



REPORT SULLA STAGIONE IRRIGUA IN LOMBARDIA



2024



A cura di



Mario Reduzzi
Fabio Olivotti
Stefano Roverato

Con il contributo di



Con la collaborazione di



Claudio Gandolfi
Michele Rienzner



Orietta Cazzuli
Paola Parravicini
Matteo Zanetti



Silvia Motta
Lorenzo Craveri



Riccardo Scotti
Marco Bongio

In copertina: Il nodo idraulico di Cantrina di Bedizzole (BS) © Fabio Olivotti

Progettazione e realizzazione: Fabio Olivotti, Stefano Roverato

Progetto grafico e impaginazione: Fabio Olivotti

© 2024 ANBI Lombardia

Tutti i diritti riservati

Sede legale: via Ponchielli 5, 26100 Cremona

Sede operativa: via Giovanni Battista Pirelli 27, 20124 Milano

www.anbilombardia.it

cedater.anbilombardia.it

SOMMARIO

4	INTRODUZIONE
5	IN SINTESI
6	MONITORAGGIO DEI VOLUMI IRRIGUI
12	ANDAMENTO METEOROLOGICO
12	CONSIDERAZIONI SUL CLIMA EUROPEO E ANALISI SINOTTICA
13	PRECIPITAZIONI
17	TEMPERATURE
19	CLIMA E INDICATORI
22	RISERVE IDRICHE
24	RISERVA IDRICA GLACIALE
24	INTRODUZIONE
26	INQUADRAMENTO NEL CONTESTO DELLE ALPI EUROPEE
27	IL BILANCIO DI MASSA GLACIALE 2023-2024
30	PREVISIONI FUTURE
31	CONCLUSIONI
32	ANDAMENTO AGROMETEOROLOGICO
32	OSSERVAZIONE FENOLOGICA DELLE COLTURE
36	USI IRRIGUI DELLE ACQUE
36	FABBISOGNI IRRIGUI
41	PRELIEVI
45	UTILIZZI
49	RESTITUZIONI
50	TAVOLO DI COORDINAMENTO REGIONALE E OSSERVATORIO DISTRETTUALE
52	CONCLUSIONI
54	BIBLIOGRAFIA

INTRODUZIONE

In questo documento viene analizzata la stagione irrigua 2024, ovvero il periodo dal 1° aprile al 30 settembre, approfondendo i principali temi che consentono di avere un quadro completo dell'uso dell'acqua in agricoltura.

Nella **prima sezione** viene effettuata una ricognizione del numero e della tipologia di **misuratori di portata e volume** allacciati al sistema regionale di monitoraggio gestito dal Centro Dati Acqua e Territorio Rurale - CeDATeR di ANBI Lombardia, mettendo in luce il progressivo incremento del loro numero nel corso degli anni.

Viene, poi, presentata nella **seconda sezione** un'analisi dell'**andamento mensile delle precipitazioni**, delle **anomalie di temperatura** e della consistenza delle riserve idriche a cura di ARPA Lombardia.

Nella **terza sezione** viene dato conto del contributo, in termini di risorsa idrica, dei ghiacciai di Lombardia. Il testo è redatto dal Servizio Glaciologico Lombardo (SGL).

La **quarta sezione** ospita una relazione di ERSAF, che descrive **l'andamento delle principali colture** praticate nella regione, mettendo in luce le conseguenze dell'andamento meteorologico sulle diverse fasi fenologiche.

La **quinta sezione** del rapporto è dedicata all'illustrazione dei valori stimati di **fabbisogno irriguo** per l'intera pianura lombarda. I valori sono stati prodotti utilizzando il modello agroidrologico IdrAgra, sviluppato dal Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali (DiSAA) dell'Università degli Studi di Milano. I dati di base per le simulazioni provengono dall'uso del suolo agricolo elaborato a partire dalle informazioni presenti nel Piano Colturale Grafico di Regione Lombardia e dalla rete di monitoraggio agrometeo di ARPA Lombardia.

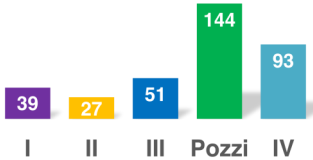
In questa sezione vengono, inoltre, analizzati i **volumi prelevati e restituiti** per i principali corsi d'acqua della pianura e quelli **utilizzati** nei distretti irrigui e in autoapprovvigionamento.

Chiude il rapporto la sintesi degli incontri del **Tavolo regionale permanente sugli utilizzi idrici in agricoltura** e dell'**Osservatorio distrettuale sugli utilizzi irrigui** con la raccolta delle segnalazioni di criticità pervenute dai Consorzi di bonifica della Lombardia.

Tutte le elaborazioni e i dati presentati si riferiscono alla normativa vigente in merito alla quantificazione dei volumi idrici in agricoltura, in particolare alle *Linee guida ministeriali del 31 luglio 2015* (D.M. 31 luglio 2015) e alla *Disciplina regionale dei criteri e delle modalità di quantificazione dei volumi derivati ed utilizzati ad uso irriguo* (D.G.R. 6035/2016), a cui si rimanda per ulteriori approfondimenti.

MONITORAGGIO

Numero di misuratori attivi per livello

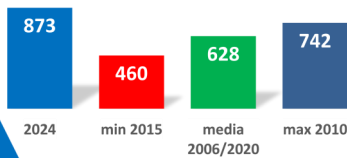


Derivazioni monitorate sul totale delle concessioni ad uso irriguo

	N. derivazioni misurate sul totale	Portata concessa derivazioni misurate sul totale	% di monitoraggio su portate concesse
Superficiali	157 su 2'116	649.1 su 845.3 m ³ /s	77%
Pozzi	144 su 4'095	9.3 su 87.9 m ³ /s	11%

PRECIPITAZIONI

Pioggia in millimetri (da aprile a settembre)



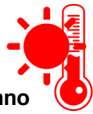
Anomalie mensili di precipitazione rispetto alla media 2006-2020

	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set
Alpi e Prealpi	=	++	+	+	--	++
Alta pianura	+	++	++	-	--	++
Bassa pianura	+	++	+	-	-	+

TEMPERATURE

16.0 °C

Temperatura media dell'anno idrologico in pianura. Valore più elevato dal 1991, pari al 2023 e +0.3 °C rispetto al 2015, precedente anno record



Anomalie mensili di temperatura in pianura rispetto alla media 2006-2020

	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set
	=	-	-	+	++	=

L'anno idrologico 2023-2024 è stato il più caldo e umido dal 1991

RISERVE IDRICHE

+59%

disponibilità idrica ad inizio stagione rispetto alla media 2006-2020



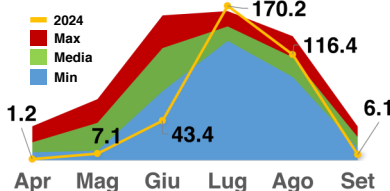
Stato delle riserve idriche rispetto alla media 2006-2020

	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago
Laghi	++	+	+	+	++	=
Invasi	=	=	+	+	+	=
SWE	++	++	++	++	/	/

FABBISOGNI, PRELIEVI E UTILIZZI

Il fabbisogno irriguo del 2024 ha segnato valori costantemente inferiori alla media, ad eccezione dei mesi di luglio e agosto

Fabbisogni in millimetri rispetto al periodo 2016-2021



	Volume misurato (miliardi di m ³)	Volume stimato (miliardi di m ³)	Volume totale (miliardi di m ³)
Volume derivato	7.5	/	7.5
Volume utilizzato	3.5	4.4	7.9

SEGNALAZIONI DI CRITICITA'



	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set
	Non pervenute.	Non pervenute.	Non pervenute.	Non pervenute.	Forti riduzioni dei prelievi dal fiume Ticino dovute al basso livello di invaso raggiunto dal lago Maggiore.	Non pervenute.

MONITORAGGIO DEI VOLUMI IRRIGUI

Il sistema di monitoraggio del Centro Dati Acqua e Territorio Rurale - CeDATeR di ANBI Lombardia raccoglie i dati di portata media giornaliera rilevati da centinaia di misuratori dislocati in tutta la pianura lombarda seguendo le modalità e le tempistiche previste dalla D.G.R. 6035/2016.

In questo contesto, il trasferimento dei dati può avvenire manualmente da parte degli uffici tecnici dei concessionari di derivazione, con aggiornamento mensile, oppure automaticamente a partire dai sensori stessi: in quest'ulti-

mo caso il CeDATeR può contare su un aggiornamento giornaliero del dato misurato.

Nel corso della stagione irrigua 2024 **sono risultati attivi e allacciati alla banca dati regionale un totale di 430 misuratori**, principalmente di proprietà dei Consorzi di bonifica ma anche di altri soggetti come Consorzi irrigui o Utenze irrigue. La ripartizione di questi misuratori nelle diverse tipologie (livelli) è riportata nella seguente **Tabella 1**.

Tabella 1 / Numero dei misuratori allacciati al sistema regionale di monitoraggio nel corso della stagione irrigua 2024.

ENTE	I LIVELLO	II LIVELLO	III LIVELLO	NON RICHIESTO	III POZZI	NON RICH. POZZI	DA STIMARE	III RESTITUZIONI	IV LIVELLO	TOTALE
01 - Associazione Irrigazione Est Sesia	3	3	8	1	4	6	0	6	0	31
02 - Consorzio di bonifica Est Ticino Villoresi	3	1	3	1	0	0	1	12	27	48
03 - Consorzio di bonifica Muzza Bassa Lodigiana	1	3	14	0	0	0	4	4	16	42
04 - Consorzio di bonifica della Media Pianura Bergamasca	4	4	1	3	24	1	0	1	8	46
05 - Consorzio di bonifica Dugali Naviglio Adda Serio	3	0	1	13	2	16	1	0	2	38
06 - Consorzio di bonifica Oglio Mella	5	0	1	0	18	0	0	0	2	26
07 - Consorzio di bonifica Chiese	3	1	2	0	9	0	0	1	5	21
08 - Consorzio di bonifica Garda Chiese	1	2	4	6	30	20	1	0	13	77
09 - Consorzio di bonifica Territori del Mincio	7	1	15	7	0	0	1	2	6	39
10 - Consorzio di bonifica Navarolo	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4
11 - Consorzio di bonifica Terre dei Gonzaga in destra Po	0	0	0	0	0	0	0	0	14	14
12 - Consorzio della bonifica Burana	1	1	0	1	0	0	0	0	0	3
Naviglio della Città di Cremona	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Altri soggetti	4	10	2	6	7	7	4	0	0	40
TOTALE MISURATORI ATTIVI stagione 2024	39	27	51	38	94	50	12	26	93	430

A partire dal 2016, ovvero dall'avvio a scala regionale delle attività di monitoraggio dei prelievi e degli utilizzi idrici in agricoltura, il numero complessivo di misuratori allacciati è stato in costante crescita anche se con incrementi differenti nelle singole tipologie, come mostra il grafico riportato in **Figura 1**.

Per i misuratori di I e soprattutto II livello, dopo una crescita progressiva nei primi anni di monitoraggio si è assistito ad una stabilità nelle ultime tre/quattro stagioni irrigue.

Gli aumenti più consistenti rispetto al biennio 2021-2022 hanno riguardato i pozzi di III livello e le derivazioni non classificate tra i livelli della normativa, sia superficiali che sotterranee, e monitorate dai cosiddetti misuratori di tipo "non richiesto". I misuratori di IV livello, alla testa dei distretti irrigui, hanno confermato la costante tendenza all'aumento del numero, consentendo una maggiore accuratezza nella quantificazione dei volumi utilizzati e dando la possibilità di effettuare dei bilanci idrici sempre più dettagliati.

Infine, è ormai stabile da diversi anni il numero di misuratori ai punti di restituzione.

CLASSIFICAZIONE DEI MISURATORI (D.G.R. 6035/2016)

I LIVELLO: derivazioni da acque superficiali con portata di concessione superiore a 3'500 l/s, strategiche per il distretto idrografico

II LIVELLO: derivazioni da acque superficiali con portata di concessione compresa fra 1'000 l/s e 3'500 l/s

III LIVELLO: derivazioni da acque superficiali con portata di concessione compresa fra 250 l/s e 1'000 l/s

III LIVELLO POZZI: prelievi da acque sotterranee con portata di concessione superiore a 50 l/s

DA STIMARE: derivazioni da acque superficiali con portata compresa tra 100 l/s e 250 l/s. Quando è presente il misuratore, il dato misurato può sostituire la stima

NON RICHiesto: derivazioni da acque superficiali o sotterranee con portate di concessione inferiori alle soglie di obbligo di misurazione indicate nella D.G.R. 6035/2016, oppure misuratori di servizio all'interno della rete irrigua

III RESTITUZIONI: misuratori posti in corrispondenza delle restituzioni al reticolo idrico naturale

IV LIVELLO: misuratori sul reticolo irriguo posti alla testa dei distretti irrigui e preposti a quantificare la quantità di acqua consegnata

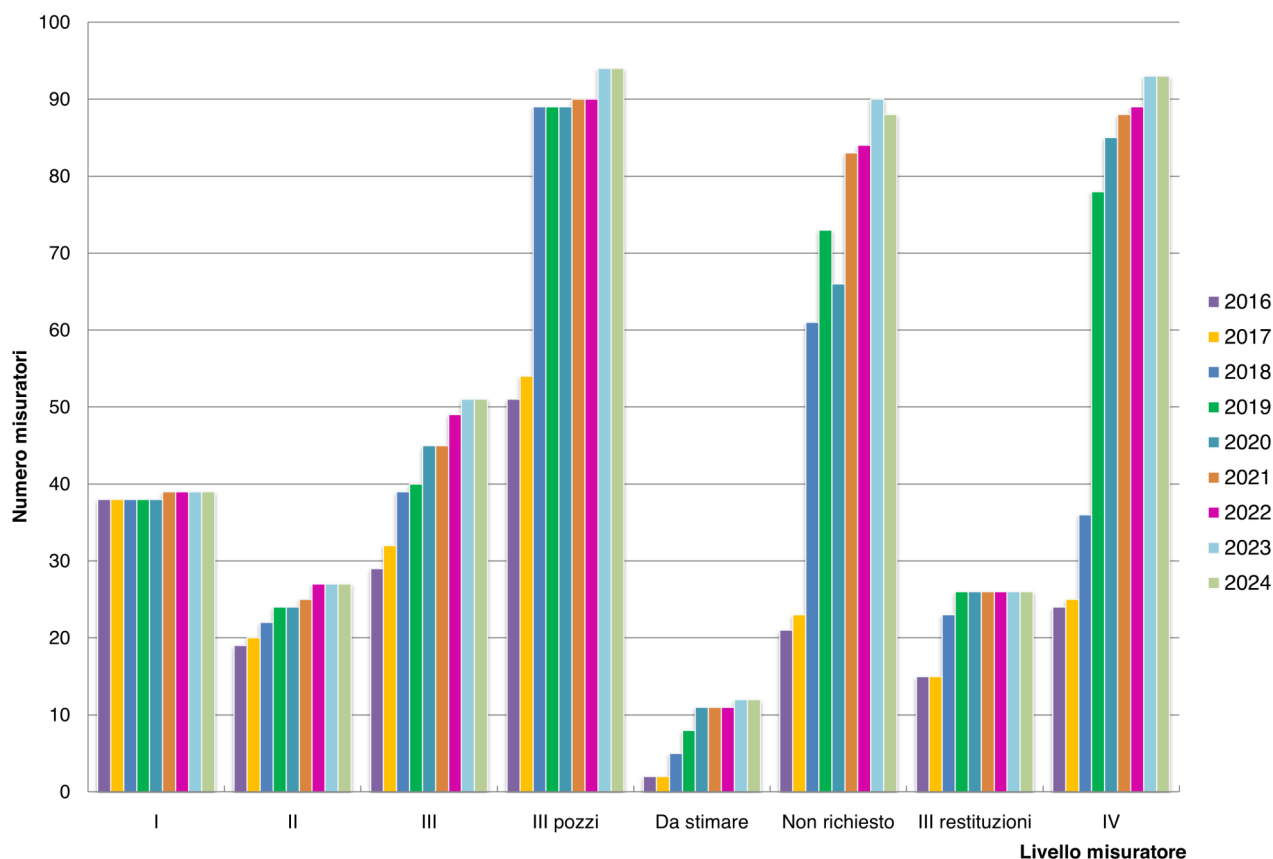


Figura 1 / Rappresentazione grafica dell'andamento del numero di misuratori installati e allacciati al sistema regionale di monitoraggio nelle diverse stagioni irrigue a partire dal 2016.

A partire dall'anno 2019, il **CeDATeR ha attivato un protocollo di acquisizione dati in tempo reale dai misuratori automatici**. Tale modalità di trasmissione, che è prevista come obbligatoria dalla D.G.R. 6035/2016 per i misuratori di I livello (considerati come strategici a livello distrettuale), può essere utilizzata anche per altre tipologie di misuratori, principalmente per maggiore praticità gestionale. In **Tabella 1.a** viene riepilogato il numero di misuratori allacciati in tempo reale per ogni anno e per le diverse tipologie. Si nota come dall'avvio nel 2019-2020 è stato più che raddoppiato il numero di misuratori in tempo reale nel 2022 e come la crescita è proseguita interessando soprattutto i misuratori di III livello e IV livello. Rispetto ai numeri riportati nei precedenti report ci sono differenze dovute a diverse modalità di suddivisione per anno.

Tabella 1.a / Numero di misuratori allacciati in tempo reale alla banca dati di monitoraggio per anno e tipologia.

ANNO	I LIVELLO	II LIVELLO	III LIVELLO	III POZZI	DA STIMARE	NON RICHIESTO	III RESTITUZIONI	IV LIVELLO	TOTALE
2016	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2017	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2019	6	0	0	0	0	1	0	0	7
2020	16	1	10	0	0	1	0	5	33
2021	22	1	10	0	1	3	0	8	45
2022	35	10	12	0	1	3	0	8	69
2023	35	11	19	0	1	4	1	12	83
2024	35	11	19	0	1	4	1	17	88

I misuratori di I, II e III livello sono installati su un totale di 117 derivazioni superficiali, pari al 47% delle fonti per le quali è richiesto il monitoraggio (251). In termini assoluti, il numero di

derivazioni superficiali monitorate (157) è esiguo rispetto al totale delle derivazioni concesse in Lombardia (2'116), ossia pari al 7%, tuttavia, **in termini di portate medie concesse, le derivazioni monitorate rappresentano il 77% del totale regionale** (845.3 m³/s).

La **Tabella 2** evidenzia molto bene come **le derivazioni di I livello risultano essere quasi tutte monitorate** (39 su 44, pari al 92% della portata media concessa). Questo rappresenta un risultato molto significativo visto che le derivazioni di I livello sono anche quelle che movimentano i maggiori volumi di risorsa, per un totale di 619 m³/s in concessione.

Ai fini del monitoraggio, i prelievi da falda mediante pozzi con portata media in concessione superiore a 50 l/s vengono considerati di III livello e vige quindi l'obbligo di trasmettere il volume mensile sollevato al sistema regionale. Tutti gli altri pozzi sono esentati da questo obbligo, pur permanendo quello di trasmissione del volume annuale sollevato alla Provincia che ha rilasciato la concessione di derivazione.

Come riportato in **Tabella 3**, nel 2024 il numero totale dei pozzi di III livello monitorati (94) ha rappresentato una piccola parte di quelli di III livello georeferenziati (584), con una percentuale di portata media concessa monitorata che non supera il 14% del totale. La percentuale scende ulteriormente (11%) se viene considerata la portata media di tutti i pozzi irrigui georeferenziati in regione Lombardia, indipendentemente dalla loro portata di concessione.

In confronto alle derivazioni da acque superficiali, **i prelievi da pozzi irrigui scontano una generale carenza di informazioni** rispetto sia alla loro localizzazione e alle portate in concessione, sia ai volumi effettivamente emunti. Dagli ultimi dati disponibili dal Catasto Utente Idriche (CUI) risalenti a novembre 2017 risultano infatti attive 7'740 concessioni di derivazione da pozzi e di queste solamente 4'095 sono

Tabella 2 / Confronto fra il numero di derivazioni superficiali in Lombardia e le relative portate medie concesse.

CLASSE MISURATORE	N. derivazioni in Lombardia	Somma portate medie concessione (m ³ /s)	N. derivazioni monitoraggio attivo	Somma portate medie concessione misurate (m ³ /s)	Portata media misurata sul totale (%)
I livello	44	619.0	39	569.4	92%
II livello	52	87.8	27	51.1	58%
III livello	155	74.3	51	24.5	33%
Altro (da stimare, non richiesto, ecc.)	1'865	64.2	40	4.1	6%
TOTALE DERIVAZIONI SUPERFICIALI Lombardia	2'116	845.3	157	649.1	77%

Tabella 3 / Confronto fra numero di derivazioni da acque sotterranee in Lombardia e le relative portate medie concesse.

CLASSE MISURATORE	N. pozzi in Lombardia	Somma portate medie concessione (m ³ /s)	N. pozzi monitoraggio attivo	Somma portate medie concessione misurate (m ³ /s)	Portata media misurata sul totale (%)
III livello pozzi	584	60.4	94	8.3	14%
Altro (non richiesto, portata sconosciuta, ecc.)	3'511	27.5	50	1.0	4%
TOTALE DERIVAZIONI SOTTERRANEE Lombardia	*4'095	87.9	144	9.3	11%

* sono conteggiati solo i pozzi per i quali è disponibile la georeferenziazione. Il numero di concessioni totali per pozzi ad uso irriguo risulta essere di 7'740 unità (dati Catasto Utenze Idriche - novembre 2017).

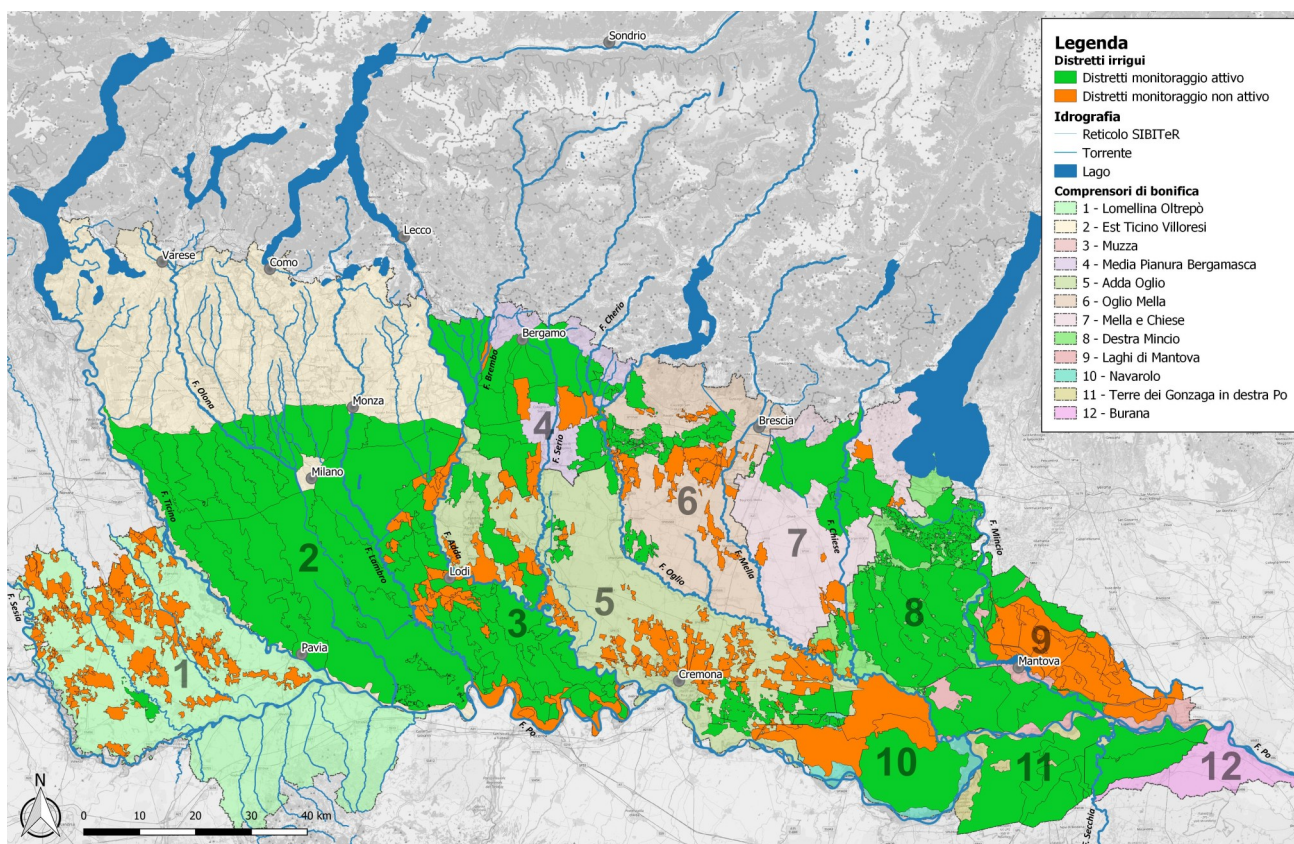


Figura 2 / Mappa dei distretti irrigui monitorati strumentalmente (verde) e privi di misuratore (arancione) nella stagione irrigua 2024. Sono esclusi i distretti degli enti interregionali che si trovano completamente al di fuori dei confini regionali lombardi (Piemonte ed Emilia-Romagna). Le zone presenti nei compressori di bonifica per le quali non sono stati individuati i distretti sono quelle dove agiscono piccoli consorzi irrigui privati o dove l'irrigazione non è organizzata secondo modalità collettive. In tali aree l'irrigazione viene quindi considerata come autoapprovvigionamento.

georeferenziate¹. Grazie alla recente fornitura dei dati provenienti dal portale regionale SIPIUI, che ha sostituito e migliorato le informazioni comprese nel CUI, è in corso un aggiornamento e approfondimento dei dati di concessione, che proseguirà anche nel 2025, consentendo di disporre di un quadro ancora più preciso delle portate concesse e misurate. Pertanto, ci si aspettano, nel prossimo report,

variazioni sostanziali nel numero di concessioni sia da acque superficiali sia da falda.

La D.G.R. 6035/2016 prevede inoltre la necessità di quantificare i volumi idrici consegnati ai **distretti irrigui**, ovvero alle aree omogenee per fonti irrigue e reti di canali di adduzione e distribuzione in cui è suddivisa la pianura regionale, in armonia con quanto previsto da SIGRIAN².

¹ Vedi "Progetto ISIL - Relazione finale" in bibliografia.

² SIGRIAN (Sistema Informativo Nazionale per la Gestione delle Risorse Idriche in Agricoltura) è lo strumento di riferimento a livello nazionale per la gestione dei volumi irrigui. SIGRIAN raccoglie tutte le informazioni di natura gestionale, infrastrutturale e agronomica relative all'irrigazione gestita in modo collettivo, viene realizzato con il supporto tecnico e metodologico del CREA, su iniziativa del MiPAAF, ora MASAF, e delle Regioni e Province autonome.

La determinazione dei volumi all'interno di tali distretti può derivare da monitoraggio strumentale attraverso misuratori dedicati di IV livello, oppure, qualora il distretto non sia eccessivamente distante dal punto di prelievo, anche tramite il misuratore posto alla derivazione. Nel caso in cui il distretto sia privo di misuratori per la quantificazione dei volumi consegnati, questi devono essere stimati con idonei strumenti modellistici basati sui fabbisogni colturali (cfr. paragrafo “**FABBISOGNI IRRIGUI**”).

La localizzazione dei distretti irrigui lombardi è mostrata in **Figura 2**, dove vengono rappresentati in colori differenti a seconda che siano

monitorati strumentalmente (colore verde) oppure che sia necessario stimare i volumi utilizzati (colore arancione).

In termini numerici, in **Tabella 4** viene presentato un riepilogo della situazione dei distretti irrigui con riferimento ai comprensori di bonifica regionali, evidenziando per ognuno di essi il numero totale dei distretti presenti, il numero di quelli monitorati strumentalmente e il numero di quelli per cui è necessario effettuare delle stime basate sui fabbisogni irrigui.

Tabella 4 / Numero di distretti misurati e relativi misuratori impiegati nel 2024. *Ente interregionale: sono esclusi i distretti che si trovano completamente al di fuori dei confini regionali lombardi (Piemonte, Veneto ed Emilia-Romagna).

Non vengono conteggiati 9 distretti classificati in SIGRIAN come “fittizi”, i cui territori sono considerati come autoapprovvigionamento e i relativi utilizzi vengono stimati sulla base dei fabbisogni irrigui (vedi **quarta sezione).

***I volumi utilizzati nei due distretti a cavallo tra Lombardia ed Emilia-Romagna vengono monitorati da quest'ultima regione, per questo motivo non concorrono al totale dei distretti misurati in Lombardia.

ENTE	N° DISTRETTI MISURATI	N° DISTRETTI NON MISURATI	TOTALE DISTRETTI	% DISTRETTI MISURATI
01 - Associazione Irrigazione Est Sesia*	1	107	**108	1%
02 - Consorzio di bonifica Est Ticino Villoresi	33	0	33	100%
03 - Consorzio di bonifica Muzza Bassa Lodigiana	31	29	60	52%
04 - Consorzio di bonifica della Media Pianura Bergamasca	12	7	19	63%
05 - Consorzio di bonifica Dugali Naviglio Adda Serio	3	13	16	19%
06 - Consorzio di bonifica Oglio Mella	3	15	18	17%
07 - Consorzio di bonifica Chiese	4	7	11	36%
08 - Consorzio di bonifica Garda Chiese*	15	5	20	75%
09 - Consorzio di bonifica Territori del Mincio*	17	13	30	57%
10 - Consorzio di bonifica Navarolo	1	3	4	25%
11 - Consorzio di bonifica Terre dei Gonzaga in destra Po*	9	0	9	100%
12 - Consorzio della bonifica Burana*	***2	0	***2	100%
Altri soggetti	10	3	13	77%
TOTALE DISTRETTI IRRIGUI stagione 2024	139	202	341	41%

I distretti irrigui monitorati strumentalmente sono 139 e rappresentano in termini numerici il 41% del totale dei distretti (341). **In termini di superfici irrigate** invece, **la somma dei distretti monitorati**, pari a 327'000 ha, **rappresenta il 72% della superficie totale dei distretti** (456'000 ha).

È importante ricordare che il numero di distretti monitorati non corrisponde esattamente al numero di misuratori di IV livello poiché ogni distretto può essere monitorato da uno o più misuratori di diversa tipologia.



Come si evince dal grafico riportato in **Figura 3**, dal 2016 al 2023 il numero di distretti monitorati è più che raddoppiato, in coerenza con l'aumento dei misuratori di IV livello discusso in precedenza. Nel 2024 non si è assistito a variazioni nel numero complessivo di distretti monitorati.

È invece aumentato di 5 unità, da 336 a 341, il numero di distretti individuati; anche se si tratta di distretti non dotati di strumenti di misurazione

ne è comunque segno di un maggior approfondimento dei sistemi irrigui nei diversi comprensori.

I volumi utilizzati nei 202 distretti non dotati di strumenti di misura vengono stimati attraverso il modello agroidrologico IdrAgra (UNIMI-DiSAA), basato sul calcolo dei fabbisogni colturali, le cui modalità di impiego verranno presentate più dettagliatamente nella **quarta sezione**.

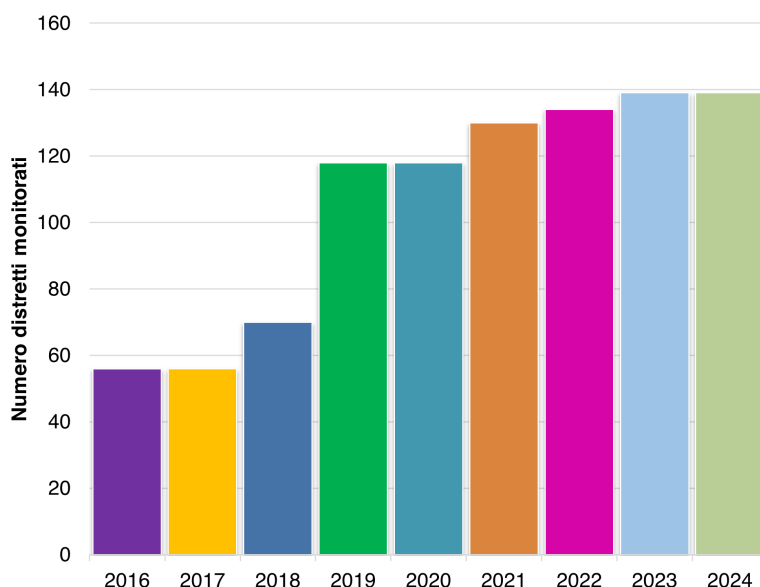


Figura 3 / Rappresentazione grafica dell'andamento del numero di distretti monitorati nelle diverse stagioni irrigue a partire dal 2016.

Come stabilito dalle linee guida nazionali e dalla normativa regionale, tutti i volumi registrati vengono trasmessi al sistema informativo ministeriale SIGRIAN, secondo le cadenze individuate dalla D.G.R. 6035/2016.

La trasmissione è nominalmente in carico ai singoli concessionari di derivazione ma ANBI Lombardia la cura direttamente per i Consorzi di bonifica e per i propri associati, per i quali vengono estratti i volumi mensili a partire dalle serie di portata media giornaliera raccolte nell'ambito delle attività di monitoraggio regionale.

I distretti irrigui vengono individuati unicamente laddove l'irrigazione è operata da enti irrigui (Consorzi di bonifica o grandi Consorzi irrigui e di miglioramento fondiario), **prendendo il nome di irrigazione collettiva**.

Nella pianura lombarda, tuttavia, la gestione delle acque irrigue non è svolta unicamente da enti irrigui, ma anche da un numero assai rilevante di soggetti privati (piccoli Consorzi irrigui e aziende agricole), spesso titolari di autonome concessioni di derivazione.

Tutti i territori dove l'irrigazione non è organizzata secondo modalità collettive vengono definiti autoapprovvigionamento.

Il volume utilizzato nei territori in autoapprovvigionamento deve essere stimato con lo stesso modello agroidrologico IdrAgra utilizzato per i distretti irrigui non monitorati. Il calcolo viene eseguito dal CeDATeR, aggregato su scala comunale e per corpo idrico, e trasmesso agli uffici regionali, per poi essere da questi caricato in SIGRIAN (v. **quarta sezione**).

ANDAMENTO METEOROLOGICO

Questa sezione presenta, in collaborazione con l'Unità Operativa Centro Regionale Idro-meteo e Clima di ARPA Lombardia, un'analisi dell'**andamento mensile delle precipitazioni** nella pianura lombarda, delle **anomalie di temperatura** e delle **riserve idriche** nella stagione irrigua 2024. Vengono inoltre presentati alcuni **indicatori climatici** che consentono di ampliare lo sguardo oltre la singola stagione, fino a valutare le variazioni dei parametri climatici su scala temporale più ampia.

L'analisi è stata condotta sulla base dei dati della rete di stazioni di ARPA Lombardia, utili per avere una stima delle anomalie all'interno del territorio regionale, in questo caso con un riferimento climatico dal 2006 al 2020. Questa scelta di anni molto recenti permette di disporre di un dato di anomalia significativo all'interno di un periodo fortemente contraddistinto dal cambiamento climatico.

CONSIDERAZIONI SUL CLIMA EUROPEO E ANALISI SINOTTICA

Il 2024 sull'Europa prosegue una tendenza ormai consolidata e inequivocabile: considerata la variabilità mensile e annua, ossia l'alternanza tra periodi caldi e freddi (sempre meno frequenti) relativamente alla media, **le temperature sono in costante aumento**. Con una piccola digressione in tema di cambiamenti climatici, l'intero continente negli ultimi 30 anni ha mostrato un trend di riscaldamento di circa $+0.29\text{ }^{\circ}\text{C}$ ogni 10 anni, un dato superiore a quello medio globale delle terre emerse che si ferma $+0.28\text{ }^{\circ}\text{C}$ ogni 10 anni. A scala nazionale il nostro Paese evidenzia al 2020 un riscaldamento di $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ rispetto al periodo preindustriale 1850-1900, quindi superiore al dato medio globale di $+1.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vedi: <https://berkeleyearth.org/>).

Tornando al 2024, in **Figura 4** sono riportate quattro mappe di geopotenziale rappresentative dell'andamento meteorologico nelle diverse stagioni. Dopo un mese di gennaio complessivamente nella norma per quanto riguarda la quantità di precipitazioni, da febbraio è iniziata una fase meteorologica molto instabile e piovosa, che si è protratta fino a tutto il mese di maggio.

Tra le configurazioni meteorologiche più frequenti spicca l'ingresso di perturbazioni in discesa dal Nord Atlantico, che, una volta giunte sul Mediterraneo, risultavano spesso poco mobili e persistenti. La stagione estiva è stata relativamente calda, soprattutto nel mese di agosto, a causa di una maggiore espansione

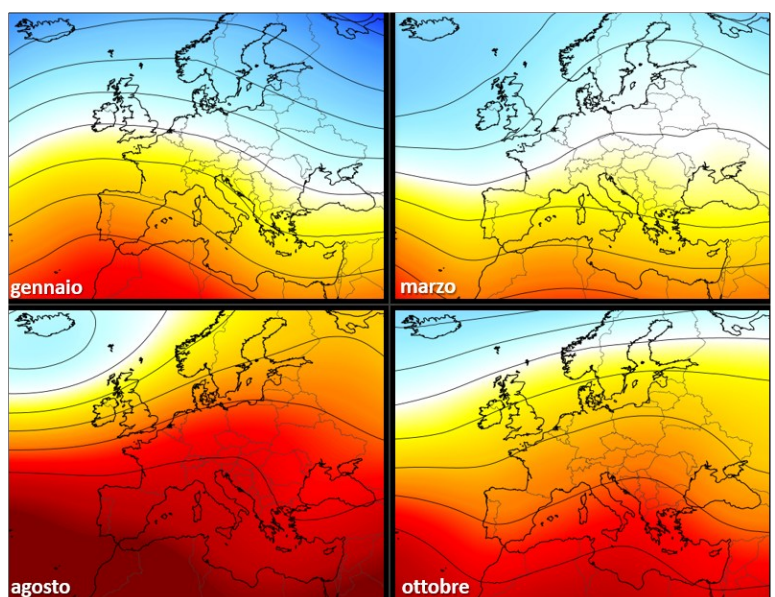


Figura 4 / Altezza medie di geopotenziale a 500 hPa in quattro mesi del 2024. Le aree colorate sono rappresentative, in forma approssimativa, delle zone di alta (colore giallo-rosso) o bassa pressione (azzurro-blu) al suolo, portatrici rispettivamente e in generale di tempo asciutto o piovoso, spesso associato con afflussi di aria relativamente calda o fredda. Fonte dati: ERA5-Copernicus. Fonte grafica: Panoply.

dell'anticiclone subtropicale verso il nostro Paese. Per lo stesso motivo, le precipitazioni sono state inferiori alla norma climatica del periodo, sebbene non siano mancati alcuni episodi temporaleschi. Con l'autunno, le precipitazioni sono tornate abbondanti e

spesso a carattere temporalesco, in particolare nella prima parte di settembre, a causa della presenza di intensi vortici perturbati semi-stazionari sull'Europa centro-meridionale.

PRECIPITAZIONI

L'anno idrologico 2023-2024 ha fatto registrare nel complesso precipitazioni superiori sia alla media sia al massimo del periodo 2006-2020, con una cumulata media a scala regionale di 1'711 mm a fronte di un valore medio sul periodo di riferimento di 1'178 mm (+45%) e di un valore massimo di 1'574 mm (+8%), registrato nell'anno idrologico 2013-2014. In Figura 5 è rappresentato il grafico della precipitazione cumulata annua sulla Lombardia nell'anno idrologico 2023-2024. Analizzando l'andamento della precipitazione a scala mensile, rappresentato in Figura 6, si evidenzia un'alternanza tra mesi più piovosi e mesi più asciutti ma, mentre i

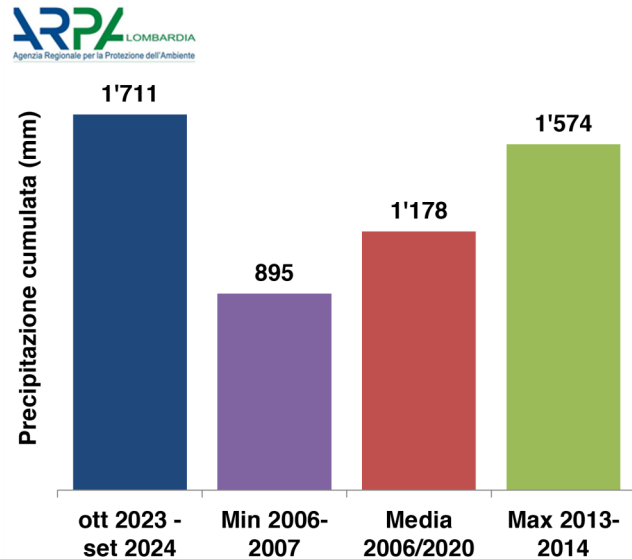


Figura 5 / Precipitazione cumulata sulla Lombardia in millimetri nell'anno idrologico 2023-2024 a confronto con la media e con i valori estremi.

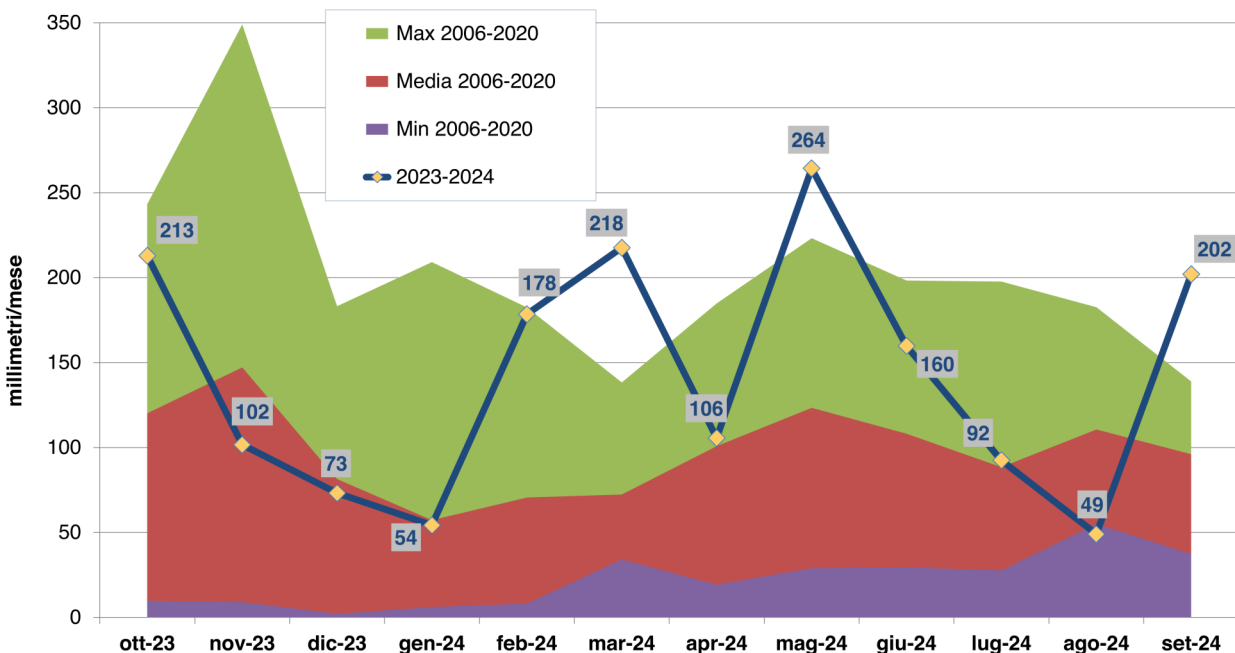


Figura 6 / Afflusso meteorico mensile in Lombardia (mm/mese), anno idrologico 2023-2024.

mesi piovosi hanno fatto registrare valori prossimi ai massimi del periodo di riferimento o superiori, i mesi meno piovosi si sono comunque attestati su valori prossimi alla media, con le sole eccezioni di novembre 2023 e agosto 2024. Quest'ultimo, in particolare, è stato l'agosto più asciutto dal 2006, con una cumula-

ta media a scala regionale di 49 mm. I mesi di marzo, maggio e settembre sono stati, invece, i più piovosi dal 2006, con cumulate superiori ai 200 mm e pari a circa tre volte la media sul periodo di riferimento per marzo e due volte per maggio e settembre.

Se si considera la sola stagione irrigua, rappresentata in **Figura 7**, si osserva che la precipitazione media nei mesi tra aprile e settembre è superiore sia alla media del periodo 2006-2020 (+39%) sia al valore massimo (+18%), registrato nel 2010. **Tutti i mesi della stagione irrigua, ad eccezione di agosto, hanno fatto registrare precipitazioni superiori alla media**, con differenza contenute per i mesi di aprile e luglio (+5%) e più marcate per giugno (+48%), maggio e settembre che, come già detto, sono stati i più piovosi dal 2006.

L'analisi della distribuzione spaziale delle anomalie di precipitazione sulla Lombardia nei mesi invernali (**Figura 8**) evidenzia una netta differenza di distribuzione tra i mesi di dicembre 2023 e gennaio 2024, entrambi caratterizzati da precipitazioni complessivamente prossime alla media del periodo di riferimento. Il mese di dicembre 2023 mostra, infatti, la regione divisa in due parti, con anomalie marcatamente positive sulla fascia alpina (fino a oltre + 90 mm) e negative sulla

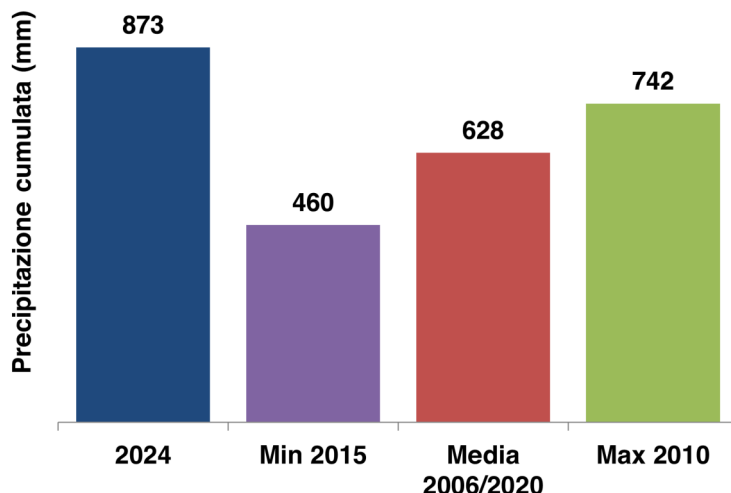


Figura 7 / Precipitazione cumulata sulla Lombardia in millimetri nel periodo aprile-settembre 2024 a confronto con la media e con i valori estremi.

pianura (fino a -60/-30 mm); nel mese di gennaio, invece, sono state registrate precipitazioni in linea con la media climatica o anomalie contenute su gran parte della Lombardia. I mesi di febbraio e marzo sono stati entrambi caratterizzati da anomalie positive (fino a oltre + 90 mm) su tutta la regione.

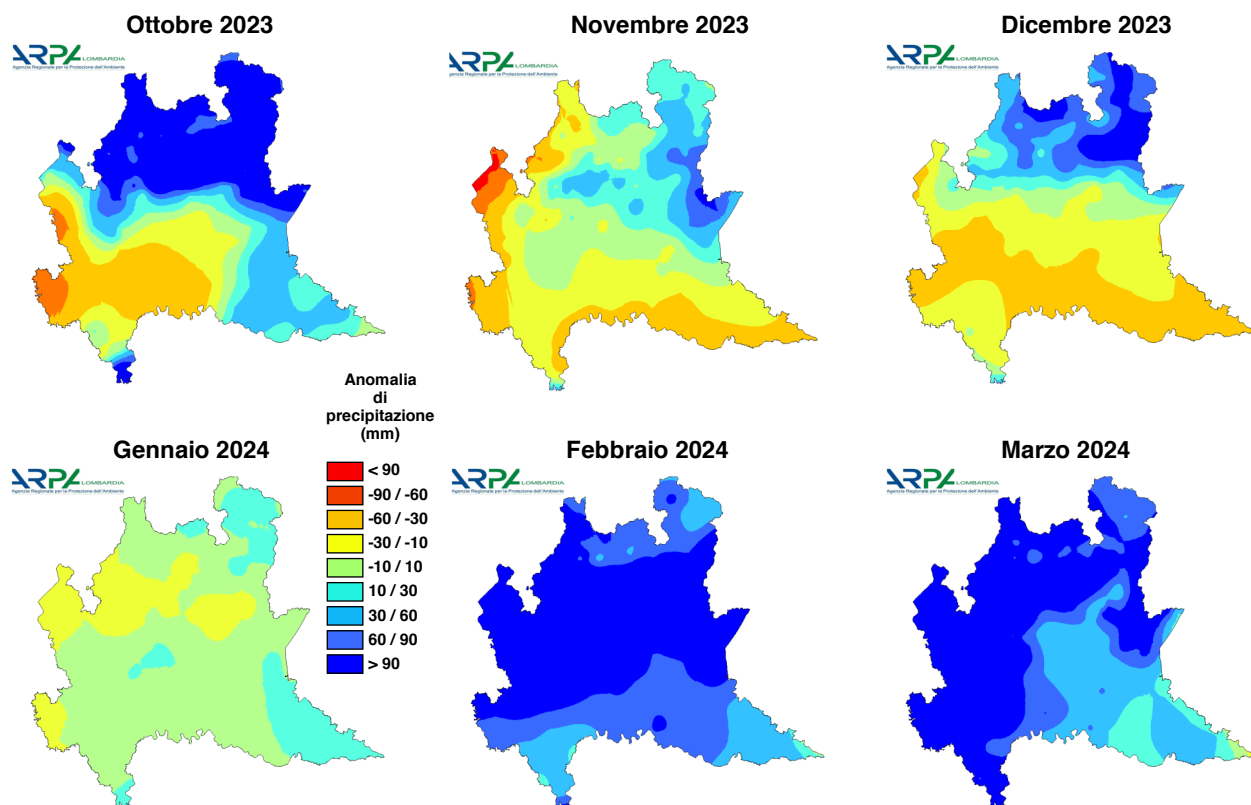


Figura 8 / Anomalia di precipitazione sulla Lombardia (mm), ottobre 2023-marzo 2024. (I valori medi mensili di pioggia sono riferiti a 174 stazioni, aventi serie storiche superiori ai 15 anni, nel periodo compreso tra il 1908 e il 2003.)

Nel corso della stagione irrigua (**Figura 9**) si sono alternati mesi più asciutti (aprile, luglio, agosto) e mesi più piovosi (maggio, giugno e settembre); **nei mesi di maggio e settembre, in particolare, è stata registrata una marcata anomalia positiva** (oltre +90 mm) su gran parte del territorio regionale. **I mesi di aprile, giugno e luglio sono stati invece caratterizzati da una distribuzione delle precipitazioni più disomogenea sulla Lombardia.** Nel mese di aprile sono state registrate anomalie positive (fino a +30/+60 mm) sulla pianura centro-orientale, la Valtellina e la Valchiavenna e anomalie negative (fino a -90/-60 mm) sulla

fascia centrale della regione e sul varesotto. Il mese di giugno è stato caratterizzato da anomalie negative (fino a -90/-60 mm) sulla parte occidentale della regione e positive (fino a oltre +90 mm) sulla parte centro-orientale e sull'Oltrepò pavese. Il mese di luglio è stato invece caratterizzato da anomalie negative (fino a -30/-60 mm) sulla pianura e positive (oltre +90 mm) sulla parte nord-occidentale della regione. Come già detto, **il mese di agosto è stato l'unico a far registrare significative anomalie negative** (fino a oltre -90 mm) su quasi tutto il territorio regionale, con l'eccezione dell'Oltrepò pavese.

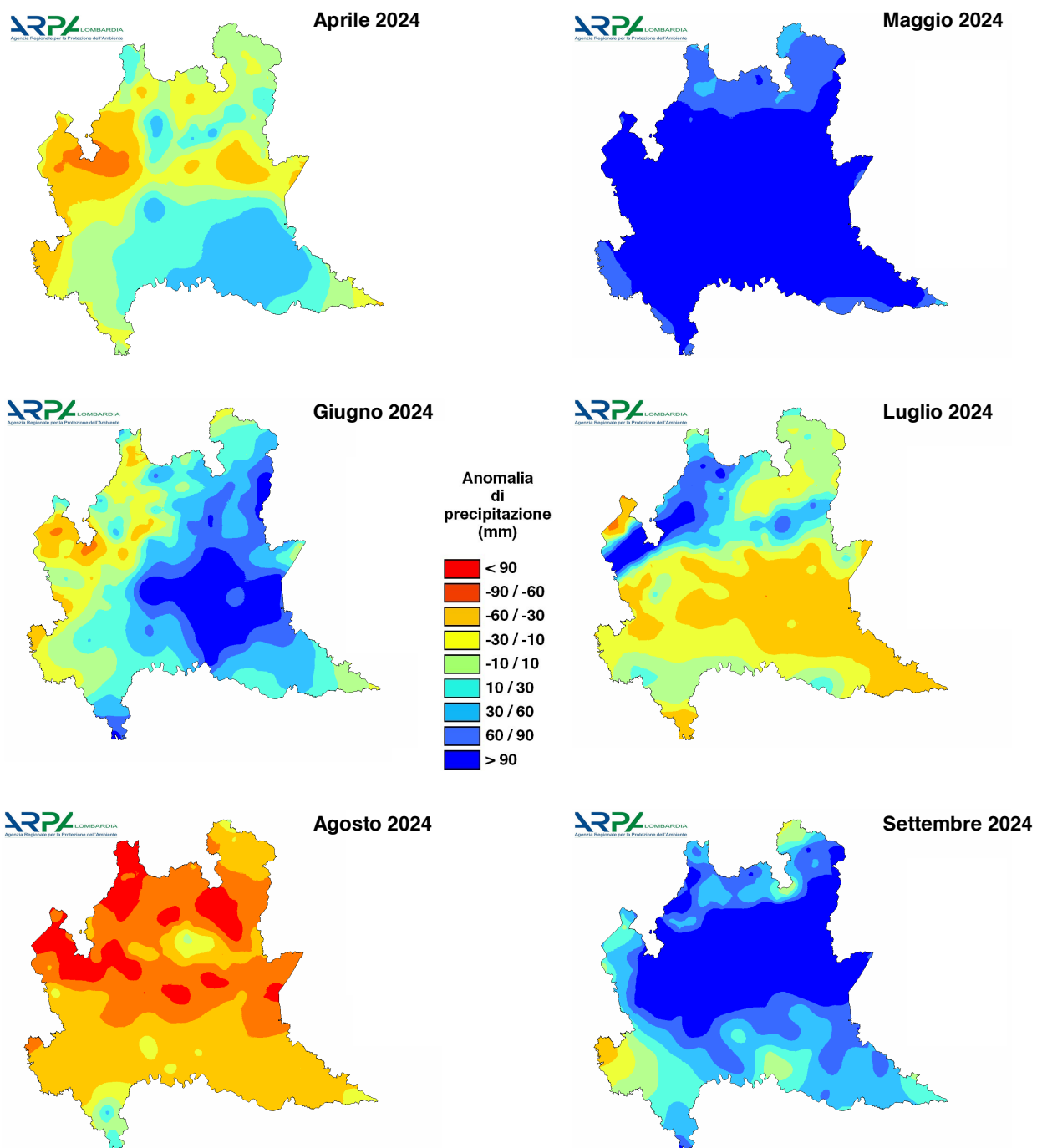


Figura 9 / Anomalia di precipitazione sulla Lombardia (mm), aprile-settembre 2024. (I valori medi mensili di pioggia sono riferiti a 174 stazioni, aventi serie storiche superiori ai 15 anni, nel periodo compreso tra il 1908 e il 2003.)

Tabella 5 / Precipitazioni medie mensili e stagionali (mm) nei comprensori di bonifica, indicati con il nome del Consorzio di bonifica titolare. La precipitazione media complessiva è stata pesata sulla base delle superfici dei comprensori. *Ente interregionale, viene conteggiato il solo territorio in Lombardia.

ENTE	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	MEDIA mensile	MEDIA stagionale
01 - Associazione Irrigazione Est Sesia*	70	189	60	40	24	81	77	464
02 - Consorzio di bonifica Est Ticino Villoresi	90	337	106	80	35	204	142	852
03 - Consorzio di bonifica Muzza Bassa Lodigiana	101	275	110	35	38	145	117	704
04 - Consorzio di bonifica della Media Pianura Bergamasca	101	337	186	57	25	264	162	970
05 - Consorzio di bonifica Dugali Naviglio Adda Serio	106	258	139	27	32	107	112	669
06 - Consorzio di bonifica Oglio Mella	106	211	197	32	34	158	123	738
07 - Consorzio di bonifica Chiese	116	220	183	29	23	133	117	704
08 - Consorzio di bonifica Garda Chiese*	109	220	137	13	17	132	105	628
09 - Consorzio di bonifica Territori del Mincio*	91	193	91	16	23	109	87	523
10 - Consorzio di bonifica Navarolo	96	142	82	60	20	119	87	519
11 - Consorzio di bonifica Terre dei Gonzaga in destra Po*	74	161	85	18	14	104	76	456
12 - Consorzio della bonifica Burana*	43	169	58	15	49	83	70	417
PRECIPITAZIONE MEDIA COMPLESSIVA comprensori di bonifica, stagione 2024	93	256	119	46	29	149	115	692

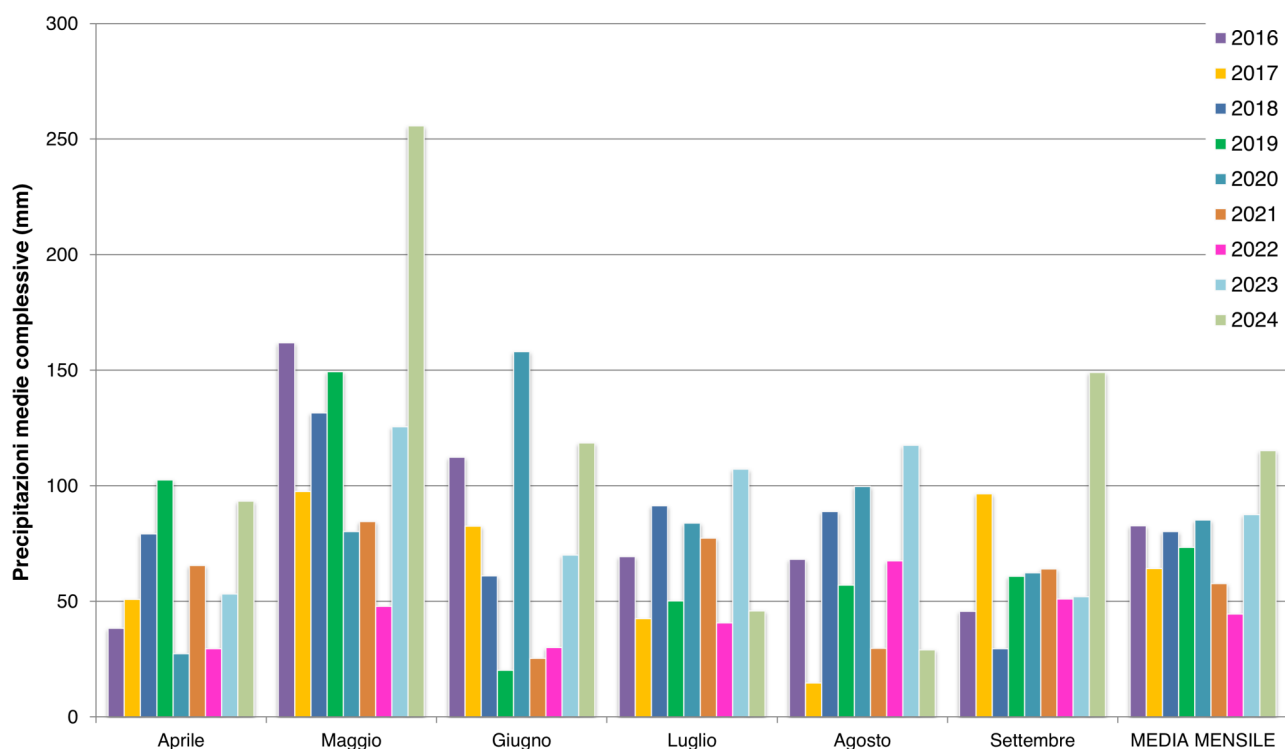


Figura 10 / Confronto tra i valori medi mensili complessivi di precipitazione (mm) nei comprensori di bonifica nei diversi anni a partire dal 2016. La media mensile complessiva è stata pesata sulla base delle superfici dei comprensori.

La **Tabella 5** e la **Figura 10** riportano i valori di precipitazione media mensile per ognuno dei dodici comprensori di bonifica lombardi per la stagione irrigua. Dai dati si evidenzia che, **durante la stagione irrigua, sul territorio regionale classificato di bonifica sono piovuti mediamente 115 mm al mese, che segnano il valore più alto dal 2016.**

I mesi meno piovosi sono stati luglio (46 mm) e soprattutto agosto (29 mm), mentre il mese più

piovoso è stato maggio (256 mm), seguito da settembre (149 mm).

Per quanto riguarda la distribuzione spaziale delle precipitazioni, i comprensori di bonifica che hanno ricevuto maggiori apporti sono stati Media Pianura Bergamasca (162 mm) e Est Ticino Villoresi (142 mm), mentre quelli che ne hanno ricevuti di meno sono stati Terre dei Gonzaga in destra Po (76 mm) e Burana (70 mm).

TEMPERATURE

L'anno idrologico 2024 (periodo ottobre 2023 - settembre 2024) in Europa è stato caratterizzato da temperature ampiamente oltre la media, che lo collocano complessivamente come l'anno idrologico più caldo dall'inizio delle rilevazioni. Il Copernicus Climate Change Service ne ha quantificato l'anomalia con un **+1.42 °C** rispetto al trentennio di riferimento 1991-2020.

In un contesto climatico trentennale con chiara tendenza al riscaldamento, **in Lombardia si è registrato l'anno idrologico più caldo dall'inizio delle rilevazioni al pari del 2023.** Analizzando singolarmente le varie stagioni

(**Figura 13**) spiccano per temperature relativamente elevate le stagioni autunnali del 2023 e invernali del 2024, mentre la primavera è risultata complessivamente nella norma.

Rispetto al clima medio del periodo 2006-2020 (**Figura 11**), **i mesi della stagione irrigua 2024 mostrano valori di temperatura sostanzialmente in linea con la media del periodo di riferimento o inferiori**, in particolare nel mese di maggio e, per la parte montana, settembre. **Fanno eccezione i mesi di luglio e agosto, durante i quali sono state registrate temperature superiori alla media** fino a **+3 °C** a luglio e **+4 °C** ad agosto.

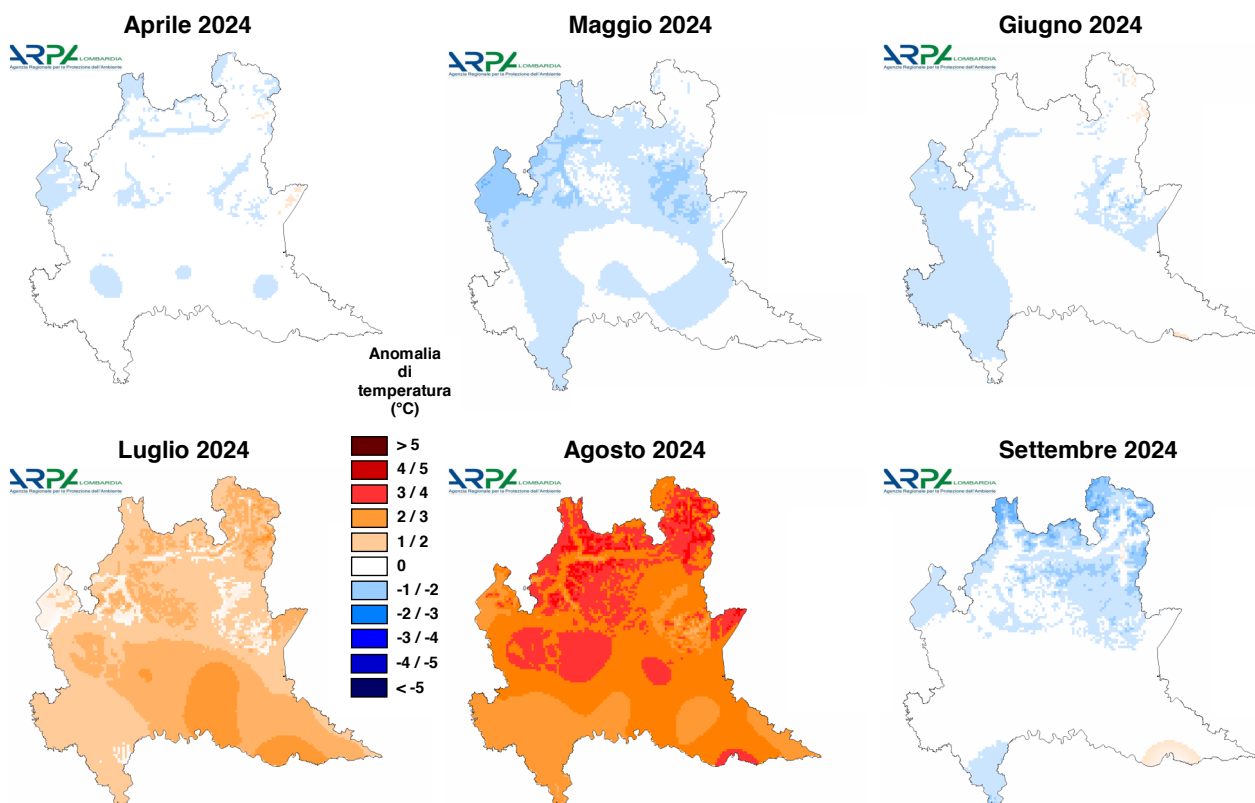


Figura 11 / Anomalia di temperatura sulla Lombardia (°C), aprile-settembre 2024. (I valori medi mensili di temperatura sono ottenuti dai valori orari interpolati usando tutte le stazioni disponibili entro 60 km dal territorio regionale sul periodo 2006-2020.)

Al fine di quantificare la media termica nel territorio di bonifica, analizzandone anche l'evoluzione nel tempo fin dal 1991, anno di partenza delle serie, si è scelto un set formato dalle seguenti stazioni meteorologiche collocate in pianura:

- Bergamo, quartiere Stezzano
- Brescia, istituto tecnico agrario "G. Pastori"
- Castello d'Agogna (PV)
- Mantova, quartiere Lunetta
- Milano, quartiere Brera
- Persico Dosimo (CR).

La **Figura 12** mostra come il **dato di temperatura media in pianura dell'anno idrologico 2023-2024 è pari a +16 °C**, valore più elevato dal 1991 al pari del 2023 e di ben 0.3 °C più caldo rispetto al 2015, terzo in questa speciale classifica.

Dai grafici in **Figura 13**, inoltre, si evince l'andamento stagionale nelle stazioni prese in esame, con una crescita più marcata dell'inverno. Si apprezza inoltre la notevole variabilità delle stagioni intermedie, primavera e autunno, fortemente influenzate dal regime delle precipitazioni, che in queste stagioni raggiungono i due massimi annuali.

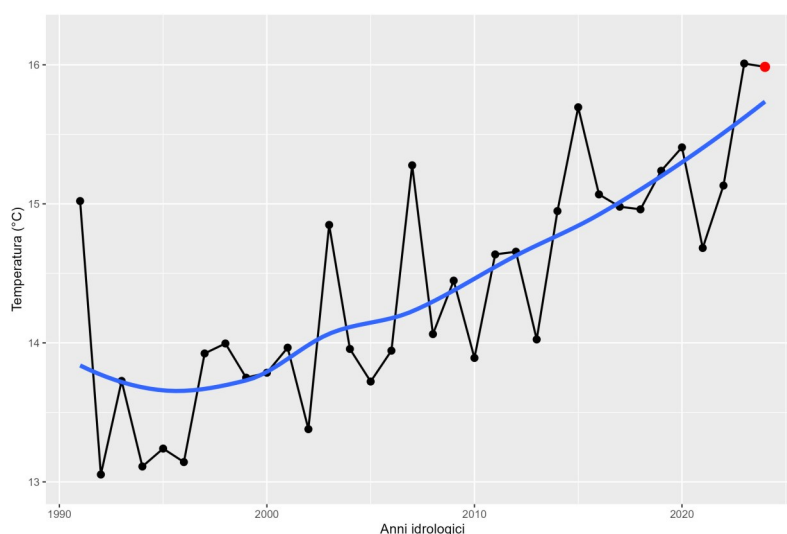


Figura 12 / Temperatura media degli anni idrologici (°C) dal 1991 per il set di stazioni scelte in pianura. Evidenziato in rosso il 2024. La linea di tendenza blu è stata calcolata con il metodo interpolante "LOESS" (LOcally Estimated Scatterplot Smoother).

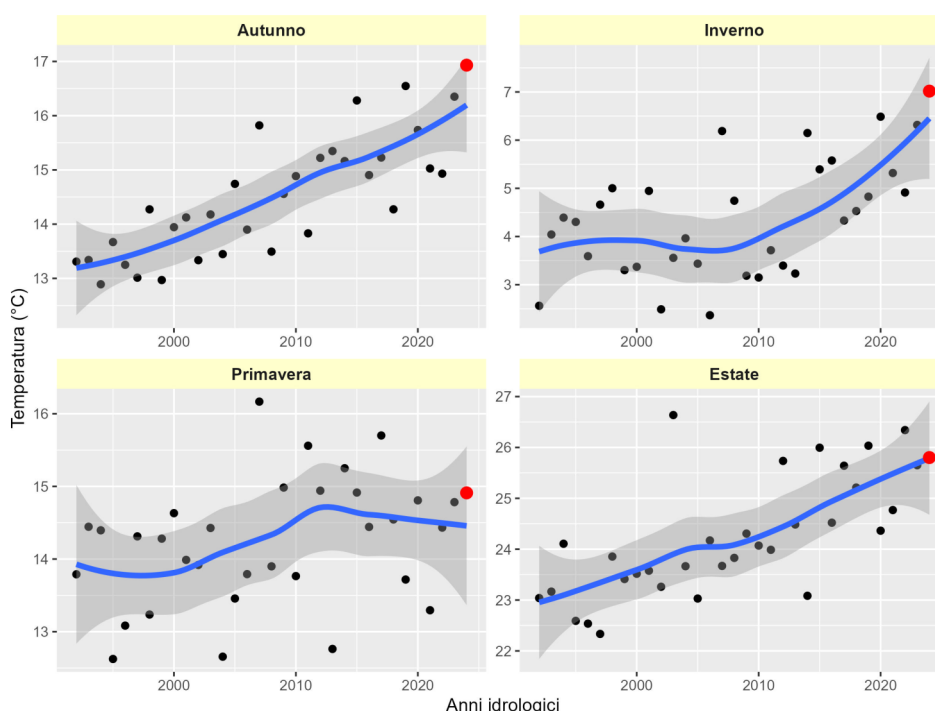


Figura 13 / Temperatura media stagionale (°C) dal 1991 per il set di stazioni scelte in pianura. Evidenziato in rosso il 2024.

CLIMA E INDICATORI

Il grafico di **Figura 14** combina anomalie di temperatura e precipitazioni relative alle stazioni meteorologiche precedentemente elencate rispetto al periodo climatologico 2006-2020, caratterizzando idealmente le annate in quattro tipologie: “Caldo-Secco”, “Caldo-Piovoso”, “Freddo-Secco” e “Freddo-Piovoso”. L’elaborazione mostra chiaramente che **l’anno idro-**

gico 2023-2024 si presenta come caldo e piovoso, con anomalia di precipitazione complessiva vicino a +40%. È interessante notare come, a livello storico, annate come quella del 2024 non siano frequenti: molti degli ultimi anni, infatti, appartengono al quadrante “Caldo-Secco”, che possiamo quindi individuare come tendenza climatologica dominante.

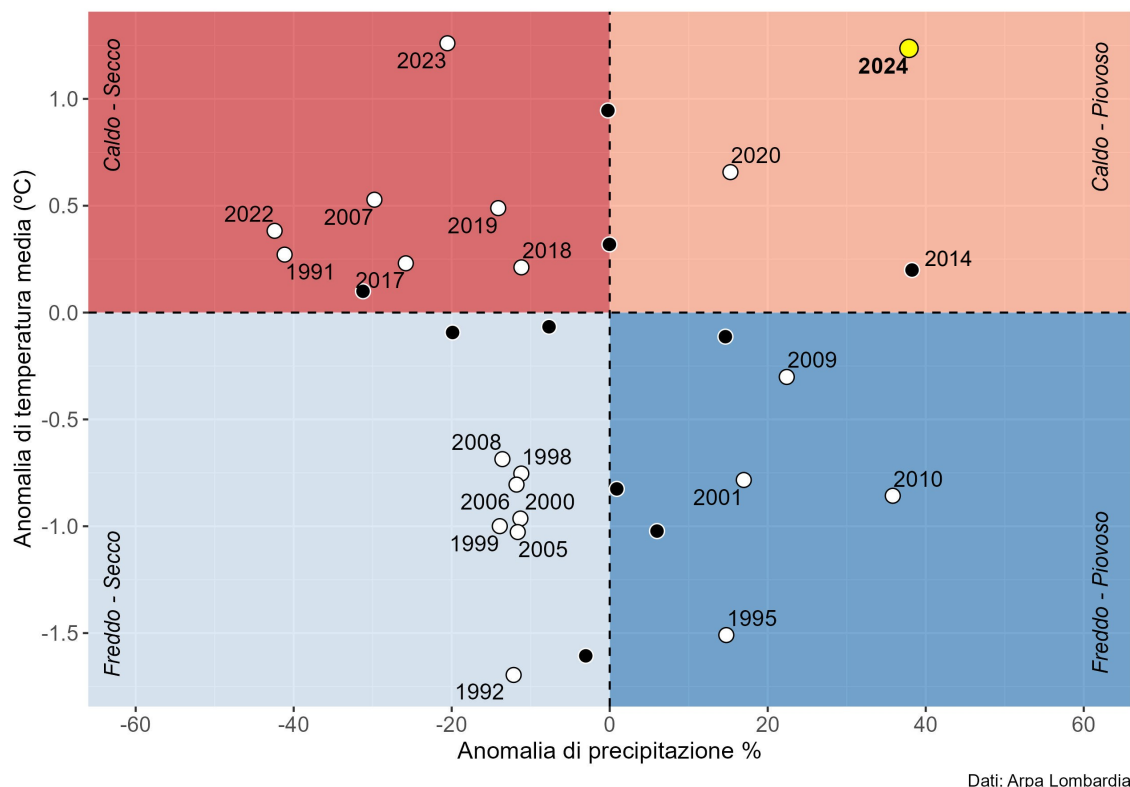


Figura 14 / Grafico combinato con anomalie di temperatura (°C) e di precipitazioni (% di mm) per gli anni idrologici più recenti, etichettati con il solo anno principale. Evidenziato in giallo il 2023-2024, mentre con punti bianchi ed etichette solo gli anni idrologici con anomalie significative per entrambe le variabili.

I successivi grafici da **Figura 15** a **Figura 18** sono ricavati attraverso il calcolo di alcuni indicatori, tra i più conosciuti in letteratura scientifica e facenti parte dalla lista ETCCDI (Expert Team on Climate Change Detection and Indices, composta da 27 indicatori), utile all’individuazione e alla caratterizzazione dei cambiamenti climatici³.

Le località analizzate sono comprese nella lista già fornita in precedenza, a cui si aggiunge la stazione di Pavia, nei pressi del ponte sul Ticino.

I primi due indicatori evidenziano il superamento di soglie di temperatura minima e massima, mostrando a partire dal 1991 una generale

crescita imputabile al marcato aumento delle temperature; la tendenza all’aumento è riscontrabile in tutti i siti analizzati ma, specialmente nel numero di notti tropicali, è ancora più netta in un contesto urbano come quello rappresentato dalla stazione di Milano.

Riguardo alle precipitazioni si è scelto di analizzare superamenti di soglie di 1 e 20 mm per verificare le tendenze su giorni di pioggia generici e giorni di pioggia intensa: rispetto alle temperature le conclusioni sono meno scontate; tuttavia, emerge un generalizzato calo di entrambi gli indicatori, soprattutto a partire dal 2015.

³ Per approfondimenti vedi bibliografia.

Numero giorni estivi
Temperatura massima > 25 °C

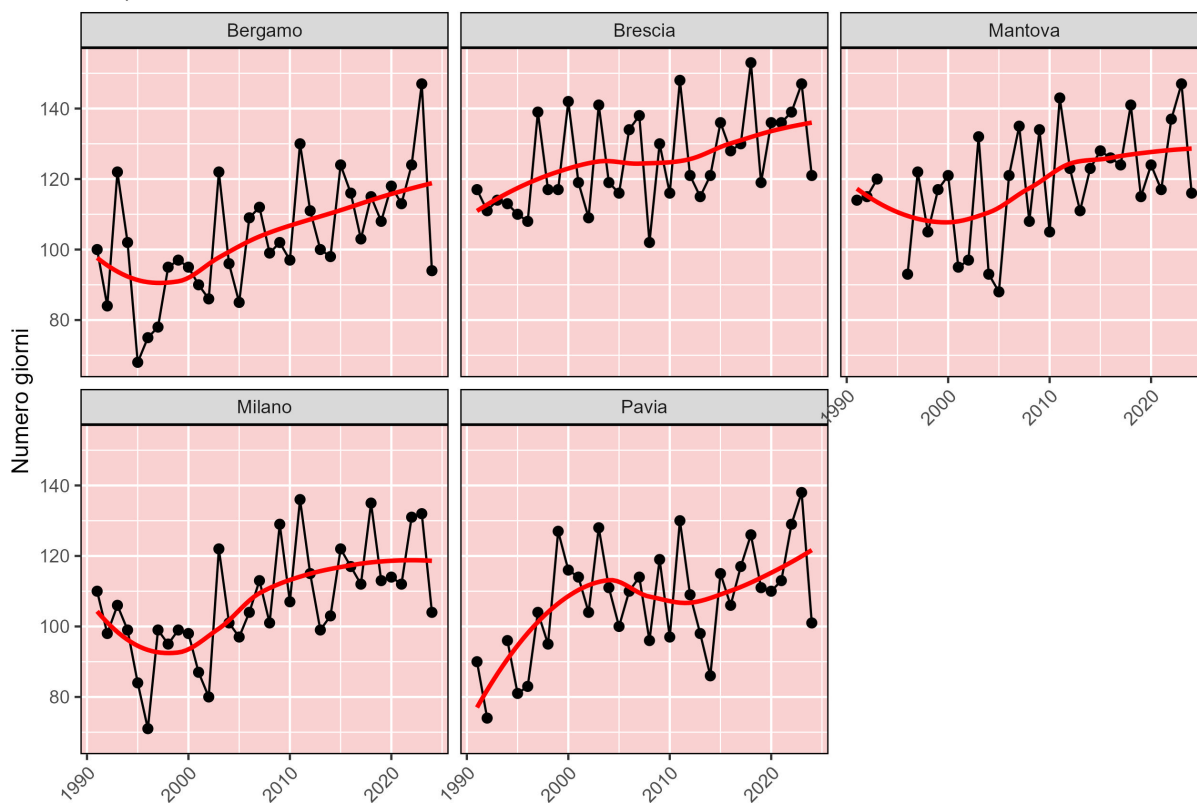


Figura 15 / I grafici mostrano, per ciascuna stazione meteorologica, il numero di giorni con temperatura massima superiore a 25 °C.

Numero notti tropicali
Temperatura minima > 20 °C

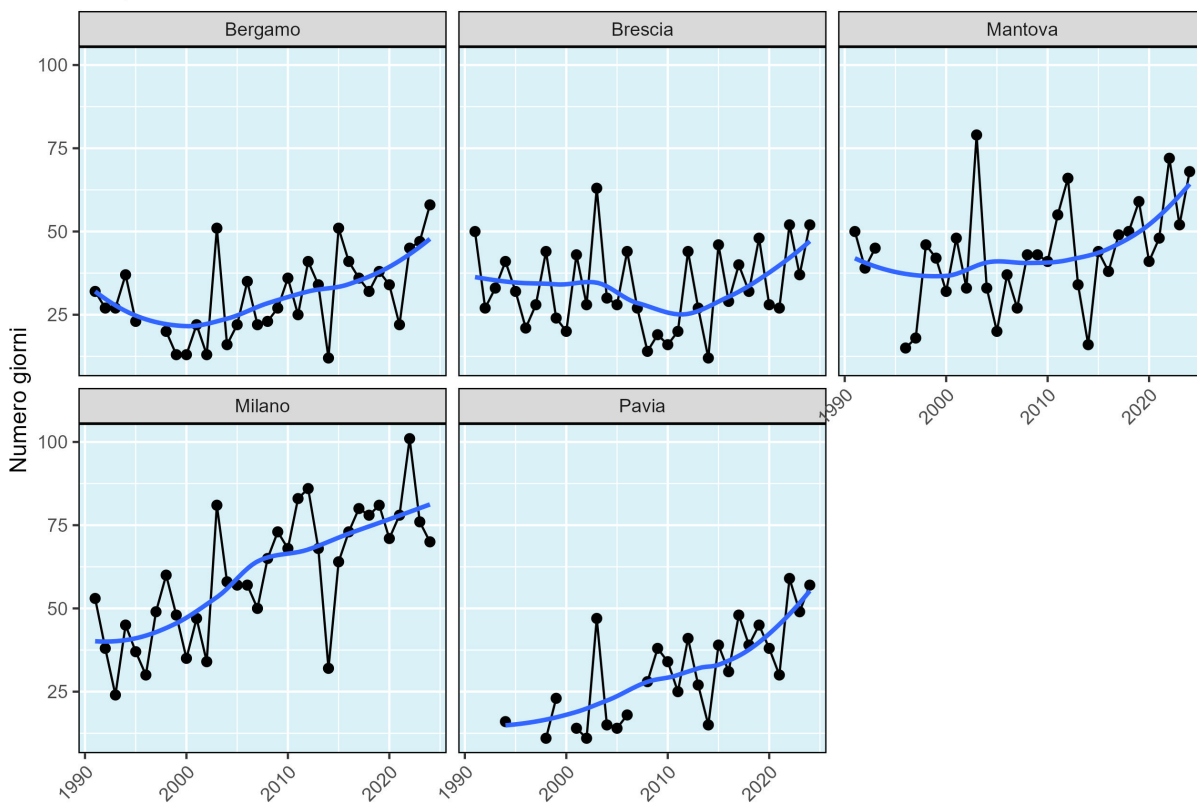


Figura 16 / I grafici mostrano, per ciascuna stazione meteorologica, il numero di giorni con temperatura minima superiore a 20 °C



Numero giorni di pioggia
Pioggia cumulata giornaliera ≥ 1 mm

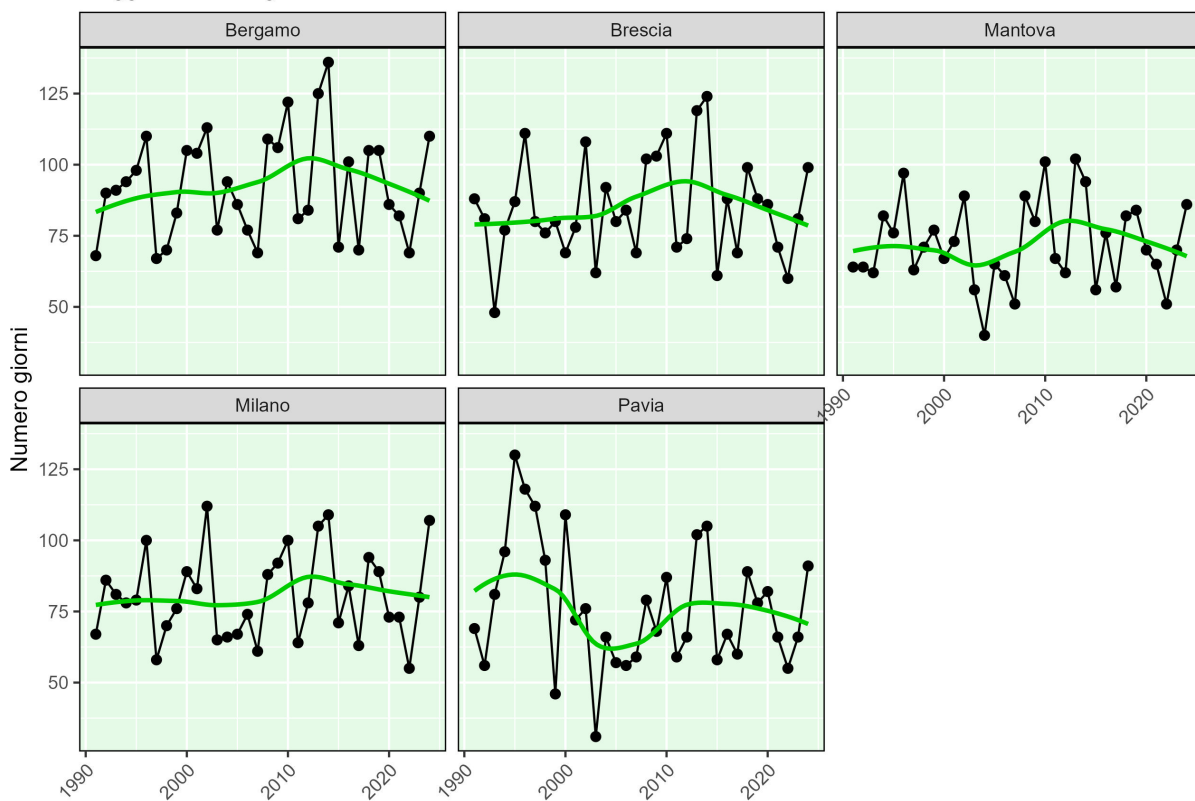


Figura 17 / I grafici mostrano, per ciascuna stazione meteorologica, il numero di giorni con pioggia cumulata superiore a 1 mm

Numero giorni di pioggia intensa
Pioggia cumulata giornaliera ≥ 20 mm

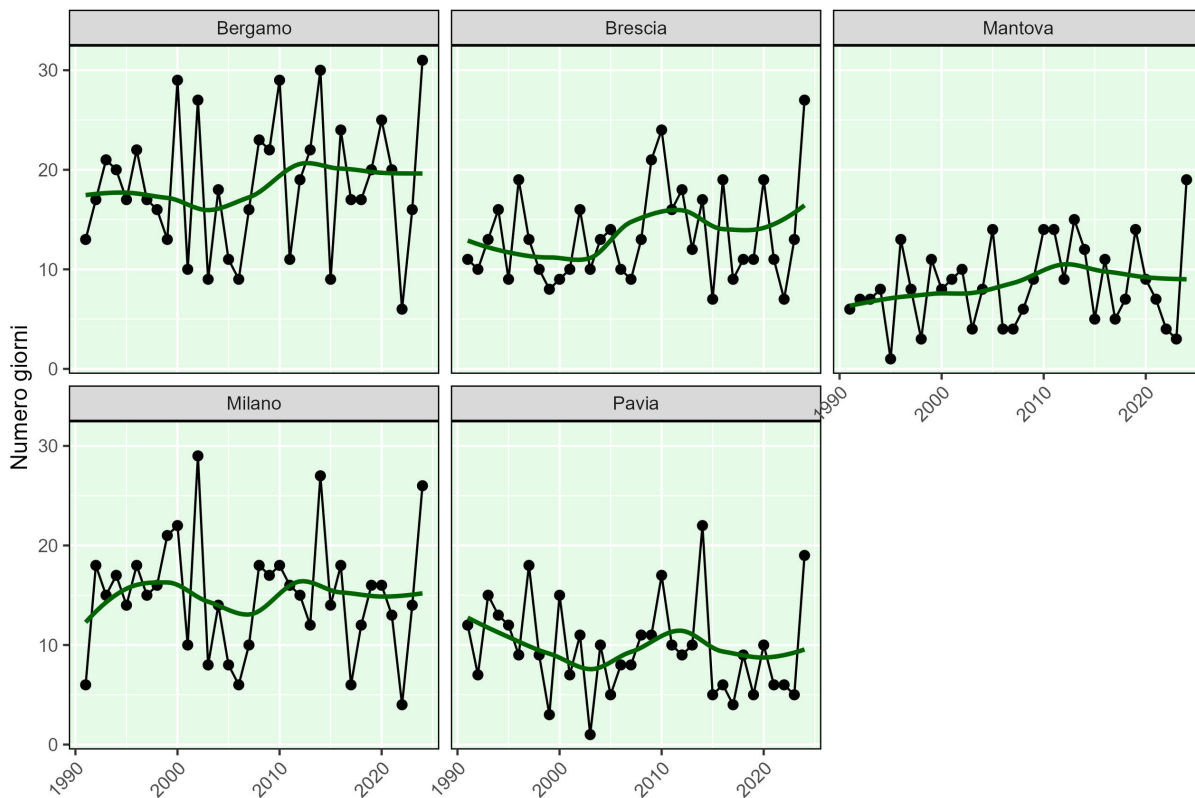


Figura 18 / I grafici mostrano, per ciascuna stazione meteorologica, il numero di giorni con pioggia cumulata superiore a 20 mm

RISERVE IDRICHE

L'inizio della stagione invernale 2023-2024 è stato caratterizzato da abbondanza di precipitazioni sulla parte alpina della regione: all'inizio di dicembre i quantitativi di acqua stoccata sotto forma di neve (Snow Water Equivalent - SWE) erano in linea o superiori alla media del periodo di riferimento. Nei mesi successivi non sono stati registrati nuovi accumuli significativi e i valori di SWE, pur aumentando leggermente, si sono mantenuti al di sotto della media fino a febbraio 2024. A partire dalla seconda metà di febbraio, invece, gli accumuli di SWE

sono stati particolarmente abbondanti e hanno permesso di superare la media del periodo di riferimento: **all'inizio della stagione irrigua la quantità di riserva disponibile era prossima ai massimi del periodo 2006-2020.**

L'andamento stagionale dello SWE è rappresentato dai grafici in **Figura 19**, relativi a tre bacini scelti per rappresentare la Lombardia centro-occidentale (Adda-Mera-Lario), orientale (Sarca-Mincio-Benaco) e le Prealpi centrali (Serio).

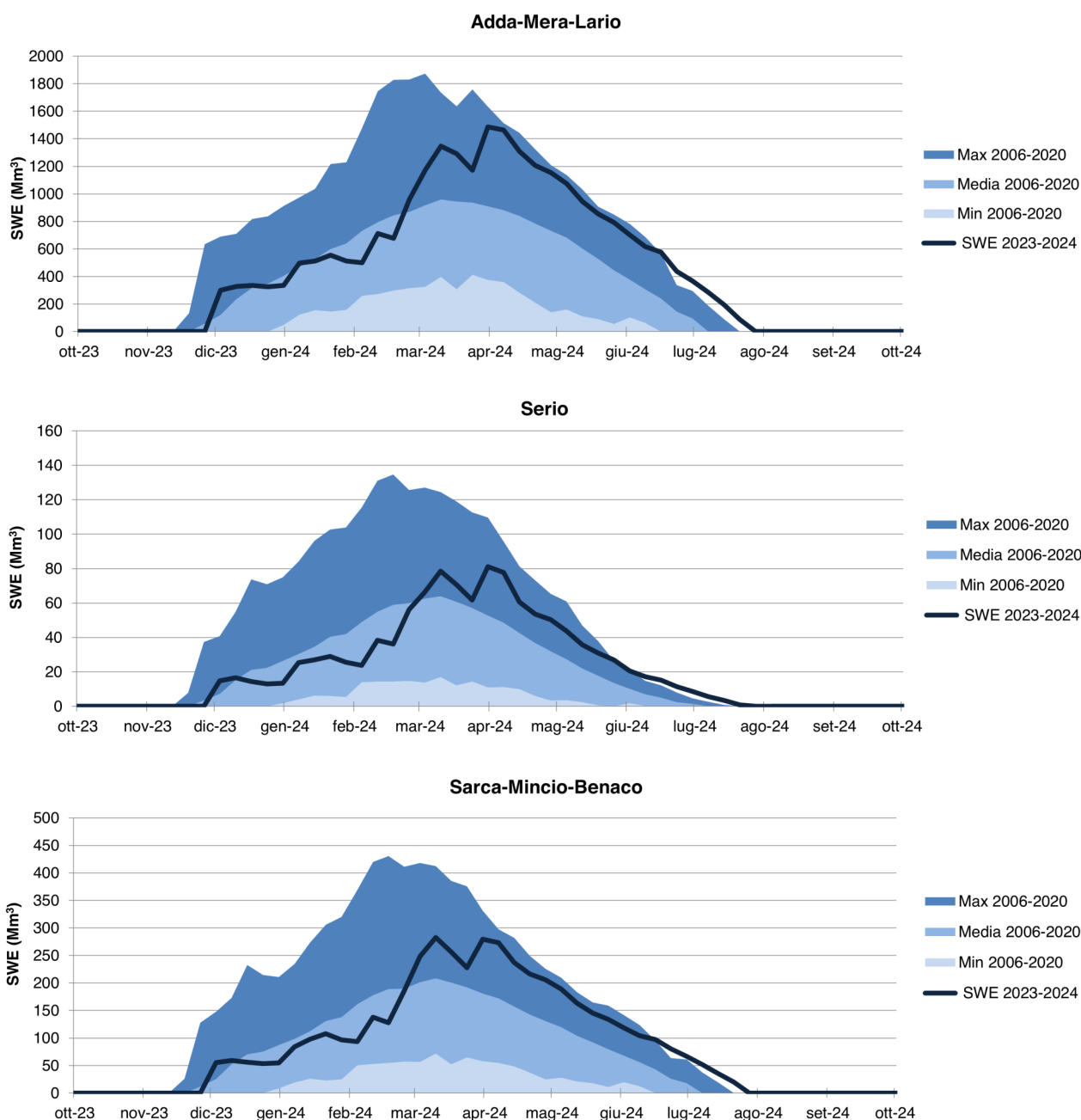


Figura 19 / Andamento della stima di SWE in tre dei principali bacini lombardi per l'anno idrologico 2023-2024 rispetto al periodo 2006-2020.

Lo slittamento temporale degli accumuli nevosi, unito alle precipitazioni del mese di marzo, ha fatto sì che la stagione irrigua 2024 si aprisse con una disponibilità di circa 59% superiore alla media del periodo 2006-2020, dovuta principalmente all'abbondanza di SWE (+69%), ma anche ai volumi invasati nei grandi laghi prealpini (+52%).

La riserva idrica stoccata sotto forma di neve, pur fisiologicamente in diminuzione nei mesi estivi, si è mantenuta su valori prossimi o superiori ai massimi del periodo di riferimento, grazie alle temperature non particolarmente elevate. **Il contributo dello SWE si è esaurito quasi alla fine di luglio**, con circa tre settimane di ritardo rispetto alla stagione media e circa una settimana oltre il massimo del periodo di riferimento.

Al lento esaurimento della componente nivale si è associato l'aumento dei volumi invasati sia dai grandi laghi sia dagli invasi alpini, dovuto anche alle precipitazioni dei mesi estivi: il totale complessivo della riserva idrica immagazzinata si è mantenuto al di sopra della media del periodo 2006-2020 per tutta la stagione irrigua, con surplus variabili tra il +59% (inizio stagione) e il +23% (fine luglio).

Durante il mese di agosto, il deficit di precipitazione ha portato a una diminuzione della risorsa disponibile che, a fine mese, registrava valori in linea con quelli del periodo di riferimento (-1.6%).

In **Figura 20** si riportano i grafici delle riserve idriche da fine marzo a fine agosto.

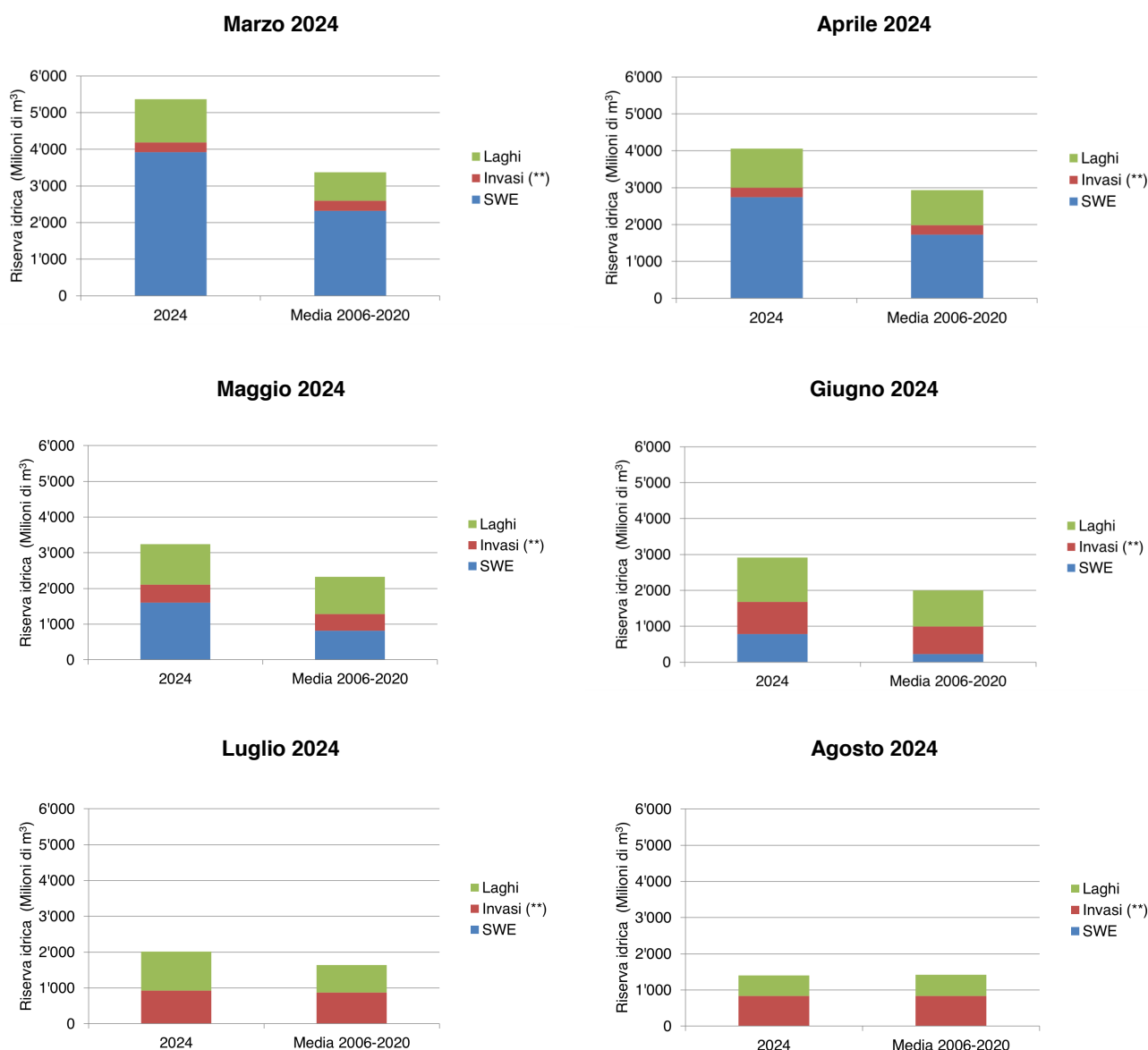


Figura 20 / Stato delle riserve idriche (SWE, invasi e laghi) alla fine di ciascun mese da marzo ad agosto 2024. (**i quantitativi invasati nei laghi sono riferiti alla somma dei laghi Maggiore, di Como, d'Ildro, di Garda e di Iseo.)

RISERVA IDRICA GLACIALE

In questa terza sezione viene descritto lo stato dei ghiacciai della Lombardia e il loro contributo in termini di risorsa idrica da fusione glaciale.

Il testo è redatto a cura del Servizio Glaciologico Lombardo (SGL), un'organizzazione di volontariato no-profit che si occupa della ricerca scientifica e del monitoraggio dell'ambiente glaciale alpino, raccogliendo i dati e

divulgandoli alla collettività, anche in forma di pubblicazioni scientifiche.

Il SGL fornisce i propri dati di monitoraggio al Comitato Glaciologico Italiano (CGI) e al World Glacier Monitoring Service di Zurigo (WGMS) ed è riconosciuto da Regione Lombardia e dal Club Alpino Italiano (CAI).

INTRODUZIONE

I ghiacciai lombardi attualmente coprono poco più dello 0.3% del territorio regionale ma costituiscono una riserva d'acqua dolce essenziale per diversi scopi: idropotabile e domestico, agricolo (irrigazione, allevamento), industriale (produzione di beni e servizi), produzione di energia (idroelettrico o raffreddamento centrali termoelettriche).

Il contributo idrico della fusione glaciale sulla portata dei corsi d'acqua montani viene valutato mediante il bilancio idrologico del bacino idrografico sotteso da una specifica sezione di chiusura. Tanto più la sezione di chiusura è posta in prossimità della fronte glaciale, tanto maggiore sarà il contributo percentuale della fusione glaciale sulla portata del torrente ablatore, mentre più si scende verso valle, tanto maggiori saranno i contributi derivanti dalla fusione nivale e dalla precipitazione liquida. I bacini montani inoltre sono caratterizzati da una modesta superficie coperta da vegetazione, che quindi limita le perdite idrologiche per intercettazione vegetale ed evapotraspirazione e da suoli con strati permeabili di modesto spessore che limitano la capacità di infiltrazione.

Semplificando l'equazione di bilancio, nei bacini idrografici di alta quota la portata dei torrenti può essere calcolata come la somma del deflusso idrico causato dagli eventi di precipitazione, dalla fusione nivale e dalla fusione glaciale, mentre le cosiddette perdite idrologiche sono generalmente trascurabili.

Il deflusso idrico da fusione nivo-glaciale è caratterizzato da una marcata stagionalità, con un contributo pressoché nullo dalla metà di ottobre alla fine di maggio, ed un picco posizionato tra la fine di luglio e la fine di agosto, a seconda degli scambi di calore tra le riserve criosferiche (neve, ghiaccio e permafrost) e le grandezze meteorologiche. Queste ultime possono essere molto variabili come la velocità del vento o la copertura nuvolosa, o più marcatamente stagionali come la temperatura, la radiazione solare e la precipitazione. Come mostrato in **Figura 21**, al netto degli eventi di precipitazione, il deflusso idrico è inizialmente dominato dalla fusione nivale, la cui quantità dipende fortemente dall'accumulo invernale e primaverile e può presentare una marcata variabilità interannuale.

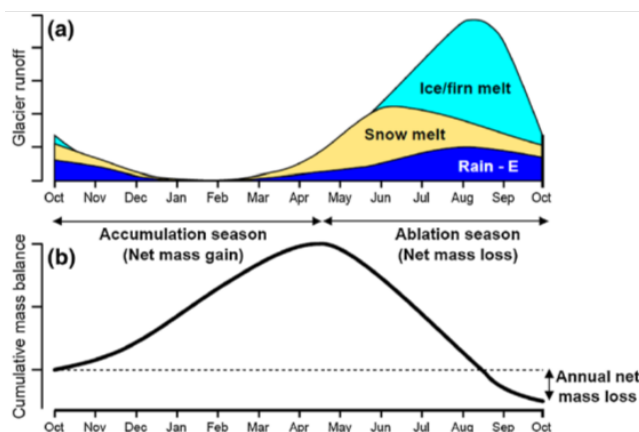


Figura 21 / Relazione tra bilanci di massa glaciale e portata dei torrenti ablatori (Radic&Hock 2014).

Il contributo della neve si manifesta nella tarda primavera, dove il progressivo aumento della quota dello zero termico e l'aumento della radiazione solare ne favoriscono la fusione. Il depauperamento del manto nevoso è accentuato dalla presenza di impurità come il trasporto di polvere sahariana, il deposito di *black carbon* o la presenza di alghe.

Il progressivo esaurimento della copertura del manto nevoso inizia a scoprire porzioni sempre maggiori del ghiacciaio e la fusione di quest'ultimo diventa preponderante alla fine dell'estate. La neve, infatti, grazie alla sua elevata albedo (rapporto tra radiazione entrante ed uscente integrata su tutte le lunghezze d'onda) e al forte potere di isolamento termico (tanto maggiore quanto è elevato lo spessore dello strato nevoso e minore è la sua densità), agisce come manto protettivo al di sopra del ghiacciaio. L'ablazione del ghiaccio diventa il contributo preponderante dopo la metà dell'estate quando buona parte del ghiacciaio è direttamente esposta alla radiazione solare ed è minimo lo spessore residuo del manto nevoso, che ricoprirà solo l'area di accumulo del ghiacciaio stesso. La portata dei torrenti ablatori segue il ciclo diurno di temperatura e radiazione solare (con un certo ritardo legato alle condizioni interne del ghiacciaio) e la sua ampiezza giornaliera cresce al procedere della stagione di fusione.

I fattori che quindi favoriscono la fusione glaciale sono: il forte irraggiamento solare con il permanere per molti giorni consecutivi di cielo sereno e condizioni di alta pressione; la carenza di copertura nivale; elevate temperatura dell'aria o dell'acqua a contatto con la fronte glaciale; condizioni ventilate e di forte gradiente di tensione di vapore. **Il deflusso idrico stagionale è direttamente legato al bilancio di massa glaciale, definito per ciascun ghiacciaio come media areale dell'accumulo sottratto dell'ablazione.**

L'**accumulo** viene valutato dagli operatori SGL nella tarda primavera mediante delle trincee stratigrafiche in cui vengono misurati spessore e densità del manto nevoso al variare della profondità fino ad incontrare il *firm* o nevato.

L'**ablazione** viene, invece, valutata con la lettura delle paline ablatometriche alla fine della stagione di fusione o mediante rilievi topografici, che permettono di determinare il modello digitale della superficie glaciale mediante tecniche fotogrammetriche con l'ausilio combinato di droni e GPS.

Se dal punto di vista glaciologico la fusione nivale e l'ablazione glaciale sono termini negativi, dal punto di vista idrologico un maggior apporto da fusione significa una maggior portata nei torrenti glaciali. **Anni con forti bilanci di massa negativi, come quello dell'anno idrologico 2021-2022, hanno dimostrato la fondamentale importanza del deflusso da fusione glaciale nel caso in cui si verificano situazioni di siccità severa e prolungata nel tempo**, con deficit di precipitazioni accompagnati da elevati tassi di evapotraspirazione, associati al persistere delle condizioni di alta pressione ed elevate temperature dell'aria.

In **Figura 22** si riporta il contributo percentuale settimanale della fusione glaciale sulla portata del fiume Adda con sezione di chiusura posta al trivio di Fuentes (alto lago di Como). Si noti come tra le settimane 26 e 35 del 2022 e le settimane 32 e 34 del 2023 più del 40% della portata del fiume Adda derivava dalla fusione degli apparati glaciali. Il massimo contributo arriva a superare l'80% nella 34esima settimana del 2022.

Al netto delle condizioni nivologiche e meteorologiche, i quantitativi di acqua derivati dalla fusione glaciale sono direttamente proporzionali alla superficie dei ghiacciai. Annate con bilanci di massa glaciali

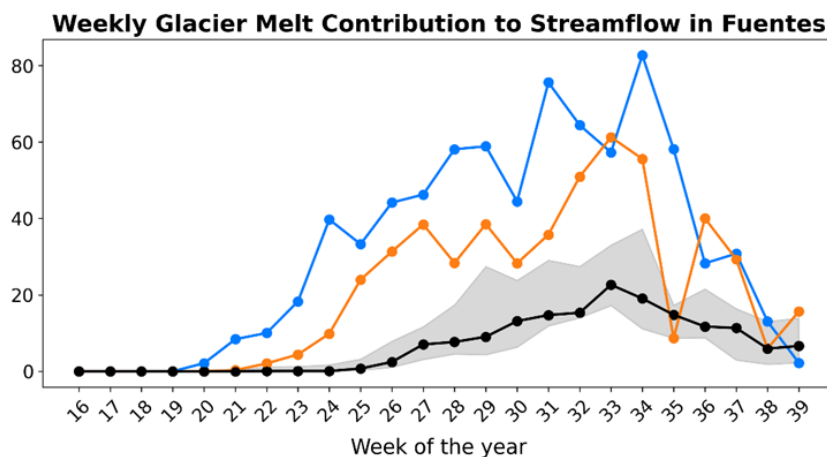


Figura 22 / Portata media settimanale stimata con modello S3M (Cima Foundation) dell'Adda sopra lacuale (Fuentes). Il contributo percentuale della fusione glaciale è riportato con le linee in blu per l'anno 2022 e in arancione per il 2023. (M. Leone 2024).

fortemente negativi intaccano la riserva di ghiaccio che non sarà più disponibile nelle stagioni seguenti, a meno di un'inversione del trend climatico che favorirebbe la creazione di nuovo ghiaccio (accumuli nevosi particolarmente significativi associati a temperature estive sotto media).

Concludendo, si può affermare come **i ghiacciai costituiscano un serbatoio di acqua**

dolce in esaurimento a causa del recente riscaldamento globale. Con il loro degrado viene meno un contributo idrico facilmente prevedibile perché marcatamente legato alla stagionalità delle temperature e della radiazione solare, esponendo tutti gli utilizzatori della risorsa alla marcata variabilità delle precipitazioni che, specialmente in estate, stanno diventando sempre più sporadiche.

INQUADRAMENTO NEL CONTESTO DELLE ALPI EUROPEE

Nello studio *“Reconstructed glacier area and volume changes in the European Alps since the Little Ice Age”* di Reinthaler e Paul del 2024, gli autori hanno analizzato l'estensione e il volume degli apparati glaciali dal 1850 ad oggi. Dalla **Figura 23**, dove i ghiacciai lombardi sono riportati all'interno della Regione 9, **si evince una perdita del 66% in termini areali e del 70% in termini volumetrici rispetto all'epoca pre-industriale.**

Nella nostra regione le quote maggiormente colpite risultano essere quelle comprese tra i 2000 e i 2500 metri, registrando perdite di spessore superiori ai 50 metri. Poiché molti apparati glaciali lombardi al di sotto dei 2500 metri presentavano spessori inferiori ai 50 metri, a quelle quote si registra ormai la totale scomparsa di copertura glaciale. Un ultimo dato essenziale e di primaria importanza dal punto di vista glaciologico, in ottica della possibile sopravvivenza dei nostri apparati glaciali in futuro, è rappresentata dalla quota della **linea di equilibrio** (definita come quella linea immaginaria che collega i punti del ghiacciaio in cui il bilancio di massa netto annuale è uguale a zero). Nella nostra regione tale quota è aumentata di 135 metri nel periodo 1850-2015, attestandosi ora a quote superiori ai

3000 metri. Questo significa che, **già con il clima attuale, i ghiacciai posti al di sotto di questa quota possono essere considerati come dei relitti glaciali**, destinati a scomparire (al di sotto di quella quota il tasso di ablazione è infatti sempre superiore all'accumulo). A causa dello stress climatico a cui i ghiacci sono sottoposti, le loro aree di ablazione continueranno ad estendersi e la loro quota media a spostarsi verso l'alto. L'eccesso di fusione, dato dal bilancio di massa negativo, incrementerà il deflusso superficiale, specialmente nelle stagioni estive. Inoltre, le stime dei tassi di perdita volumetrica, in moderato aumento malgrado il sensibile aumento delle temperature e della radiazione solare, suggeriscono che **si è prossimi al raggiungimento del cosiddetto peak water, ovvero il massimo contributo che i ghiacciai possono fornire al deflusso idrico sfruttando a pieno l'incremento dell'energia di fusione a fronte di un volume di ghiaccio disponibile a fondere** (l'incremento delle temperature è infatti vano se la massa glaciale è già estinta). In particolare i bacini idrografici di Po e Danubio mostrano già il raggiungimento di valori stazionari di perdita volumetrica annua degli apparati glaciali, indicando la prossimità al raggiungimento del picco.

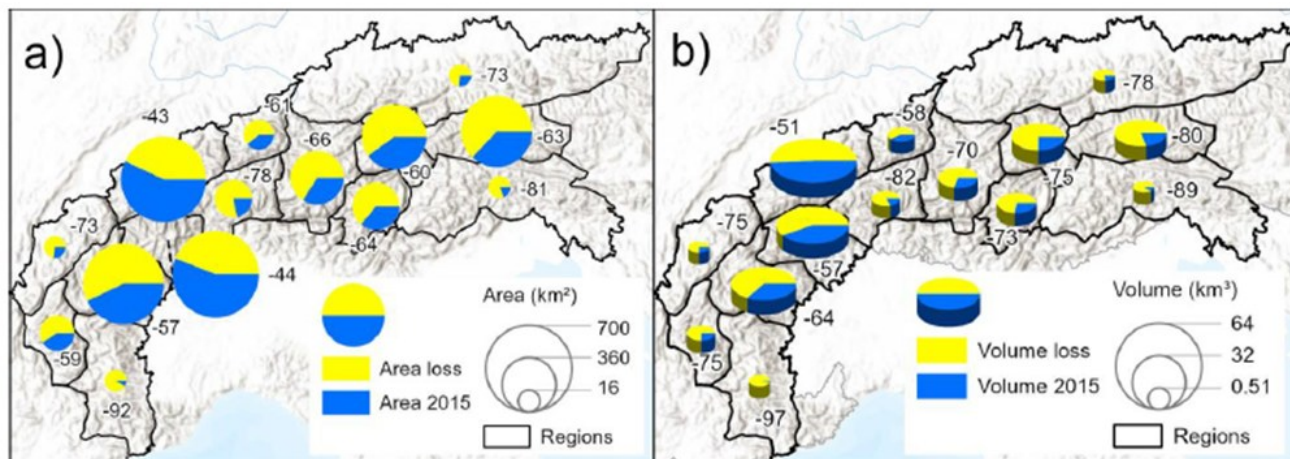


Figura 23 / Pannello a) Perdita di area coperta da ghiaccio nel periodo 1850-2015. Pannello b) Riduzione del volume di ghiaccio nel periodo 1850-2015. (Reinthaler & Paul, 2024).

IL BILANCIO DI MASSA GLACIALE 2023-2024

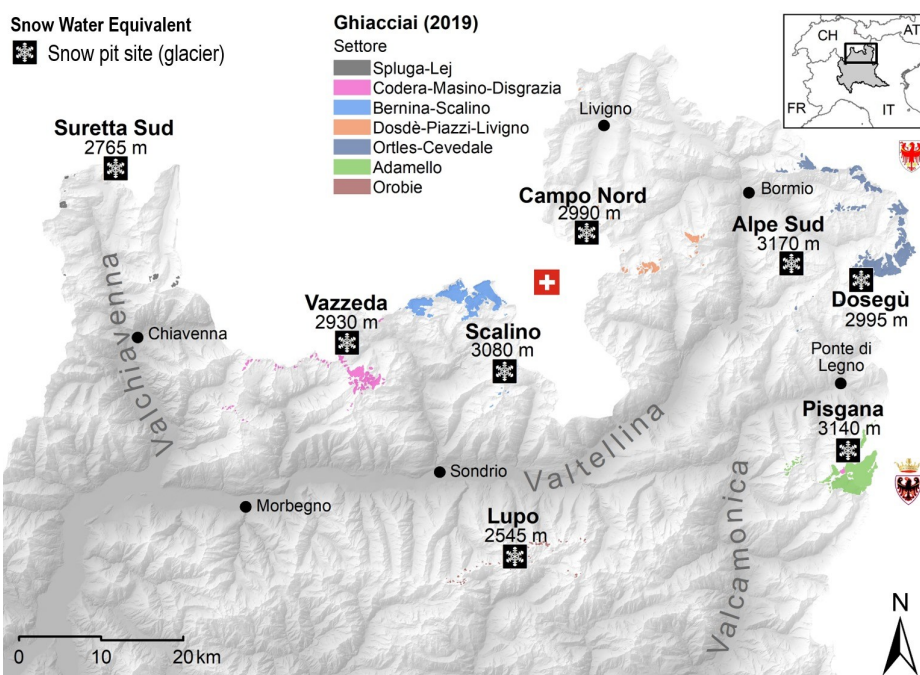
Il bilancio di massa glaciale è la differenza tra l'accumulo nevoso al termine della stagione primaverile e l'ablazione estiva, che in molti ghiacciai negli ultimi anni si protrae fino alla fine di ottobre. La neve è infatti la "fonte di nutrimento" del ghiacciaio e la sua metamorfosi le permetterà di trasformarsi in ghiaccio nel l'arco di 4-5 anni nel caso riesca a sopravvivere alla fusione estiva. Le precipitazioni nevose tuttavia sono caratterizzate da una marcata variabilità interannuale e sono legate ai parametri di circolazione atmosferica (canali di ingresso preferenziali delle perturbazioni e caratteristiche topografiche) oltre che a fattori locali (gradiente di precipitazione con la quota). La sua quantificazione è generalmente espressa in equivalente idrico nivale (SWE).

Gli operatori dell'SGL, in date convenzionali (generalmente tra fine maggio e inizio giugno), realizzano delle trincee stratigrafiche sulla superficie glaciale, scavando all'interno del manto nevoso fino a raggiungere il *firn* o il ghiaccio sottostante. In ogni buca vengono poi individuati e misurati spessore e densità degli strati, permettendo di calcolare l'equivalente idrico nivale.

Una componente essenziale è la densità del manto nevoso che dipende in fase di precipitazione da fattori atmosferici legati prevalentemente alla temperatura dell'aria (con temperature molto rigide la densità sarà bassa). Una volta all'interno del manto nevoso la densità iniziale può essere significativamente modifica-

ta da processi di compattazione, riarrangiamento dei grani, metamorfosi, cicli di gelo-rigelo, percolazione, che evolvono nel corso della stagione invernale e primaverile. Le precipitazioni di inizio autunno e fine primavera, ma anche le ormai rare nevicate estive, presentano densità iniziali mediamente più elevate rispetto alle precipitazioni invernali. Questo schema generale vede però molte eccezioni che stanno diventando ormai la regola in un contesto climatico via via più energetico nei mesi invernali quando sempre più spesso si osservano eventi precipitativi dalle caratteristiche autunnali.

La quantificazione degli accumuli ad alta quota è un'informazione preziosa e ad oggi i più moderni sistemi di monitoraggio da stazioni a terra e da remoto devono ancora essere accoppiati a rilievi sul campo per fornire una quantificazione accurata. Viceversa, le operazioni di campo sono estremamente onerose e difficili e forniscono solamente delle informazioni puntuali. Per questo motivo **i siti costantemente monitorati dall'SGL sono ad oggi otto, tutti posizionati al di sopra dei 2500 metri e spazialmente distribuiti all'interno dei principali settori glaciali lombardi (Figura 24)**. In **Tabella 6**, per ciascun sito vengono riportate: la data di rilievo, lo spessore del manto nevoso (HN), la densità media (ρ_s), l'equivalente idrico nivale (SWE) e l'anomalia di spessore nivale rispetto alla media del periodo di riferimento 2003-2022.



Dai rilievi effettuati emerge come l'anno idrologico 2023-2024 sia stato caratterizzato da valori di altezza di neve fortemente sopra la media in tutti i siti di monitoraggio ad eccezione dell'Alpe Sud. Anche i valori di densità del manto sono elevati, ad indicare un elevato contenuto idrico. **In termini di accumulo, grazie alle nevicate tardive, si può affermare che la stagione sia stata positiva.**

Figura 24 / Posizione degli otto siti di monitoraggio dell'accumulo nevoso stagionale con i relativi settori glaciologici di riferimento.

Ghiacciaio	Quota (m s.l.m.)	Data	HN (cm)	ρ_s (kg/m ³)	SWE (m w.eq.)	$\Delta = (HN - \mu_{HN}) / \mu_{HN}$ 2003-2022	μ_{HN} ed intervallo (cm)
Suretta Sud	2765 m	16.06.2024	420	509	2.5	6%	401 (1999-2024)*
Vazzeda	2930 m	08.06.2024	645	++	3.2	76%	379 (1994-2024)**
Pizzo Scalino	3100 m	01.06.2024	625	++	1.6	n.d.	432 (2010-2024)
Campo Nord	2990 m	08.06.2024	374	++	1.8	94%	193 (2000-2024)*
Alpe Sud	3150 m	09.06.2023	197	566	1.1	-9%	216 (1998-2024)***
Dosegù	2995 m	16.06.2024	365	504	1.84	96%	186 (1996-2024)****
Pisgana Ovest	3140 m Adamello	16.06.2024	430	557	2.4	65%	278 (2000-2024)*
Lupo	2545 m	09.06.2023	866 ^a	495	4.1	90%	517 (1996-2023)

Tabella 6 / Quadro riassuntivo dei rilievi nivologici 2024. HN spessore strato di neve, ρ_s densità media, Δ anomalia dello spessore di neve rispetto al valore medio, μ_{HN} spessore medio di riferimento. Le anomalie vengono calcolate in riferimento alla media del periodo indicata tra parentesi nell'ultima colonna (* manca il 2002, ** manca il 1997, *** manca il 2012, **** mancano gli anni dal 2002 al 2006 e dal 2018 al 2019). ^a valore mediato su 3 punti di misura distribuiti longitudinalmente sul ghiacciaio, il valore medio nella zona della buca stratigrafica è 121 cm. ++ elaborazione dei dati raccolti ancora in corso.

È necessario puntualizzare che, come già occorso in passato, nel 2024 si sono verificati tre eventi di trasporto atmosferico di polveri sahariane con relativa deposizione di strati di colore giallo rossastro al di sopra del manto nevoso nelle date 28/03, 08/04, 29/06.

Queste polveri, quando emergono dal manto nevoso al progredire della stagione di fusione,

ne diminuiscono l'albedo, accelerandone significativamente i tassi di fusione.

I rilievi nivologici vengono eseguiti da più di 25 anni in Lombardia dall'SGL e il grafico delle anomalie dell'altezza del manto nevoso rispetto alla media del periodo 2003-2023 dimostra il buon accumulo del 2024, secondo solo a quello del 2001 (**Figura 25**).

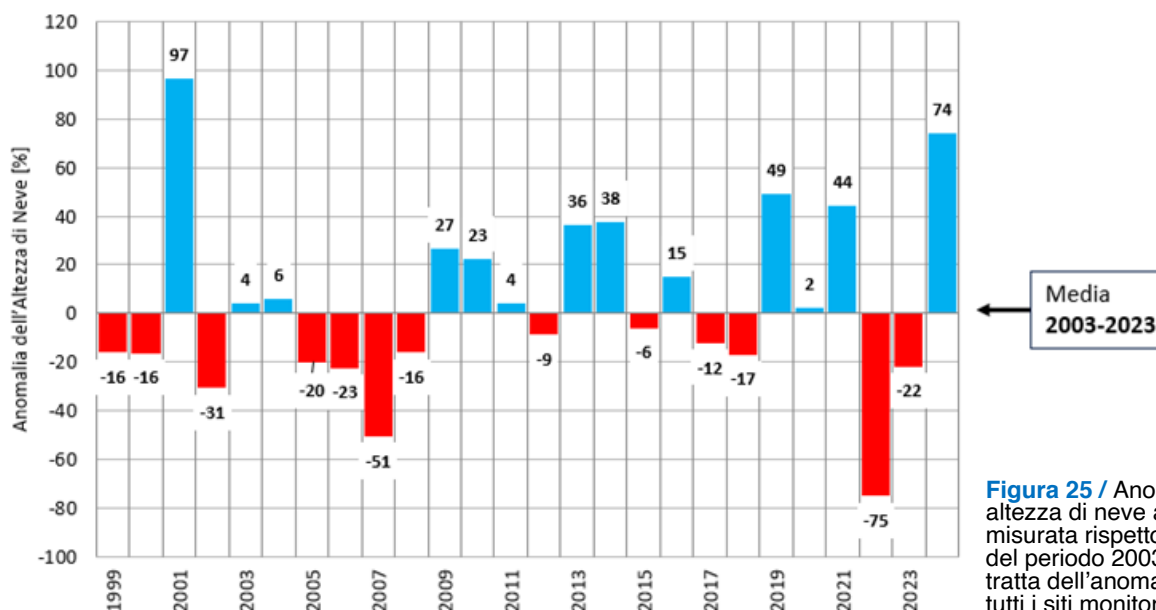


Figura 25 / Anomalia di altezza di neve al suolo misurata rispetto alla media del periodo 2003-2023. Si tratta dell'anomalia media di tutti i siti monitorati.

Come già ricordato, **il bilancio di massa di un ghiacciaio è determinato dalla somma del bilancio invernale** (ovvero lo SWE cumulato nelle nevicate della stagione invernale) **e dall'ablazione estiva** (ovvero il quantitativo in acqua equivalente di fusione del manto nevoso e del ghiaccio sottostante).

La quantificazione dell'ablazione viene eseguita sulla gran parte dei ghiacciai lombardi mediante il metodo glaciologico, cioè tramite il rilievo puntuale delle perdite di spessore di ghiaccio al termine della stagione di fusione

utilizzando le paline ablatometriche. Per avere una visione distribuita e rappresentativa sull'intera area glaciale è necessario posizionarne in numero adeguato in relazione all'estensione dello stesso.

Dai rilievi effettuati alla fine della stagione di ablazione, considerando alcune paline di riferimento dei quattro ghiacciai per i quali sono state ultimate le elaborazioni (Alpe Sud, Suretta Sud, Lupo, Campo Nord) **si è osservata una perdita media di 4.2 metri di acqua equivalente (Tabella 7), valori secondi solo**

Ghiacciaio	Bilancio di massa (m w.eq.)		
	Estivo puntuale	Netto puntuale	Netto distribuito
Alpe Sud	-3.9	-1.5	*
Suretta Sud	-3.8	-1.4	-0.7
Lupo	-4.9	-0.8	-0.0
Campo Nord	-4.0	-2.2	-0.6
Media	-4.2	-1.5	*

Tabella 7 / Bilancio di massa estivo puntuale (fusione della neve invernale sommata alla fusione glaciale), netto puntuale (somma del bilancio invernale ed estivo calcolata alle singole paline) e netto distribuito sull'intera superficie del ghiacciaio (attraverso interpolazione delle singole paline sulle diverse fasce altimetriche o aree omogenee del ghiacciaio) nel 2023-2024 sui 4 siti di monitoraggio glaciale. Valori espressi in metri di acqua equivalente (m w.eq.). * valore non calcolabile.

all'estate del 2023. Nonostante l'ingente quantitativo di neve stagionale osservato a giugno sull'intero arco alpino, l'estate 2024, caratterizzata da valori di radiazione e temperatura molto elevati, ha generato dei tassi di fusione elevata, concentrata soprattutto nei mesi di luglio e agosto.

Per determinare le possibili cause di un'ablazione così elevata si è preso come riferimento la stazione meteorologica ubicata sul Piz Corvatsch (Engadina), gestita da MeteoSwiss, considerata particolarmente rappresentativa poiché in posizione baricentrica rispetto ai ghiacciai lombardi e a quota elevata (3294 m). Valori particolarmente anomali si sono osservati nel mese di agosto: temperatura media mensile di +3.2 °C, -66,6 % di precipitazione, +26.5% di ore di insolazione rispetto alla media di riferimento 1991-2020.

Valori così elevati di temperatura e radiazione solare hanno determinato una forte perdita di massa nivo-glaciale determinando bilanci di massa netti a fine estate negativi per tutti gli apparati glaciali lombardi, nonostante la positiva stagione primaverile auspicasse un modesto ottimismo. Le fortissime anomalie climatiche degli ultimi anni evidenziano un peso estremamente significativo dell'aumento delle temperature nel semestre estivo nel determinare i bilanci glaciali. Stagioni come quella analizzata dimostrano che **estati calde sono in grado di controbilanciare accumuli primaverili anche fortemente eccezionali come nel 2024.**

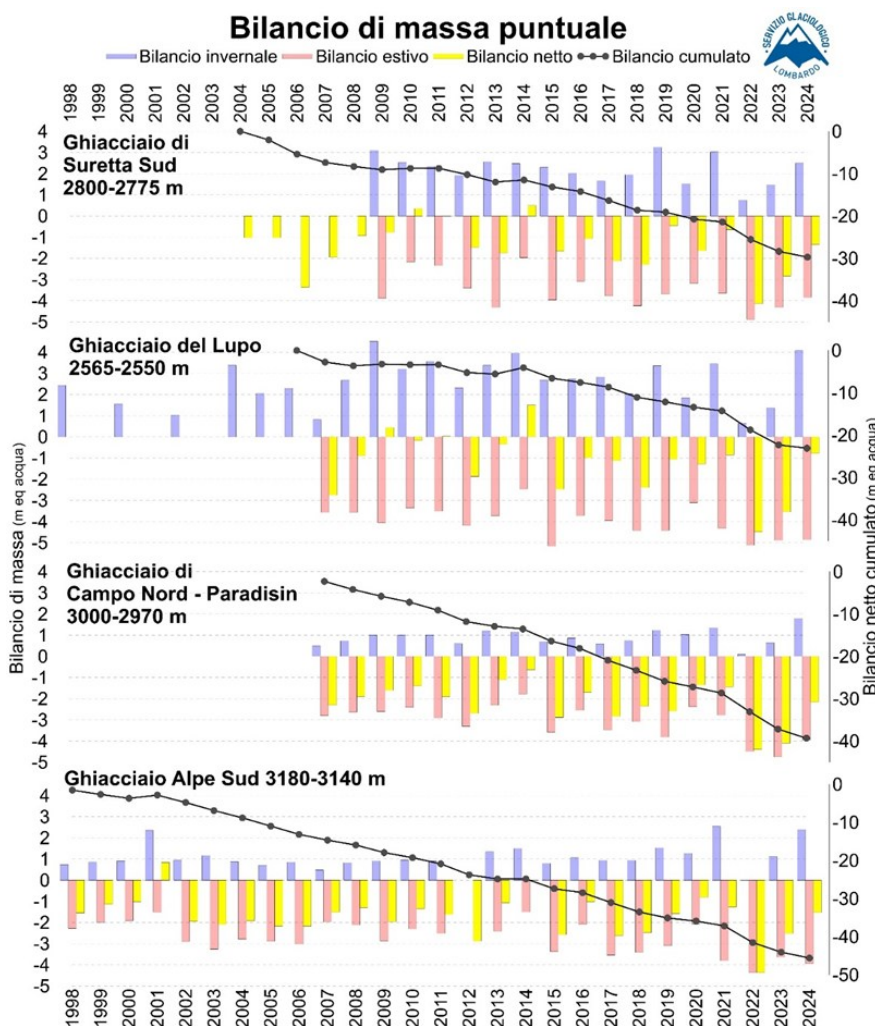


Figura 26 / Bilanci di massa puntuali su quattro ghiacciai campione della rete SGL.

In **Tabella 7** vengono riportati i bilanci di massa netti puntuali (misurati su una singola palina di riferimento al centro del ghiacciaio) e distribuiti sull'intera superficie del ghiacciaio per quattro ghiacciai dei quali si dispone di serie storiche ininterrotte di lunghezza superiore a 20 anni.

I bilanci netti 2023/2024 sono negativi per tutti i ghiacciai, con valori più contenuti per il ghiacciaio del Lupo che ha beneficiato di accumuli primaverili estremamente consistenti (Figura 26).

Sui tre ghiacciai dove viene effettuato il calcolo del bilancio netto distribuito sull'intera superficie del ghiacciaio, il dato 2023-2024 è negativo per Suretta Sud e Campo Nord e in sostanziale equilibrio per il ghiacciaio del Lupo.

PREVISIONI FUTURE

A causa della modesta superficie glaciale rimanente in Lombardia (72 km² nel 2019), che andrà ad occupare quote via via più elevate, **il deflusso idrico da fusione glaciale è destinato a ridursi in futuro, nonostante le temperature dell'aria siano destinate a salire** (IPCC, 2024). Ciò avrà notevoli implicazioni in periodi siccitosi, mancando una componente fondamentale al deflusso idrico, al verificarsi di eventi come quelli occorsi tra il 2022 il 2023.

Più in dettaglio, si riportano di seguito gli studi eseguiti da Huss e Hock nel 2018 e di Wimberly nel 2024, per la stima del volume idrico da fusione glaciale all'interno del bacino del fiume Po da qui a fine secolo, sottoposti ad un aumento delle temperature secondo la traiettoria RCP 4.5 degli scenari IPCC.

Huss e Hock prevedono che **al 2050 la portata da fusione glaciale nel bacino del fiume Po diminuirà rispettivamente del 72% e dell'89% al 2050 e 2090 rispetto alla media del periodo 1990-2010**. Si assisterà inoltre ad un picco di portata stagionale anticipato, correlato al picco della fusione nivale, mentre si perderà totalmente il contributo della fusione glaciale estiva a causa del depauperamento dei ghiacciai, che si prevedono fortemente ridotti dopo metà secolo.

Dalla **Figura 27** si evince come al 2050 la portata media dei mesi estivi sia superiore del 10% rispetto a quella del periodo di riferimento solo nel mese di giugno, con decrementi superiori al 20% nei mesi di agosto e settembre.

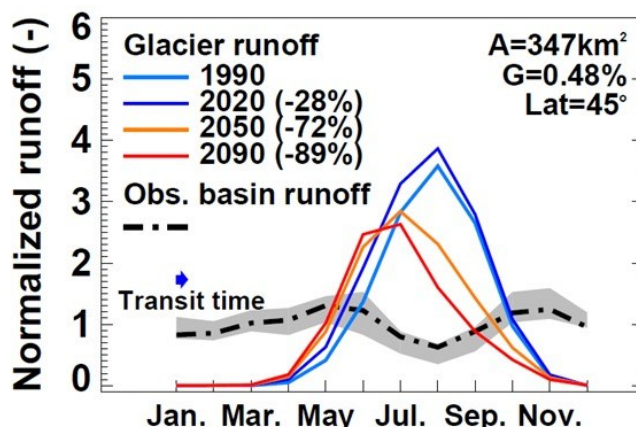
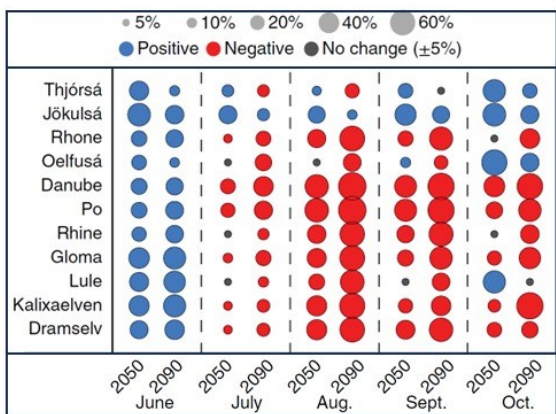


Figura 27 / Tabella a sinistra: Anomalie di portata al 2050 e 2090 rispetto alla media del periodo 1990-2010. Grafico a destra: Deflusso idrico da fusione glaciale normalizzato per il bacino del fiume Po. (Huss e Hock 2018).

Uno studio, pubblicato in preprint da Wimberly et al. su Egusphere nel 2024, ha stimato il deflusso idrico da fusione glaciale del bacino del fiume Po, utilizzando tre diversi modelli idrologici GloGEM, OGGM, PyGEM, sottoponendo il bacino stesso allo scenario climatico

RCP2 4.5 dell'IPCC. Da queste simulazioni si evince come per il bacino del Po il *peak water* sarebbe già stato raggiunto o si è prossimi a raggiungerlo (**Figura 28**), pertanto gli anni futuri saranno caratterizzati da valori sempre minori di deflusso glaciale.

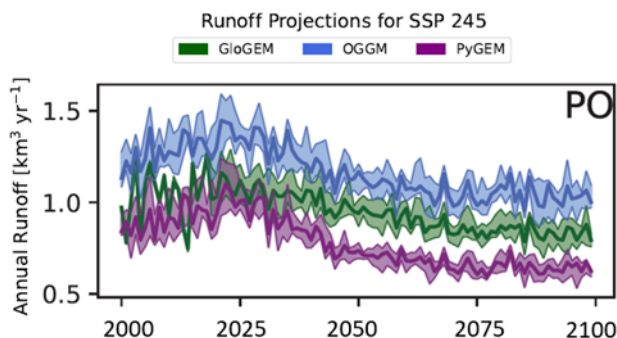
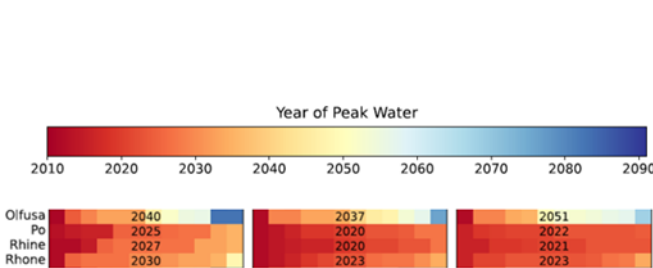


Figura 28 / Anno di raggiungimento del *peak water* per il bacino del fiume Po e deflusso annuale del fiume stesso nel periodo 2000-2100 per scenario climatico RCP2 4.5, come output di 3 modelli idrologici: GloGEM, OGGM, PyGEM. (Wimberly et al. 2024).

Gli scenari riportati per il fiume Po sono gli unici ad ora disponibili per il territorio italiano, ma si considerano rappresentativi per lo stato dell'arte dell'idrologia glaciale dell'intero territorio lombardo. **A lungo termine, il contributo estivo della fusione dei ghiacciai si esaurirà, con un impatto sulla disponibilità di acqua.**

Focalizzandosi più prettamente sul solo volume di ghiaccio stoccato all'interno dei nostri apparati glaciali, le prospettive per i ghiacciai alpini non sono buone (Figura 29). Anche se l'aumento delle temperature dovesse stabilizzarsi sui valori attuali, numerosi studi dimostrano che la maggior parte dei ghiacciai alpini scomparirà a causa del forte disequilibrio tutt'ora presente tra estensione glaciale e temperature medie estive.

All'interno di uno studio di Compagno et al. del 2021, i ricercatori hanno stimato la variazione di volume dei ghiacciai alpini dal 2020 al 2100, sottoponendoli ad aumenti di temperatura di +1, +1.5 e +2 °C rispetto al periodo di riferimento 1850-1900, mostrando come già a metà secolo la perdita sarà superiore al 50% in tutti i casi. Tenendo conto del fatto che lo scenario

intermedio è già stato raggiunto per più mesi consecutivi tra il 2024 e il 2025, a fine secolo il volume di ghiaccio residuo sarà veramente modesto. **I ghiacciai alpini hanno perciò un futuro inequivocabilmente segnato anche in caso di modesti valori di incremento della temperatura media globale a fine secolo.**

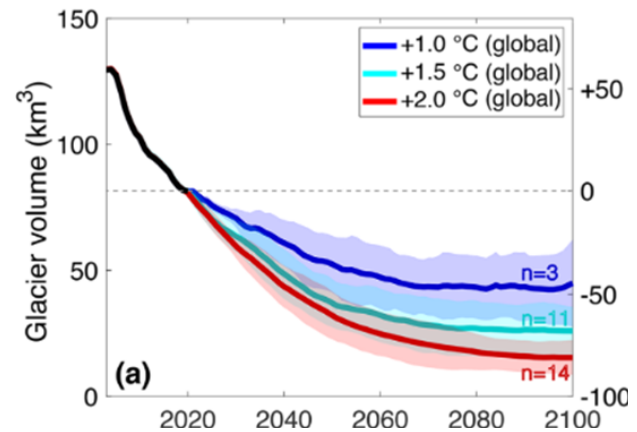


Figura 29 / Previsioni future sul volume di ghiaccio dei ghiacciai alpini sottoposti ad incrementi di temperatura di +1, +1.5 e +2 °C rispetto alla temperatura media globale dell'epoca pre-industriale (1850-1900). (Compagno et al. 2021).

CONCLUSIONI

I ghiacciai lombardi, sebbene ricoprono una modesta percentuale del territorio lombardo, costituiscono una componente significativa nel bilancio idrologico soprattutto durante le estati avaro di precipitazioni e con temperature sopra la media. Questa riserva, che viene in aiuto proprio nei momenti di maggiore necessità, con un contributo percentuale in portata che può raggiungere il 10 % per il bacino del fiume Po, si sta drasticamente riducendo. Studi a scala regionale condotti da ricercatori svizzeri ci dicono che nel bacino del fiume Po è già stato raggiunto il punto in cui i ghiacciai hanno fornito il loro massimo contributo di fusione, a pena di una drastica riduzione del loro volume.

I bilanci di massa glaciale, portati avanti da più di 30 anni dal Servizio Glaciologico Lombardo, sono costantemente negativi negli ultimi anni, dimostrando che gli apparati lombardi non sono in equilibrio con le condizioni climatiche attuali.

Ne è un esempio anche l'anno idrologico 2023-2024, dove, sebbene si sia rilevato un accumulo nevoso importante alla fine della stagione primaverile (+74%), l'ennesimo mese di agosto torrido è bastato a far virare in negativo il bilancio di massa per tutti i ghiacciai lombardi. **Almeno per i prossimi decenni, a causa del previsto aumento delle temperature a fronte di precipitazioni che si manterranno sostanzialmente stazionarie o in lieve crescita, i ghiacciai lombardi sono previsti in forte sofferenza, con la sopravvivenza dei soli bacini di accumulo posti al di sopra dei 3300-3500 metri.**

Senza un'urgente inversione di tendenza nell'emissione dei gas climalteranti, assisteremo alla loro quasi completa estinzione a fine secolo.

ANDAMENTO AGROMETEOROLOGICO

In questa quarta sezione viene descritto l'andamento delle fasi fenologiche delle principali colture agricole presenti nella pianura lombarda, distinguendole in colture arboree e colture erbacee.

Il testo è redatto dal Dipartimento Agricoltura di ERSAF ed utilizza i dati e le segnalazioni provenienti dalla rete agrometeorologica regionale.

OSSERVAZIONE FENOLOGICA DELLE COLTURE

L'andamento agrometeorologico del 2024 per le colture lombarde è stato nel complesso meno favorevole rispetto al 2023.

Le precipitazioni registrate sulla Lombardia nei primi dieci mesi dell'anno, sono state, per molti aspetti, eccezionali rispetto a quanto atteso. Per quanto riguarda gli effetti sulle colture è necessario distinguere una prima fase di "eccessi idrici", che è durata dall'inizio di febbraio alla fine di giugno, ed una seconda fase, con piogge eccezionali, che si è avviata alla fine di agosto ed è perdurata fino all'ultima decade di ottobre. **Le significative precipitazioni della prima parte dell'anno hanno pesantemente influito, tra la fine di marzo e il mese di maggio, sulle semine di tutte le colture primaverili estive ed in particolare su mais, riso e soia.** I suoli si sono trovati per lunghi periodi soppresaturati, quindi non lavorabili e trafficabili, e questo non ha permesso lo svolgimento regolare delle lavorazioni del terreno tipiche di questa fase dell'anno.

Nel mese di giugno i suoli poco trafficabili hanno profondamente influenzato le raccolte dei cereali autunno vernini che inoltre, per le basse temperature di maggio, si sono trovate in fase di maturazione e di raccolta con un ritardo medio di 7/10 giorni. **Nel periodo luglio-agosto le condizioni meteorologiche sono state assai più favorevoli.** A luglio le precipitazioni sono state complessivamente in media, o leggermente al di sotto, ma i suoli avevano, comunque, un buon contenuto idrico per le abbondanti precipitazioni dei mesi precedenti. Le temperature elevate e le scarse precipitazioni di agosto hanno qua e là creato dei

problemi di deficit idrico e locali scottature superficiali (in particolare sulla vite).

Segnatamente a settembre ed ottobre, la trafficabilità dei suoli è nuovamente stata compromessa per lunghi periodi, a causa dei suoli soppresaturati, come già successo nel corso della primavera. In questo periodo sono state compromesse le raccolte delle colture estive e, successivamente, la regolare preparazione dei terreni per le semine dei cereali autunno vernini.

CEREALI AUTUNNO-VERNINI Già da metà febbraio le temperature miti hanno favorito le colture dei cereali autunno-vernini. Nella prima decade di marzo il frumento (tenero e duro) e l'orzo si trovavano tra fine accostamento e levata mentre la loiessa era in piena levata. Le buone dotazioni termiche e l'elevatissima disponibilità idrica favorivano lo sviluppo vegetativo delle colture, tanto che a fine marzo i frumenti e l'orzo erano in piena levata e la loiessa era al più in botticella. Nella prima decade di aprile i frumenti erano tra emissione foglia bandiera e botticella, mentre l'orzo era tra botticella e spigatura. Alla fine del mese i frumenti erano tra spigatura e fioritura, mentre l'orzo era tra fine fioritura ed inizio maturazione acquosa. Per tutto il mese di maggio le ripetute precipitazioni hanno limitato gli "interventi in campo" e alla fine del mese i frumenti erano in maturazione lattea (con presenza in campo di sintomi di septoriosi e fusariosi sulla spiga, e ruggini sulle foglie apicali) e l'orzo era in piena maturazione cerosa. A inizio giugno i frumenti erano in maturazione cerosa mentre orzo era tra piena maturazione cerosa e maturazione di



raccolta. Alla fine di giugno i frumenti (tenero e duro) erano tra maturazione piena e senescenza mentre l'orzo era in fase di raccolta.

La stagione estiva è stata invece più favorevole, infatti ad inizio luglio i frumenti (tenero e duro) erano in fase di raccolta, mentre sull'orzo le trebbiature erano sostanzialmente terminate. **Nell'ultima decade di luglio sono terminate tutte le raccolte dei cereali autunno-vernini con risultati mediamente inferiori alla precedente stagione 2022/23, ma con un andamento assai eterogeneo.** A cavallo tra la fine di settembre e l'inizio di ottobre si è avviata la fase di presemina dei cereali autunno-vernini ma nel corso del mese di ottobre le precipitazioni hanno ostacolato le semine.

COLTURE PRIMAVERILI ESTIVE E MAIS

Per tutto il mese di marzo si sono riscontrate difficoltà nelle preparazioni dei letti di semina per le colture primaverili estive. A fine marzo le semine di mais avanzavano con molte difficoltà e solo in limitate aree della regione. Nella prima decade di aprile erano sostanzialmente terminate le preparazioni dei letti di semina per le colture primaverili estive mentre proseguivano le semine di mais, su cui iniziavano le prime emergenze. **In vaste aree della pianura, in particolare centrale, non era possibile effettuare alcun intervento a causa dell'eccessiva umidità dei suoli che comprometteva il regolare ingresso nei campi.** Alla fine di aprile si cercava di terminare, tardivamente, le semine di mais di prima epoca e nel complesso le colture erano segnalate tra pre-emergenza e quattro foglie vere. Alla fine del mese di maggio il mais era tra tre foglie vere e otto foglie vere, con coltivazioni nel complesso in ritardo rispetto alla media. A inizio giugno il mais si trovava tra quattro foglie vere e levata (8-10 foglie) mentre a fine giugno si presentava uno sviluppo assai disforme a causa delle difficoltà di semina riscontrate nel corso di tutta la stagione. A fronte di appezzamenti con colture a 4/6 foglie sviluppate si registravano, localmente, le prime emissioni del pennacchio.

Ad inizio luglio il mais aveva raggiunto fasi fenologiche comprese tra le 6 foglie sviluppate e l'emissione del pennacchio mentre con la fine del mese nella maggior parte dei casi le fasi fenologiche erano comprese tra le 10 foglie sviluppate e maturazione acquosa. La soia era al più in fase di formazione dei baccelli. Nella prima decade di agosto le colture di mais si trovavano tra emissione pennacchio e maturazione cerosa, nel mentre proseguivano le trinciature. La soia era ancora segnalata tra piena formazione baccelli e ingrossamento



Figura 30 / Gli effetti degli eccessi idrici autunnali: campi impraticabili e raccolte interrotte (Pessina Cremonese, CR)

semi. Con la fine del mese di agosto il mais aveva raggiunto nella maggior parte dei casi le fasi comprese tra maturazione cerosa e maturazione di raccolta mentre la soia era tra la fase finale dell'ingrossamento dei semi e l'inizio della maturazione.

Nella prima decade di settembre il mais era tra la maturazione cerosa dura e la maturazione di raccolta e si erano avviate le raccolte degli ibridi più precoci che si erano riusciti a seminare entro il mese di aprile. La soia era tra riempimento dei semi e maturazione. A cavallo tra la fine di settembre e l'inizio di ottobre per il mais, terminate le raccolte delle prime epoche, si provava a terminare, con il grave ostacolo delle precipitazioni, anche le raccolte delle seconde epoche. **Nel corso del mese di ottobre le precipitazioni hanno ostacolato le raccolte di tutte le colture estive: riso, soia e mais di seconda epoca (Figura 30).**

RISO Come le altre colture primaverili estive, il riso ha subito un ritardo molto significativo nelle semine a causa dell'elevata piovosità primaverile. Alcuni appezzamenti si sono potuti seminare solo a giugno, con difficoltà acute per gli agricoltori che avevano programmato le semine in asciutta. Fortunatamente la maggior parte dell'estate ha avuto condizioni favorevoli per la coltura e, al netto di un ritardo di 10/15 giorni, le prime raccolte si sono avviate tra la fine di settembre e l'inizio di ottobre con rese discrete. Nuovi problemi si sono però avuti nel mese di ottobre e, al 25 ottobre, le trebbiature erano state completate in non più del 50% degli appezzamenti. Solo nel mese di novembre le condizioni meteorologiche, con una piovosità al di sotto della media, hanno consentito di completare le restanti raccolte. In tutti gli areali il Brusone del riso è stato particolarmente diffuso e ha provocato danni.

COLTIVAZIONI ARBOREE Le coltivazioni arboree hanno trascorso i primi due mesi dell'anno in fase di riposo vegetativo, ma nell'ultima decade di febbraio, complice il clima mite, le drupacee hanno mostrato i primi segnali di risveglio vegetativo con alcune fioriture locali. Nella prima decade di marzo, anche nei meleti della Valtellina è iniziato il risveglio vegetativo, con le piante tra rottura delle gemme e orecchiette di topo, mentre le drupacee proseguivano le primissime fioriture. Tra la seconda e la terza decade di marzo, nei meleti delle zone mediamente precoci si osservavano mazzetti affioranti e bottoni rosa, con un anticipo di circa una settimana/dieci giorni rispetto al 2023. La vite, in pieno risveglio vegetativo, si trovava tra inizio ripresa e prime foglioline distese, mentre sulle colture iniziavano a presentarsi attacchi fungini (es. Ticchiatura sulle pomacee). Ad aprile, nei meleti valtelinesi la fenologia variava tra apertura del fiore centrale e piena fioritura, mentre negli oliveti terminavano le potature e sulle cultivar precoci iniziava la mignolatura. Sulla vite si registravano tra quattro-sei foglie distese e grappoli separati, mentre nei meli iniziava l'allegagione. A maggio, la vite passava da inizio fioritura ad allegagione, con condizioni meteo favorevoli alla Peronospora. Nei meli proseguiva l'accrescimento dei frutti, mentre nelle drupacee si osservavano fasi tra accrescimento frutti e maturazione (albicocco e ciliegio), con piogge abbondanti che favorivano infezioni di Monilia.

A giugno, nella seconda decade, la vite variava tra fine fioritura/inizio allegagione e prechiusura grappolo, mentre a fine mese, nel Pavese, tra sviluppo dell'acino e chiusura grappolo, con segnalazioni di Oidio diffuso su foglie, grappoli e germogli.

Negli oliveti proseguiva l'accrescimento dei frutti, ma l'umidità favoriva patologie come Occhio di pavone, Cercosporiosi e Lebbra dell'olivo. A luglio, nei vigneti dell'Oltrepò e della Valtellina, la vite si trovava tra ingrossamento degli acini e chiusura del grappolo, con condizioni favorevoli a Peronospora, Oidio e Muffa grigia. Negli oliveti, la fase prevalente era l'accrescimento delle drupe, mentre nelle Pomacee proseguiva lo sviluppo del frutto, con l'avvio della raccolta delle varietà più precoci di pere. Nel mese di agosto, le pomacee raggiungevano la pezzatura finale, mentre in Valtellina la vite entrava nella fase di inizio invaiatura. Negli ultimi giorni del mese, le mele erano pronte per la raccolta e si concludevano le vendemmie delle varietà bianche nei principali areali lombardi, tranne che in Valtellina, dove le raccolte proseguivano. A settembre, le vendemmie entravano nella fase avanzata, mentre

Tabella 8 / Superfici investite nelle principali colture nella pianura lombarda, in ordine decrescente. Elaborazione di ANBI Lombardia sui dati del PCG e del DUSAF.

Coltura praticata	Superficie investita (ha)
Mais ciclo breve e lungo	290'400
Foraggere 4 e 5 sfalci	151'668
Riso	96'350
Cereali autunno vernini	95'965
Soia e altri legumi secchi	51'130
Coltivazioni florovivaistiche, orticole e frutticole	25'546
Vite	21'790
Altre colture	18'835
Terreni agricoli non classificabili (da DUSAF)	90'382
TOTALE PIANURA LOMBARDA stagione 2024	842'068

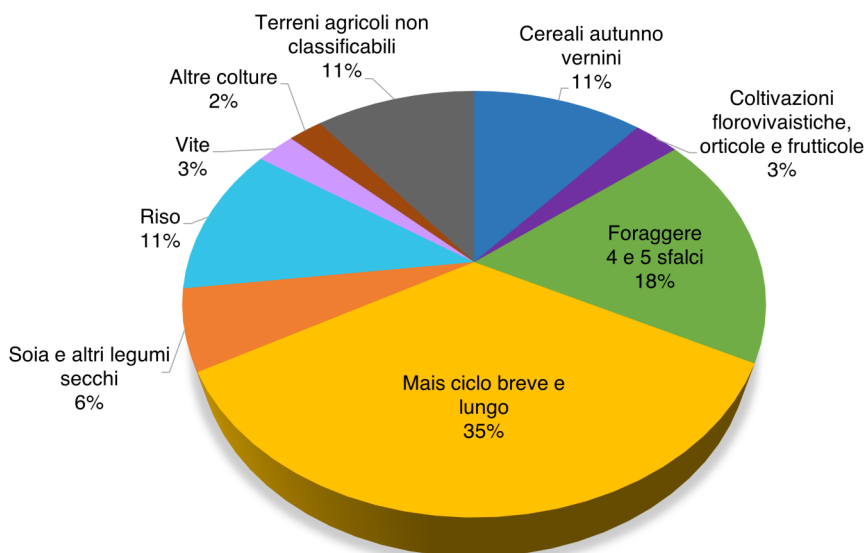


Figura 31 / Distribuzione percentuale delle principali colture agricole rispetto alla superficie totale della pianura lombarda. Elaborazione di ANBI Lombardia sui dati del PCG e del DUSAF.

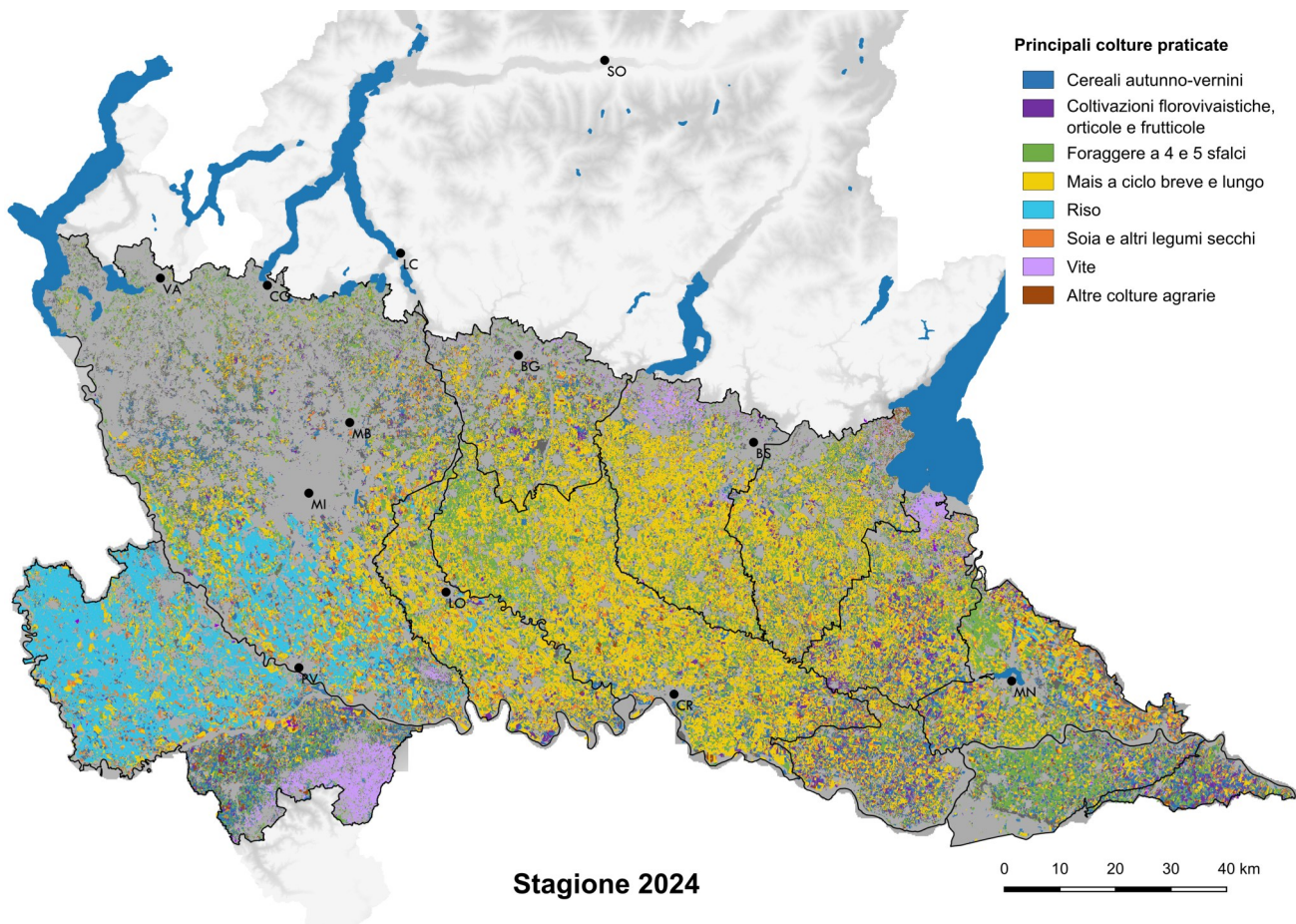


Figura 32 / Distribuzione spaziale delle principali colture praticate nella pianura lombarda nella stagione 2024. In grigio vengono rappresentate le aree non agricole e i terreni agricoli non classificabili. Elaborazione grafica di ANBI Lombardia a partire dai Piani Culturali Grafici, convertiti in un'unica immagine raster con pixel di risoluzione 20x20 metri.

sulle pomacee continuavano le raccolte, in particolare delle Delicious. Negli oliveti si osservava l'invaiaatura sulle cultivar più precoci (Maurino, Leccino) e aumentavano le catture di Mosca dell'olivo (*Bactrocera oleae*). Alla fine di settembre terminavano le raccolte delle mele Delicious, mentre negli oliveti lombardi si rilevavano fasi tra inolizione e inizio invaiatura, con punture fertili di Mosca dell'olivo che, in alcuni casi, superavano le soglie d'intervento. In ottobre, in Valtellina si concludevano le vendemmie DOCG, mentre negli oliveti l'inolizione terminava regolarmente e, tra fine mese e inizio novembre, iniziavano le raccolte.

In **Figura 31** ed in **Tabella 8** vengono mostrate le superfici investite nelle diverse colture agricole nella pianura lombarda. I dati provengono dai Piani Culturali Grafici (PCG) compilati dagli agricoltori per l'adesione alla PAC e, laddove questi non siano presenti, sono stati integrati con le rilevazioni aerofotogrammetriche eseguite per il DUSAF. **Per il 2024 i dati del PCG coprono l'86% della superficie agricola totale** (721'244 ha rispetto ad un totale di 842'056 ha), **la restante porzione viene descritta dal DUSAF** (120'810 ha). Quest'ultimo, dove non raggiunge il dettaglio

delle colture praticate, si limita ad una generica classe "terreni agricoli non classificabili". Per questi terreni agricoli non è quindi possibile conoscere quale coltura è stata praticata (90'382 ha).

Nel 2024 la coltura principale, per superficie investita, **è stata il mais** (290'400 ha), **seguito dalle foraggere** (151'668 ha) **e dal riso** (96'350 ha). In quarta posizione, con poco meno di 400 ettari di differenza, troviamo i **cereali autunno-vernini** (95'965 ha).

I medesimi dati dei PCG sono stati elaborati per produrre l'immagine raster presentata in **Figura 32**, che mostra la distribuzione spaziale delle principali colture praticate nella pianura lombarda nella stagione 2024. La mappa conferma anche visivamente la preponderanza di aree coltivate a mais, che si intensifica nella parte centrale della pianura, nelle province di Lodi, Cremona e Brescia. Le foraggere mostrano un areale più diffuso con maggiori concentrazioni nel Cremasco e nel Mantovano. Il riso vede una presenza assai marcata nella Lomellina e nei territori tra Milano e Pavia, mentre le vite si localizza nell'Oltrepò Pavese, sulle colline della Franciacorta e nei Colli Morenici del Garda.

USI IRRIGUI DELLE ACQUE

In questa sezione vengono analizzati i volumi di acqua utilizzati nella pianura irrigua lombarda a fini irrigui, con un primo focus dedicato alla presentazione dei risultati della stima dei fabbisogni irrigui, seguito da approfondimenti sulle tre principali tematiche dell'uso dell'acqua: prelievi, utilizzi e restituzioni.

Chiude la sezione un resoconto sintetico delle sedute del Tavolo regionale permanente per l'utilizzo in agricoltura della risorsa idrica e dell'Osservatorio distrettuale degli utilizzi idrici in agricoltura.

FABBISOGNI IRRIGUI

La **prima sezione** ha fornito un quadro degli strumenti di misura che monitorano i volumi idrici prelevati, utilizzati e restituiti. La quantificazione dei volumi idrici utilizzati avviene, per l'irrigazione collettiva, a scala di distretto irriguo; come è stato mostrato in **Tabella 4**, vi sono tuttavia numerosi distretti irrigui dove allo stato attuale non è disponibile o non è possibile avere una misura diretta dei flussi di acqua circolanti. Per poter quantificare i volumi irrigui utilizzati laddove non è possibile il monitoraggio strumentale, il CeDATeR provvede quindi a fornirne una stima.

Sul territorio della pianura lombarda vengono infatti condotte delle stime dei fabbisogni irrigui utilizzando il modello agroidrologico **IdrAgra**⁴, sviluppato dal Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali (DiSAA) dell'Università degli Studi di Milano, che è stato adottato da Regione Lombardia (D.D.S. n. 4346 del 27 marzo 2018) per fornire le stime necessarie per quantificare i volumi utilizzati in agricoltura, in accordo con le normative nazionali e regionali vigenti.

Il sistema modellistico è il frutto della collaborazione continua tra ANBI Lombardia, Università degli Studi di Milano, ARPA Lombardia e Regione Lombardia, e **rappresenta un esempio virtuoso di integrazione di dati provenienti da differenti fonti allo scopo di eseguire elaborazioni complesse su grandezze e fenomeni territoriali.**

Il modello IdrAgra utilizza infatti i seguenti dati di input:

- **serie storiche giornaliere delle principali variabili agrometeorologiche** (pioggia, temperatura, umidità, vento, irraggiamento) provenienti da 30 centraline di ARPA Lombardia situate nella pianura lombarda e 2 di ARPA Piemonte, collegate al CeDATeR in tempo reale grazie ad un protocollo di scambio dati previsto da una convenzione tra ARPA Lombardia e ANBI Lombardia;
- **dati relativi alle colture praticate** provenienti dalle denunce annuali per l'adesione degli agricoltori alle PAC/PSR tramite la presentazione del Piano Colturale Grafico sul portale SisCO;
- **dati relativi ai sistemi irrigui** (fonti, misuratori, metodi irrigui praticati ed efficienze di adduzione) derivati dal Progetto ISIL e successivamente da CeDATeR;
- **caratteristiche idrauliche dei suoli** derivate dalla carta pedologica 1:50.000 e dalla base dati dei profili pedologici di ERSAF, contenente i dati rilevati per ogni orizzonte di oltre 500 profili;
- **valori di efficienza dell'irrigazione a scorrimento**, dipendenti dalla tipologia di suolo, stimati dal DiSAA.

⁴ Per ulteriori approfondimenti si rimanda alla relazione finale del Progetto ISIL e alla pagina web di IdrAgra, vedi in bibliografia.

Il modello IdrAgra consente di stimare il **fabbisogno irriguo** delle colture effettivamente presenti nella pianura lombarda in ogni stagione calcolando il bilancio idrologico del suolo agrario con passo di tempo giornaliero in forma spazialmente distribuita sulla base di una suddivisione del territorio con una griglia regolare a maglie quadrate di dimensioni 250x250 metri.

Il fabbisogno irriguo di ogni cella è inteso come il volume idrico che è necessario fornire al suolo per garantire lo sviluppo desiderato della coltura presente, qualora gli apporti meteorici naturali non siano sufficienti.

Esso incorpora quindi l'effetto delle precipitazioni, che possono determinare una variabilità interannuale molto più spiccata di quanto accada per il fabbisogno idrico colturale, ovvero per il volume di cui abbisogna una coltura per svilupparsi pienamente in assenza di limitazioni di disponibilità idrica, indipendentemente dalla provenienza dell'acqua (pioggia, irrigazione, o anche attingimento dalla frangia capillare del suolo).

È opportuno sottolineare come il fabbisogno irriguo dipenda sia da fattori ambientali (tipo di coltura, caratteristiche del suolo, pro-

fondità dello strato radicato, presenza di falda ipodermica, andamento meteorologico stagionale), **sia da fattori gestionali** (modalità di consegna della fornitura irrigua, metodo irriguo utilizzato, pratica irrigua). **Nel caso si tenga conto solo dei fattori ambientali si parla di fabbisogno irriguo netto, mentre quando si includono anche i fattori gestionali si parla di fabbisogno irriguo effettivo al campo.**

L'utilizzo di dati omogenei e di un unico metodo di calcolo dei fabbisogni irrigui per l'intera pianura lombarda consente di ottenere una stima dei volumi irrigui coerente e quindi permette di trarre considerazioni sul rapporto tra dotazioni e fabbisogni di valenza generale su tutto il territorio. Le stime consentono inoltre di sopperire alla mancanza di dati misurati, in particolare rispetto alla quantificazione dei volumi utilizzati nei distretti irrigui o nelle aree caratterizzate da autoapprovvigionamento (ossia dove l'irrigazione viene gestita autonomamente da singoli utenti e non attraverso Enti irrigui).

I valori del fabbisogno irriguo netto per l'intera stagione 2024 ottenuti con IdrAgra sono rappresentati in **Figura 33**, mentre i corrispondenti valori mensili nel quadrimestre centrale sono riportati in **Figura 34**.

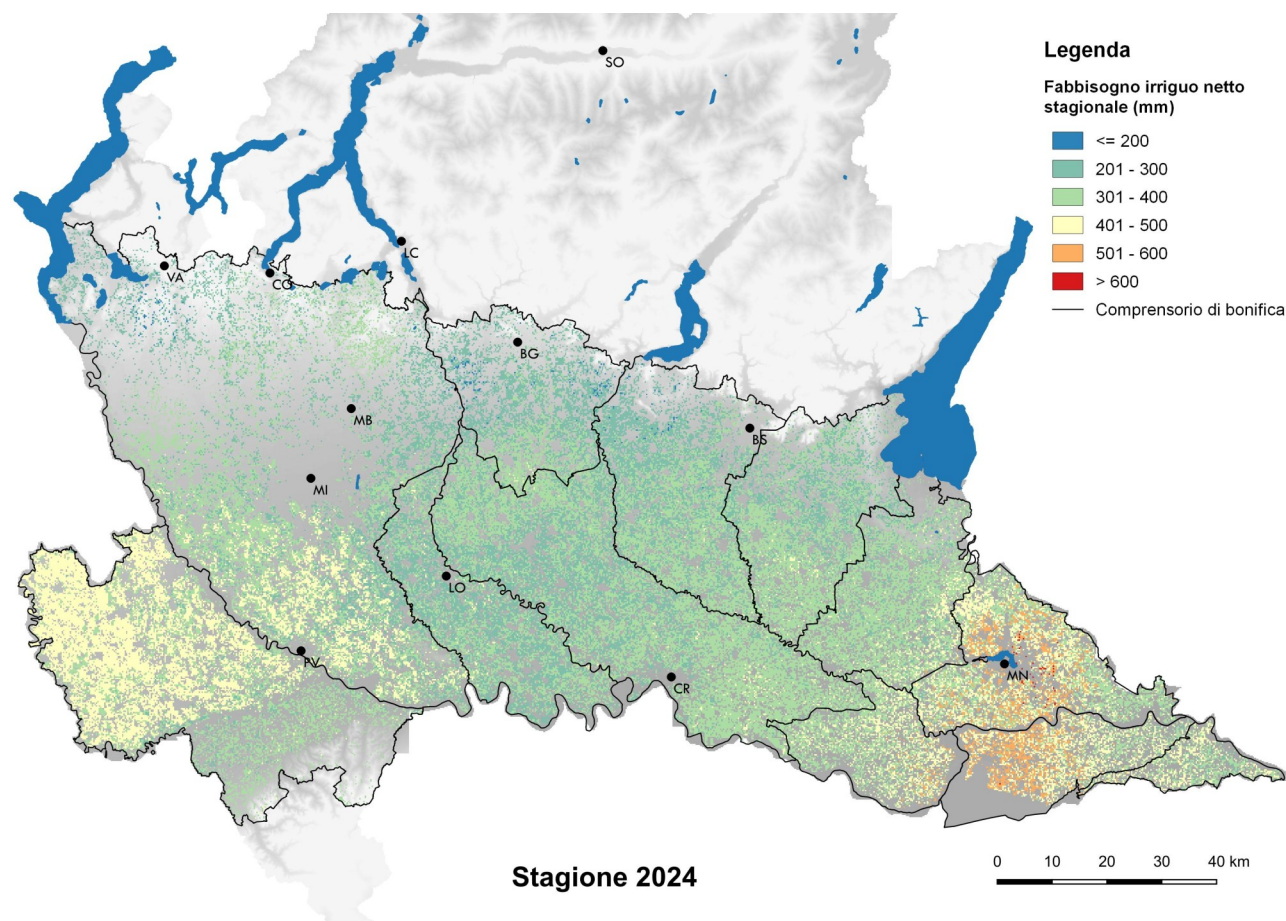


Figura 33 / Distribuzione spaziale dei fabbisogni irrigui netti stagionali. Sono escluse le aree non agricole.

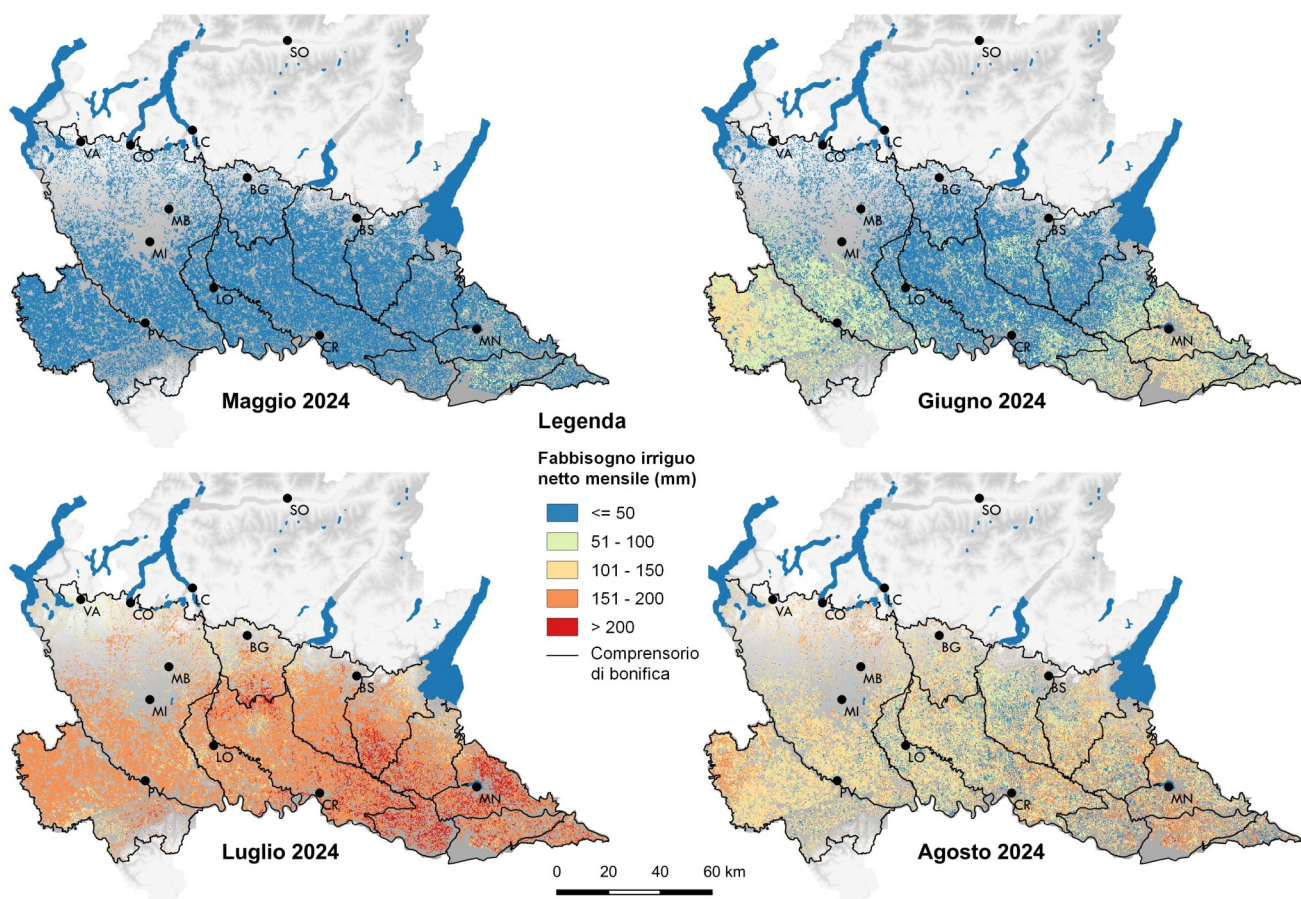


Figura 34 / Distribuzione spaziale dei fabbisogni irrigui netti nei mesi centrali della stagione irrigua 2024. Sono escluse le aree non agricole.

Le mappe mostrano una distribuzione abbastanza omogenea dei fabbisogni irrigui stagionali nell'intera stagione irrigua 2024, che si mantengono quasi ovunque su valori molto contenuti, tra 300 e 400 mm.

Valori più elevati, ma comunque compresi tra 500 e 600 mm stagionali, si riscontrano unicamente in una porzione del territorio del mantovano, a cavallo tra i fiumi Oglio e Po.

Queste differenze sono determinate principalmente dalla variabilità spaziale dei fabbisogni registrata a giugno e in parte ad agosto, mentre la loro distribuzione è risultata più uniforme su tutto il territorio di pianura in maggio - con valori molto bassi - e luglio - al contrario, con valori assai elevati.

In **Tabella 9** viene analizzato il fabbisogno irriguo mensile nella stagione 2024 di ogni comprensorio di bonifica, mentre in **Figura 35** i singoli mesi vengono confrontati con gli omologhi degli anni precedenti.

Per le analisi che seguono è stato scelto come periodo di riferimento il sessennio 2016-2021 che, sebbene non molto esteso, può essere considerato sufficientemente rappresentativo dal momento che comprende un anno siccitoso (2017) e anni più vicini alla norma, ma con una certa variabilità delle condizioni agrometeorologiche e idrologiche all'interno della stagione irrigua. Inoltre, il sessennio considerato è adeguatamente corredato da dati provenienti sia da misuratori sia dalle stime modellistiche già descritte.

Tabella 9 / Fabbisogno irriguo netto medio mensile e stagionale (mm) per la stagione 2024 nei comprensori di bonifica, indicati con il nome del Consorzio di bonifica titolare. Le media mensile complessive è stata pesata sulla base delle superfici dei comprensori. *Ente interregionale, viene conteggiato il solo territorio in regione Lombardia.

ENTE	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	MEDIA mensile	MEDIA stagionale
01 - Associazione Irrigazione Est Sesia*	0.4	17.5	83.6	161.7	128.2	6.8	66.4	398
02 - Consorzio di bonifica Est Ticino Villoresi	0.4	5.3	34.4	155.7	122.5	6.8	54.2	325
03 - Consorzio di bonifica Muzza Bassa Lodigiana	0.2	0.7	23.4	166.9	103.4	4.1	49.8	299
04 - Consorzio di bonifica della Media Pianura Bergamasca	0	0	6.4	155.9	110.5	5.4	46.4	278
05 - Consorzio di bonifica Dugali Naviglio Adda Serio	0.2	0.1	23	179.6	109.6	5.7	53	318
06 - Consorzio di bonifica Oglio Mella	0.3	0.6	21.4	172.9	98.9	4.9	49.8	299
07 - Consorzio di bonifica Chiese	1.1	0.9	19	174.5	115.3	6	52.8	317
08 - Consorzio di bonifica Garda Chiese*	1.6	5.3	40.6	173.6	116.1	6.6	57.3	344
09 - Consorzio di bonifica Territori del Mincio*	7.7	19.7	86	188.4	122.9	6.6	71.9	431
10 - Consorzio di bonifica Navarolo	1.9	6.5	73	198	109.7	4.1	65.5	393
11 - Consorzio di bonifica Terre dei Gonzaga in destra Po*	5.7	31.9	94.4	178.7	141.2	8.1	76.7	460
12 - Consorzio della bonifica Burana*	1.8	20.2	77.3	179.4	105.6	6	65	390
FABBISOGNO MEDIO COMPLESSIVO comprensori di bonifica, stagione 2024	1.2	7.1	43.4	170.2	116.4	6.1	57.4	344

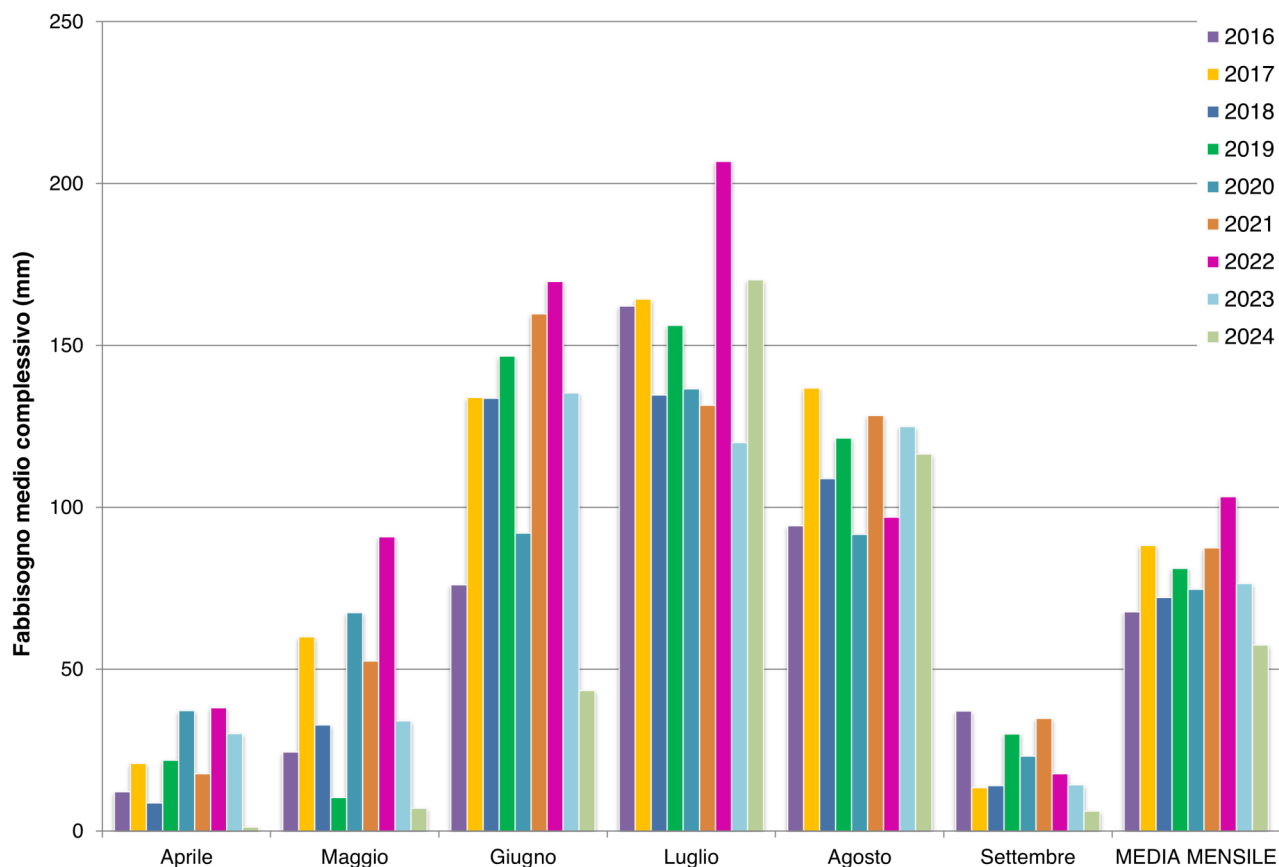


Figura 35 / Confronto tra i valori medi mensili complessivi di fabbisogno irriguo netto (mm) nei comprensori di bonifica nei diversi anni a partire dal 2016. La media mensile complessiva è stata pesata sulla base delle superfici dei comprensori.

La tabella e il grafico mostrano un andamento decisamente ambivalente delle mensilità del 2024 rispetto ai valori medi del periodo 2016-2021. **Aprile, maggio, giugno e settembre hanno registrato fabbisogni medi ampiamente inferiori alle medie** (rispettivamente -94%, -83%, -65%, -76%) ed anche i valori più bassi degli ultimi quattro anni. Emblematico il mese di aprile, che con 1.2 mm (rispetto ai circa 20 mm medi del periodo di riferimento) evidenzia la sostanziale assenza di domanda irrigua, che peraltro si è mantenuta estremamente ridotta anche nel mese di maggio. **Il bimestre centrale ha invece segnato un aumento dei fabbisogni, che si sono attestati al di sopra della media**, con uno scarto rispettivamente di +15% per luglio e +3% per agosto. Con 170.2 mm, il mese di luglio si è posizionato al secondo posto tra gli omologhi analizzati, secondo solamente a luglio 2022 che tuttavia aveva fatto segnare valori estremi (206.8 mm, +40% rispetto al valore medio).

Occorre sottolineare che i fabbisogni di aprile sono generalmente i più ridotti nella stagione agraria ed anche quelli per cui è più incerta la stima poiché influenzata dalla variabilità delle date di semina di molte colture e da una minore omogeneità nella gestione irrigua tra i diversi agricoltori. Analoghe considerazioni valgono

per il mese di settembre, quando molte colture vanno a raccolto. **Gran parte del fabbisogno irriguo stagionale si genera di norma nel trimestre giugno-agosto**, che infatti nel 2024 esprime un fabbisogno prossimo al 97% del totale stagionale ed è quindi l'intervallo di tempo di maggiore interesse.

Il fabbisogno irriguo stagionale nel 2024 è risultato inferiore a quelli del periodo 2016-2021: 344 mm rispetto a 471 mm che, con una variazione del -27%, rappresenta il valore minimo della serie storica analizzata. Restringendo il campo al trimestre giugno-agosto il fabbisogno irriguo totale è stato pari a 330 mm, anche in questo caso inferiore ai 385 mm del valore medio del periodo 2016-2021 (-14%). Si può quindi sintetizzare che, dal punto di vista dei fabbisogni irrigui, **la stagione irrigua 2024 è stata nel complesso la meno idroesigente degli ultimi nove anni, pur tuttavia essendo stata segnata da un mese di luglio con fabbisogni molto elevati su tutto il territorio.**

Accanto all'elaborazione dei fabbisogni irrigui netti si è condotta anche l'analisi dei fabbisogni irrigui effettivi, sia a scala di campo sia di distretto irriguo. A scala di campo il fattore maggiormente incisivo è l'efficienza con cui

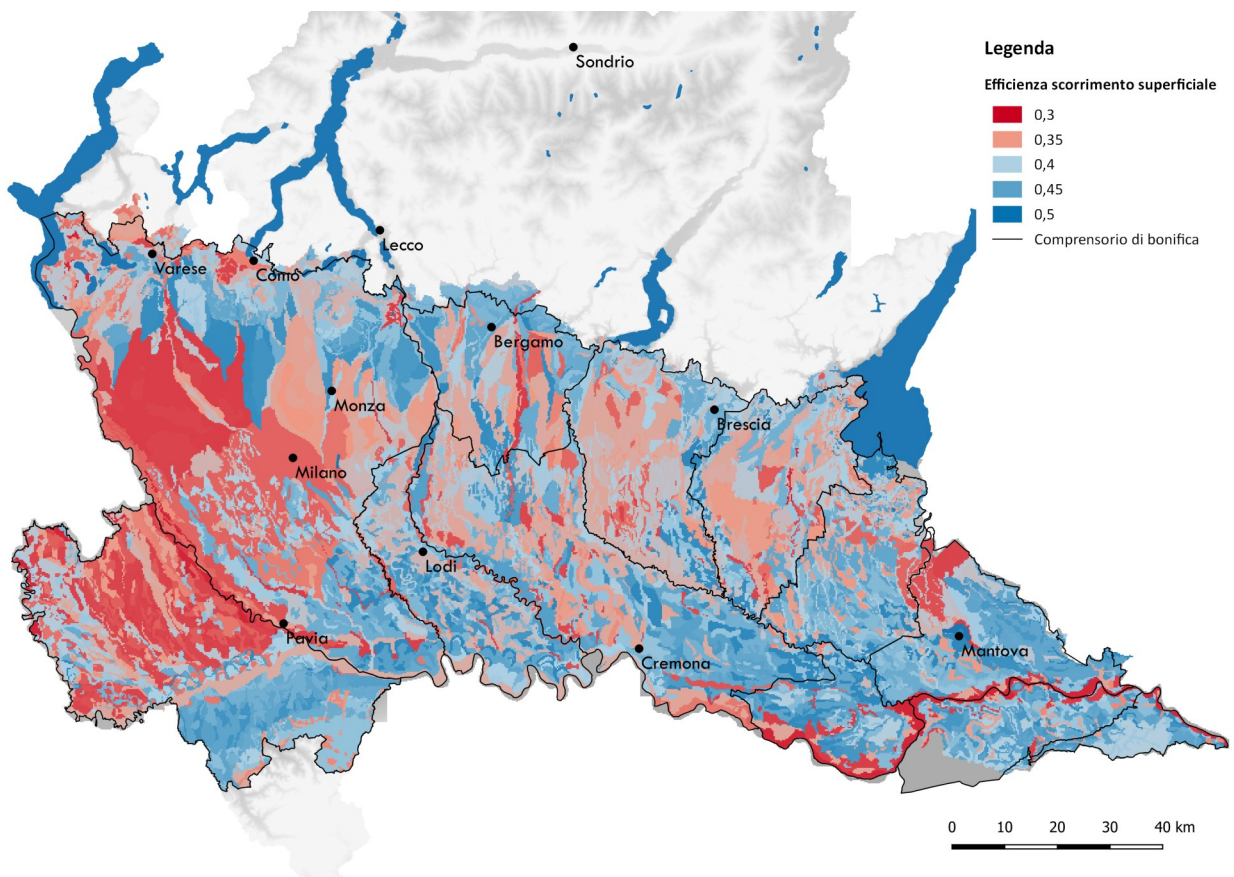


Figura 36 / Distribuzione spaziale dei valori stimati di efficienza per il metodo irriguo dello scorrimento superficiale.

l'apporto irriguo è somministrato al campo stesso. Essa dipende dalle caratteristiche del suolo e dal metodo irriguo - scorrimento, sommersione, aspersione, goccia - ma anche dalle modalità con cui il metodo viene utilizzato - ad esempio, nel caso dello scorrimento, dall'accuratezza della sistemazione dell'appezzamento e dalla tempestività con cui viene interrotto l'apporto irriguo. Per ottenere stime delle efficienze sono stati effettuati alcuni approfondimenti, in particolare relativamente al metodo dello scorrimento superficiale, per cui è stata calcolata la distribuzione spaziale dei valori di efficienza riportata in **Figura 36**.

Le differenze tra i valori nelle diverse zone della pianura riflettono la variabilità spaziale delle caratteristiche dei suoli, con valori di

efficienza stimata più elevati per i suoli con capacità di ritenzione idrica maggiore. L'intervallo di variabilità dell'efficienza è compreso tra un minimo di 0.3 e un massimo di 0.5, ritenuto rappresentativo per l'irrigazione a scorrimento nei territori lombardi in considerazione delle pratiche irrigue generalmente utilizzate. Non disponendo di informazioni locali sulle pratiche irrigue non è stato possibile tener conto del loro effetto sulla variabilità spaziale dell'efficienza di applicazione su campo. Nel caso dei fabbisogni irrigui effettivi a scala distrettuale entrano ovviamente in gioco anche i fattori legati alla gestione della distribuzione irrigua, tipicamente per turno ed orario nella maggior parte dei casi, oltre che ovviamente quelli legati alle perdite per infiltrazione lungo i canali irrigui, soprattutto se non rivestiti.

PRELIEVI

Nel corso della stagione 2024 le derivazioni irrigue monitorate hanno fatto registrare un volume totale prelevato di circa **7.5 miliardi di metri cubi di acqua da corsi d'acqua superficiali e 38.2 milioni di metri cubi dalla falda**.

Le tabelle seguenti mostrano il volume derivato da ciascuno dei principali corsi d'acqua naturali che scorrono nella pianura lombarda, in **Tabella 10**, e dalla falda, in **Tabella 11**.

Tabella 10 / Volumi idrici prelevati dai principali corsi d'acqua superficiali nel corso della stagione irrigua 2024. * Parte dei volumi derivati vengono utilizzati in territorio emiliano. * Vengono considerate anche tre derivazioni poste in sponda piemontese ma che veicolano parte dell'acqua in Lomellina, di conseguenza non tutti i volumi qui riportati vengono utilizzati in Lombardia.

Corso d'acqua	Numero derivazioni monitorate	Volume stagionale derivato (m ³)	Portata media derivata (m ³ /s)	Portata media derivata mese di luglio (m ³ /s)
Fiume Adda	8	2'067'246'039	130.7	212.3
Fiume Brembo	3	94'291'153	6.0	13.3
Fiume Cherio	1	3'771'187	0.2	0.4
Fiume Chiese	8	557'207'240	35.2	44.1
Fiume Mincio	24	714'007'465	45.2	74.2
Fiume Oglio	24	660'474'118	41.8	75.1
Fiume Po ⁺	8	388'430'709	24.6	46.3
Fiume Serio	5	168'913'555	10.7	12.1
Fiume Sesia	1	246'140'813	15.6	27.0
Fiume Ticino*	6	2'384'047'558	150.8	207.9
Torrente Arbogna o Erbognone	4	15'104'448	1.0	1.6
Torrente Terdoppio	7	63'836'640	4.0	5.6
Colatori	40	82'796'487	5.2	4.8
Fontanili	15	26'705'154	1.7	2.1
Altri corpi idrici minori	3	50'579'860	3.2	3.4
DERIVAZIONI SUPERFICIALI stagione 2024	157	7'523'552'426	475.8	638.9

Tabella 11 / Volumi idrici prelevati dalla falda tramite pozzi nel corso della stagione irrigua 2024.

Tipo di prelievo da falda	Numero captazioni monitorate	Volume stagionale derivato (m ³)	Portata media derivata (m ³ /s)	Portata media derivata mese di luglio (m ³ /s)
Falda tramite pozzi (III LIVELLO)	94	35'932'483	2.3	5.2
Falda tramite pozzi (MISURATORE NON RICHIESTO)	50	2'256'226	0.1	0.3
DERIVAZIONI SOTTERRANEE stagione 2024	144	38'188'709	2.4	5.5

Per comprendere pienamente i dati riportati in **Tabella 10** occorre fare le seguenti importanti puntualizzazioni:

- sul fiume Ticino sono stati considerati anche i volumi prelevati da tre grandi derivazioni localizzate in territorio piemontese, dal momento che in stagione irrigua veicolano parte dell'acqua in Lomellina in maniera diretta o indiretta, tramite colature e riusi. Le percentuali che seguono, fornite da Associazione Irrigazione Est Sesia, indicano quanto dei volumi derivati alimentano in modo diretto i territori lombardi:
 - ◆ Naviglio Langosco 100%
 - ◆ Canale Regina Elena 46%
 - ◆ Roggia Molinara Oleggio 0%
- sul fiume Po sono stati conteggiati i volumi derivati dall'impianto di Sabbioncello, posto in territorio lombardo, nonostante gran parte di questi vengano utilizzati in Emilia-Romagna. Analogamente è stata considerata quella porzione di volumi d'acqua derivata dagli impianti emiliani di Pilastresi e Boretto. Quest'ultimo, tramite il Cavo Fiuma, veicola risorsa nei distretti irrigui lombardi.

Si può concludere che **i cinque fiumi che più hanno contribuito in termini volumetrici a sostenere l'irrigazione in Lombardia sono**, in ordine di consistenza: **Ticino, Adda, Mincio, Oglio, Chiese**.

A confronto, l'approvvigionamento da falda presenta volumi nel complesso esigui, di due ordini di grandezza inferiori, ma è necessario ricordare che i misuratori dei pozzi si riferiscono a un numero percentualmente molto ridotto di captazioni rispetto al totale e sono rappresentativi del 11% circa delle portate medie in

concessione da falda in Lombardia (vedi **prima sezione**). Mentre **per le derivazioni da acque superficiali il volume complessivo riportato in Tabella 10 è calcolato sulla base della quasi totalità dei prelievi** - sebbene con la notevole eccezione degli attingimenti temporanei - **per i prelievi da falda il volume in Tabella 11 è un'aliquota minoritaria degli emungimenti totali**.

Tenuto conto dell'incremento annuo del numero dei misuratori installati non è possibile effettuare un confronto diretto tra le diverse stagioni per valutarne la variabilità. Per ovviare a questo, si è selezionato un sottoinsieme di misuratori le cui derivazioni sono state monitorate per l'intero arco temporale di riferimento (2016-2023). **Sono state così selezionate 62 derivazioni che nel complesso rappresentano il 78% delle portate irrigue in concessione da acque superficiali**.

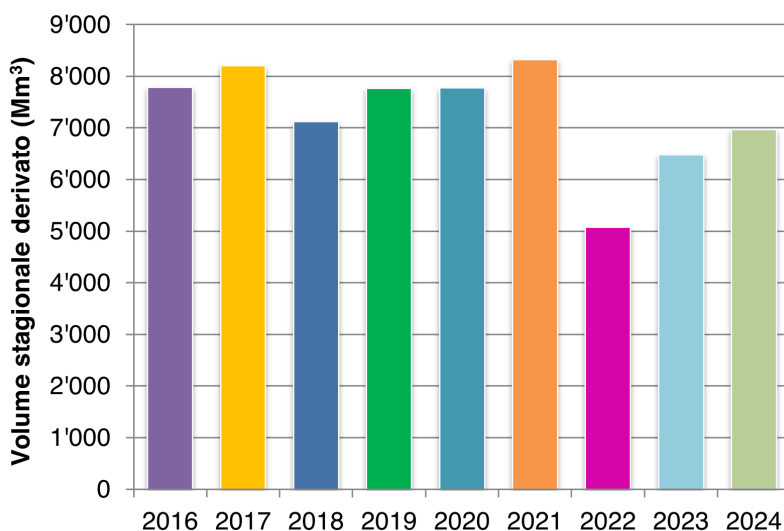


Figura 37 / Variazione del volume stagionale complessivamente derivato per i principali corsi d'acqua nel corso delle stagioni irrigue più recenti. Sono state conteggiate unicamente le derivazioni che risultano completamente monitorate nell'intero periodo, di conseguenza i volumi mostrati non si riferiscono alla totalità delle derivazioni attive. Come descritto nel testo, sono state considerate anche alcune derivazioni situate al di fuori del territorio regionale poiché parte dell'acqua prelevata viene utilizzata anche su di esso.

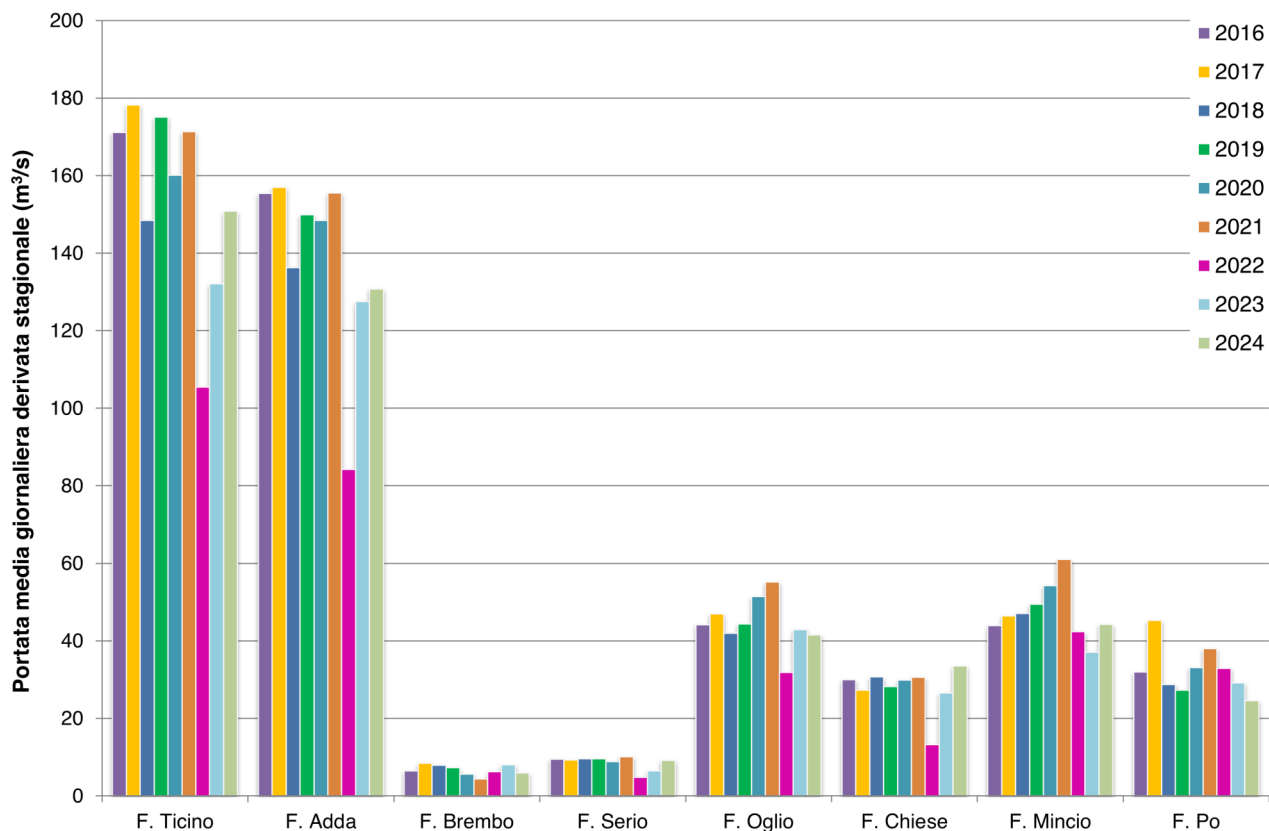


Figura 37a / Variazione della portata media giornaliera derivata per i principali corsi d'acqua nel corso delle stagioni irrigue più recenti. Sono state conteggiate unicamente le derivazioni che risultano completamente monitorate nell'intero periodo, di conseguenza le portate medie mostrate non si riferiscono alla totalità delle derivazioni attive. Sono state considerate anche alcune derivazioni situate al di fuori del territorio regionale poiché parte dell'acqua prelevata viene utilizzata anche su di esso.

In **Figura 37** vengono quindi mostrati i volumi complessivamente derivati a partire dalla stagione 2016 da parte delle derivazioni superficiali individuate e in **Figura 37a** le portate medie stagionali derivate dalle stesse derivazioni suddivise per ciascun corso d'acqua. **I grafici mostrano come anche nel 2024 si sono registrate, per quasi tutti i corpi idrici analizzati, riduzioni delle portate derivate** che nel complesso si attestano a **-11% rispetto al valore medio** del periodo di riferimento 2016-2021. A differenza degli anni precedenti, in particolare del 2022 e 2023, caratterizzati da fenomeni di scarsità idrica, le riduzioni dei volumi prelevati sono da ricondurre alla minor richiesta di risorsa, dovuta, come si è visto, agli abbondanti apporti meteorici.

Una stagione con queste caratteristiche permette di analizzare il comportamento dei sistemi irrigui tradizionali, contraddistinti dalla necessità di mantenere in carico la rete di canali principali e diramatori anche nei periodi dove la richiesta di acqua è minima. È principalmente per questo motivo che, a fronte di una riduzione notevole dei fabbisogni nel primo trimestre della stagione (-80% circa), le derivazioni hanno comunque fatto segnare riduzioni più contenute dei volumi derivati, mediamente

prossime al -30%. L'inerzia di questi sistemi irrigui è infatti tale per cui non è possibile scendere al di sotto di un livello minimo di portata derivata, pena l'impossibilità di far fronte tempestivamente ad eventuali successivi periodi asciutti. Diverso è il caso dei territori serviti da impianti di sollevamento meccanico, soprattutto se associati a sistemi di distribuzione più efficienti, dove è possibile attivare il prelievo solo quando è strettamente necessario. Osservando i volumi derivati dal fiume Po, tutti per sollevamento, si può infatti notare come la variazione stagionale del prelievo è in questo caso del -28% rispetto alla media (nuovo minimo della serie storica) ma del -44% per il primo trimestre, che è stato maggiormente interessato da piogge.

Il ragionamento si può replicare andando a commentare anche l'andamento dei prelievi da falda che, nonostante non siano sufficientemente rappresentativi del volume complessivamente derivato (come ricordato precedentemente, a causa dell'esiguità dei punti di monitoraggio rispetto al totale delle captazioni), possono comunque fornire delle indicazioni utili sulla stagione 2024.

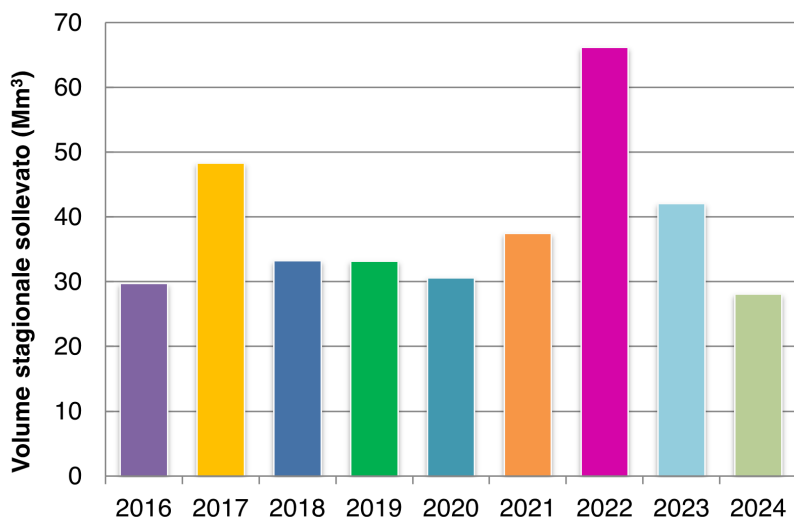


Figura 38 / Variazione dei volumi stagionali sollevati dalla falda. Sono stati conteggiati unicamente i pozzi che risultano completamente monitorati nell'intero periodo.

Come riportato in **Tabella 11**, il volume complessivamente sollevato tramite pozzi ammonta a **38.2 milioni di metri cubi**. Nel grafico riportato in **Figura 38** vengono confrontati i volumi stagionali sollevati dai 52 pozzi per i quali è disponibile la serie completa a partire dal 2016 (la loro portata di concessione complessiva, pari a $4.5 \text{ m}^3/\text{s}$, rappresenta il 5% delle portate irrigue in concessione da acque sotterranee - vedi **prima sezione**).

Si nota come, nelle stagioni ordinarie dal punto di vista meteorologico e idrologico, i prelievi si attestano attorno ad un valore medio di circa 35 milioni di metri cubi, mentre nelle annate critiche il volume prelevato è aumentato considerevolmente (+87% nel 2022 e +19% nel 2023). Il 2024 ha invece visto una riduzione netta dei prelievi da falda. **Il volume sollevato da falda nel corso della stagione irrigua 2024 si discosta nettamente (-21%) dalla media del sessennio 2016-2021**, segnando un nuovo minimo nella serie ed evidenziando come i pozzi siano stati poco utilizzati grazie all'abbondanza di acqua superficiale.

Vale la pena di sottolineare come sia importante monitorare l'entità e l'andamento nel tempo dei prelievi da falda dal momento che la loro intensificazione, soprattutto se a scapito delle fonti superficiali, può avere effetti significativi sul sistema di risorse idriche della pianura lombarda nel suo complesso. Se si considera infatti che **nel 2022 il prelievo medio nel trimestre giugno-agosto può essere stimato**, seppure con notevole approssimazione, **in oltre $150 \text{ m}^3/\text{s}$ per i pozzi censi-**

ti, che non rappresentano verosimilmente la totalità dei pozzi attivi, è facile comprendere le ragioni dell'importanza di un monitoraggio più ampio ed accurato anche dei prelievi da falda, analogamente a quanto si è fatto per i prelievi dai corsi d'acqua.

Infine, **i prelievi dai colatori**, corsi d'acqua naturali o artificiali che raccolgono le acque nei bacini idrici per restituirle nei fiumi e torrenti oppure per essere nuovamente derivate ed utilizzate per l'irrigazione, **nella stagione 2024 hanno segnato un volume complessivo pari a 82.8 milioni di metri cubi (Tabella 10)**.

La **Figura 39** rappresenta, per i soli misuratori con le serie storiche complete, l'andamento dei volumi prelevati dai colatori nelle stagioni irrigue più recenti: **nel 2024 il volume prelevato dai colatori è inferiore del -14% rispetto al valore medio del periodo 2016-2021**.

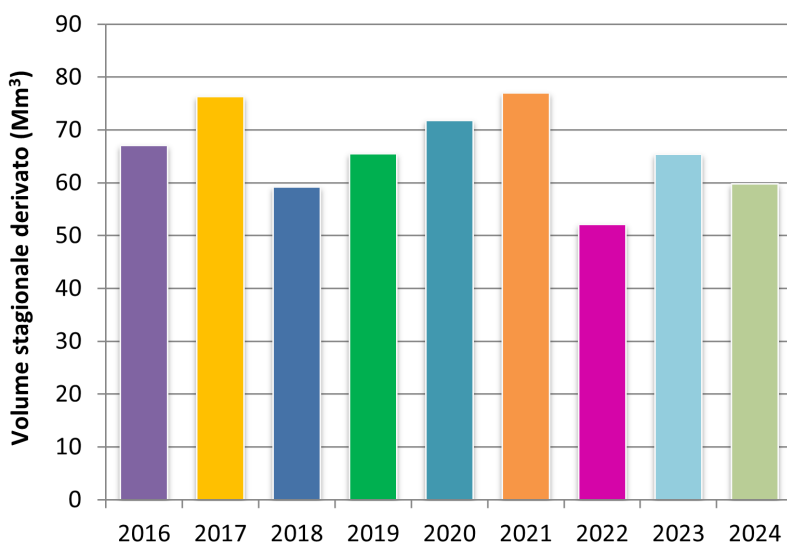


Figura 39 / Variazione dei volumi stagionali prelevati dai colatori. Sono state conteggiate unicamente le derivazioni completamente monitorate nell'intero periodo.

UTILIZZI

Dopo aver analizzato i prelievi occorre dare uno sguardo agli utilizzi, ovvero alle quantità d'acqua prelevate da corsi d'acqua superficiali e da falda che vengono consegnate in testa ai distretti irrigui per soddisfare le esigenze delle colture praticate al loro interno.

Nei distretti monitorati, gli utilizzi nel 2024 ammontano a circa 3.3 miliardi di metri cubi per i 93 distretti alimentati a gravità e a circa 238 milioni di metri cubi per i restanti 46 distretti alimentati per sollevamento (Tabella 12). Come già emerso nei precedenti rapporti, si evidenzia anche per questa stagione irrigua una differenza sostanziale nella **dotazione irrigua media** (rapporto tra il volume immesso in testa al distretto e la superficie irrigata) tra le due tipologie di alimentazione, che **è nettamente superiore nel primo caso.** Infatti, **l'analisi dell'andamento delle dotazioni** negli ultimi nove anni **mostra come esse si siano ridotte nel triennio 2019-2021 rispetto al precedente nei distretti a gravità, mentre nei distretti a sollevamento siano rimaste pressoché costanti** nel tempo, fatta eccezione per un incremento nella stagione 2017 (Figura 40).

Nelle stagioni 2022 e 2023 i distretti a gravità avevano subito pesantemente gli effetti della limitazione delle disponibilità, evidenziando una netta anomalia rispetto a tutte le precedenti stagioni, con una drastica riduzione delle dotazioni. **Il 2024 mostra un chiaro recupero delle dotazioni irrigue rispetto al 2022 e al 2023 per i distretti alimentati a gravità,** che pur si situano al di sotto dei valori medi del periodo 2016-2021 con uno scarto del -18% **e invece una riduzione delle dotazioni irrigue per i distretti alimentati per sollevamento (-30% rispetto alla media 2016-2021).**

Le anomalie negative sono, per la stagione 2024, da ricondursi essenzialmente alla elevata disponibilità di acqua proveniente dalle precipitazioni che ha permesso di esaurire le esigenze colturali e limitare i prelievi, soprattutto, come si è visto, quelli a sollevamento.

Il confronto tra le diverse stagioni per le due tipologie di distretti - con fornitura a gravità e per sollevamento - conferma la **notevole differenza tra le dotazioni nelle due tipologie di distretti, con valori molto più grandi (di norma più che quadrupli) per i distretti a gravità rispetto a quelli per sollevamento.** Vale la pena di ribadire quali siano le ragioni che giustificano una differenza così rilevante, riconducibili ad almeno quattro fattori principali: interazioni con la falda acquifera, natura dei suoli, caratteristiche della distribuzione irrigua, tipologia dei metodi irrigui.

I primi due fattori rimandano alla localizzazione dei distretti per sollevamento, che si concentrano maggiormente nella fascia meridionale della

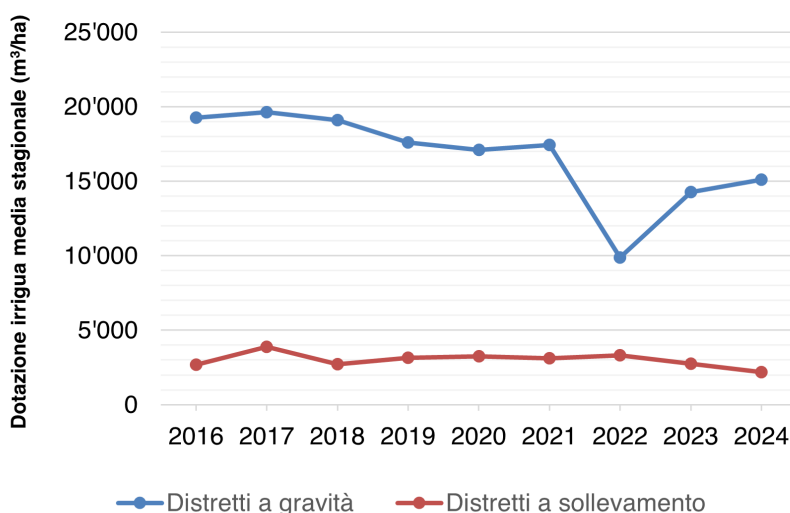


Figura 40 / Variazione delle dotazioni irrigue medie stagionali dal 2016, suddivise in distretti a gravità e distretti a sollevamento. Valori calcolati per i soli distretti dotati di misuratore.

pianura, a ridosso del corso del fiume Po, dove i suoli sono generalmente a tessitura fine e dove il delicato equilibrio tra esigenze irrigue e di bonifica si gioca proprio sul controllo della falda più superficiale, che si trova spesso a bassa soggiacenza rispetto al piano campagna. Queste condizioni determinano sostanziali differenze rispetto ai distretti della fascia settentrionale della pianura lombarda, dove la falda è molto più profonda e i suoli più permeabili e con minore capacità di ritenzione idrica: in queste zone le colture infatti richiedono apporti più frequenti e sussistono le condizioni perché dalle reti irrigue e dagli appezzamenti si instaurino ingenti flussi di percolazione verso la falda; al contrario nei distretti meridionali i canali

Tabella 12 / Volumi idrici utilizzati per l'irrigazione collettiva in Lombardia nella stagione irrigua 2024 * I volumi utilizzati nei due distretti del Consorzio della bonifica Burana a cavallo tra Lombardia ed Emilia-Romagna vengono monitorati da quest'ultima regione e per questo non sono conteggiati.

	Tipologia di distretto	Numero distretti	Superficie irrigata (ha)	Volume utilizzato (m ³)	Dotazione irrigua media stagionale (m ³ /ha)
MONITORAGGIO ATTIVO	Distretti alimentati per gravità	93	218'922	3'309'576'451	15'118
	Distretti alimentati per sollevamento*	46	108'212	238'251'544	2'202
MONITORAGGIO NON ATTIVO	Distretti alimentati per gravità (volume stimato come media tra fabbisogno irriguo e fabbisogno idrico colturale)	182	100'572	1'946'518'451	19'354
	Distretti alimentati per sollevamento (volume stimato sulla base del fabbisogno irriguo colturale)	19	28'293	149'001'442	5'266
UTILIZZI IRRIGAZIONE COLLETTIVA stagione 2024		340	455'999	5'643'347'888	12'376

possono addirittura risultare drenanti e le colture possono attingere dalla falda ipodermica con gli apparati radicali per soddisfare i loro fabbisogni.

La seconda coppia di fattori riguarda le caratteristiche dei sistemi irrigui, in particolare le modalità con cui avviene la distribuzione dell'acqua alle aziende e le tipologie di metodi irrigui utilizzati. Nei distretti per sollevamento meridionali si pratica generalmente la cosiddetta irrigazione "di soccorso", con attingimento diretto al bisogno dai canali mantenuti in carico durante la stagione irrigua, assimilabile ad una distribuzione a domanda; inoltre, vi è un utilizzo prevalente del metodo dell'aspersione per l'applicazione dell'apporto irriguo su campo. Radicalmente differenti sono i sistemi irrigui della fascia settentrionale della pianura, dove la distribuzione è turnata e il metodo irriguo prevalente è lo scorrimento superficiale.

Si evidenzia perciò una sostanziale differenza di condizioni tra i territori irrigui regionali, con la parte settentrionale della pianura che svolge un ruolo cruciale di ricarica della falda e di alimentazione indiretta delle reti irrigue della parte centrale attraverso colature e fontanili, mentre nella parte meridionale la bassa giacitura dei suoli rispetto ai corsi d'acqua di bordo e l'utilizzo di metodi irrigui più efficienti determinano minori criticità dal punto di vista irriguo, ma sostanziali esigenze di mantenimento di un'efficace azione di bonifica.

Per conoscere il volume consegnato nei territori privi di misuratori è stato necessario ricorrere ad un procedimento di stima degli utilizzi irrigui, basato sui risultati delle simulazioni condotte con il modello agroidrologico IdrAgra. In questo caso si è operata una distinzione tra i territori dove l'irrigazione avviene con modalità di autoapprovvigionamento e quelli coperti da distretti dove l'irrigazione è gestita in forma collettiva. Per l'irrigazione collettiva (v. **Figura 2**), sono stati utilizzati due approcci leggermente diversi per la stima dei volumi utilizzati, a seconda delle caratteristiche dei distretti stessi:

- per i **distretti approvvigionati con impianti di sollevamento**, che sono caratterizzati da un'elevata flessibilità nell'adeguare i prelievi alla domanda irrigua del distretto, il volume utilizzato è assunto pari al fabbisogno irriguo colturale, ovvero al fabbisogno idrico effettivo delle colture al netto dell'aliquota soddisfatta dalle piogge stimato dal modello IdrAgra;
- per i **distretti nei quali l'acqua viene consegnata in forma turnata attraverso canali a superficie libera**, dove l'inerzia dei sistemi a gravità impone spesso di mantenere attiva la derivazione anche quando si verificano fenomeni piovosi, il volume utilizzato è assunto pari al valore medio tra fabbisogno irriguo e fabbisogno idrico colturale, anch'esso ottenuto dalle simulazioni del modello IdrAgra⁵.

⁵ Vedi "Verifica degli output modellistici per la stima dei volumi utilizzati su aree pilota" in bibliografia.

I volumi ottenuti secondo questi due approcci rappresentano una stima degli utilizzi nell'ipotesi che le disponibilità idriche non siano limitate in misura significativa, come è stato il caso della stagione 2024. Per questo motivo **nelle simulazioni non sono stati applicati i fattori correttivi basati sull'indice di disponibilità e sull'indice di fabbisogno** (v. Report 2023). Come riportato in **Tabella 12**, **nella stagione irrigua 2024 si stima che i distretti non monitorati abbiano utilizzato un volume totale di 2 miliardi di metri cubi di acqua**⁶.

Focalizzando l'attenzione sulle dotazioni irrigue medie stagionali, si può notare una cospicua differenza tra il valore di monitoraggio e quello ricavato dalle stime. Anche in questo caso i fattori determinati sono almeno quattro: ancora una volta la localizzazione dei distretti a cui si aggiungono la carenza di dati sui prelievi da falda, le informazioni obsolete sui metodi irrigui effettivamente utilizzati e l'incertezza nell'attribuzione dei valori delle efficienze di distribuzione delle reti e di applicazione dei metodi irrigui.

Riguardo al primo fattore, è importante evidenziare come i distretti non monitorati comprendano la quasi totalità delle aree risicole lombarde, che sono notoriamente caratterizzate da fabbisogni irrigui particolarmente elevati e che contribuiscono quindi a giustificare utilizzi

maggiori rispetto ai distretti monitorati. La carenza di dati sui prelievi da falda influenza il confronto, dal momento che essi sono ovviamente ricompresi nelle stime ottenute su base modellistica per i distretti non monitorati, mentre lo sono in misura molto parziale nelle valutazioni relative ai distretti monitorati. Si è visto infatti che i pozzi privati monitorati sono una percentuale esigua del totale, ancor più se si considera la notevole incertezza sul numero effettivo di pozzi attivi, e quindi il contributo dei prelievi da falda almeno in alcuni dei distretti monitorati è molto più significativo di quanto le poche misure disponibili testimonino.

Gli ultimi due fattori riguardano la conoscenza dei sistemi irrigui. **Nonostante i notevoli passi avanti compiuti negli ultimi anni, la conoscenza dei metodi utilizzati e delle pratiche adottate in Regione Lombardia non è ancora del tutto sufficiente.** Una copertura regionale sulla distribuzione dei metodi irrigui è ancora desumibile dai dati dei Censimenti dell'Agricoltura svolti da ISTAT e solo in modo approssimativo. La richiesta di prevedere la dichiarazione del metodo irriguo utilizzato nella procedura per l'accesso agli incentivi legati alla PAC sul portale SISCO è divenuta realtà dal 2023 ma ancora presenta importanti lacune in via di risoluzione.

Tabella 13 / Volumi utilizzati in autoapprovvigionamento nella stagione irrigua 2024.

	Aree in autoapprovvigionamento	Superficie irrigata (ha)	Volume utilizzato (m ³)	Dotazione irrigua media stagionale (m ³ /ha)
STIMA	UTILIZZI AUTOAPPROVVIGIONAMENTO stagione 2024	283'119	2'301'100'735	8'128

Un ultimo approfondimento riguarda i territori non monitorati e non coperti da distretti con gestione collettiva dell'irrigazione, ossia quelli in **autoapprovvigionamento**, che **complessivamente rappresenta il 39% della superficie agricola della pianura lombarda**. Per questi territori, che in **Figura 2** corrispondono alle aree non coperte dai distretti irrigui, data la carenza di dati e informazioni, il volume utilizzato viene stimato sulla base delle seguenti ipotesi:

- che le perdite di adduzione siano trascurabili, data l'estensione limitata dei percorsi di adduzione e distribuzione;

- che il fabbisogno irriguo colturale sia rappresentativo dei volumi utilizzati per soddisfare le esigenze idriche delle colture.

In **Tabella 13** viene riportata una sintesi dei volumi irrigui stimati per l'autoapprovvigionamento. **Per la stagione irrigua 2024 la stima del volume totale utilizzato in autoapprovvigionamento ammonta a un totale di circa 2.3 miliardi di metri cubi.** È evidente che, per via della limitatezza delle informazioni su cui si basano le stime, i valori riportati in tabella sono soggetti ad un considerevole margine d'incertezza, maggiore di quella relativa ai distretti con irrigazione collettiva.

⁶ I volumi sono comprensivi dei fattori che tengono conto delle efficienze di adduzione, distribuzione e del metodo irriguo.

In definitiva, **il complesso dei volumi utilizzati nella stagione irrigua 2024 a livello regionale, ottenuto sommando i dati relativi ai distretti monitorati e le stime relative ai territori non monitorati, ammonta a 7.9 miliardi di metri cubi (Figura 41).**

Come era atteso si tratta di un valore maggiore rispetto al totale dei prelievi dai corpi idrici che sono stati misurati nel corso della stagione, che risulta pari a 7.5 miliardi di metri cubi. La differenza tra i due valori può essere spiegata considerando i seguenti fattori:

- presenza di elevati emungimenti da falda non monitorati, come suggeriscono i dati disponibili per i pochi pozzi monitorati;
- presenza di riusi all'interno dei distretti e tra i distretti (la stessa acqua viene utilizzata più volte, attraverso la raccolta delle colature e l'alimentazione dei fontanili);
- mancanza di informazioni aggiornate sui metodi irrigui utilizzati e incertezza nei valori di efficienza delle reti e dei metodi irrigui;
- contributo di derivazioni fuori regione non conteggiate, che alimentano territori lombardi, come accade nel complesso sistema irriguo della Lomellina che utilizza acque provenienti dai fiumi Po e Dora Baltea, oppure nel territorio dell'Oltrepò mantovano irrigato dall'impianto di Boretto posto sul fiume Po in sponda emiliana;

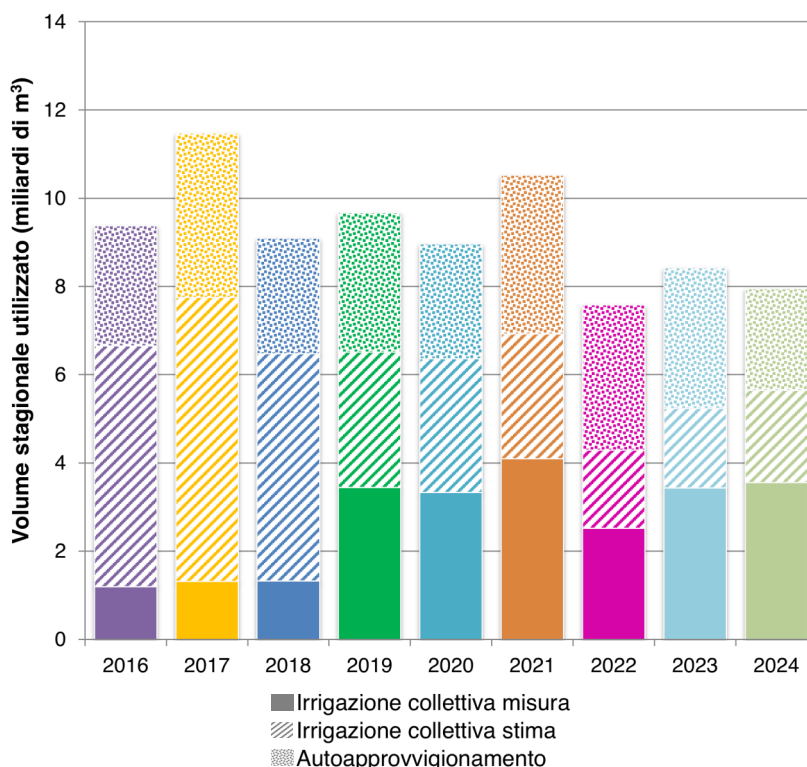
- contributo diretto della falda al soddisfacimento del fabbisogno irriguo nei territori dove la soggiacenza è bassa.

Data l'incertezza dei valori assoluti degli utilizzi, per trarre un bilancio della stagione irrigua 2024 è quindi molto utile anche in questo caso considerare i valori relativi, ottenuti per confronto con le stagioni precedenti.

In **Figura 41** sono rappresentate le componenti dell'autoapprovvigionamento (stimato) e dell'irrigazione collettiva (suddivisa in stimata e misurata) e si può notare come **il totale dei volumi utilizzati nella stagione 2024 è inferiore alla maggior parte degli anni del periodo, escluso il 2022**. Si tratta di una variazione del -22% rispetto al valore medio di 9.8 miliardi di metri cubi.

Il grafico mostra inoltre che i volumi utilizzati dall'irrigazione collettiva rappresentano circa il 70% dei volumi totali.

Figura 41 / Confronto tra i volumi stagionali utilizzati, suddivisi in irrigazione collettiva, stimata o misurata, e autoapprovvigionamento, sempre stimato.



RESTITUZIONI

L'ultimo termine da analizzare è rappresentato dalle restituzioni, ossia i quantitativi di acqua provenienti dai sistemi irrigui, che al termine del loro utilizzo ritornano nei corsi d'acqua naturali (fiumi, torrenti, ecc.): si tratta di restituzioni di tipo puntuale, che si possono verificare con continuità se sono dovute alle caratteristiche del sistema irriguo e di distribuzione (es. collettamento di colature, tiranti idraulici, presenza di centrali idroelettriche, ecc.), oppure in modo saltuario (es. in seguito ad eventi meteorologici, manutenzioni, ecc.).

In merito a questa analisi occorre notare che non per tutti i fiumi sono disponibili dati misurati ed inoltre è possibile che in un corso d'acqua vengano restituite acque provenienti da un altro fiume, come ad esempio nel caso del torrente Terdoppio che riceve acqua del fiume Ticino tramite il naviglio Langosco.

Inoltre, è bene ribadire che, poiché le reti rurali svolgono in molte aree funzioni promiscue (irrigue e di bonifica), i volumi restituiti comprendono anche i contributi derivanti dai deflussi generati dalle precipitazioni verificatesi nella stagione. Di conseguenza, per valutare il contributo relativo delle restituzioni rispetto ai volumi complessivamente in gioco nei sistemi irrigui sono necessari ulteriori approfondimenti ed analisi, che si prevede di sviluppare in futuro.

Tabella 14 / Volumi restituiti ai principali corsi d'acqua nel corso del 2024.

Corso d'acqua	Numero misuratori	Volume restituito (m ³)
Fiume Adda	3	323'607'398
Fiume Brembo	1	3'026'246
Fiume Chiese	1	140'070'439
Fiume Mincio	2	38'237'184
Fiume Sesia	1	85'843'584
Fiume Ticino	3	115'077'974
Torrente Agogna	1	23'804'928
Torrente Terdoppio	3	102'544'877
Altri corsi d'acqua superficiali	11	158'654'850
RESTITUZIONI stagione 2024	26	990'867'480

In **Tabella 14** vengono presentati i volumi totali restituiti nel corso della stagione irrigua 2024 nei principali corsi d'acqua naturali, mentre il grafico in **Figura 42** evidenzia la variazione dei volumi restituiti a partire dal 2019. È stato scelto di non riportare gli anni dal 2016 al 2018 dal momento che potevano contare su un numero troppo esiguo di misuratori.

Durante la stagione 2024 sono stati restituiti ai corsi d'acqua circa 990 milioni di metri cubi di acqua, che rappresentano il valore più

alto della serie storica con una variazione del +22% rispetto al valore medio 2019-2021.

Come detto, annate assai piovose come quella analizzata si rispecchiano in un incremento dei volumi restituiti, che sono, quindi, originati non solo da surplus idrico derivato e non completamente utilizzato, ma anche dalla raccolta e smaltimento delle acque meteoriche nei diversi comprensori. Questa attività rientra nel quadro della bonifica e della sicurezza idraulica, di cui i Consorzi di bonifica sono incaricati e che attuano attraverso la rete di canali in gran parte ad uso promiscuo.

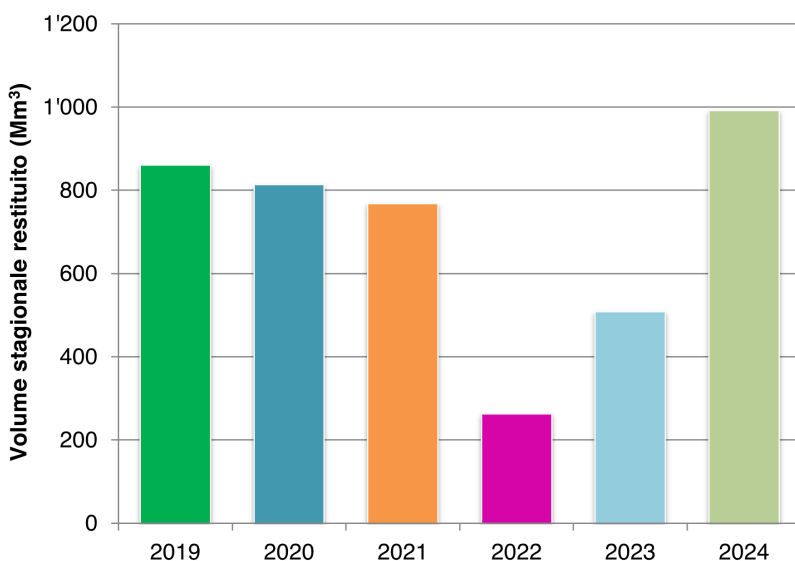


Figura 42 / Variazione dei volumi stagionali restituiti nei corsi d'acqua. Data l'esiguità dei misuratori presenti negli anni precedenti, vengono riportati gli anni a partire dal 2019.

TAVOLO DI COORDINAMENTO REGIONALE E OSSERVATORIO DISTRETTUALE

Come è stato evidenziato dalle analisi condotte nelle sezioni precedenti, la stagione irrigua 2024 non ha riservato particolari difficoltà per i sistemi irrigui regionali.

In Lombardia non è stata quindi necessaria l'attivazione del principale strumento di coordinamento sulle crisi idriche, il **Tavolo regionale permanente per l'utilizzo in agricoltura della risorsa idrica**. Questo tavolo, promosso dagli assessorati coinvolti nella gestione della risorsa idrica, chiama a raccolta i principali portatori di interesse del mondo agricolo tra cui Autorità di bacino del fiume Po, ARPA Lombardia, ANBI Lombardia, i Consorzi di regolazione dei laghi e i produttori idroelettrici.

L'altro tavolo di coordinamento, a livello distrettuale, è **l'Osservatorio permanente sugli utilizzi idrici nel Distretto idrografico del fiume Po** che, istituito nel 2016 da parte dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po (AdbPo), ha l'obiettivo di rafforzare la cooperazione e il dialogo tra i soggetti appartenenti al sistema di governance della risorsa idrica nell'ambito del Distretto, promuovere l'uso sostenibile della risorsa idrica in attuazione della Direttiva 2000/60/CE e coordinare l'attuazione delle azioni necessarie per la gestione proattiva degli eventi estremi siccitosi, sia di valenza distrettuale sia di sottobacino, anche ai sensi e per gli effetti dell'art. 145, comma 3 e degli artt. 167 e 168 del D.lgs. 152/2006.

Le principali attività dell'Osservatorio sono sintetizzabili nei seguenti punti:

- promozione di un sistema condiviso di monitoraggio in tempo reale del bilancio idrico, di previsione delle siccità ed allerta precoce;
- definizione delle azioni necessarie alla gestione delle siccità a livello distrettuale, anche definendo le grandezze critiche per la classificazione della condizione climatica in atto (indicatori);
- definizione di criteri ed indirizzi per lo sviluppo di piani regionali e/o comprensoriali finalizzati alla conservazione della risorsa idrica.

L'Osservatorio distrettuale è stato convocato due volte nel 2024, in luglio e al termine della stagione irrigua. In entrambe le sedute è stato analizzato lo stato delle riserve idriche, evidenziando l'abbondanza di risorsa per l'intero territorio distrettuale.

L'unica eccezione è stata quella relativa al confine sud orientale del Distretto, a cavallo tra la Romagna e le Marche, che ha richiesto maggiore attenzione e la definizione di livelli di severità idrica di sottobacino più elevati ("medio" in luglio e "alto" a settembre).

In **Tabella 13** vengono riportate nel dettaglio le date degli incontri, le principali criticità segnalate dai Consorzi associati ad ANBI Lombardia e il livello di severità idrica dichiarato.

Tabella 13 / Sintesi degli incontri dell'Osservatorio distrettuale con le principali criticità segnalate in Lombardia e il livello di severità idrica dichiarato per il Distretto.

	Data convocazione	Segnalazioni ricevute per la Lombardia	Livello severità idrica dichiarato
I	24/07/2024	Nessuna segnalazione di criticità in Lombardia. La Regione Marche evidenzia criticità per alcune sorgenti, importanti per il comparto idropotabile, nella zona al confine con l'Emilia-Romagna a causa di una ricarica invernale sotto la media, che comportano la richiesta di assegnazione di uno stato di severità idrica "media".	Normale
II	09/09/2024	Nessuna segnalazione di criticità in Lombardia. Si evidenzia un quadro di ampie disponibilità idriche complessive in tutto il Distretto, raggiunte tuttavia, almeno in parte, grazie ai recenti afflussi verificatisi nei primi giorni di settembre. La Regione Marche evidenzia invece criticità rilevanti sul proprio territorio che comportano la richiesta di assegnazione di uno stato di severità idrica "alta". Al di fuori dell'ambito dell'Osservatorio distrettuale, il Consorzio di bonifica Est Ticino Villoresi ha segnalato, a fine agosto, il raggiungimento del livello critico di volumi invasati del lago Maggiore a motivo delle scarse precipitazioni in luglio e agosto. Il Consorzio di regolazione del Ticino ha quindi determinato importanti riduzioni nei prelievi, tra cui quella del Naviglio Grande. La situazione è stata resa ancora più critica dal fatto che l'intera stagione irrigua risultava, in quei territori, in ritardo di oltre un mese a causa dell'impossibilità di accedere ai campi dovuta alle forti piogge della prima parte dell'anno, pertanto le colture risultavano ancora in piena fase di sviluppo.	Normale



Sbarramento di regolazione della Miorina sul fiume Ticino © Stefano Roverato

CONCLUSIONI

La stagione irrigua 2024 si è avviata con disponibilità idriche ampiamente al di sopra delle medie e con un primo trimestre assai ricco di precipitazioni. Nel complesso la stagione è stata la meno idroesigente tra quelle analizzate a partire dal 2016 e, a livello generale, i sistemi irrigui non hanno registrato difficoltà di approvvigionamento.

Superato il recente lungo periodo di acuta crisi idrica, durato un anno e mezzo tra novembre 2021 e maggio 2023, il 2024 ha potuto beneficiare di periodi prolungati con apporti pluviometrici nettamente al di sopra dei valori medi.

Ad aprile 2024 la disponibilità di risorsa idrica era superiore del 59% rispetto alla media del periodo 2006-2020, dovuta principalmente all'abbondanza di neve (+69%), ma anche ai volumi invasati nei laghi prealpini regolati (+52%).

Dal punto di vista degli afflussi, **nel complesso l'anno idrologico 2023-2024 ha fatto registrare precipitazioni superiori sia alla media sia al massimo del periodo 2006-2020**, con una cumulata media a scala regionale pari a 1'711 mm a fronte di un valore medio sul periodo di riferimento di 1'178 mm (+45%) e di un valore massimo di 1'574 mm (+8%). In questo quadro, il mese di agosto, con una cumulata di 49 mm, ha mostrato un comportamento nettamente opposto classificandosi come il più asciutto dal 2006. Se si considera la sola stagione irrigua, si osserva che la precipitazione media nei mesi tra aprile e settembre è superiore sia alla media del periodo 2006-2020 (+39%) sia al valore massimo (+18%), registrato nel 2010.

Nella pianura lombarda l'anno idrologico 2023-2024 è stato, al pari del 2022-2023, il più caldo dall'inizio delle registrazioni nel 1991, con un valore di temperatura media nel territorio di pianura pari a 16.0 °C, di 0.3 °C più elevato del precedente record del 2015. Hanno contribuito maggiormente a questo risultato i mesi autunnali e invernali e, nel periodo irriguo, i mesi di luglio e agosto, durante i quali sono state registrate temperature superiori alla

media fino a +3 °C a luglio e +4 °C ad agosto.

I fabbisogni irrigui netti sono stati nel complesso assai contenuti; a livello stagionale **nei comprensori di bonifica è stato stimato un fabbisogno irriguo netto medio mensile di 57 mm, che posiziona la stagione irrigua 2024 come la meno idroesigente degli ultimi nove anni (-27% rispetto alla media del precedente sessennio 2016-2021)**. Ciononostante, a scala mensile si è verificato un andamento decisamente ambivalente:

- **aprile, maggio, giugno e settembre hanno registrato fabbisogni medi ampiamente inferiori alle medie** (rispettivamente -94%, -83%, -65%, -76%) ed anche i valori più bassi degli ultimi quattro anni. In aprile, in particolare, il fabbisogno irriguo è stato praticamente nullo e si è mantenuto quasi trascurabile anche in maggio;
- **il bimestre centrale ha segnato un aumento dei fabbisogni, che si sono attestati al di sopra della media**, con uno scarto rispettivamente di +15% per luglio e +3% per agosto. Con 170.2 mm, il mese di luglio si è posizionato al secondo posto tra gli omologhi analizzati, secondo solamente a luglio 2022.

L'eccezionalità delle precipitazioni ha fatto sì che, da un punto di vista agronomico, l'andamento del 2024 per le colture lombarde sia stato meno favorevole rispetto al 2023. Le abbondanti precipitazioni registrate sulla Lombardia nei primi dieci mesi dell'anno hanno infatti pesantemente influito, tra la fine di marzo e il mese di maggio, sulle semine di tutte le colture primaverili estive ed in particolare su mais, riso e soia. I suoli si sono trovati

per lunghi periodi soprasaturi, quindi non lavorabili e trafficabili, e questo non ha permesso lo svolgimento regolare delle lavorazioni del terreno tipiche di questa fase dell'anno.

Un tale andamento della stagione irrigua non ha causato difficoltà nel soddisfacimento delle domande irrigue e, da questo punto di vista, non sono emerse criticità degne di nota. **Non è stato richiesto di attivare il Tavolo regionale permanente per l'utilizzo in agricoltura della risorsa idrica**, mentre l'Osservatorio distrettuale si è riunito in due incontri dedicati ad analizzare situazioni puntuali in territori al di fuori del contesto lombardo.

Per quanto riguarda il monitoraggio delle derivazioni, **nel 2024 le derivazioni da corpi idrici superficiali allacciate al CeDATeR sono state 157, mentre il numero dei pozzi è stato 144**. Circa la metà delle derivazioni superficiali monitorate (65) erano dotate di misuratori allacciati in tempo reale, di cui 35 in corrispondenza delle derivazioni di I livello. Complessivamente, il numero di misuratori in tempo reale attivi era di 88 unità, valore stabile rispetto al 2023.

Il volume totale stagionale delle derivazioni ad uso irriguo da corsi d'acqua superficiali monitorate è stato pari a 7.5 miliardi di metri cubi di acqua, con una contrazione del 11% rispetto al valore medio del sessennio 2016-2021.

Il prelievo da corpi idrici sotterranei attraverso pozzi monitorati si è riportato su valori anch'essi al di sotto della media di riferimento (-21%), attestandosi a 38.2 milioni di metri cubi.

Per quanto riguarda gli utilizzi, i distretti irrigui monitorati strumentalmente sono stati 139, come nel 2023, con un grado di copertura del 41% del numero totale di distretti.

I dati disponibili per le derivazioni e per i pozzi, uniti alle stime calcolate per i distretti non monitorati e per l'autoapprovvigionamento, hanno fornito un valore del **volume totale utilizzato dall'intero comparto irriguo di circa 7.9 miliardi di metri cubi**.

Alla luce dei dati riportati in precedenza per i fabbisogni irrigui delle colture, **si può concludere che la stagione irrigua 2024 è stata la meno idroesigente tra quelle analizzate a partire dal 2016 ed anche quella, tra gli anni recenti, che ha comportato minori criticità sui sistemi irrigui.**

Proprio per l'assenza di criticità il Rapporto 2024 è ritornato nello schema espositivo originale più semplificato, senza l'analisi temporale degli eventi della stagione irrigua e senza gli approfondimenti sugli andamenti dei singoli corpi idrici. **Il Rapporto 2024 si è tuttavia arricchito di una sezione curata dal Servizio Glaciologico Lombardo** dedicata alla valutazione di una delle principali riserve idriche di Lombardia, i ghiacciai dell'arco alpino, in grado di originare fino al 40% delle portate dei corpi idrici naturali nei mesi estivi. I dati esposti hanno mostrato come **valori di temperatura e radiazione solare così elevati, come quelli che hanno caratterizzato il 2024, hanno determinato una forte perdita di massa nivo-glaciale portando a bilanci di massa netti negativi per tutti gli apparati glaciali lombardi**, nonostante la positiva stagione primaverile auspicasse un modesto ottimismo. Questo solleva, per il futuro, ulteriori preoccupazioni sulle disponibilità delle risorse idriche nel trimestre estivo.

Anche in questa ottica **si evidenzia ulteriormente la necessità di approfondire il tema delle interazioni irrigazione - acque sotterranee**, sia dal punto di vista degli effetti dei prelievi da falda ad uso irriguo, sia del ruolo fondamentale dei sistemi irrigui nella ricarica degli acquiferi. **La falda costituisce infatti, in prospettiva, uno dei comparti dove sarà possibile stoccare acqua** e renderla disponibile durante le stagioni più siccitose. Questo tema, già emerso con forza nelle precedenti stagioni irrigue, si riconferma uno dei più complessi e meno conosciuti: solamente una maggiore consapevolezza del ruolo della falda e delle tempistiche e delle modalità della sua ricarica può consentirne un utilizzo equilibrato e sostenibile.

Infine, **le dinamiche di questo 2024 hanno portato alla luce la necessità di analizzare e descrivere con dati certi anche le attività di allontanamento delle acque operate dai Consorzi di bonifica** in virtù del loro ruolo di garanti della difesa idraulica del territorio. È questo uno degli sviluppi futuri del Centro dati CeDATeR, che consentirà di disporre di un quadro ancora più completo dei sistemi irrigui lombardi, comprensivo di tutti gli usi che ad essi vengono ascritti.

BIBLIOGRAFIA

- Descrizione degli indici selezionati dall'Expert Team on Climate Change Detection and Indices: http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml
- D.G.R. 19 dicembre 2016, n. 6035 - “Approvazione della disciplina regionale dei criteri e delle modalità di quantificazione dei volumi derivati ed utilizzati ad uso irriguo, delle restituzioni al reticolo idrografico e dei rilasci alla circolazione sotterranea, nonché le modalità di acquisizione e trasmissione dei dati al sistema informativo nazionale per la gestione delle risorse idriche in agricoltura (SIGRIAN) e del relativo aggiornamento periodico, in attuazione dell'articolo 33, comma 2 bis, del regolamento regionale 2/2006”. Consultabile sul sito di ANBI Lombardia <https://www.anbilombardia.it/legislazione/>
- D.M. (MIPAAF) 31 luglio 2015 - “Approvazione delle linee guida per la regolamentazione da parte delle Regioni delle modalità di quantificazione dei volumi idrici ad uso irriguo” (G.U. 14 settembre 2015, n. 213). Consultabile sul sito di ANBI Lombardia <https://www.anbilombardia.it/legislazione/>
- Berkeley Earth, portale di approfondimento su fenomeni ambientali globali: <https://berkeleyearth.org/>
- Compagno, L., Eggs, S., Huss, M., Zekollari, H., and Farinotti, D., *Brief communication: Do 1.0, 1.5, or 2.0°C matter for the future evolution of Alpine glaciers?*, *The Cryosphere*, 15, 2593–2599, <https://doi.org/10.5194/tc-15-2593-2021>, 2021.
- Huss, M., Hock, R., *Global-scale hydrological response to future glacier mass loss*. *Nature Clim Change* 8, 135–140 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41558-017-0049->
- Reinthaler, J. and Paul, F., *Reconstructed glacier area and volume changes in the European Alps since the Little Ice Age*, *EGUsphere* [preprint], <https://doi.org/10.5194/egusphere-2024-989>, 2024.
- Wimberly, F., Ultee, L., Schuster, L., Huss, M., Rounce, D. R., Maussion, F., Coats, S., Mackay, J., and Holmgren, E., *Inter-model differences in 21st Century Glacier Runoff for the World's Major River Basins*, *EGUsphere* [preprint], <https://doi.org/10.5194/egusphere-2024-1778>, 2024.
- M. Leone 2024, *The 2022 – 2023 snow drought in the Alps doubled glacier contribution to streamflow during summer*, Tesi di Laurea Magistrale, Università Milano Bicocca, 2023-2024, Colombo R.
- Portale di Meteo Svizzera: <https://www.meteosvizzera.admin.ch/>
- “IdrAgra, idrologia agraria” - Portale web del progetto su <https://idragra.unimi.it/>
- “ISIL 2.0 - Indagine sui Sistemi Irrigui della Lombardia”, 2018 - ANBI Lombardia, UNIMI -DiSAA.
- “Progetto ISIL - Indagine sui Sistemi Irrigui della Lombardia - Relazione Finale”, 2016 - ANBI Lombardia, UNIMI-DiSAA.
- “Verifica degli output modellistici per la stima dei volumi utilizzati su aree pilota”, 2018 - ANBI Lombardia, UNIMI-DiSAA.



**REPORT SULLA
STAGIONE IRRIGUA
IN LOMBARDIA
2024**