

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale

Pianificazione Territoriale, Urbanistica e Paesaggistico - Ambientale

Tesi di Laurea Magistrale

**La gestione delle risorse idriche: dalla Governance territoriale al caso studio del
bacino idrografico del torrente Ingagna in Comune di Mongrando**



Relatore

Prof. Stefano Ferrari

Tommaso Testa

Matricola 305390

A.A. 24/25



**POLITECNICO
DI TORINO**

Collegio di
Pianificazione e
Progettazione



DIPARTIMENTO
INTERATENEO DI SCIENZE
PROGETTO E POLITICHE
DEL TERRITORIO

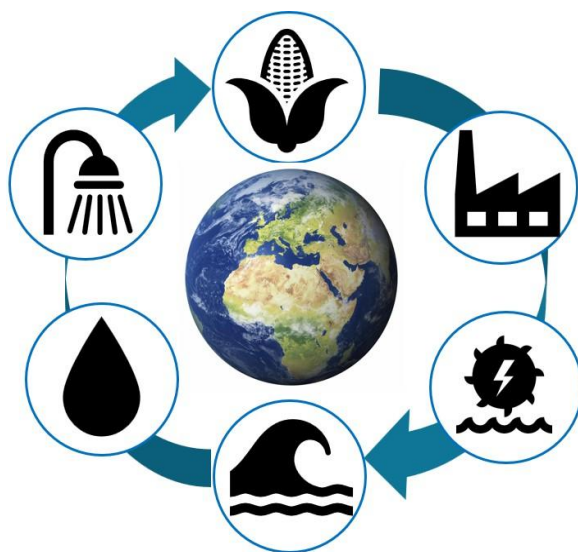
POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale

Pianificazione Territoriale, Urbanistica e Paesaggistico - Ambientale

Tesi di Laurea Magistrale

**La gestione delle risorse idriche: dalla Governance territoriale al caso studio del
bacino idrografico del torrente Ingagna in Comune di Mongrando**



Relatore

Prof. Stefano Ferrari

Tommaso Testa

Matricola 305390

A.A. 24/25

A Ruggero.

Introduzione	Pag.01
 <i>1.0 La geopolitica internazionale dell'acqua</i>	 <i>Pag.05</i>
1.0.1 Il ciclo dell'acqua	Pag.05
1.0.2 I cambiamenti climatici	Pag.07
1.0.3 La distribuzione dell'acqua sul pianeta	Pag.07
1.0.4 Il Water Grabbing	Pag.10
 <i>2.0 I conflitti dell'acqua</i>	 <i>Pag.12</i>
2.0.1 Risorse idriche e sicurezza	Pag.13
2.0.2 Israele e la geopolitica delle risorse idriche	Pag.15
2.0.3 Il quadro normativo internazionale	Pag.21
 Parte Prima – il quadro pianificatorio delle risorse idriche	
3.0 I riferimenti normativi considerati	Pag.23
<i>3.1 Assetto normativo Comunitario e Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE</i>	<i>Pag.23</i>
 <i>3.2 Assetto normativo Nazionale</i>	 <i>Pag.26</i>
3.2.1 Legge Galli 36/1994	Pag.26
3.2.2 Il Codice dell'ambiente D.lgs 152/06	Pag.27
 <i>3.3 Assetto normativo Regionale</i>	 <i>Pag.30</i>
3.3.1 Legge Regionale n° 13 del 20/01/1997	Pag.30
3.3.2 Legge Regionale n° 21 del 09/08/1997	Pag.31
 4.0 La Governance territoriale multilivello delle risorse idriche	Pag.32
<i>4.1 Il Livello Internazionale</i>	<i>Pag.33</i>
4.1.1 Le linee guida internazionali per lo sviluppo sostenibile	Pag.33
4.1.2 Agenda 2030	Pag.33
4.1.3 Gli accordi internazionali per il contrasto al cambiamento climatico	Pag.35
 <i>5.0 Il Livello territoriale Europeo</i>	 <i>Pag.37</i>
5.0.1 Il Piano di salvaguardia delle risorse idriche europee - Blueprint	Pag.37
 <i>6.0 Livello Nazionale</i>	 <i>Pag.40</i>

6.0.1 Bilancio Idrologico nazionale anno 2022	Pag.40
6.0.2 Analisi delle precipitazioni a scala nazionale anno 2022	Pag.42
6.0.3 Analisi della siccità a scala nazionale anno 2022	Pag.45
6.1 Pianificazione strategica nazionale per l'adattamento ai cambiamenti climatici	Pag.48
6.1.1 Il Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici PNACC	Pag.48
6.1.2 Le risorse idriche nel PNACC	Pag.49
7.0 Il Livello territoriale distrettuale di bacino del Po	Pag.51
7.1 Il Piano di Gestione del bacino idrografico del fiume Po	Pag.51
7.1.1 La Governance multilivello delle risorse idriche nel bacino del Po	Pag.51
7.1.2 Inquadramento generale	Pag.54
7.1.3 Obiettivi generali e indirizzi strategici del PdGPO	Pag.59
7.2 Il Piano di Bilancio Idrico	Pag.61
7.2.1 Valori e finalità del Piano di Bilancio Idrico nel Distretto del fiume Po	Pag.62
7.2.2 I contenuti del Piano di Bilancio Idrico	Pag.63
7.2.3 Gli usi delle risorse idriche Piano di Bilancio Idrico	Pag.65
7.2.3.1 Uso idropotabile delle risorse idriche nel PBI	Pag.65
7.2.3.2 Uso irriguo delle risorse idriche nel PBI	Pag.66
7.2.3.3 Uso idroelettrico delle risorse idriche nel PBI	Pag.68
7.3 Gestione della carenza idrica e della siccità	Pag.69
7.3.1 Aree a ricorrente crisi idrica	Pag.71
7.3.2 Bilancio idrico e modalità di calcolo	Pag.74
8.0 Il Livello Regionale	Pag.77
8.1. Il Piano di Tutela delle Acque	Pag.77
8.1.1 L'uso idropotabile delle risorse idriche nel PTA	Pag.78
8.1.2 L'uso Irriguo delle risorse idriche nel PTA	Pag.81
8.1.3 L'uso Idroelettrico delle risorse idriche nel PTA	Pag.83
8.1.4 Il Bilancio Idrico Regionale	Pag.84
8.1.5 Le precipitazioni e il regime idrologico	Pag.85
9.0 Il Piano Territoriale Regionale	Pag.87
9.0.1 Le acque nel PTR	Pag.87
9.0.2 L'aspetto qualitativo e quantitativo delle acque in Piemonte	Pag.88

10.0 Rapporto sullo stato dell'irrigazione in Piemonte	Pag.90
10.0.1 Bonifica e irrigazione	Pag.91
10.0.2 Inquadramento idrografico	Pag.92
10.0.3 Comparto irriguo regionale	Pag.93
10.0.4 L'irrigazione	Pag.96
 <i>11.0 Il Livello sottobacino del fiume Sesia</i>	 <i>Pag.98</i>
11.0.1 Inquadramento generale	Pag.98
11.0.2 Uso del suolo	Pag.100
 <i>12.0 Il Livello territoriale caso studio</i>	 <i>Pag.102</i>
12.0.1 Inquadramento generale del comprensorio di bonifica	Pag.102
12.0.2 Dall'origine della Baraggia all'istituzione del Consorzio di Bonifica	Pag.106
12.0.3 Il Piano Generale di Bonifica	Pag.112
12.0.4 La nascita della politica degli invasi	Pag.115
12.0.5 La fornitura d'acqua a uso irriguo	Pag.119
12.0.6 La fornitura d'acqua a uso idropotabile	Pag.120
 Parte Seconda – Il modello dell'area di studio	
12.1 Introduzione al caso studio	Pag.123
12.2 Descrizione del modello di analisi	Pag.124
 13.0 Il modello dell'offerta e della disponibilità idrica	 Pag.127
<i>13.1 Fase n° 1: analisi del bacino idrografico</i>	<i>Pag.127</i>
13.1.1 Definizione del bacino idrografico	Pag.131
13.1.2 Informazioni generali di bacino	Pag.132
13.1.3 I parametri di calibrazione di HEC-HMS	Pag.135
13.1.4 Il modello delle perdite	Pag.135
13.1.5 La velocità di concentrazione e Lag Time	Pag.136
13.1.6 Analisi delle precipitazioni	Pag.138
13.1.7 Il modello HMS	Pag.140
13.1.8 I risultati ottenuti con HMS	Pag.141
 <i>14.0 Fase n° 2: analisi delle portate misurate all'invaso</i>	 <i>Pag.147</i>
14.0.1 Rapporto tra le altezze di invaso e le piogge	Pag.147
14.0.2 Il volume di invaso	Pag.152

14.0.3 Disponibilità idrica all'invaso in periodo siccitoso	Pag.155
14.0.4 Analisi delle portate misurate all'invaso	Pag.156
15.0 Il modello della domanda e dei consumi	Pag.167
15.1 Fase n° 3: analisi della distribuzione dei consumi a livello territoriale	Pag.167
15.1.1 I dati cartografici e livello territoriale	Pag.167
15.1.2 Il modello della domanda attesa $[D_a]$ a uso potabile	Pag.169
15.1.3 I consumi della domanda misurata $[D_m]$ nei serbatoi comunali	Pag.175
15.1.4 Confronto tra $[D_a]$ e $[D_m]$, osservazione dei dati ottenuti	Pag.179
15.1.5 I consumi a uso irriguo	Pag.182
15.1.6 L'infrastrutturazione a uso irriguo	Pag.183
15.1.7 I turni irrigui	Pag.184
15.1.8 Il calcolo dei consumi irrigui $[I_{eii}]$	Pag.185
15.1.9 I consumi a uso idroelettrico	Pag.193
16.0 Fase n° 4: analisi della distribuzione dei consumi a livello locale	Pag.194
17.0 Considerazioni finali	Pag.194
18.0 La disponibilità idrica in relazione ai cambiamenti climatici	Pag.197
18.0.1 Analisi dei dati di temperatura e precipitazioni per la modellazione del manto nevoso	Pag.197
18.0.2 Gli indicatori climatici	Pag.202
18.0.3 Reperimento dati di temperatura e precipitazioni	Pag.205
18.0.4 La modellazione dello scioglimento del manto nevoso con HMS	Pag.211
18.0.5 Classificazione delle fasce di elevazione	Pag.215
18.0.6 Risultati ottenuti	Pag.219
18.0.7 Interpretazione dei dati ottenuti	Pag.232
19.0 La modellazione del bacino idrico	Pag.236
19.0.1 La portata in ingresso $[Q_{in}]$	Pag.237
19.0.2 Il modello di routing e i principi dello stoccaggio idrico $[Strg]$	Pag.241
19.0.3 La portata in uscita $[Q_{out}]$	Pag.245
19.0.4 Risultati ottenuti e interpretazione dei dati	Pag.246
20.0 Conclusioni	Pag.261
Biografia e sitografia	Pag.265
Allegati tecnici	Pag.270

Introduzione

Osservando i contesti urbani negli ultimi decenni è possibile osservare una crescita esponenziale delle nostre città a cui fa seguito uno grande sviluppo delle attività produttive e dell'agricoltura. Una crescita economica così preponderante richiede una grande esigenza di risorse primarie tra cui le quelle idriche necessarie per sostenere sia l'uso potabile e domestico sia quello agricolo e produttivo.

Purtroppo però contestualmente alla crescita della domanda idrica determinata da questo trend di sviluppo economico incontrollato dettato dalla globalizzazione, si aggiungono gli effetti dell'inquinamento dell'aria, delle acque e del suolo, nonché quelli prodotti dall'immissione in atmosfera di un quantitativo di anidride carbonica che sta causando il fenomeno dei cambiamenti climatici.

Il rapporto IPCC del 2021 sugli impatti del riscaldamento globale afferma che si prevede sul nostro pianeta un incremento di 1,5 °C entro il 2050 rispetto ai valori di temperatura pre-industriali del 1850. Nonostante la conferenza delle parti COP 21 tenutasi a Parigi, la Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici ha previsto un aumento della temperatura globale di 2 °C entro il 2100.

I cambiamenti climatici oltre a determinare carenza idrica, generano molti effetti sul clima tra cui eventi atmosferici catastrofici causati dallo scioglimento dei ghiacciai e dalla siccità. A questo quadro si aggiunge una crescita demografica incontrollata in alcune aree del pianeta a cui fa seguito un aumento della domanda di risorse idriche.

In sostanza la richiesta mondiale di accesso all'acqua in questi primi decenni del 21° secolo sta raggiungendo i massimi livelli e contestualmente la sua quantità e qualità sta diminuendo drasticamente.

All'interno di questo scenario allarmante si aggiungono sistemi di distribuzione e di accumulo fatiscenti o addirittura assenti a causa di Governance territoriali poco efficaci presenti soprattutto in contesti governativi non democratici e solidi dal punto di vista istituzionale.

Tutti questi elementi tra cui, il riscaldamento globale, il sovraffollamento, l'inquinamento e l'assenza di governi democratici stanno determinando sempre più dei conflitti causati dall'accaparramento delle risorse idriche. Se l'acqua rappresenta benessere e sicurezza alimentare, in un contesto mondiale di precarietà idrica risulta ormai fondamentale garantire una fornitura di risorse idriche alle nazioni industrializzate che spesso le sottraggono ai paesi in via di sviluppo causando uno squilibrio economico favorito da condizioni di sfruttamento.

La seguente ricerca ha quindi un duplice obiettivo, da una parte risulta necessario investigare gli strumenti di Governance che in Italia permettono la funzionale gestione delle risorse idriche. Fortunatamente la nostra nazione trovandosi all'interno del contesto comunitario, risulta obbligata a rispondere alle linee guida europee, fornendo sia dati di quantità che di qualità delle risorse idriche ai diversi livelli territoriali provenienti dai gestori del servizio idrico che risultano essere gli strumenti attuativi delle politiche pubbliche, convergendo nelle banche dati delle regioni fino a quelle del bacino idrografico di riferimento giungendo infine al livello nazionale. Questo monitoraggio dei consumi e della disponibilità idrica permette in un sistema territoriale multilivello di distribuire i finanziamenti ai vari livelli territoriali favorendo investimenti mirati al miglioramento della qualità dell'acqua e limitandone gli sprechi.

In secondo luogo risulta ugualmente importante comprendere come gestire le risorse idriche dal punto di vista quantitativo analizzando il territorio, i bacini idrografici e le piogge individuando un modello di gestione a uso potabile, irriguo e idroelettrico. Il modello proposto è stato realizzato in base allo studio della domanda e dell'offerta idrica di una porzione di territorio ubicato tra le province di Biella e Vercelli i cui Comuni sono serviti dal servizio idrico grazie a un invaso realizzato in Comune di Mongrando in Provincia di Biella negli anni 90 del secolo scorso.

Grazie allo studio della disponibilità idrica ottenuta tramite la modellazione con software specifici delle dinamiche pluviometriche degli anni considerati, è stato possibile verificare se la domanda idrica territoriale potesse essere soddisfatta sia allo scopo potabile che quello irriguo. Il calcolo del bilancio idrico è quindi commisurato alla domanda e all'offerta delle risorse idriche e ha lo scopo di predisporre degli scenari per una efficiente ed efficace distribuzione delle risorse idriche.

Lo strumento realizzato, si basa quindi sulla misura della domanda a livello territoriale verificando se possa essere soddisfatta in base alla quantità di acqua accumulata nell'invaso. Questo studio permette al gestore del servizio di distribuzione idrica di avere un quadro preciso sui volumi di acqua disponibili migliorandone la gestione e permettendo di indirizzarne l'uso in base alla disponibilità idrica.

I dati elaborati permettono di guidare le politiche pubbliche dell'acqua verso un uso potabile, agricolo e idroelettrico quando la disponibilità idrica risulta elevata oppure limitando questi usi a favore di quello potabile in condizioni siccitose. L'aspetto demografico e l'analisi dell'estensione degli ettari irrigati risultano fondamentali per comprendere le dinamiche dei consumi in varie condizioni climatiche predisponendo delle circostanze di utilizzo che permettono di aiutare il decisore a compiere delle scelte consapevoli nella gestione e dunque nella distribuzione delle risorse idriche soprattutto in periodi di carenza idrica.

L'acqua è dunque un bene primario molto spesso sottovalutato o dato per scontato. L'educazione al risparmio nella popolazione non è ancora diventato un elemento culturale. Le criticità che le istituzioni che si occupano della gestione delle risorse idriche dovranno affrontare nei prossimi decenni non hanno ancora raggiunto la società che ignara di questo enorme problema prosegue la propria esistenza senza comprendere che cosa significa un futuro senza avere acqua a disposizione.

Ed è proprio qui che la ricerca ha l'obiettivo di sensibilizzare il risparmio idrico attraverso lo studio degli eventi siccitosi che in futuro saranno sempre più frequenti. Alla base della ricerca le domande che sono state poste sono: quanta acqua avremo a disposizione tra trent'anni? Visto il cambiamento climatico di quanti gradi aumenterà la temperatura globale? Quali saranno gli effetti sull'area studio? Sarà possibile mantenere la produzione agricola e la produzione idroelettrica oppure no? Sarà possibile soddisfare l'uso potabile per la popolazione? Per quanto tempo?

Rispondere a queste domande viste le condizioni di criticità ambientale citate precedentemente risulta di fondamentale importanza. L'aumento previsto di temperatura globale sarà probabilmente di 2 °C e quindi bisognerà trovare soluzioni rispondendo all'unica domanda che in questo contesto conta davvero: quanta acqua avremo a disposizione? Per rispondere a questo quesito sono stati utilizzati tutti gli strumenti di modellazione idrografica disponibili che grazie anche a una nutrita quantità di dati pluviometrici è stato possibile offrire dei risultati chiari e attendibili. Anche in questo caso si sottolinea l'impegno delle istituzioni tra cui Arpa e Regione Piemonte nel rendere disponibile i dati delle serie storiche che partono addirittura dal 1958.

Il contesto in cui è stata affrontata la ricerca ha dunque un prevalente carattere tecnico e scientifico ed è stata suddivisa in due parti, nella prima parte è stata individuata la disponibilità di acqua dolce presente sull'intero pianeta che rappresenta il 2,5% del totale di acqua disponibile.

Successivamente è stato descritto il concetto di stress idrico che è determinato dal rapporto tra disponibilità idrica a livello nazionale e i suoi consumi che però deve fare fronte a diverse altre variabili come ad esempio il sistema produttivo di riferimento, e la mancanza di infrastrutture di distribuzione.

Inoltre come anticipato precedentemente in questa prima parte della ricerca è stato proposto il caso israelo-palestinese che rappresenta un esempio di *accaparramento di risorse idriche* determinando una condizione conflittuale dagli anni 50 del secolo scorso.

Successivamente proprio in contrasto all'esempio di idro-conflitto proposto, è stato riportato il quadro pianificatorio nazionale italiano delle risorse idriche che proprio grazie alla presenza di organi istituzionali presenti a ogni livello territoriale garantisce una distribuzione equa delle risorse idriche

offrendo quindi una condizione di stabilità civile. L'accesso alle risorse idriche può infatti generare delle tensioni all'interno della società proprio a causa della sua carenza. Il quadro pianificatorio analizzato ha dunque l'obiettivo di scongiurare tali tensioni garantendo un certo grado di stabilità anche se a causa dell'effetto del riscaldamento globale questo obiettivo sarà sempre più una sfida per le pubbliche amministrazioni per via dell'incremento degli eventi siccitosi.

La seconda parte rappresenta il modello di gestione vero e proprio che è stato realizzato commisurando la disponibilità idrica su tre livelli analisi all'interno del caso studio tra cui: l'analisi della disponibilità idrica all'interno del bacino idrografico, la disponibilità idrica misurata all'invaso, e i consumi idrici potabili, irrigui e idroelettrici calcolati a livello comunale e territoriale. Nel caso dei consumi potabili a livello territoriale è stato realizzato un modello dei consumi in base alla variazione di popolazione tra il 2011 e il 2021 nei Comuni serviti dal servizio idrico. Dopodiché il modello ottenuto è stato verificato con i dati ottenuti e misurati direttamente dall'ente gestore del servizio idrico. Infine i risultati sono stati confrontati ed è stato possibile ottenere un indicatore che permette di calcolare la disponibilità idrica potabile alla popolazione in base al volume di partenza da cui sono stati ottenuti i litri giorno disponibili a persona.

Nel caso dei consumi irrigui sono stati calcolati i litri secondo totali erogati dagli irrigatori presenti sul territorio grazie alla portata nota. Successivamente sono stati ottenuti i volumi erogati espressi in metri cubi ora da cui sono stati ottenuti i consumi territoriali in base agli ettari irrigati. Anche in questo caso è stato possibile ricavare un indicatore ottenuto grazie al rapporto tra i volumi erogati e gli ettari irrigati da cui è stato possibile evidenziare le aree dove viene distribuita una maggiore quantità d'acqua in relazione agli ettari irrigati. Entrambe queste due analisi hanno quindi l'obiettivo di migliorare la gestione evitando gli sprechi di risorse idriche potendo distribuire l'acqua disponibile secondo necessità. Infine è stata modellata il deflusso superficiale all'interno del bacino idrografico dell'area studio che successivamente è stato confrontato con l'analisi dello scioglimento nevoso dovuto all'aumento della temperatura causato dai cambiamenti climatici. Questa ultima parte della ricerca ha permesso di individuare le dinamiche climatologiche che impediranno alla neve di formarsi in aree montane a causa dell'aumento della temperatura previsto generando eventi siccitosi. La dinamica di scioglimento della neve è stata infine confrontata con la modellazione del bacino idrico permettendo così di comprendere le dinamiche di accumulo e di rilascio dall'invaso in condizioni di cambiamento climatico.

1.0 La geopolitica internazionale dell'acqua

1.0.1 Il ciclo dell'acqua

L'acqua è un elemento naturale presente sul nostro pianeta nelle calotte glaciali, nei ghiacciai, nelle falde acquifere, nei fiumi, nei laghi e nell'atmosfera. Si muove continuamente da un deposito all'altro mutando il proprio stato da solido, a liquido e a gassoso.

Questo processo che viene definito il *ciclo dell'acqua*, risulta essere fondamentale per la vita e si basa su continui scambi di massa idrica nell'ambiente che, grazie a processi fisici e chimici, determinano un movimento senza fine delle molecole che la compongono.

L'acqua presente sul nostro pianeta si differenzia in tre tipologie ovvero la *blue water*¹ determinata da fiumi, laghi e falde sotterranee, la *green water* costituita dalle precipitazioni e la *grey water* che rappresenta l'acqua inquinata. (Fonte: Emanuele Bompan, *Atlante geopolitico dell'acqua*, 2019, Hoepli editore).

La terra è ricoperta da 1.390 milioni di km³ di acqua di cui il 97,5% è acqua salata presente nei mari e negli oceani e solo il 2,5% è acqua dolce, gran parte della quale presente sotto forma liquida e di ghiaccio nelle calotte polari. Gli esseri umani ne hanno quindi a disposizione solamente 93.000 km³ pari a circa lo 0,5% del volume totale di cui soltanto una porzione è potabile o non contaminata. Infine un piccolo 0,04% rimane sospeso nell'atmosfera terrestre sotto forma di vapore acqueo. La causa principale della scarsità di *blue water* e di incremento della *grey water* sulla terra dipende dall'azione dell'uomo che nel corso dei secoli ha influito sul ciclo idrologico agendo direttamente deviando i corsi d'acqua, producendo anidride carbonica e dunque contribuendo al riscaldamento globale. Inoltre attraverso la cementificazione del suolo l'azione antropica sull'ambiente ha impedito l'infiltrazione, contribuendo ad alterare il clima e la piovosità e determinando fenomeni atmosferici estremi. (Fonte: Emanuele Bompan, *Atlante geopolitico dell'acqua*, 2019, Hoepli editore).

L'azione antropica sul nostro pianeta va considerata in relazione alla popolazione che risulta essere oggi oltre 7 miliardi e 600 milioni, ovvero più di 9 volte maggiore rispetto agli 800 milioni di persone che si stima vivessero nel 1850, data indicata come inizio della rivoluzione industriale. (Fonte: Emanuele Bompan, *Atlante geopolitico dell'acqua*, 2019, Hoepli editore).

¹ Il concetto di Water Footprint è stato introdotto nel 2002 dal professore olandese A.Y. Hoekstra e rappresenta l'estensione del concetto di "Virtual Water Content" teorizzato nel 1993 da J.A. Allan. L'impronta idrica è un indicatore della quantità di acqua dolce utilizzata per produrre beni e servizi. Le tre impronte idriche individuate dal metodo forniscono un quadro completo della disponibilità e del consumo idrico totale. (Fonte: www.waterfootprint.org).

Questa cifra secondo le ultime previsioni dell'ONU dovrebbe raggiungere i 9,7 miliardi di abitanti nel 2050. A causa di questo notevole incremento demografico nel prossimo ventennio la domanda di acqua subirà un aumento di circa il 40% rispetto ad oggi con picchi di oltre il 50% nei paesi di nuova industrializzazione. In occidente il consumo è cresciuto a dismisura raggiungendo livelli assoluti. Un cittadino americano consuma 1.280 m³ l'anno mentre un europeo circa 700 m³. Nella figura n° 1 è possibile osservare il consumo di risorse idriche rinnovabili per abitante espressa in m³/anno su scala mondiale. (Fonte: Emanuele Bompan, *Atlante geopolitico dell'acqua*, 2019, Hoepli editore).

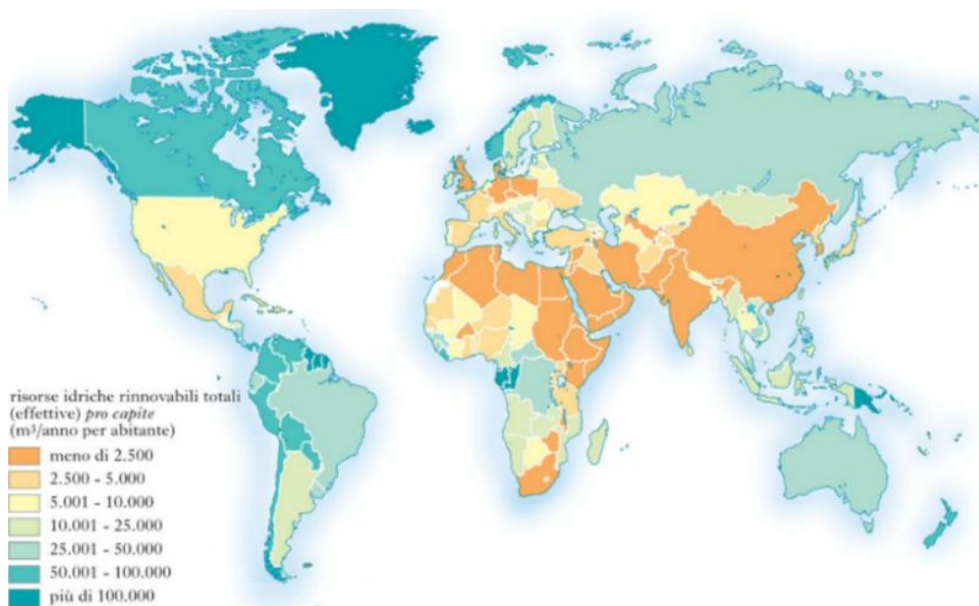


Fig. 1: Consumo pro capite di risorse idriche rinnovabili su scala mondiale. (Fonte: United Nations Water - www.unwater.org)

L'Asia vede una crescita esponenziale dei consumi, al contrario l'Africa cresce poco: nella fascia sub-sahariana le famiglie utilizzano anche meno di 10 litri di acqua al giorno mentre i consumi lievitano nelle economie emergenti come l'Etiopia il Kenya e il Sudafrica. Un miliardo di persone non ha accesso all'acqua potabile e oltre il doppio non ha accesso a servizi igienici. L'azione antropica ha modificato la stabilità del ciclo dell'acqua che è rimasto sostanzialmente inalterato per oltre 11.000 anni. (Fonte: Emanuele Bompan, *Atlante geopolitico dell'acqua*, 2019, Hoepli editore).

Gli effetti delle attività umane sul nostro pianeta sono oggi ritenuti equivalenti a quelli prodotti dalle forze della natura che hanno causato significativi mutamenti nel nostro pianeta nell'arco di 4,6 miliardi di anni. Pertanto, il pianeta si trova di fronte a una crescente domanda di acqua, dovuta principalmente a due fattori: la crescita demografica, destinata a raggiungere i 9 miliardi di persone entro il 2050, e l'aumento della domanda legata all'incremento dei consumi nei Paesi emergenti. Allo stesso tempo si sta verificando una riduzione della disponibilità idrica dovuta ai cambiamenti climatici. In questo modo l'acqua diviene sempre più contesa tra stati e imprese dei settori energetico

e agricolo tale per cui a livello mondiale il 70% dell'acqua viene utilizzata per nutrirci, il 22% per produrre oggetti mentre il restante 8% è riservato all'uso domestico. (Fonte: Emanuele Bompan, *Atlante geopolitico dell'acqua*, 2019, Hoepli Editore).

1.0.2 I cambiamenti climatici

Dalla metà del XIX secolo l'impiego di carbone, petrolio e gas ha liberato nell'atmosfera terrestre miliardi di tonnellate di anidride carbonica. Questa mole di gas ha superato le 410 parti per milione nel 2019 rappresentando il superamento della soglia più alto degli ultimi 800.000 anni che ha severamente alterato il clima del pianeta causando un rapido riscaldamento globale.

Negli ultimi 150 anni l'umanità ha sviluppato un'economia fondata sul flusso: estrai, produci, consuma e dismetti. I processi industriali necessitano di acqua dei fiumi che utilizzano come cloache di scarico di reflui chimici e immettendo nell'atmosfera un'enorme quantità di gas clima alteranti tra cui l'anidride carbonica. (Fonte: Emanuele Bompan, *Atlante geopolitico dell'acqua*, 2019, Hoepli Editore).

L'anidride carbonica prodotta dalle attività produttive genera il cosiddetto effetto serra che trattiene all'interno dell'atmosfera parte del calore emanato dal nostro pianeta. A causa di questo fenomeno se non diminuirà l'emissione di CO_2 , entro la fine del secolo, potremmo assistere a un aumento della temperatura media globale di $4\text{--}5\text{ }^\circ\text{C}^2$. In base all'ultimo report dell'IPCC³ del 2019 anche solo il raggiungimento della soglia di $+2^\circ\text{C}$ potrebbe portare a conseguenze disastrose tra cui inondazioni, siccità e ondate di calore. (Fonte: Emanuele Bompan, *Atlante geopolitico dell'acqua*, 2019, Hoepli Editore).

1.0.3 La distribuzione dell'acqua sul pianeta

La distribuzione dell'acqua sul nostro pianeta non è omogenea. Sono infatti presenti degli stati, come il Canada, che detengono oltre il 12% delle risorse idriche mondiali a fronte della sua popolazione che non costituisce nemmeno lo 0,5% del totale mondiale. D'altra parte, una nazione come l'Arabia

² Si auspica un aumento di temperatura limitato a $1,5\text{--}2\text{ }^\circ\text{C}$ entro la fine del secolo. (Fonte: www.ipcc.ch).

³ Il gruppo intergovernativo sul cambiamento climatico è il foro scientifico formato nel 1988 da due organismi delle Nazioni Unite ovvero l'Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM) e il Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (UNEP) allo scopo di studiare il riscaldamento globale. (Fonte: www.ipcc.ch).

Saudita⁴ ha una popolazione di 34 milioni di persone, ma ha a disposizione meno acqua del Lussemburgo.

Il paese che dispone di più acqua in assoluto con oltre 8.300 km³ è il Brasile, seguito dalla Russia e dagli Stati Uniti. La maggior quantità di acqua nel mondo è disponibile in regioni poco densamente popolate come l'Alaska, la Groenlandia e il bacino del Rio delle Amazzoni. Diversamente invece le città costiere del Mediterraneo e del Mar Cinese sono caratterizzate da una elevata densità di popolazione e non presentano un accesso garantito alle risorse idriche. (Fonte: Emanuele Bompan, *Atlante geopolitico dell'acqua*, 2019, Hoepli Editore).

Nel caso del Brasile, che è il primo paese al mondo per disponibilità idrica di acqua dolce, sono evidenti delle disparità di distribuzione al suo interno; alcune zone ne sono ricchissime, altre invece hanno sofferto una prolungata siccità causando danni alla popolazione civile per miliardi di euro.

Con l'accrescere dei consumi idrici e della popolazione mondiale la disponibilità idrica per abitante è variata da 9.000 m³ d'acqua potabile dagli anni novanta a 7.800 m³ nei primi anni duemila e si prevede ragionevolmente che nel 2025 scenderà intorno ai 5.000 m³. Se nell'Italia nel 1962 ciascun cittadino disponeva di 3.587 m³ d'acqua, nel 2018 questa disponibilità è scesa a meno di 3.000 m³. Il continente più colpito è l'Asia con tre quinti della popolazione mondiale e il ritmo di crescita più elevato. È il continente che dispone di meno acqua dolce pro capite rispetto a qualsiasi altro continente. (Fonte: Emanuele Bompan, *Atlante geopolitico dell'acqua*, 2019, Hoepli Editore).

Se si considera la disponibilità di acqua dolce sul nostro pianeta è necessario introdurre il concetto di *stress idrico* che consiste nell'effetto combinato dello spreco d'acqua causato dal sovraffollamento e dall'inquinamento sulle riserve complessive d'acqua. Quando il prelievo di acqua sul totale disponibile è superiore all'80% si può classificare lo stress idrico estremo. Le cause dipendono dalle caratteristiche morfologiche e territoriali in relazione al modello di sviluppo socio-economico diffuso che possono determinare un deterioramento quantitativo e qualitativo delle risorse idriche. (Fonte: Emanuele Bompan, *Atlante geopolitico dell'acqua*, 2019, Hoepli Editore).

Nella figura n° 2 è possibile osservare la disponibilità di risorse idriche totali su scala mondiale espressa come km³/anno. Come precedentemente osservato le nazioni con più di 2.500 km³/anno risultano essere gli Stati Uniti, la Russia, il Brasile, l'Alaska e la Cina, mentre quelli con una disponibilità tra i 25 e i 100 km³/anno sono ad esempio l'Europa, Africa e Medio Oriente.

⁴ Nel caso dell'Arabia Saudita oltre a una elevata densità demografica si evidenzia un considerevole sviluppo economico che assieme a un clima semi arido contribuiscono a determinare fenomeni di scarsità idrica.

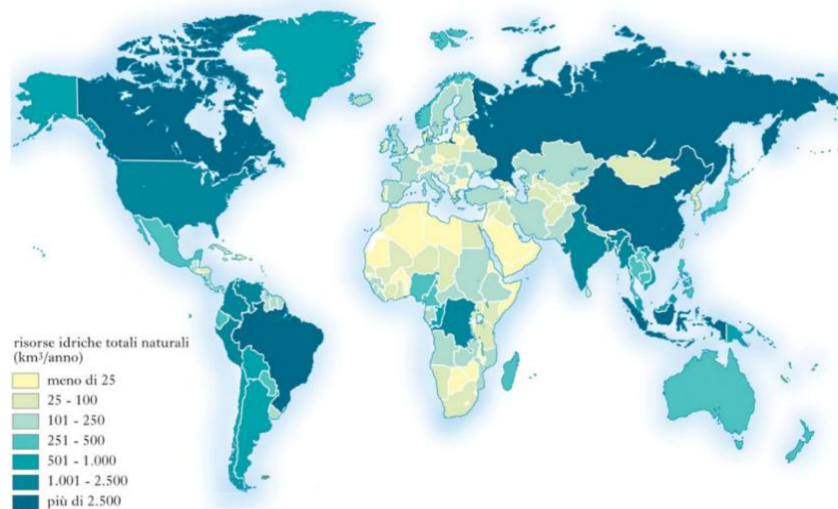


Fig. 2: Disponibilità di risorse idriche totali su scala mondiale. (Fonte: United Nations Water - www.unwater.org)

Secondo la FAO entro il 2050 il 60% della popolazione mondiale potrebbe vivere in condizioni di stress idrico e riscontrare problemi nell'approvvigionamento dell'acqua, oppure non avere acqua a sufficienza per soddisfare le esigenze primarie. L'ONU è al lavoro per cercare soluzioni integrate nei paesi più esposti allo stress idrico come Medio Oriente e Asia per implementare una gestione circolare dell'acqua fondata sulle tre *R*: riduzione, riciclo e riutilizzo.

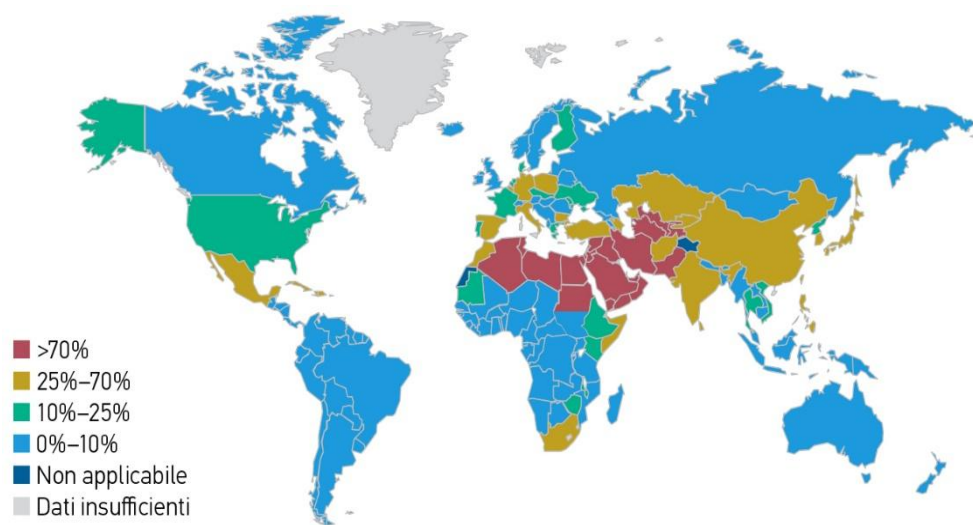


Fig. 3: Stress idrico a scala mondiale. (Fonte: Water Risk Atlas - www.wri.org)

La figura n° 3 mette in evidenza le aree del mondo con un maggiore stress idrico. Dalla mappa è possibile osservare che il nord Africa e il Medio Oriente presentano la maggiore percentuale di stress idrico mondiale con un valore superiore all' 70%. Gli Stati Uniti presentano uno stress idrico tra il 10% e il 25% e a sorpresa la Cina tra il 25% e il 70% a dimostrazione del fatto che questo parametro non dipende dalla quantità d'acqua disponibile in valore assoluto, ma piuttosto dall'idro esigenza dovuta al sistema produttivo, al sovraffollamento, al clima e alla mancanza o fatiscenza delle infrastrutture di distribuzione delle nazioni prese in considerazione nell'analisi. (Fonte: Emanuele Bompan, *Atlante geopolitico dell'acqua*, 2019, Hoepli editore).

1.0.4 Il Water grabbing

Negli ultimi venti anni le grandi multinazionali del pianeta vista la crescente domanda alimentare hanno avviato una appropriazione su scala mondiale dei suoli con lo scopo di renderli produttivi sia dal punto di vista industriale che agricolo. La privatizzazione dei suoli viene definito come *land grabbing*⁵ e questa modalità di accedere ai territori produce impatti drammatici sui diritti umani e sulle comunità produttive locali.

Fortemente collegata all'accaparramento della terra il *water grabbing*⁶ risulta essere una delle più rilevanti forme di appropriazione delle risorse idriche riferito a situazioni in cui gli attori pubblici o privati sono in grado di prendere il controllo e deviare a proprio vantaggio risorse idriche sottraendole alle comunità locali. Il *water grabbing* rappresenta uno dei processi più diffusi di appropriazione, privatizzazione, depauperamento e commercializzazione delle risorse idriche. (Fonte: Emanuele Bompan, *Atlante geopolitico dell'acqua*, 2019, Hoepli editore).

Il *water grabbing* è anche un fenomeno che genera conflitti quando l'acqua inizia a scarseggiare. Gli studiosi definiscono questa derivazione del *water grabbing* come *water wars*⁷ ovvero conflitti combattuti per l'acqua e per la sua mancanza rispetto al sistema produttivo ed economico territoriale di riferimento. Ad esempio è possibile osservare che gli eventi siccitosi in Siria hanno contribuito a esacerbare uno dei peggiori conflitti degli ultimi anni fino alla siccità globale del 2016 che ha

⁵ L'accaparramento della terra è un discusso fenomeno economico e geopolitico di acquisizione di terreni agricoli su scala globale venuto alla ribalta nel primo decennio del XXI secolo. (Fonte: www.treccani.it)

⁶ Il fenomeno dell'accaparramento delle risorse idriche può determinare squilibri climatici ed effetti dannosi sull'ambiente in quanto i bacini idrografici diventano insostenibili a causa dello sfruttamento eccessivo di risorse idriche limitate. (Fonte: www.treccani.it).

⁷ La definizione "Guerre dell'acqua" è una terminologia usata per descrivere un conflitto tra paesi, stati o gruppi per l'accesso alle risorse idriche. Le controversie per l'acqua sono il risultato di opposti interessi dei consumatori di acqua pubblica o privata. (Fonte: United Nations Water - www.unwater.org)

raggiunto i 50 milioni di persone causando fame estrema. In alcuni casi questi conflitti possono sfociare anche in tensioni internazionali.

I conflitti sono spesso difficili da attribuire a una singola causa: le motivazioni sono complesse e presentano molteplici fattori. Tuttavia l'acqua è spesso uno tra i diversi elementi a essere in gioco sia esso obiettivo, mezzo o causa all'interno di uno scontro armato. (Fonte: Emanuele Bompan, *Atlante geopolitico dell'acqua*, 2019, Hoepli editore).

I conflitti idrici possono insorgere a causa di diversi fattori tra cui dispute territoriali concorrenza sulle risorse idriche naturali oppure politiche espansionistiche. Il *Pacific Institute Water Conflict Chronology*⁸ come riporta un documento UNESCO definisce tre categorie di conflitti legati all'acqua:

- 1) *Causa scatenante o trigger*: accade soprattutto dove c'è una disputa sul controllo dei sistemi idrici;
- 2) *Acqua utilizzata come arma*: si verifica dove le risorse idriche oppure i sistemi idrici stessi sono usati come strumento o come arma in un conflitto violento sottraendola a un nemico;
- 3) *Incidente*: si verifica quando le risorse idriche o sistemi idrici diventano vittime internazionali costituendo obiettivi di accanimento militare.

Secondo un report UNESCO⁹ tra il 2000 e il 2009 sono stati censiti 94 conflitti di cui 49 come trigger, 20 come arma e 34 come incidente. Tra il 2010 e il 2018 si è arrivati a 263 di cui 123 come trigger, 29 come arma e 133 come incidente. Se non si inverte la tendenza con l'aumentare della popolazione nelle zone povere del mondo, l'inasprirsi delle conseguenze dei cambiamenti climatici in futuro causeranno sempre più conflitti che saranno generati per guadagnare l'accesso all'acqua. (Fonte: Emanuele Bompan, *Atlante geopolitico dell'acqua*, 2019, Hoepli editore).

⁸ Il Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security è un istituto di ricerca americano senza scopo di lucro creato nel 1987 in California per fornire ricerca indipendente e analisi politica su questioni di sviluppo, ambiente e sicurezza, con particolare attenzione alle questioni globali e regionali relative all'acqua dolce. (Fonte: www.pacinst.org)

⁹ L'UNESCO è l'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Educazione, la Scienza e la Cultura, la Comunicazione e l'Informazione ed è stata fondata nel novembre del 1945 per contribuire alla pace e alla sicurezza mondiale attraverso la cooperazione internazionale nei settori di sua competenza. (Fonte: www.unesco.it)

2.0 I conflitti dell'acqua

Al fine di comprendere le dinamiche che determineranno sempre più conflitti dovuti all'accaparramento dell'acqua è necessario fare una breve premessa. Innanzitutto il 70% dell'acqua è racchiuso nei ghiacci perenni e nelle calotte polari mentre solamente il 3% dell'acqua dolce disponibile sul nostro pianeta risulta utilizzabile dall'uomo. Il restante 27% dell'acqua potrebbe sostenere la crescita demografica prevista per il prossimo secolo potendo soddisfare la domanda idrica di 15 miliardi di persone se equamente distribuita.

Il problema quindi sorge nella disomogenea dotazione di risorse idriche dovuta a caratteristiche geomorfologiche e ambientali differenti. A causa di questa disparità di disponibilità, l'acqua diventa quindi uno strumento di potere. Nel 1987 l'allora ministro degli esteri egiziano affermò che il controllo delle risorse idriche sarebbe stata la causa della prossima guerra in Medio Oriente. Si introdusse quindi a livello politico il concetto di Idrogeopolitica¹⁰ internazionale. (Fonte: Francesco Anghelone, *Geopolitica dell'acqua nel mediterraneo*, 2022, Bordeaux Edizioni).

Il tema idrico internazionale si inserisce nel più ampio contesto del cambiamento climatico e assume rilevanza globale in termini di gestione della disparità di accesso alle risorse idriche. In base a queste considerazioni è necessario affrontare il cambiamento di paradigma tra il diritto esclusivo d'uso dell'acqua a quello dell'utilizzo equo, ragionevole e sostenibile in rispetto delle esigenze culturali e dei popoli in relazione delle loro tradizionali attività produttive. (Fonte: Francesco Anghelone, *Geopolitica dell'acqua nel mediterraneo*, 2022, Bordeaux Edizioni).

L'accesso a questa risorsa fondamentale è infatti, oggi più che mai, è una delle questioni più delicate nello sviluppo delle politiche internazionali e il suo mancato accesso sta diventando un fattore che contribuisce fortemente ad accrescere la tensione a livello internazionale rischiando di diventare sempre più un elemento di conflittualità.

Questo discorso vale particolarmente per l'area del Mediterraneo che risulta essere una concentrazione di culture e religioni alla quale si aggiunge un importante fenomeno di stress idrico che ha caratterizzato i secoli passati. Questi due elementi hanno determinato nei decenni delle dinamiche conflittuali riguardanti la gestione dell'acqua a causa dello spazio ristretto in cui le

¹⁰ L'Idrogeopolitica è la disciplina che studia le dinamiche geopolitiche legate a bacini idrici condivisi tra due o più stati. Negli ultimi anni del XX secolo il confronto geopolitico causato dalla gestione di corsi d'acqua è stato particolarmente acceso poiché, a fronte della crescita costante della popolazione mondiale, le risorse di acqua vanno deteriorandosi a causa dell'accresciuto inquinamento e del cambiamento climatico su vasta scala. (Fonte: Paolo Sellari, Claudio Cerreti, Matteo Marconi, *Spazi e poteri: Geografia politica, geografia economica, geopolitica*, 2024, Gius. Laterza & Figli Spa)

numerose differenze etniche devono convivere. (Fonte: Francesco Anghelone, *Geopolitica dell'acqua nel mediterraneo*, 2022, Bordeaux Edizioni).

In conclusione, studiando come l'acqua viene gestita, è possibile comprendere come il potere dispone della risorsa. Il legame tra acqua, territorio e potere guida l'agire di qualunque azione umana determinandone i modelli comportamentali istituzionali.

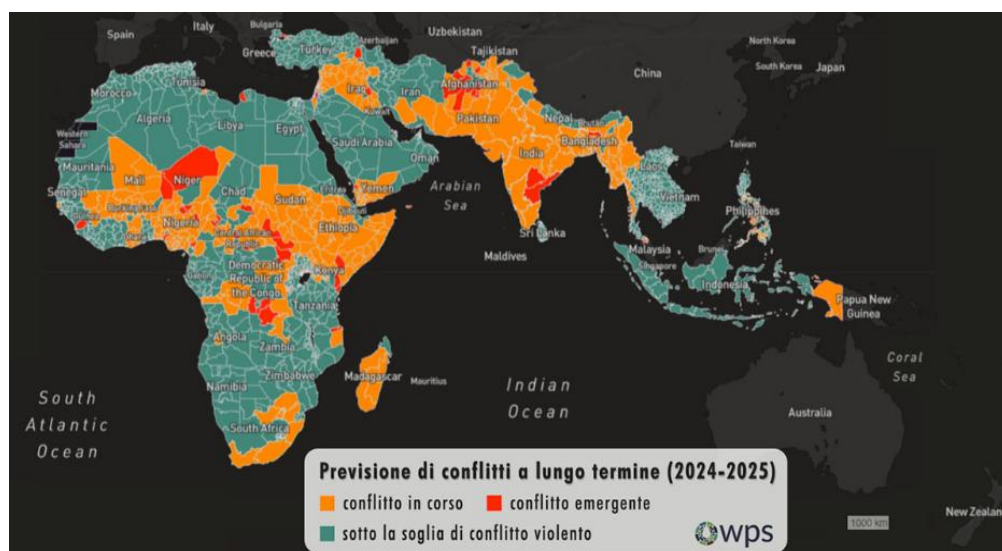


Fig. 4: Quadro internazionale degli Idroconflitti. (Fonte: United Nations Water - www.unwater.org)

Dalla figura n° 4 si evincono le aree del pianeta che presentano il maggiore numero di idro-conflitti. In particolare si possono osservare le aree centrali dell'Africa, l'India e in particolare il Medio Oriente il cui caso studio verrà esposto nei prossimi paragrafi.

2.0.1 Risorse idriche e sicurezza

Quando si parla di sicurezza è possibile affermare che essa è rivolta alle Nazioni ed è intesa come una mancanza di pericoli interni o esterni volti al mantenimento della stabilità istituzionale. Negli ultimi decenni oltre alla sicurezza nazionale sono emersi altri significati e in particolare è stata introdotta, per esempio, la sicurezza alimentare e quella degli approvvigionamenti energetici.

In generale si fa politica e si fanno le guerre con modalità molto diverse rispetto al passato dove la priorità della sicurezza era quella di garantire la pace. I conflitti non vengono più combattuti con eserciti regolari, ma si sviluppano sui rifornimenti di risorse ripercuotendosi sul piano civile.

Il nuovo paradigma della sicurezza si è aperto negli ultimi decenni alle esigenze di sopravvivenza delle comunità, quindi se una risorsa idrica è scarsa il potere cercherà di controllarla in tutti i modi anche con la violenza. La scarsità delle risorse idriche diventa quindi un attentato alla sicurezza ovvero una minaccia esistenziale per la sopravvivenza del sistema socio-economico tale da giustificare un conflitto per il loro controllo. (Fonte: Francesco Anghelone, *Geopolitica dell'acqua nel Mediterraneo*, 2022, Bordeaux Edizioni).

Inoltre il sistema capitalistico ha causato un aumento generale del consumo di risorse idriche per via del modello di produzione basato sulla massimizzazione del profitto e non sulla sua preservazione. Per tale motivo la scarsità d'acqua metterebbe in dubbio anche il sistema di produzione che l'ha causata non soltanto i rapporti istituzionali per il controllo delle fonti di approvvigionamento. Quindi in definitiva le risorse idriche non sono solamente un elemento naturale per la sussistenza biologica della vita, ma servono necessariamente ai processi di produzione e di sostentamento.

La gestione pubblica o privata oppure la scelta di puntare su determinati settori produttivi come ad esempio l'agricoltura o l'industria possono determinare delle situazioni di abbondanza o scarsità relativa. Quindi l'abbondanza di risorsa è strettamente dipendente da modello economico con da cui dipende il sistema di approvvigionamento idrico. (Fonte: Francesco Anghelone, *Geopolitica dell'acqua nel mediterraneo*, 2022, Bordeaux edizioni).

Tutti questi elementi ci portano alla conclusione che l'ambiente non è quindi separato dall'azione trasformativa umana e l'acqua risulta molto più vicina al contesto politico e culturale in cui se ne fa uso. È il concetto del *water scape*¹¹ in cui l'acqua è rappresentativa di diverse componenti tra cui spazio, natura e potere. Per sillogismo quindi l'ambiente non è esente da relazioni di potere perché da quanto evidenziato precedentemente viene dominato e trasformato. (Fonte: Francesco Anghelone, *Geopolitica dell'acqua nel mediterraneo*, 2022, Bordeaux Edizioni).

¹¹ Il termine Water Scape trascende il significato letterale di “paesaggio dell'acqua” per diventare sinonimo di un panorama dove l'acqua è protagonista come forza motrice che dà vita a tutto. (Fonte: Timothy Karpouzoglou, *Waterscape, A perspective for understanding the contested geography of water*, 16 March 2017, Wires Water)

2.0.2 Israele e la geopolitica delle risorse idriche

Per poter comprendere i concetti esposti nei precedenti paragrafi è stato introdotto il caso studio del rapporto israelo-palestinese nella gestione delle risorse idriche. La geopolitica dell'acqua Israeliana non persegue la razionalità di sussistenza di tipo biologico, ma piuttosto risulta essere uno strumento primario di potere dal momento che ne controlla la distribuzione. Detto in altre parole l'Idrogeopolitica israeliana non persegue il principio di sopravvivenza ed equità tra popoli, ma piuttosto la ricerca di dominio nei confronti dei palestinesi.

Nel corso dei decenni Israele ha investito ingenti quantità di denaro nella realizzazione di infrastrutture per esigenze di controllo delle risorse idriche. Il fiume Giordano risulta essere il corso d'acqua principale che attraversa lo stato di Israele ed è stato causa di un'atmosfera conflittuale all'interno di un'area con un forte stress idrico. (Fonte: Serena Marcenò, *Le tecnologie politiche dell'acqua*, 2005, Mimesis).

L'esigenza di controllo delle risorse idriche da parte di Israele è riconducibile alla necessità di impiegare il suolo attraverso un modello produttivo improntato sull'agricoltura con lo scopo di favorire il ritorno degli israeliani in Palestina.

In realtà una buona Governance¹² dovrebbe approntare soluzioni istituzionali per ridurre il tasso di conflittualità ma purtroppo Israele ha adottando una politica dell'acqua funzionale al raggiungimento di determinati obiettivi di potere. Le risorse idriche quindi sembrerebbero essere state uno strumento per favorire la colonizzazione ebraica al fine di espandere il controllo territoriale Israeliano verso la Palestina. (Fonte: Serena Marcenò, *Le tecnologie politiche dell'acqua*, 2005, Mimesis).

¹² Con il termine di Governance si intende l'insieme delle tecniche, delle pratiche e delle istituzioni che delimitano il quadro all'interno del quale si definiscono le concrete azioni di governo del territorio e dell'ambiente. La nozione di Governance pone essenzialmente la questione delle procedure e degli strumenti attraverso i quali si formulano e si prendono decisioni a livello politico-istituzionale. (Fonte: Umberto Janin Rivolin, *European spatial planning: la Governance territoriale comunitaria e le innovazioni dell'urbanistica*, 2015, Franco Angeli s.r.l Milano).

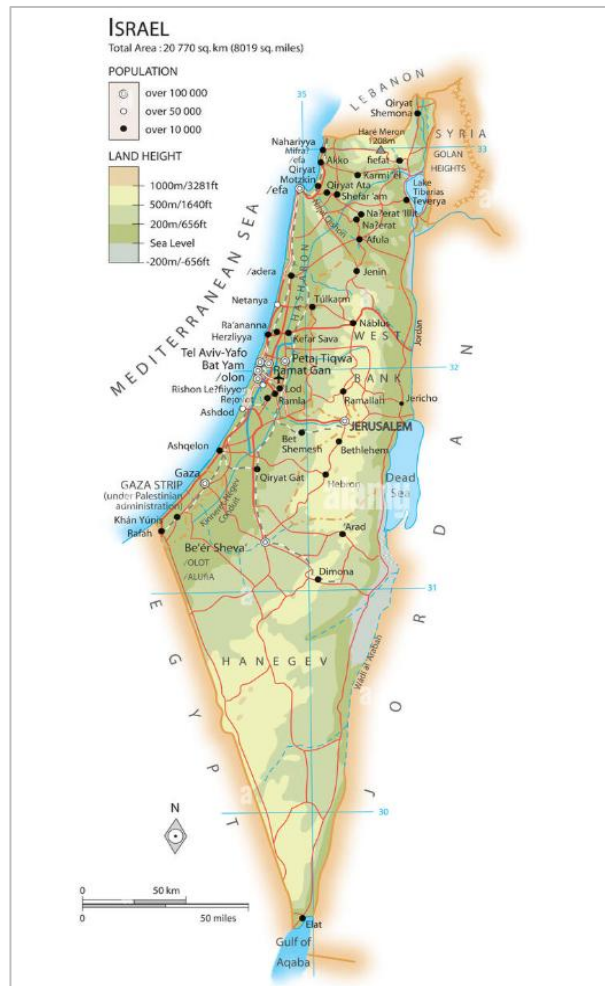


Fig. 5: Inquadramento territoriale della Cisgiordania. (Fonte: Serena Marcenò, *Le tecnologie politiche dell'acqua*, 2005, Mimesis)

Nel 1948 al momento della proclamazione dell'indipendenza, Israele aveva ancora il problema dell'autonomia delle risorse idriche che al 58% erano controllate da altri paesi con cui i rapporti erano conflittuali. La contrapposizione tra palestinesi e israeliani si accrebbe ulteriormente negli anni 50 del Novecento a seguito delle difficili questioni relative ai rifugiati palestinesi e alle occupazioni territoriali.

Per ovviare al problema dell'approvvigionamento idrico, nel 1948 Israele decise di costruire il National Water Carrier ovvero l'arteria principale per portare l'acqua nel deserto del Negev¹³. L'infrastruttura più importante della regione ha una capacità di ben 13.000 milioni di m³ d'acqua. I

¹³ Il deserto del Negev occupa una superficie di circa 12.000 km², pari al 60% circa dello Stato di Israele ma solo il dieci per cento circa della popolazione del paese vive in questa zona. Il Negev è delimitato a ovest dal confine israelo-egiziano e dalla striscia di Gaza, a est dalla valle dell'Arava e a nord dalla linea Gaza-En Gedi, sulle sponde del Mar Morto. (Fonte: Cimadomo Paolo, *La ruralizzazione del Negev nella tarda antichità*, 2023, Fabrizio Serra editore)

lavori iniziarono nel 1953, e scopo di Israele era quello di arricchire le disponibilità idriche dello stato appena costituito e rendere fertile le terre desertiche favorendo l'insediamento di comunità rurali autogestite denominate Kibbutz determinando così un nuovo ordine sociale e contestualmente sottrarre il suolo al popolo palestinese. (Fonte: Francesco Anghelone, *Geopolitica dell'acqua nel Mediterraneo*, 2022, Bordeaux Edizioni).

Israele ha uno dei settori agricoli più tecnologicamente efficienti al mondo grazie all'uso di sistemi di irrigazione e di gestione informatizzata della somministrazione dell'acqua. Tra il 1987 e il 1988 ha usato per l'agricoltura il 67% della sua acqua destinando il rimanente ad usi domestici e industriali. Anche se nel 1992 era sceso al 62% il consumo agricolo dell'acqua restava il più rilevante. Nel 2000, il 50% delle coltivazioni del paese era irrigato artificialmente e viceversa i villaggi palestinesi consumavano solo il 2% dell'acqua concessa da Israele. (Fonte: Vandana Shiva, *Le guerre dell'acqua*, 2009, Feltrinelli).

Il National Water Carrier incrementò le terre coltivabili da 30.000 a 200.000 ettari. La realizzazione del canale di derivazione dal fiume Giordano aveva dunque lo scopo di accrescere il potenziale economico ed industriale di Israele.

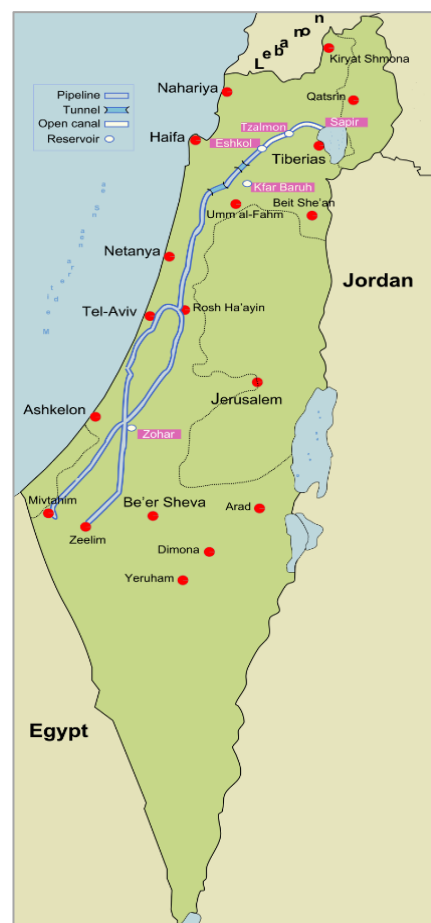


Fig. 6: Il tracciato del National Water Carrier. (Fonte: Serena Marcenò, *Le tecnologie politiche dell'acqua*, 2005, Mimesis)

Dalla figura n° 6 è possibile osservare che il tracciato nel National Water Carrier aveva lo scopo di sottrarre le terre al popolo palestinese, investendo su uno sviluppo economico di tipo agricolo attraverso il processo di *land grabber* descritto nei paragrafi precedenti. In questo modo i coloni israeliani espropriavano e ottenevano il controllo delle terre attraverso la disponibilità d'acqua fornita dal National Water Carrier.

Le tensioni dovute alla gestione delle risorse idriche si rivolsero anche ad altri paesi, tra il 1964 e il 1965 Israele attaccò la Siria a causa di un progetto di deviazione del fiume Giordano che avrebbe ridotto di molteplici metri cubi la disponibilità idrica per irrigare il territorio israeliano. Nel 1967 con la Guerra dei sei giorni, Israele conquistò l'intera superficie del lago Tiberiade controllando un lungo tratto del suo adduttore lo Yarmuk¹⁴, scatenando non poche ostilità con i paesi confinanti. Tra il 1967 e il 1982 le risorse idriche della Cisgiordania erano controllate dai militari. Oggi sono gestite dalla compagnia idrica Mekorot¹⁵ che fornisce tra il 25% e il 40% dell'acqua ad Israele che consuma l'82% dell'acqua della Cisgiordania. I palestinesi ne utilizzano tra l'8% e il 20%. (Fonte: Francesco Anghelone, *Geopolitica dell'acqua nel mediterraneo*, 2022, Bordeaux Edizioni).

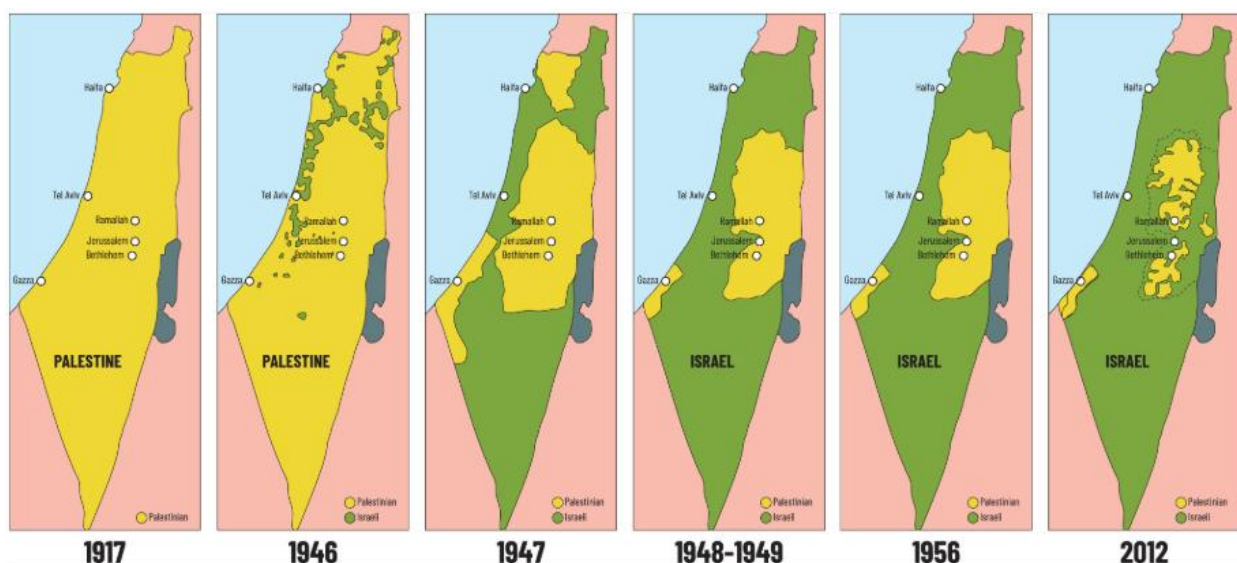


Fig. 7: La colonizzazione della Palestina da parte di Israele. (Fonte: Francesco Anghelone, *Geopolitica dell'acqua nel mediterraneo*, 2022, Bordeaux edizioni).

¹⁴ Il fiume Yarmuk forma un confine naturale tra le pianure al nord - Hauran, Bashan e le alture del Golan – e le alture del Galaad a sud. Quindi esso ha spesso svolto la funzione di linea di confine fra entità politiche. (Fonte: Cimadomo Paolo, *La ruralizzazione del Negev nella tarda antichità*, 2023, Fabrizio Serra editore)

¹⁵ Mekorot è la compagnia idrica nazionale di Israele e la principale agenzia del paese per la gestione dell'acqua. Fondata nel 1937, fornisce a Israele circa l'80% della sua acqua potabile. Mekorot e le sue filiali hanno collaborato con numerosi paesi in tutto il mondo in settori quali la desalinizzazione e la gestione dell'acqua. (Fonte: www.mekorot-int.com)

Dalla figura n° 7 è possibile osservare il processo che ha portato alla colonizzazione della Palestina da parte di Israele. Dalla mappa si osserva che il tracciato del Water National Carrier ha permesso la colonizzazione di Israele dividendo il popolo palestinese in due enclaves tra cui la striscia di Gaza a sud-ovest e una zona a nord-est della Cisgiordania. La striscia di Gaza è costituita dal popolo palestinese che non volle adeguarsi al nuovo stato ebraico appena costituito mentre la seconda enclave rappresenta la quota di palestinesi che accettarono la presenza di israeliani sul loro territorio e che ne permisero l'integrazione.

In conclusione l'accordo di Taba del 1995¹⁶ stabilì una sorta di diritto gerarchizzato dell'acqua in cui l'accesso non fu concordato secondo il principio di equità: i palestinesi ricevettero una quota prestabilita di acqua in subordine alle esigenze israeliane facendo prevalere il diritto degli israeliani di controllare e organizzare l'uso della risorsa come fosse propria in via esclusiva. (Fonte: Francesco Anghelone, *Geopolitica dell'acqua nel Mediterraneo*, 2022, Bordeaux Edizioni).

Complessivamente i palestinesi dispongono di appena 300 milioni di m³ annui a cui si aggiungono i 65 milioni di m³ acquistati all'azienda che gestisce il servizio idrico israeliano. Israele sfrutta quindi l'80% dei 680 milioni di m³ disponibili e mantiene particolarmente bassa la cessione dell'acqua al territorio palestinese. (Fonte: Vandana Shiva, *Le guerre dell'acqua*, 2009, Feltrinelli).

Ciò determina una situazione umanitaria difficile all'interno della Striscia di Gaza: le autorità israeliane deviano e non forniscono una quantità sufficiente d'acqua, ostacolando lo sviluppo del sistema economico palestinese e mantenendo la popolazione in uno stato di forte arretratezza.

Inoltre l'utilizzo indiscriminato dell'acqua di falda da parte di Israele abbassa notevolmente il livello idrostatico¹⁷ della falda favorendo il contatto di quest'ultima con l'acqua marina nei pozzi scavati sul territorio di Gaza determinandone l'inquinamento e impedendo di poter utilizzare acqua di buona qualità al popolo palestinese. La fatiscenza delle infrastrutture di distribuzione che servono la Palestina completa questo quadro allarmante. (Fonte: Francesco Anghelone, *Geopolitica dell'acqua nel mediterraneo*, 2022, Bordeaux Edizioni).

¹⁶ Nel 1995, gli Accordi di Taba, anche noti come Accordi di Oslo II, istituiscono la Joint Water Committee, un ente congiunto tra palestinesi e israeliani per discutere della spartizione dell'acqua della falda montana. L'accordo prevede una quota dell'80% di acqua assegnata agli israeliani e solo il 20% ai palestinesi. Questa soluzione, che attribuiva al PWA il controllo idrico di Gaza e di una porzione ridotta della Cisgiordania, stabiliva anche che la compagnia nazionale idrica israeliana, Mekorot, avrebbe venduto ai palestinesi circa 30 milioni di metri cubi di acqua all'anno. (Fonte: Francesco Anghelone, *Geopolitica dell'acqua nel Mediterraneo*, 2022, Bordeaux Edizioni)

¹⁷ La misura di livello idrostatica consiste nel determinare l'altezza di un liquido utilizzando la pressione idrostatica esercitata dal liquido sulla sua superficie. Più alto è il livello del liquido, maggiore è la pressione applicata. (Fonte: Pagliara-Palermo, *Idrostatica*, 2011, CINECA IRIS)

Nella figura n° 8 si osserva la numerosa quantità di pozzi che sono stati scavati nei decenni dal popolo palestinese all'interno della striscia di Gaza. L'iniquo approvvigionamento da parte di Israele ha spinto i palestinesi a scavare numerosi pozzi in prossimità della costa nel tentativo di rendersi autonomi. Purtroppo i pozzi realizzati essendo poco profondi presentano caratteristiche non idonee all'uso potabile e civile peggiorando la crisi umanitaria in quell'area della Cisgiordania.



Fig. 8: I pozzi nella striscia di Gaza. (Fonte: Francesco Anghelone, *Geopolitica dell'acqua nel Mediterraneo*, 2022, Bordeaux Edizioni)



Fig. 9: L'acquifero sotterraneo della Cisgiordania. (Fonte: Francesco Anghelone, *Geopolitica dell'acqua nel mediterraneo*, 2022, Bordeaux edizioni)

Per concludere, risulta importante accennare al sistema di Governance israeliano da cui i progetti di infrastrutturazione idrica degli insediamenti coloniali vengono approvati con l'accordo della controparte palestinese che così facendo si trova a divenire parte del sistema istituzionale che legittima la realizzazione dei progetti. Israele ha la capacità di attrarre l'autorità palestinese nel modello decisionale che esso stesso egemonizza permettendo di rendere il controllo israeliano non più un atto di forza, ma una procedura consensuale e concordata.

In altre parole l'autorità palestinese dà l'assenso alla colonizzazione del proprio stesso territorio. Si parla in questo caso di *omologazione differenziata*, ossia il processo di assorbimento dei palestinesi all'interno dell'ordine istituzionale israeliano. In pratica si istituisce una dinamica tale che porta i palestinesi a divenire parte integrante delle relazioni di potere e contestualmente continuando ad essere un corpo estraneo e non comunicante con Israele. (Fonte: Francesco Anghelone, *Geopolitica dell'acqua nel Mediterraneo*, 2022, Bordeaux Edizioni).

2.0.3 Il quadro normativo internazionale

In contrasto ai conflitti che si generano per l'accaparramento delle risorse idriche è opportuno introdurre le linee guida internazionali che dovrebbero definire un quadro internazionale di equo accesso all'acqua.

All'interno del quadro normativo internazionale coerentemente con il modello cooperativo di risoluzione degli idroconflitti è presente l'*Helsinki Rules on the Water in International Rivers*¹⁸ sull'uso delle acque dei fiumi adottato nel 1966. Lo strumento normativo introduceva la nozione di equa distribuzione e utilizzazione delle risorse idriche oltre al divieto di cagionare danno. (Fonte: Serena Marcenò, *Le tecnologie politiche dell'acqua*, 2005, Mimesis).

La conferenza delle Nazioni Unite¹⁹ sull'ambiente tenuta a Stoccolma nel giugno del 1972²⁰ si concluse con l'approvazione di una lista di raccomandazioni in tema di conservazione delle risorse

¹⁸ Le Regole di Helsinki affermano il diritto di tutte le nazioni confinanti a un'equa condivisione delle risorse idriche, considerando gli usi delle acque e bilanciando le diverse esigenze delle nazioni confinanti. Inoltre impone la protezione della risorsa da parte delle nazioni confinanti rispetto all'inquinamento idrico nel Capitolo n° 3 agli artt. 9 e 11 stabilendo raccomandazioni per risolvere le controversie sull'utilizzo dei corsi d'acqua. (Fonte: www.eur-lex.europa.eu)

¹⁹ L'Organizzazione delle Nazioni Unite (ONU) è un'organizzazione internazionale intergovernativa fondata nel 1945, successivamente alla fine della Seconda guerra mondiale, con l'obiettivo principale, sancito dall'art.1 della Carta delle Nazioni Unite, di mantenere la pace e la sicurezza internazionale. Il suo attuale Segretario generale è Antonio Guterres. (Fonte: www.unric.org)

²⁰ Nella Conferenza di Stoccolma si è evidenziata l'esigenza di migliorare in modo duraturo le condizioni di vita, salvaguardando le risorse naturali grazie a una collaborazione a livello internazionale, inoltre si è posta l'attenzione sulla soluzione dei problemi ambientali, senza tuttavia dimenticare gli aspetti sociali, economici e quelli relativi allo sviluppo. (Fonte: www.are.admin.ch)

naturali che dal quel momento avrebbe costituito le fondamenta in materia di protezione ambientale. Il testo riaffermava il diritto di sovranità negli Stati sulle proprie risorse naturali facendo riferimento all'esigenza di garantire il migliore uso delle acque per prevenire l'inquinamento in base al diritto fondamentale di accesso all'acqua.

Anche la convenzione di New York²¹ delle Nazioni Unite sui corsi d'acqua del 21 maggio del 1977 riprese il principio di equa distribuzione. La convenzione specificava che lo sfruttamento di un corso d'acqua deve essere condotto per garantirne la sua conservazione introducendo il principio di uso sostenibile e richiamando il dovere di cooperazione fra i paesi coinvolti nel suo utilizzo. La definizione di uso sostenibile è stata ulteriormente specificata nella conferenza di Rio del 1992²². Questo approccio ha fissato la tutela a lungo termine delle risorse idriche implicando l'adozione di un principio precauzionale nell'uso e nella gestione dei corsi d'acqua per cui gli stati utilizzatori devono adottare tutte le misure necessarie per prevedere gli effetti della propria attività di sfruttamento. (Fonte: Serena Marcenò, *Le tecnologie politiche dell'acqua*, 2005, Mimesis).

In definitiva all'interno delle convenzioni sopra citate viene specificato che la distribuzione idrica è guidata dalla *teoria della sovranità territoriale*²³ che risale al 1896 sostenendo che gli stati ripari detengano un diritto esclusivo o sovrano sulle acque che attraversano i suoi territori.

La *teoria del flusso naturale*, nota anche come la *teoria dell'integrità territoriale*²⁴, afferma che poiché un fiume fa parte del territorio dello stato a ogni utente ripario inferiore spetta il flusso naturale del corso d'acqua e non è ostacolato dagli utenti ripari superiori. Il proprietario ripario superiore deve permettere che l'acqua fluisca nel suo alveo naturale fino al proprietario inferiore garantendo uso ragionevole da parte del primo utente.

²¹ La convenzione di New York del 1977 include anche la dichiarazione universale dei diritti dell'uomo in nome della libertà senza distinzione alcuna per ragioni di razza, colore, sesso lingua, religione, opinione politica o di altra natura, origine nazionale o sociale, ricchezza, nascita o altra condizione. (Fonte: www.altalex.com)

²² Nel 1992 i rappresentanti di 172 Paesi si sono incontrati nell'ambito della «United Nations Conference on Environment and Development, UNCED» di Rio de Janeiro, per cercare di risolvere problemi quali la povertà, la crescente disparità tra Paesi industrializzati e Paesi in via di sviluppo nonché le difficoltà sempre maggiori negli ambiti sociali, economici ed ambientali, gettando le basi per uno sviluppo sostenibile a livello mondiale attribuendo la stessa importanza alla protezione dell'ambiente, allo sviluppo economico e a quello sociale. (Fonte: Paolo Cominetti, Sergio Vergalli, *Lo sviluppo sostenibile da Rio 1992 a Rio + 20, 2012*, Equilibri Editore)

²³ Il territorio è l'ambito entro cui lo Stato esercita la sua potestà di governo definito *imperium*, ad esclusione di altri soggetti di diritto internazionale. La potestà di governo e il connesso esercizio esclusivo costituiscono manifestazione della sovranità territoriale. Il diritto internazionale protegge la sovranità territoriale, nel senso che ogni attività esercitata in territorio straniero senza il consenso del sovrano territoriale è illecita. (Fonte: www.treccani.it)

²⁴ Principio in base al quale i popoli hanno diritto di scegliere liberamente il proprio sistema di governo (autodeterminazione interna) e di essere liberi da ogni dominazione esterna, in particolare dal dominio coloniale. (Fonte: www.altalex.com)

La teoria dell'uso equo e quella dell'interesse della comunità sono strettamente connesse. Il concetto di utilizzo equo afferma che i fiumi internazionali devono essere usati dai diversi stati su base di equità. Negli ultimi anni la teoria dell'utilizzo equo ha ottenuto il riconoscimento internazionale. Le regole di Helsinki sugli usi delle acque fluviali internazionali adottate nel 1966 riconoscevano agli stati una quota ragionevole dell'uso delle acque di un bacino di drenaggio internazionale. (Fonte: Serena Marcenò, *Le tecnologie politiche dell'acqua*, 2005, Mimesis).

Benché popolare, la *teoria dell'equa distribuzione*²⁵, non è esente da problemi. La questione principale sta nell'interpretazione del significato dell'espressione. Il criterio di assegnazione paritaria usato per risolvere i conflitti tra stati non si presta a una articolazione precisa. Dividere un fiume non è un compito facile in quanto l'utilizzo equo corrisponde al massimo beneficio concesso a tutti gli stati ripari alla luce delle loro diverse esigenze economiche e sociali. (Fonte: Emanuele Bompan, *Atlante geopolitico dell'acqua*, 2019, Hoepli editore).

Parte prima - Il quadro pianificatorio delle risorse idriche

Avendo precedentemente introdotto il rapporto tra l'acqua, il potere e il territorio che nel quadro geopolitico internazionale causerà sempre di più le *guerre dell'acqua*, viene qui di seguito riportato il quadro normativo e pianificatorio delle risorse idriche Nazionali ed Europee. L'obiettivo di questa sezione della ricerca è quello di evidenziare gli strumenti, i programmi, i piani e gli indirizzi di pianificazione in base a un approfondimento crescente; dal livello internazionale a quello comunitario arrivando a quello nazionale dopodiché ci si soffermerà sul livello territoriale di bacino idrografico del Po per scendere a livello regionale piemontese e di sottobacino fino al caso studio esposto successivamente nella seconda parte della ricerca. Questa parte della ricerca evidenzia il contesto normativo, istituzionale e comunitario in cui l'Italia è inserita, in contrasto con le tensioni sociali e militari che la gestione delle risorse idriche può generare descritta nei paragrafi precedenti.

²⁵ La distribuzione primaria riguarda la ripartizione del prodotto tra i fattori che hanno contribuito alla sua realizzazione. Gli individui vengono considerati in quanto fornitori di specifici fattori produttivi, ad esempio il lavoro o il capitale. La distribuzione secondaria riguarda invece la ripartizione dei redditi tra le persone che fanno parte di una società. Il centro dell'attenzione non è costituito dai fattori della produzione, ma dagli individui o da forme di aggregazione degli stessi in comunità. (Fonte: www.docenti.unimc.it)

3.0 Riferimenti normativi considerati

3.1 Assetto normativo Comunitario e Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE

L'analisi dell'assetto normativo necessita l'individuazione delle prescrizioni inerenti agli usi delle risorse idriche dal punto di vista quantitativo e qualitativo che dall'ambito Comunitario vengono recepite a livello Nazionale per poi trovare applicazione a livello Regionale. La Direttiva Quadro Acque del 2000/60 CE (DQA) approvata il 23 ottobre del 2000 dal Parlamento e dal Consiglio Europeo rappresenta il pilastro legislativo di riferimento istituendo un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque. Nel comma n.1 la Direttiva 2000/60 CE afferma:

“L'acqua non è un prodotto commerciale al pari degli altri, bensì un patrimonio che va protetto, difeso e trattato come tale.”

Il comma chiarisce l'importanza della tutela delle risorse idriche basandosi anche sul seminario ministeriale tenutosi all'Aia nel 1991 e citato nel comma n. 3 della Direttiva 2000/60/CE (DQA) che riconosceva l'esigenza di intervenire per evitare il deterioramento delle acque dolci. Il 18 dicembre del 1995 il Consiglio Europeo ha elaborato una nuova direttiva quadro per fissare i principi di base per una politica sostenibile in materia di acque a livello comunitario. Nel Comma n. 11 la Direttiva 2000/60 CE afferma che:

“La politica ambientale della comunità deve contribuire a perseguire gli obiettivi della salvaguardia, tutela e miglioramento della qualità dell'ambiente, nonché dell'uso razionale delle risorse naturali, che dev'essere fondata sui principi della precauzione.”

La Direttiva evidenzia l'importanza dei dati scientifici e tecnici disponibili al fine di favorire un'azione orientata alla tutela delle risorse idriche specificando un quadro di misure atte a garantire la protezione e l'utilizzo sostenibile delle acque nell'ambito del bacino idrografico di riferimento introdotto dalla direttiva europea considerata. La DQA al comma n. 28 afferma che le acque superficiali e sotterranee dovrebbero essere considerate come risorse naturali e rinnovabili. Inoltre, al fine di garantire un uso sostenibile delle risorse idriche, è necessario intervenire attraverso una programmazione stabile sul lungo periodo. Il comma n. 31 afferma:

“Risulta necessario preservare il buono stato delle risorse idriche da circostanze impreviste ed eccezionali come inondazioni, siccità o altre modifiche delle caratteristiche fisiche di un corpo idrico superficiale o sotterraneo al fine di mitigare l'impatto negativo sullo stato delle risorse idriche.”

Nel comma successivo viene chiarito che l'uso consapevole delle risorse idriche deve essere perseguito a livello di ciascun bacino idrografico in modo da coordinare le misure riguardanti l'uso delle acque riconducendole allo stesso sistema ecologico, idrologico e idrogeologico. Risulta quindi

necessario integrare gli aspetti qualitativi e quantitativi delle acque superficiali e sotterranee tenendo conto delle condizioni naturali di scorrimento e del ciclo idrologico.

La Direttiva 2000/06 CE introduce nei commi successivi la necessità di considerare bacini idrogeologicamente omogenei al fine di uniformare sia il grado di conoscenza che la destinazione di finanziamenti. La suddivisione in bacini è introdotta dal comma n. 36:

“Risulta necessario procedere ad analisi delle caratteristiche di un bacino idrografico e dell’impatto delle attività umane nonché all’analisi economica dell’utilizzo idrico. L’evoluzione dello stato delle acque dovrebbe essere sorvegliata dagli stati membri in modo sistematico e compatibile con tutta la comunità al fine di garantire programmi di intervento efficienti in base al conseguimento degli obiettivi fissati dalla presente direttiva.”

Il profilo quantitativo d’uso che sarà analizzato nella ricerca viene introdotto nel comma n. 41 affermando la necessità di istituire i principi al fine di limitare l’estrazione delle acque garantendo uno sviluppo sostenibile sotto il profilo ambientale dei sistemi idrici analizzati. La DQA evidenzia l’importanza della partecipazione tra gli attori coinvolti nell’elaborazione dei Piani di Gestione dei Bacini Idrografici fornendo indicazioni adeguate sulle misure da adottare in base alla piena condivisione dei criteri per la caratterizzazione dei bacini idrografici. La Direttiva 2000/06 CE dichiara all’art. 1:

“Lo scopo della presente direttiva è di istituire un quadro per la protezione delle acque superficiali interne:

- a) che impedisca un ulteriore deterioramento;*
- b) agevoli l’utilizzo idrico fondato sulla protezione a lungo termine delle risorse idriche disponibili;*
- c) contribuisca a mitigare gli effetti delle inondazioni e della siccità;*
- d) garantisca una fornitura sufficiente di acque superficiali in base a un utilizzo idrico sostenibile, equilibrato ed equo.”*

L’art. 2, specifica diverse definizioni tra cui acque superficiali, interne, sotterranee, di transizione e costiere. In particolare al comma n. 10 viene indicato il corpo idrico superficiale come un elemento distinto e significativo di acque superficiali quali un lago o un bacino artificiale in seguito all’alterazione fisica dovuta a una attività umana. Il comma n. 13 dell’art. 2 specifica inoltre:

“Il bacino idrografico è quella porzione di territorio dove scorrono tutte le acque superficiali e sotterranee attraverso una serie di torrenti fiumi ed eventualmente laghi”

In base a questa definizione viene definito il concetto di sottobacino come unità inferiore del bacino idrografico. Successivamente viene riportata anche la definizione del Distretto idrografico nel comma n. 15:

“Il Distretto idrografico risulta essere un’area di terra costituita da uno o più bacini idrografici limitrofi risultando essere la principale unità di gestione dei bacini idrografici.”

All'art. 3, viene specificato che gli stati membri sono tenuti individuare i singoli bacini idrografici presenti nel loro territorio assegnandoli ai singoli distretti idrografici di appartenenza. Dove opportuno secondo la Direttiva è possibile accomunare in un unico Distretto i bacini di piccole dimensioni. Gli stati membri sono tenuti ad adottare le disposizioni amministrative adeguate in merito all'applicazione delle norme previste per l'identificazione di ciascun Distretto. L'art. 5 specifica le caratteristiche del Distretto idrografico esaminando l'impatto ambientale delle attività umane analizzando le attività economiche dell'utilizzo idrico. Al comma n. 1 dell'art. 5 si evidenzia:

“Gli stati membri provvedono affinché ciascun Distretto idrografico, o parte di esso, presentino entro 4 anni dall'entrata in vigore del presente decreto:

- *Un'analisi delle caratteristiche del Distretto;*
- *Un esame dell'impatto delle attività umane sullo stato delle acque superficiali e sotterranee;*
- *Una analisi economica dell'utilizzo idrico.”*

Nell'art. 11 viene indicato il programma misure per ciascuno stato membro applicate in riferimento alla legislazione nazionale applicandole a tutti i distretti idrografici compresi nel suo territorio. Le misure riguardano la normativa comunitaria in materia di protezione delle acque secondo i principi di efficienza e uso sostenibile della risorsa al fine di soddisfarne la qualità. L'art. 13 introduce i Piani di Gestione dei Bacini Idrografici. In particolare l'articolo afferma:

“Per ciascun Distretto idrografico interamente compreso nel suo territorio, ogni stato membro provvede a predisporre un Piano di Gestione del bacino idrografico di riferimento. I Piani di Gestione dei bacini idrografici possono essere integrati da programmi e Piani di Gestione più dettagliati per sotto-bacini e settori al fine di affrontare aspetti particolari della gestione idrica.”

3.2 Assetto normativo Nazionale

3.2.1 La Legge Galli 36/1994

La Legge Galli entrata in vigore nel 1994 prescrive le disposizioni in materia di risorse idriche attraverso i seguenti articoli. Nonostante risulti abrogata e integrata nel D.lgs 152/2006, è stata citata nella ricerca perché rappresenta un importante riferimento normativo. In particolare definisce che:

“Tutte le acque superficiali e sotterranee sono pubbliche e costituiscono una risorsa che è salvaguardata ed utilizzata secondo criteri di solidarietà. Qualsiasi uso delle acque è effettuato salvaguardando le aspettative e i diritti delle generazioni future a fruire di un integro patrimonio ambientale. Gli usi delle acque sono indirizzati al risparmio e al

rinnovo delle risorse per non pregiudicare il patrimonio idrico l'ambiente, l'agricoltura e in generale gli equilibri idrologici."

La legge in oggetto si concentra sulla disciplina delle risorse idriche a uso idropotabile affermando che il consumo umano è prioritario rispetto agli altri usi del medesimo corpo idrico superficiale o sotterraneo. Gli altri usi sono ammessi solamente quando la risorsa è sufficiente e a condizione che non ledano la qualità dell'acqua a scopo umano. L'art. 3 introduce le competenze dell'Autorità di Bacino in termini di gestione delle risorse idriche:

"L'Autorità di bacino competente definisce ed aggiorna periodicamente il bilancio idrico diretto ad assicurare l'equilibrio fra la disponibilità idrica di risorse reperibili nell'area di riferimento ed i fabbisogni per i diversi usi nel rispetto dei criteri e degli obiettivi di cui gli art. 1 e 2. L'Autorità di bacino adotta inoltre per quanto di sua competenza le misure per la pianificazione dell'economia idrica in funzione degli usi per cui sono destinate le risorse."

L'art. 8 nel capo II della Legge predispone l'organizzazione territoriale del servizio idrico integrato secondo cui i servizi idrici sono basati sulla riorganizzazione in base agli ambiti territoriali delimitati secondo il criterio di unità di bacino idrografico tenuto conto delle previsioni e dei vincoli contenuti all'interno dei Piani regolatori comunali nonché delle infrastrutture degli acquedotti. Il principio risulta quello del superamento della frammentazione delle gestioni definendo i parametri fisici, demografici e tecnici sulla base delle ripartizioni politico-amministrative. L'art. 27 contenuto nel capo IV – Usi produttivi delle risorse idriche introduce le seguenti prescrizioni:

"I consorzi di Bonifica ed Irrigazione, nell'ambito delle competenze definite dalla legge hanno la facoltà di realizzare e gestire le reti a prevalente scopo irriguo, gli impianti per l'utilizzazione in agricoltura delle acque in base ai sistemi irrigui e di bonifica."

L'art. 28, relativo agli usi agricoli delle acque, stabilisce che, nei periodi di siccità, l'utilizzo della risorsa idrica a fini umani debba avere priorità rispetto all'uso agricolo, prevedendo una regolazione dei consumi destinati alla produzione agraria.

Infine l'art. 30, inerente agli usi delle acque destinate a uso idroelettrico, disciplina l'utilizzo dell'acqua invasata a scopi idroelettrici per fronteggiare periodi siccitosi e di emergenza idrica.

3.2.2 Il Codice dell'ambiente D.lgs 152/06

La Direttiva Quadro Acque 2000/60 CE viene recepita a livello nazionale dal D.lgs 152/06 – Testo Unico Ambientale. L'art. 55 del codice afferma che è prevista sul tutto il territorio nazionale l'attività di raccolta elaborazione ed archiviazione di dati, redigendo carte tematiche del territorio. La raccolta dati ha lo scopo di valutare lo studio degli effetti conseguenti alla esecuzione di piani e programmi

inerenti alla tutela delle risorse idriche. L'attività conoscitiva prevede metodi standard di raccolta, elaborazione, consultazione dei dati e di coordinamento e collaborazione tra i soggetti pubblici operanti nel settore. L'art. 56 introduce inoltre le attività di programmazione e di pianificazione degli interventi descritti al punto h:

“Razionale utilizzazione delle risorse idriche superficiali e profonde con una efficiente rete idraulica, irrigua e idrica garantendo che l'insieme delle derivazioni non pregiudichi il minimo flusso vitale nei bacini idrografici di riferimento.”

Considerando che attraverso le conferenze Stato – Regioni, l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) formulano osservazioni sui piani di bacino al fine della loro conformità fornendo il supporto tecnico necessario a questo compito, l'art. 61 sottolinea le competenze delle Regioni affermando:

“Le Regioni, esercitano le funzioni e i compiti ad esse spettanti nel quadro delle competenze costituzionalmente determinate e nel rispetto delle attribuzioni e in particolare:

- a) Collaborano nel rilevamento e nell'elaborazione dei piani di bacino e dei distretti idrografici;*
- b) Formulano proposte per la formazione dei programmi e per la redazione di studi e di progetti relativi ai distretti idrografici;*
- c) Provvedono alla elaborazione, adozione, approvazione ed attuazione dei Piani di Tutela delle Acque (PTA).”*

L'art. 62 chiarisce inoltre le competenze degli enti locali e di altri soggetti affermando quanto segue:

“I Comuni, le province, i consorzi e le associazioni, le comunità montane e i consorzi di bonifica e di irrigazione, i consorzi di bacino imbrifero montano e gli altri enti pubblici con sede nel Distretto idrografico partecipano all'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del suolo e tutela delle risorse idriche”

L'art. 63 introduce l'Autorità di Bacino Distrettuale che è un ente pubblico non economico che opera in conformità agli obiettivi della presente sezione e uniforma la propria attività a criteri di efficacia, economicità e pubblicità nel rispetto dei principi di sussidiarietà, differenziazione e adeguatezza nonché di efficienza e di riduzione della spesa nei distretti idrografici interessati. L'art. 65 individua le finalità e i contenuti del Piano di bacino distrettuale:

“Il Piano di bacino distrettuale, ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo nonché la corretta utilizzazione delle acque sulla base delle caratteristiche fisiche e ambientali del territorio considerato. Il Piano di bacino contiene studi e ricerche finalizzate al raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- 1) Contrasto ai pericoli dovuti alla siccità;*
- 2) Programmazione e utilizzazione delle risorse idriche;*

- 3) *Misure per contrastare il fenomeno di subsidenza e di desertificazione mediante interventi utili a garantire maggiore disponibilità della risorsa idrica promuovendo il riuso della stessa;*
- 4) *Redigere il Piano delle possibili utilizzazioni future per altri scopi distinte per tipologie d'impiego e secondo quantità."*

Nell'art. 117 del Codice dell'ambiente viene specificato che per ciascun Distretto idrografico viene adottato un Piano di Gestione delle Acque che rappresenta l'articolazione interna del Piano di Bacino distrettuale introdotto nell'art. 65 risultando essere il suo Piano stralcio. L'art. 118 descrive le modalità di raccolta dei dati utili a descrivere le caratteristiche del bacino idrografico valutando l'impatto antropico che esso può generare. La raccolta dati converge inoltre all'interno del Piano di Tutela delle Acque introdotto nell'art. 121:

"Il PTA costituisce uno specifico Piano di settore e rappresenta un riferimento nel contesto pianificatorio definendo gli obiettivi su scala di Distretto a cui devono attenersi gli interventi previsti."

Al comma d dell'articolo viene inoltre specificata la finalità del Piano di Tutela delle Acque:

"Finalità volte alla tutela quantitativa e qualitativa tra loro integrate e coordinate all'interno del bacino idrografico."

Successivamente vengono introdotte le disposizioni riguardanti la gestione delle risorse idriche in merito all'istituzione del Servizio Idrico Integrato per i profili che riguardano la tutela dell'ambiente. Il Servizio Idrico Integrato è inoltre costituito dall'insieme dei servizi pubblici di captazione, adduzione e distribuzione di acqua ad uso civile e deve essere gestito secondo i principi di efficienza, efficacia, ed economicità nel rispetto delle norme nazionali e comunitarie. In particolare l'art. 144 specifica il principio di tutela delle risorse idriche:

"Le acque costituiscono una risorsa che va tutelata ed utilizzata secondo criteri di solidarietà salvaguardando le aspettative e i diritti delle generazioni future a fruire di un integro patrimonio ambientale. La disciplina degli usi delle acque è finalizzata alla loro razionalizzazione allo scopo di evitare sprechi e di favorire il rinnovo delle risorse evitando di pregiudicare il patrimonio idrico."

L'art. 145 introduce il concetto di bilancio idrico affermando che l'Autorità di Bacino definisce e aggiorna periodicamente il bilancio idrico diretto ad assicurare l'equilibrio fra le disponibilità di risorse reperibili o attivabili nell'area di riferimento e i fabbisogni. Successivamente l'art. 146 specifica il significato di risparmio idrico riferite all'adozione di norme e di misure volte alla razionalizzazione dell'uso delle risorse idriche eliminando gli sprechi e in particolare:

"Migliorare la manutenzione delle reti di adduzione e di distribuzione delle acque ed adottare sistemi di irrigazione ad alta efficienza accompagnati da una corretta gestione."

L'art. 147 definisce l'estensione territoriale dell'ambito ottimale che insieme all'estensione del Distretto idrografico concorre a definire le unità territoriali di riferimento pianificatorio per una corretta gestione delle risorse idriche. Le Regioni possono modificare le delimitazioni degli ambiti territoriali ottimali per migliorare la gestione del servizio idrico integrato assicurando lo svolgimento del medesimo secondo i criteri di efficienza, efficacia ed economicità coerentemente con l'estensione territoriale dell'unità di bacino idrografico o del sub bacino tenendo conto del rispettivo Piano di riferimento. Gli articoli che seguono introducono e regolamentano gli usi delle risorse idriche diverse da quello potabile, in particolare l'art. 166 afferma:

“I consorzi di bonifica e di irrigazione, nell'ambito delle loro competenze, hanno la facoltà di realizzare e di gestire le reti a prevalente scopo irriguo, gli acquedotti rurali ed altri sistemi irrigui e di bonifica comprensivi della produzione di energia idroelettrica.”

L'art. 167 evidenzia la necessità di una maggiore efficienza nella gestione delle risorse idriche nei periodi siccitosi e nei casi di scarsità idrica assicurando l'uso a scopo agricolo dopo l'uso potabile che risulta essere prioritario. L'art. 168 disciplina l'uso idroelettrico prescrivendo l'utilizzazione dell'acqua invasata a scopo idroelettrico per fronteggiare situazioni di emergenza idrica.

3.3 Assetto normativo Regionale

3.3.1 Legge Regionale n° 13 del 20/01/1997

Con l'entrata in vigore della Legge Regionale n. 13, del 20/01/1997 si è proceduto con la delimitazione degli Ambiti Ottimali territoriali al fine di organizzare il servizio idrico integrato ai sensi della Legge n. 5 del 1994. In particolare l'art. 1 esprime le finalità e l'oggetto della legge specificando che la Regione Piemonte promuove anche nell'ambito del ruolo istituzionale svolto all'interno dell'Autorità di bacino del Fiume Po, una politica generale di governo delle risorse idriche mirata alla loro tutela, riqualificazione e corretta utilizzazione, secondo i principi di solidarietà, di salvaguardia delle aspettative e dei diritti delle generazioni future, di rinnovo e risparmio delle risorse e di uso multiplo delle stesse con priorità di soddisfacimento delle esigenze idropotabili della popolazione. In attuazione della Legge Regionale n. 36 del 5 gennaio 1994, recante 'Disposizioni in materia di risorse idriche, il comma 2 stabilisce quanto segue:

- a) *La delimitazione degli ambiti ottimali territoriali di cui l'art 8 della legge n. 36 del 5 gennaio del 1994 sulla base dei quali sono riorganizzati i servizi pubblici di captazione, adduzione e distribuzione di acqua a uso civile;*
- b) *Le forme di indirizzo e coordinamento dei soggetti istituzionali competenti in materia di risorse idriche*

Il Capo II, relativo agli Ambiti Territoriali Ottimali per l'organizzazione del Servizio Idrico Integrato, all'articolo 2 stabilisce, in applicazione dell'articolo 8, comma 1, della Legge n. 36 del 5 gennaio 1994, che il territorio della Regione Piemonte è suddiviso nei seguenti sei ambiti territoriali ottimali

- a) *Ambito 1: Verbano, Cusio, Ossola, Pianura Novarese;*
- b) *Ambito 2: Biellese, Vercellese, Casalese;*
- c) *Ambito 3: Torinese;*
- d) *Ambito 4: Cuneese;*
- e) *Ambito 5: Astigiano, Monferrato;*
- f) *Ambito 6: Alessandrino.*

3.3.2 Legge Regionale n° 21 del 09/08/1997

Con l'entrata in vigore della Legge Regionale n. 21 del 09/08/1997 "Norme in materia di bonifica e di irrigazione", all'art. 1 la Regione riconosce nell'attività di bonifica e di irrigazione un mezzo permanente finalizzato allo sviluppo, alla tutela e alla valorizzazione delle produzioni agricole con particolare riguardo alla qualità, alla conservazione del suolo e alla regolazione delle acque. La Regione riconosce e disciplina altresì l'istituzione e il funzionamento dei consorzi di bonifica e di irrigazione nel rispetto del principio di sussidiarietà. All'art. 7 la Legge identifica al comma 1:

"I comprensori di Bonifica sono delimitati dalla regione tenuto conto dell'esigenza dei vari ambiti di cui i comprensori di bonifica devono corrispondere ad unità omogenee sotto il profilo idrografico e funzionale on rapporto alle esigenze di organicità dell'azione pubblica e di bonifica e di difesa del suolo e del coordinamento dell'intervento pubblico."

L'art. 13 specifica inoltre che i consorzi di bonifica sono enti pubblici economici e concorrono con gli altri consorzi previsti della presente legge alla realizzazione delle finalità di cui l'art. 1 secondo le direttive, i piani e i programmi disposti dalla Regione. Al comma 2 l'articolo specifica che su ciascun comprensorio di bonifica opera un solo consorzio di bonifica. La legge in oggetto definisce inoltre all'art. 44 i comprensori di irrigazione:

"I comprensori di irrigazione sono delimitati con deliberazione della Giunta Regionale, tenuto conto dell'esigenza di istituire gli ambiti territoriali di cui l'art. 4 corrispondenti ad unità omogenee sotto il profilo idrografico e funzionale in relazione delle esigenze e di coordinamento delle utenze e di organicità degli interventi irrigui."

In definitiva, all'art. 47, la Legge definisce i Consorzi di irrigazione e bonifica, i quali, costituiti ai sensi dell'art. 71 del Regio Decreto n. 215 del 1933 e riconosciuti con apposito provvedimento,

possono svolgere, su tutto il proprio comprensorio, oltre alle funzioni di irrigazione, anche attività di bonifica, qualora ottengano la gestione separata di tale funzione secondo quanto previsto dalla legge.

4.0 La Governance territoriale multilivello delle risorse idriche

Avendo introdotto l'assetto normativo per la gestione delle risorse idriche, i prossimi paragrafi sono dedicati all'esposizione dei principali strumenti di pianificazione che permettono di indirizzare le decisioni delle pubbliche amministrazioni per la tutela delle acque. La pianificazione delle risorse idriche risulta estremamente solida a ogni livello territoriale che, come riportato nella figura sottostante, prevede la raccolta dei dati del bilancio idrico che dall'area studio convergono nei rispettivi ambiti territoriali per l'uso potabile e nei comprensori di bonifica per l'uso irriguo per poi convergere a livello Regionale, di Distretto del fiume Po, a livello Nazionale e infine comunitario.



Fig. 10: Inquadramento normativo e di pianificazione multilivello. (Fonte: produzione propria)

Nei prossimi paragrafi viene riportato l'inquadramento della Governance territoriale multilivello, scendendo da quello internazionale a quello europeo e nazionale, arrivando fino al caso studio

4.1 Livello Internazionale

Nei paragrafi a seguire vengono indicate le principali strategie adottate a livello internazionale per contrastare i cambiamenti climatici dovuti al riscaldamento globale di origine antropica. Nella figura n° 10 è stato individuato il livello di analisi delle linee guida per la tutela delle risorse idriche evidenziando le loro prescrizioni a livello internazionale.



Fig. 11: Il livello internazionale considerato. (Fonte: produzione propria)

4.1.1 Le linee guida a livello internazionale per lo sviluppo sostenibile

4.1.2 Agenda 2030

Considerando il quadro riguardante i cambiamenti climatici e gli effetti che questi possono avere sull'ambiente e sulla società, il 25 settembre del 2015 venne adottata la risoluzione dell'assemblea Generale delle Nazioni Unite che stabiliva le linee guida per fronteggiarne gli effetti del riscaldamento globale. (Fonte: Agenda 2030, *Risoluzione ONU 25/09/2015*, www.unric.org)

L'Agenda 2030 promuove l'equità sociale e il rispetto dello stato di diritto a livello internazionale, con l'obiettivo di garantire uno sviluppo sostenibile che tuteli l'ambiente, sconfigga la fame e la povertà, e assicuri un futuro dignitoso alle generazioni future.

I 17 obiettivi dell'Agenda 2030 comprendono la protezione del pianeta dal deterioramento degli ecosistemi attraverso un uso consapevole e sostenibile delle risorse naturali ricorrendo a misure urgenti per il contrasto al cambiamento climatico. Gli obiettivi declinati in 169 targets orientano le politiche pubbliche verso azioni di sostenibilità nella sua dimensione sociale, economica e ambientale. (Fonte: Agenda 2030, *Risoluzione ONU 25/09/2015*, www.unric.org).

L'Agenda 2030 afferma necessariamente il diritto all'acqua potabile per ogni cittadino del mondo tramite un'azione globale che possa garantirne l'accesso a tutti. Questo aspetto implica una analisi dei consumi per l'aspetto quantitativo e dei processi di produzione per l'aspetto qualitativo sull'uso consapevole delle acque superficiali, sotterranee e marine.

In generale l'esaurimento delle risorse naturali causano impatti negativi comprendendo desertificazione, siccità e scarsità delle risorse idriche. Di seguito è riportato l'Obiettivo n° 6 per lo sviluppo sostenibile, relativo all'uso delle risorse idriche, come definito dall'Agenda 2030 (Fonte: Agenda 2030, *Risoluzione ONU del 25/09/2015*, www.unric.org)

- Ottenere entro il 2030 l'accesso universale ed equo dell'acqua potabile che sia sicura ed economica per tutti;
- Migliorare entro il 2030 la qualità dell'acqua eliminando e riducendo l'inquinamento e il rilascio di prodotti chimici e sostanze pericolose e promuovendo il reimpiego delle risorse idriche a livello globale;
- Aumentare considerevolmente entro il 2030 l'efficienza nell'utilizzo dell'acqua in ogni settore e garantire approvvigionamenti e forniture sostenibili di acqua potabile per affrontare la carenza idrica;
- Implementare entro il 2030 una gestione delle risorse idriche integrata a tutti i livelli anche tramite la cooperazione tra nazioni;
- Espandere entro il 2030 la cooperazione internazionale e il supporto per creare programmi legati all'acqua comprensiva della raccolta, la desalinizzazione, l'efficienza idrica, il trattamento delle acque e le tecnologie di reimpiego.



Fig. 12: Gli obiettivi di Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile. (Fonte: www.unric.org)

4.1.3 Gli accordi internazionali per il contrasto al cambiamento climatico

Il tema dei cambiamenti climatici è stato affrontato a livello globale grazie alle negoziazioni internazionali sul clima che hanno avuto inizio nel 1995 e sono caratterizzati da 29 anni di storia. Le conferenze internazionali sul clima sono denominate COP²⁶ e si riferiscono ai trattati internazionali che vengono approvati dai paesi partecipanti e successivamente declinate a livello Nazionale. (Fonte: I cambiamenti climatici spunti e prospettive, *Rivista di informazione giuridica*, www.rivista.camminodiritto.it).

Nel caso dei cambiamenti climatici la convenzione di riferimento è *La Convenzione-Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC)*. La UNFCCC attraverso la COP1 rappresenta il primo fondamentale accordo adottato dalla comunità internazionale per affrontare la problematica dei cambiamenti climatici, approvata in occasione della Conferenza delle Nazioni Unite sull'ambiente e lo sviluppo avvenuta a Rio del Janeiro nel 1992. (Fonte: I cambiamenti climatici spunti e prospettive, *Rivista di informazione giuridica*, www.rivista.camminodiritto.it).

La Convenzione venne ratificata da 198 paesi ed è stata approvata dall'Unione Europea nel 1993. La Conferenza persegue l'obiettivo di stabilizzazione delle emissioni di gas clima alteranti secondo il principio di adattamento e resilienza. I paesi rientranti nei negoziati si impegnano a trovare strategie utili per ridurre le proprie emissioni di gas a effetto serra.

Successivamente con il COP2 venne approvato Il Protocollo di Kyoto che entrò in vigore nel 2005 ed è stato ratificato da 192 paesi e successivamente recepito a livello europeo. Oltre ad avere introdotto obiettivi giuridicamente vincolanti di riduzione delle emissioni climalteranti a carico dei paesi maggiormente sviluppati, contiene anche le disposizioni in tema di adattamento e in particolare riprende il contenuto della UNFCCC stabilendo i programmi internazionali e nazionali da applicare in contrasto ai cambiamenti climatici. Nello specifico il protocollo di Kyoto richiedeva una diminuzione del 5% delle emissioni di gas serra rispetto ai livelli del 1990 da realizzarsi entro il 2012. (Fonte: I cambiamenti climatici spunti e prospettive, *Rivista di informazione giuridica*, www.rivista.camminodiritto.it).

Nel 2009, in occasione della COP15, fu siglato l'Accordo di Copenaghen, che stabiliva come priorità il contenimento dell'aumento della temperatura media globale al di sotto dei 2 °C. Tuttavia, gli

²⁶ COP è l'acronimo di Conference of Parties ed è la riunione annuale dei Paesi che hanno ratificato la Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici. (Fonte: Jacob Werksman, *The Conference of Parties to Environmental Treaties*, 1996, Routledge Editor)

impegni assunti dai Paesi partecipanti non erano giuridicamente vincolanti, evidenziando la necessità di un accordo più dettagliato e stringente, capace di imporre obblighi legali alla comunità internazionale per contrastare efficacemente il cambiamento climatico.

Nel 2015 venne firmato lo storico Accordo di Parigi con il COP21. Tale accordo è stato ratificato da 196 paesi. L'Accordo di Parigi è un trattato internazionale universale che stabilisce il quadro giuridico globale per affrontare le cause e gli impatti dei cambiamenti climatici sul pianeta costituendo lo strumento principale mediante il quale è attualmente disciplinato il tema inerente al riscaldamento globale. (Fonte: I cambiamenti climatici spunti e prospettive, *Rivista di informazione giuridica*, www.rivista.camminodiritto.it).

L'obiettivo principale dell'accordo di Parigi è quello di contenere l'aumento della temperatura media globale entro i 2 °C rispetto ai livelli pre-industriali entro il 2050. Uno dei principali elementi introdotti dall'Accordo di Parigi è la produzione da parte di ogni paese partecipante di un documento denominato *Nationally Determined Contribution* (NDC) ovvero un Piano da aggiornare e ripresentare ogni 5 anni che delinei in modo chiaro e conciso la strategia che ogni paese intende adottare per mitigare i cambiamenti climatici riducendone gli impatti.

L'ultima tappa dei negoziati internazionali sulla lotta ai cambiamenti climatici si è tenuta nel 2021 con la COP26 di Glasgow, durante la quale i Paesi partecipanti hanno lavorato per definire alcuni aspetti cruciali dell'Accordo di Parigi. In questa occasione è stato inoltre approvato il *Paris Rulebook*, il documento che fornirà le linee guida per l'attuazione concreta delle misure di contrasto al cambiamento climatico negli anni futuri.

Tra le novità introdotte vi sono le tabelle con la rendicontazione delle informazioni fondamentali che i paesi sono tenuti a compilare inerenti agli inventari dei gas a effetto serra rilasciati in atmosfera dai paesi partecipanti all'accordo in prospettiva di regolare con maggiore efficacia i mercati del carbonio. (Fonte: I cambiamenti climatici spunti e prospettive, *Rivista di informazione giuridica*, www.rivista.camminodiritto.it).

5.0 Livello territoriale Europeo

Dopo aver delineato, nei paragrafi precedenti, le principali linee guida internazionali per il contrasto ai cambiamenti climatici, fattore strettamente connesso al problema della scarsità idrica, si passerà ora ad approfondire le strategie e la pianificazione adottate a livello comunitario per la tutela delle risorse idriche. Nella figura n° 13 viene mostrata l'estensione territoriale dell'Unione Europea trattata nei prossimi paragrafi della ricerca.



Fig. 13: Il livello territoriale dell'Unione Europea. (Fonte: produzione propria)

5.0.1 Il Piano per la salvaguardia delle risorse idriche europee – Blueprint

La strategia denominata Blueprint, per la salvaguardia delle risorse idriche a livello europeo, è stata approvata nella conferenza Europea sull'acqua del 27 novembre del 2012 a Cipro. I contenuti del documento Blueprint riguardano il conseguimento dell'obiettivo qualitativo delle acque fissato dalla Direttiva 2000/60/CE.

Grazie all'adozione della strategia europea Blueprint i principali Piani di Gestione Idrografici hanno mostrato un sostanziale miglioramento e un maggiore efficientamento nella gestione delle risorse idriche comunitarie. (Fonte: Blueprint, *Un Piano per le risorse idriche europee*, www.op.europa.eu).

Successivamente all'adozione della strategia europea Blueprint sono state definite le misure che hanno permesso di sviluppare un processo di pianificazione coerente in relazione all'integrazione delle politiche dell'acqua e la Politica Agricola Comune (PAC)²⁷ nel settore agricolo che risulta essere

²⁷ Varata nel 1962, la politica agricola Comune (PAC) rappresenta una stretta intesa tra agricoltura e società, tra l'Europa e i suoi agricoltori. I suoi obiettivi sono: sostenere gli agricoltori e migliorare la produttività agricola, garantendo un approvvigionamento

quello maggiormente idro-esigente a livello europeo introducendo il concetto di deflusso ecologico²⁸ considerato nel settore agricolo.

La strategia Blueprint invita le istituzioni impegnate nella gestione delle risorse idriche a livello nazionale ad essere maggiormente coinvolte nelle azioni in contrasto ai cambiamenti climatici tramite una maggiore efficienza dell'irrigazione e gestione dei cicli irrigui. Il documento promuove una pianificazione delle risorse idroelettriche più efficace migliorando la politica di gestione dell'acqua utilizzata per le politiche energetiche. (Fonte: Blueprint, *Un Piano per le risorse idriche europee*, www.op.europa.eu).

Grazie all'adozione della strategia Blueprint dal 2012 la Commissione Europea ha effettuato una verifica dell'efficacia della Politica Europea in materia di acque. I risultati sono stati pubblicati all'interno del *Rapporto sullo stato delle acque dell'Agenzia Europea dell'Ambiente* e dalla *Relazione della commissione al parlamento europeo e al consiglio concernente l'attuazione della Direttiva 2000/60/CE in materia di carenza idrica e siccità*. Da questi studi emerge la capacità di affrontare alcune sfide in materia di gestione delle risorse idriche. Il *Blueprint* si basa su 4 approcci differenti:

- La valutazione dei Piani di Gestione dei bacini idrografici di ciascun stato membro;
- La revisione delle azioni comunitarie per la riduzione delle carenze idriche e della siccità;
- Le nuove strategie di gestione delle risorse idriche in risposta al cambiamento climatico;
- La valutazione integrata dell'efficienza e dell'efficacia della legislazione vigente in materia di acqua.

Inoltre i tempi prioritari evidenziati nel Blueprint sono: conoscenza dei bilanci idrici e della distribuzione della risorsa idrica a livello di bacino idrografico con particolare riferimento alle condizioni di siccità, attenzione per l'efficienza idrica soprattutto in aree a rischio approvvigionamento idrico, necessità di sistemi di misurazione per le singole utenze in contrasto ai prelievi illegali che risultano essere un fenomeno in grande espansione.

Considerando la strategia europea Blueprint è necessario introdurre alcune specificazioni riguardanti gli eventi siccitosi così come sono stati classificati dall'Unione Europea.

stabile di alimenti a prezzi accessibili. La PAC è una politica Comune a tutti i paesi dell'Unione europea, gestita e finanziata a livello europeo con risorse del bilancio dell'UE. (Fonte: www.agriculture.ec.europa.eu)

²⁸ Con il concetto di deflusso ecologico si intende la portata istantanea minima al fine di garantire un regime idrologico per il raggiungimento degli obiettivi ambientali indicati nella Direttiva Quadro Acque. (Fonte: www.arpa.piemonte.it)

In particolare il Parlamento Europeo definisce il termine *carezza idrica*, come uno squilibrio del rapporto tra una scarsa disponibilità idrica e un alto livello di domanda che supera la capacità della disponibilità naturale del sistema idrico. Il termine *siccità* invece fa riferimento ad una diminuzione temporanea della disponibilità idrica naturale media dovuta alla riduzione della piovosità. (Fonte: Blueprint, *Un Piano per le risorse idriche europee*, www.op.europa.eu).

Si evidenzia che a differenza della scarsità idrica, la siccità costituisce un fenomeno naturale imprevedibile rispetto al quale possono essere prese misure per ridurre le conseguenze negative. La differenza tra la siccità prolungata da quella non prolungata è determinata attraverso l'uso degli indicatori basati su grandezze naturali tra cui ad esempio l'assenza di precipitazioni e tasso di evapotraspirazione. (Fonte: Blueprint, *Un Piano per le risorse idriche europee*, www.op.europa.eu).

L'aumento della frequenza di eventi siccitosi sul territorio europeo ha evidenziato alcune problematiche riguardanti la gestione delle risorse idriche che sono affrontate all'interno dei Piani di Gestione dei Bacini Idrografici per quanto concerne:

- La necessità di effettuare un monitoraggio efficace dei fenomeni e di definire la carezza idrica e di siccità su base scientifica con l'introduzione di indicatori e soglie;
- La necessità di integrare i dati quantitativi relativi alla domanda e alla disponibilità delle risorse idriche comprensiva della migliore capacità previsionale della disponibilità e del consumo della risorsa;
- La necessità di adottare misure di efficienza idrica in tutti i principali settori che fanno uso dell'acqua, l'agricoltura, l'industria, le reti di distribuzione, l'edilizia, e la produzione energetica;
- La necessità di integrazione dei Piani dei Bacini con le politiche di Pianificazione dell'uso del suolo al fine che esse siano coerenti con la disponibilità delle risorse idriche costituisce la base per la sostenibilità di lungo termine.

Oltre al documento Blueprint è presente un altro strumento strategico a livello comunitario in contrasto ai cambiamenti climatici denominato Green Deal.²⁹ Il Green Deal europeo è basato sulle analisi effettuate dal gruppo intergovernativo sul cambiamento climatico definito come Intergovernmental Panel Climate Change (IPCC) che sono state realizzate per comprendere l'effetto del riscaldamento globale di 1,5 °C rispetto ai livelli preindustriali e le relative emissioni di gas a

²⁹ Il Green Deal europeo è un insieme di iniziative politiche proposte dalla Commissione europea con l'obiettivo generale di raggiungere la neutralità climatica in Europa entro il 2050. (Fonte: www.consilium.europa.eu)

effetto serra a livello mondiale. (Fonte: Green Deal Europeo, *Commissione Europea*, www.eur-lex.europa.eu). Il PNRR³⁰ che risulta essere la declinazione nazionale del Green Deal nella sezione *C4 – Tutela del territorio e della risorsa idrica*, contiene le linee guida per gli investimenti mirati all'approvvigionamento sostenibile delle risorse idriche a livello di bacino idrografico secondo una più efficiente allocazione tra i vari usi e settori tra cui potabile, agricolo, idroelettrico e industriale. (Fonte: Green Deal Europeo, *Commissione Europea*, www.eur-lex.europa.eu).

6.0 Livello Nazionale

6.0.1. Bilancio idrologico nazionale anno 2022

L'Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale (ISPRA)³¹ ha elaborato a livello nazionale il modello denominato BIGBANG che è l'acronimo di *Bilancio Idrologico GIS BAsed a scala Nazionale su Griglia* e predispone annualmente il bilancio idrologico che si basa sulle seguenti variabili: precipitazione totale, evapotraspirazione e ruscellamento, valutati in relazione alle diverse scale di aggregazione territoriale, temporale e spaziale.

La scala di aggregazione temporale risulta essere mensile e annuale mentre per quella territoriale viene considerato il Distretto idrografico. (Fonte: Bilancio idrologico nazionale, *ISPRA 2022*, www.isprambiente.gov.it). Nella figura sottostante viene mostrato il livello nazionale considerato nei prossimi paragrafi della ricerca.

³⁰ Il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) è un Piano economico che ha l'obiettivo di implementare la resilienza energetica e ambientale riducendo la dipendenza dai combustibili fossili. (Fonte: www.pnrr.istruzione.it)

³¹ L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) è un ente pubblico di ricerca italiano, istituito con la legge n. 133/2008 e sottoposto alla vigilanza del Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica. (Fonte: www.mase.gov.it)



Fig. 14: Il livello territoriale nazionale. (Fonte: produzione propria)

Nelle valutazioni effettuate vengono riportati i dati riguardanti la stima delle risorse idriche disponibili, che è definita come la differenza tra l'afflusso totale, ovvero la somma di pioggia, scioglimento nivale e l'evapotraspirazione e i prelievi d'acqua per l'uso agricolo, industriale e civile. (Fonte: Bilancio idrologico nazionale, *ISPRA 2022*, www.isprambiente.gov.it).

Nel giugno del 2023 l'ISPRA ha aggiornato il bollettino idrologico nazionale considerando il bilancio idrologico per il periodo medio (1951-2022) fornendo i dati delle risorse idriche disponibili per l'anno 2022 a scala distrettuale e Regionale. (Fonte: Bilancio idrologico nazionale, *ISPRA 2022*, www.isprambiente.gov.it).

La figura n° 15 evidenzia la suddivisione dei distretti idrografici a livello nazionale. Si precisa che la ricerca è mirata all'approfondimento del Distretto Idrografico del fiume Po.



Fig. 15: La suddivisione dei distretti idrografici nazionali. (Fonte: www.isprambiente.gov.it)

6.0.2 Analisi delle precipitazioni a scala nazionale anno 2022

L'elaborazione del modello BIGBANG su scala nazionale basato sui dati pervenuti dagli uffici idro-meteorologici regionali ha evidenziato che il 2022 è stato l'anno in cui la precipitazione totale annua riferita al territorio nazionale ha fatto registrare il valore minimo dal 1951 pari a 719 mm. Inoltre si osserva che il valore rapportato alla media della serie storica dal 1951-2022 risulta essere pari a 949 mm presentando un deficit di circa -24%. (Fonte: Bilancio idrologico nazionale, *ISPRA 2022*, www.isprambiente.gov.it).

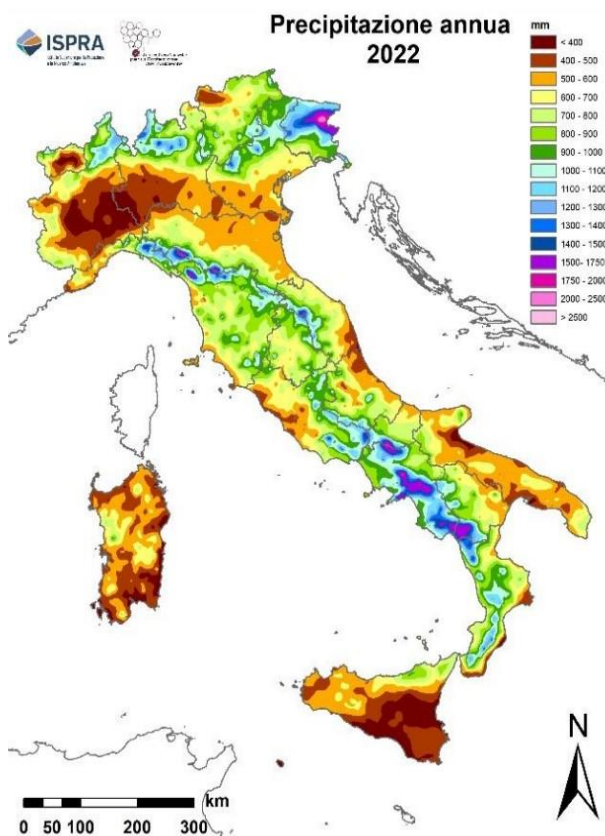


Fig. 16: La precipitazione annua - 2022. (Fonte: www.isprambiente.gov.it)

La figura n° 16 mostra il deficit delle precipitazioni che ha coinvolto in modo particolare la regione Piemonte e parte della Lombardia nell'anno 2022. I dati dell'anno considerato risultano notevolmente inferiori rispetto alla media delle precipitazioni calcolata sulla media della serie storica dal 1951 al 2022.

L'assenza di precipitazione annua ha interessato il territorio nazionale in maniera molto diversificata. L'area più colpita risulta essere stata quella del Nord-Ovest dove si sono raggiunti valori inferiori al 50%. All'interno del Distretto idrografico del fiume Po, il deficit risulta essere stato -36%, a fronte di un valore di precipitazione media pari a 650,2 mm, molto più basso della media generale pari a 1.051 mm. Sempre elevata è stata l'assenza di precipitazione annua nel territorio del Distretto delle Alpi Orientali dove le precipitazioni presentano un valore di 862 mm rispetto ai 1.198 mm della media generale. Infine nel Distretto di Sicilia il valore di precipitazione risulta essere di 496 mm rispetto a quello di lungo periodo pari a 668 mm con un deficit del -26%. (Fonte: Bilancio idrologico nazionale, *ISPRA 2022*, www.isprambiente.gov.it)

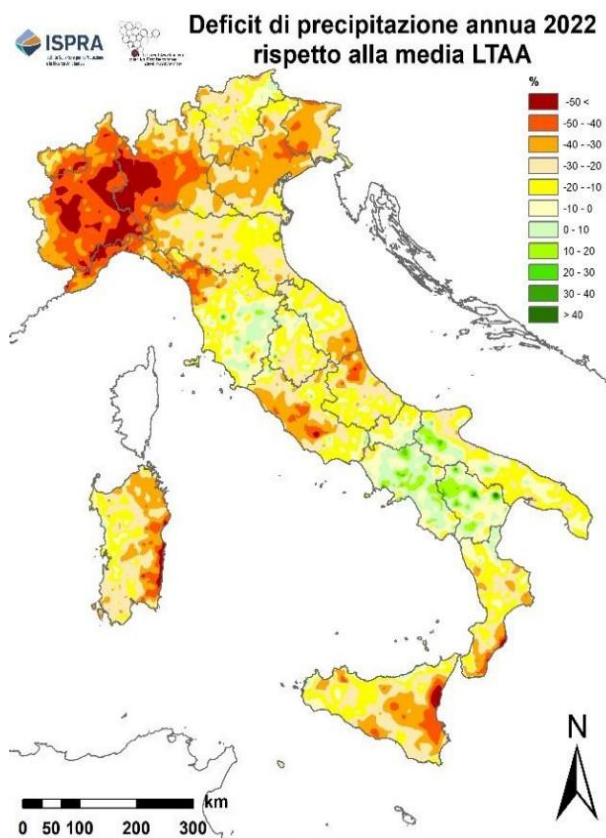


Fig. 17: Il deficit di precipitazioni nella Regione Piemonte, anno 2022. (Fonte: www.isprambiente.gov.it)

Distretti idrografico	2022	Media 1991-2020	Deficit
	mm	mm	%
Alpi orientali	862	1237	-30
Fiume Po	650	1.015	-36
Appennino settentrionale	821	1028	-20
Appennino Centrale	754	915	-17
Appennino Meridionale	830	892	-7
Sardegna	510	664	-23
Sicilia	496	687	-27
Italia	719	944	-23

Tab. 1: Il deficit di precipitazioni nei distretti idrografici nazionali, anno 2022. (Fonte: www.isprambiente.gov.it)

Regione	2022	Media 1991-2020	Deficit
	mm	mm	%
Abruzzo	713	909	-21
Basilicata	839	804	4
Calabria	848	1030	-17
Campagna	1120	1058	5
Emilia Romagna	669	872	-23
Friuli Venezia Giulia	1153	1727	-33
Lazio	789	980	-19
Liguria	467	1303	-41
Lombardia	678	1092	-37
Marche	761	912	-16
Molise	846	923	-8
Piemonte	585	1048	-44
Puglia	576	650	-11
Sardegna	511	665	-23
Sicilia	496	687	-27
Toscana	848	996	-14
Trentino alto Adige	782	1028	-23
Umbria	801	903	-11
Valle d'Aosta	599	1029	-41
Veneto	743	1095	-32
Italia	719	944	-23

Tab. 2: Il deficit di precipitazioni nelle regioni, anno 2022. (Fonte: www.isprambiente.gov.it)

6.0.3. Analisi della siccità a scala nazionale anno 2022

Considerando che per definizione la siccità si esprime come “una condizione meteorologica in cui si manifesta una temporanea riduzione delle precipitazioni rispetto alle condizioni climatiche a lungo termine”, le sue caratteristiche possono essere determinate tramite un indicatore denominato *Indice Standard delle Precipitazioni* (SPI), che permette di stabilire la siccità in termini quantitativi delle precipitazioni permettendo di definire la differenza della precipitazione cumulata i cui valori positivi indicano un eccesso delle precipitazioni rispetto alla mediana della serie mentre e i valori negativi che ne indicano il deficit. (Fonte: Bilancio idrologico nazionale, ISPRA 2022, www.isprambiente.gov.it).

Il SPI presenta valori minori o uguali a -2 per gli scenari di siccità severa, mentre si parla di siccità moderata per il SPI minore o uguale a -1,5. I valori compresi tra -1 e 1 indicano invece una condizione di normalità mentre i valori di SPI maggiori di 1 indicano una situazione di umidità elevata.

L'analisi dell'indicatore per l'anno 2022 è stata effettuata sia mensilmente che annualmente ed evidenzia un valore di SPI inferiore a -2 con un decremento rispetto alla media considerata del 21,9% interessando il Distretto idrografico del fiume Po e delle Alpi Orientali. (Fonte: Bilancio idrologico nazionale, *ISPRA 2022*, www.isprambiente.gov.it).

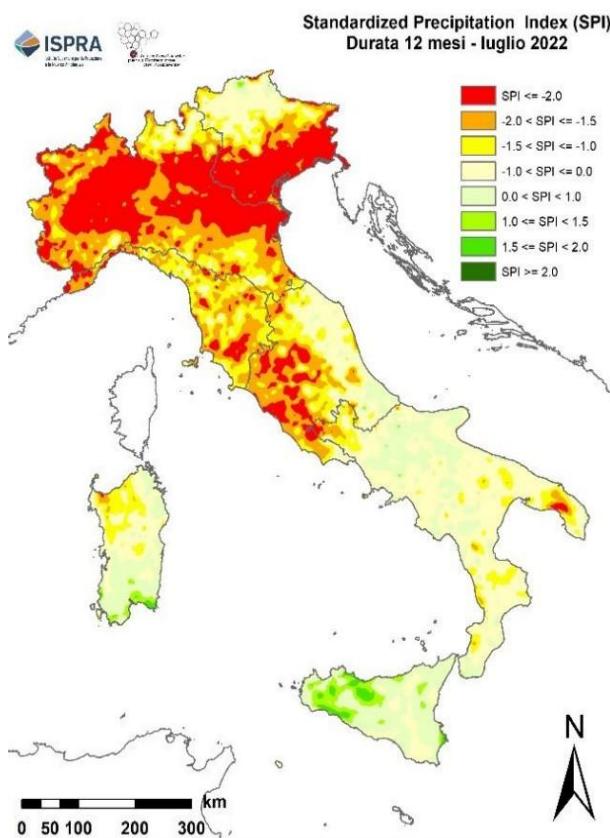


Fig. 18: Il deficit nazionale di precipitazioni, anno 2022. (Fonte: www.isprambiente.gov.it)

Un altro indice particolarmente efficace per la caratterizzazione della siccità è il *Precipitazioni Standard e Indice di Evapotraspirazione* (SPEI). Questo indicatore tiene conto anche della temperatura attraverso la variabile idrologica costituita dalla differenza tra precipitazione ed evapotraspirazione potenziale cumulata.

Nell'anno 2022 è stato possibile osservare una riduzione della disponibilità delle risorse idriche rinnovabili ovvero quelle che si riproducono attraverso il ciclo idrologico. La disponibilità naturale della risorsa idrica rinnovabile, è determinata dalle precipitazioni che cadono direttamente sul territorio denominata *Internal flow* ed è fornita dalla differenza tra l'afflusso liquido al suolo e l'evapotraspirazione. (Fonte: Bilancio idrologico nazionale, *ISPRA 2022*, www.isprambiente.gov.it).

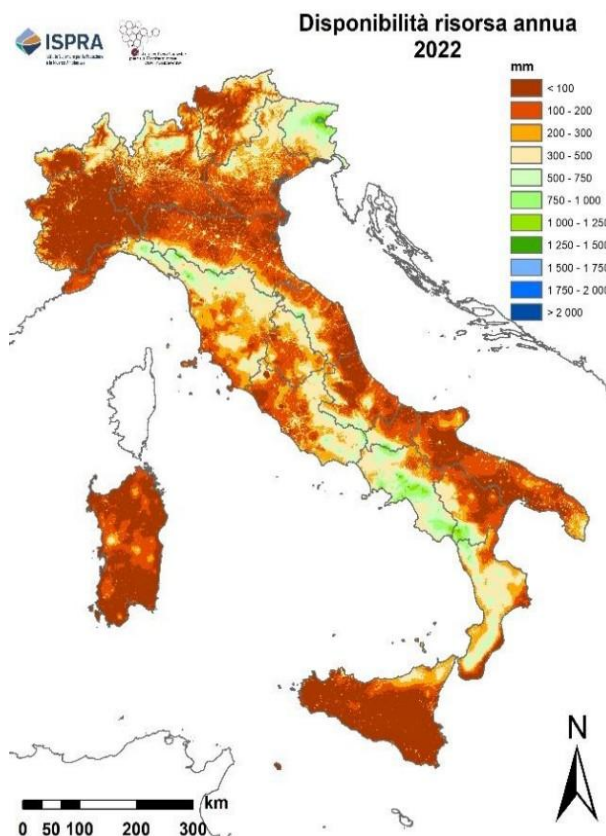


Fig. 19: Disponibilità d'acqua media annua, anno 2022. (Fonte: www.isprambiente.gov.it)

Nel complesso a livello nazionale il valore della disponibilità della risorsa idrica per l'anno 2022 è stato di 221 mm corrispondente a un volume di 67 km³ a fronte di un valore medio annuo nel periodo 1951-2022 di 456 mm corrispondenti a 138 km³ con una riduzione percentuale del -52%. Le tabelle n° 3 e 4 evidenziano che la siccità ha colpito in modo consistente la regione Piemonte che nell'anno 2022 ha avuto solo 96 mm di precipitazioni con un deficit dell'81%.

Distretti idrografico	2022	Media 1991-2020	Deficit
	mm	Mm	%
Alpi orientali	316	679	-53
Fiume Po	168	494	-65
Appennino settentrionale	316	506	-37
Appennino Centrale	245	388	-36
Appennino Meridionale	307	408	-24
Sardegna	75	238	-68
Sicilia	48	259	-81
Italia	221	441	-49

Tab. 3: Disponibilità risorsa idrica rinnovabile - Distretto idrografico, anno 2022. (Fonte: www.isprambiente.gov.it)

Regione	2022	Media 1991-2020	Deficit
	mm	Mm	%
Abruzzo	204	397	-48
Basilicata	264	311	-15
Calabria	344	549	-37
Campagna	534	556	-4
Emilia Romagna	188	361	-47
Friuli Venezia Giulia	555	1108	-49
Lazio	293	466	-37
Liguria	277	770	-64
Lombardia	204	564	-63
Marche	131	360	-35
Molise	149	390	-36
Piemonte	96	523	-81
Puglia	134	204	-34
Sardegna	75	238	-68
Sicilia	48	259	-81
Toscana	332	472	-29
Trentino alto adige	225	507	-55
Umbria	267	358	-25
Valle d'Aosta	191	378	-67
Veneto	240	540	-55
Italia	221	442	-50

Tab. 4: Disponibilità risorsa idrica rinnovabile – Regioni anno 2022. (Fonte: www.isprambiente.gov.it)

6.1 Il Pianificazione strategica nazionale per l’adattamento ai cambiamenti climatici

6.1.1 Il Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici PNACC

Nel 2016 è stata avviata la stesura del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC) avvalendosi del quinto rapporto dell’IPCC del 2015 redatto dall’organismo delle Nazioni Unite che ha fornito un quadro generale dei possibili impatti sulla disponibilità delle risorse idriche. (Fonte: PNACC, *Ministero dell’ambiente e della Sicurezza Energetica*, www.mase.gov.it).

Il rapporto IPCC del 2021 definisce l’Italia come un’area climatica particolarmente vulnerabile ai cambiamenti climatici essendo soggetta a fenomeni di dissesto, alluvioni, e carenza idrica nonché da siccità e ondate di caldo e piogge intense. (Fonte: PNACC, *Ministero dell’ambiente e della Sicurezza Energetica*, www.mase.gov.it).

In questo contesto, si è rivelata fondamentale la definizione di linee guida nazionali per l’adattamento ai cambiamenti climatici, da attuare attraverso una pianificazione adeguata e strategica. Tale

pianificazione si fonda su una solida base conoscitiva dei fenomeni ambientali, su un contesto organizzativo efficiente e su una Governance multilivello in grado di coordinare e implementare azioni efficaci. L'obiettivo è ridurre i rischi legati ai cambiamenti climatici e rafforzare la capacità di adattamento dei sistemi economici, naturali e ambientali. Gli obiettivi specifici sono qui di seguito elencati:

- L'attivazione di infrastrutture per lo scambio di dati e di analisi sull'adattamento per la realizzazione di attività volte a promuovere la partecipazione e ad aumentare la consapevolezza dei portatori di interesse sulle azioni;
- Lo sviluppo ed attuazione di strategie e piani di adattamento ai diversi livelli territoriali;
- L'integrazione dei criteri di adattamento in piani e programmi settoriali al fine di contenere la vulnerabilità dei sistemi naturali;
- La regolazione del monitoraggio e una valutazione dei progressi compiuti a livello nazionale settoriale e territoriale.

Il PNACC elaborato risponde all'esigenza di produrre un documento di indirizzo finalizzato a porre le basi per una pianificazione di breve e lungo termine attraverso la definizione di specifiche misure volte al rafforzamento della capacità di adattamento a livello Nazionale. La struttura di Governance elaborata invece avrà il compito di permettere l'immediata operatività del Piano. (Fonte: PNACC, *Ministero dell'ambiente e della Sicurezza Energetica*, www.mase.gov.it).

6.1.2 Le risorse idriche nel PNACC

All'interno del PNACC sono presenti le analisi delle variazioni climatiche storiche che costituiscono il presupposto indispensabile alla valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici e alla definizione delle strategie di adattamento. (Fonte: PNACC, *Ministero dell'ambiente e della Sicurezza Energetica*, www.mase.gov.it).

La conoscenza delle variazioni del clima è basata sui dati osservati e sull'applicazione dei metodi e modelli statistici per il riconoscimento degli andamenti meteorologici. Al fine di ottenere una stima accurata delle tendenze climatiche sono state selezionate le serie più significative che possano soddisfare i migliori criteri di qualità, completezza e continuità.

Gran parte degli impatti dei cambiamenti climatici sono riconducibili a modifiche del ciclo idrologico. I dati considerati all'interno del PNACC sono riferiti al trentennio 1991-2020 in cui in

Italia è stato stimato un apporto di acqua piovana di circa 285 miliardi di m³ corrispondente ad una altezza di precipitazione media annuale di circa 943 mm. Il 53% delle precipitazioni pari a 498 mm è tornato in atmosfera per evapotraspirazione mentre il restante 47% è rimasto al suolo ed è ripartito tra infiltrazione nel sottosuolo circa il 21% e deflusso superficiale pari al 26%. (Fonte: PNACC, *Ministero dell'ambiente e della Sicurezza Energetica*, www.mase.gov.it).

Nel 2020 è stato registrato un forte calo delle precipitazioni rispetto al periodo climatico tra il 1971 e il 2000. Dai dati è possibile osservare che la precipitazione totale annua è stata pari a 661 mm e corrisponde a una diminuzione di precipitazione di -132 mm. Le precipitazioni totali mostrano quindi anomalie di distribuzione significative sul territorio in linea con le previsioni messe in evidenza nell'ultimo rapporto IPCC del 2022.

La quantità delle risorse idriche rinnovabili in Italia corrisponde a circa 116 miliardi di m³ e anche se non sono disponibili i dati recenti sui volumi di acqua effettivamente utilizzati è possibile stimarli attorno ai 52 miliardi di m³. I principali settori di utilizzo della risorsa idrica sono l'agricoltura con circa 20 miliardi di m³, l'idropotabile con 9,5 miliardi m³ e l'industria manifatturiera con 5,5 miliardi di m³. (Fonte: PNACC, *Ministero dell'ambiente e della Sicurezza Energetica*, www.mase.gov.it).

L'assetto idrico è composto da 9.000 corpi idrici naturali definiti tali dal D.lgs. 152/06 mentre quelli artificiali sono composti da canali di scolo e di irrigazione con una lunghezza pari a 180.000 km. Gli invasi possono regolare un volume di risorsa idrica corrispondente a circa 13 miliardi m³ distribuiti in 367 dighe in esercizio. Nella tabella n° 5 è possibile infine osservare che il consumo più elevato di risorse idriche è attribuibile all'agricoltura seguito successivamente dall'idroelettrico.

Utilizzo prevalente	Prelievi	Volume autorizzato 10 ⁶ m ³	Superficie dei bacini di riferimento (km ²)
Idroelettrico	306	4341	86.328
Irriguo	126	8264	37.789
Potabile	34	406	1.120
Industriale	13	109	953

Tab. 5: I consumi suddivisi per uso delle risorse idriche. (Fonte: www.mase.gov.it)

Dal punto di vista idrologico il PNACC evidenzia che all'interno del Distretto del fiume Po è presente allo stato attuale una diminuzione delle risorse idriche disponibili per la durata dell'intero anno 2020. Dal punto di vista territoriale il deficit idrico risulta essere particolarmente concentrato nella parte settentrionale presentando un aumento fino al 40% in zone di alta quota, mentre le parti pianeggianti

registrano una perdita del 20%. (Fonte: PNACC, *Ministero dell'ambiente e della Sicurezza Energetica*, www.mase.gov.it).

In primavera-estate il deflusso diminuisce del 20% lungo l'intero corso del fiume Po e arriva al 40% negli estremi settentrionali e meridionali del bacino. In definitiva a causa del cambiamento climatico si stima che il volume delle riserve di acqua scenderà dal 95 a 72 km³ riducendosi di 23 km³, mentre il deflusso alla foce si riduce a 33 km³ rispetto agli oltre 50 km³.

7.0 Livello territoriale distrettuale di bacino del Po

Nei paragrafi sottostanti viene analizzata la pianificazione distrettuale del fiume Po relativamente all'adozione del Piano di Gestione del Po e del Piano di Bilancio Idrico. Nella figura n° 20 viene mostrata l'estensione del Distretto idrografico del fiume Po trattato nei prossimi paragrafi.



Fig. 20: Il livello territoriale distrettuale del fiume Po. (Fonte: produzione propria)

7.1 Piano di Gestione del bacino idrografico del fiume Po

7.1.1 La Governance multilivello delle risorse idriche nel bacino del Po

La ricerca prevede un ulteriore approfondimento territoriale evidenziando gli strumenti di pianificazione a livello distrettuale di bacino del fiume Po. Negli anni 20 del novecento venne istituito il *Circolo di Ispezione del Genio Civile per il Po* al quale venne affidata l'attività di gestione delle acque all'interno del bacino del Po con lo scopo di garantire la vigilanza sui progetti e sull'esecuzione delle opere per la sistemazione degli alvei.

Nel 1989 con la Legge n. 183 venne istituita l'*Autorità di Bacino del fiume Po* che portò a una redistribuzione di competenze territoriali necessarie per la gestione delle risorse idriche a livello distrettuale. (Fonte: PdGPo, *Relazione Generale*, 2021, www.pianoacque.adbpo.it).

Dall'anno 2000, con l'entrata in vigore della Direttiva 2000/60/CE, la Governance dell'acqua ha subito un forte impulso innovativo. Con l'approvazione del Piano di Gestione del Distretto Idrografico del Fiume Po vengono svolte le funzioni di coordinamento alle diverse scale territoriali garantendo la coerenza tra i Piani di settore e le normative europee, nazionali, regionali e locali e permettendo di conseguire gli obiettivi qualitativi e quantitativi dei corpi idrici.

In conformità con la Direttiva 2000/60/CE il Distretto idrografico è stato definito come ambito territoriale di riferimento per gli interventi di salvaguardia del suolo e delle risorse idriche inoltre sono state istituite le *Autorità di Bacino Distrettuali* alla quale è stata affidata la redazione di un Piano di bacino distrettuale con valore di Piano territoriale di settore. (Fonte: PdGPo, *Relazione Generale*, 2021, www.pianoacque.adbpo.it).

L'entrata in vigore del D.lgs 152/2006 ha recepito a livello nazionale la Direttiva 2000/60/CE permettendo di riordinare e coordinare tra loro le disposizioni normative precedenti determinando una Governance dell'acqua caratterizzata dalla molteplice presenza di enti preposti alla pianificazione delle risorse idriche, tra cui oltre alla pianificazione distrettuale è presente quella regionale che definisce la gestione del servizio idrico integrato, la pianificazione provinciale e comunale che amministrano proprio livello territoriale di riferimento mentre i Consorzi di Bonifica sono responsabili del servizio irriguo.

In questo paragrafo viene considerata la pianificazione a livello distrettuale che è definita tramite l'adozione del Piano di Gestione per il Distretto Idrografico del fiume Po nel 2010 che ha permesso all'Autorità di Bacino di attuare le politiche pubbliche a diversi livelli territoriali in materia di acqua e ambiente. Le principali motivazioni che hanno spinto le istituzioni ad adottare il Piano di Gestione sono:

- Migliorare il modello di Governance dei distretti idrografici e la natura giuridica dell'autorità di Distretto;
- Migliorare i contenuti e la gerarchia dei diversi Piani;
- Migliorare il rapporto tra pianificazione e gestione;
- La necessità di norme relative alla partecipazione pubblica.

Gli strumenti di pianificazione, articolati sui diversi livelli territoriali, prevedono che amministrazioni e gestori dei servizi idrici elaborino il bilancio idrico. Tale attività può essere svolta da soggetti diversi, ma deve avvenire in modo integrato, secondo un principio di cooperazione e armonizzazione delle procedure. I bilanci idrici redatti a diversi livelli territoriali costituiscono integrazione del presente Piano garantendo:

- Il coordinamento e la coerenza tra i metodi utilizzati per il calcolo delle grandezze del Bilancio Idrico a livello distrettuale e agli altri livelli territoriali;
- Il coordinamento con gli obiettivi generali e specifici del presente Piano nel rispetto del valore sovraordinato che assume;
- L'omogeneità dei contenuti e dei dati delle informazioni sul grado di utilizzo della risorsa idrica e sullo stato del suo bilancio;
- La comunicazione dei rispettivi esiti alle Autorità territoriali di riferimento.

L'adozione del PdGPo ha previsto diversi cicli di pianificazione che hanno permesso di redigere il Piano attualmente in vigore. Il primo ciclo di pianificazione ha avuto inizio nel 2010 determinando un importante aggiornamento delle caratteristiche del Distretto definendone le problematiche territoriali principali. (Fonte: PdGPo, *Relazione Generale*, 2021, www.pianoacque.adbpo.it).

Nel 2014 il secondo ciclo di pianificazione, avvenuto attraverso il processo di riesame, ha aggiunto al Piano gli obiettivi e il programma di misure di intervento. Successivamente con il terzo ciclo di pianificazione nel 2017 grazie all'implementazione di ulteriori caratteristiche di Distretto si è giunti all'attuale approvazione del PdGPo. In conclusione sono stati forniti i riferimenti metodologici per il calcolo e la restituzione di bilanci idrici alla scala di sottobacino, regionale o locale che costituiscono integrazione del PdGPo. Le metodologie di calcolo sono state definite con il terzo ciclo di pianificazione in attuazione delle misure previste dall'art.13 dalla direttiva 2000/60/CE e dell'art. 117 del D.lgs. 152/06 che si è concluso il 22 dicembre del 2021 le cui disposizioni sono contenute all'interno della relazione generale del Piano di gestione del Distretto del fiume Po per il sessennio 21/27. La pianificazione distrettuale risulta essere costituita dalle seguenti fasi:

1. Fase conoscitiva;

- Aggiornamento dello stato delle risorse idriche;
- Analisi delle pressioni e degli impatti significativi;

2. Fase strategica;

- Elenco degli obiettivi ambientali suddivisi per corpo idrico;

3. Fase di programmazione;

- Informazione, consultazione e partecipazione pubblica;
- Programma di misure;

4. Fase di attuazione delle misure.

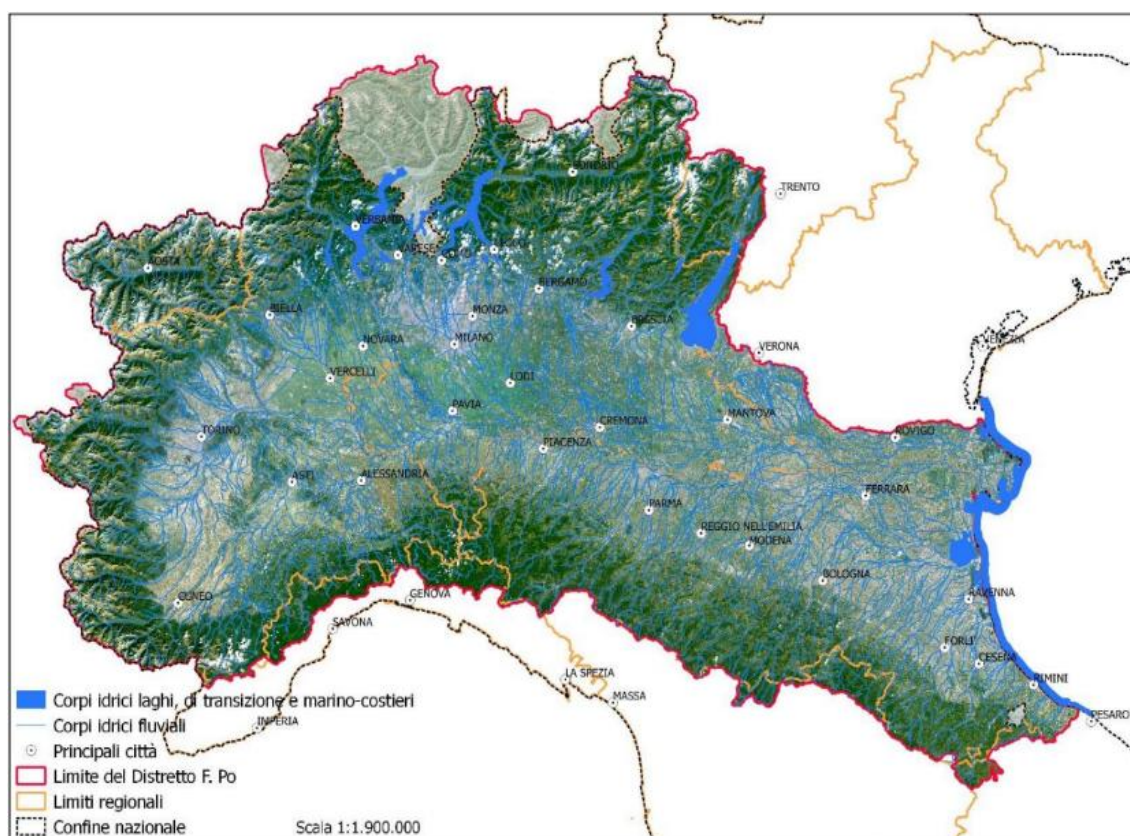


Fig. 21: Inquadramento territoriale del Distretto idrografico del fiume Po. (Fonte: www.pianoacque.adbpo.it)

7.1.2 Inquadramento generale

L'adozione del Piano di Gestione del Distretto idrografico del fiume Po è caratterizzata dall'entrata in vigore di molteplici dispositivi normativi che nel corso dei decenni ne hanno regolamentato sia la struttura che i contenuti. In particolare l'entrata in vigore della Legge 221/2015 “*Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo delle risorse ambientali*” ha sostituito gli artt. 63 e 64 del D.lgs 152/06 permettendo all'Italia di allinearsi ai principi della Direttiva 2000/60/CE garantendo piena operatività dell'Autorità

di Bacino Distrettuale definendone il ruolo di pianificazione e programmazione di rilevanza Europea.
(Fonte: PdGPO, *Relazione Generale*, 2021, www.pianoacque.adbpo.it).

1. Sub Unit Bacio del fiume Po;
2. Sub Unit Bacino del Fissero - Tartaro - CanalBianco;
3. Sub Unit Bacino del Reno;
4. Sub Unit Bacino del Conca - Marecchia;
5. Sub Unit Bacini Romagnoli.

Fig. 22: Suddivisione dei sottobacini del Distretto idrografico del fiume Po. (Fonte: www.pianoacque.adbpo.it)

Denominazione	Territorio (Km²)
Dora Baltea	3933
Tanaro	8134
Agogna	998
Arda - Ongina	439
Oglio	6376
Orco	914
Parma	816
Pellice - Chisone	978
Po Piemontese	3544
Chiavenna	342
Crostolo	554
Delta del Po	449
Dora Riparia	1217
Enza	892
Lambro - Chiona	2439
Maira	1215
Maole	345
Nure	432
Sangone	765
Sarca	3061
Secchia	2101
Sesia	3082
Versa	1370
Stura di Lanzo	857
taro	2032
Terdoppio novarese	516
Toce	1611
Trebbia	1074
Varaita	601
Bacini romagnoli	3414
Reno	4913
Fissero	2880
Asta Po	2392
Burana	2968
Panaro	1788
Adda	7736

Tab. 6: Estensione territoriale dei sottobacini del Distretto idrografico del fiume Po. (Fonte: www.pianoacque.adbpo.it)

Regioni	Territorio (Km²)	n° Province	n° Città Metropolitane	n° Comuni
Valle d'Aosta	3262	1	0	74
Piemonte	24.401	8	1	1181
Lombardia	23.879	12	1	1506
Veneto	3.464	3	1	99
Emilia Romagna	22.453	8	1	328
Liguria	1587	4	1	62
Marche	178	1	0	11
Toscana	946	5	1	18
Provincia Autonoma di Trento	1664	1	0	38

Tab. 7: Estensione territoriale dei sottobacini suddivisi per regione del Distretto idrografico del fiume Po. (Fonte: www.pianoacque.adbpo.it)

Il territorio di competenza dell'Autorità di Bacino interessa 8 regioni italiane (Liguria, Piemonte, Valle D'Aosta, Emilia Romagna, Toscana, Lombardia, Marche, Veneto) includendo 43 Province e 6 Città Metropolitane e oltre 3317 Comuni che costituiscono il 42% dei Comuni italiani.

Il Distretto idrografico del fiume Po è stato suddiviso in 10 ecoregioni caratterizzate da un'omogeneità fisica e ambientale sulla base di cui sono definite le seguenti aree: Alpi occidentali, Prealpi e Dolomiti, Alpi Centro-Orientali, Alpi meridionali, Monferrato, Pianura Padana, Appennino Piemontese, Alpi mediterranee, Appennino Settentrionale e Costa adriatica. (Fonte: PdGPO, *Relazione Generale*, 2021, www.pianoacque.adbpo.it).

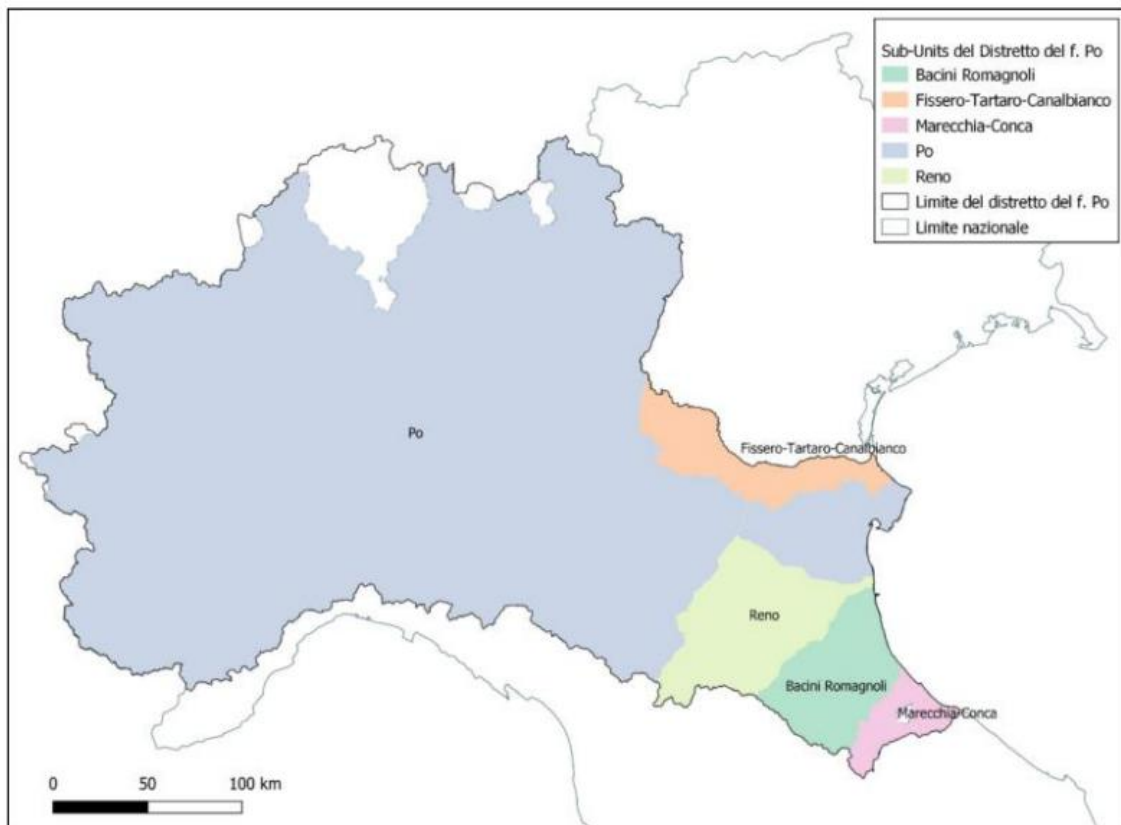


Fig. 23: Suddivisione delle Sub Unit del Distretto idrografico del fiume Po. (Fonte: www.pianoacque.adbpo.it)

Con l'approvazione del PdGPO del 2021 sono state ampliate significativamente la superficie e il numero dei corpi idrici superficiali di competenza distrettuale. In termini percentuale sono presenti le seguenti variazioni: +6% per i corpi idrici fluviali, +3% per i corpi idrici lacustri, +38% per i corpi idrici di transizione, +50% per i corpi idrici marino costieri.

Il Distretto idrografico del fiume Po risulta possedere un reticolo idrografico estremamente articolato e connesso che attraversa regioni molto diverse per caratteristiche ambientali e territoriali. Con l'approvazione del nuovo PdGPO del 2021 si è cercato di ovviare a questa complessità grazie all'acquisizione di nuovi sottobacini e l'accorpamento di quelli esistenti che cambiano l'assetto dei sottobacini che compongono il Distretto del fiume Po. (Fonte: PdGPO, *Relazione Generale*, 2021, www.pianoacque.adbpo.it)

Categoria di acque e natura	Numero corpi idrici PdG Po 2015	Numero corpi idrici PdG Po 2021
Corpi idrici fluviali		
Naturali	1524	1818
Artificiali	303	232
Fortemente modificati	66	113
Totale	1896	2163
Corpi idrici lacustri		
Naturali	44	43
Artificiali	12	9
Fortemente modificati	55	57
Totale	110	109
Corpi idrici di transizione		
Naturali	16	17
Artificiali	1	1
Fortemente modificati	4	0
Totale	21	18
Corpi idrici marino-costieri		
Naturali	1	3
Totale Distretto	2025	2293

Tab. 8: Classificazione e numero di corpi idrici 2015-2021. (Fonte: www.pianoacque.adbpo.it)

7.1.3 Obiettivi generali e indirizzi strategici del PdG Po

Considerando che il Piano di Gestione del Distretto Idrografico del fiume Po è lo strumento operativo previsto dalla Direttiva 2000/60/CE mediante un approccio territorialmente integrato si evidenziano i seguenti obiettivi generali:

- Agevolare un utilizzo idrico sostenibile fondato sulla protezione a lungo termine delle risorse idriche disponibili;
- Contribuire a mitigare gli effetti delle inondazioni e della siccità.

Gli obiettivi di intervento indicati del PdG Po sono stati definiti grazie alla cooperazione e collaborazione delle istituzioni coinvolte nella redazione del Piano e includono le strategie adottate di rilevanza distrettuale. Qui di seguito vengono elencati in tabella gli obiettivi principali di rilevanza strategica. (Fonte: PdG Po, *Relazione Generale*, 2021, www.pianoacque.adbpo.it)

Ambiti strategici e obiettivi specifici	
A	Qualità dell'aria e degli ecosistemi acquatici
A.1	Adeguare il sistema di gestione dei corpi idrici a supporto di un uso equilibrato e sostenibile
A.2	Adeguare il sistema di gestione del reticolo minore di pianura
A.3	Gestire i prelievi d'acqua in funzione della disponibilità idrica attuale e futura
B	Conservazione e riequilibrio dei bacini montani
B.1	Preservare i sottobacini montani
C	Uso e protezione del suolo
C.1	Migliorare l'uso del suolo in funzione del rischio idraulico e della qualità ambientale dei corsi idrici
C.2	Ripristino dei processi idraulici e morfologici naturali dei corsi d'acqua, anche per potenziare gli interventi di riduzione del rischio idraulico
E	Cambiamenti climatici
E.1	Individuare strategie condivise di adattamento ai cambiamenti climatici

Tab. 9: Ambiti strategici e obiettivi del PdGPO. (Fonte: www.pianoacque.adbpo.it)

Gli indirizzi strategici rappresentano la sezione del PdGPO che contiene la programmazione operativa prevista in coerenza con le indicazioni della Commissione Europea:

- Aumentare la resilienza dei corpi idrici, cioè affrontare i problemi relativi all'inquinamento, e a quelli quantitativi tra cui gli aspetti di deflusso ecologico in relazione al rilascio in alveo della quantità minima alla sopravvivenza degli ecosistemi acquatici;
- Assicurare l'integrazione intersettoriale, cioè migliorare l'integrazione degli obiettivi della politica in materia di acque con gli strumenti di pianificazione in relazione a paesaggio, energia e ambiente;
- Applicare il principio per cui chi inquina paga e chi usa paga;
- Aumentare la conoscenza multidisciplinare, cioè realizzare ricerche e studi necessari per aumentare le conoscenze in relazione agli impatti socio-economici delle pressioni idro morfologiche.

n° KTM	Tipologie chiave di misure di cui al WFD Reporting Guidance 2022	Questioni ambientali e tecnico istituzionali di cui all'atto di indirizzo
KTM.1	Ridurre l'inquinamento dei nutrienti di origine agricola	Eutrofizzazione e inquinamento delle acque superficiali e sotterranee
KTM.2	Ridurre inquinamento da pesticidi in agricoltura	Inquinamento delle acque superficiali e sotterranee
KTM.3	Miglioramento del regime di deflusso e/o definizione della portata ecologica	Carenza idrica e siccità, alterazioni idro-morfologiche e della funzionalità dei corsi d'acqua
KTM.4	Misure per aumentare l'efficienza idrica per l'irrigazione, l'industria, l'energia, e l'uso domestico	Carenza idrica e siccità
KTM.5	Ricerca e miglioramento dello stato delle conoscenze al fine di ridurre l'incertezza	Integrazione della conoscenza e delle informazioni
KTM.6	Adattamento ai cambiamenti climatici	Carenza idrica e siccità, integrazione tra le pianificazioni

Tab. 10: Misure di intervento del PdGPO. (Fonte: www.pianoacque.adbpo.it)

7.2 Il Piano di Bilancio Idrico

Il Piano di Bilancio Idrico è stato adottato nell'ambito della pianificazione delle risorse idriche a livello distrettuale e costituisce un approfondimento del PdGPO di cui l'art. 65 del D.lgs n. 152/2006 ed ha valore di Piano specifico di settore.

Le acque comunitarie stanno subendo pressioni sempre maggiori a causa del continuo aumento della domanda per ogni tipologia di utilizzo. Con la relazione dell'Unione Europea del 10/11/95, denominata *L'ambiente nell'Unione Europea*, è stata confermata la necessità di intervenire per la tutela delle acque comunitarie. Il 9 settembre 1996, la Commissione Europea ha presentato una proposta per istituire un programma d'azione per la protezione e la gestione integrata delle acque

sottolineando la necessità di definire le procedure per regolamentarne l'estrazione e controllarne la qualità e quantità. (Fonte: PBI, *Relazione Generale*, www.pianobilancioidrico.adbpo.it)

La necessità di redigere il Piano di Bilancio Idrico nasce quindi ai fini della tutela delle risorse idriche sotto l'aspetto quantitativo e qualitativo in modo da consentire un consumo idrico sostenibile e risulta essere efficace grazie a un quadro normativo coerente con i livelli territoriali sovraordinati tra cui quello nazionale e comunitario anche se il PBI non è soggetto a prescrizioni delle Direttive dell'Unione Europea in tema di pianificazione delle risorse idriche.

Il Piano di Bilancio Idrico è uno strumento normativo, tecnico e operativo con il quale vengono pianificate le linee di intervento necessarie per migliorare la gestione delle risorse idriche ed ha lo scopo di garantirne l'accesso nell'area di competenza in base ai diversi usi. (Fonte: PBI, *Relazione Generale*, www.pianobilancioidrico.adbpo.it).

Il PBI partecipa alla conservazione degli ecosistemi sulla base delle caratteristiche ambientali e socio-economiche del Distretto idrografico del fiume Po nel rispetto dei principi di sussidiarietà, efficacia e efficienza dei vari soggetti pubblici e privati coinvolti nella sua redazione.

Nonostante la Direttiva 2000/60/CE dal punto di vista quantitativo non contenga strumenti specifici per l'analisi dello stato dello sfruttamento della risorsa idrica, gli obiettivi che essa pone includono la mitigazione degli effetti della siccità attraverso l'individuazione dei valori limite di portata ecologica in modo che vengano sostenute le funzioni ecosistemiche delle acque sia superficiali che sotterranee. (Fonte: PBI, *Relazione Generale*, www.pianobilancioidrico.adbpo.it)

7.2.1 Valori e finalità del Piano di Bilancio Idrico nel Distretto del fiume Po

All'interno dell'allegato n° 3 denominato *Gestione della siccità e Direttiva Magre* il PBI contiene le misure relative all'uso e alla disponibilità delle risorse idriche da perseguire per la corretta utilizzazione delle acque sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato come prescritto all'interno della Direttiva 2000/60/CE. Il PBI contribuendo al raggiungimento degli obiettivi della Direttiva 2000/60/CE in relazione al buono stato ecologico dei corpi idrici, prevede la tutela delle risorse idriche attraverso:

- Individuazione dei valori limite delle portate ecologiche che possano sostenere le funzioni degli ecosistemi dipendenti dalla presenza di acque dolci;

- La formazione di quadri legislativi trasparenti e coerenti per la gestione delle acque a livello comunitario al fine di garantire la protezione della risorsa e del suo uso sostenibile secondo il principio di sussidiarietà. Ulteriori considerazioni di tipo qualitativo e quantitativo;

Considerando inoltre l'attuazione degli artt. 98, 99 e 146 del D.lgs 152/2006 a livello nazionale si persegue l'equilibrio del bilancio idrico alla luce dei cambiamenti climatici attraverso l'attuazione di interventi prioritari volti al risparmio idrico, al riuso delle acque, alla eliminazione degli specchi, e alla razionalizzazione dei consumi. (Fonte: PBI, *Relazione Generale*, www.pianobilancioidrico.adbpo.it). L'analisi del bilancio idrico contenuto all'interno del PBI è stata effettuata grazie allo studio dei prelievi e delle restituzioni che ha consentito di rapportare il volume disponibile del sistema naturale agli effettivi fabbisogni permettendo di ottenere così una misura dell'efficienza del sistema nel suo complesso dalla presa all'utilizzatore finale ricostruendo la disponibilità idrica naturale.

Al fine di garantire una analisi accurata considerando l'art. 95 del D.lgs 152/2006 sono stati installati degli idonei dispositivi per la misurazione delle portate e dei volumi d'acqua disponibili. Infine grazie alle misure idrometriche di portata osservate nelle sezioni di controllo dei corpi idrici è stato possibile determinare le componenti del bilancio idrico. (Fonte: PBI, *Relazione Generale*, www.pianobilancioidrico.adbpo.it)

7.2.2 I contenuti del Piano di Bilancio Idrico

Il Piano di Bilancio Idrico è uno strumento che permette la regolazione degli utilizzi della risorsa idrica al fine di garantirne un uso sostenibile. Gli obiettivi del Piano del Bilancio Idrico sono strutturati su tre livelli generali qui di seguito descritti:

Obiettivo n° 1: Cooperazione.

Questo obiettivo si fonda sul dialogo e sul confronto tra amministratori pubblici e portatori di interesse, e mira a rafforzare le capacità istituzionali a scala di Distretto, promuovendo processi partecipativi efficaci per migliorare la gestione integrata del bacino distrettuale. Gli obiettivi specifici sono:

- Individuazione degli strumenti per una più efficiente comunicazione trasparente dei dati e delle informazioni circa lo stato del bilancio idrico;
- Condivisione delle metodologie e gli strumenti per il calcolo e l'aggiornamento del bilancio idrico ai diversi livelli territoriali individuati con particolare riferimento alle grandezze che lo compongono e alle modalità di quantificazione delle stesse in relazione ai criteri per la costruzione di un quadro

conoscitivo completo omogeneo a scala distrettuale al fine di raggiungimento degli obiettivi del Piano;

- Definizione dei limiti per l'uso sostenibile delle risorse idriche superficiali e sotterranee con riferimento all'individuazione di livelli adeguati delle esigenze connesse al consumo umano e alle attività produttive, nonché all'uso agricolo delle risorse compatibilmente al raggiungimento degli obiettivi previsti dalla pianificazione distrettuale. In questa direzione è maturata una maggiore consapevolezza relativa agli obiettivi di sostenibilità dell'uso della risorsa idrica attraverso lo sviluppo di metodi e strumenti condivisi per la raccolta, comunicazione e messa a disposizione dei dati e delle informazioni in relazione al bilancio idrico e al ciclo idrologico. (Fonte: PBI, *Relazione Generale*, www.pianobilancioidrico.adbpo.it)

Obiettivo n° 2: Riequilibrio del bilancio idrico ai fini della sostenibilità.

Questo significa utilizzare la risorsa nella misura in cui è effettivamente disponibile e senza compromettere la disponibilità per l'ambiente e per le generazioni future. Allo scopo di garantire un maggiore efficientamento delle reti, l'obiettivo n° 2 prevede la modernizzazione dei sistemi di distribuzione identificando un target del 5% di riduzione dei consumi irrigui che sono pari al 90% della risorsa idrica disponibile essendo l'agricoltura il principale destinatario.

Per raggiungere questo obiettivo sono entrati in vigore i necessari regolamenti regionali che prescrivono l'installazione di idonei misuratori per monitorare i prelievi in relazione alle precipitazioni al fine di ridurre a livello generale l'utilizzo delle risorse idriche a scala di comprensorio di bonifica, bacino e sottobacino in linea con la presente ricerca. (Fonte: PBI, *Relazione Generale*, www.pianobilancioidrico.adbpo.it)

Obiettivo n° 3: Gestione delle crisi idriche e delle siccità.

Le crisi idriche, a causa dell'elevato sfruttamento della risorsa che caratterizza il Distretto, sono un tema che è sempre stato trattato con la massima attenzione. Le risorse idriche sono sempre meno disponibili nei mesi estivi e contestualmente è aumentata molto anche la richiesta di acqua soprattutto per sostenere la produzione agricola e per produrre elettricità rinnovabile. Quando la risorsa è scarsa vanno individuati e attuati comportamenti necessari a rendere il sistema resiliente al fine del superamento delle crisi e della riduzione degli impatti. (Fonte: PBI, *Relazione Generale*, www.pianobilancioidrico.adbpo.it)

Per poter raggiungere l'obiettivo n° 3, il PBI ha introdotto l'allegato denominato *Piano per la gestione delle siccità e la Direttiva Magre* che definisce i criteri di gestione delle risorse idriche in fase di

emergenza applicando gli opportuni livelli di soglia elaborati da applicare in modo omogeneo su tutto il Distretto.

I punti principali del Piano per la gestione della siccità prevedono di promuovere la realizzazione di un sistema di monitoraggio in tempo reale del bilancio idrico grazie ad appropriate tecnologie da adottare a tale scopo, oltreché l'individuazione delle azioni necessarie per la gestione attiva della siccità a livello distrettuale definendo le grandezze critiche per la classificazione delle condizioni climatiche infine definiscono i criteri e gli indirizzi per lo sviluppo di Piani regionali finalizzati alla protezione della risorsa idrica. (Fonte: PBI, *Relazione Generale*, www.pianobilancioidrico.adbpo.it)

7.2.3 Gli usi delle risorse idriche nel Piano di Bilancio Idrico

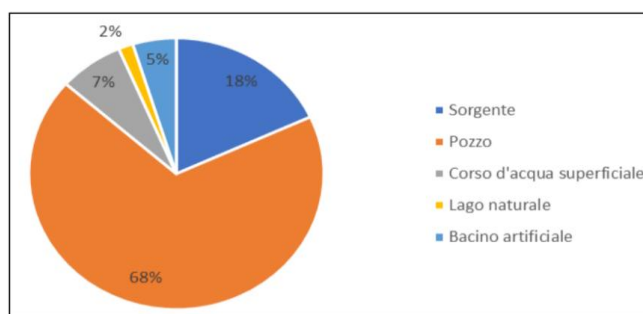
La ricostruzione del bilancio idrico alla scala di Distretto idrografico del Po ha sempre presentato molte difficoltà e incertezze legate alla mancanza di dati finalizzati al monitoraggio dei prelievi. La frammentazione delle banche dati degli enti istituzionali non permette una corretta valutazione delle pressioni determinate dai prelievi sui corpi idrici in base al bilancio dei volumi erogati.

Nonostante queste difficoltà vengono qui di seguito esposte le modalità di individuazione degli usi delle risorse idriche in relazione ai dati disponibili all'interno del Piano di Bilancio Idrico. L'obiettivo di fornire un inquadramento sull'utilizzo di risorse idriche in Italia grazie ai dati raccolti delle serie storiche ottenute sull'uso civile, industriale e agricolo. La valutazione quantitativa dell'uso idropotabile a scala del Distretto idrografico è stata effettuata dall'ISTAT nel 2019 e pubblicata nel volume *Utilizzo e qualità della risorsa idrica in Italia*. (Fonte: PBI, *Relazione Generale*, www.pianobilancioidrico.adbpo.it)

7.2.3.1 Uso idropotabile delle risorse idriche nel PBI

Premesso che lo studio pubblicato dell'ISTAT e denominato *Utilizzo e qualità della risorsa idrica in Italia*, fornisce i seguenti dati a livello nazionale sull'uso idropotabile delle risorse idriche che corrispondenti a 9,23 miliardi di m³ nel 2018 corrispondenti a 153 m³ annuo pro capite, il Distretto idrografico del fiume Po rappresenta circa il 30% del volume prelevato per uso potabile a livello nazionale. L'analisi quantitativa conferma che il prelievo di volumi risulta essere in relazione alle esigenze specifiche distrettuali, alle infrastrutture e allo sviluppo economico regionale. (Fonte: PBI, *Relazione Generale*, www.pianobilancioidrico.adbpo.it)

La ripartizione tra le differenti fonti di approvvigionamento dipende dalla localizzazione e dalla qualità delle fonti stesse. Qualora disponibili le acque sotterranee risultano essere quelle maggiormente sfruttate per il consumo umano vista la generale e migliore qualità garantita anche in assenza di opportuni trattamenti spinti di potabilizzazione. (Fonte: PdGPO, *Stato delle risorse idriche*, 2021, www.pianoacque.adbpo.it)



Graf. 1: Fonti di approvvigionamento per l'uso idropotabile. (Fonte: www.pianobilancioidrico.adbpo.it)

In uno studio del 2015 viene indicato che il servizio di distribuzione dell'acqua potabile è presente nel 99,7% dei Comuni italiani dove solo 23 Comuni ne risultano completamente sprovvisti ricorrendo a forme autonome di auto approvvigionamento come ad esempio pozzi privati. (Fonte: PdGPO, *Stato delle risorse idriche*, 2021, www.pianoacque.adbpo.it).

A livello di Distretto idrografico i valori superiori di perdite sono riscontrabili nella rete di distribuzione presente nei distretti del centro-sud con valori più alti nella regione Sardegna e Sicilia diversamente nel Distretto del fiume Po l'indicatore raggiunge il valore minimo pari a 31,7% del volume immesso nelle reti. (Fonte: PdGPO, *Stato delle risorse idriche*, 2021, www.pianoacque.adbpo.it)

7.2.3.2 Uso irriguo delle risorse idriche nel PBI

Il principale uso che incide sul consumo di acqua a livello distrettuale è l'irrigazione. Il settore agricolo rappresenta la maggiore pressione ambientale soprattutto nei territori in cui le precipitazioni e umidità non sono sufficienti a garantire il fabbisogno idrico delle colture. Tra gli stati europei, l'Italia si colloca tra i paesi che maggiormente fanno ricorso all'irrigazione. Il comprensorio irriguo rappresenta l'unità territoriale di riferimento per il servizio idrico destinato all'irrigazione e si suddivide in due principali categorie:

- 1) Irrigazione collettiva, effettuata da operatori agricoli che sono associati a un servizio collettivo;

- 2) Irrigazione autonoma, effettuata da operatori agricoli che non sono associati a un servizio collettivo di auto-approvvisionamento.

Regione	Anno 2018	
	Superficie Irrigata	Volume utilizzato
	(ha)	(m ³)
Emilia Romagna	213.502	949.347.857
Lombardia	489.603	6.116.074.565
Piemonte	291.371	6.300.000.000
Trento	3.400	15.350.000
Valle d'Aosta	20.996	168.865.344
Veneto	319.365	895.383.663
Totale Distretto fiume Po	1.237.329	14.445.021.429

Tab. 11: Uso irriguo delle risorse idriche suddivise per regione. (Fonte: www.pianoacque.adbpo.it)

Categorie	Stima fabbisogno
	(m ³)
Agrumi	995
Foraggiere	1.264.443.187
Seminativi	708.154.905
Arboricoltura	3.118.213
Barbabietole da zucchero	200.631.770
Cereali	895.383.663
Colza	14.445.021.429
Fruttiferi	245.901.950
Girasole	11.892.677
Legumi	3.748.583
Mais da foraggio	762.627.071
Mais da granella	1.605.300.862
Olivo	171.913
Patate	38.203.719
Piante tessili	779.913
Pomodoro	75.179.497
Prati e pascoli	265.183.241
Riso	4.049.230.905
Serre	2.188.926
Vite	18.170.109
Vivai	4.443.467
Totale Distretto Po	9.750.833.333

Tab. 12: Fabbisogno irriguo suddiviso per tipologia di coltivazione. (Fonte: www.pianoacque.adbpo.it)

L'evoluzione delle superfici coltivate a scala distrettuale evidenzia alcuni effetti sull'impiego dell'acqua per uso irriguo. Le colture risicole dal 2015 al 2018 risultano essere in leggera contrazione: dai più di 240 mila ettari nel 2015 si è arrivati ai 210-215 mila ettari nel 2018. Una riduzione significativa ha interessato il mais che è passato dai circa 800 mila ettari dall'inizio del decennio a meno di 500 mila ettari nel 2018. Considerando il notevole fabbisogno idrico di questa coltura si può stimare una riduzione significativa dei consumi complessivi. (Fonte: PdGPO, *Stato delle risorse idriche*, 2021, www.pianobilancioidrico.adbpo.it).

7.2.3.3 Uso idroelettrico delle risorse idriche nel PBI

Un aspetto rilevante nell'utilizzo delle risorse idriche è rappresentato dalla produzione di energia idroelettrica, che, tuttavia, comporta la modifica dei deflussi idrici superficiali, con potenziali gravi conseguenze ambientali per i corpi idrici coinvolti. In generale, la produzione di energia idroelettrica comporta una sottrazione della risorsa idrica dal reticolo fluviale, alterando il regime naturale dei deflussi nei tratti di fiume situati tra l'opera di presa e il punto di re-immissione in ambiente. Per questo motivo la Direttiva 2000/60/CE individua la quantità d'acqua da restituire nei corsi d'acqua corrispondente al *Deflusso Minimo Vitale* definito successivamente come *Deflusso Ecologico*. (Fonte: PdGPO, *Stato delle risorse idriche*, 2021, www.pianoacque.adbpo.it). Il settore idroelettrico si distingue in tre categorie da cui si riporta la descrizione da uno stralcio dei *rapporti statistici* del GSE che vengono determinati in base alla durata dell'invaso:

- *Impianti a serbatoio*: durata di vaso maggiore o uguale a 400 ore di trattenuta;
- *Impianti a bacino*: durata di vaso minore di 400 ore e maggiore di 2 ore di trattenuta;
- *Impianti ad acqua fluente*: sono quelli che non hanno serbatoio o che hanno un serbatoio con durata di vaso uguale o minore di 2 ore di trattenuta.

Nel 2018 il 45,6% della produzione complessiva è stata generata dagli impianti idroelettrici ad acqua fluente rappresentando il 30% della potenza complessiva installata in impianti idroelettrici a livello distrettuale. Il contributo degli impianti a bacino è stato del 29% della produzione a fonte del 26,9 Kwh della potenza installata. Gli impianti a serbatoio che hanno una maggiore dimensione media per impianto rappresentano invece il 25,4% della produzione e il 43,1 Kwh della potenza installata. (Fonte: PdGPO, *Stato delle risorse idriche*, 2021, www.pianobilancioidrico.adbpo.it).

7.3 Gestione della carenza idrica e della siccità

Nel Bacino Distrettuale del fiume Po sono state applicate le politiche dell'Unione Europea in contrasto al fenomeno della carenza idrica. Le linee guida sono contenute nel rapporto *Affrontare il problema della carenza idrica e della siccità nell'Unione Europea*.

All'interno del documento sono presenti le opzioni strategiche per fronteggiare il problema della siccità in sinergia con quelle per l'adattamento ai cambiamenti climatici. La gestione del rischio siccità prevede la condivisione delle conoscenze che grazie all'istituzione di osservatori vengono implementati gli scenari di allerta. (Fonte: PdGPo, *Stato delle risorse idriche*, 2021, www.pianobilancioidrico.adbpo.it)

Oltre al rapporto sopracitato il Consiglio Europeo predispone il *Piano di gestione della siccità* che ha avuto un ruolo primario nell'ambito strategico comunitario sulla carenza idrica in particolare per i temi dell'efficienza idrica, predisponendo il SiccIDROMETRO³² ovvero uno strumento utile a rappresentare gli impatti legati al deflusso nell'alveo del Po alla scala di Distretto idrografico.

L'attuazione del *Piano di Gestione della Siccità* è affidata all'osservatorio distrettuale attraverso un protocollo di intesa tra le Regioni e i soggetti che hanno il compito di monitorare impatti delle magre idriche sull'intero Distretto. Al fine di ottenere un modello attendibile sono state considerate le grandezze idro-pluviometriche utili al calcolo e alla caratterizzazione dei seguenti aspetti:

- Bilancio idrologico, in termini di afflussi e deflussi;
- Regimi di magra al fine dello studio degli eventi estremi in ottemperanza agli obblighi della direttiva 2000/60/CE e dalla politica europea sull'acqua. Le magre sul fiume Po sono state studiate grazie a 5 stazioni idrografiche caratterizzate da una serie di osservazioni molto estese nel tempo per le quali sono pubblicati i dati sugli annali idrologici a partire dal primo ventennio del secolo scorso. (Fonte: PdGPo, *Stato delle risorse idriche*, 2021, www.pianobilancioidrico.adbpo.it)

L'istituzione dell'Osservatorio Permanente sugli usi dell'acqua nel Distretto Idrografico del Fiume Po ha permesso di rafforzare la cooperazione tra soggetti istituzionali in ambito distrettuale promuovendo l'uso sostenibile della risorsa idrica. (Fonte: PdGPo, *Stato delle risorse idriche*, 2021, www.pianobilancioidrico.adbpo.it)

³² Il "SiccIDROMETRO" è stato sviluppato all'interno del Piano del Bilancio Idrico per censire e rappresentare in modo sistematico alla scala del Distretto idrografico gli impatti legati al limitato deflusso nell'alveo del Po ed è costituito da un diagramma che evidenzia in funzione di valori decrescenti da 700 a 200 m³/s della portata istantanea le conseguenze negative delle portate di magra. (Fonte: www.pianobilancioidrico.adbpo.it)

L'attività dell'osservatorio definisce gli scenari di severità idrica determinati in base agli indicatori soglia che vengono elaborati in un apposito bollettino a cadenza mensile in cui al suo interno è presente un riassunto dello scenario in applicazione delle direttive diramate dalla Protezione Civile.

In seguito all'attività di monitoraggio considerando che in Italia gli episodi di siccità sono sempre più frequenti con tempi di ritorno³³ sempre più brevi, l'Autorità di Bacino del fiume Po, in attuazione delle prescrizioni del Piano di Bilancio Idrico, ha individuato i corsi d'acqua che, a livello regionale, stanno subendo squilibri nel loro regime idrologico a causa dei cambiamenti climatici. In particolare, gli eventi siccitosi, un tempo eccezionali, oggi si ripresentano con una frequenza compresa tra i due e i quattro anni. (Fonte: PdGPO, *Stato delle risorse idriche*, 2021, www.pianoacque.adbpo.it)

Il Piano di Bilancio Idrico riporta i dati del 2020 che è stato un anno caratterizzato da un valore di portata media mensile superiore al valore medio di lungo periodo con un incremento percentuale del 18%. Nei mesi primaverili ed estivi il valore medio mensile di deflusso si è sempre attestato al di sotto del valore atteso con un decremento del 32%. Lo scarto massimo si è avuto nel mese di novembre con un decremento del 52%. Le condizioni di siccità meteorologica vengono monitorate all'interno del Distretto idrografico del fiume Po, attraverso l'indicatore SPI (Standard Precipitation Index) che risulta particolarmente efficace nel fornire informazioni sul deficit di pioggia calcolati su scale temporali diversificate. (Fonte: PdGPO, *Stato delle risorse idriche*, 2021, www.pianoacque.adbpo.it)

Al fine di valutare le precipitazioni è stata introdotta una metodologia di stima delle curve cumulative per la caratterizzazione spazio-temporale degli eventi di siccità meteorologica all'interno del Distretto del fiume Po. Questo sistema prevede l'adozione di nuove soglie e permette di identificare e migliorare le stime dal tempo di ritorno degli eventi di siccità in base al calcolo dell'indice SPI nelle celle di grigliato considerate dal modello. Questi grafici derivati dall'analisi degli eventi siccitosi possono essere utilizzati sia per la caratterizzazione mensile degli eventi di magra sia nella gestione delle risorse idriche, considerando una appropriata soglia critica. (Fonte: PdGPO, *Stato delle risorse idriche*, 2021, www.pianoacque.adbpo.it)

³³ In statistica il tempo di ritorno, o periodo di ritorno di un evento, è il tempo medio intercorrente tra il verificarsi di due eventi successivi di entità uguale o superiore ad un valore di assegnata intensità o, analogamente, è il tempo medio in cui un valore di intensità assegnata viene uguagliato o superato almeno una volta. (Fonte: www.arpa.piemonte.it)

7.3.1 Aree a ricorrente crisi idrica

Il Piano di Bilancio Idrico Impone alle Regioni appartenenti all'intero Distretto Idrografico del fiume Po di individuare le aree a ricorrente crisi idrica attraverso l'analisi delle precipitazioni. (Fonte: PdGPO, *Elaborato n° 1*, 2021, www.pianoacque.adbpo.it)

La correlazione del livello delle precipitazioni, l'umidità del suolo e la crescita delle piante permettono di rappresentare rispettivamente tre indicatori denominati: *l'indice standardizzato di precipitazioni* (SPI), *l'anomalia di umidità del suolo* (SMA) e *l'anomalia della frazione di radiazione foto sinteticamente attiva assorbita* (FAPAR). L'indicatore così ottenuto permette di classificare il suolo in base a 6 livelli:

- 1) Livello di attenzione in cui si osserva una riduzione rilevante delle precipitazioni;
- 2) Livello di allerta in cui si osserva se la riduzione di precipitazione causa un'anomalia dell'umidità del suolo;
- 3) Livello di allarme in cui le due condizioni precedenti sono accompagnate da un'anomalia della crescita della vegetazione;
- 4) Pieno recupero: la crescita della vegetazione e le condizioni meteorologiche sono tornate a una situazione normale;
- 5) Temporaneo recupero dell'umidità del suolo;
- 6) Temporaneo recupero della vegetazione.

L'analisi delle serie storiche ha permesso di costruire l'indicatore per il periodo 2001 – 2019. Dai dati disponibili è possibile individuare le aree soggette a criticità in relazione alle rispettive soglie. La correlazione dei sei punti precedentemente descritti genera il CDI ovvero il *Combined Drought Indicator*.

Sebbene la maggior parte del territorio analizzato sia stato interessato da eventi critici con un tempo di ritorno pari a tre anni, si osserva una variabilità territoriale nella probabilità di accadimento di eventi siccitosi. La figura n° 25 evidenzia l'indicatore ottenuto all'interno del Distretto idrografico del fiume Po dove i differenti sottobacini sono stati suddivisi in porzione montana e di pianura con l'obiettivo di rappresentare al meglio il territorio preso in esame. (Fonte: PdGPO, *Elaborato n° 1*, 2021, www.pianoacque.adbpo.it)

Dalla figura n° 26 è possibile osservare che lo stato dell'indicatore CDI all'interno del Distretto idrografico del fiume Po, per la serie annua dal 2001 al 2019, presenta un alto livello di siccità soprattutto nei sottobacini che sono tributari del fiume Po sia in destra che in sinistra idrografica.

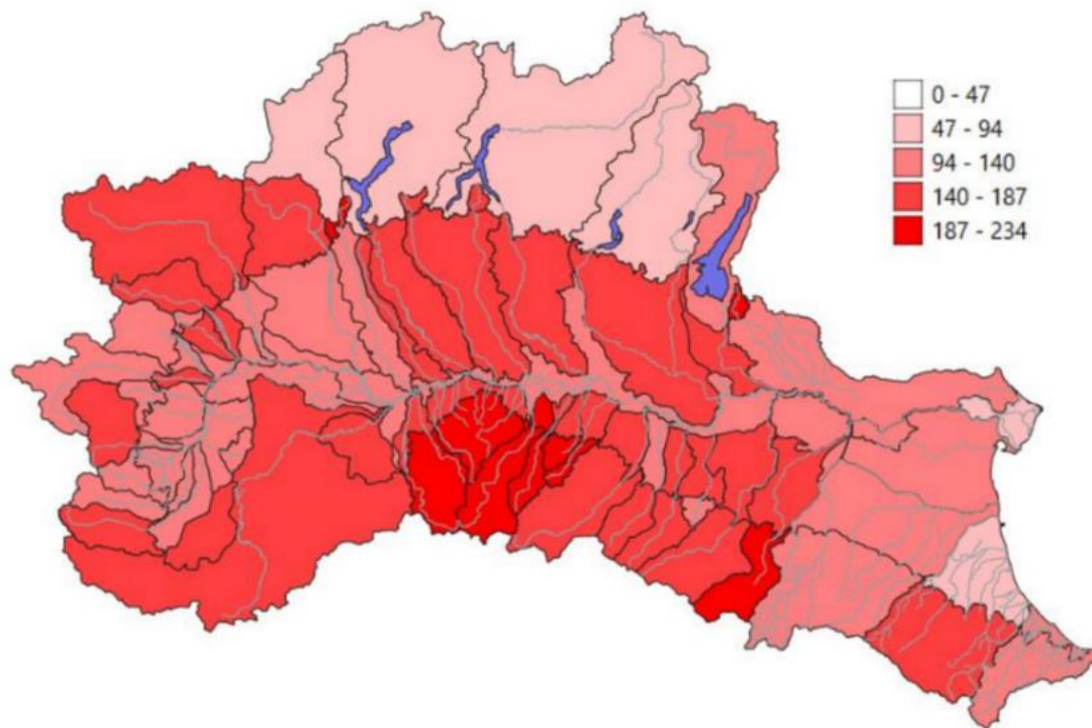


Fig. 25: Rappresentazione dell'indice CDI nel Distretto del fiume Po, anno 2001-2019. (Fonte: www.pianobilancioidrico.adbpo.it)

L'estate del 2003 risulta essere l'evento più rappresentativo della situazione che si è presentata in forme simili nelle successive annate, 2005, 2007, 2011, 2012 e 2022. Il periodo estivo considerato evidenzia un'assenza straordinaria di precipitazioni nei mesi primaverili ed estivi e temperature molto elevate che hanno generato in diverse zone di bacino una grave carenza della risorsa mettendo seriamente a repentaglio la produzione agricola. (Fonte: PdGPo, *Elaborato n° 1*, 2021, www.pianoacque.adbpo.it).

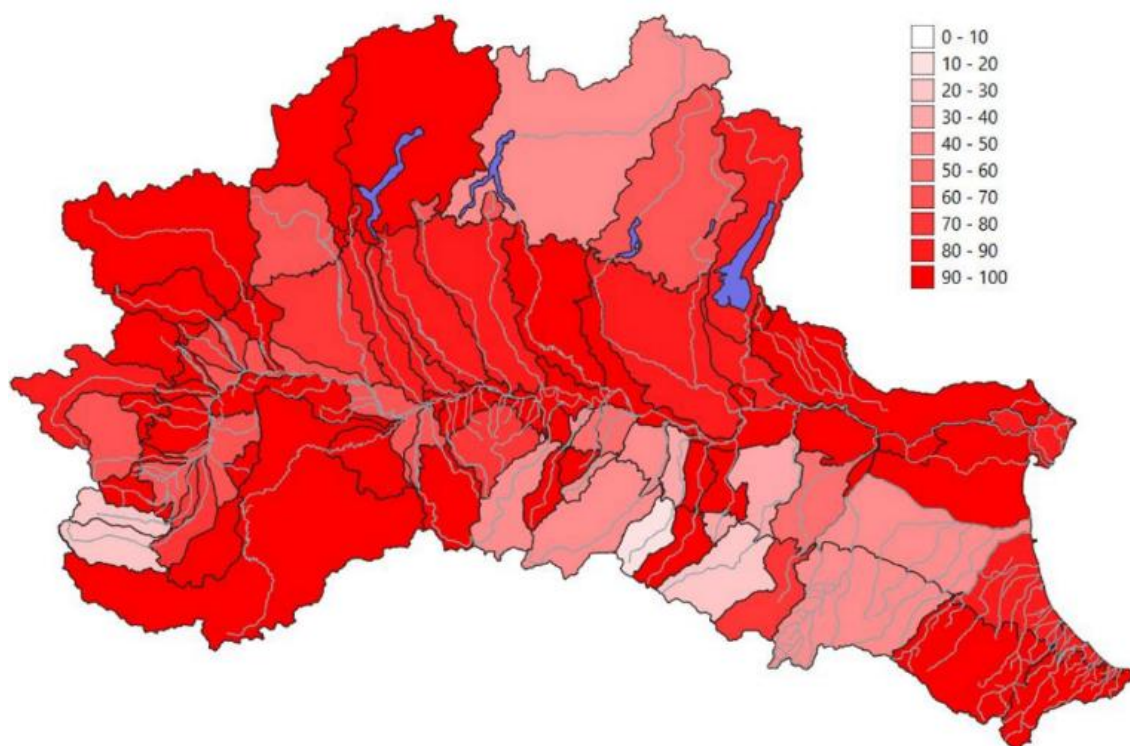


Fig. 26: Rappresentazione dell'indice CDI nel Distretto del fiume Po, anno 2003. (Fonte: www.pianobilancioidrico.adbpo.it)

Diversamente dalla figura precedente l'evento siccitoso del 2017 risulta essere stato circoscritto a specifiche aree tra cui i bacini meridionali e orientali del Piemonte nella porzione meridionale della Lombardia e nelle aree di pianura e media collina della Emilia-Romagna. (Fonte: PdGPo, *Elaborato n° 1*, 2021, www.pianoacque.adbpo.it)

La situazione di severità idrica pare particolarmente grave nelle province di Parma e Piacenza in base alle precipitazioni particolarmente inferiori rispetto alla media storica. la situazione è risultata particolarmente grave anche per gli approvvigionamenti idropotabili tanto che in molti Comuni italiani è stato necessario ricorrere al rifornimento con autobotti.

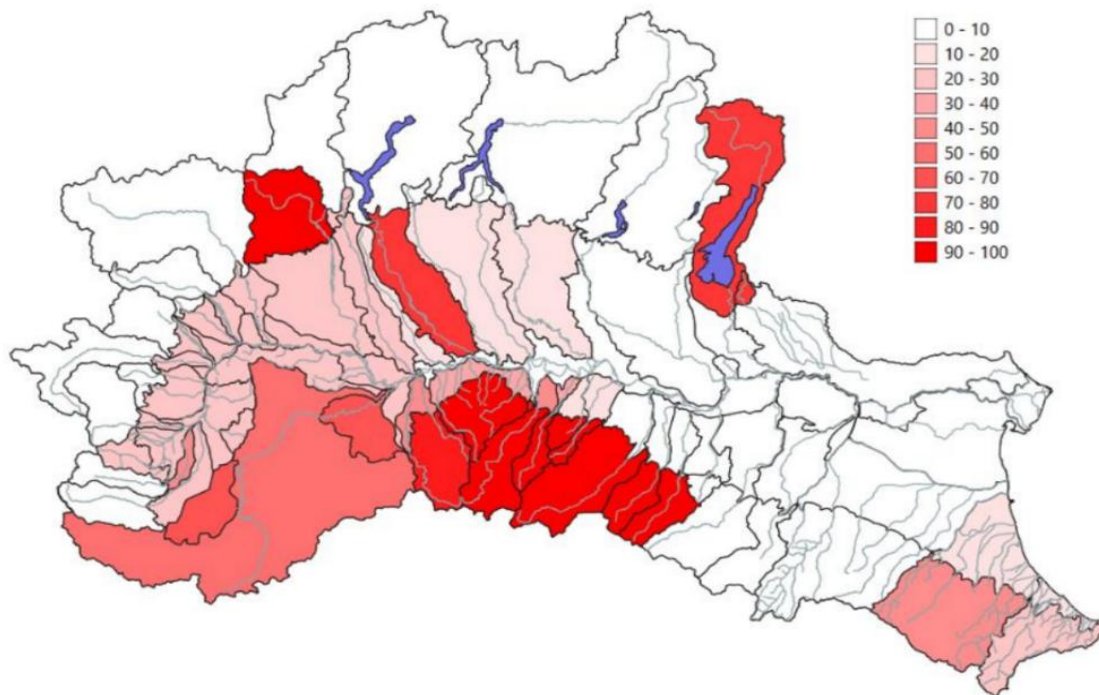


Fig. 27: Rappresentazione dell'indice CDI nel Distretto del fiume Po, anno 2017. (Fonte: www.pianobilancioidrico.adbpo.it)

7.3.2 Bilancio Idrico e modalità di calcolo

La valutazione dello stato quantitativo dei corpi idrici è inserita nel Piano di Gestione del Distretto Idrografico del fiume Po di cui il Piano di Bilancio Idrico ne risulta l'approfondimento. (Fonte: PBI, *Relazione Generale*, www.pianobilancioidrico.adbpo.it)

In questo paragrafo vengono forniti tutti gli elementi metodologici per il calcolo del bilancio idrico nei corpi idrici del bacino del Po. Con riferimento alle prescrizioni della Direttiva 2000/60/CE il Piano di Bilancio Idrico permette di effettuare le opportune valutazioni circa le pressioni sui prelievi dai corpi idrici. (Fonte: PBI, *Relazione Generale*, www.pianobilancioidrico.adbpo.it). Al fine di mantenere l'equilibrio tra gli usi antropici e le necessità ambientali, la valutazione della seguente disequazione viene definita come:

$$R_{ut} - \sum F_i + R_{riu} + V_{rest} \geq 0$$

In cui:

Rut: rappresenta il volume di risorsa disponibile;

ΣFi: rappresenta la sommatoria dei volumi utilizzati;

Rriu: rappresenta il volume di risorsa riutilizzata;

Vrest: rappresenta il volume di risorsa restituita.

Necessariamente alla comprensione del sistema di afflussi e deflussi vengono introdotte qui di seguito ulteriori definizioni:

Bilancio idrologico: comparazione nel periodo di tempo considerato e con riferimento ad un determinato bacino o sottobacino tra afflussi e deflussi naturali ovvero deflussi che si avrebbero in assenza di pressione antropica;

Bilancio idrico: comparazione fra le risorse idriche in un determinato bacino o sottobacino al netto delle risorse necessarie alla conservazione degli ecosistemi;

Risorsa idrica potenziale: ovvero la massima risorsa idrica disponibile in una determinata sezione di un corso d'acqua superficiale in relazione alle migliori tecnologie disponibili;

Risorsa idrica utilizzabile: la risorsa inferiore o uguale a quella potenziale concretamente destinabile agli usi;

Fabbisogno: domanda di acqua per i diversi usi ed attività;

Prelievo: quantità di acqua derivata da un corpo idrico superficiale naturale o artificiale;

Utilizzo: quantità d'acqua effettivamente utilizzata per i diversi usi ed attività.

Al fine di procedere con il calcolo di bilancio idrico, occorre definire l'area di riferimento per determinare la sezione idrologica di interesse per la quale sia riferibile un bacino a cui associare uno schema di afflussi, deflussi, prelievi, e scambi di risorsa definito. (Fonte: PBI, *Relazione Generale*, www.pianobilancioidrico.adbpo.it)

Questa tipologia di analisi richiede una stima delle grandezze relative al volume d'acqua in un intervallo di tempo relativo ai prelievi a monte della sezione di riferimento. Risulta quindi necessario identificare i punti sulla rete idrografica superficiale in cui stimare le grandezze che compongono il bilancio idrico e definire l'intervallo di tempo. (Fonte: PBI, *Relazione Generale*, www.pianobilancioidrico.adbpo.it)

Il bilancio idrico, riferito al periodo di tempo assegnato, è espresso dall'equazione dei volumi entranti e uscenti dal bacino superficiale definiti in base alla perimetrazione prescelta. L'equilibrio del bilancio idrico deve essere verificato per la scala di bacino e sottobacino. (PBI, *Relazione Generale*, www.pianobilancioidrico.adbpo.it)

Al fine di garantire la massima efficienza ed omogeneizzazione delle procedure, in relazione al principio di coerenza, le attività che portano alla definizione del bilancio idrico alla scala locale possono essere sviluppate da soggetti diversi in base alla rilevanza dei corsi d'acqua e alle competenze istituzionali solo se riconosciuti da parte dell'Autorità di bacino del fiume Po. Conseguentemente i bilanci idrici sviluppati a diverse scale territoriali garantiscono:

- Coordinamento e coerenza tra i metodi utilizzati per il calcolo delle grandezze del bilancio idrico a livello distrettuale e agli altri livelli territoriali;
- Coordinamento con gli obiettivi generali e specifici del presente Piano, nel rispetto del valore sovraordinato che esso assume;
- L'omogeneità dei contenuti dei dati e delle informazioni sul grado di utilizzo della risorsa e sullo stato del bilancio idrico;
- La comunicazione dei rispettivi esiti all'Autorità di Bacino secondo protocolli che verranno definiti.

Un altro importante indicatore per la definizione del bilancio idrologico è l'indicatore WEI+ che tramite l'elaborazione dei dati pervenuti dal territorio regionale viene utilizzato al fine di valutare dettagliatamente lo stato del bilancio idrico grazie a un sistema di soglie.

Il *Water Exploitation Index* è stato introdotto con il PBI e adottato nel 2016. Il concetto che sta dietro al WEI+ è intuitivo: si tratta del rapporto tra le quantità d'acqua estratta e quella disponibile espressa in termini volumetrici misurati in un intervallo temporale di riferimento.

$$WEI+ = [(Prelievo - Restituzione)/Rinnovabile] * 100$$

La sperimentazione dell'indicatore WEI+ ha evidenziato che esso è maggiormente efficace su scala mensile in base all'ampia variabilità stagionale determinando con maggiore dettaglio sia la disponibilità idrica naturale sia i prelievi. L'indice è definito attraverso l'uso di modellistica idraulica applicata a livello distrettuale e regionale che si basa sulle misurazioni della disponibilità della risorsa idrica ottenuta grazie alle misure idrometriche nelle sezioni di riferimento.

8.0 Livello Regionale

Nella sezione seguente viene analizzata la pianificazione regionale delle risorse idriche, con particolare riferimento ai prelievi e all'uso prevalentemente idropotabile. L'immagine n° 28 evidenzia l'ambito territoriale regionale oggetto di approfondimento nei paragrafi successivi.



Fig. 28: Il livello territoriale regionale. (Fonte: produzione propria)

8.1 Il Piano di Tutela delle Acque

L'adozione del Piano di Tutela delle Acque, ai sensi dell'art. 21 del D.lgs. 152/2006, ha avuto l'obiettivo di armonizzare, sia a livello territoriale che temporale, la pianificazione regionale con quella del distretto idrografico del Po, al fine di conseguire gli obiettivi generali stabiliti dalla Direttiva 2000/60/CE, che definisce il quadro normativo comunitario in materia di acque. (Fonte: PTA, *Regione Piemonte*, 2018, www.regione.piemonte.it)

All'interno di questo documento sono stati formulati i rapporti tra la pianificazione di bacino e la pianificazione a livello regionale, definendo il PTA quale strumento operativo del PdGPO. Il PTA rappresenta quindi un importante tassello a scala regionale di un quadro pianificatorio più ampio a scala di distretto.

All'autorità di bacino è stata dunque riconosciuta la competenza di fornire gli obiettivi generali alle regioni che hanno il compito di redigere i PTA elaborando misure normative e strutturali da adottare nei loro territori. (Fonte: PTA, *Regione Piemonte*, 2018, www.regione.piemonte.it)

A livello regionale, l'adeguamento è stato attuato dalla Giunta Regionale, la quale, informando il Consiglio delle modifiche normative e tecniche intervenute, ha adottato i provvedimenti e avviato le attività necessarie per allineare la pianificazione regionale alle direttive europee.

Per questo motivo, successivamente al recepimento a livello nazionale della Direttiva 2000/60/CE sono entrati in vigore ulteriori dispositivi normativi tra cui la legge 28 del dicembre 2015 *Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali*. (Fonte: PTA, Regione Piemonte, 2018, www.regione.piemonte.it)

8.1.1 L'uso idropotabile delle risorse idriche nel PTA

Il Servizio Idrico Integrato, la cui organizzazione territoriale è stata definita con la L.r. 13/1997, è uno degli elementi essenziali delle politiche per la tutela delle risorse idriche a uso idropotabile ed è disciplinato dal Piano di Tutela delle Acque ai sensi del D.lgs 152/06 che ha abrogato e assorbito la Legge Galli del 1994.

Grazie all'entrata in vigore del Codice dell'Ambiente con il D.lgs. 152/06, la Regione Piemonte ha sancito i principi dettati dal legislatore nazionale nei termini di Governance dell'acqua affidata a sei enti denominati *Enti di Governo di Autorità di Ambito Ottimale Territoriale Ottimale* (EgAATO), che nel corso degli ultimi anni sono stati assoggettati al processo di aggregazione delle gestioni delle risorse idriche a uso idropotabile in funzione dell'obiettivo futuro di creare un unico ente gestore prima a scala d'Ambito e poi su tutto il territorio piemontese. (Fonte: PTA, Regione Piemonte, 2018, www.regione.piemonte.it)

Il processo di riforma ha assunto una maggiore omogeneità grazie l'operatività di tutte le sei EgAATO piemontesi nelle rispettive aree di competenza, sebbene appaia ancora oggi complesso il percorso di aggregazione delle gestioni al fine di raggiungere un gestore unico.

Il PTA prevede un sistema di verifica delle prestazioni dei gestori affidatari del servizio idrico integrato, mettendo a punto una metodologia di controllo regionale condivisa con le Autorità d'Ambito ed adattabile alle peculiarità delle varie realtà territoriali. I dati pervenuti e rientranti all'interno del PTA presentano caratteristiche di confrontabilità e di omogeneità. (Fonte: PTA, Regione Piemonte, 2018, www.regione.piemonte.it)

In questo quadro, a cui fa riferimento il PTA, si identifica il Piano d'Ambito come atto di programmazione di settore, attraverso cui vengono definite, a scala di dettaglio, le misure di competenza da implementare e finalizzate al perseguimento degli obiettivi stabiliti dal PTA.

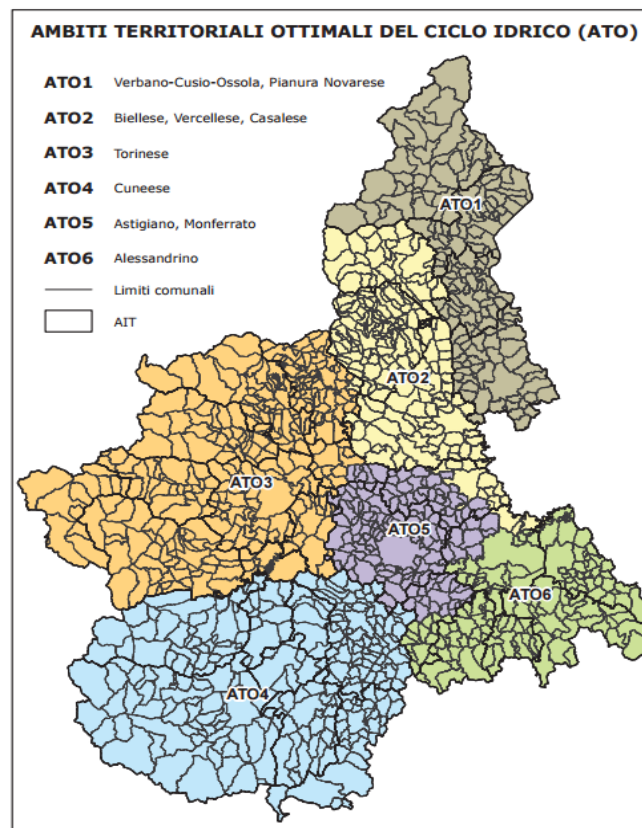


Fig. 29: Suddivisione regionale delle Autorità d'Ambito Ottimale. (Fonte: PTR, www.regione.piemonte.it)

Il processo di aggregazione dei gestori avviato oltre 15 anni fa si è concluso nel 2020 nell'ATO n° 3 *Torinese*, ed è quasi totalmente concluso nell'ATO n° 1 *VCO Pianura Novarese* mentre per l'ATO n° 4 *Cuneese* il percorso verso il gestore unico si è concluso nel 2018. Per l'ATO n° 2 *Biellese, Vercellese e Casalese* il percorso di aggregazione si prospetta più lungo e non risulta ancora concluso nel 2023 per l'ATO n° 5 *Astigiano e Monferrato* e per l'ATO n° 6 *Alessandrino*. (Fonte: PTA, *Regione Piemonte*, 2018, www.regione.piemonte.it)

lunghezza (km)				
ATO	Acquedotto	m/abitante	Fognatura	m/abitante
1	3.994	7.6	2.225	4,3
2	4.179	9.7	2.404	5,6
3	12.283	5.5	8.830	3,9
4	10.782	18.3	3.362	5,73
5	4.960	19.1	2.150	8,3
6	4.024	12.4	1.465	4,5
tot	40.222	9.2	20.466	4,7

Tab. 13: Estensione delle reti gestite dalle ATO. (Fonte: PTA, www.regione.piemonte.it)

Dalla tabella emerge che le Autorità d'Ambito Ottimale con il maggior chilometraggio di rete, sia di acquedotto che di fognatura, sono quelle relative all'area del Torinese e del Cuneese, mentre l'ATO con il chilometraggio più ridotto è l'ATO 1, riferito al Verbano-Cusio-Ossola (VCO) (Fonte: PTA, *Regione Piemonte*, 2018, www.regione.piemonte.it)

ATO	Gestione	Denominazione	Comuni serviti	Popolazione	%
2	Affidatari	Cordar Biella S.p.A	47	138.747	32,32
		Cordar Valsesia S.p.A	31	38.076	8,87
		Comuni Riuniti S.r.l.	16	17.972	4,13
		S.I.I. S.p.A	46	83.015	20,96
		AMC Casale S.p.A	16	51.347	11,96
		AMV Valenza S.p.A	3	22.450	5,23
		Athena S.p.A	13	75.731	17,64

Tab. 14: Società affidatarie del Servizio Idrico Integrato. (Fonte: PTA, www.regione.piemonte.it)

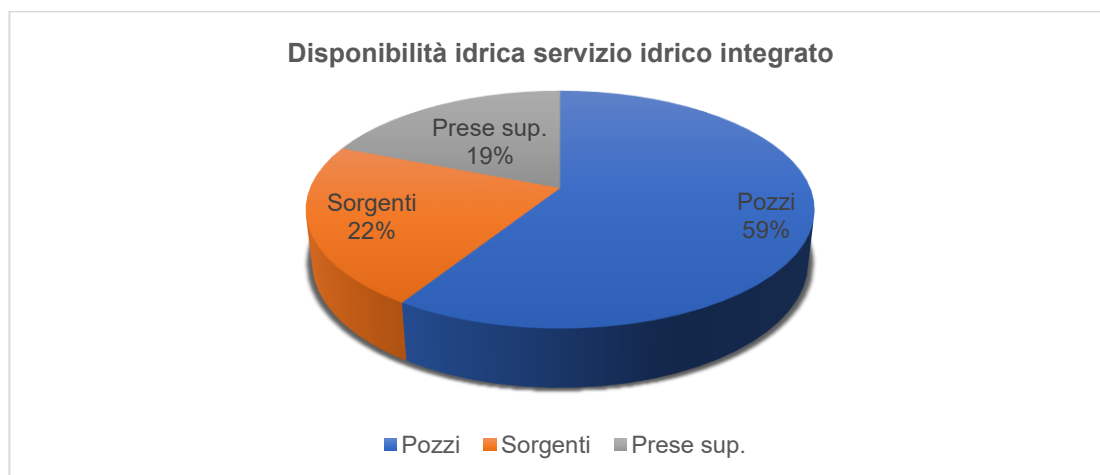
Dai dati pervenuti dal PTA, riguardanti l'organizzazione territoriale del Servizio Idrico Integrato presente sul territorio Piemontese, si evidenziano le aziende municipalizzate che hanno il compito di gestire il servizio di approvvigionamento, distribuzione e depurazione delle risorse idriche utilizzate a scopo idropotabile. Dalla tabella è possibile osservare le sette aziende incaricate della gestione del servizio all'interno dell'ATO n° 2, ovvero l'Autorità d'Ambito in cui ricade il caso studio successivamente presentato.

Dall'analisi dei dati emerge che le due società con il maggior numero di Comuni serviti, in relazione alla popolazione servita, sono Cordar Biella e SIIsa, che nel 2017 coprivano rispettivamente 47 e 46 Comuni. Al contrario, AMV Valenza risulta la società con il minor numero di Comuni serviti, pari a 3. Attualmente, SIIsa ha incorporato la società Comuni Riuniti, ampliando il proprio bacino a un totale di 60 Comuni gestiti. (PTA, *Regione Piemonte*, 2018, www.regione.piemonte.it)

ATO	Pozzi		Sorgenti		Prese superficiali		Totale	Pro-capite
	m ³	%	m ³	%	m ³	%	m ³	l/gg
1	48.809.150	76	10.819.214	17	4.570.477	7	64.198.841	334
2	28.166.573	61	10.478.085	23	7.240.836	16	45.885.494	293
3	237.369.750	69	48.359.384	14	60.041.462	17	345.770.596	422
4	27.620.280	30	56.865.880	62	6.926.579	8	91.412.739	425
5	29.620.000	100	0	0	0	0	29.620.000	309
6	7.242.780	16	2.263.369	5	35.761.228	79	45.267.377	383
tot	378.828.533	61	128.785.932	21	114.540.582	18	622.155.048	390

Tab. 15: Quantità d'acqua derivata dalle ATO suddivisa per tipologia. (Fonte: PTA, www.regione.piemonte.it)

Infine dalla tabella e dal grafico è possibile identificare la disponibilità idrica del servizio idrico integrato suddivisa per Autorità d'Ambito di appartenenza. Dai dati è possibile osservare che la maggiore disponibilità idrica risulta essere quella riferita ai pozzi, pari al 59%; segue la fornitura di acqua da sorgenti con il 22% e quella da prese superficiali con il 19%. (Fonte: PTA, *Regione Piemonte*, 2018, www.regione.piemonte.it)



Graf. 2: Tipologia delle fonti di approvvigionamento del Servizio Idrico Integrato. (Fonte: PTA, www.regione.piemonte.it)

Il fabbisogno finanziario complessivo per lo sviluppo delle infrastrutture, risultante dai programmi di investimento approvati dalle sei ATO Piemontesi, ammonta complessivamente a 3.100 milioni di euro costituendo nel 2008 l'11% della previsione complessiva dei Piani d'Ambito³⁴ approvati.

L'obiettivo ultimo risulta essere dunque quello di rendere più efficace ed efficiente il servizio idrico mirato all'adeguamento delle infrastrutture in base agli standard normativi vigenti garantendo una tariffa sostenibile. (Fonte: PTA, *Regione Piemonte*, 2018, www.regione.piemonte.it)

8.1.2 L'uso irriguo delle risorse idriche nel PTA

I dati inerenti alle risorse idriche contenuti nel PTA riportano un dettagliato quadro regionale. Il Piemonte, il cui territorio misura 2,5 milioni di ettari, si presenta per il 26% pianeggiante, per il 30%, collinare e per il restante 43% montuoso. La Superficie Agricola Utilizzata (SAU) ammonta a circa un milione di ettari ed è ripartita come da tabella.

³⁴ I Piani d'Ambito hanno carattere prettamente economico, hanno durata triennale e vengono redatti dagli enti gestori del servizio idrico integrato e vengono sottoposti all'Autorità d'Ambito di competenza.

Categorie	% SAU totale	Ettari Ha
Seminativi	54,1	498,317
Orti	0,07	625
Coltivazioni permanenti	9,5	87,281
Prati permanenti e pascoli	36,33	334,142

Tab. 16: *Categorie dei suoli seminativi a uso agricolo. (Fonte: PTA, www.regione.piemonte.it)*

Le colture seminative comprendono i cereali, le orticole, le foraggere temporanee. Sono concentrate soprattutto in pianura e sono prevalentemente irrigate. Le colture permanenti sono costituite per più del 50% da vigneti, concentrati nelle colline del Piemonte meridionale. La restante parte è costituita da fruttiferi che negli ultimi anni sono in forte espansione e sono in prevalenza castagno, melo e pesco. Le province caratterizzate dalle maggiori estensioni agricole utilizzate in rapporto al totale regionale sono quelle di Cuneo (30,65%), Torino (22,19%) e Alessandria (19,24%); seguono Vercelli (10%), Novara (6,9%), Asti (6,89%). In ultimo Biella (2,39%) e infine VCO (2%). (PTA, *Regione Piemonte*, 2018, www.regione.piemonte.it).

In sintesi i seminativi interessano un totale di 487.000 ettari distribuiti prevalentemente a Torino 26,20%, Novara 26,16% e Alessandria 24,8%; segue a distanza Asti 8,28%, Vercelli 4,84% mentre nelle province di Biella e VCO le superfici interessate sono del tutto trascurabili.

Visto il quadro delle colture agricole piemontesi è possibile affermare che l'irrigazione rappresenta un fattore di produzione indispensabile al fine di garantire un adeguato livello di produzione agricola di tipo intensivo e specializzato. (Fonte: PTA, *Regione Piemonte*, 2018, www.regione.piemonte.it).

In Italia, come d'altronde nel resto del mondo, il settore agricolo risulta essere il principale utilizzatore di acqua, incidendo nella nostra regione per oltre tre quarti della complessiva pressione antropica quantitativa sul reticolo idrografico. Sulla base dei dati disponibili, si stima che l'irrigazione nei territori del Piemonte nord-orientale, comprendenti le province di Alessandria, Biella, Novara e Vercelli, utilizzi circa 5 miliardi di metri cubi d'acqua prelevati da corsi d'acqua superficiali, per servire un'estensione agricola di circa 300.000 ettari. (Fonte: PTA, *Regione Piemonte*, 2018, www.regione.piemonte.it).

Le acque derivanti dai fiumi Po, Dora Baltea, Sesia e Ticino e in misura minore dai Torrenti Cervo ed Elvo alimentano il sistema di risaie. Le criticità sono sempre più ricorrenti a causa della diminuzione dei flussi nel periodo estivo dovuti alla scarsità delle precipitazioni e alla riduzione dell'accumulo nevoso.

8.1.3 L'uso idroelettrico delle risorse idriche nel PTA

In Piemonte sono presenti 821 impianti per la produzione idroelettrica. La potenza efficiente risulta di 3785 Mw con una producibilità media di 9,43 GWh. Il numero degli impianti idroelettrici rappresenta il 21% degli impianti italiani con una potenza efficiente totale pari a circa il 15% di quella nazionale. Qui di seguito viene riportata in tabella la sintesi delle diverse tipologie di impianti presenti sul territorio regionale. (Fonte: PTA, *Regione Piemonte*, 2018, www.regione.piemonte.it)

Impianti idroelettrici	Totale (Mw)	Produttori (Mw)	Autoproduttori (Mw)
Numero impianti	821	809	12
Potenza efficiente lorda	3.785	3.759	26
Potenza efficiente netta	3.721	3.696	25
Producibilità media annua	9.429	9.292	137

Tab. 17: Numero di impianti idroelettrici e potenza prodotta a livello regionale. (Fonte: PTA, www.regione.piemonte.it)

Produzione netta	Totale (Mw)	Autoproduttori (Mw)
Idroelettrica	6.978	118
Termoelettrica	16.906	1.863
Eolica	29	0
Fotovoltaica	1.662	0
Totale	25.576	1.981

Tab. 18: Energia prodotta da fonti rinnovabili. (Fonte: PTA, www.regione.piemonte.it)

L'85% dell'energia idroelettrica prodotta deriva da impianti con potenza superiore ai 10 Mw e circa il 12% da impianti con potenza tra i 1 Mw e i 10 Mw; soltanto il 3% deriva da impianti con potenza inferiore a 1 Mw. Nel corso degli ultimi dieci anni il numero degli impianti idroelettrici è infatti aumentato da 475 a 821 con un incremento del 73%, a fronte di un incremento della potenza efficiente lorda del 10%.

Il PTA è orientato a privilegiare la realizzazione di grandi impianti idroelettrici in grado di concentrare la produzione di energia da fonte rinnovabile minimizzando gli impatti e la pressione antropica che essa genera. (Fonte: PTA, *Regione Piemonte*, 2018, www.regione.piemonte.it)

La valutazione ambientale a uso idroelettrico è orientata al riuso della risorsa e alla valorizzazione delle potenzialità plurime in stretta sinergia con la strategia di adattamento ai cambiamenti climatici a livello nazionale. (Fonte: PTA, *Regione Piemonte*, 2018, www.regione.piemonte.it)

8.1.4 Il bilancio idrico Regionale

Il Bilancio Idrico Regionale contribuisce al raggiungimento degli obiettivi della Direttiva 2000/60/CE che determina, a scala distrettuale e successivamente nazionale ed infine Europea, un tassello importante per la pianificazione delle risorse idriche secondo il principio di Governance multilivello. Considerando che l'art. 145 comma 1 del D.lgs 152/06 dichiara che:

“Il bilancio idrico è diretto ad assicurare l'equilibrio fra la disponibilità di risorse reperibili nell'area di riferimento e il fabbisogno per i diversi usi. In particolare esso è la comparazione nel periodo di tempo considerato fra le risorse idriche in un determinato bacino o sottobacino superficiale o sotterraneo al netto delle risorse necessarie alla conservazione degli ecosistemi ed i fabbisogni per i diversi usi. L'equilibrio del bilancio idrico è finalizzato alla tutela quantitativa della risorsa in modo da consentire un consumo idrico sostenibile al fine del raggiungimento degli obiettivi di tutela”.

Si evidenzia che il Bilancio Idrico Regionale contribuisce all'applicazione del modello flussi e deflussi riconducibile a scala territoriale distrettuale. (Fonte: PTA Rapporto Ambientale, *Regione Piemonte*, 2018, www.regione.piemonte.it) e avviene attraverso l'analisi di tutte le fasi del ciclo idrologico naturale che influiscono sul bilancio idrico, tra cui accumulo, scioglimento neve, infiltrazione ed evapotraspirazione. Il modello numerico analizza il comportamento reale dei bacini idrografici riproducendo la configurazione della rete idrografica e l'idrologia nelle sue componenti spaziali.

La valutazione dei flussi e dei deflussi è stata effettuata applicando gli indici definiti dal Piano di Bilancio Idrico attraverso l'applicazione del WEI+ in un sottoinsieme di 34 bacini a scala regionale. Il WEI+ è un indicatore del livello di pressione che le attività umane esercitano sulle risorse idriche calcolato su un determinato territorio di riferimento utile a identificare quelle aree di stress idrico. Si evidenzia come l'uniformità dell'indicatore utilizzato permetta di ottenere un'omogeneizzazione dei dati raccolti in relazione alla metodologia utilizzata riferita alla scala di distretto. Qui di seguito si riporta la sintesi per la determinazione delle portate teoriche naturali e di quelle antropizzate dei corsi d'acqua del territorio piemontese utili al calcolo dell'indice WEI+. (Fonte: PTA Rapporto Ambientale, *Regione Piemonte*, 2018, www.regione.piemonte.it)

Livello Criticità	WEI+
Assente	$WEI+ \leq 35\%$
Moderata	$35\% \leq WEI+ \leq 65\%$
Media	$65\% \leq WEI+ \leq 80\%$
Elevata	$80\% \leq WEI+ \leq 90\%$
Molto elevata	$WEI+ > 90\%$

Tab. 19: Classificazione dell'indicatore WEI+. (Fonte: PTA, www.regione.piemonte.it)

8.1.5 Le precipitazioni e il regime idrologico

Il bilancio idrico delle acque superficiali della Regione Piemonte viene redatto con lo scopo di supportare il Piano di Tutela delle Acque. L'analisi delle precipitazioni risulta essere fondamentale per la caratterizzazione idrologica del territorio preso in considerazione e prevede l'acquisizione degli afflussi medi annui e mensili ottenuti in base ai dati delle precipitazioni ricavati dalle misure effettuate dal Servizio idrografico e Mareografico Nazionale tramite la rete pluviometrica nazionale. (Fonte: PTA Rapporto Ambientale, *Regione Piemonte*, 2018, www.regione.piemonte.it).

I dati medi storici del bilancio idrico sono espressi in termini di afflusso, calcolati grazie ai dati ottenuti dalle 700 stazioni idrometriche di riferimento. Tutti i dati pluviometrici raccolti nel periodo compreso tra il 1913 e il 2012 sono stati organizzati ed aggiornati in maniera sistematica.

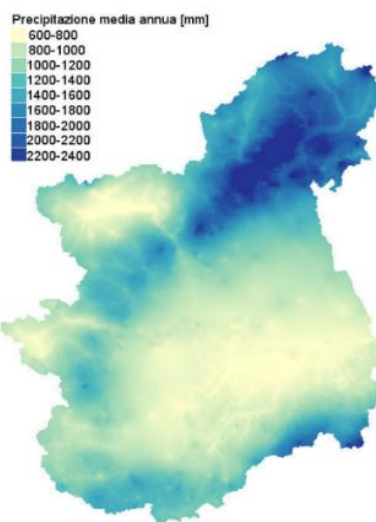


Fig. 30: Precipitazione media annua, 1913-2012. (Fonte: PTA, www.regione.piemonte.it)

Al fine di valutare la variabilità della precipitazione media annua, calcolata su diverse serie trentennali, la regione Piemonte ha effettuato un confronto tra la serie 1981-2010 e la serie 1961-1990 dei principali bacini idrografici del Piemonte. (Fonte: PTA Rapporto Ambientale, *Regione Piemonte*, 2018, www.regione.piemonte.it).

I bacini di riferimento sono quelli nei quali vengono effettuate le analisi per aggiornare la conoscenza della disponibilità idrica totale evidenziando le eventuali condizioni di siccità e fornendo il maggior numero di indicazioni utili per le autorità incaricate della gestione delle risorse idriche.

Nella seguente figura si riportano per tutti i bacini idrografici: l'estensione territoriale, il valore della pioggia media annua calcolata per il periodo 1961-1990, il valore della pioggia media annua calcolata per il periodo 1981-2010 e lo scarto espresso in percentuale ottenuto con la seguente formula:

$$Scarto\% = (PMA \langle 81, 10 \rangle) - (PMA \langle 61, 90 \rangle) / PMA \langle 81, 10 \rangle$$

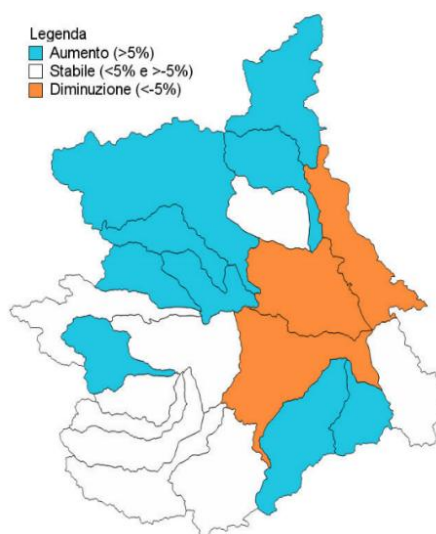


Fig. 31: Rappresentazione del PMA a livello regionale. (Fonte: PTA, www.regione.piemonte.it)

Il periodo compreso tra il 1966 e il 1990 viene utilizzato come riferimento per definire i valori medi delle variabili climatiche e costituisce lo standard di confronto fino alla definizione di un nuovo periodo climatico. In Piemonte, in generale, si distinguono due stagioni umide, la primavera e l'autunno, e due stagioni più secche, l'estate e l'inverno. (Fonte: PTA Rapporto Ambientale, *Regione Piemonte*, 2018, www.regione.piemonte.it)

Le zone più piovose sono a nord del fiume Po, le aree sono riferite alle province di Verbania, Biella e Vercelli. Analizzando le precipitazioni a scala di sottobacino si registrano più precipitazioni nel bacino del Sesia con 1182 mm e il Toce con 1244 mm, mentre quelli in cui piove di meno sono la Bormida con 807 mm e lo Scrivia-Curone con 945 mm.

Osservando gli andamenti delle precipitazioni mensili nei macrobacini di riferimento si confermano le caratteristiche già evidenziate riferite a un regime pluviometrico prevalentemente bimodale³⁵.

La scarsità delle precipitazioni, più frequente nei mesi invernali, viene poi compensata dalle precipitazioni primaverili che consentono l'immagazzinamento della risorsa idrica anche negli invasi permettendo il superamento delle crisi idriche tipiche dei mesi estivi in periodo di irrigazione legata prevalentemente all'agricoltura.

9.0. Il Piano Territoriale Regionale

9.0.1 Le acque nel PTR

Il Piano Territoriale della Regione Piemonte, approvato con DCR 122-29783 del 21/07/2011, nasce con l'esigenza di affrontare i cambiamenti nell'assetto istituzionale e amministrativo delle politiche pubbliche in relazione alla scala regionale. (Fonte: PTR, *Regione Piemonte*, 2011, www.regione.piemonte.it)

In coerenza con gli orientamenti dell'Unione Europea e della più recente legislazione nazionale di settore, la politica sostenibile e le prescrizioni del PTR in materia di acque sono volte a garantire:

- Il mantenimento di un integro patrimonio ambientale per le generazioni future;
- La qualità e la quantità delle risorse idriche; le strutture fisiche dell'ambiente acquatico superficiale e sotterraneo devono essere tali da tutelare e mantenere lo stato ecologico garantendo le condizioni di funzionamento dell'ambiente acquatico in termini di necessità degli ecosistemi nei termini di idro esigenza.

Il PTR risulta essere quindi uno strumento di pianificazione regionale che assicura una fornitura sicura di acqua di buona qualità, in quantità sufficiente e senza sprechi, garantendo costi socialmente accettabili. Oltre alle esigenze legate al consumo umano, le risorse idriche devono essere sufficienti

³⁵ L'andamento bimodale della distribuzione pluviometrica è da porre in relazione alla frequente formazione, durante l'estate di un minimo assoluto e durante l'inverno di un minimo relativo di aree anticicloniche che frenano la propagazione delle perturbazioni di origine e provenienza ligure. (Fonte: www.glaciologia.it)

per soddisfare la domanda nel settore, agricolo, industriale, energetico e civile. (Fonte: PTR, *Regione Piemonte*, 2011, www.regione.piemonte.it).

In definitiva, il PTR mira a tutelare e valorizzare il sistema idrico del Piemonte, inserito nel contesto del bacino del fiume Po, di rilevanza nazionale, promuovendo uno sviluppo sostenibile per la comunità. Il PTR in coerenza con il PTA determina una azione coordinata mediante:

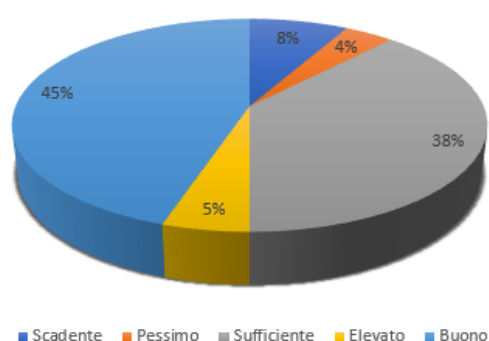
- L’emanazione delle disposizioni di attuazione del Piano stesso adottate dalla Giunta regionale;
- L’adozione degli strumenti di pianificazione e degli atti di programmazione previsti dalla normativa statale e regionale e il consecutivo adeguamento degli strumenti comunali e intercomunali;
- Il ricorso agli strumenti delle procedure negoziate e agli accordi ambientali;
- Ogni altro strumento di programmazione e di attuazione sia a livello regionale.

9.0.2 L’aspetto qualitativo e quantitativo delle acque in Piemonte

Dai dati pervenuti dal PTR i corsi d’acqua superficiali sono monitorati dalla relativa rete costituita da 200 punti su 71 corsi d’acqua, di cui 27 molto importanti dal punto di vista idrologico. La metodologia utilizzata è entrata in vigore con il D.lgs 152/99, che è stato successivamente assorbito dal Codice ambientale D.lgs 152/2006.

La qualità delle acque risultante è la base di partenza utilizzata per la predisposizione del PTR e della definizione degli interventi per il raggiungimento degli obiettivi previsti. Dagli studi effettuati emerge un aumento percentuale dei punti con stato ambientale *buono* contro una diminuzione dei punti definiti con stato *pessimo*. I dati relativi allo stato ambientale dei corsi d’acqua mettono in evidenza che nel 2006 il 5% dei punti monitorati ha uno stato di qualità elevato, il 45% buono e il 38% sufficiente mentre il 12% scadente e pessimo. (Fonte: PTR, *Regione Piemonte*, 2011, www.regione.piemonte.it)

Qualità dei corpi idrici superficiali

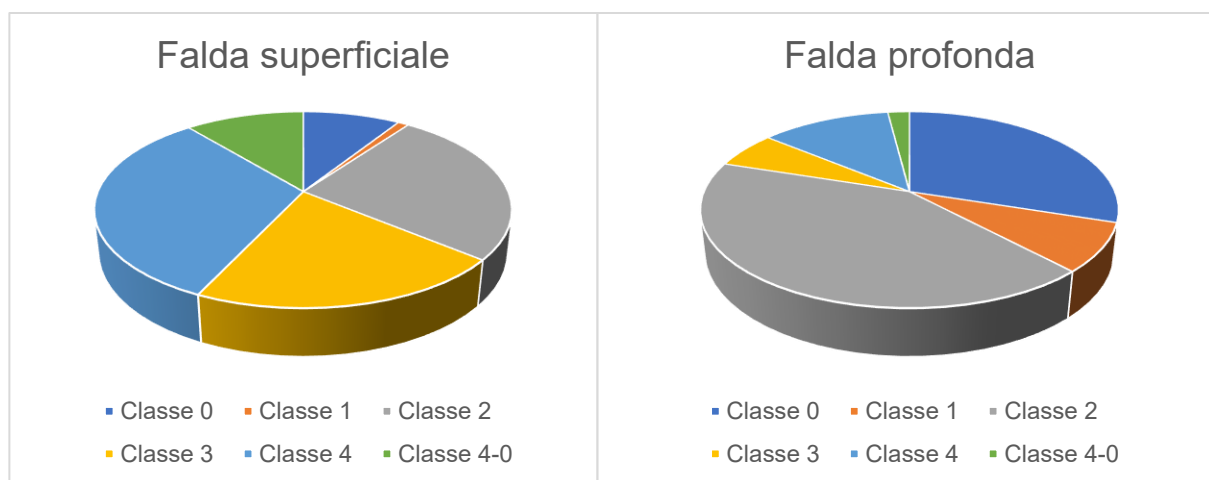


Graf. 3: Qualità dei corpi idrici superficiali. (Fonte: PTR, www.regione.piemonte.it)

L'acquisizione dei dati per il controllo qualitativo e quantitativo dei corpi idrici sotterranei avviene grazie alla rete di monitoraggio regionale che è costituita da 638 punti distribuiti principalmente nelle aree di pianura di cui 421 interessano l'acquifero superficiale mentre i restanti 217 il sistema profondo.

Per i 638 punti di monitoraggio è stato definito un valore di stato chimico che prevede 5 classi di qualità in funzione del valore medio per ogni parametro di base o addizionale calcolato nel periodo di riferimento. Questo indicatore è previsto dal D.lgs 152/99 e recepito dal 152/06 di cui risulta necessaria l'applicazione in base alla Direttiva 2000/60/CE. (Fonte: PTR, Regione Piemonte, 2011, <https://www.regione.piemonte.it>)

Dal 2006 la percentuale di punti con caratteristiche qualitative pregiate definita dalla classe 1 risulta essere relativamente bassa, mentre la percentuale maggiore ricade in classe 2, indice di buone caratteristiche idrodinamiche e di impatto antropico ridotto. Il numero di punti con una qualità dell'acqua scadente per cause antropiche riferita alla classe 4 è rilevante mentre un numero inferiore di punti di monitoraggio rientra in classe 3. Il confronto con gli anni passati evidenzia una situazione sostanzialmente invariata fatta eccezione per un lieve aumento della classe 4 a discapito della classe 2 indicando un lieve peggioramento. (Fonte: PTR, Regione Piemonte, 2011, www.regione.piemonte.it)



Graf. 4: Qualità dei corpi idrici sotterranei. (Fonte: PTR, www.regione.piemonte.it)

10.0 Rapporto sullo stato dell'irrigazione in Piemonte

Considerando gli effetti del cambiamento climatico, che si sta sempre più imponendo a livello globale, emerge la necessità di tutelare l'uso agricolo delle risorse idriche, al fine di garantire la produzione alimentare del settore primario. (Fonte: Rapporto sullo stato dell'irrigazione in Piemonte, *INEA*, 2011, www.sigrian.crea.gov.it)

In quest'ottica con l'entrata in vigore della Legge n. 178/2002 il Ministero dell'agricoltura è stato incaricato di raccogliere i dati sulle infrastrutture irrigue esistenti e in corso di realizzazione avvalendosi del *Sistema Informativo Agricolo Nazionale* (SIAN) successivamente evoluto nel *Sistema informativo per la gestione delle risorse idriche in agricoltura* (SIGRIA) che rappresenta un importante strumento di supporto alla programmazione agricola regionale.

La ricognizione necessaria per il popolamento dei databases avviato dal 2003, ha individuato le caratteristiche generali della rete irrigua e le caratteristiche gestionali dei Consorzi Irrigui. (Fonte: Rapporto sullo stato dell'irrigazione in Piemonte, *INEA*, 2011, www.sigrian.crea.gov.it)

I dati ottenuti hanno permesso di produrre un quadro generale dello stato dell'irrigazione in Piemonte, tracciando l'assetto delle competenze e delle problematiche gestionali nonché i parametri di uso della risorsa idrica tra i quali la disponibilità, i volumi utilizzati e i possibili scenari di sviluppo dell'irrigazione.

10.0.1 Bonifica e irrigazione

Con l'art. 1 della L.r. n. 21 del 09/08/1997, la Regione Piemonte ha riconosciuto l'attività di bonifica e di irrigazione come mezzo per assicurare lo sviluppo, la tutela e la valorizzazione delle produzioni agricole in relazione alla conservazione del suolo, la regolazione dell'uso idrico e in generale della salvaguardia dell'ambiente. (Fonte: Rapporto sullo stato dell'irrigazione in Piemonte, *INEA*, 2011, www.sigrian.crea.gov.it)

Negli anni 2008 e 2009, in attuazione della Legge 248/2007, si è proceduto con il riordino dei consorzi operanti nel settore della bonifica e dell'irrigazione, definendo e aggiornando i limiti dei comprensori consortili. La Regione Piemonte ha stabilito che l'istituto Consortile fosse il più idoneo per lo svolgimento della Bonifica e dell'Irrigazione, prevedendo tre tipologie di Consorzi che sono rispettivamente: i Consorzi di Bonifica, i Consorzi di Irrigazione e i Consorzi di Bonifica e Irrigazione. Le proposte programmatiche per il settore irriguo hanno impostato, in attuazione alla legge in oggetto, i seguenti indirizzi:

- Indirizzi generali e le linee fondamentali dell'azione della Regione in materia di bonifica e irrigazione;
- Le principali opere di bonifica e irrigazione da attuare nel periodo di validità del Piano e infine le proposte e le indicazioni di competenza della Regione relative ai Piani di bacino definiti dalla Legge n. 183/1989.

Gli interventi previsti nei Piani Generali di Bonifica sono approvati su base programmatica annuale dalla Giunta Regionale e per ogni comprensorio definito si individuano le nuove opere di competenza pubblica e privata di bonifica e di irrigazione, tra cui quelle di manutenzione, specificando l'eventuale concorso con gli Enti Locali.

La Regione Piemonte ha riconosciuto i Consorzi di Bonifica come Enti pubblici economici che sono comprendenti al loro interno dei Consorzi Irrigui già esistenti sul territorio, permettendo di conservare la loro personalità giuridica e le loro competenze. Le funzioni dei Consorzi di Bonifica quindi:

- Deliberano la proposta di Piano Generale di Bonifica e di tutela del territorio rurale;
- Provvedono alla gestione delle opere di bonifica;
- Provvedono alla progettazione, all'esecuzione e alla gestione delle opere di bonifica;
- Esercitano le funzioni di utilizzazione e regolazione idrica ai sensi dell'art. 72 del Regio decreto n. 1775/1993;

- Elaborano e attuano i Piani di riordino fondiario e irriguo.

Ogni comprensorio classificato di bonifica deve redigere il Piano generale di bonifica e di tutela del territorio rurale con il quale si definiscono le linee di intervento della bonifica e si individuano le opere da realizzare stabilendo le opere di competenza. (Fonte: Rapporto sullo stato dell'irrigazione in Piemonte, *INEA*, 2011, www.sigrian.crea.gov.it)

10.0.2 Inquadramento idrografico

Dal punto di vista idrografico, il territorio piemontese è dominato *alto bacino del fiume Po*, che ha una lunghezza complessiva di 652 km. Il Po nasce ai piedi del Monviso e, nel suo tratto montano di circa 35 km fino a Revello, presenta una pendenza media del 48%.

Da lì in poi, la pendenza si riduce progressivamente fino alla foce. I principali affluenti del Po sulla sinistra idrografica sono: Pellice, Chisone, Sangone, Dora Riparia, Stura di Lanzo, Orco, Dora Baltea (il maggiore affluente di sinistra, lungo 160 km), Sesia (proveniente dai ghiacciai del Monte Rosa, 138 km), Agogna e Ticino. Sulla destra idrografica, invece, confluiscono i fiumi: Varaita, Maira, Tanaro, Bormida e Scrivia. (Fonte: Rapporto sullo stato dell'irrigazione in Piemonte, *INEA*, 2011, www.sigrian.crea.gov.it)

I corsi d'acqua piemontesi hanno quasi tutti portate molto variabili, con regime per lo più torrentizio, con magre estive e invernali e piene autunnali e primaverili dovute anche al progressivo scioglimento delle nevi.

Dal punto di vista quantitativo, il volume della massa complessiva che annualmente defluisce nella sezione del Po è stimato in 14,5 miliardi di m³ in prossimità di Pieve del Cairo con una portata media annua corrispondente di 460 m³/s; la portata definita semipermanente, che rappresenta il valore minimo presente per almeno 182 giorni/anno è pari a 380 m³/s. (Rapporto sullo stato dell'irrigazione in Piemonte, *INEA*, 2011, www.sigrian.crea.gov.it)

Il bacino lacustre più esteso è il lago Maggiore, alimentato in terra svizzera dal fiume Ticino e dal fiume Toce in Piemonte. La sponda occidentale del lago e del fiume Ticino, in uscita dal lago Maggiore attraverso lo sbarramento della Miorina, appartengono amministrativamente al Piemonte.

Solo una minima parte dei deflussi superficiali piemontesi è regolata da invasi artificiali. Gli invasi con capacità superiore a 1 milione di m³ o di altezza dello sbarramento superiore ai 15 m sono 58, per un totale di 52.326 milioni di m³. Inoltre sono presenti ulteriori 14 invasi per un totale di 472

milioni di m³ che, pur essendo ubicati fuori dal territorio regionale, influenzano il regime idrologico dei corsi d'acqua piemontesi. (Fonte: Rapporto sullo stato dell'irrigazione in Piemonte, *INEA*, 2011, www.sigrian.crea.gov.it)

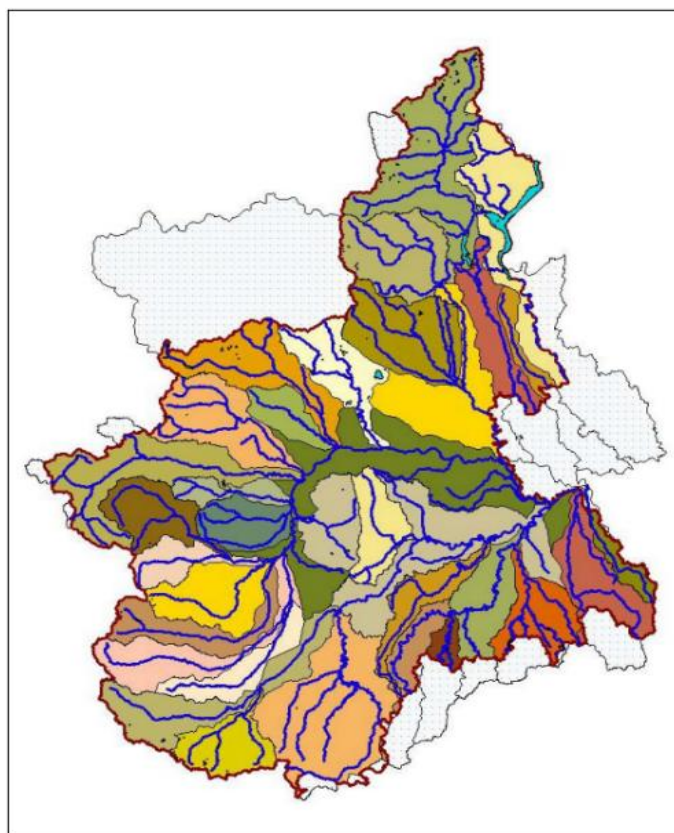


Fig. 32: Inquadramento regionale dell'idrologia piemontese. (Fonte: RSIP, www.sigrian.crea.gov.it)

10.0.3 Comparto irriguo regionale

L'irrigazione in Piemonte si concentra nelle aree di pianura che coprono la gran parte del territorio regionale. L'uso irriguo della risorsa idrica risulta essere risalente all'epoca romana periodo in cui furono realizzate le più antiche opere di canalizzazione che ancora oggi vengono utilizzate.

Dagli inizi del secolo scorso si sono costituiti circa 800 organismi consortili che gestiscono le irrigazioni collettive, di cui circa 200 rientrano dell'Associazione di Irrigazione dell'Est Sesia e del Consorzio di Irrigazione dell'Ovest Sesia che costituiscono i distretti irrigui principali nella loro prefigurazione giuridica. (Fonte: Rapporto sullo stato dell'irrigazione in Piemonte, *INEA*, 2011, www.sigrian.crea.gov.it)

Nel corso degli anni '90, la Regione Piemonte ha avviato un'analisi dello stato del comparto irriguo, evidenziando la necessità di un riordino volto a superare la frammentazione della gestione. In molte

aree, infatti, la presenza di numerosi consorzi si è rivelata poco efficace rispetto a una visione più moderna, orientata a una gestione delle risorse idriche più efficiente ed efficace. L'approvazione della L.r. 21/1999 ha portato alla conferma dei tre enti irrigui già esistenti e l'accorpamento di altri 33 enti irrigui dei circa 600 organismi irrigui, riorganizzando le competenze territoriali in base alla loro storia ed evoluzione. (Fonte: Rapporto sullo stato dell'irrigazione in Piemonte, *INEA*, 2011, www.sigrian.crea.gov.it)

Il numero degli enti irrigui anche in seguito al riordino è risultato comunque elevato, questo elemento ha presentato delle difficoltà di analisi delle singole caratteristiche per cui si è ritenuto di suddividere il territorio piemontese in quattro macro aree, in base a un criterio geografico e storico. Le quattro aree sono:

- 1) Vercellese e novarese: Nord-Est;
- 2) Torinese: Nord-Ovest;
- 3) Cuneese: Sud-Ovest;
- 4) Alessandrino: Sud-Est.

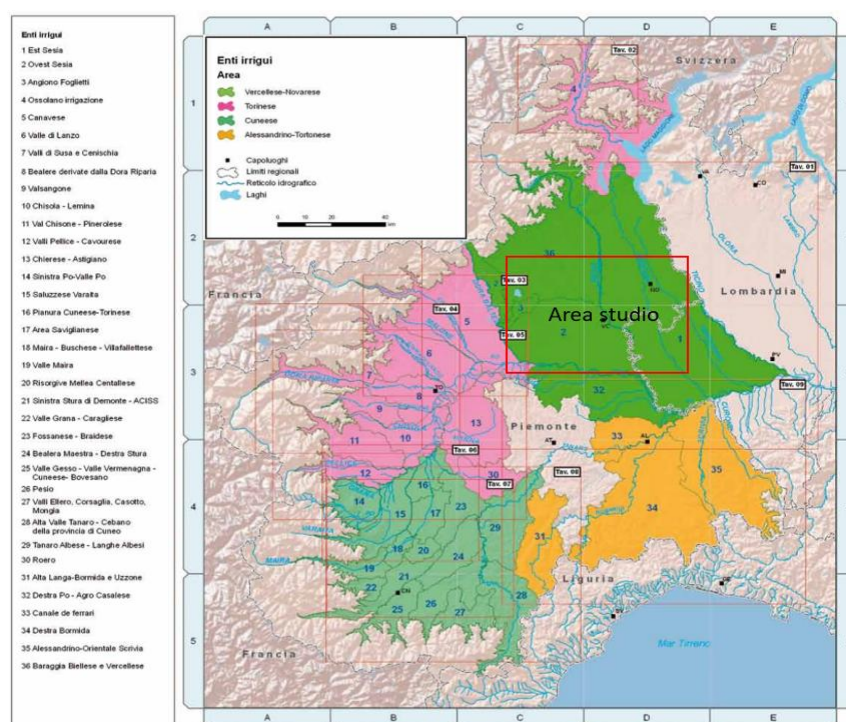


Fig. 33: Inquadramento dell'area di studio. (Fonte: RSIP, www.sigrian.crea.gov.it)

L'immagine n° 34 evidenzia la suddivisione delle macro aree agricole definite dal rapporto dello stato irriguo del Piemonte. All'interno dell'area definita del vercellese e novarese è stata indicata l'area di studio di cui seguirà l'approfondimento di questa ricerca.

Dal punto di vista territoriale le aree precedentemente descritte presentano specifiche caratteristiche storiche e produttive differenziate. Il vercellese-novarese è rappresentativo del caso studio considerato; nella ricerca risulta essere la zona più importante nonché la più produttiva e la più vasta della regione.

A partire dal XVIII secolo, i suoli agricoli dell'area vercellese-novarese sono stati progressivamente destinati alla coltivazione intensiva del riso, resa possibile dalla realizzazione di importanti opere di canalizzazione. Tra queste si annoverano il Canale Cavour, il Naviglio di Ivrea, il Canale di Asigliano, il Canale di Cigliano e il Canale delle Rive. Tali infrastrutture furono disciplinate dal *Regolamento per la conservazione dei regi canali di irrigazione*, emanato nel 1836 dal Regno di Sardegna sotto il regno di Carlo Alberto, con l'obiettivo di migliorare l'efficienza e la gestione delle risorse idriche destinate all'irrigazione. (Fonte: Rapporto sullo stato dell'irrigazione in Piemonte, INEA, 2011, www.sigrian.crea.gov.it)

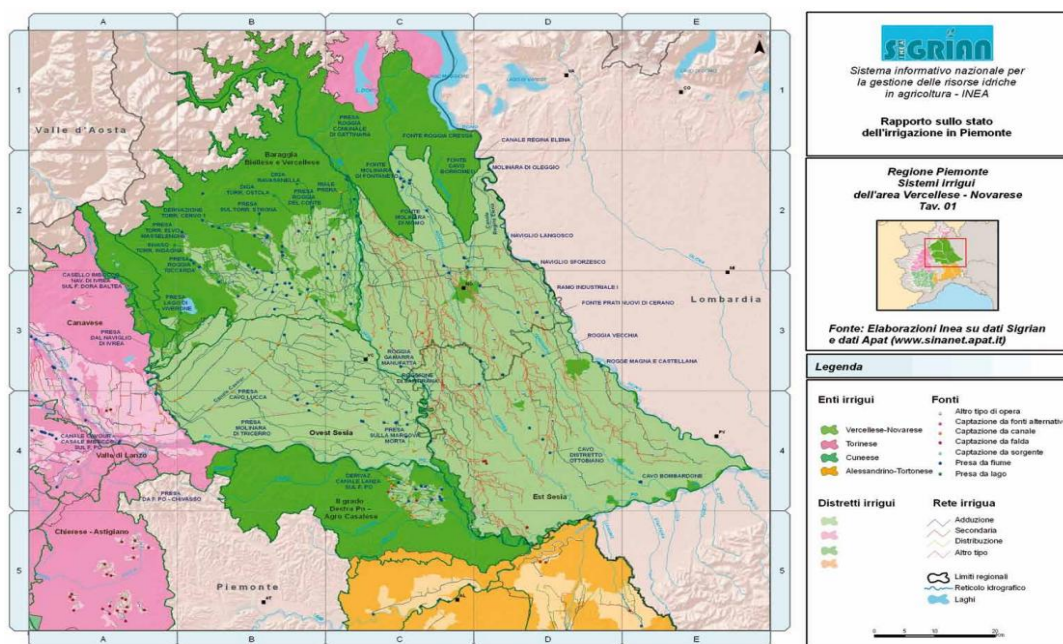
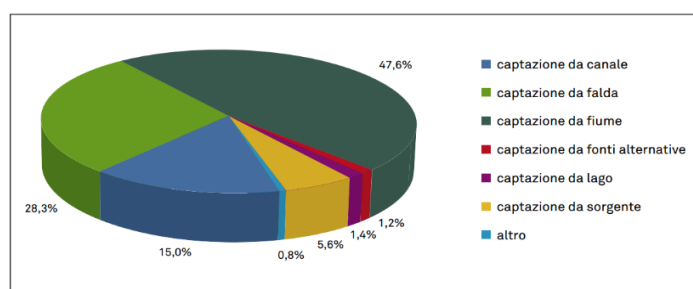


Fig. 34: Inquadramento dell'area agricola del vercellese e novarese. (Fonte: RSIP, www.sigrian.crea.gov.it)

10.0.4 L'irrigazione

L'uso irriguo dell'acqua in Piemonte dipende da fattori naturali come ad esempio la presenza del reticolo idrografico, il regime idrologico dei corsi d'acqua, i fattori legati alla storia del territorio e la stratificazione del paesaggio in base all'evoluzione dei sistemi produttivi che hanno determinato la realizzazione di infrastrutture irrigue. In questo contesto territoriale, l'irrigazione è censita in 78 schemi irrigui serviti da molteplici fonti di approvvigionamento indicate in figura e suddivise in base al sottobacino idrografico di riferimento. (Fonte: Rapporto sullo stato dell'irrigazione in Piemonte, INEA, 2011, www.sigrian.crea.gov.it)



Graf. 5: Classificazione delle tipologie di captazione a uso agricolo in Piemonte. (Fonte: RSIP, www.sigrian.crea.gov.it)

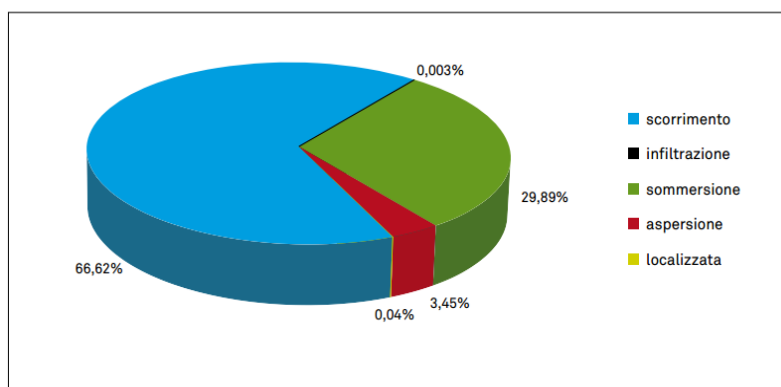
Sottobacino idrografico	n° fonti di approvvigionamento	Q Concessa (m ³ /s)
Po	218	2.157
Reticolo idrografico	239	1.185
Dora Baltea	11	213
Sesia	66	120
Tanaro	121	95
Ticino	10	93
Stura di Lanzo	34	66
Dora Riparia	156	65
Orco	13	65
Pellice	60	32
Maiara	46	18
Agogna	20	17
Terdoppio	17	11
Scrivia	6	8
Varaita	14	3
Malone	4	1
Banna	2	0
Scrivia	1	0

Tab. 20: Numero di fonti e portata concessa a uso agricolo suddivisa per sottobacino. (Fonte: RSIP, www.sigrian.crea.gov.it)

A livello regionale, sono presenti prevalentemente due sistemi di irrigazione tra cui lo scorrimento superficiale e la sommersione. In tutte le aree e nei relativi enti irrigui, lo scorrimento è prevalente, ad eccezione del vercellese-novarese, in cui il sistema sommersione risulta dominante nella coltivazione del riso.

I sistemi a più basso consumo, quali l'aspersione e l'irrigazione localizzata, sono scarsamente adottati. In modo particolare si evidenzia che l'aspersione è adottata su circa 11.000 ettari in 18 dei 35 enti irrigui regionali, corrispondenti al 3% della superficie attrezzata, contro un valore nazionale del 40% circa e del solo Nord Italia del 32%. Ancora meno diffusa, praticamente inesistente, è l'irrigazione localizzata (contro il 6% circa del Nord Italia), utilizzata su 125 ettari complessivi nel Cuneese (Associazione irrigua Valle Maira e Pesio), nel Torinese (Valli Pellice - Cavourese e Val Chisone - Pinerolese) e nell'area vercellese - novarese (II grado Destra Po - Agro Casalese). (Fonte: Rapporto sullo stato dell'irrigazione in Piemonte, *INEA*, 2011, www.sigrian.crea.gov.it)

In sintesi, dal quadro delle caratteristiche strutturali, emergono due aree in cui l'irrigazione collettiva ha una importanza relativa maggiore in termini di sviluppo delle superfici. Il vercellese-novarese e il cuneese presentano caratteristiche profondamente diverse sotto il profilo dell'irrigazione. Nel primo caso, l'irrigazione ha radici storiche consolidate ed è strettamente legata alla coltivazione del riso; la gestione è affidata a pochi enti, di antica costituzione e di grandi dimensioni. Al contrario, nel Cuneese l'irrigazione collettiva risulta più frammentata dal punto di vista gestionale, con numerosi enti di dimensioni medio-piccole. L'agricoltura è inoltre più diversificata, pur mantenendo una prevalenza delle colture cerealicole. (Fonte: Rapporto sullo stato dell'irrigazione in Piemonte, *INEA*, 2011, www.sigrian.crea.gov.it)



Graf. 6: Classificazione delle modalità di irrigazione in Piemonte. (Fonte: RSIP, www.sigrian.crea.gov.it)

11.0 Livello Sottobacino del fiume Sesia

Qui di seguito viene riportato il livello territoriale di riferimento inerente al sottobacino del fiume Sesia all'interno del quale è presente l'area di studio analizzata nella presente ricerca. La figura n° 35 evidenzia l'estensione territoriale del sottobacino del fiume Sesia considerato nei paragrafi seguenti.



Fig. 35: Inquadramento del sottobacino del fiume Sesia. (Fonte: Produzione propria)

11.0.1 Inquadramento generale

Il sottobacino del fiume Sesia ha una superficie complessiva di circa 3.082 km², pari al 4,4% della superficie del bacino del fiume Po all'interno dei confini e il 3,7% del Distretto del fiume Po. Il 45% del territorio del sottobacino ricade in ambito montano. Il Sesia ed i suoi affluenti Mastallone, Sessera, Cervo ed Elvo hanno origine dal gruppo orografico del monte Rosa nelle Alpi Pennine. Ai rispettivi bacini competono elevati valori delle precipitazioni annuali che danno luogo a un regime di deflussi caratterizzato da un'elevata frequenza degli eventi di piena con ragguardevoli valori delle portate al colmo. (Fonte: PdGPo, *Scheda di Sottobacino*, 2021, www.pianoacque.adbpo.it)

Il bacino montano del fiume Sesia ha nel suo complesso la forma di un quadrilatero irregolare. Il lato occidentale costituisce lo spartiacque con la Valle di Gressoney nel bacino del Lys tra la punta Gnifetti a 4559 m.s.l.m. e la punta Vescovi a 2578 m.s.l.m. Il lato nord segue gli altri contrafforti tra il Sesia e la Valle Anzasca fino alla cima del Capezzone a 2422 m.s.l.m.; il lato nord, invece, si estende fino al monte Avigno a 1136 m.s.l.m.

Il Sesia trae le sue sorgenti dai ghiacciai di Bors e delle Piode che si estendono fino al versante del Monte Rosa per poi scorrere nella Val Grande fino a Varallo per 41 Km e sboccare nella pianura di

Romagnano dopo un percorso di 24 Km. (Fonte: PdGPO, *Scheda di Sottobacino*, 2021, www.pianoacque.adbpo.it)

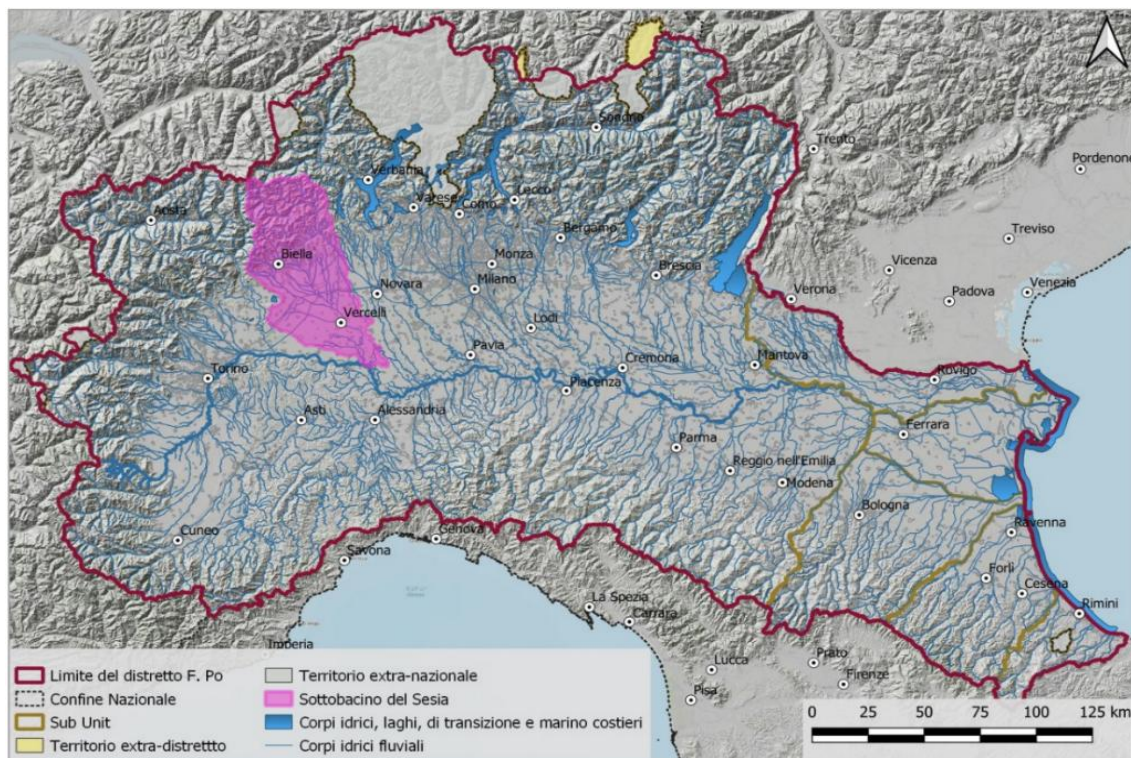


Fig. 36: Localizzazione del sottobacino del fiume Sesia. (Fonte: www.pianobilancioidrico.adbpo.it)

Il torrente Cervo ha un bacino idrografico caratterizzato nella parte più alta da una morfologia montana con quote anche superiori ai 2.000 m con valli di origine fluvioglaciale strette e pareti molto inclinate per lo più boscate. Nella prima parte dell'asta torrentizia i suoi affluenti sono molto incisi e hanno un trasporto solido rilevante, più a valle invece si allargano ed assumono una morfologia terrazzata con andamento che passa da ramificato a sinuoso.

Il torrente Elvo confluisce nel Cervo sulla destra idrografica, a monte della confluenza di quest'ultimo con il Sesia. Il torrente Elvo scorre inciso in una stretta valle di origine fluviale con pendii acclivi e prevalentemente boscati. Le aste principali del Sesia, del Cervo e dell'Elvo sono suddivisibili in tratti distinti per caratteristiche morfologiche e per comportamento idraulico. Il fiume Sesia si articola in un tratto montano di circa 65 km, che raccoglie le acque dei sottobacini degli affluenti alpini, e in un tratto di pianura lungo circa 74 km, fino alla confluenza con il Po, che sottende il bacino del Cervo. (Fonte: PdGPO, *Scheda di Sottobacino*, 2021, www.pianoacque.adbpo.it)

Il torrente Cervo presenta un tratto montano di circa 12 km e un tratto di pianura lungo circa 43 km, fino alla confluenza con il Sesia, che raccoglie le acque del bacino dell'Elvo. Quest'ultimo ha un

tratto montano che inizia dalla sorgente nel Comune di Occhieppo Inferiore e prosegue con un tratto di pianura lungo circa 40 km, fino alla confluenza nel Cervo. Nell'intero bacino idrografico, le precipitazioni medie annue variano da circa 900 mm in pianura fino a 2000 mm nelle aree montane. L'esame dei dati pluviometrici conferma il modello contraddistinto da precipitazioni più elevate di quelle che arrivano a interessare le vallate interne alla cerchia alpina.

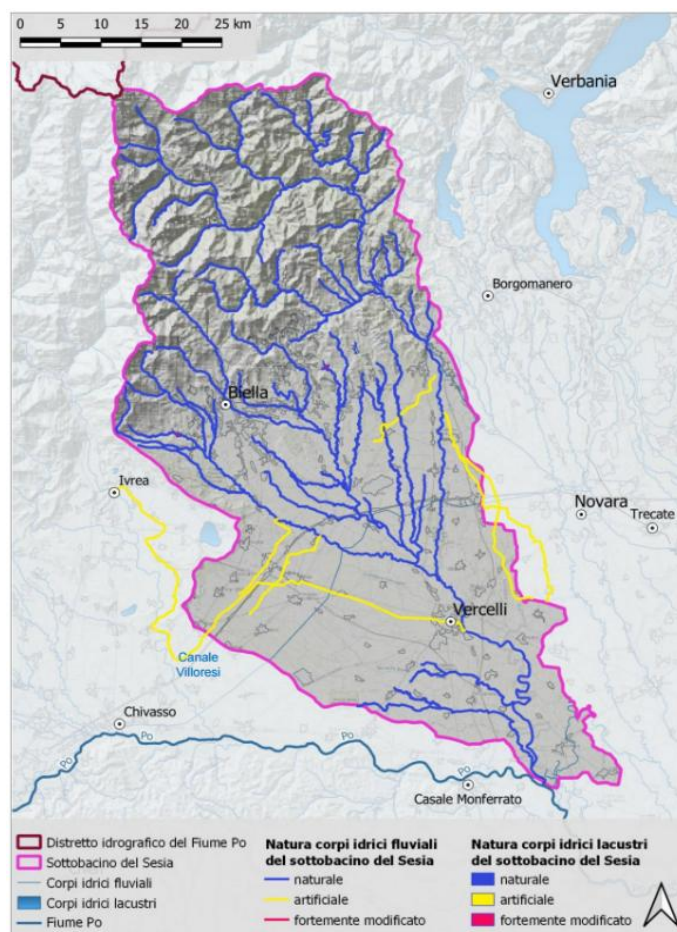


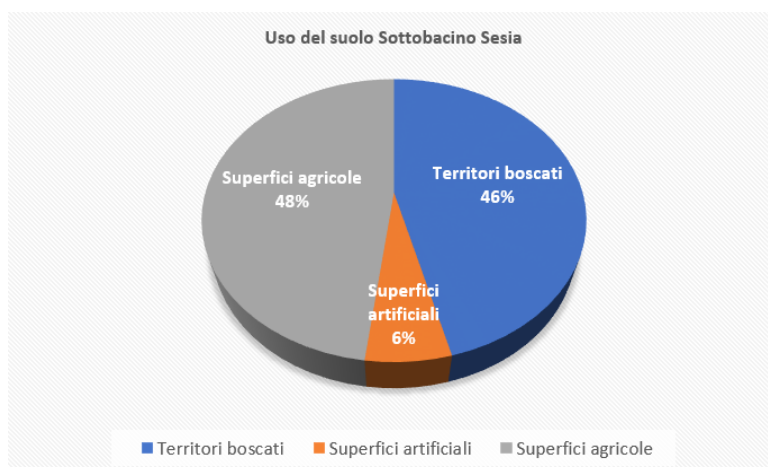
Fig. 37: Idrologia del sottobacino del fiume Sesia. (Fonte: www.pianobilancioidrico.adbpo.it)

11.0.2 Uso del suolo

L'analisi dei dati della Carta Corine Land Cover del 2018 ha permesso di classificare l'uso del suolo all'interno del sottobacino del fiume Sesia. Il suolo in quest'area è costituito per circa il 46% da territori boscati e ambienti naturali distribuiti prevalentemente in ambito montano e collinare e per il 48% da superfici agricole utilizzate. I boschi più diffusi sono boschi di latifoglie di circa il 22%, i boschi di conifere interessano l'1,7%, i boschi misti il 3,6% mentre gli ambienti agricoli sono dominati dalle risaie. (Fonte: PdGPO, *Scheda di Sottobacino*, 2021, www.pianoacque.adbpo.it)

Categorie uso suolo	Area (km ²)	% all'intero del sottobacino del fiume Sesia
Tessuto urbano continuo	2	0,1
Tessuti urbano discontinuo	128,3	4,2
Aree industriali e commerciali	42	1,4
Reti stradali	8,3	0,3
Aeroporti	0,7	0,02
Aree estrattive	5,9	0,2
Discariche	0,3	0,01
Aree verdi urbane	0,6	0,02
Aree sportive e ricreative	2,5	0,1
Seminativi in aree non irrigue	197,6	6,4
Risaie	965	31,3
Frutteti	18,4	0,6
Prati stabili	18	0,6
Sistemi culturali	54,6	1,8
Aree di colture agrarie	221,7	7,2
Boschi latifoglie	685	22,2
Boschi di conifere	52,4	1,7
Boschi misti	112,2	3,6
Aree a pascolo naturale	121,4	3,9
Brughiere e cespuglieti	94,7	3,1
Aree a vegetazione boschiva	160,3	5,2
Spiagge	15,2	0,5
Rocce nude, falesie	36,1	1,2
Aree con vegetazione rada	128,9	4,2
Ghiacciai perenni	4,7	0,2
Paludi interne	0,4	0,01
Corsi d'acqua	4	0,1

Tab. 21: Uso del suolo nel sottobacino del fiume Sesia. (Fonte: www.pianobilancioidrico.adbpo.it)



Graf. 7: Copertura delle superficie del suolo piemontese. (Fonte: www.pianobilancioidrico.adbpo.it)

12.0 Livello territoriale caso studio

12.0.1 Inquadramento generale del Comprensorio di bonifica

Il Comprensorio di Bonifica della Baraggia Biellese e Vercellese è costituito da 36 Comuni suddivisi tra le Province di Biella e Vercelli e occupa quasi tutta la parte dell'alta pianura della provincia di Vercelli tra il fiume Elvo e il Sesia; ha un'estensione di 43.938 ettari. L'estensione del comprensorio interessa il 15 % del territorio provinciale e il 25 % di quello regionale agrario di pianura.

Nel definire le sue caratteristiche si sottolinea che esso fa parte della più vasta area gestita dall'Associazione di Irrigazione dell'Agro dell'Ovest del Sesia che è un ente istituito con la legge speciale del 3 luglio 1853. (Fonte: 80 Anni di Baraggia, *Carmelo Iacopino*, 1922-2002, Consorzio Baraggia).

Successivamente con il Regio Decreto n. 2357 del 30 dicembre del 1929, il comprensorio fu assoggettato a trasformazione fondiaria e più tardi con l'entrata in vigore della Legge Serpieri del 13 febbraio del 1933 venne definito come comprensorio di bonifica.

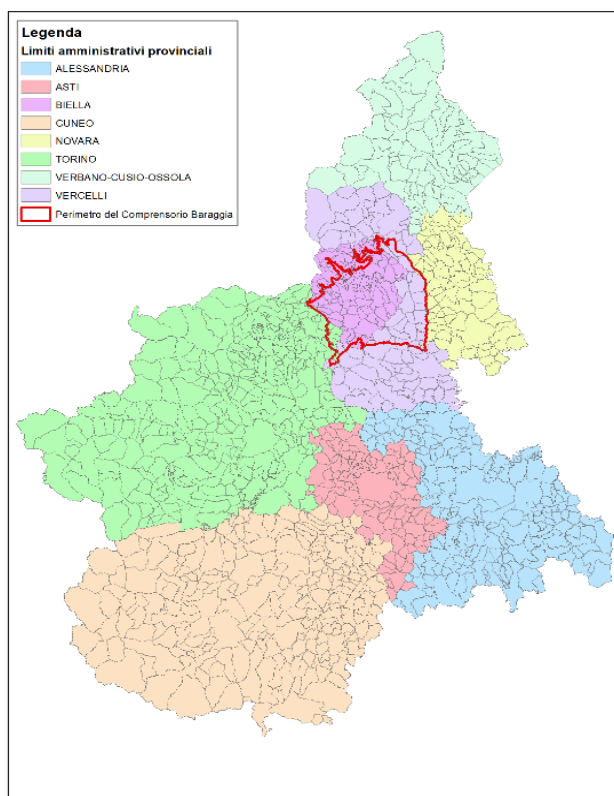


Fig. 38: Inquadramento territoriale del Comprensorio Baraggia. (Fonte: Geoportale Piemonte, elaborazione propria)

Lo statuto moderno dall'Associazione di Irrigazione dell'Agro dell'Ovest del Sesia, approvato con il decreto ministeriale del 20 settembre del 1937, si prefiggeva di raggiungere obiettivi per un

razionale uso delle risorse idriche a uso irriguo. Tra i compiti dello statuto vi era anche quello di garantire la fornitura di acque da fornire al sistema irriguo provvedendo all'irrigazione delle terre considerate.

Il Piano Generale di Bonifica è stato redatto in attuazione del Decreto n. 4476 del 7 gennaio 1953 del Ministero dell'Agricoltura e conteneva le direttive fondamentali della trasformazione agraria degli ettari rientrati all'interno del comprensorio della Baraggia biellese e vercellese. (Fonte: 80 Anni di Baraggia, *Carmelo Iacopino*, 1922-2002, Consorzio Baraggia)

Per illustrare in modo più dettagliato gli indirizzi di Piano, è necessario definire l'inquadramento generale del Comprensorio. Il suo confine orientale segue la sponda destra del fiume Sesia, dall'abitato di Gattinara lungo l'asta del fiume stesso.

A sud, il comprensorio si estende fino ai Comuni di Salussola, Cerrione e Borriana, in provincia di Biella. A nord, il limite è segnato dal Comune di Candelo, dove il torrente Cervo si avvicina al confine, per poi risalire verso il Comune di Cossato, prima di confluire nel torrente Ostola. Il comprensorio è per la maggior parte costituito da un alto tenore geo litologico di tipo argilloso tale da rendere difficile una buona produzione agricola. Fortunatamente la coltura del riso ha permesso di riscattare una buona parte di queste terre portandole ad un livello di intensità produttiva quasi eguale alle terre del bassopiano del distretto idrografico del Po. (Fonte: 80 Anni di Baraggia, *Carmelo Iacopino*, 1922-2002, Consorzio Baraggia)

A grandi linee è possibile affermare che il comprensorio è costituito su due livelli, uno tra il Sesia e il torrente Elvo inclinato da nord-ovest a sud-est e l'altro tra il torrente Elvo e il Cervo con pendenza da nord a sud che si deprimono in modo lieve dai 280 m.s.l.m. ai 300 m.s.l.m. In generale la pendenza del comprensorio risulta essere in media del 6,6% rientrante alla quota di 250 m.s.l.m. e del 5,5% di una quota tra i 150 e i 200 m.s.l.m. nella zona tra Sesia e Cervo. Questa analisi evidenzia le lievi pendenze che hanno permesso nel corso dei secoli l'utilizzo agricolo del suolo della baraggia di tipo risicolo.

Le terre di Baraggia però necessitavano di un'irrigazione continuativa per rendere produttive le aree incolte, al fine di generare un'efficiente produzione risicola che era garantita da numerose derivazioni dal fiume Sesia e dal torrente Cervo ed Elvo. (Fonte: 80 Anni di Baraggia, *Carmelo Iacopino*, 1922-2002, Consorzio Baraggia)

Dalla fine del 1700 vennero realizzate alcune importanti opere idrauliche tra cui il Naviletto della Mandria e il Naviletto di Ivrea che prelevavano le acque della Dora a cui si aggiunse successivamente l'imponente derivazione del fiume Po attraverso il Canale Cavour.

La pianura risicola della Baraggia è praticamente compresa tutta nel comprensorio con una estensione pari al 90,4%. Dal Piano di bonifica del 1953 è possibile osservare che la correlazione tra l'utilizzo dell'acqua a scopo irriguo e la tipologia di produzione non è affatto casuale. La possibilità di irrigare indipendentemente dal tipo di terreno ha imposto la produzione risicola in base alle ragioni di convenienza ed economicità degli agricoltori che in questa area del Piemonte si è conciliata per secoli con l'interesse della collettività. (Fonte: 80 Anni di Baraggia, *Carmelo Iacopino*, 1922-2002, Consorzio Baraggia)

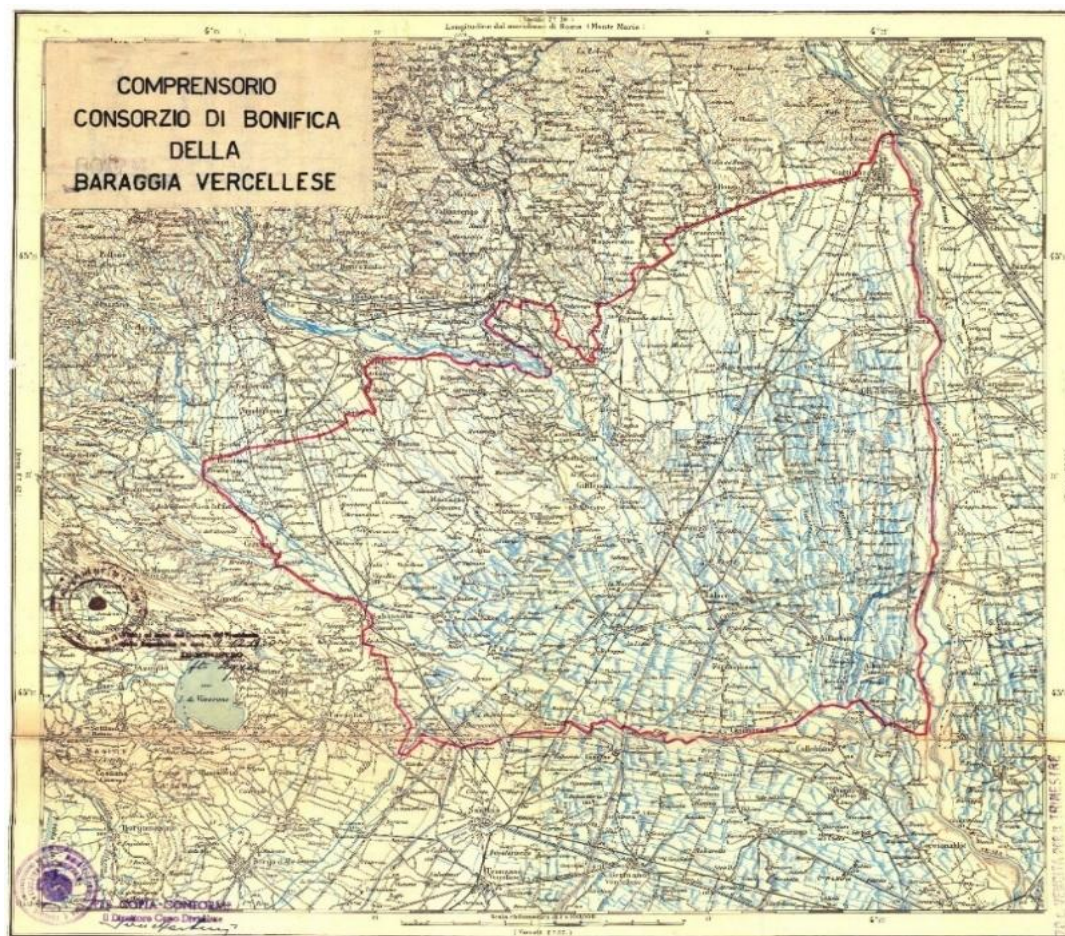


Fig. 39: Identificazione del perimetro del comprensorio Baraggia. (Fonte: 80 Anni di Baraggia, *Carmelo Iacopino*, 1922-2002, Consorzio Baraggia)

All'interno del Piano di Bonifica sono stati inclusi circa 20.000 ettari già irrigati e appartenenti al comprensorio di bonifica. L'inserimento di questi terreni, apparentemente già soggetti a una regolamentazione dell'uso irriguo, trova motivazione in ragioni storiche: fin dal XIII secolo, infatti, l'irrigazione nelle terre di Baraggia si è sviluppata in modo disordinato, senza una normativa unitaria. Le derivazioni d'acqua per irrigare i campi o azionare i mulini erano gestite principalmente da ricche famiglie nobiliari, dando origine a un sistema frammentato e privo di controllo pubblico. In questo quadro, la gestione delle risorse idriche nell'antichità risultava essere frammentata e non coordinata

anzi molto spesso era il frutto di aspri scontri tra casate che non permettevano di assicurarne un efficiente utilizzo dell'acqua a scopo irriguo. Da questi presupposti è stato necessario dotare il comprensorio di uno schema di irrigazione nuovo anche sulla parte già irrigata, che tenesse conto anche delle disponibilità idrica andando a risolvere quel disordine e quelle tensioni tra gli agricoltori determinati da un uso non regolamentato dell'acqua.



Fig. 40: Comunità rurali degli anni 40 di Baraggia. (Fonte: 80 Anni di Baraggia, Carmelo Iacopino, 1922-2002, Consorzio Baraggia)



Fig. 41: Comunità rurali degli anni 40 di Baraggia. (Fonte: 80 Anni di Baraggia, Carmelo Iacopino, 1922-2002, Consorzio Baraggia)

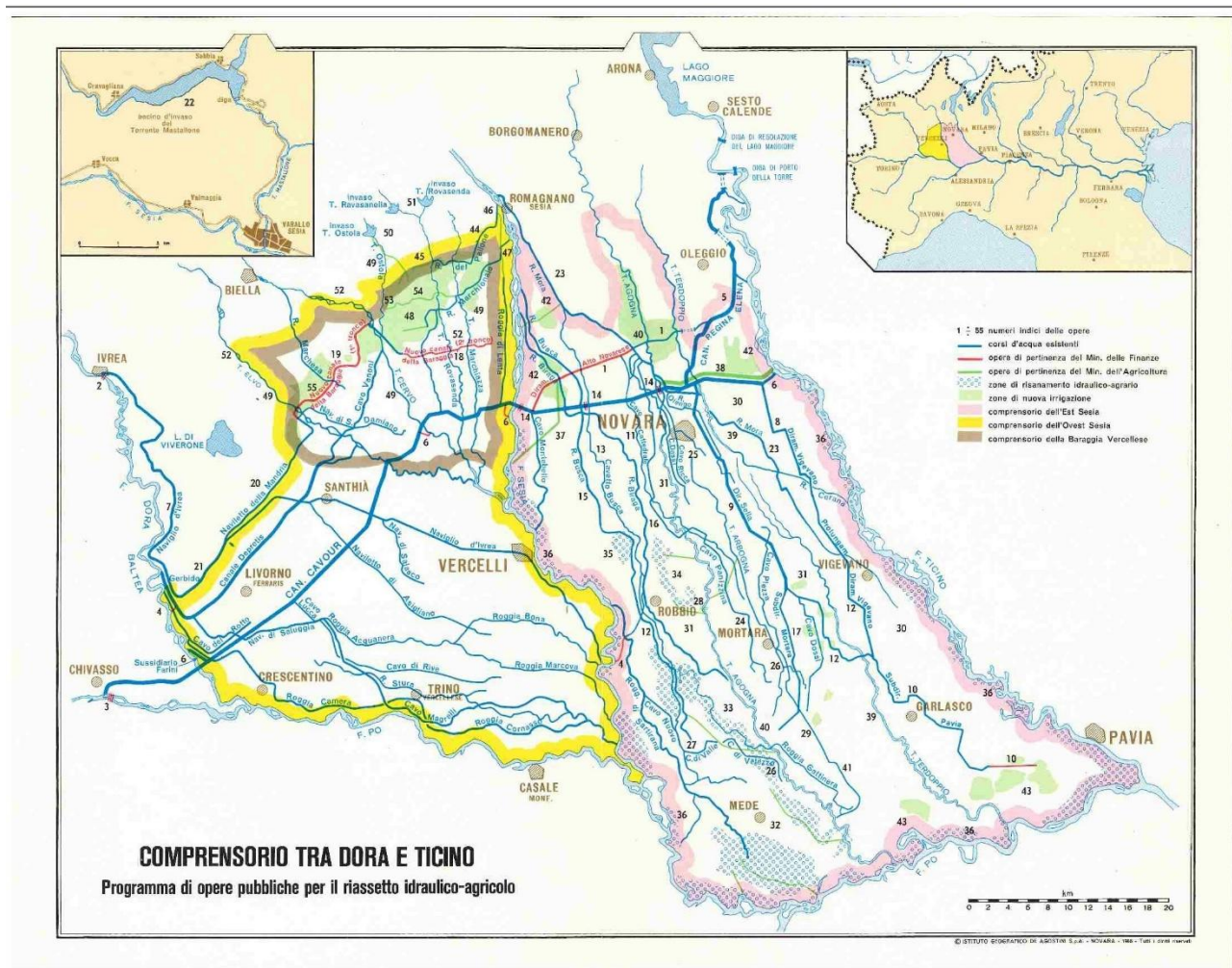


Fig. 42: Localizzazione del compensorio Baraggia. (Fonte: Piano Generale di Bonifica, 1953)

12.0.2 Dalle origini della Baraggia all'istituzione del Consorzio di Bonifica

Il nome Baraggia ha origine antiche, probabilmente risalenti al periodo quaternario quando l'area in oggetto si formò geologicamente occupando non soltanto la pianura Vercellese, ma anche la parte settentrionale della Pianura Padana.

Le terre di Baraggia sono costituite fin dall'antichità dal *ciuin* con cui in linguaggio tecnico vengono definite le concrezioni limonitiche, ovvero i grumi di terra rossa e argillosa impossibili da rendere fertili se non grazie alla presenza d'acqua. (Fonte: 80 Anni di Baraggia, Carmelo Iacopino, 1922-2002, Consorzio Baraggia). Le invasioni barbariche dei popoli venuti dal nord, avvenute intorno all'anno 100 D.C, portarono con sé il sostantivo *baraza* o *baraggia* la cui etimologia induce istintivamente ad immaginare un suolo aspro, incolto e selvaggio.

Questo termine indica un luogo dove le caratteristiche del terreno determinano la crescita di rovi e spine. Il territorio di Baraggia fu definito nei secoli successivi essenzialmente come una terra poco produttiva, che a causa della sua composizione compatta e argillosa impediva la circolazione delle acque e l'infiltrazione dei nutrienti nel sottosuolo. (Fonte: 80 Anni di Baraggia, *Carmelo Iacopino*, 1922-2002, Consorzio Baraggia)

La prima fase di bonifica ebbe inizio con l'arrivo dei romani nel 50 D.C. che, con la formazione delle prime comunità di coloni, furono dediti alla ricerca dell'oro nelle miniere scavate dalle popolazioni autoctone. Gli agricoltori romani si resero subito conto che il suolo era di natura non facile, ma contemporaneamente ricco di humus, originato dalla decomposizione delle piante e delle svariate specie vegetali di basso fusto. Grazie alle caratteristiche favorevoli del suolo, nonostante le difficoltà incontrate, gli agricoltori dell'antichità riuscirono a risolvere il problema dell'irrigazione mediante rudimentali sistemi di derivazione, dando così avvio alla coltivazione di segala, avena, miglio e farro. La seconda fase della bonifica coincise con l'ascesa dei Longobardi nel VII secolo d.C. e fu seguita da una terza fase, avviata a partire dall'anno 1000 d.C. dai signori medievali, che proseguirono l'opera bonificatrice intrapresa in precedenza dai monaci benedettini. In questo periodo furono realizzati numerosi canali irrigui, alcuni dei quali sono ancora in funzione, come la roggia comunale di Gattinara (1223) e la roggia marchionale di Gattinara (1241), successivamente concessa alla famiglia dei marchesi di Arborio da Carlo Emanuele I di Savoia nel 1622. Nel Cinquecento fu introdotto il principio della rotazione colturale, che permetteva un utilizzo più efficiente delle limitate risorse idriche disponibili. Inoltre, si comprese l'importanza delle concimazioni naturali nel migliorare la produttività dei terreni. (Fonte: 80 Anni di Baraggia, *Carmelo Iacopino*, 1922-2002, Consorzio Baraggia)

Qui di seguito viene descritto l'assetto storico dell'irrigazione a scorrimento all'interno del comprensorio nell'antichità. Già dal 1204 si ha traccia di una derivazione sul torrente Elvo a beneficio delle terre di San Damiano.

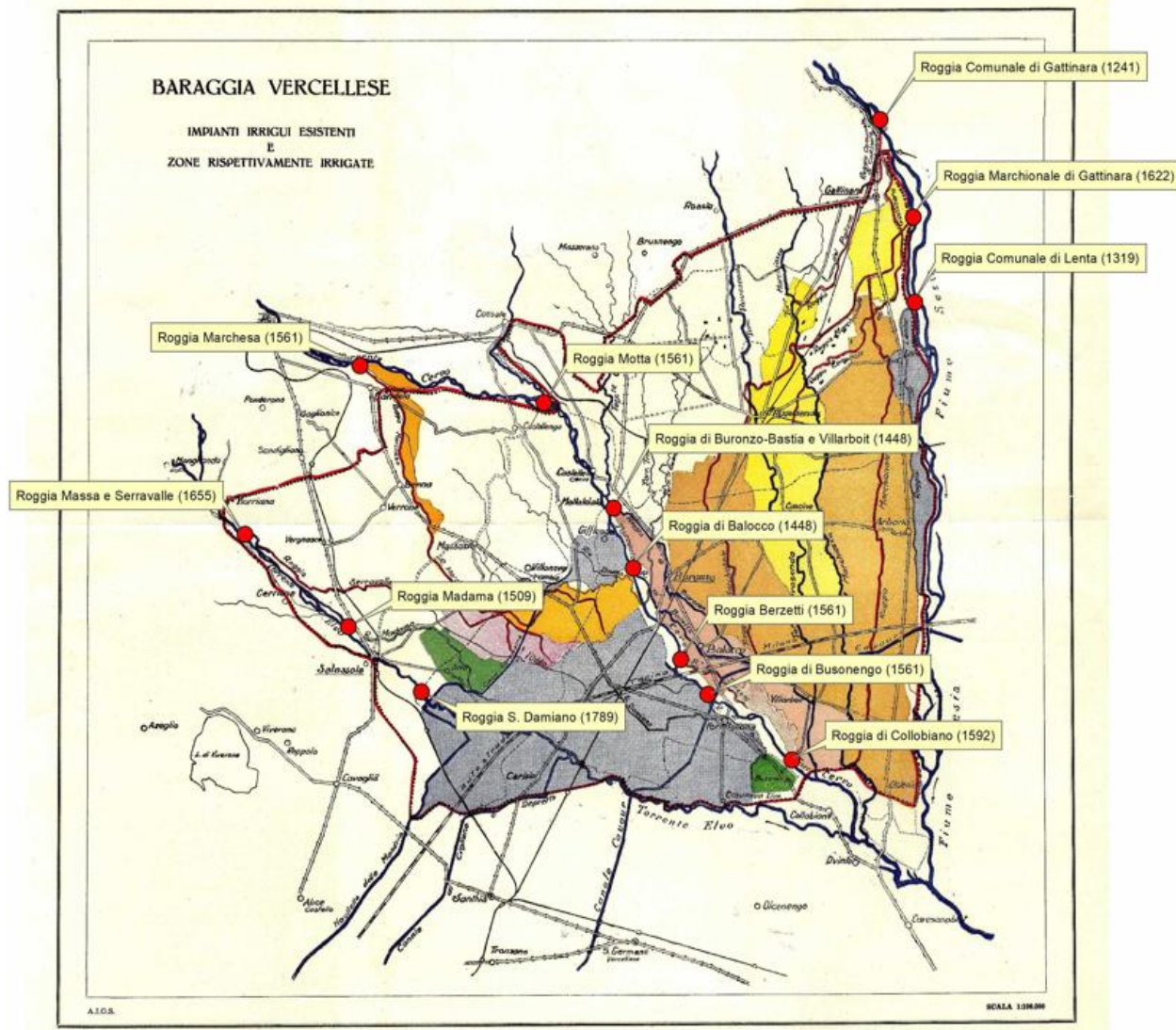


Fig. 43: Localizzazione delle rogge irrigue. (Fonte: Piano Generale di Bonifica, 1953)

Nel 1223, in un trattato tra i Comuni di Vercelli e Novara, si fa per la prima volta menzione di una derivazione dal fiume Sesia, corrispondente all'attuale Roggia Comunale di Gattinara. Anche la Roggia Marchionale, situata nel territorio comunale di Gattinara, risulta di antica origine, risalente circa al 1241. La Roggia Comunale del Comune di Lenta fu realizzata nel 1319, mentre quella del Comune di Balocco risale al 1448. Seguono la Roggia Madama, costruita nel 1509, e la Roggia Marchesa, datata al 1561.

Queste derivazioni, afferenti ai tre principali corsi d'acqua che attraversano il comprensorio della Baraggia, rappresentano il sistema storico di approvvigionamento irriguo a servizio della risicoltura.

Nella tabella seguente è riportato lo schema generale delle principali derivazioni storiche a uso agricolo.

La terza fase della bonifica si sviluppa durante il periodo rinascimentale e, come in altre aree della Pianura Padana, si distingue per la realizzazione di importanti opere idrauliche sotto la dominazione dei Savoia. Questo periodo si conclude nei primi anni del XVIII secolo. (Fonte: 80 Anni di Baraggia, Carmelo Iacopino, 1922-2002, Consorzio Baraggia)

Nel 1853 venne istituita l'Associazione di Irrigazione Ovest Sesia di cui la Baraggia Vercellese non aveva beneficiato dei progressi infrastrutturali della bassa pianura che l'Associazione aveva realizzato tra cui il canale Cavour e il canale Depretis risultando di fatto esclusa dalla possibilità di ottenere acqua a scopo irriguo. Soltanto dopo la fine della prima guerra mondiale i proprietari terrieri di Baraggia divennero consapevoli della possibilità di aumentare la produttività agricola grazie a un nuovo sistema di canalizzazione.

L'allora Ministro dell'Economia Nazionale confermò le aspirazioni degli agricoltori affermando che *“le difficili e arretrate condizioni agricole ed economiche della Baraggia Vercellese erano caratterizzata da una notevole percentuale di terre incolte”*. Lo studio effettuato nel 1928 dal Consiglio provinciale dell'Economia di Vercelli fu svolto grazie all'approvazione del prefetto e riguardava il miglioramento agricolo della zona di Baraggia Vercellese rappresentando il primo passo verso il Piano Generale di Bonifica che fu approvato quasi trent'anni dopo. (Fonte: 80 Anni di Baraggia, Carmelo Iacopino, 1922-2002, Consorzio Baraggia)

Negli anni 30 e 40 del novecento, l'Associazione di Irrigazione Ovest Sesia presentò formale domanda per ottenere la concessione ad effettuare gli studi e le ricerche necessarie per la redazione del Piano Generale di Bonifica ai sensi dell'art. 4 del Regio Decreto 13 n. 215 del 13 febbraio del 1933 che fu inoltrata alla Direzione Generale di Bonifica. Lo scopo dello studio preliminare fu quello di restituire la situazione colturale delle caratteristiche agricole dei territori di Baraggia.

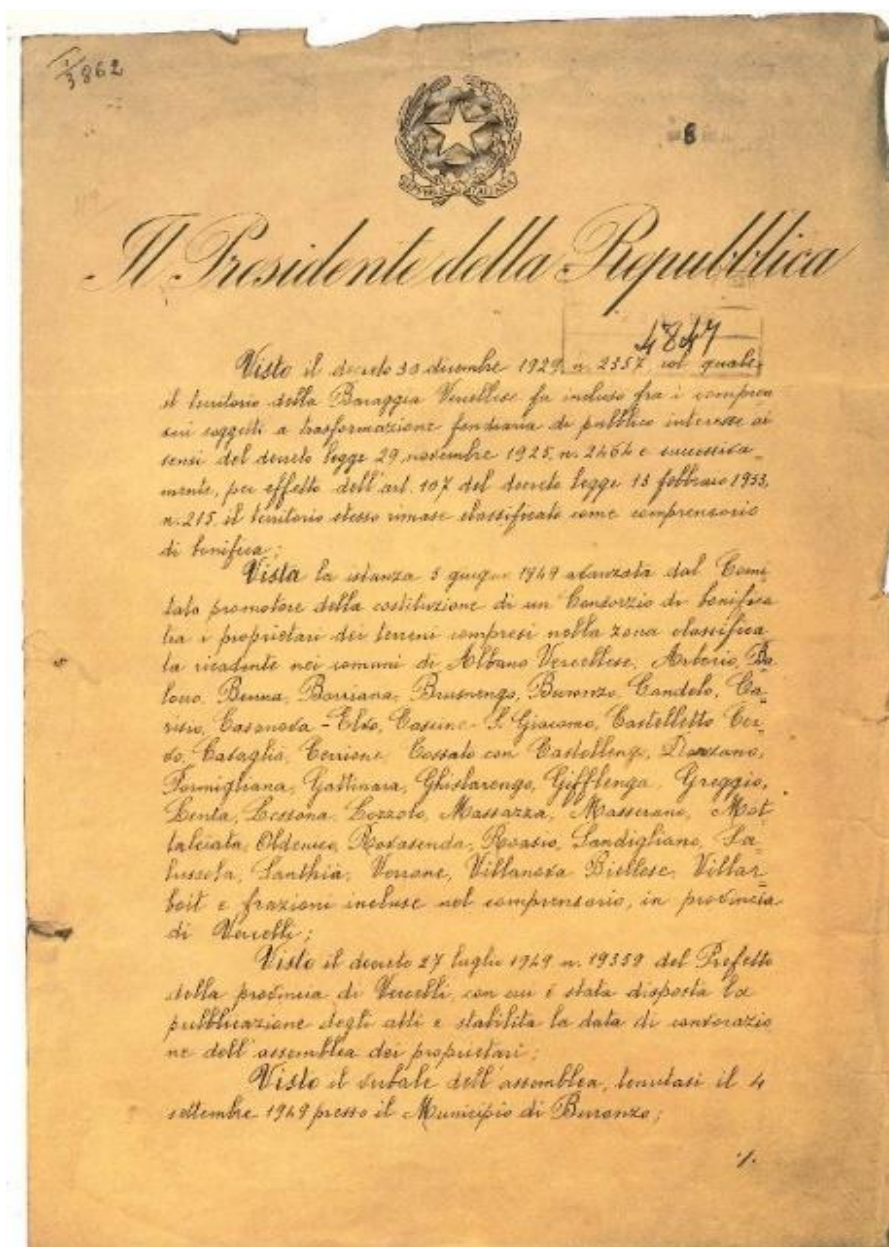


Fig. 44: Decreto che istituisce il perimetro del Consorzio Baraggia. (Fonte: 80 Anni di Baraggia, Carmelo Iacopino, 1922-2002, Consorzio Baraggia)

Se si considera che la coltura predominante delle terre di Baraggia erano storicamente di tipo risicolo, emerse presto il problema del livellamento dei terreni al fine di assicurare la possibilità di un sistema irriguo che potesse agire efficacemente al fine di trattenere la risorsa sia meteorica che irrigua per una migliore gestione economica. Le colture risicole vennero scelte in base all'economicità dei lavori necessari alla sistemazione dei terreni. (Fonte: 80 Anni di Baraggia, Carmelo Iacopino, 1922-2002, Consorzio Baraggia)

Il problema in realtà non era solo dovuto al livellamento dei terreni, ma anche alla necessità di una nuova disponibilità di acqua che fu risolta grazie a un complicato sistema di scambio di risorse idriche

attraverso il Canale Elena nel Novarese che avrebbe ottenuto una maggiore fornitura d'acqua dal Ticino consentendo di ridurre il quantitativo derivato dalla Dora con il Canale Cavour.

La quantità d'acqua disponibile dalla Dora sarebbe stata convogliata al Comprensorio della Baraggia Vercellese a mezzo dei Canali Depretis e della Mandria per i quali si prevedeva un prolungamento. In generale le acque della Dora dovevano essere utilizzate per irrigare la parte centrale, risparmiando le acque del Sesia necessarie per l'irrigazione della parte settentrionale. (Fonte: 80 Anni di Baraggia, *Carmelo Iacopino*, 1922-2002, Consorzio Baraggia).

Nel 1940 venne redatto e presentato agli organi competenti il Piano di massima per la bonifica e la trasformazione agraria della baraggia Vercellese a cui si pronunciò con parere positivo il Consiglio Superiore dell'Agricoltura nel 1942. Con lo scoppio della seconda guerra mondiale però, il proseguo delle procedure istituzionali necessarie per l'approvazione definitiva del Piano Generale di bonifica subirono un arresto.

Successivamente con il decreto n. 3862 del Presidente della Repubblica in data 9 dicembre 1950 e deliberato dall'Assemblea Generale dei consorziati il 20 novembre del 1949, si approvò la costituzione del Consorzio di Bonifica della Baraggia Biellese e Vercellese la cui sede nel Comune di Buronzo venne poi spostata a Vercelli.

In seguito venne pubblicato ed approvato lo statuto del consorzio con Decreto n. 2356/4448 del Ministero dell'Agricoltura in data 10 agosto del 1953. L'art. 2 dello statuto stabilisce che il Consorzio ha la facoltà, previa approvazione del Ministero stesso, di istituire nel Comprensorio speciali campi di sperimentazione colturali ed irrigue e di provvedere alla loro amministrazione e gestione.

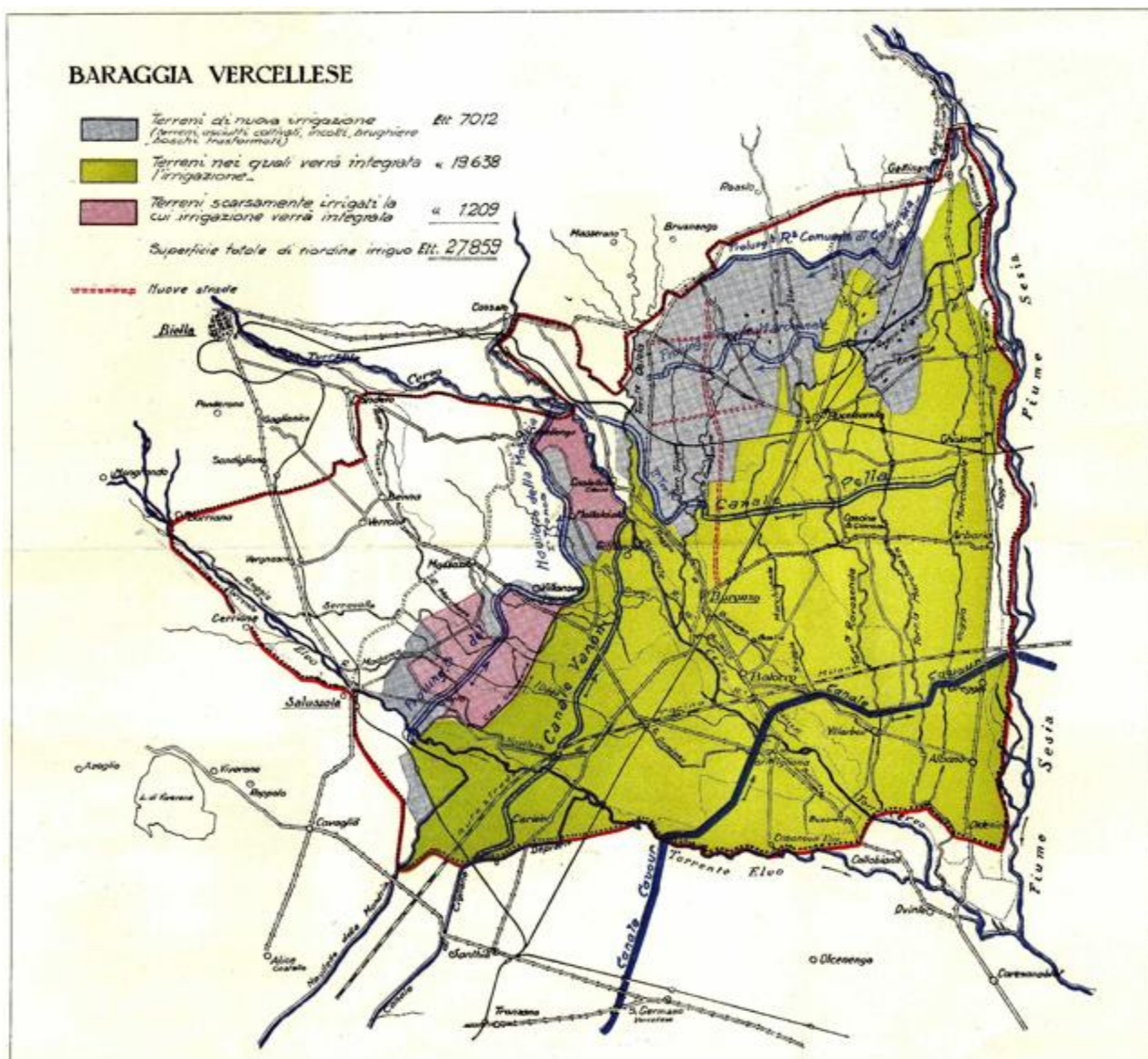


Fig. 45: Estensione dei terreni agricoli irrigati. (Fonte: Piano Generale di Bonifica, 1953)

12.0.3 Il Piano Generale di Bonifica

Le linee guida dell'attività del Consorzio di Bonifica della Baraggia Vercellese vengono fissate all'interno del Piano Generale di Bonifica la cui stesura fu ultimata nel 1954 ovvero il quarto anno dopo la costituzione del Consorzio.

Il Piano di Bonifica rappresentò il documento programmatico nel quale dovevano essere individuate le necessità del comprensorio, le proposte e le soluzioni per risolvere i problemi della Baraggia Vercellese. (Fonte: Piano Generale di Bonifica Vercellese, 1954)

Il Piano Generale di Bonifica venne deliberato dal Consiglio dei Delegati del Consorzio il 3 dicembre del 1954, fu approvato all'unanimità e successivamente trasmesso al Ministero dell'Agricoltura. Il Consorzio venne in seguito autorizzato a presentare progetti stralcio per avviare la realizzazione dei lavori individuando quelle opere per le quali poteva essere previsto il riordino fondiario³⁶ che rappresentò l'unico vero obiettivo prevedendo di rendere irrigabili 7000 ettari che ricadevano nei Comuni indicati in tabella.

Comune	Ha
Gattinara	767
Lenta	648
Rovasenda	766
Roasio	1.032
Brusnengo	616
Masserano	1.318
Castelletto Cervo	945
Mottalciata	348
Villanova Biellese	10
Massazza	180
Salussola	235
Dorzano	35
Cavaglià	112
Totale	7.010

Tab. 22: Ettari soggetti a riordino fondiario suddivisi per Comune. (Fonte: Piano Generale di Bonifica, 1953)

Il Piano Generale di Bonifica si prefiggeva la trasformazione irrigua e si proponeva di raggiungere congiuntamente due obiettivi tra cui: estendere il beneficio dell'irrigazione alla maggior parte possibile dei terreni attualmente incolti e dare a tutto il comprensorio un'organica sistemazione irrigua per un uso razionale delle acque.

L'abbinamento di questi obiettivi rientrò inevitabilmente nel Piano Generale di Bonifica in quanto la dotazione delle infrastrutture irrigue presenti prima dell'adozione del piano nel 1953 esaurivano completamente la disponibilità idrica del comprensorio, tanto che le nuove terre non potevano essere irrigate se non attraverso una radicale modificazione dello schema irriguo. (Fonte: Piano Generale di Bonifica Vercellese, 1954)

³⁶ Il riordino fondiario predispone le particelle di un nuovo assetto catastale ai fini del trasferimento di proprietà e di progettazione di opere di miglioramento. (Fonte: www.treccani.it)

IL PIANO DELLA C.G.I.L. IN PIEMONTE

Nuove opere irrigue redimeranno la squallida "Baraggia vercellese",

Oltre 7000 ettari di terre incolte potranno dare, con la costruzione di 5 canali
215 mila quintali di risone, 125 mila di foraggio e 30 mila di granturco

(DAL NOSTRO INVIATO)

Vercelli, 12 dicembre. In relazione al II piano del piano della C.G.I.L. (Costituzione di un Ente nazionale per la bonifica, le irrigazioni delle terre incolte e le trasformazioni fondiari), la C. d. L. della provincia di Vercelli, ha preparato un progetto dettagliato, il quale se sarà attuato, redimerà l'ultimo lembo di terra incolta della «provincia del riso».

Si tratta della bonifica integrale della «Baraggia Vercellese», il cui territorio è compreso fra il torrente Elvo ad ovest, il fiume Sesia ad est ed è limitato a nord dalle prime alture biellesi e Gattinara, secondo una linea che press'a poco segue il tracciato della provinciale Biella-Cossato-Gattinara. La bonifica integrale della Baraggia, da secoli è fra le aspirazioni più vive degli agricoltori e delle popolazioni locali. Sono oltre 7000 ettari di terre incolte, sterili e desolate. Il paesaggio è squallido e selvaggio, abbandonato dagli uomini. Il contrasto fra questa enorme brughiera, con le congiunte ubertose terre della bassa vercellese, recante delle fatidiche dei lavoratori della base, è stridente: è come una macchia nera per la penetrazione e laboriosa razza piemontese.

L'attuale ordinamento irriguo

La Baraggia Vercellese, già classificata come «comprendente di bonifica» comprende 37 comuni con una superficie complessiva di 42.573 ettari, di cui 7.171 incolti. I proprietari dei terreni del «comprendente», ai sensi della legge del '35 (sulla bonifica integrale e le trasformazioni fondiari) hanno già regolarmente costituito il Consorzio per la Bonifica, il cui statuto è stato approvato il 20 novembre u. s. dall'Assemblea dei proprietari. Il progetto presentato dall'Associazione di Irrigazione dell'Agro

all'ovest del Sesia fin dal '40, interessa tutto il «comprendente» (non solo le terre incolte) e prevede il riordino ed il miglioramento irriguo, i quali porteranno all'eliminazione dei principali fattori dell'attuale situazione, poiché la natura argillosa del terreno, necessita dell'apporto dell'irrigazione.

Le Baragge, qual'è attualmente, costituisce uno stato di cose spiccatamente «confuso» con dirette ripercussioni sulla situazione demografica, come risulta chiaramente dai dati dei comuni baraggini. Nelle zone incolte il terreno è usato essenzialmente per la raccolta annuale del «brugo», impiegato, come in sé, come lettiere nelle

Nelle zone coltivate, predomina la piccola proprietà diretta coltivatrice, senza una distribuzione uniforme. Vi sono aziende con affitto capitalistico e qualche caso di mezzadria e di piccole enfiteusi.

La parte meridionale del «comprendente» è irrigata dalla citata Associazione di Irrigazione, la quale ha la qualifica di Consorzio di Miglioramento Fondiario, ed è esclusiva concessionaria dei canali demaniali di irrigazione. Nella parte settentrionale del comprendente baraggino, esistono tuttora altri numerosi impianti irrigui privati, indipendenti gli uni dagli altri, sorti senza un qualsiasi riferimento ad un piano organico generale, né regolati da alcuna disciplina nella distribuzione delle acque, e sono gestiti dai rispettivi proprietari con criteri strettamente speculativi.

Ad esempio, alcune gestioni private praticano dei canoni che raggiungono persino il doppio di quelli praticati in condizioni analoghe dall'Associazione di Irrigazione. L'irrazionalità di questo sistema primordiale, oltre alle maggiori spese di gestione, porta ad uno spreco notevole di acqua. Da ciò la necessità di unificare il

sistema irriguo della Baraggia, con successivo accentrimento in un Ente unico. Questo Ente potrebbe essere l'Associazione di Irrigazione, la quale, retta con principi cooperativistici di gestione a puro prezzo di costo, ha dimostrato per lunga esperienza di essere la sola istituzione in grado di assolvere a questo compito.

Con la costituzione del Consorzio, il primo passo che bisogna fare per concretare la bonifica della Baraggia, consiste nella organica sistemazione delle utenze preesistenti, le quali, ai sensi dell'art. 45 della legge 1533 N. 1775, potrebbero essere appropriate. Per il riscatto di queste acque occorrerebbero non meno di 200 milioni di lire.

Caratteristiche della bonifica

Nella Baraggia irrigua, la superficie seminata è a riso (dal 50 al 70 per cento); attorno a questa coltura dominante, viene operata una rotazione (2-3 anni) con prato, avena, segale, frumento e mais. Scarsissimo il bestiame ed in genere tutta la produzione zootecnica. Indubbiamente, una maggiore produzione foraggera, recuperabile dai prati irrigui, posti in opportuna rotazione con le risaie, alla dotazione zootecnica del territorio, con conseguente miglioramento fisico e chimico del terreno.

Da esperimentazioni eseguite su tenute prima sterili ed ora rimesse in attività, è stato ampiamente confermato che la trasformazione della Baraggia incolta non potrà essere fatta senza valersi dell'irrigazione. Qui le bonifiche, in altri termini, equivalgono ad irrigazione. Una volta fornita di acqua irrigua, la trasformazione dei terreni potrebbe essere iniziata mediante la coltura del riso. In seguito si potrebbe procedere ad una conveniente rotazione colturale. Le nuove opere irrigue progettate consistono in cinque tronconi di canali (due

derivanti da rogge provenienti dal Sesia, e tre dai canali della rete demaniale e sociale). Mediante tali opere, il disordinato sistema irriguo del comprendente verrebbe a cessare.

Le acque derivate dal Sesia e dai vari canali verrebbero deviate per essere trattinate alla massima quota possibile, per irrigare i terreni incolti, ed infine si istituirebbe in tutto il comprendente un'effettiva interdipendenza fra le varie derivazioni, con la possibilità di spartire notevoli masse d'acqua da una zona all'altra e di ottenere il necessario collegamento integrativo con le acque del Sesia, Elvo e Cervo con la grande rete dei canali demaniali gestiti dall'Associazione di Irrigazione. Per irrigare i terreni incolti occorrerebbero 70 moduli (1 modulo = alla portata di 100 litri al secondo), che verrebbero prelevati dai canali del Demanio, mediante un cambio d'acqua integrativo sulla linea del canale Cavour.

Le nuove opere irrigue progettate oltre ad irrigare i 7000 ettari di terreni incolti, migliorerebbero l'irrigazione di altri 10 mila ettari di terreno, già in coltura e solo parzialmente irrigati. I benefici ritraibili da questa bonifica sarebbero, grosso modo, i seguenti: 215 mila quintali annui di risone, 125 mila di foraggio, 30 mila di granturco, con conseguente accrescimento delle colture accessorie e dell'allevamento zootecnico. Inoltre, una nuova popolazione agricola è promossa (che si può calcolare di 3500 unità) sarebbe richiamata e si insiederebbe nella Baraggia bonificata.

La costruzione dei canali, delle strade e dei nuovi fabbricati colonici, secondo il piano della C.G.I.L., comporterebbe complessivamente 1.171.000 giornate lavorative, di cui 372.000 per il solo dissodamento, la sistemazione dei terreni e la piccola canalizzazione. Il costo totale della bonifica comporterebbe una spesa di oltre 3 miliardi di lire. Il tempo occorrente per la costruzione dei canali principali sarebbe di due-tre anni; per la trasformazione definitiva della Baraggia sarebbe previsto un termine di almeno dieci anni.

Vedremo in un prossimo articolo, il progetto della ripartizione delle spese, quale è suggerito dal piano provinciale della C. d. L. di Vercelli.

SALVATORE RUFFOLO

Fig. 46: Testimonianza storica della realizzazione delle opere di bonifica. (Fonte: Verso l'Europa col computer, Consorzio di Bonifica Vercellese, 1980)

Le opere irrigue che avrebbero dovuto costruire il Consorzio, in concomitanza con quelle dell'Amministrazione dei Canali Demaniali Cavour per consentire l'utilizzo e la distribuzione dell'acqua resa disponibile, erano le seguenti:

- 1) Costruzione di una traversa sul Fiume Sesia per la presa dalla Roggia Comunale di Gattinara;
- 2) Costruzione di un canale di prolungamento della Roggia sopra indicata a sistemazione del tratto esistente;
- 3) Costruzione di un canale di prolungamento della Roggia Marchionale di Gattinara;

- 4) Costruzione dei cavi distributori e raccoglitori dell'acqua destinata ai 7000 ettari incolti.
(Fonte: Verso l'Europa col computer, *Consorzio di Bonifica Vercellese*, 1980)

Classificazione ettari di terreni da irrigare			
Terreni	Incolti	Coltivati	Totale
Argillosi compatti	4.963	1.988	6.351
Sciolti	62	599	661
Totale	5.025	1.987	7.012
Calcolo fabbisogno d'acqua			
Terreni	Ettari	L/sec (ha)	L/sec (tot)
Argillosi compatti	6.351	0,9	5.716
Sciolti	661	0,5	1322
Totale	7.012	0,14	7.038

Tab. 23: Classificazione dei terreni da irrigare. (Fonte: Verso l'Europa col computer, *Consorzio di Bonifica Vercellese*, 1980)

12.0.4 La nascita della politica degli invasi

Il Consorzio Baraggia si rese presto conto che vi erano strade alternative sia per l'irrigazione della Baraggia sia per la fornitura idropotabile delle risorse idriche, grazie alla raccolta dell'acqua piovana in bacini artificiali da distribuire durante i periodi di carenza idrica.

Nacque così la politica degli invasi che per la loro localizzazione nelle Prealpi Biellesi potevano consentire di servire i Comuni sottesi sia dal punto di vista irriguo sia da quello potabile. In particolare furono progettati tre invasi, il primo sul torrente Ostola nel Comune di Masserano, il secondo sul torrente Ravasanella nel Comune di Roasio e il terzo, realizzato negli anni '90, nel Comune di Mongrando sul torrente Ingagna che risulta essere oggetto della ricerca. (Fonte: 80 Anni di Baraggia, *Carmelo Iacopino*, 1922-2002, Consorzio Baraggia)

VALLATE

I lavori di scavo sono in fase di avanzata esecuzione

In via di realizzazione la grande diga che renderà coltivabile la Baraggia

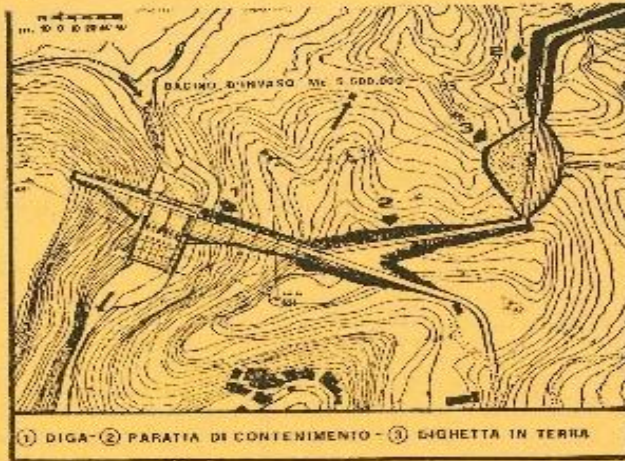
L'invaso sul torrente Ostola nei pressi di Masserano tornerà l'acqua per irrigare 1350 ettari di terreno. La lunghezza totale della diga sarà di 169 metri, l'altezza massima di 37. La rete irrigua che si dipartirà dal bacino artificiale sarà lunga 69.632 metri. Gli altri programmi del Consorzio di Bonifica

[illegible]

L'opera, come si ricordava, venne finanziata nel 1936: l'impiego fu assicurato dagli studi e dai sondaggi della zona interessata dalla diga, il Consorzio estese il proprio esecutivo di pelo abbinamento alla ditta incaricata di edificare la diga, e alla rete idrica. In data 23 aprile 1937 il Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste affidò al Consorzio la manutenzione dei lavori ed autorizzò l'accolimento della zona di irrigazione.

Il secondo la concentrazione
sottile dell'opera, lo stile
nuovo e moderno da noi direi
rassomiglia al concentrato, un
nido nella parte centrale con
un'apertura rettangolare. La
concentrazione è di circa 160
e 10. L'altezza massima sul piano
più basso della fondazione è di
37,20 metri. L'altezza massima
normale è di 22,20 metri. Infine
il livello di massima piena è circa
di 10,00 metri.

Se, economicamente è prevista la costruzione di una strada di quattro metri dal quale uno per i trapianti. Invece, in corrispondenza di una sezione che è stata già sul versante sinistro del tunnel, è prevista la costruzione di una strada in cemento armato.



Il grafico illustra le componenti che formavano il grande inteso (90) formato Oliva in termini di Muscarelli e Casapinta.

to, costituito da un involucro cilindrico a spina di Z. La paratia era tutto l'ardimento del giovane marinaio dal buco e nel tratto intermedio si apriva la scorta conosciuta al rullo, rendeva impossibile dalla durezza in acqua.

Il canale portavoce che doveva sorvegliare l'aspetto del buco, difeso alla porta, da indicare il suo dislivello, aveva come base di una scatola metallica di 10 moduli, nei moduli di 10 moduli, nei moduli di 10 moduli, nei moduli di 10 moduli, nei moduli di 10 moduli.

La condotta più da questo
504,30, subito a valle della diga
e porta Trecco a quota 239,85
subito a monte dell'imbocco della
sedia 442 tra la strada comu-
nale Rovascenda-Soncinigo. La
condotta, originariamente prevista
in cemento armato, a seguito
delle graduazioni imposte in via
di approvazione del progetto,
verrà realizzata in cemento ar-
mato preaccoppiato. Il tratto più
lungho al percorso porteràimen-

to arrivarli per lunghi tratti ed a caratteristiche della sua disposizione.

La suppellettile di pregio è di 1.350 milioni ed interessa il Comune di Brancaccio, Municipio 6, Castelforte Cervo. E' composta da 1 numero. Quantitativa ad est del Delta ai sensi del 2 attraverso la quale 142 nel anno del Castelforte Municipale e la designazione per la frontiera Caracalla di Brancaccio.

L'irraggiatura, prevista a ogni momento, avrà anche il compito nei primi anni di rendere meno oneroso il terreno e di creare così la possibilità di vita alla pianta. La rete idrica è costituita dall'insieme di due canali ad idrofori piani che si diramano dall'adduttore principale del pezzo di blocco del sifone sotto pressione in canali 142.

1. Locali vendita primi 4 anni
di una porta mobile di 3 a 6
modelli circa mentre i locali
secondari erano porte, porte

anti-fumo e 170 litri al secondo. Complessivamente la rete irrigua avrà uno sviluppo di metri 50.000.

Nel programma futuro del Consiglio di Roma c'è compreso anche il riallacciare le due linee sul terreno Ravennate e Casalegrosso, i due nuovi cantieri lavoreranno separatamente due miliardi e mezzo e circa tre miliardi. Le due opere dovrebbero essere finanziate dall'Ente Ravenna al quale

invece, diffidente rispetto a quanto sono demandati i comitati che riguardano specificamente le bonifiche irrigatorie, le Valli, più suscettibili. Per l'assegnazione delle modeste opere di protezione delle terre sono stanziati di oltre 21 miliardi di lire che desti quasi il 60 per cento del denaro nel Il Comitato di Bonifica della Bassa Padovana ha deciso di inviare alla regione un programma che prevede una spesa complessiva di 3.10 miliardi.

Fig. 47: Testimonianza storica della realizzazione delle opere di bonifica. (Fonte: *Verso l'Europa col computer*, Consorzio di Bonifica Vercellese, 1980)

Nel 1977 furono avviati i sondaggi e le prove tecniche preliminari per verificare le condizioni necessarie alla realizzazione della diga oggetto della presente ricerca. Fin dai primi sopralluoghi emerse con chiarezza la presenza di condizioni geotecniche e ambientali favorevoli, decisamente migliori rispetto a quelle riscontrate in precedenti interventi analoghi sulle dighe dei torrenti Ostola e Ravasanella. (Fonte: Verso l'Europa col computer, *Consorzio di Bonifica Vercellese*, 1980)

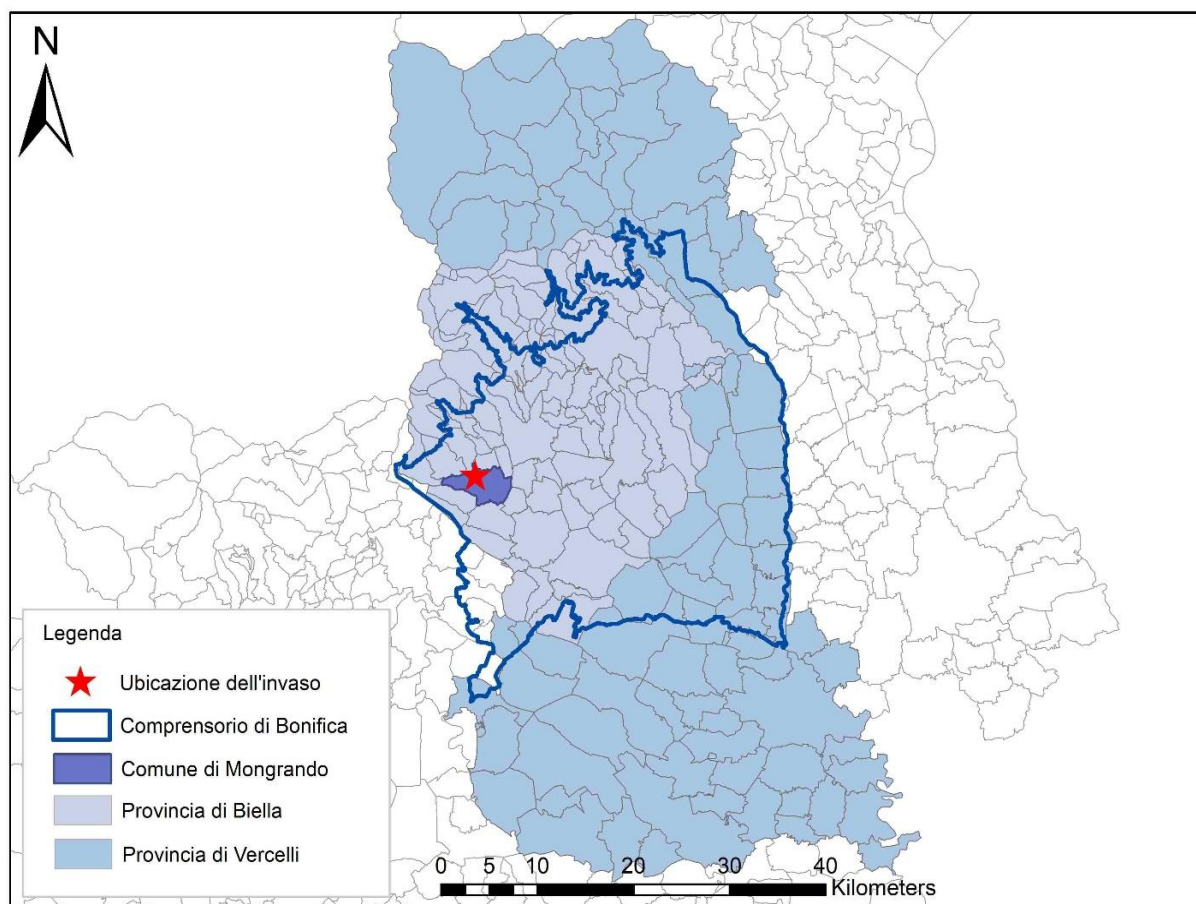


Fig. 48: Inquadramento del comprensorio Baraggia e della diga in progetto (Fonte: *Verso l'Europa col computer*, Consorzio di Bonifica Vercellese, 1980)

La diga sul torrente Ingagna, affluente di destra del torrente Elvo, è stata realizzata nel Comune di Mongrando in Provincia di Biella. Gli studi hanno portato alla stesura del progetto di massima nel 1978 grazie all'entrata in vigore della Legge Quadrifoglio del 27 dicembre del 1977 che prevedeva di dare un grande impulso ai vari settori dell'agricoltura, tra cui quello dell'irrigazione. (Fonte: 80 Anni di Baraggia, *Carmelo Iacopino*, 1922-2002, Consorzio Baraggia)

Gli studi effettuati hanno evidenziato che l'invaso interessava un bacino imbrifero di 30,65 km². Il progetto prevedeva la realizzazione di uno sbarramento in calcestruzzo di tipo a gravità, con una lunghezza totale del coronamento pari a 264,50 metri: di questi, 165 metri risultano perpendicolari all'asse del torrente, mentre i restanti 99,50 metri si sviluppano lungo il fianco destro. L'altezza della diga variava da un minimo di 56,20 metri nella zona più bassa fino a un massimo di 337,50 metri nella parte più elevata.

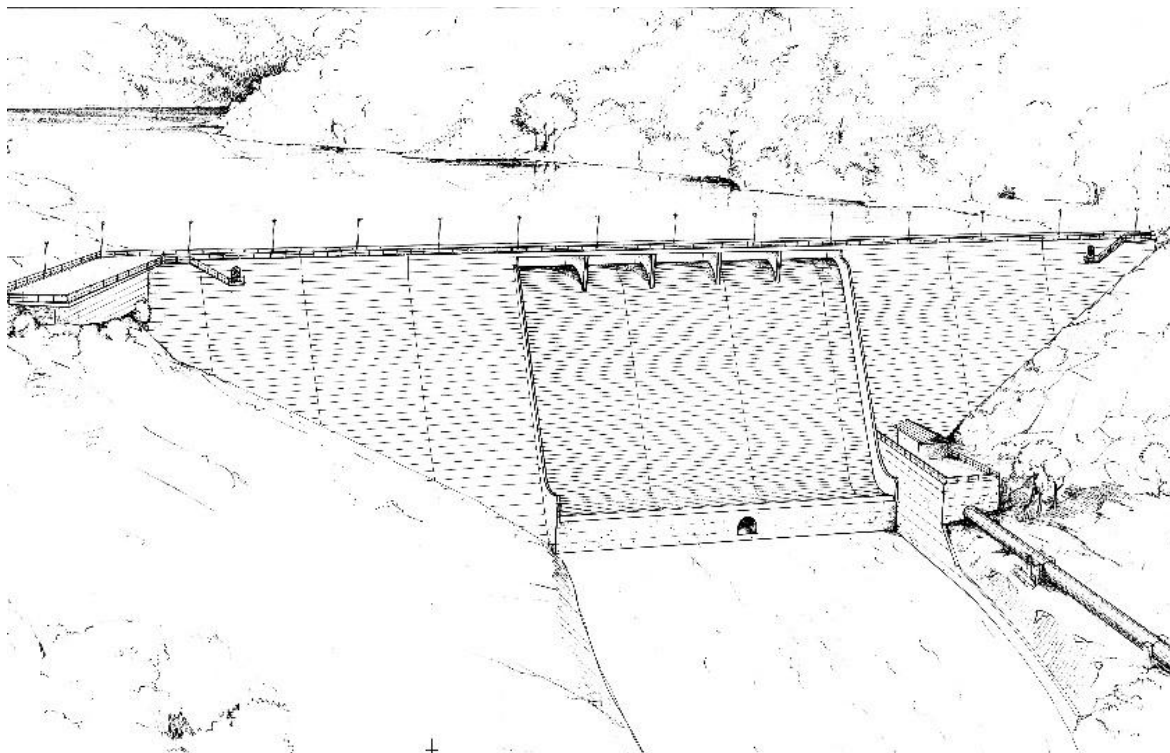


Fig. 49: Il prospetto dello sbarramento della diga sull'Ingagna. (Fonte: *Verso l'Europa col computer*, Consorzio di Bonifica Vercellese, 1980)

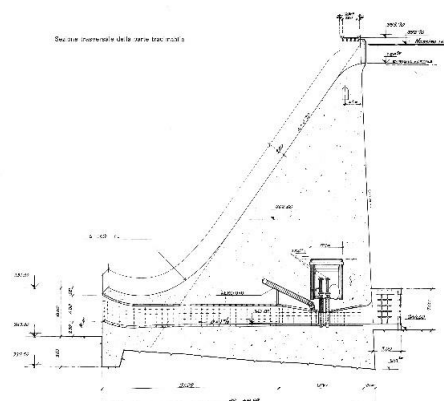
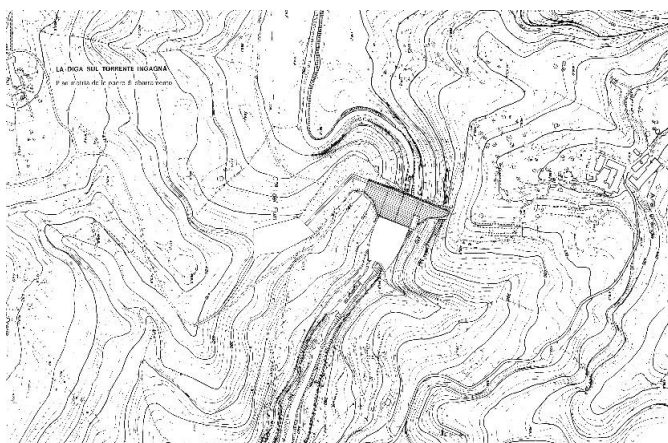


Fig. 50: Il disegno in pianta e sezione dello sbarramento della diga sull'Ingagna. (Fonte: *Verso l'Europa col computer*, Consorzio di Bonifica Vercellese, 1980)

L'area da irrigare contenuta nel perimetro del Comprensorio Baraggia si presenta nella forma di un grande quadrilatero approssimativamente delimitato dal corso del torrente Elvo tra i Comuni di Borriana e Salussola ad occidente e tra i Comuni di Candelo e Benna a oriente mentre il confine settentrionale è determinato dai Comuni di Gaglianico e Ponderano la cui superficie irrigata corrisponde a circa 5.400 ettari. (Fonte: *80 Anni di Baraggia*, Carmelo Iacopino, 1922-2002, Consorzio Baraggia)

12.0.5 La fornitura dell'acqua a uso irriguo

L'impianto di distribuzione dell'acqua, previsto nel progetto del 10 aprile del 1979, è formato da un sistema di condotte principali e secondarie interrate, lungo le quali sono disposti degli idranti in linea collegati direttamente all'irrigazione. Trattandosi di un impianto fisso a caduta naturale, i diametri delle tubazioni secondarie sono stati ridotti al minimo non solo per contenere i costi di realizzazione, ma anche per garantire una pressione costante agli irrigatori, condizione necessaria per il corretto funzionamento dell'impianto. L'impianto realizzato prevede una suddivisione in 18 settori aventi una superficie irrigabile di circa 130 ettari ciascuno. L'acqua viene prelevata dalla condotta principale che presenta un diametro di 1600 mm proveniente dall'invaso dell'Ingagna. (Fonte: 80 Anni di Baraggia, *Carmelo Iacopino*, 1922-2002, Consorzio Baraggia)

Il progetto iniziale si prefiggeva di irrigare 4000 ettari grazie a un volume disponibile per le coltivazioni di mais pari a 1800 m³/ha, la soluzione adottata permetteva di far funzionare sempre gli irrigatori alle condizioni ideali di esercizio, ottenendo da questi il massimo rendimento e di conseguenza un risparmio di acqua con una maggiore uniformità di irrigazione

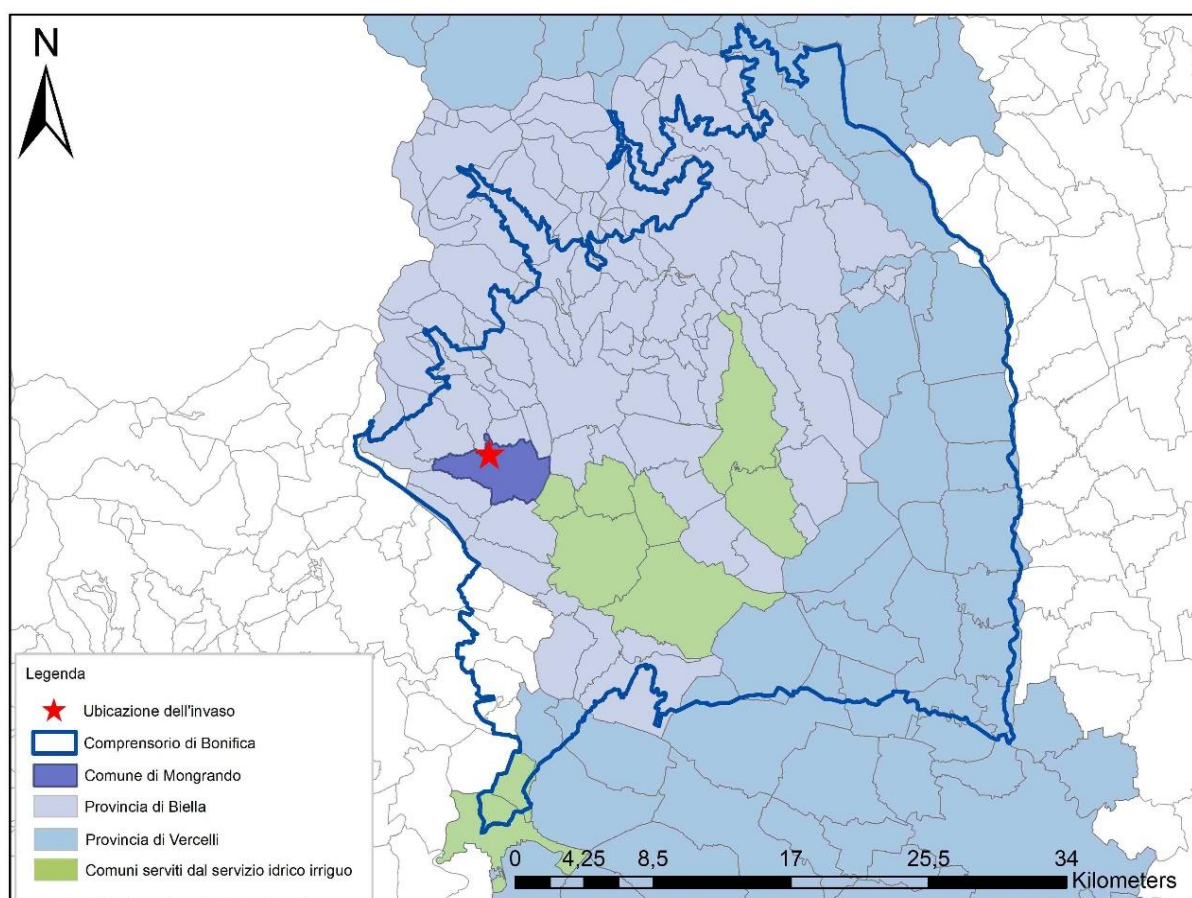


Fig. 51: Comuni serviti dal servizio Irriguo. (Fonte: SIT - CBBBV)

12.0.6 la fornitura dell'acqua a uso idropotabile

Il problema del rifornimento idrico potabile delle popolazioni della Baraggia Vercellese non era stato considerato dal Piano Generale di Bonifica data la sua peculiare proiezione verso il settore dell'agricoltura e in particolare dell'irrigazione a sommersione delle colture risicole. L'acquedotto però ha rappresentato nei primi anni di attività del Consorzio la prima fondamentale infrastruttura pubblica a beneficio dei centri rurali della Baraggia Vercellese.

La fornitura di acqua potabile che non rappresentava un problema per alcuni Comuni della fascia meridionale del comprensorio Baraggia, invece risultava essere un vero e proprio dramma sociale per la zona del centro settentrionale della Baraggia.

Da queste considerazioni nacque la proposta di un'idea associativa tra i Comuni del Comprensorio. Tuttavia, ciò comportò gravi ritardi nell'affrontare e superare gli ostacoli che si frapponivano alla realizzazione dell'acquedotto. (Fonte: Verso l'Europa col computer, *Consorzio di Bonifica Vercellese*, 1980)

Il Consorzio dei Comuni per l'acquedotto della Baraggia ha come progenitori due iniziative a carattere consortile impostate agli inizi degli anni '50 del Novecento, subito dopo la nascita del Consorzio di Bonifica. I Comuni fondatori furono i Comuni di Roasio e Brusnengo per l'acquedotto dell'Alta Baraggia e i Comuni di Buronzo, Mottalciata, Castelletto Cervo, Giffenga, Villanova, Rovasenda, S. Giacomo e Arborio che avevano creato quello per la Media Baraggia Vercellese. (Fonte: Verso l'Europa col computer, *Consorzio di Bonifica Vercellese*, 1980)

Redazione di Vercelli

LE PRIME CONCRETE REALIZZAZIONI DEL COMPENSORIO DI BONIFICA DELLA BARAGGIA

E' giunta l'acqua potabile in tutte le case di Villanova

Fino a poco tempo fa mancava anche la luce elettrica; ora un cavo collega il paese alle linee dell'alta tensione - Entro brevissimo tempo saranno allacciati all'acquedotto gli altri trentaquattro comuni tuttora privi dell'essenziale servizio

VERCELLI — Una strada larga circa cinque metri che si stacca dalla statale Vercelli-Biel la e che, asfaltata, finisce nella pianura dove si trova il municipio di due piani; accanto ci sono alcuni edifici bassi, casupole, dove hanno sede un negozio che vende di tutto e un locale che vorrebbe essere un'osteria; le case del concentrico urbano sono sparse intorno, ad una distanza di centinaia di metri una dall'altra o su verso la zona militare: la chiesa, che ricorda un barocco stinto, è a una distanza di centinaia di metri « pianata » in mezzo ai prati. Gli abitanti sono 265, il Comune esiste da secoli e la sua economia è prevalentemente agricola. Questo è Villanova, uno dei trentacinque Comuni dell'acquedotto della Baraggia Vercellese.

L'opera di bonifica ha fatto molto e naturalmente non intende fermarsi ai traguardi che ha già raggiunto. Molti fabbricati erano cadenti e sono stati sistemati con una spesa di oltre 2 milioni, i terreni erano poco produttivi e li hanno migliorati spendendo quasi 30 milioni di lire. Soprattutto fino a qualche anno fa gli abitanti a sera usavano a lume di candela o di lanterna ad olio. Mancava, quasi dappertutto, l'energia elettrica e gli elettrodomestici rurali hanno risolto il problema. Sono stati spesi 7 milioni e, senza il timore di esagerare, si può dire che Villanova è uscita da una condizione quasi medioevale. Sono tutti contenti di ciò e lo dicono francamente sottolineando implicitamente che il loro è un paese « test » per la bonifica.

In questi giorni lo è diventato ancora di più. E' arrivata anche l'acqua. Villanova è il primo dei trentacinque Comuni del consorzio di bonifica il quale può usufruire dell'acquedotto che si sta costruendo. La spesa complessiva è di un miliardo e 400 milioni e il progetto generale si articola in due parti: una, a nord, i Comuni saranno

legati da un'unica conduttura che trae l'acqua dalle fonti di Postua; a sud invece ogni Comune sarà indipendente e si servirà in pratica di un pozzo artesiano che è già stato trivellato all'interno del suo territorio. E' appunto questo, il caso di Villanova che nel quadro del grande acquedotto della Baraggia opisce in maniera del tutto autonoma e ha preceduto di qualche mese gli altri centri interessati all'opera.

Sono stati spesi tre milioni e mezzo per trivellare il pozzo, un milione e mezzo per l'impianto di pompaggio e tre milioni per la rete interna di distribuzione. Per quest'ultima ha provveduto, con il contributo della legge Tupini, l'amministrazione comunale presieduta dal sindaco Melano. Le altre opere sono state ad intero carico dello Stato.

In sostanza il valore delle parole degli abitanti di Villanova, di molto, al di là dei confini del piccolo centro. Arrivando all'acqua, la trasformazione in atto ha fatto un altro larghissimo passo avanti. Marcello Garelli, trovato negli uffici comunali mentre accadeva alle pratiche, dice: « Non si può esprimere il piacere per un bene che aspettiamo da tanti anni. E' cambiato tutto nel breve volgere di poche settimane e la dimostrazione del favore della gente è fornita dal fatto che sono diventati tutti utenti. Sono rimasti fuori solamente coloro che si erano già fatti un pozzo per conto proprio. Sono venti famiglie che hanno l'acqua in casa e i cui componenti hanno posto termine ai sacrifici per avere una delle poche cose di cui perennemente non si può fare a meno ».

Marcello Garelli è messo comunale, ha altri incarichi, e da quando esiste l'acquedotto tiene sotto controllo l'impianto. Quando gli abitanti si saranno organizzati anche amministrativamente, con tanto di statuto e di regolamento alla cui stesura si è già provveduto, rileverà i numeri cui contatori ed esigere le bollette. Non si creda, soffermandosi su ciò, che a Villanova si manchi di senso dell'ordine e di spirito di organizzazione. Soltanto che è stato tutto così improvvisamente e la rete interna è stata costruita a tempo di record, un po' con la collaborazione dell'intera popolazione villana: in otto giorni appena. L'inaugurazione ufficiale è avvenuta il 17 di questo mese e si è quindi ai primi passi. Il sindaco Melano è assente.



VILLANOVA — Il vecchio pozzo della grande ruota arrugginita di cui il paese fino al 17 di questo mese si è servito per avere quotidianamente un po' d'acqua. (Foto Baita)



Elena e Anna Maria Garelli: « Finalmente l'acqua in casa come in città »

Esprime la soddisfazione dell'amministrazione il vice sindaco Didato: « Sono primi passi che si fanno già apprezzare in pieno ». Gli lo dice la figlia Graziella, sedici anni: « Finalmente posso agire come tutte le donne di casa di città ed avere l'acqua sempre a disposizione ». Prima, per fare il bucato, le massie di Villanova erano costrette a percorrere sei chilometri, andate e ritorno, fino al rio Olina. Per i bisogni di casa dovevano trarre l'acqua da un vecchissimo pozzo, profondo trenta metri e con un serbatoio azionato da una grossa ruota arrugginita. Parliamo con altri, quelli che si trovano in giro poiché molti lavorano. Lide Belotto, immigrata: « Apprezzo veramente l'acqua ». Giuseppe e Wilma Gallo, due giovani coniugi, che sono fra i più soddisfatti: « Prima dovevamo fare ogni volta cinquanta metri non soltanto per le nostre necessità ma per abbattere gli animali ». La moglie del messo comunale Elena e la figlia Anna Maria che, come tanti altri hanno fatto installare, aspettando il momento per decenzi, il lavello in casa: « E' cambiato tutto, sembra di essere dei signori ». Sono i primi. Fra non molto saranno migliaia di persone in trentacinque Comuni. In Baraggia, per esprimersi con i tecnici, oltre che la fase idraulica e agraria della bonifica è diventata realtà concreta anche la fase sociale. In mancanza di questa le due precedenti, anche se portate avanti, non avrebbero senso.

Graziella Didato: « L'acqua è una festa »



Marcello Garelli, messo, guardia ed ora controllatore dell'acquedotto, accanto all'autoclave, cuore del sistema di distribuzione. (Baita)

Enrico Villa

Fig. 52: Testimonianza storica della realizzazione delle opere di bonifica. (Fonte: Verso l'Europa col computer, Consorzio di Bonifica Vercellese, 1980)

La forma giuridica assunta dagli organismi consorziati costituiti non consentiva una fusione pura e semplice, tanto che altri Comuni avanzarono richiesta di adesione alla costruzione dell'acquedotto. Così alla fine si ritenne di costituire un unico Consorzio che assumesse lo scopo di costruire l'opera al servizio di tutti i Comuni della Baraggia.

Negli anni successivi vennero dati i contributi per gli altri Comuni che mostrarono interesse ad essere consorziati e quindi a realizzare, di conseguenza, tutte le opere necessarie per la fornitura idropotabile delle risorse idriche. Ultimati gli impianti che furono utilizzabili già dal 1966, emerse la necessità di

attuare una gestione unificata del servizio idrico potabile grazie all'istituzione di una apposita amministrazione nell'ambito del Consorzio Baraggia che si occupasse della gestione presso i Comuni consorziati. Una commissione di 11 membri fu incaricata dal 1970 con lo scopo di controllarne la gestione. (Fonte: Verso l'Europa col computer, *Consorzio di Bonifica Vercellese*, 1980)

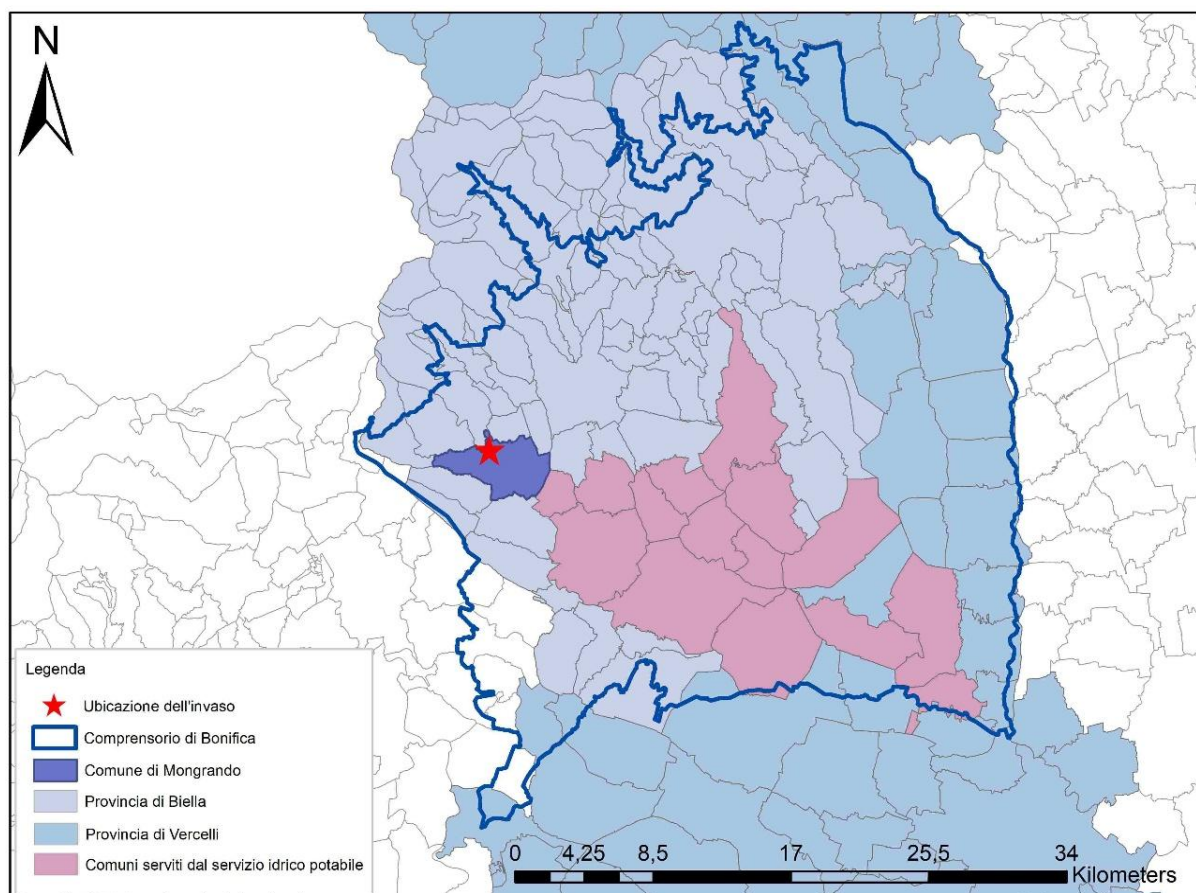


Fig. 53: Comuni serviti dal servizio idrico potabile. (Fonte: SIT - CBBBV)

Nel 1976 un eccezionale sviluppo demografico dei Comuni serviti dall'acquedotto consortile comportò un aumento del consumo pro-capite per abitante. Di fronte a questo incremento demografico e al concomitante fenomeno di scarsità idrica, il Consorzio segnalò alla Regione e agli Enti Locali territoriali la grave situazione della zona. Le amministrazioni comunali concordarono che l'unica soluzione al problema potesse essere la realizzazione di un apposito invaso artificiale da utilizzare a scopo irriguo e potabile. (Fonte: Verso l'Europa col computer, *Consorzio di Bonifica Vercellese*, 1980)

La realizzazione delle prime infrastrutture a uso potabile risale al 1966 insieme alla costituzione del Consorzio dei Comuni per l'acquedotto della Baraggia Vercellese che ha operato fino al 1994 anno in cui entrò in vigore la Legge Galli del 5 gennaio. La legge, fortemente innovativa, riconosceva l'acqua come un bene primario ed essenziale, promuovendo al contempo un uso sostenibile delle risorse idriche. In ottemperanza alla Legge Galli, il Consorzio dei Comuni per l'acquedotto della Baraggia Vercellese, che nel frattempo si trasformò in Consorzio Idrico, assunse la denominazione attuale di Servizio Idrico Integrato spa (SIIsa). Dall'anno 2000 hanno aderito alla Società oltre 45 amministrazioni di cui 20 servite dall'invaso sul Torrente Ingagna per un totale di 125.000 abitanti. In definitiva al SIIsa fu attribuito il compito di captazione, accumulo, adduzione e distribuzione dell'acqua a uso idropotabile. (Fonte: 80 Anni di Baraggia, *Carmelo Iacopino*, 1922-2002, Consorzio Baraggia)

Nel 1997, con la Legge n. 13, furono istituite le ATO, ovvero le Autorità d'Ambito Ottimale, in cui il SIIsa opera attualmente. All'interno dell'ATO n° 2 è presente una popolazione di 452.000 abitanti suddivisa su una superficie di 3337 km² su 55 Comuni. Dopo l'insediamento dell'ATO n° 2, avvenuto nel 2002, è stato adottato l'atto n. 35 del 17 marzo del 2003, con il quale sono stati fissati i criteri di organizzazione e gestione del SIIsa. In particolare la SIIsa serve circa 115.000 abitanti suddivisi attualmente su 60 Comuni.

Parte seconda – il modello dell'area di studio

12.1 Introduzione al caso studio

La ricerca prevede un'indagine sulla disponibilità idrica ad uso irriguo, potabile e idroelettrico presso l'invaso sul torrente Ingagna ubicato in provincia di Biella. L'invaso è stato realizzato dal Consorzio di Bonifica della Baraggia Biellese e Vercellese (CBBBV) che nello scorso secolo ha avuto un ruolo determinante nella trasformazione e nella valorizzazione del territorio della Baraggia nonché il compito di bonifica tra le Province di Biella e Vercelli. (Fonte: www.consorziobaraggia.it)

Il 16 luglio 1922, il Decreto del Ministero per l'Economia Nazionale definì il comprensorio della Baraggia come *territorio di bonifica*, da sottoporre a una trasformazione economica e sociale di pubblico interesse. L'area individuata si estendeva tra la parte settentrionale della provincia di Vercelli e quella meridionale della provincia di Biella. Successivamente per realizzare gli interventi necessari alla trasformazione del comprensorio venne costituito il Consorzio di Bonifica della Baraggia Biellese e Vercellese, ente pubblico ed economico incaricato di operare su quest'area depressa mediante la realizzazione di opere per la bonifica. (Fonte: www.consorziobaraggia.it)

In seguito alla costituzione del Consorzio, sono state realizzate le infrastrutture necessarie a colmare le profonde carenze del territorio, tra cui acquedotti e condotte per la distribuzione a uso irriguo, valorizzando sia i terreni già coltivati nella parte centro-orientale del comprensorio, sia quelli destinati alla nuova irrigazione.

La ricerca approfondisce il tema della fornitura dall'invaso di acqua a uso irriguo a pioggia in 9 Comuni, mentre l'irrigazione dei territori risicoli a scorrimento non è stata considerata nell'analisi. Nell'anno 2000, in attuazione della Legge Galli del 1994, nasceva il Servizio idrico Integrato (SIIsipa) dalla trasformazione e dalla suddivisione degli usi irrigui la cui gestione resta al Consorzio di Bonifica Baraggia. La gestione dell'uso potabile venne affidata alla SIIsipa che amministra il servizio di fornitura d'acqua in oltre 50 Comuni presenti in Autorità Ambito Ottimale n° 2. Di questi Comuni serviti dall'uso potabile, solo 20 sono serviti dall'acqua dell'invaso e sono oggetto della ricerca. (Fonte: www.siiisipa.it)

12.2 Descrizione del modello di analisi

L'analisi della disponibilità idrica è stata condotta adottando un approccio articolato su diversi livelli di approfondimento. La definizione delle fasi di studio ha consentito di affrontare la tematica in modo sistematico e scientificamente rigoroso, seguendo l'intero percorso delle risorse idriche: dalle precipitazioni raccolte nel bacino idrografico di riferimento, all'accumulo nell'invaso, fino alla distribuzione capillare sul territorio, sia a livello comprensoriale che locale. L'obiettivo è quello di costruire uno schema logico di riferimento in grado di offrire al lettore una guida chiara lungo l'intera filiera dell'acqua, comprendente i processi di raccolta, accumulo, distribuzione e utilizzo finale. Per ottenere questo risultato la ricerca è stata suddivisa in due grandi parti:

- 1) Il modello dell'offerta in base alla disponibilità idrica;
- 2) Il modello della domanda in base ai consumi degli usi considerati tra cui, potabile, irriguo e idroelettrico.

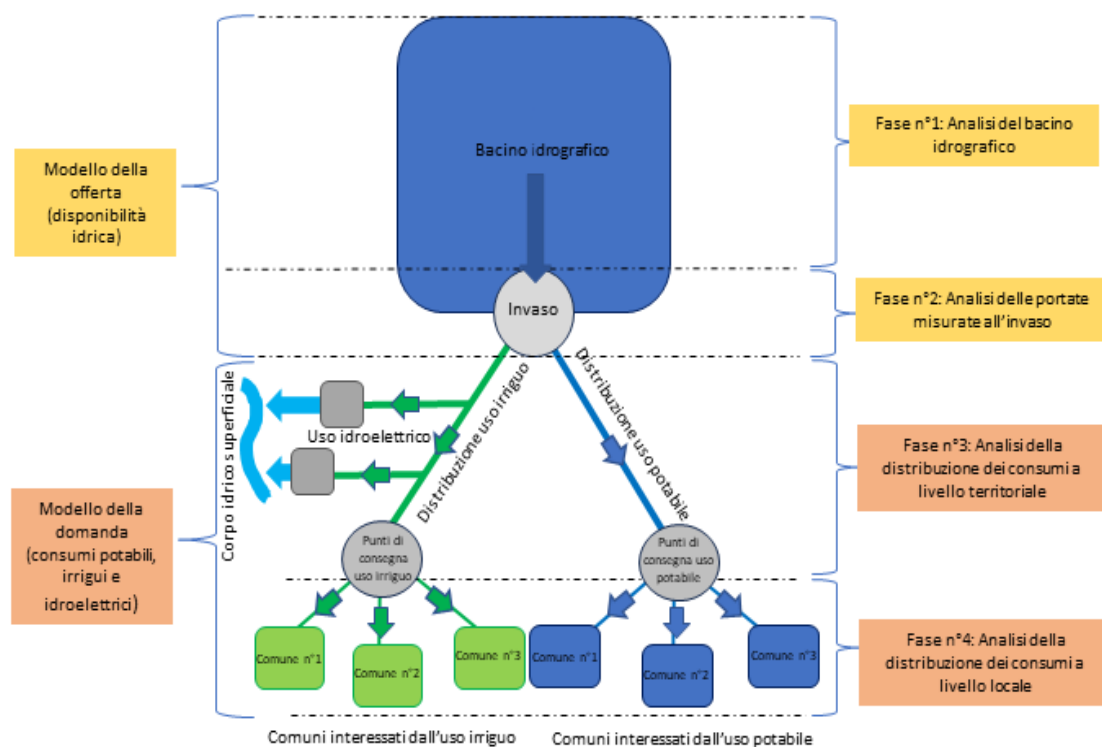


Fig. 54: Schema del modello di analisi utilizzato. (Fonte: Elaborazione propria)

Successivamente il modello dell'offerta e della domanda sono stati suddivisi rispettivamente in quattro fasi:

Modello dell'offerta:

- Fase n° 1: Analisi del bacino idrografico;
- Fase n° 2: Analisi delle portate misurate all'invaso.

Modello della domanda:

- Fase n° 3: Analisi della distribuzione dei consumi a livello territoriale;
- Fase n° 4: Analisi della distribuzione dei consumi a livello locale.

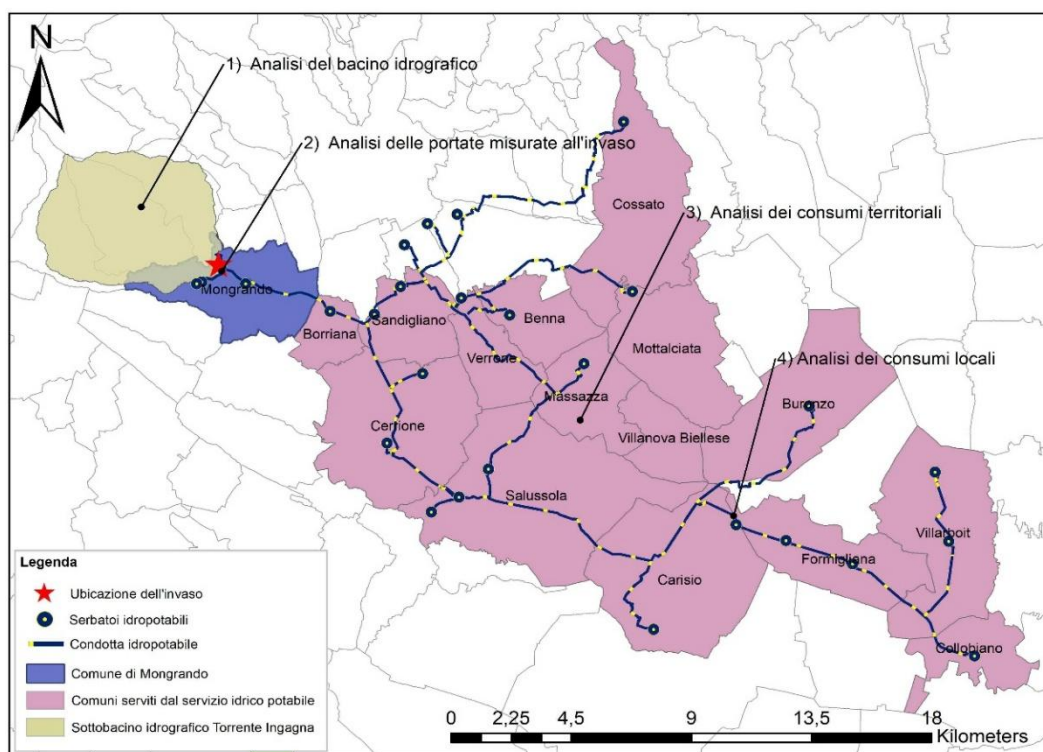


Fig. 55: Schema del modello di analisi a uso potabile. (Fonte: Elaborazione propria)

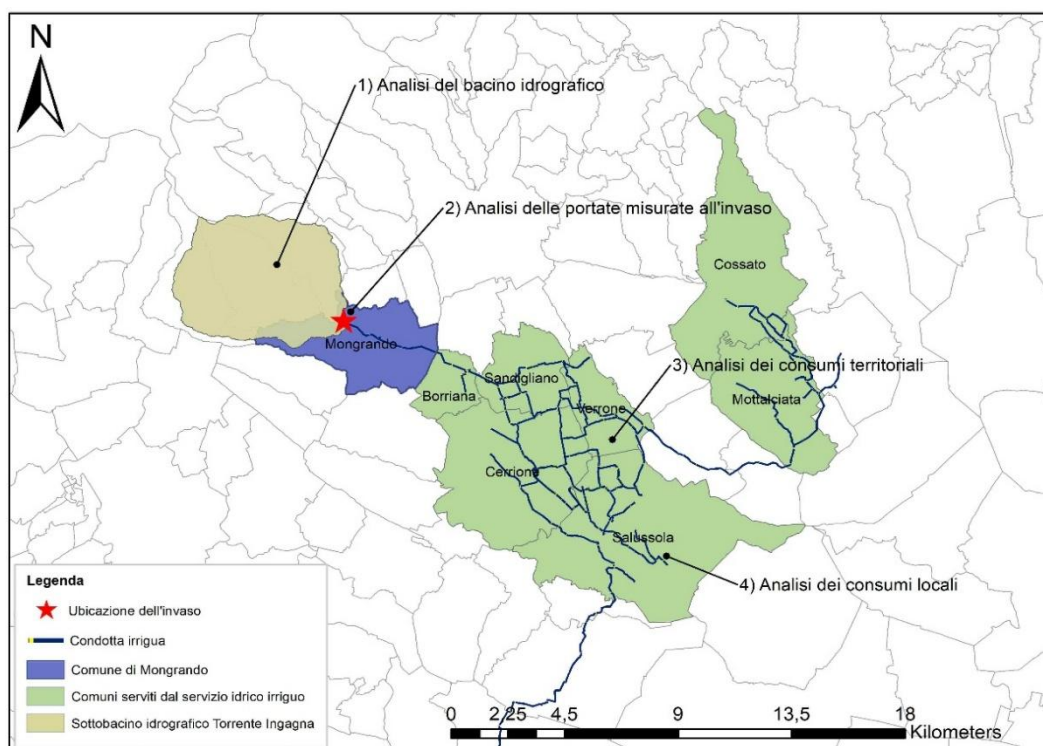


Fig. 56: Schema del modello di analisi a uso irriguo. (Fonte: Elaborazione propria)

In generale il modello segue il principio del bilancio idrico esposto nei paragrafi precedenti tenendo in considerazione tre variabili: la portata in ingresso, la portata derivata e la portata in uscita dal bacino idrografico di riferimento secondo la seguente equazione e schema.

$$V_{in} - V_{der} = V_{out}$$

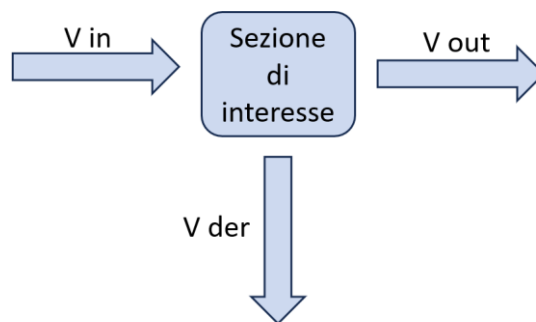


Fig. 57: Schema del modello di analisi a uso irriguo. (Fonte: Elaborazione propria)

13.0 Il modello dell'offerta e della disponibilità idrica

13.1 Fase n° 1: analisi del bacino idrografico

La prima fase consiste nell'analisi del bacino idrografico, fondamentale per la costruzione del modello dell'offerta idrica. Il livello di dettaglio dell'analisi è illustrato nell'immagine sottostante:

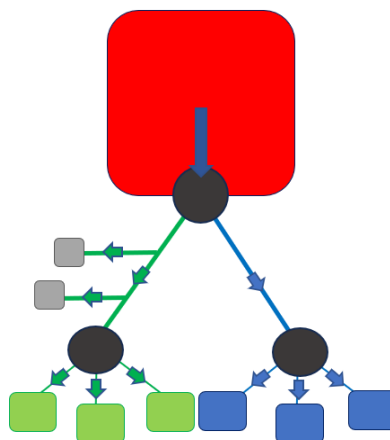


Fig. 58: Livello di analisi considerato. (Fonte: Elaborazione propria)

L'individuazione del bacino idrografico, considerato nella ricerca, è stata effettuata con software Grass. Grazie alla funzione *r.watershed* è stato possibile specificare i parametri del bacino idrografico sotteso al punto di chiusura sull'invaso sul Torrente Ingagna ubicato nel Comune di Mongrando in Provincia di Biella. Nel dettaglio sono stati creati tramite strumenti GIS i seguenti output tra cui: *Accomulation raster map*, *Drainage direction raster map*, *Stream segment raster map*, *Basins raster map* ottenuti grazie alle elaborazioni effettuate sulla DTM (Digital Terrain Model). (Fonte: www.grass.eu), (Fonte: www.geoportale.piemonte.it)

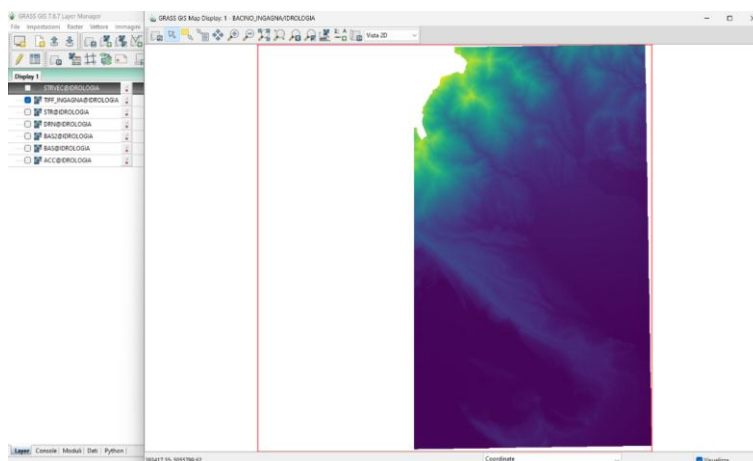


Fig. 59: Digital terrain model. (Fonte: Software Grass)

L'elaborazione definita come *Accomulation raster map* permette di individuare i flussi superficiali che attraversano le celle del formato raster³⁷ considerato. Il valore delle celle è determinato dalla sommatoria delle celle che, da una quota superiore a quella inferiore, in base alla pendenza, determinano la direzione del flusso superficiale. (Fonte: www.grass.eu)

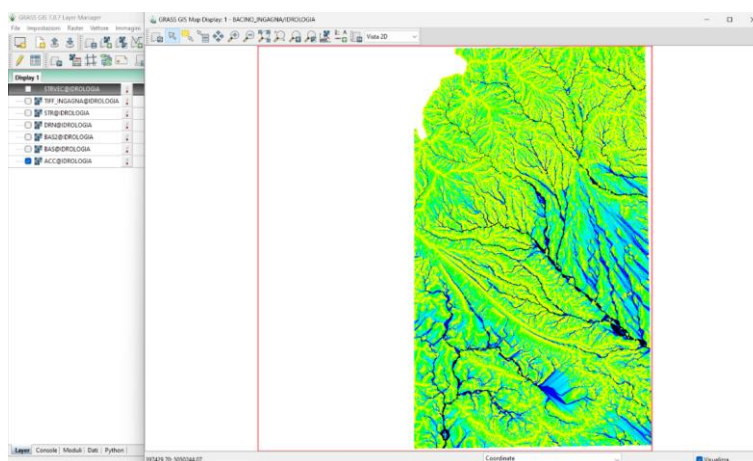


Fig. 60: Accomulation raster map. (Fonte: Software Grass)

³⁷ L'elemento raster nella computer grafica è usato per descrivere un'immagine in formato digitale che si contrappone alla grafica vettoriale. (Fonte: www.qgis.org)

L'elaborazione definita come *Drainage direction raster map* ha permesso di individuare il senso di percorrenza delle acque mediante un sistema di numerazione delle celle raster originarie da zero a uno per un totale di 8 direzioni. (Fonte: www.grass.eu).

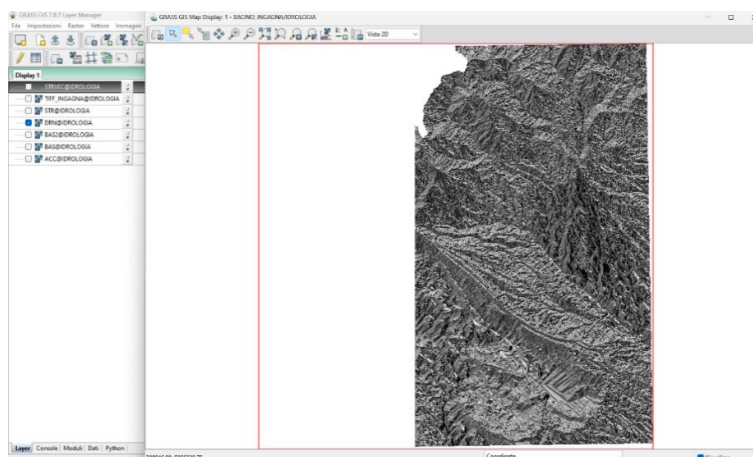


Fig. 61: *Drainage raster map*. (Fonte: Software Grass)

L'elaborazione definita come *Stream segment raster map* permette di individuare i segmenti di flusso delle acque superficiali la cui densità dipende dal parametro di map units. Tale elaborazione consente di identificare le aste principali dei bacini che saranno utili nella fase di delimitazione del bacino di studio. (Fonte: www.grass.eu)

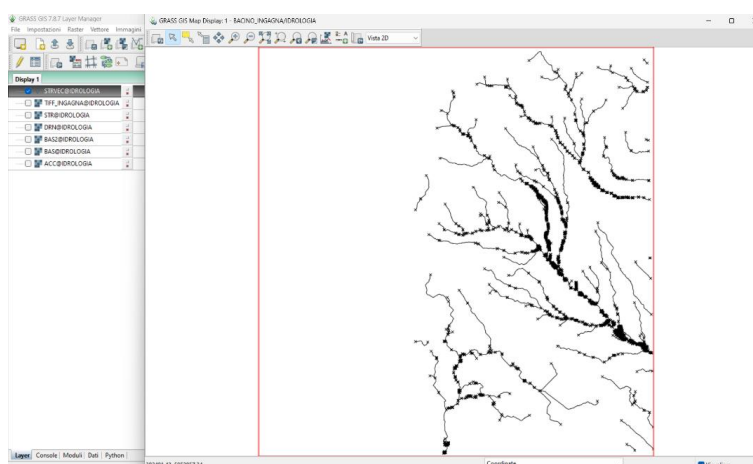


Fig. 62: *Stream segment raster map*. (Fonte: Software Grass)

Successivamente è stata utilizzata la funzione *r.water.outlet* per poter identificare il bacino idrografico dell'area di studio grazie all'individuazione del punto di chiusura che corrisponde allo sbarramento dell'invaso sul Torrente Ingagna ubicato nel Comune di Mongrando in Provincia di Biella.

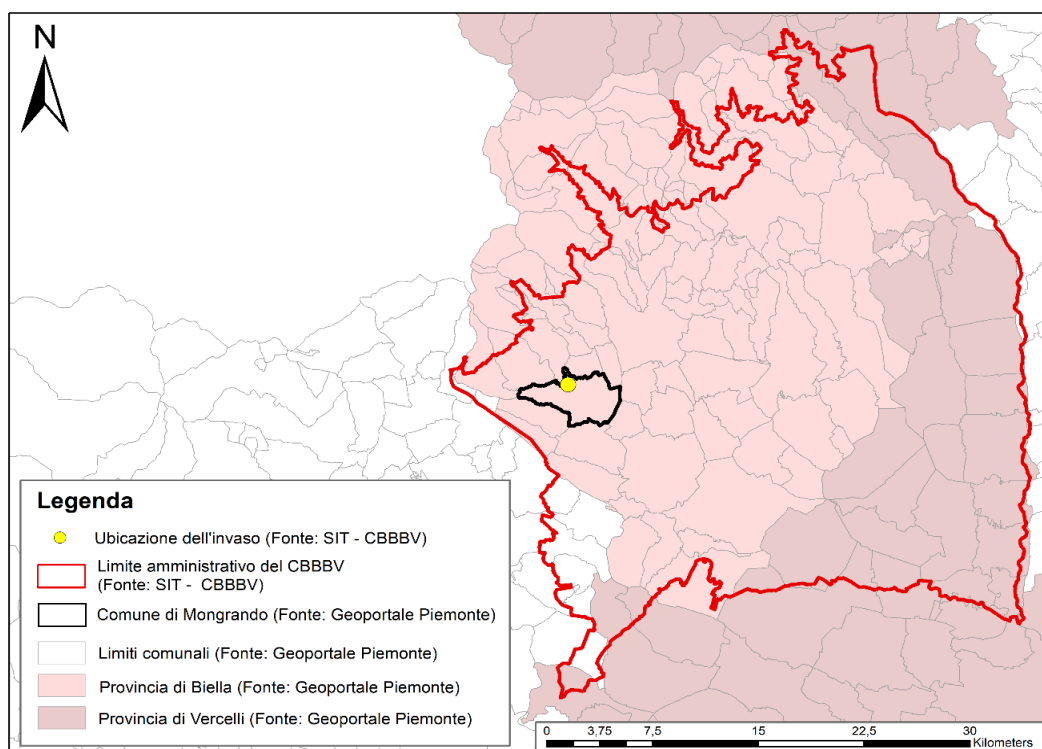


Fig. 63: Ubicazione del punto di chiusura nel comprensorio di bonifica. (Fonte: Elaborazione propria)

Il punto di chiusura corrisponde al massimo valore di accumulazione in base all'estensione del bacino idrografico che viene determinata dal software Grass grazie all'impostazione del valore di superficie pari a 10.000 map units inseriti successivamente nello script *r-watershed*. (Fonte: www.grass.eu)

Questa elaborazione ha permesso di determinare il sistema dei bacini *Basins raster maps* presenti nell'area di studio da cui l'aggregazione finale ha generato l'estensione territoriale del bacino idrografico analizzato nella ricerca. (Fonte: www.grass.eu)

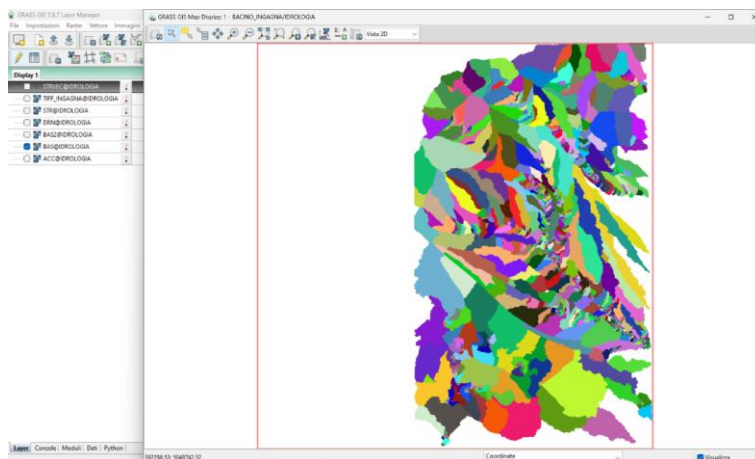


Fig. 64: Basins raster maps. (Fonte: Software Grass)

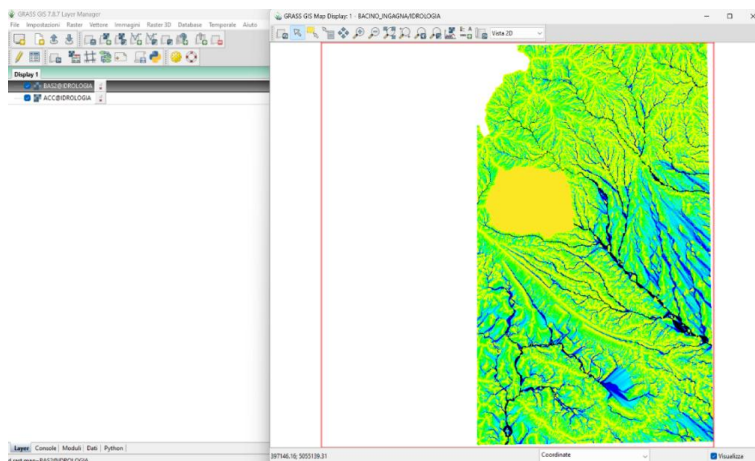


Fig. 65: Individuazione del bacino di studio. (Fonte: Software Grass)

13.1.1 Definizione del bacino idrografico

Il bacino idrografico ottenuto con software Grass risulta avere una estensione di 30,1 Km². Nonostante il punto di chiusura sia ubicato nel Comune di Mongrando, la maggior parte dell'estensione territoriale del bacino idrografico risulta essere distribuita sul Comune di Netro in direzione nord mentre a est e a ovest risulta distribuito sul Comune di Graglia e Donato.

Il reticolo idrografico mostra una numerosa quantità di corsi d'acqua di alta montagna che sono tributari del Torrente Ingagna su sponda idrografica sinistra. In particolare si notano il Rio Ara e il Rio Gre che determinano i limiti amministrativi a est e a ovest del Comune di Netro, mentre lo stesso

Torrente Ingagna definisce il confine sud dello stesso Comune. (Fonte: www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/)

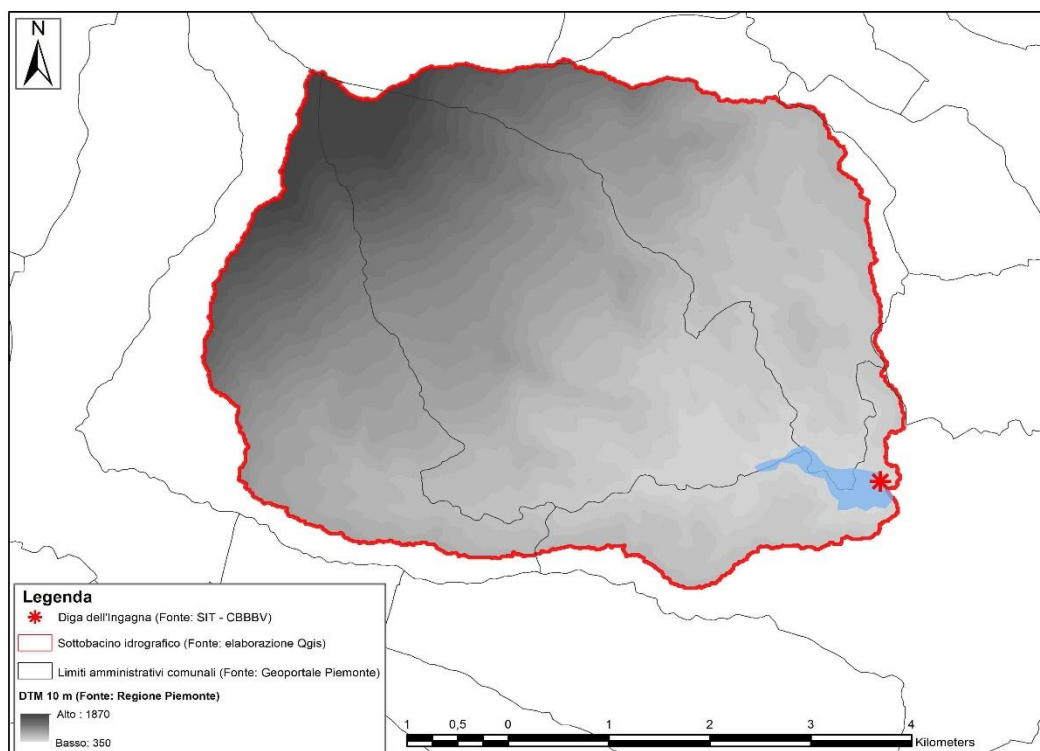


Fig. 66: Il bacino idrografico di studio. (Fonte: Elaborazione Qgis)

13.1.2 Informazioni generali di bacino

Tramite la consultazione dello *Stream segment raster map* è stato possibile individuare l'asta principale della rete di drenaggio del bacino idrografico oggetto di studio corrispondente con il torrente Ingagna, successivamente con il comando *profile tool* di Qgis è stato possibile determinarne il profilo, la pendenza e il dislivello (Fonte: www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/) secondo la seguente formula:

$$Pendenza\% = [A_1 - A_2 / Dist] * 100$$

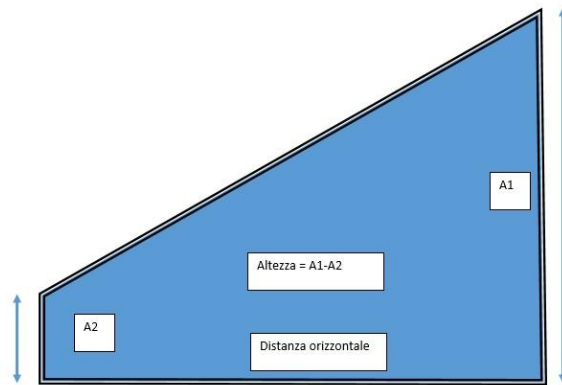


Fig. 67: Calcolo della pendenza. (Fonte: Elaborazione propria)

Successivamente, in ambiente GIS, sono stati calcolati i parametri sintetici, tra cui le informazioni morfologiche generali, gli indicatori di forma del bacino e la curva ipsografica. I dati ottenuti sono stati poi importati in excell per ulteriori analisi.

Bacino Idrografico		
Area	30,1	Km ²
Perimetro	31,2	Km
Asta principale		
Lunghezza	6,12	Km
Dislivello	370	m.s.l.m.
Quota max	1477	m.s.l.m.
Quota min	325	m.s.l.m.

Tab. 24: Dati morfologici generali. (Fonte: Elaborazione Qgis)

Oltre ai parametri sintetici sopraindicati sono stati elaborati gli indicatori di forma del bacino al fine di descriverne la conformazione fisica.

Coefficiente	Descrizione	Formula	Valore
Rapporto di circolarit�	Forma circolare	$Rc = (4\pi * Area) / Perimetro$	12,1
Coefficiente di compattezza	Regolarit� del contorno	$Cc = Perimetro / 2 * (\sqrt{\pi * Area})$	1,6
Fattore di forma	Sinuosit� dell'asta principale	$Ff = Area / Lungh^2$	0,8
Rapporto di allungamento	Contorno del bacino allungato	$Ra = 2 * \sqrt{Area} / Lungh * \sqrt{\pi}$	3,1

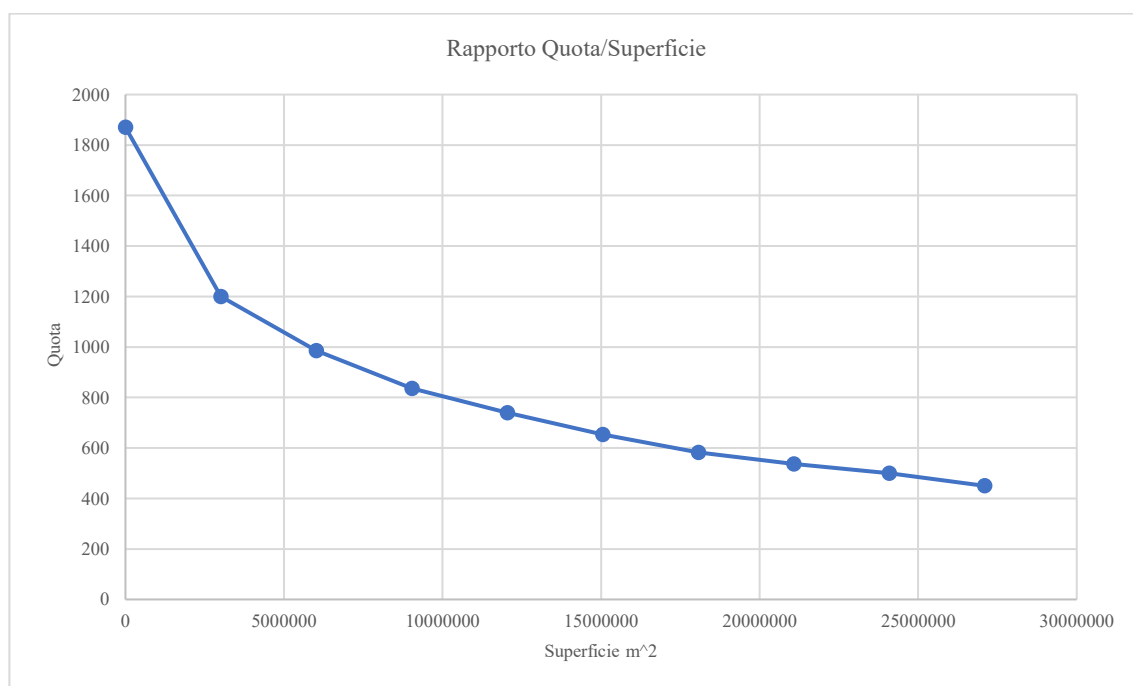
Tab. 25: Indicatori di forma del sottobacino. (Fonte: Elaborazione propria)

Infine è stata elaborata la curva ipsografica del bacino utilizzando la funzione *r-univar* di Qgis. Questo tool ha permesso di individuare la distribuzione in percentili in relazione ai km² di estensione di bacino classificati in base alle quote altimetriche sul livello del mare.

Percentili	Valore	Atot*percentili/100	Atot-Apercentili	Quote
Perc	10	3.011.094	27.099.847	450
Perc	20	6.022.188	24.088.753	500
Perc	30	9.033.282	21.077.659	537
Perc	40	12.044.376	18.066.565	582
Perc	50	15.055.471	15.055.471	654
Perc	60	18.066.565	12.044.376	740
Perc	70	21.077.659	9.033.282	836
Perc	80	24.088.753	6.022.188	985
Perc	90	27.099.847	3.011.094	1200
Perc	100	30.110.942	0	1870

Tab. 26: Tabella di calcolo dei percentili. (Fonte: Elaborazione propria)

La curva ipsografica così ottenuta mostra un bacino idrografico maturo. Si evidenzia, nel segmento prossimo alla testata, un tratto tipico di uno stadio maggiormente senile rispetto alla restante estensione del bacino avente quota rispettivamente massima 1.800 m.s.l.m. e minima 1.200 m.s.l.m.



Graf. 8: Grafico della curva ipsografica. (Fonte: Elaborazione Qgis)

13.1.3 I parametri di calibrazione di HEC-HMS

Il modello della risposta idraulica descrive la modalità con cui si genera il deflusso all'interno del bacino. Il trasporto idrico avviene attraverso la rete di drenaggio e la sua forma incide sulla rapidità della risposta e dunque sul deflusso. (Fonte: www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/)

I fattori di principale influenza sono quattro: l'area, la pendenza, la forma e la densità di drenaggio. In seguito vengono descritte le fasi di individuazione di questi parametri che serviranno a calibrare il modello HMS.

13.1.4 Il modello delle perdite

Il modello delle perdite è in stretta relazione alla capacità di deflusso superficiale la cui portata generata raggiunge la sezione di chiusura precedentemente considerata. La relazione tra il deflusso e le perdite si individua tramite la seguente formula:

$$Deflusso[mm] = Precipitazioni - Perdite$$

$$Deflusso[mm] = [Precipitazioni - (Intercettazione + Invasi + Infiltrazione)]$$

Ai fini della modellazione è stato utilizzato il raster denominato *SCS - Curve Number*, un parametro adimensionale fornito dalla Regione Piemonte e determinato in funzione della tipologia di suolo, della sua natura litologica, della copertura del terreno, della vegetazione presente e delle condizioni di umidità. Questo parametro consente di stimare la capacità di infiltrazione del suolo.

$$S[mm] = S_o * (100 - 1) / CN$$

$$S[mm] = 254 * (100 - 1) / CN$$

Essa dipende dalle perdite iniziali [**La**] e dalle infiltrazioni continue [**Fa**] da cui si ottiene il deflusso superficiale [**Q**] detto anche precipitazioni in eccesso [**Pe**]:

$$Q[mm] = Pe = (P - La)^2 / P - La + S$$

Il valore di Curve Number è stato quindi individuato tramite la consultazione del raster fornito dalla Regione Piemonte dal quale è stato calcolato il valore medio all'interno del perimetro del bacino idrografico di studio ottenendo un valore di 79,63. Considerando che il valore di Curve Number è compreso tra 30 e 100, il bacino idrografico analizzato presenta una predisposizione territoriale prevalente al deflusso superficiale. (Fonte: www.hec.usace.army.mil)

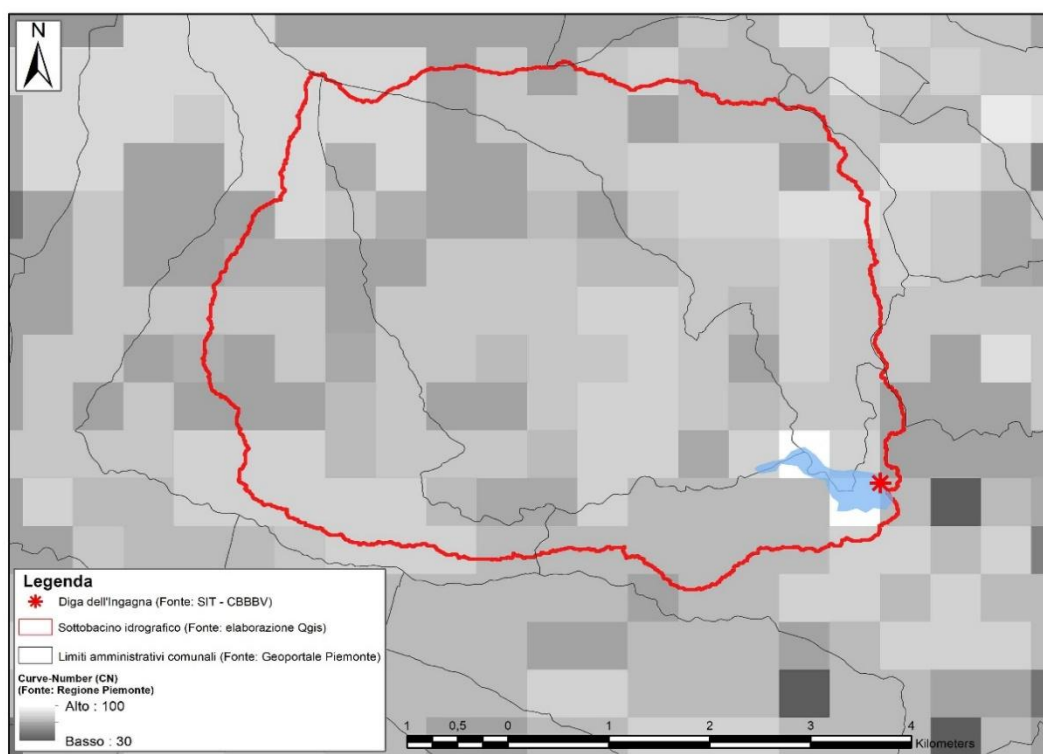


Fig. 68: Mappatura del Curve Number. (Fonte: Elaborazione Qgis)

La procedura di Qgis ha comportato l'utilizzo della funzione *statistiche zonale* per il calcolo del valore medio di Curve Number pari a 79,63 all'interno del perimetro del bacino individuato.

13.1.5 La velocità di concentrazione e il Lag Time

Considerando che il tempo di concentrazione è il tempo necessario alla formazione dell'onda di piena all'interno del corso d'acqua di riferimento in base allo scorrimento lungo tutta l'estensione del bacino idrografico, l'asta fluviale è stata suddivisa in 7 classi di pendenza calcolate con il profile tool di Qgis. (Fonte: www.hec.usace.army.mil)

	Pendenza (%)			
Tipo di scorrimento	0 - 3	4 - 7	8 - 11	> 12
A - Diffuso				
boschi	0 - 0.45	0.45 - 0.75	0.75 - 1.0	> 1.0-
pascoli	0 - 0.75	0.75 - 1.0	1.0 - 1.25	> 1.25
coltivi	0 - 0.9	0.90 - 1.35	1.35 - 1.65	> 1.65
zone pavimentate	0 - 2.5	2.5 - 4.0	4.0 - 5.1	> 5.1-
B - Concentrato: in alvei naturali non ben definiti	0 - 0.60	0.60 - 1.20	1.20 - 2.10	> 2.10

Tab. 27: Tabella di Chow. (Fonte www.web.archive.org)

Questa analisi delle pendenze ha permesso di ottenere un valore più preciso. Inoltre, evidenziando l'uso del suolo ricavato all'interno della *tabella di Chow*, è stato possibile ricavare le velocità di concentrazione per ogni tratto considerato da un cambio di pendenza secondo la seguente formula:

$$Tc[h] = Lunghezza/V_{Chow}$$

Successivamente, è stata effettuata la sommatoria dei sette valori ottenuti, ricavando così il tempo di concentrazione totale, ovvero il tempo entro il quale la risposta idrologica del bacino si concentra nel punto di chiusura. A partire da questo, è stato poi calcolato il *Lag Time*, pari al 60% del tempo di concentrazione, che rappresenta l'intervallo di tempo tra l'inizio dell'evento piovoso e il momento in cui si verifica il deflusso. Tale valore sarà necessario per la calibrazione del modello HMS descritto nel paragrafo successivo.

Km	Partenza	Arrivo	Dislivello	1000/ΔL	Pendenza%	Velocità chow	Velocità [m/s]	Tc [h]	tot Tc [h]	TL [h]	TL [min]
1000	680	570	110	0,11	11	1,35	740,74	0,21	2,71	1,62	96,6
1000	570	530	40	0,04	4	0,75	1333,33	0,37			
1000	630	410	220	0,22	22	2,1	476,19	0,13			
1000	460	400	60	0,06	6	0,6	1666,67	0,46			
1000	400	380	20	0,02	2	0,45	2222,22	0,62			
1000	380	350	30	0,03	3	0,35	2857,14	0,79			
1000	350	200	150	0,15	15	2,1	476,19	0,13			

Tab. 28: Calcolo del tempo di concentrazione. (Fonte: Elaborazione propria)

Vengono qui di seguito riportati i valori ottenuti necessari alla modellazione con HMS:

Curve Number	79,63	n.d
Lag Time	96,6	minuti
Area	30,1	Km ²

Tab. 29: Dati necessari per la modellazione con HMS. (Fonte: Elaborazione propria)

13.1.6 Analisi delle precipitazioni

Successivamente ai parametri ottenuti al fine della calibrazione del software HMS, descritti nei paragrafi precedenti, è necessario considerare le serie delle piogge per i periodi utili alla modellazione idrologica.

A tal fine, siccome lo scopo è individuare la disponibilità idrica al punto di chiusura, è stato possibile utilizzare direttamente i dati pluviometrici misurati attraverso il pluviometro posizionato sull'invaso. I dati utilizzati quindi non sono stimati, né ricavati da enti o amministrazioni, ma piuttosto sono dati di pioggia reali, misurati giornalmente su serie annua.

Le misurazioni effettuate al pluviometro sono presenti dall'anno 1998 al 2023. Grazie a questa notevole quantità di dati è stato possibile rappresentare il grafico delle piogge cumulate individuando la media annua. (Fonte: Studio STECI - Srl). Successivamente sono state selezionate tre serie di piogge annua in base a tre valori che sono rispettivamente:

- 1) Sopra la media pluviometrica annua riferita all'anno 2002;
- 2) Corrispondente alla media pluviometrica annua riferita all'anno 2021;
- 3) Sotto la media pluviometrica annua riferita all'anno 2022.

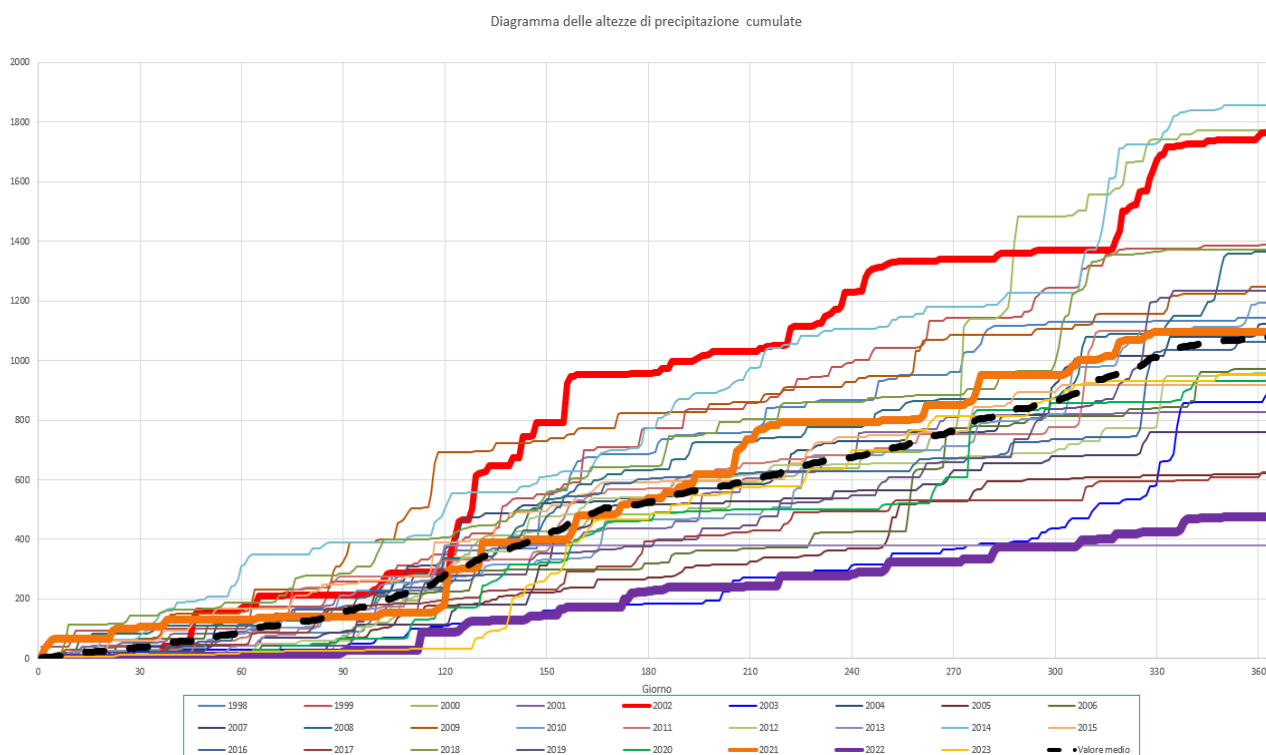


Fig. 69: Le piogge cumulate nelle serie annue considerate. (Fonte: Studio STECI-Srl)

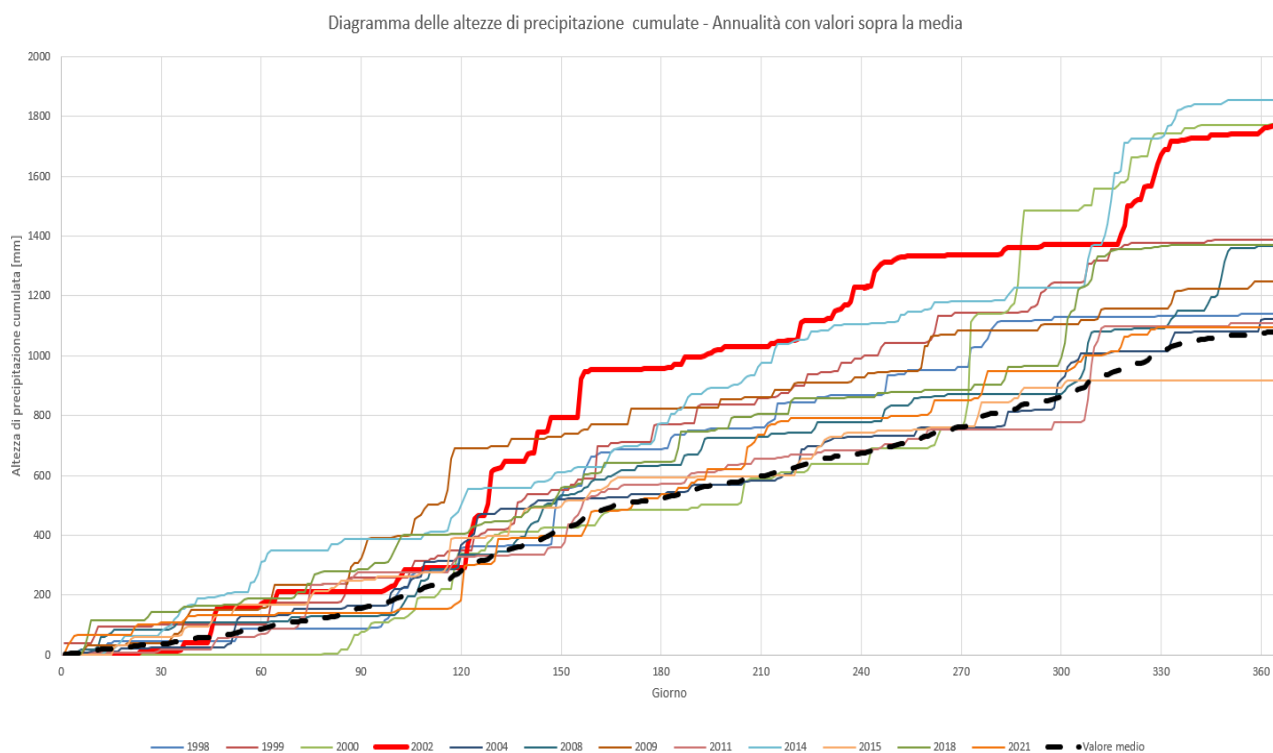


Fig. 70: Le piogge cumulate con valori sopra la media. (Fonte: Studio STECI-Srl)

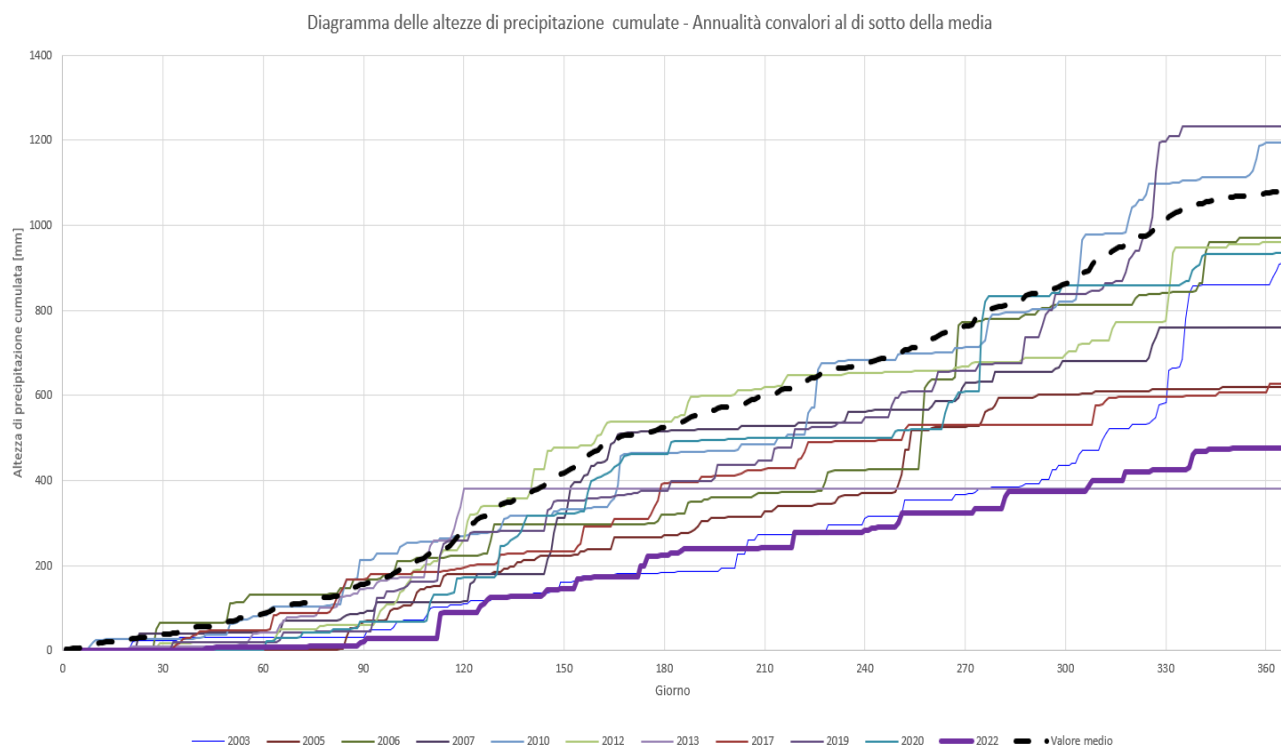


Fig. 71: Le piogge cumulate con valori sotto la media. (Fonte: Studio STECI-Srl)

13.1.7 Il modello HMS

In seguito è stata impostata la struttura del modello HEC- HMS suddividendo la modellazione secondo i tre anni selezionati: 2002, 2021 e 2022. Successivamente sono stati inseriti i parametri ottenuti dalle elaborazioni descritte nei paragrafi precedenti. (Fonte: HEC-HMS, *Idrologic Modeling System*, www.hec.usace.army.mil)

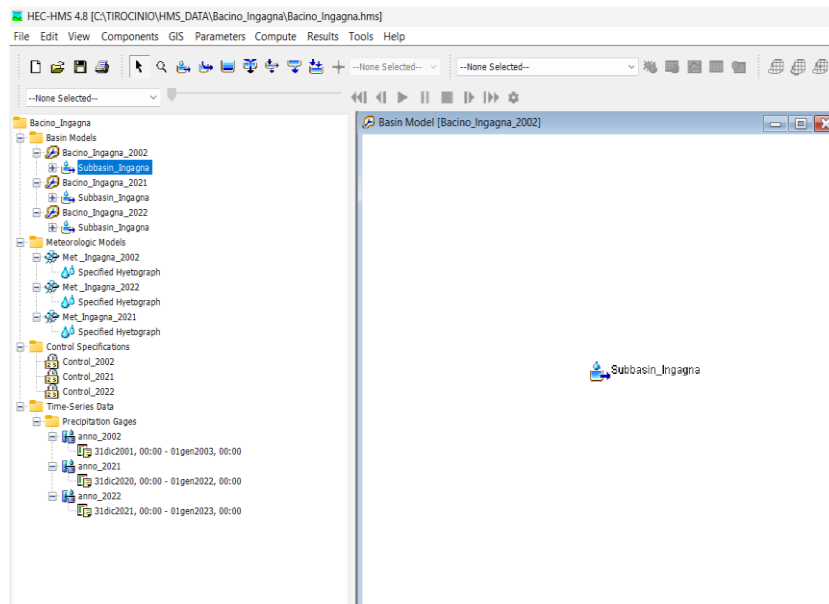


Fig. 72: La struttura del modello HMS. (Fonte: HEC - HMS)

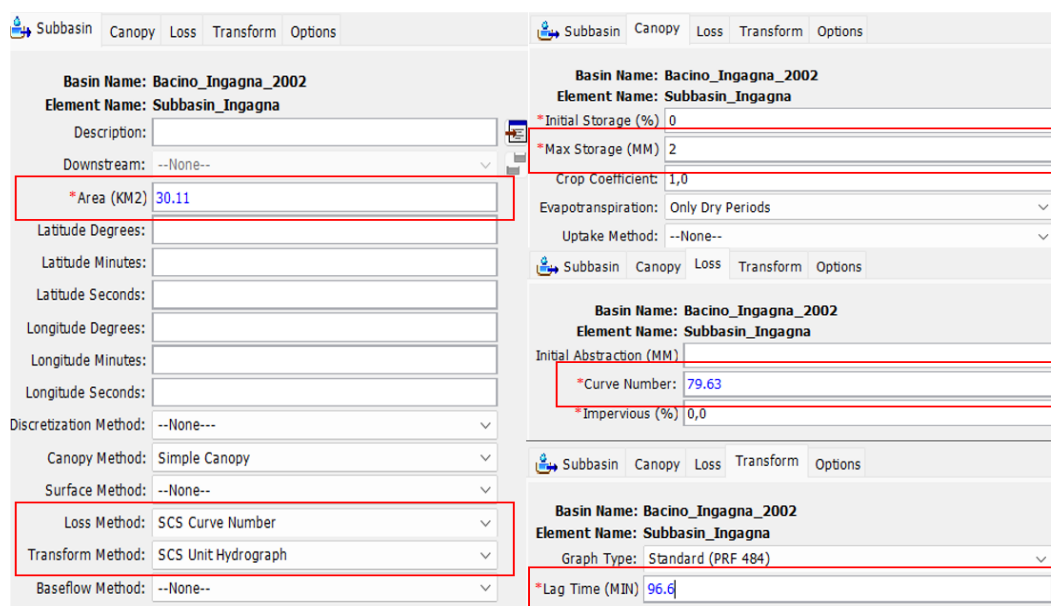


Fig. 73: Impostazione dei parametri in HMS. (Fonte: HEC - HMS)

13.1.8 I risultati ottenuti con HMS

I risultati ottenuti per l'anno 2002 evidenziano un valore di *discharge volume* pari a 50.692.000 m³/anno, un *precipitation volume* pari a 53.112.000 m³/anno e un *loss volume* di 2.415.000 m³/anno.

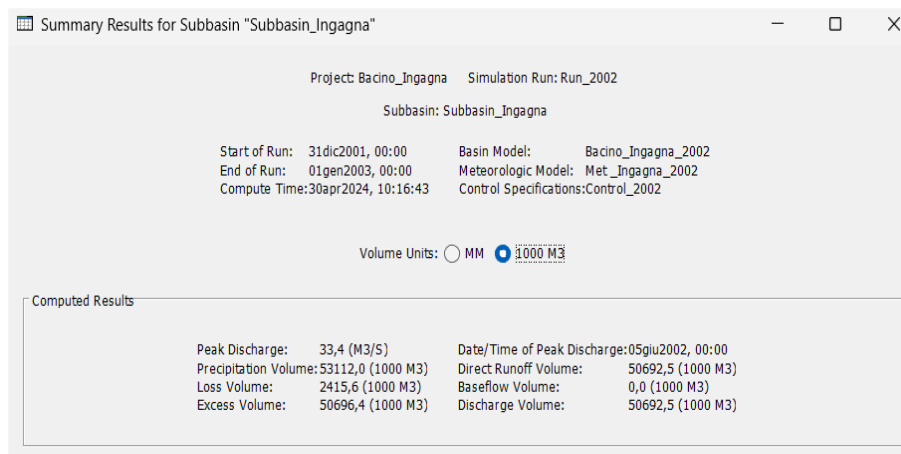


Fig. 74: Quadro riassuntivo dell'anno 2002. (Fonte: HEC - HMS)

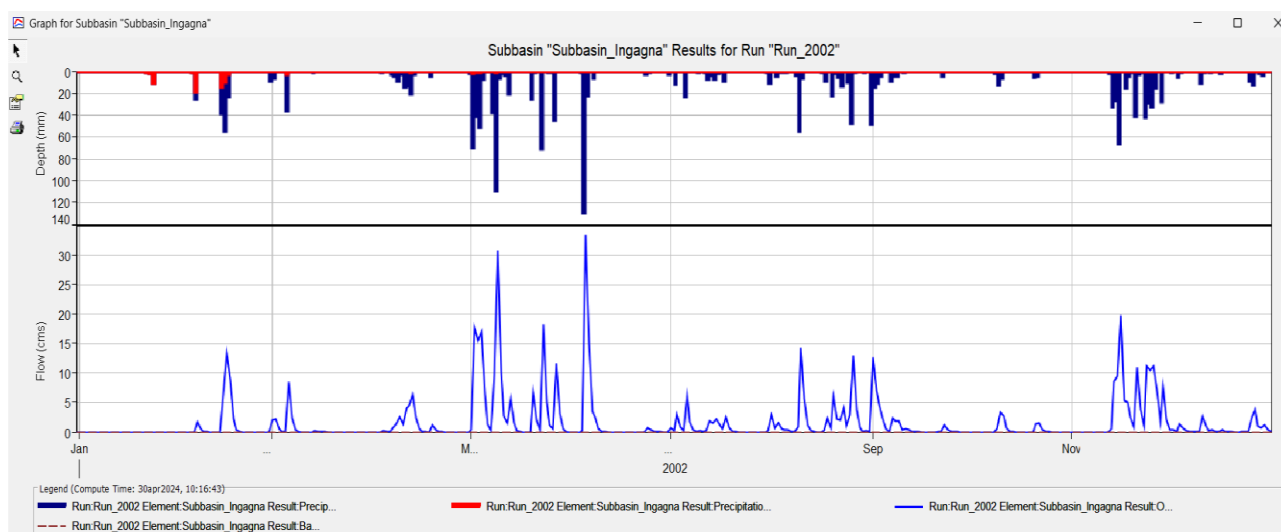


Fig. 75: Grafico dei risultati ottenuti per l'anno 2002. (Fonte: HEC - HMS)

I risultati ottenuti per l'anno 2021 evidenziano un valore di *discharge volume* pari a 30.532.000 m³/anno, un *precipitation volume* pari a 32.904.000 m³/anno e un *loss volume* di 2.371.000 m³/anno.

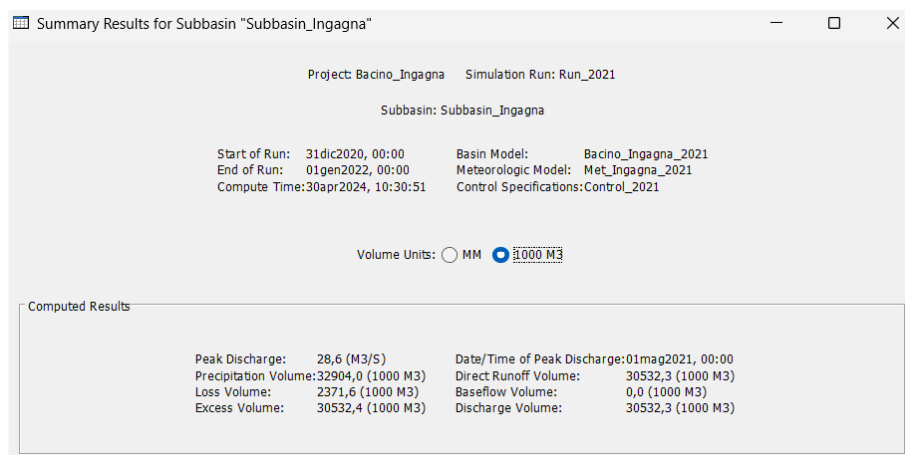


Fig. 76: Quadro riassuntivo dell'anno 2021. (Fonte: HEC - HMS)

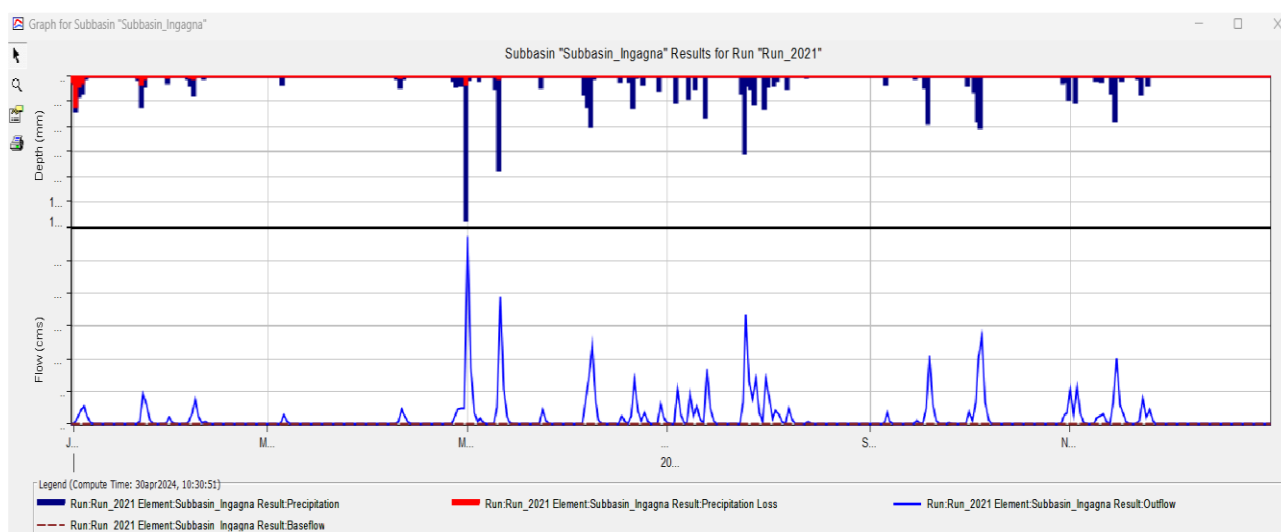


Fig. 77: Grafico dei risultati ottenuti per l'anno 2021. (Fonte: HEC - HMS)

I risultati ottenuti per l'anno 2022 evidenziano un valore di *discharge volume* pari a 12.018.000 m³/anno, un *precipitation volume* pari a 14.250.000 m³/anno e un *loss volume* di 2.231.000 m³/anno.



Fig. 78: Quadro riassuntivo dell'anno 2022. (Fonte: HEC - HMS)

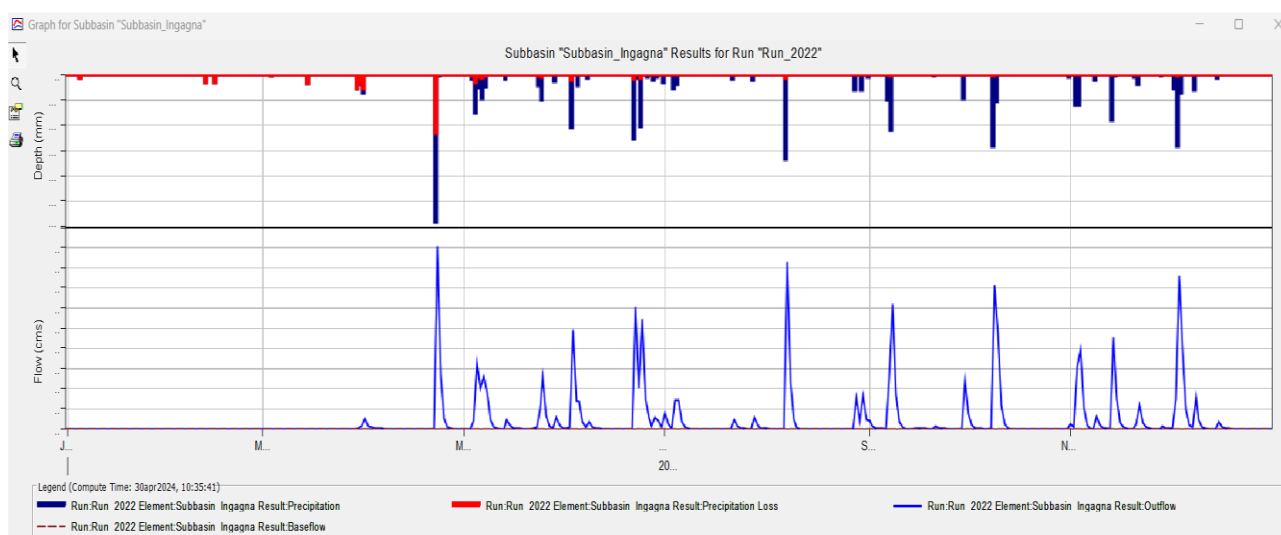
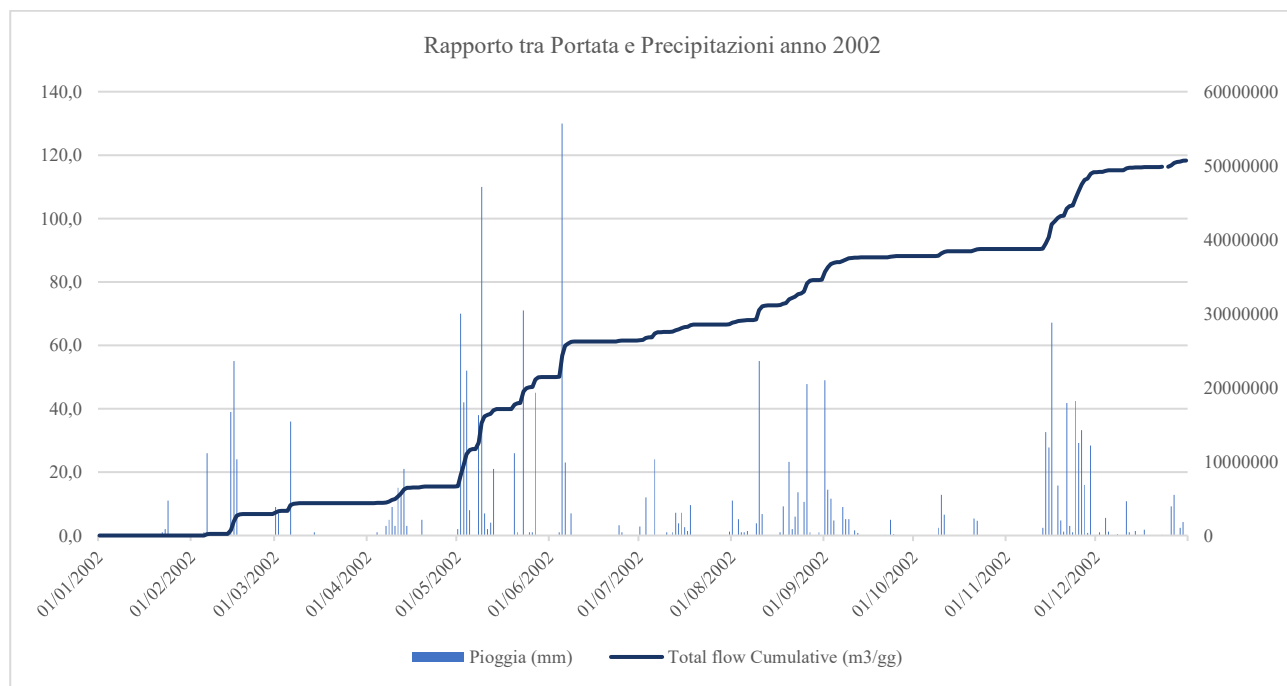


Fig. 79: Grafico dei risultati ottenuti per l'anno 2022. (Fonte: HEC - HMS)

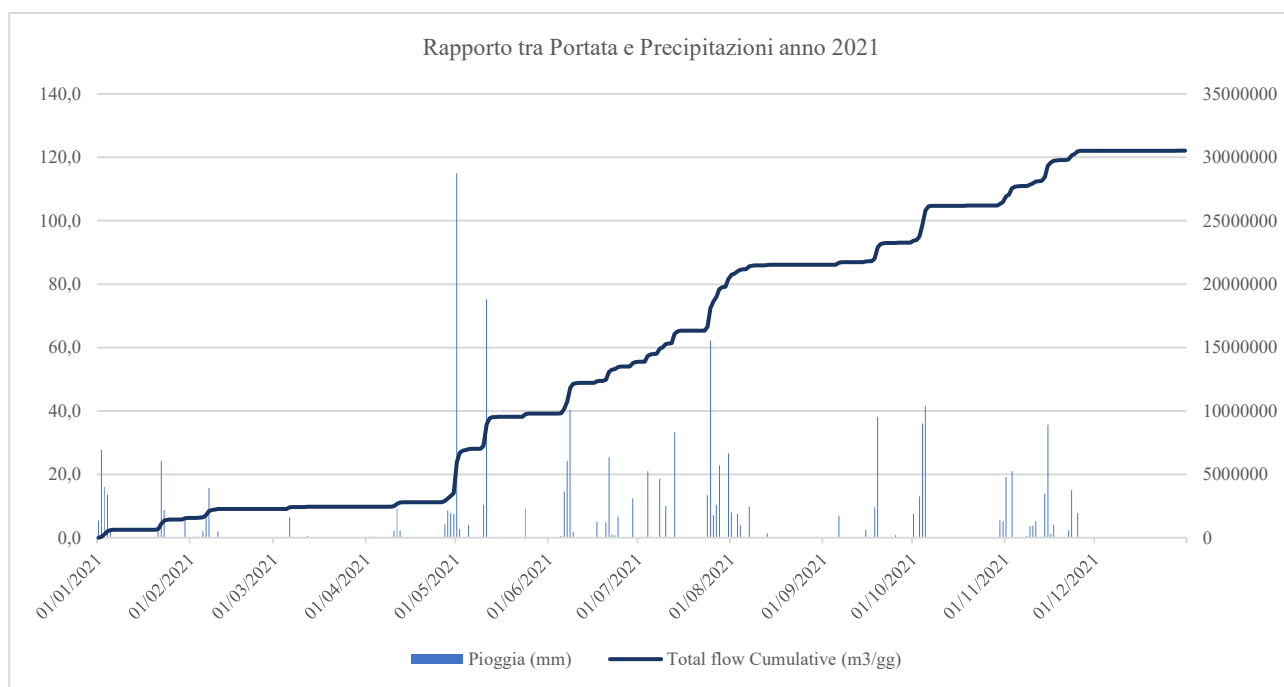
Successivamente i dati ricavati con HMS sono stati esportati in formato excell, da cui sono stati ottenuti ulteriori tre grafici che mettono in relazione le piogge con la portata cumulata al punto di chiusura per i tre anni considerati, 2002, 2021 e 2022.

Precipitazioni						Portata Bacino										
Data	Giorno	Mese	Anno	Pioggia (mm)	Cumulata (mm)	Data	Ora	Precipitazioni (mm)	Pendite (mm)	Eccedenza (mm)	Direct flow (m³/s)	Baseflow (m³/s)	Total flow (m³/s)	Total flow (m³/h)	Total flow (m³/gg)	Total flow Cumulative (m³/gg)
01/01/2002	1	1	2002	0.0	0.00	01-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02/01/2002	2	1	2002	0.0	0.00	02-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03/01/2002	3	1	2002	0.0	0.00	03-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04/01/2002	4	1	2002	0.0	0.00	04-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05/01/2002	5	1	2002	0.0	0.00	05-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06/01/2002	6	1	2002	0.0	0.00	06-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/01/2002	7	1	2002	0.0	0.00	07-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/01/2002	8	1	2002	0.0	0.00	08-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09/01/2002	9	1	2002	0.0	0.00	09-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/01/2002	10	1	2002	0.0	0.00	10-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11/01/2002	11	1	2002	0.0	0.00	11-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12/01/2002	12	1	2002	0.0	0.00	12-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13/01/2002	13	1	2002	0.0	0.00	13-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14/01/2002	14	1	2002	0.0	0.00	14-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15/01/2002	15	1	2002	0.0	0.00	15-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16/01/2002	16	1	2002	0.0	0.00	16-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17/01/2002	17	1	2002	0.0	0.00	17-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18/01/2002	18	1	2002	0.0	0.00	18-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19/01/2002	19	1	2002	0.0	0.00	19-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20/01/2002	20	1	2002	0.0	0.00	20-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21/01/2002	21	1	2002	0.0	0.00	21-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22/01/2002	22	1	2002	1.0	1.00	22-gen-02	00:00	1	1	0	0	0	0	0	0	0
23/01/2002	23	1	2002	2.0	3.00	23-gen-02	00:00	2	2	0	0	0	0	0	0	0
24/01/2002	24	1	2002	11.0	14.00	24-gen-02	00:00	11	11	0	0	0	0	0	0	0
25/01/2002	25	1	2002	0.0	14.00	25-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26/01/2002	26	1	2002	0.0	14.00	26-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27/01/2002	27	1	2002	0.0	14.00	27-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28/01/2002	28	1	2002	0.0	14.00	28-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29/01/2002	29	1	2002	0.0	14.00	29-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30/01/2002	30	1	2002	0.0	14.00	30-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31/01/2002	31	1	2002	0.0	14.00	31-gen-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01/02/2002	1	2	2002	0.0	0.00	01-feb-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02/02/2002	2	2	2002	0.0	0.00	02-feb-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03/02/2002	3	2	2002	0.0	0.00	03-feb-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04/02/2002	4	2	2002	0.0	0.00	04-feb-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05/02/2002	5	2	2002	1.0	1.00	05-feb-02	00:00	1	1	0	0	0	0	0	0	0
06/02/2002	6	2	2002	26.0	27.00	06-feb-02	00:00	26	19.01	6.99	1.8	0	1.8	6480	155520	155520
07/02/2002	7	2	2002	0.0	27.00	07-feb-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	43200	198720
08/02/2002	8	2	2002	0.0	27.00	08-feb-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	360	199080
09/02/2002	9	2	2002	0.0	27.00	09-feb-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	199360
10/02/2002	10	2	2002	0.0	27.00	10-feb-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	199680
11/02/2002	11	2	2002	0.0	27.00	11-feb-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	199960
12/02/2002	12	2	2002	0.0	27.00	12-feb-02	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	200240

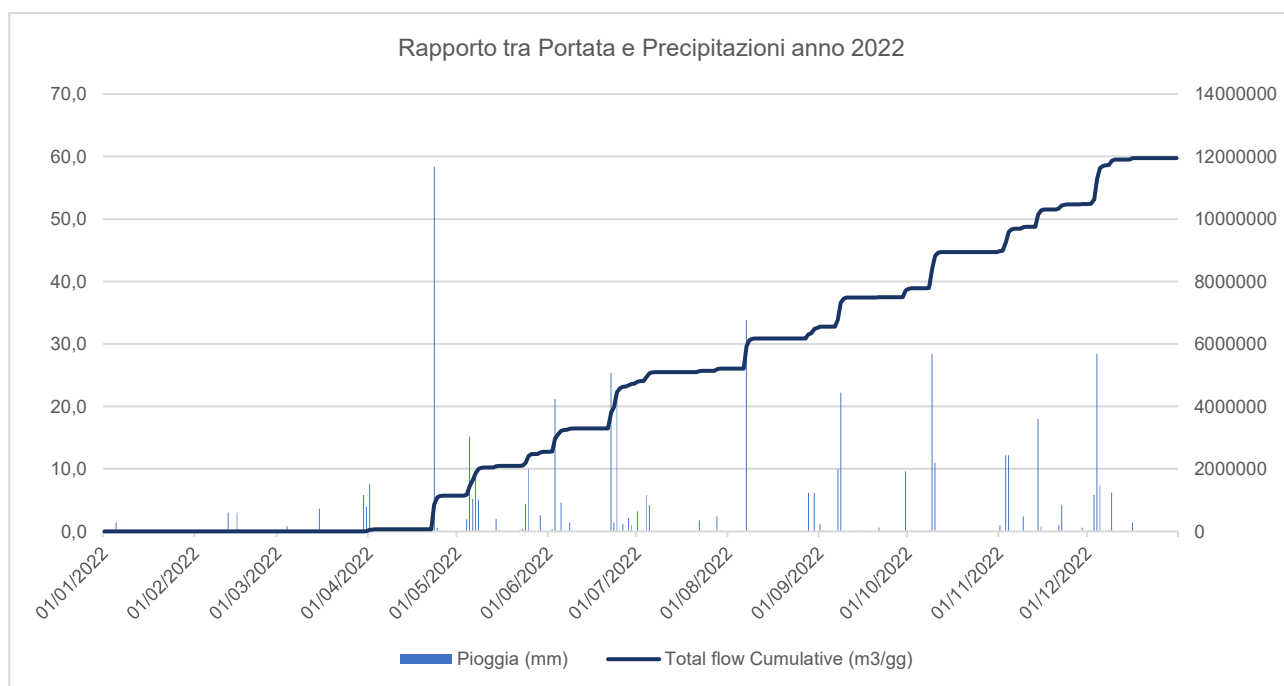
Tab. 30: Tabella riassuntiva delle piogge e dei dati ottenuti con HMS. (Fonte: Elaborazione - HMS)



Graf. 9: Grafico del rapporto tra altezze di pioggia e volume invasato anno 2002. (Fonte: Elaborazione - HMS)



Graf. 10: Grafico del rapporto tra altezze di pioggia e volume invasato anno 2021. (Fonte: Elaborazione - HMS)

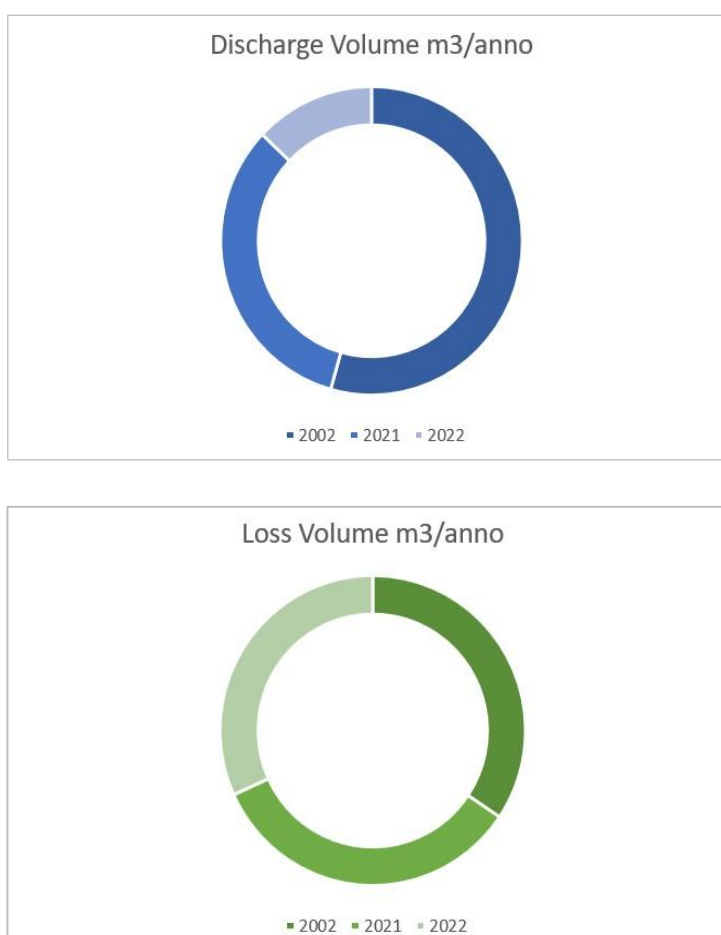


Graf. 11: Grafico del rapporto tra altezze di pioggia e volume invasato anno 2022. (Fonte: Elaborazione - HMS)

Qui di seguito viene riportata la tabella riassuntiva dei dati ottenuti per le tre serie di anni considerati nella modellazione con HMS ovvero: 2002, 2021 e 2022. (Fonte: HEC-HMS, *Idrologic Modeling System*, www.hec.usace.army.mil)

Anno	Peak Discharge m ³ /s	Precipitation Volume m ³ /anno	Loss Volume m ³ /anno	Excess Volume m ³ /anno	Direct Runflow m ³ /anno	Discharge Volume m ³ /anno
2002	33,4	53.112.000	2.415.000	50.696.000	50.692.000	50.692.000
2021	28,6	32.904.000	2.371.000	30.532.000	30.532.000	30.532.000
2022	9,1	1.425.000	2.231.000	12.018.000	12.018.000	12.018.000

Tab. 31: Tabella riassuntiva dati ottenuti con HMS. (Fonte: Elaborazione - HMS)



Graf. 12: Grafico dei dati ottenuti, 2002, 2021, 2022. (Fonte: Elaborazione - HMS)

Infine per ogni considerato nell'analisi, è stato realizzato un report riassuntivo riguardante la modellazione con HEC-HMS che è consultabile nella sezione allegati della ricerca e sono classificati come Allegato n° 1 – Rapporto modellazione HEC-HMS anno 2002, Allegato n° 2 – Rapporto modellazione HEC-HMS anno 2021 e Allegato n° 3 – Rapporto modellazione HEC-HMS anno 2022.

14.0 Fase n° 2: analisi delle portate misurate all'invaso

La seconda fase dell'analisi prevede lo studio della capacità di accumulo e delle portate disponibili a uso potabile, irriguo e idroelettrico misurate all'invaso sul torrente Ingagna in Comune di Mongrando.

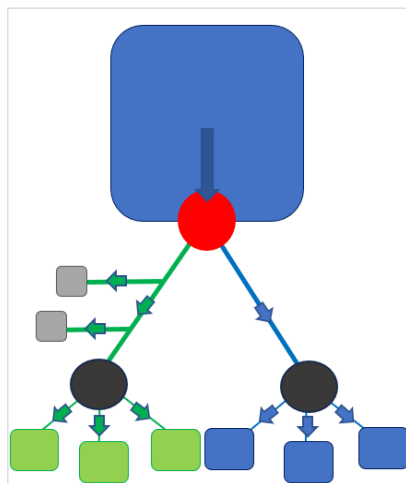


Fig. 80: Livello di analisi considerato. (Fonte: Elaborazione propria)

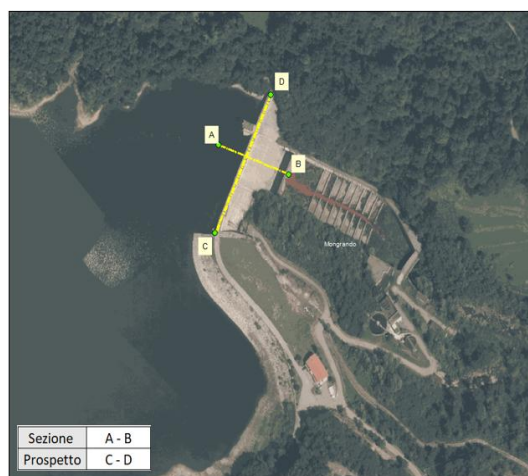


Fig. 81: Invaso sul torrente Ingagna. (Fonte: Google Maps)

14.0.1 Il rapporto tra l'altezza di invaso e le piogge

Prima di procedere con l'analisi delle portate misurate all'invaso per l'uso potabile, irriguo e idroelettrico, è stato realizzato uno studio del rapporto che intercorre tra le altezze di invaso, la pioggia e il volume mensile medio suddiviso per quadrimestre disponibile per gli anni considerati nella ricerca. Considerata l'elevata disponibilità idrica riscontrata nella serie pluviometrica del 2002, sono

stati presi in esame soltanto gli anni 2021 e 2022. Il primo è stato scelto in quanto rappresentativo di un'annualità media in termini di precipitazioni, mentre il secondo è stato selezionato poiché caratterizzato da condizioni particolarmente siccitose.

Mese	Anno	Media livello invaso (m)	Pioggia tot mese (mm)
Gennaio	2021	388,28	106,8
Febbraio	2021	388,86	27,4
Marzo	2021	388,01	7,0
Aprile	2021	387,59	42,3
Mese	Anno	Media livello invaso (m)	Pioggia tot mese (mm)
Maggio	2021	388,60	217,0
Giugno	2021	387,63	138,0
Luglio	2021	387,30	226,0
Agosto	2021	387,63	31,0
Mese	Anno	Media livello invaso (m)	Pioggia tot mese (mm)
Settembre	2021	384,27	58,3
Ottobre	2021	386,66	109,2
Novembre	2021	386,57	133,6
Dicembre	2021	386,47	0,2

Mese	Anno	Media livello invaso (m)	Pioggia tot mese (mm)
Gennaio	2022	383,91	1,4
Febbraio	2022	380,92	6,0
Marzo	2022	379,88	10,2
Aprile	2022	379,30	67,0
Mese	Anno	Media livello invaso (m)	Pioggia tot mese (mm)
Maggio	2022	380,66	57,0
Giugno	2022	379,65	79,6
Luglio	2022	373,03	17,6
Agosto	2022	368,85	46,2
Mese	Anno	Media livello invaso (m)	Pioggia tot mese (mm)
Settembre	2022	369,45	44,0
Ottobre	2022	369,95	40,0
Novembre	2022	370,46	52,4
Dicembre	2022	370,72	49,6

Tab. 32: Altezza dell'invaso in relazione alle precipitazioni, 2021-2022. (Fonte: Studio STECI-Srl)

Dai dati ricavati è stato possibile ottenere dei cartogrammi che evidenziano le dinamiche di invaso in relazione alle piogge e ai consumi. I dati sono stati suddivisi per quadrimestre, al fine di ottenere una lettura più dettagliata delle informazioni rappresentate.

Di seguito vengono riportati i cartogrammi dell'anno 2021 suddivisi per quadrimestri. I cartogrammi realizzati non sono in scala ed hanno l'unico scopo di rappresentare i dati ottenuti.

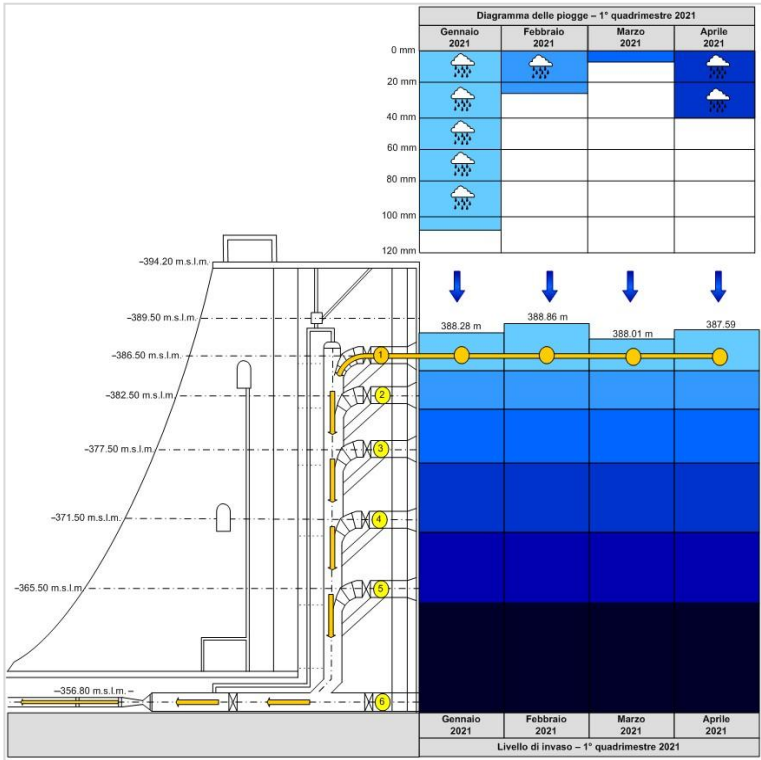


Fig. 82: Cartogramma del 1° quadrimestre, 2021. (Fonte: Elaborazione propria)

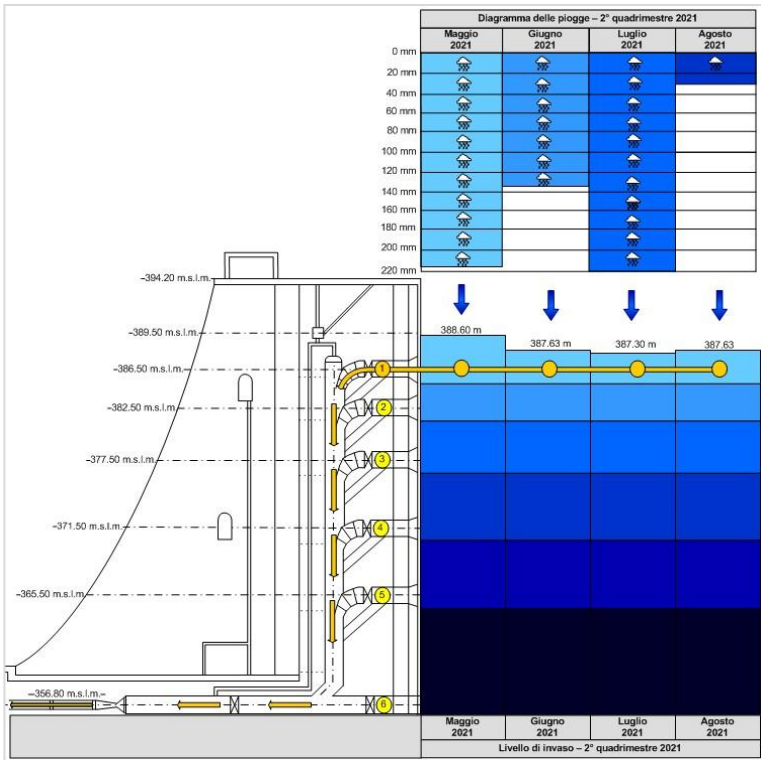


Fig. 83: Cartogramma del 2° quadrimestre, 2021. (Fonte: Elaborazione propria)

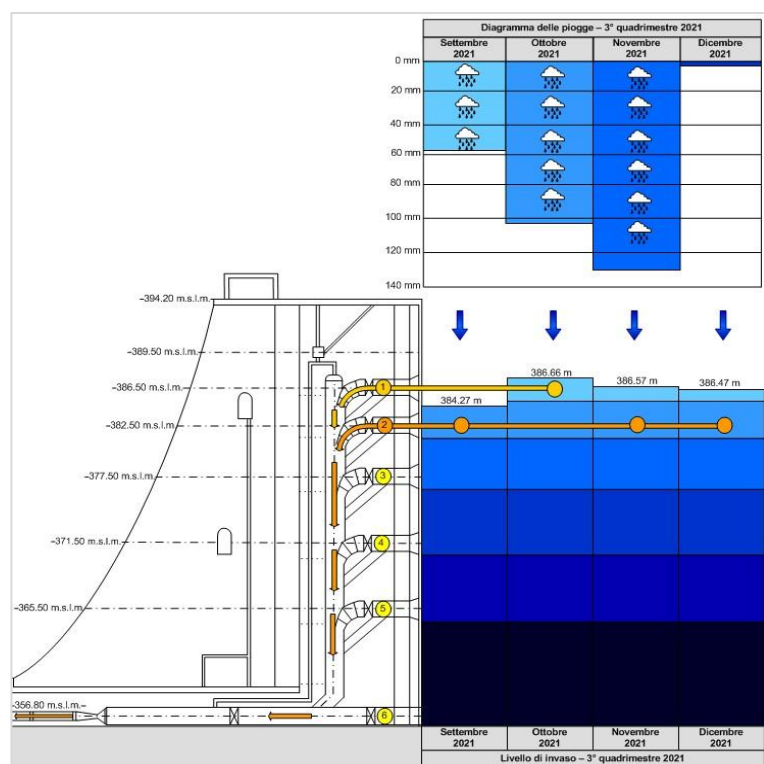


Fig. 84: Cartogramma del 3° quadrimestre, 2021. (Fonte: Elaborazione propria)

Dai cartogrammi ottenuti è possibile osservare che la portata in uscita dall'invaso dipende da diverse tubazioni che in base alle rispettive quote entrano in funzione a seconda del livello dell'invaso. In particolare per l'anno 2021 è stata utilizzata la *bocca di presa* n° 1 per il primo e secondo quadrimestre mentre per il terzo quadrimestre è stata utilizzata anche la *bocca di presa* n° 2. Di seguito vengono riportati o cartogrammi dell'anno 2022 suddivisi per quadrimestri.

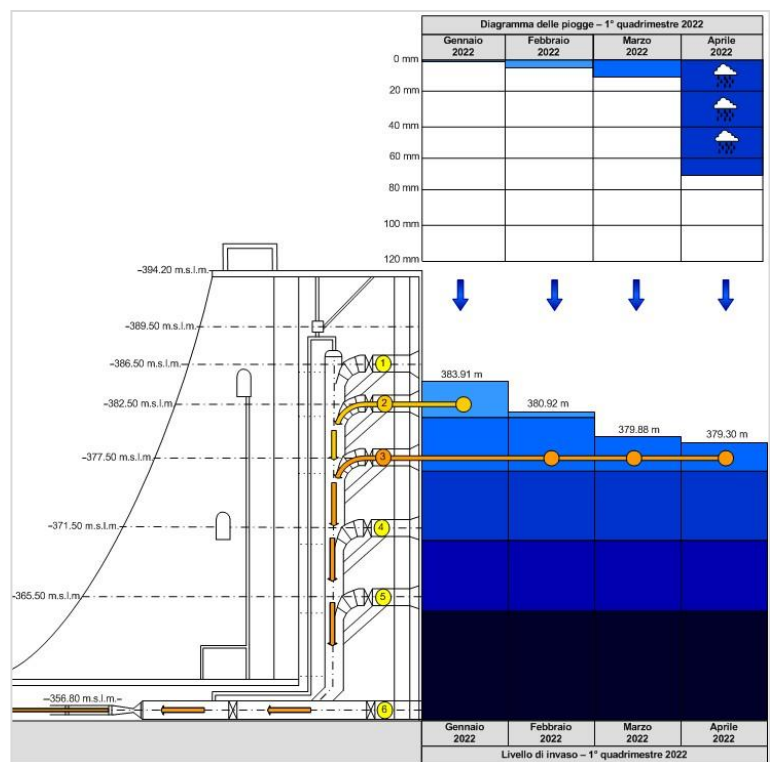


Fig. 85: Cartogramma del 1° quadrimestre, 2022. (Fonte: Elaborazione propria)

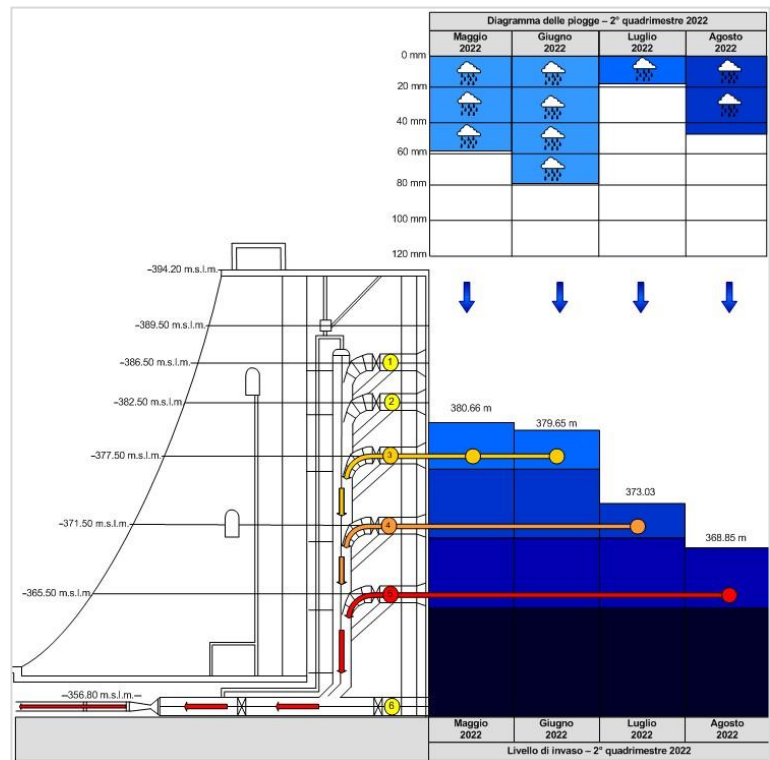


Fig. 86: Cartogramma del 2° quadrimestre, 2022. (Fonte: Elaborazione propria)

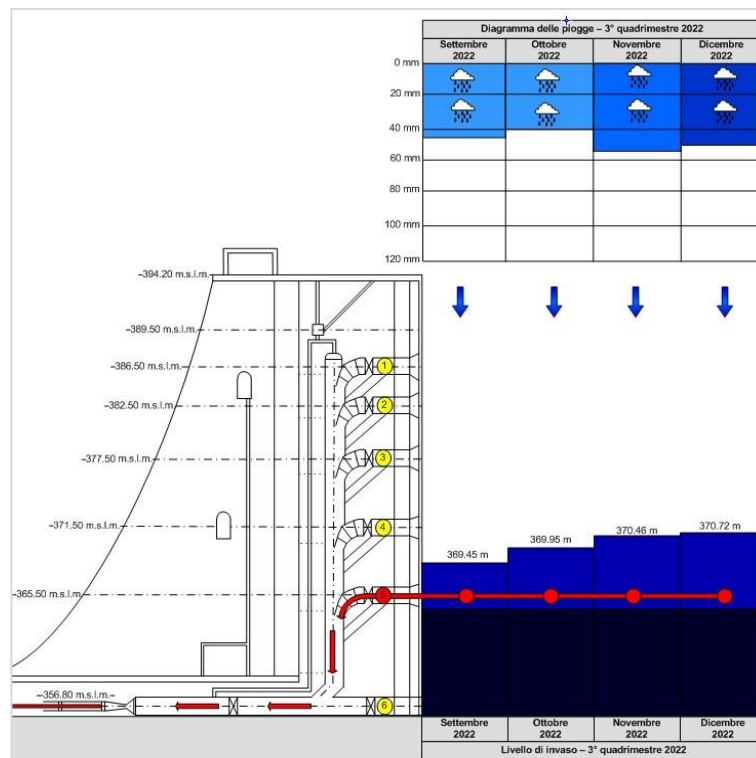
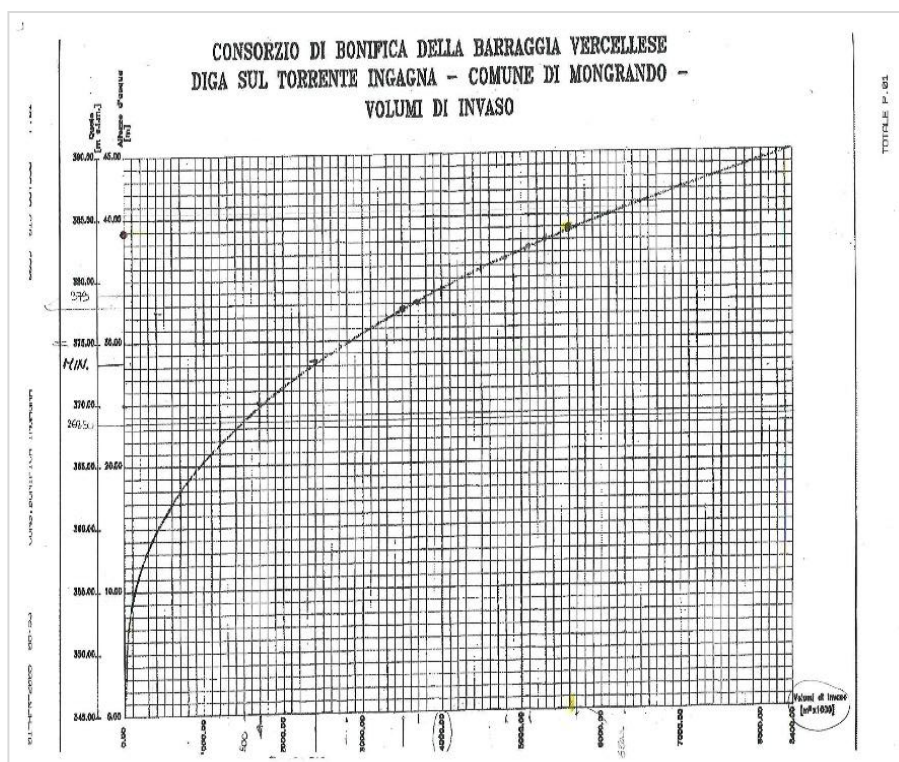


Fig. 87: Cartogramma del 3° quadrimestre, 2022. (Fonte: Elaborazione propria)

Per l'anno 2022 è stata utilizzata la *bocca di presa* n° 1 e 2 per il primo quadrimestre mentre per il secondo quadrimestre sono state utilizzate rispettivamente le *bocche di presa* n° 2, 3 e 4, mentre nel terzo quadrimestre è stata utilizzata la n° 5.

14.0.2 Il volume di invaso

L'analisi dei volumi di invaso mette in relazione l'altezza dell'invaso alla quale corrisponde un valore di volume totale di acqua accumulata. Il grafico, pervenuto direttamente dal progetto della diga, permette quindi di identificare la disponibilità idrica in base all'altezza di invaso che a sua volta è determinata dalle precipitazioni come osservato nei paragrafi precedenti.



Tab. 33: Corrispondenza tra volume invasato e altezza del livello idrometrico. (Fonte: Studio STECI-Srl)

L'osservazione delle altezze di invaso e dei relativi volumi, è stata effettuata nei due anni considerati: 2021 e 2022. Le altezze sono state ricavate ottenendo una media calcolata sui tre quadrimestri. (Fonte: Studio STECI - Srl)

Per l'anno 2021 è stata osservata una altezza media di 388,43 m.s.l.m. nel primo quadrimestre e di 388,14 m.s.l.m. nel secondo quadrimestre con un volume disponibile totale di 7.000.000 m³, mentre nel terzo quadrimestre l'altezza di invaso è di 386 m.s.l.m. per un volume invasato di 6.400.000 m³

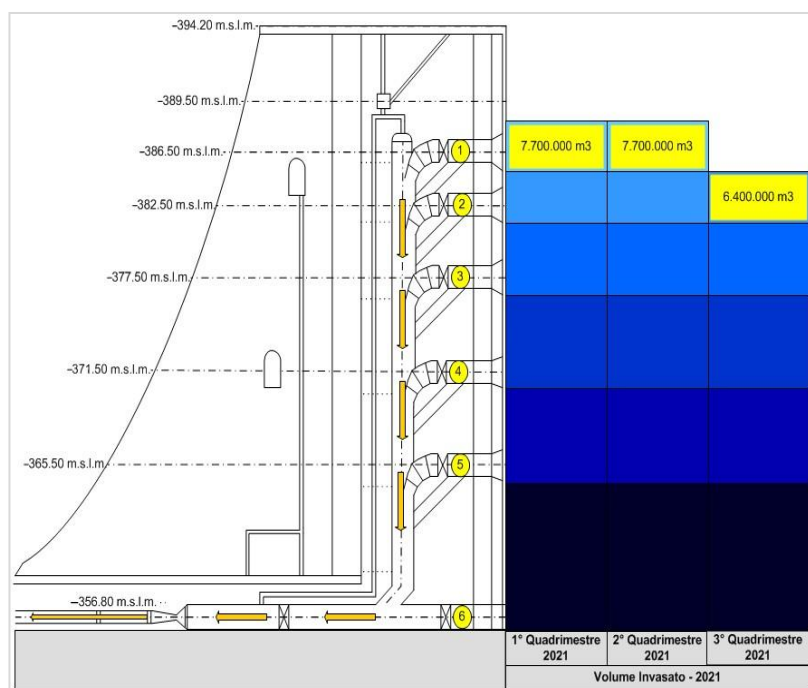


Fig. 88: Volume invasato, 2021. (Fonte: Elaborazione propria)

Per l'anno 2022 è stata osservata una altezza media di 381 m.s.l.m. nel primo quadrimestre con un volume invasato di 4.500.000 m³, 375.61 m.s.l.m. e nel secondo quadrimestre con un volume disponibile totale di 2.800.000 m³. Nel terzo quadrimestre l'altezza di invaso è di 370 m.s.l.m. per un volume invasato di 1.700.000 m³.

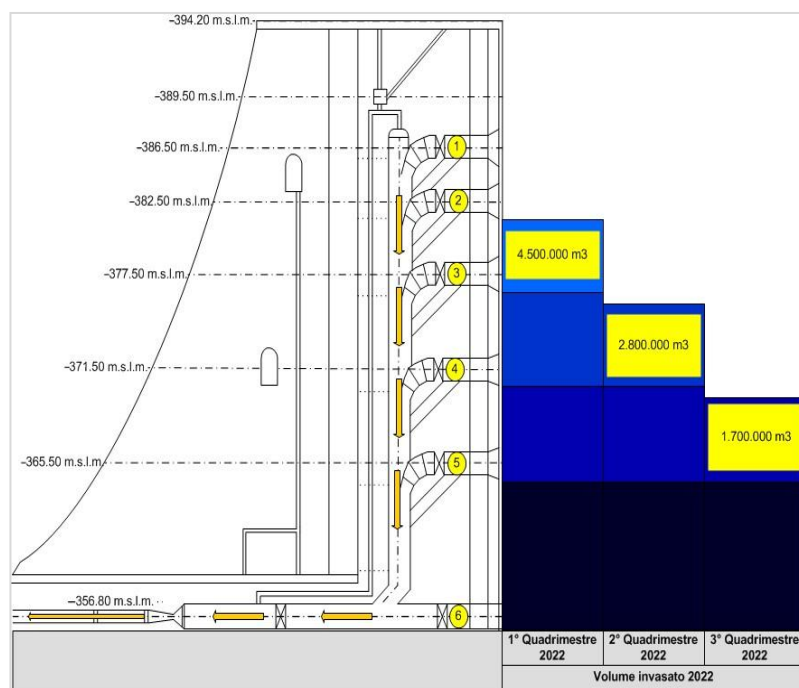


Fig. 89: Volume invasato, 2022. (Fonte: Elaborazione propria)

Successivamente i dati ottenuti dal confronto tra le altezze e i volumi di invaso sono stati raccolti della seguente tabella:

Anno	Periodo	Altezza invaso (m)	Volume invasato m ³
2021	1° Quadrimestre	388,43	7.700.000
	2° Quadrimestre	388,14	7.700.000
	3° Quadrimestre	386,01	6.400.000
2021	1° Quadrimestre	381,01	4.500.000
	2° Quadrimestre	375,61	2.800.000
	3° Quadrimestre	370,14	1.700.000

Tab. 34: Altezza del livello idrometrico dell'invaso, 2021 e 2022. (Fonte: Studio STECI-Srl)

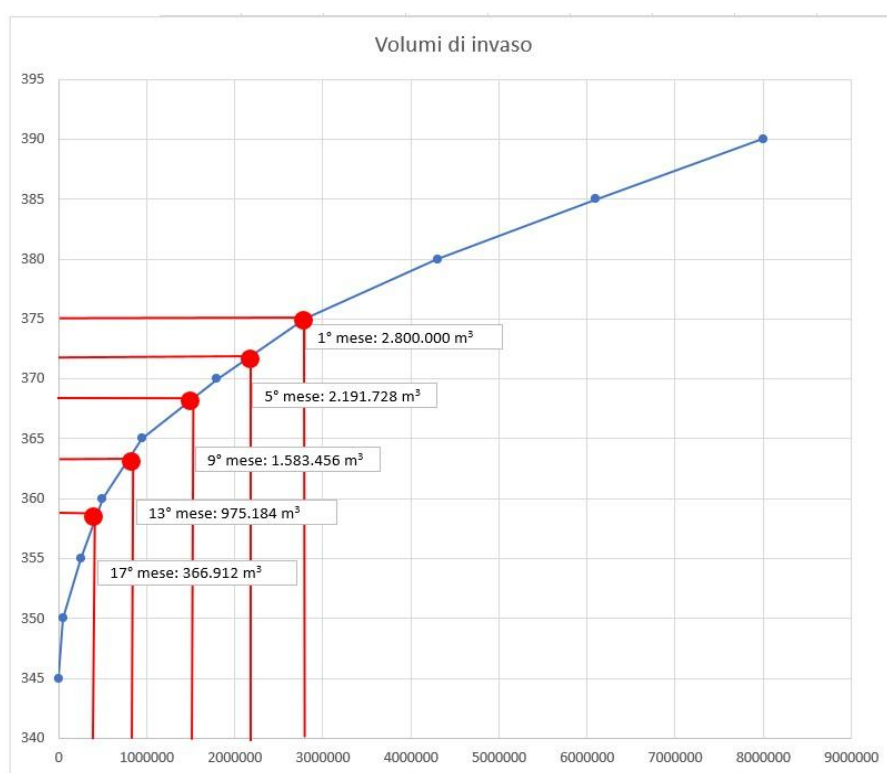
14.0.3 Disponibilità idrica potabile all'invaso in periodo siccitoso

Grazie ai dati ottenuti è stato possibile elaborare uno scenario riguardante la disponibilità idrica a uso potabile durante un periodo siccitoso. Lo scenario proposto è stato analizzato per comprendere la durata dell'erogazione della portata media potabile mensile pari a 152.068 m³ in relazione all'altezza media di invaso per l'anno siccitoso 2022 stimata attorno ai 375 m.s.l.m. Il 2022 risulta essere il più siccitoso registrato dal 1998. Il volume invasato totale della diga all'altezza di 375 m.s.l.m. è di 2.800.000 m³.

Invaso (m ³)	Consumi medi potabili mensili (m ³)	Tempo
2.800.000	152.068	Mese 1
2.647.932	152.068	Mese 2
2.495.864	152.068	Mese 3
2.343.796	152.068	Mese 4
2.191.728	152.068	Mese 5
2.039.660	152.068	Mese 6
1.887.592	152.068	Mese 7
1.735.524	152.068	Mese 8
1.583.456	152.068	Mese 9
1.431.388	152.068	Mese 10
1.279.320	152.068	Mese 11
1.127.252	152.068	Mese 12
975.184	152.068	Mese 13
823.116	152.068	Mese 14
671.048	152.068	Mese 15
518.980	152.068	Mese 16
366.912	152.068	Mese 17

Tab. 35: Livello idrometrico dell'invaso e disponibilità idrica, 2022. (Fonte: Elaborazione propria)

Lo scenario elaborato presuppone l'assenza totale di precipitazioni e ha l'obiettivo di stimare la durata della disponibilità di risorsa idrica per uso potabile durante un periodo di grave siccità, fino al raggiungimento della quota di invaso di 359 m.s.l.m., al di sotto della quale non è più possibile effettuare prelievi. Il volume disponibile fino a tale livello è di circa 366.912 m³. Supponendo che la portata a uso potabile resti costante, i dati ottenuti mostrano che non sarebbe più possibile erogare acqua potabile dopo circa 16 mesi. Questa analisi permette di calcolare una scala di esaurimento delle risorse idriche disponibili all'invaso nel tempo in relazione alla quantità della portata in ingresso al sistema, alla capacità di accumulo del sistema e alla quantità di acqua in uscita.



Graf. 13: Curva di esaurimento della disponibilità idrica dell'invaso, 2022. (Fonte: Elaborazione propria)

14.0.4 Analisi delle portate misurate all'invaso

Le portate sono state misurate grazie a un misuratore di portata installato sulla tubazione in uscita dalla diga. La tubazione che riparte dall'invaso serve l'uso potabile e irriguo, mentre per l'uso idroelettrico sono presenti due condotte dedicate che dipartono dalla condotta a uso irriguo e alimentano due centrali a turbina. (Fonte: CBBBV - SIIspa). Il totale della portata erogata all'invaso comprende tutta l'acqua che viene distribuita attraverso le condotte. Si precisa che una quantità di

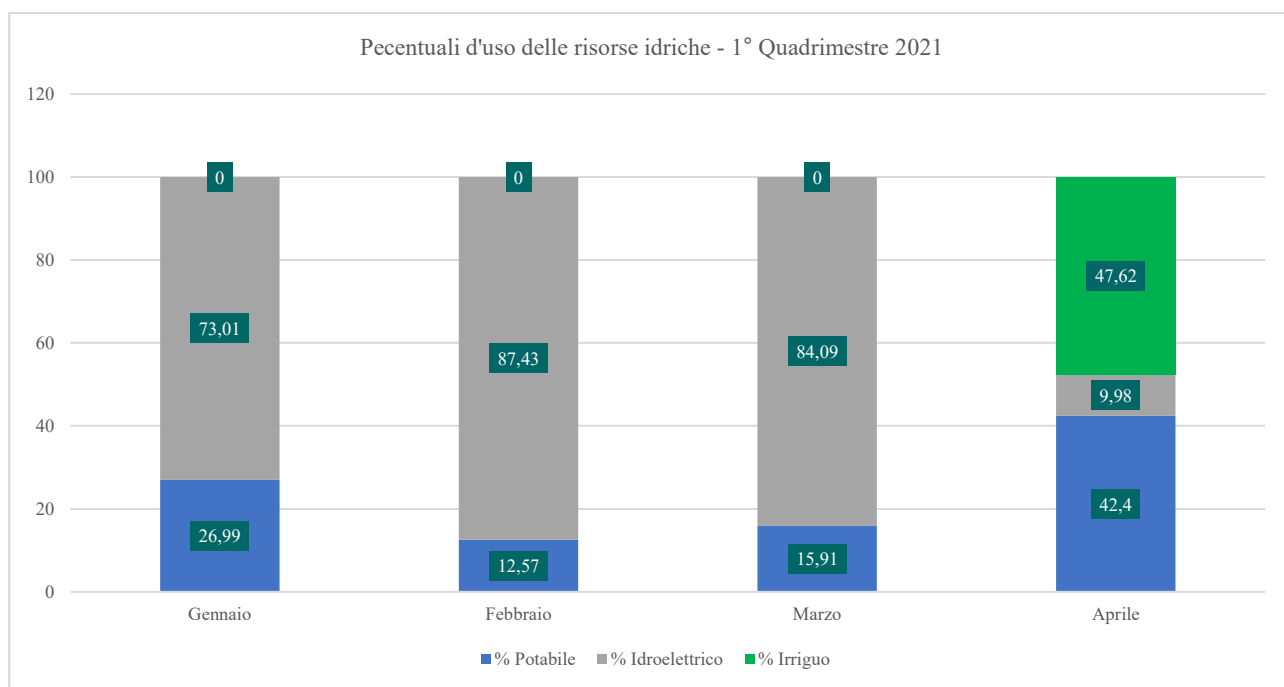
portata in uscita dal sistema viene rilasciata sotto forma di *Deflusso Minino Vitale* (DMV) necessario per mantenere l'ecosistema nel torrente Ingagna a valle dell'invaso come da prescrizione normativa.

La portata destinata all'uso potabile serve 20 Comuni, distribuiti tra le Province di Biella e Vercelli. La condotta irrigua alimenta 9 Comuni della Provincia di Biella, attraverso un impianto di irrigazione ad aspersione, oltre a una piccola porzione dell'impianto situata in due Comuni del Vercellese. Infine le due centrali idroelettriche sono localizzate nei Comuni di Mongrando e Cerrione, entrambi in Provincia di Biella. (Fonte: CBBBV - SIIspa). In particolare sono stati analizzati e confrontati gli andamenti delle portate ad uso potabile, irriguo e idroelettrico per l'anno 2021 e 2022:

Mese	Anno	Media livello invaso (m)	Pioggia tot mese (mm)	DMV (m ³ /mese)	Q potabile (m ³ /mese)	Q idroelettrica tot (m ³ /mese)	Q irrigua (m ³ /mese)	Q TOT diga (m ³ /annuo)
Gennaio	2021	388,28	106,8	345.514	155.502	420.588	0	576.090
Febbraio	2021	388,86	27,4	312.077	133.283	927.461	0	1.060.744
Marzo	2021	388,01	7,0	345.514	149.289	789.242	0	938.531
Aprile	2021	387,59	42,3	334.368	145.346	34.227	163.250	342.823
Mese	Anno	Media livello invaso (m)	Pioggia tot mese (mm)	DMV (m ³ /mese)	Q potabile (m ³ /mese)	Q idroelettrica tot (m ³ /mese)	Q irrigua (m ³ /mese)	Q TOT diga (m ³ /annuo)
Maggio	2021	388,60	217,0	345.514	149.493	1.125.461	192.279	1.467.233
Giugno	2021	387,63	138,0	334.368	147.813	0	1.266.560	1.414.373
Luglio	2021	387,30	226,0	345.514	159.645	113	1.113.470	1.273.228
Agosto	2021	387,63	31,0	345.514	168.684	539.101	1.909.470	2.617.255
Mese	Anno	Media livello invaso (m)	Pioggia tot mese (mm)	DMV (m ³ /mese)	Q potabile (m ³ /mese)	Q idroelettrica tot (m ³ /mese)	Q irrigua (m ³ /mese)	Q TOT diga (m ³ /annuo)
Settembre	2021	384,27	58,3	334.368	151.904	260.816	563.082	975.802
Ottobre	2021	386,66	109,2	345.514	155.645	803.490	29.363	988.498
Novembre	2021	386,57	133,6	334.369	150.947	1.124.862	15.757	1.291.566
Dicembre	2021	386,47	0,2	345.514	157.266	1.054.969	0	1.212.235
Totale				DMV (m ³ /annuo)	Q potabile (m ³ /annuo)	Q idroelettrica tot (m ³ /annuo)	Q irrigua (m ³ /annuo)	Q TOT diga (m ³ /annuo)
				4.068.148	1.824.817	7.080.330	5.253.231	14.158.378

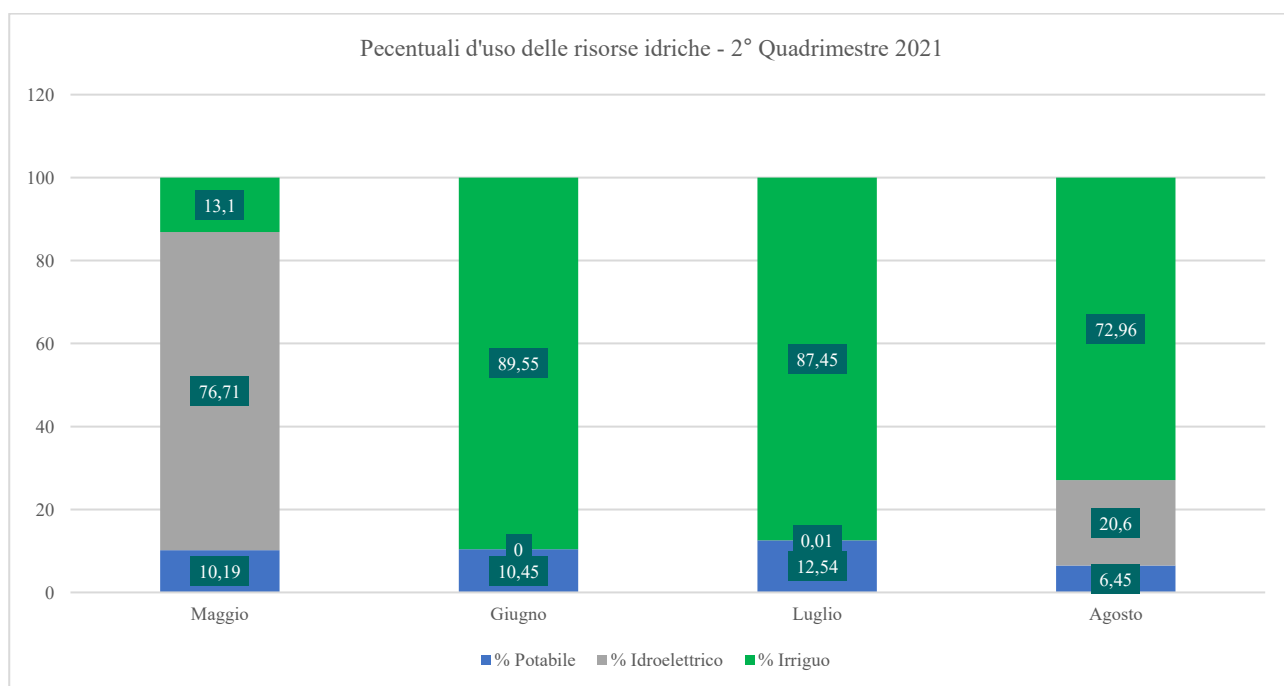
Tab. 36: Portate dell'anno 2021. (Fonte: Consorzio Baraggia, SIIspa)

I grafici mostrano un andamento suddiviso quadrimestralmente dei consumi. Nei primi mesi dell'anno è possibile osservare un notevole uso dell'acqua a scopo idroelettrico corrispondente al 73%, 87% e 84% della portata totale. (Fonte: CBBBV - SIIspa)



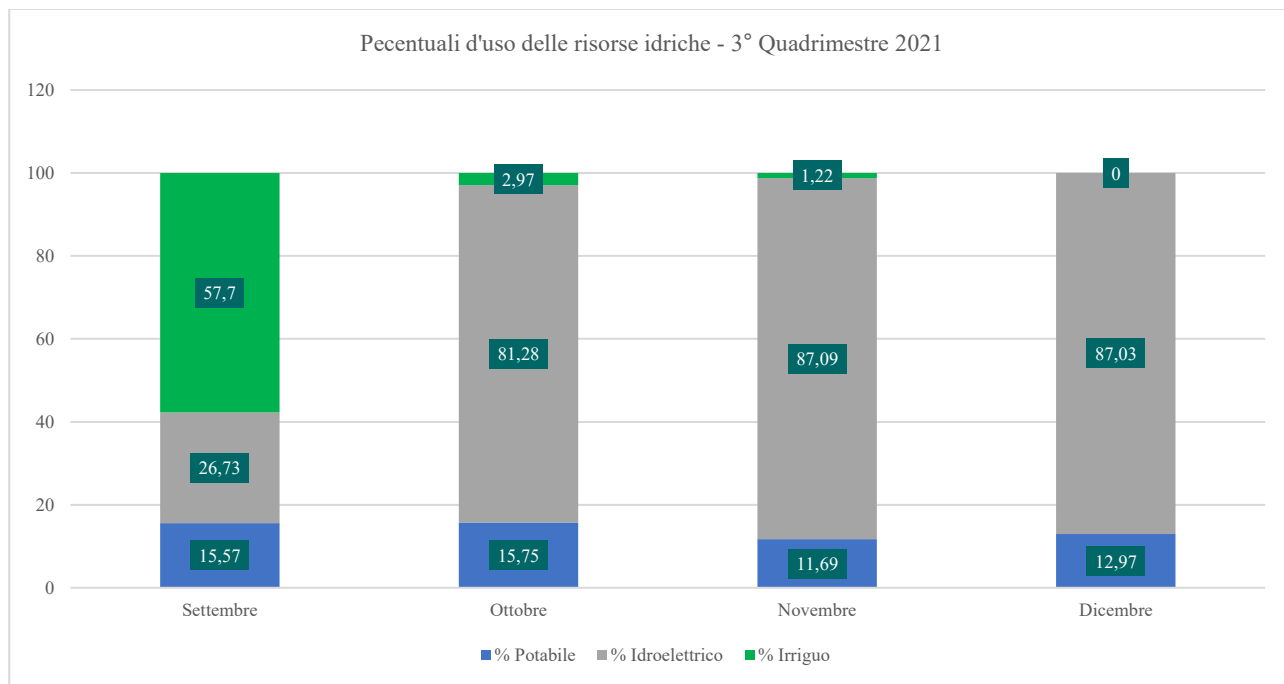
Graf. 14: Portate suddivise per uso. 1° quadrimestre 2021. (Fonte: Consorzio Baraggia, SIIsa. Elaborazione propria)

Successivamente nel secondo quadrimestre è possibile osservare un aumento della portata a uso irriguo che va dal 72% all' 89% oltre a una considerevole diminuzione del consumo idroelettrico mentre la portata a uso potabile resta costante attorno al 14%. (Fonte: CBBBV - SIIsa)

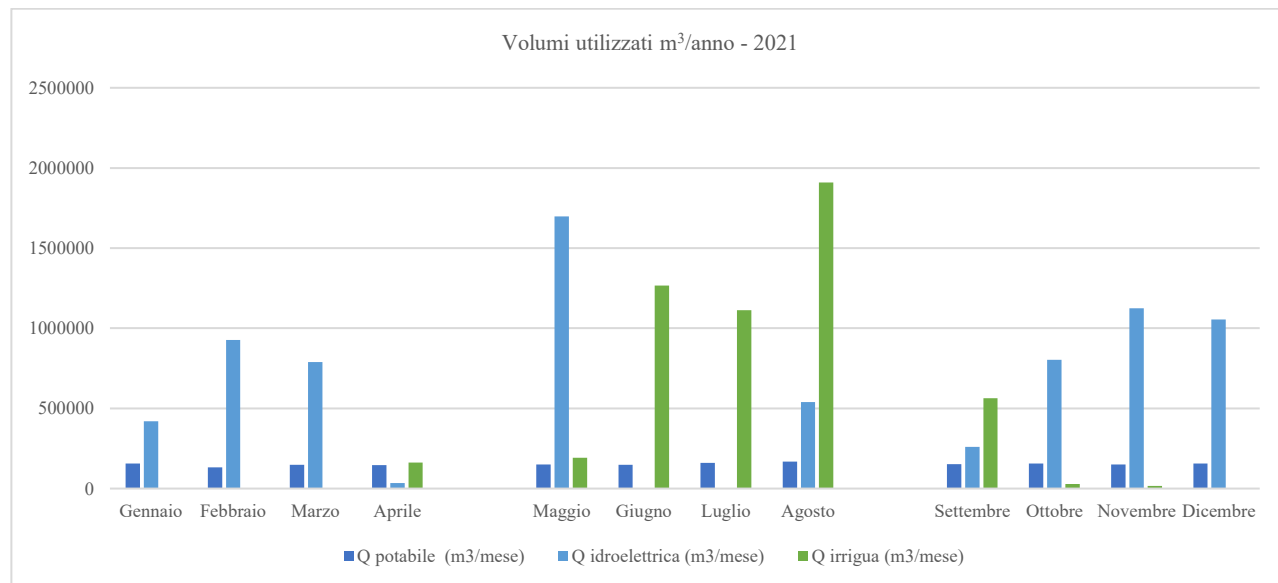


Graf. 15: Portate suddivise per uso. 2° quadrimestre 2021. (Fonte: Consorzio Baraggia, SIIsa. Elaborazione propria)

Il terzo quadrimestre è caratterizzato da un considerevole aumento dell'uso idroelettrico attorno all'80% della portata totale. La portata a uso potabile resta costante attorno al 13%. (Fonte: CBBbv - SIIspa)



Graf. 16: Portate suddivise per uso. 3° quadrimestre 2021. (Fonte: Consorzio Baraggia, SIIspa Elaborazione propria)



Graf. 17: Portate suddivise per uso totale 2021. (Fonte: Consorzio Baraggia, SIIspa Elaborazione propria)

Il Grafico n° 17 dei valori assoluti delle m³ utilizzati a uso idroelettrico, irriguo e potabile mette in evidenza che nei mesi invernali l'uso prevalente è quello idroelettrico da gennaio ad aprile e da ottobre a dicembre, mentre nel periodo estivo l'uso prevalente risulta essere quello irriguo. Il mese di

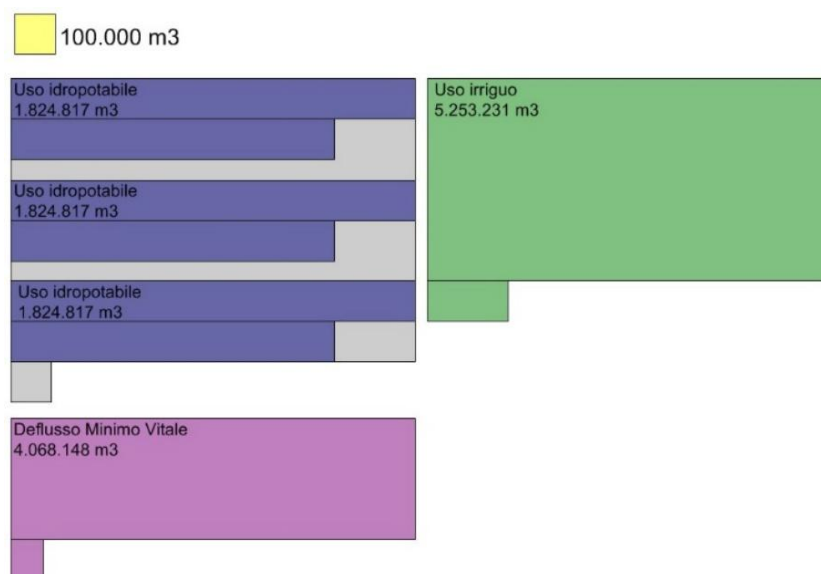
aprile presenta dei consumi anomali in quanto il gestore ha sottoposto l'impianto di distribuzione a manutenzione. L'uso potabile risulta essere costante per tutta la durata dell'anno 2021.

Qui di seguito vengono proposte due rappresentazioni che mettono in evidenza la proporzione dei volumi utilizzati e suddivisi per i diversi usi così come analisi precedentemente svolta. Le rappresentazioni hanno l'obiettivo di evidenziare le azioni correttive da adottare in caso di siccità limitando il consumo idrico idroelettrico, favorendo ad esempio quello primario idropotabile o irriguo.

Nei grafici sottostanti n° 18 e 19 è stato confrontato per sovrapposizione il quantitativo di acqua suddiviso per l'uso potabile, irriguo e idroelettrico che è stato derivato dall'invaso così come dalla analisi appena esposta. In particolare nel grafico n° 19 è possibile osservare che la quantità d'acqua utilizzata a scopo idroelettrico per l'anno 2021 è equivalente a un volume a uso potabile pari a tre annualità. In altre parole è possibile affermare che limitando l'uso idroelettrico fino a renderlo pari a zero, si garantirebbe un accumulo d'acqua disponibile per l'uso potabile per tre anni successivi risultando essere una importante considerazione che può guidare le scelte del decisore in caso di carenza idrica.



Graf. 18: Rappresentazione dei volumi suddivisi per i diversi usi - 2021. (Fonte: Elaborazione propria)



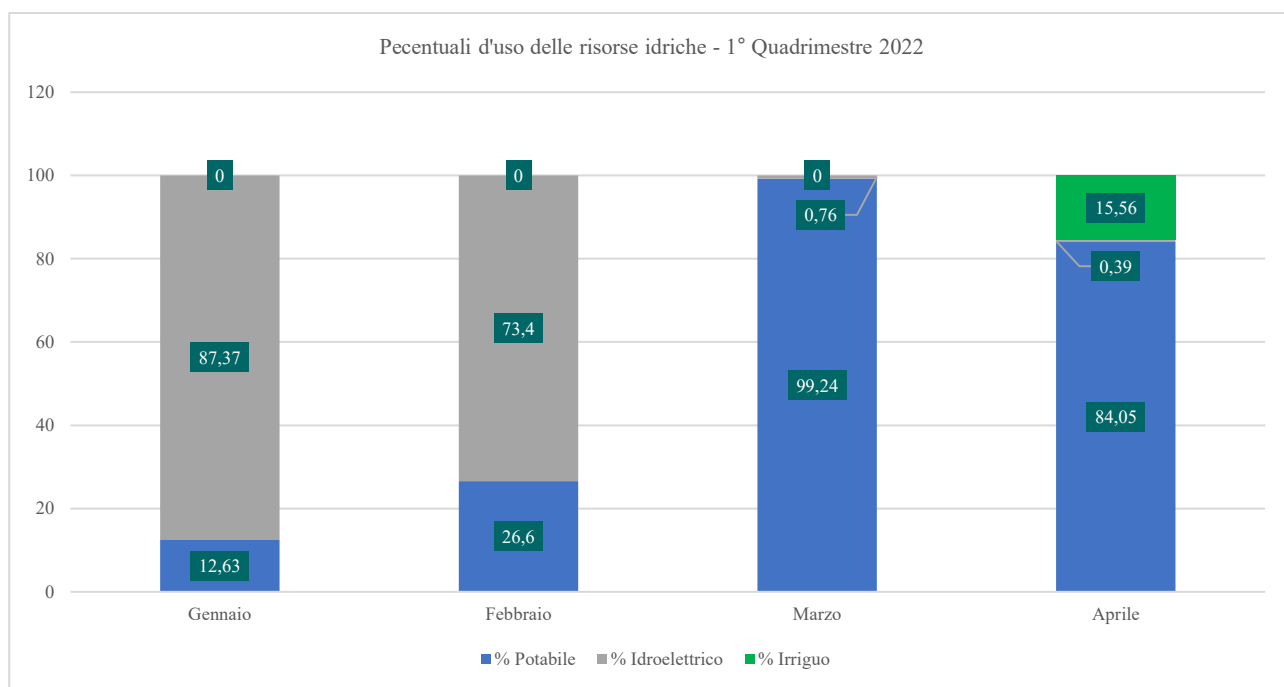
Graf. 19: Confronto tra i volumi dei diversi usi - 2021. (Fonte: Elaborazione propria)

In seguito sono stati analizzati i consumi per l'anno 2022 che risulta essere stato particolarmente siccitoso presentando un andamento dei volumi utilizzati che è stato adattato alla mancanza di precipitazioni secondo le varie esigenze mensili che si sono presentate. (Fonte: CBBBV - SIIspa)

Mese	Anno	Media livello invaso (m)	Pioggia tot mese (mm)	DMV (m³/mese)	Q potabile (m³/mese)	Q idroelettrica tot (m³/mese)	Q irrigua (m³/mese)	Q TOT diga (m³/annuo)
Gennaio	2022	383,91	1,4	345.514	156.407	1.082.003	0	1.238.410
Febbraio	2022	380,92	6,0	312.077	139.193	384.079	0	523.272
Marzo	2022	379,88	10,2	345.514	158.260	1.204	0	159.464
Aprile	2022	379,30	67,0	334.368	155.041	716	28.699	184.456
Mese	Anno	Media livello invaso (m)	Pioggia tot mese (mm)	DMV (m³/mese)	Q potabile (m³/mese)	Q idroelettrica tot (m³/mese)	Q irrigua (m³/mese)	Q TOT diga (m³/annuo)
Maggio	2022	380,66	57,0	345.514	157.645	105	294.128	451.878
Giugno	2022	379,65	79,6	334.368	149.519	120	1.184.800	1.334.439
Luglio	2022	373,03	17,6	345.514	152.417	112	1.791.119	1.943.648
Agosto	2022	368,85	46,2	345.514	123.051	101	212.469	335.621
Mese	Anno	Media livello invaso (m)	Pioggia tot mese (mm)	DMV (m³/mese)	Q potabile (m³/mese)	Q idroelettrica tot (m³/mese)	Q irrigua (m³/mese)	Q TOT diga (m³/annuo)
Settembre	2022	369,45	44,0	334.368	136.926	188	52.240	189.354
Ottobre	2022	369,95	40,0	345.514	146.441	263	0	146.704
Novembre	2022	370,46	52,4	334.369	151.508	314	0	151.822
Dicembre	2022	370,72	49,6	345.514	154.373	218	0	154.591
Totale				DMV (m³/annuo)	Q potabile (m³/annuo)	Q idroelettrica tot (m³/annuo)	Q irrigua (m³/annuo)	Q TOT diga (m³/annuo)
				4.068.148	1.780.781	1.469.423	3.563.455	6.813.659

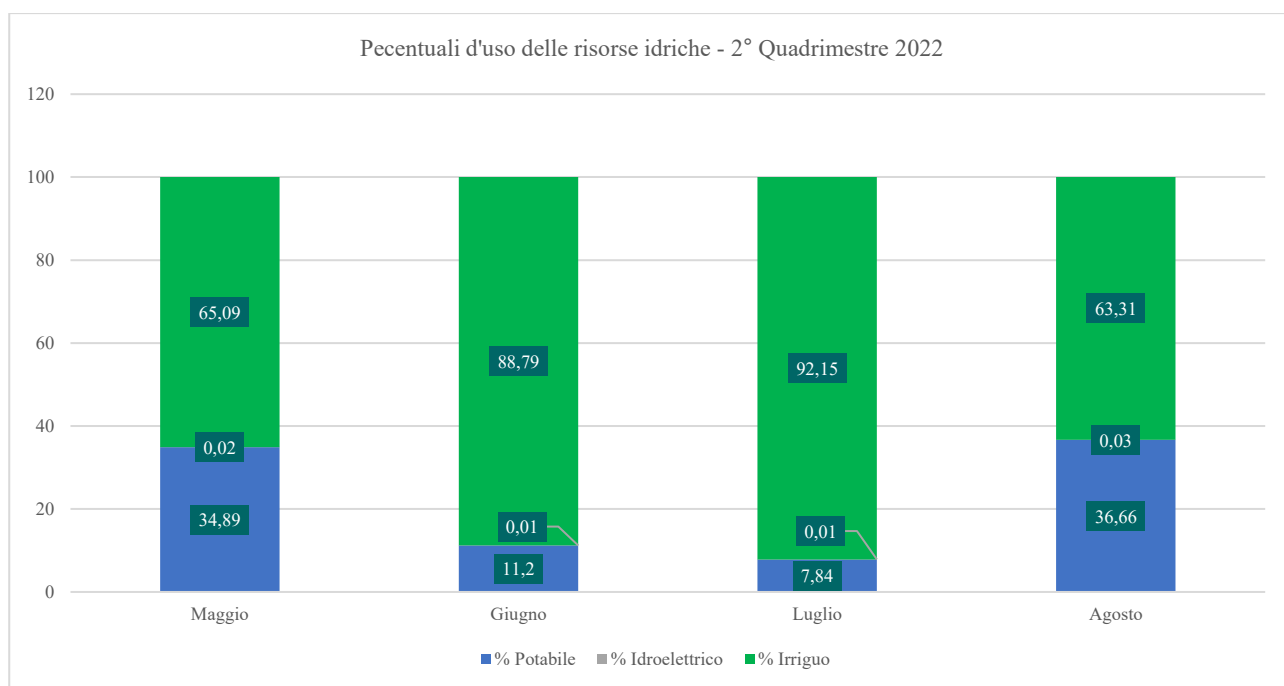
Tab. 37: Portate dell'anno 2022. (Fonte: Consorzio Baraggia, SIIspa Elaborazione propria)

Il primo quadrimestre mostra nei primi due mesi un consumo notevole a uso idroelettrico pari al 73% e 87%. Successivamente proprio a causa di una condizione siccitosa senza precedenti, la portata prevalente utilizzata è stata quella a uso potabile con portate pari al 99% e 84%. (Fonte: CBBBV - SIIspa)

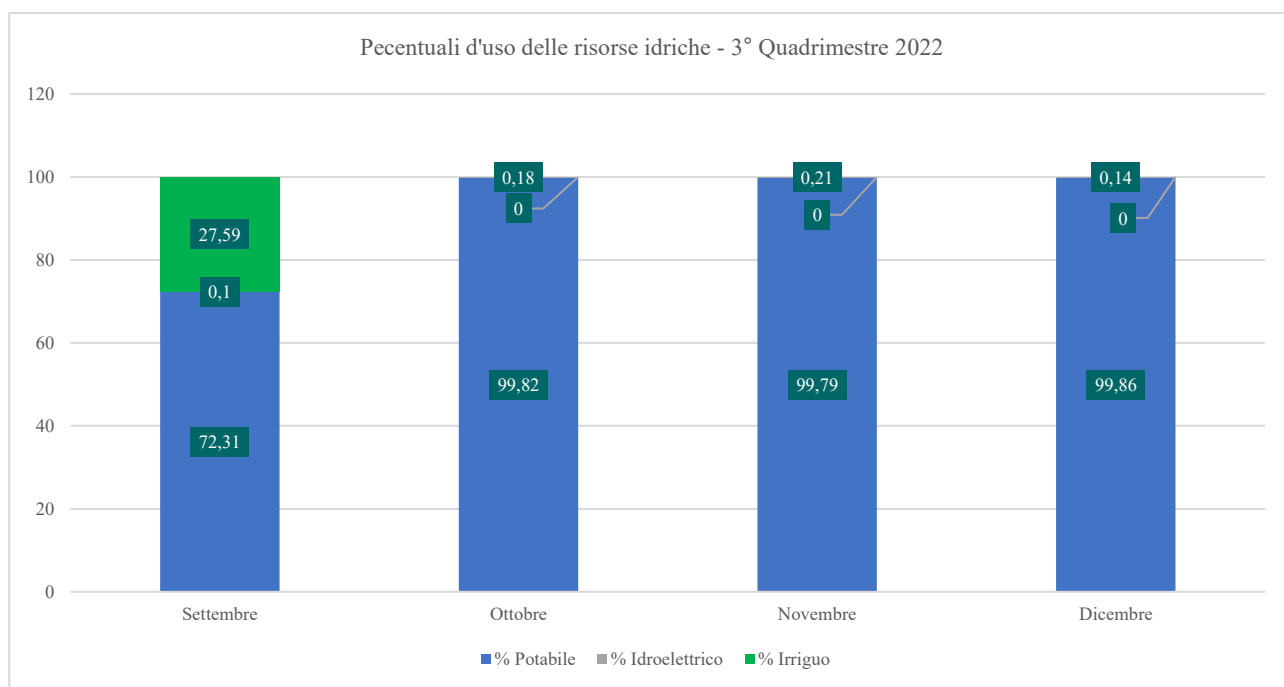


Graf. 20: Portate suddivise per uso. 1° quadrimestre 2022. (Fonte: Consorzio Baraggia, SIIspa. Elaborazione propria)

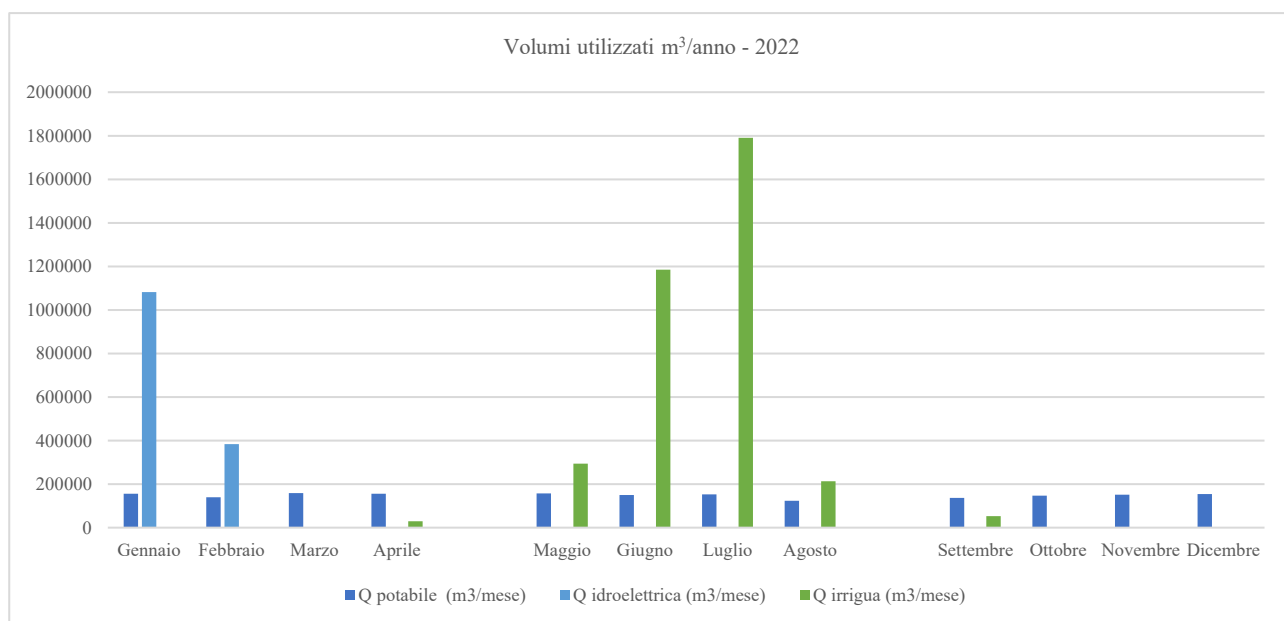
Nel secondo quadrimestre è possibile osservare come la concretizzazione dell'evento siccitoso ha determinato l'interruzione dell'uso idroelettrico a garanzia della stagione irrigua con percentuali che si aggirano attorno al 80%. (Fonte: CBBBV - SIIspa). Il terzo quadrimestre, presentando la criticità maggiore dopo circa un anno di assenza di piogge, ha determinato un uso potabile che corrisponde quasi al totale della portata derivata dall'invaso e si aggira attorno al 99%.



Graf. 21: Portate suddivise per uso. 2° quadrimestre 2022. (Fonte: Consorzio Baraggia, SIIspa. Elaborazione propria)



Graf. 22: Portate suddivise per uso. 3° quadrimestre 2022. (Fonte: Consorzio Baraggia, SIIsipa. Elaborazione propria)



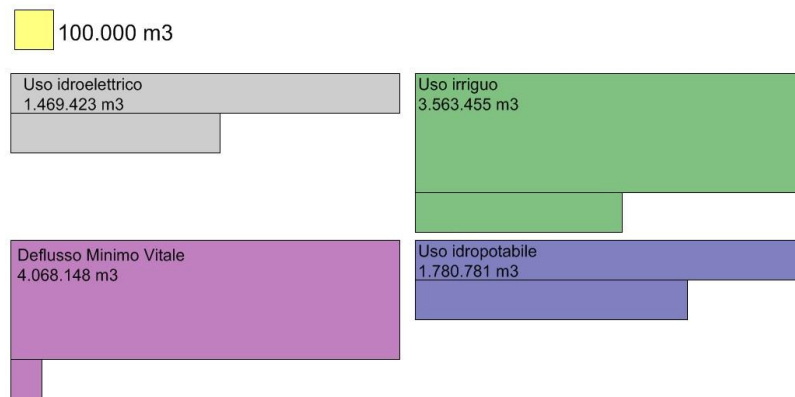
Graf. 23: Portate suddivise per uso totale 2022. (Fonte: Consorzio Baraggia, SIIsipa. Elaborazione propria)

Dal grafico n° 23 è possibile osservare che rispetto all'anno 2021 il volume d'acqua derivato a uso idroelettrico risulta essere limitato solamente ai mesi di gennaio e febbraio. Questa scelta gestionale ha permesso di garantire la produzione agricola nei mesi estivi. Nel terzo quadrimestre è possibile osservare la prevalenza d'uso dell'acqua a scopo potabile mentre risulta completamente assente l'uso

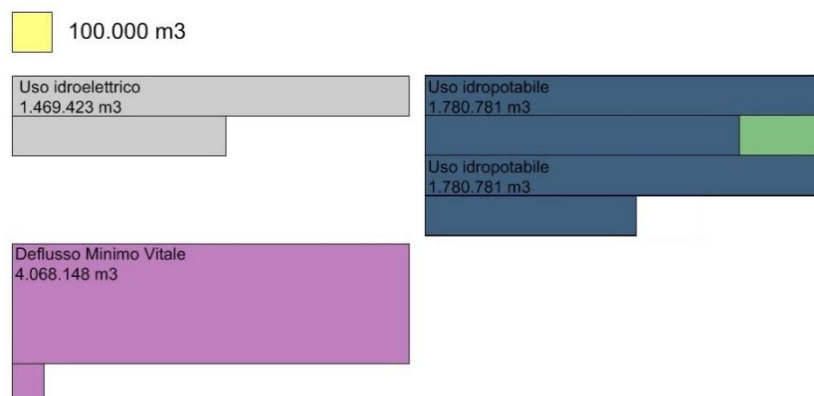
idroelettrico e irriguo. In seguito è stato riportato il grafico che rappresenta il confronto delle portate a suo potabile, irriguo e idroelettrico negli anni 2021 e 2022 sia in base ai valori assoluti sia ai valori in percentuale.

Anche per l'anno 2022 sono state proposte due rappresentazioni che mettono in evidenza il rapporto dei volumi utilizzati dall'invaso. I dati evidenziano che visto l'anno siccitoso l'uso idroelettrico è stato ridotto drasticamente a favore dell'uso irriguo. Il grafico n° 25 evidenzia che l'interruzione del servizio irriguo permetterebbe di preservare l'acqua a scopo idropotabile per due annualità.

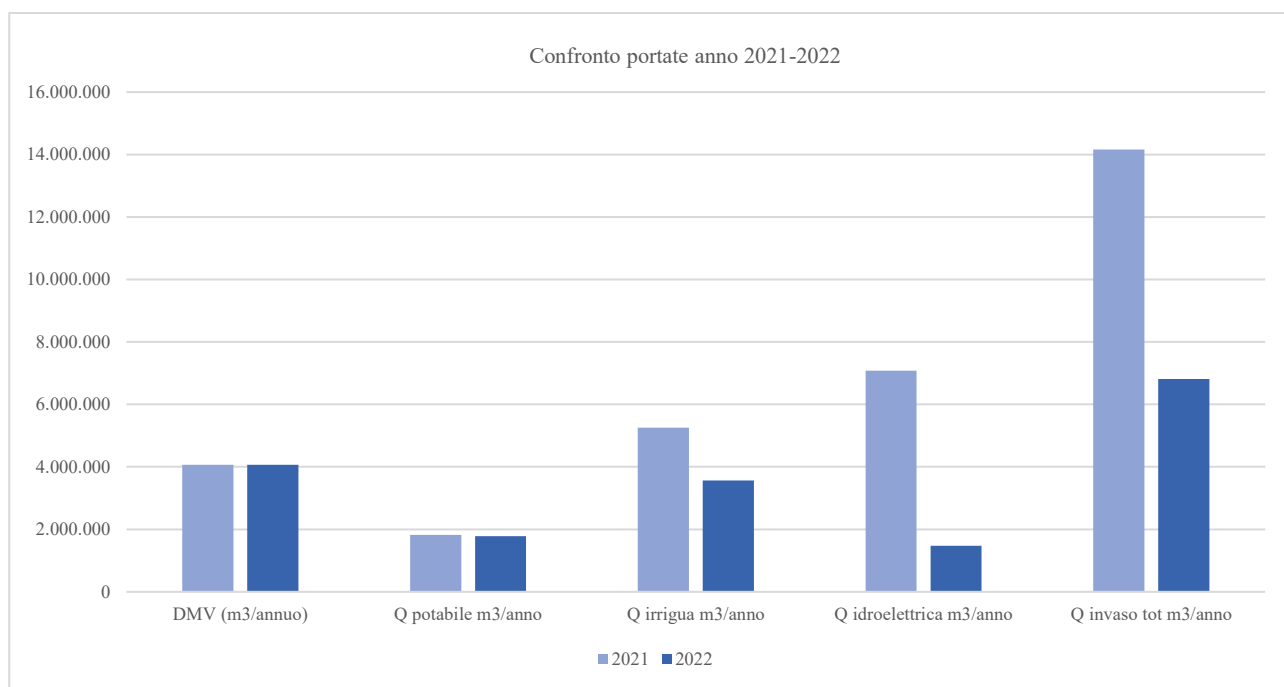
In altre parole è possibile affermare che limitando l'uso irriguo fino a renderlo pari a zero, si garantirebbe un accumulo d'acqua disponibile per l'uso potabile per due anni successivi risultando essere una importante considerazione che può guidare le scelte del decisore in caso di carenza idrica.



Graf. 24: Rappresentazione dei volumi suddivisi per i diversi usi - 2022. (Fonte: Elaborazione propria).



Graf. 25: Confronto tra i volumi dei diversi usi - 2022. (Fonte: Elaborazione propria).



Graf. 26: Confronto tra le portate, 2021-2022. (Fonte: Consorzio Baraggia, SIIspa)

Anno	DMV (m³/annuo)	Q potabile m³/anno	Q irrigua m³/anno	Q idroelettrica m³/anno	Q invaso tot m³/anno
2021	4.068.148	1.824.817	5.253.231	7.080.330	14.158.378
2022	4.068.148	1.780.781	3.563.455	1.469.423	6.813.659

Tab. 38: Tabella riassuntiva portate anni 2021-2022. (Fonte: Consorzio Baraggia, SIIspa)

Mese	Anno	% Potabile	% Idroelettrico	% Irriguo
Gennaio	2021	26,99	73,01	0,00
Febbraio	2021	12,57	87,43	0,00
Marzo	2021	15,91	84,09	0,00
Aprile	2021	42,40	9,98	47,62
Mese	Anno	% Potabile	% Idroelettrico	% Irriguo
Maggio	2021	10,19	76,71	13,10
Giugno	2021	10,45	0,00	89,55
Luglio	2021	12,54	0,01	87,45
Agosto	2021	6,45	20,60	72,96
Mese	Anno	% Potabile	% Idroelettrico	% Irriguo
Settembre	2021	15,57	26,73	57,70
Ottobre	2021	15,75	81,28	2,97
Novembre	2021	11,69	87,09	1,22
Dicembre	2021	12,97	87,03	0,00

Tab. 39: Portate all'invaso anno 2021. (Fonte: Consorzio Baraggia, SIIsipa)

Mese	Anno	% Potabile	% Idroelettrico	% Irriguo
Gennaio	2022	12,63	87,37	0,00
Febbraio	2022	26,60	73,40	0,00
Marzo	2022	99,24	0,76	0,00
Aprile	2022	84,05	0,39	15,56
Mese	Anno	% Potabile	% Idroelettrico	% Irriguo
Maggio	2022	34,89	0,02	65,09
Giugno	2022	11,20	0,01	88,79
Luglio	2022	7,84	0,01	92,15
Agosto	2022	36,66	0,03	63,31
Mese	Anno	% Potabile	% Idroelettrico	% Irriguo
Settembre	2022	72,31	0,10	27,59
Ottobre	2022	99,82	0,18	0,00
Novembre	2022	99,79	0,21	0,00
Dicembre	2022	99,86	0,14	0,00

Tab. 40: Portate all'invaso anno 2022. (Fonte: Consorzio Baraggia, SIIsipa)

15.0 Il modello della domanda e dei consumi

15.1 Fase n° 3: Analisi della distribuzione dei consumi a livello territoriale

In questa fase è possibile valutare i comuni coinvolti nella distribuzione delle risorse idriche a uso potabile irriguo e idroelettrico in base all'analisi della domanda a livello territoriale. (Fonte: CBBBV - SIIspa)

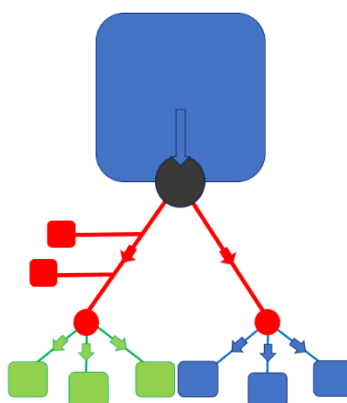


Fig. 90: Livello di analisi considerato. (Fonte: Elaborazione propria)

15.1.1 I dati cartografici a livello territoriale

Dai Sistemi Informativi Territoriali del Consorzio di Bonifica della Baraggia della SIIspa è stato possibile ottenere i dati in formato shapefiles³⁸ delle rispettive reti a uso potabile e a uso irriguo. Tali informazioni risultano conformi agli standard di proiezione in base al sistema di coordinate UTM³⁹ - WGS 84⁴⁰ - 32 Nord.

Grazie a queste caratteristiche è possibile sovrapporre le informazioni con le basi cartografiche degli enti e istituti di ricerca nonché a quelle delle pubbliche amministrazioni. I dati cartografici risultano inoltre essere predisposti alla modellazione idraulica e compatibili con i più Comuni formati di database GIS secondo il principio degli archi e dei nodi. (Fonte: www.mat.uniroma3.it)

³⁸ Lo shapefile è un popolare formato vettoriale per sistemi informativi geografici (GIS). (Fonte: www.esritalia.it)

³⁹ La proiezione Universal Transverse of Mercator è una *proiezione* cilindrica inversa derivata dalla *proiezione di Mercatore*, della *superficie terrestre* su un Piano e rappresenta una delle soluzioni meglio riuscite al problema di rappresentare la superficie terrestre. (Fonte: www.esritalia.it)

⁴⁰ Il World Geodetic System 1984, è un sistema di *coordinate geografiche geodetico*, basato su un *ellissoide di riferimento* elaborato nel 1984. Esso costituisce un *modello matematico* della Terra da un punto di vista *geodetico*. (Fonte: www.esritalia.it)

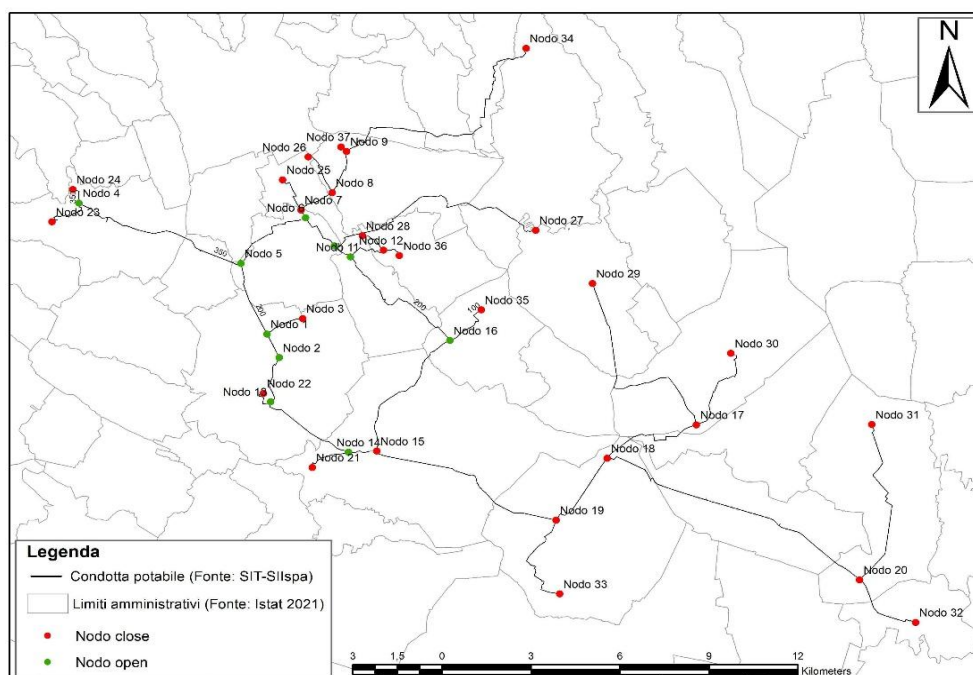


Fig. 91: La rete potabile di archi e nodi. (Fonte: SIT- SIlspa)

Tale implementazione dati permette una modellazione gestionale accurata grazie alla georeferenziazione delle valvole che permettono il passaggio dell'acqua nella rete. Nelle immagini vengono evidenziati alcuni esempi relativi alle sezioni di condotta servita dall'invaso per l'uso potabile e irriguo.

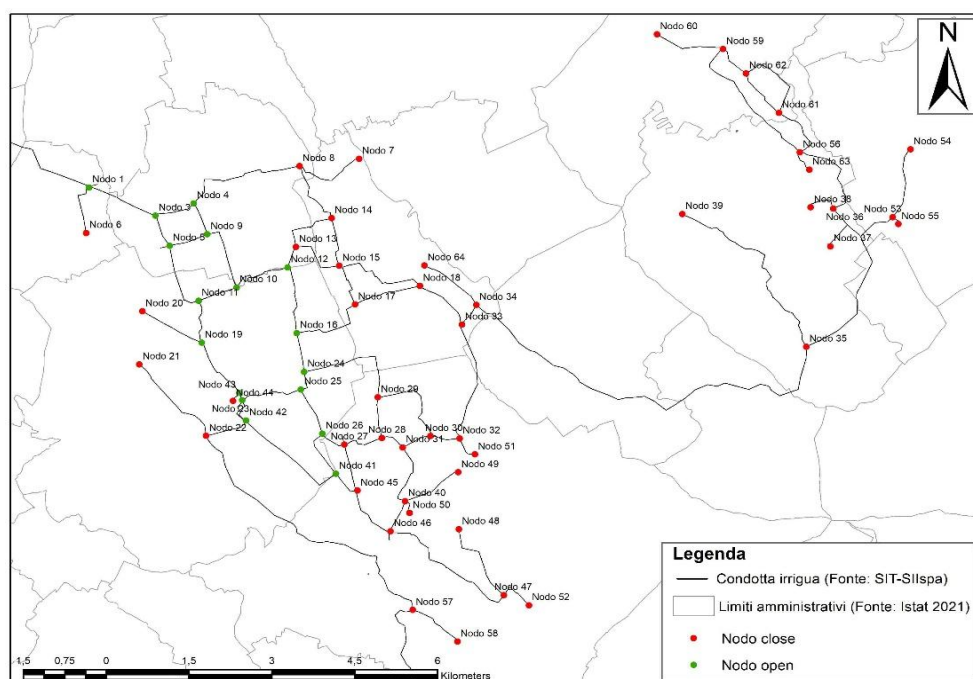


Fig. 92: La rete irrigua di archi e nodi. (Fonte: SIT- CBBBV)

15.1.2 Il modello della domanda attesa [Da] a uso potabile

L'invaso la cui disponibilità idrica è stata valutata nei precedenti paragrafi presenta una condotta a valle dello sbarramento che ha lo scopo di servire 20 Comuni a uso potabile gestiti dalla SIIsipa. I Comuni serviti sono suddivisi tra le province di Biella e Vercelli. La condotta in ghisa ha una lunghezza di 150 km e risulta avere diametro variabile. Due Comuni risultano infrastrutturati, ma attualmente non sono serviti dalla disponibilità idrica dell'invaso.

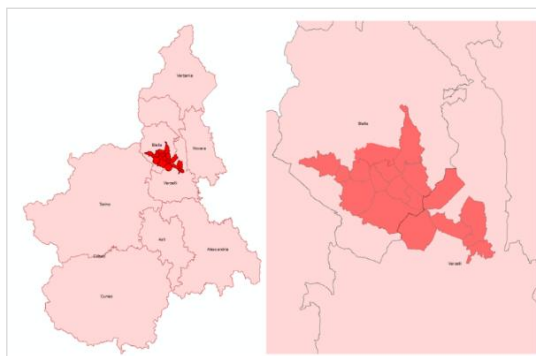


Fig. 93: Inquadratura territoriale dei Comuni serviti dall'uso potabile. (Fonte: Elaborazione propria)

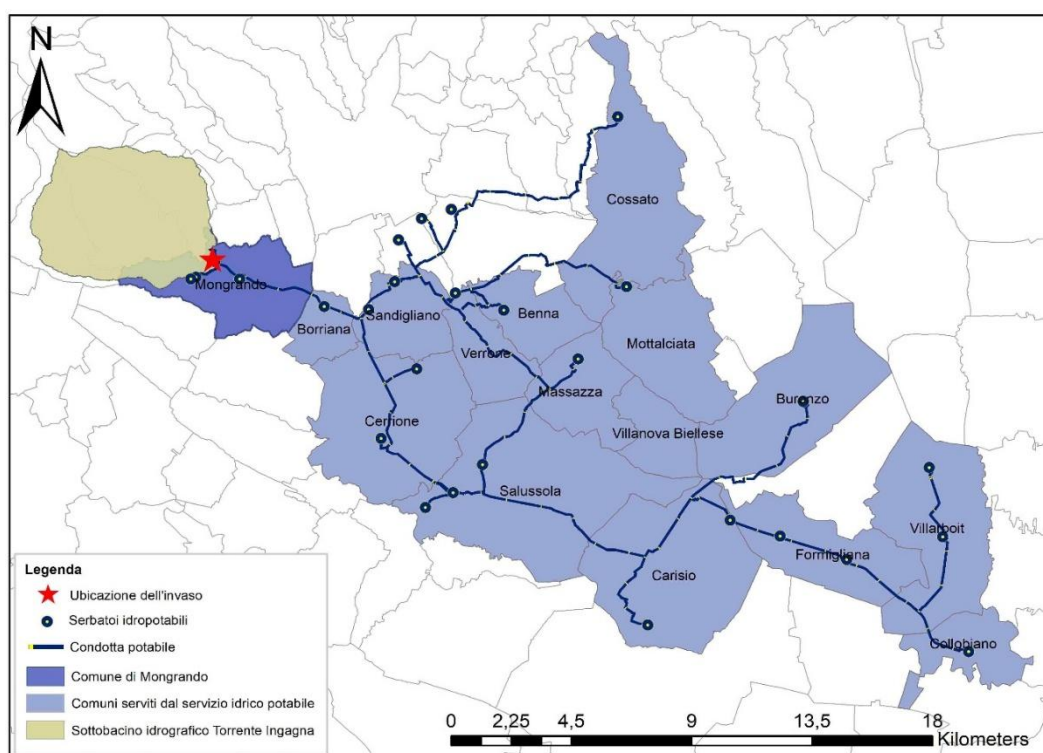


Fig. 94: Comuni infrastrutturati dalla condotta a uso potabile. (Fonte: SIT – SIIsipa. Elaborazione propria)

Il modello utile alla costruzione di un indicatore soglia di consumo a uso potabile è stato realizzato innanzitutto osservando la variazione della popolazione dall'anno 2011 al 2021. I dati ricavati dall'ISTAT hanno evidenziato che tutti i Comuni considerati mostrano un decremento della popolazione, mentre solo il Comune di Verrone mostra una crescita demografica del 42%. I dati ottenuti hanno permesso di ricavare il dato dell'area media per abitante ricavato dal rapporto tra la superficie totale del Comune e il numero di abitanti secondo la seguente formula:

$$AreaMedia_{abitante} = SuperficieTot / AbitantiTot$$

Successivamente è stata ricavata la domanda potabile giornaliera in base al consumo medio giornaliero assegnato di 150 litri/giorno a persona da cui è stato ricavato il valore di *domanda attesa* [Da]. Il dato giornaliero ottenuto permette di identificare il modello della domanda potabile su scala annua.

$$m^3/gg = [150_{l/giorno}/1000] * Abitanti$$

Infine è stata calcolata la variazione percentuale degli abitanti dal 2011 al 2021 da cui è stato possibile ottenere conseguentemente la variazione della *domanda attesa* [Da] applicando la seguente formula:

$$\Delta\% = [Xf - Xi / Xi] * 100$$

Comune	Zona	Provincia	Codice ISTAT	Abitanti 2011	Abitanti 2021	Var abitanti 11/21	m ³ /gg 2011	m ³ /gg 2021	Area m ²	m ³ /y 2011	m ³ /y 2021	Var Q %	m ² /abitanti 2011	m ² /abitanti 2021
Benna	pianura	BIELLA	096	1190	1146	44	178,5	171,9	9.395.497	65.153	62.744	-3,697	7,895	8,199
Borrana	pianura	BIELLA	096	880	861	19	132	129,15	5.348.626	48.180	47.140	-2,159	6,078	6,212
Buronzio	pianura	VERCELLI	002	916	851	65	137,4	127,65	25.095.667	50.151	46.592	-7,096	27,397	29,490
Carisio	pianura	VERCELLI	002	864	772	92	129,6	115,8	30.127.759	47.304	42.267	-10,648	34,870	39,026
Cerrione	collina	BIELLA	096	2894	2810	84	434,1	421,5	28.006.544	158.447	153.848	-2,903	9,677	9,967
Collobiano	pianura	VERCELLI	002	105	86	19	15,75	12,9	9.230.372	5.749	4.709	-18,095	87,908	107,330
Cossato	collina	BIELLA	096	14810	14015	795	2221,5	2102,25	27.753.184	810.848	767.321	-5,368	1,874	1,980
Formigliana	pianura	VERCELLI	002	550	497	53	82,5	74,55	16.775.103	30.113	27.211	-9,636	30,500	33,753
Massazza	pianura	BIELLA	096	542	569	-27	81,3	85,35	11.617.616	29.675	31.153	4,982	21,435	20,418
Mongrando	collina	BIELLA	096	3977	3667	310	596,55	550,05	16.513.244	217.741	200.768	-7,795	4,152	4,503
Mottalciata	collina	BIELLA	096	1431	1332	99	214,65	199,8	18.403.972	78.347	72.927	-6,918	12,861	13,817
Salussola	pianura	BIELLA	096	2015	1868	147	302,25	280,2	38.542.094	110.321	102.273	-7,295	19,128	20,633
Sandigliano	pianura	BIELLA	096	2762	2570	192	414,3	385,5	10.229.284	151.220	140.708	-6,951	3,704	3,980
Verrone	pianura	BIELLA	096	1253	1777	-524	187,95	266,55	8.591.852	68.602	97.291	41,820	6,857	4,835
Villanova Biellese	pianura	BIELLA	096	190	182	8	28,5	27,3	7.878.696	10.403	9.965	-4,211	41,467	43,290
Villarboit	pianura	VERCELLI	002	465	386	79	69,75	57,9	25.529.804	25.459	21.134	-16,989	54,903	66,139
				34.844	33.389					1.907.709	1.828.048			

Tab. 41: Tabella riassuntiva del modello di domanda a uso potabile calibrato a 0,15 m³/gg. (Fonte: elaborazione propria)

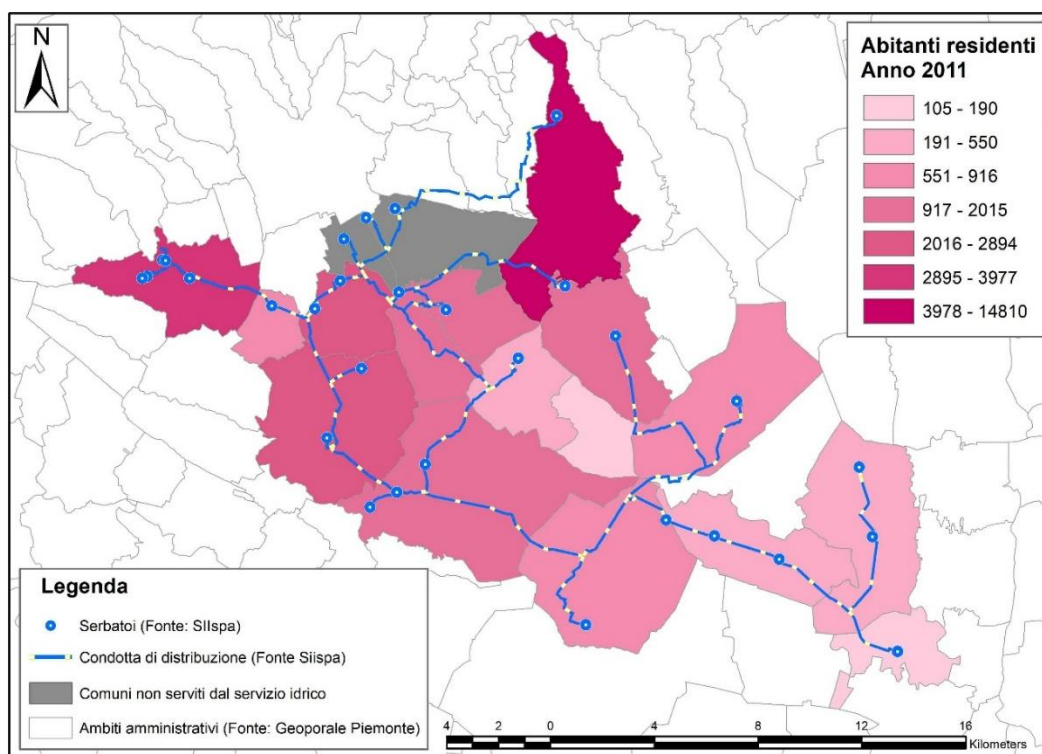


Fig. 95: *Abitanti residenti 2011. (Fonte: ISTAT 2011 - Elaborazione propria)*

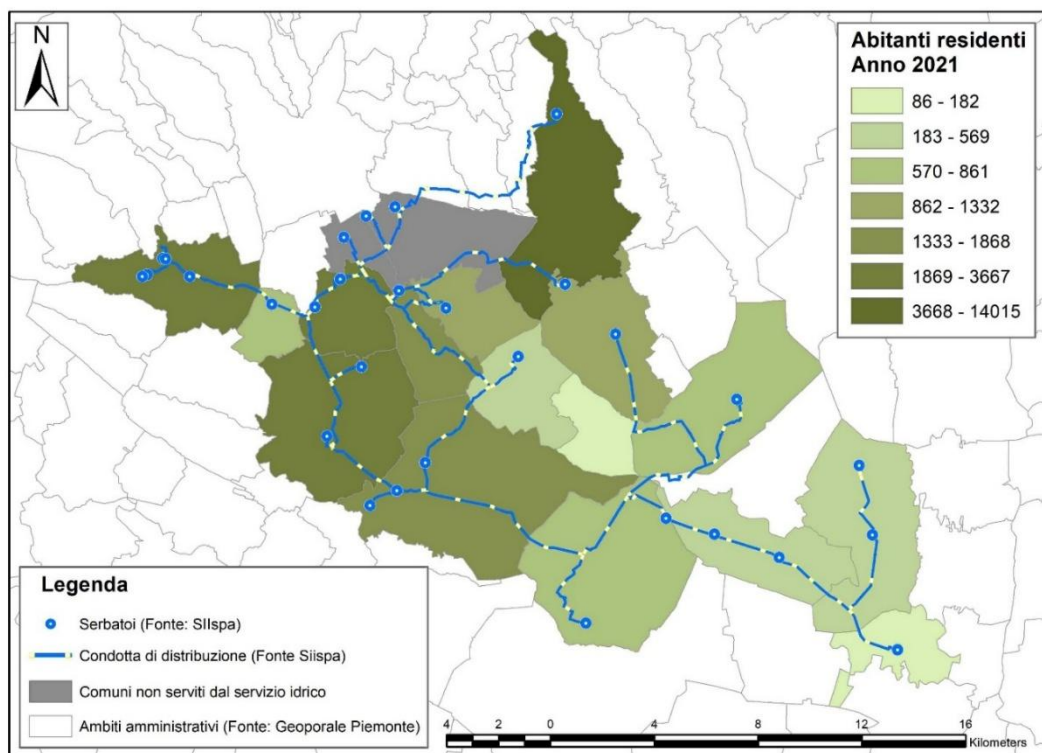
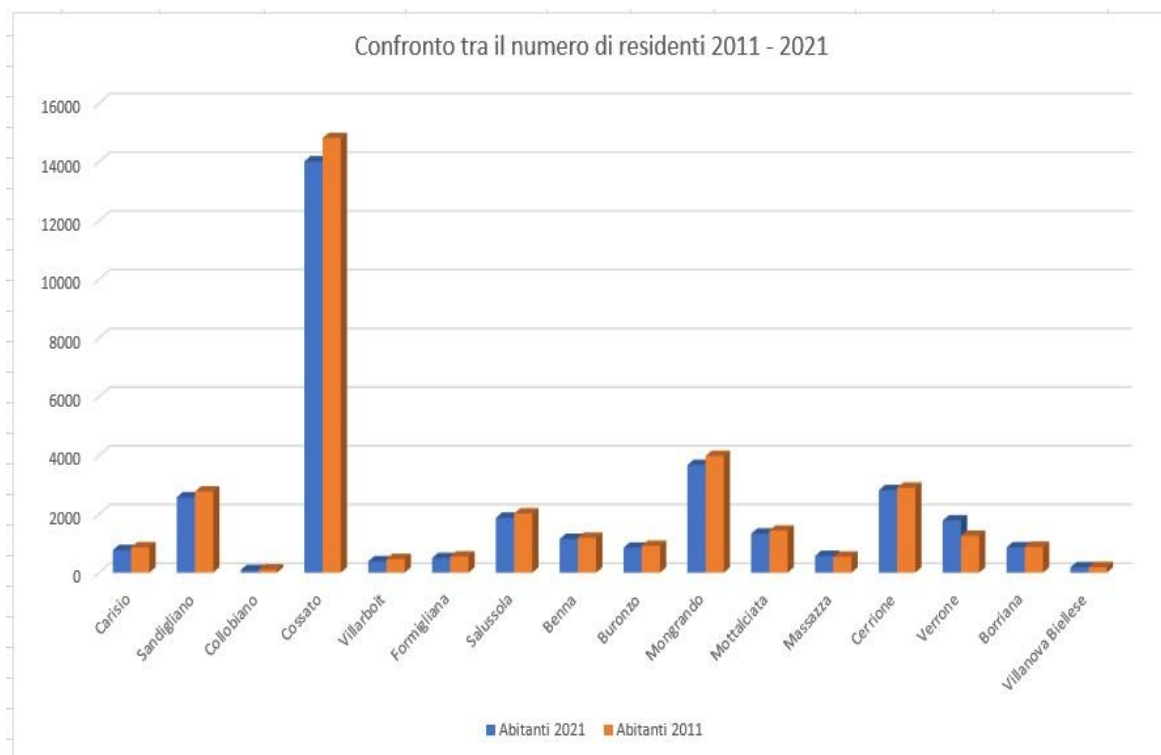


Fig. 96: *Abitanti residenti 2021. (Fonte: ISTAT 2011- Elaborazione propria)*



Graf. 27: Confronto tra gli abitanti nel 2011 e 2021 nei Comuni serviti dal servizio idropotabile. (Fonte: ISTAT 2011 - Elaborazione propria)

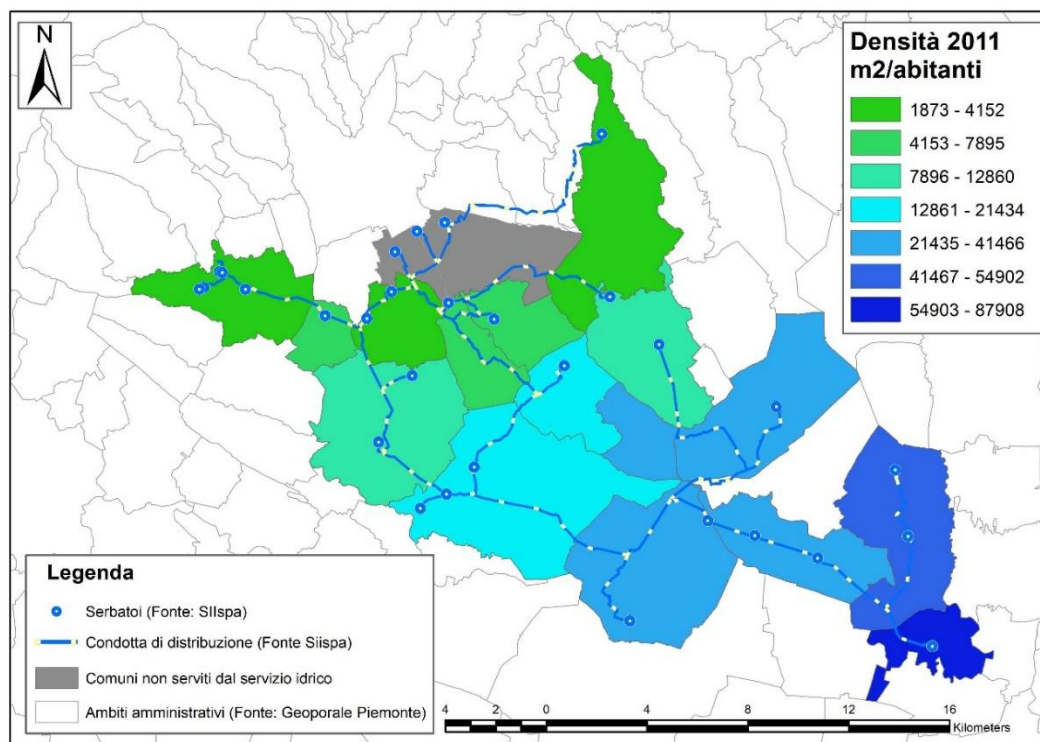


Fig. 97: Indice di densità territoriale 2011. (Fonte: ISTAT 2011 - Elaborazione propria)

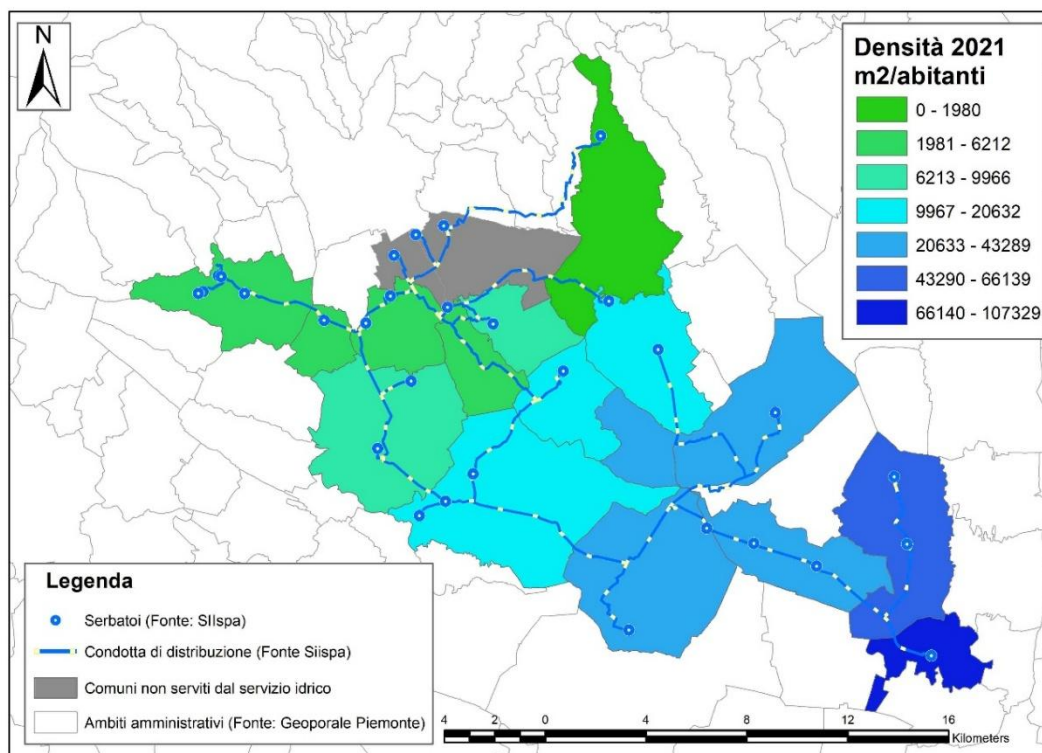


Fig. 98: Indice di densità territoriale 2021. (Fonte: ISTAT 2011 - Elaborazione propria)

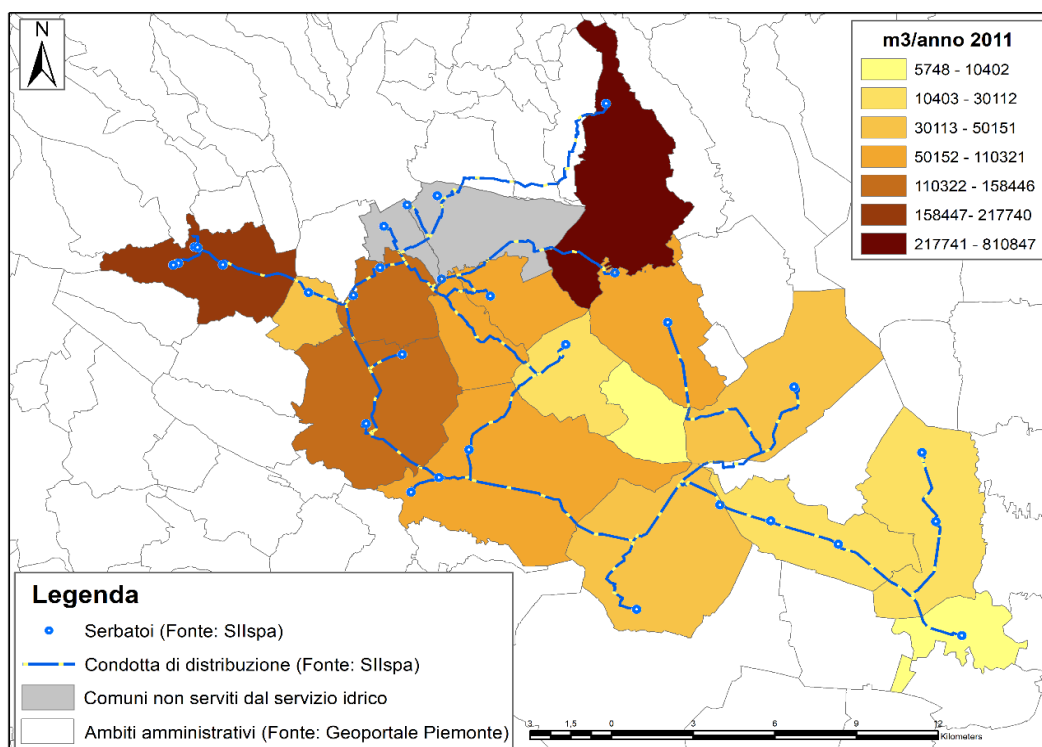


Fig. 99: Modello della domanda a uso potabile 2011. (Fonte: ISTAT 2011 - Elaborazione propria)

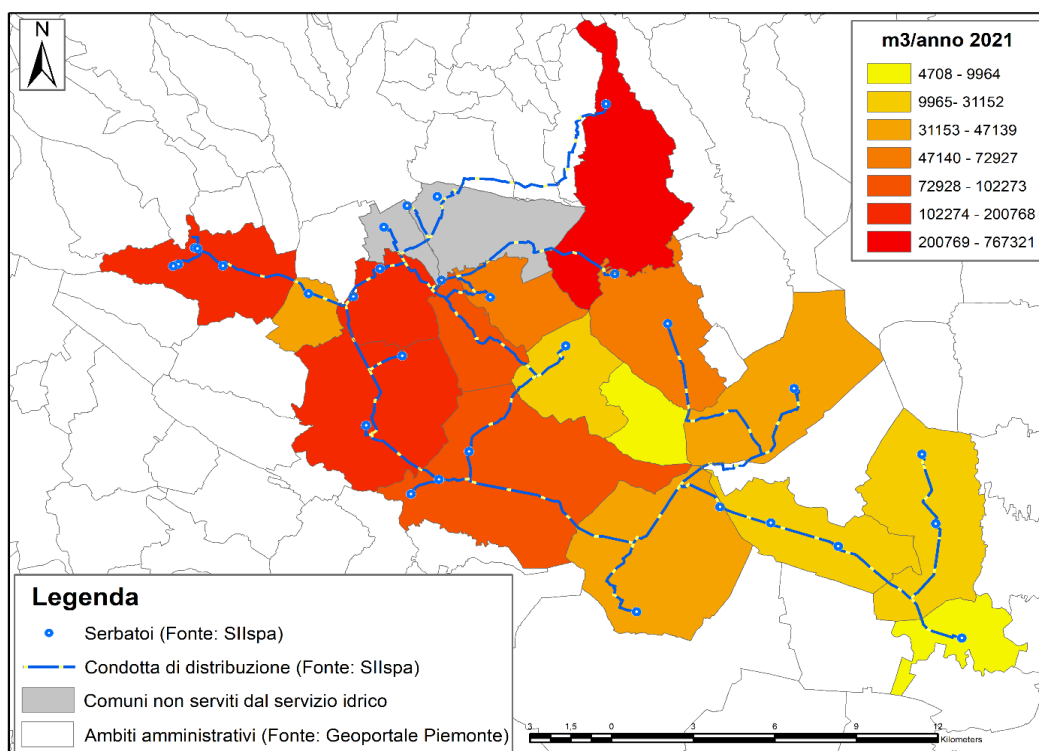


Fig. 100: Modello della domanda a uso potabile 2021. (Fonte: ISTAT 2021 - Elaborazione propria)

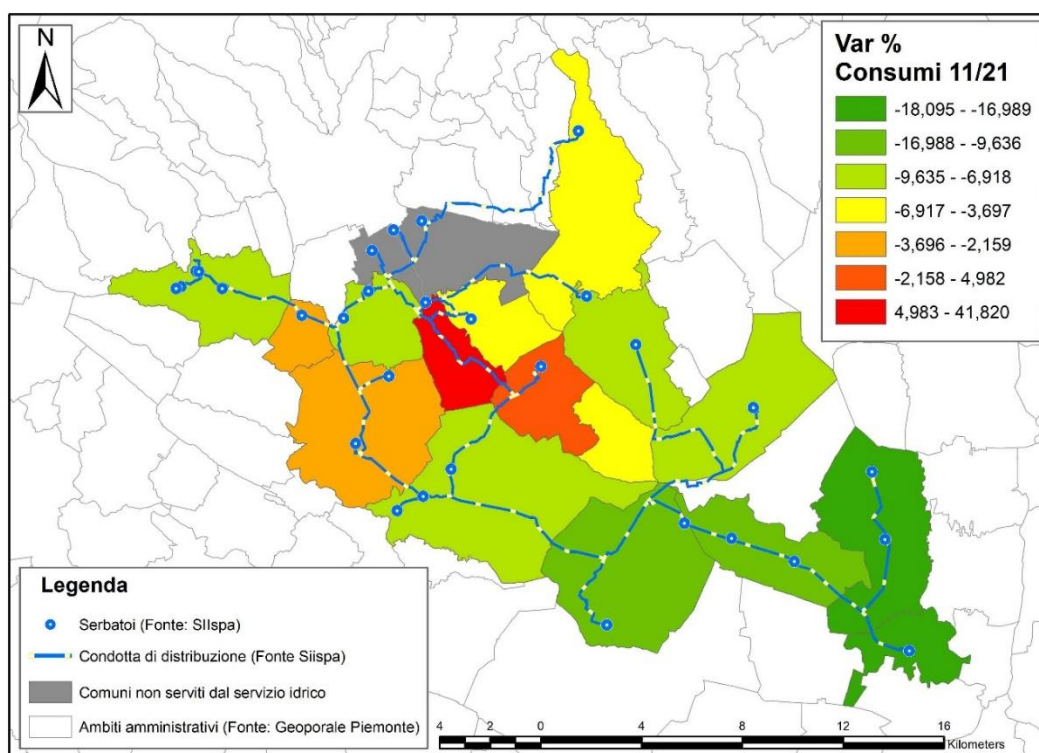
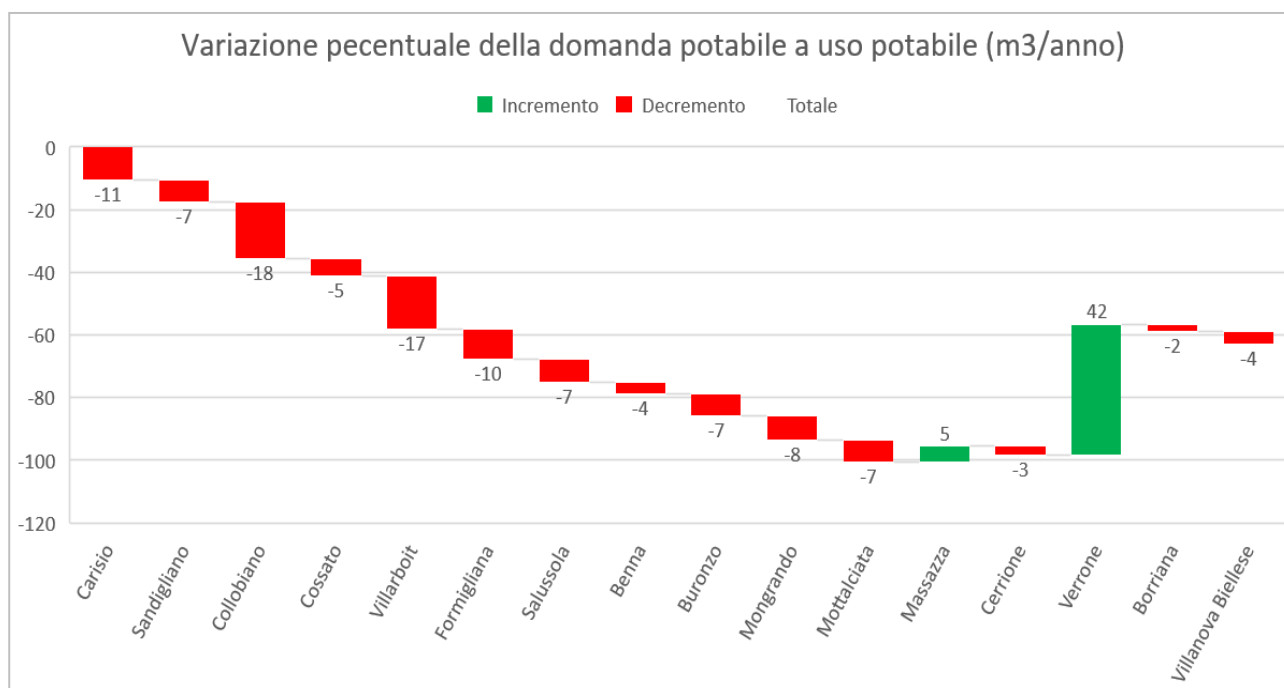


Fig. 101: Variazione percentuale dei consumi a uso potabile 2011-2021. (Fonte: ISTAT 2021 - Elaborazione propria)



Graf. 28: Variazione percentuale della domanda a uso potabile. (Fonte: SIIspa - Elaborazione propria)

Le tabelle ottenute sono state collegate in ambiente GIS ai poligoni delle sezioni di censimento che sono stati successivamente aggregate in base all'estensione territoriale comunale. Questa analisi ha permesso di evidenziare in modo specifico la concentrazione della popolazione da cui è stato ricavato un modello della *domanda attesa* [**D_a**] a uso potabile maggiormente dettagliato.

L'obiettivo finale di questa parte della ricerca è quello di confrontare l'indicatore ottenuto del modello di *domanda attesa* [**D_a**] con i consumi potabili ricavati direttamente dai serbatoi comunali i cui dati sono stati forniti dal gestore del servizio idrico equivalenti alla *domanda misurata* [**D_m**].

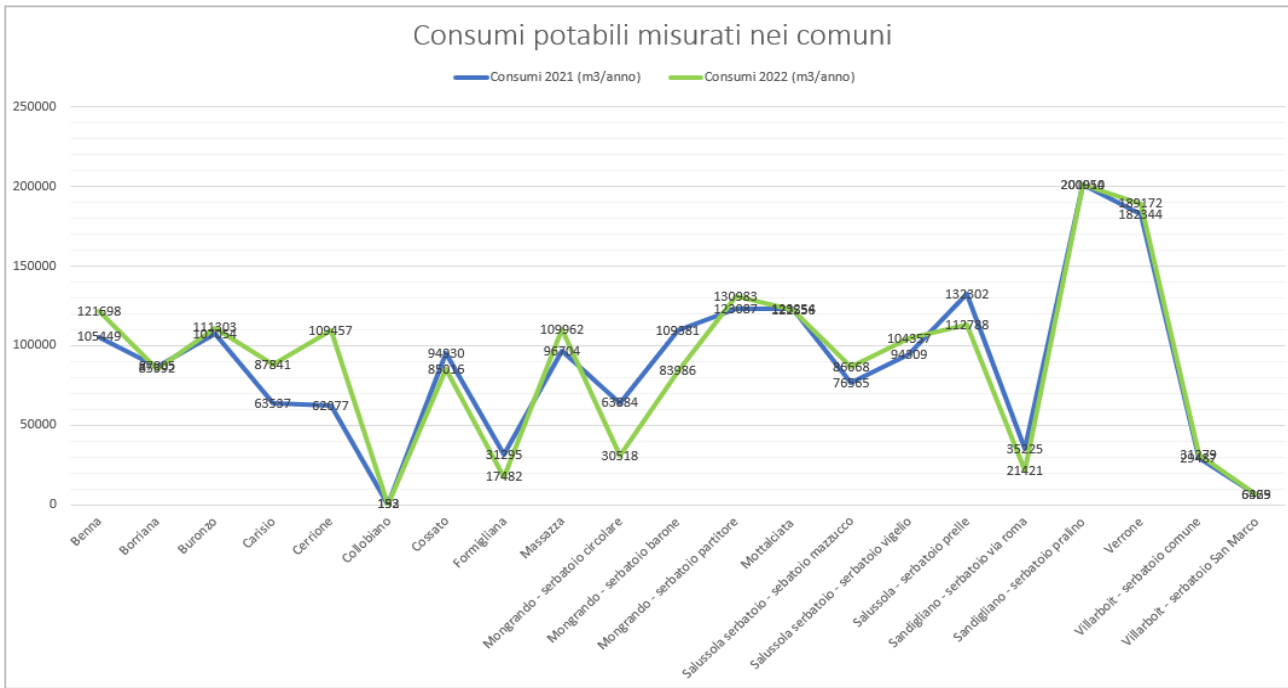
15.1.3 I consumi della domanda misurata [**D_m**] nei serbatoi comunali

Al fine di avere un quadro dei consumi a uso potabile, si è proceduto analizzando i dati delle portate distribuite a livello comunale da cui è stato ricavato il valore di *domanda misurata* [**D_m**]. Come precedentemente accennato i dati pervenuti sono stati, come vedremo, confrontati con il modello del consumo pro-capite idropotabile atteso [**D_a**] elaborato nei precedenti paragrafi. Questo confronto permette di comprendere se l'effettiva distribuzione idrica a uso potabile nei Comuni soddisfa il modello della *domanda attesa*. (Fonte: SIT - SIIspa)

I consumi comunali a uso potabile [Dm] sono stati ottenuti grazie alla presenza dei misuratori di portata installati nei serbatoi di accumulo che ricevendo l’acqua dall’invaso permettono di servire la popolazione residente. Le serie considerate sono degli anni 2021 e il 2022. (Fonte: SIT - SIIsipa)

Adduzione	Comune	2021		2022		21 - 22
		Consumi 2021 (m³/anno)	Percentuale	Consumi 2022 (m³/anno)	Percentuale	Var %
Invaso Ingagna	Benna	105449	6,19	121698	6,58	15,41
Invaso Ingagna	Borriana	87005	5,11	85392	4,62	-1,85
Invaso Ingagna	Buronzo	107054	6,29	111303	6,02	3,97
Invaso Ingagna	Carisio	63537	3,73	87841	4,75	38,25
Invaso Ingagna	Cerrione	62077	3,65	109457	5,92	76,32
Invaso Ingagna	Collobiano	192	0,01	153	0,01	-20,31
Invaso Ingagna	Cossato	94930	5,58	85016	4,60	-10,44
Invaso Ingagna	Formigiana	31295	1,84	17482	0,95	-44,14
Invaso Ingagna	Massazza	96704	5,68	109962	5,95	13,71
Invaso Ingagna	Mongrando - serbatoio circolare	63884	3,75	30518	1,65	-52,23
Invaso Ingagna	Mongrando - serbatoio barone	109381	6,43	83986	4,54	-23,22
Invaso Ingagna	Mongrando - serbatoio partitore	123087	7,23	130983	7,08	6,41
Invaso Ingagna	Mottalciata	123254	7,24	122556	6,63	-0,57
Invaso Ingagna	Salussola serbatoio - serbatoio mazzucco	76565	4,50	86668	4,69	13,20
Invaso Ingagna	Salussola serbatoio - serbatoio vigelio	94309	5,54	104357	5,64	10,65
Invaso Ingagna	Salussola - serbatoio prelle	132302	7,77	112788	6,10	-14,75
Invaso Ingagna	Sandigliano - serbatoio via roma	35225	2,07	21421	1,16	-39,19
Invaso Ingagna	Sandigliano - serbatoio pralino	200910	11,80	201054	10,87	0,07
Invaso Ingagna	Verrone	182344	10,71	189172	10,23	3,74
Invaso Ingagna	Villarboit - serbatoio comune	29487	1,73	31279	1,69	6,08
Invaso Ingagna	Villarboit - serbatoio San Marco	6469	0,38	6325	0,34	-2,23
		1825460		1849411		

Tab. 42: Consumi a uso potabile nei Comuni. 2021-2022. (Fonte: SIIsipa. Elaborazione propria)



Graf. 29: Confronto dei consumi potabili misurati nei Comuni. 2021-2022. (Fonte: SIIsipa. Elaborazione propria)

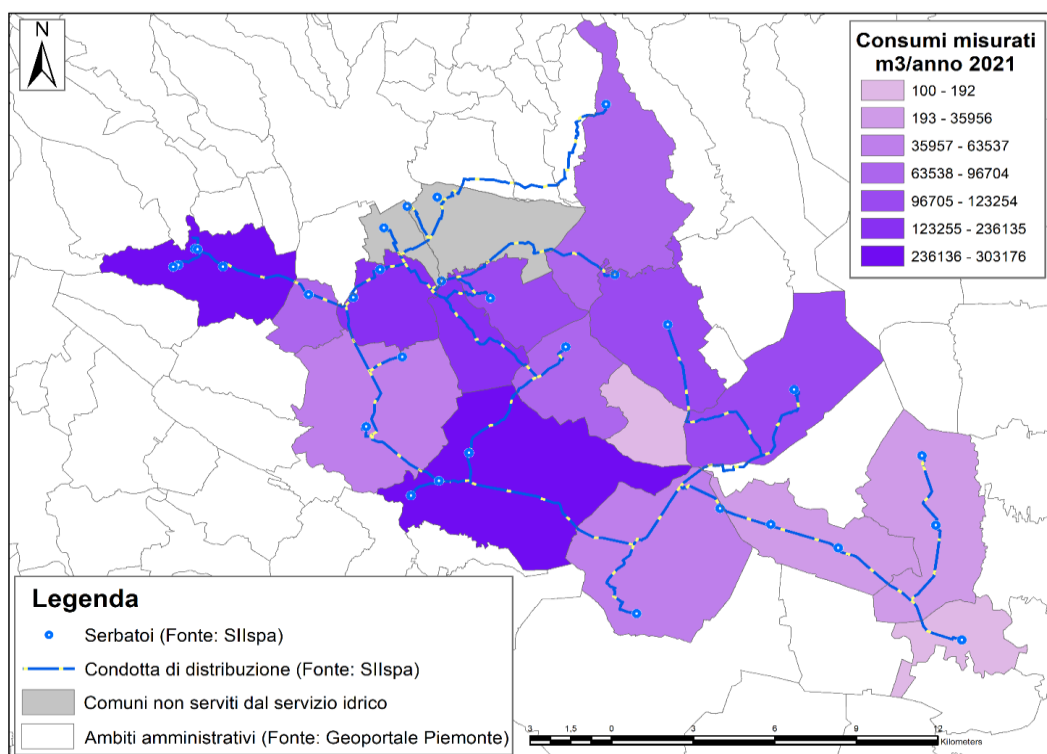


Fig. 102: Consumi misurati a livello comunale - 2021. (Fonte: SIIsipa - Elaborazione propria)

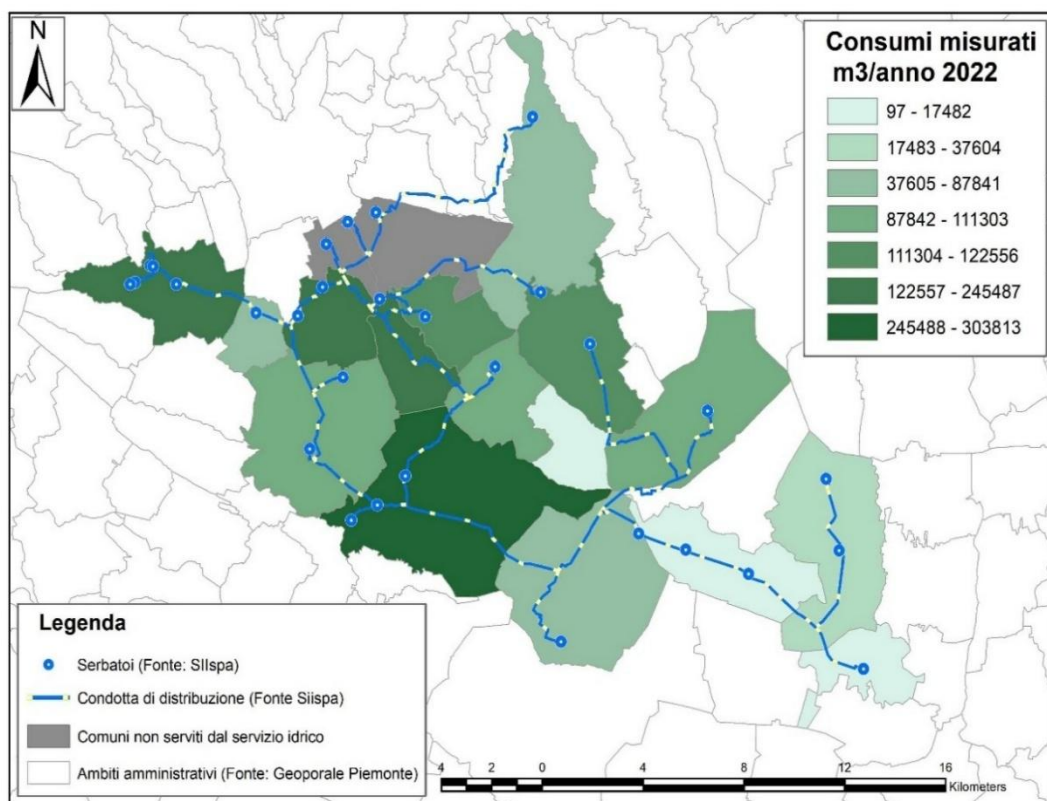


Fig. 103: Consumi misurati a livello comunale - 2022. (Fonte: SIIsipa - Elaborazione propria)

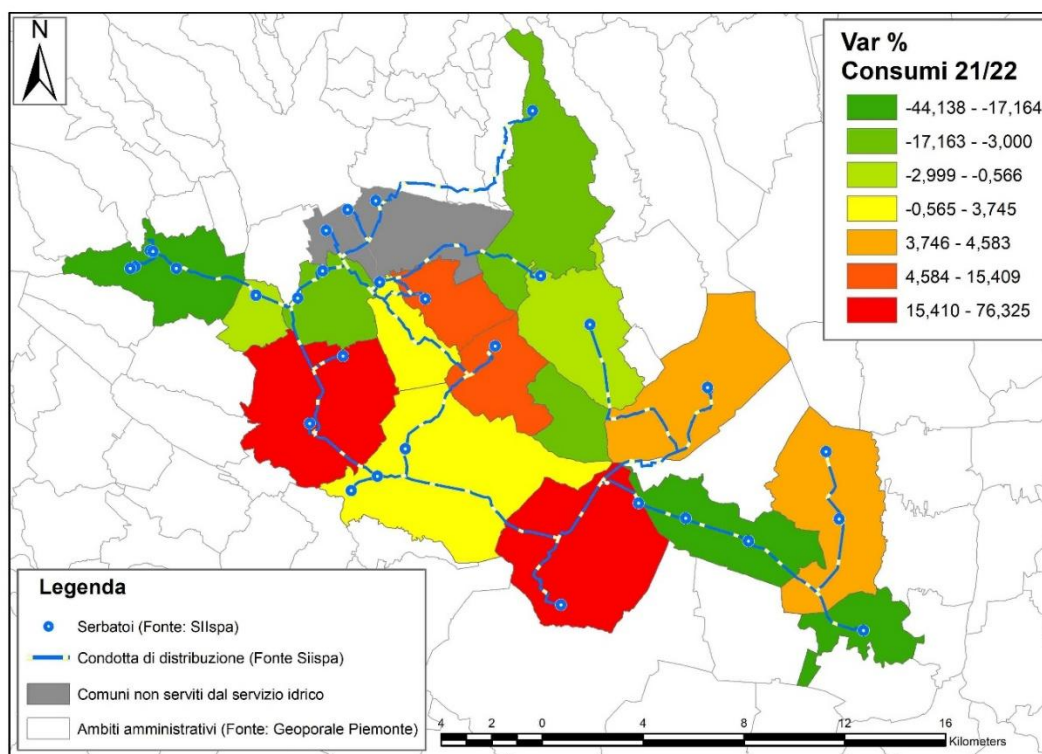
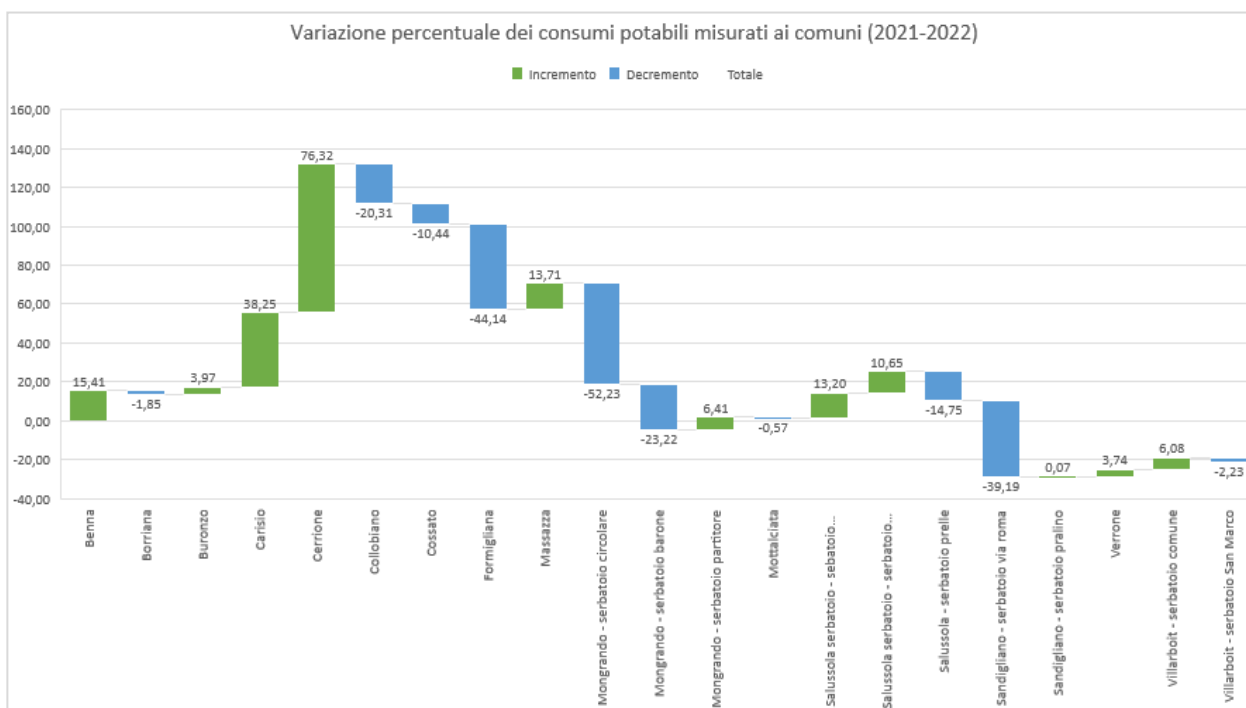


Fig. 104: Variazione percentuale dei consumi misurati 2021-2022. (Fonte: SIIsipa - Elaborazione propria)



Graf. 30: Variazione percentuale dei consumi misurati nei Comuni. 2021-2022. (Fonte: SIIsipa - Elaborazione propria)

15.1.4 Confronto tra [Da] e [Dm], osservazioni dei dati ottenuti

Per confrontare i dati del modello della *domanda attesa* [Da] con i dati misurati nei serbatoi comunali tramite la *domanda misurata* [Dm] si è proceduto con l'applicazione della seguente formula che ha permesso a ritroso di ottenere, dai volumi d'acqua misurati suddivisi per comune, i consumi giornalieri pro-capite per l'anno 2021 e 2022 espressi in l/gg per abitante [Cabi]:

$$[C_{abi}] \text{ l/gg} = [(VolumeTot/365)/AbitantiTot] * 1000$$

Dai dati emerge che sia per l'anno 2021 che per il 2022, molti Comuni presentano un consumo giornaliero per abitante superiore e altri invece un consumo inferiore ai 150 l/gg. In sostanza molti Comuni hanno utilizzato un maggiore quantitativo d'acqua che in alcuni casi supera abbondantemente i 150 l/gg per abitante. In particolare si evidenzia per l'anno 2021 i Comuni di Salussola e Verrone presentano un consumo per abitante superiore ai 300 l/gg, mentre per l'anno 2022 si aggiungono ai precedenti anche il Comune di Buronzo e Massazza. Altri Comuni come ad esempio Cossato e Cerrione presentano un consumo che va dai 2 l/gg ai 61 l/gg per l'anno 2021 e dai 5 l/gg ai 45 l/gg per il 2022.

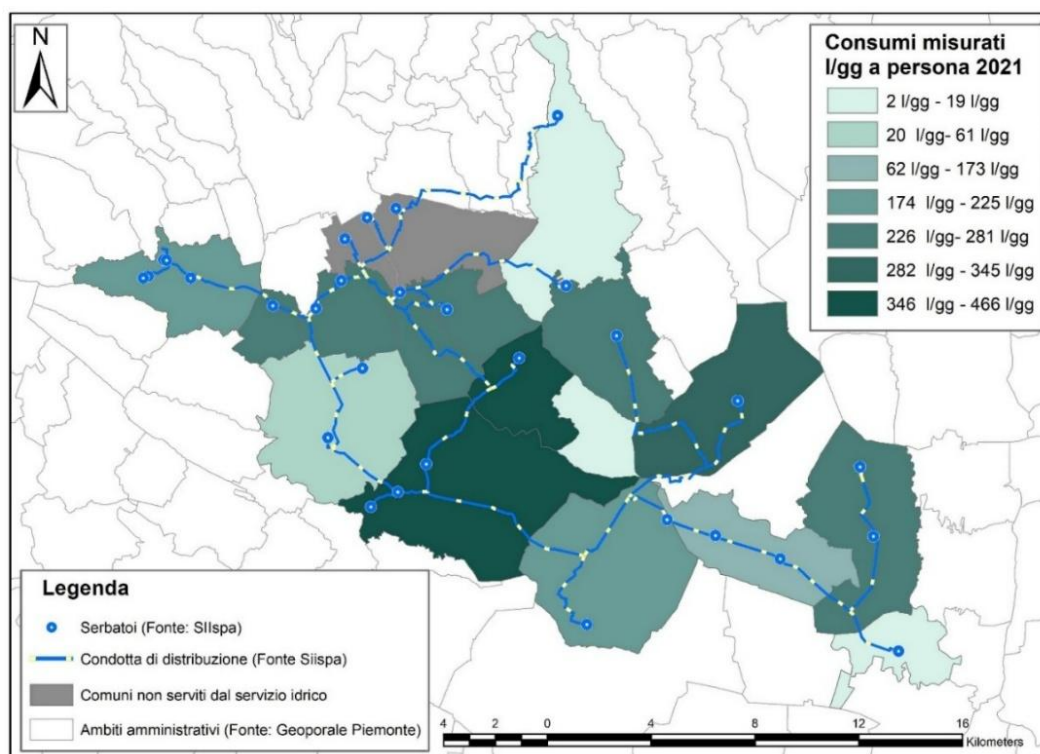


Fig. 105: Consumi per abitante - 2021. (Fonte: SIIsipa - Elaborazione propria)

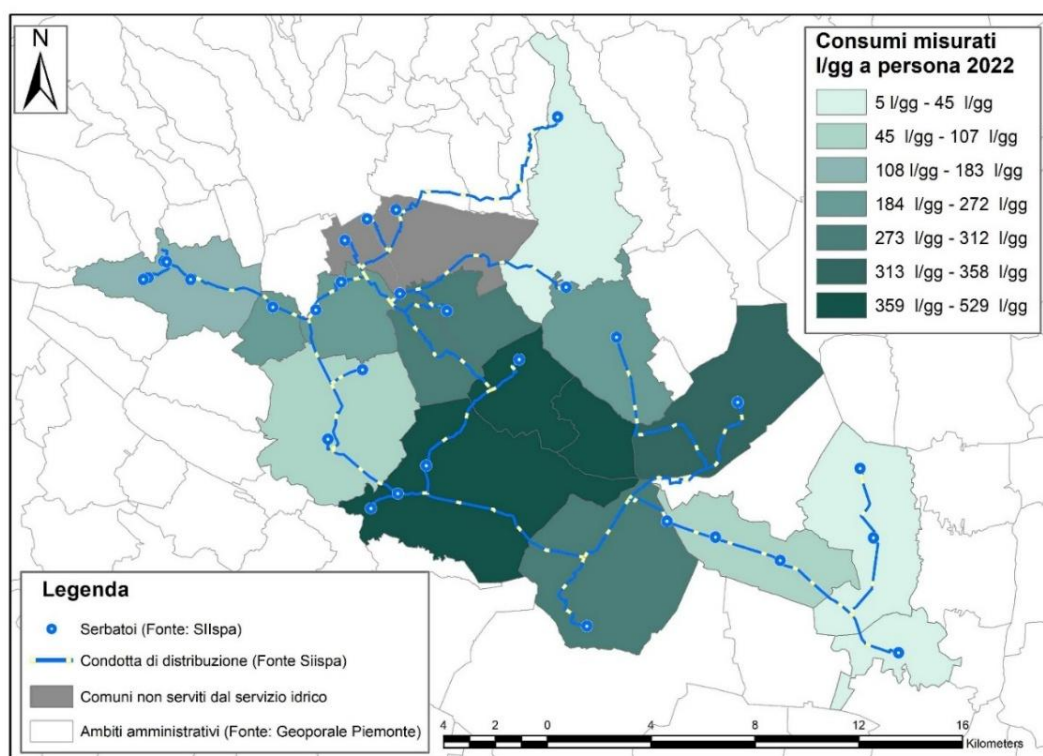
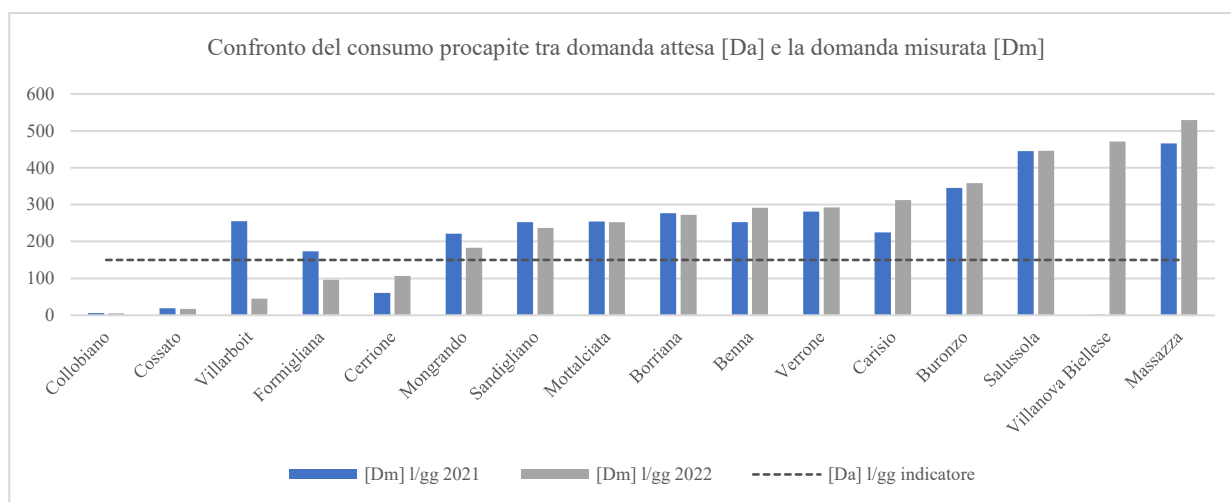


Fig. 106: Consumi per abitante - 2022. (Fonte: SIIsipa - Elaborazione propria)

Comuni	[Dm] l/gg 2021	[Dm] l/gg 2022	[Da] l/gg indicatore
Collobiano	6	5	150
Cossato	19	17	150
Villarboit	255	45	150
Formigliana	173	96	150
Cerrione	61	107	150
Mongrando	221	183	150
Sandigliano	252	237	150
Mottalciata	254	252	150
Borriana	277	272	150
Benna	252	291	150
Verrone	281	292	150
Carisio	225	312	150
Buronzo	345	358	150
Salussola	445	446	150
Villanova Biellese	2	471	150
Massazza	466	529	150

Tab. 43: Confronto dei consumi pro capite per abitante – 2021, 2022. (Fonte: SIIsipa - Elaborazione propria)



Graf. 31: Confronto tra la domanda attesa e la misurata – 2021, 2022. (Fonte: SIIspa - Elaborazione propria)

Infine è stato confrontato il *volume totale della domanda attesa* [**Vatot**] impostato a 150 l/gg e la sommatoria del *volume totale della domanda misurata* [**Vmtot**] nei Comuni per gli anni 2021 e 2022 da cui è stata ricalcolata la *domanda attesa* [**Datot abi**] e la *domanda misurata* [**Dmtot abi**] totale per abitante partendo dalla sommatoria dei consumi comunali secondo la seguente formula:

$$[C_{abi}] \text{ l/gg} = \left[\frac{\sum \text{Volume Comuni}}{365} \right] / \left[\sum \text{Abitanti Comuni} \right] * 1000$$

Dai dati ottenuti è stato ricavato un indicatore che permette di comprendere la disponibilità idrica generale a uso potabile per abitante. L'indicatore è stato realizzato grazie al presupposto che tutta la popolazione servita utilizzi le risorse idriche distribuite dall'invaso precedentemente analizzato al fine di ottenere un dato bilanciato che permetta di comprendere effettivamente la domanda idrica giornaliera [**Dmtot abi**] confrontandola con quella del modello della *domanda attesa* [**Datot abi**].

Considerando che il modello della *domanda attesa* [**Datot abi**] è stato tarato per un consumo medio giornaliero di 150 l/gg per abitante, le misure effettuate all'invaso evidenziano che per l'anno 2021 i consumi giornalieri sono coerenti con quelli del modello della domanda pari a 149,73 l/gg, mentre per l'anno 2022 vi è un leggero incremento dei consumi idropotabili pari a 151,75 l/gg per abitante. I consumi idropotabili rilevati nei Comuni evidenziano che, per l'anno 2021, il valore di consumo giornaliero risulta essere leggermente inferiore al il modello di domanda attesa, mentre per l'anno 2022, il consumo medio registrato risulta essere leggermente superiore.

Anno	Abitanti ISTAT	[Vatot] m3/anno	[Vmtot] m3/anno	[Datot abi] l/gg	[Dmtot abi] l/gg
2011	34.844	1.907.709	n.d.	150	n.d.
2021	33.389	1.828.048	1.825.460	150	149,73
2022	33.389	1.828.048	1.849.411	150	151,75

Tab. 44: Confronto tra la domanda a uso potabile e i consumi misurati nei Comuni. 2011, 2021 e 2022. (Fonte: SIlspa - Elaborazione propria)

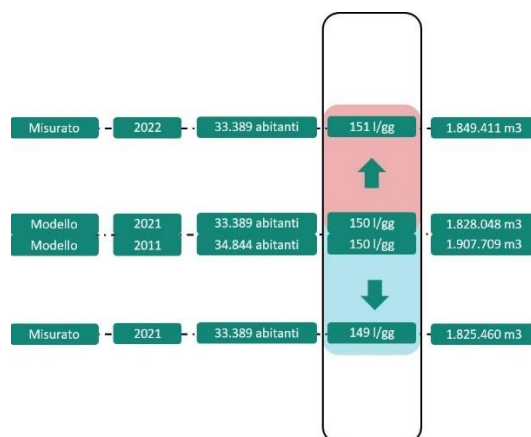


Fig. 107: Indicatore dei consumi giornalieri per abitante. (Fonte: Elaborazione propria)

15.1.5 I consumi a uso irriguo

L'invaso considerato nella ricerca permette di distribuire l'acqua a scopo irriguo in nove Comuni di cui sette nella provincia di Biella e due nella Provincia di Vercelli. Per servire i terreni agricoli in oggetto il Consorzio di Bonifica della Baraggia Biellese e Vercellese ha infrastrutturato il territorio con un impianto ad aspersione che prevede l'utilizzo di irrigatori ad alta pressione che ruotando su sé stessi garantiscono l'irrigazione costante a 360 gradi. Le aree irrigate hanno un'estensione pari a 2000 ettari e sono a produzione di mais e soia.

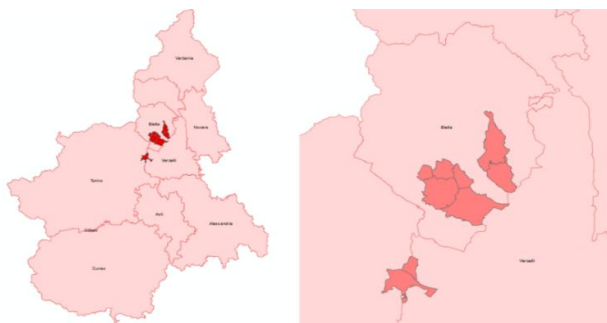


Fig. 108: Inquadramento territoriale dei Comuni serviti dall'uso irriguo. (Fonte: Elaborazione propria)

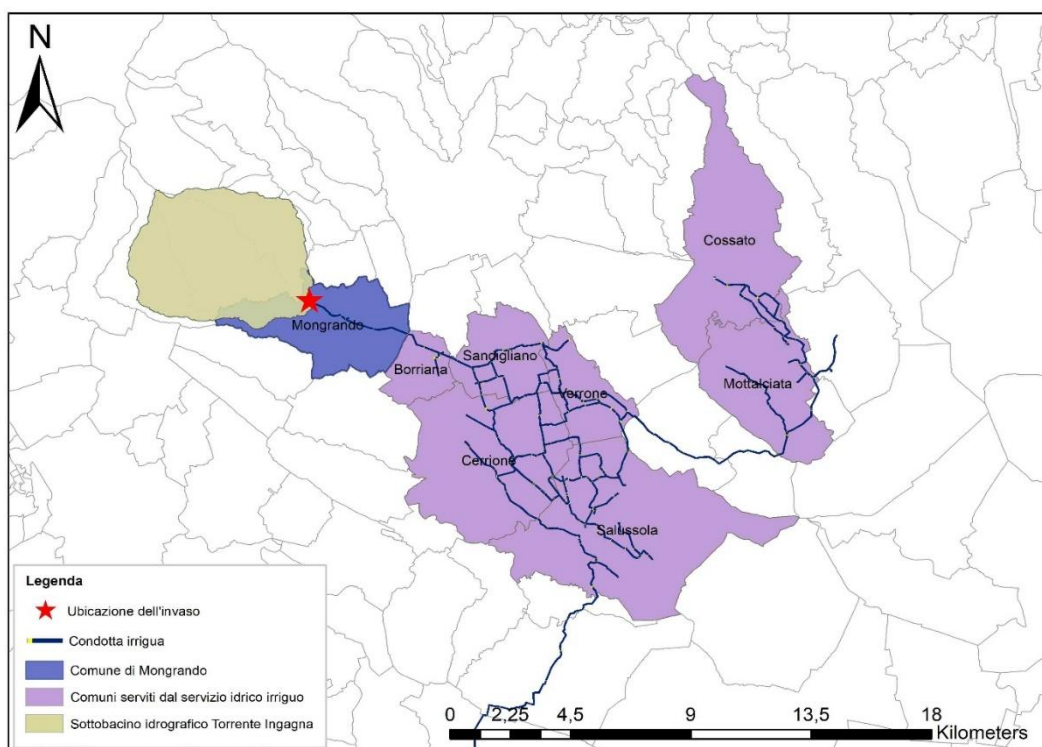


Fig. 109: Comuni serviti dalla condotta a uso irriguo. (Fonte: SIT - CBBBV)

15.1.6 L'infrastrutturazione a uso irriguo

L'impianto di irrigazione è costituito da 621 km di condotte suddivise in diversi materiali tra cui acciaio, ghisa, vetroresina e PVC che grazie a diversi diametri contribuiscono alla distribuzione dell'acqua a uso irriguo nei Comuni interessati. (Fonte: *Sistema Informativo Territoriale*, 2024, CBBBV). La distribuzione dell'acqua sul suolo avviene tramite l'utilizzo di irrigatori grazie alla tecnica ad aspersione. La portata di ogni singolo irrigatore varia da 5 l/sec a 10 l/sec. Nel calcolo dei consumi si è tenuto in considerazione un consumo medio di 7 l/sec. Il numero degli irrigatori totali attivabili è di 7.256 e sono distribuiti su 9 Comuni. (Fonte: *Sistema Informativo Territoriale*, 2024, CBBBV)

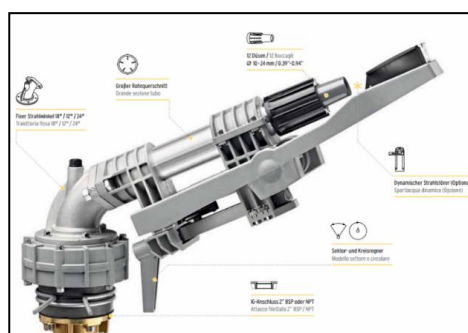


Fig. 110: Modello di irrigatore utilizzato. (Fonte: www.kometirrigation.com)

komet <i>Twin Max</i>								
Druck Pressione bar	Düse / Boccaglio 10 mm - 0.39"		Düse / Boccaglio 11 mm - 0.43"		Düse / Boccaglio 12 mm - 0.47"		Düse / Boccaglio 13 mm - 0.51"	
	Durchfluss Portata m³/h	Radius Gittata m	Durchfluss Portata m³/h	Radius Gittata m	Durchfluss Portata m³/h	Radius Gittata m	Durchfluss Portata m³/h	Radius Gittata m
2,0	5,4	21,8	6,6	22,9	7,8	23,9	9,2	25,1
2,5	6,1	24,1	7,3	25,3	8,7	26,5	10,3	27,6
3,0	6,7	26,3	8,1	27,7	9,6	29,1	11,2	30,2
3,5	7,2	28,1	8,7	29,5	10,3	30,9	12,1	32,0
4,0	7,7	29,8	9,3	31,3	11,1	32,7	13,0	33,8
4,5	8,1	30,8	9,9	32,3	11,7	33,7	13,8	34,9
5,0	8,6	31,8	10,4	33,2	12,4	34,6	14,5	35,9
5,5	9,0	32,9	10,9	34,2	13,0	35,5	15,2	36,9
6,0	9,4	33,9	11,4	35,2	13,5	36,4	15,9	37,9
6,5	9,8	34,6	11,9	36,0	14,1	37,2	16,6	38,7

Tab. 45: Tabella con i dati di esercizio. (Fonte: www.kometirrigation.com)

La tabella con dati di esercizio evidenzia che la portata dell'irrigatore dipende dalla pressione a monte e dal boccaglio utilizzato in uscita dell'acqua. La combinazione di questi fattori viene selezionata al fine di garantire un raggio di azione di circa 35m. (Fonte: *Sistema Informativo Territoriale*, 2024, CBBBV)

15.1.7 I turni irrigui

In genere la stagione irrigua inizia intorno al 20 aprile e termina il 31 di agosto. Il calendario irriguo prevede 15 turnazioni suddivise in cicli di 10 giorni durante i quali gli irrigatori vengono attivati in base alla ripartizione in settori. La durata di ogni giorno di irrigazione è di 2,5 ore per un totale di 25 ore di irrigazione per turno. Gli irrigatori sono tarati per erogare una media di 7 l/sec. La stagione irrigua consta di 15 turni in cui l'acqua può essere erogata, ma molto spesso i turni irrigui sono inferiori e si aggirano attorno ai 10 turni all'anno. (Fonte: *Sistema Informativo Territoriale*, 2024 CBBBV)

Turni	Data	Turno irrigazione	Ore di esercizio	n° Irrigatori azionati	Q Irrigatore= 7 l/sec	m³/h	Volume totale n° 1 turno m³	Volume totale n° 10 turni irrigui m³
Turno n°1	15/04/2021	1° giorno	2,5	707	4949	17816,40	44541,00	4571280,00
	16/04/2021	2° giorno	2,5	743	5201	18723,60	46809,00	
	17/04/2021	3° giorno	2,5	708	4956	17841,60	44604,00	
	18/04/2021	4° giorno	2,5	839	5873	21142,80	52857,00	
	19/04/2021	5° giorno	2,5	689	4823	17362,80	43407,00	
	20/04/2021	6° giorno	2,5	539	3773	13582,80	33957,00	
	21/04/2021	7° giorno	2,5	641	4487	16153,20	40383,00	
	22/04/2021	8° giorno	2,5	685	4795	17262,00	43155,00	
	23/04/2021	9° giorno	2,5	830	5810	20916,00	52290,00	
	24/04/2021	10° giorno	2,5	875	6125	22050,00	55125,00	
							457128,00	

Tab. 46: Esempio di turnazione irrigua. (Fonte: SIT - CBBBV)

15.1.8 Il calcolo dei consumi irrigui [I_{eii}]

Le aree agricole servite dal servizio idrico a uso irriguo sono state suddivise inizialmente per Comune. Successivamente si è proceduto con l'individuazione nel numero di irrigatori che servono le aree Comunali da cui sono stati ottenuti i consumi. Infine, è stato calcolato il rapporto tra il consumo annuo e la superficie irrigata, espressa in ettari, al fine di determinare i metri cubi d'acqua impiegati per ettaro. Sulla base di questi risultati sono state elaborate alcune considerazioni finali. L'analisi dei consumi irrigui è stata sviluppata in base ai seguenti punti:

- 1) Individuazione del numero di irrigatori [N_i];
- 2) Calcolo degli ettari irrigati [H_{ai}];
- 3) Calcolo dei consumi irrigui in m^3/h [C_i];
- 4) Consumo totale in $m^3/annuo$ pari a n° 10 turni irrigui [C_{itot}];
- 5) Calcolo del rapporto tra il consumo annuo ed ettari irrigati [C_{itot}/H_{ai}];
- 6) Risultati ottenuti e confronto dell'indicatore [I_{eii}] con la media [C_m].

Fase n° 1: Individuazione del numero degli irrigatori [Ni] suddivisi per Comune.

Il dato del numero di irrigatori è stato fornito dal Consorzio di Bonifica della Baraggia Biellese e Vercellese in formato shapefiles WGS 84 - UTM 32 compatibile con gli strumenti GIS. Il dato pervenuto è stato suddiviso in base al confine amministrativo comunale di pertinenza ai quali è stato possibile attribuire il numero di irrigatori.

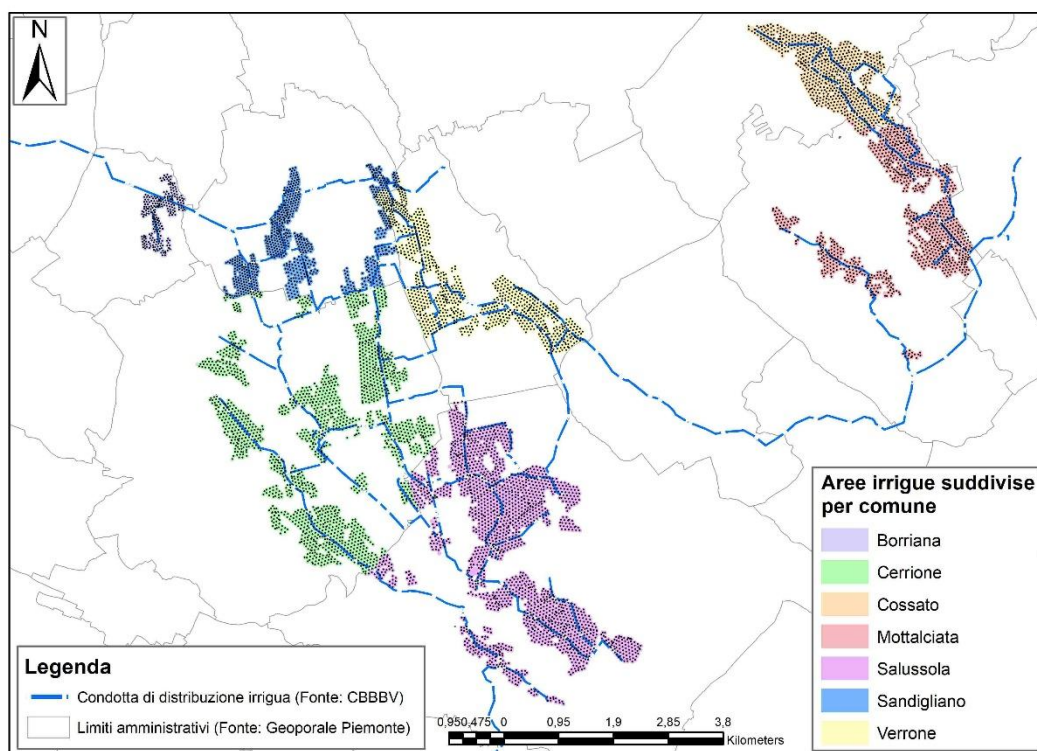


Fig. 111: Distribuzione degli irrigatori suddivisi per Comune. Fonte: SIT – CBBBV, Elaborazione propria)

Comune	n° di irrigatori [Ni]
Borriana	245
Cerrione	1662
Cossato	727
Mottalciata	974
Salussola	1994
Sandigliano	743
Verrone	915

Tab. 47: Numero di irrigatori suddivisi per Comune. (Fonte: SIT CBBBV)

Fase n° 2: Calcolo degli ettari irrigati [Hai] suddivisi per Comune.

Considerando che ogni irrigatore ruota a 360° e che il raggio di azione è di 35 m è stato possibile individuare le circonferenze delle aree irrigate per ogni irrigatore tramite il comando *buffer* di Qgis. Successivamente, tramite il comando *\$area* di Qgis, è stata calcolata l'area irrigata espressa in ettari e suddivisa successivamente per classi.

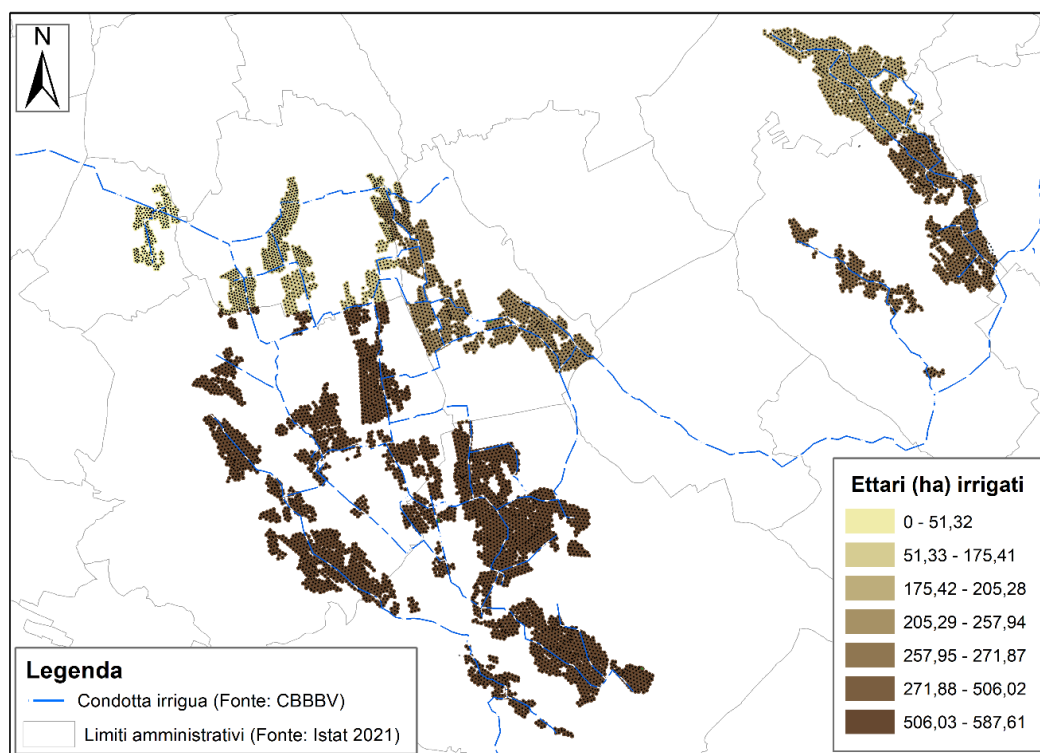


Fig. 112: Estensione delle aree irrigue suddivise per Comune. Fonte: SIT – CBBBV, Elaborazione propria)

Comune	Aree irrigue [Hai]
Borriana	51,32
Cerrione	506,02
Cossato	205,28
Mottalciata	271,87
Salussola	587,61
Sandigliano	175,41
Verrone	257,94

Tab. 48: Ettari irrigati suddivisi per Comune. (Fonte: Elaborazione propria)

Fase n° 3: Calcolo dei consumi irrigui [Ci] in m³/h.

Il calcolo dei consumi irrigui è stato possibile conoscendo la portata media di ogni singolo irrigatore pari a 7 l/sec, da cui si è ottenuto il consumo orario espresso in m³/h. Successivamente il dato ottenuto è stato moltiplicato per le ore di esercizio giornaliere pari a 2,5 ottenendo il valore dei volumi consumati in un turno irriguo

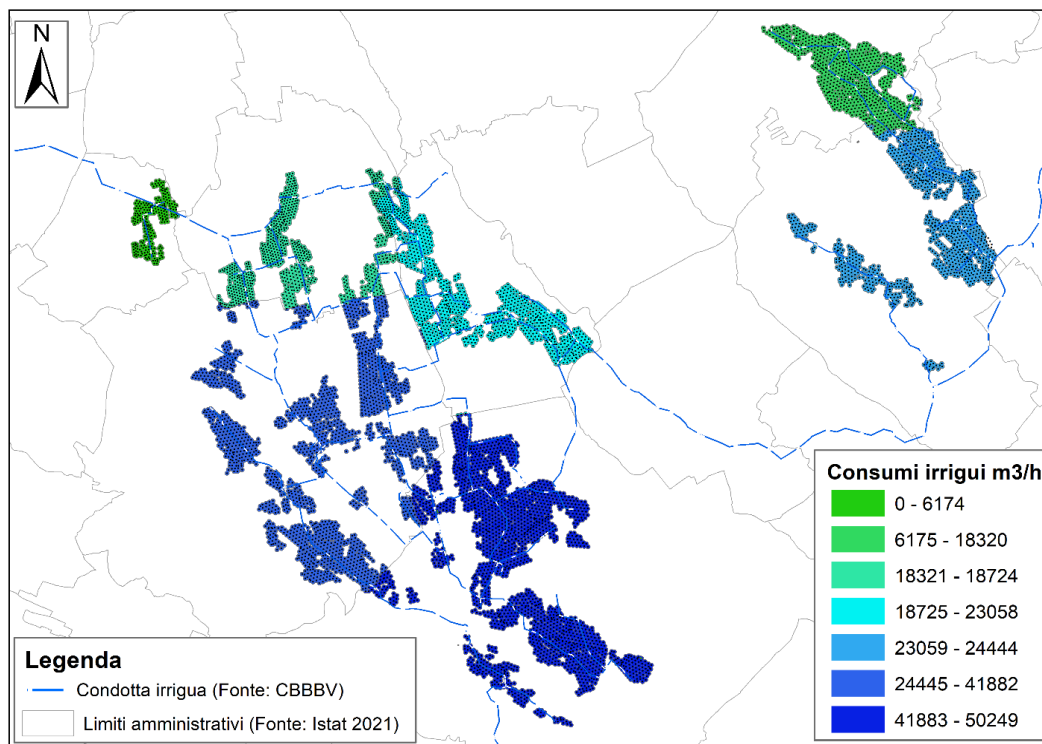
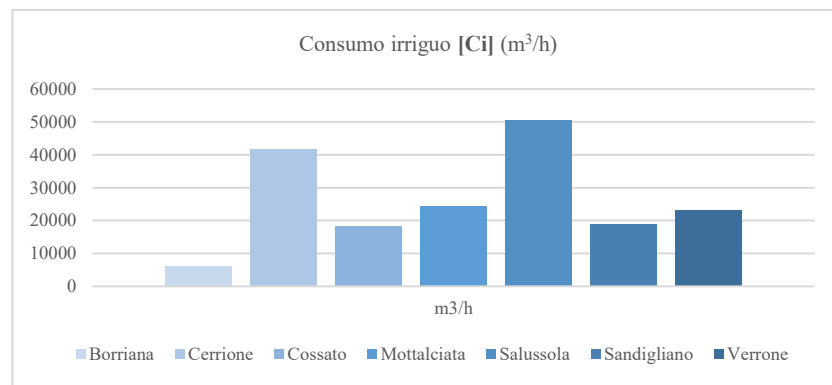


Fig. 113: Distribuzione dei consumi di un turno irriguo. (Fonte: SIT – CBBBV, Elaborazione propria)

Comune	l/sec tot	m ³ /h	[Ci] m ³ /gg
Borriana	1.715	6.174	15.435
Cerrione	11.634	41.882	104.706
Cossato	5.089	18.320	45.801
Mottalciata	6.790	24.444	61.110
Salussola	13.958	50.248	125.622
Sandigliano	5.201	18.724	46.809
Verrone	6.405	23.058	57.645

Tab. 49: Volumi erogati in un turno irriguo. (Fonte: Elaborazione propria)



Graf. 32: Volume erogato di un turno suddiviso per Comune. (Fonte: Elaborazione propria)

Fase n° 4: Calcolo del consumo irriguo totale annuo [Citot] pari a 10 turni.

Il dato ottenuto nella precedente fase è stato successivamente moltiplicato per 10 turni ottenendo il volume totale annuo di acqua utilizzata a uso irriguo.

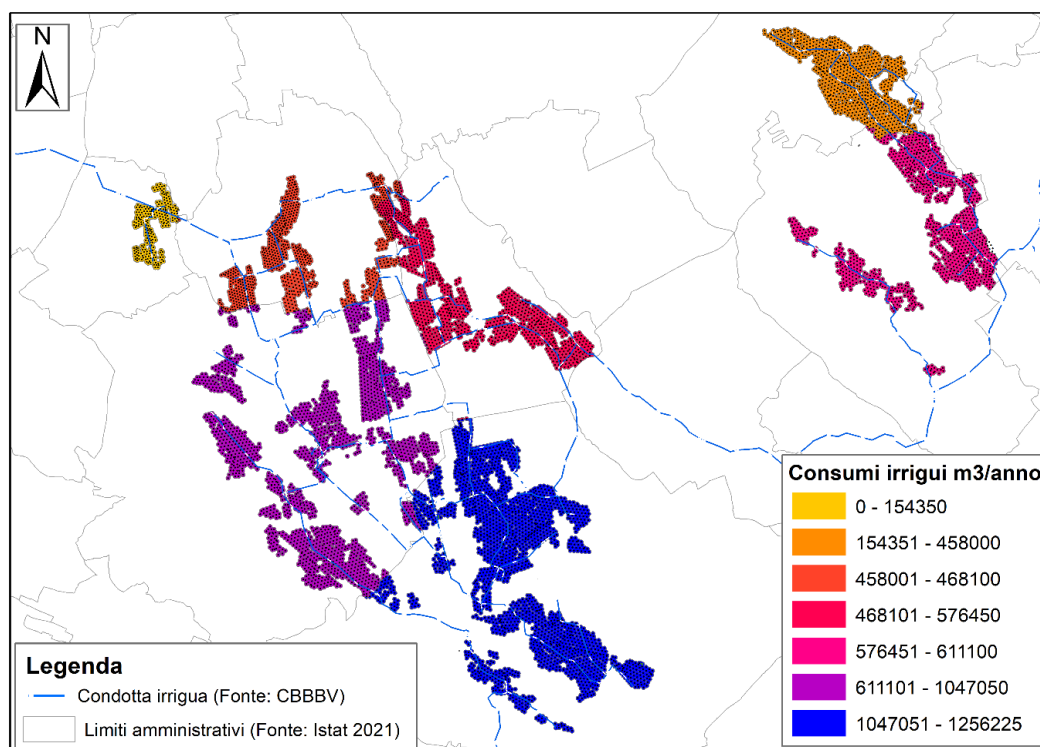
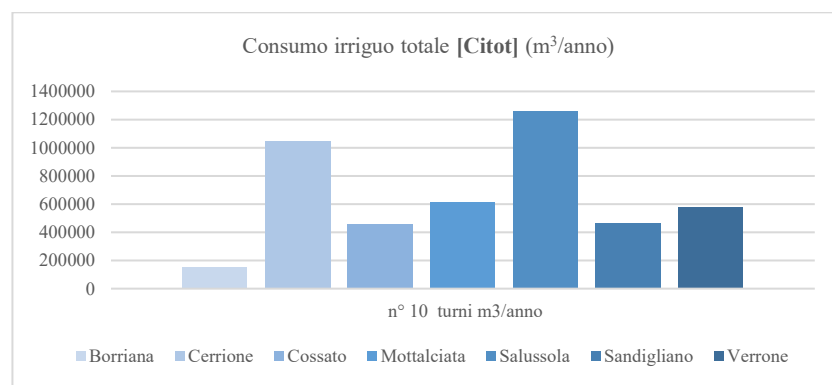


Fig. 114: Distribuzione del consumo irriguo annuo. (Fonte: SIT – CBBBV, Elaborazione propria)

Comune	l/sec tot	m ³ /h	[Ci] m ³ /gg	[Citot] m ³ /anno
Borriana	1.715	6.174	15.435	15.4350
Cerrione	11.634	41.882	104.706	104.7060
Cossato	5.089	18.320	45.801	458.010
Mottalciata	6.790	24.444	61.110	611.100
Salussola	13.958	50.248	125.622	1.256.220
Sandigliano	5.201	18.724	46.809	468.090
Verrone	6.405	23.058	57.645	576.450

Tab. 50: Consumo irriguo totale annuo. (Fonte: Elaborazione propria)



Graf. 33: Volume annuo erogato suddiviso per Comune. (Fonte: Elaborazione propria)

Fase n° 5: Calcolo del rapporto tra il consumo annuo ed ettari irrigati $[Citot/Hai]$.

Il rapporto tra il consumo irriguo totale annuo pari a 10 turni irrigui e l'estensione territoriale delle aree irrigate ci fornisce la quantità di m³ totali irrigati per ettaro durante l'anno considerato $[Citot/Hai]$ permettendo di ottenere un *indicatore di efficienza idrica irrigua* $[I_{eii}]$ secondo la seguente formula:

$$[I_{eii}] = C_{itot}/Ha_i$$

Dall'elaborazione cartografica effettuata con software GIS è stato possibile individuare i Comuni dove è presente un alto consumo irriguo rispetto agli ettari irrigati. L'analisi GIS evidenzia che al diminuire degli ettari irrigati aumenta il quantitativo di acqua impiegato per l'irrigazione. Questo significa che le aree agricole con maggiore estensione presentano una maggiore efficienza idrica irrigua $[I_{eii}]$ con un migliore rapporto tra i metri cubi utilizzati e gli ettari irrigati che risultano essere

di circa 2.000 m³ all'anno. In altri Comuni dove l'estensione agricola è inferiore i volumi consumati per ettaro sono maggiori e variano da 2.247 m³ a 3.000 m³ per ettaro.

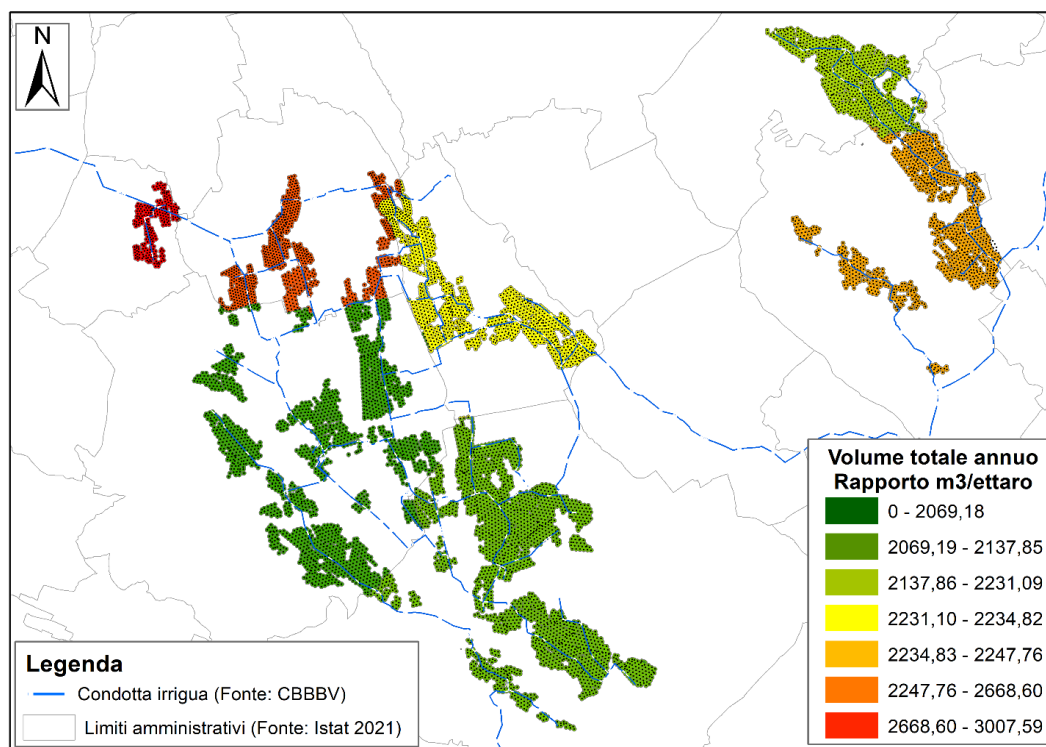


Fig. 115: Rapporto metri cubi/ettati. (Fonte: SIT – CBBBV, Elaborazione propria)

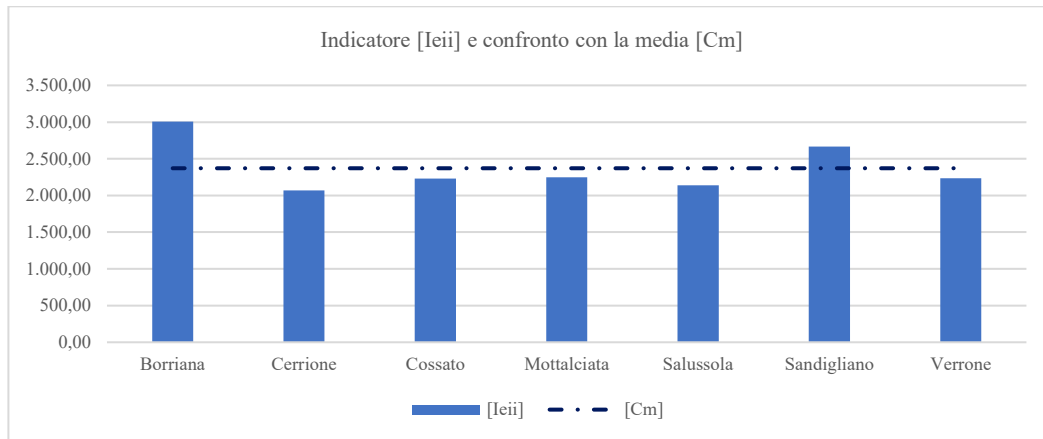
Comune	[Ni]	[Hai]	l/sec	m ³ /h	[Ci] m ³ /gg	[Citot] m ³ /anno	[Iei]
Borriana	250	51,32	1.715	6.174	1.5435	154.350	3.007,60
Cerrione	1.662	506,02	11.634	41.882	104.706	1.047.060	2.069,21
Cossato	732	205,28	5.089	18.320	45.801	458.010	2.231,15
Mottalciata	974	271,87	6.790	24.444	61.110	611.100	2.247,77
Salussola	1.994	587,61	13.958	50.248	125.622	1.256.220	2.137,42
Sandigliano	743	175,41	5.201	18.724	46.809	468.090	2.668,55
Verrone	915	257,94	6.405	23.058	57.645	576.450	2.234,82

Tab. 51: Tabella riassuntiva dei consumi irrigui. (Fonte: SIT – CBBBV, Elaborazione propria)

Fase n° 6: Risultati ottenuti e confronto dell'indicatore [Iei] con la media [Cm].

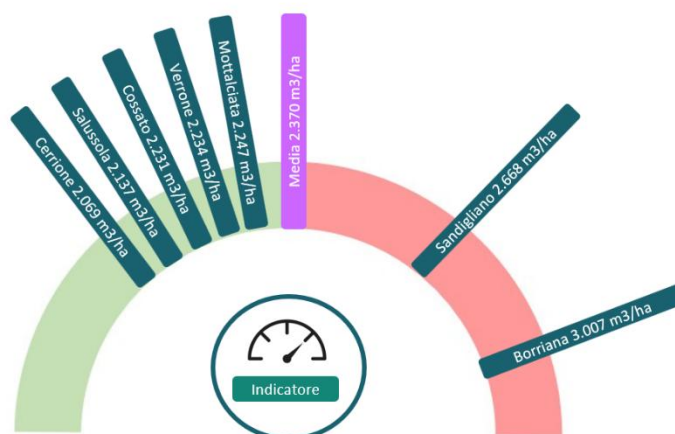
Infine è stato realizzato un indicatore di efficienza idrica applicato all'uso irriguo delle risorse idriche. Dai dati calcolati precedentemente, avendo ottenuto il quantitativo d'acqua utilizzato per ettaro, è stato calcolato il *consumo medio m³/ha* [Cm] secondo la seguente formula da cui è stato ottenuto il valore di 2.370 m³/ha.

$$Media = \sum^{Valori} / Numero_{Valori}$$



Graf. 34: Indicatore [Ieii] confrontato con la media, (Fonte: Elaborazione propria)

In questo modo è stato possibile ottenere un valore medio di riferimento per la costruzione dell'indicatore proposto pari a 2.370 m³/ha. Dai dati ottenuti dall'analisi si evince che a parità di coltivazione e dunque di idro-esigenza, il Comune di Borriana e di Sandigliano presentano un consistente aumento dei consumi idrici per ettaro rispettivamente pari a 2.668 m³/ha e 3.007 m³/ha, mentre tutti gli altri Comuni sono al di sotto della media evidenziando una elevata efficienza idrica generale.



Tab. 52: Indicatore di efficienza idrica a uso irriguo. (Fonte: Elaborazione propria)

15.1.9 I consumi a uso idroelettrico

L'acqua derivata dall'invaso e convogliata all'interno della condotta a uso irriguo viene successivamente incanalata in due segmenti che servono rispettivamente due centrali idroelettriche, ubicate nel Comune di Mongrando e di Cerrione in Provincia di Biella.

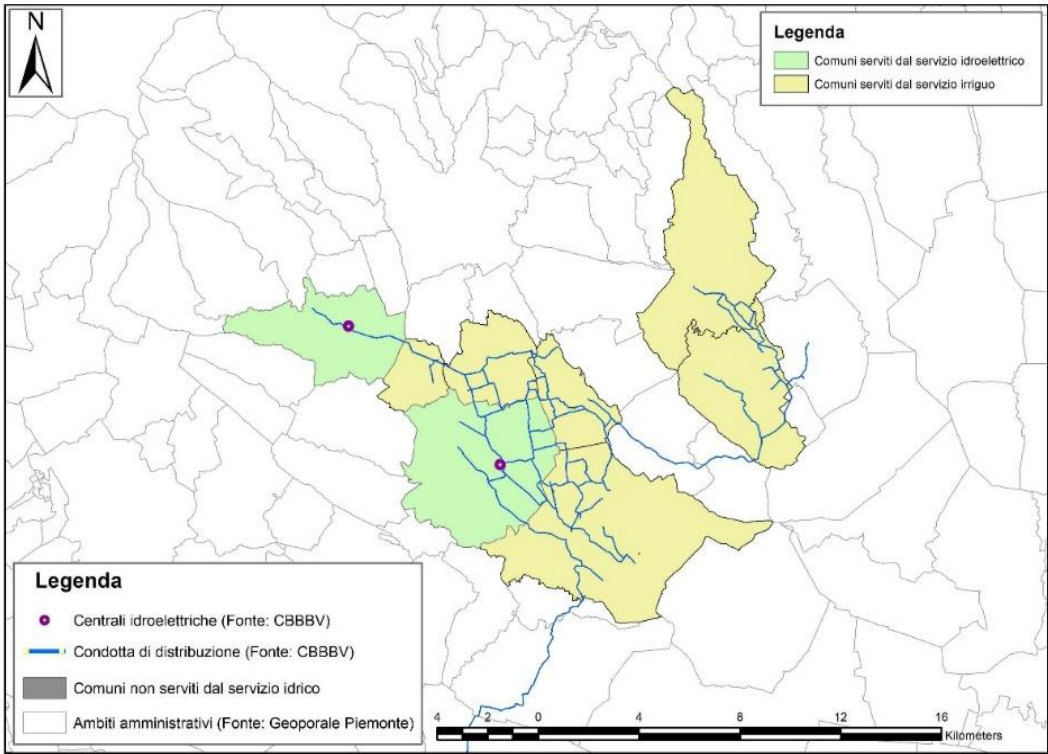


Fig. 116: Ubicazione delle centrali idroelettriche. (Fonte: SIT – CBBBV, Elaborazione propria)

I dati dei consumi idroelettrici misurati all'invaso mostrano una portata generale maggiore nella centrale n° 1 rispetto alla n° 2.

Mese	Anno	Q idroelettrica tot (m ³ /mese)	Energia prodotta totale (Kwh)	Produzione Kw/m ³
Gennaio	2021	420.588	50.067,451	0,12
Febbraio	2021	527.461	109.444,726	0,12
Marzo	2021	789.242	84.163,164	0,11
Aprile	2021	34.227	8.939,251	0,26
Mese Anno Q idroelettrica tot (m³/mese) Energia prodotta totale (Kwh) Produzione Kw/m³				
Maggio	2021	1.698.537	308.629,164	0,18
Giugno	2021	0	0,000	0,00
Luglio	2021	113	0,000	0,00
Agosto	2021	539.101	133.904,437	0,25
Mese Anno Q idroelettrica tot (m³/mese) Energia prodotta totale (Kwh) Produzione Kw/m³				
Settembre	2021	260.816	53.898,112	0,21
Ottobre	2021	803.490	88.858,325	0,11
Novembre	2021	1.124.862	109.773,302	0,10
Dicembre	2021	1.054.969	119.191,891	0,11
		7.653.406	1066869,823	
Mese Anno Q idroelettrica tot (m³/mese) Energia prodotta totale (Kwh) Produzione Kw/m³				
Gennaio	2022	1.082.003	109.903,136	0,10
Febbraio	2022	384.079	36.922,815	0,10
Marzo	2022	1.204	0,000	0,00
Aprile	2022	716	3.150	0,00
Mese Anno Q idroelettrica tot (m³/mese) Energia prodotta totale (Kwh) Produzione Kw/m³				
Maggio	2022	105	0,000	0,00
Giugno	2022	120	209,250	1,74
Luglio	2022	112	0,000	0,00
Agosto	2022	101	0,000	0,00
Mese Anno Q idroelettrica tot (m³/mese) Energia prodotta totale (Kwh) Produzione Kw/m³				
Settembre	2022	188	0,000	0,00
Ottobre	2022	263	0,000	0,00
Novembre	2022	314	0,000	0,00
Dicembre	2022	218	0,000	0,00
		1469423	147038,351	

Tab. 53: Volumi utilizzati a uso idroelettrico totale. 2021,2022. (Fonte: SIT - CBBBV)

16.0 Fase n° 4: Analisi della distribuzione dei consumi a livello locale

In questa fase è possibile individuare i consumi potabili e irrigui misurati ai contatori delle utenze. Essendo un livello di analisi estremamente dettagliato non è stato considerato nella ricerca.

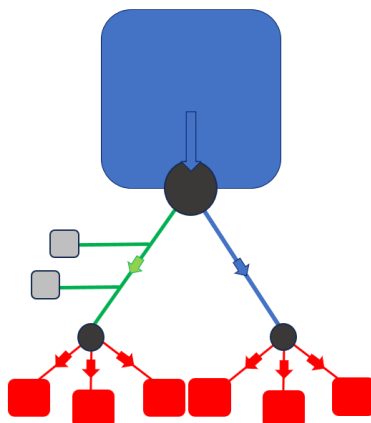


Fig. 117: Livello di analisi considerato. (Fonte: Elaborazione propria)

17.0 Considerazioni finali

Vengono qui di seguito proposte le considerazioni finali in termini di bilancio idrico del bacino idrografico analizzato nel modello, in relazione alla capacità di accumulo dell'invaso e alla distribuzione territoriale delle risorse idriche così come è stato esposto nei paragrafi precedenti. L'obiettivo di questo paragrafo è quello di illustrare la quantità d'acqua in ingresso, accumulata e in uscita dal sistema confrontando i due anni precedentemente considerati il 2021 e il 2022.

Qui di seguito vengono specificate i livelli di analisi della ricerca:

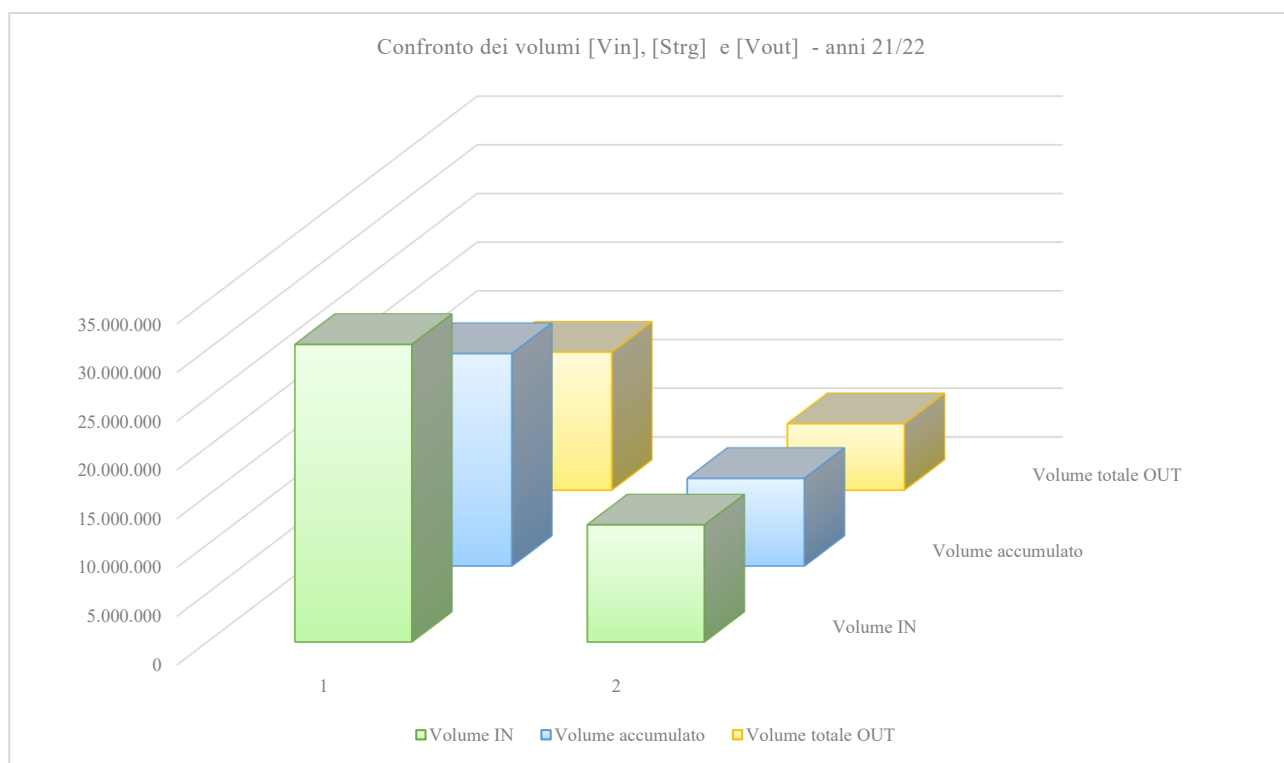
- 1) Analisi della quantità di acqua che viene generata dalle piogge calcolata attraverso la modellazione con HMS [**V_{in}**].
- 2) Analisi della quantità di acqua accumulata nell'invaso e disponibile al servizio idrico di tipo potabile, irriguo per la produzione idroelettrica [**S_{trg}**].
- 3) Analisi della distribuzione dei consumi territoriali idropotabili e irrigui [**V_{out}**].

Mese	Anno	[V _{in}] (m ³)	[Strg] (m ³)	[V _{out}] (m ³)
Gennaio	2021	30.532.000	7.700.000	576.436
Febbraio				1.061.056
Marzo				938.877
Aprile				343.157
Maggio			7.700.000	1.467.579
Giugno				1.414.707
Luglio				1.273.574
Agosto				2.617.601
Settembre			6.400.000	976.136
Ottobre				988.844
Novembre				1.291.900
Dicembre				1.212.581
Totale		30.532.000	21.800.000	14.162.446

Tab. 54: Tabella riassuntiva del volume IN, OUT e Storage - 2021. (Fonte: Elaborazione propria)

Mese	Anno	[V _{in}] (m ³)	[Strg] (m ³)	[V _{out}] (m ³)
Gennaio	2022	12.018.000	4.500.000	1.238.756
Febbraio				523.584
Marzo				159.810
Aprile				184.790
Maggio			2.800.000	452.224
Giugno				1.334.773
Luglio				1.943.994
Agosto				335.967
Settembre			1.700.000	189.688
Ottobre				147.050
Novembre				152.156
Dicembre				154.936
Totale		12.018.000	9.000.000	6.817.727

Tab. 55: Tabella riassuntiva del volume IN, OUT e Storage - 2022. (Fonte: Elaborazione propria)



Graf. 35: Grafico riassuntivo del volume IN, OUT e Storage – 2021 e 2022. (Fonte: Elaborazione propria)

Anno	[Vin] tot	[Strg] tot	[Vout] tot
2021	30.532.000	21.800.000	14.162.446
2022	12.018.000	9.000.000	6.817.727

Tab. 56: Confronto tra i volumi IN, OUT e Storage, 2021 e 2022. (Fonte: Elaborazione propria)

Dai dati ottenuti è possibile affermare che per il volume in ingresso al sistema idrografico analizzato presenta per l'anno 2022 il 39,3% in meno rispetto al 2021, mentre per il volume accumulato si può osservare un decremento del 41,2% e per il volume in uscita il 48,1%.

18.0 La disponibilità idrica in relazione ai cambiamenti climatici

Come già ampiamente esposto nei paragrafi precedenti, l'immissione di CO_2 in atmosfera causata dalle attività antropiche determinerà entro il 2100 un aumento di temperatura previsto di 2°C . Considerando questa premessa risulta di fondamentale importanza comprendere la variazione delle dinamiche meteorologiche che permettono a oggi di approvvigionare il bacino idrografico analizzato nella ricerca per l'uso potabile, irriguo e idroelettrico e che nel prossimo futuro potrebbe essere assoggettato a eventi siccitosi e di stress idrico.

Conseguentemente è stato necessario realizzare un modello che offrisse un confronto tra due scenari che vengono proposti nei paragrafi successivi. Si tratta della modellazione dello scioglimento del manto nevoso determinato dall'aumento di temperatura come precedentemente accennato, confrontato con lo scenario della attuale temperatura media annua. I dati ottenuti permettono di valutare in quali mesi dell'anno la disponibilità idrica subisce un decremento e analizzando l'accumulo di neve è possibile comprendere l'equivalente di riserva d'acqua stoccabile nell'invaso, avendo così un quadro di disponibilità idrica ancora più accurato in previsione degli effetti dei cambiamenti climatici.

18.0.1 Analisi dei dati di temperatura e precipitazioni per la modellazione del manto nevoso

Per poter procedere alla modellazione dello scioglimento del manto nevoso e confrontare i dati ricavati della disponibilità idrica all'interno del bacino idrografico analizzato, è stato necessario reperire le serie storiche delle precipitazioni e delle temperature medie per l'intervallo temporale che va dal 2000 al 2009.

I dati forniti da ARPA Piemonte sono contestualizzati al territorio e alla quota altimetrica di riferimento attraverso una griglia che tramite la latitudine e longitudine suddivide la Regione Piemonte in quadranti. La suddivisione in griglia del territorio della Regione Piemonte è avvenuta attraverso il metodo dell'*optimal interpolation* che è una tecnica statistica utilizzata per creare dataset di precipitazioni e di temperature massime e minime riferire alla rispettiva latitudine, longitudine e quota altimetrica. (Fonte: www.idrologia.polito.it)

Attraverso questa tecnica si ottiene un campo di analisi su griglia completo del maggior numero possibile di informazioni storiche che sono state utilizzate per le analisi statistiche del caso studio. I dati osservati di temperatura e precipitazione implementati nel dataset derivano da due reti di misurazione che differiscono per il numero di stazioni e per il loro funzionamento. Per quanto riguarda le stazioni pluviometriche si è registrato un aumento delle stazioni di misura da 119 unità negli

anni 50 finì a 386 unità nel 2009, anche i sensori termometrici hanno avuto un incremento partendo da circa 25 unità negli anni 50 fino ad arrivare a 371 nel 2009. (Fonte: www.idrologia.polito.it)

I dati ricavati sono stati sottoposti a verifica di fruibilità di tipo logico, climatologico e infine temporale. L'analisi del numero e della distribuzione spaziale delle stazioni è stata necessaria per stimare il passo adeguato della griglia sulla quale vengono rappresentate il campo di temperatura e di precipitazione. A tal fine è stata effettuata una analisi in ambiente GIS per ottenere una stima della media del raggio di influenza di ciascuna stazione. Successivamente è stata realizzata una tassellatura di Voronoi⁴¹, che ha decomposto il territorio sulla base della distanza di ciascun punto dello spazio bidimensionale rispetto all'insieme delle localizzazioni delle stazioni di rilevamento.

Per ciascun anno compreso nel periodo 1957-2009 è stata effettuata una tassellatura sulla base delle stazioni attive calcolando le aree di ciascuna cella. La media di queste aree, insieme alla media del loro raggio che si ottiene approssimando le celle delle superfici circolari è indicativa della distanza media delle stazioni. (Fonte: www.idrologia.polito.it)

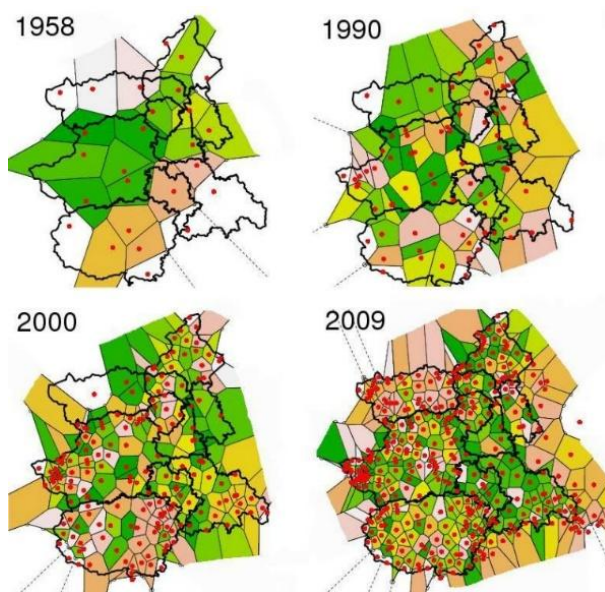


Fig. 118: Lo sviluppo della griglia di Voronoi nel tempo. (Fonte: www.idrologia.polito.it)

⁴¹Le tassellazioni di Voronoi sono uno strumento matematico adoperato per studiare distribuzioni di punti mediante opportuni metodi computazionali. Nella fattispecie la tassellazione di Voronoi è una partizione dello spazio in celle, ognuna delle quali è il luogo dei punti più vicini ad un punto prestabilito detto nucleo, rispetto a tutti gli altri nuclei. (Fonte: Elias Van den Driessche, *Le Tassellazioni di Voronoi e Delaunay* – Tesi di Laurea, 2019/2020, Università degli studi di Padova)

Infine l'altezza topografica di ciascuna cella è stata ottenuta con una risoluzione di 15 Km a partire da un DTM con risoluzione di 100 m applicando la tecnica della interpolazione⁴² lineare. Successivamente ove possibile i valori di quota di ciascun punto griglia sono stati sostituiti dal valore medio delle quote delle stazioni reali presenti nel momento di massima densità della rete.

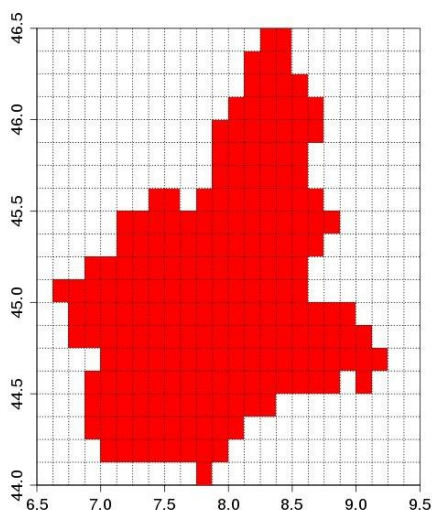


Fig. 119: La griglia definitiva del territorio piemontese. (Fonte: www.idrologia.polito.it)

Dal punto di vista climatico la Regione Piemonte presenta una geografia che determina delle zone di incontro delle masse d'aria continentali provenienti dalla Piana del Po con l'umidità proveniente dal Mediterraneo e delle correnti atlantiche nord-occidentali che interagendo con i rilievi innescano frequenti circolazioni locali e favoriscono la presenza di microclimi. (Fonte: www.idrologia.polito.it)

I diagrammi di Walter Lieth, per ciascuna cella della griglia, permettono di classificare dei regimi microclimatici regionali basandosi sulla distribuzione inter-annuale delle precipitazioni secondo quattro tipologie principali:

- a) *Prealpino*: risulta essere il più diffuso in Piemonte e mostra due massimi nelle stagioni primaverile e autunnale, mentre le minime risultano essere in inverno ed estate;
- b) *Subalpino*: si differenzia del prealpino per il fatto che il massimo autunnale tende ad essere superiore a quello primaverile ed è caratteristico della prima cintura alpina;

⁴² L'interpolazione lineare è un metodo matematico per stimare il valore di una funzione tra due punti noti. Dato un set di dati discreti, è possibile trovare valori tracciando una linea retta tra due punti conosciuti. (Fonte: Confronto tra metodi di interpolazione per la costruzione di DTM, C. Parente, G. Prezioso, R. Santamaria Dipartimento di Scienze Applicate, Università degli Studi di Napoli)

- c) *Subcontinentale*: risulta essere tipico della zona sub-orientale della Regione e si caratterizza per i quantitativi di precipitazione estiva quasi uguali ai livelli primaverili e autunnali;
- d) *Sublitoraneo*: risulta essere preponderante nella zona sub-orientale del Piemonte mostrando un massimo principale di precipitazioni in autunno e inverni generalmente molto umidi ed estati calde.

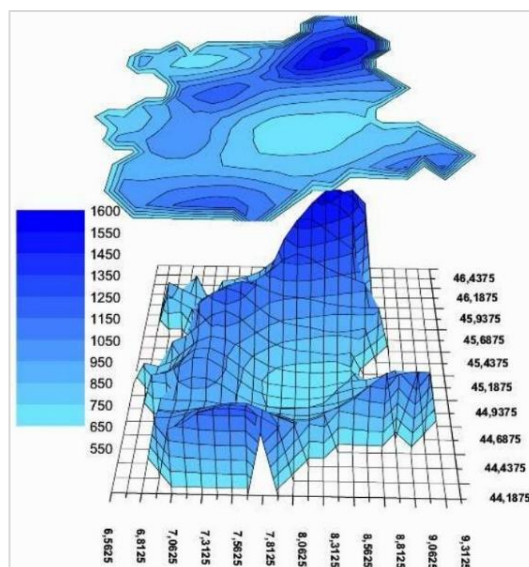


Fig. 120: Rappresentazione tridimensionale delle isoiete. (Fonte: www.idrologia.polito.it)

La distribuzione delle precipitazioni cumulate presenta una zona maggiormente piovosa localizzata a nord della regione con picchi anche superiori ai 1600 mm/anno mentre quella che presenta meno precipitazioni risulta essere l'area della pianura alessandrina con quantitativi minori a 700 mm/anno. Nella tabella sottostante sono riportati i quantitativi di precipitazione cumulata media mensile suddivisi per fasce altimetriche permettendo così di identificare il mese di aprile come quello più piovoso e dicembre come quello più secco. (Fonte: www.idrologia.polito.it)

	Anno	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Inferiori a 500 m	920,8	51,8	66,5	100	108,1	81,3	52,9	73,4	84,6	106,3	92,6	57,3	46
Tra 500 m e 1500 m	1094,2	56,1	75,4	118,8	133,4	99,9	65,2	85,6	103	130,3	107,9	65,7	52,9
Tra 1500 m e 2000 m	959,4	51,9	65,5	99,4	114,5	89,7	61,1	76,1	87,6	90,6	90,6	61,3	50,7
Superiori a 2500 m	925,3	50,5	62	93,4	112,8	91	64,4	77,9	82,9	81,9	81,9	57,9	48,9

Fig. 121: Tabella riassuntiva delle precipitazioni cumulate medie annue. (Fonte: www.idrologia.polito.it)

Per quanto riguarda la distribuzione spaziale delle temperature medie annuali una rappresentazione tridimensionale permette di cogliere le peculiari caratteristiche di queste variabili climatiche sull’area studio. La raffigurazione mostra come la temperatura meda per ciascun punto griglia sia linearmente collegata con la quota cui si riferisce. (Fonte: www.idrologia.polito.it)

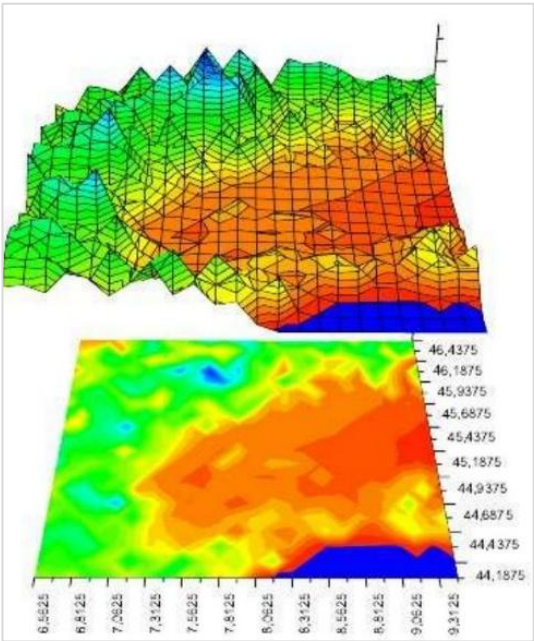


Fig. 122: Rappresentazione tridimensionale delle isoterme. (Fonte: www.idrologia.polito.it)

La seguente tabella riassume i valori di temperatura minima e massima nel periodo 1957-2009 per ciascun mese suddivisi per fasce altimetriche. Il mese più caldo dell’anno è luglio mentre quello più freddo è gennaio. Dai dati emerge che anche nella fascia più bassa di quota la temperatura minima media di gennaio sia inferiore seppur di poco agli zero gradi. (Fonte: www.idrologia.polito.it)

		Anno	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
		°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
Inferiori a 500 m	Massima	16,9	5,7	8,2	13	16,7	21,4	25,6	28,5	27,5	23,1	17,1	10,5	6,4
	Minima	8,2	-0,8	0,5	3,8	7,2	11,8	15,4	17,7	17,2	13,6	9	3,9	0,1
Tra 500 m e 1500 m	Massima	12,6	3,6	6	8,2	11,4	15,9	20	22,9	22,1	17,9	13	7,4	4,1
	Minima	5,2	-2,5	-1,8	0,7	3,7	8	11,4	13,8	13,6	10,2	6,2	1,4	-1,8
Tra 1500 m e 2000 m	Massima	6,5	-0,9	-0,1	2	4,5	8,9	12,7	15,5	14,9	11,4	7,4	2,5	-0,2
	Minima	0,8	-6,2	-6,1	-4,3	-1,8	2,8	6,4	9,1	9	6	2,5	-2,3	-5,2
Superiori a 2500 m	Massima	0,3	-5,3	-5,5	-4,4	-2,8	1,4	4,8	7,6	7,4	4,9	2,1	-2,2	-4,4
	Minima	-3,9	-9,8	-10,1	-9,1	-7,3	-2,8	0,8	3,6	3,6	1,2	-1,8	-6,3	-8,8

Fig. 123: Tabella riassuntiva delle temperature minime e massime annue. (Fonte: www.idrologia.polito.it)

18.0.2 Gli indicatori climatici

Molte considerazioni sul clima della Regione possono essere effettuate grazie allo studio di particolari indicatori che incrociando e rielaborando le informazioni di base derivanti dalla misurazione dei parametri di temperatura e precipitazione, ne esaltano particolari caratteristiche. (Fonte: www.idrologia.polito.it)

- 1) *Gradi giorno*: rappresentano un parametro empirico utilizzato per il calcolo del fabbisogno termico di un edificio e rappresentano la somma annuale delle differenze tra la temperatura dell'ambiente riscaldato a 20 °C e la temperatura media giornaliera. Negli ultimi 10 anni il valore dei gradi-giorno è diminuito quasi ovunque sul territorio regionale prevalentemente nelle zone a nord del Po e in particolare nella fascia prealpina e alpina;

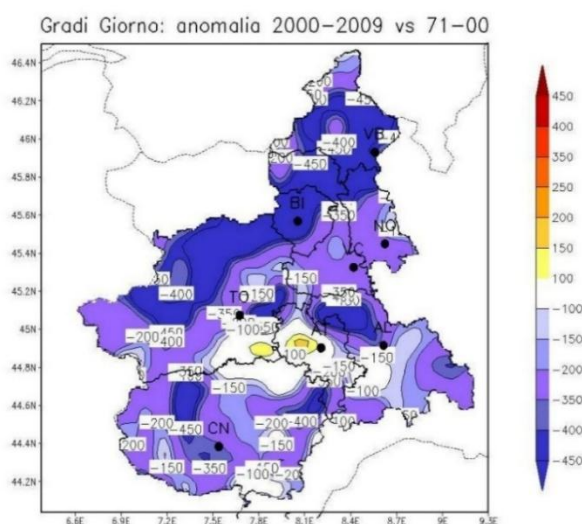


Fig. 124: Rappresentazione dei gradi giorno. (Fonte: www.idrologia.polito.it)

- 2) *Giorni di gelo*: negli ultimi 10 anni il numero di giorni di gelo, definiti come i giorni in cui la temperatura minima è inferiore o uguale a 0 °C è diminuito su quasi tutta la Regione con valori significativi sulle zone montuose. In particolare tutta la fascia alpina a quota superiore ai 1500 m.s.l.m. si evidenzia una diminuzione dei giorni di gelo dai 10 ai 15 con punte anche di 20-25 giorni. Tale diminuzione è strettamente legata alla variazione di quota e in minor parte dalla latitudine; (Fonte: www.idrologia.polito.it)

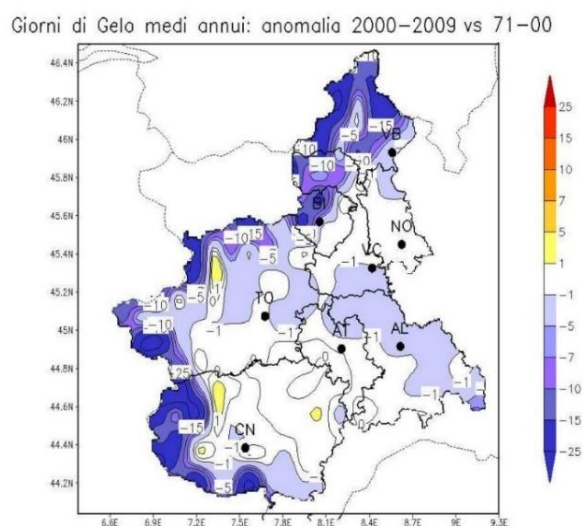


Fig. 125: Rappresentazione dei giorni di gelo. (Fonte: www.idrologia.polito.it)

- 3) *Giorni estivi*: l'ultimo decennio ha registrato un aumento del numero di giorni caldi medio sulle pianure dell'intera regione e sulle aree collinari con temperature maggiori ai 30 °C.

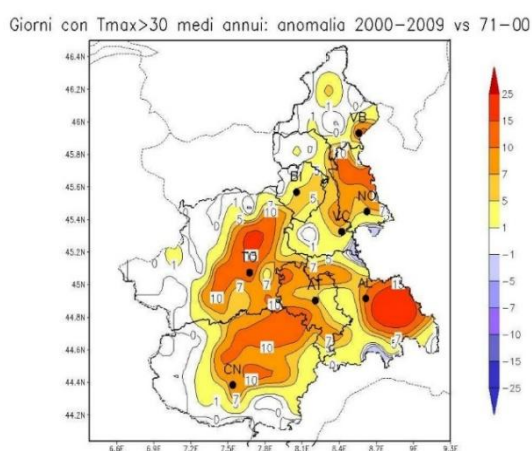


Fig. 126: Rappresentazione dei giorni estivi. (Fonte: www.idrologia.polito.it)

- 4) *Notti tropicali*: questo indicatore mostra che nell'ultimo decennio il numero medio di notte calde in cui la temperatura non scende sotto i 20 °C risulta essere aumentata in particolare nelle zone di pianura. (Fonte: www.idrologia.polito.it)

Giorni con $T_{min} > 20$ medi annui: anomalia 2000–2009 vs 71–00

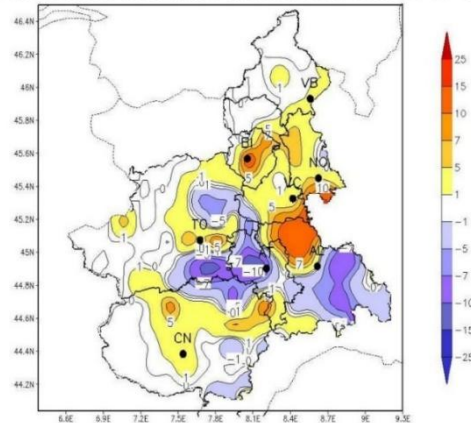


Fig. 127: Rappresentazione delle notti tropicali. (Fonte: www.idrologia.polito.it)

5) *Precipitazioni intense*: nel periodo considerato la quantità di precipitazione giornaliera corrispondente al 95° percentile della distribuzione è aumentata quasi ovunque su tutto il territorio regionale. Anche il numero di giorni all'anno in cui il valore di precipitazione giornaliera supera il valore percentile di riferimento soprattutto a ridosso dei rilievi appenninici.

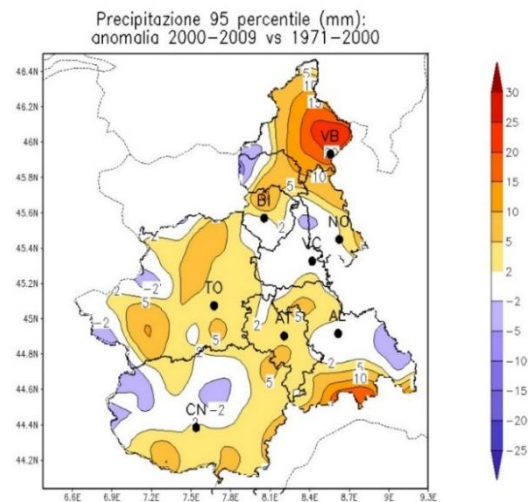


Fig. 128: Rappresentazione delle precipitazioni intense. (Fonte: www.idrologia.polito.it)

18.0.3 Reperimento dati di temperatura e precipitazioni

Per poter procedere con la modellazione tramite software HMS, è stato necessario reperire i dati della temperatura media e delle precipitazioni annue per il periodo 2000-2009 all'interno del bacino idrografico considerato nella ricerca. Per poter ottenere tali informazioni si è proceduto individuando la latitudine e la longitudine della cella della griglia specificata nei paragrafi precedenti che contiene l'ambito di studio a cui è riferita una quota altimetrica media.

La figura sottostante mette in evidenza le fasce di quota analizzate a cui fanno riferimento le rispettive coordinate di latitudine e longitudine. Questa analisi ha permesso di individuare i limiti della cella della griglia di riferimento potendo affermare che il bacino idrografico ricade in una unica cella che presenta coordinate *latitudine*: 46,56250 e *longitudine*: 7,93750 e la quota di riferimento risulta essere di 1.477 m.s.l.m.

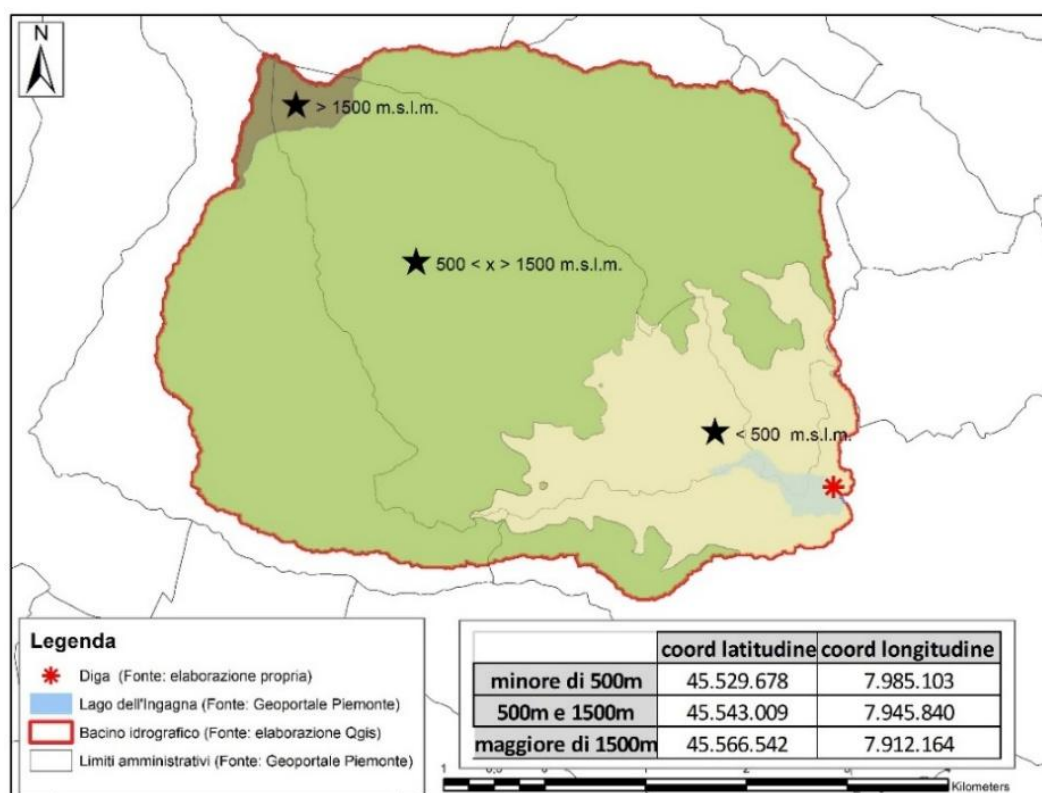


Fig. 129: Latitudine e longitudine del bacino idrografico analizzato. (Fonte: elaborazione propria)

Successivamente avendo individuato gli estremi della cella della griglia si è proceduto con il *download* dei dati ad essa associata. Nell'immagine in basso viene evidenziato il metodo utilizzato ottenere i dati per la cella interessata. In pratica si è proceduto mantenendo fissa la latitudine da cui si è verificata successivamente la longitudine trovando il baricentro della cella. Conoscendone

l'estensione è stato possibile identificare in quale ricadesse il bacino idrografico Ingagna considerato nell'analisi. (Fonte: www.idrologia.polito.it)

Lat	Long	Quota
45,56250	9,43750	146
45,56250	9,31250	151
45,56250	9,18750	159
45,56250	9,06250	172
45,56250	8,93750	173
45,56250	8,81250	189
45,56250	8,68750	189
45,56250	8,56250	213
45,56250	8,43750	216
45,56250	8,31250	243
45,56250	8,18750	259
45,56250	8,06250	565
45,56250	7,93750	710
45,56250	7,81250	803
45,56250	7,68750	870
45,56250	7,56250	1387
45,56250	7,43750	1477
45,56250	7,31250	1682
45,56250	7,18750	1779
45,56250	7,06250	1868
45,56250	6,93750	2217
45,56250	6,81250	2278
45,56250	6,68750	2279
45,56250	6,56250	2322

Fig. 130: La selezione del quadrante del bacino idrografico analizzato. (Fonte: www.idrologia.polito.it)

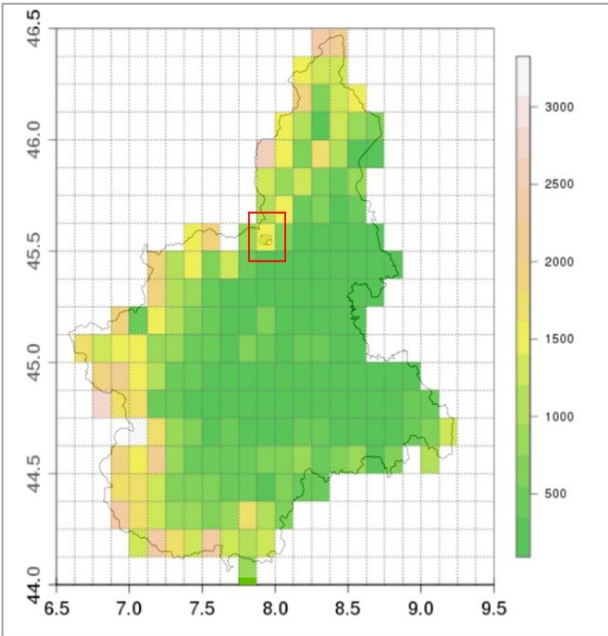


Fig. 131: Il quadrante nella griglia del bacino idrografico analizzato. (Fonte: www.idrologia.polito.it)

Successivamente si è proceduto ottenendo i dati delle precipitazioni e delle temperature associate alla cella del grigliato di riferimento. I dati in formato ASCII sono stati in seguito importati su software Excell.

```
2009-01-01;44.0625;6.5625;275.850
2009-01-01;44.0625;6.6875;275.455
2009-01-01;44.0625;6.8125;276.987
2009-01-01;44.0625;6.9375;273.616
2009-01-01;44.0625;7.0625;274.365
2009-01-01;44.0625;7.1875;278.173
2009-01-01;44.0625;7.3125;275.567
2009-01-01;44.0625;7.4375;271.895
2009-01-01;44.0625;7.5625;277.997
2009-01-01;44.0625;7.6875;276.338
2009-01-01;44.0625;7.8125;278.567
2009-01-01;44.0625;7.9375;277.406
2009-01-01;44.0625;8.0625;283.609
2009-01-01;44.0625;8.1875;284.297
2009-01-01;44.0625;8.3125;283.328
2009-01-01;44.0625;8.4375;282.141
2009-01-01;44.0625;8.5625;281.348
2009-01-01;44.0625;8.6875;280.850
2009-01-01;44.0625;8.8125;281.050
2009-01-01;44.0625;8.9375;282.150
2009-01-01;44.0625;9.0625;282.950
2009-01-01;44.0625;9.1875;283.450
```

Fig. 132: I dati in formato ASCII. (Fonte: www.idrologia.polito.it)

Per la **temperatura** si è proceduto in primo luogo con la conversione dei valori di temperatura da gradi kelvin a Celsius secondo la seguente formula:

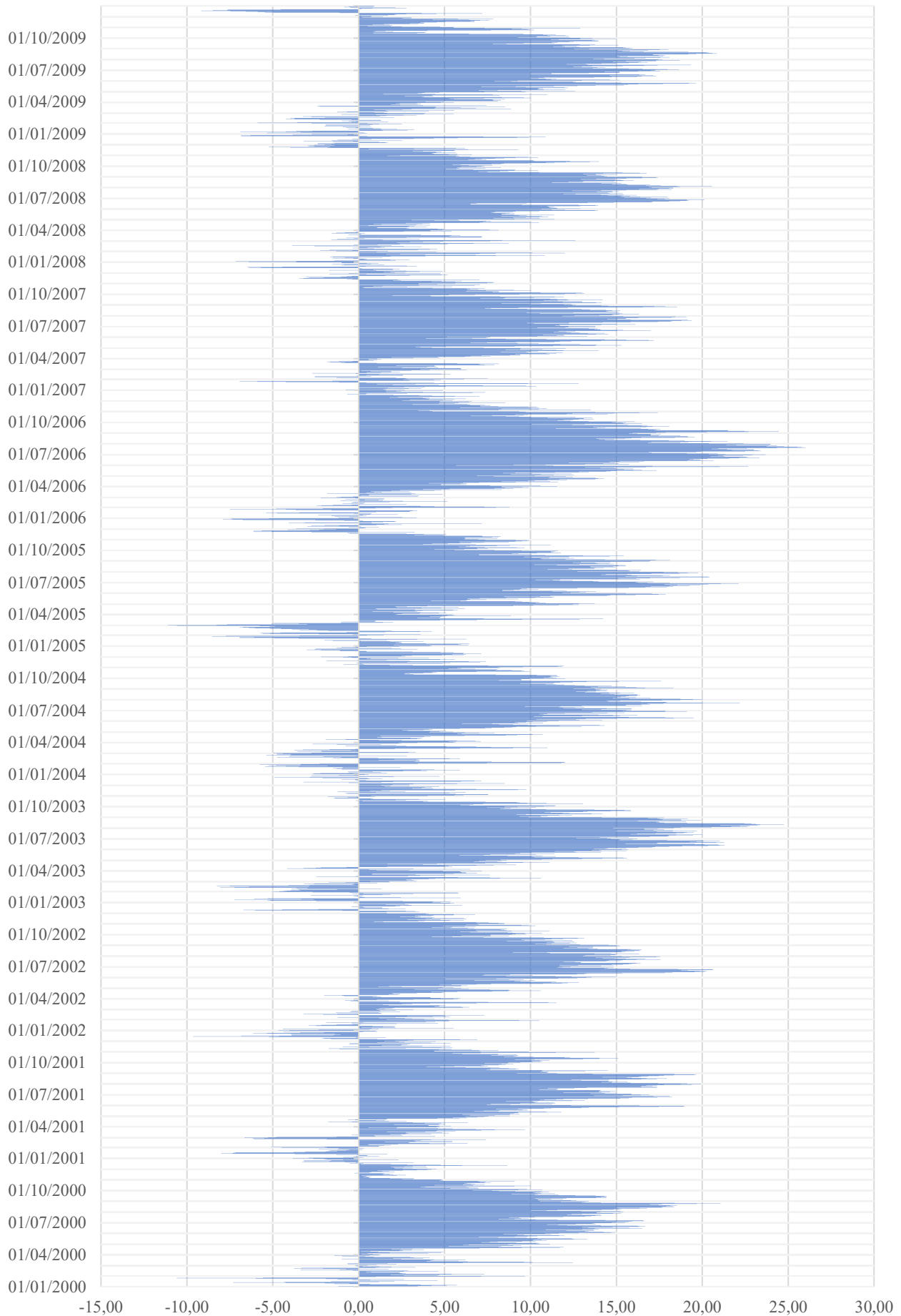
$$Temp_{(C)} = Temp_{(K)} - 273,15$$

Successivamente è stata calcolata la media delle temperature sottraendo il coefficiente 0,3 che viene considerato come un coefficiente di correzione secondo la seguente formula:

$$Media_{corretta} = [(TempMax + TempMin)/2] - 0,3$$

$$Media_{corretta} = (Media - 0,3)$$

Grafico della temperatura 2000-2009

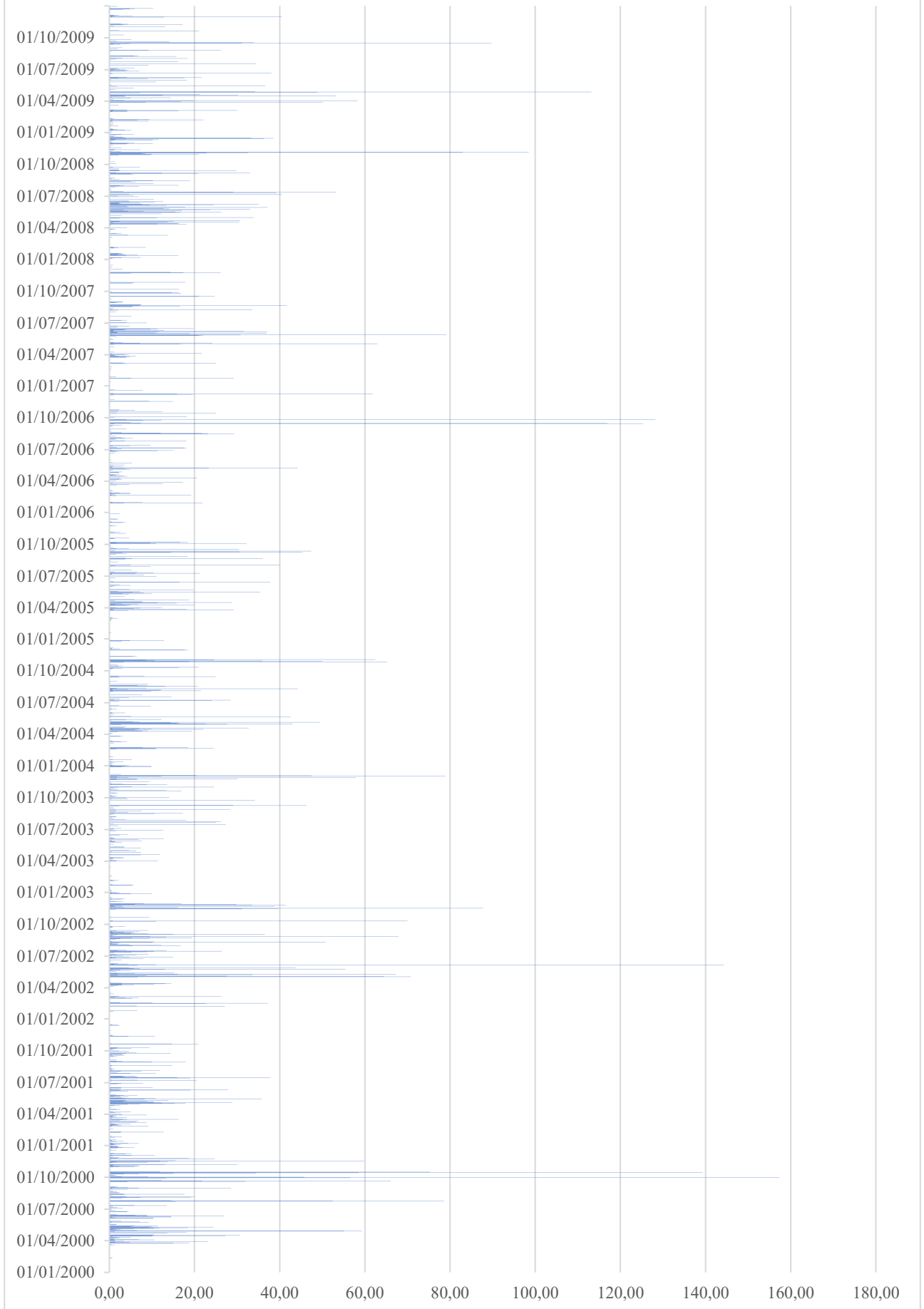


Anche per quanto riguarda le **precipitazioni** sono stati ricavati i dati dal sito di ARPA Piemonte. (Fonte: www.idrologia.polito.it). Qui di seguito viene riportata la tabella e il rispettivo grafico per la serie annua dal 2000 al 2009.

DATA ▼	LAT. ▴	LONG. ▴	mm ▼
01/01/2000	45,5625	7,9375	0,06
02/01/2000	45,5625	7,9375	0,27
03/01/2000	45,5625	7,9375	0,02
04/01/2000	45,5625	7,9375	0,03
05/01/2000	45,5625	7,9375	0,02
06/01/2000	45,5625	7,9375	0,00
07/01/2000	45,5625	7,9375	0,01
08/01/2000	45,5625	7,9375	0,00
09/01/2000	45,5625	7,9375	0,00
10/01/2000	45,5625	7,9375	0,00
11/01/2000	45,5625	7,9375	0,00
12/01/2000	45,5625	7,9375	0,00
13/01/2000	45,5625	7,9375	0,00
14/01/2000	45,5625	7,9375	0,01
15/01/2000	45,5625	7,9375	0,04
16/01/2000	45,5625	7,9375	0,01
17/01/2000	45,5625	7,9375	0,04
18/01/2000	45,5625	7,9375	0,00
19/01/2000	45,5625	7,9375	0,00
20/01/2000	45,5625	7,9375	0,00
21/01/2000	45,5625	7,9375	0,00
22/01/2000	45,5625	7,9375	0,00
23/01/2000	45,5625	7,9375	0,00
24/01/2000	45,5625	7,9375	0,00
25/01/2000	45,5625	7,9375	0,09
26/01/2000	45,5625	7,9375	0,00
27/01/2000	45,5625	7,9375	0,01
28/01/2000	45,5625	7,9375	0,00
29/01/2000	45,5625	7,9375	0,00
30/01/2000	45,5625	7,9375	0,08
31/01/2000	45,5625	7,9375	0,02

Fig. 133: I dati delle precipitazioni in formato ASCII importati in Excell. (Fonte: www.idrologia.polito.it)

Grafico delle precipitazioni 2000-2009



18.0.4 La modellazione dello scioglimento del manto nevoso con HMS

Attraverso il software HMS è stato modellato lo scioglimento del manto nevoso che ha permesso di comprendere con maggiore attendibilità le dinamiche idrologiche all'interno del bacino idrografico del torrente Ingagna, in relazione alle serie temporali di temperatura e precipitazioni ricavate dall'anno 2000 al 2009 in previsione dell'aumento della temperatura determinato dai cambiamenti climatici di +1,5°C entro il 2100.

L'obiettivo di tale studio è quello di comprendere la variazione della disponibilità d'acqua all'interno del bacino al variare della temperatura. La ricerca proposta individua quindi degli scenari di disponibilità idrica permettendo agli attori incaricati della gestione delle risorse idriche di effettuare opportune decisioni mirate al risparmio idrico e a una migliore efficienza nella distribuzione delle risorse idriche in contrasto ai cambiamenti climatici. (Fonte: US Army Corp of Engineers, *Hydrologic Modeling System, 2025*, www.hec.usace.army.mil)

Per raggiungere tale obiettivo si è proceduto con la modellazione effettuata con software HMS attraverso il *Metodo dell'Indice di Temperatura* che risulta essere una estensione dell'approccio grado-giorno per la modellazione del manto nevoso e consiste nel calcolare la quantità di scioglimento nevoso per ogni grado sopra lo zero prevedendo una rappresentazione concettuale dell'energia fredda immagazzinata tale per cui al variare delle condizioni interne del manto nevoso e delle condizioni atmosferiche, cambia il coefficiente di scioglimento. (Fonte: US Army Corp of Engineers, *Hydrologic Modeling System, 2025*, www.hec.usace.army.mil)

Per giungere a questo risultato nel bacino idrografico è stata individuata almeno una *banda di elevazione* a cui fa riferimento un modello meteorologico di precipitazioni e temperatura per ogni fascia altimetrica considerata. La temperatura inserita nel modello viene associata all'altitudine determinando uno specifico gradiente termico che permette di correggere il valore di temperatura in base alla quota altimetrica. In particolare vengono qui conseguentemente descritti in forma sintetica i parametri utilizzati per la modellazione proposta. (Fonte: HEC-HMS, *Temperature Index Method*, www.hec.usace.army.mil):

- 1) *PX Temperature*: viene utilizzata per distinguere tra precipitazioni che cadono sotto forma di pioggia o neve. In particolare, le precipitazioni che cadono a una temperatura dell'aria superiore a PX si verificheranno puramente come pioggia, mentre le precipitazioni che cadono a una temperatura dell'aria inferiore a PX si verificheranno come neve. Il valore di PX risulta essere quindi inversamente proporzionale alle precipitazioni che cadono esclusivamente come pioggia;

- 2) *Base Temperature*: è la temperatura al di sopra della quale la neve inizia a sciogliersi. Questo parametro in genere ha un valore vicino alla temperatura di congelamento ma può variare di qualche grado. Diminuendo la temperatura di base si verificherà lo scioglimento della neve a temperature più fredde, mentre aumentando la temperatura di base saranno necessarie temperature più elevate per determinare lo scioglimento della neve;
- 3) *ATI coefficient*: è un coefficiente che ha lo scopo di ponderare la serie temporale corrente alle serie storiche delle precipitazioni;
- 4) *Wet Melt Rate*: rappresenta la velocità con cui il manto nevoso si scioglie quando piove sul di esso e le temperature dell'aria sono superiori alla temperatura base. Aumentando il tasso di fusione umido aumenterà la velocità di fusione della neve, mentre diminuendolo ridurrà la velocità di fusione della neve. Sono inoltre presenti due opzioni per specificare il tasso di fusione umido tra cui: il valore costante e annuale. Se il primo determina un valore costante di fusione della neve il secondo specifica un modello di tasso di fusione lungo tutto il periodo dell'anno (Fonte: US Army Corp of Engineers, *Hydrologic Modeling System, 2025*, www.hec.usace.army.mil);

$$Melt = (WetMeltRate + 0,168 * PrecipitationIntensity) * (AirTemperature - BaseTemperature)$$

- 5) *Rain Rate Limit*: il limite del tasso di pioggia viene utilizzato per distinguere tra tassi di fusione umida e secca. Se il valore di precipitazione giornaliero supera questo valore, verrà utilizzato il tasso di fusione umido;
- 6) *Dry Melt Rate*: il tasso di fusione secco rappresenta la velocità con cui il manto nevoso si scioglie quando non piove e le temperature dell'aria sono superiori alla temperatura base. Aumentando il tasso di scioglimento secco aumenterà la velocità di scioglimento della neve, mentre una diminuzione di questo parametro ridurrà la velocità di scioglimento della neve. Sono inoltre presenti due opzioni per specificare il tasso di fusione umido tra cui: il valore costante e annuale. Se il primo determina un valore costante di fusione della neve il secondo specifica un modello di tasso di fusione lungo tutto il periodo dell'anno;

$$Melt = DryMeltRate * (AirTemperature - BaseTemperature)$$

- 7) *Cold Limit*: il limite di freddo viene utilizzato per determinare il contenuto di freddo. Quando il tasso di precipitazione giornaliero supera questo valore, l'indice di contenuto di freddo antecedente viene impostato sulla temperatura della precipitazione. Se la temperatura è superiore alla temperatura base, l'indice di contenuto di freddo viene impostato sulla temperatura base. Se la temperatura è inferiore alla temperatura base, l'indice di contenuto di freddo viene

impostato sulla temperatura effettiva. Se il tasso di precipitazione è inferiore al limite di freddo, l'indice di contenuto di freddo viene calcolato come indice antecedente;

- 8) *ATI-Coldrate Function*: La funzione ATI-Coldrate viene utilizzata per calcolare il contenuto di freddo dall'indice attuale. Il Coefficiente di Coldrate viene utilizzato per aggiornare l'indice di contenuto di freddo antecedente a un intervallo di tempo successivo;
- 9) *Water Capacity*: rappresenta la soglia di infiltrazione dell'acqua sul manto nevoso. L'aumento della capacità idrica risulta essere inversamente proporzionale all'infiltrazione dell'acqua nel manto nevoso ritardandone il tempo di infiltrazione;
- 10) *Groundmelt*: lo scioglimento del terreno rappresenta la velocità con cui il manto nevoso si scioglie a causa dell'energia accumulata e irradiata del terreno che determina un aumento della velocità di scioglimento della neve in modo direttamente proporzionale.

Qui di seguito viene proposta la tabella con i range ammissibili e raccomandati utili alla modellazione con il software HMS:

Nome parametro	Unità di misura	Valore consentito		Valore raccomandato	
		Min	Max	Min	Max
PX Temperature	°C	-6,5	7,5	0,0	2,78
Base Temperature	°C	-6,5	7,5	0,0	1,67
ATI Coefficient	n.d.	0,0	1,0	0,98	
Wet Meltrate	mm/deg °C day	0,0	100	2,29	4,57
Rain Rate Limit	mm/day	0,0	6000	2,54	
Dry Melt Rate	mm/deg °C day	0,0	10	2,29	4,57
Cold Limit	mm/Dy	0,0	6000	0,0	12,7
ATI -Coldrate Function	mm/deg °C day	0,0	10	0,46	1,38
Coldrate Coefficient	n.d.	0,0	0,99999	0,35	0,5
Water Capacity	%	0,0	100	3	5
Groundmelt	mm/day	0,0	10	0,0	0,0

Fig. 134: Range dei parametri consentiti e raccomandati in HMS. (Fonte: HEC-HMS)

Successivamente vengono indicata la struttura del modello e i parametri selezionati per la funzione *Temperature Index*.

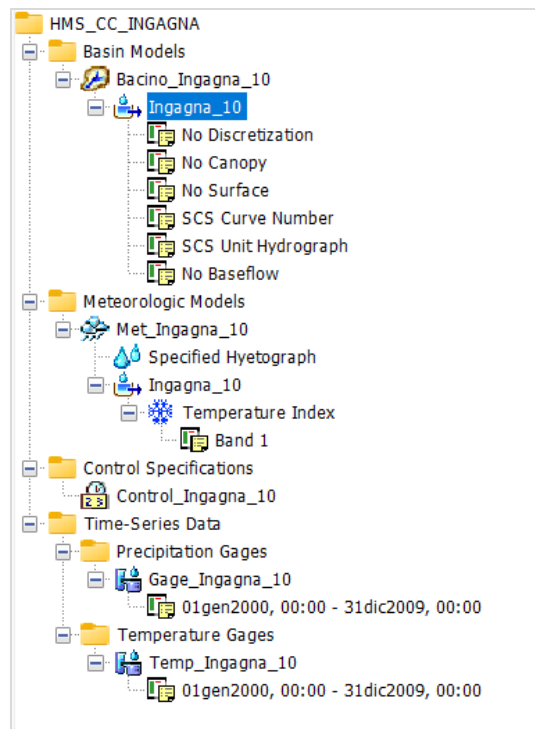


Fig. 135: Struttura del modello in HMS. (Fonte: HEC-HMS)

Temperature Index

Met Name: Met_Ingagna_10
Element Name: Ingagna_10

*Lapse Rate (DEG C/1000 M)	0
Index (MM)	10
*PX Temperature (C)	6
*Base Temperature (C)	0
ATI Coefficient:	0,98
Wet Melt Method:	Constant Value
*Wet Meltrate (MM/DEG C-DAY)	1,5
Rain Rate Limit (MM/DAY)	100
Dry Melt Method:	Constant Value
*Dry Meltrate (MM/DegC-DAY)	1,5
Cold Limit (MM/DAY)	100
ATI-Coldrate Function:	--None--
Coldrate Coefficient:	0,5
Water Capacity (%)	0,30
Groundmelt Method:	Constant Value
Groundmelt (MM/DAY)	0

Fig. 136: Impostazione dei dati in HMS. (Fonte: HEC-HMS)

18.0.5 Classificazione delle fasce di elevazione

Per procedere alla modellazione con software HMS dello scioglimento del manto nevoso è stato necessario individuare le fasce di elevazione del bacino idrografico analizzato. Le fasce di elevazione ottenute permettono successivamente di assegnare dei valori di fusione della neve in base all'altitudine. (Fonte: HEC-HMS, *Temperature Index Method*, www.hec.usace.army.mil). In particolare attraverso software GIS sono state calcolate tre fasce altimetriche di cui rispettivamente la prima inferiore ai 500 m.s.l.m. la seconda tra 500 e 1500 m.s.l.m. e la terza superiore ai 1500 m.s.l.m. Il modello prevede quindi una differenziata dinamica della fusione delle nevi i cui dati sono stati successivamente inseriti. L'analisi territoriale per ottenere le fasce altimetriche di elevazione è stata suddivisa in diverse fasi:

Fase n° 1: reperimento della DTM 10 m e del perimetro del bacino idrografico di riferimento:

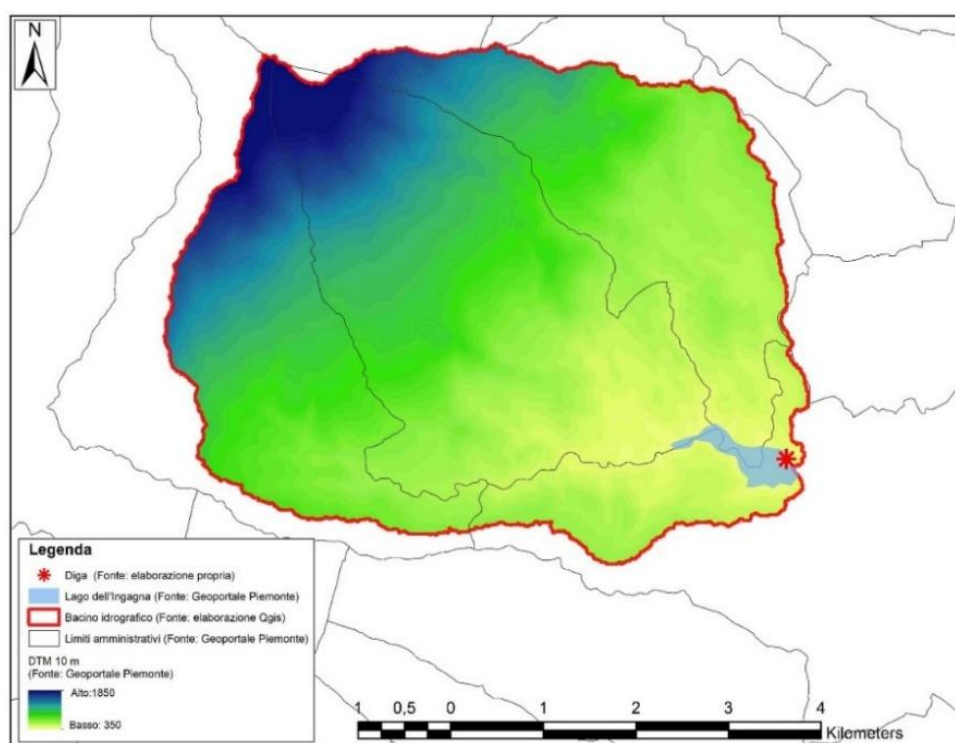


Fig. 137: Il perimetro del bacino idrografico analizzato e DTM 10 m. (Fonte: Geoportale Piemonte, elaborazione propria)

Fase n° 2: discretizzazione e conversione in shapefile del bacino idrografico ottenuto:

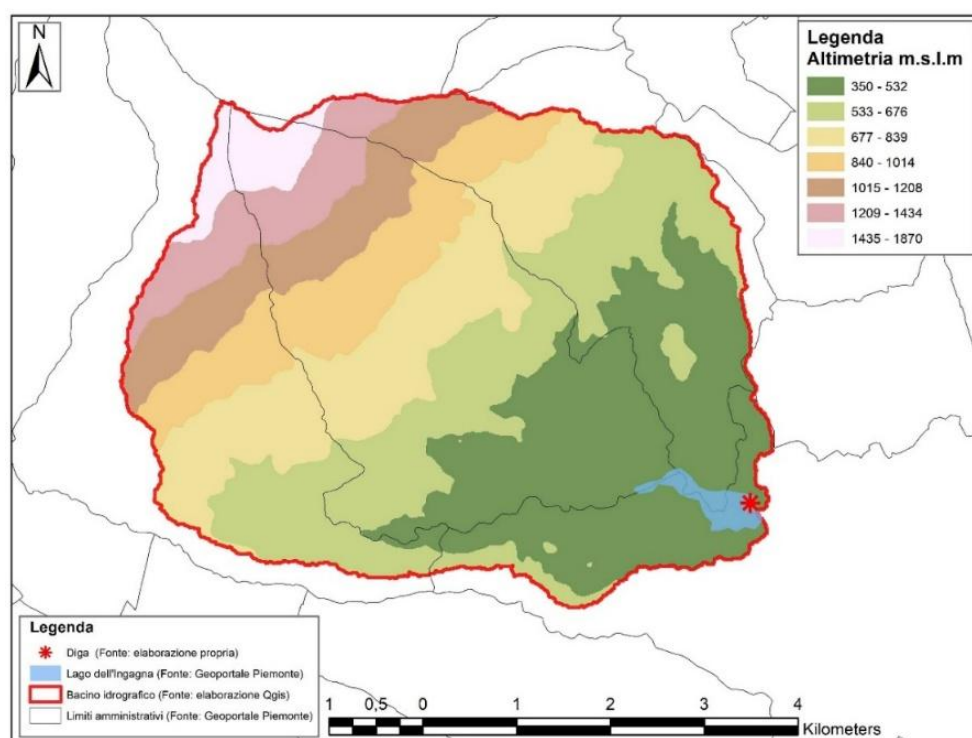


Fig. 138: Altimetria del bacino idrografico analizzato. (Fonte: Elaborazione propria)

Fase n° 3: Selezione delle fasce di elevazione ($x > 500m$, $500m < x < 1500m$ e $x > 1500m$):

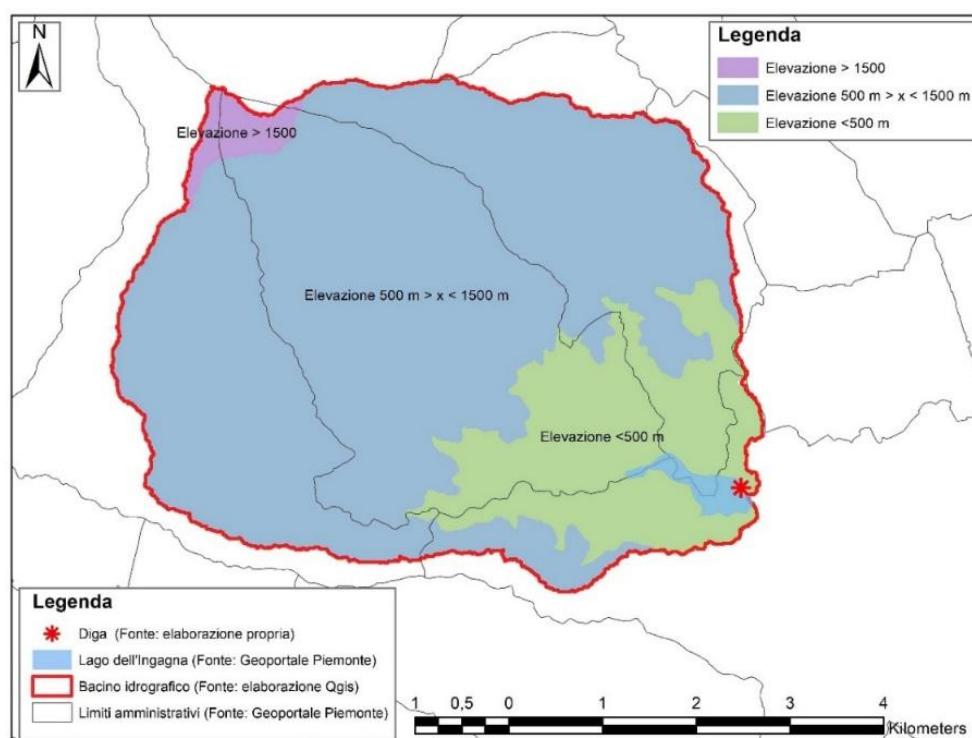


Fig. 139: Fasce di elevazione. (Fonte: Elaborazione propria)

Fase n° 4: statistiche zonali e reperimento dei seguenti dati: altitudine media e percentuale area:

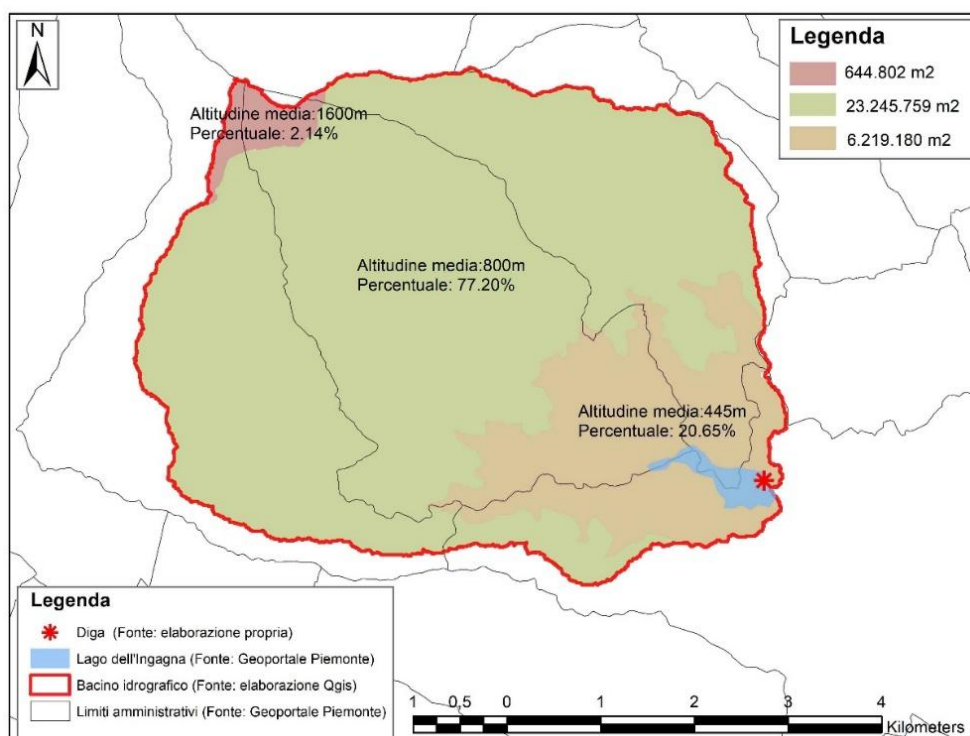


Fig. 140: Risultato delle statistiche zonali. (Fonte: Elaborazione propria)

Fasce di altitudine	Area m ²	Area %	Altitudine media
< 500	6.219.180	20,65	445
500 > x < 1500	23.245.759	77,20	800
> 1500	644.802	2,14	1600
Tot	30.110.000		

Fig. 141: Tabella riassuntiva. (Fonte: Elaborazione propria)

Ogni sottobacino idrografico è suddiviso in una o più fasce altimetriche e ognuna di esse ha i propri dati parametrici. Un'unica fascia altimetrica può essere utilizzata per rappresentare un sottobacino con variazioni del terreno molto ridotte, mentre bacini con ampie variazioni di quota necessitano di utilizzare più bande altimetriche all'interno del modello. Qui di seguito vengono specificati i parametri da attribuire a ogni fascia altimetrica ottenuta. (Fonte: HEC-HMS, *Temperature Index Method*, www.hec.usace.army.mil):

- 1) *Average Elevation*: si tratta di inserire l'altitudine media precedentemente calcolata per ogni singola fascia di altitudine ed è espressa in valore percentuale;

- 2) *Precipitation Index*: questo parametro viene inserito in combinazione con il valore totale delle precipitazioni sull'intero bacino permettendo di regolare le precipitazioni per ciascuna fascia altimetrica tale per cui le precipitazioni aumentano alle quote più elevate nei bacini idrografici montuosi;
- 3) *Initial Snow Water Equivalent (SWE)*: questo parametro viene solitamente determinato interpolando le misurazioni effettive dell'equivalente in acqua della neve. Questo valore può essere impostato a zero in assenza di neve;
- 4) *Initial Cold Content*: questo valore rappresenta il calore necessario per aumentare la temperatura del manto nevoso a 0 °C ed è espresso come uno spessore equivalente di acqua ghiacciata espresso in millimetri tale per cui se non è presente un manto nevoso può essere impostato a zero. Contrariamente se è presente un manto nevoso, può essere stimato come lo spessore della neve moltiplicato per la densità della neve e per la capacità termica della neve. Il risultato ottenuto infine viene moltiplicato per il numero di gradi sotto lo zero;
- 5) *Liquid Water Held Within the Snowpack*: l'acqua liquida può persistere nella neve solo se la temperatura del manto nevoso è di 0 °C anche se sono molto limitate le condizioni in cui questo valore può essere conosciuto con esattezza;
- 6) *Initial Cold Content Antecedent Temperature Index*: questo è un indice della temperatura della neve vicino alla superficie del manto nevoso indicizzata su variazione stagionale. Dovrebbe essere impostato sulla temperatura approssimativa del manto nevoso all'inizio della simulazione. Se la temperatura iniziale non è nota, può essere impostata sullo 0 °C;
- 7) *Antecedent Temperature Function*: questo parametro presenta delle similitudini con il sistema gradi-giorno. Questa funzione di temperatura antecedente consente al tasso di fusione di variare con la maturazione e l'invecchiamento del manto nevoso. Se non c'è neve al suolo questo termine può essere impostato su zero.

Qui di seguito vengono proposti i parametri inseriti per la modellazione nevosa del bacino Ingagna. Non essendo in possesso dei parametri riguardanti le tre fasce di elevazione precedentemente ricavate, sono stati inseriti solamente i valori di altitudine media pari a 774 m.s.l.m. a cui è stata attribuita il 100% dell'area riferita al bacino idrografico analizzato. (Fonte: HEC-HMS, *Temperature Index Method*, www.hec.usace.army.mil):

Temperature Index	Band 1
Met Name: Met_Ingagna_10	
Element Name: Ingagna_10	
Band Name: Band 1	
*Percent (%)	100
*Elevation (M)	744
Index (MM)	10
*Initial SWE (MM)	100
*Initial Cold Content (MM)	0
*Initial Liquid Water (MM)	10
*Initial Cold Content ATI (C)	0
*Initial Melt ATI (DEGC-DAY)	1

Fig. 142: Parametri delle bande di elevazione. (Fonte: HEC-HMS)

18.0.6 Risultati ottenuti

La modellazione con HEC-HMS ha permesso di ottenere un resoconto dettagliato del processo piovoso in relazione al deflusso superficiale per l'area di drenaggio considerata. In questo caso si tratta dell'estensione del bacino del torrente Ingagna come già descritto nei precedenti paragrafi della ricerca. I risultati ottenuti sono fondamentali per comprendere la dinamica tale per cui le precipitazioni si trasformano in scorrimento superficiale *Cumulative Flow (CF)* attraverso il modello delle perdite. Questo modello calcola la quantità delle precipitazioni che si infiltrano nel sottosuolo, determinando le precipitazioni in eccesso che si trasformano in deflusso. In pratica un alto di infiltrazione riduce il volume totale di scorrimento dell'acqua sulla superficie del suolo.

Contestualmente come già descritto nei paragrafi precedenti, attraverso il metodo dell'Indice di Temperatura è stato modellato lo scioglimento della neve in relazione alla quantità, al tipo di precipitazione e alla temperatura dell'aria. I risultati definiscono le proprietà del manto nevoso come lo *Snow Water Equivalent (SWE)* che permette di affinare la modellazione del deflusso idrico superficiale.

In base alle premesse appena esposte e alla calibrazione dei dati di input del modello per entrambe le componenti comprensive dei dati delle precipitazioni e della temperatura medie annuali, sono stati elaborati due scenari che successivamente sono stati confrontati. Nel dettaglio vengono qui di seguito introdotte le variabili utilizzate e la loro combinazione per ogni scenario di modellazione nevosa proposto:

- *Scenario n° 1*: questo scenario di modellazione prevede l'utilizzo dei dati di temperatura media [**Tm**] e precipitazioni medie [**Pm**] così come sono state ricavate dalla fonte di Arpa Piemonte;
- *Scenario n° 2*: questo scenario prevede la modellazione dello scioglimento nevoso, utilizzando un aumento della temperatura media di 1,5 °C [**Tm+n**] mentre il valore delle precipitazioni non è stato variato rispetto a quello precedente e risulta essere pari a [**Pm**];

Nel confronto tra il primo e secondo scenario a parità di quantità di precipitazione dai dati della serie storica dal 2000 al 2009 si è potuto verificare la disponibilità idrica totale suddivisa per anno variando la temperatura da [**Tm**] a [**Tm+n**]. In questo modo è stato possibile individuare le criticità dovute allo scioglimento della neve ad elevate altitudini che possono determinare sul lungo periodo dei periodi siccitosi. Nella tabella sottostante vengono riassunte le variabili di temperatura e precipitazione utilizzate per ogni scenario e la loro combinazione:

Scenari analizzati	Variabile Temp (°C)	Variabile Prec (mm)
Scenario n°1	[Tm]	[Pm]
Scenario n°2	[Tm+1,5]	[Pm]

Tab. 57: Variabili dei due scenari modellati. (Fonte: Elaborazione propria)

La modellazione e il confronto tra gli scenari hanno permesso di comprendere le dinamiche di accumulo e di scioglimento della neve e di come esse influiscono sul deflusso idrico superficiale. La carenza di neve infatti causa una riduzione dell'accumulo di acqua nei periodi invernali determinando periodi di siccità severa. In particolare i risultati ottenuti possono essere così di seguito schematizzati:

- 1) *Outflow Discharge (CF)*: portata calcolata all'uscita del sottobacino;
- 2) *Precipitation*: quantità espressa in millimetri precipitazione durante l'intervallo di tempo;
- 3) *Infiltration (Losses)*: quantità di acqua persa per infiltrazione durante l'intervallo di tempo;
- 4) *Excess Precipitation*: quantità di precipitazione residua dopo le perdite;
- 5) *Snow Water Equivalent (SWE)*: equivalente in acqua della neve.

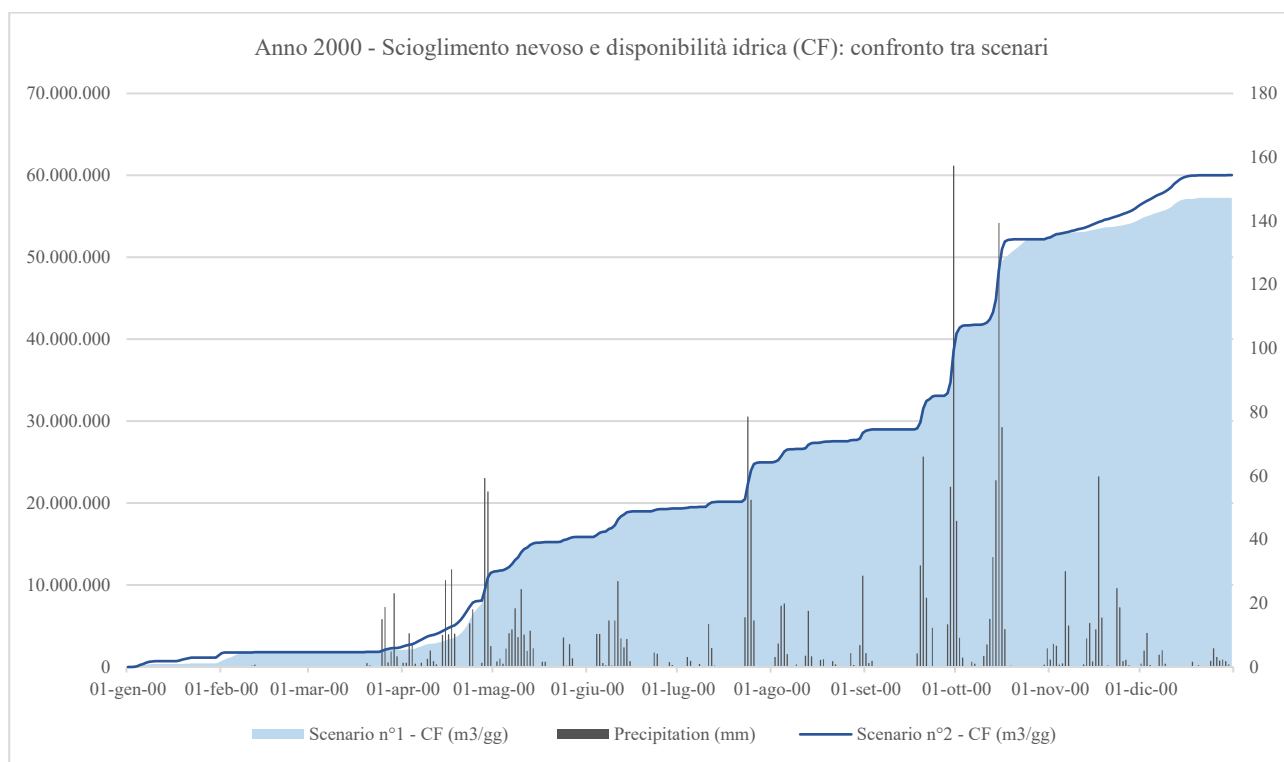
Modellazione Temperature Index										
Date	Time	Precipitation (mm)	Loss (mm)	Excess (mm)	Direct Flow (m3/s)	Base Flow (m3/s)	Total Flow (m3/s)	Total flow (m3/gg)	Scenario n°1 - Cumulative Flow (m3/gg)	Scenario n°1 - SWE (mm)
01-gen-00	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	100,00
02-gen-00	00:00	0,27	11,39	0	0	0	0	0	0	98,58
03-gen-00	00:00	0,02	5,53	0,25	0,1	0	0,1	8.640	8.640	92,84
04-gen-00	00:00	0,03	5,65	1,4	0,4	0	0,4	34.560	43.200	85,84
05-gen-00	00:00	0,02	5,36	2,8	0,8	0	0,8	69.120	112.320	77,73
06-gen-00	00:00	0	3,84	3,17	1	0	1	86.400	198.720	70,73
07-gen-00	00:00	0,01	2,34	2,53	0,9	0	0,9	77.760	276.480	65,89
08-gen-00	00:00	0	1,17	1,46	0,6	0	0,6	51.840	328.320	63,26
09-gen-00	00:00	0	0	0	0,2	0	0,2	17.280	345.600	63,45
10-gen-00	00:00	0	0	0	0	0	0	0	345.600	63,45
11-gen-00	00:00	0	0	0	0	0	0	0	345.600	63,45
12-gen-00	00:00	0	0	0	0	0	0	0	345.600	63,45
13-gen-00	00:00	0	0	0	0	0	0	0	345.600	63,45
14-gen-00	00:00	0,01	0	0	0	0	0	0	345.600	63,46
15-gen-00	00:00	0,04	0	0	0	0	0	0	345.600	63,50
16-gen-00	00:00	0,01	0	0	0	0	0	0	345.600	63,51
17-gen-00	00:00	0,04	0	0	0	0	0	0	345.600	63,55
18-gen-00	00:00	0	0	0	0	0	0	0	345.600	63,55
19-gen-00	00:00	0	0,85	1,16	0,3	0	0,3	25.920	371.520	61,36
20-gen-00	00:00	0	0,09	0,13	0,1	0	0,1	8.640	380.160	61,13
21-gen-00	00:00	0	0,69	1,01	0,3	0	0,3	25.920	406.080	59,44
22-gen-00	00:00	0	0,42	0,64	0,2	0	0,2	17.280	423.360	58,38
23-gen-00	00:00	0	0	0	0,1	0	0,1	8.640	432.000	58,55
24-gen-00	00:00	0	0	0	0	0	0	0	432.000	58,55
25-gen-00	00:00	0,09	0	0	0	0	0	0	432.000	58,64
26-gen-00	00:00	0	0	0	0	0	0	0	432.000	58,64
27-gen-00	00:00	0,01	0	0	0	0	0	0	432.000	58,65
28-gen-00	00:00	0	0	0	0	0	0	0	432.000	58,65
29-gen-00	00:00	0	0	0	0	0	0	0	432.000	58,65
30-gen-00	00:00	0,08	0	0	0	0	0	0	432.000	58,73
31-gen-00	00:00	0,02	3,32	5,93	1,5	0	1,5	129.600	561.600	49,37

Tab. 58: Dati di output del modello HMS. (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)

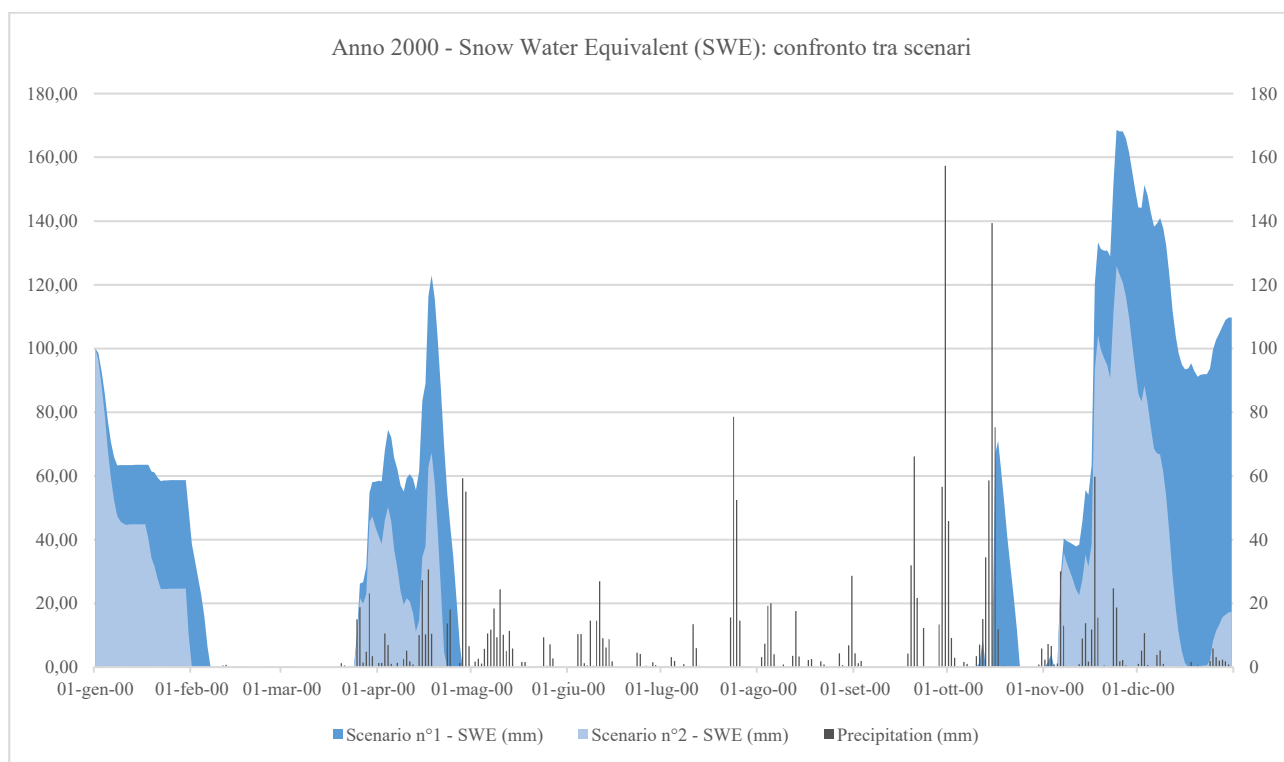
I dati di Outflow sono riportati nel campo denominato *Total flow* in cui i valori sono espressi in m³/s. Successivamente sono stati ottenuti i m³/gg e infine è stata calcolata la curva cumulata che rappresenta la sommatoria giornaliera dei m³/gg. La modellazione è stata effettuata, come già anticipato precedentemente, sia con serie temporale di temperatura media [**Tm**] sia con un aumento della temperatura di 1,5 °C [**Tm+n**].

Qui si seguito vengono proposte due tipologie di grafici: il primo rappresenta il confronto tra l'Outflow ottenuto al punto di chiusura del sottobacino confrontando le curve *Cumulate Flow* (**CF**) mentre il secondo grafico rappresenta l'andamento della *Snow Water Equivalent* (**SWE**) entrambe le analisi sono state confrontate per le serie di temperatura e precipitazioni suddivisi nei tre scenari anticipati nella premessa.

Modellazione HEC-HMS – anno 2000

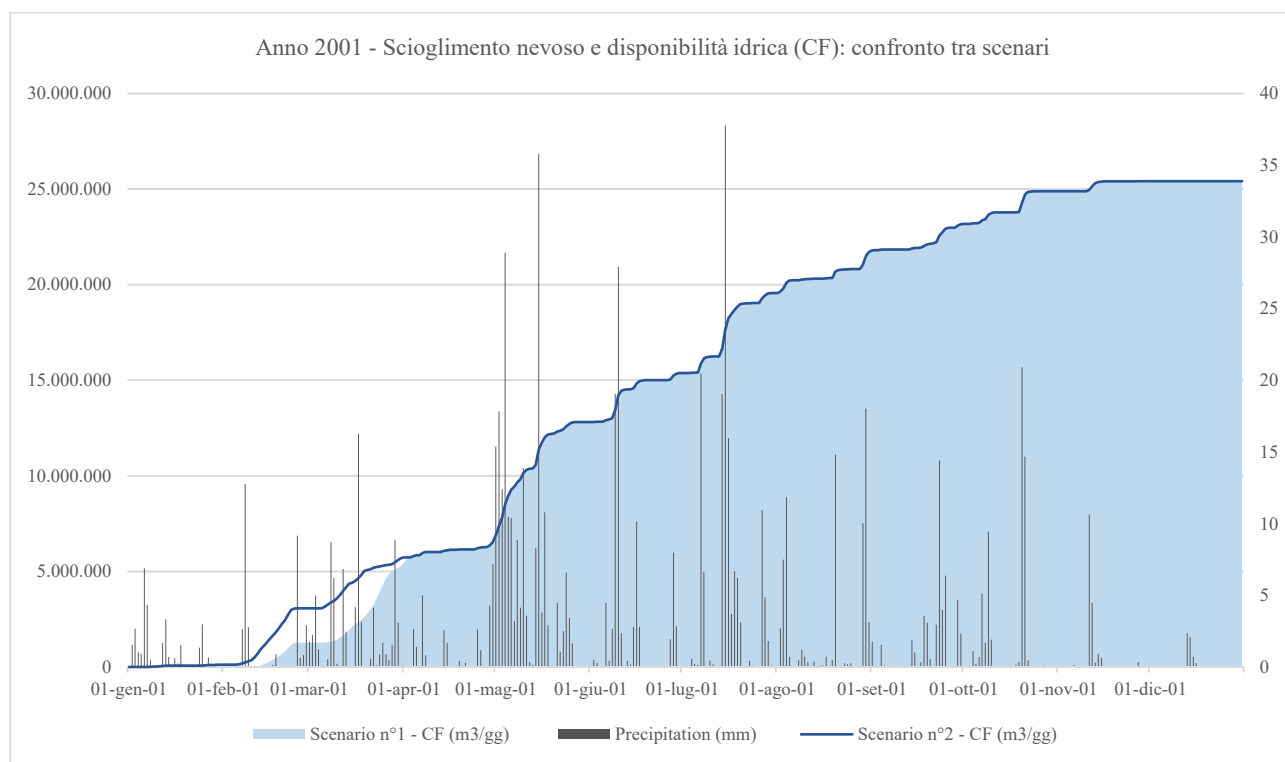


Graf. 36: Anno 2000 - Scioglimento nevoso e disponibilità idrica (CF). (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)

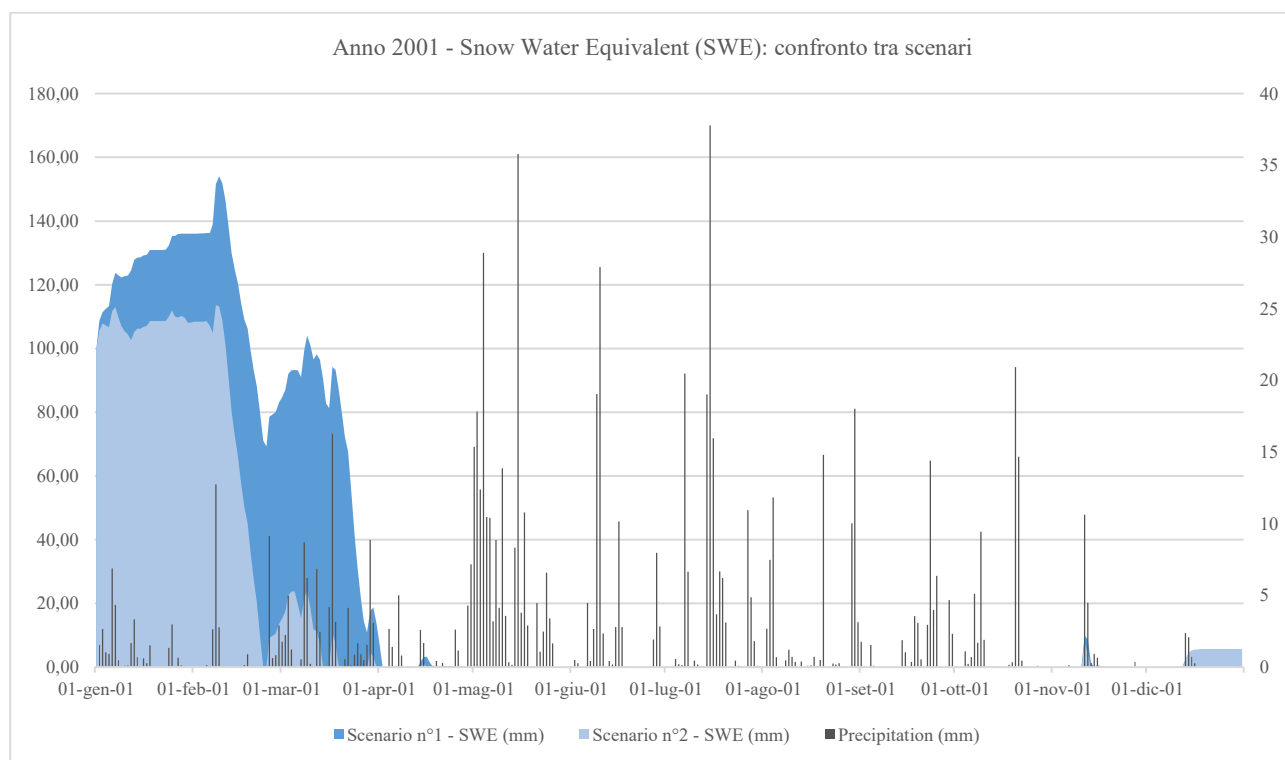


Graf. 37: Anno 2000 - Confronto Snow Water Equivalent (SWE). (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)

Modellazione HEC-HMS – anno 2001

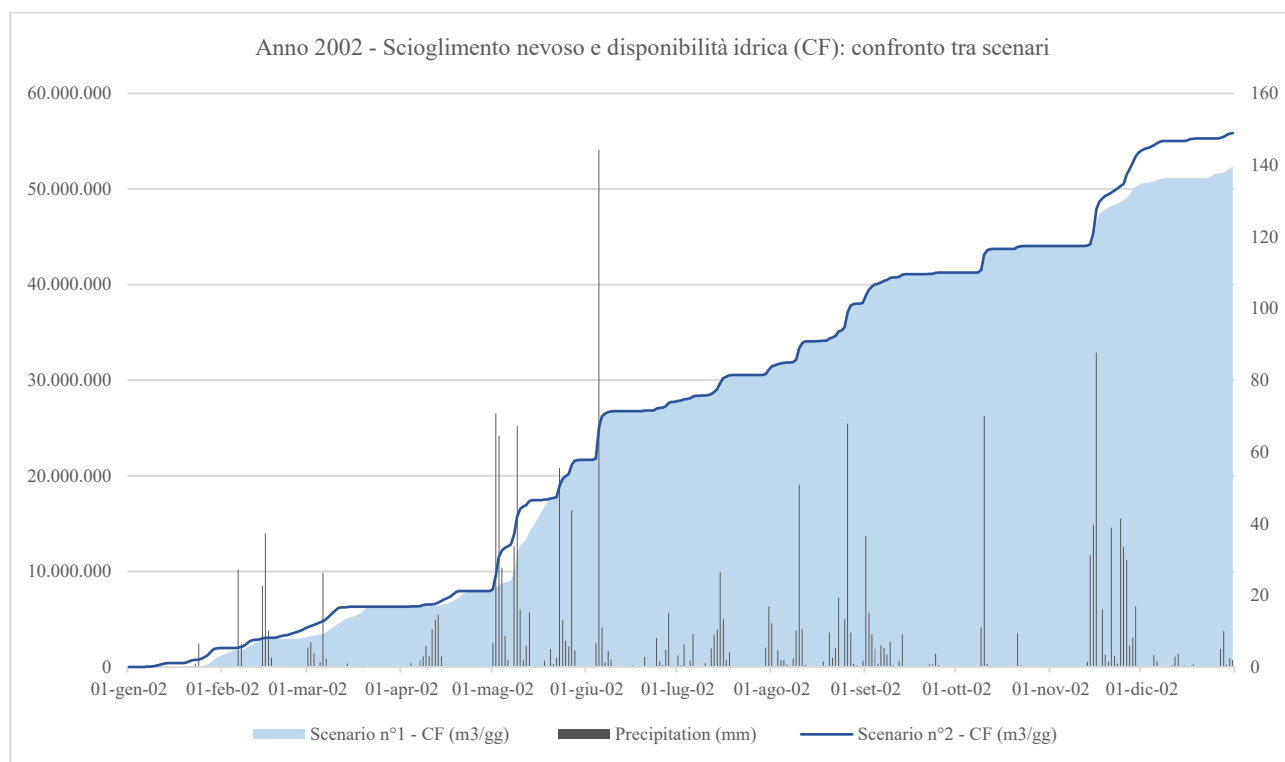


Graf. 38: Anno 2001 - Scioglimento nevoso e disponibilità idrica (CF). (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)

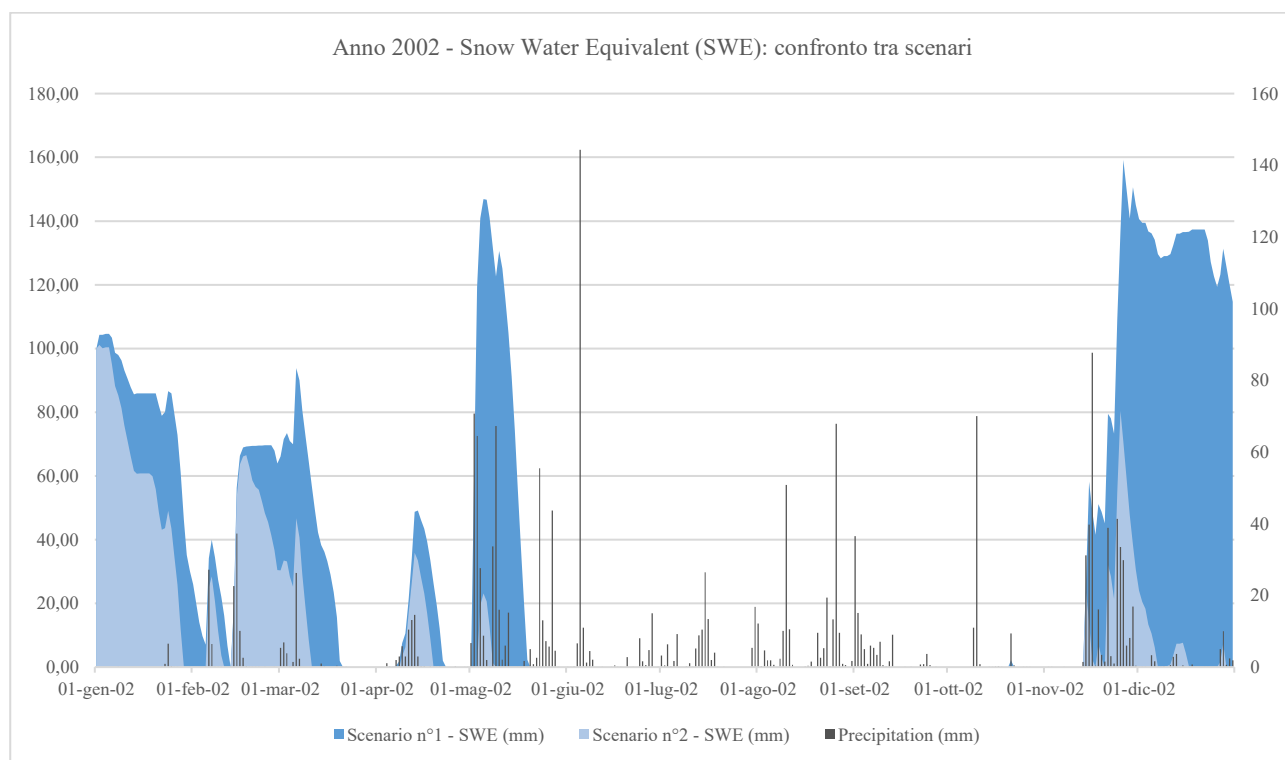


Graf. 39: Anno 2001 - Confronto Snow Water Equivalent (SWE). (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)

Modellazione HEC-HMS – anno 2002

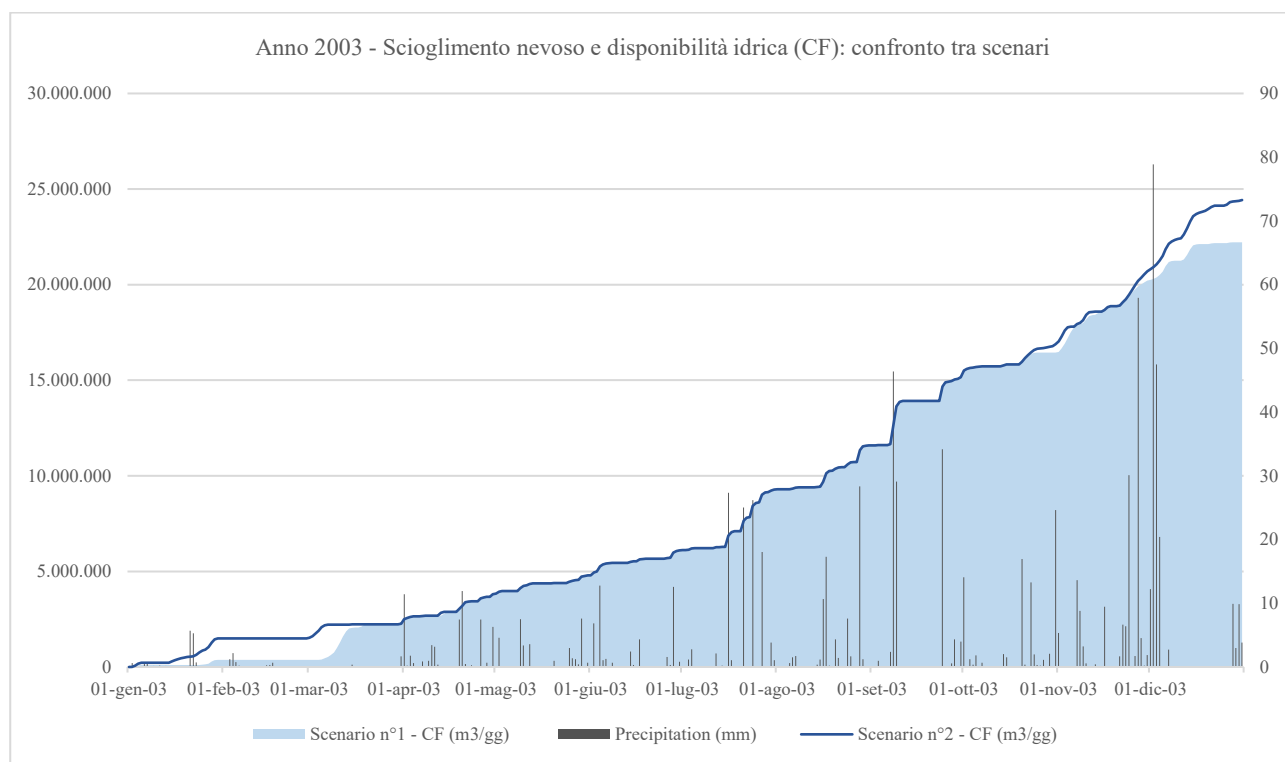


Graf 34: Anno 2002 - Scioglimento nevoso e disponibilità idrica (CF). (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)

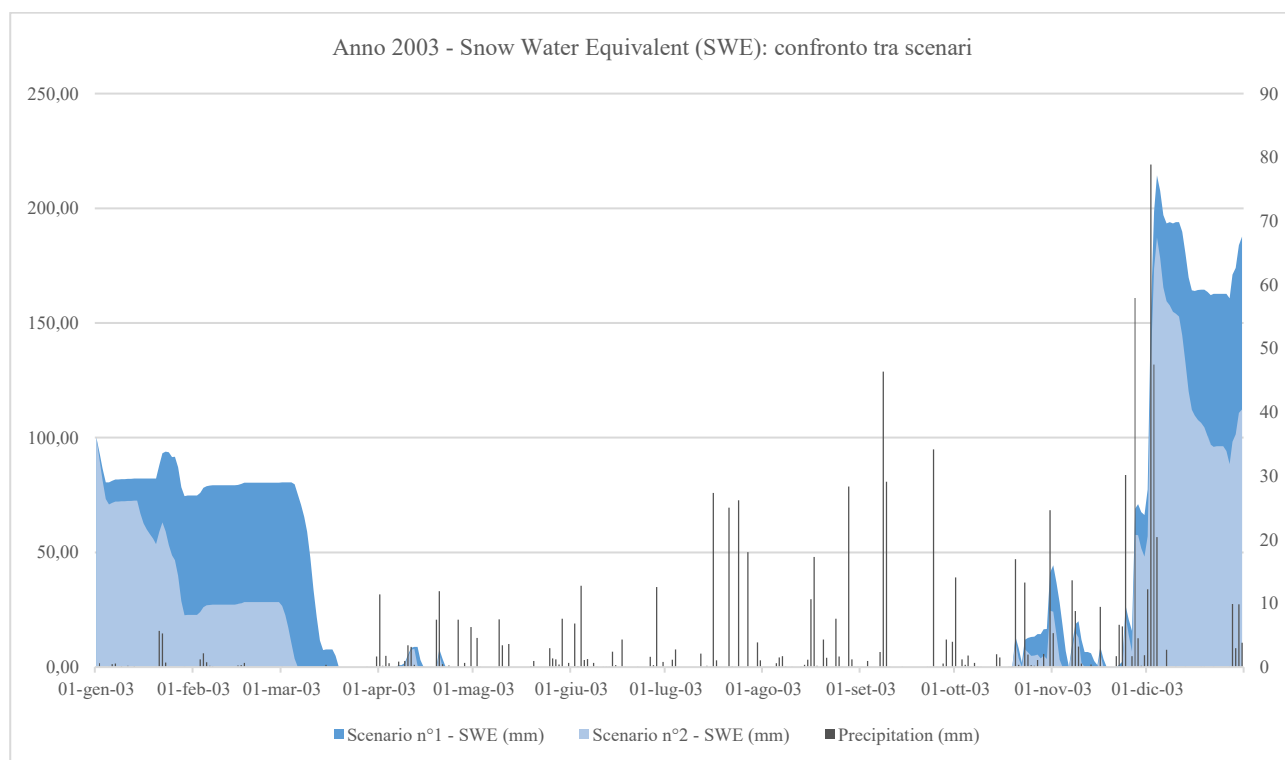


Graf. 40: Anno 2002 - Confronto Snow Water Equivalent (SWE). (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)

Modellazione HEC-HMS – anno 2003

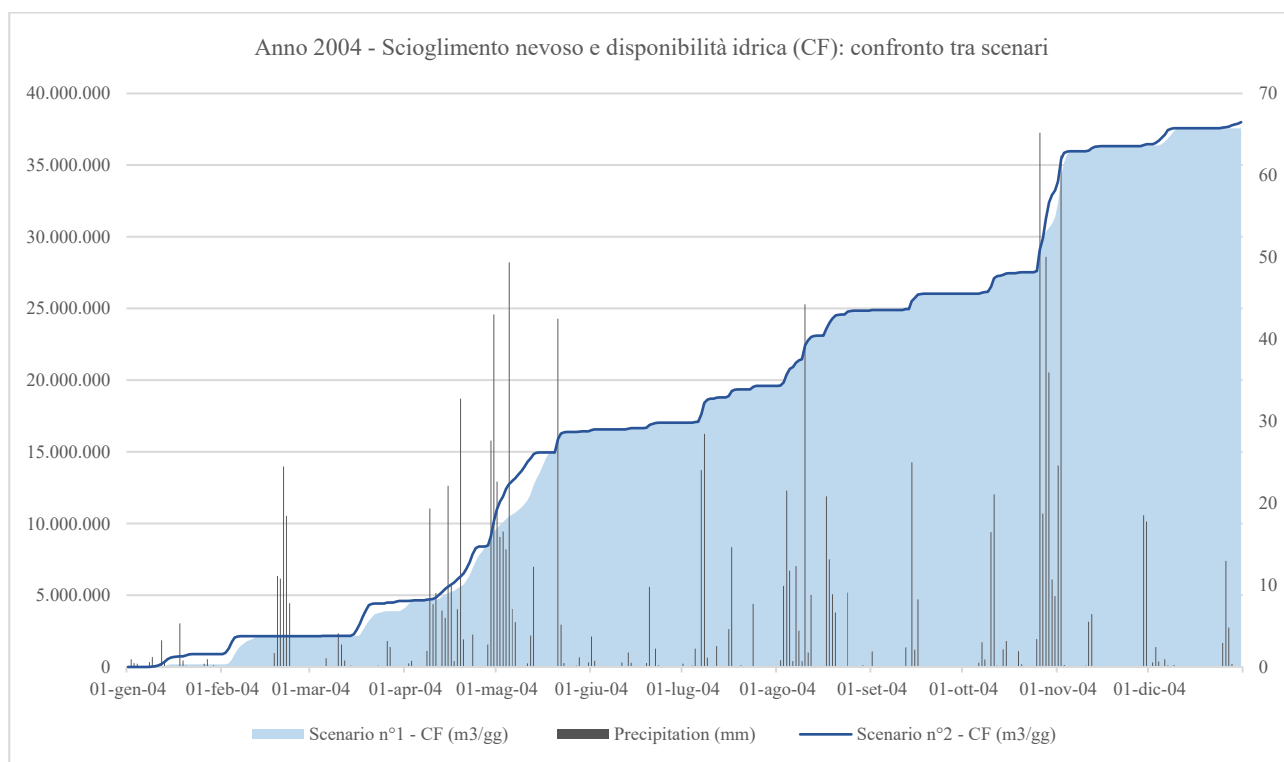


Graf 36: Anno 2003 - Scioglimento nevoso e disponibilità idrica (CF). (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)

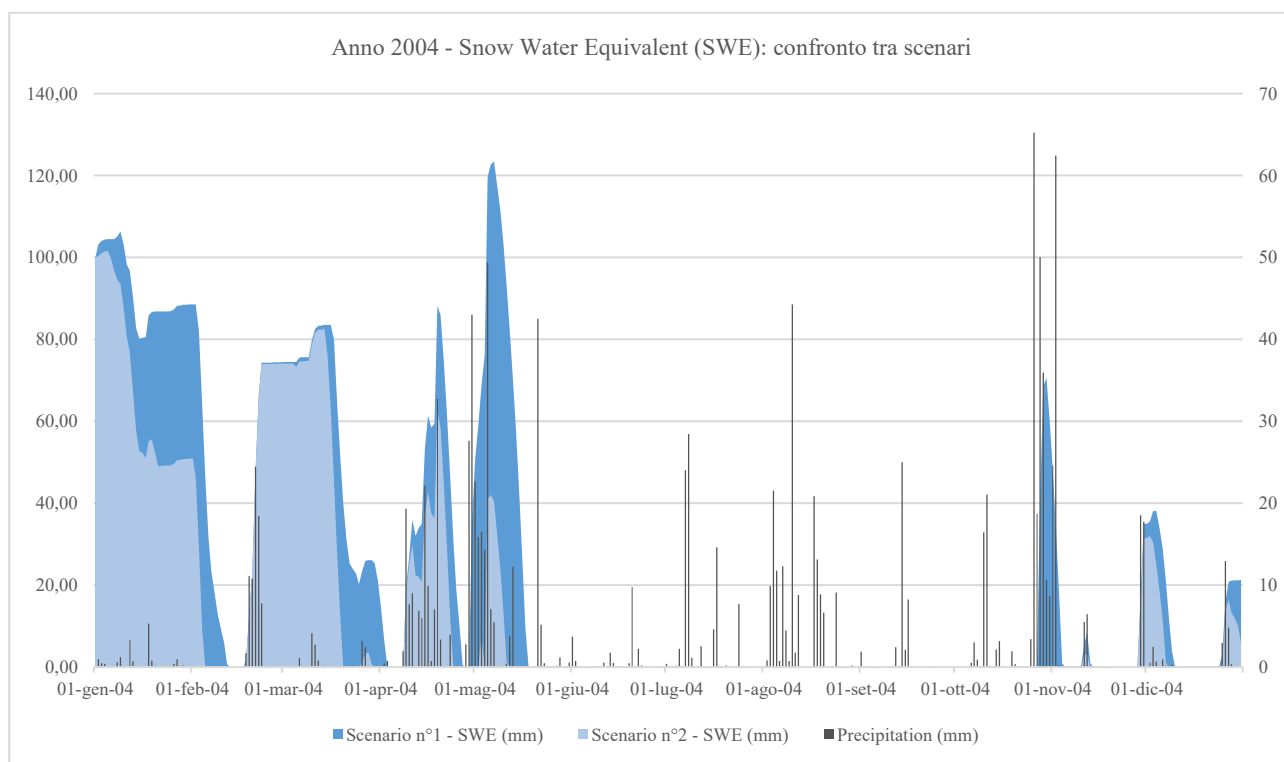


Graf. 41: Anno 2003 - Confronto Snow Water Equivalent (SWE). (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)

Modellazione HEC-HMS – anno 2004

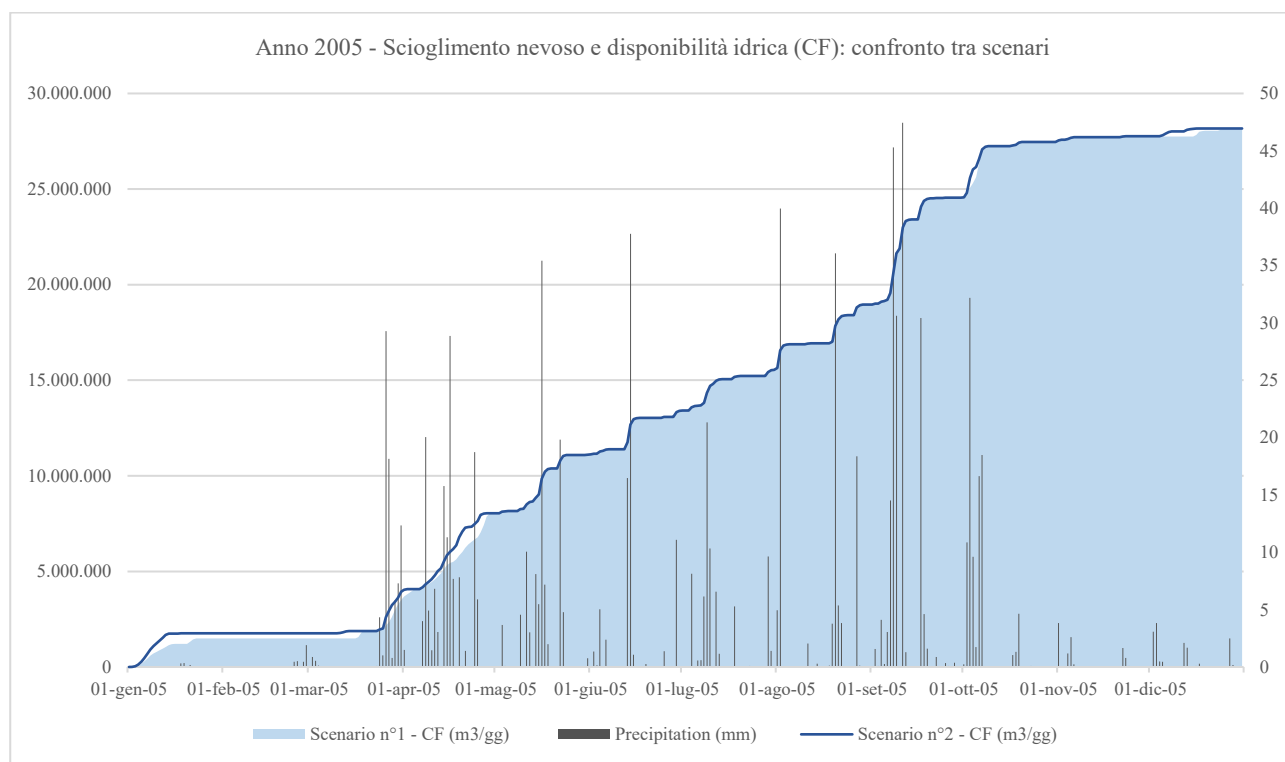


Graf. 42: Anno 2004 - Scioglimento nevoso e disponibilità idrica (CF). (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)

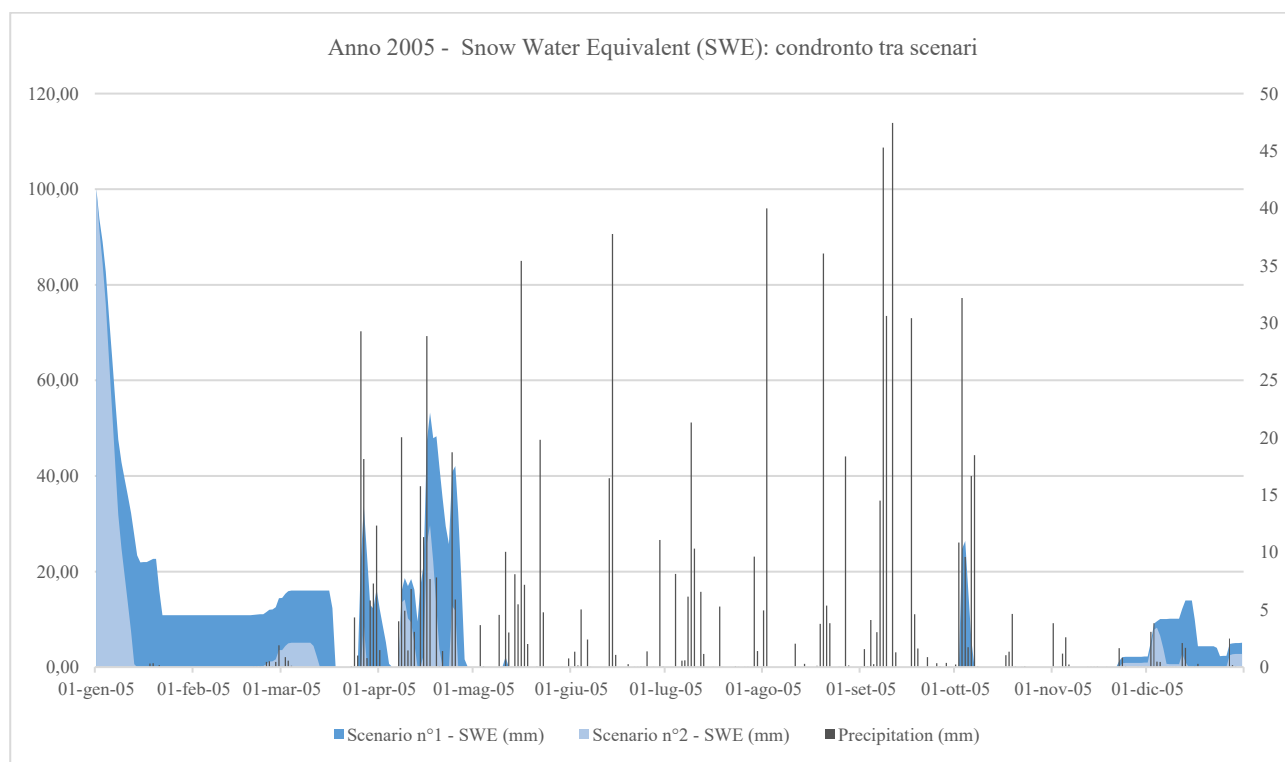


Graf. 43: Anno 2004 - Confronto Snow Water Equivalent (SWE). (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)

Modellazione HEC-HMS – anno 2005

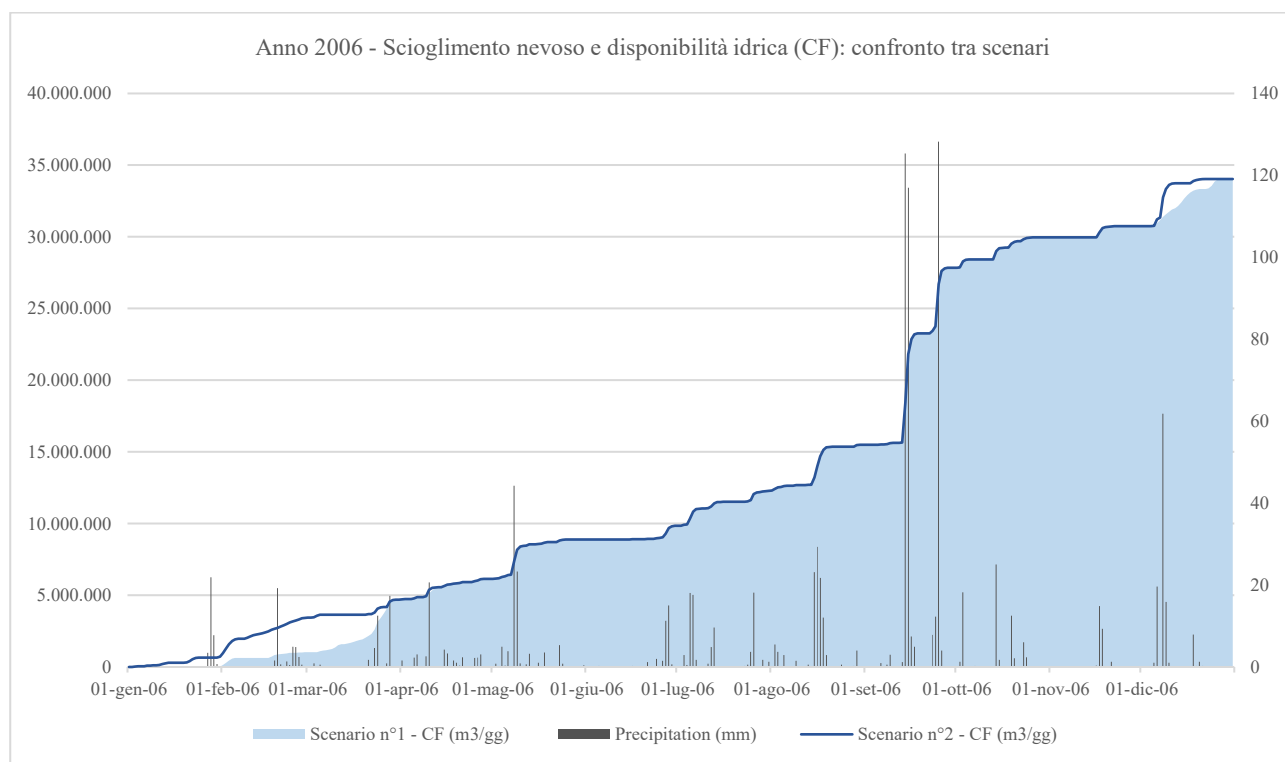


Graf. 44: Anno 2005 - Scioglimento nevoso e disponibilità idrica (CF). (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)

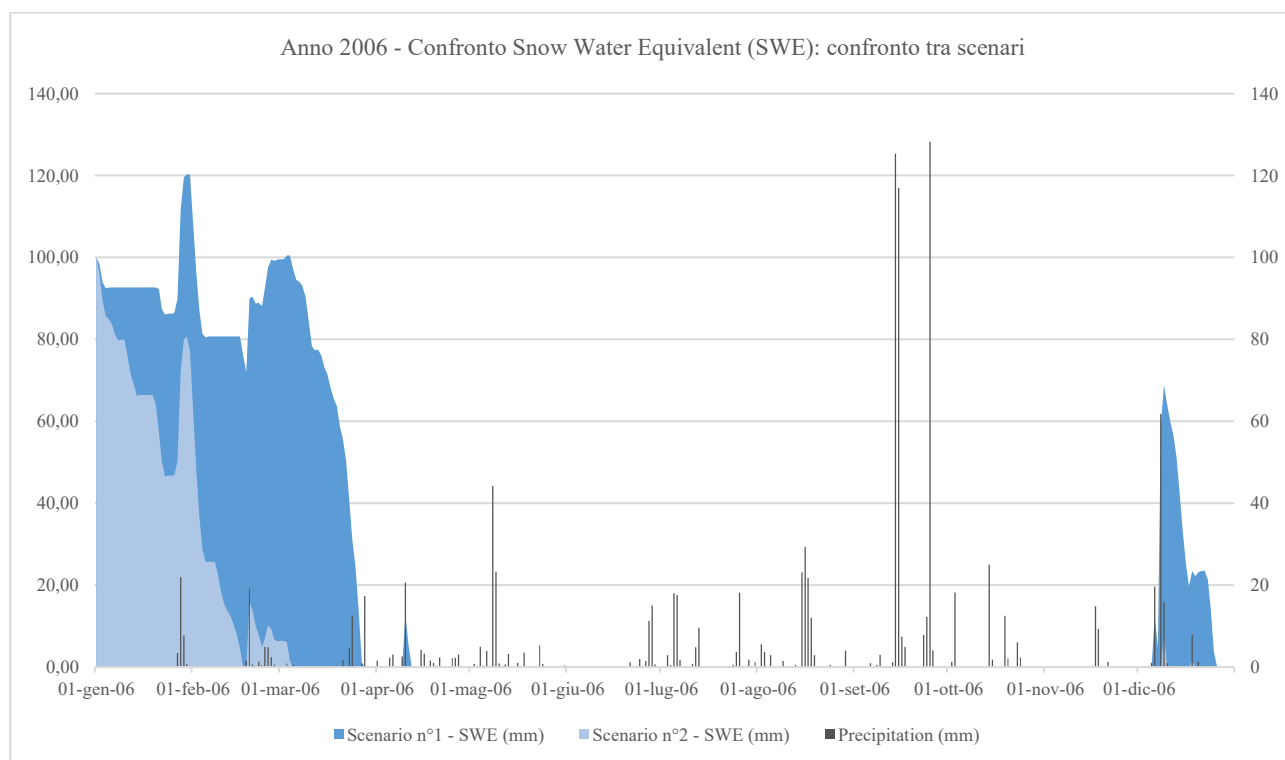


Graf. 45: Anno 2005 - Confronto Snow Water Equivalent (SWE). (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)

Modellazione HEC-HMS – anno 2006

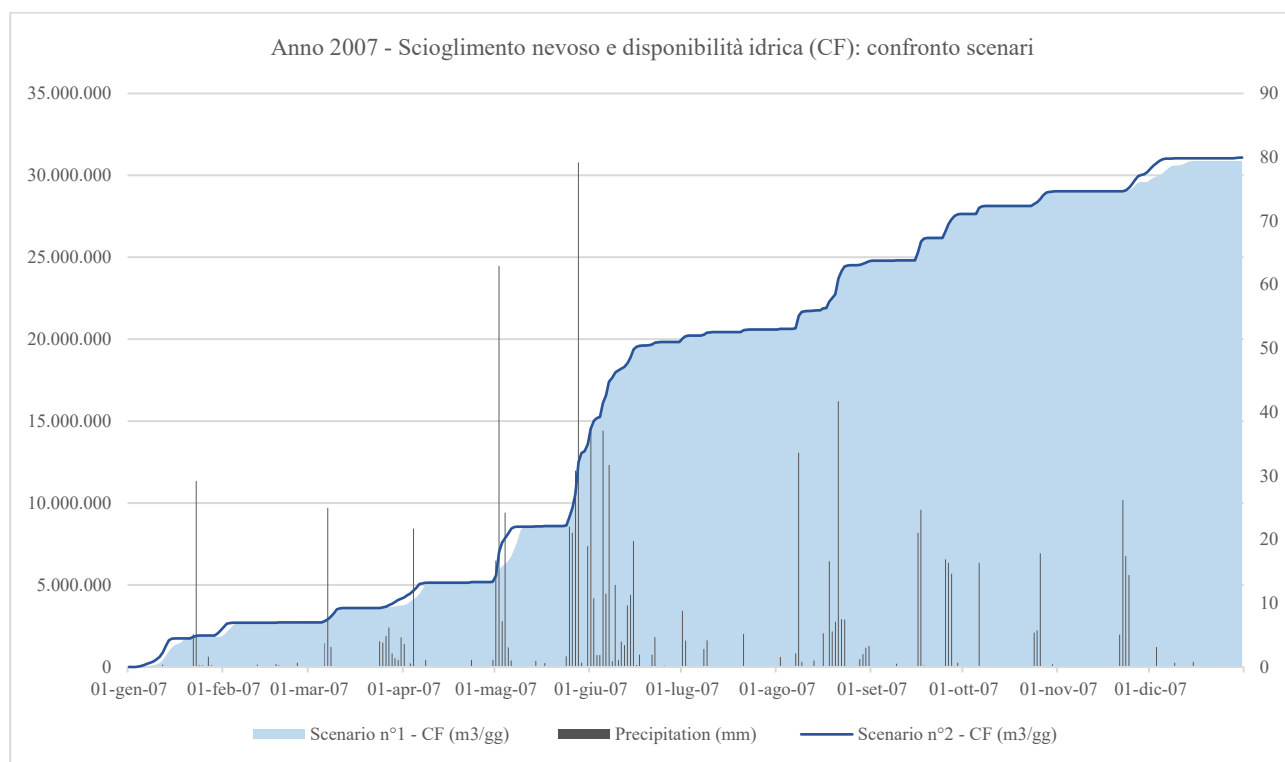


Graf. 46: Anno 2006 - Scioglimento nevoso e disponibilità idrica (CF). (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)

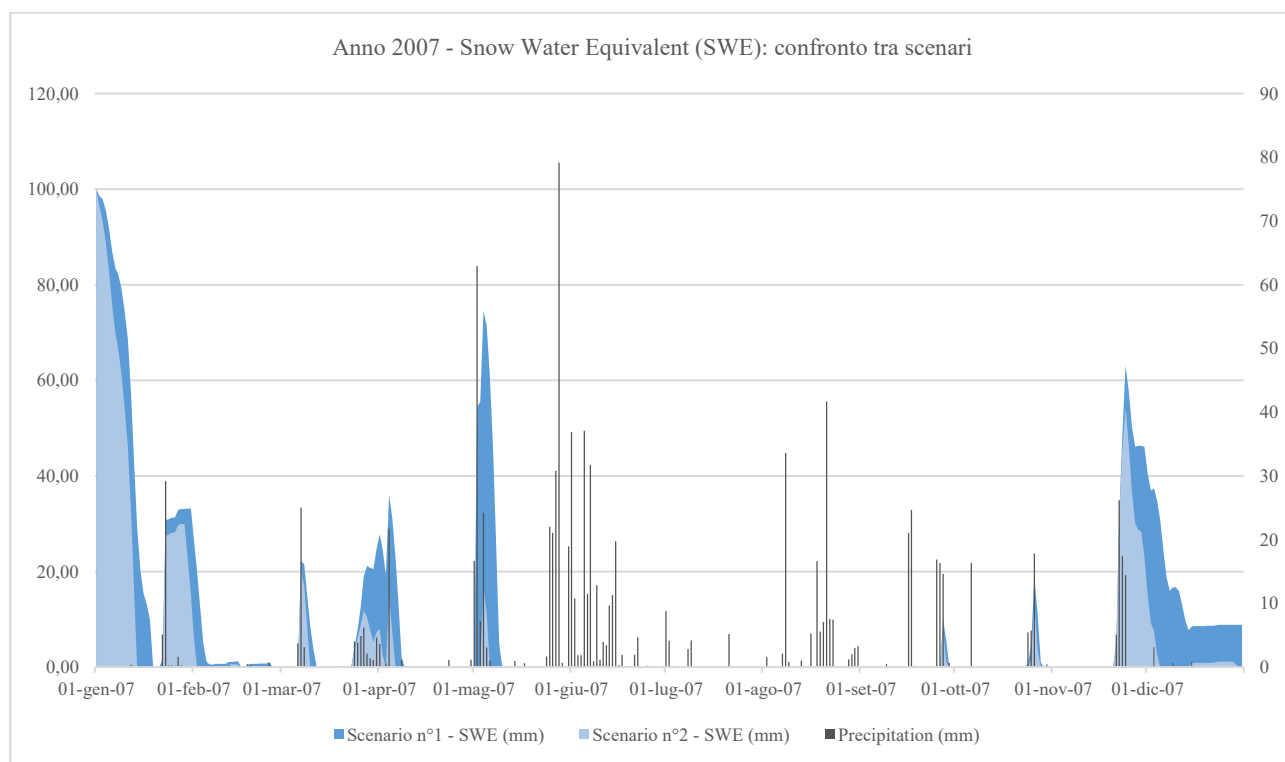


Graf. 47: Anno 2006 - Confronto Snow Water Equivalent (SWE). (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)

Modellazione HEC-HMS – anno 2007

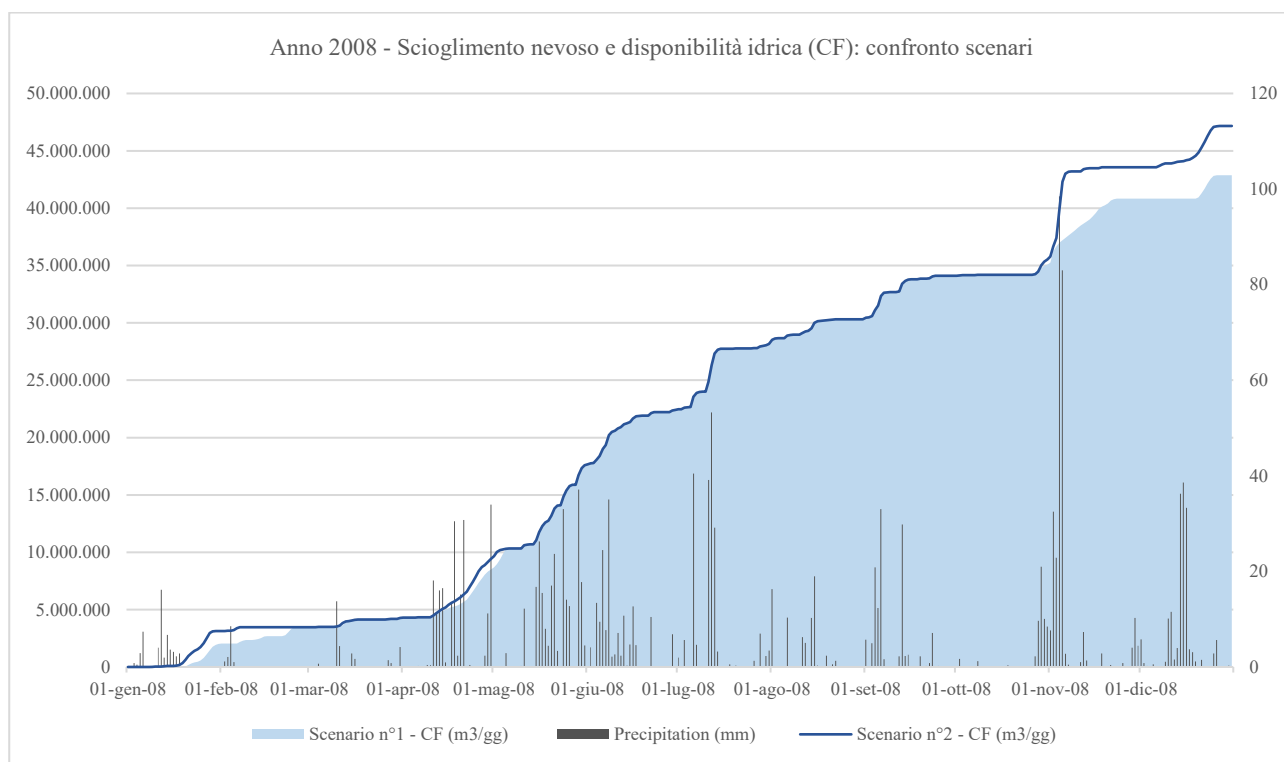


Graf. 48: Anno 2007 - Scioglimento nevoso e disponibilità idrica (CF). (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)

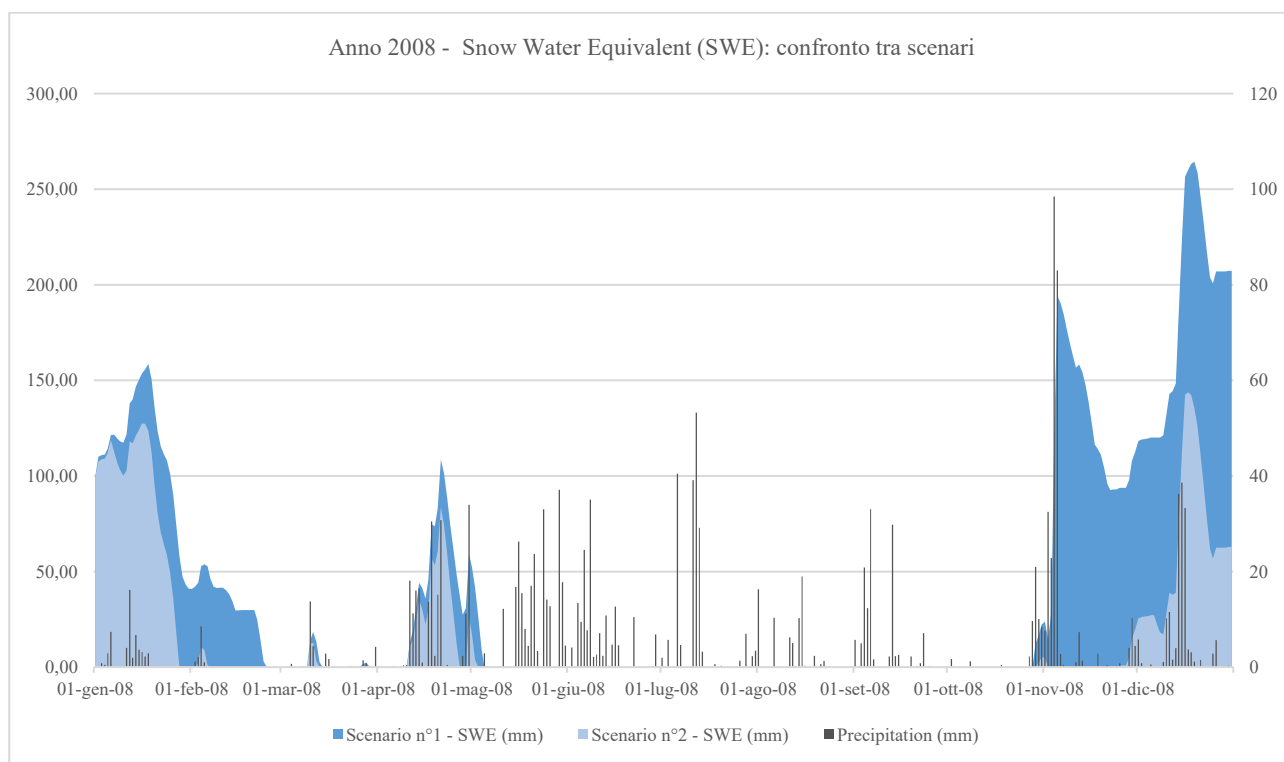


Graf. 49: Anno 2007 - Confronto Snow Water Equivalent (SWE). (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)

Modellazione HEC-HMS – anno 2008

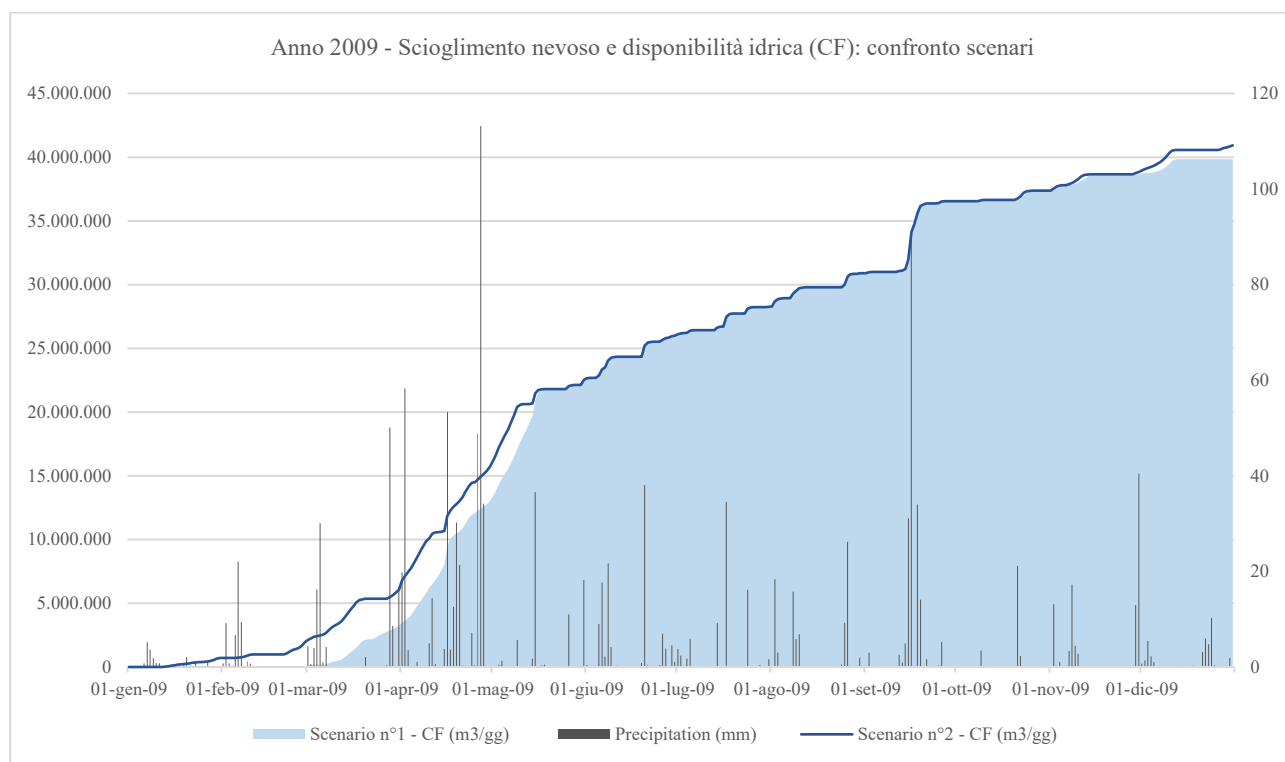


Graf. 50: Anno 2008 - Scioglimento nevoso e disponibilità idrica (CF). (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)

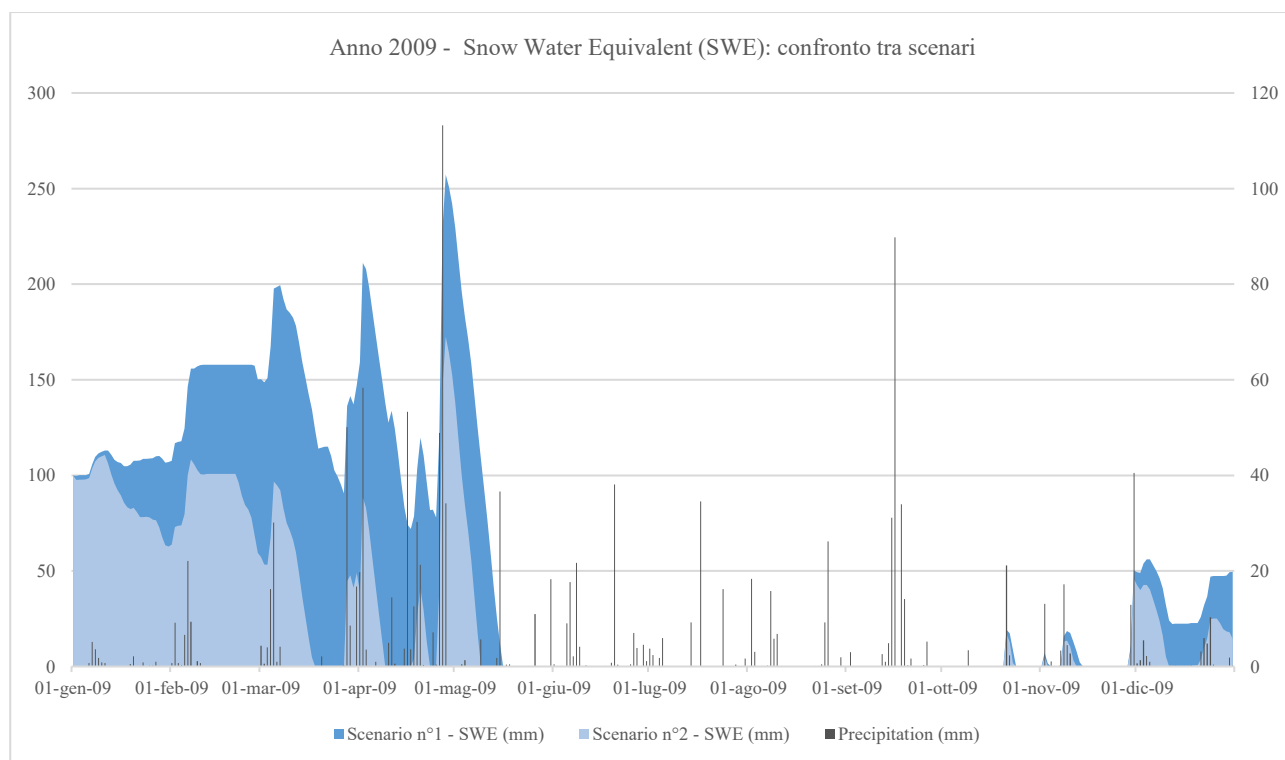


Graf. 51: Anno 2008 - Confronto Snow Water Equivalent (SWE). (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)

Modellazione HEC-HMS – anno 2009



Graf. 52: Anno 2009 - Scioglimento nevoso e disponibilità idrica (CF). (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)



Graf. 53: Anno 2009 - Confronto Snow Water Equivalent (SWE). (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)

18.0.7 Interpretazione dei dati ottenuti

Seppur i grafici mostrano un aumento delle portate cumulate giornaliere dello *scenario n° 2* [**Tm+n**] rispetto allo *scenario n° 1* [**Tm**] caratterizzato da un incremento di *Cumulative Flow (CF)* per la serie annua analizzata, i risultati ottenuti dalla modellazione dello scioglimento nevoso evidenziano successivamente le dinamiche meteorologiche che determinano un aumento degli eventi siccitosi così come previsto per i prossimi decenni a causa dei cambiamenti climatici.

L'aumento del volume d'acqua (**CF**) che scorre superficialmente tra il primo e il secondo scenario è determinato secondo logica dall'incremento della temperatura che causa lo scioglimento degli accumuli di neve non consentendone la nuova formazione. Il modello infatti identifica la quantità di precipitazioni che si trasformano in neve evidenziando che in [**Tm+n**] la formazione di neve risulta essere limitata a determinate altitudini.

In modo intuitivo osservando l'aumento dei valori di *Cumulative Flow (CF)* per lo *scenario n° 2* [**Tm+n**] si potrebbe essere portati a credere che l'aumento della temperatura determina un aumento della disponibilità idrica dell'area. I dati infatti mostrano un aumento delle portate annue in uscita al bacino idrografico. Purtroppo questa osservazione non è corretta: i depositi nevosi, garantiscono l'approvvigionamento idrico soprattutto in aree montane e il loro scioglimento causato dall'aumento delle temperature è il chiaro segno di un andamento climatologico caratterizzato da scarsità idrica.

A parità di quantità di precipitazioni tra i due scenari analizzati, l'aumento della quantità d'acqua che defluisce dalla quota più alta a quella più bassa fino al punto di chiusura del modello, evidenzia che quell'acqua scorre a valle rendendosi indisponibile alle quote elevate. Oltretutto senza un costante rifornimento e accumulo del manto nevoso a monte, ma soprattutto senza la capacità di riformarsi ciclicamente, si determina un aumento dello stress idrico dell'area analizzata nella ricerca.

Questo significa che la compromissione della dinamica meteorologica nevosa dovuta all'aumento di temperatura di 1,5 °C, non permette l'accumulo di manto nevoso in aree montane causando eventi siccitosi. La seconda parte dell'analisi comprende lo studio dei dati dello *Snow Water Equivalent (SWE)*. Se si considera che lo (**SWE**) risulta essere il quantitativo in millimetri d'acqua equivalente allo scioglimento della neve, è possibile affermare che nei grafici le aree in blu e in azzurro rappresentano la quantità di neve modellata negli *scenari n° 1 e n° 2* rispettivamente in [**Tm**] e [**Tm+n**].

In pratica nello *scenario n° 1* [**Tm**] è possibile osservare (aree in blu) un grande accumulo nevoso nei mesi invernali riferiti al primo e al terzo quadrimestre. L'aumento della temperatura nello *scenario n° 2* in [**Tm+n**] evidenzia invece (aree azzurro) una situazione tutt'altro che incoraggiante in quanto

per gli anni 2001, 2002, 2005, 2006, 2007 e 2008, l'accumulo nevoso risulta essere estremamente ridotto rispetto al primo scenario in [Tm] e in alcuni casi quasi pari a zero, dunque anche la disponibilità idrica determinata dallo scioglimento della neve si riduce drasticamente.

Dai grafici dello (SWE) è possibile dunque affermare che la differenza tra le aree generate dal modello per i due scenari analizzati, risulta essere rappresentativo dell'ammanto nevoso che l'aumento di temperatura e l'assenza di precipitazioni causeranno in futuro determinando un decremento della capacità idrica dell'accumulo nevoso che si ridurrà drasticamente nel tempo.

In conclusione l'aumento della temperatura di 1,5 °C previsto entro il 2100 determinerà inizialmente una maggiore disponibilità idrica a valle dell'area analizzata della ricerca, ma sul lungo periodo l'assenza di neve associata a una riduzione delle precipitazioni determinerà uno scenario di carenza idrica. La neve rappresenta quindi la garanzia di un accumulo acqua necessaria ai gestori del servizio idrico per la fornitura di risorse idriche nei vari comparti e usi.

Qui di seguito viene riportata la tabella riassuntiva con i dati ottenuti dalla modellazione e i grafici riguardanti il confronto delle Cumulata flow per i tre scenari considerati.

Anno	Scenari analizzati	Variable Temp (°C)	Variable Prec (mm)	Precipitation (mm)	Loss (mm)	Excess (mm)	Direct Flow (m3/s)	Total Flow (m3/s)	Total flow (m3/gg)	Variazione % (CF)	SWE (mm)	Variazione % (SWE)
2000	Scenario n°1	[Tm]	[Pm]	1.977	76	1.902	663	663	57.257.280		10.720	
	Scenario n°2	[Tm+1,5]	[Pm]	1.977	76	1.994	695	695	60.039.360	4,86%	5.077	-52,64%
2001	Scenario n°1	[Tm]	[Pm]	816	74	847	294	294	25.410.240		9.482	
	Scenario n°2	[Tm+1,5]	[Pm]	816	74	847	294	294	25.410.240	0,00%	5.503	-41,96%
2002	Scenario n°1	[Tm]	[Pm]	1822,18	76	1.742	606	606	52.358.400		12.714	
	Scenario n°2	[Tm+1,5]	[Pm]	1822,18	76	1.856	647	647	55.857.600	6,68%	3.909	-69,26%
2003	Scenario n°1	[Tm]	[Pm]	891,62	73	741	257	257	22.213.440		11.850	
	Scenario n°2	[Tm+1,5]	[Pm]	891,62	73	816	283	283	24.425.280	9,96%	6.985	-41,06%
2004	Scenario n°1	[Tm]	[Pm]	1237,98	75	1.252	435	435	37.566.720		8.786	
	Scenario n°2	[Tm+1,5]	[Pm]	1237,98	75	1.267	440	440	37.998.720	1,15%	5.218	-40,61%
2005	Scenario n°1	[Tm]	[Pm]	901,74	74	933	325	325	28.105.920		2.708	
	Scenario n°2	[Tm+1,5]	[Pm]	901,74	74	935	326	326	28.166.400	0,22%	914	-66,24%
2006	Scenario n°1	[Tm]	[Pm]	1096,12	75	1.132	394	394	34.041.600		7.930	
	Scenario n°2	[Tm+1,5]	[Pm]	1096,12	75	1.132	394	394	34.032.960	-0,03%	2.700	-65,95%
2007	Scenario n°1	[Tm]	[Pm]	1000	74	1.027	357	357	30.879.360		3.251	
	Scenario n°2	[Tm+1,5]	[Pm]	1000	74	1.036	360	360	31.086.720	0,67%	1.704	-47,58%
2008	Scenario n°1	[Tm]	[Pm]	1598,05	75	1.425	496	496	42.871.680		14.973	
	Scenario n°2	[Tm+1,5]	[Pm]	1598,05	75	1.570	546	546	47.165.760	10,02%	5.432	-63,72%
2009	Scenario n°1	[Tm]	[Pm]	1341,02	75	1.326	461	461	39.839.040		19.513	
	Scenario n°2	[Tm+1,5]	[Pm]	1341,02	75	1.361	474	474	40.927.680	2,73%	8.974	-54,01%

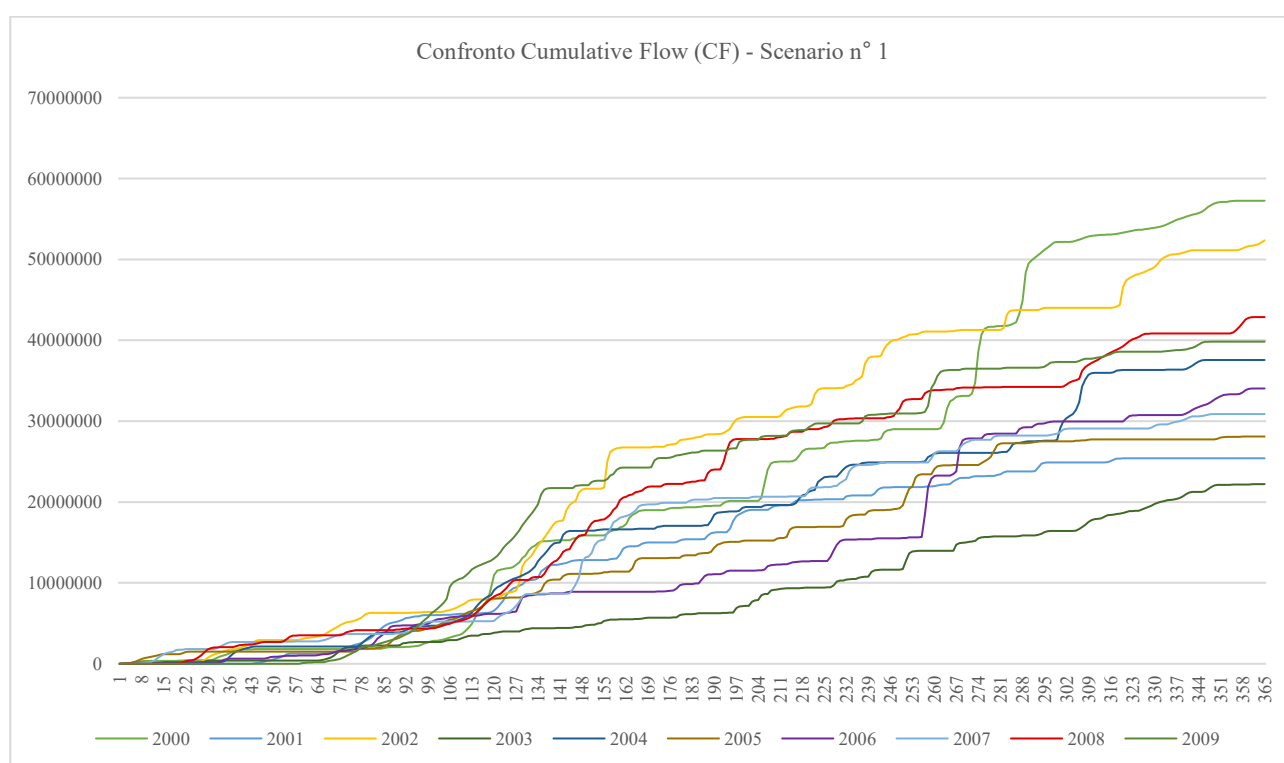
Tab. 59: Tabella riassuntiva dei dati ottenuti suddivisi per anno. (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)

Dalla tabella riassuntiva è possibile effettuare una lettura comparata de valori ottenuti sia per la Cumulative Flow (CF) sia per la Snow Water Equivalent (SWE) suddivisa per gli anni e per gli scenari simulati nel modello. In particolare è possibile osservare nello scenario n° 2 un aumento della (CF) che va dal 4,86% dell'anno 2000 al 10,02% del 2008.

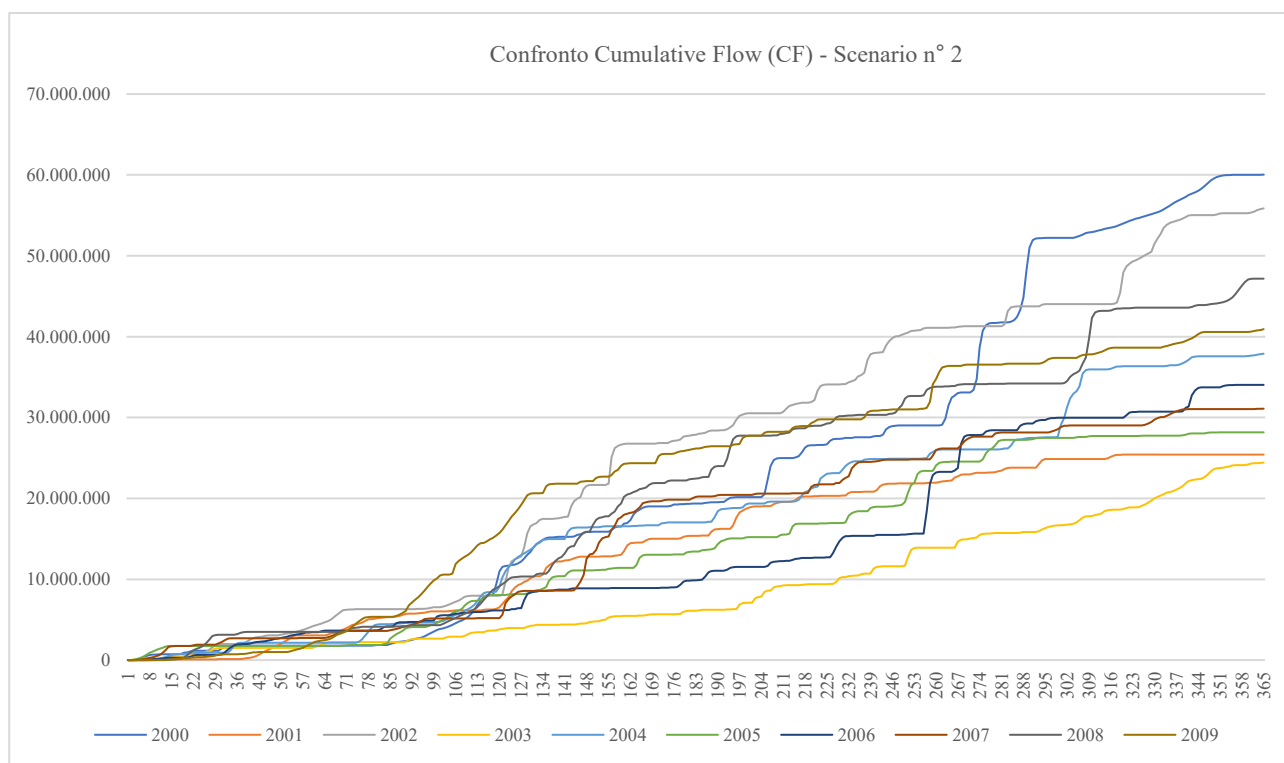
In generale quasi tutti gli anni analizzati presentano per questo scenario un incremento della (CF) anche se in alcuni casi, nonostante l'aumento della temperatura di 1,5 °C si osserva un incremento molto limitato di (CF) come ad esempio gli anni 2001, 2004, 2005 e 2006 con valori quasi identici allo *scenario n°1*.

La variazione percentuale della (SWE) è caratterizzata da un elevato decremento tra lo *scenario n° 1* e il *n° 2* che varia dal -40,61% per l'anno 2004 al -69,26% per l'anno 2002. I dati mettono in evidenza l'influenza che l'aumento di temperatura associata alla riduzione delle precipitazioni ha sulla formazione della neve. Ogni anno considerato nell'analisi presenta in ogni caso un decremento della capacità idrica della neve che si aggira attorno al -40% evidenziando che quella neve fusa è andata a incrementare la *Cumulative Flow (CF)* i cui dati sono stati precedentemente descritti e analizzati.

Dall'osservazione conclusiva dei dati ottenuti dal modello, è possibile affermare l'aumento della temperatura di 1,5 °C, in un primo tempo genera un aumento del volume d'acqua nel sottobacino considerato nella ricerca mentre successivamente impedisce alle nevi di riformarsi secondo il ciclo stagionale determinando così dei periodi siccitosi come da ipotesi esposta nei precedenti paragrafi.



Graf. 54: Confronto tra le curve Cumulative Flow – scenario n° 1. (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)



Graf. 55: Confronto tra le curve Cumulative Flow – scenario n° 2. (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)

Si riportano nella sezione allegati della presente ricerca gli Allegati tecnici riferiti ai reports di modellazione effettuati con software HEC-HMS che sono numerati dal n° 4 al n° 13.

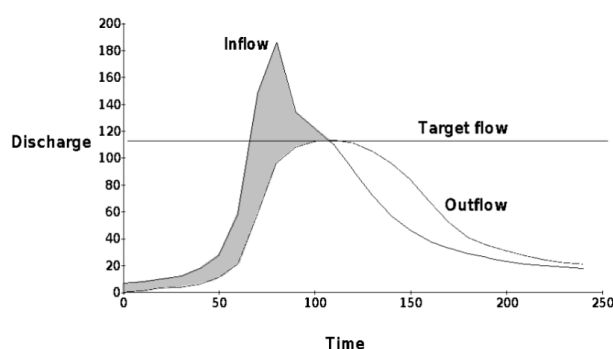
19.0 La modellazione del bacino idrico

Questa ultima parte della ricerca ha l'obiettivo di spiegare come HEC-HMS venga utilizzato per la modellazione di bacini idrici tra cui gli invasi di contenimento e i laghi artificiali. I bacini idrici hanno molteplici usi ad esempio la mitigazione delle inondazioni, l'approvvigionamento idrico, la produzione di energia idroelettrica e l'irrigazione per la produzione agricola.

I bacini idrici hanno inoltre la capacità di modificare l'idrogramma di un corso d'acqua consentendo di immagazzinare l'acqua in ingresso e rilasciarla in tempi e portate diversi attraverso degli scarichi controllati da paratoie mobili e sistemi di valvole che regolano la portata in uscita dall'invaso. (Fonte: HEC-HMS, *Temperature Index Method*, www.hec.usace.army.mil):

Uno degli obiettivi più importanti nella realizzazione e gestione di un bacino idrico artificiale è quello di mitigare gli effetti delle inondazioni a valle trattenendo l'eccesso di acqua, conservandola e rilasciandola a una velocità che non causi dei danneggiamenti. Per ridurre il flusso di picco, il bacino fornisce un accumulo di acqua che viene immagazzinata e scaricata gradualmente.

Come si può osservare nell'immagine sottostante, la struttura immagazzina temporaneamente l'acqua e rilascia una portata attraverso degli scarichi controllati come ad esempio un tubo a immersione, oppure non controllati come ad esempio uno sfioratore a stramazzo di emergenza che ha lo scopo di attivarsi durante un evento di piena proteggendo così l'urbanizzato a valle della diga dalle inondazioni. (Fonte: HEC-HMS, *Reservoir routing and storage method*, www.hec.usace.army.mil):



Graf. 56: Schema di afflusso e deflusso nei bacini idrici. (Fonte: HEC-HMS)

Lo scarico del bacino artificiale può essere costituito da una singola tubazione oppure da condotte separate di varie forme e dimensioni oppure da più collettori che conducono ad un'unica tubazione di

scarico. La velocità di rilascio del bacino attraverso lo scarico e dallo sfioratore dipende dalla loro forma e dalle sue caratteristiche geometriche.

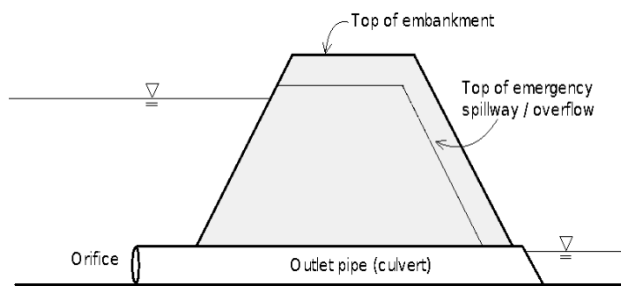


Fig. 143: Schema di funzionamento di un invaso. (Fonte: HEC-HMS)

La calibrazione del modello è stata effettuata attraverso la definizione di tre parametri principali che sono: la portata in ingresso all'invaso [Q_{in}] che è stata calcolata attraverso la modellazione della risposta al deflusso superficiale del bacino idrografico del torrente Ingagna i cui risultati sono stati esposti nei paragrafi precedenti, la capacità di accumulo dell'invaso [Strg] che è definita da una funzione quota-stoccaggio e infine dalla portata in uscita dal sistema [Q_{out}] che è stata ricavata dal gestore del servizio idrico. I dati di [Q_{in}], Storage e [Q_{out}] sono riportati nei paragrafi seguenti.



Fig. 144 x: Schema di funzionamento del sistema idrico. (Fonte: Elaborazione propria)

19.0.1 La portata in ingresso [Q_{in}]

Come anticipato nel paragrafo precedente la portata in ingresso [Q_{in}] è stata ottenuta dalla modellazione idrologica del bacino idrografico sotteso all'invaso. Grazie alla funzione *Temperature Index* è stato possibile confrontare i valori di ingresso al modello delle precipitazioni e temperatura valutando un incremento di quest'ultima di 1,5 °C simulando l'effetto dei cambiamenti climatici e dunque dello scioglimento dell'accumulo nevoso.

Qui di seguito viene riportata struttura del modello che mostra il collegamento *virtuale* tra il bacino idrografico e l'invaso attraverso la funzione *Downstream*. Questa funzione ordina al modello di indirizzare la portata generata dalle precipitazioni e dallo scioglimento nevoso [Q_{in}] all'interno della infrastruttura di contenimento [Strg].

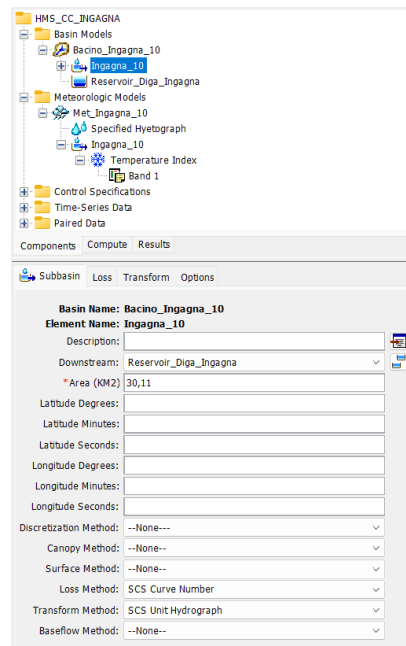


Fig x: Struttura del modello HEC-HMS. (Fonte: HEC-HMS)

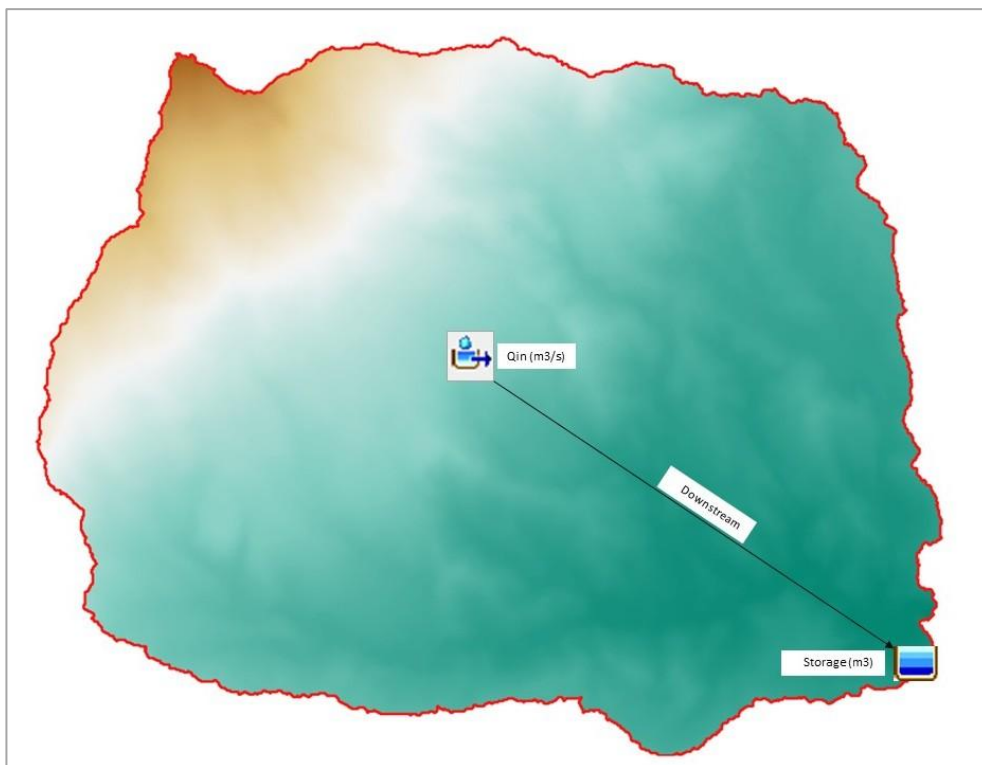
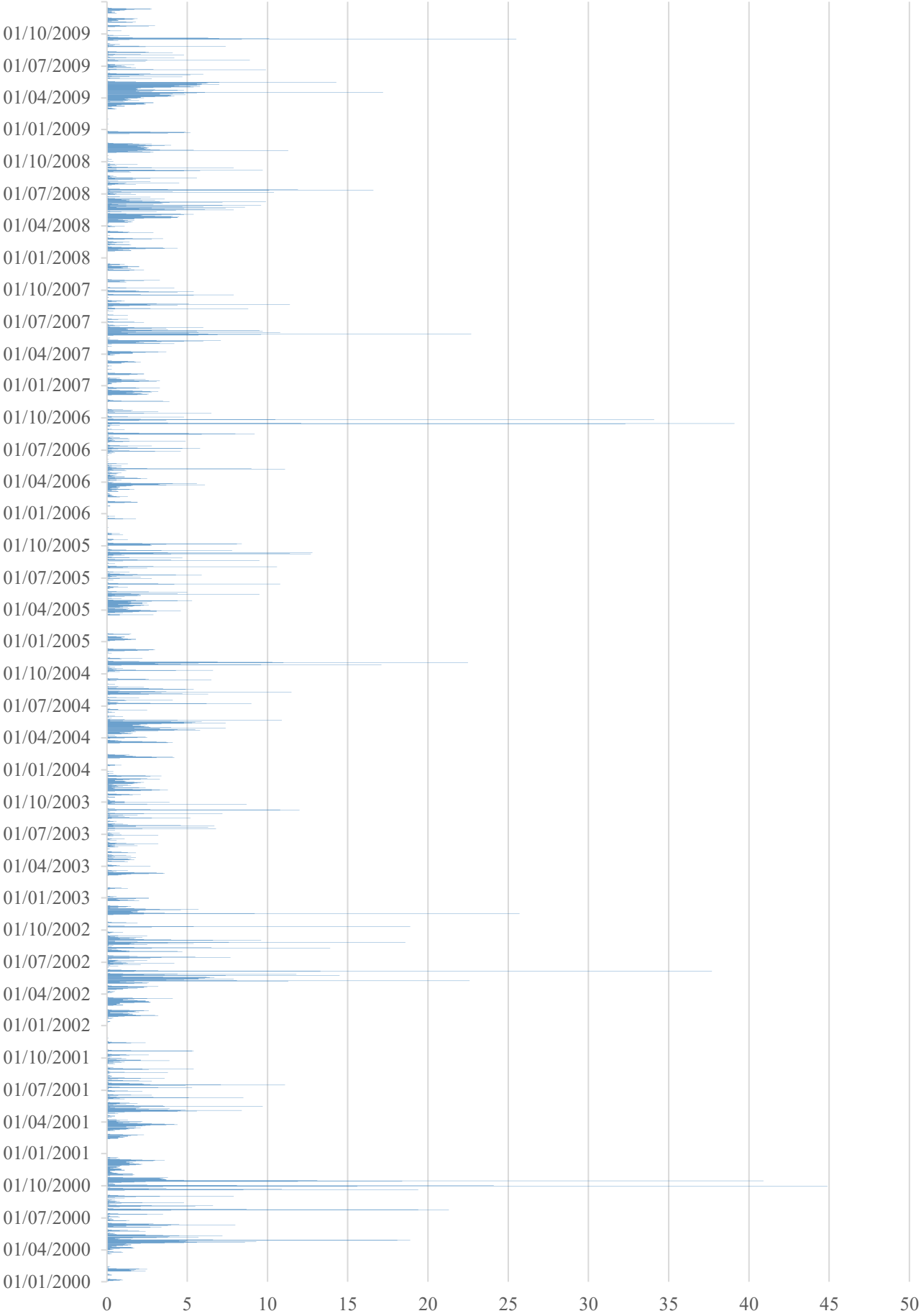


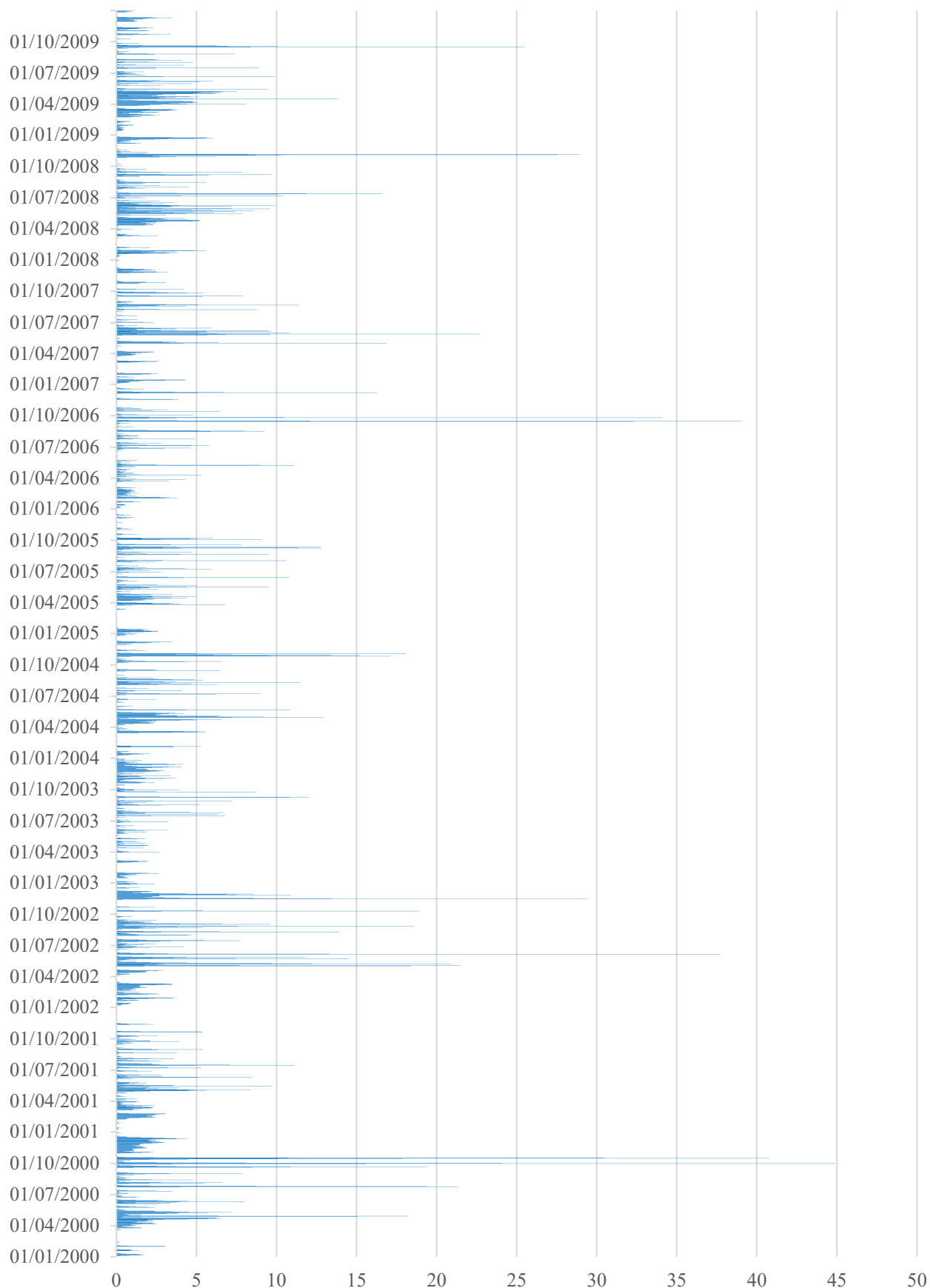
Fig x: Riferimento territoriale del sistema idrico. (Fonte: HEC-HMS)

Successivamente è stato riportato il grafico delle portate in ingresso all'invaso per la serie temporale considerata nel modello dall'anno 2000 al 2009. Per la modellazione del bacino idrico sono state riportate sia le portate ricavate dallo *scenario n° 1* e *n° 2* come da precedenti paragrafi.

Scenario n° 1 [Tm] - Portata in ingresso Qin (m³/s)



Scenario n° 2 [Tm+1,5°C] - Portata in ingresso Qin (m³/s)



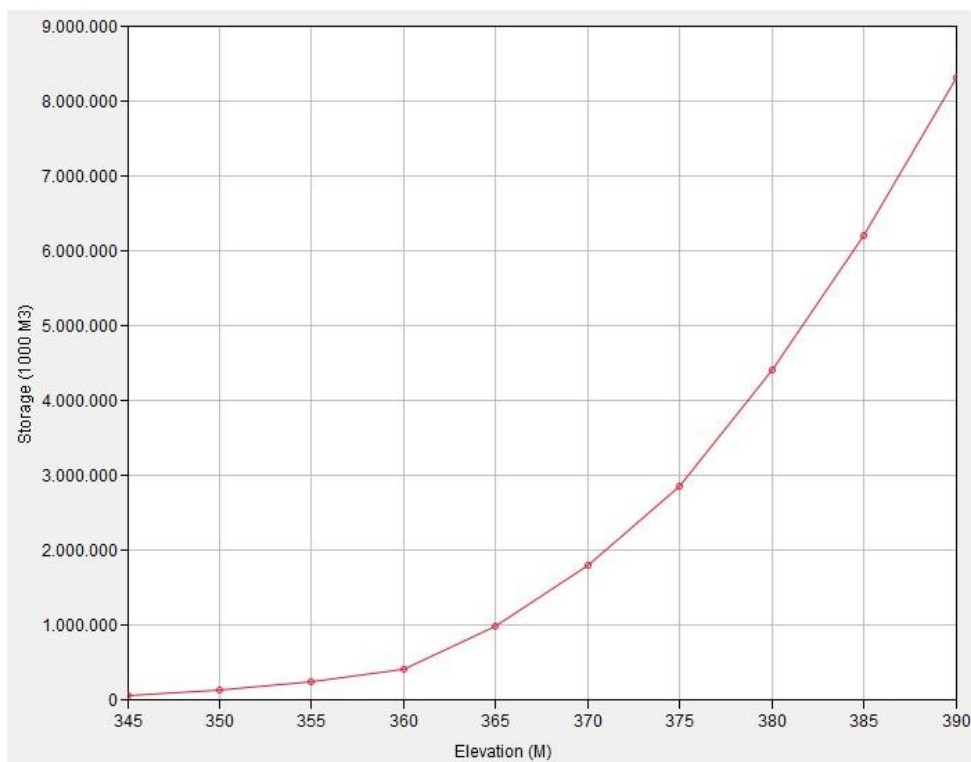
19.0.2 Il modello di routing e i principi dello stoccaggio idrico [Strg]

Per modellare lo stoccaggio idrico all'interno del serbatoio, viene calcolata la relazione che intercorre tra l'accumulo, l'afflusso e il deflusso idrico attraverso l'interpolazione tra le variabili di portata in ingresso [Q_{in}], quota, stoccaggio e rilascio [Q_{out}]. Nel caso del bacino idrografico sotteso al torrente Ingagna è stato utilizzato il metodo di routing a rilascio specificato (*Specified Release*).

Il metodo di routing selezionato permette di modellare i serbatoi la cui portata [Q_{out}] istantanea è nota per ogni intervallo di tempo di una simulazione. Solitamente questo metodo viene utilizzato quando la portata è specificata da un processo decisionale esterno e definito ad esempio dal gestore del servizio idrico. Il metodo proposto può essere quindi utilizzato per preservare lo stoccaggio idrico specificandone il rilascio. Il metodo utilizza i dati di portata istantanea in uscita dall'invaso per calcolare il volume idrico accumulato, in relazione alle piogge. (Fonte: HEC-HMS, *Reservoir routing and storage method*, www.hec.usace.army.mil).

Nel caso studio analizzato la portata in uscita dall'invaso è comprensiva dell'uso potabile, irriguo, idroelettrico e del Deflusso Minimo Vitale (DMV). Nel caso studio seppur sia presente non è stato considerata l'attivazione dello sfioratore di piena.

Una volta selezionato il metodo di routing (*Specified Release*), è necessario associare il metodo di stoccaggio (*Storage Method*) adeguato che definisce la relazione che intercorre tra ritenzione e scarico attraverso diverse alternative che determinano altrettante combinazioni di quota, stoccaggio, area e scarico. Nella modellazione proposta è stato utilizzato il metodo quota-accumulo (*Elevation-Storage*) che necessita l'inserimento all'interno del modello della relazione tra la quota dell'invaso e il volume d'acqua stoccato specificando la quota iniziale. La funzione abbinata ai due parametri deve essere fornita dal gestore. (Fonte: HEC-HMS, *Reservoir routing and storage method*, www.hec.usace.army.mil):



Graf. 57: Grafico della funzione quota-stoccaggio. (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)

Quota	Storage (m ³)
345	50.000
350	120.000
355	230.000
360	400.000
365	980.000
370	1.780.000
375	2.850.000
380	4.400.000
385	6.200.000
390	8.300.000

Tab. 60: Rapporto tra la quota e lo stoccaggio. (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)

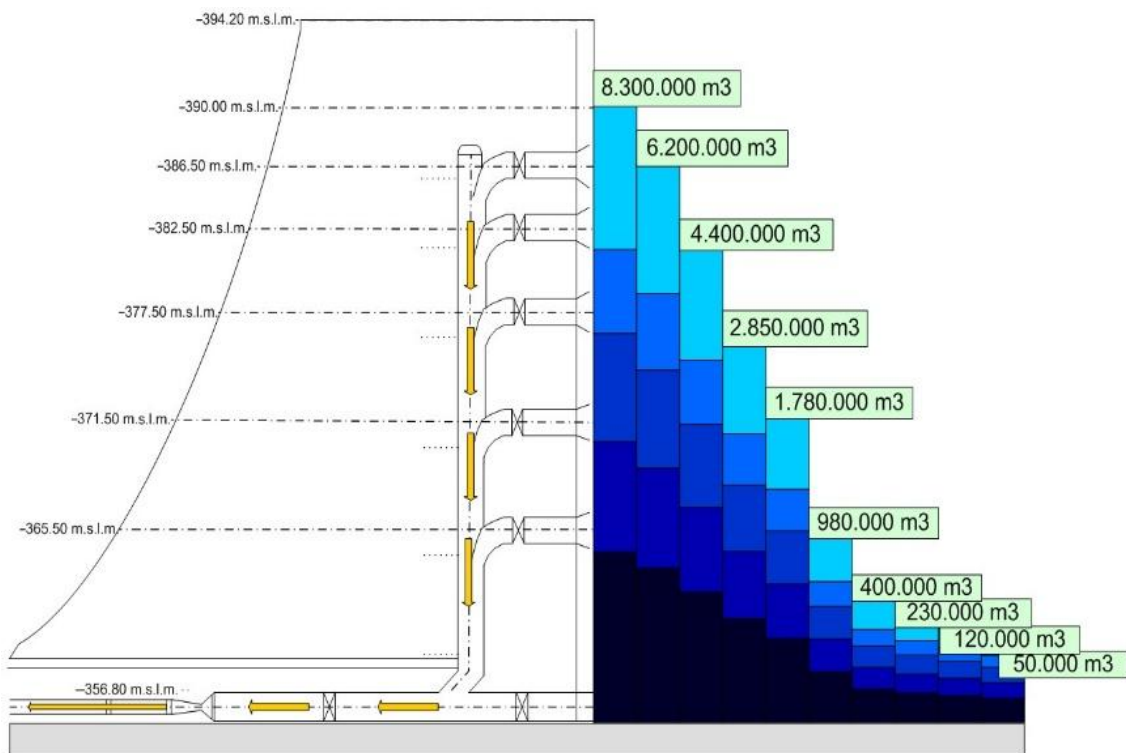


Fig. 145: Sezione dell'invaso: rapporto tra la quota e lo stoccaggio. (Fonte: Elaborazione propria)

Qui di seguito vengono specificati i parametri inseriti in HEC-HMS per poter modellare il bacino idrico in base alla portata in ingresso [Q_{in}], quota, stoccaggio, deflusso [Q_{out}]: (Fonte: HEC-HMS, *Reservoir routing and storage method*, www.hec.usace.army.mil).

- 1) *Method*: si tratta di impostare il metodo di routing adeguato che in base alla tipologia di modellazione di invaso proposto. In questo caso visto che i valori di portata [Q_{out}] sono noti è stato selezionato il metodo *Specified Release*;
- 2) *Storage Method*: questo parametro permette di impostare la relazione che intercorre tra la quota dell'invaso e il volume accumulato. Nel caso studio proposto è stato impostato come *Elevation-Storage*. Una volta completato il routing il modello calcola la quota dell'invaso e lo stoccaggio idrico per ogni intervallo di tempo;
- 3) *Elevation-Storage Function*: questa voce permette di inserire i dati che correlano la quota idrica con il volume invasato definendo una curva di accumulo;
- 4) *Initial condition*: si tratta del parametro iniziale necessario alla modellazione. Solitamente si considera un volume di accumulo iniziale pari a 7.000.000 m³ definendo la condizione di partenza impostando la quantità di stoccaggio nell'invaso.
- 5) *Discharge Gage*: all'interno di questo campo viene inserita la tabella con i consumi in uscita dall'invaso [Q_{out}] espressi in m³/s. La portata misurata presenta una serie temporale intesa

come deflusso in uscita dal bacino che viene registrata per ogni intervallo di tempo della simulazione;

- 6) *Max Release*: l'impostazione del rilascio massimo è facoltativa e permette al modello di informare l'utente se il rilascio specificato supera il valore impostato;
- 7) *Max Capacity*: questo dato è necessario nel caso ci sia la necessità di modellare uno sfioratore di piena a stramazzo, risultando essere una informazione facoltativa.

The screenshot shows the 'Options' tab for a 'Reservoir' element. The 'Basin Name' is 'Bacino_Ingagna_10' and the 'Element Name' is 'Reservoir_Diga_Ingagna'. The 'Description' field is empty. The 'Downstream' dropdown is set to '--None--'. The 'Method' dropdown is set to 'Specified Release'. The 'Storage Method' dropdown is set to 'Elevation-Storage'. The '*Elev-Stor Function' dropdown is set to 'ESF'. The 'Initial Condition' dropdown is set to 'Storage'. The '*Initial Storage (1000 M3)' is set to '7000000'. The '*Discharge Gage' dropdown is set to 'Discharge_gage_scarico'. The 'Max Release (M3/S)' field is empty. The 'Max Capacity (1000 M3)' is set to '8300000'.

Basin Name:	Bacino_Ingagna_10
Element Name:	Reservoir_Diga_Ingagna
Description:	
Downstream:	--None--
Method:	Specified Release
Storage Method:	Elevation-Storage
*Elev-Stor Function:	ESF
Initial Condition:	Storage
*Initial Storage (1000 M3)	7000000
*Discharge Gage:	Discharge_gage_scarico
Max Release (M3/S)	
Max Capacity (1000 M3)	8300000

Fig. 146: Selezione del Routing Method. (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)

19.0.3 La portata in uscita [Q_{out}]

La funzione per la valutazione del deflusso mette in relazione l'altezza della superficie dell'acqua del bacino tale per cui quando lo scarico è completamente sommerso la portata in uscita [Q_{out}] può essere calcolata con la seguente equazione:

$$Q_{out} = K * A * \sqrt{2gH}$$

Dove:

Q_{out} : Portata in uscita dall'invaso;

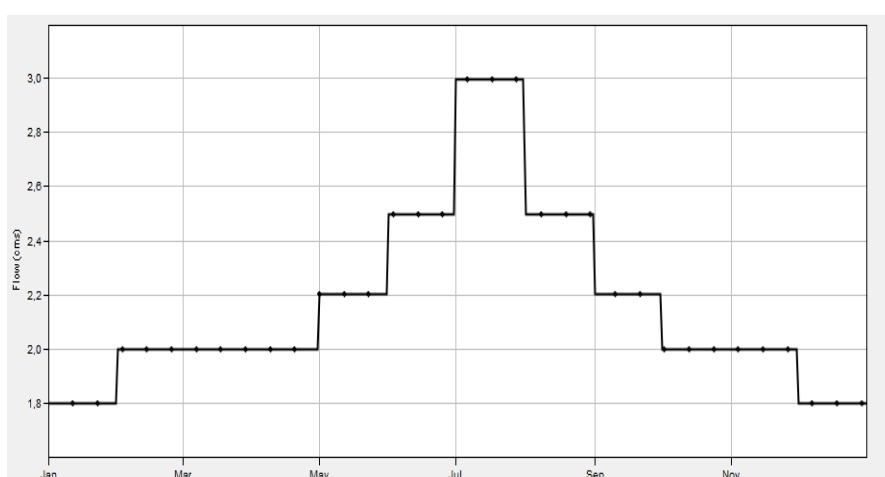
K : coefficiente di portata dimensionale che dipende dalla configurazione geometrica dello scarico;

A : area della sezione dello scarico;

H : carico energetico totale dello scarico;

g : costante gravitazionale.

In base a questa premessa è stata specificata la portata di deflusso in uscita dall'invaso che è riportata nella figura sottostante ed espressa in m^3/s . La portata del deflusso [Q_{out}] inserita nel modello risulta essere identica per ogni anno considerato nell'analisi, per la serie storica che va dal 2000 al 2009 e va da un minimo di $1,8 m^3/s$ a $3 m^3/s$ presentando un incremento durante il periodo estivo dovuto a un maggiore consumo necessario per la produzione agricola.



Graf. 58: Grafico della portata in uscita dall'invaso (Q_{out}). (Fonte: Elaborazione HEC-HMS)

Si specifica che è stato inserito il valore di portata istantanea che corrisponde alla quantità di fluido che scorre attraverso una sezione per unità di tempo in un determinato istante e risulta la misurazione in tempo reale del flusso. Infine si osserva che l'acqua invasata viene utilizzata per l'uso potabile, irriguo e idroelettrico. Dalla figura sottostante si evince che l'uso potabile è garantito per tutta la durata dell'anno mentre, quello idroelettrico avviene nel primo e nel terzo trimestre, il periodo estivo invece è caratterizzato dall'uso irriguo che è caratterizzato da un consumo maggiore.

Mese	[Q _{out}] (m ³ /s)	Uso potabile	Uso irriguo	Uso idroelettrico
Gennaio	1,8	x		x
Febbraio	2	x		x
Marzo	2	x		x
Aprile	2	x	x	
Maggio	2,2	x	x	
Giugno	2,5	x	x	
Luglio	3	x	x	
Agosto	2,5	x	x	
Settembre	2,2	x		x
Ottobre	2	x		x
Novembre	2	x		x
Dicembre	1,8	x		x

Tab. 61: Tabella riassuntiva dei dati di Q_{out}. (Fonte: Elaborazione propria)

19.0.4 Risultati ottenuti e interpretazione dei dati

I risultati ottenuti dalla modellazione del bacino idrico ubicato sul torrente Ingagna in Comune di Mongrando mette in evidenza la relazione che intercorre tra la capacità di accumulo dell'invaso [Strg] la portata in ingresso [Q_{in}] e la portata in uscita [Q_{out}] per i due scenari definiti dallo scioglimento delle precipitazioni nevose ottenute precedentemente con software HEC-HMS grazie alla funzione *Temperature Index*, in base ai dati medi annui di temperatura [T_m] e all'innalzamento di 1,5 °C in [T_m+1,5°C] per simulare gli effetti del cambiamento climatico per la serie annua 2000-2009.

Qui di seguito viene riportato un esempio di tabella riassuntiva con i dati di output comprensivi delle portate in ingresso [Q_{in}], dell'accumulo (Storage) e delle portate in uscita [Q_{out}] sia per lo *scenario n° 1* [T_m] sia per lo *scenario n° 2* [T_m+1,5°C] la tabella include anche i dati di *Elevation* dell'invaso,

ovvero della altezza altimetrica dell'acqua contenuta nel bacino idrico. Per l'interpretazione dei dati ottenuti si è proceduto con tre livelli di approfondimento suddivisi per fasi.

Anno	Data	Scenario n° 1 Qin (m3/sec)	Scenario n° 1 Storage (m3)	Scenario n° 1 Elevation (m)	Scenario n° 2 Qin (m3/sec)	Scenario n° 2 Storage (m3)	Scenario n° 2 Elevation (m)	Qout (m3/sec)
2000	01-gen-00	0	7000000	386,9	0	7000000	386,9	1,8
2000	02-gen-00	0	6999844,5	386,9	0	6999844,6	386,9	1,8
2000	03-gen-00	0,1	6999691,8	386,9	0,3	6999700,5	386,9	1,8
2000	04-gen-00	0,4	6999555,6	386,9	0,8	6999591,9	386,9	1,8
2000	05-gen-00	0,8	6999452,4	386,9	1,5	6999534,8	386,9	1,8
2000	06-gen-00	1	6999377,9	386,9	1,7	6999517	386,9	1,8
2000	07-gen-00	0,9	6999307,7	386,9	1,6	6999505,8	386,9	1,8
2000	08-gen-00	0,6	6999218,9	386,9	1,3	6999473,8	386,9	1,8
2000	09-gen-00	0,2	6999096,5	386,9	0,6	6999398,8	386,9	1,8
2000	10-gen-00	0	6998948,8	386,9	0,3	6999281,9	386,9	1,8
2000	11-gen-00	0	6998794,6	386,9	0,1	6999144,2	386,9	1,8
2000	12-gen-00	0	6998639,3	386,9	0	6998995,6	386,9	1,8
2000	13-gen-00	0	6998483,8	386,9	0	6998841,6	386,9	1,8
2000	14-gen-00	0	6998328,2	386,9	0	6998686,3	386,9	1,8
2000	15-gen-00	0	6998172,7	386,9	0	6998530,8	386,9	1,8
2000	16-gen-00	0	6998017,2	386,9	0	6998375,3	386,9	1,8
2000	17-gen-00	0	6997861,7	386,9	0	6998219,8	386,9	1,8
2000	18-gen-00	0	6997706,2	386,9	0,8	6998098,6	386,9	1,8
2000	19-gen-00	0,3	6997563,7	386,9	1,4	6998037,7	386,9	1,8
2000	20-gen-00	0,1	6997426,3	386,9	0,9	6997979,3	386,9	1,8
2000	21-gen-00	0,3	6997288,2	386,9	1	6997903,2	386,9	1,8
2000	22-gen-00	0,2	6997155,7	386,9	0,9	6997830,1	386,9	1,8
2000	23-gen-00	0,1	6997013,4	386,9	0,2	6997724,4	386,9	1,8
2000	24-gen-00	0	6996861	386,9	0	6997581	386,9	1,8
2000	25-gen-00	0	6996706,1	386,9	0	6997427,7	386,9	1,8
2000	26-gen-00	0	6996550,7	386,9	0	6997272,5	386,9	1,8
2000	27-gen-00	0	6996395,1	386,9	0	6997117	386,9	1,8
2000	28-gen-00	0	6996239,6	386,9	0	6996961,5	386,9	1,8

Tab. 62: Tabella riassuntiva dei dati di output (Fonte: HEC-HMS)

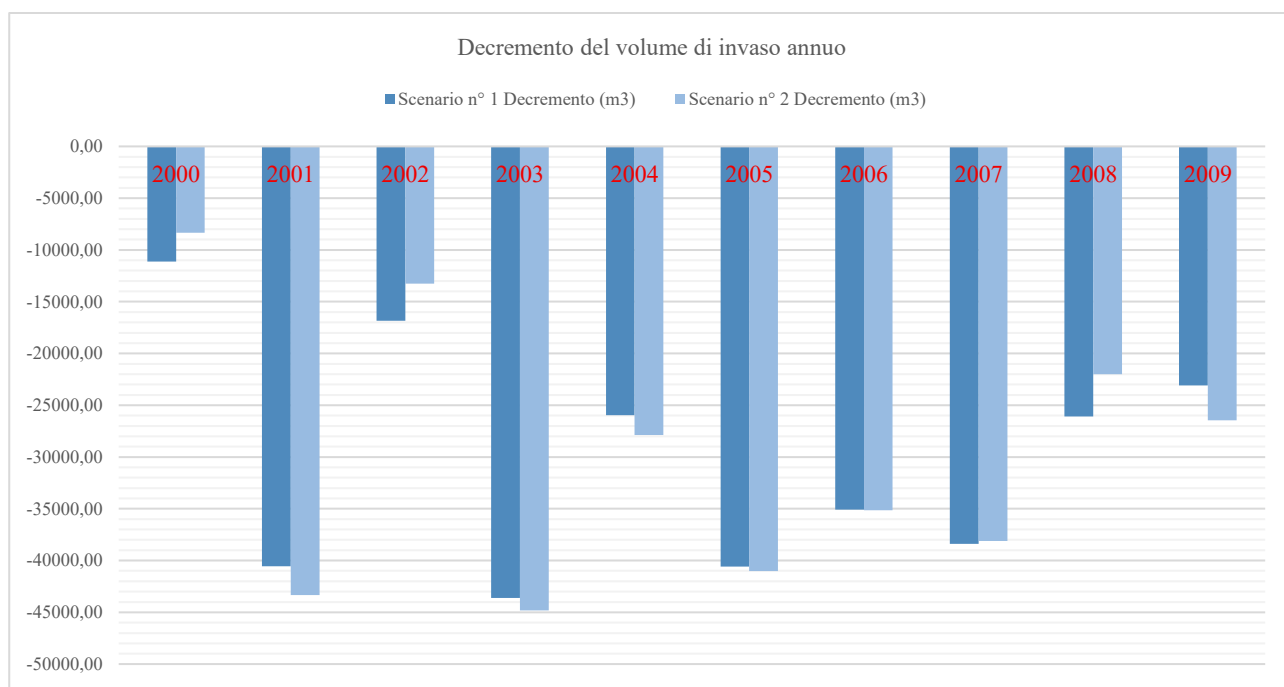
Fase n° 1: confronto della dinamica di accumulo tra gli scenari n° 1 e n° 2:

Il confronto tra i due scenari mette in evidenza nei grafici sottostanti la correlazione che intercorre tra lo scioglimento nevoso e la capacità di accumulo dell'invaso. Dai dati emerge che nello *scenario n° 2*, che prevede l'innalzamento della temperatura di 1,5 °C [**Tm+1,5°C**], l'accumulo del volume d'acqua nel bacino idrico risulta essere aumentato nei periodi freddi ovvero da gennaio ad aprile e da ottobre a dicembre, proprio perché lo scioglimento del manto nevoso determina un aumento di afflusso d'acqua allo sbarramento che trattiene il deflusso in arrivo.

Si evidenzia un elevato incremento dell'accumulo idrico nell'invaso nell'anno 2004 e nell'anno 2009 mentre per gli anni 2001, 2005, 2006, 2007 il quantitativo d'acqua accumulato risulta essere praticamente identico tra lo *scenario n° 1* e *n° 2*. In questo caso è possibile affermare che nonostante lo scioglimento delle nevi, che dovrebbe garantire un maggiore volume stoccato nell'invaso, la quantità d'acqua disponibile negli anni considerati risulta essere invariata.

Fase n° 2: andamento annuale delle curve annuali di invasio:

L'osservazione dell'andamento delle curve di invasio ha messo in evidenza che per ogni serie analizzata al giorno 31 dicembre il volume stoccato risulta essere inferiore del volume stoccato al giorno 01 gennaio dello stesso anno. Questo significa che l'andamento della curva di invasio dal primo all'ultimo giorno di ogni anno risulta essere sempre in decremento sia per lo *scenario n° 1* [**Tm**] che per lo *scenario n° 2* [**Tm+1,5°C**].

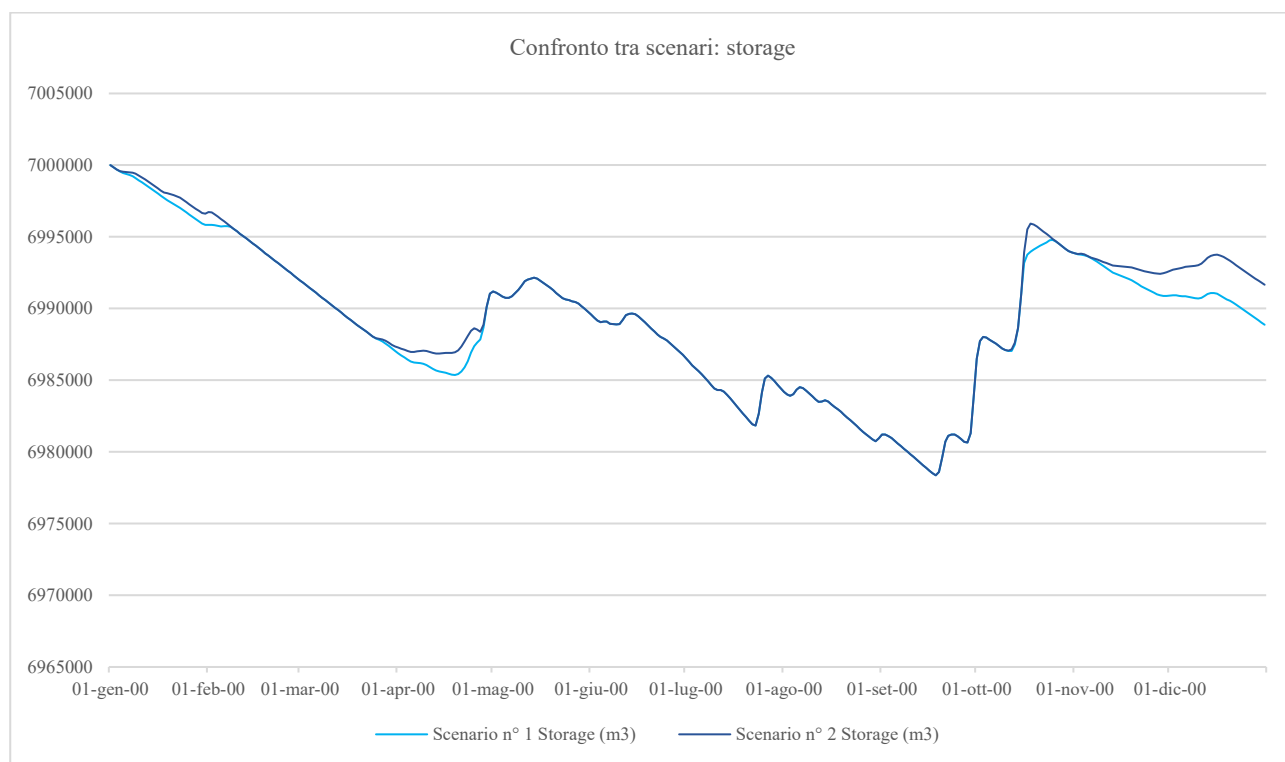


Graf. 59: Grafico del decremento del volume di invaso annuo. (Fonte: HEC-HMS)

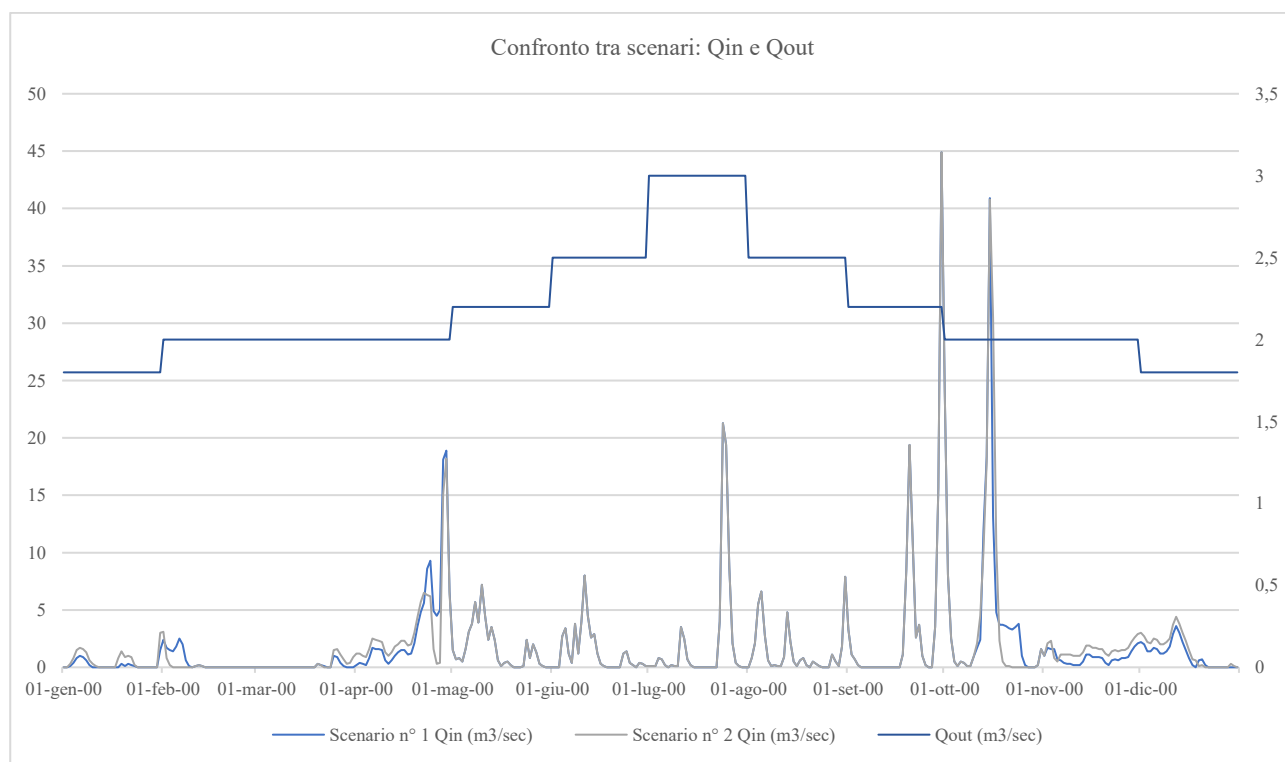
Il grafico evidenzia che gli anni in cui l’invaso “perde” il maggior quantitativo d’acqua sono il 2001, 2003, 2005 e 2007 sia per lo *scenario n° 1* che per il *n° 2*. In alcuni casi è possibile osservare che il decremento del volume di invaso risulta essere maggiore per lo *scenario n° 2* come ad esempio per gli anni 2001, 2003, 2004, 2005 e 2009.

Dall’analisi dei dati è possibile affermare che nonostante lo scioglimento della neve dovuto dall’aumento della temperatura di 1,5 °C, la portata in uscita dall’invaso determina un consumo che non permette un vantaggioso accumulo d’acqua nei periodi invernali. Questa dinamica è confermata dal decremento della quantità di risorse idriche invase per ogni anno considerato nel modello.

Modellazione bacino idrico HEC-HMS – anno 2000

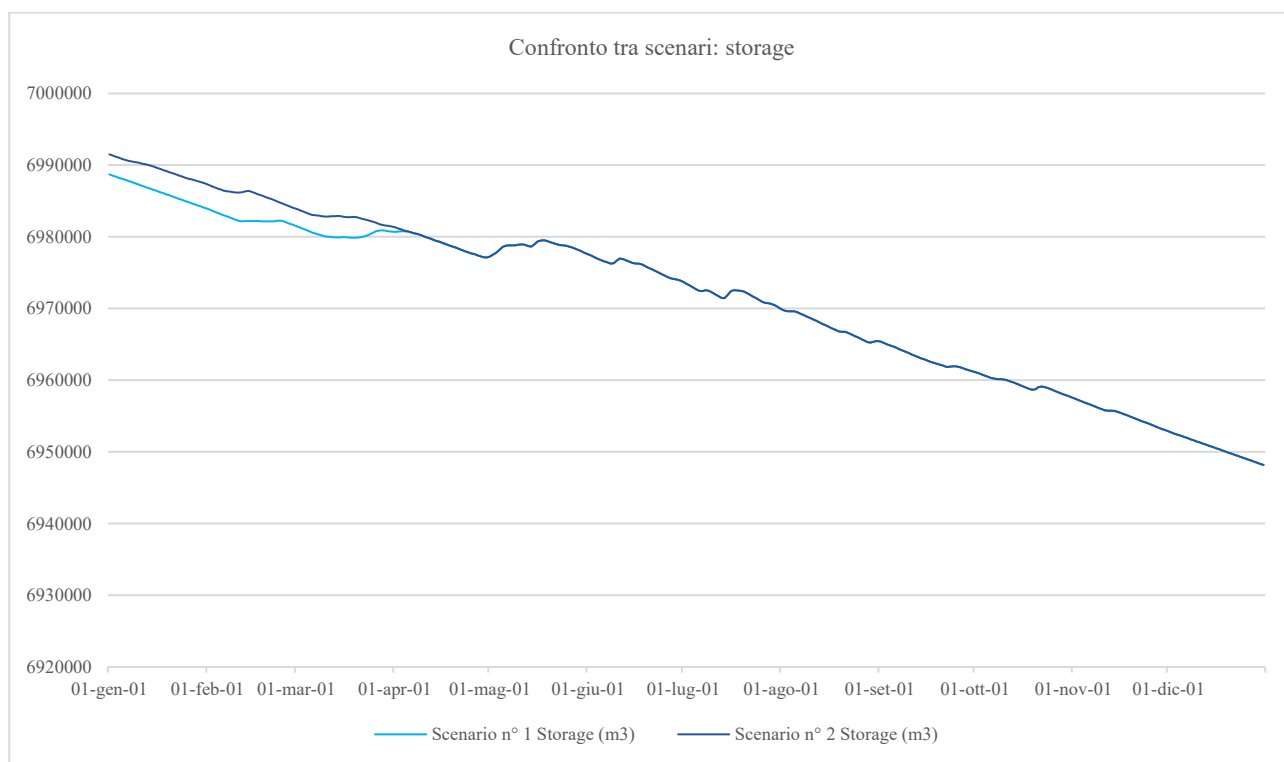


Graf. 60: Anno 2000 – Confronto delle curve di invaso tra scenari. (Fonte: HEC-HMS)

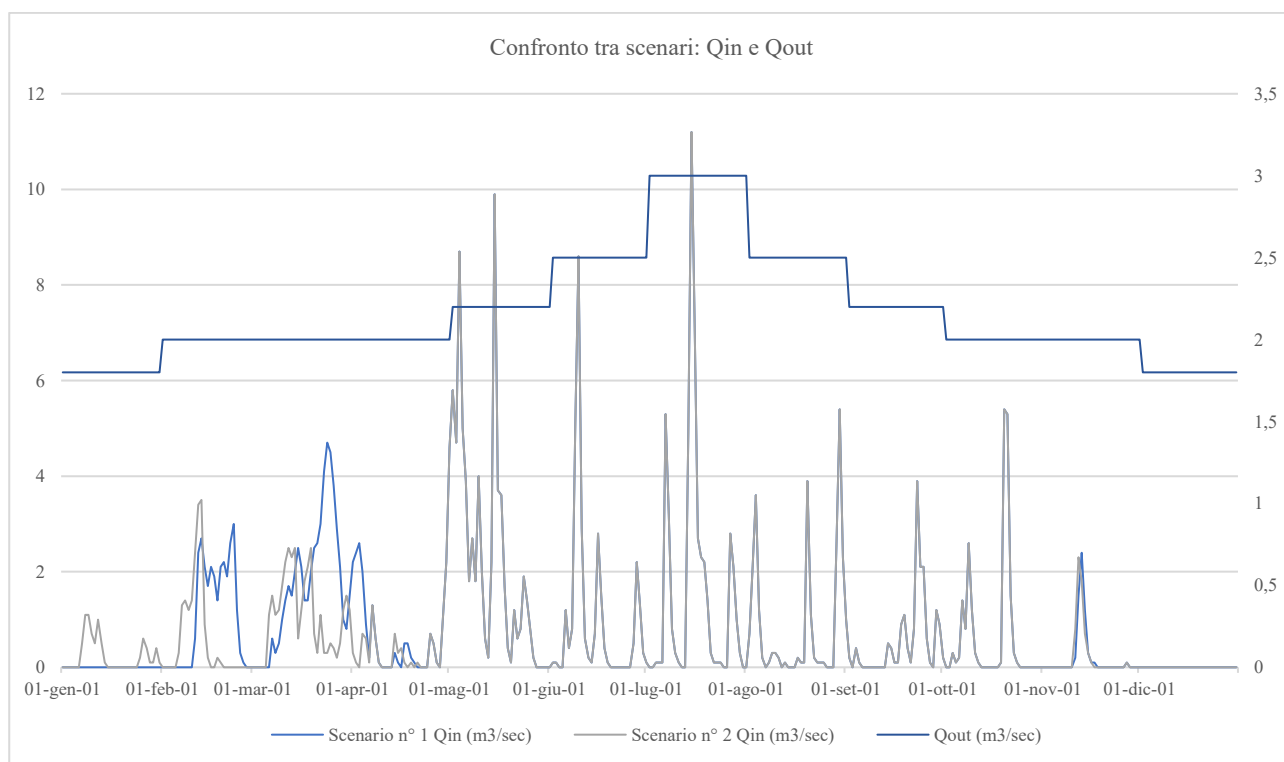


Graf. 61: Anno 2000 – Confronto delle portate Qin e Qout tra scenari. (Fonte: HEC-HMS)

Modellazione bacino idrico HEC-HMS – anno 2001

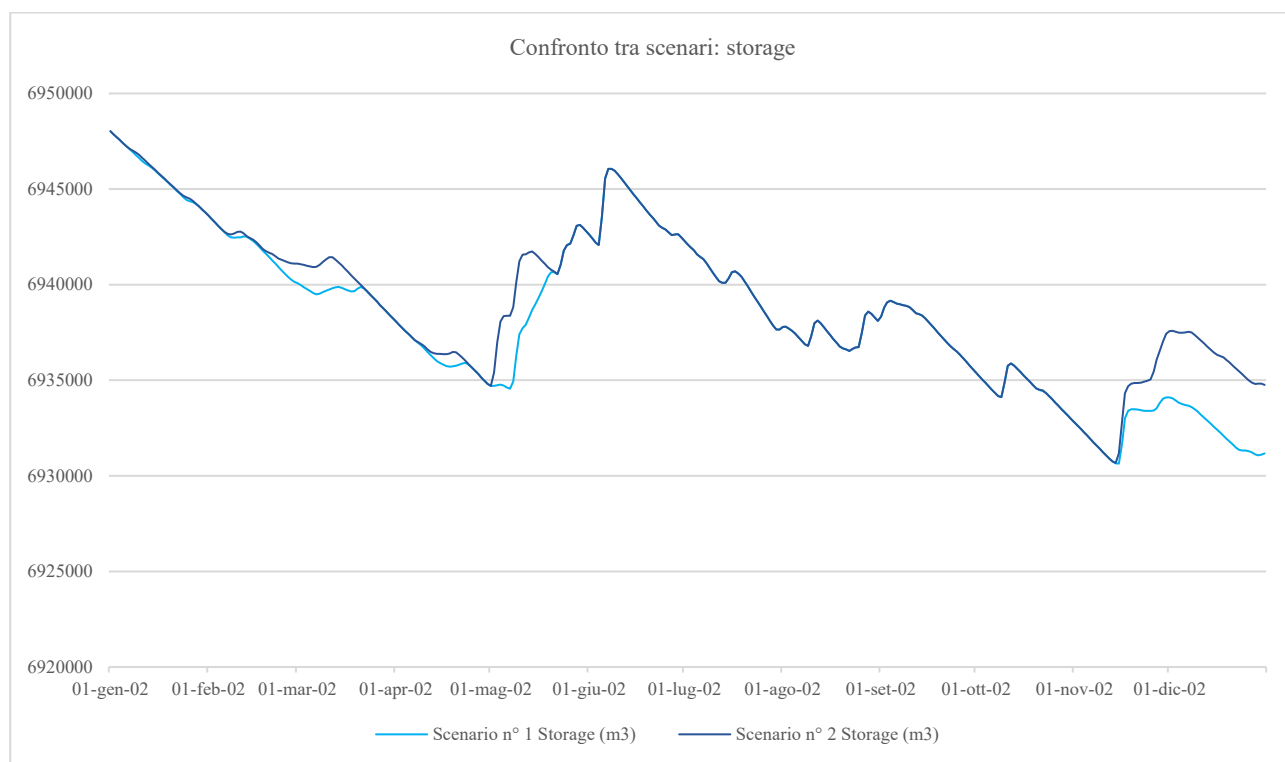


Graf. 62: Anno 2001 – Confronto delle curve di invaso tra scenari. (Fonte: HEC-HMS)

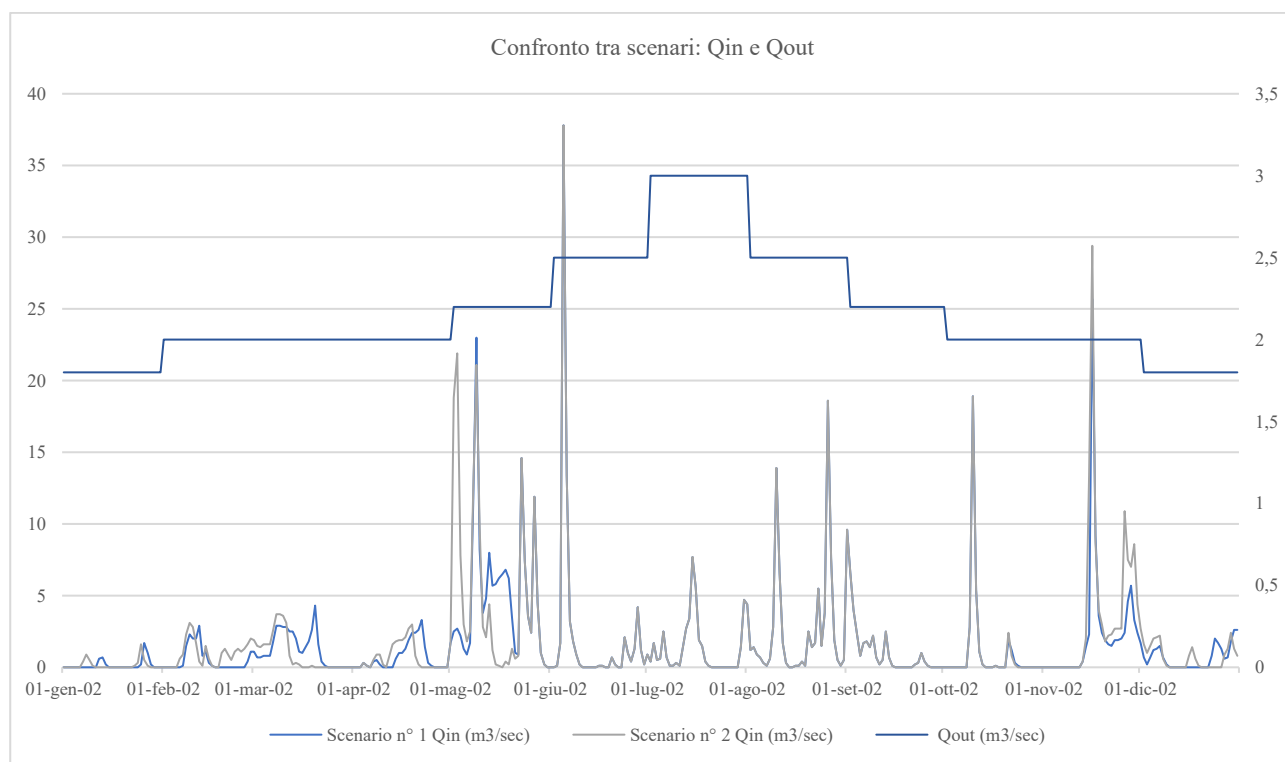


Graf. 63: Anno 2001 – Confronto delle portate Qin e Qout tra scenari. (Fonte: HEC-HMS)

Modellazione bacino idrico HEC-HMS – anno 2002

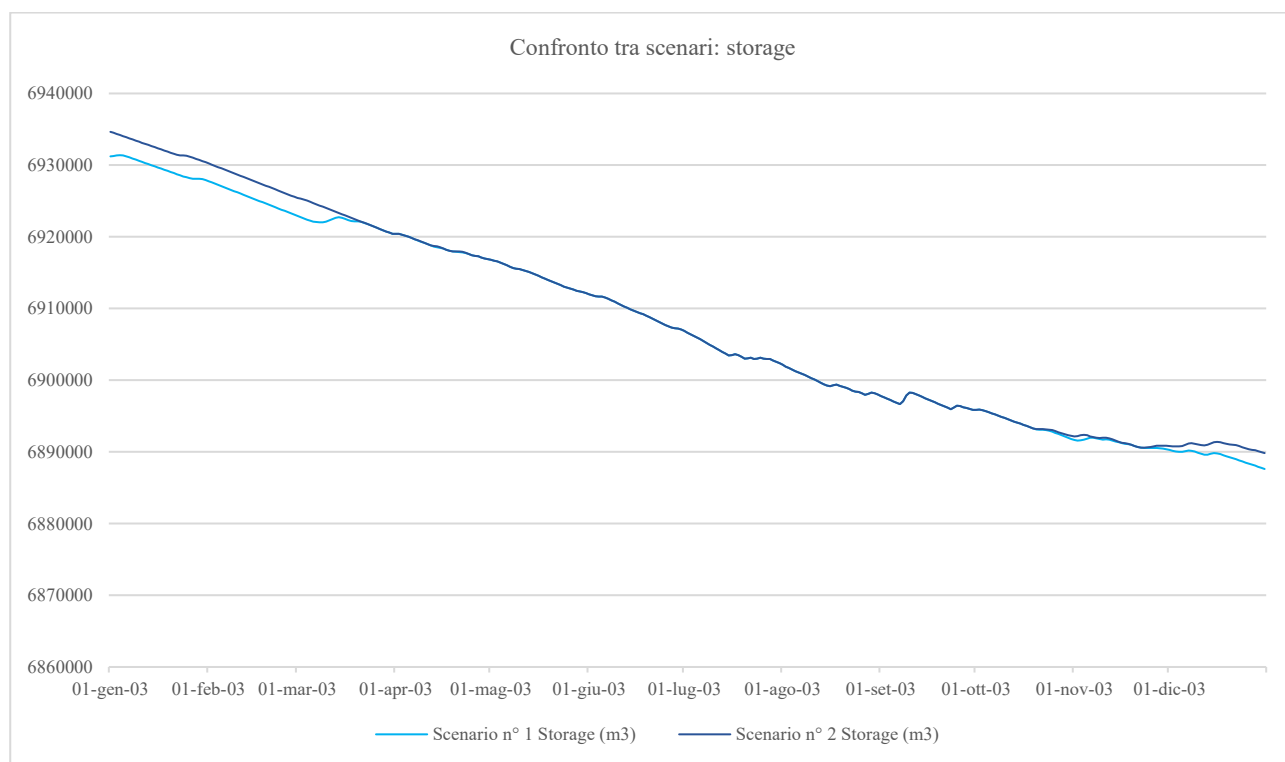


Graf. 64: Anno 2002 – Confronto delle curve di invaso tra scenari. (Fonte: HEC-HMS)

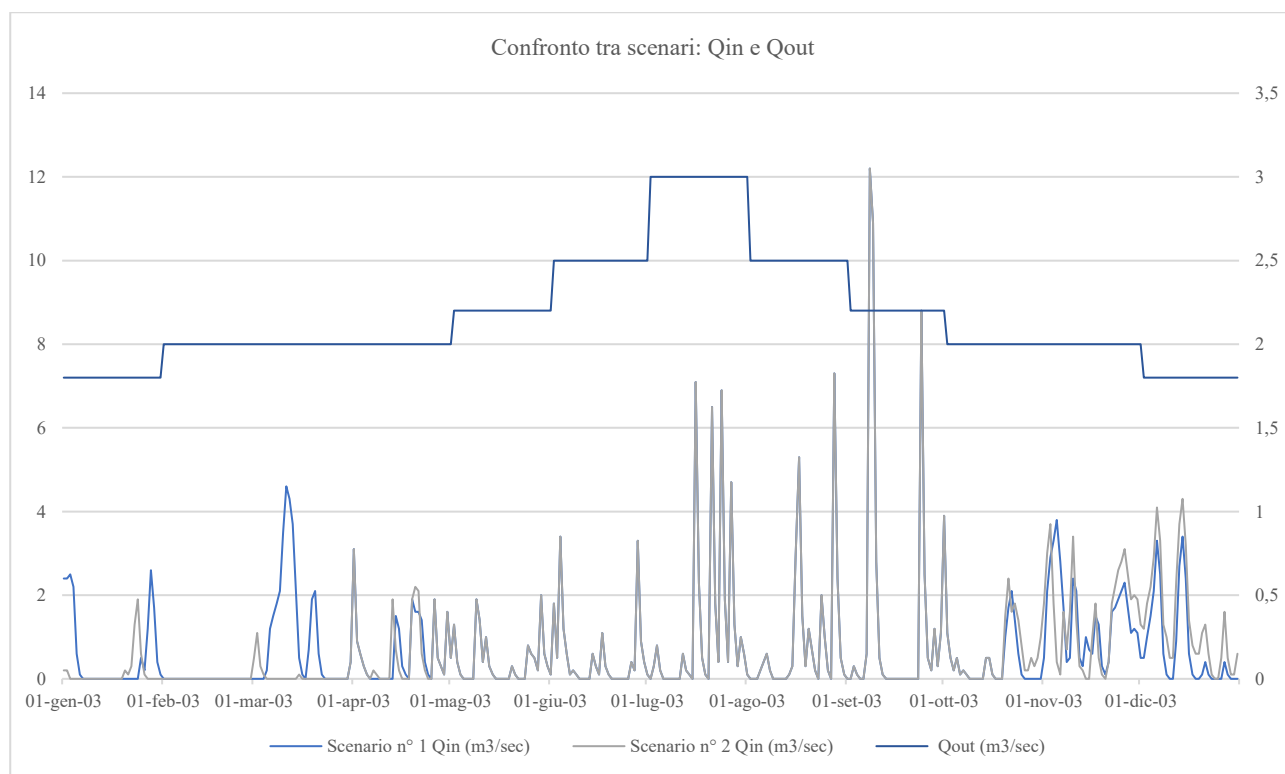


Graf. 65: Anno 2002 – Confronto delle portate Qin e Qout tra scenari. (Fonte: HEC-HMS)

Modellazione bacino idrico HEC-HMS – anno 2003

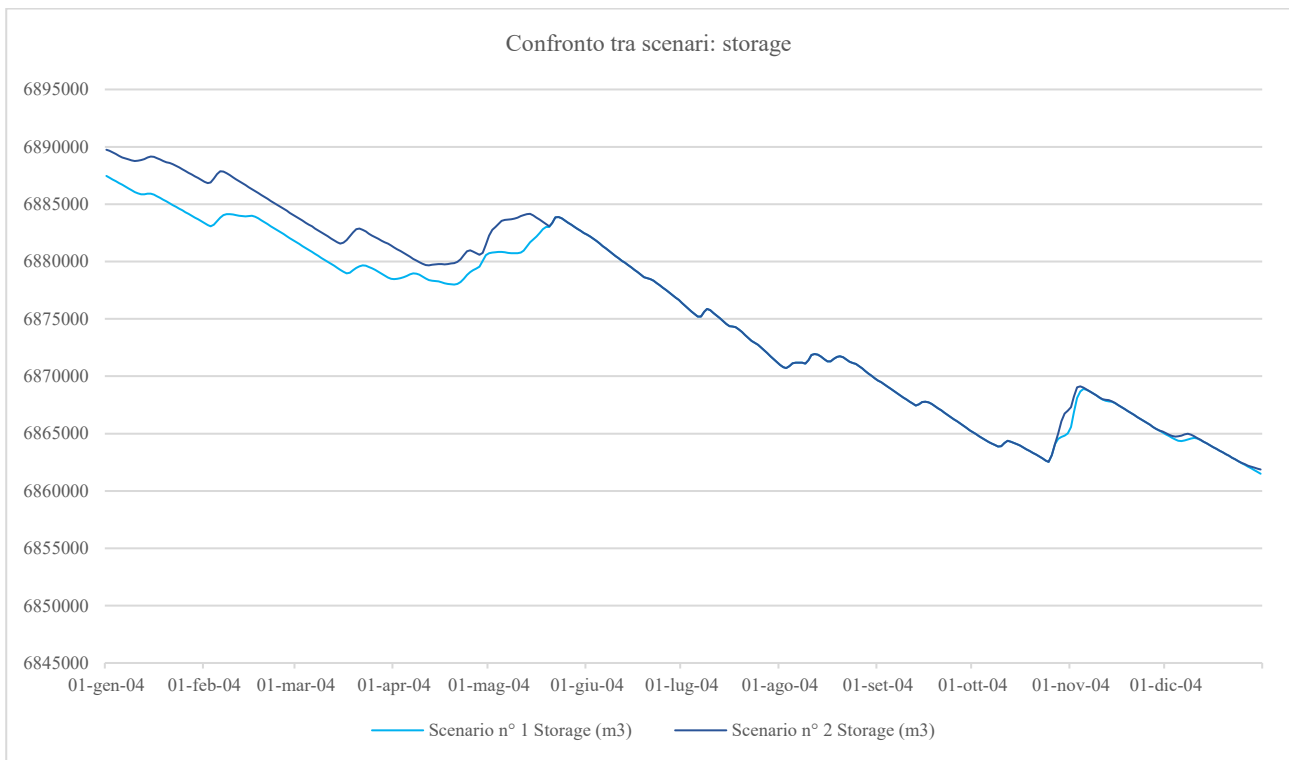


Graf. 66: Anno 2003 – Confronto delle curve di invaso tra scenari. (Fonte: HEC-HMS)

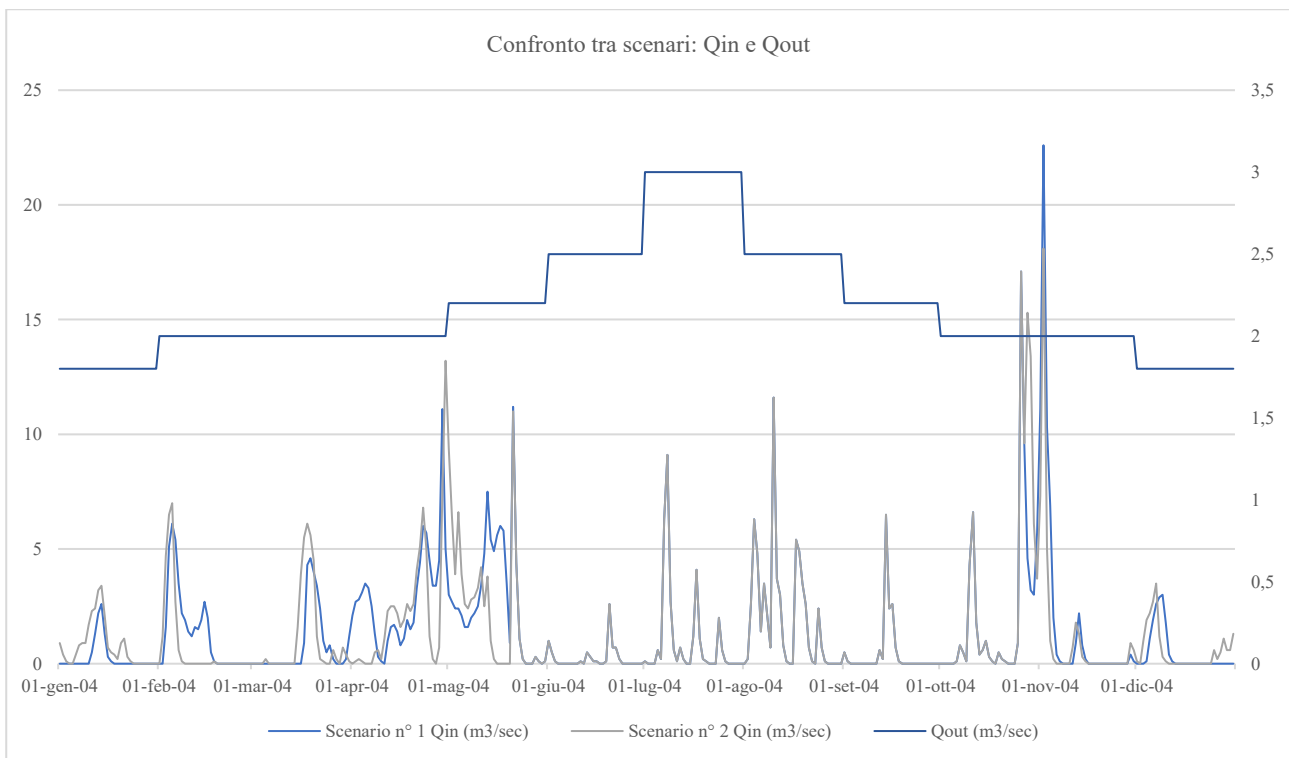


Graf. 67: Anno 2003 – Confronto delle portate Qin e Qout tra scenari. (Fonte: HEC-HMS)

Modellazione bacino idrico HEC-HMS – anno 2004

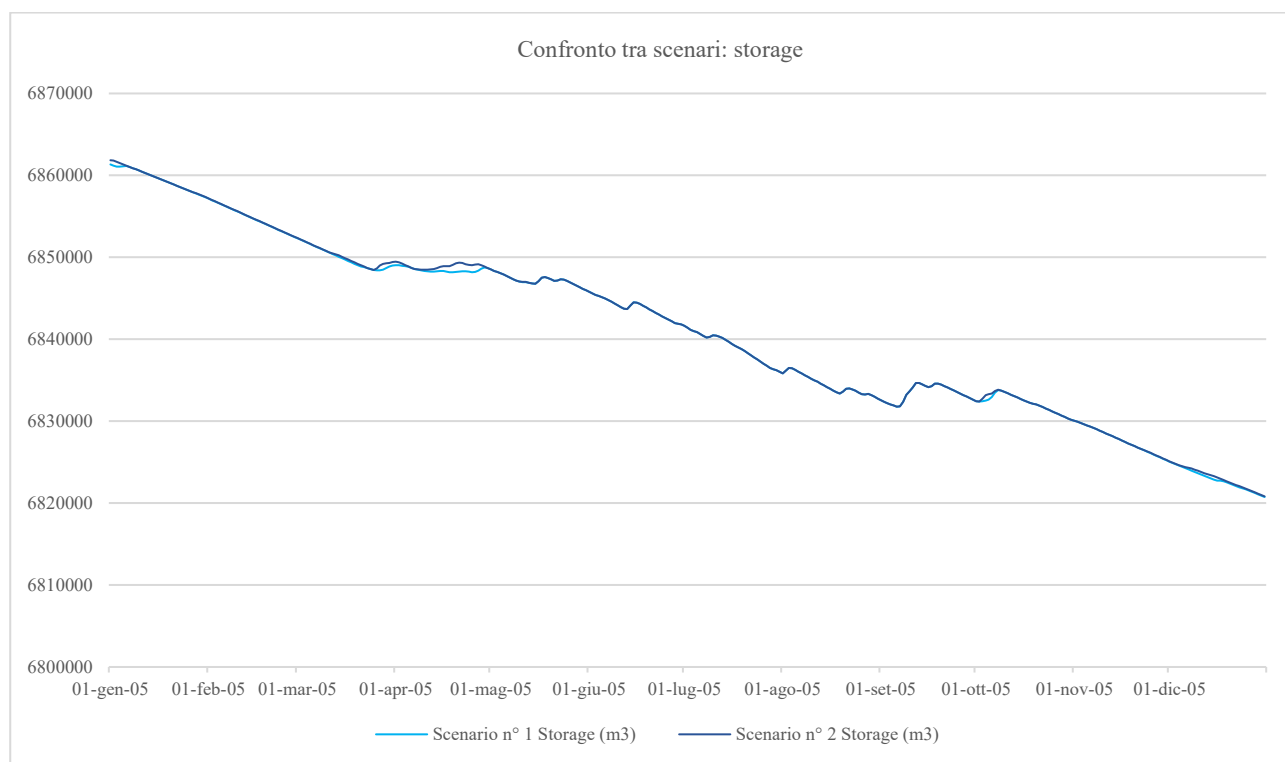


Graf. 68: Anno 2004 – Confronto delle curve di invaso tra scenari. (Fonte: HEC-HMS)

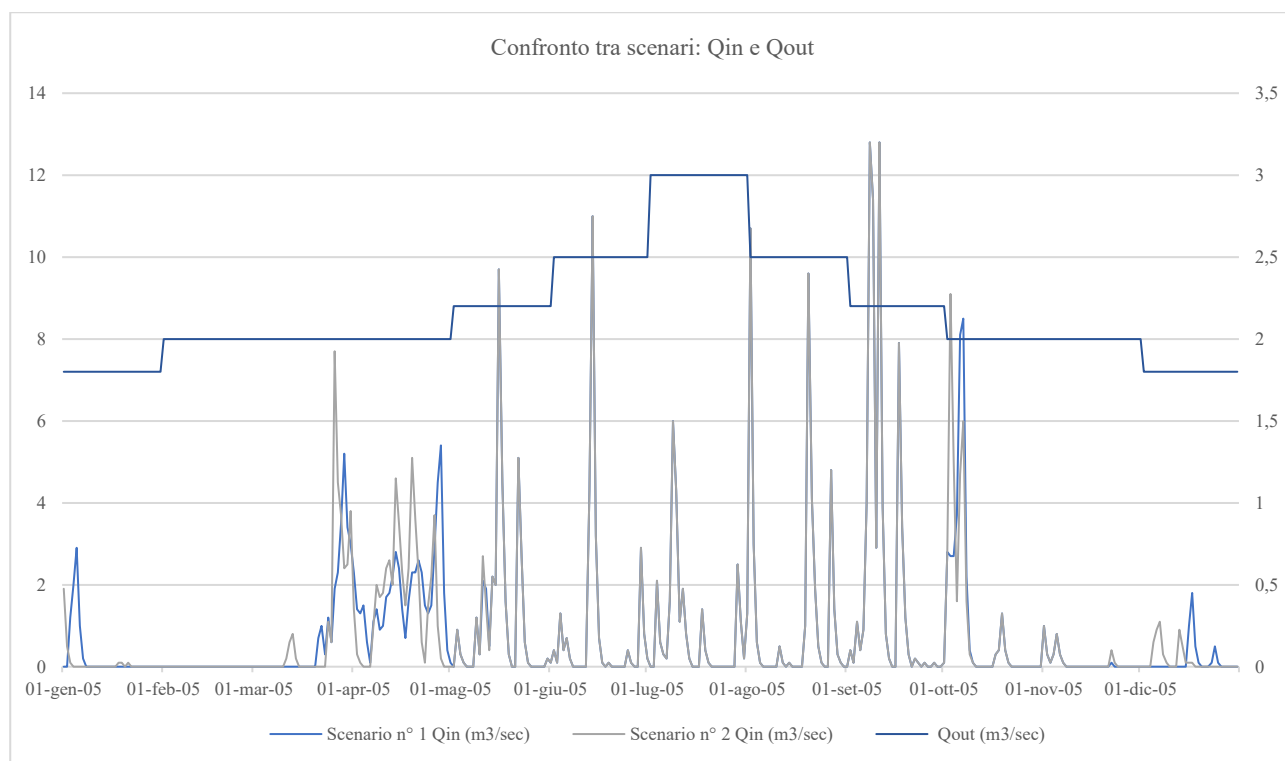


Graf. 69: Anno 2004 – Confronto delle portate Qin e Qout tra scenari. (Fonte: HEC-HMS)

Modellazione bacino idrico HEC-HMS – anno 2005

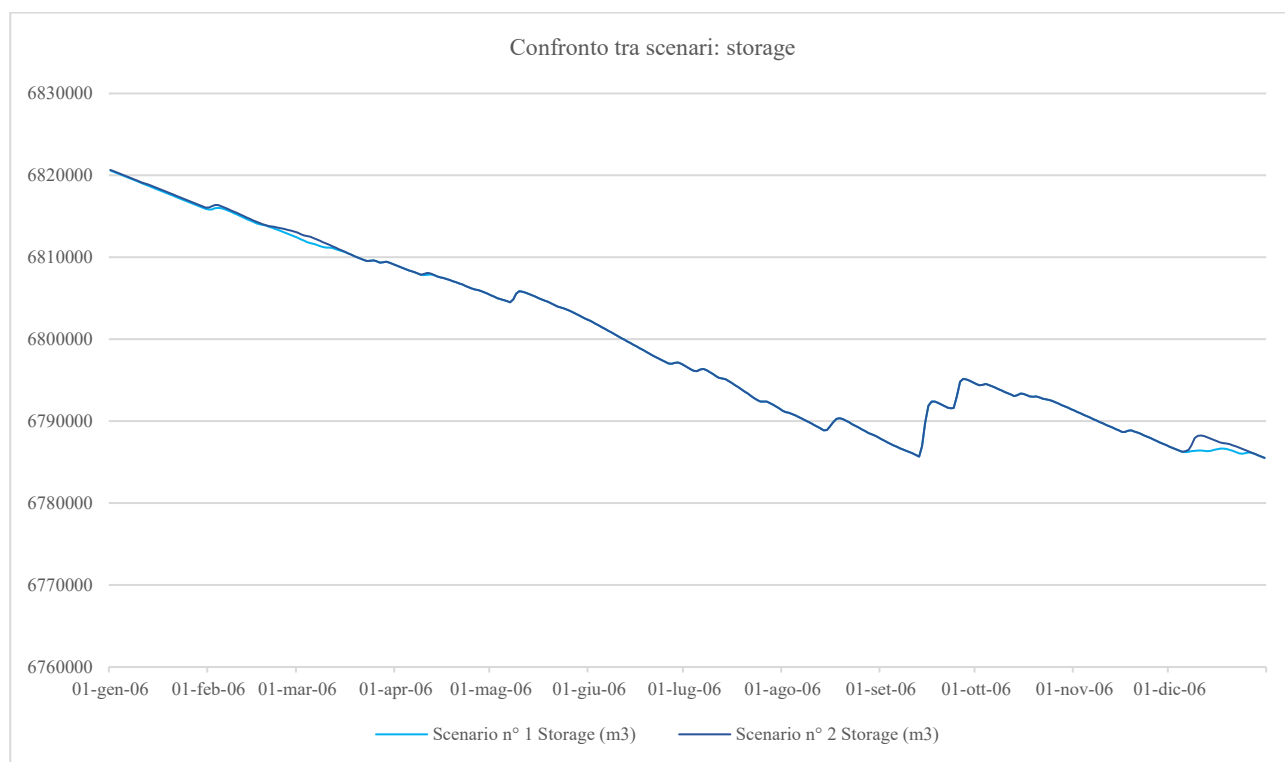


Graf. 70: Anno 2005 – Confronto delle curve di invaso tra scenari. (Fonte: HEC-HMS)

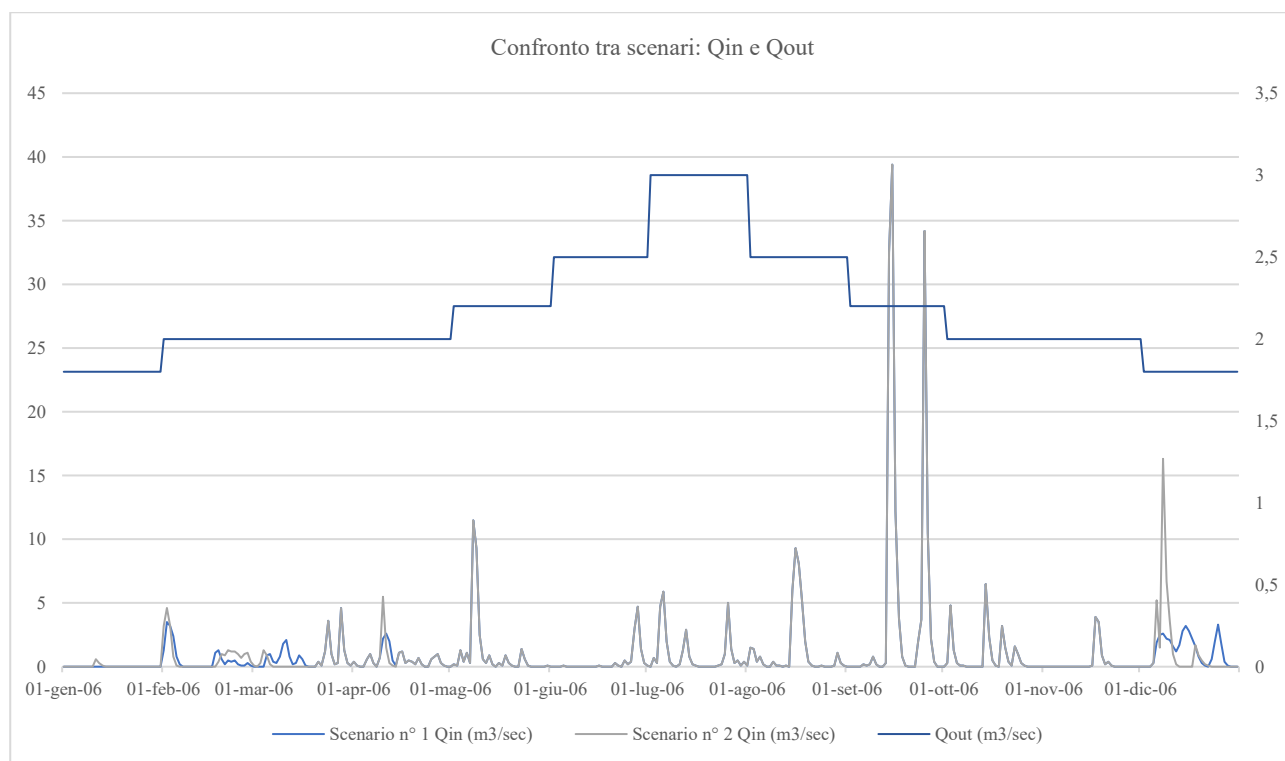


Graf. 71: Anno 2005 – Confronto delle portate Qin e Qout tra scenari. (Fonte: HEC-HMS)

Modellazione bacino idrico HEC-HMS – anno 2006

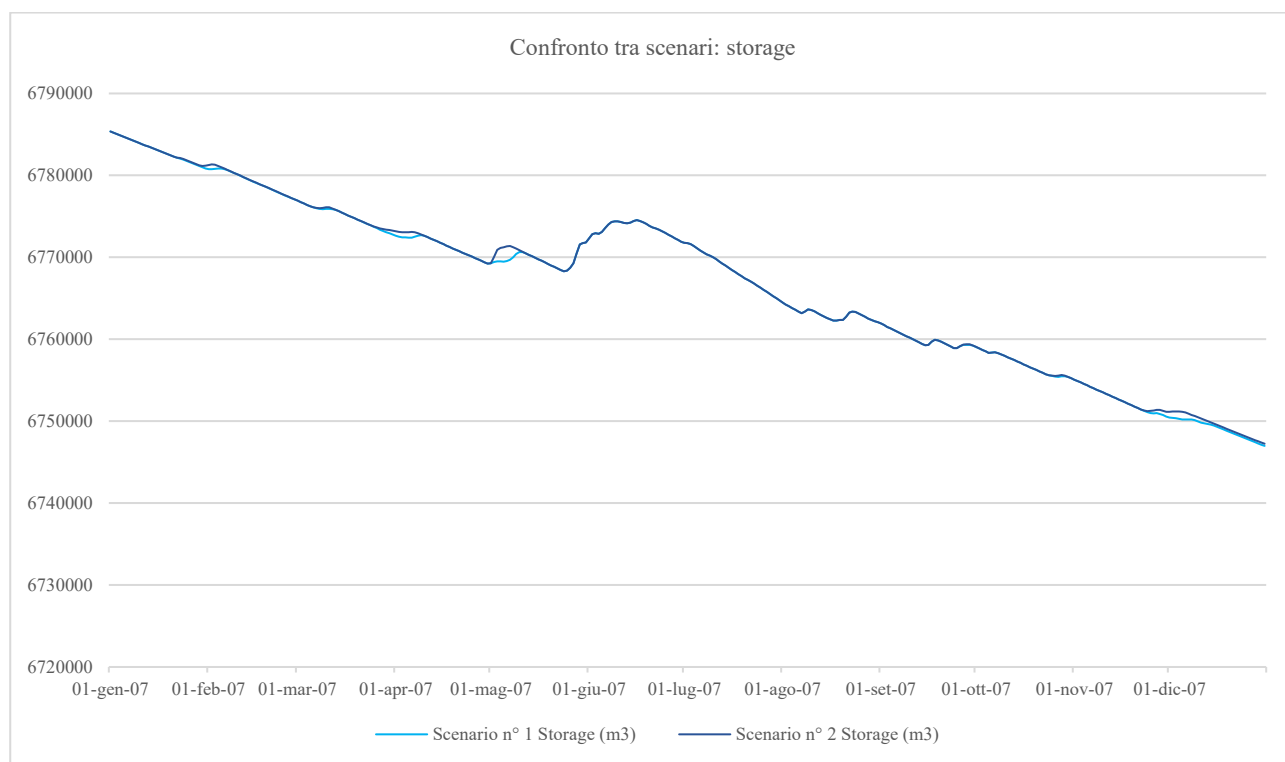


Graf. 72: Anno 2006 – Confronto delle curve di invaso tra scenari. (Fonte: HEC-HMS)

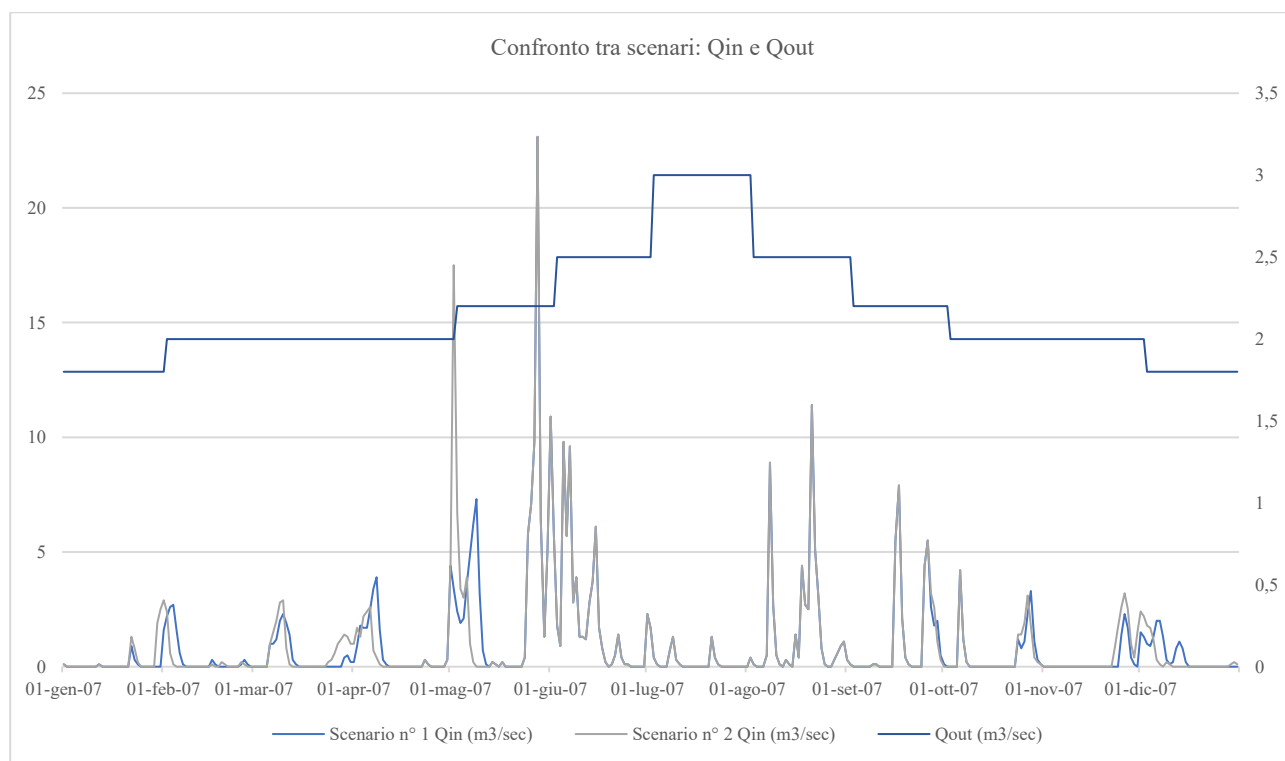


Graf. 73: Anno 2006 – Confronto delle portate Qin e Qout tra scenari. (Fonte: HEC-HMS)

Modellazione bacino idrico HEC-HMS – anno 2007

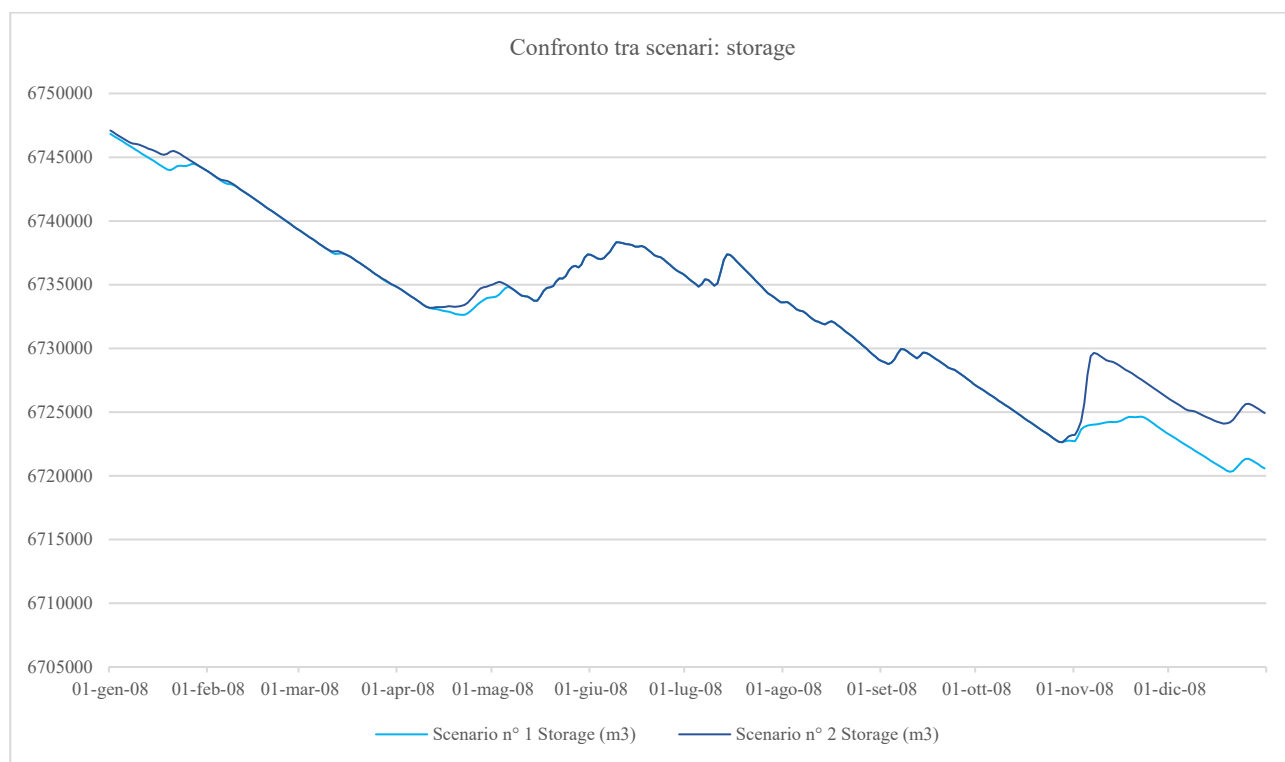


Graf. 74: Anno 2007 – Confronto delle curve di invaso tra scenari. (Fonte: HEC-HMS)

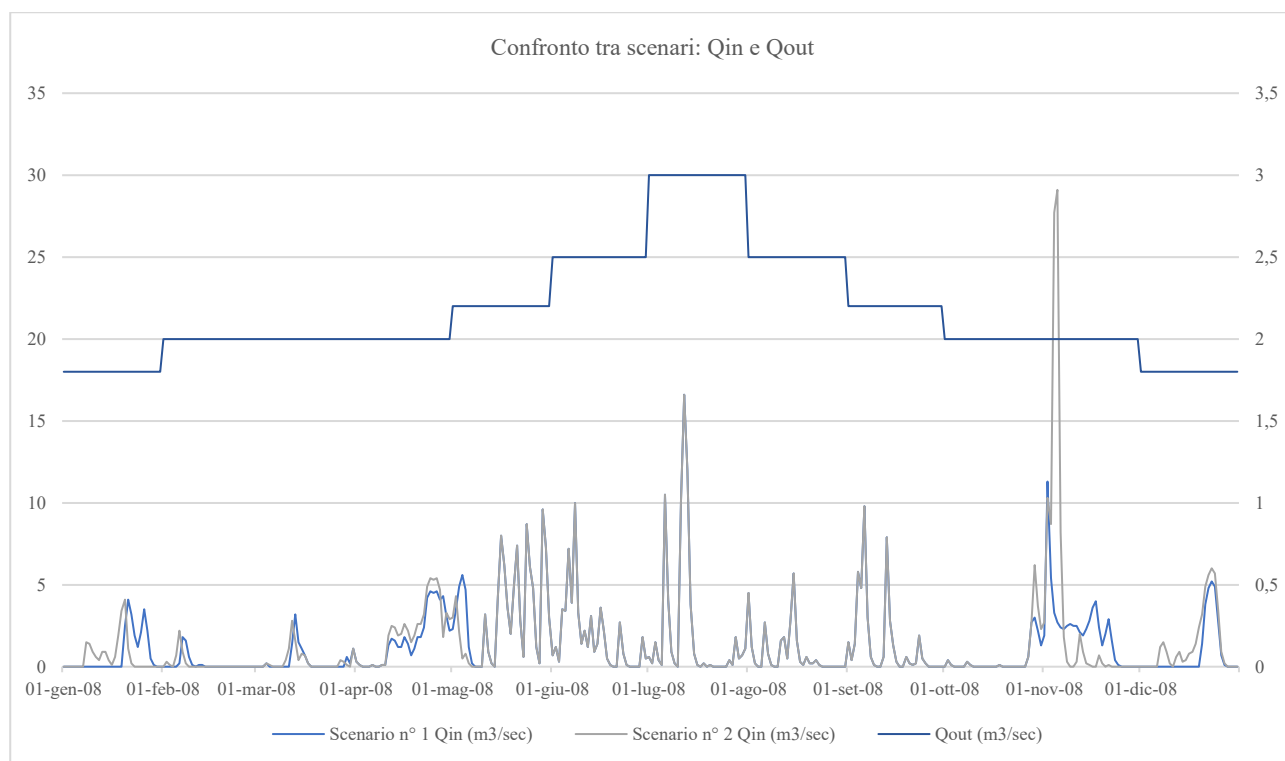


Graf. 75: Anno 2007 – Confronto delle portate Qin e Qout tra scenari. (Fonte: HEC-HMS)

Modellazione bacino idrico HEC-HMS – anno 2008

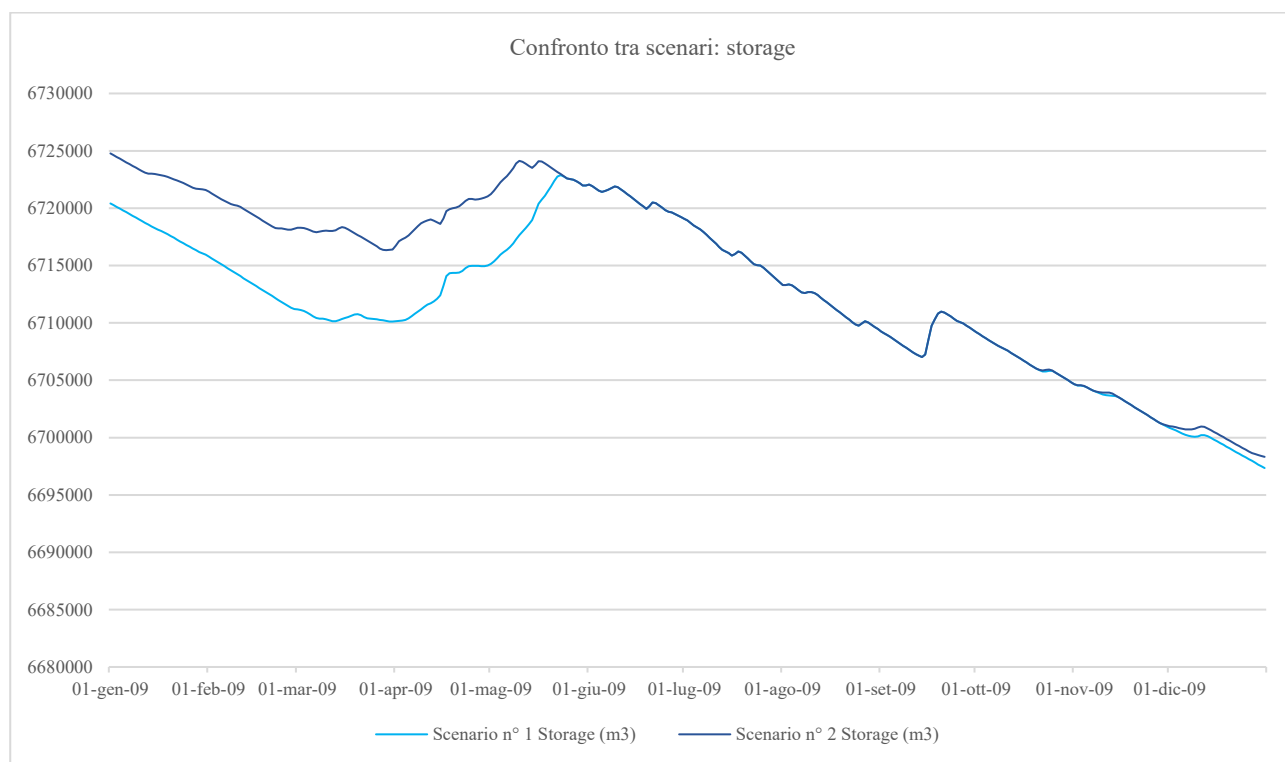


Graf. 76: Anno 2008 – Confronto delle curve di invaso tra scenari. (Fonte: HEC-HMS)

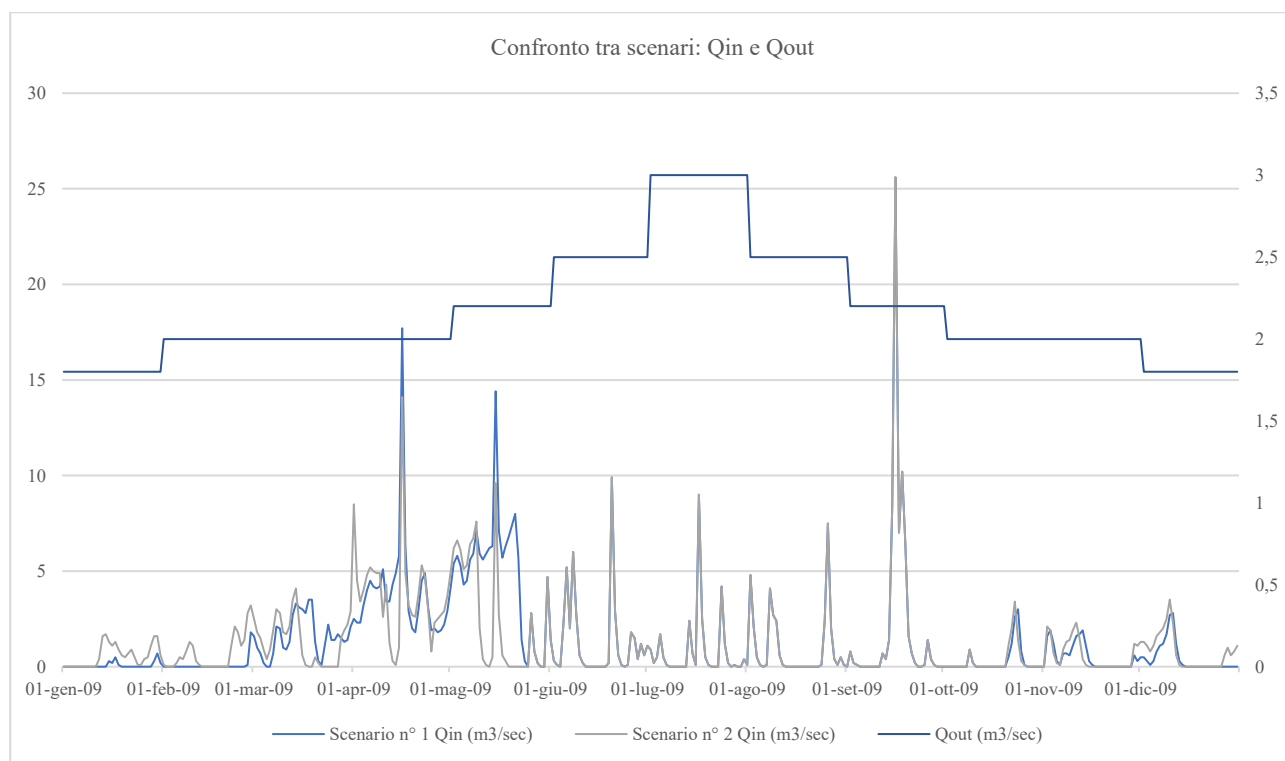


Graf. 77: Anno 2008 – Confronto delle portate Qin e Qout tra scenari. (Fonte: HEC-HMS)

Modellazione bacino idrico HEC-HMS – anno 2009



Graf. 78: Anno 2009 – Confronto delle curve di invaso tra scenari. (Fonte: HEC-HMS)



Graf. 79: Anno 2009 – Confronto delle portate Qin e Qout tra scenari. (Fonte: HEC-HMS)

Fase n° 3: andamento generale per la serie storica dal 2000 al 2009:

Dall'osservazione dei dati ottenuti dalla modellazione del bacino idrico sul torrente Ingagna è emerso che per la serie storica analizzata dall'anno 2000 al 2009 il volume di accumulo nell'invaso presenta un decremento costante.

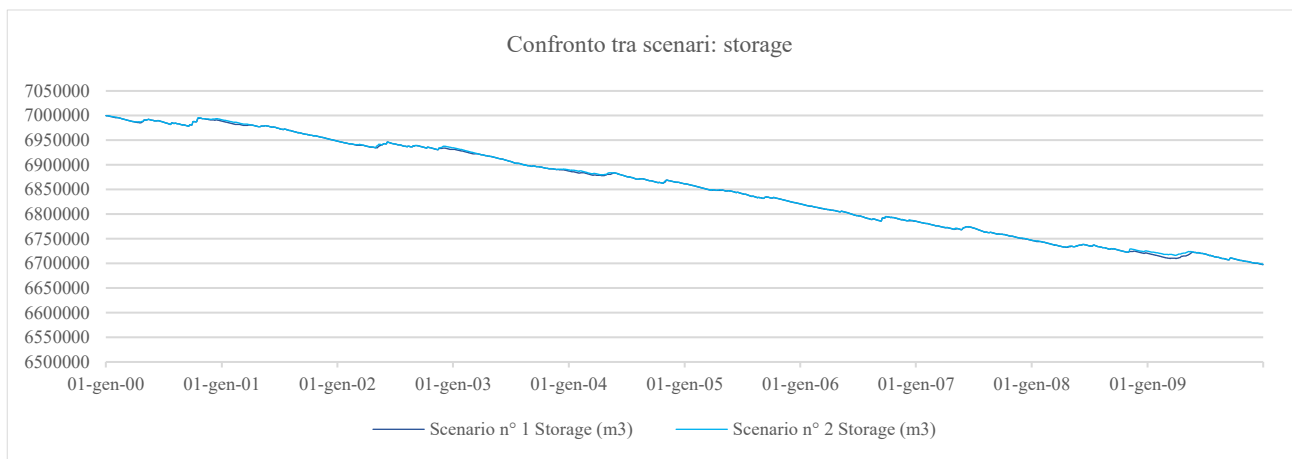
I risultati evidenziano che dal 01/01/2000 al 31/12/2009, il volume d'acqua stoccato nell'invaso risulta essere diminuito rispettivamente di -302.656 m³ per lo *scenario n° 1* e -301.682 m³ per lo *scenario n° 2*.

Evidenziando che il quantitativo di acqua stoccato nell'invaso presenta un decremento irrisorio ai fini di una efficiente gestione delle risorse idriche assolvendo efficacemente alla funzione di accumulo e di rilascio dell'acqua, mostrando oltretutto una variazione minima della quota di invaso di circa 70 cm da 386,9 m a 386,2 m è necessario commentare ulteriormente l'andamento generale della curva di invaso.

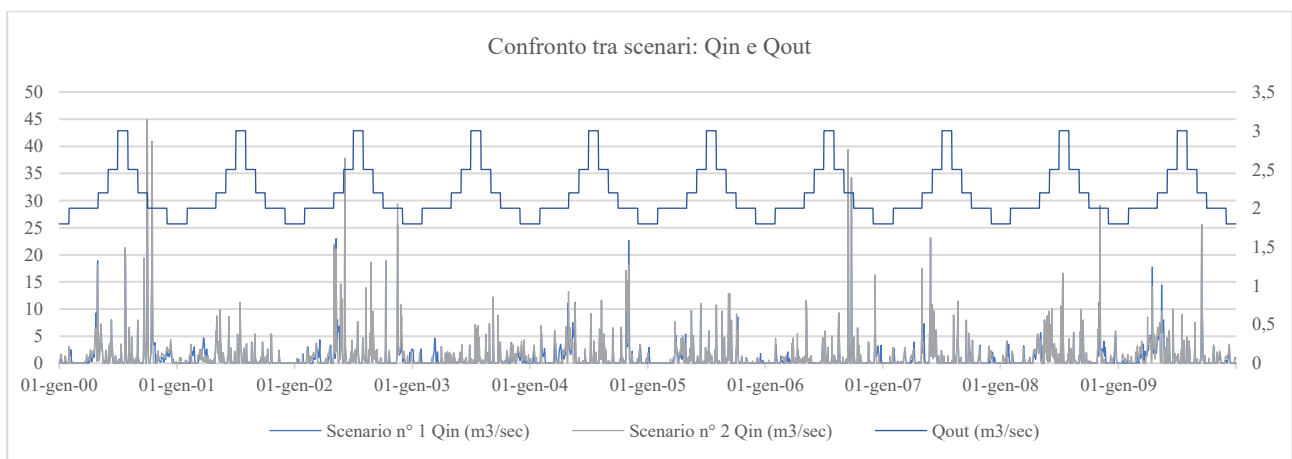
Come anticipato precedentemente la curva di invaso presenta a parità di **[Q_{out}]** un costante decremento per la serie storica dal 2000 al 2009 per entrambi gli *scenari n° 1* e *n° 2*. Osservando inoltre le dinamiche di invaso per ogni singolo anno considerato nella modellazione è possibile notare che la quantità di acqua stoccata a dicembre risulta essere sempre inferiore a quella stoccata a gennaio dello stesso anno. Questo elemento ci suggerisce che il decennio considerato nell'analisi risulta essere un periodo di magra, la cui disponibilità idrica è sfavorita ulteriormente dall'aumento della temperatura di 1,5 °C come previsto dall'IPCC del 2021.

In pratica la quota di invaso non torna mai al livello iniziale. Questo significa che le precipitazioni in **[T_m]** e **[T_m+1,5°C]** non sono sufficienti a ripristinare il livello iniziale di invaso per ogni anno considerato nell'analisi. In generale quindi la curva di andamento per i dieci anni analizzati può divenire un importante indicatore evidenziando che sul lungo periodo per continuare a mantenere la capacità di accumulo massima dell'invaso, sarà necessario ridurre i consumi attraverso la riduzione della produzione agricola e quella idroelettrica. Si evidenzia infatti che proprio a causa dell'aumento della temperatura previsto dai cambiamenti climatici, non ci sarà più garanzia di uno stoccaggio d'acqua equivalente ai valori iniziali dell'analisi tenendo sempre in considerazione che il risultato ottenuto non risulta essere predittivo ma piuttosto una simulazione utile a creare un contesto di confronto con eventi meteorologici futuri.

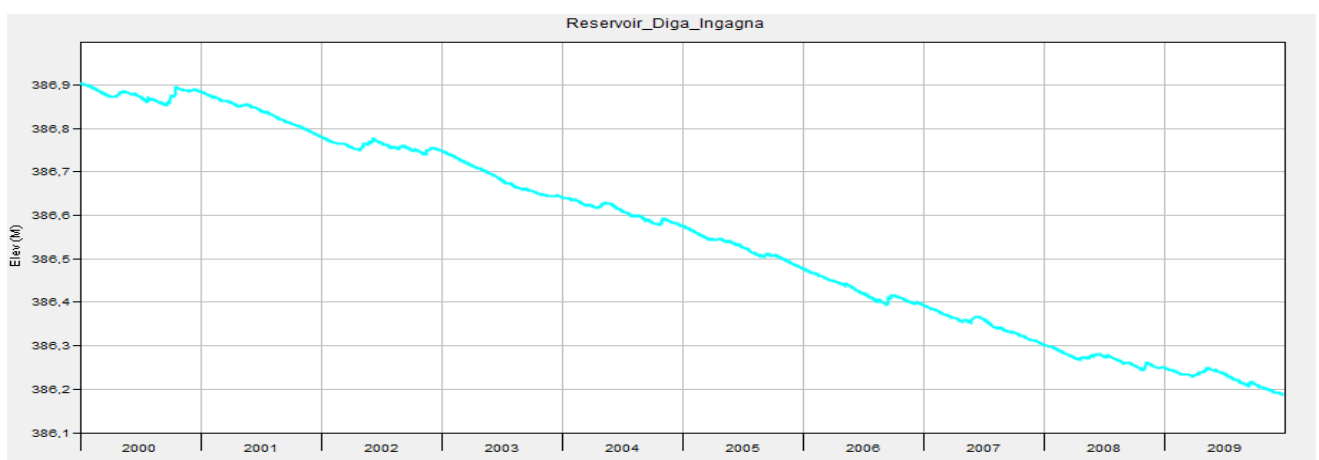
Infine si riportano i dati della modellazione all'interno nella sezione allegati tecnici della presente ricerca e sono denominati dall'Allegato n° 14 al n° 23.



Graf. 80: Anno 2000, 2009 – Confronto delle curve di invaso tra scenari. (Fonte: HEC-HMS)



Graf. 81: Anno 2000, 2009 – Confronto delle portate Q_{in} e Q_{out} tra scenari. (Fonte: HEC-HMS)



Graf. 82: Anno 2000, 2009 – Elevation. (Fonte: HEC-HMS)

20.0 Conclusioni

Dai risultati della ricerca emerge in modo evidente che il legislatore si prefigge di garantire un efficiente servizio idrico su tutto il territorio nazionale e regionale in base alle direttive comunitarie e a i decreti legislativi in vigore.

L'impianto della Governance risulta essere estremamente strutturato a tutti i livelli territoriali grazie a una solida componente amministrativa per l'attuazione dei vari Piani per la gestione delle risorse idriche. Si sottolinea che i Piani hanno lo scopo di raccogliere le informazioni sulla quantità di acqua che viene consumata e sulla sua qualità e che questi dati convergono dagli enti gestori, che rappresentano lo strumento delle politiche pubbliche legate all'amministrazione delle risorse idriche, al livello regionale, di bacino idrografico, nazionale e infine vengono convogliati a livello europeo che elargisce i fondi necessari per investire su opere che hanno l'obiettivo di migliorare l'efficienza del servizio idrico integrato.

A questo panorama si aggiunge la nutrita quantità di soggetti appartenenti alla comunità scientifica come ARPA Piemonte che forniscono dati ambientali e meteorologici utili alla modellazione di scenari di previsione climatici che saranno sempre più utili in un contesto di studio del cambiamento climatico globale.

Questi elementi considerati contestualmente forniscono un requisito fondamentale per la corretta gestione delle risorse idriche potendo affermare che conoscenza genera coscienza utile a contrastare e prevedere eventi siccitosi molto rischiosi per la sicurezza della nostra società.

La gestione integrata delle risorse idriche risulta essere un importante tassello per il miglioramento della consapevolezza dell'importanza dell'acqua al fine di evitarne gli sprechi. Oltre alla verifica della quantità d'acqua disponibile si evidenzia l'importanza di comprendere e prevenire gli impatti ambientali i cui inquinanti possono essere trasportati nei fiumi e nella falda sotterranea oppure tramite le piogge e ricadere ovunque inquinando colture e rientrando successivamente nella filiera alimentare.

Risulta quindi di fondamentale importanza la collaborazione tra tutti gli enti preposti alla verifica della disponibilità idrica e della sua qualità, perché avere a disposizione molta acqua non è sempre sinonimo di sicurezza alimentare né di equilibrio sociale. Da queste considerazioni emerge la necessità di creare delle soglie e degli indicatori che gli enti possano utilizzare per analizzare lo stato del consumo delle risorse idriche in relazione alle funzioni agricole e industriali insediate all'interno dei nostri contesti urbani, limitando gli sprechi e nello stesso tempo prevenendo impatti ambientali che possano ripercuotersi sulla qualità delle acque.

Dalla ricerca si evince che se da una parte le istituzioni sono attive nella tutela delle risorse idriche, dall'altra manca ancora un aumento della consapevolezza della popolazione che avrebbe bisogno di una maggiore sensibilizzazione sulle pratiche quotidiane per preservare questa importante risorsa primaria. Quindi si rimanda ad attività di sensibilizzazione nelle scuole, informando e educando le nuove generazioni alla preservazione delle risorse idriche.

Sotto questo aspetto appare necessario un ulteriore anello di congiunzione tra la legislazione per la tutela delle risorse idriche e la pratica di Governo del territorio a livello comunale. Dall'analisi dell'assetto pianificatorio proposto riportato nella ricerca appare evidente che non vi sia un vero legame tra la redazione dei Piani Regolatori e la gestione delle risorse idriche.

Se da una parte per l'approvazione di un Piano Regolatore ai sensi della Legge n. 1150/42 e successivamente del D.lgs 152/2006 art. 67 è obbligatorio l'adeguamento al Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) introdotto con la Legge n. 183/89, dall'altra sembra mancare da parte del legislatore, quel dispositivo normativo che permetta di verificare la disponibilità delle risorse idriche sul territorio Comunale che viene troppo spesso trascurata, i cui bilanci idrici rientrano nella Pianificazione di settore, e dunque separati dallo strumento principe del Governo del territorio. In altre parole sembra mancare una direttiva che disponga l'obbligo di un bilancio idrico Comunale senza il quale il Piano Regolatore non può essere approvato.

Questo significa che in taluni casi è possibile insediare delle funzioni in ambito urbano senza chiedersi quanta acqua sia disponibile e per quanto tempo. Questa osservazione è rivolta agli amministratori e ai tecnici comunali che probabilmente avrebbero necessità di interfacciarsi con pratiche e procedure innovative nella misurazione del quantitativo di risorse idriche permettendo così di approvare Piani Regolatori in modo più consapevole. Si sottolinea però l'importante ruolo della regione Piemonte che attraverso il Piano di Tutela delle Acque assolve efficacemente il compito della gestione idrica su tutto il territorio regionale.

Dalla ricerca emerge che la pratica urbanistica andrà quindi maggiormente integrata con quella settoriale delle risorse idriche, solo in questo modo le città potranno espandersi garantendo sviluppo e in generale equità ed equilibrio sociale necessari a mantenere la stabilità necessaria per poter prosperare.

Le risorse idriche vengono troppo spesso dimenticate, si presume con troppa superficialità che l'acqua ci sia e in grande quantità. Si progettano insediamenti produttivi, aree residenziali, funzioni e servizi ma troppo spesso non si effettuano i calcoli necessari a stimare il consumo previsto da queste nuove trasformazioni urbane. Risulta quindi fondamentale una presa di coscienza e una stretta

collaborazione tra chi gestisce lo sviluppo economico e sociale del territorio attraverso i PRG e chi gestisce direttamente le risorse idriche che potrebbe avvenire grazie a tecnici preparati in questo senso rappresentando il punto di contatto tra queste due realtà amministrative per la risoluzione dei problemi ambientali derivati dai cambiamenti climatici.

Inoltre dai dati emerge che è impossibile negare che l'agricoltura sia fondamentale per la nostra sussistenza. Produrre cibo e generare una economia solida è sicuramente una esigenza necessaria che non può essere ignorata. Il settore primario non può interrompere la sua produzione considerandone la sua indiscutibile importanza. Da questa considerazione in futuro a causa dei cambiamenti climatici si apriranno degli scenari non propriamente incoraggianti perché gli amministratori dovranno scegliere quali settori economici mantenere in uno scenario di scarsità idrica. Il dilemma sarà se mantenere la produzione alimentare primaria oppure privilegiare la produzione industriale e dunque l'economia dei consumi e in che modo.

Il principio di equità prevede di distribuire la stessa quantità di acqua a tutti, ma sarà possibile? Ci saranno dei settori privilegiati che saranno maggiormente idro-esigenti? E se sì a chi verrà ridotto il diritto di accesso alle risorse idriche? Da queste domande si comprende chiaramente che la riduzione della disponibilità idrica genererà dei conflitti e tensioni e che gli amministratori dovranno intervenire per evitare la disgregazione della società così come la intendiamo oggi e da cui dipende totalmente da acqua ed energia.

Dai risultati della ricerca risulta necessario individuare secondo il principio di sostenibilità, il punto di equilibrio tra l'assetto ambientale della tutela delle acque e del suolo in relazione allo sviluppo urbano da quale dipende lo sviluppo economico e dunque gli investimenti della spesa pubblica, permettendo alla pianificazione settoriale delle risorse idriche di comunicare con la pianificazione territoriale e urbana mirando a soddisfare i bisogni attuali senza compromettere le esigenze delle generazioni future. (Fonte: BOTTERO MARTA, MONDINI GIULIO, *Valutazione e sostenibilità. Piani Programmi e Progetti*, giugno 2008, CELID – Editore)

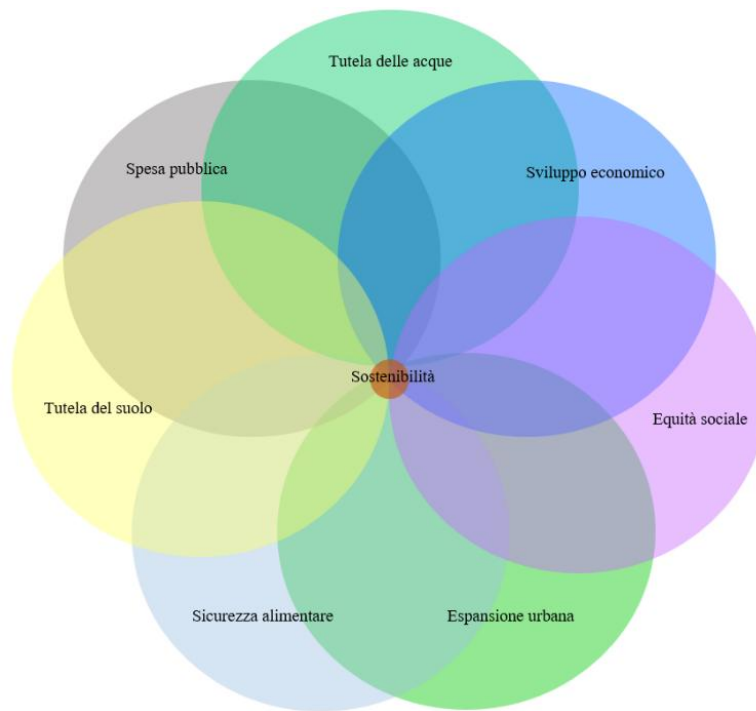


Fig. 147: Grafico della sostenibilità. (Fonte: Elaborazione propria)

Alla luce di quanto emerso nella ricerca risulta di fondamentale importanza elaborare dei modelli e delle applicazioni che possano prevedere la disponibilità idrica in base alla predisposizione di scenari. L'augurio è che gli enti territoriali per la gestione del servizio idrico possano adottare sistemi informatici che favoriscano l'integrazione dei dati per delle letture giornaliere dei consumi in modo da migliorare il monitoraggio e renderlo sempre più efficiente. L'approccio al metodo scientifico in questo caso risulta essere fondamentale.

La ricerca ha avuto l'obiettivo sia di esporre l'inquadramento dell'assetto legislativo e di pianificazione sia di proporre un metodo specifico di valutazione delle risorse idriche. L'auspicio è che questa ricerca possa fare riflettere i gestori del servizio idrico al fine di dotarsi di sistemi e applicazioni in cui i dati utilizzati nella presente analisi possano convergere su un'unica piattaforma condivisa permettendo di utilizzare l'applicazione quotidianamente nella gestione delle risorse idriche migliorandone quindi l'efficacia.

Bibliografia e sitografia

ALESSANDRO LANZA, *Il cambiamento climatico*, **2000**, «Il mulino Editore»

ARPA PIEMONTE, *Dipartimento Sistemi Previsionali – Metodologia*, **2010**, «www.idrologia.polito.it»

ARPA PIEMONTE, *Dipartimento Sistemi Previsionali – Clima e indicatori*, **2010**, «www.idrologia.polito.it»

AUTORITA' DEL BACINO DISTRETTUALE DEL FIUME PO', *PdGPO - Stato delle risorse idriche*, **2021**, «www.pianoacque.adbpo.it»

AUTORITA' DEL BACINO DISTRETTUALE DEL FIUME PO', *PdGPO - Elaborato n° 1*, **2021**, «www.pianoacque.adbpo.it»

AUTORITA' DEL BACINO DISTRETTUALE DEL FIUME PO', *PdGPO - Scheda di Sottobacino*, **2021**, «www.pianoacque.adbpo.it»

BOTTERO MARTA, MONDINI GIULIO, *Valutazione e sostenibilità. Piani Programmi e Progetti*, giugno **2008**, «CELID - Editore»

CONSORZIO BARAGGIA, *Piano Generale di Bonifica Vercellese*, **1954**, «Consorzio Baraggia»

CONSORZIO BARAGGIA – SIT, *Dati cartografici*, **2024**, «www.gistoweb.consorziobaraggia.it»

CONSORZIO BARAGGIA, *Informazioni generali*, **2024**, «www.consorziobaraggia.it»

CARMELO IACOPINO, *80 Anni di Baraggia*, **1922-2002**, «Consorzio Baraggia»

CARMELO IACOPINO, *Verso l'Europa col computer*, **1980**, «Consorzio Baraggia»

CIMADOMO PAOLO, *La ruralizzazione del Negev nella tarda antichità*, **2023**, «Fabrizio Serra Editore»

CONSIGLIO EUROPEO, BLUEPRINT, *Un Piano per le risorse idriche europee*, **2012** «www.op.europa.eu»

COMMISSIONE EUROPEA, *Green Deal Europeo*, **2019**, «www.eur-lex.europa.eu»

DAVID TICKNER, ASHOK KUMAR CHAPAGAIN, *Water footprint: help or hindrance*, **2014**,
«www.researchgate.net»

EMANUELE BONPAN, *Atlante geopolitico dell'acqua*, **2019**, «Hoepli editore»

FRANCESCO ANGHELONE, *Geopolitica dell'acqua nel mediterraneo*, **2022**, «Bordeauxredizioni»

GEOPORTALE PIEMONTE, *Dati cartografici*, **2024**, «www.geoportale.piemonte.it»

GRASS, *Definizione del bacino idrografico*, **2024**, «www.grass.eu/en»

JACOB WERKSMAN, *The Conference of Parties to Environmental Treaties*, **1996**, «Routledge Editor»

HMS, *Modellazione idraulica del bacino idrografico*, **2024**, «www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms»

HEC-HMS, *Snowmelt method*, **2024**, «www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms»

HEC-HMS, *Temperature index method*, **2024**, «www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms»

INEA, *Rapporto sullo stato dell'irrigazione in Piemonte*, **2011**, «www.sigrian.crea.gov.it»

ISPRA, *Bilancio idrologico nazionale*, **2022**, «www.isprambiente.gov.it»

ISTITUTO NAZIONALE DI STATISTICA, *Dati demografici*, **2024**, «www.istat.it»

LUIGI BOBBIO, *Le politiche pubbliche*, **2017**, «Mondadori»

MARCO BALLIANI, ANTONELLA PIETTA, SARA BONATI, *Il cambiamento climatico in prospettiva geografica. Aspetti fisici, impatti, teorie*, **30 gennaio 2020**, «Il mulino Editore»

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA, *Piano Nazionale Adattamento Cambiamenti Climatici*, **2019**, «www.mase.gov.it»

ONU, AGENDA 2030, *Risoluzione ONU 25/09*, **2015**, «www.unric.org»

PAGLIARA, PALERMO, *Idrostatica*, **2011**, «CINECA IRIS»,

PAOLO COMINETTI, SERGIO VERGALLI, *Lo sviluppo sostenibile da Rio 1992 a Rio + 20*, **2012**, «Equilibri Editore»

PAOLO SELLARI, CLAUDIO CERRETI, MATTEO MARCONI, *Spazi e poteri: Geografia politica, geografia economica, geopolitica*, **2024**, «Gius. Laterza & Figli Spa»

QGIS, *Elaborazioni cartografiche*, **2024**, «www.qgis.org/it/site»

REGIONE PIEMONTE, *Piano di Tutela della Acque*, **2018**, «www.regione.piemonte.it»

REGIONE PIEMONTE, *Piano di Tutela della Acque - Rapporto Ambientale*, **2018**, «www.regione.piemonte.it»

REGIONE PIEMONTE, *Piano Territoriale Regionale*, **2011**, «www.regione.piemonte.it»

REGIONE PIEMONTE, *Idrogeologia della pianura piemontese*, **2005**, «www.datigeo-piem-download.it»

SERENA MARCENO', *Le tecnologie politiche dell'acqua*, **2005**, «Mimesis-Editore»

SERVIZIO IDRICO INTEGRATO – SIT, *Dati cartografici*, **2024**, «www.sitbiella.it/gistoweb02»

SERVIZIO IDRICO INTEGRATO, *Informazioni generali*, **2024**, «www.sispa.it»

STUDIO STECI S.R.L., *Dati pluviometrici*, **2024**, «Studio STECI»

TIMOTHY KARPOUZOGLOU, *Waterscape a perspective for understanding the contested geography of water*, **16 marzo 2017**, «Wires Water»

UMBERTO JANIN RIVOLIN, *European spatial planning: la Governance territoriale comunitaria e le innovazioni dell'urbanistica*, **2015**, «Franco Angeli s.r.l Milano»

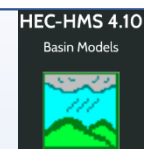
VALDANA SHIVA, *Le guerre dell'acqua*, **2009**, «Feltrinelli Editore»

Ringraziamenti

Ringrazio innanzitutto tutto lo staff del Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio, tutte le studentesse e studenti con cui ho avuto il piacere di collaborare in questi anni, il mio relatore di tesi Prof. Stefano Ferrari, la mia famiglia, i colleghi del Servizio Idrico Integrato e del Consorzio Baraggia per i dati forniti, il direttore generale Ing. Alessandro Iacopino per avermi concesso i permessi necessari a frequentare i corsi, il mio amico Martino Pini.

Allegati Tecnici

Allegato n°1-Rapporto modellazione HEC-HMS Anno 2002



Precipitazioni - anno 2002

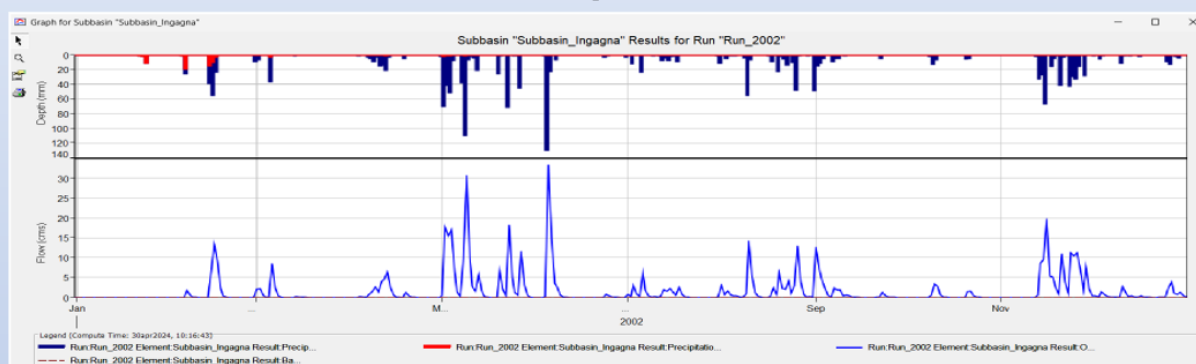
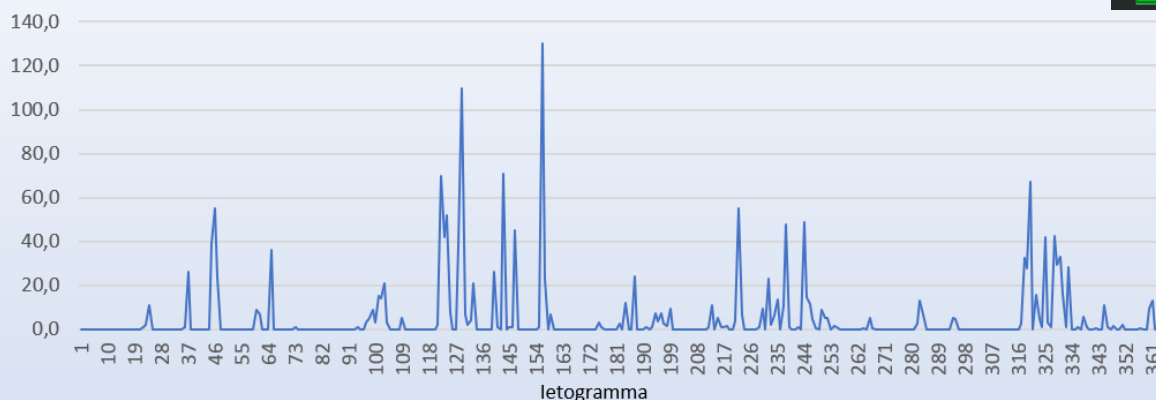
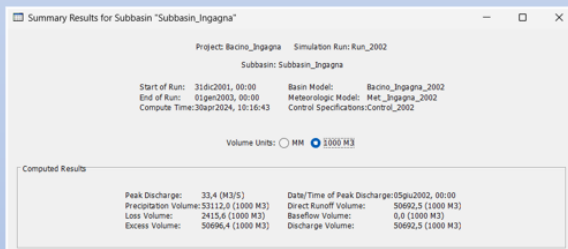
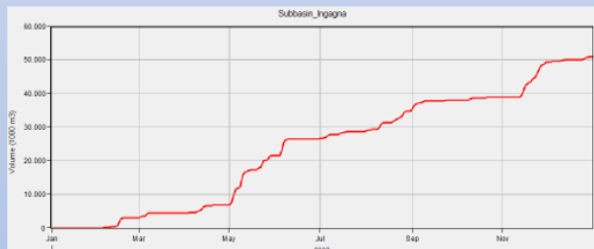


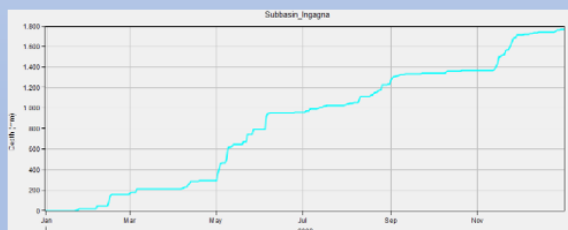
Tabella riassuntiva



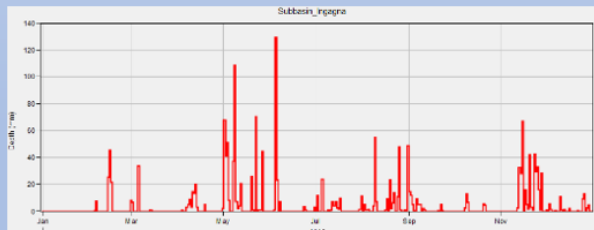
Cumulative outflow



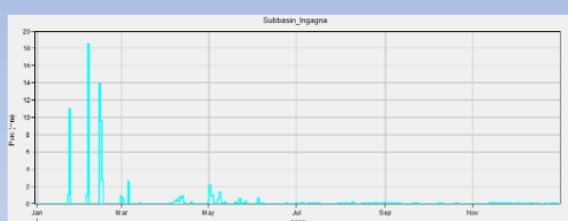
Cumulative precipitation



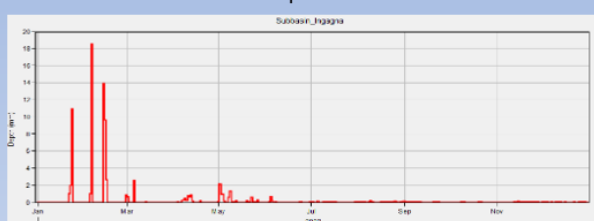
Excess precipitation



Soil infiltration



Precipitation loss



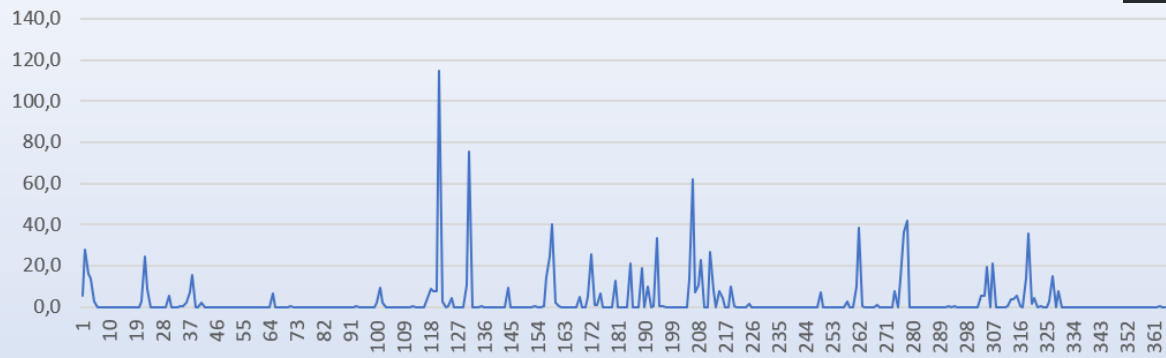
Allegato n°2-Rapporto modellazione HEC-HMS Anno 2021

HEC-HMS 4.10

Basin Models



Precipitazioni - anno 2021



Ietogramma

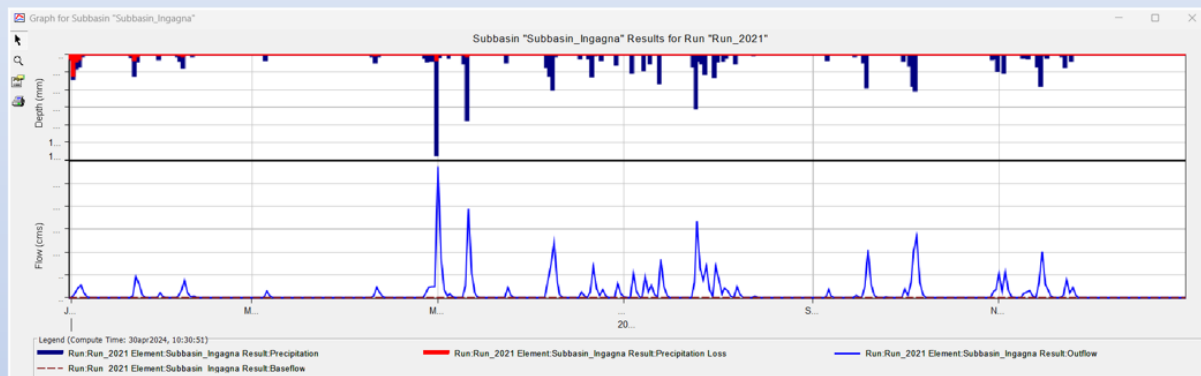
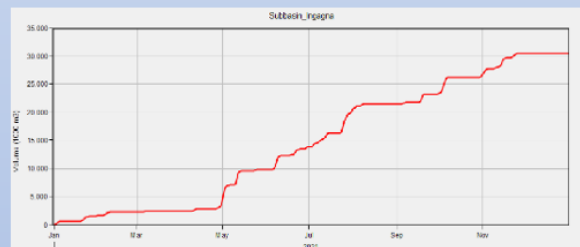


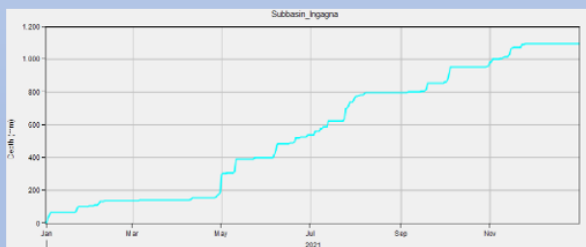
Tabella riassuntiva



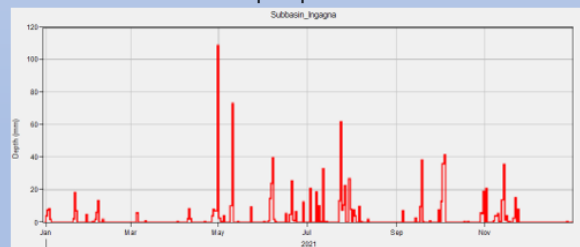
Cumulative outflow



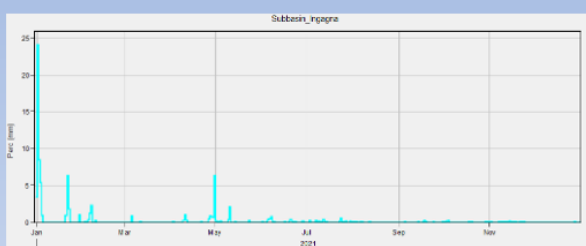
Cumulative precipitation



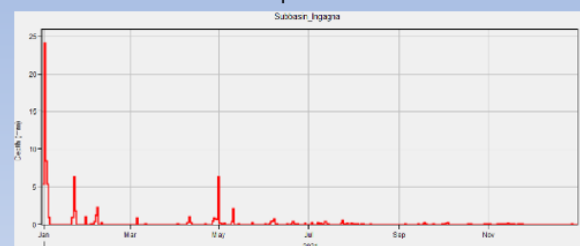
Excess precipitation



Soil infiltration



Precipitation loss



Allegato n°3 - Rapporto modellazione HEC-HMS Anno 2022

HEC-HMS 4.10
Basin Models



Precipitazioni - anno 2022

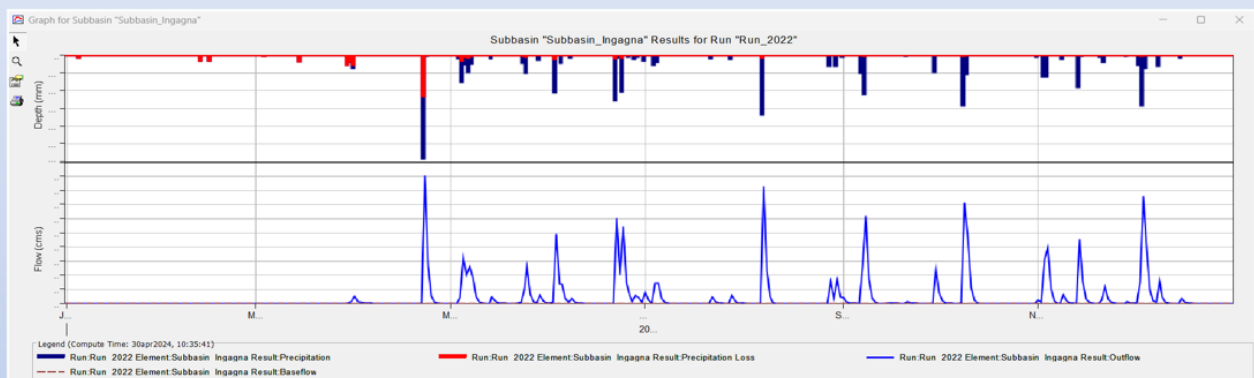
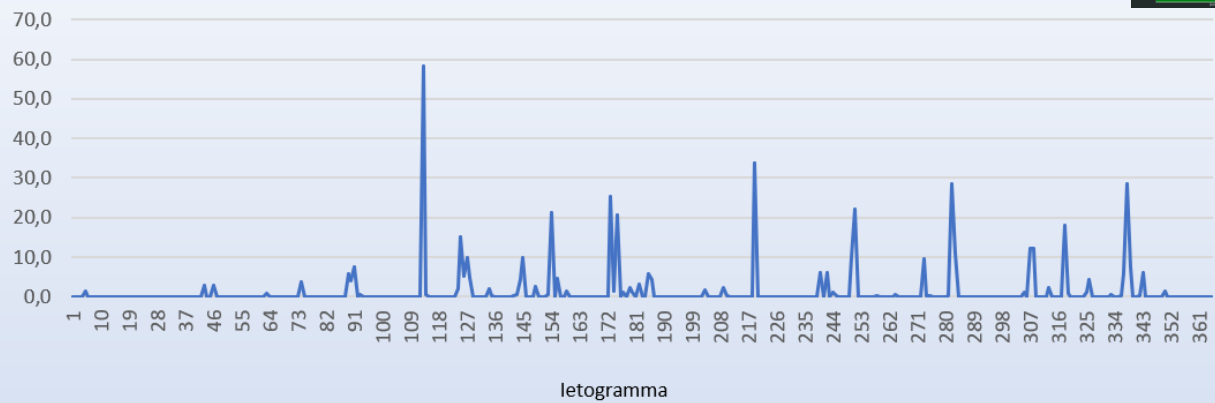
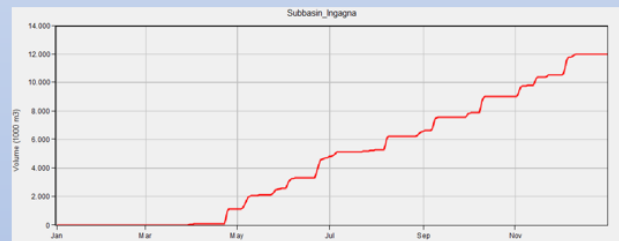


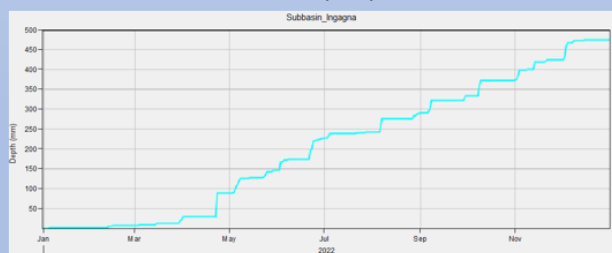
Tabella riassuntiva



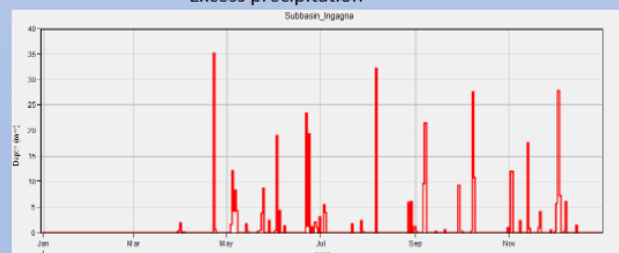
Cumulative outflow



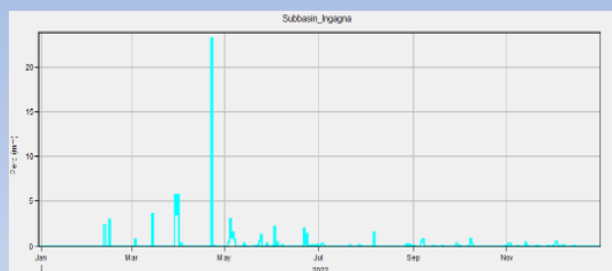
Cumulative precipitation



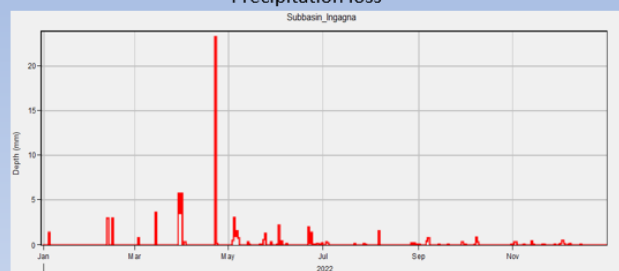
Excess precipitation



Soil infiltration



Precipitation loss



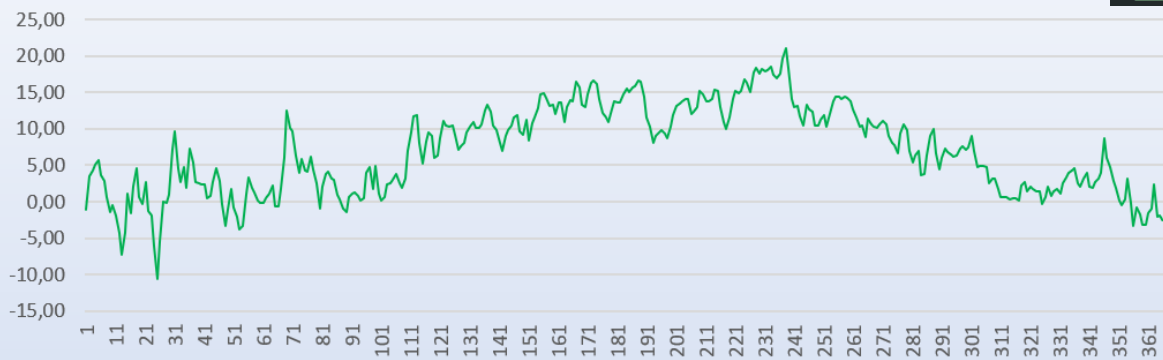
Allegato n°4-Rapporto modellazione HEC-HMS Anno 2000

HEC-HMS 4.10

Basin Models



Temperatura °C



Ietogramma

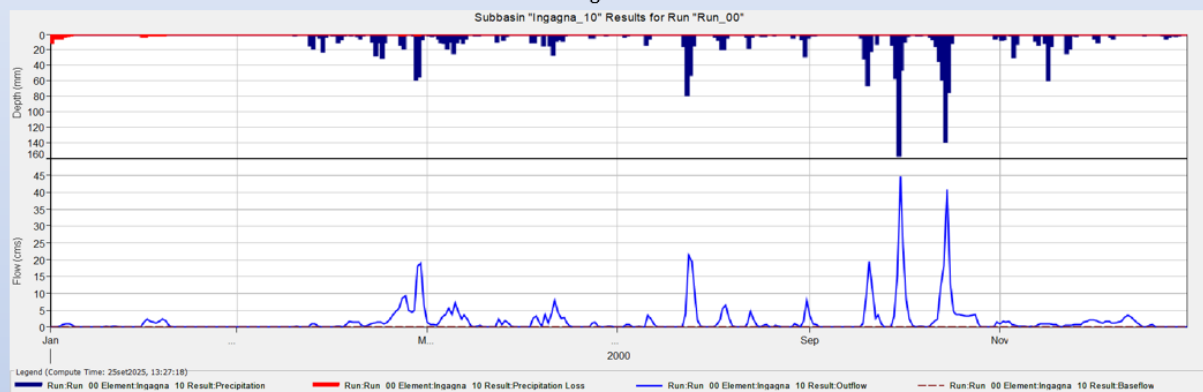
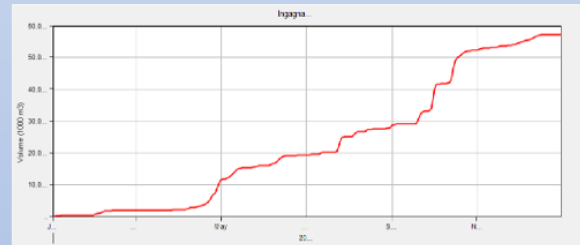


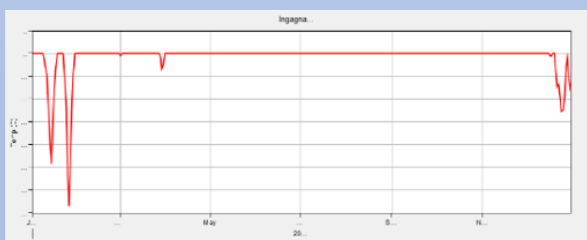
Tabella riassuntiva

Summary Results for Subbasin "Ingagna_10"	
Project: HMS_CC_INGAGNA Simulation Run: Run_00	
Subbasin: Ingagna_10	
Start of Run: 01gen2000, 00:00	Basin Model: Bacino_Ingagna_10
End of Run: 31dic2000, 00:00	Meteorologic Model: Met_Ingagna_10
Compute Time: 25set2025, 13:27:18	Control Specifications: Control_00
Volume Units: <input type="radio"/> MM <input checked="" type="radio"/> 1000 M3	
Computed Results	
Peak Discharge: 44,9 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 30set2000, 00:00
Peak SWE: 168,60 (MM)	Date/Time of Peak SWE: 24nov2000, 00:00
Precipitation Volume: 59538,3 (1000 M3)	Direct Runoff Volume: 57261,4 (1000 M3)
Loss Volume: 2285,1 (1000 M3)	Baseflow Volume: 0,0 (1000 M3)
Excess Volume: 57261,4 (1000 M3)	Discharge Volume: 57261,4 (1000 M3)

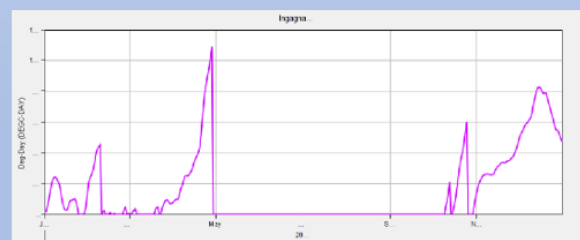
Cumulative outflow



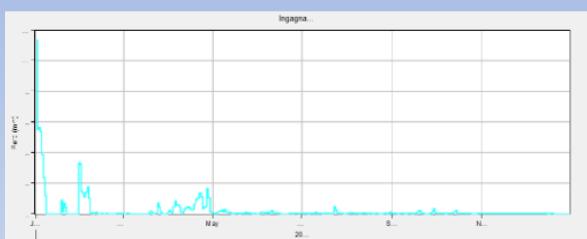
Cold Content - ATI



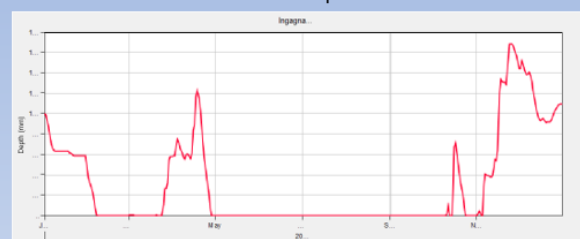
Melt rate



Soil infiltration



Snow Water Equivalent

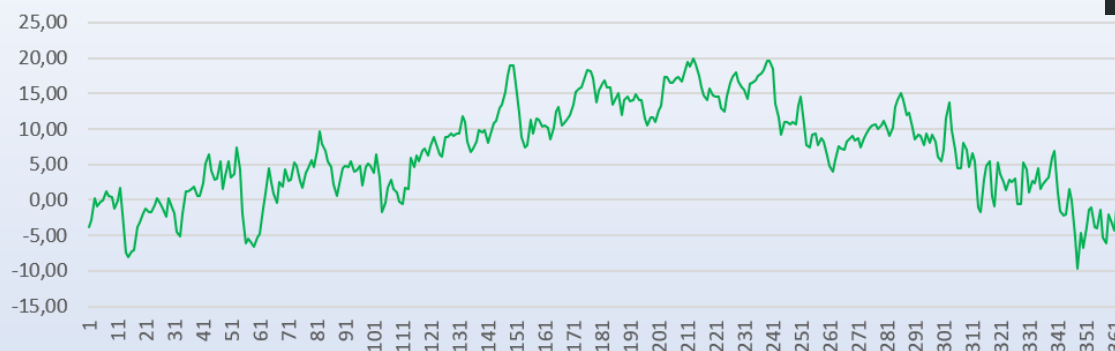


Allegato n°5-Rapporto modellazione HEC-HMS Anno 2001

HEC-HMS 4.10
Basin Models



Temperatura °C



Ietogramma

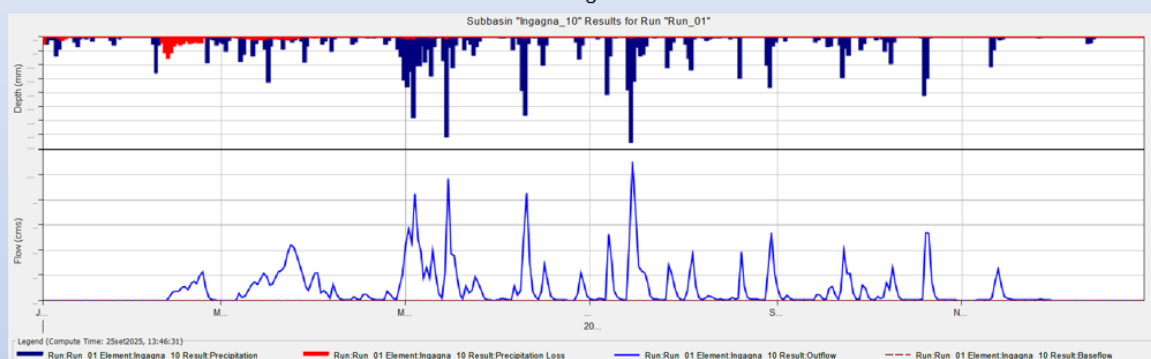


Tabella riassuntiva

Summary Results for Subbasin "Ingagna_10"

Project: HMS_CC_INGAGNA Simulation Run: Run_01
Subbasin: Ingagna_10

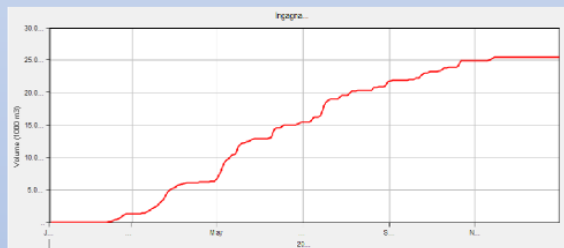
Start of Run: 01gen2001, 00:00 Basin Model: Bacio_Ingagna_10
End of Run: 31dic2001, 00:00 Meteorologic Model: Met_Ingagna_10
Compute Time: 25set2025, 13:46:31 Control Specifications: Control_01

Volume Units: ☐ MM ☒ 1000 M3

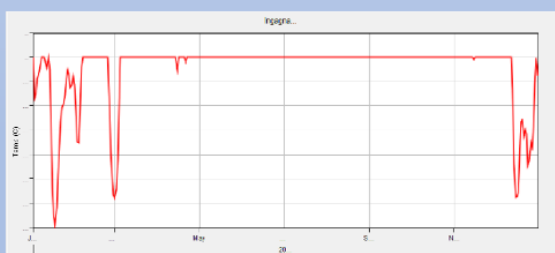
Computed Results

Peak Discharge:	11,1 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	15lug2001, 00:00
Peak SWE:	154,06 (MM)	Date/Time of Peak SWE:	09feb2001, 00:00
Precipitation Volume:	24572,5 (1000 M3)	Direct Runoff Volume:	25499,6 (1000 M3)
Loss Volume:	2217,0 (1000 M3)	Baseflow Volume:	0,0 (1000 M3)
Excess Volume:	25499,6 (1000 M3)	Discharge Volume:	25499,6 (1000 M3)

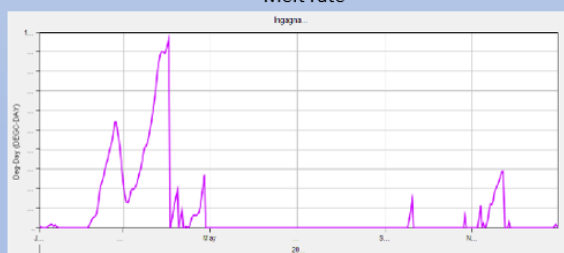
Cumulative outflow



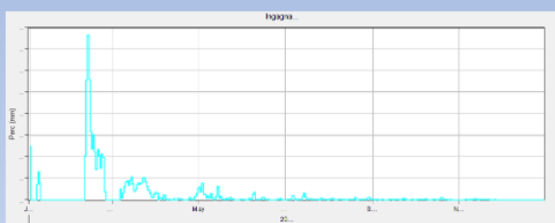
Cold Content - ATI



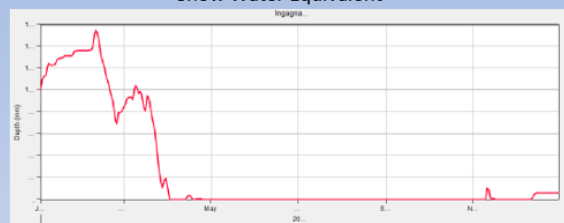
Melt rate



Soil infiltration



Snow Water Equivalent



Allegato n°6-Rapporto modellazione HEC-HMS Anno 2002

HEC-HMS 4.10

Basin Models



Temperatura °C

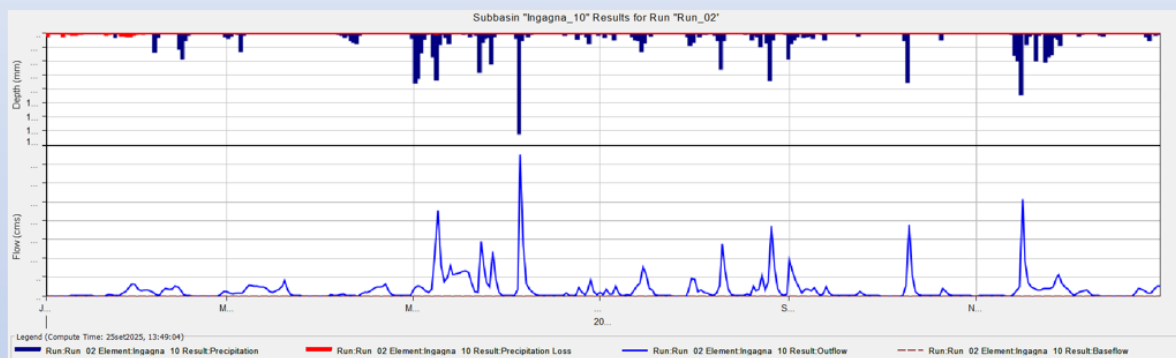
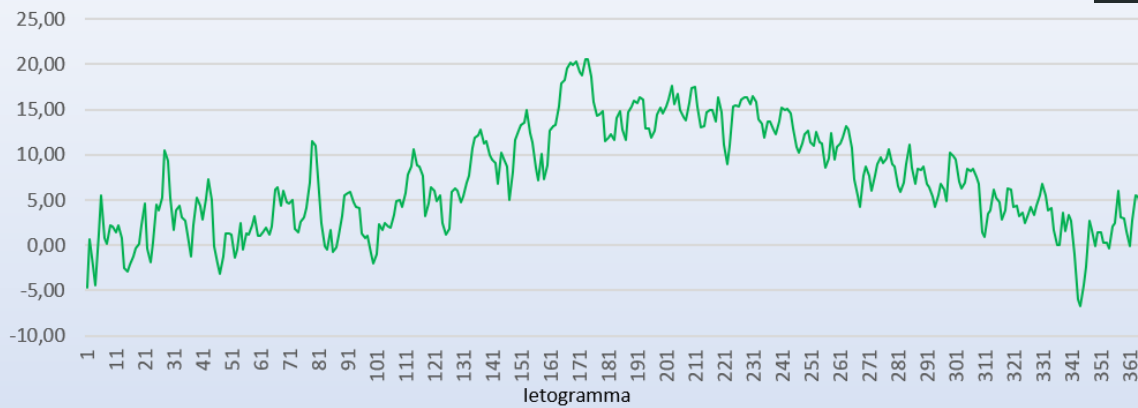
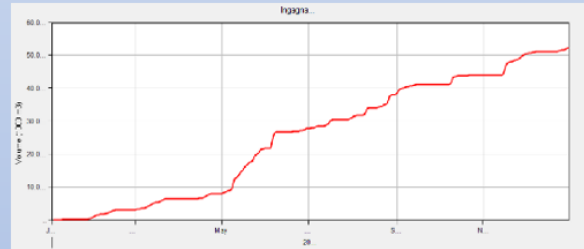


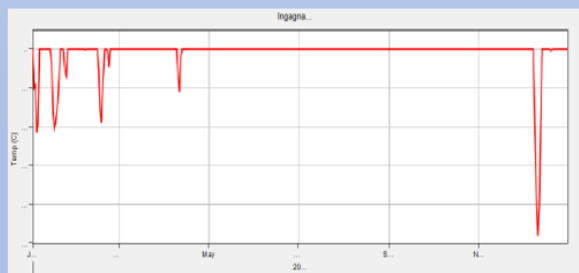
Tabella riassuntiva

Summary Results for Subbasin "Ingagna_10"	
Project: HMS_CC_INGAGNA	Simulation Run: Run_02
Subbasin: Ingagna_10	
Start of Run: 01gen2002, 00:00	Basin Model: Bacino_Ingagna_10
End of Run: 31dic2002, 00:00	Meteorologic Model: Met_Ingagna_10
Compute Time: 25set2025, 13:49:04	Control Specifications: Control_02
Volume Units: <input type="radio"/> MM <input checked="" type="radio"/> 1000 M3	
Computed Results	
Peak Discharge: 37,7 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 05giu2002, 00:00
Peak SWE: 159,18 (MM)	Date/Time of Peak SWE: 26nov2002, 00:00
Precipitation Volume: 54865,8 (1000 M3)	Direct Runoff Volume: 52257,6 (1000 M3)
Loss Volume: 2279,7 (1000 M3)	Baseflow Volume: 0,0 (1000 M3)
Excess Volume: 52437,2 (1000 M3)	Discharge Volume: 52257,6 (1000 M3)

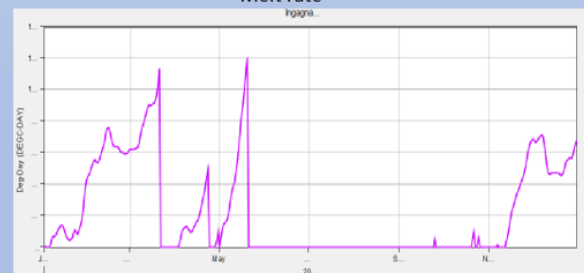
Cumulative outflow



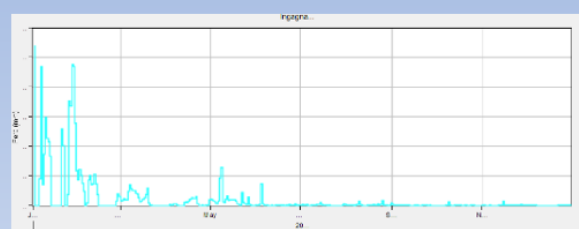
Cold Content - ATI



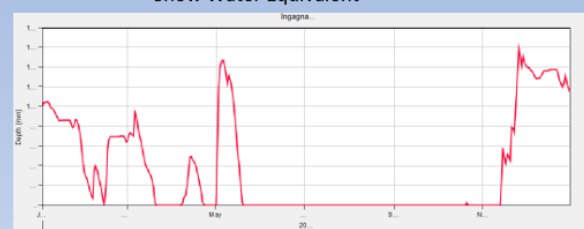
Melt rate



Soil infiltration



Snow Water Equivalent



Allegato n°7-Rapporto modellazione HEC-HMS Anno 2003

HEC-HMS 4.10

Basin Models



Temperatura °C



Ietogramma

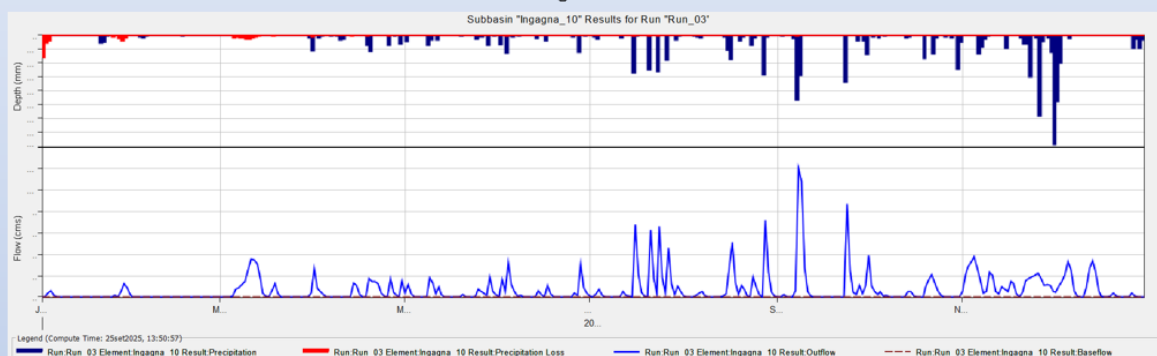
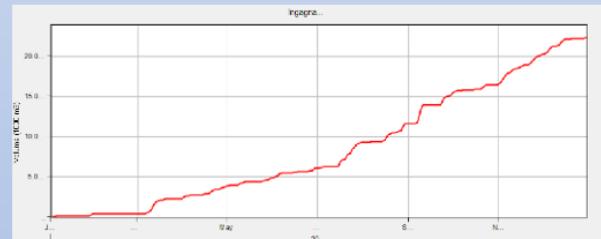


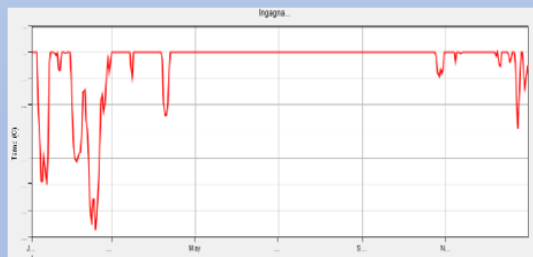
Tabella riassuntiva

Summary Results for Subbasin "Ingagna_10"			
Project: HMS_CC_INGAGNA		Simulation Run: Run_03	
Subbasin: Ingagna_10			
Start of Run: 01gen2003, 00:00	Basin Model: Barcino_Ingagna_10		
End of Run: 31dic2003, 00:00	Meteorologic Model: Met_Ingagna_10		
Compute Time: 25se2025, 13:50:57	Control Specifications: Control_03		
Volume Units: <input type="radio"/> MM <input checked="" type="radio"/> 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge: 12,0 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 08set2003, 00:00		
Peak SWE: 214,37 (MM)	Date/Time of Peak SWE: 04dic2003, 00:00		
Precipitation Volume: 26946,7 (1000 M3)	Direct Runoff Volume: 22305,0 (1000 M3)		
Loss Volume: 2200,9 (1000 M3)	Baseflow Volume: 0,0 (1000 M3)		
Excess Volume: 22305,0 (1000 M3)	Discharge Volume: 22305,0 (1000 M3)		

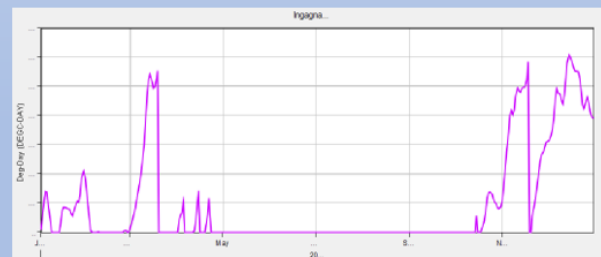
Cumulative outflow



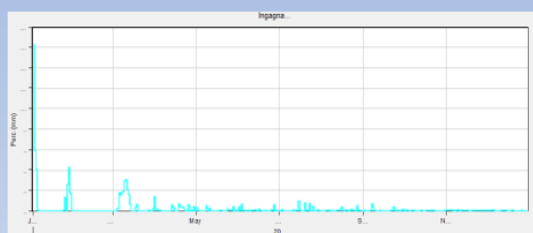
Cold Content - ATI



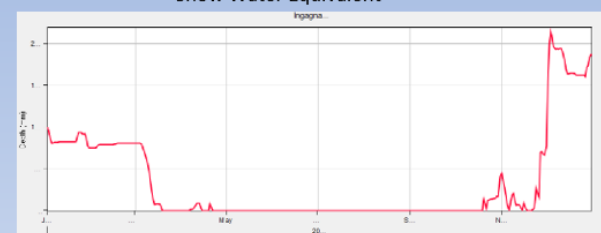
Melt rate



Soil infiltration



Snow Water Equivalent

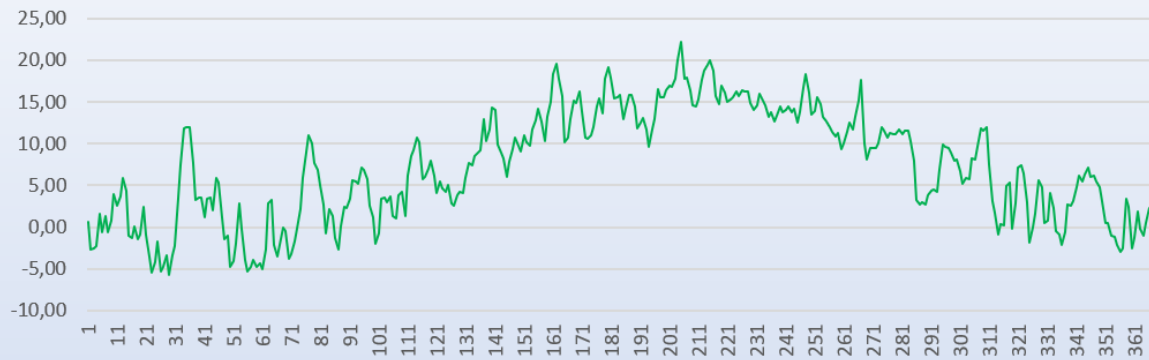


Allegato n°8-Rapporto modellazione HEC-HMS Anno 2004

HEC-HMS 4.10
Basin Models



Temperatura °C



Ietogramma

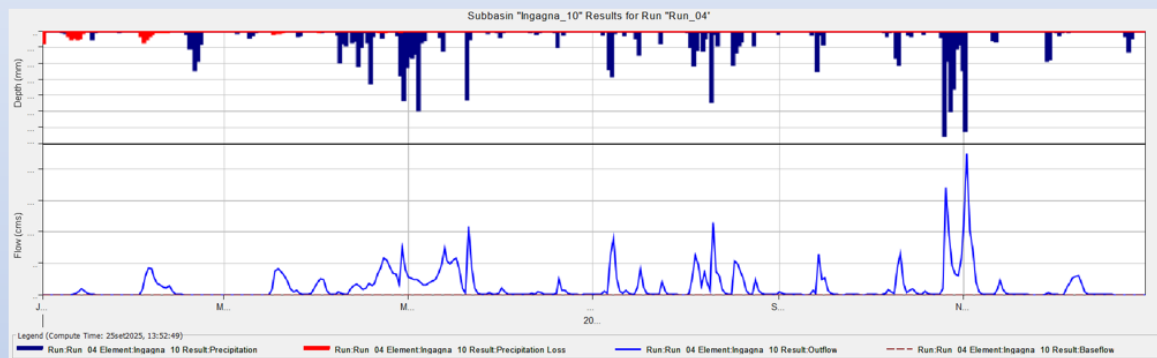


Tabella riassuntiva

Summary Results for Subbasin "Ingagna_10"

Project: HMS_CC_INGAGNA

Simulation Run: Run_04

Subbasin: Ingagna_10

Start of Run: 01gen2004, 00:00

Basin Model: Bacino_Ingagna_10

End of Run: 31dic2004, 00:00

Meteorologic Model: Met_Ingagna_10

Compute Time: 25set2025, 13:52:49

Control Specifications: Control_04

Volume Units: ☐ MM

☒ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 22,5 (M3/S)

Date/Time of Peak Discharge: 02nov2004, 00:00

Peak SWE: 123,45 (MM)

Date/Time of Peak SWE: 07mag2004, 00:00

Precipitation Volume: 37275,6 (1000 M3)

Direct Runoff Volume: 37691,8 (1000 M3)

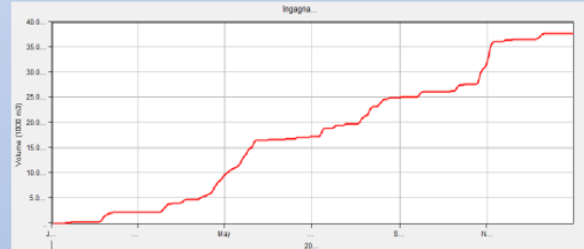
Loss Volume: 2255,5 (1000 M3)

Baseflow Volume: 0,0 (1000 M3)

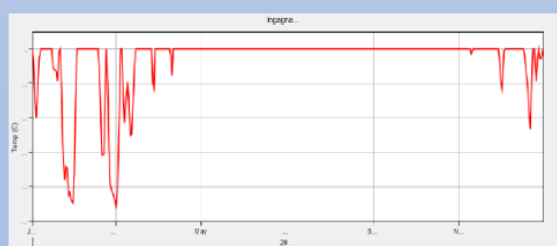
Excess Volume: 37691,8 (1000 M3)

Discharge Volume: 37691,8 (1000 M3)

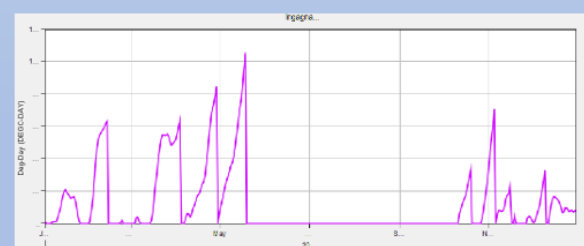
Cumulative outflow



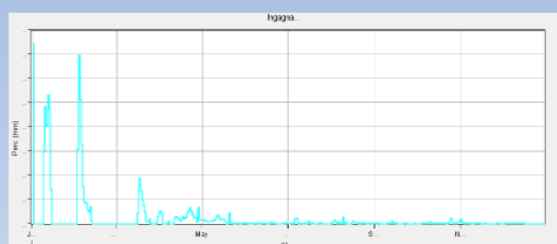
Cold Content - ATI



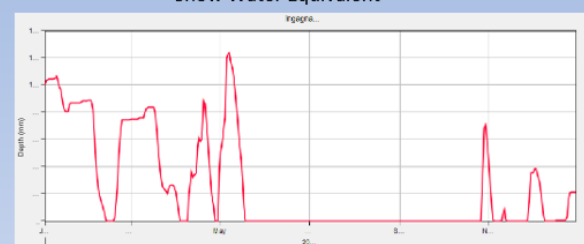
Melt rate



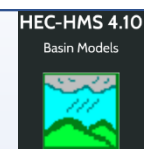
Soil infiltration



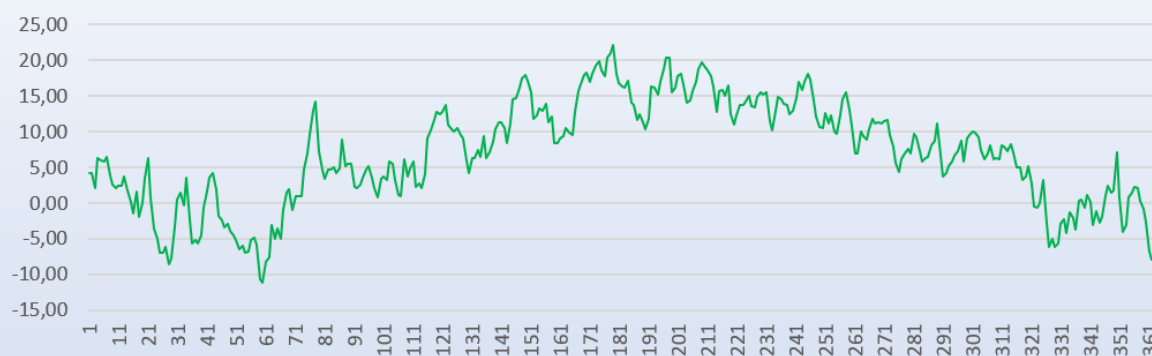
Snow Water Equivalent



Allegato n°9-Rapporto modellazione HEC-HMS Anno 2005



Temperatura °C



Ietogramma

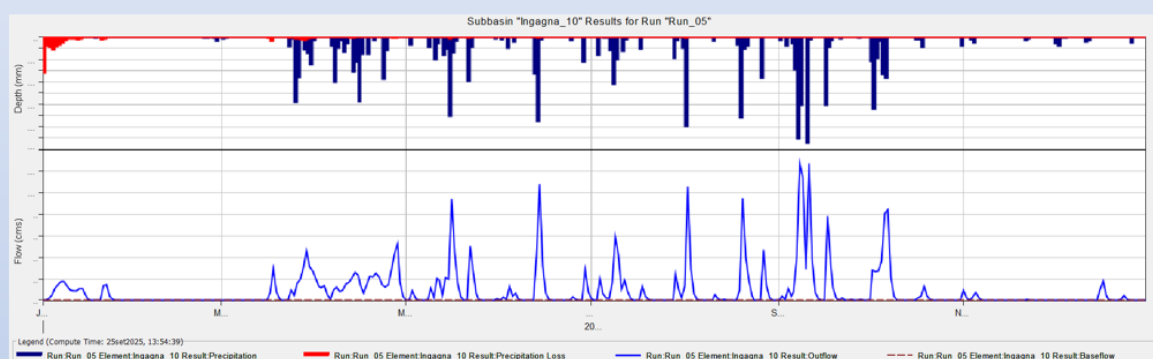


Tabella riassuntiva

Summary Results for Subbasin "Ingagna_10"

Project: HMS_CC_INGAGNA

Simulation Run: Run_05

Subbasin: Ingagna_10

Start of Run: 01gen2005, 00:00

End of Run: 31dic2005, 00:00

Compute Time: 25set2025, 13:54:39

Basin Model: Bacino_Ingagna_10

Meteorologic Model: Met_Ingagna_10

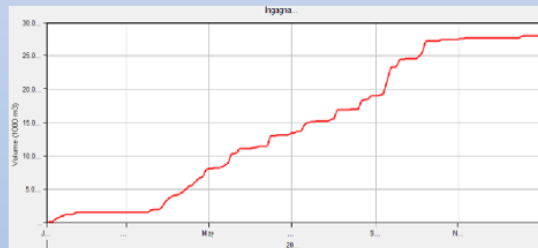
Control Specifications: Control_05

Volume Units: ☐ MM ☒ 1000 M3

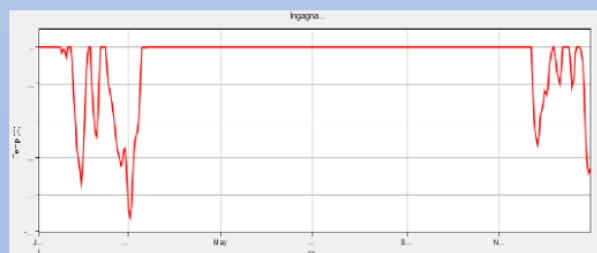
Computed Results

Peak Discharge:	12,8 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	11set2005, 00:00
Peak SWE:	100,00 (MM)	Date/Time of Peak SWE:	01gen2005, 00:00
Precipitation Volume:	27151,4 (1 000 M3)	Direct Runoff Volume:	28083,2 (1 000 M3)
Loss Volume:	2227,6 (1 000 M3)	Baseflow Volume:	0,0 (1 000 M3)
Excess Volume:	28083,2 (1 000 M3)	Discharge Volume:	28083,2 (1 000 M3)

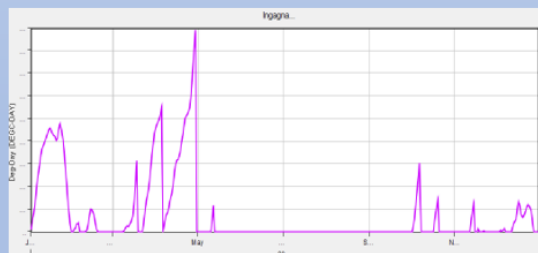
Cumulative outflow



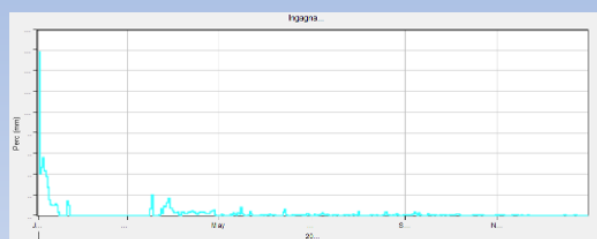
Cold Content - ATI



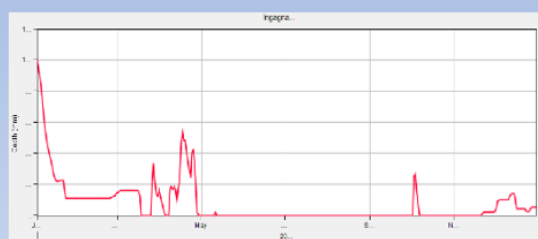
Melt rate



Soil infiltration



Snow Water Equivalent

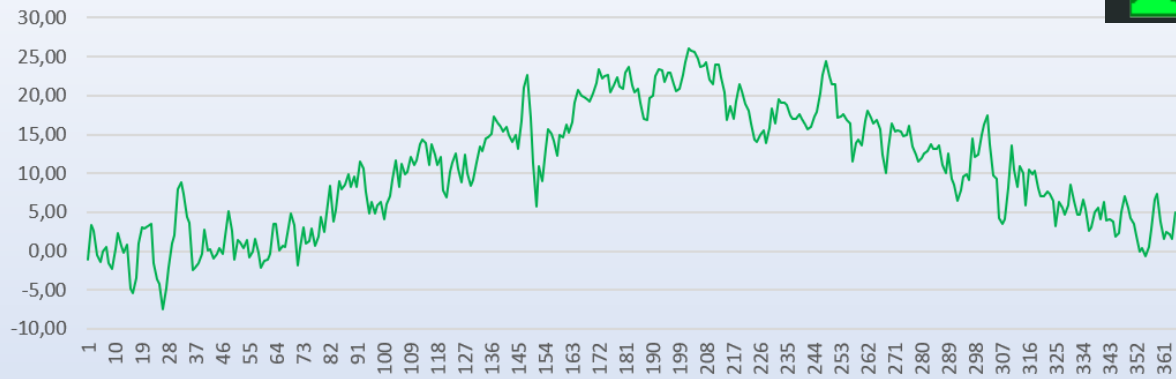


Allegato n° 10-Rapporto modellazione HEC-HMS Anno 2006

HEC-HMS 4.10
Basin Models



Temperatura °C



Ietogramma

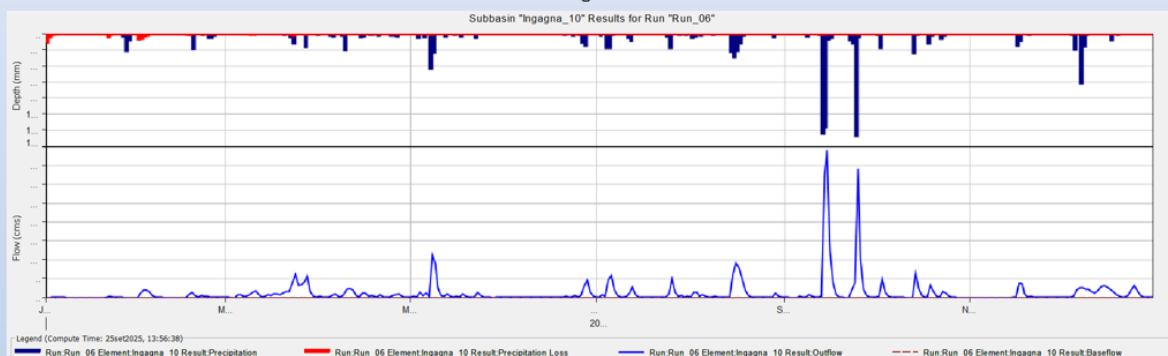


Tabella riassuntiva

Summary Results for Subbasin "Ingagna_10"

Project:HMS_CC_INGAGNA

Simulation Run:Run_06

Subbasin:Ingagna_10

Start of Run:01gen2006, 00:00

Basin Model:Bacino_Ingagna_10

End of Run:31dic2006, 00:00

Meteorologic Model:Met_Ingagna_10

Compute Time:25set2025, 13:56:38

Control Specifications:Control_06

Volume Units:

☐ MM
☒ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge:39,1 (M3/S)

Date/Time of Peak Discharge:15set2006, 00:00

Peak SWE:120,30 (MM)

Date/Time of Peak SWE:31gen2006, 00:00

Precipitation Volume:33004,2 (1000 M3)

Direct Runoff Volume:34069,3 (1000 M3)

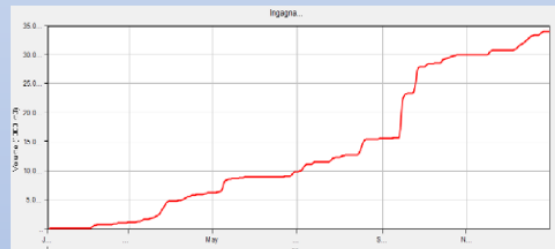
Loss Volume:2246,6 (1000 M3)

Baseflow Volume:0,0 (1000 M3)

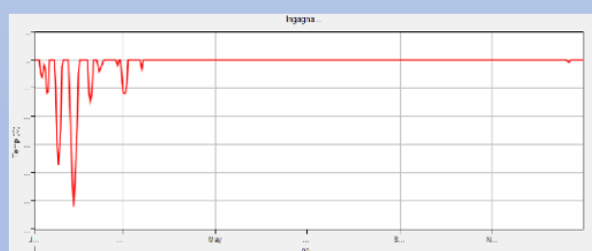
Excess Volume:34069,6 (1000 M3)

Discharge Volume:34069,3 (1000 M3)

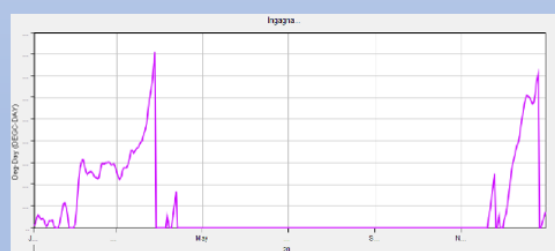
Cumulative outflow



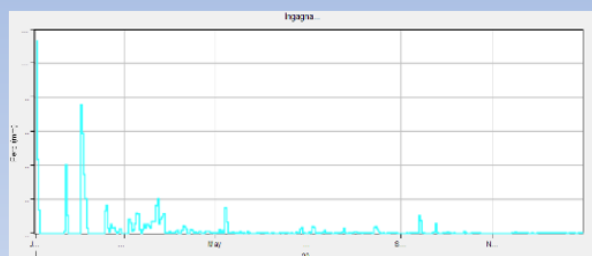
Cold Content - ATI



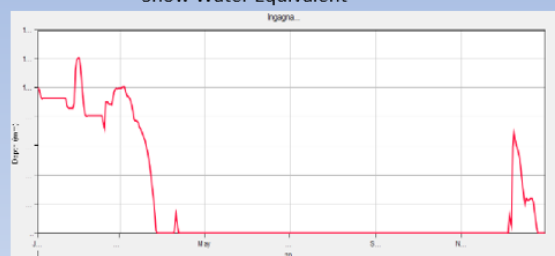
Melt rate



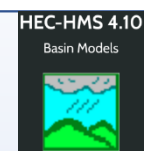
Soil infiltration



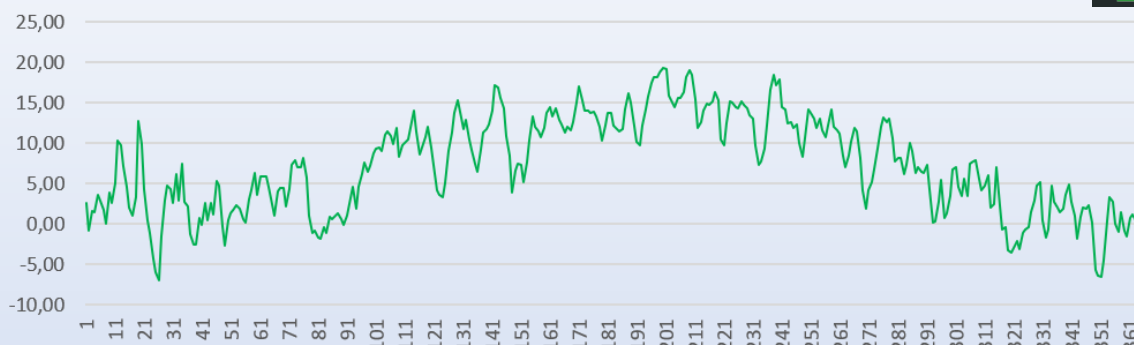
Snow Water Equivalent



Allegato n°11-Rapporto modellazione HEC-HMS Anno 2007



Temperatura °C



Ietogramma

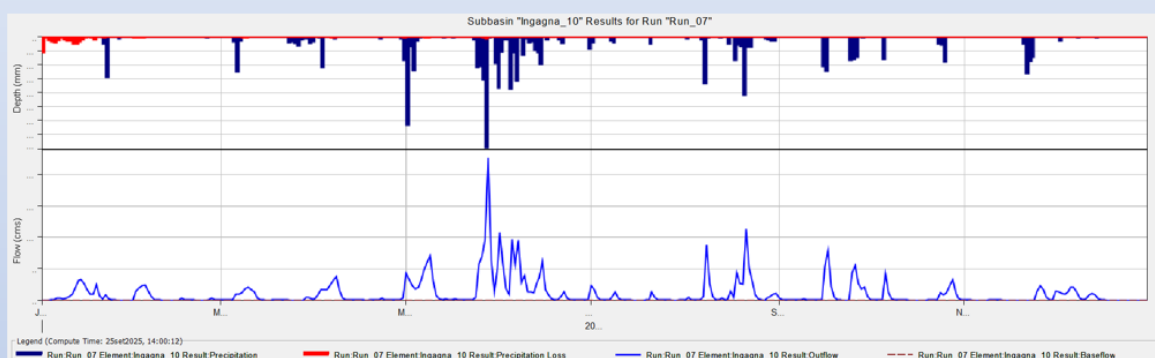


Tabella riassuntiva

Summary Results for Subbasin "Ingagna_10"

Project: HMS_CC_INGAGNA

Simulation Run: Run_07

Subbasin: Ingagna_10

Start of Run: 01gen2007, 00:00

Basin Model: Bacino_Ingagna_10

End of Run: 31dic2007, 00:00

Meteorologic Model: Met_Ingagna_10

Compute Time: 25set2025, 14:00:12

Control Specifications: Control_07

Volume Units: ☐ MM ☒ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 22,7 (M3/S)

Date/Time of Peak Discharge: 28mag2007, 00:00

Peak SWE: 100,00 (MM)

Date/Time of Peak SWE: 01gen2007, 00:00

Precipitation Volume: 30110,0 (1000 M3)

Direct Runoff Volume: 30918,5 (1000 M3)

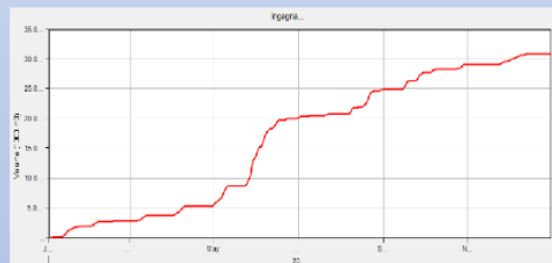
Loss Volume: 2237,4 (1000 M3)

Baseflow Volume: 0,0 (1000 M3)

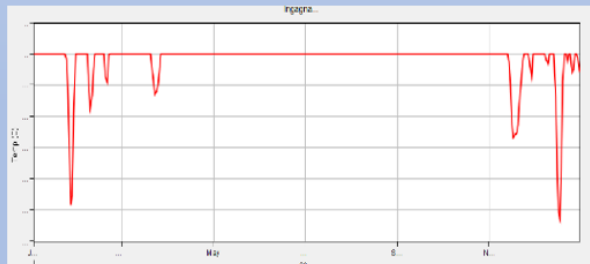
Excess Volume: 30918,5 (1000 M3)

Discharge Volume: 30918,5 (1000 M3)

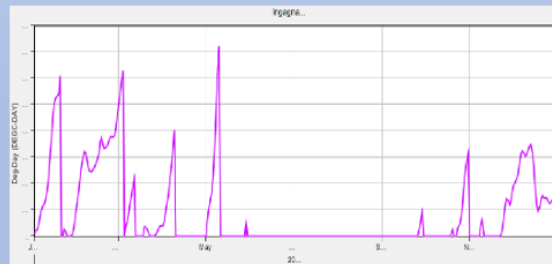
Cumulative outflow



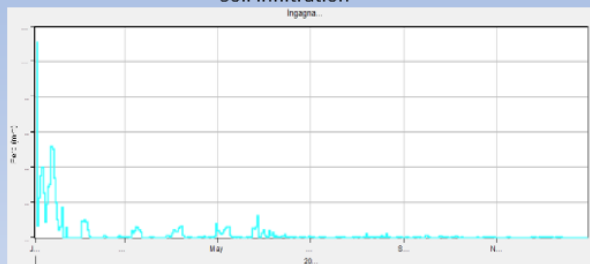
Cold Content - ATI



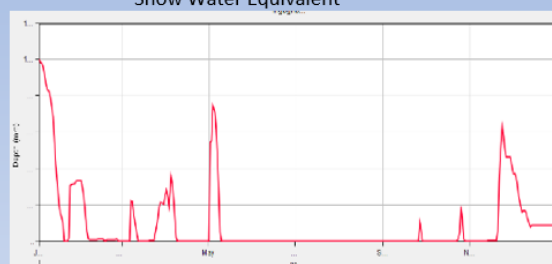
Melt rate



Soil infiltration

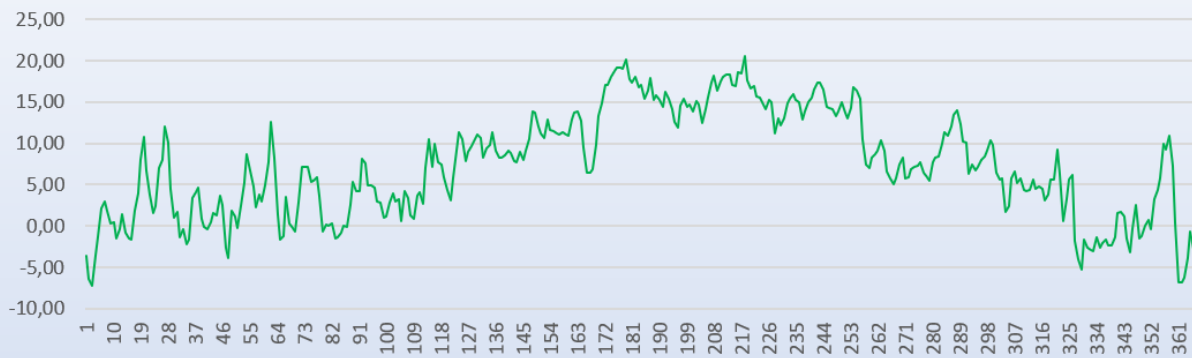


Snow Water Equivalent





Temperatura °C



Ietogramma

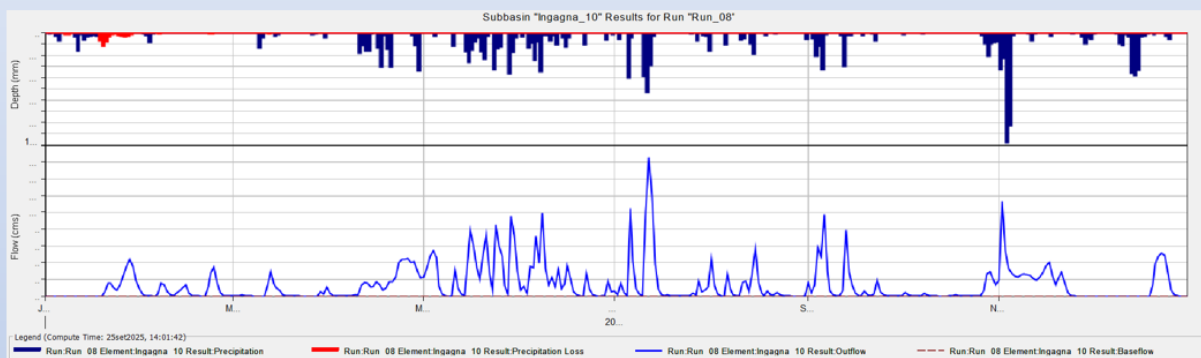
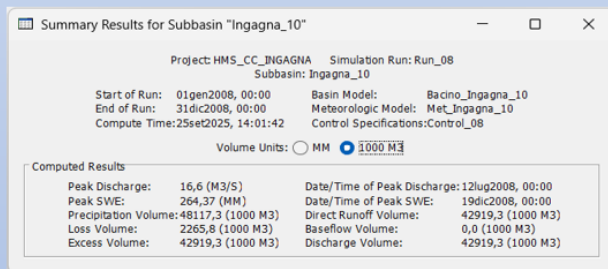
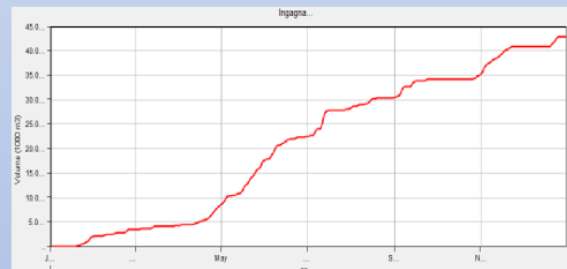


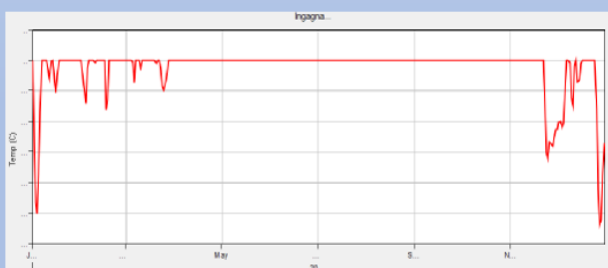
Tabella riassuntiva



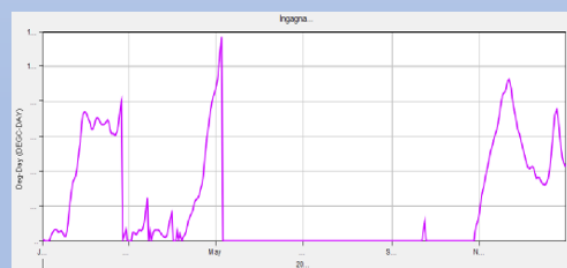
Cumulative outflow



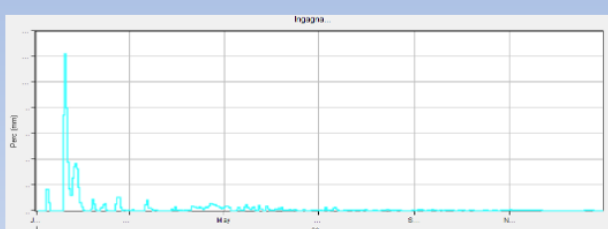
Cold Content - ATI



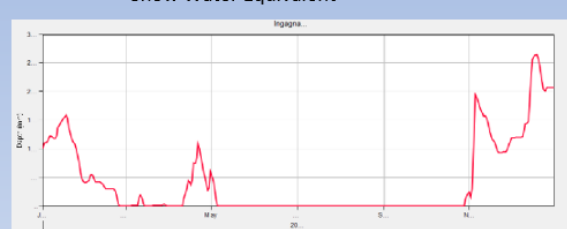
Melt rate



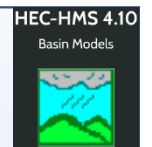
Soil infiltration



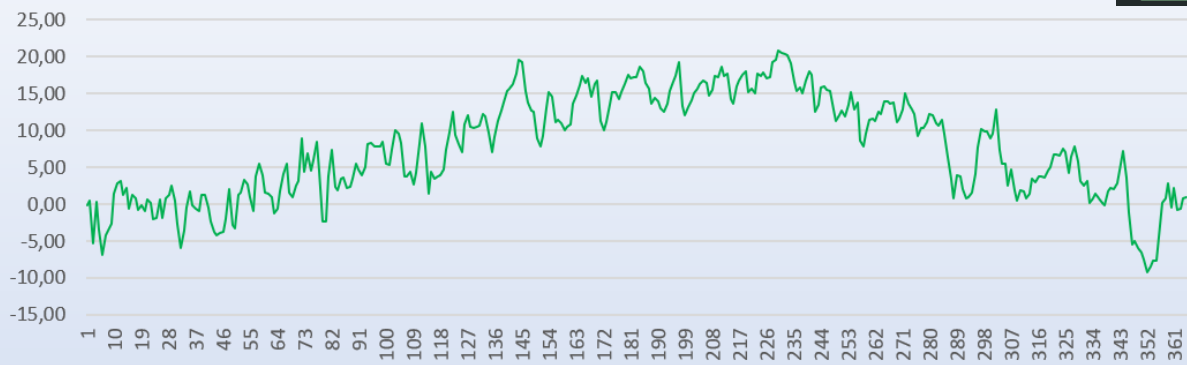
Snow Water Equivalent



Allegato n°13-Rapporto modellazione HEC-HMS Anno 2009



Temperatura °C



Ietogramma

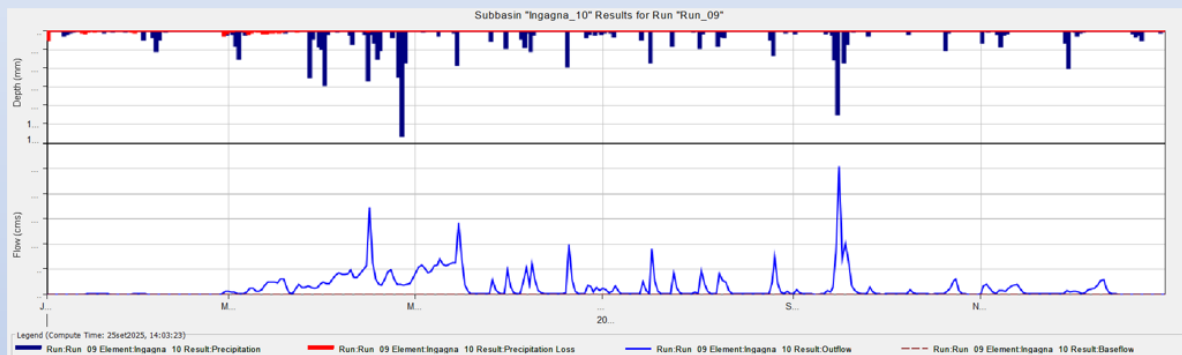
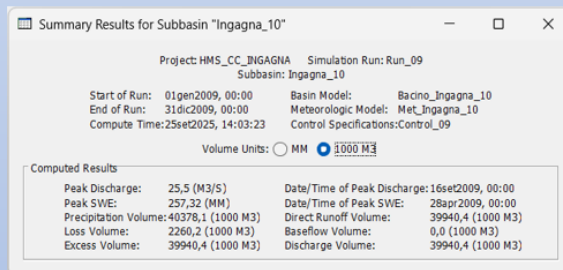
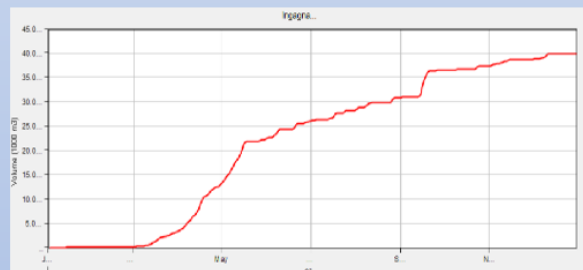


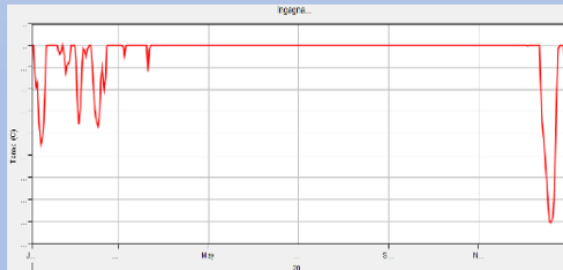
Tabella riassuntiva



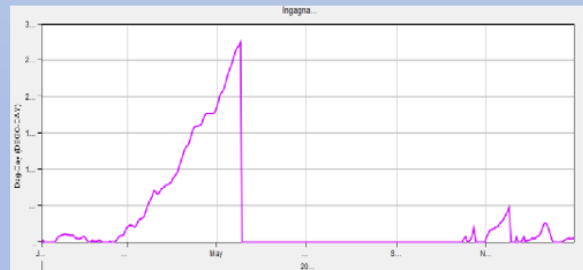
Cumulative outflow



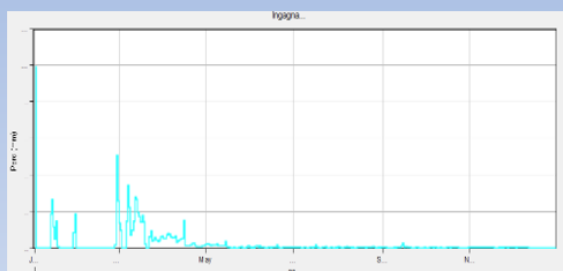
Cold Content - ATI



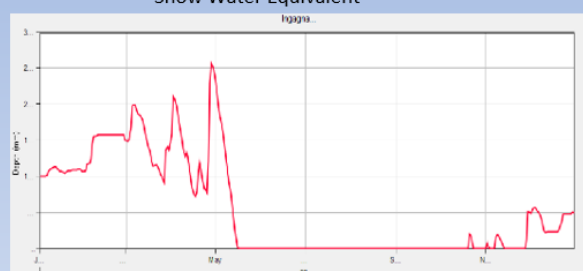
Melt rate



Soil infiltration



Snow Water Equivalent



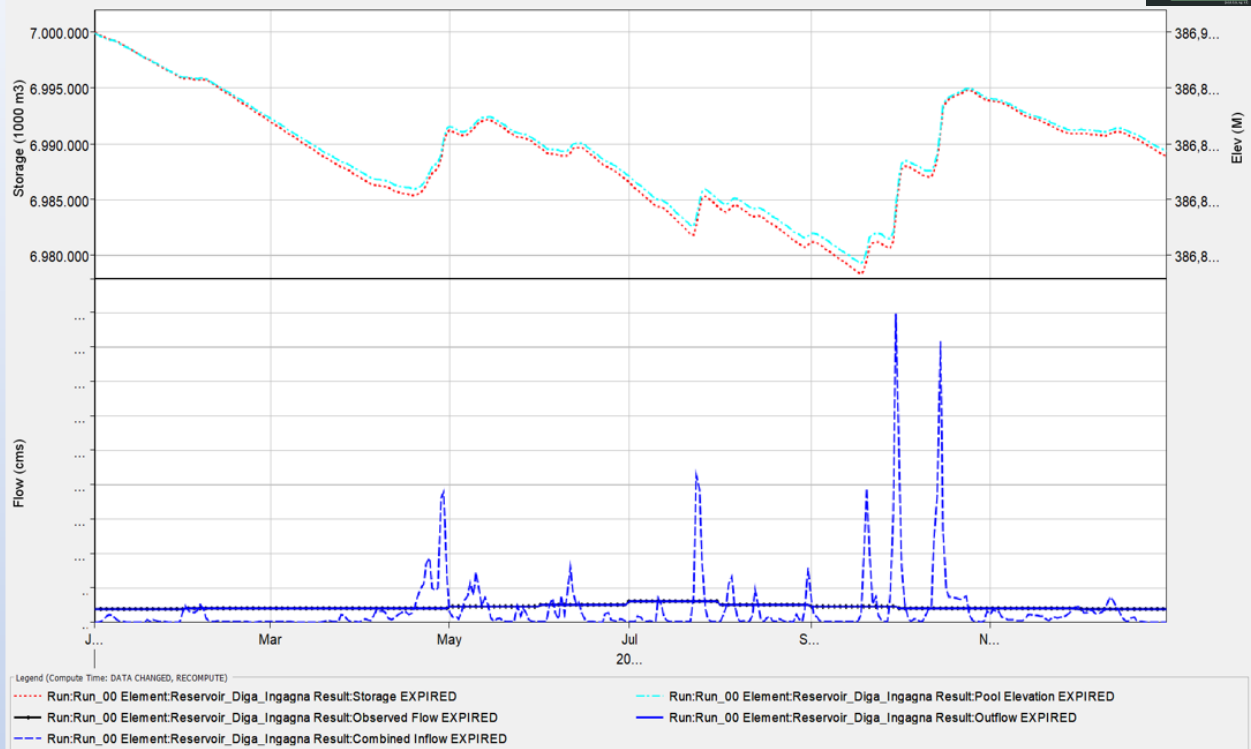
Allegato n° 14-Rapporto Reservoir HEC-HMS Anno 2000

HEC-HMS 4.10

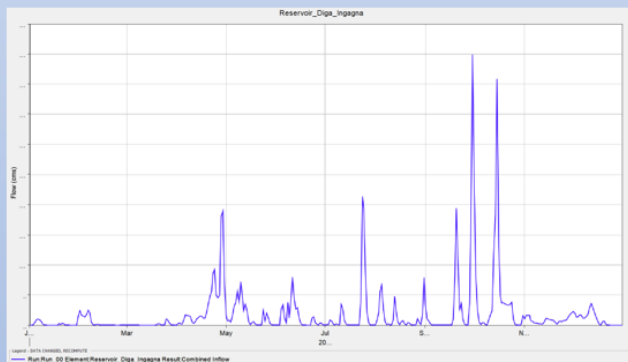
Basin Models



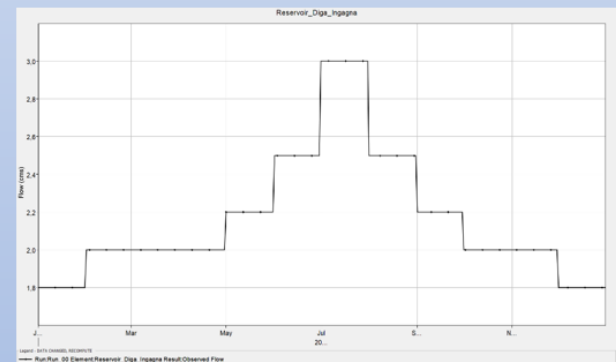
Reservoir "Reservoir_Diga_Ingagna" Results for Run "Run_00"



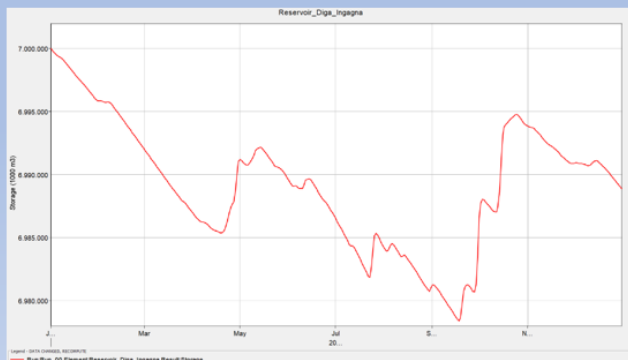
Portata Inflow (Qin)



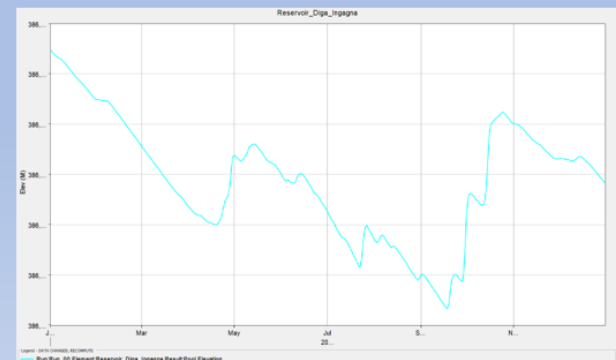
Portata Outflow (Qout)



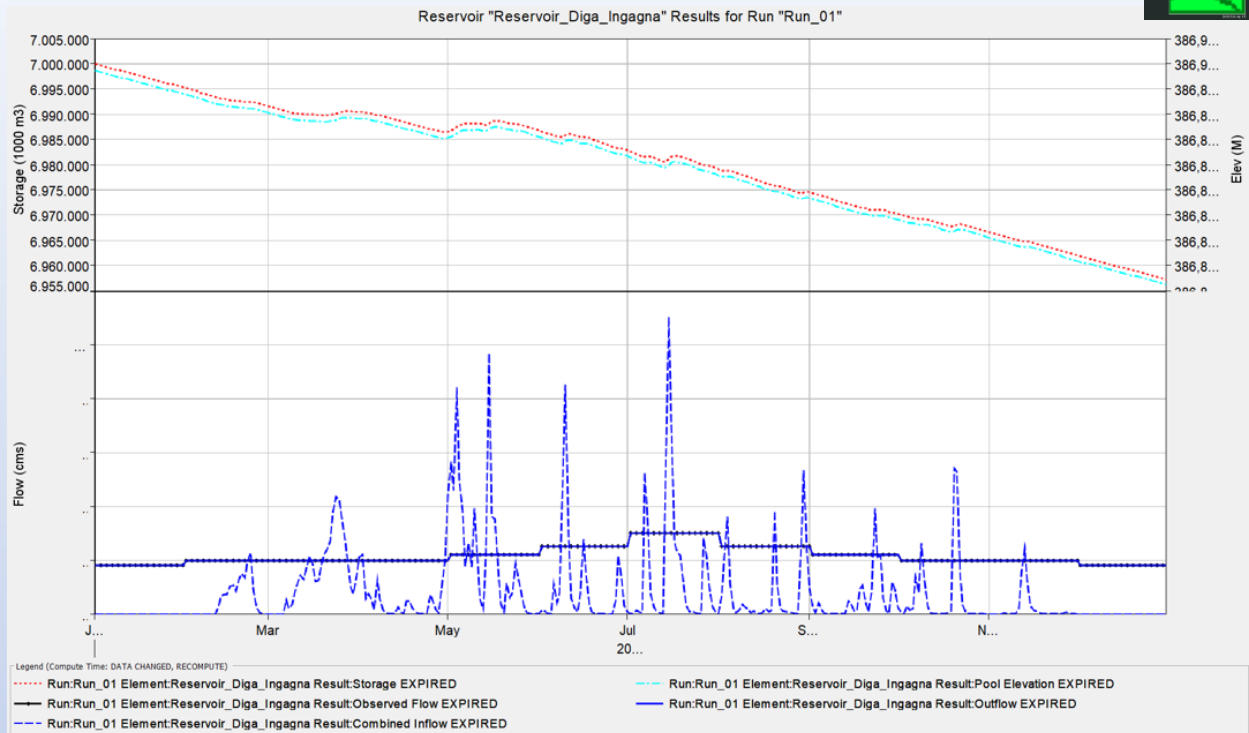
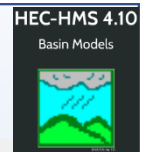
Storage (m3)



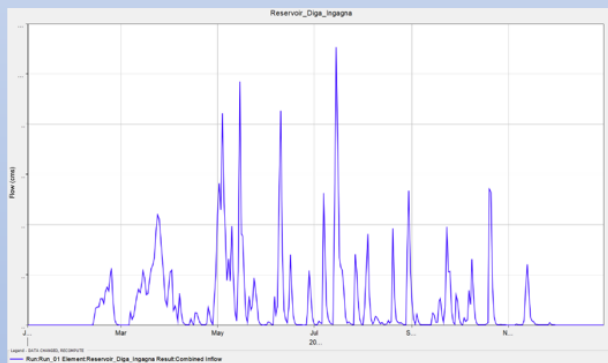
Pool Elevation (m)



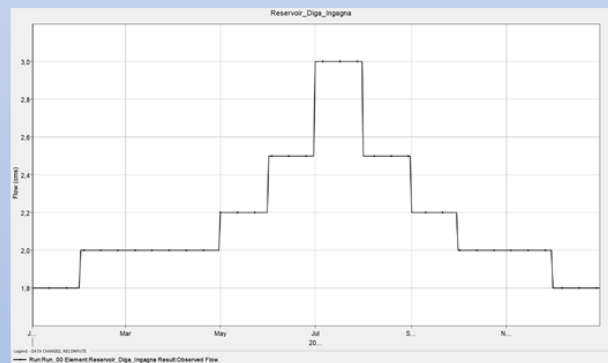
Allegato n° 15-Rapporto Reservoir HEC-HMS Anno 2001



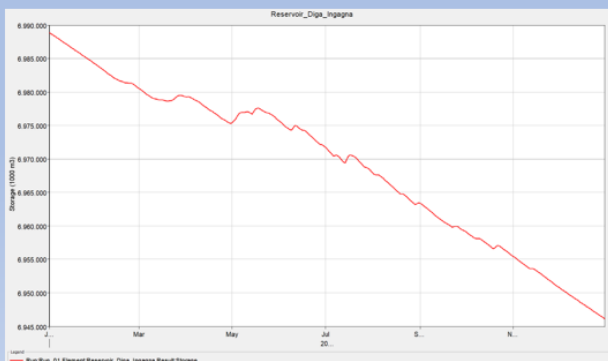
Portata Inflow (Qin)



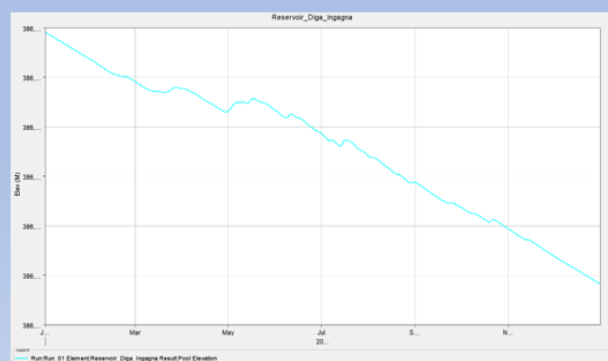
Portata Outflow (Qout)



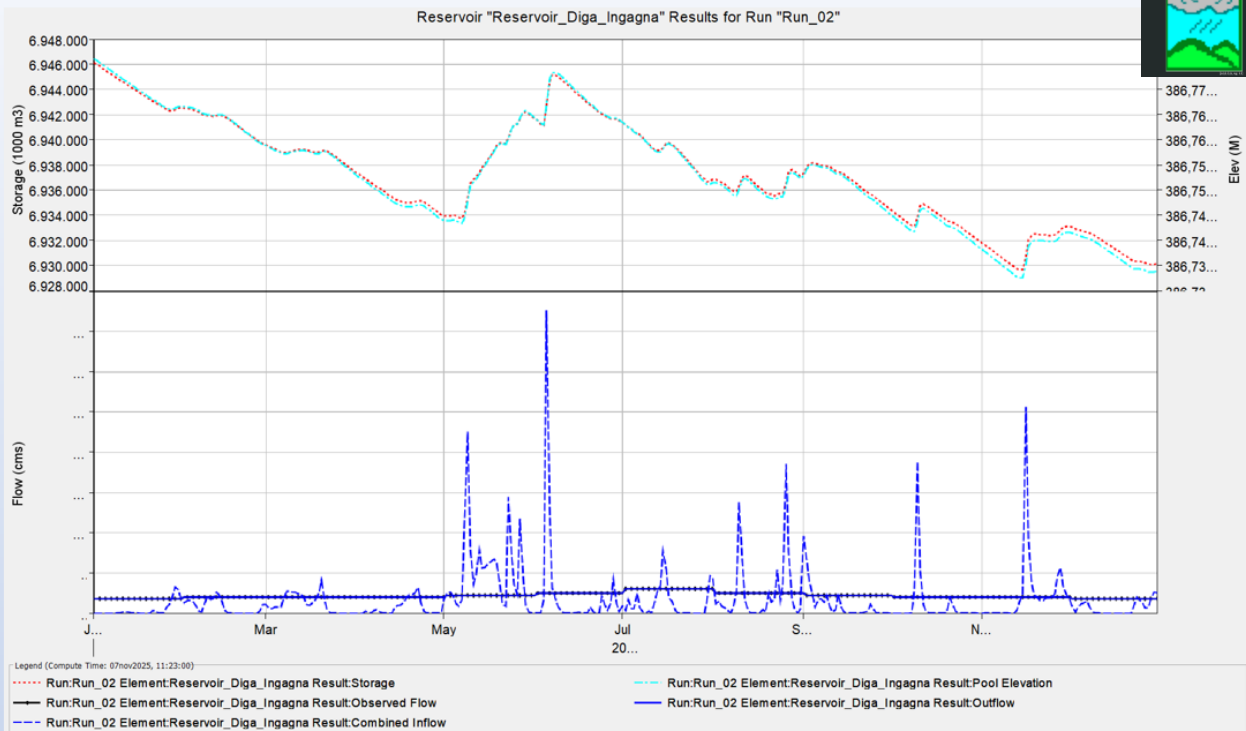
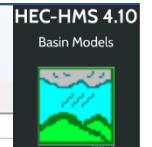
Storage (m3)



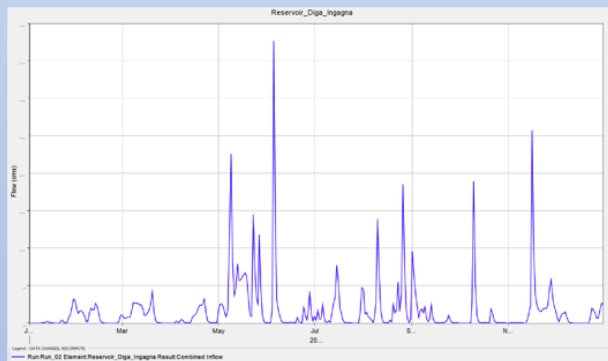
Pool Elevation (m)



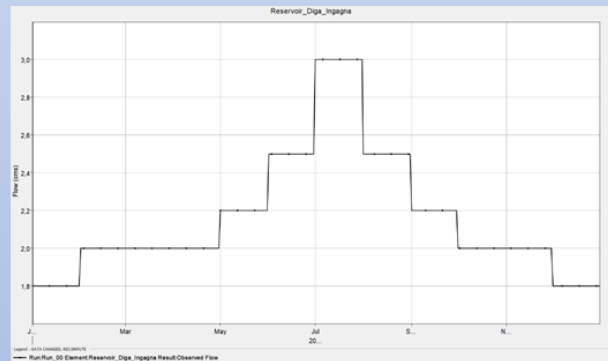
Allegato n° 16-Rapporto Reservoir HEC-HMS Anno 2002



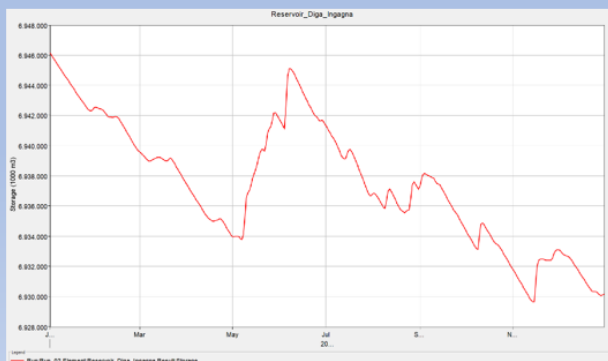
Portata Inflow (Qin)



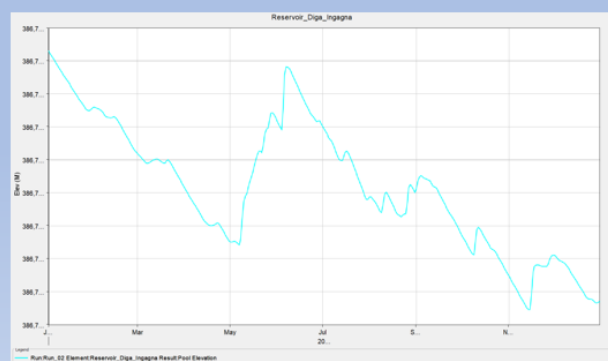
Portata Outflow (Qout)



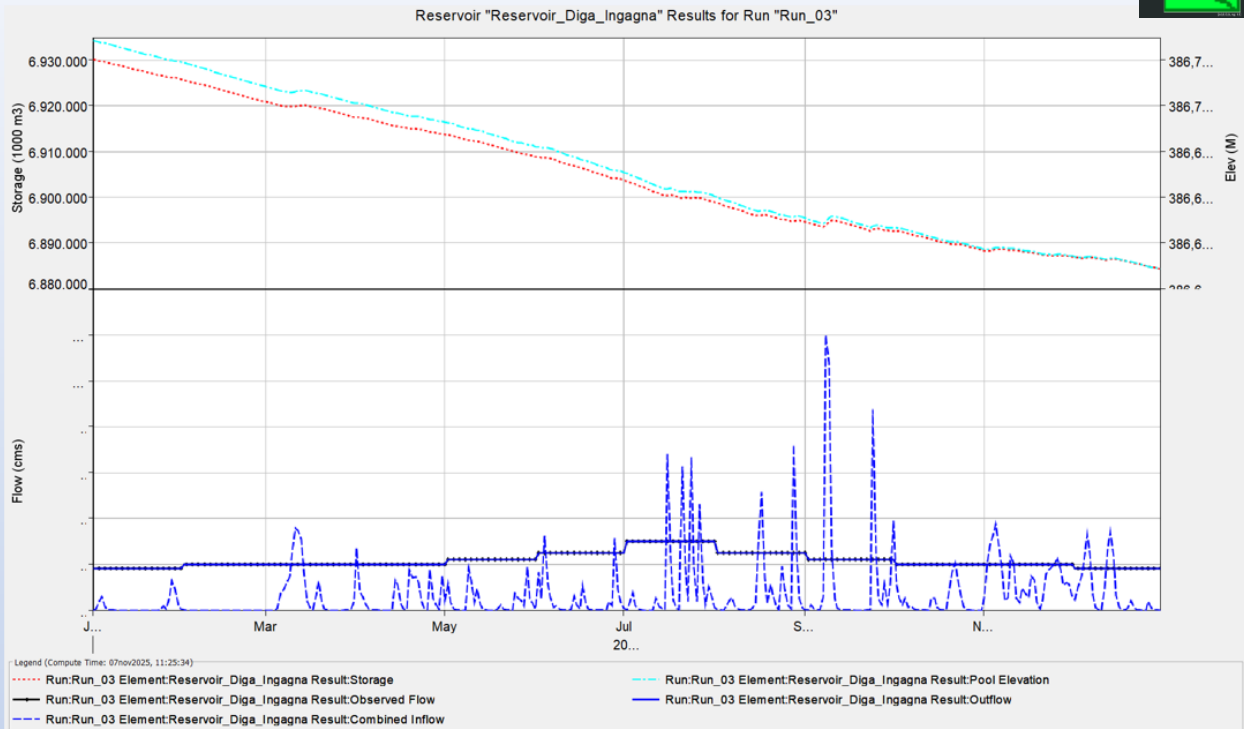
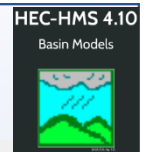
Storage (m3)



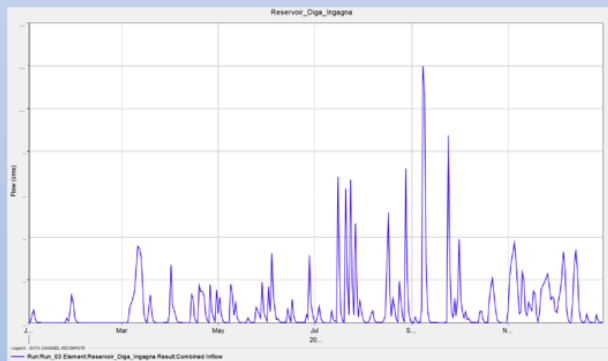
Pool Elevation (m)



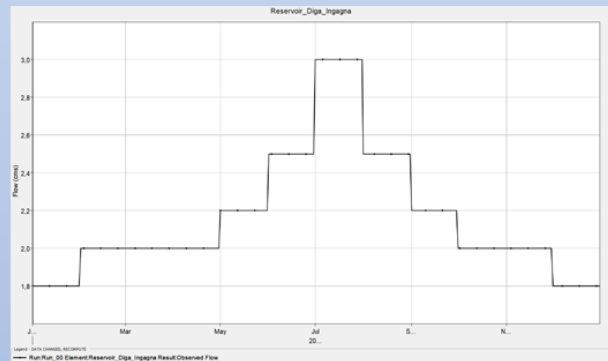
Allegato n° 17-Rapporto Reservoir HEC-HMS Anno 2003



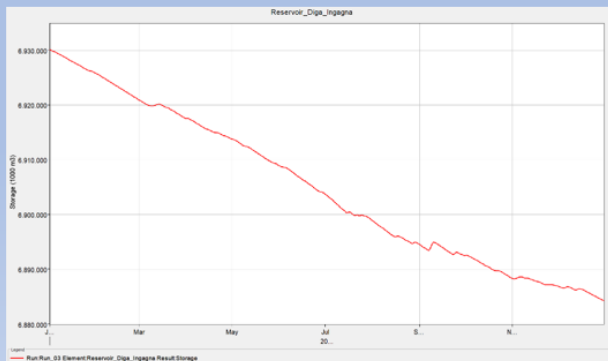
Portata Inflow (Qin)



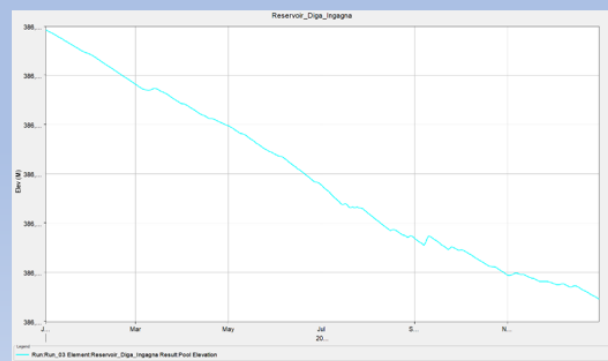
Portata Outflow (Qout)



Storage (m3)



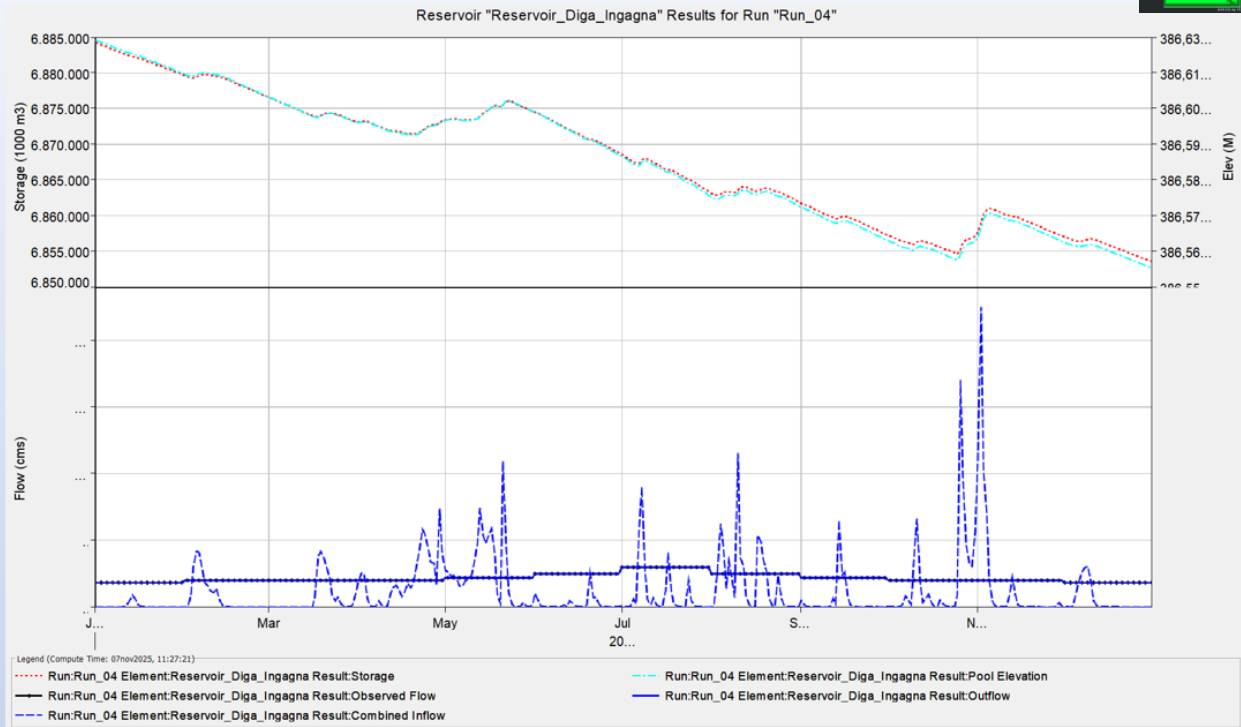
Pool Elevation (m)



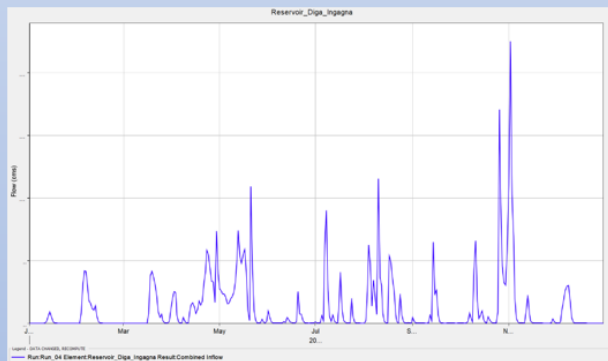
Allegato n° 18-Rapporto Reservoir HEC-HMS Anno 2004

HEC-HMS 4.10

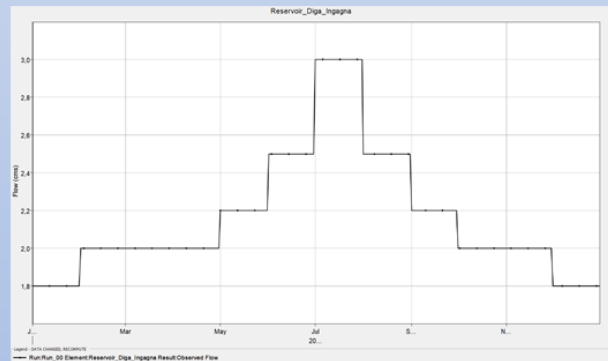
Basin Models



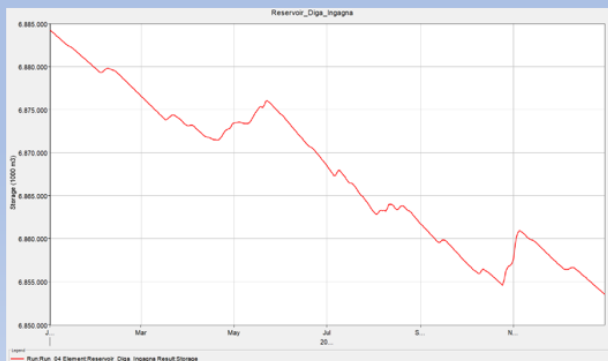
Portata Inflow (Qin)



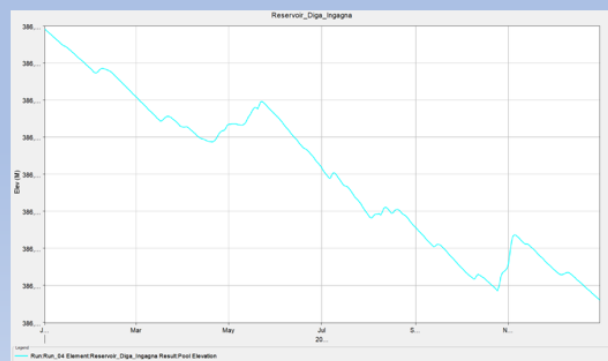
Portata Outflow (Qout)



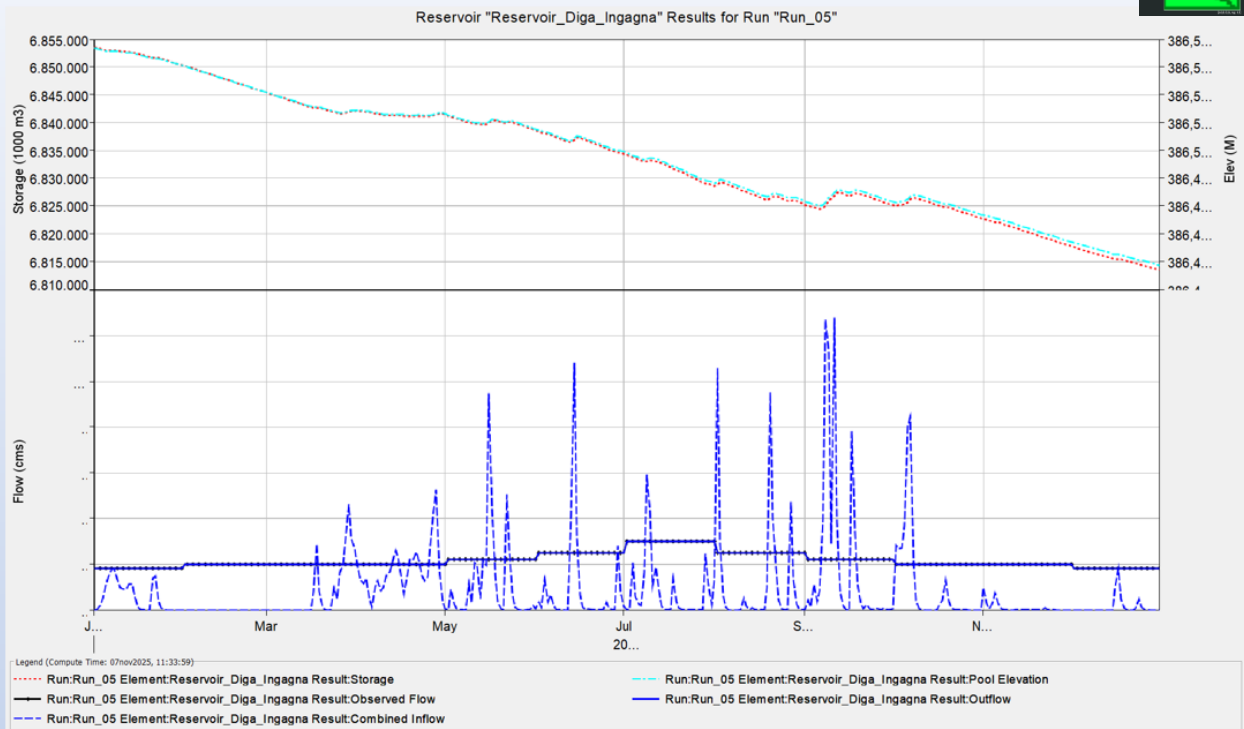
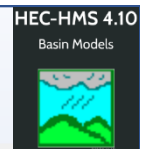
Storage (m3)



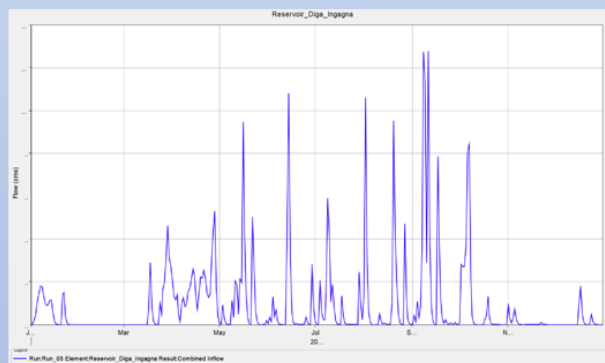
Pool Elevation (m)



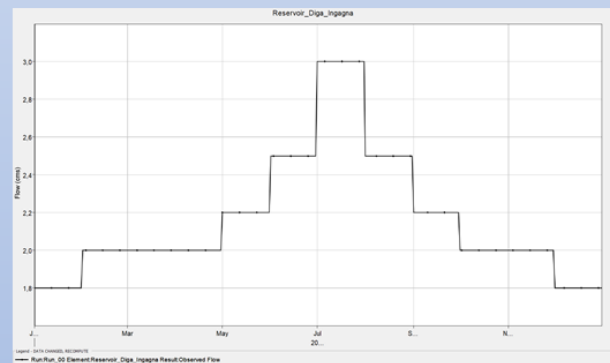
Allegato n°19-Rapporto Reservoir HEC-HMS Anno 2005



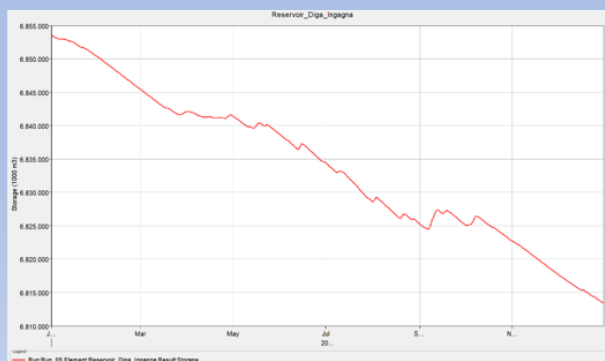
Portata Inflow (Qin)



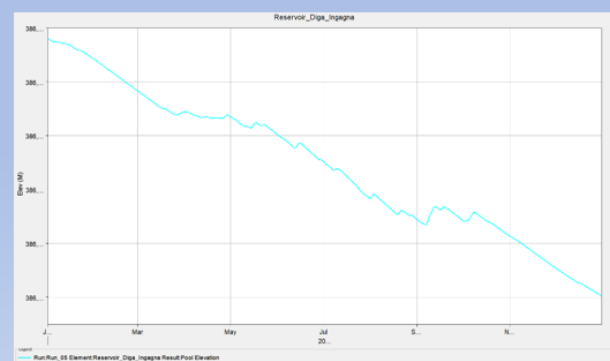
Portata Outflow (Qout)



Storage (m3)



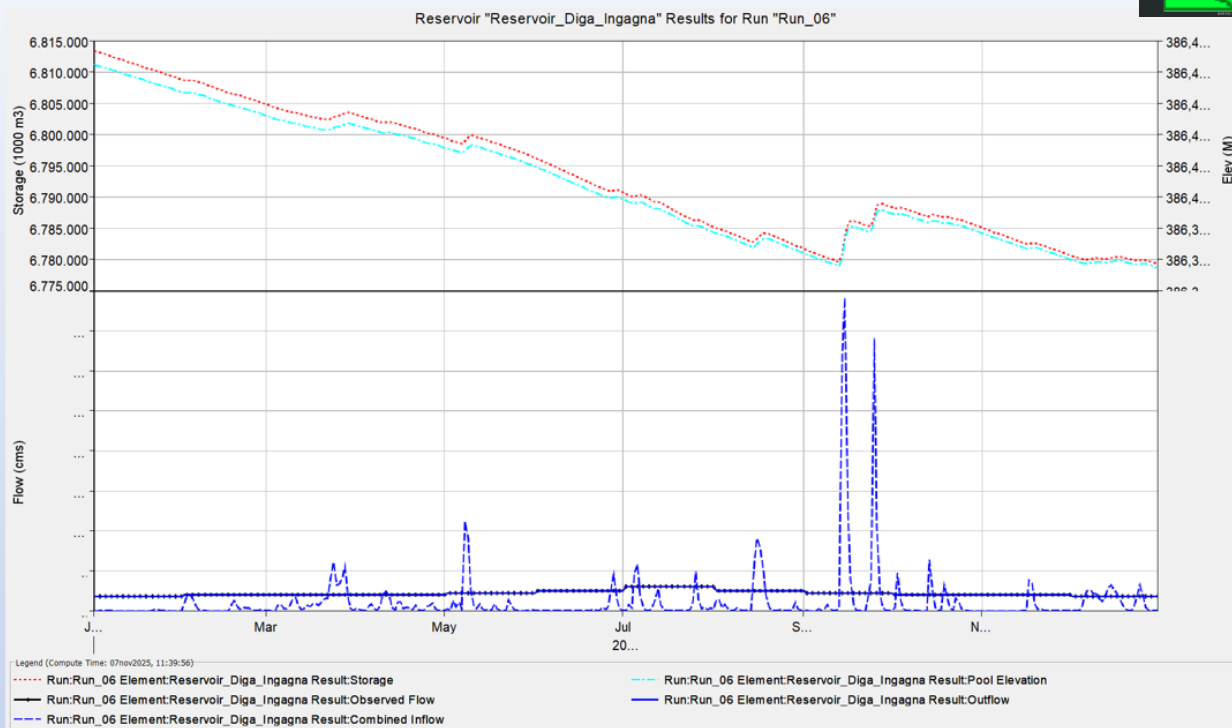
Pool Elevation (m)



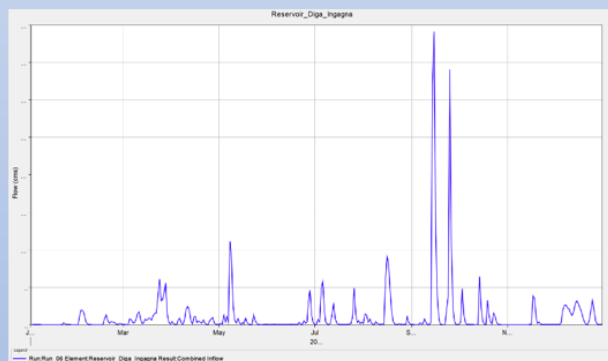
Allegato n°20-Rapporto Reservoir HEC-HMS Anno 2006

HEC-HMS 4.10

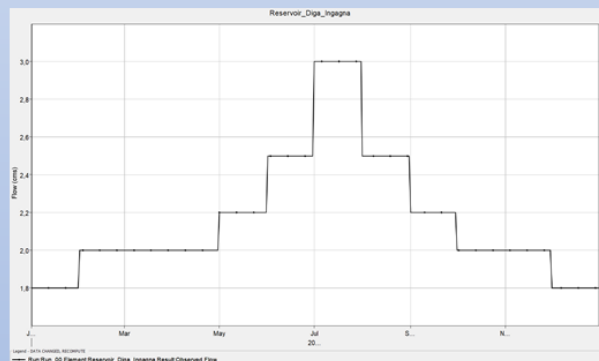
Basin Models



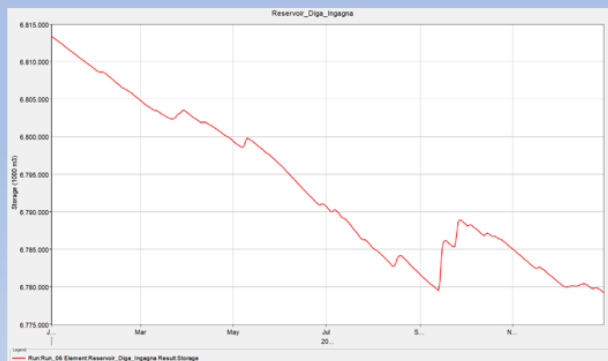
Portata Inflow (Qin)



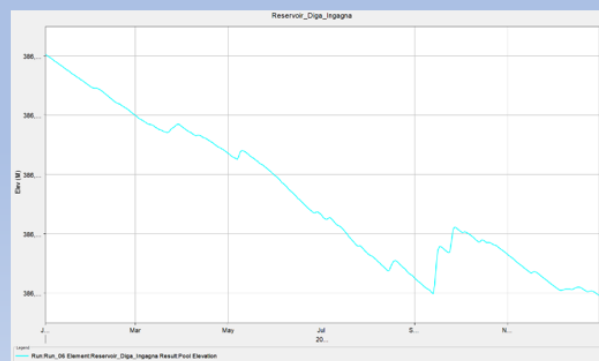
Portata Outflow (Qout)



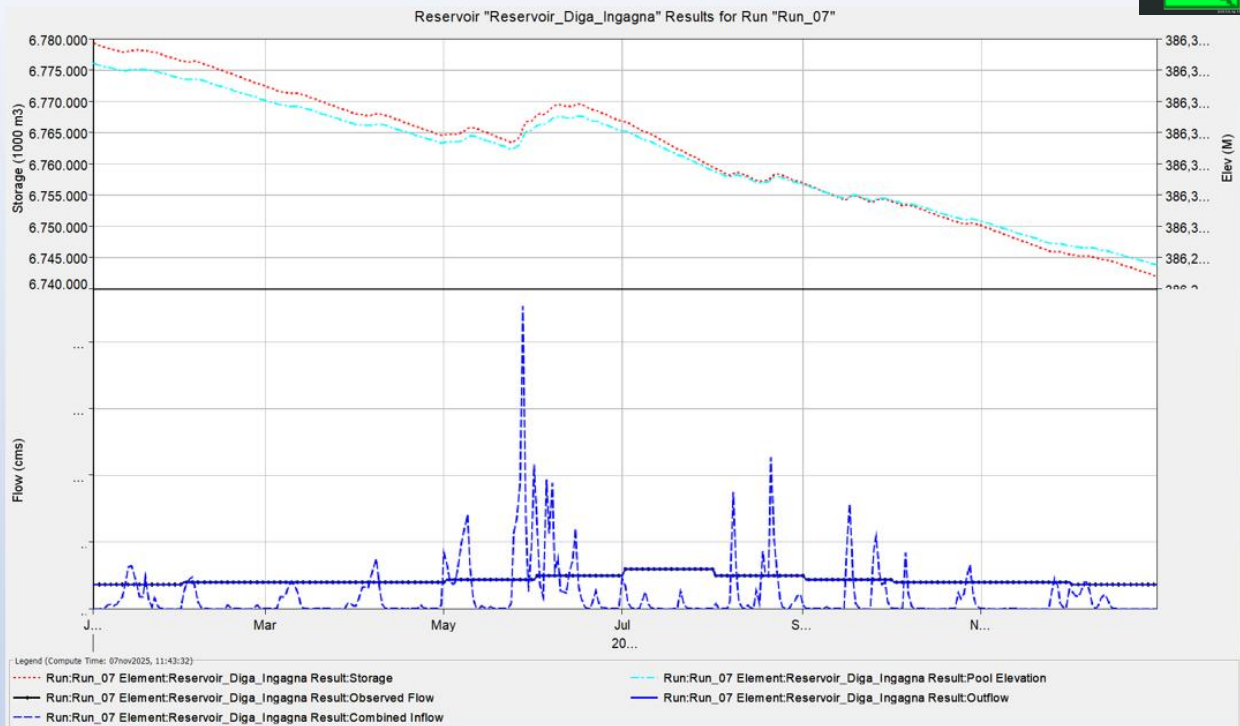
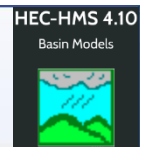
Storage (m3)



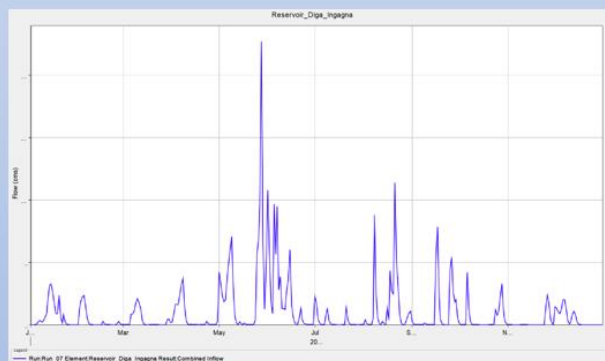
Pool Elevation (m)



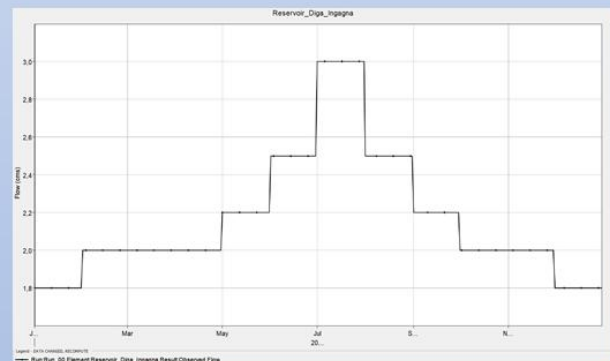
Allegato n°21-Rapporto Reservoir HEC-HMS Anno 2007



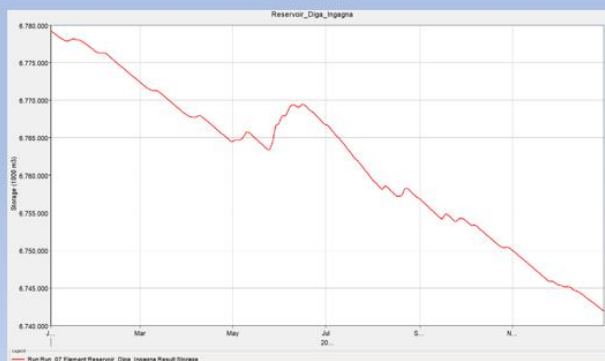
Portata Inflow (Qin)



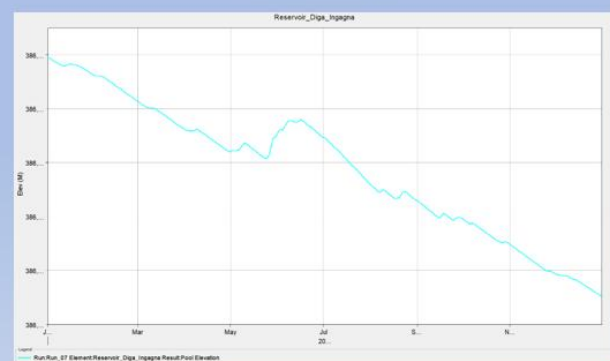
Portata Outflow (Qout)



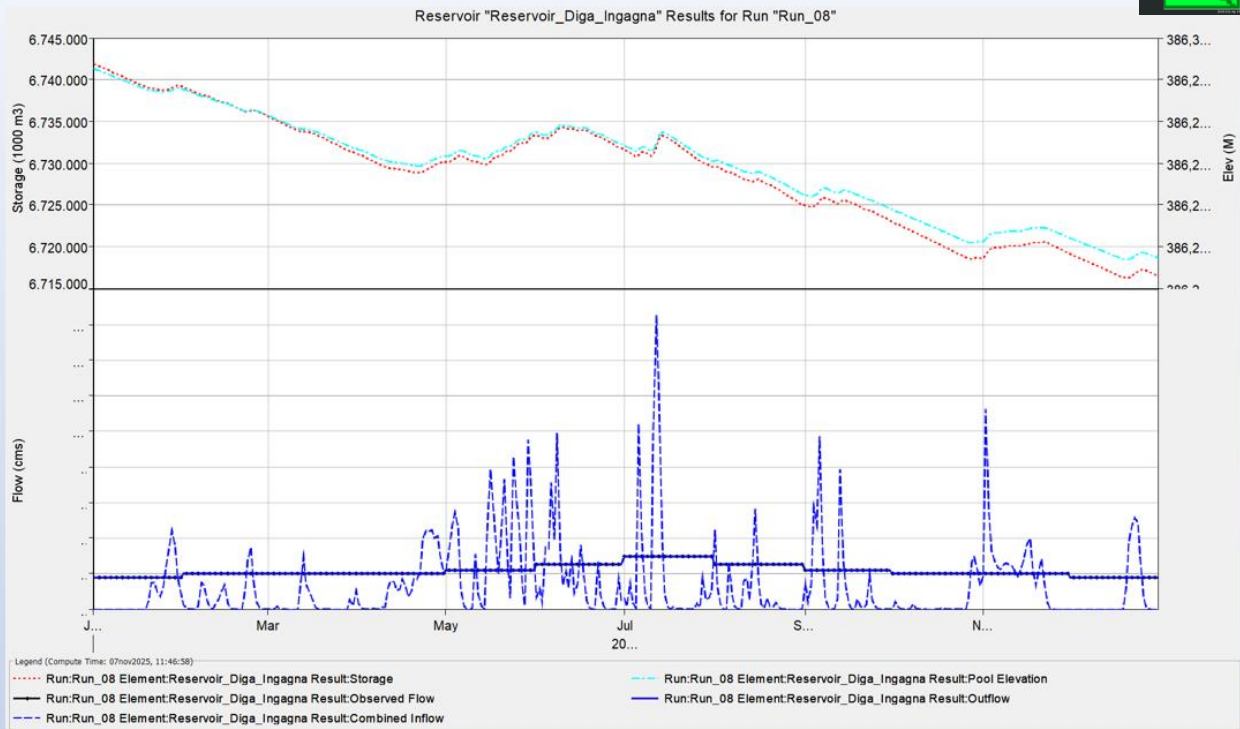
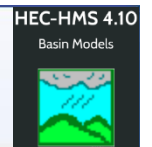
Storage (m3)



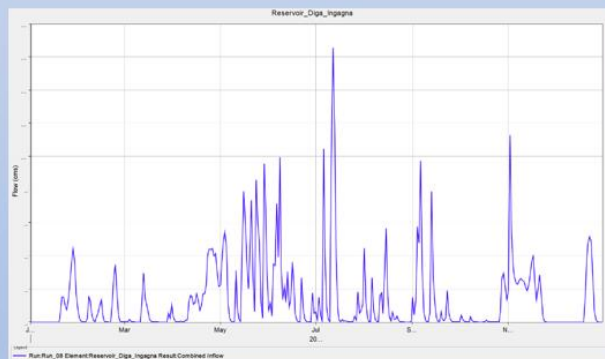
Pool Elevation (m)



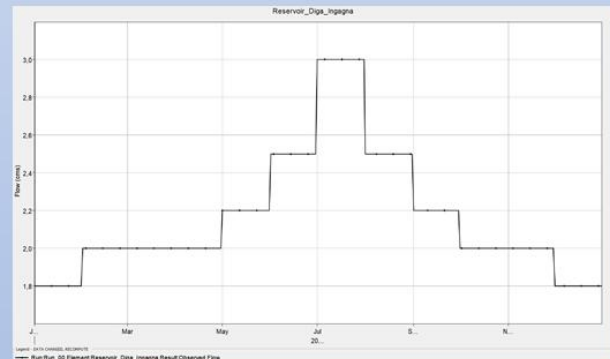
Allegato n°22-Rapporto Reservoir HEC-HMS Anno 2008



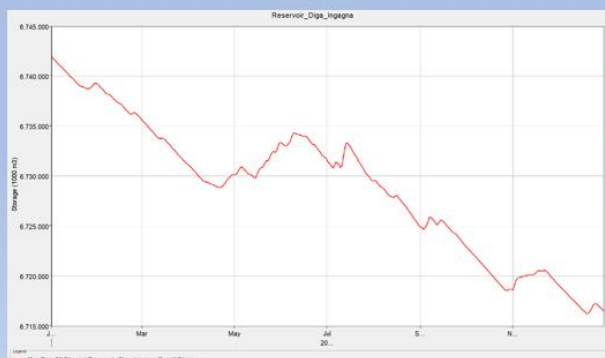
Portata Inflow (Qin)



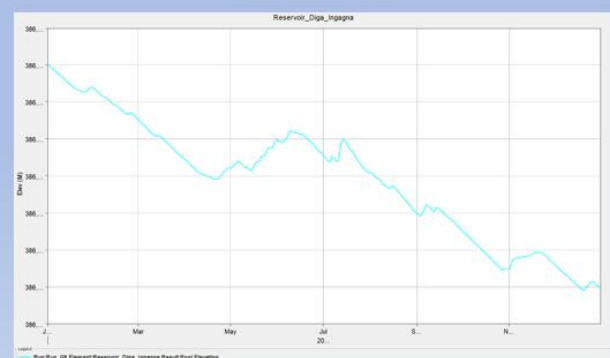
Portata Outflow (Qout)



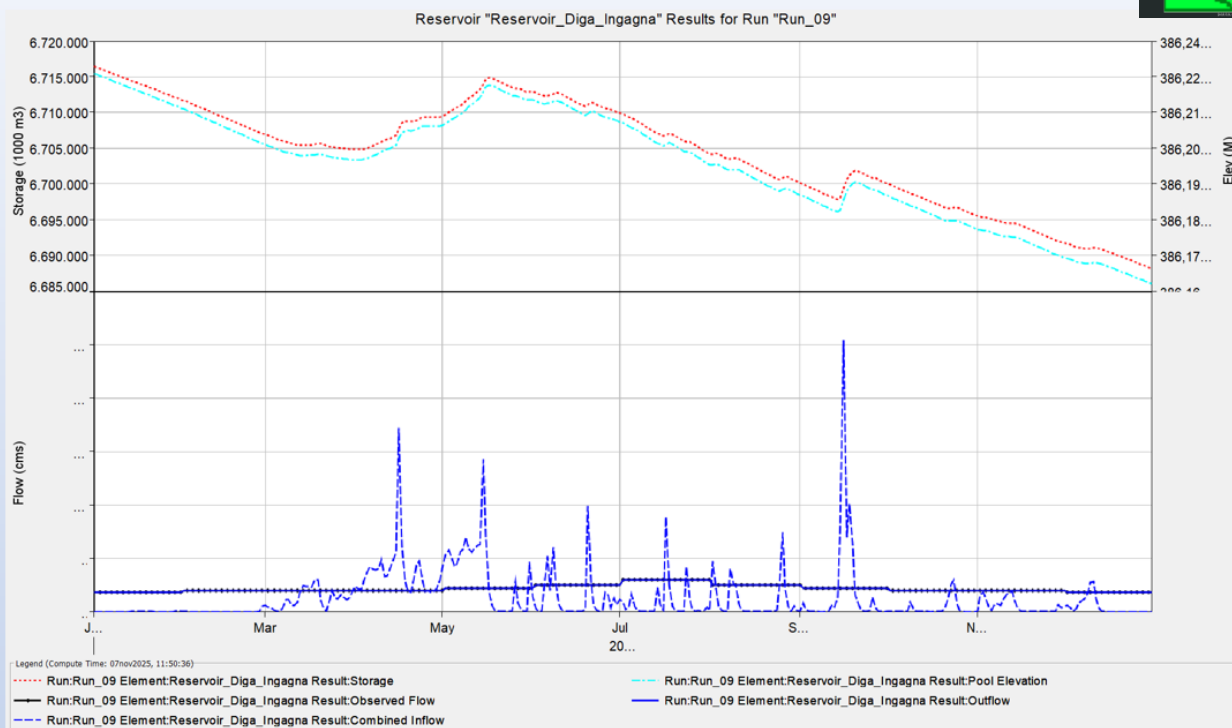
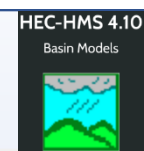
Storage (m3)



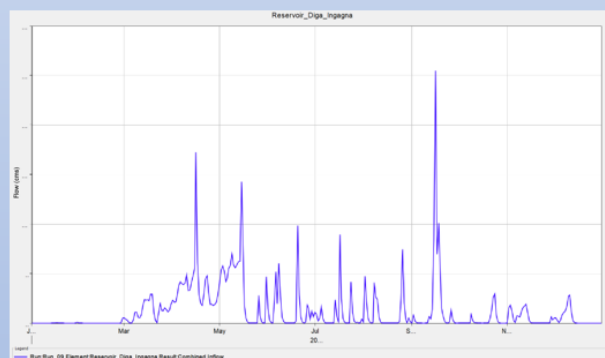
Pool Elevation (m)



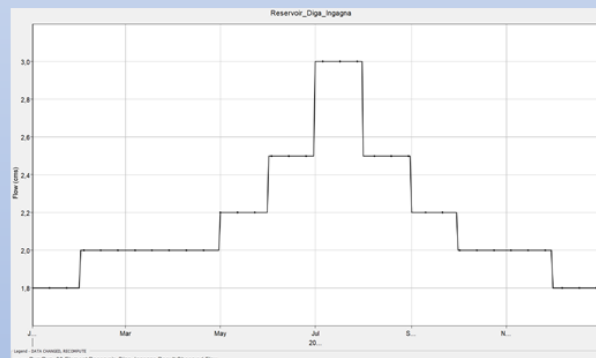
Allegato n°23-Rapporto Reservoir HEC-HMS Anno 2009



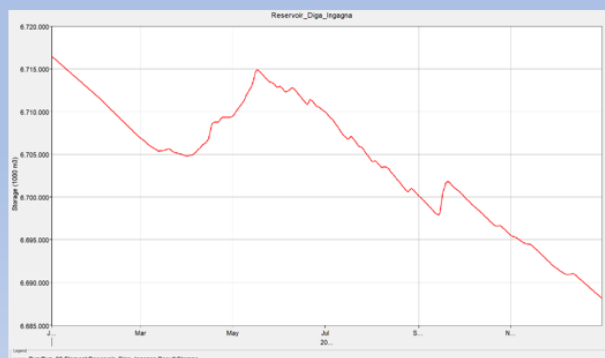
Portata Inflow (Qin)



Portata Outflow (Qout)



Storage (m3)



Pool Elevation (m)

