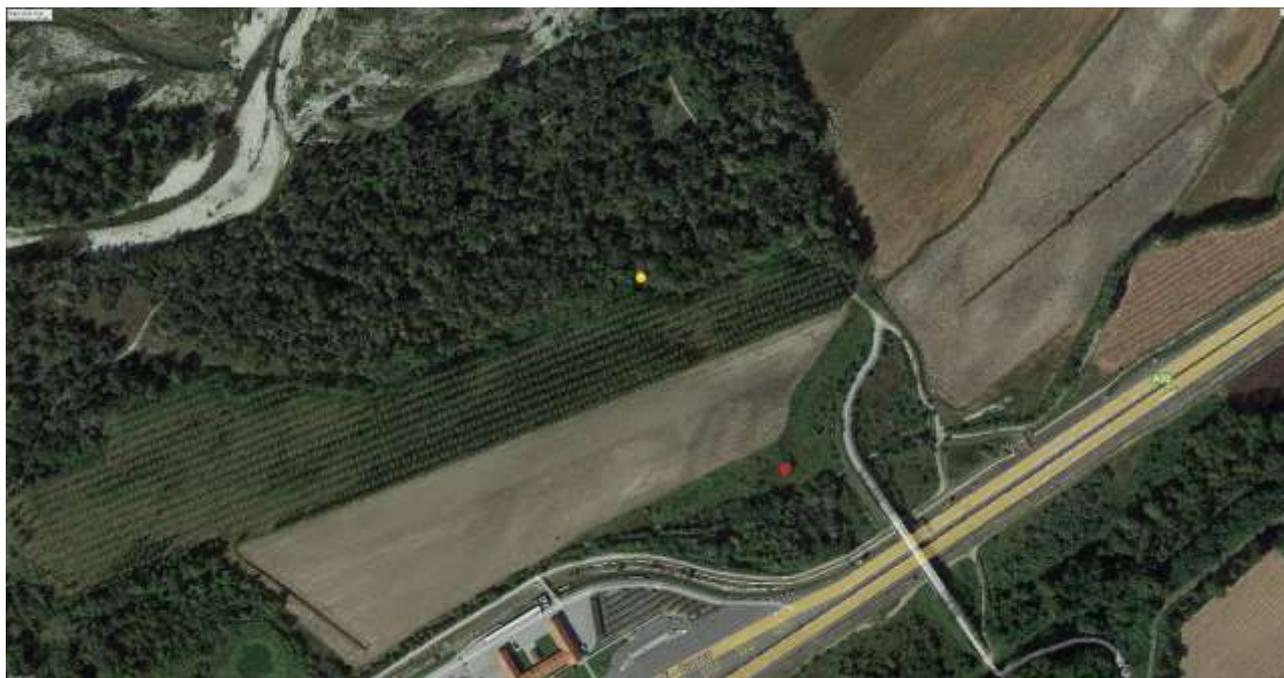


Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2015 (24/09/2015) (punto giallo). Il punto rosso rappresenta una limitrofa risorgiva.

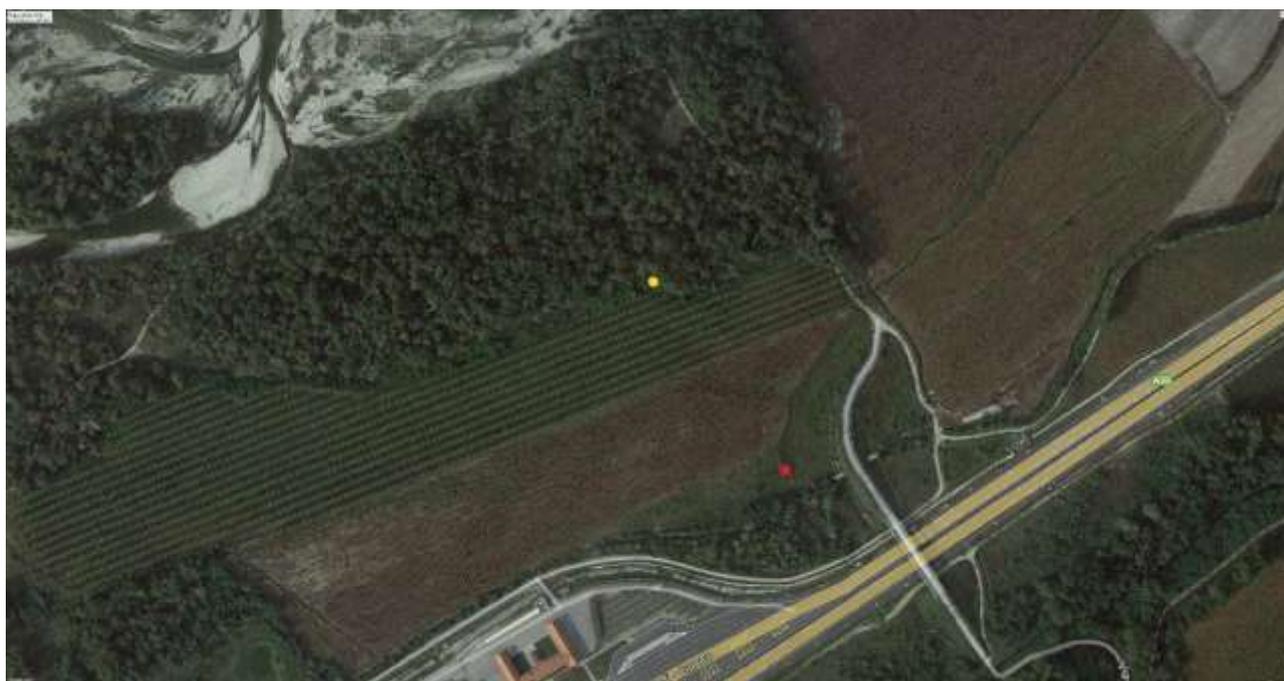


Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2014 (26/09/2014) (punto giallo). Il punto rosso rappresenta una limitrofa risorgiva.

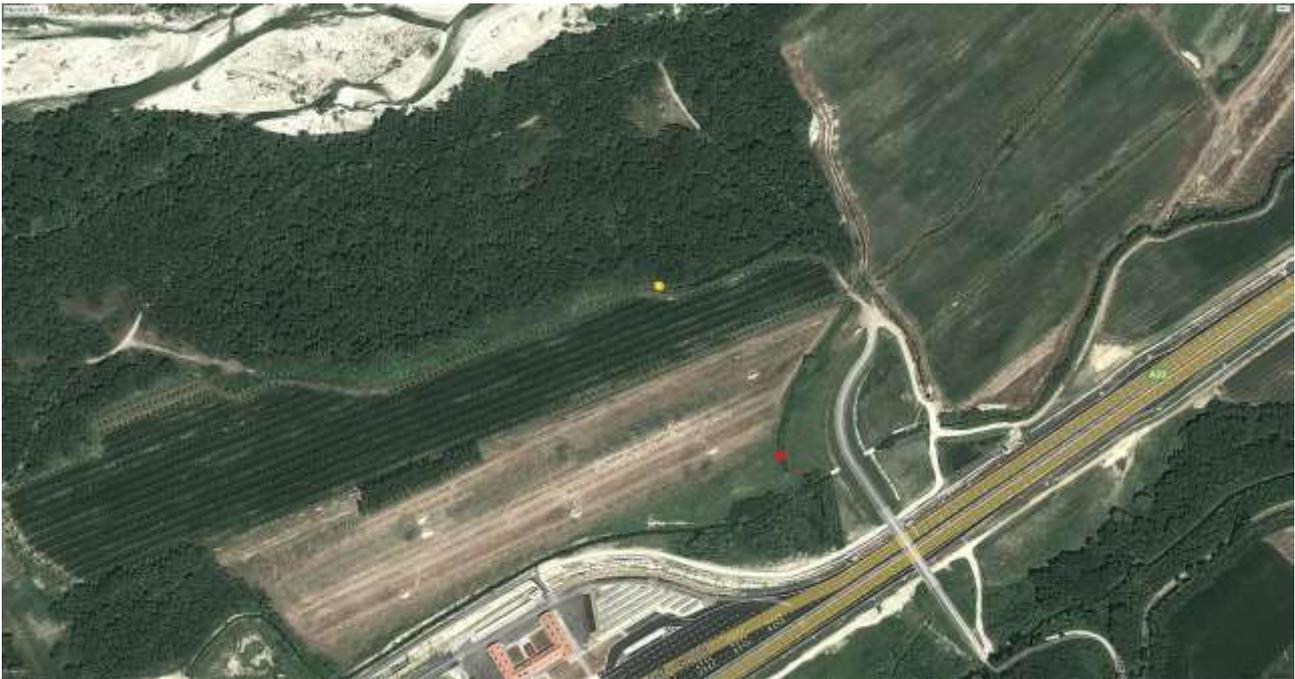


Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2012 (23/06/2012) (punto giallo). Il punto rosso rappresenta una limitrofa risorgiva.

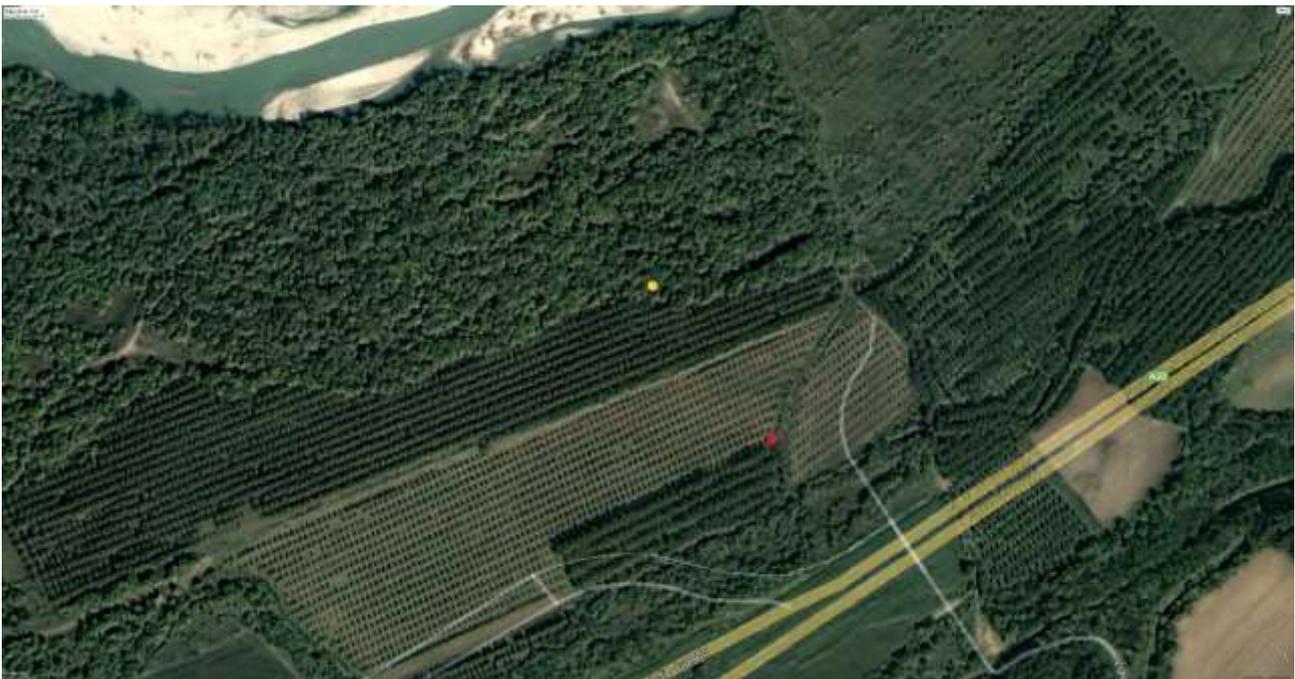
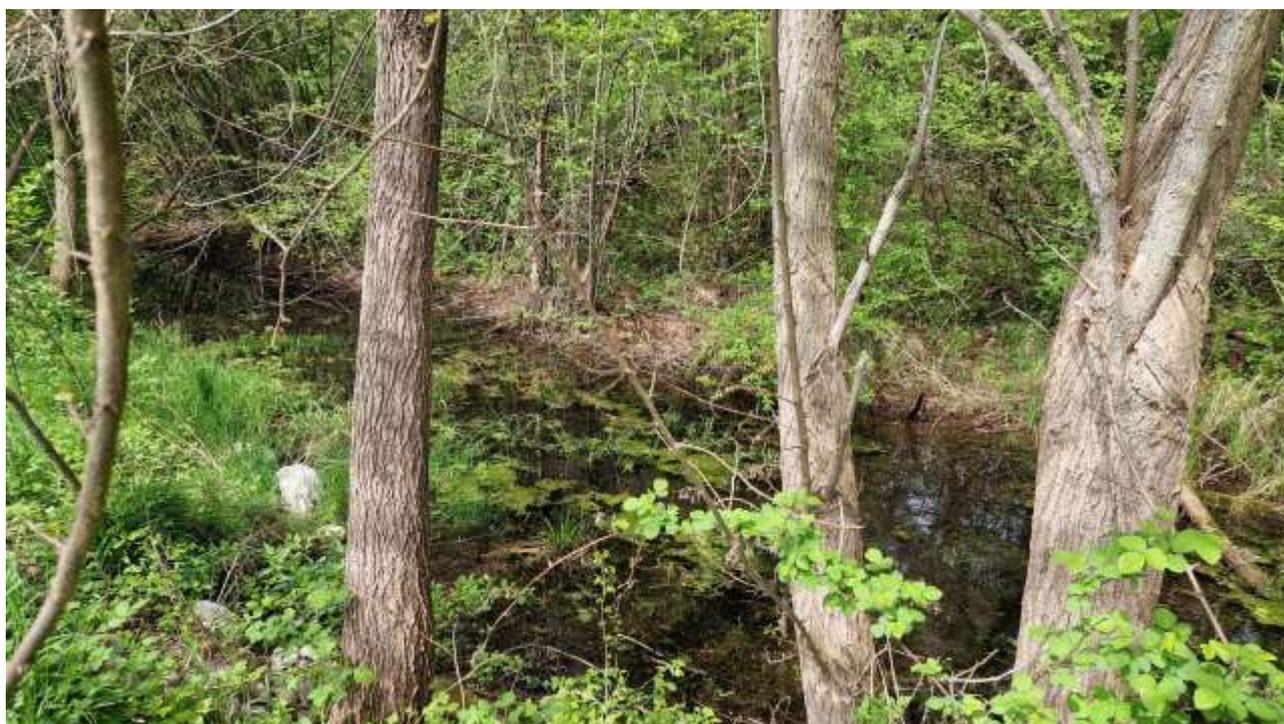


Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2003 (03/05/2003) (punto giallo). Il punto rosso rappresenta una limitrofa risorgiva.

Documentazione fotografica



Testa della risorgiva



Tratto intermedio dell'asta della risorgiva



Tratto finale dell'asta con sbarramento



Area vegetata a valle dello sbarramento

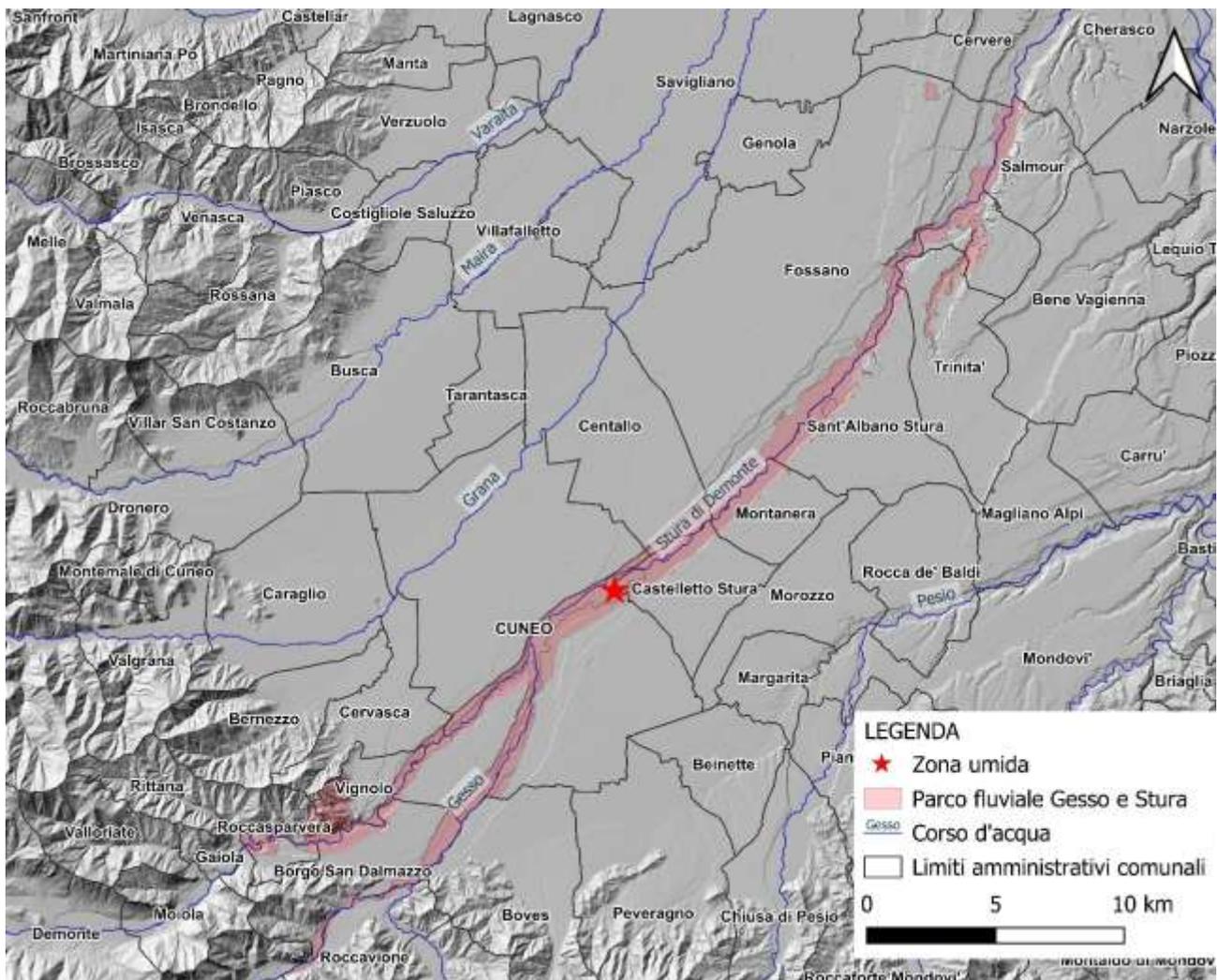
Sviluppi futuri

Le considerazioni emerse suggeriscono come la zona umida in questione risenta sia delle fluttuazioni stagionali e dei cambiamenti climatici, sia della ridotta manutenzione ordinaria. Una strategia coerente per il mantenimento nel tempo della zona umida potrà considerare sia l'ulteriore approfondimento dell'asta della risorgiva sia la programmazione di interventi di manutenzione ordinaria al fine di contrastare il processo di interrimento. L'approfondimento del fondo della depressione permetterà alla falda superficiale di poter affiorare anche nei momenti di maggiore abbassamento.

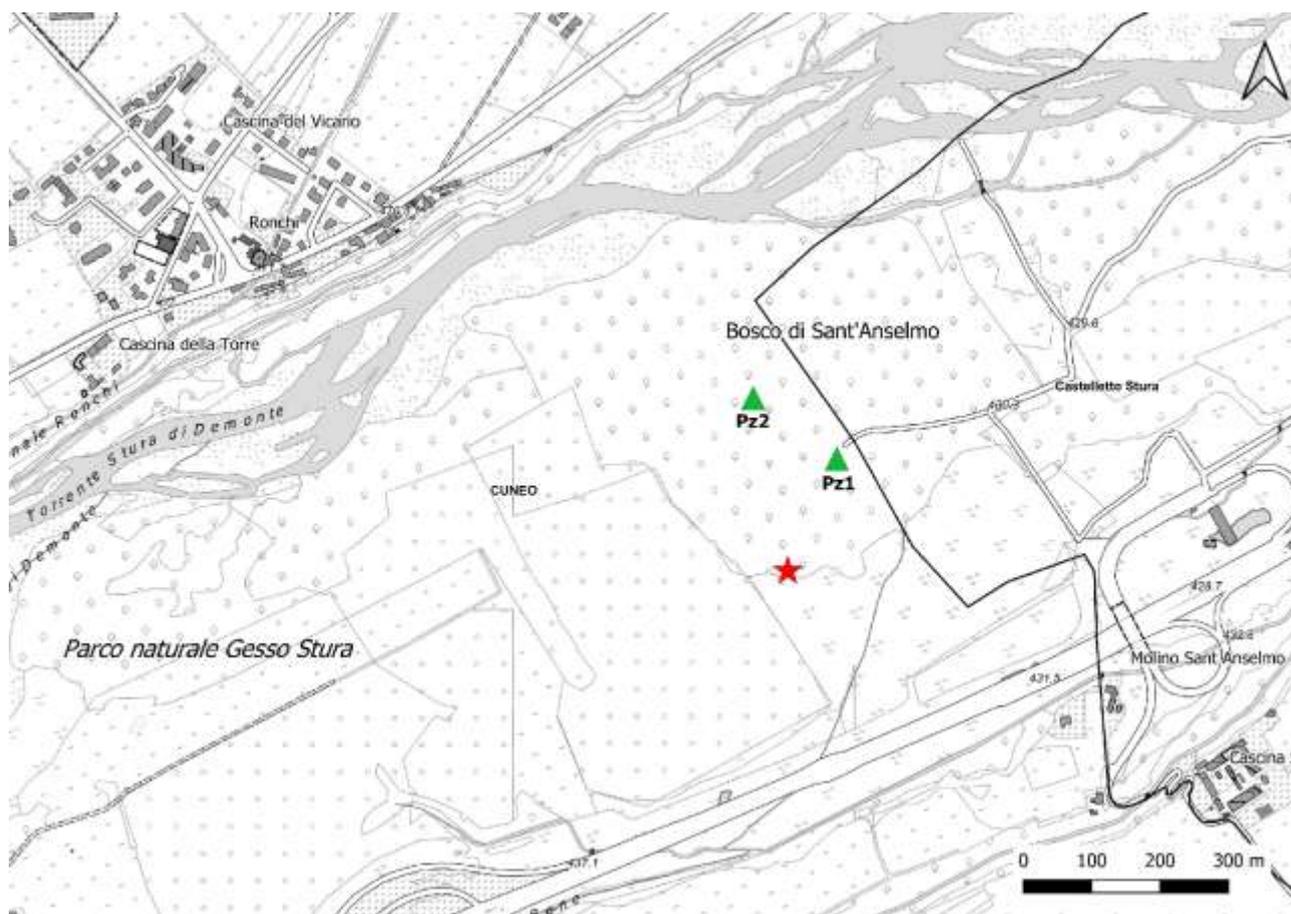
7.8 Zona umida di Sant'Anselmo

Comune	CUNEO, CASTELLETTO STURA	Coordinate geografiche (WGS84 UTM 32 N)	Est 388108 Nord 4920803
Tipologia zona umida	Bosco Risorgiva umido,	Quota (m s.l.m.)	436

Inquadramento geografico



Stralcio a scala provinciale con l'ubicazione della zona umida.



Stralcio della Carta Tecnica Regionale. La stella rossa indica l'ubicazione della risorgiva all'interno del Bosco di Sant'Anselmo, i triangoli indicano i piezometri.

Dati rilevati durante i sopralluoghi

Data sopralluogo	T aria (°C)	T acqua (°C)	pH	TDS (ppm)	Conducibilità elettrolitica (µS/cm)
20/06/2024	24	13.9	8.0	152	300
17/07/2024	25	15.0	7.6	139	279
22/08/2024	28	17.1	8.0	156	314
13/09/2024	19	15.8	8.2	151	306
10/10/2024	14	14.7	8.3	180	356
07/11/2024	12	13.7	8.1	148	296
12/12/2024	2	10.5	8.2	135	269
18/01/2025	8	9.9	8.2	130	263
11/02/2025	7	9.0	8.5	129	258
12/03/2025	6	10.3	8.2	133	264
10/04/2025	19	13.2	8.5	146	295

Misure condotte sulla risorgiva posta all'interno dell'area umida di Sant'Anselmo.

Note

Il Bosco di Sant'Anselmo si trova al confine dei comuni di Cuneo e Castelletto Stura, in destra orografica della Stura di Demonte, posto fra il corso d'acqua e l'Autostrada Asti-Cuneo. Ha estensione complessiva di circa 20 ettari.

Il Bosco di Sant'Anselmo racchiude al suo interno diverse zone umide. Queste zone umide corrispondono a boschi umidi e risorgive. La risorgiva, principale zona umida oggetto di studio, è posta all'interno della porzione meridionale del Bosco di Sant'Anselmo, a poche decine di metri ad ovest da un pioppeto.

In occasione del sopralluogo degli addetti dell'Università di Torino in data 20/06/2024 è stato osservato come, all'interno della depressione, il deflusso fosse pressoché nullo in corrispondenza alla testa della risorgiva con un volume d'acqua ridotto. Procedendo qualche decina di metri lungo l'asta della risorgiva il deflusso appariva incrementare.

L'osservazione delle immagini satellitari dell'area riportate nel seguito, disponibili nel periodo 2003-2023, non ha riscontrato modificazioni rilevanti sia nell'area specifica della risorgiva, sia sull'intera area del Bosco di Sant'Anselmo nella sua attuale perimetrazione.

Le misurazioni effettuate sulla risorgiva da parte degli addetti dell'Università di Torino hanno confermato l'alimentazione proveniente dalle acque sotterranee, ciò in relazione al valore della conducibilità elettrolitica comparabile col corrispettivo valore presente nell'acquifero superficiale nell'area.

Relativamente al bosco umido, esso è popolato da latifoglie miste (olmo, carpino e ciliegio) nel quale si trovano gruppi di farnia. Il bosco ha origine naturale (tipo relittuale, ricco di piante giovani, con sesto d'impianto casuale e composizione regolare); tuttavia, presenta elementi di gestione umana, che influenzano la struttura attuale. In particolare, l'area era impiegata come discarica, mentre oggi è utilizzata a scopo ricreativo, oltre come pascolo per ovini.

Il bosco di Sant'Anselmo può quindi essere definito come "naturaliforme" per le specie presenti, per la naturalità residua e per la presenza di ecosistemi relittuali oramai ridotti e presenti sporadicamente sulle superfici dell'area.

È una fase d'evoluzione di un bosco non più giovane, ma di transizione verso uno stadio di maturità in cui tutti gli spazi sono occupati; infatti, il grado di copertura delle chiome è elevato (90%) così come quello di copertura arbustiva del suolo (circa 85%). Gli individui presentano fusti ravvicinati e irregolari, ma sani dal punto di vista fitosanitario. È presente una rinnovazione arborea di quercia, carpino e olmo, in competizione con la fase arbustiva, densa e ricca di specie, sulla quale sembra però prevalere sfruttando longevità ed elevazione.

In corrispondenza di aperture, la fase arbustiva è più sviluppata e compete con specie arboree più invasive come la robinia, o più tipicamente colonizzatrici (frassino e pioppo). Inoltre, la formazione si apre arricchendosi di biancospino (*Crataegus monogyna*) e di spino cervino (*Rhamnus cathartica*) in corrispondenza delle radure più secche (xerofile) e, viceversa, diventa più densa e tipicamente di tipo umido (con ontano nero, pioppo, salice) lungo le numerose risorgive e zone umide caratterizzate da ristagno idrico.

Come riportato dalle informazioni reperite (<http://www.museoappunti.it/il-museo/luoghi-e-itinerari/bosco-di-santanselmo-cuneo-castelletto-stura/>), tra le piante erbacee presenti, oltre alle rilevanti graminacee prative (come ad esempio, i generi *Festuca*, *Poa*, ed il *Bromus sterilis*), si hanno

specie più boschive come *Ranunculus ficaria*, *Anemone nemorosa*, *Fragaria vesca*, di zone umide *Equisetum* sp. pl. e *Carex* sp., o specie più comuni come *Convolvulus arvensis*, *Hypericum perforatum*, *Knautia arvensis*, *Leuchanthemum* sp., *Urtica dioica*, *Euphorbia* sp., *Silene nutans*. Nella zona centrale del bosco si può osservare una ricca fioritura di Elleboro (*Helleborus foetidus*).

Di rilievo sono le piante acquatiche presenti all'interno delle risorgive e quelle che si sviluppano in acqua emergendo con porzioni del fusto, come l'Iris giallo (*Limniris pseudacorus*), il crescione (*Nasturtium officinale*) e la veronica acquatica (*Veronica anagallis-aquatica*).

Vive in questo bosco il moscardino, il più piccolo rappresentante della famiglia dei gliridi. Nei mesi primaverili si ciba di fiori di biancospino, caprifoglio, acero e castagno, sostituiti in estate da bacche e frutti; in autunno si nutre invece di nocchie e semi che gli permettono di accumulare il grasso necessario per il letargo invernale. In estate costruisce dei nidi sferici per la riproduzione, utilizzando strisce di corteccia, erbe, foglie e muschi.

Nelle radure del bosco si trova anche la rara farfalla Phengaris (*Maculinea*) arion. Si tratta di un licenide, dalla tipica colorazione azzurra con macchie nere, che vive in simbiosi con le formiche. Ultimamente i sopraggiunti cambiamenti nell'ecologia del sito e della popolazione di formica ospite (*Myrmica scabrinodis*), ha indotto un tracollo della piccola popolazione.

La costruzione dell'autostrada nelle vicinanze ha impattato pesantemente sull'area, ma il bosco è incolume come anche una parte dei prati aridi circostanti, mentre una ampia porzione è andata persa. Nelle opere di compensazione erano previsti anche laghetti di decantazione naturalizzati, che hanno ottenuto una evoluzione ambientale. In essi si riproducono attualmente le raganelle (*Hyla perrini*), che si possono sentir cantare nelle sere d'estate in buon numero. Anche il rospo comune (*Bufo bufo*), il rospo smeraldino (*Bufo balearicus*) e la rana temporaria (*Rana temporaria*) si incontrano in primavera abbastanza facilmente. Prima di questi laghetti, gli anfibi utilizzavano spesso i canali o le risorgive marginali del bosco, mentre adesso pare si riproducano esclusivamente nei nuovi laghetti. Nell'area è presente, anche se in modo marginale, la Salamandra pezzata (*Salamandra salamandra*).

Nei laghetti sono state avvistate anche libellule piuttosto rare, come la *Coenagrion caeruleum*, piccolo zigottero azzurro che qui si riproduce, oltre a numerose altre specie.

La discarica, che fu attiva dal 1975 al settembre 1982, occupava 40.550 m² per un'altezza dei rifiuti di circa 5-6 m. Le ultime analisi del suolo riferiscono la cessazione di rilasci inquinanti in sito, ma i rifiuti tornano a giorno occasionalmente in punti localizzati in caso di lavori nei terreni. L'area fu rinaturalizzata a partire dal 1988.

Relativamente alla discarica, come riportato nel documento "Tra Gesso e Stura" (Comune di Cuneo, 1983), si constatò il degrado ambientale dell'area con inquinamento della falda sottostante con gravi ripercussioni sulle risorgive a valle, soggette a crescita di alghe, decomposizioni anaerobiche e maleodoranti, grave deficit di ossigeno e presenza di sostanze tossiche.

Nel 2011 è stato condotto uno studio (Bortolami & Di Molfetta, 2011) volto alla caratterizzazione preliminare degli impatti della discarica di Sant'Anselmo. I rifiuti conferiti rientrano nelle tipologie dei rifiuti solidi urbani, rifiuti organici e non inerti, contenuti in sacchi di polietilene. La modalità di deposito dei rifiuti ha previsto l'asportazione di 0,5-1 m di ghiaia, il deposito di 5-6 m di rifiuto e la copertura con 40-60 cm di ghiaia, con lo sviluppo di una morfologia finale non regolare e altimetricamente superiore rispetto al terreno circostante. L'intera discarica è priva di sistemi di impermeabilizzazione.

Nell'ambito di questo studio vennero condotti diversi approfondimenti, quali l'esecuzione di sondaggi geognostici e la realizzazione di 5 piezometri di monitoraggio con campagna analitica sulle acque di falda. Due piezometri raggiungono una profondità di 20 m mentre gli altri tre una profondità di 25 metri, con tratti finestrati da fondo foro a, rispettivamente, 2 e 5 metri da piano campagna.

Gli approfondimenti condotti hanno identificato l'esistenza di una falda idrica a superficie libera in rapporti di interdipendenza idraulica con il corso d'acqua principale (Torrente Stura di Demonte). Il rilievo piezometrico effettuato in data 20/05/11 ha permesso di definire una direzione di deflusso da SO-NE a SSO-NNE e un gradiente del 6 ‰. I risultati analitici dei campionamenti effettuati sulle acque sotterranee non hanno evidenziato alcun supero dei limiti di legge e non si osservano variazioni significative dei parametri chimico-fisici procedendo da monte verso valle. Tale studio ha permesso quindi di constatare l'assenza di interazioni fra i rifiuti conferiti con l'ambiente circostante ed in particolare con la risorsa idrica sotterranea.

In occasione del sopralluogo svolto con gli addetti del parco è stato possibile individuare l'ubicazione di due piezometri (pz1 e pz2), dai quali sono stati prelevati campioni d'acqua e sottoposti ad analisi chimico-fisiche. I restanti tre piezometri non sono stati individuati.

Analisi chimico-fisiche

In occasione dei sopralluoghi realizzati sono stati prelevati un campione d'acqua relativo alla risorgiva e due campioni dai rispettivi piezometri. I campioni sono stati sottoposti ad analisi chimico-fisiche al fine di definire gli ioni maggiori presso il Laboratorio di Idrochimica del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino. I risultati delle analisi sono riportati nella sottostante tabella.

Le analisi chimico-fisiche evidenziano basse concentrazioni per tutti gli ioni e parametri considerati. Il diagramma di Piper, volto ad identificare la facies idrochimica, evidenzia la facies bicarbonato-calcica tipica del contesto della pianura piemontese. La convergenza nel diagramma fra risorgiva e piezometri suggerisce una comune origine.

Comune	Campione	pH	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Cl (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	F (mg/L)	Br (mg/L)
Cuneo	Risorgiva (giugno 2024)	7.7	346	168.00	50.60	7.92	9.63	6.26	1.00	2.72	27.10	4.74	<0.01	0.07	<0.01
Cuneo	Piezometro pz1 (agosto 2024)	7.9	294	139.86	42.11	6.90	6.82	5.20	0.75	2.16	24.78	8.26	<0.01	0.07	<0.01
Cuneo	Piezometro pz2 (agosto 2024)	8.1	197	113.13	28.27	4.99	7.44	4.67	5.72	1.45	19.49	4.37	<0.01	0.79	<0.01

Analisi chimico-fisiche del campione raccolto presso la risorgiva del Bosco di Sant'Anselmo e dei due piezometri.

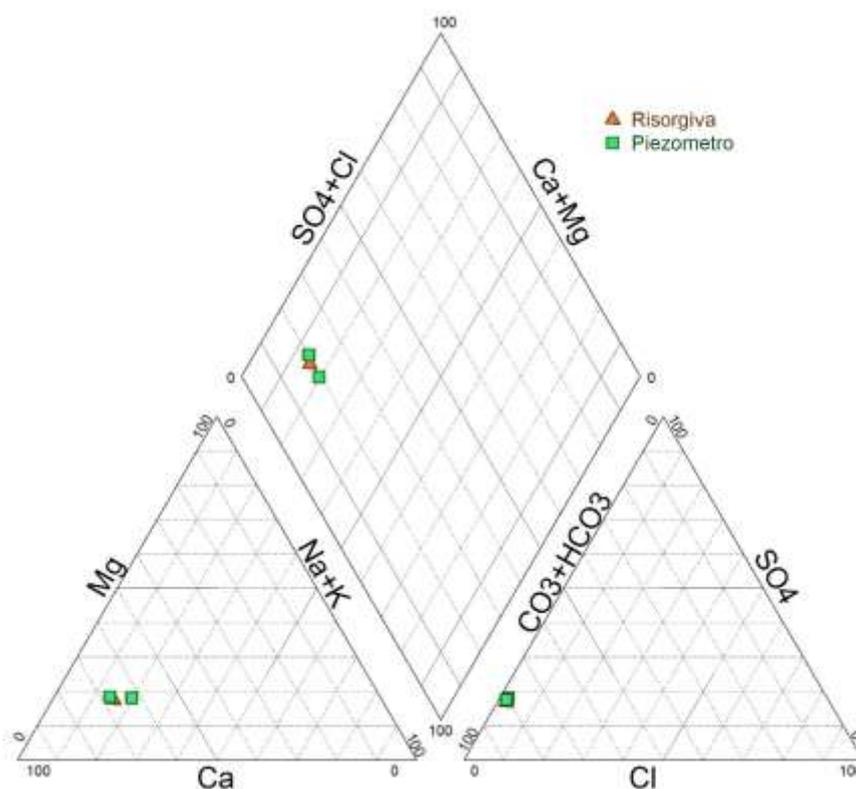


Diagramma di Piper

Immagini satellitari



Immagine satellitare dell'area del Bosco di Sant'Anselmo nel 2023 (15/05/2023).



Immagine satellitare dell'area del Bosco di Sant'Anselmo nel 2022 (11/06/2022).



Immagine satellitare dell'area del Bosco di Sant'Anselmo nel 2021 (30/06/2021).



Immagine satellitare dell'area del Bosco di Sant'Anselmo nel 2020 (29/04/2020).



Immagine satellitare dell'area del Bosco di Sant'Anselmo nel 2017 (21/05/2017).



Immagine satellitare dell'area del Bosco di Sant'Anselmo nel 2015 (24/09/2015).



Immagine satellitare dell'area del Bosco di Sant'Anselmo nel 2014 (26/09/2014).

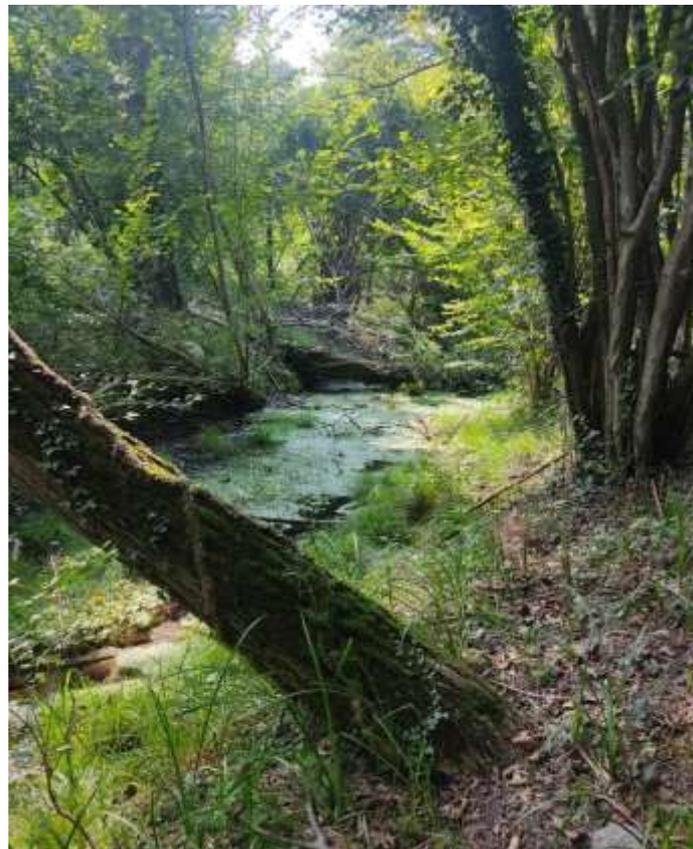


Immagine satellitare dell'area del Bosco di Sant'Anselmo nel 2012 (23/06/2012).



Immagine satellitare dell'area del Bosco di Sant'Anselmo nel 2003 (03/05/2003).

Documentazione fotografica



Sviluppi futuri

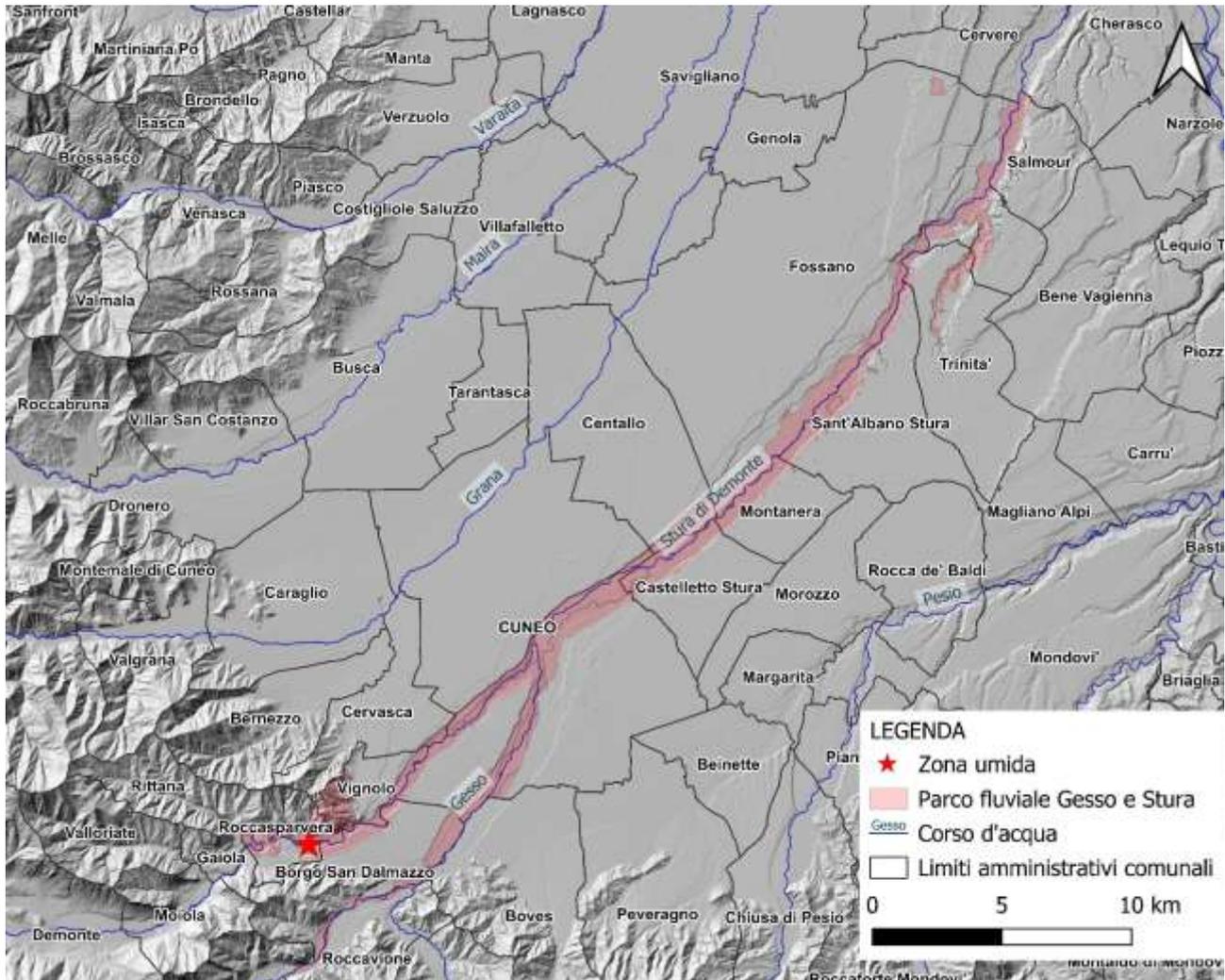
Le considerazioni emerse suggeriscono che la risorgiva in questione nel Bosco di Sant'Anselmo, essendo alimentata dalle acque sotterranee, possa risentire sia delle fluttuazioni stagionali della falda superficiale, sia dell'effetto dei cambiamenti climatici. Un'azione da intraprendere potrà considerare il suo monitoraggio in differenti stagioni, al fine di poterne valutare il comportamento anche nei periodi con scarse precipitazioni.

Un'ulteriore strategia coerente per il mantenimento nel tempo della risorgiva potrà considerare sia l'approfondimento dell'asta della risorgiva sia la programmazione di interventi di manutenzione ordinaria al fine di contrastare il processo di interrimento. L'approfondimento del fondo della depressione permetterà alla falda superficiale di poter affiorare anche nei momenti di maggiore abbassamento.

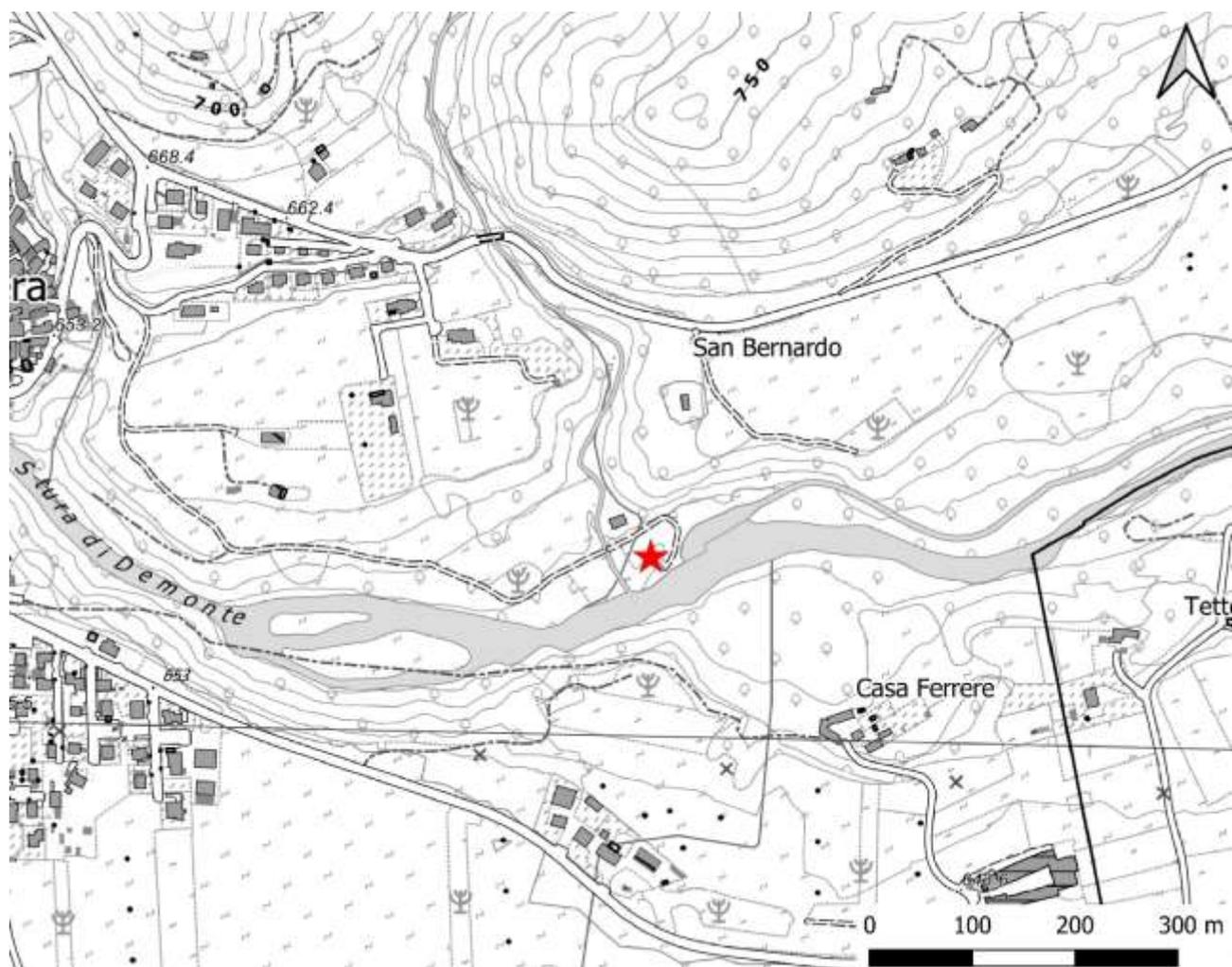
7.9 Stagno di Roccasparvera

Comune	ROCCASPARVERA	Coordinate geografiche (WGS84 UTM 32 N)	Est 376380 Nord 4910718
Tipologia zona umida	Stagno	Quota (m s.l.m.)	607

Inquadramento geografico



Stralcio a scala provinciale con l'ubicazione della zona umida.



Stralcio della Carta Tecnica Regionale con l'ubicazione della zona umida.

Note

La zona umida è rappresentata da uno stagno posto in sinistra idrografica rispetto al Torrente Stura di Demonte, nel comune di Roccasparvera.

In occasione del sopralluogo degli addetti dell'Università di Torino in data 13/05/2025, è stato osservato come lo stagno, costituito da una depressione dalla forma allungata di lunghezza 15 metri circa, fosse privo d'acqua. Tale depressione è posta in un tratto pianeggiante alla base del versante e distante circa 10 metri dall'alveo del Torrente Stura di Demonte. Il fondo della depressione appare ad una quota altimetricamente inferiore rispetto al livello idrometrico del torrente. In aggiunta, è presente un corso d'acqua posto a pochi metri ad ovest rispetto alla depressione, il quale sfocia nel Torrente Stura di Demonte.

I sopralluoghi passati svolti dagli addetti del parco presso la zona umida hanno constatato la perenne presenza di disponibilità idrica nella depressione. Dal punto di vista ecologico, è stata osservata la presenza della Schiribilla di passo.

L'osservazione delle immagini satellitari dell'area riportate nel seguito, disponibili nel periodo 2007-2024, non ha riscontrato modificazioni nell'area.

Tale area è stata verosimilmente antropizzata in occasione della realizzazione nel 1930 della chiesa posta sul torrente presente a breve distanza.

Immagini satellitari



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2024 (14/09/2024).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2022 (11/06/2022).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2021 (30/06/2021).

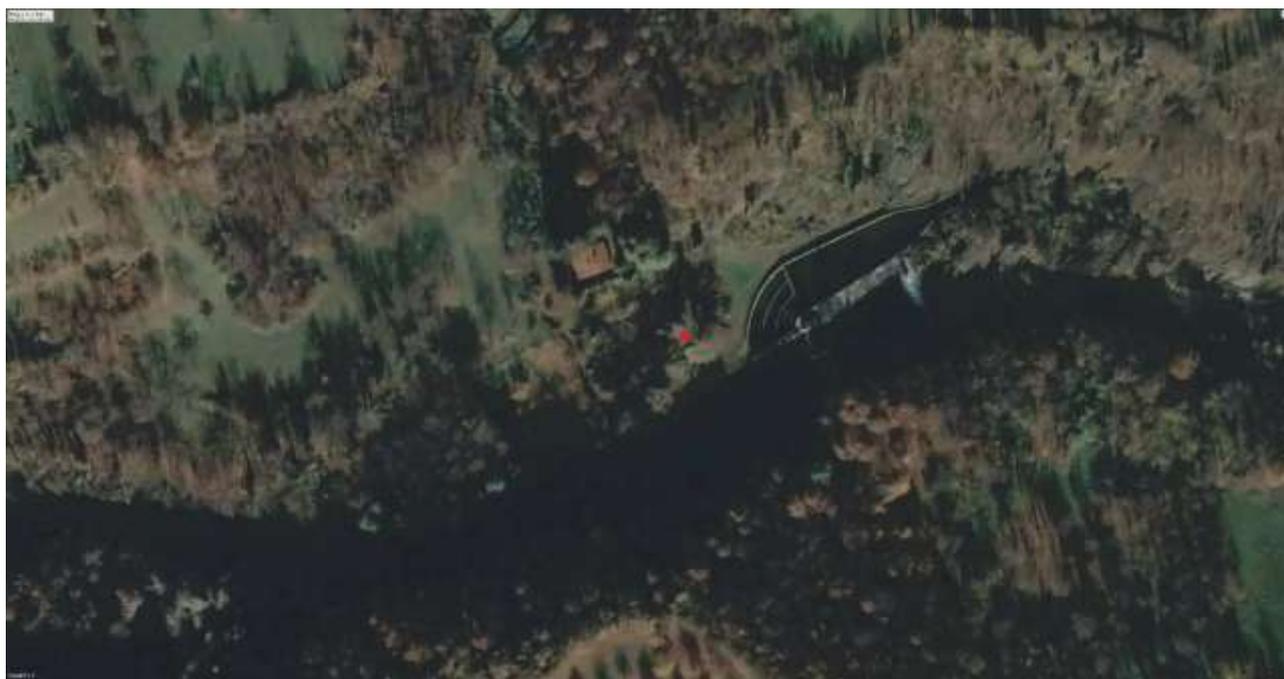


Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2020 (16/11/2020).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2017 (21/05/2017).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2016 (28/07/2016).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2015 (24/09/2015).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2014 (26/09/2014).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2007 (18/07/2007).

Documentazione fotografica



Stagno privo d'acqua al momento del sopralluogo



Torrente Stura di Demonte a ridosso dello stagno



Corso d'acqua limitrofo posto ad ovest il quale sfocia nel Torrente Stura di Demonte

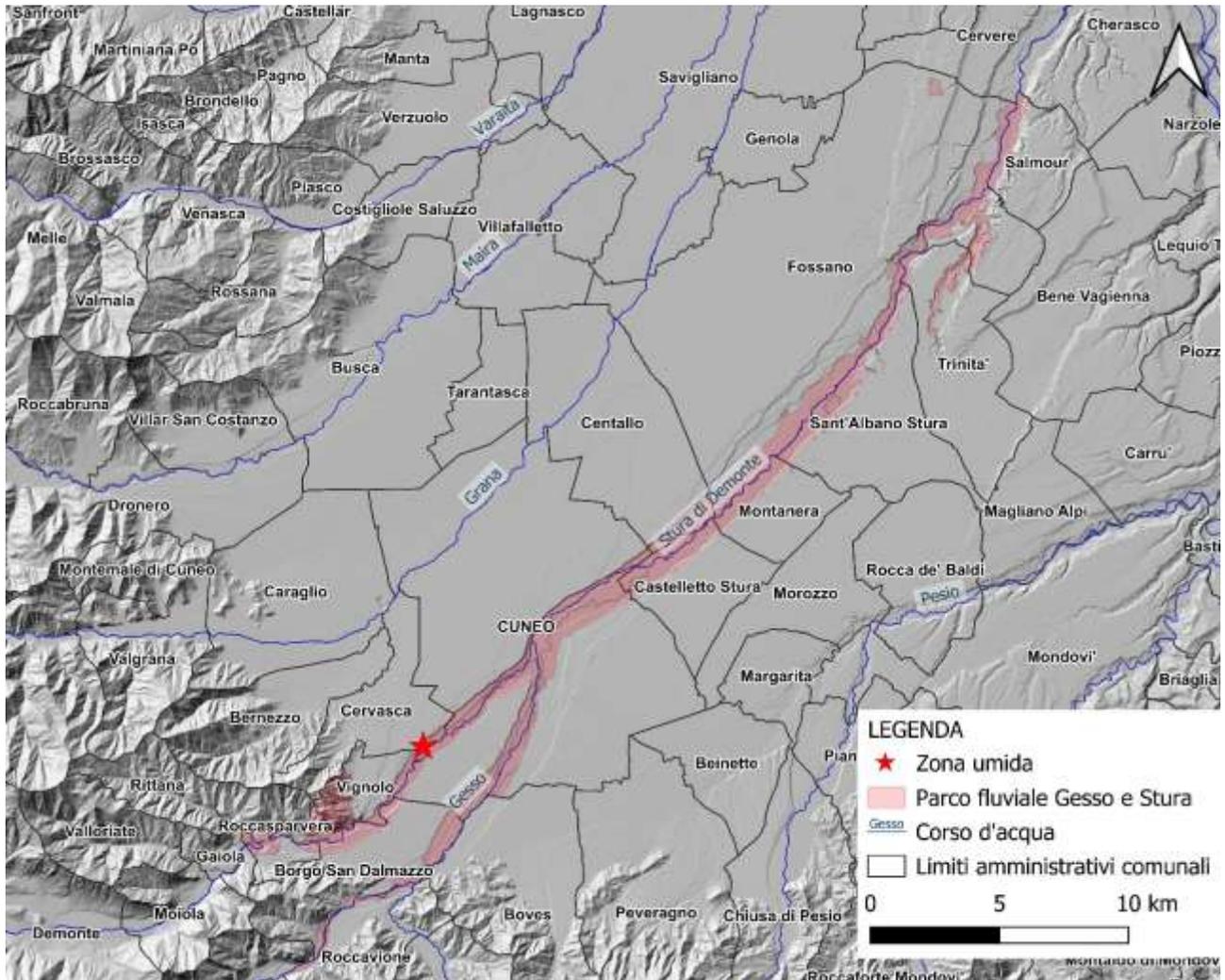
Sviluppi futuri

Le considerazioni emerse suggeriscono come la zona umida in questione risenta delle fluttuazioni stagionali e dei cambiamenti climatici. Una strategia coerente per il mantenimento nel tempo della zona umida potrà considerare sia l'ulteriore approfondimento della depressione sia il convogliamento nella depressione delle acque del corso d'acqua posto ad ovest. L'approfondimento del fondo della depressione faciliterà l'affioramento della falda superficiale anche nei momenti di maggiore abbassamento.

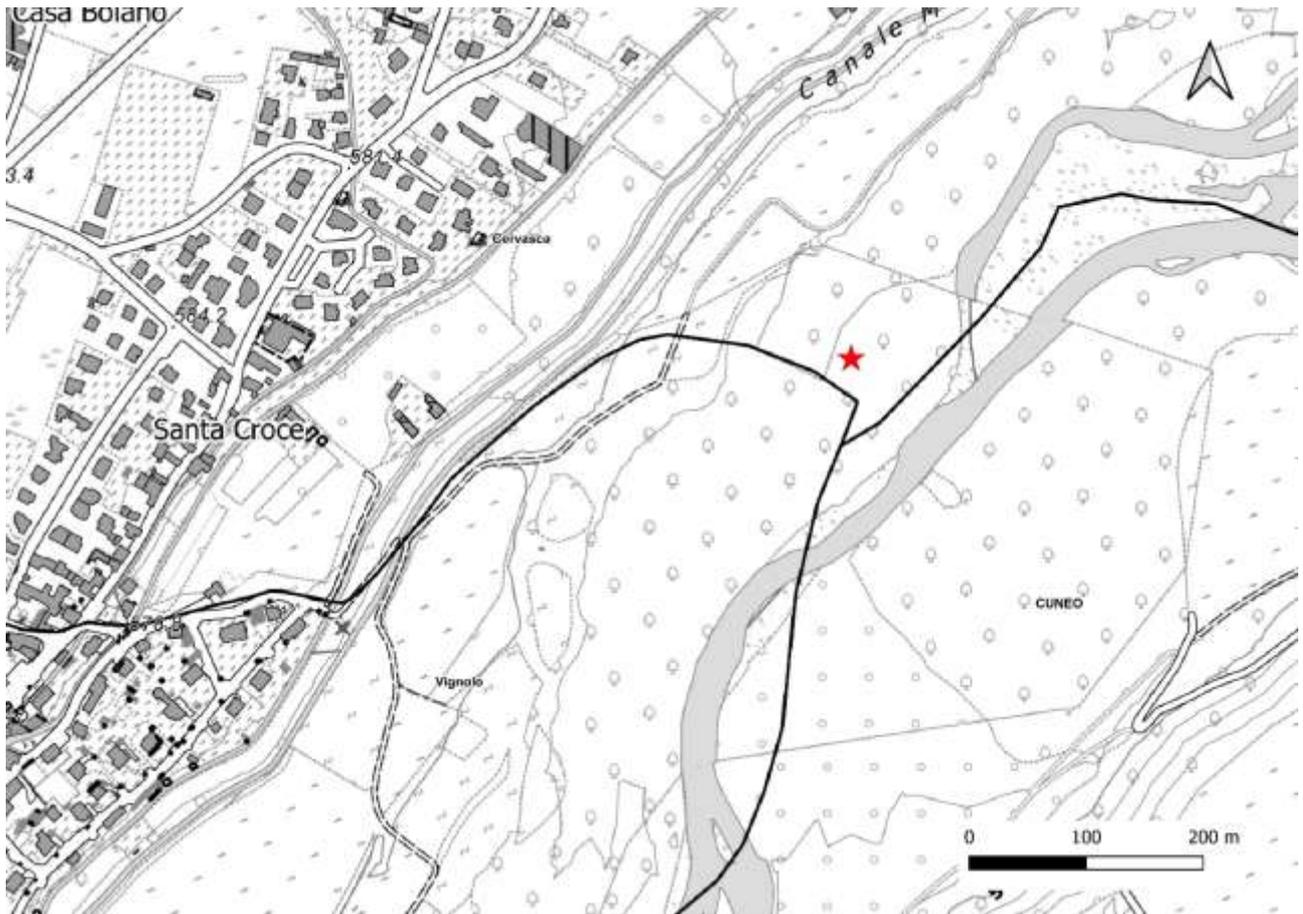
7.10 Risorgiva Santa Croce

Comune	CERVASCA- VIGNOLO	Coordinate geografiche (WGS84 UTM 32 N)	Est 381015 Nord 4914537
Tipologia zona umida	Risorgiva	Quota (m s.l.m.)	543

Inquadramento geografico



Stralcio a scala provinciale con l'ubicazione della zona umida.



Stralcio della Carta Tecnica Regionale con l'ubicazione della zona umida.

Dati rilevati durante i sopralluoghi

Data sopralluogo: 13/05/2025					
Conducibilità elettrolitica (μS/cm)	414	pH	7,4	Temperatura (°C)	12,7

Note

La zona umida è rappresentata da una risorgiva posta in un tratto pianeggiante alla base della scarpata in sinistra idrografica rispetto al Torrente Stura di Demonte, fra i comuni di Cervasca e Vignolo.

In occasione del sopralluogo degli addetti dell'Università di Torino in data 13/05/2025, è stato osservato come la risorgiva vada a costituire un canale. Tale area è stata valorizzata con la realizzazione di un percorso denominato "Parole di Legno".

Gli addetti dell'ente Parco Fluviale Gesso e Stura hanno affermato che, al momento del sopralluogo, non fossero previsti progetti di valorizzazione dell'area, sebbene esista l'intenzione di preservare nel tempo tale zona umida. Dal punto di vista ecologico, è stata ipotizzata la presenza di gamberi di fiume.

L'osservazione delle immagini satellitari dell'area riportate nel seguito, disponibili nel periodo 2007-2023, ha evidenziato un incremento della copertura arborea. Oltre a questa valutazione, non sono state riscontrate modificazioni nell'area.

Le misurazioni effettuate sulla risorgiva da parte degli addetti dell'Università di Torino hanno confermato una prevalente alimentazione da parte delle acque sotterranee, ciò in relazione al valore della conducibilità elettrolitica comparabile col corrispettivo valore presente nell'acquifero superficiale nell'area. In aggiunta, la posizione della zona umida alla base della scarpata avvalorata tale considerazione.

Immagini satellitari



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2023 (15/05/2023) (punto rosso).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2022 (11/06/2022) (punto rosso).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2021 (30/06/2021) (punto rosso).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2020 (16/11/2020) (punto rosso).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2020 (13/10/2020) (punto rosso).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2020 (29/04/2020) (punto rosso).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2017 (21/05/2017) (punto rosso).

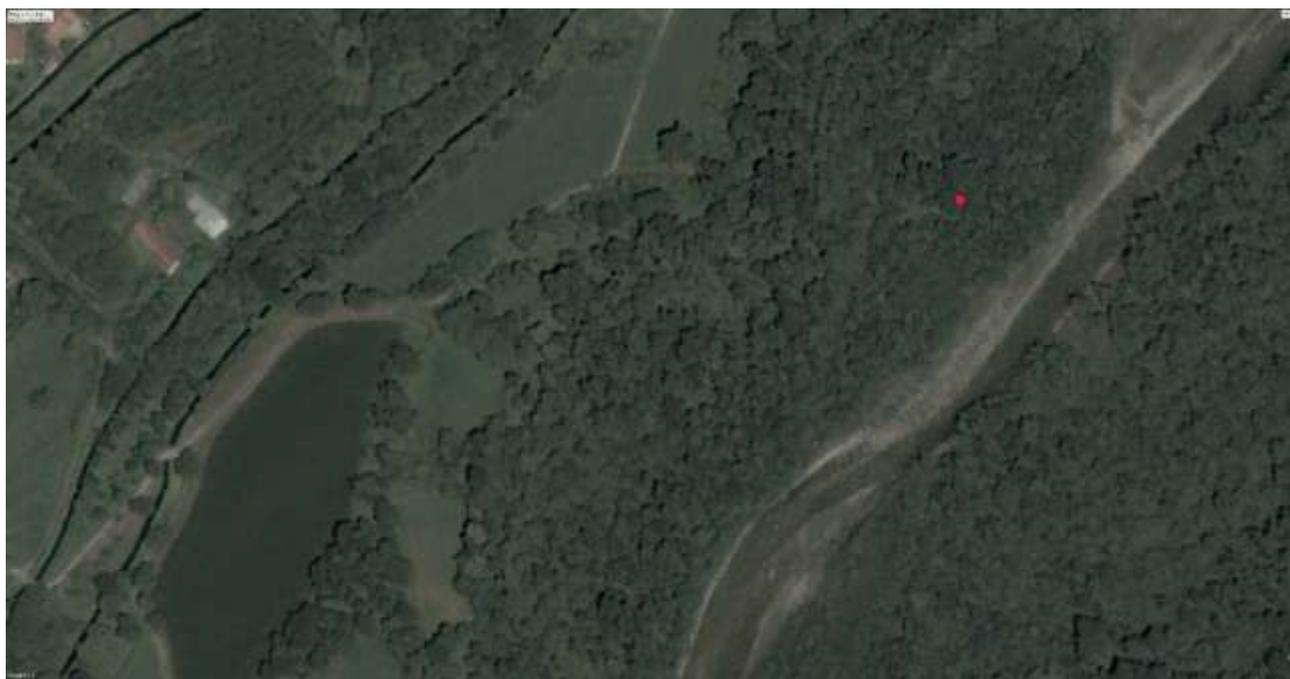


Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2016 (28/07/2016) (punto rosso).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2015 (24/09/2015) (punto rosso).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2014 (26/09/2014) (punto rosso).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2012 (23/06/2012) (punto rosso).

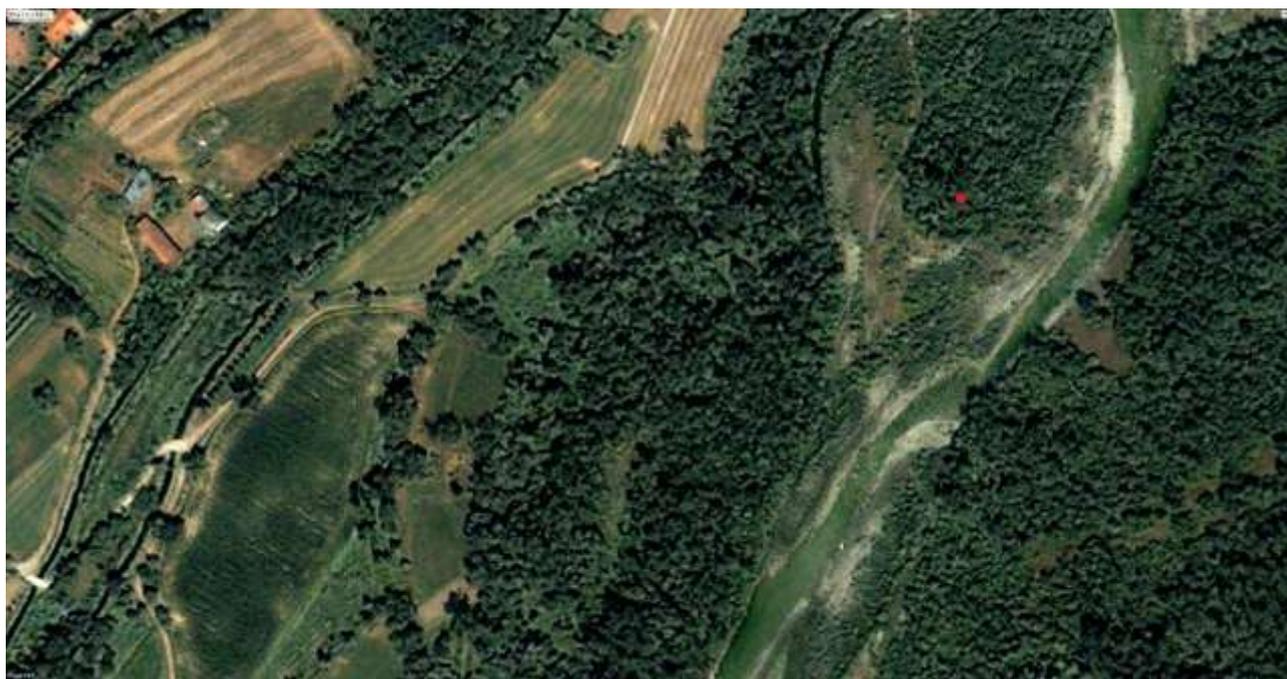


Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2007 (18/07/2007) (punto rosso).

Documentazione fotografica



Tratto del canale alimentato dalle acque risorgive



Tratto del canale alimentato dalle acque risorgive

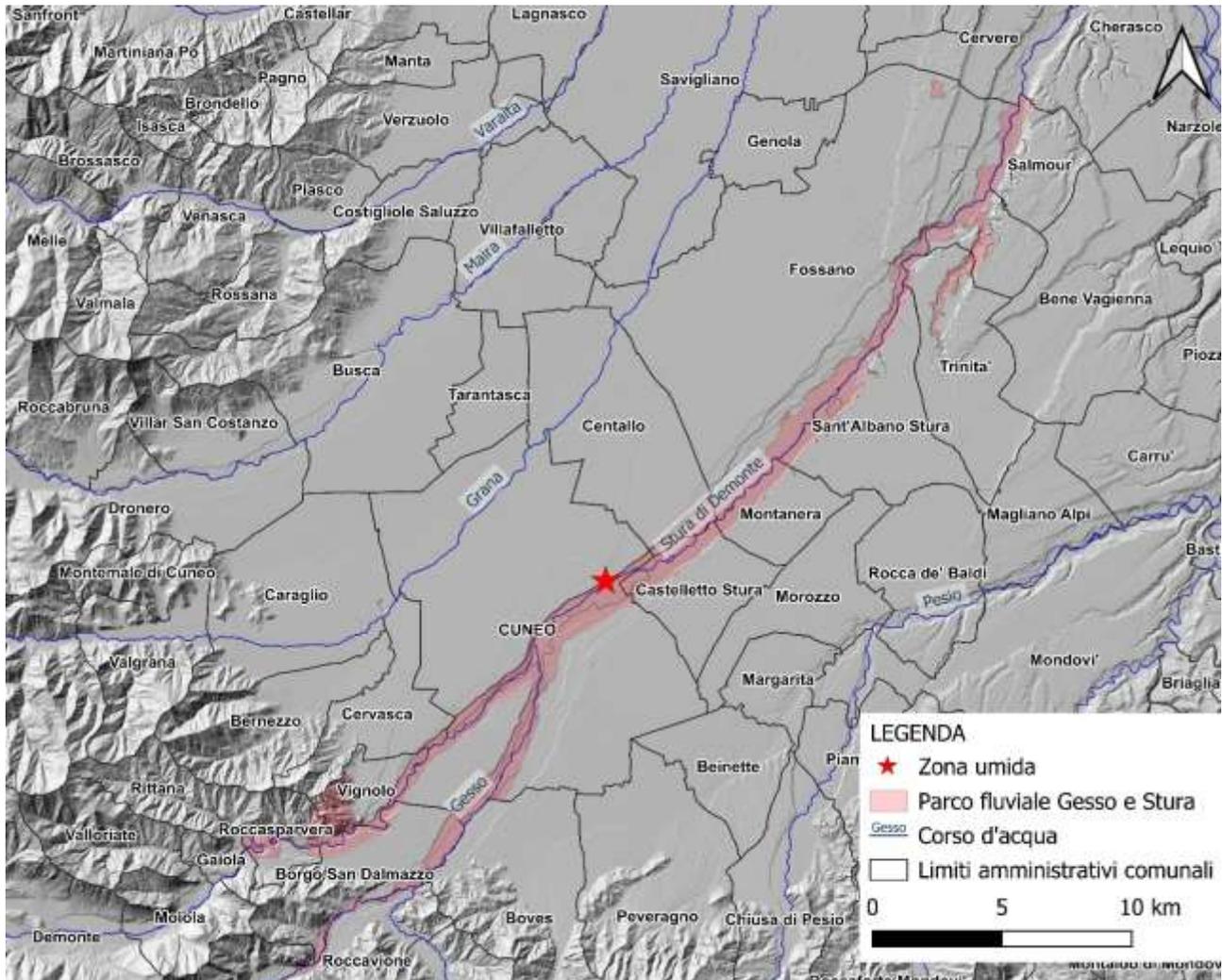
Sviluppi futuri

Le considerazioni emerse suggeriscono come la zona umida in questione possa risentire sia delle fluttuazioni stagionali sia dei cambiamenti climatici. Una strategia coerente per il mantenimento nel tempo della zona umida potrà considerare, qualora vengano a manifestarsi periodi caratterizzati da assenza di disponibilità idrica nella zona umida, l'ulteriore approfondimento del fondo dell'area. L'approfondimento del fondo faciliterà l'affioramento della falda superficiale anche nei momenti di maggiore abbassamento.

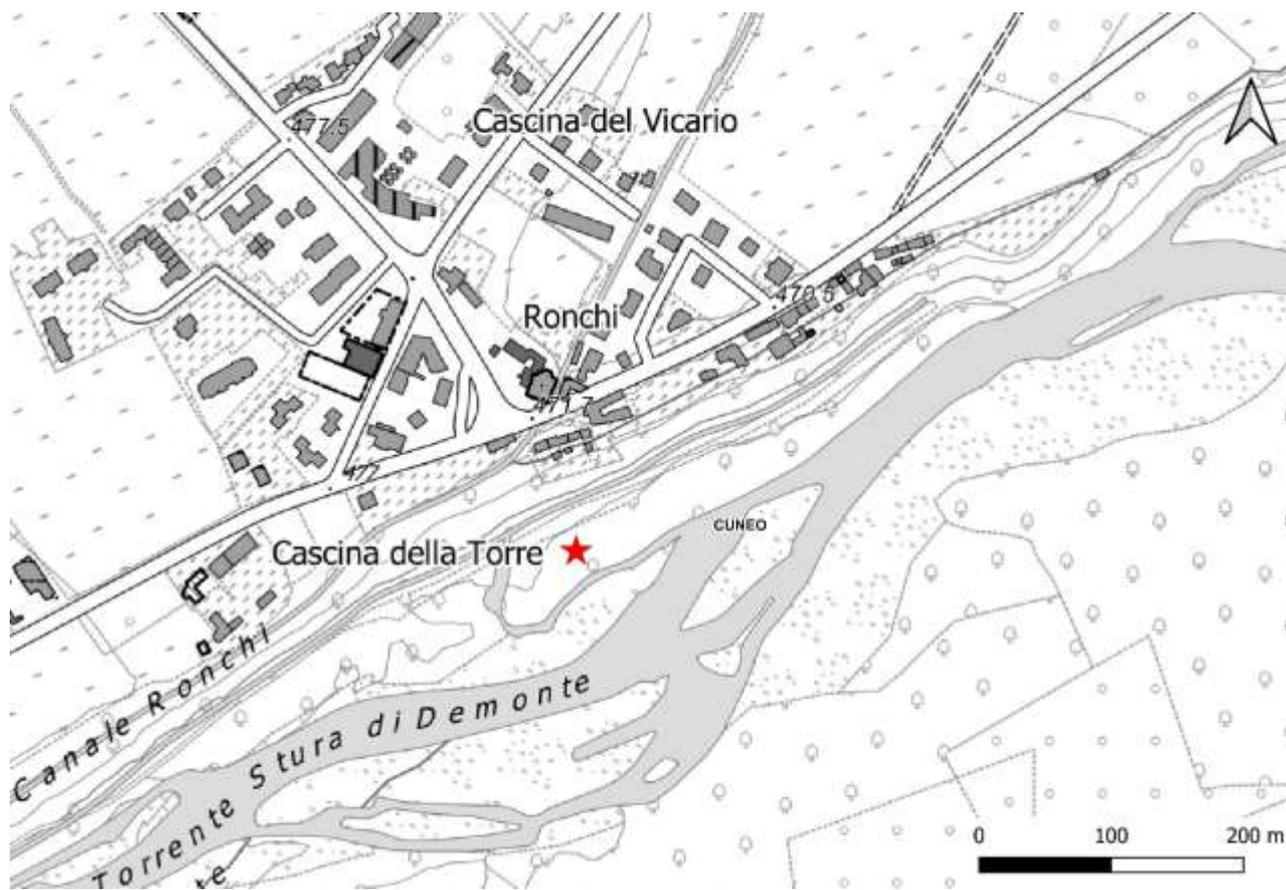
7.11 Risorgiva Ronchi

Comune	CUNEO	Coordinate geografiche (WGS84 UTM 32 N)	Est 387629 Nord 4920866
Tipologia zona umida	Risorgiva	Quota (m s.l.m.)	438

Inquadramento geografico



Stralcio a scala provinciale con l'ubicazione della zona umida.



Stralcio della Carta Tecnica Regionale con l'ubicazione della zona umida.

Dati rilevati durante i sopralluoghi

Data sopralluogo: 13/05/2025					
Conducibilità elettrolitica (µS/cm)	470	pH	7,54	Temperatura (°C)	14,6

Note

La zona umida è rappresentata da una risorgiva posta in un tratto pianeggiante alla base della scarpata in sinistra idrografica rispetto al Torrente Stura di Demonte, nel comune di Cuneo.

In occasione del sopralluogo degli addetti dell'Università di Torino in data 13/05/2025, è stato osservato come la risorgiva sia posta in corrispondenza ad una depressione dalla forma allungata di lunghezza di circa 15 metri posta pressoché alla medesima quota dell'alveo del corso d'acqua. L'area circostante è fittamente densa di vegetazione e attualmente valorizzata da un percorso sentieristico.

In posizione intermedia sulla scarpata è presente un canale mentre, ad ovest della zona umida, è presente un canale scolmatore industriale.

L'osservazione delle immagini satellitari dell'area riportate nel seguito, disponibili nel periodo 2003-2023, ha evidenziato come il percorso del Torrente Stura di Demonte fosse più prossimo alla zona umida. Tale variazione ha portato alla progressiva estensione della copertura arborea nell'area circostante. Oltre a questa valutazione, non sono state riscontrate modificazioni nell'area.

Le misurazioni effettuate sulla risorgiva da parte degli addetti dell'Università di Torino hanno confermato una prevalente alimentazione da parte delle acque sotterranee, ciò in relazione al valore della conducibilità elettrolitica comparabile col corrispettivo valore presente nell'acquifero superficiale nell'area.

Immagini satellitari



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2023 (15/05/2023).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2022 (11/06/2022).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2021 (30/06/2021).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2020 (29/04/2020).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2017 (21/05/2017).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2015 (24/09/2015).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2014 (26/09/2014).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2012 (23/06/2012).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2003 (03/05/2003).

Documentazione fotografica



Area alla base della scarpata dove è presente la zona umida



Dettaglio dello specchio d'acqua

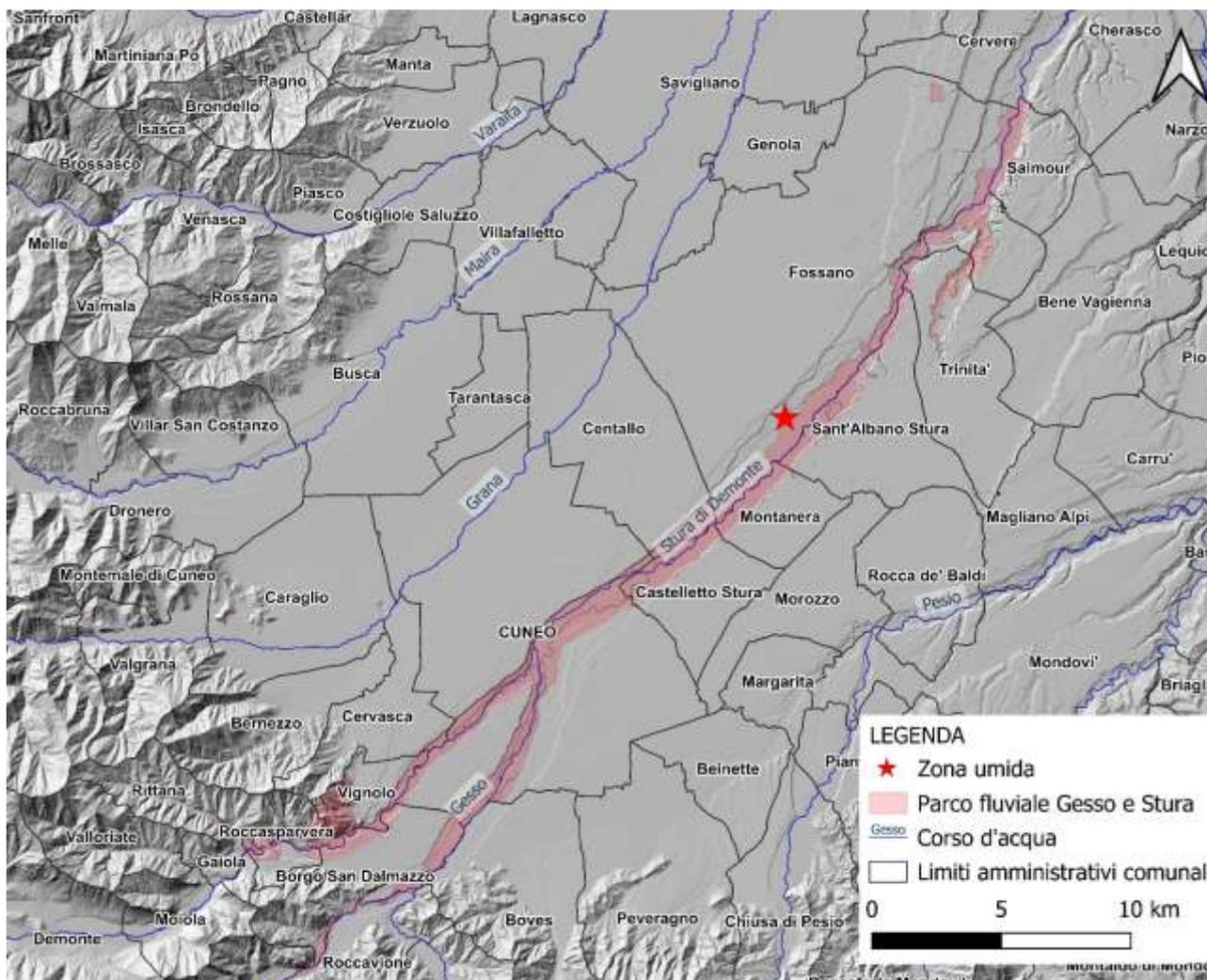
Sviluppi futuri

Le considerazioni emerse suggeriscono che la zona umida in questione possa risentire sia delle fluttuazioni stagionali sia dei cambiamenti climatici. Una strategia coerente per il mantenimento nel tempo della zona umida potrà considerare sia l'ulteriore approfondimento della depressione presente sia il convogliamento nella zona umida delle acque del soprastante canale nei momenti di maggiore abbassamento del livello idrico. L'approfondimento del fondo della depressione permetterà alla falda superficiale di poter affiorare anche nei momenti di maggiore abbassamento.

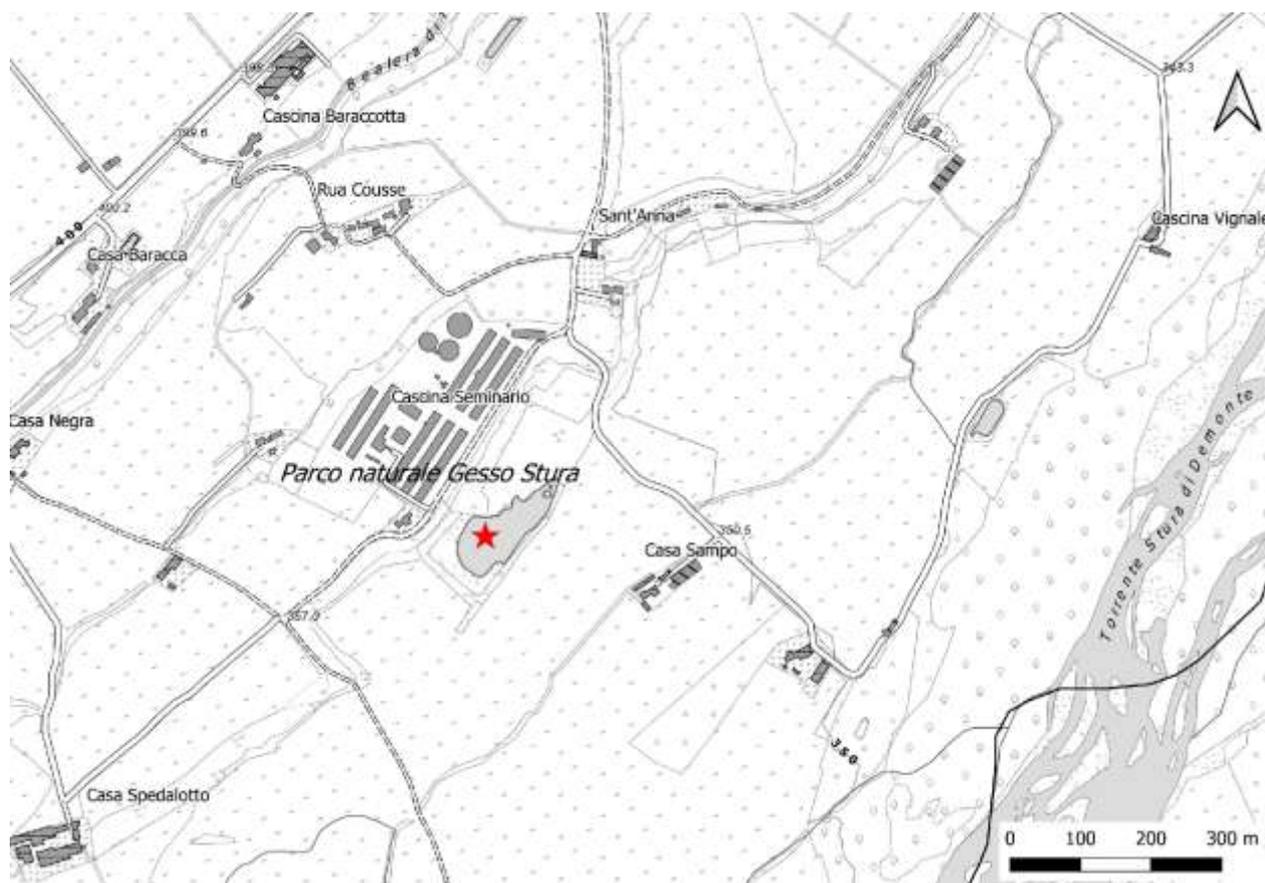
7.12 Lago di Sant'Anna

Comune	FOSSANO	Coordinate geografiche (WGS84 UTM 32 N)	Est 394822 Nord 4927450
Tipologia zona umida	Corpo lacustre	Quota (m s.l.m.)	352

Inquadramento geografico



Stralcio a scala provinciale con l'ubicazione della zona umida.



Stralcio della Carta Tecnica Regionale con l'ubicazione della zona umida.

Dati rilevati durante i sopralluoghi

Data sopralluogo: 13/05/2025					
Conducibilità elettrolitica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	502	pH	7,63	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	20,0

Note

La zona umida è rappresentata da un corpo lacustre posto sulla scarpata in sinistra idrografica rispetto al Torrente Stura di Demonte, nel comune di Fossano. Il corpo lacustre ha un'estensione di 11.000 m², ed è posto a valle di un allevamento intensivo di suini.

In occasione del sopralluogo degli addetti dell'Università di Torino in data 13/05/2025, è stato osservato come il corpo lacustre non abbia canali immissari. Il lato settentrionale è caratterizzato da una fitta vegetazione e copertura arborea mentre, il lato meridionale prossimo ai campi agricoli, è sprovvisto di una quinta arborea in numerosi tratti.

I sopralluoghi passati svolti dagli addetti del parco presso la zona umida hanno riscontrato, dal punto di vista ecologico, l'esistenza del Persico sole e densa presenza di libellule con specie anche rare.

L'ente Parco Fluviale Gesso e Stura ha affermato che in passato l'area era stata attrezzata con capanni per l'osservazione della fauna, attualmente dismessi.

L'osservazione delle immagini satellitari dell'area riportate nel seguito, disponibili nel periodo 2003-2023, ha evidenziato alcune variazioni della disponibilità idrica, con una leggera riduzione nei mesi estivi rispetto ad altri periodi.

Le misurazioni effettuate sul corpo lacustre da parte degli addetti dell'Università di Torino hanno confermato una prevalente alimentazione da parte delle acque sotterranee, ciò in relazione al valore della conducibilità elettrolitica comparabile col corrispettivo valore presente nell'acquifero superficiale nell'area. In aggiunta, tale considerazione è avvalorata osservando la posizione sulla scarpata del corpo lacustre, zona dove la falda superficiale può venire più facilmente a giorno.

Immagine satellitari



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2023 (15/05/2023).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2022 (11/06/2022).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2021 (30/06/2021).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2020 (29/04/2020).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2017 (03/08/2017).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2017 (21/05/2017).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2015 (24/09/2015).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2012 (23/06/2012).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2003 (03/05/2003).

Documentazione fotografica



Lago di Sant'Anna fotografato dal lato meridionale



Presa dalle acque del corpo lacustre per scopi irrigui

Sviluppi futuri

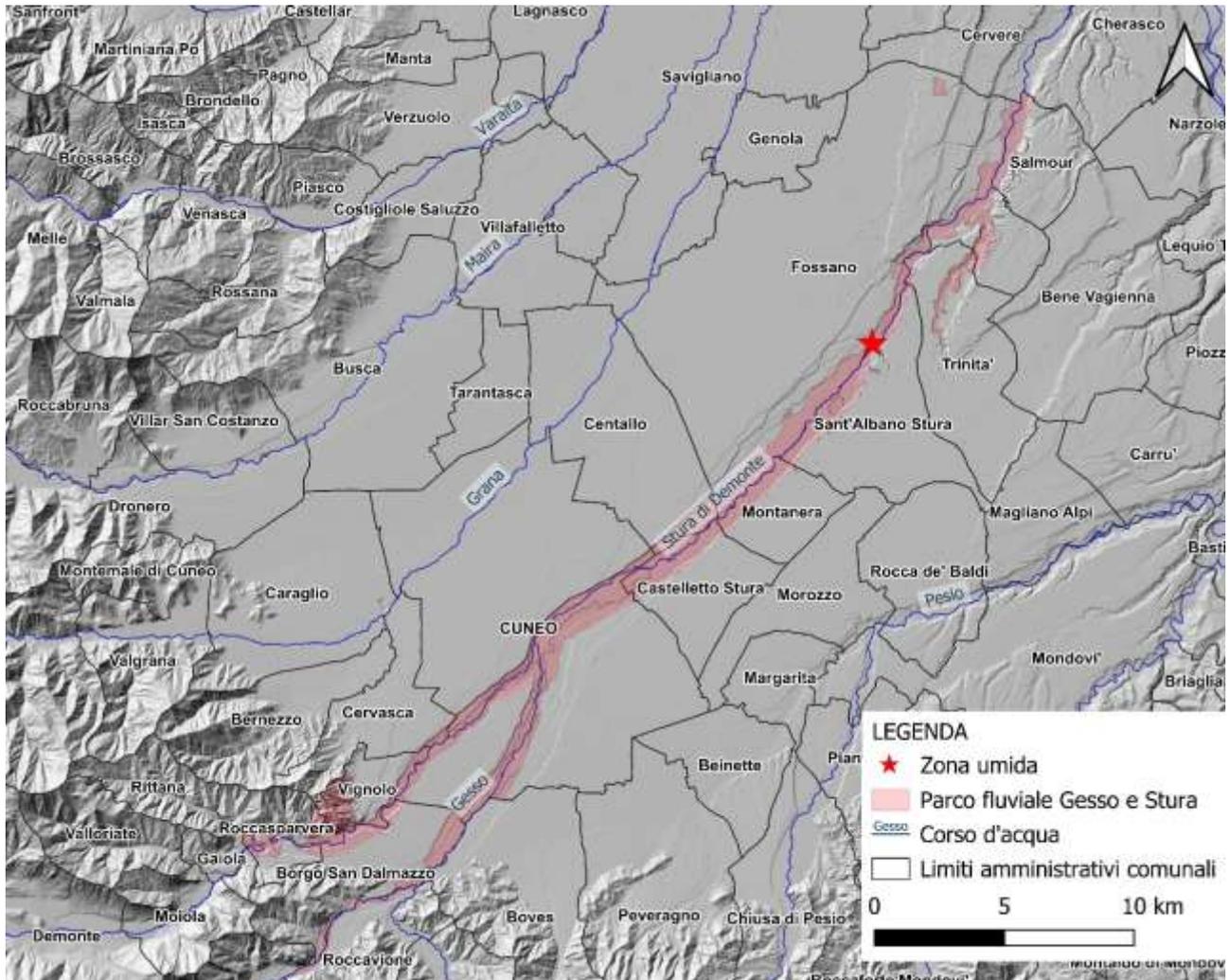
Le osservazioni emerse non evidenziano criticità quantitative legate all'oscillazione stagionale della disponibilità idrica nei corpi lacustri. L'effetto dei cambiamenti climatici può tuttavia portare ad una progressiva riduzione dell'estensione dei corpi lacustri, in risposta al possibile abbassamento graduale della falda superficiale.

Le azioni volte alla preservazione dell'area umida sotto l'aspetto della disponibilità idrica possono prevedere il convogliamento nei corpi lacustri di acque provenienti da canali irrigui, al fine di favorire il mantenimento del livello base anche nei periodi siccitosi. In aggiunta, l'integrazione sul lato meridionale della quinta arborea, così come il ripristino delle infrastrutture per l'osservazione della fauna, rappresentano valide opzioni per la valorizzazione dell'area. La prossimità con altri corpi lacustri ricadenti nel Parco Fluviale Gesso e Stura (San Sebastiano e Cargatera) rendono questo tratto in sinistra idrografica rispetto al Torrente Stura di Demonte un'area preziosa per gli aspetti ecologici. Tali zone umide potrebbero essere interconnesse da un unico percorso sentieristico.

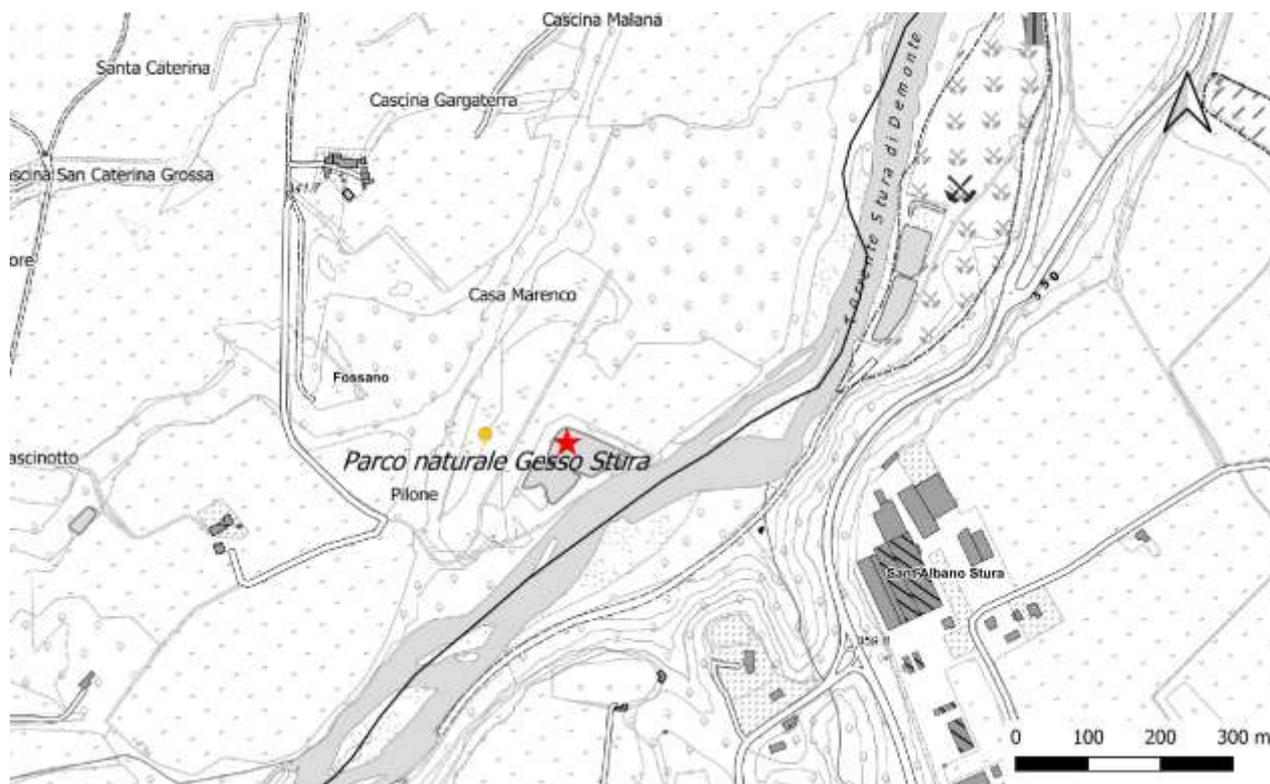
7.13 Lago Cargatera

Comune	FOSSANO	Coordinate geografiche (WGS84 UTM 32 N)	Est 398010 Nord 4930076
Tipologia zona umida	Corpo lacustre	Quota (m s.l.m.)	317

Inquadramento geografico



Stralcio a scala provinciale con l'ubicazione della zona umida.



Stralcio della Carta Tecnica Regionale con l'ubicazione della zona umida. Il punto giallo indica la posizione del piezometro.

Dati rilevati durante i sopralluoghi

LAGO CARGATERA		Data sopralluogo: 13/05/2025			
Conducibilità elettrolitica (µS/cm)	512	pH	7,31	Temperatura (°C)	20,5

PIEZOMETRO		Data sopralluogo: 13/05/2025			
Conducibilità elettrolitica (µS/cm)	404	pH	7,50	Temperatura (°C)	15,7
Soggiacenza (cm)	135				
Franco (cm)	35				

TORRENTE STURA DI DEMONTE		Data sopralluogo: 13/05/2025			
Conducibilità elettrolitica (µS/cm)	254	pH	7,60	Temperatura (°C)	14,1

Note

La zona umida è rappresentata da un corpo lacustre posto in un tratto pianeggiante in sinistra idrografica rispetto al Torrente Stura di Demonte, nel comune di Fossano. Il corpo lacustre, con estensione di 4.800 m², è posto alla medesima quota ed a ridosso del Torrente Stura di Demonte.

In occasione del sopralluogo degli addetti dell'Università di Torino in data 13/05/2025, è stato osservato come nell'area ad ovest rispetto al corpo lacustre sia presente una cava per l'estrazione di inerti. La morfologia delle sponde del corpo lacustre evidenzia caratteristiche riconducibili a precedenti interventi antropici, suggerendo l'origine artificiale del lago, verosimilmente riconducibile ad un lago di cava. Nel tratto pianeggiante interposto fra l'area di estrazione attiva e il corpo lacustre è stato individuato un piezometro per il monitoraggio della falda superficiale.

L'osservazione delle immagini satellitari dell'area riportate nel seguito, disponibili nel periodo 2012-2023, ha evidenziato alcune variazioni della disponibilità idrica, con una leggera riduzione nei mesi estivi rispetto ad altri periodi.

Le misurazioni effettuate sul corpo lacustre da parte degli addetti dell'Università di Torino hanno confermato una prevalente alimentazione da parte delle acque sotterranee, ciò in relazione al valore della conducibilità elettrolitica comparabile col corrispettivo valore presente nell'acquifero superficiale nell'area. In particolare, la misura della conducibilità elettrolitica del corpo lacustre è maggiormente simile a quella effettuata nel piezometro rispetto a quella del Torrente Stura di Demonte, quest'ultima nettamente più bassa. A conferma di questa considerazione, la soggiacenza misurata in corrispondenza al piezometro e il risultante livello piezometrico avvalorano l'ipotesi dell'alimentazione principale del corpo lacustre proveniente dalla falda superficiale.

Immagini satellitari



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2023 (15/05/2023).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2022 (11/06/2022).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2021 (30/06/2021).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2019 (12/11/2019).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2017 (03/08/2017).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2017 (21/05/2017).

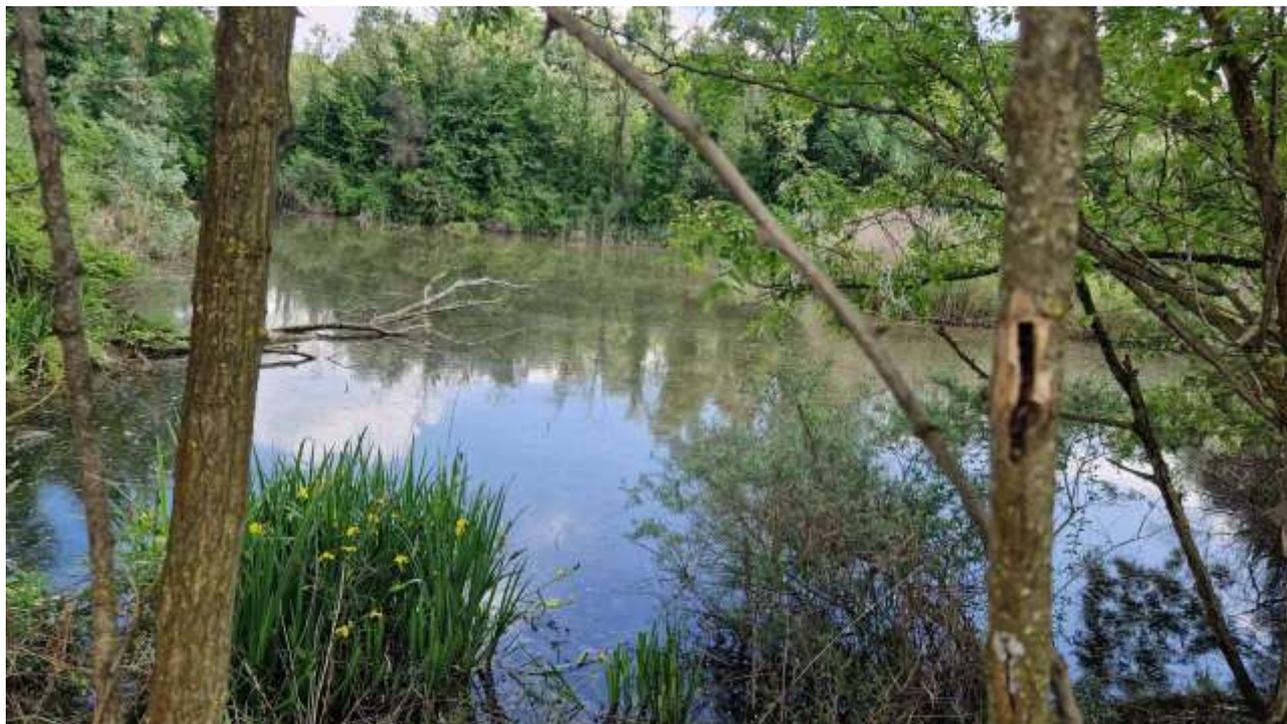


Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2015 (24/09/2015).



Immagine satellitare dell'area circostante la risorgiva nel 2012 (23/06/2012).

Documentazione fotografica



Corpo lacustre Cargatera



Piezometro individuato nell'area pianeggiante a monte



Torrente Stura di Demonte in corrispondenza al corpo lacustre

Sviluppi futuri

Le osservazioni emerse non evidenziano criticità quantitative legate all'oscillazione stagionale della disponibilità idrica nei corpi lacustri. L'effetto dei cambiamenti climatici può tuttavia portare ad una progressiva riduzione dell'estensione dei corpi lacustri, in risposta al possibile abbassamento graduale della falda superficiale.

La prossimità con altri corpi lacustri ricadenti nel Parco Fluviale Gesso e Stura (Sant'Anna e San Sebastiano) rendono questo tratto in sinistra idrografica rispetto al Torrente Stura di Demonte un'area preziosa per gli aspetti ecologici. Tali zone umide potrebbero essere interconnesse da un unico percorso sentieristico.

8. Azioni e gestione integrata per la tutela delle risorse idriche e delle zone umide in risposta al cambiamento climatico

8.1 Introduzione generale

Il cambiamento climatico in atto, manifestato da eventi meteorologici estremi, alterazioni nei regimi pluviometrici e prolungate fasi di siccità o precipitazioni intense, impone un ripensamento profondo delle strategie di gestione delle risorse idriche.

La diminuzione della disponibilità idrica, l'inquinamento delle falde e il degrado delle zone umide richiedono interventi coordinati su scala locale e regionale, con un approccio multidisciplinare e partecipato. La gestione sostenibile della risorsa idrica non può più limitarsi a interventi settoriali, ma deve integrare aspetti ecologici, sociali, economici e tecnologici.

In questo contesto, la protezione e la gestione sostenibile delle risorse idriche – sia superficiali che sotterranee – nonché la conservazione delle zone umide, diventano priorità strategiche per garantire la resilienza dei territori e la sicurezza idrica delle popolazioni.

8.2 Inquadramento idroclimatico e vulnerabilità

In Italia, negli ultimi 30 anni si osserva una riduzione delle precipitazioni annuali, associata a un incremento della temperatura media. Questo ha comportato una maggiore frequenza di annate siccitose, la riduzione della portata dei corsi d'acqua e un abbassamento dei livelli piezometrici in numerose falde. Le aree montane e pedemontane sono particolarmente sensibili a questi cambiamenti, con gravi implicazioni per gli ecosistemi e gli approvvigionamenti idrici a valle. Le previsioni climatiche per le aree alpine e subalpine indicano un aumento delle temperature medie annuali e una riduzione delle precipitazioni nevose, con conseguente riduzione dello stoccaggio idrico naturale. Le falde acquifere sono anche loro vulnerabili a periodi siccitosi. Gli eventi estremi, inoltre, favoriscono fenomeni erosivi e contaminazioni da ruscellamento superficiale. La vulnerabilità idrica è acuita in aree densamente urbanizzate o con forte pressione agricola.

8.3 Criticità del sistema idrico attuale

Il sistema idrico nazionale presenta diverse criticità che ne compromettono l'efficienza e la sostenibilità, soprattutto in un contesto di cambiamenti climatici e aumento della domanda. Una delle problematiche più rilevanti è rappresentata dallo stato obsoleto di molte reti di distribuzione, che in alcune aree del Paese registrano perdite superiori al 35%, con evidenti sprechi di risorsa.

A ciò si aggiunge una forte dipendenza dalle fonti superficiali, in particolare nei mesi estivi, quando la disponibilità idrica cala drasticamente e aumenta il rischio di crisi idriche. Un ulteriore limite è la scarsa diffusione di sistemi di accumulo, sia superficiali (come invasi e bacini) sia sotterranei, che permetterebbero di trattenere l'acqua nei periodi più piovosi per utilizzarla nei momenti di scarsità.

Preoccupa inoltre la crescente pressione sulle falde profonde, spesso non rinnovabili, il cui sfruttamento eccessivo rischia di comprometterne l'equilibrio a lungo termine. A questa situazione si accompagna una gestione poco integrata tra le risorse idriche superficiali e sotterranee, che andrebbero invece pianificate congiuntamente per garantire un uso più efficiente e sostenibile. Infine, permangono importanti lacune nel controllo dei prelievi: molte captazioni non sono censite o avvengono in maniera abusiva, ostacolando una pianificazione corretta e un'equa distribuzione della risorsa.

8.4 Possibili azioni per la gestione e la difesa delle risorse idriche e delle zone umide

Nei paragrafi seguenti verranno descritte sinteticamente le possibili azioni da adottare sia a grande denominatore di scala (regionale e di bacino) sia a scala locale per la gestione e la difesa delle risorse idriche e delle zone umide.

Un concetto fondamentale è che, anche se molto può essere eseguito a scala locale, senza l'adozione anche di misure integrate a grande scala la battaglia per la difesa delle risorse idriche e delle zone umide potrà avere effetti limitati nello spazio e nel tempo.

8.4.1 Misure di risparmio idrico in ambito domestico

Il settore domestico può contribuire in modo significativo alla riduzione dei consumi idrici. Le principali misure comprendono:

- Installazione di rubinetti e docce a basso flusso;
- Sistemi di doppio scarico nei WC;
- Raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana per usi non potabili (irrigazione, pulizia);
- Sensibilizzazione degli utenti tramite campagne informative e sistemi di tariffazione progressiva. Ad esempio, in Germania il programma di certificazione "Blaue Engel" (<https://www.blauer-engel.de/en>) promuove elettrodomestici e dispositivi a basso consumo idrico, con risparmi fino al 30% sui consumi medi.

8.4.2 Misure di risparmio idrico in agricoltura

L'irrigazione rappresenta uno dei principali usi della risorsa idrica in Italia, con impatti rilevanti sul bilancio idrico, soprattutto in aree a vocazione agricola intensiva come la Pianura Padana e il Tavoliere delle Puglie. Di fronte all'aumento della variabilità climatica e alla crescente competizione tra usi, risulta prioritario adottare tecniche di irrigazione più efficienti, in grado di garantire rese produttive soddisfacenti con un impiego ridotto di risorsa idrica.

Tra le soluzioni più efficaci si segnalano:

- Irrigazione a goccia o microirrigazione, che permette di somministrare l'acqua in modo localizzato e controllato, riducendo drasticamente le perdite per evaporazione e percolazione profonda;

- Irrigazione a turni, programmata sulla base di dati meteorologici, stato idrico del suolo e fabbisogni colturali, al fine di evitare sprechi e irrigazioni inutili;
- Introduzione di colture meno idroesigenti o più adattate al contesto climatico locale, così da contenere la domanda idrica stagionale;
- Utilizzo di coperture vegetali e pacciamature, per ridurre l'evaporazione dal suolo e migliorare la conservazione dell'umidità.

Un esempio virtuoso è rappresentato dall'Emilia-Romagna, dove è stato sviluppato il sistema IRRINET, una piattaforma web gratuita che supporta oltre 12.000 aziende agricole nella gestione razionale dell'irrigazione. IRRINET utilizza dati meteorologici, caratteristiche pedologiche e colturali per calcolare il bilancio idrico del suolo, fornendo indicazioni giornaliere su quando e quanto irrigare. Questo sistema ha permesso un risparmio stimato di circa 90 milioni di metri cubi d'acqua all'anno, pari al 20% della domanda irrigua regionale. A partire da questa esperienza è nato il progetto nazionale IRRIFRAME, promosso da ANBI e riconosciuto dal Ministero dell'Ambiente nel 2014 (https://www.irriframe.it/irriframe/home/index_er).

Accanto all'efficienza, va però considerato anche il valore idrologico dell'irrigazione superficiale. In molte pianure irrigue italiane, come la Pianura Padana o il Veneto orientale, l'irrigazione tradizionale a scorrimento e l'uso di canali non impermeabilizzati contribuiscono in modo significativo alla ricarica naturale degli acquiferi superficiali.

Infatti:

- I canali non rivestiti favoriscono l'infiltrazione delle acque di irrigazione, contribuendo a mantenere attivi i livelli di falda, soprattutto in estate;
- L'irrigazione a scorrimento, se ben gestita e calibrata, può funzionare non solo come pratica produttiva ma anche come strumento di ricarica artificiale diffusa, utile per compensare i deficit idrici stagionali.

L'abbandono di queste pratiche in favore del prelievo diretto da pozzi, spinto spesso dall'idea di efficienza, può rivelarsi controproducente in chiave ambientale. L'eccessivo ricorso all'irrigazione da falda, infatti, riduce la ricarica sotterranea, contribuisce al depauperamento delle risorse idriche sotterranee e all'abbassamento piezometrico.

È quindi fondamentale valutare tutti gli aspetti legati alla gestione dell'irrigazione, bilanciando l'efficienza nell'uso della risorsa idrica con le sue funzioni ambientali e idrologiche. Se da un lato le tecnologie moderne permettono di ridurre significativamente i consumi idrici e ottimizzare la produttività agricola, dall'altro è essenziale non trascurare il ruolo strategico che alcune pratiche tradizionali svolgono nella ricarica degli acquiferi e nella regolazione del ciclo idrico locale. L'approccio più sostenibile, dunque, non consiste nell'adottare un'unica soluzione, ma nel costruire un sistema integrato e flessibile, capace di adattarsi alle specificità territoriali, climatiche e colturali.

8.4.3 Misure di risparmio idrico in ambito industriale

In ambito industriale, particolare attenzione viene riservata all'adozione di pratiche sostenibili per una gestione efficiente delle risorse idriche. Tra le misure promosse rientra innanzitutto il riutilizzo, all'interno del ciclo produttivo, delle acque reflue opportunamente trattate, contribuendo così alla riduzione dei prelievi idrici esterni. Si incoraggia inoltre l'utilizzo di circuiti chiusi per il raffreddamento degli impianti, al fine di minimizzare gli sprechi e ottimizzare i consumi.

Un'altra strategia adottata riguarda l'impiego delle acque meteoriche, raccolte e opportunamente filtrate, per operazioni di lavaggio e per i servizi ausiliari, riducendo ulteriormente la dipendenza da fonti idriche convenzionali.

Infine, molte aziende scelgono di effettuare audit idrici, strumenti fondamentali per monitorare e migliorare l'uso dell'acqua nei processi produttivi. Questi audit sono spesso associati a sistemi di

certificazione ambientale, come l'EMAS o la ISO 14046, che consente di calcolare e gestire l'impronta idrica aziendale in modo trasparente e conforme agli standard internazionali.

8.4.4 Raccolta e uso dell'acqua piovana

La raccolta e l'utilizzo dell'acqua piovana rappresentano una soluzione efficace e sostenibile per ridurre il consumo di risorse idriche. Attraverso appositi sistemi di stoccaggio, l'acqua piovana può essere accumulata e successivamente utilizzata per scopi non potabili, come l'irrigazione dei giardini, il lavaggio delle superfici esterne o lo scarico dei WC.

Questi sistemi possono essere integrati sia in ambito domestico che industriale, contribuendo a una gestione più efficiente dell'acqua. L'adozione di tali soluzioni permette, tra l'altro, di diminuire significativamente la pressione sulle falde acquifere, contribuendo alla loro conservazione nel tempo.

8.4.5 Recupero e riuso delle acque reflue

Il recupero e il riuso delle acque reflue depurate rappresentano una strategia fondamentale per una gestione più sostenibile delle risorse idriche. Attraverso processi di trattamento che ne garantiscono la sicurezza sanitaria, queste acque possono essere reintrodotti in diversi ambiti, riducendo il prelievo da fonti naturali e contribuendo alla tutela dell'ambiente.

Il riutilizzo controllato delle acque reflue permette, ad esempio, di alleviare la pressione su fiumi, laghi e altre risorse idriche naturali. Inoltre, queste acque possono essere impiegate per l'irrigazione in agricoltura, per usi industriali o per contribuire alla ricarica delle falde acquifere. Anche in ambito urbano trovano impiego utile, ad esempio per il lavaggio delle strade o l'irrigazione di parchi e aree verdi. In questo modo, si crea un ciclo virtuoso che consente di valorizzare ogni goccia d'acqua, nel rispetto delle normative e della salute pubblica.

Ad esempio, il progetto RERARIA (Reperimento e Razionalizzazione di Risorse Idriche Alternative) (https://www.sardegnaagricoltura.it/documenti/14_43_20080207120019.pdf), realizzato in Sardegna, mira a recuperare e riutilizzare acque reflue urbane trattate per usi irrigui in agricoltura. Prevede la costruzione di un impianto pilota di fitodepurazione denominato zeolite-wetland, una tecnologia innovativa a basso costo e impatto ambientale, per garantire acqua di qualità e ridurre la dipendenza da risorse idriche convenzionali. Il progetto punta alla sostenibilità ambientale, economica e sociale, contribuendo al risparmio idrico, alla tutela dei suoli e alla lotta alla desertificazione, educando al tempo stesso le comunità locali a una nuova "cultura dell'acqua".

8.4.6 Riduzione delle perdite idriche nelle reti

Uno degli aspetti più critici della gestione dell'acqua in Italia riguarda le perdite nelle reti acquedottistiche, che rappresentano una vera e propria emorragia di risorsa preziosa. Secondo i dati ISTAT (2025), oltre il 35% dell'acqua immessa in rete non raggiunge gli utenti finali, disperdendosi a causa di guasti, rotture, deterioramento delle condotte e mancanza di manutenzione. In alcune aree del Sud Italia o in piccoli comuni montani, le perdite superano addirittura il 50%.

Questa situazione non solo compromette l'efficienza del sistema idrico, ma aggrava anche la pressione sugli acquiferi sotterranei, da cui proviene buona parte dell'acqua potabile, rendendo indispensabile un cambio di paradigma nella gestione delle reti.

Per affrontare il problema, sono necessarie misure integrate e tecnologicamente avanzate, tra cui:

- Mappatura dettagliata delle reti tramite sistemi GIS (Geographic Information System) e indagini geofoniche, che permettono di localizzare con precisione i punti di dispersione, anche in profondità, facilitando una manutenzione più mirata e tempestiva;
- Distrettualizzazione idraulica (DMA), ovvero la suddivisione della rete in piccoli settori omogenei (distretti), ciascuno dotato di strumenti per il monitoraggio dei flussi. Questo approccio consente di identificare rapidamente anomalie, ridurre i tempi di intervento e ottimizzare la gestione della pressione;
- Implementazione di sistemi di monitoraggio in tempo reale, basati su sensori intelligenti, telecontrollo e intelligenza artificiale, in grado di fornire dati aggiornati sui consumi, le portate e le perdite, migliorando la capacità di diagnosi e prevenzione.

Questi strumenti, se accompagnati da investimenti pubblici e da una governance efficiente, possono portare a risultati concreti. Un esempio virtuoso è quello dell'Ambito Territoriale Ottimale (ATO) 3 Lazio Centrale, dove, grazie a interventi strutturali e all'utilizzo di tecnologie digitali, le perdite idriche sono state ridotte di oltre il 15% in soli quattro anni, con benefici evidenti anche sul fronte economico e ambientale (<https://www.acquapubblicasabina.it/index.php/comunicazione/306-aps-assegnati-ad-ato-3-lazio-centrale-i-fondi-incrementali-del-pnrr-per-la-riduzione-delle-perdite-idriche>).

La riduzione delle perdite di rete rappresenta quindi una priorità non solo tecnica, ma anche culturale e strategica, in un contesto in cui ogni litro d'acqua risparmiato può fare la differenza per l'adattamento ai cambiamenti climatici, la tutela degli ecosistemi e la sicurezza idrica delle comunità.

8.4.7 Incremento della copertura vegetale

L'incremento della copertura vegetale, sia arborea che arbustiva, rappresenta una strategia efficace per migliorare la gestione del territorio e contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici. La presenza di vegetazione, infatti, favorisce l'infiltrazione dell'acqua nel suolo, limita i fenomeni di evaporazione e contribuisce a mitigare le cosiddette isole di calore, soprattutto in contesti urbani e agricoli. In questo ambito, vengono promossi diversi interventi mirati. Tra questi, si possono evidenziare i seguenti:

- Rimboschimenti in alta quota con specie autoctone, che rafforzano la resilienza degli ecosistemi montani e migliorano la stabilità del suolo;
- Siepi multifunzionali in ambito agricolo, che svolgono un ruolo importante nella protezione dei campi, nella promozione della biodiversità e nella gestione sostenibile delle risorse idriche;
- Prati permanenti nei versanti collinari o montani più esposti, che contribuiscono alla riduzione del ruscellamento superficiale e all'incremento della capacità di trattenere l'acqua;
- Inverdimento di superfici urbane come tetti e facciate, soluzione che migliora il microclima e riduce il fabbisogno energetico degli edifici.
- Incentivi PAC (Politica Agricola Comune) per l'agroforestazione, favorendo sistemi produttivi che integrano alberi e colture, con benefici sia ambientali che economici.

Ad esempio, il progetto "Forestami" (<https://forestami.org/chi-siamo/il-progetto/>) nella Città Metropolitana di Milano ha l'obiettivo di piantare 3 milioni di alberi entro il 2030, contribuendo anche alla ricarica della falda freatica.

8.4.8 Gestione degli acquiferi e tutela e monitoraggio delle falde

La gestione sostenibile degli acquiferi è essenziale per preservare le risorse idriche sotterranee, soprattutto in un contesto di crescente pressione dovuta ai cambiamenti climatici e all'aumento della domanda. Per assicurare un utilizzo responsabile di queste riserve, è innanzitutto necessario:

- acquisire una conoscenza approfondita della loro struttura, dei meccanismi di ricarica e del bilancio idrico complessivo;
- predisporre piani di monitoraggio piezometrico e chimico utili per valutare l'evoluzione del livello e della qualità delle acque sotterranee nel tempo. L'installazione di reti di monitoraggio consentono di rilevare in tempo reale eventuali variazioni nel livello delle falde e nella composizione chimica, al fine di prevenire contaminazioni e sovrasfruttamento;
- limitare le estrazioni nei periodi critici per evitare fenomeni di sovrasfruttamento e il conseguente abbassamento del livello delle falde;
- promuovere tecniche di ricarica artificiale (Managed Aquifer Recharge – MAR), che consistono nell'immissione controllata di acqua nel sottosuolo per ripristinare le riserve e migliorare la resilienza del sistema idrico. Le tecniche includono le trincee drenanti e bacini di infiltrazione, i pozzi di iniezione con acqua pretrattata, l'infiltrazione da canali irrigui stagionali. La ricarica artificiale rappresenta una strategia utile, ma necessariamente con effetti solo locali, per contrastare l'abbassamento dei livelli piezometrici in zone con criticità particolari. Ad esempio, il progetto europeo LIFE REWAT (<https://www.liferewat.eu/>) ha sperimentato con successo l'infiltrazione controllata tramite trincee e bacini su terreni sabbiosi della Val di Cornia (Toscana). Inoltre, il progetto europeo MARSOL (https://distrettoalpiorientali.it/wp-content/uploads/2023/02/Ferri_Scarinci_mestre_10_06_2015.pdf) ha testato la tecnica della ricarica artificiale della falda MAR in otto siti pilota tra Grecia, Portogallo, Spagna, Malta, Italia e Israele, usando diverse fonti idriche (acque reflue trattate, fluviali, desalinizzate). Gli obiettivi includevano la mitigazione degli effetti del cambiamento climatico, il ripristino degli acquiferi sovrasfruttati, il contrasto all'intrusione salina e l'aumento della disponibilità d'acqua per usi agricoli, industriali e civili. Il progetto mirava a dimostrare che il MAR è una soluzione sicura, sostenibile e replicabile, producendo linee guida tecniche, economiche e legali per la sua diffusione;
- delimitare e salvaguardare le aree di ricarica ovvero l'identificazione delle zone in cui l'acqua piovana si infiltra nel suolo e alimenta le falde, con l'adozione di vincoli e misure di protezione contro l'impermeabilizzazione e l'inquinamento diffuso;
- prestare particolare attenzione alle attività estrattive e ai processi di urbanizzazione nelle aree più vulnerabili. In questi casi, è fondamentale effettuare una valutazione preventiva dell'impatto ambientale di cave, miniere, costruzioni e nuovi insediamenti, al fine di individuare eventuali criticità e adottare misure di mitigazione adeguate. L'obiettivo è quello di tutelare l'integrità delle falde acquifere, limitando o regolando gli interventi in funzione della sensibilità del territorio e della necessità di salvaguardarne le risorse idriche nel lungo periodo.

Inoltre, la tutela delle acque sotterranee non può prescindere dalla protezione qualitativa degli acquiferi, che costituiscono una risorsa strategica per l'approvvigionamento idrico umano, agricolo ed ecosistemico. Oltre alla quantità, infatti, è sempre più urgente affrontare il tema del degrado qualitativo delle falde, compromesse da fenomeni di inquinamento diffuso che mettono a rischio la salubrità e la disponibilità a lungo termine della risorsa idrica.

Molti ecosistemi umidi e le stesse falde acquifere soffrono, oltre che per la ridotta ricarica a causa della siccità, anche per l'introduzione progressiva di inquinanti di origine antropica, tra cui spiccano:

- nitrati e pesticidi provenienti dall'agricoltura intensiva, che si infiltrano nel suolo e raggiungono le acque sotterranee, alterandone l'equilibrio chimico;
- scarichi non trattati o non conformi, provenienti da insediamenti rurali o impianti depurativi obsoleti, che rilasciano sostanze nocive direttamente nei corpi idrici o nei terreni circostanti;

- rifiuti abbandonati e microplastiche, che si accumulano in superficie ma, con il tempo, possono penetrare nei suoli e contaminare gli strati profondi. Per contrastare questi fenomeni, è necessario adottare un approccio integrato che unisca misure di prevenzione, mitigazione e controllo. Tra gli strumenti più efficaci figurano:
 - le fasce tampone vegetate (buffer strips): si tratta di strisce di vegetazione permanente poste tra le superfici coltivate e i corsi d'acqua. Queste aree fungono da filtro naturale, trattenendo sedimenti, nutrienti e pesticidi prima che raggiungano i corpi idrici superficiali o si infiltrino verso la falda. L'adozione delle fasce tampone è prevista come misura obbligatoria nei Piani di Gestione dei Distretti Idrografici, in linea con gli obiettivi della Direttiva Quadro sulle Acque.
 - sistemi di fitodepurazione e tecnologie naturali per il trattamento delle acque reflue in ambito rurale: impianti a flusso verticale o orizzontale, costruiti con substrati inerti e piante acquatiche, consentono di depurare le acque in modo ecologico, riducendo il carico organico e chimico prima dell'immissione nel suolo o nei corpi idrici. Questi sistemi sono particolarmente adatti per piccoli insediamenti agricoli, agriturismi e aree marginali.
 - controlli rigorosi e sanzioni per le violazioni ambientali: l'efficacia delle misure di tutela dipende anche dalla capacità di monitorare e sanzionare comportamenti scorretti. È fondamentale rafforzare la collaborazione tra enti come ARPA, i consorzi di bonifica e gli enti locali, per garantire controlli puntuali su scarichi, prelievi non autorizzati e gestione dei rifiuti.

8.4.9 Controllo e censimento dei prelievi idrici

Una gestione sostenibile della risorsa idrica sotterranea passa innanzitutto dalla conoscenza precisa dei volumi prelevati e dal controllo capillare dei punti di captazione. Negli ultimi decenni, l'incremento dei prelievi da falda – in particolare per usi irrigui – ha determinato un forte stress sugli acquiferi, contribuendo all'abbassamento dei livelli piezometrici, alla riduzione della portata dei fontanili e, in alcuni territori, alla subsidenza del suolo.

Per garantire il bilancio idrico e prevenire il degrado degli ecosistemi legati all'acqua, è fondamentale implementare un sistema efficace di censimento, regolazione e monitoraggio dei pozzi. A tal fine, le seguenti azioni risultano prioritarie:

- Installazione obbligatoria di misuratori volumetrici su tutti i pozzi attivi, in conformità con quanto stabilito dal D.Lgs. 152/2006. Questo consente di quantificare con precisione i prelievi e di identificare situazioni critiche o abusi;
- Sviluppo e aggiornamento di banche dati idriche regionali, che raccolgano annualmente informazioni su concessioni, volumi prelevati, usi dichiarati e stato dei corpi idrici sotterranei;
- Censimento obbligatorio di tutti i pozzi, inclusi quelli a uso agricolo e domestico, al fine di rendere trasparente e tracciabile ogni punto di captazione;
- Campagne di emersione e legalizzazione dei pozzi non denunciati, attraverso strumenti normativi e incentivi che favoriscano l'adeguamento degli utenti non in regola.

Accanto al controllo, è indispensabile affrontare anche il tema della riduzione strutturale dei prelievi da falda per irrigazione, una delle principali cause di impoverimento degli acquiferi. Disincentivare l'uso dell'acqua sotterranea per scopi irrigui, preferendo l'utilizzo di acque superficiali (canali, fiumi, invasi), rappresenta una scelta strategica con molteplici benefici:

- Maggiore ricarica naturale delle falde, favorita dal ritorno colturale e dalla ridotta pressione estrattiva;
- Equilibrio nel bilancio idrico, grazie a una distribuzione più razionale e sostenibile delle fonti di approvvigionamento.

Per rendere concreta questa transizione, è necessario affiancare interventi infrastrutturali (es. estensione delle reti irrigue in pressione, invasi aziendali o interaziendali) a misure economiche e

incentivanti, volte a sostenere gli agricoltori nella riconversione degli impianti. Un esempio virtuoso in tal senso è rappresentato dal Consorzio Est Sesia, attivo in Piemonte, che ha avviato programmi di progressiva riduzione dell'irrigazione da falda in prossimità del fiume Ticino, promuovendo un uso più equilibrato e sostenibile delle risorse idriche.

8.4.10 Criteri di priorità nella distribuzione della risorsa

La gestione della risorsa idrica nei periodi di scarsità richiede l'adozione di criteri chiari e condivisi di priorità d'uso, in grado di garantire l'equilibrio tra le esigenze fondamentali della popolazione, la tutela ambientale e la sostenibilità delle attività produttive. Il cambiamento climatico, con il crescente verificarsi di stagioni siccitose e prolungate crisi idriche, rende sempre più urgente la definizione e l'applicazione di piani di emergenza idrica, fondati su principi di equità, efficienza e responsabilità.

8.4.10.1 Principi generali

Il principio fondamentale sancito dalla normativa italiana (art. 144 del D.Lgs. 152/2006, Testo Unico Ambientale) stabilisce che “l'uso dell'acqua per il consumo umano ha la priorità rispetto a qualsiasi altro uso”. Questo principio guida le scelte nei momenti di crisi e definisce una gerarchia funzionale degli utilizzi, da applicare attraverso misure amministrative e gestionali su scala locale, regionale e nazionale.

8.4.10.2 Gerarchia degli usi in condizioni di scarsità idrica

1. Uso potabile e sanitario

L'accesso all'acqua per fini potabili, igienici e sanitari è considerato diritto umano fondamentale, riconosciuto anche a livello internazionale (risoluzione ONU n. 64/292 del 2010). In caso di scarsità, questo utilizzo ha assoluta priorità, e deve essere garantito anche attraverso il razionamento o la sospensione temporanea degli altri usi.

2. Uso agricolo e irriguo (con criteri di efficienza e rotazione)

L'agricoltura è il settore che assorbe la quota maggiore di risorse idriche in Italia. Tuttavia, in contesti di scarsità, l'irrigazione deve essere regolata in modo più selettivo ed efficiente, privilegiando colture strategiche o ad alto valore sociale ed economico; promuovendo turnazioni tra aziende; adottando tecniche di irrigazione a basso impatto e sistemi di supporto decisionale; incentivando l'uso di acque reflue depurate, laddove compatibile.

In alcuni bacini irrigui, i Consorzi di bonifica o gli enti gestori redigono piani irrigui d'emergenza e attivano turnazioni coordinate con i soggetti agricoli.

3. Uso industriale (limitato a funzioni essenziali)

Gli usi industriali devono essere oggetto di controllo e razionalizzazione, limitando l'impiego di acqua alle funzioni strettamente necessarie alla sicurezza, al funzionamento dei servizi pubblici essenziali o alla continuità delle filiere strategiche. Laddove possibile, le imprese sono invitate a utilizzare acque reflue o di recupero, a implementare sistemi di ricircolo interno, e a sospendere temporaneamente le attività non prioritarie in fase acuta di crisi.

4. Altri usi (ricreativi, sportivi, ornamentali, ecc.)

In situazioni di emergenza idrica, gli usi non essenziali – come irrigazione di campi da golf, fontane ornamentali, riempimento di piscine o lavaggi stradali – devono essere sospesi o fortemente limitati, in quanto non prioritari per il benessere collettivo o la tutela degli ecosistemi.

8.4.10.3 Strumenti di attuazione

Per garantire l'efficacia dei criteri di priorità, è necessario che le Regioni, le Autorità di bacino, i gestori del servizio idrico e i Consorzi irrigui adottino strumenti quali:

- Ordinanze temporanee di limitazione dell'uso dell'acqua, in base al livello di criticità idrica;

- Piani di gestione della siccità, redatti in anticipo e integrati con i piani di gestione dei distretti idrografici;
- Monitoraggio in tempo reale dei livelli idrici e dei consumi, attraverso sistemi digitali e telerilevamento;
- Campagne di sensibilizzazione e informazione, per promuovere l'uso consapevole e responsabile della risorsa a tutti i livelli.

8.4.11 Azioni per la conservazione delle zone umide in risposta alla variabilità climatica

Le zone umide, sia naturali che artificiali, svolgono un ruolo fondamentale nel mantenimento del ciclo idrologico, nella regolazione del clima locale e nella conservazione della biodiversità. Per garantirne la funzionalità ecologica e i benefici ecosistemici, è necessario:

- mappare, proteggere e gestire attivamente questi ecosistemi mediante identificazione precisa delle zone umide esistenti, attuazione di misure di tutela ambientale e interventi di manutenzione per prevenire il degrado e l'interramento;
- utilizzarle come aree di laminazione naturale delle piene, con lo sfruttamento della loro capacità di accumulare temporaneamente grandi volumi d'acqua in caso di eventi meteorici intensi, contribuendo alla riduzione del rischio idraulico a valle;
- valorizzarne la funzione depurativa in quanto le zone umide agiscono come filtri naturali, trattenendo sedimenti, nutrienti e inquinanti, e migliorando così la qualità delle acque superficiali e sotterranee;
- preservarne il ruolo di riserva idrica nei periodi siccitosi, grazie alla loro capacità di trattenere acqua, in quanto rappresentano un'importante fonte di approvvigionamento nei momenti di scarsità idrica.

Oltre a queste funzioni, le zone umide sono veri e propri hotspot di biodiversità, ospitando numerose specie animali e vegetali, spesso rare o minacciate, e contribuendo in modo significativo alla regolazione naturale del ciclo idrologico.

Inoltre, la crescente frequenza e intensità dei periodi siccitosi, legati ai cambiamenti climatici, impone un ripensamento delle pratiche di gestione del suolo e del paesaggio, soprattutto in prossimità delle zone umide e nei territori agricoli che da esse traggono beneficio. Una delle sfide più urgenti è la riduzione dell'evapotraspirazione, ovvero la perdita combinata di acqua dal suolo e dalla vegetazione verso l'atmosfera. Questa perdita, se non controllata, può compromettere la funzionalità ecologica delle zone umide e accelerare fenomeni di degrado ambientale.

Tra le strategie più efficaci, vi è anzitutto l'incremento della copertura arborea. Alberi e arbusti, infatti, creano ombreggiamento naturale, riducono la temperatura al suolo e limitano la radiazione solare diretta, contribuendo in modo significativo a contenere l'evaporazione dell'acqua dal terreno. Inoltre, la vegetazione arborea favorisce la ritenzione idrica nel suolo e crea microclimi più umidi e stabili, beneficiando anche la biodiversità.

Un altro intervento utile è l'impiego della pacciamatura, che consiste nel ricoprire il suolo con materiali organici (come paglia, foglie o compost) o inerti (come cortecce o ghiaia). Questo strato protettivo riduce l'evaporazione, protegge il terreno dall'irraggiamento diretto e previene la formazione di croste superficiali che ostacolano l'infiltrazione dell'acqua. In associazione, è opportuno valorizzare anche l'uso di frangivento naturali, come siepi e fasce boscate, che rallentano il vento e riducono la dispersione dell'umidità, proteggendo al contempo il suolo dall'erosione.

Infine, risulta fondamentale evitare le lavorazioni del suolo nei periodi estivi, quando le alte temperature aumentano il rischio di perdita idrica. Le lavorazioni profonde, in particolare, rompono

la struttura del terreno e favoriscono l'evaporazione, rendendo il suolo più vulnerabile alla siccità. Una gestione conservativa, che riduca le lavorazioni e favorisca la copertura permanente del suolo, si rivela quindi strategica per mantenere le riserve idriche e garantire la resilienza degli ecosistemi umidi.

8.4.11.1 Ripristino idromorfologico e connessioni ecologiche

In numerose aree alpine e pedemontane, la frammentazione degli habitat ha compromesso gravemente la funzionalità ecologica delle zone umide, riducendone la capacità di supportare la biodiversità e di contribuire al bilancio idrico naturale. Per invertire questa tendenza, è fondamentale mettere in atto una serie di interventi mirati al ripristino idromorfologico e alla ricostituzione delle connessioni ecologiche tra ambienti naturali.

Una delle prime azioni da intraprendere è la rimozione di argini interni e di opere di canalizzazione secondaria, che ostacolano il naturale deflusso delle acque e la dinamica fluviale. Contestualmente, è necessario favorire il ricollegamento tra i corsi d'acqua e le zone umide laterali (wetland reconnection), per ristabilire i processi naturali di allagamento e ricarica.

Un altro aspetto cruciale è la creazione di passaggi faunistici e il ripristino della continuità ecologica, che consenta il libero movimento di specie animali e favorisca la diffusione di flora autoctona. Tali interventi devono essere affiancati da vincoli idraulici e ambientali che limitino le trasformazioni del suolo, prevenendo urbanizzazioni o attività agricole intensive incompatibili con la tutela degli ecosistemi.

Per garantire la sostenibilità a lungo termine, è indispensabile attivare piani di gestione partecipata, coinvolgendo comunità locali, enti gestori e portatori di interesse, così come adottare misure di controllo delle specie invasive che minacciano l'equilibrio ecologico delle zone umide.

Infine, si promuove l'incremento della connettività ecologica tra gli ambienti umidi, attraverso reti ecologiche integrate che consentano lo scambio genetico e la resilienza degli habitat. Tutti questi interventi devono essere pianificati sulla base di studi idraulici accurati, per assicurare che siano compatibili con gli obiettivi di sicurezza idraulica e di gestione del rischio.

8.4.11.2 Creazione di nuove micro-zone umide

La realizzazione di micro-zone umide artificiali o semi-naturali rappresenta una soluzione efficace e a basso impatto per l'adattamento ai cambiamenti climatici, soprattutto in contesti agricoli, periurbani o marginali. Questi piccoli ecosistemi acquatici possono contribuire al miglioramento del microclima locale, alla regolazione del deflusso idrico e alla promozione della biodiversità.

Tra le tecniche più utilizzate figura lo scavo di depressioni all'interno di campi abbandonati o prati stabili, che possono naturalmente raccogliere l'acqua piovana e favorire la formazione di habitat umidi. L'alimentazione di queste aree tramite acque meteoriche, convogliate da superfici permeabili come sentieri o prati, permette di mantenere un regime idrico costante senza ricorrere a prelievi da fonti esterne.

La funzionalità di queste micro-zone può essere ulteriormente ottimizzata grazie a una gestione idraulica adattativa, ad esempio attraverso l'impiego di paratoie mobili e sensori ambientali, che consentono di regolare i livelli idrici in base alle condizioni climatiche e alle esigenze ecologiche.

Si tratta di interventi a basso costo, facilmente replicabili e con un forte valore educativo e dimostrativo, ideali per coinvolgere scuole, comunità locali e aziende agricole in progetti di tutela ambientale e uso sostenibile delle risorse idriche.

Ad esempio, il Parco del Ticino ha attuato progetti di ripristino di lanche e stagni, con benefici sia per la fauna acquatica sia per la riduzione del rischio idraulico (https://ente.parcoticino.it/wp-content/uploads/2023/01/Buone-pratiche-Parco-Ticino_2021.pdf).

8.4.11.3 La crisi dei fontanili: cause, effetti e strategie di salvaguardia

Negli ultimi decenni, molti fontanili si stanno progressivamente prosciugando. Le cause principali sono da ricondurre a diversi fattori quali l'abbassamento del livello piezometrico connesso ad un intensivo prelievo di acqua e ai cambiamenti climatici. Inoltre, a queste cause si aggiungono anche la progressiva impermeabilizzazione del suolo ed una carenza/assenza della manutenzione di queste aree umide.

Importante sottolineare come i fontanili abbiano un ruolo fondamentale nella sopravvivenza degli ecosistemi planiziali ed una loro scomparsa provocherebbe gravi conseguenze come la perdita di biodiversità e il generale depauperamento (quali-quantitativo) delle risorse idriche.

Inoltre, progetti di recupero ambientale possono riportare in vita fontanili prosciugati o compromessi. Interventi locali tipici includono:

- La pulizia dei letti: rimozione di sedimenti, detriti e materiali che ostacolano il normale flusso dell'acqua, favorendo così la rigenerazione dell'habitat naturale.
- Il ripristino delle sponde: consolidamento e rinaturalizzazione delle rive attraverso la piantumazione di specie autoctone, per prevenire l'erosione e migliorare la biodiversità locale.
- La rimozione delle piante infestanti: eliminazione di specie invasive che compromettono l'equilibrio ecologico, favorendo la crescita delle piante native e il ritorno della fauna tipica.
- La messa in sicurezza degli argini: interventi strutturali per rafforzare gli argini, prevenendo esondazioni e garantendo la stabilità dell'ecosistema acquatico.
- Il coinvolgimento delle comunità locali, delle scuole e delle associazioni ambientaliste: promuovere attività educative e di sensibilizzazione per creare consapevolezza, favorire la partecipazione attiva e sviluppare un senso di responsabilità collettiva verso la tutela di questi preziosi ecosistemi.

Da sottolineare comunque che i fontanili rappresentano l'emergenza della falda idrica freatica. Un abbassamento generalizzato del livello di falda per cause regionali (antropiche o climatiche) porterebbe comunque a una loro sparizione. Senza sottovalutare quindi l'adozione di interventi di salvaguardia e ripristino locali, è evidente che tali interventi devono essere integrati con misure di salvaguardia delle risorse idriche sotterranee a scala più ampia.

8.4.12 Educazione ambientale e partecipazione pubblica

L'educazione ambientale e la partecipazione attiva dei cittadini rappresentano strumenti fondamentali per promuovere una gestione sostenibile della risorsa idrica e una maggiore resilienza del territorio ai cambiamenti climatici. La consapevolezza sociale non è solo un valore culturale, ma un fattore abilitante per il successo delle politiche ambientali, in particolare in ambiti complessi come l'uso dell'acqua, la tutela dei fiumi e la conservazione delle falde.

Per rafforzare il legame tra cittadini, istituzioni e territorio, è necessario investire in azioni educative e strumenti di coinvolgimento che rendano l'informazione accessibile, trasparente e attivante.

Possibili iniziative e azioni sono le seguenti:

- Campagne di sensibilizzazione nelle scuole: promuovere percorsi didattici sul ciclo dell'acqua, la lotta agli sprechi, la gestione dei rifiuti e la protezione delle zone umide. Le scuole rappresentano il luogo ideale per seminare conoscenze e valori che possano orientare comportamenti futuri più sostenibili.

- Laboratori di cittadinanza attiva su fiumi e fontanili urbani: attraverso uscite sul campo, attività di monitoraggio ambientale partecipato, pulizia delle sponde e progetti di riqualificazione, bambini, giovani e adulti possono riscoprire il legame con l'acqua e il paesaggio fluviale. Queste iniziative rafforzano il senso di appartenenza e responsabilità collettiva verso gli ecosistemi locali.

- Portali pubblici con dati in tempo reale: la disponibilità di dati aperti e aggiornati su livelli idrici, qualità delle acque, rischio siccità e dissesto consente ai cittadini, alle imprese e ai tecnici di prendere decisioni informate e di collaborare attivamente con le istituzioni. La trasparenza è uno strumento essenziale per la partecipazione democratica.

Promuovere una cultura dell'acqua basata sulla conoscenza e sulla corresponsabilità è essenziale per affrontare le sfide attuali e future. Solo cittadini informati e coinvolti possono diventare attori attivi del cambiamento, capaci di contribuire alla tutela degli ecosistemi idrici e all'uso equo e sostenibile della risorsa.

8.4.13 Necessità di un Osservatorio Nazionale Permanente e Gestione Integrata delle Risorse Idriche

Per migliorare la governance delle risorse idriche e rispondere efficacemente alle sfide poste dalla variabilità climatica e dall'aumento della domanda, è fondamentale istituire un Osservatorio Nazionale Permanente dedicato alla raccolta, analisi e diffusione dei dati relativi all'uso, alla qualità e alla disponibilità dell'acqua sul territorio italiano.

8.4.13.1 Osservatorio permanente: funzioni e caratteristiche

Un osservatorio di questo tipo dovrebbe basarsi su un database aperto e interoperabile, accessibile a istituzioni, enti locali, operatori del settore e cittadini. Esso consentirebbe di:

- raccogliere sistematicamente dati aggiornati e verificati;
- monitorare le condizioni delle risorse idriche in tempo reale;
- fornire report periodici per supportare decisioni strategiche e politiche di gestione;
- facilitare il coordinamento tra istituzioni di ricerca, regioni, autorità di bacino e altri soggetti coinvolti nella governance idrica.

Un modello virtuoso in questo senso è rappresentato da ISPRA e dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), che, grazie alle loro competenze e alle reti territoriali, possono svolgere un ruolo centrale nel coordinamento e nella gestione di tale osservatorio.

8.4.13.2 Gestione integrata delle risorse idriche

La Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE definisce un paradigma di gestione integrata basato su principi chiave:

- considerare il bacino idrografico come unità di gestione fondamentale, favorendo una visione unitaria e coordinata del territorio;
- promuovere il coinvolgimento attivo degli stakeholder, inclusi cittadini, imprese, enti locali e associazioni, per garantire trasparenza e partecipazione nelle scelte;
- utilizzare strumenti economici e normativi che incentivino la tutela e l'uso sostenibile della risorsa;
- perseguire l'obiettivo obbligatorio di raggiungere il "buono stato" delle acque superficiali e sotterranee, sia in termini quantitativi che qualitativi.

Tra i principali obiettivi della gestione integrata vi sono:

- garantire un accesso equo e sostenibile alla risorsa idrica per tutti gli usi, con particolare attenzione a quelli essenziali;

- ridurre gli sprechi e ottimizzare l'uso dell'acqua nei diversi settori (domestico, agricolo, industriale);
- promuovere pratiche di gestione sostenibile degli acquiferi e delle zone umide, elementi chiave per la sicurezza idrica e la biodiversità;
- rafforzare la resilienza dei sistemi idrici agli impatti del cambiamento climatico attraverso piani di adattamento e misure preventive.

Questi obiettivi richiedono il supporto di una normativa coerente, strumenti economici incentivanti, programmi di formazione specialistica e, non meno importante, un'efficace partecipazione pubblica.

8.5 Esempi di gestione sostenibile della risorsa idrica e di best practices in territori analoghi

La gestione sostenibile delle risorse idriche, in particolare delle acque sotterranee, superficiali e delle aree umide, rappresenta oggi una priorità strategica per garantire la resilienza dei territori di fronte ai cambiamenti climatici e alla crescente pressione antropica. Le acque dolci, in tutte le loro forme, costituiscono un bene comune fondamentale, la cui tutela richiede approcci integrati, partecipativi e basati su conoscenze scientifiche solide.

In questo capitolo vengono presentati alcuni esempi virtuosi di gestione sostenibile in territori simili a quelli del Parco fluviale Gesso-Stura e della pianura cuneese per caratteristiche idrogeologiche, ecologiche o socio-economiche. Le esperienze analizzate mostrano come sia possibile conciliare il fabbisogno idrico con la conservazione degli ecosistemi acquatici e la valorizzazione delle aree umide, promuovendo pratiche innovative e modelli di governance efficaci.

8.5.1 Il Progetto FonTe della Regione Lombardia

Il progetto di ricerca *FonTe* (https://www.cartografia.servizirl.it/metadata/fontanili/QdR_n.144_FonTe.pdf), promosso dalla Regione Lombardia e realizzato con la collaborazione dell'Università degli Studi di Milano, ha avuto come obiettivo principale la tutela e valorizzazione del sistema dei fontanili lombardi, elementi fondamentali per l'identità paesaggistica, ecologica e agricola della pianura irrigua lombarda. Il lavoro si è articolato in diverse fasi metodologiche coordinate e ha portato a risultati rilevanti sia dal punto di vista conoscitivo sia operativo (Bischetti et al, 2012).

Il lavoro è stato sviluppato con un approccio integrato, combinando diverse competenze e conoscenze tecniche e ambientali, in collaborazione con enti e realtà operative sul territorio.

Si possono indicare quattro principali ambiti di intervento:

1. Censimento e georeferenziazione dei fontanili

L'attività iniziale ha previsto una ricognizione sistematica dei fontanili presenti sul territorio lombardo, con l'obiettivo di ottenere un quadro conoscitivo omogeneo, aggiornato e digitalizzato. Per questa finalità è stata sviluppata una banca dati unitaria e strutturata, basata sull'integrazione di fonti esistenti (studi provinciali, progetti precedenti, dati di consorzi) e sul rilievo diretto sul campo. In totale sono stati censiti 1650 fontanili, di cui circa 1150 ancora visibili (attivi, inattivi o interrati), e 980 attivi.

2. Scheda di rilievo unificata

Il censimento è stato realizzato attraverso una scheda di campo standardizzata, semplificata e progettata per essere facilmente utilizzabile dai tecnici dei consorzi di bonifica. La scheda è stata articolata in quattro sezioni: dati anagrafici e cartografici, caratteristiche generali del fontanile, dettagli sulla testa e sull'asta del fontanile. L'obiettivo era garantire omogeneità nella raccolta dati, pur senza richiedere competenze naturalistiche specialistiche.

3. Rilievi territoriali e GIS

I rilievi si sono svolti sul campo tra il 2010 e il 2011. Quando non era possibile accedere fisicamente a un sito, si è ricorso a fotografie aeree per verificare la presenza dei fontanili. I dati raccolti sono stati inseriti in un sistema GIS sviluppato con ArcGIS, compatibile con la banca dati regionale. Ogni testa di fontanile è stata registrata come punto geografico nel database, corredato da circa 41 attributi descrittivi.

4. Valutazione funzionale e classificazione

Ogni fontanile è stato valutato secondo le sue tre funzioni principali: irrigua, ecologica e paesaggistica-ricreativa. Sono stati definiti criteri per la classificazione funzionale in base alla portata, allo stato di conservazione, all'accessibilità e alla presenza di vegetazione acquatica e riparia. Inoltre, è stata eseguita un'analisi qualitativa della biodiversità, con particolare attenzione a specie vegetali e faunistiche tipiche.

Il lavoro ha evidenziato diversi risultati chiave, che hanno valore sia tecnico che strategico per la gestione del territorio:

1. Elevata presenza e importanza dei fontanili

Il censimento ha dimostrato la presenza di un elevato numero di fontanili sul territorio lombardo. Sebbene molti siano inattivi o interrati, oltre 980 risultano ancora attivi. Di questi, circa l'80% si trova in ambito rurale, il 50% è alimentato tutto l'anno, mentre il 27% presenta fasi di asciutta stagionale.

2. Il ruolo ecologico e paesaggistico dei fontanili

I fontanili non sono solo strumenti irrigui, ma rappresentano anche importanti habitat per la biodiversità e componenti paesaggistiche identitarie. La loro temperatura costante e la bassa concentrazione di nutrienti favoriscono condizioni ecologiche peculiari e preziose. Gli ambienti dei fontanili risultano essere hotspot di biodiversità, ospitando numerose specie rare o sensibili.

3. Legame tra irrigazione e alimentazione dei fontanili

Uno dei risultati più significativi riguarda il legame diretto tra le pratiche irrigue e l'alimentazione dei fontanili. Le tecniche irrigue tradizionali per scorrimento, sebbene meno efficienti dal punto di vista idraulico, favoriscono l'infiltrazione e quindi la ricarica delle falde che alimentano i fontanili. Al contrario, le tecniche moderne ad aspersione, più efficienti, possono ridurre l'apporto di ricarica e compromettere l'equilibrio idrologico dei fontanili.

4. Situazioni critiche e aree prioritarie

Durante la campagna sono state identificate situazioni di particolare criticità, tra cui l'interramento progressivo, l'abbandono per mancanza di manutenzione, l'impermeabilizzazione delle aree di alimentazione e l'interruzione della continuità idraulica. Le province più ricche di fontanili attivi sono risultate Milano, Cremona e Bergamo. In molte zone è emersa la necessità di intervenire prioritariamente per evitare la scomparsa definitiva di questi ecosistemi.

5. Strumenti operativi per la gestione

Il progetto ha prodotto anche delle linee guida operative per la gestione e la valorizzazione dei fontanili. Le proposte includono:

- la salvaguardia delle aree di ricarica e delle pratiche irrigue tradizionali nei territori a monte;
- la manutenzione costante (spurgo e contenimento della vegetazione);
- la valorizzazione paesaggistica e didattica;
- la definizione di un sistema di monitoraggio ambientale continuo;
- l'inserimento dei fontanili nella Rete Ecologica Regionale.

6. Implementazione nel Sistema Informativo Regionale

L'intera banca dati è stata strutturata per essere integrata nel Sistema Informativo Territoriale della Regione Lombardia. Questo consente aggiornamenti futuri da parte degli enti locali e l'utilizzo dei dati per pianificazioni ambientali, agricole e territoriali.

7. Ruolo attivo dei consorzi di bonifica

La collaborazione con i consorzi è risultata fondamentale sia per la raccolta dei dati sia per la gestione operativa dei fontanili. In diverse aree (come nel Parco Agricolo Sud Milano e nel Parco del Ticino) i consorzi hanno avviato progetti di recupero e valorizzazione dei fontanili anche attraverso strumenti di finanziamento (es. PSR).

8. Consapevolezza e governance integrata

I risultati del progetto evidenziano la necessità di una governance multilivello per la salvaguardia dei fontanili, che integri politiche agricole, ambientali, urbanistiche e paesaggistiche. Solo tramite un

approccio sistemico sarà possibile conservare e valorizzare questo patrimonio idrico, ecologico e culturale.

8.5.2 L'esperienza austriaca: la riqualificazione Idroecologica del Fiume Inn a Zams

Un progetto di riqualificazione fluviale su larga scala è stato avviato lungo il fiume Inn nel comune di Zams (Tirolo) (<https://www.theinternational.at/tyrol-zams-launches-major-inn-river-revitalization-project/>), con l'obiettivo di migliorare gli habitat acquatici, incrementare la biodiversità e allo stesso tempo realizzare una nuova area di fruizione ricreativa per la popolazione locale. L'iniziativa, cofinanziata dal governo federale austriaco, dalla Provincia del Tirolo e dal Comune di Zams, prevede l'ampliamento dell'alveo fluviale per una superficie di circa 8.000 m² e la rimozione di 30.000 m³ di terreno al fine di abbassare il livello del piano di campagna.

Le modifiche morfologiche previste porteranno alla formazione di isole e barre ghiaiose con livelli idrici differenziati, in grado di favorire la creazione di una molteplicità di microhabitat acquatici e ripariali. Tra questi, si prevede la formazione di pozze temporanee di piena, zone a lento deflusso collegate alla falda freatica e ambienti idonei alla riproduzione di anfibi. Inoltre, è prevista la riconnessione del torrente Köllbach al fiume Inn, in modo da garantire aree rifugio e di frega per l'ittiofauna. L'intervento, del valore complessivo di 1,6 milioni di euro, sarà eseguito in due fasi distinte in condizioni di magra, tra l'autunno del 2025 e l'inizio del 2027, sotto la supervisione dell'ufficio costruzioni del distretto di Imst.

La scelta del sito di Zams si fonda sulla presenza di un contesto ad elevato potenziale di rinaturalizzazione, che include anche un bosco ripariale fortemente degradato. L'obiettivo è il ripristino delle condizioni ecologiche prossime allo stato naturale del fiume, in linea con i principi della gestione integrata dei corsi d'acqua.

I progetti locali, sebbene utili, producono benefici ecologici limitati se non inseriti in una strategia di ampio respiro. È essenziale restituire spazio fisico ai corsi d'acqua, anche a costo di sottrarre superfici all'uso agricolo, per consentire il ristabilimento delle dinamiche fluviali naturali. Tuttavia, viene riconosciuto che interventi come quello di Zams hanno un valore strategico nella sensibilizzazione dell'opinione pubblica e possono costituire tasselli importanti nel mosaico della rinaturazione fluviale regionale.

È stato inoltre evidenziato il duplice valore del progetto: da un lato, il miglioramento ecologico del tratto fluviale e, dall'altro, la creazione di uno spazio ricreativo accessibile per i residenti. L'ampliamento dell'alveo per circa 8.000 m² consentirà infatti la formazione di nuove nicchie ecologiche favorevoli allo sviluppo di flora e fauna tipica delle zone umide, incluse specie vegetali idrofile, uccelli acquatici, pesci e anfibi.

8.5.3 I-SWAMP – Monitoraggio e conservazione delle piccole aree umide alpine

I-SWAMP (Integrated Small Wetlands of the Alps Monitoring and Protection) è un progetto di piccola scala cofinanziato dall'Unione Europea nell'ambito del programma Interreg Alpine Space. L'iniziativa si pone l'obiettivo di sviluppare e promuovere un metodo condiviso per la conservazione delle piccole zone umide alpine, spesso trascurate o non adeguatamente gestite, attraverso approcci basati su evidenze scientifiche e sul coinvolgimento attivo delle comunità locali (<https://www.alpine-space.eu/project/i-swamp/>).

L'obiettivo operativo del progetto I-SWAMP è l'elaborazione e la diffusione di una metodologia replicabile per la gestione e la tutela delle piccole zone umide alpine, habitat frequentemente esclusi da regolamentazioni formali, attività di monitoraggio e misure di conservazione attiva, nonostante la loro rilevanza ecologica.

La perdita e la trasformazione delle zone umide è un fenomeno generalizzato negli ambienti alpini e non solo. In particolare, numerosi habitat umidi sono scomparsi negli ultimi secoli a causa di pressioni antropiche quali:

- Distruzione diretta per realizzazione di infrastrutture e urbanizzazioni;
- Abbandono delle pratiche tradizionali di sfalcio e gestione pastorale, con conseguente crescita incontrollata della vegetazione, ombreggiamento e isolamento ecologico;
- Sovrapascolamento o pascolo incontrollato, causa di eutrofizzazione;
- Drenaggio delle torbiere per l'estrazione di torba o la bonifica agraria, con alterazione irreversibile degli equilibri idroecologici;
- Introduzione di specie aliene invasive, che in alcuni casi ha portato all'estinzione locale di specie autoctone;
- Cambiamenti climatici, che stanno inducendo un innalzamento altitudinale delle specie e una progressiva modificazione della composizione floristica e faunistica.

Tali fattori hanno avuto ripercussioni dirette sulla biodiversità delle zone umide, con effetti particolarmente gravi sulle microzone umide, considerate erroneamente di secondaria importanza.

I-SWAMP prevede una serie coordinata di interventi finalizzati alla conservazione attiva, al monitoraggio e alla sensibilizzazione in merito al valore delle piccole zone umide alpine:

1. Selezione e studio di siti pilota: verrà identificato un numero limitato di aree umide (da 2 a 6 per ciascun Paese partner) da sottoporre a monitoraggio ambientale e interventi di recupero ecologico.
2. Valutazione della biodiversità: l'analisi ecologica dei siti fornirà dati scientifici utili alla pianificazione degli interventi di restauro e contribuirà a colmare le lacune conoscitive su questi habitat.
3. Coinvolgimento delle comunità locali: sarà attivata la partecipazione di volontari e associazioni del territorio nelle operazioni di recupero (es. sfalcio selettivo, rimozione di alberi, riattivazione dell'umidità del suolo, esclusione del pascolo bovino, ecc.).
4. Redazione di linee guida operative: saranno prodotte linee guida tecniche per il monitoraggio e la gestione delle piccole zone umide, con l'obiettivo di fornire uno strumento applicativo a enti gestori e tecnici.
5. Formazione degli stakeholder locali: saranno coinvolti soggetti chiave delle comunità (es. amministrazioni comunali, proprietari terrieri, guide escursionistiche, operatori forestali, ONG) mediante attività formative dedicate.
6. Educazione ambientale: verrà realizzato un quaderno didattico illustrato per bambini dai 6 ai 14 anni, contenente nozioni sulle zone umide e attività ludico-educative.
7. Attività divulgative: saranno organizzate lezioni, laboratori, webinar e seminari rivolti sia al mondo scolastico sia al pubblico generale, al fine di diffondere consapevolezza sull'importanza della tutela delle zone umide alpine.

8.5.4 NEMOS – Reti Umide Alpine per la Biodiversità e la Comunità in Trentino Alto Adige

Il progetto NEMOS (Natural Environment Management of Open Spaces) ha interessato sette Siti di Importanza Comunitaria (SIC) situati in tre valli principali dell'area alpina meridionale della Provincia autonoma di Trento, per una superficie complessiva di 193 ettari

(<https://www.provincia.tn.it/Amministrazione/Progetti/NEMOS-Improvement-of-Alpine-wetland-areas>).

Tali siti sono caratterizzati prevalentemente da habitat umidi d'elevato valore ecologico, tra cui foreste alluvionali, vegetazione erbacea ripariale e comunità vegetali acquatiche. Si tratta di habitat prioritari inclusi nell'Allegato I della Direttiva 92/43/CEE. Le aree umide oggetto del progetto ospitano numerose specie rare, in particolare uccelli migratori, per i quali rappresentano punti di sosta fondamentali durante l'attraversamento delle Alpi (Commissione Europea, 2004).

Nel corso degli ultimi decenni, tali ecosistemi sono stati oggetto di progressiva degradazione, imputabile principalmente all'intensificazione agricola, al prosciugamento delle zone umide e alla modificazione dei corsi d'acqua, operazioni spesso condotte in assenza di consapevolezza da parte delle comunità locali sul loro valore ecologico. Alcuni dei siti erano già stati interessati da progetti LIFE precedenti (NIBBIO e NECTON), ai quali il progetto NEMOS si è proposto di dare continuità logica e funzionale.

L'obiettivo generale del progetto è stato il ripristino e la valorizzazione della rete di piccole zone umide di fondovalle, tramite:

- l'acquisizione di terreni;
- la rinaturalizzazione di canali;
- la creazione ex novo di habitat umidi;
- la definizione di nuove Zone di Protezione Speciale (ZPS) per l'avifauna;
- l'elaborazione di piani di gestione basati su un decennio di esperienza nella conservazione degli ambienti umidi alpini da parte della Provincia di Trento.

Sono state inoltre previste azioni di sensibilizzazione e coinvolgimento della popolazione locale, unitamente alla promozione di pratiche agricole sostenibili, finalizzate a ridurre l'impatto antropico. Il progetto ha conseguito risultati rilevanti sotto il profilo della conservazione della biodiversità e del potenziamento della rete Natura 2000, attraverso:

- la piantumazione di 3,85 ha di foresta ripariale (*Alnus*, *Populus*);
- la creazione di 0,57 ha di nuove cenosi idrofitiche;
- la realizzazione di 2,94 ha di nuove zone umide;
- il ripristino di 2,2 ha di prati umidi e 2,43 ha di prati da sfalcio.

Cinque dei sette SIC coinvolti (Fontanazzo, Inghiaie, Rocchetta, Adige e Lago d'Idro) sono stati ufficialmente designati come ZPS, grazie al lavoro di studio e lobbying condotto nell'ambito del progetto.

Il ripristino degli habitat umidi ha favorito il ritorno di specie rare legate all'ambiente acquatico, tra cui pesci, anfibi e uccelli. In particolare, la connessione idrologica tra le zone umide fluviali e i corsi d'acqua principali ha permesso la ricolonizzazione di specie ittiche di interesse conservazionistico, mentre nuovi stagni e canali hanno offerto siti riproduttivi per anfibi come il rospo dal ventre giallo (*Bombina variegata*), specie inclusa nell'Allegato II della Direttiva Habitat.

Rilevante è anche il contributo per l'avifauna migratrice, elencata nella Direttiva Uccelli, grazie alla creazione di boschi ripariali, siepi e zone umide che aumentano la disponibilità di aree di sosta e alimentazione lungo la rotta migratoria sud-nord europea.

Il progetto ha incluso un'importante componente didattica e divulgativa, con l'attivazione di campagne di sensibilizzazione, incontri pubblici, materiale informativo (brochure, depliant) e la realizzazione di un percorso naturalistico per visitatori. Tali azioni hanno contribuito ad accrescere l'accettazione sociale degli interventi, favorendo il trasferimento delle conoscenze acquisite anche ad altri gestori della rete Natura 2000.

Infine, il progetto ha prodotto piani di gestione multilingue, che guideranno la manutenzione futura dei siti anche oltre la durata del LIFE. Gli agricoltori locali continueranno a essere coinvolti sia nelle attività di conservazione sia nella conversione delle colture da intensive a estensive, mentre il monitoraggio scientifico proseguirà per consolidare i dati ottenuti.

8.5.5 Progetto LIFE Insubricus – Un modello di tutela ecologica nel Parco del Po Torinese

Il progetto LIFE Insubricus rappresenta un intervento strategico per la salvaguardia delle aree umide fluviali nel Nord Italia, con particolare attenzione alla conservazione del *Pelobate fuscus insubricus*, una rara sottospecie di rospo presente esclusivamente in alcune zone umide della pianura padana (<https://www.lifeinsubricus.eu/>).

Finanziato dall'Unione Europea con un budget di 3,9 milioni di euro, il progetto si articola in 14 siti Natura 2000 tra Piemonte e Lombardia, con epicentro nella Riserva del Meisino e nell'Isolone di Bertolla a Torino.

L'obiettivo primario è garantire la sopravvivenza a lungo termine del rospo insubrico attraverso azioni mirate di ripristino degli habitat, reintroduzione controllata e sensibilizzazione pubblica, con un approccio integrato che coniuga scienza, governance ambientale e coinvolgimento del territorio.

Il ripristino ambientale si è concretizzato nella realizzazione di lanche, stagni e zone umide temporanee, progettate con sponde a bassa pendenza e vegetazione autoctona per favorire la riproduzione anfibia. Particolarmente innovativa è stata la modellazione del suolo, che ha restituito dinamismo idrologico a territori soggetti in passato a interramenti e semplificazioni idrauliche. Accanto alla creazione di nuovi habitat, sono state riqualificate aree già esistenti, eliminando elementi artificiali e bonificando zone invase da specie alloctone.

Uno degli elementi centrali del progetto è la reintroduzione della specie target, preceduta da studi scientifici approfonditi: analisi genetiche, sanitarie e ambientali hanno permesso di selezionare le aree più idonee per la liberazione di girini e adulti, seguiti da un monitoraggio ecologico a lungo termine. La sfida maggiore è stata contrastare l'isolamento genetico delle popolazioni relitte, favorendo la variabilità con scambi mirati tra nuclei riproduttivi e la creazione di corridoi ecologici che facilitano la mobilità.

Non meno rilevante è il lavoro di mitigazione delle minacce, sia naturali che antropiche. Il progetto ha previsto la rimozione di specie invasive, come il gambero rosso della Louisiana, e la costruzione di tunnel faunistici per limitare la mortalità stradale. Sono stati stipulati accordi con aziende agricole locali per l'adozione di pratiche sostenibili, con l'inserimento di fasce tampone vegetate che filtrano pesticidi e fertilizzanti.

Una componente distintiva del LIFE Insubricus è la sua forte vocazione didattica e partecipativa. Attraverso percorsi formativi, laboratori sul campo, attività con le scuole e coinvolgimento diretto di volontari, il progetto ha avvicinato centinaia di cittadini alla tutela dell'ambiente. È stata istituita una vera e propria task-force di erpetologi junior, operativa sul campo e coordinata da ricercatori esperti. Dal punto di vista ecologico, il *Pelobate fuscus insubricus* è una specie prioritaria ai sensi della Direttiva Habitat. Vive principalmente in gallerie scavate nel terreno sabbioso e si riproduce in stagni temporanei, spesso effimeri. La sua sopravvivenza è minacciata dalla frammentazione dell'habitat, dai cambiamenti climatici e dalla perdita di connettività ecologica. Il progetto ha quindi perseguito l'aumento della resilienza delle zone umide, rendendole meno vulnerabili agli stress ambientali e garantendo servizi ecosistemici stabili nel tempo.

I risultati attesi sono ambiziosi: almeno 20 nuove zone umide, 10 popolazioni riproduttive attive, un aumento del 30% della variabilità genetica e oltre 500 cittadini coinvolti nelle attività di educazione ambientale. Questi dati saranno monitorati periodicamente e pubblicati in rapporti scientifici aperti al pubblico.

Gestito dal Parco Lombardo della Valle del Ticino in collaborazione con la Città Metropolitana di Torino, l'Istituto Delta e altri partner tecnici, LIFE Insubricus ha creato un modello replicabile per la riqualificazione ecologica nei parchi fluviali italiani, contribuendo alla valorizzazione del capitale naturale padano e alla ricostruzione della rete ecologica del bacino del Po.

8.5.6 Parco Fluviale Sarca – Un corridoio ecologico dalle Alpi al Garda

Il progetto di Parco Fluviale lungo il fiume Sarca, nato nel 2012, ha permesso la creazione di un Parco Fluviale lungo l'intero corso del fiume Sarca, dal Parco Naturale Adamello Brenta fino alla foce nel Lago di Garda, utilizzando come strumento normativo la rete di riserve prevista dalla Legge Provinciale 23 maggio 2007, n. 11 (<https://www.parcofluvialesarca.tn.it/pdf/Relazione.vs5.6.pdf>).

L'idea è stata sostenuta da due iniziative già avviate: da un lato, l'accordo di programma firmato il 30 settembre 2012 da diversi comuni del Basso Sarca e dalla Provincia Autonoma di Trento, che ha portato alla nascita della "Rete delle riserve della Sarca – basso corso"; dall'altro, il protocollo d'intesa sottoscritto il 26 giugno 2012 da numerosi comuni dell'Alto Sarca e dalle Giudicarie, che ha dato avvio a un percorso condiviso per la realizzazione di una rete di riserve anche nel medio e alto corso del fiume. Il progetto si sviluppa lungo il corridoio fluviale, selezionando le aree di maggiore interesse ambientale, culturale e turistico, collegate attraverso il corso della Sarca, che unisce simbolicamente "il più grande ghiacciaio d'Italia" al "più grande lago d'Italia", dalle Alpi al Mediterraneo.

8.6 Spunti operativi per indirizzare eventuali successivi investimenti/finanziamenti: proposta di una rete di monitoraggio della falda superficiale nel Parco fluviale Gesso-Stura

Le reti di monitoraggio dello stato quantitativo e qualitativo delle acque sotterranee rappresentano un'infrastruttura volta all'acquisizione di dati per l'osservazione ed il controllo dei corpi idrici sotterranei.

La Direttiva europea 2000/60/CE (WFD) e 2006/118/CE, formalmente recepite in Italia con D.lgs 152/06 e D.lgs 30/09 e dai successivi decreti nazionali emanati, hanno introdotto significativi elementi di innovazione nella disciplina delle attività di monitoraggio, portando ad una revisione delle reti di monitoraggio regionali. L'unità base di gestione prevista dalla normativa è il "corpo idrico", ovvero un volume d'acqua in seno ad un acquifero omogeneo al suo interno dal punto di vista qualitativo, quantitativo e delle pressioni insistenti.

Relativamente alle acque sotterranee, le modalità di monitoraggio si differenziano in funzione del sistema acquifero monitorato. Nei sistemi acquiferi montani e collinari, l'infrastruttura è costituita da punti di misura rappresentati da sorgenti, presso le quali vengono monitorate le portate emergenti. Nei sistemi acquiferi di pianura, l'infrastruttura è costituita da piezometri per il monitoraggio dei livelli piezometrici. Per le aree di pianura, inoltre, è necessario predisporre di una rete costituita da punti di misura relativi sia all'acquifero superficiale che all'acquifero profondo.

Nel contesto del Parco fluviale Gesso e Stura, l'acqua dell'acquifero superficiale riveste un ruolo cruciale per il funzionamento degli ecosistemi, la stabilità idrogeologica e le attività agricole. Il calo delle precipitazioni, l'aumento dell'evaporazione e la crescente pressione antropica stanno mettendo a rischio l'equilibrio idrico sotterraneo. In tale scenario, la conoscenza dell'andamento delle risorse idriche sotterranee è fondamentale per:

- Pianificare correttamente l'uso della risorsa idrica;
- Comprendere le dinamiche della falda in relazione ai cambiamenti climatici;
- Promuovere una gestione partecipata e consapevole dell'acqua.

È pertanto auspicabile l'attivazione di una rete di monitoraggio piezometrico, utile a comprendere l'evoluzione dell'acquifero superficiale e delle aree umide presenti nel territorio del Parco fluviale Gesso e Stura. Questa si configura come un'azione prioritaria, utile sia per una migliore conoscenza delle dinamiche idriche locali, sia per indirizzare con maggiore efficacia eventuali interventi di tutela e ripristino.

Inoltre, una rete strutturata e funzionante costituisce un elemento tecnico fondamentale per sostenere future richieste di finanziamento e investimenti, sia pubblici che privati, in ambito ambientale, agricolo e idrico, permettendo al Parco di dotarsi di strumenti di gestione avanzati, basati su dati reali e aggiornati

8.6.1. Struttura della rete di monitoraggio continua e proposta di ubicazione dei piezometri

Benché sia teoricamente possibile utilizzare per il monitoraggio della falda pozzi o piezometri già esistenti, l'esperienza suggerisce che un sistema efficiente deve basarsi su piezometri di nuova esecuzione in modo da controllare la stratigrafia del sottosuolo e adottare le più corrette modalità costruttive.

Nella Fig. 8.1 viene mostrata una proposta preliminare di ubicazione di 5 piezometri di nuova realizzazione che potranno essere realizzati per il monitoraggio dell'acquifero superficiale.

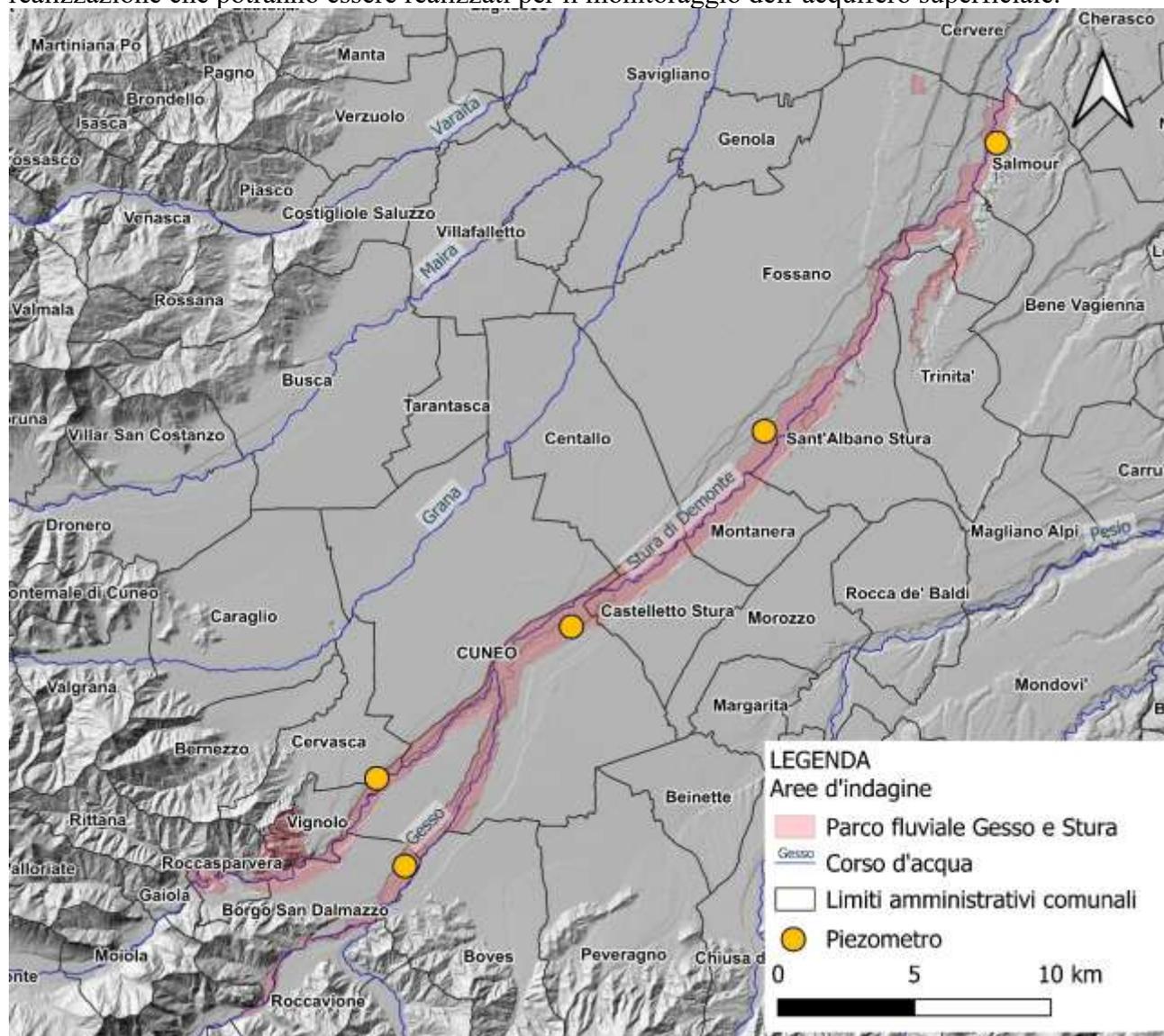


Figura 8.1. Proposta preliminare di ubicazione di 5 piezometri di nuova realizzazione che potranno essere realizzati per il monitoraggio dell'acquifero superficiale.

8.6.2. Caratteristiche tecniche per il monitoraggio presso le opere di captazione

Per “monitoraggio” si intende il controllo nel tempo dei fenomeni fisici, chimici e biologici mediante apparecchiature o con l'ausilio di tecniche analitiche. Il monitoraggio delle acque sotterranee ha la finalità di comprendere le dinamiche del sistema acquifero al fine di determinare le azioni necessarie alla protezione quali-quantitativa dell'acqua contenuta nell'acquifero. Si possono inoltre ottenere informazioni dei processi legati ai cambiamenti climatici o sul sovrasfruttamento.

Una volta costituita la rete di monitoraggio, ogni punto di questa potrà essere monitorato in continuo. La strumentazione da installare presso le opere di presa delle emergenze sorgentizie, fontanili, risorgive e presso i pozzi/piezometri deve essere tarata in modo da registrare i dati richiesti almeno

ogni 4 ore al fine di consentire la verifica di eventuali variazioni, rispettivamente, del regime idrogeologico e del livello piezometrico.

Le caratteristiche tecniche degli strumenti da utilizzare per misurare i valori di portata, conducibilità elettrolitica, temperatura e la loro localizzazione sono differenti a seconda che si tratti di acque da emergenze (fontanili) o piezometri. Tali apparecchiature dovranno essere dotate di sensori specifici e di acquisitori automatici correttamente installati.

8.6.2.1 Fontanili e laghetti

Il monitoraggio di un fontanile o di un laghetto può essere realizzato in modo semplice ed efficace mediante l'installazione di un palo metallico forato. All'interno del palo può essere inserito un misuratore di livello, in grado di rilevare in continuo l'altezza del livello d'acqua. Questo sistema, a basso impatto e facilmente replicabile, consente il controllo nel tempo delle dinamiche idriche. La struttura permette inoltre una protezione adeguata del sensore da detriti e agenti esterni. Nel caso dei fontanili sarà necessario valutare la geometria della sezione del canale e la portata al fine di poter ottenere la curva di correlazione tra livello idrico e portata del fontanile.

8.6.2.2 Piezometri

Il misuratore dei livelli piezometrici è rappresentato da un trasduttore di livello inserito nel pozzo ad una profondità tale da garantire l'acquisizione anche delle massime depressioni, collegato ad una centralina di acquisizione. L'acquisizione minima dei dati deve essere ogni 4 ore, con precisione di +/- 1 cm. In aggiunta, è necessaria una verifica annuale del livello piezometrico registrato con quello reale eseguito con strumentazione manuale, ad esempio nel mese di luglio di ciascun anno.

Il misuratore di conducibilità elettrolitica e temperatura dell'acqua è rappresentato da un sensore inserito nel pozzo, collegato ad una centralina di acquisizione. L'acquisizione minima dei dati deve essere ogni 4 ore, con precisione 0,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ per la conducibilità elettrolitica e 0,1 $^{\circ}\text{C}$ per la temperatura.

8.6.2.3 Raccolta, gestione e utilizzo dei dati

I dati piezometrici raccolti nell'ambito della rete di monitoraggio delle risorse idriche sotterranee, acquisiti preferibilmente mediante strumentazione automatica o tramite rilievi manuali periodici, dovranno essere organizzati e gestiti all'interno di una banca dati informatizzata, preferibilmente sviluppata su piattaforme open-source, al fine di garantire interoperabilità, trasparenza e facilità di accesso alle informazioni.

La banca dati dovrà consentire l'archiviazione strutturata dei dati piezometrici, con dati geolocalizzati, e la validazione e controllo di qualità dei dati acquisiti, attraverso protocolli standardizzati.

Tali dati avranno l'obiettivo di fornire un supporto decisionale alle autorità competenti nella pianificazione e regolamentazione dell'uso della risorsa idrica, per una gestione sostenibile delle risorse idriche sotterranee.

L'adozione di un sistema di gestione dei dati moderno ed efficiente è condizione imprescindibile per trasformare le informazioni raccolte dalla rete di monitoraggio in conoscenza operativa, favorendo una governance partecipata e consapevole della risorsa idrica sotterranea.

8.6.3 Conclusioni

Una rete di monitoraggio dell'acquifero superficiale costituisce uno strumento strategico di valore trasversale, capace di generare benefici ambientali, gestionali, economici e sociali di rilievo. Dal punto di vista ambientale, essa permette di indagare in tempo reale lo stato di salute delle zone umide. Il monitoraggio in continuo consente, inoltre, di rilevare tempestivamente gli effetti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche sotterranee, permettendo interventi mirati per la conservazione degli habitat idrodipendenti.

Sul piano gestionale, disporre di dati aggiornati e affidabili supporta la pianificazione irrigua e agronomica, migliorando l'efficienza nell'uso dell'acqua e favorendo una gestione integrata delle risorse. Ciò facilita il coordinamento tra i diversi enti competenti, riducendo i conflitti tra gli attori del territorio e potenziando la capacità di progettare interventi efficaci di tutela e ripristino ambientale. Anche gli impatti economici e sociali sono rilevanti. La rete di monitoraggio può contribuire a ridurre i costi legati a crisi idriche o eventi di dissesto idrogeologico, offrendo al contempo nuove opportunità di accesso a finanziamenti nazionali ed europei.

In conclusione, investire in una rete di monitoraggio della falda superficiale rappresenta un'azione concreta di controllo ambientale per un parco fluviale che voglia affrontare le sfide del cambiamento climatico.

8.7 Interventi e politiche per la difesa delle zone umide in un Parco fluviale

La difesa delle zone umide in un parco fluviale richiede un approccio integrato che combini interventi pratici sul territorio con strumenti di governance e pianificazione. Nel seguito vengono riportate alcune possibili attività pratiche e strumenti di governance che possono essere attuati sul territorio.

8.7.1 Azioni pratiche

8.7.1.1 Ricostruzione e rinaturalizzazione delle zone umide

Ricostruire e rinaturalizzare le zone umide significa ripristinare ecosistemi fondamentali per la biodiversità, la regolazione idrologica e la qualità delle acque. Questi interventi sono utili perché favoriscono il ritorno di habitat naturali, migliorano la capacità del suolo di trattenere l'acqua, riducono il rischio di inondazioni e contrastano gli effetti dei cambiamenti climatici. Inoltre, contribuiscono a creare paesaggi più resilienti e fruibili anche dal punto di vista educativo e turistico. La ricostruzione e rinaturalizzazione delle zone umide, come lanche, stagni e paludi, può essere effettuata ricostruendo profili sinuosi e sponde a bassa pendenza inferiori a 10 gradi, ove necessario, utilizzando specie vegetali autoctone, e creando microhabitat favorevoli per anfibi, insetti e uccelli acquatici. In alcuni casi può rendersi utile anche l'approfondimento del fondo, per aumentare la profondità dello specchio d'acqua e garantirne una maggiore permanenza nei periodi siccitosi, favorendo così la sopravvivenza della fauna acquatica e la resilienza complessiva dell'ecosistema.

8.7.1.2 Controllo dei livelli idrici di specchi d'acqua e fontanili

Piccoli specchi d'acqua, come pozze stagionali e fontanili, anche se di dimensioni contenute, svolgono un ruolo fondamentale come habitat per anfibi, insetti acquatici e altre specie che dipendono dall'acqua per almeno una parte del loro ciclo vitale.

Particolare attenzione può essere dedicata alla regolazione del livello idrico di queste zone umide, per evitare sia il completo essiccamento durante i periodi siccitosi, sia fenomeni di stagnazione eccessiva che potrebbero compromettere la qualità dell'habitat. In questo modo si garantisce un equilibrio funzionale tra esigenze ecologiche e gestione sostenibile delle risorse idriche.

8.7.1.3 Controllo della vegetazione infestante

Per preservare l'equilibrio ecologico e favorire la biodiversità, può essere previsto un intervento mirato al controllo della vegetazione infestante. In particolare, possono essere effettuati tagli selettivi dei canneti, al fine di contenere la loro espansione e favorire lo sviluppo di una vegetazione più diversificata.

A complemento di questa azione, si può procedere alla semina di specie erbacee locali, che contribuiscono a contrastare la diffusione delle piante invasive e a ristabilire un habitat più stabile e ricco dal punto di vista ecologico.

8.7.1.4 Barriere ecologiche e corridoi faunistici

Per promuovere la biodiversità e facilitare la mobilità delle specie, si può prevedere l'installazione di barriere ecologiche e la creazione di corridoi faunistici. Tra le misure adottate può esservi la realizzazione di isole artificiali, talvolta costruite con materiali naturali come gusci di mitili, pensate per offrire siti sicuri di nidificazione a diverse specie di uccelli acquatici.

Parallelamente, possono essere sviluppati collegamenti ecologici tra le diverse zone umide attraverso corridoi vegetazionali e fasce tampone. Questi elementi di connessione permettono il passaggio e lo spostamento della fauna, riducendo la frammentazione degli habitat e contribuendo alla continuità ecologica del paesaggio.

8.7.2 Strumenti di governance e pianificazione

8.7.2.1. Piani di gestione delle zone umide

Per garantire una tutela efficace e duratura degli ecosistemi umidi, potrebbero essere redatti piani di gestione con validità decennale. Tali piani avrebbero l'obiettivo di definire strategie mirate alla conservazione degli habitat, al monitoraggio della biodiversità e alla valorizzazione delle funzioni ecologiche e paesaggistiche delle aree interessate.

La loro efficacia potrebbe essere rafforzata dall'obbligo di approvazione da parte delle autorità competenti, assicurando così coerenza con le normative vigenti e favorendo una concreta attuazione delle misure previste.

8.7.2.2. Gestore delle zone umide

A supporto della gestione attiva e continuativa delle aree umide, potrebbe essere prevista la figura di un gestore dedicato. Si tratterebbe di un professionista con competenze specifiche in ambito ecologico e gestionale, in grado di affrontare le sfide legate alla conservazione e valorizzazione di questi ecosistemi complessi.

Questa figura potrebbe avere il compito di coordinare gli interventi previsti nei piani di gestione, assicurandone la coerenza e l'efficacia, oltre a monitorare gli impatti ambientali delle azioni messe in atto, favorendo un approccio adattivo e basato su evidenze.

8.7.2.3. Contratti di fiume e governance partecipata

Per favorire una gestione integrata e condivisa delle risorse idriche, potrebbe essere promosso il ricorso ai contratti di fiume. Questi strumenti prevederebbero il coinvolgimento attivo di enti locali, cittadini, agricoltori e associazioni, creando un'occasione di confronto e collaborazione tra tutti i portatori di interesse.

Attraverso un processo partecipativo, si potrebbero definire in maniera condivisa gli obiettivi e le azioni da intraprendere, garantendo così una governance più efficace e responsabile, che tenga conto delle esigenze ambientali, sociali ed economiche del territorio.

8.7.2.4. Fondo per le zone umide

Per sostenere economicamente la tutela e la valorizzazione delle zone umide, potrebbe essere istituito un fondo dedicato, alimentato da risorse sia pubbliche sia private. Questo strumento finanziario avrebbe il compito di finanziare progetti e interventi mirati, favorendo azioni concrete sul territorio.

In particolare, si potrebbero dare priorità agli interventi che presentano un impatto ambientale e sociale positivo, assicurando così un uso efficace e responsabile delle risorse disponibili.

8.7.2.5. Monitoraggio e indicatori ecologici

Per garantire un'efficace valutazione dello stato di salute delle zone umide, potrebbero essere effettuati censimenti faunistici, ad esempio focalizzati su uccelli acquatici e anfibi, specie particolarmente sensibili ai cambiamenti ambientali.

In aggiunta, si potrebbero svolgere analisi approfondite della qualità delle acque e della connettività ecologica tra gli habitat, così da monitorare nel tempo l'efficacia delle azioni di gestione e conservazione, e poter intervenire tempestivamente in caso di criticità.

8.8 Priorità di interventi a scala locale nel territorio del Parco fluviale Gesso-Stura

La convenzione stipulata tra l'Ente gestore del Parco fluviale Gesso e Stura e il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino ha previsto, tra le sue attività, anche il censimento e la mappatura delle zone umide e delle risorgive presenti nel territorio del Parco.

A tal fine, è stata condotta un'approfondita e sistematica ricerca bibliografica, finalizzata all'analisi di tutte le fonti disponibili. Questa fase ha incluso l'esame dettagliato di database pubblici e tematici, cartografie storiche e recenti, articoli scientifici, relazioni tecniche, banche dati ambientali e strumenti webGIS, con l'obiettivo di ricostruire nel modo più esaustivo possibile il quadro conoscitivo delle zone umide esistenti.

Grazie alla varietà e alla qualità delle fonti esaminate, e all'incrocio metodico delle informazioni raccolte, si ritiene che la cartografia prodotta, e riportata nei capitoli precedenti, rappresenti con buona approssimazione la quasi totalità delle zone umide attualmente conosciute all'interno del perimetro del Parco.

A supporto di questo lavoro documentale, su richiesta dell'Ente Parco, sono stati inoltre effettuati sopralluoghi mirati in alcune aree ritenute particolarmente significative o critiche, sia per il loro valore ecologico che per la necessità di specifici interventi di tutela o valorizzazione. Tali località sono state indicate specificatamente dai tecnici dell'Ente Parco.

Nel seguito viene riportata una tabella nella quale sono stati riassunti gli interventi prevedibili, sulla base delle competenze degli scriventi, associati ai singoli siti studiati. Descrizioni più dettagliate sono riportate nei capitoli precedenti.

Numer o	Denominazione	Possibili interventi
1	<i>Laghi di San Lorenzo</i>	Le osservazioni emerse evidenziano come la disponibilità idrica nei corpi lacustri sia variabile nel tempo, con periodi caratterizzati da una forte riduzione dell'estensione dei laghi fino, talvolta, al loro completo prosciugamento. Tale variabilità, accentuata dall'alimentazione esclusivamente proveniente dalle precipitazioni, conferma un'importante influenza della disponibilità idrica ai cambiamenti climatici. Per preservare l'area umida, si propone il convogliamento di acque da canali nei laghi, mantenendo così i livelli minimi anche durante i periodi di siccità.
2	<i>Laghi di San Sebastiano</i>	Le osservazioni non segnalano criticità quantitative legate alla variazione stagionale della disponibilità idrica nei laghi. Tuttavia, i cambiamenti climatici potrebbero causare una riduzione progressiva dell'estensione lacustre a causa dell'abbassamento della falda superficiale. Per preservare l'area umida, si propone il convogliamento di acque da canali nei laghi, mantenendo così i livelli minimi anche durante la siccità. La prossimità ad altri corpi idrici presenti nel Parco fluviale Gesso e Stura, come Sant'Anna e Cargatera, conferisce un ulteriore valore a quest'area, che potrebbe essere messa in rete mediante un percorso sentieristico, con finalità sia ecologiche che turistiche.
3	<i>Fontanone</i>	La zona umida è influenzata dalle fluttuazioni stagionali, dai cambiamenti climatici e dalla scarsa manutenzione. Per

		conservarla nel tempo, si propone di approfondire ulteriormente l'asta del fontanile e pianificare interventi di manutenzione ordinaria per prevenire l'interramento.
4	<i>Laghi artificiali autostrada</i>	<p>Le osservazioni emerse evidenziano una variabilità della disponibilità idrica nel corpo lacustre. Tale variabilità è influenzata dalle oscillazioni stagionali della falda superficiale e dall'effetto dei periodi siccitosi. Gli effetti del cambiamento climatico possono portare ad una progressiva riduzione dell'estensione dei corpi lacustri, in risposta al possibile abbassamento graduale della falda superficiale.</p> <p>Le azioni volte alla preservazione dell'area umida sotto l'aspetto della disponibilità idrica possono prevedere il convogliamento nei corpi lacustri di acque provenienti da canali irrigui, al fine di favorire il mantenimento del livello base anche nei periodi siccitosi. Un'ulteriore azione possibile potrà considerare la riqualificazione dell'area con la realizzazione della quinta arborea, per la riduzione dell'irraggiamento solare.</p>
5	<i>Emergenze su versante lungo il canale consortile di Bene</i>	La zona umida, alimentata da acque sotterranee e situata tra due canali irrigui, risente delle fluttuazioni stagionali della falda e dei cambiamenti climatici. Si propone il monitoraggio stagionale delle emergenze idriche per valutarne il comportamento anche durante periodi di scarsa piovosità.
6	<i>Risorgiva 1</i>	I dati raccolti non consentono di valutare con certezza l'impatto dei cambiamenti climatici sulla disponibilità idrica della zona umida, ma è probabile che la risorgiva risenta delle fluttuazioni stagionali e dei periodi siccitosi, in modo analogo a una risorgiva vicina. Per conservarla nel tempo, si propone l'approfondimento della testa e dell'asta della risorgiva, interventi di manutenzione ordinaria per contrastare l'interramento, l'approfondimento del fondo della depressione per facilitare l'affioramento della falda anche nei periodi più critici, e la realizzazione di una quinta arborea sul lato occidentale per ridurre l'irraggiamento e favorire la conservazione dell'area.
7	<i>Risorgiva 2</i>	La zona umida risente delle fluttuazioni stagionali, dei cambiamenti climatici e della scarsa manutenzione. Per conservarla nel tempo, si propone l'approfondimento dell'asta della risorgiva e del fondo della depressione, così da favorire l'affioramento della falda anche nei periodi di abbassamento, oltre alla programmazione di interventi di manutenzione ordinaria per contrastare l'interramento.
8	<i>Zona umida di Sant'Anselmo</i>	La risorgiva nel Bosco di Sant'Anselmo, alimentata da acque sotterranee, è influenzata dalle fluttuazioni stagionali della falda e dai cambiamenti climatici. Si propone il monitoraggio stagionale per valutarne il comportamento nei periodi siccitosi. Per garantirne la conservazione, si suggeriscono l'approfondimento dell'asta e del fondo della depressione e interventi di manutenzione ordinaria per contrastare l'interramento e favorire l'affioramento della falda anche nei momenti di maggiore abbassamento.

9	<i>Stagno di Roccasparvera</i>	La zona umida è influenzata dalle fluttuazioni stagionali e dai cambiamenti climatici. Per garantirne la conservazione nel tempo, si propone l'approfondimento della depressione e il convogliamento delle acque dal vicino corso d'acqua occidentale, così da favorire l'affioramento della falda anche nei periodi di maggiore abbassamento.
10	<i>Risorgiva Santa Croce</i>	La zona umida è influenzata dalle fluttuazioni stagionali e dai cambiamenti climatici. Per mantenerla nel tempo, si propone di approfondire il fondo dell'area qualora si verificano periodi di assenza d'acqua, facilitando così l'affioramento della falda anche nei momenti di maggiore abbassamento.
11	<i>Risorgiva Ronchi</i>	La zona umida è influenzata dalle fluttuazioni stagionali e dai cambiamenti climatici. Per conservarla nel tempo, si propone l'approfondimento della depressione e il convogliamento delle acque dal canale soprastante durante i periodi di abbassamento del livello idrico, favorendo così l'affioramento della falda superficiale.
12	<i>Lago di Sant'Anna</i>	Le osservazioni non rilevano problemi quantitativi nella disponibilità idrica stagionale dei laghi, ma i cambiamenti climatici potrebbero causare una riduzione progressiva della loro estensione a causa dell'abbassamento della falda superficiale. Per preservare l'area umida si propone il convogliamento di acque da canali per mantenere i livelli anche in siccità, l'integrazione della quinta arborea sul lato meridionale e il ripristino delle infrastrutture per l'osservazione della fauna. La vicinanza ad altri laghi del Parco Fluviale Gesso e Stura valorizza l'area, che potrebbe essere collegata tramite un percorso sentieristico unico.
13	<i>Lago di Cargatera</i>	Le osservazioni non rilevano problemi quantitativi nella disponibilità idrica stagionale dei laghi, ma i cambiamenti climatici potrebbero causare una riduzione progressiva della loro estensione a causa dell'abbassamento della falda superficiale. La vicinanza ad altri laghi del Parco Fluviale Gesso e Stura rende quest'area ecologicamente importante e suggerisce la possibilità di collegare le zone umide tramite un percorso sentieristico unico.

1. Riguardo la tipologia degli interventi individuati durante l'analisi dei siti concordati, si possono fare le seguenti suddivisione in classi a priorità decrescenti:
2. il convogliamento di acque provenienti da canali per l'alimentazione dei corpi lacustri rappresenta una tipologia di intervento efficace per garantire nel tempo un livello base per la conservazione degli habitat (esempio: Laghi di San Lorenzo, Laghi di San Sebastiano, Stagno di Roccasparvera, Lago di Sant'Anna);
3. l'ulteriore approfondimento dell'asta dei fontanili e risorgive consente alla falda superficiale di poter affiorare anche nei momenti di maggiore abbassamento e, al tempo stesso, la manutenzione ordinaria permette di contrastare il processo di interrimento (esempio: Fontanone, Risorgiva 1, Risorgiva 2, Risorgiva Sant'Anselmo, Stagno di Roccasparvera, Risorgiva Santa Croce, Risorgiva Ronchi);

4. la realizzazione di quinte arboree volte a ridurre l'irraggiamento solare favorisce la conservazione e valorizzazione degli habitat (esempio: Laghi artificiali autostrada, Risorgiva 1, Lago di Sant'Anna).
5. Implementazione di un sistema di monitoraggio del livello di falda, dei fontanili e dei laghetti (cfr. paragrafo dedicato)

8.9 Sintesi conclusiva, raccomandazioni strategiche e ruolo del Parco

Alla luce delle evidenze emerse, la protezione e gestione integrata delle risorse idriche richiede:

- un approccio intersettoriale e multilivello che unisca scienza, tecnica e governance;
- forti di investimenti in infrastrutture idriche resilienti, sensori, modelli predittivi;
- semplificazioni normative e una maggiore capacità amministrativa locale;
- il rafforzamento della cooperazione tra enti, consorzi e comunità;
- una visione strategica supportata da indicatori di efficacia e monitoraggio periodico;
- riduzione dei prelievi e miglioramento dell'efficienza d'uso;
- protezione e ripristino dei sistemi acquatici vulnerabili;
- promozione della resilienza socio-ecologica locale;
- integrazione tra pianificazione idrica e territoriale;
- rafforzamento del monitoraggio e dei controlli ambientali.

Le strategie proposte seguono i principi della gestione integrata della risorsa idrica, dell'adattamento basato sugli ecosistemi e della governance multilivello.

Queste azioni sono necessarie non solo per affrontare gli impatti del cambiamento climatico ma per garantire equità nell'accesso alla risorsa idrica, la salvaguardia della biodiversità e la sicurezza ambientale delle generazioni future.

La conservazione sostenibile della risorsa idrica all'interno dell'area del parco fluviale richiede l'adozione di un insieme articolato di misure tecniche e gestionali, che solo in parte risultano essere nella diretta competenza e possibilità operativa dell'ente parco. Tra le azioni realizzabili, rientrano l'implementazione di sistemi di monitoraggio continuo dei corpi idrici sotterranei (acque sotterranee, fontanili), la promozione di pratiche agricole a basso impatto idrico nel territorio del parco, nonché interventi locali di ripristino ecologico finalizzati al miglioramento della gestione della risorsa idrica e alla riduzione della pressione antropica su di esse.

Tuttavia, è evidente che numerose strategie necessarie per una gestione idrica efficace e resiliente superano il raggio d'azione dell'ente parco e richiedono una governance su scala territoriale più ampia. La pianificazione e regolazione dell'uso irriguo delle acque, l'ottimizzazione delle infrastrutture di distribuzione idrica e la definizione di criteri uniformi per l'allocazione della risorsa a livello intercomunale o provinciale sono azioni che devono essere assunte dall'amministrazione pubblica a livelli provinciali e regionali.

In particolare, l'amministrazione pubblica deve assumere un ruolo centrale nella gestione del comparto irriguo, essendo questo uno degli elementi più rilevanti nell'equilibrio complessivo del bilancio idrico. L'irrigazione, infatti, non incide unicamente sul prelievo delle risorse idriche, ma svolge anche una funzione indiretta di ricarica degli acquiferi superficiali, attraverso i processi di infiltrazione nel suolo. In quest'ottica, diventa imprescindibile considerare gli usi irrigui non solo come fattori di pressione. Di conseguenza, la gestione irrigua non può essere affrontata a scala locale o frammentata, ma richiede un coordinamento ampio e coerente, capace di integrare le esigenze agricole con gli obiettivi di tutela delle falde. L'adozione di politiche irrigue su scala provinciale o intercomunale è dunque una condizione necessaria per garantire la sostenibilità dell'intero sistema idrico.

In tale contesto, il ruolo dell'ente parco è fondamentale sia per l'attuazione di interventi locali sia nel rivestire una funzione attiva di stimolo e coordinamento. In altre parole è fondamentale che esso si faccia promotore presso le istituzioni competenti dell'urgenza di una pianificazione integrata, sollecitando l'adozione di politiche idriche coerenti con gli obiettivi di tutela ecosistemica e resilienza climatica.

Conclusioni

Lo studio in oggetto, volto alla identificazione delle modificazioni causate dai cambiamenti climatici sulle risorse idriche e sulle zone umide del Parco fluviale Gesso e Stura, è stato condotto attraverso una pluralità di attività e approcci metodologici.

La raccolta e l'analisi di dati pregressi sull'assetto climatico, idrologico ed idrogeologico del Parco fluviale Gesso e Stura e delle aree limitrofe, unitamente all'indagine su ubicazione e caratteristiche di aree umide, risorgive e relazioni fiume-falda, hanno consentito di sintetizzare lo stato delle conoscenze esistenti e di formulare ipotesi sugli impatti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche.

Da un punto di vista idrogeologico, la pianura cuneese è caratterizzata da un acquifero superficiale, posto nei Complessi Alluvionali (principale e antico) costituiti da depositi ghiaioso-sabbiosi, e da sottostanti acquiferi profondi. La falda superficiale, in connessione con il reticolo idrografico, alimenta i corsi d'acqua, ad eccezione della fascia pedemontana a ridosso dei rilievi alpini, dove i rapporti si invertono.

Nel territorio del Parco fluviale Gesso e Stura e nell'area di studio di dettaglio sono inoltre presenti numerose zone umide, come boschi umidi, stagni, laghi di cava, sorgenti, risorgive e canali artificiali. Tali aree sono state identificate dapprima attraverso i dati della Banca dati delle Zone umide e del portale SIRI della Regione Piemonte, e poi approfondite mediante sopralluoghi in campo sulle aree di maggiore interesse.

I dati raccolti tra il 1993 e il 2024 nelle stazioni meteorologiche, idrometriche e piezometriche ubicate nel territorio del Parco Fluviale del Gesso e Stura evidenziano segnali inequivocabili di cambiamento climatico, con implicazioni rilevanti per la gestione delle risorse idriche naturali.

Le temperature dell'aria medie annuali mostrano un incremento costante, con un aumento di circa 2,5 °C nell'arco di trent'anni. In particolare l'anno 2022 è stato identificato come l'anno più caldo per la serie storica analizzata.

Le precipitazioni risultano sempre più irregolari, con forti alternanze tra anni molto siccitosi e annate particolarmente piovose, senza una tendenza evidente alla crescita o alla riduzione dei volumi totali. Tale andamento si riflette anche sul sistema idrologico. Le stazioni idrometriche poste sui fiumi registrano una generale correlazione tra le precipitazioni e le portate dei fiumi, evidenziando però una riduzione dei livelli idrometrici e delle portate nel tempo, accompagnata da un progressivo riscaldamento delle acque superficiali.

Per quanto riguarda le analisi dei livelli piezometrici della falda superficiale, condotte su nove piezometri distribuiti nell'intera area del Parco, è emerso che la falda a superficie libera risulta fortemente influenzata dalle precipitazioni. In particolare, si osservano soggiacenze minori negli anni più piovosi e valori più elevati nei periodi di siccità.

L'analisi mensile dei livelli piezometrici consente inoltre di rilevare gli effetti delle pratiche agricole, in particolare dell'irrigazione: in molti casi, infatti, i picchi di livello si registrano nei mesi di agosto e settembre, in corrispondenza della stagione irrigua.

Le indagini confermano anche una tendenza generale alla diminuzione dei livelli della falda freatica, con variazioni più marcate in alcune località come Fossano, Morozzo, Cuneo e Beinette. L'unica eccezione significativa è rappresentata dal piezometro di Bene Vagienna, che mostra una relativa stabilità nel lungo periodo.

Anche la temperatura delle acque sotterranee risulta in aumento, con incrementi superiori ai 2 °C in meno di vent'anni in alcune aree. Questo fenomeno contribuisce a modificare sia la qualità sia la dinamica degli acquiferi.

A supporto della divulgazione e della sensibilizzazione pubblica, strumenti visivi come le GWT stripes, testati nell'area di studio, si rivelano particolarmente efficaci nel rendere comprensibili le variazioni termiche delle acque sotterranee, contribuendo così a rafforzare il ruolo del Parco come promotore di consapevolezza ambientale e di buone pratiche di adattamento.

Al fine di definire le caratteristiche della risorsa idrica sotterranea, nonché di definire i rapporti tra i corsi d'acqua presenti nell'area di studio e le acque sotterranee, è stato condotto uno studio di dettaglio sulla superficie freatica. L'area di studio selezionata, corrispondente alla porzione di pianura posta entro un raggio di 5 km dalla zona di Sant'Anselmo, interessa le pianure terrazzate poste in destra e sinistra idrografica del Fiume Stura di Demonte, con una estensione pari a 116 km². Nella prima metà del mese di ottobre è stata realizzata una campagna di misure piezometriche volta alla realizzazione della cartografia della superficie piezometrica relativamente all'acquifero a falda libera. Da tale carta si può osservare una direzione generale di deflusso delle acque sotterranee SW-NE. In prossimità all'alveo del Torrente Stura di Demonte, nonché in corrispondenza alle scarpate dei terrazzi, la convergenza delle linee isopiezometriche verso l'asta fluviale indica un rapporto di alimentazione da parte della falda superficiale verso il Torrente Stura di Demonte. In corrispondenza al Torrente Gesso, osservando l'andamento della superficie piezometrica nella porzione a monte dell'area di studio, le linee isopiezometriche convergono nell'alveo deviando verso valle, testimoniando un'alimentazione da parte del torrente verso la falda.

L'attività di censimento delle zone umide presenti nell'area di interesse e l'analisi delle modificazioni riconducibili alla variabilità climatica sono state sviluppate in due fasi. In un primo momento, è stato sintetizzato lo stato delle conoscenze pregresse attraverso l'analisi di studi esistenti e dei dati disponibili nelle banche dati regionali. Tuttavia, tali dati pregressi non risultano aggiornati, in quanto non riportano la totalità dei punti umidi effettivamente presenti. In particolare, durante i numerosi sopralluoghi effettuati dal personale dell'Università di Torino, sono state individuate zone umide non registrate nelle banche dati regionali. In una seconda fase, un totale di 13 zone umide, ritenute di particolare rilevanza dall'Ente Parco Fluviale Gesso e Stura, sono state censite, cartografate e descritte mediante apposite schede descrittive, in seguito ai numerosi sopralluoghi condotti dal personale dell'Università di Torino. Le aree individuate comprendono risorgive, fontanili, sorgenti, corpi lacustri, stagni e boschi umidi. L'obiettivo di questa attività era quello di fornire un supporto conoscitivo utile a orientare le future scelte operative ed individuare possibili azioni di conservazione e ripristino delle stesse. Particolare attenzione è stata prestata alle modificazioni passate delle aree tramite l'osservazione delle immagini satellitari. Questo ha permesso di constatare le variazioni della disponibilità idrica nel tempo, nonché, identificare le modificazioni indotte dalla variabilità stagionale e dai periodi siccitosi occorsi. Le osservazioni realizzate hanno dunque consentito una più approfondita comprensione del contesto idrogeologico delle aree e dei possibili impatti dei cambiamenti climatici, rendendo possibile l'individuazione di alcuni sviluppi futuri ed azioni potenzialmente applicabili, per contribuire alla conservazione delle zone umide in risposta alla variabilità climatica.

Sulla base delle numerose analisi effettuate, è stato infine possibile ricostruire il modello idrogeologico concettuale dell'area di Sant'Anselmo e delle pianure terrazzate limitrofe (Figura 7.4). In particolare, il bosco di Sant'Anselmo risulta delimitato dalla scarpata del terrazzo fluviale situato

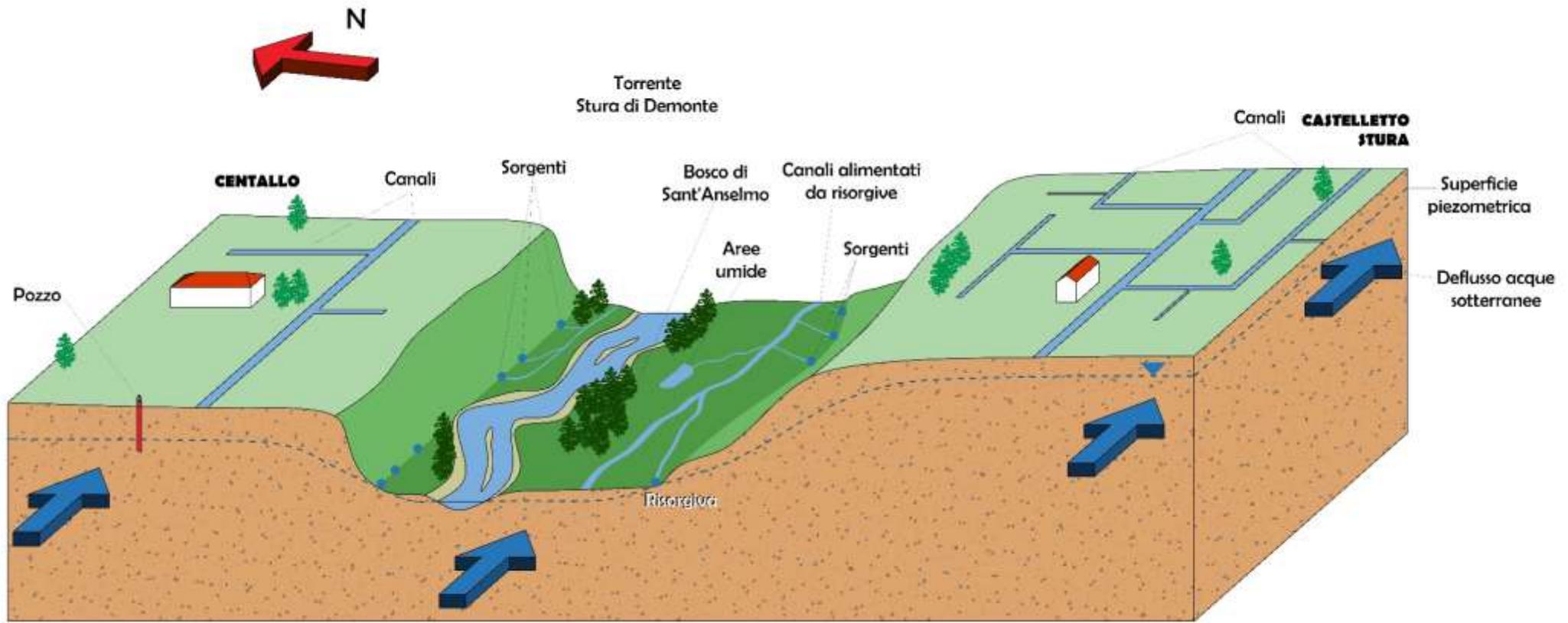


Figura 7.4. Modello idrogeologico concettuale dell'area di Sant'Anselmo e delle pianure terrazzate limitrofe.

sulla destra idrografica del Torrente Stura di Demonte. Questo terrazzo presenta una quota altimetrica superiore rispetto a quello posto sulla sinistra idrografica e, conseguentemente, anche i livelli piezometrici risultano più elevati (in metri sul livello del mare). Le acque sotterranee mostrano una tendenza costante ad alimentare il torrente durante tutto l'anno. In prossimità delle scarpate e nelle aree di fondovalle, la morfologia del terreno intercetta la superficie piezometrica, favorendo la formazione di emergenze idriche che generano diverse tipologie di zone umide, tra cui sorgenti, risorgive, canali e corpi lacustri.

La stretta interconnessione tra acque superficiali, acque sotterranee, aree umide e precipitazioni si inserisce in un contesto ambientale che evidenzia già gli effetti del cambiamento climatico. Si osservano, infatti, un aumento delle temperature medie dell'aria, una tendenza alla diminuzione delle precipitazioni, seppur con marcate irregolarità tra gli anni, e un progressivo abbassamento dei livelli piezometrici e delle portate dei corsi d'acqua.

Dirette conseguenze di questi fenomeni possono essere, ad esempio, il prosciugamento temporaneo o stagionale di sorgenti e risorgive, con impatti significativi sugli ecosistemi locali. Tali evidenze rendono urgente l'adozione di misure efficaci per la conservazione della risorsa idrica.

In tale contesto e sulla base delle risultanze dello studio, la crescente pressione antropica, unita agli effetti del cambiamento climatico, impone il potenziamento del monitoraggio integrato e l'adozione di strategie di gestione sostenibile delle risorse idriche, in grado di preservarne la quantità e la disponibilità nel lungo termine.

Bibliografia

Arpa Piemonte (2025). Home page | Arpa Piemonte. https://www.arpa.piemonte.it/rischi_naturali/snippets_arpa_graphs/map_meteoweb/?rete=stazione_meteorologica. Accessed 15 Jan 2025

Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po (2023). "Forum delle Acque – Relazioni e Documenti". <https://www.adbpo.it>

Bischetti G.B., Fumagalli N., Piantanida V., Senes G., Negri G., Pellitteri T., Gomarasca S., Marziali L. (2012). Tutela e valorizzazione dei fontanili del territorio lombardo – FonTe. Regione Lombardia, Quaderni della Ricerca n. 144 - marzo 2012.

Bove A., Casaccio D., De Luca D.A., Destefanis E., Lasagna M., Masciocco L., Ossella L., Tonussi M. (2005). Idrogeologia della pianura piemontese. Mario Gros Industrie Grafiche SPA – Torino.

Civita M., Fiorucci A., Olivero G., Vigna B. (2000). Le risorse idriche sotterranee del territorio cuneese (Piemonte meridionale). Parte 2: il settore di pianura. GEAM

Commissione Europea (2004). NEMOS project - improvement of ALpine wetland areas. <https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/project/LIFE00-NAT-IT-007281/nemos-project-improvement-of-alpine-wetland-areas>

Comune di Cuneo (1983). Tra Gesso e Stura. Realtà natura e storia di un ambiente fluviale. Comune di Cuneo-Assessorato per la cultura. Edizioni L'artistica – Savigliano.

Comunità Europea (1992). DIRETTIVA 92/43/CEE DEL CONSIGLIO del 21 maggio 1992 relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche. Allegato I.

De Luca D.A., Ghione R., Lasagna M. (2005). Studio idrogeologico dei fontanili della Pianura Piemontese. *Giornale di Geologia Applicata* 2 (2005) 377-382, doi: 10.1474/GGA.2005-02.0-55.0081

De Luca D.A., Lasagna M., Debernardi L. (2020). Hydrogeology of the Western Po Plain (Piedmont, NWItaly). *J. Maps* 2020, 16, 265-273. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17445647.2020.1738280>

Giordano N. (2008). Studio idrogeologico del territorio comunale di Cuneo. Tesi di laurea in Scienze Geologiche 2007-2008. Università degli Studi di Torino.

Hawkins E. (2019). Show Your Stripes. <https://showyourstripes.info/>. Accessed 26 Jul 2023

Hawkins E. (2018). Warming stripes | Climate Lab Book. <https://www.climate-lab-book.ac.uk/warming-stripes/>. Accessed 26 Jul 2023

ISTAT (2025). Le statistiche sull'acqua – Anni 2020-2024. <https://www.istat.it/comunicato-stampa/le-statistiche-sullacqua-anni-2020-2024/>. Accessed 25 Jul 2023

Kendall M.G. (1955). Rank Correlation Measures. Charles Griffin, London 202

Lasagna M., Egidio E., De Luca D.A. (2024). Groundwater Temperature Stripes: A Simple Method to Communicate Groundwater Temperature Variations Due to Climate Change. *Water* 16:717. <https://doi.org/10.3390/w16050717>

Mancini S., Egidio E., De Luca D.A., Lasagna M. (2022). Application and comparison of different statistical methods for the analysis of groundwater levels over time: Response to rainfall and resource evolution in the Piedmont Plain (NW Italy). *Science of The Total Environment* 846:157479. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157479>

Mann H.B. (1945). Nonparametric Tests Against Trend. *Econometrica* 13:245. <https://doi.org/10.2307/1907187>

ONU (2010). Resolution adopted by the General Assembly on 28 July 2010. Risoluzione ONU n. 64/292 del 2010. A/RES/64/292

Parlamento Europeo (2000). DIRETTIVA 2000/60/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 23 ottobre 2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque. *Gazzetta ufficiale delle Comunità europee*. L 327/1, 22.12.2000. <https://www.mase.gov.it/portale/web/guest/direttiva-2000-60-ce>

Parlamento Europeo (2006). DIRETTIVA 2006/118/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 12 dicembre 2006 sulla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento

Piana F., Fioraso G., Irace A., Mosca P., D'Atri A., Barale L., Falletti P., Monegato G., Morelli M., Tallone S., Vigna G.B. (2017). Geology of Piemonte region (NW Italy, Alps–Apennines interference zone)- *Journal of Maps*, 13(2): 395-405.

Poeter E., Fan Y., Cherry J., Wood W., Mackay D. (2020). Groundwater in our water cycle – getting to know Earth's most important fresh water source. *The Groundwater Project*, Guelph, Ontario, Canada. <https://doi.org/10.21083/978-1-7770541-1-3>

Regione Piemonte (2002). Carta piezometrica della falda superficiale alla scala 1:100.000. https://www.geoportale.piemonte.it/geonetwork/srv/api/records/r_piemon:91d1eaa0-38c2-4875-9da4-fba98dbd420f#:~:text=Nel%20periodo%20giugno%20luglio%202002,acqua%20relativi%20all'acquuifero%20superficiale.

Regione Piemonte (2011). Le zone umide del Piemonte. Gruppo di Lavoro sulle Zone Umide del Piemonte, 2011. Regione Piemonte, Torino. https://webgis.arpa.piemonte.it/secure_apps/Viewer/?config=zone_umide.json

Regione Piemonte (2024). Sistema Informativo Risorse Idriche (SIRI) della Regione Piemonte. <https://servizi.regione.piemonte.it/catalogo/si-risorse-idriche-siri-si-bonifica-irrigazione-sibi>. Ultimo accesso: 14/12/2024

Repubblica Italiana (2006). art. 144 del D.Lgs. 152/2006, Testo Unico Ambientale

Repubblica Italiana (2009). Decreto legislativo 16 marzo 2009, n. 30. Attuazione della direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento. (09G0038). <https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:decreto.legislativo:2009-03-16;30>

Sen P.K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of American Statistical Association* 39:1379–1389

Theil H. (1992). A Rank-Invariant Method of Linear and Polynomial Regression Analysis. In: Raj B, Koerts J (eds) *Henri Theil's Contributions to Economics and Econometrics*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp 345–381

Università di Torino (2020). Aggiornamento della carta piezometrica dell'acquifero superficiale della pianura piemontese.

Sitografia

<https://www.blauer-engel.de/en> . Accessed on 28/07/2025

https://www.irriframe.it/irriframe/home/index_er. Accessed on 26/07/2025

https://www.sardegnaagricoltura.it/documenti/14_43_20080207120019.pdf. Accessed on 18/07/2025

<https://forestami.org/chi-siamo/il-progetto/>. Accessed on 21/07/2025

<https://www.liferewat.eu>. Accessed on 24/07/2025

https://ente.parcoticino.it/wp-content/uploads/2023/01/Buone-pratiche-Parco-Ticino_2021.pdf. Accessed on 22/07/2025

https://distrettoalpiorientali.it/wp-content/uploads/2023/02/Ferri_Scarinci_mestre_10_06_2015.pdf. Accessed on 19/07/2025

(https://www.cartografia.servizirl.it/metadata/fontanili/QdR_n.144_FonTe.pdf), Accessed on 16/07/2025

<https://www.theinternational.at/tyrol-zams-launches-major-inn-river-revitalization-project/>. Accessed on 20/07/2025

<https://www.alpine-space.eu/project/i-swamp/>. Accessed on 18/07/2025

<https://www.provincia.tn.it/Amministrazione/Progetti/NEMOS-Improvement-of-Alpine-wetland-areas>. Accessed on 23/07/2025

<https://www.lifeinsubricus.eu>. Accessed on 21/07/2025

<https://www.parcofluvialesarca.tn.it/pdf/Relazione.vs5.6.pdf>. Accessed on 26/07/2025

<https://www.acquapubblicasabina.it/index.php/comunicazione/306-aps-assegnati-ad-ato-3-lazio-centrale-i-fondi-incrementali-del-pnrr-per-la-riduzione-delle-perdite-idriche>. Accessed on 22/07/2025

Resp. Scientifici: Prof. Domenico Antonio De Luca, Prof.ssa Manuela Lasagna
Collaboratori: Dott. Daniele Cocca, Dott.ssa Elena Egidio

